فناوری ساخت بتنهای جدید

ایمان الیاسیان،دانشجوی دکترای عمران سازه

پژوهشگران عرصه مصالح ساختمانی طی سال‌ها در تلاش بوده‌اند تا با ایجاد تغییراتی در اجزای مختلف این ماده، اصلاحاتی را مطابق با نیازهای موجود اعمال کرده و به خواص جدید یا برتری از بتن دست پیدا کنند. این تلاش‌ها در طی سال‌ها منجر به پیدایش بتن‌های توانمند، فوق توانمند، سبک، الیافی و غیره شده‌است. یکی از این انواع بتن که ظهور آن به چندین دهه قبل بازمی‌گردد، بتن خودمتراکم است که با ویژگی‌های خاص خود، امکانات جدیدی را در اختیار مهندسین قرار داده‌است که با استفاده از آن‌ها می‌توان بر مشکلات ناشی از عدم تراکم مناسب در سازه‌های بتنی، از جمله کاهش عمر مفید و دوام سازه‌ها فائق آمد. با اینکه در ابتدا بتن خودمتراکم در زمرهٔ بتن‌های خاص و پیچیده محسوب می‌شد، توانایی‌ها و مشخصات فوق‌العاده، این نوع بتن را به سرعت به یکی از انواع پرکاربرد در کشورهای پیشرفتهٔ دنیا تبدیل کرد. با این حال، در کشورهایی مانند کشور ایران، هنوز این بتن یک فناوری جدید در عرصهٔ ساخت و ساز به‌شمار می‌آید و می‌توان گفت استفاده از آن هنوز محدود می‌باشد و آشنایی و دانش کافی دربارهٔ آن نزد اغلب مهندسین وجود ندارد.[۱] بتن خودمتراکم عبارت است از «بتنی با کارایی زیاد و عدم جداشدگی که می‌تواند پس از ریخته شدن در محل موردنظر، فضای قالب را پر کند و اطراف آرماتورها را بدون نیاز به تراکم مکانیکی فرا بگیرد». De Schutter و همکارانش (۲۰۰۸) نیز موارد زیر را به عنوان پارامترهای ضروری برای یک مخلوط خودمتراکم در حالت تازه عنوان کرده‌اند: الف- توانایی جریان یافتن تحت وزن خود را داشته باشد. ب- توانایی پر کردن تمامی فضای خالی موجود (فضای قالب) را داشته باشد. ج- توانایی ایجاد یک مصالح متراکم و به اندازهٔ کافی همگن را بدون نیاز به انجام عملیات تراکم داشته باشد.[۲] به‌طور کلی بتن خودمتراکم با مصالحی مشابه بتن معمولی ساخته می‌شود و در برخی موارد برای ساخت آن علاوه بر مقادیر نسبتاً زیاد فوق روان‌کننده، از افزودنی اصلاح‌کنندهٔ لزجت نیز استفاده می‌شود. شناخت صحیح رفتار، مزایا، معایب و نهایتاً ارایهٔ طرح اختلاط مناسب برای بتن خودمتراکم «هنری» است که با استفاده از آن می‌توان از مزایای این نوع بتن بیشترین بهره را جست و به موارد طرح شده در تعریف این بتن، یعنی کارایی بالا و عدم جداشدگی، دست یافت.

تعریف بتن خودمتراکم

طبق تعریف انجمن بتن ایالات متحده بتن خودمتراکم «بتنی با کارایی زیاد و عدم جداشدگی است که می‌تواند در محل مورد نظر ریخته شده، فضای قالب را پر کند و اطراف آرماتورها را بدون نیاز به تراکم مکانیکی فرا بگیرد». به‌طور کلی بتن خودمتراکم با مصالح بتن معمولی ساخته می‌شود و در برخی موارد برای ساخت آن علاوه بر مقادیر نسبتاً زیاد فوق روان‌کننده، از افزودنی لزجت دهنده نیز استفاده می‌شود.

تاریخچه

از آغاز گسترش کاربرد بتن مسلح، مشکلات اجرایی ناشی از کاربرد مخلوط‌های خشک موجب گرایش به مخلوط‌های مرطوب تر با روانی بیشتر مخصوصاً در میان متولیان اجرای سازه‌های بتنی شده بود، ولی از آنجا که افزایش روانی در گرو استفاده از آب بیشتر در مخلوط بتن بود و از طرفی تأثیر افزایش میزان آب به سیمان بر کاهش مقاومت و دوام بتن شناسایی شده بود، این سؤال برای متخصصان بتن ایجاد شده بود که چگونه می‌توان بدون تأثیر منفی بر خواص بتن در جهت سهولت اجرای سازه‌های بتنی، روانی مخلوط را افزایش داد. با گذشت زمان و پیدایش روان‌کننده‌ها و فوق روان‌کننده‌ها به عنوان نوع جدیدی از افزودنی‌ها، بسیاری از مشکلات اجرایی بتن که ناشی از استفاده از بتن‌های با کیفیت خوب ولی کارایی کم بود از میان برداشته شد. با این حال دست‌یابی به بتن با قابلیت خودمتراکمی بدون افت در مقاومت و دوام بتن و عدم ایجاد انسداد و جداشدگی، سال‌ها به عنوان یک هدف دست نیافتنی برای دست‌اندرکاران صنعت بتن در کشورهای مختلف قلمداد می‌شد. این مسایل باعث توجه محققین به خواص کارایی و رئولوژی بتن گردید. نهایتاً در اوایل دهه هشتاد میلادی به دنبال کاهش نیروی کار ماهر در صنعت ساخت و ساز ژاپن و نیز تراکم نامناسب بتن ناشی از افزایش حجم آرماتورهای مصرفی که باعث کاهش کیفیت کارهای اجرایی انجام گرفته شده بود، این موضوع

برای چندین سال مورد بحث و بررسی قرار گرفت تا اینکه نظریهٔ بتن خودمتراکم، بتنی که بتواند تحت وزن خود و بدون نیاز به لرزاندن متراکم شده و تمام زوایای قالب را پر کند، به عنوان راه حلی توسط Okamura در سال ۱۹۸۶ مطرح شد. لازمهٔ تحقیق بر روی بتن خودمتراکم مطالعهٔ عمیق کارایی بتن بود که توسط Ozawa و Maekawa در دانشگاه توکیو صورت گرفت. مدل اولیهٔ بتن خودمتراکم در سال ۱۹۸۸ تکمیل شد و در همین سال این نوع بتن برای اولین بار در کارگاه ساخته شد و نتایج قابل قبولی را از نظر خواص فیزیکی و مکانیکی ارائه داد. تحقیقات در زمینهٔ بتن خودمتراکم در اروپا و آمریکا در مقایسه با ژاپن دیرتر آغاز گردید. لیکن امروزه بتن خودمتراکم هم‌زمان با کشور ژاپن در مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی کشورهای اروپایی، کانادا، آمریکا و نیز آسیا موضوع بحث، بررسی و اجرای سازه‌های بتنی است. در پی استفاده گسترده از بتن خودمتراکم در ژاپن، مراکز علمی و پژوهشی در دنیا بر آن شدند تا این تجربیات را به صورت مدون و استاندارد درآورند. می‌توان گفت منسجم‌ترین تلاش در این زمینه توسط مؤسسه اروپایی EFNARC در سال ۲۰۰۲ با انتشار راهنمای بتن خودمتراکم به ثمر نشست. در سال ۲۰۰۵ میلادی نیز این مؤسسه به همراه چهار مؤسسهٔ دیگر تجربیات عملی در بتن خودمتراکم را تحت عنوان «راهنمای اروپایی بتن خودمتراکم، ویژگی‌ها، تولید و استفاده» گردآوری و منتشر نمودند. در ایران نیز آشنایی با این بتن از اوایل دههٔ ۷۰ آغاز شد و با گذشت زمان و پس از انجام مطالعاتی در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور، این نوع بتن در چندین پروژهٔ خاص بکار گرفته شد.[۳]

ویژگی‌های بتن خودمتراکم

شروع تست L　　اتمام تست L

شروع تست U　　اتمام تست U

خواص بتن تازه در بتن‌های خودمتراکم از حساسیت بیشتری نسبت به انواع دیگر برخوردار است زیرا مزایای این بتن غالباً از خواص آن در حالت تازه ناشی می‌گردد و به همین دلیل نیز آزمایش‌های خاصی برای ارزیابی رفتار بتن خودمتراکم تازه بکار گرفته می‌شود. بتن خودمتراکم در حالت تازه عموماً با سه ویژگی زیر شناخته می‌شود:

- قابلیت پرکردن
- قابلیت عبور
- مقاومت در برابر جداشدگی (پایداری)

باید توجه داشت که یک مخلوط بتن فقط هنگامی می‌تواند در طبقه‌بندی بتن خودمتراکم قرار گیرد که الزامات مربوط به هر سه ویژگی را دارا باشد. به عبارت دیگر این سه ویژگی کارایی بتن خودمتراکم را توصیف می‌کند. طبق تعریف، کارایی بتن نشانگر سهولت اختلاط، جای‌دهی، تراکم و پرداخت سطح بتن تازه است. این ویژگی در بتن خودمتراکم توسط آزمایش‌های ویژه‌ای مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. قابلیت پرکردن (جریان در حالت آزاد) توانایی بتن خودمتراکم برای جریان و پرکردن همهٔ فضاهای داخل قالب، تحت وزن خود را نشان می‌دهد. این ویژگی هنگام انتخاب روش بتن ریزی و نیز تعیین فاصلهٔ مجاز بین نقاط بتن ریزی اهمیت خاصی می‌یابد. قابلیت عبور (جریان در حالت محبوس) به توانایی بتن برای عبور از موانع مختلف و فضاهای باریک در قالب، بدون وقوع انسداد جریان (اصطلاحاً بلوکه شدن) اشاره دارد. بلوکه شدن در نتیجهٔ جداشدگی موضعی سنگدانه‌ها در مجاورت موانع رخ می‌دهد و منجر به توقف جریان در غیاب تراکم دینامیکی می‌گردد. بتن خودمتراکم هنگامی می‌تواند ظرفیت پرکنندگی زیادی داشته باشد که حد مناسبی از قابلیت عبور و قابلیت پرکنندگی را به صورت هم‌زمان داشته باشد تا بتواند یک مقطع خاص را فقط تحت نیروی ثقل خود پر کند. پایداری بتن تازه به توانایی آن برای حفظ توزیع همگن اجزای مختلف در حین جریان و گیرش گفته می‌شود. برای بتن خودمتراکم دو نوع ویژگی پایداری حائز اهمیت هستند: پایداری دینامیکی و استاتیکی. پایداری دینامیکی، مقاومت بتن در برابر جداشدگی اجزا حین جای دهی در قالب می‌باشد. هنگامی که شرایط آرماتوربندی به‌گونه‌ای باشد که نیازمند عبور بتن از فضاهای کوچک باشد، بتن خودمتراکم مذکور باید پایداری دینامیکی کافی داشته باشد. پایداری استاتیکی، نشانگر مقاومت بتن در برابر آب انداختگی، جداشدگی و نشست سطحی بعد از بتن ریزی و در حالی که بتن هنوز در حالت خمیری است، می‌باشد. در اغلب موارد، افزودنی اصلاح‌کنندهٔ لزجت یا مقدار مواد پودری زیاد برای بهبود پایداری بتن تازه استفاده می‌شود. افزودنی اصلاح‌کنندهٔ لزجت برای بهبود رئولوژی مصالح سیمانی در حالت خمیری و کاهش خطر جداشدگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخلاف بتن معمولی، حادترین نوع جداشدگی در بتن خودمتراکم هنگامی رخ می‌دهد که عملیات بتن ریزی انجام شده‌است و مخلوط بتنی در حالت سکون قرار دارد. در واقع در صورتی که مخلوط بتن از پایداری کافی برخوردار نباشد، سنگدانه‌های درشت تمایل به ته‌نشینی در ملات پیدا می‌کنند و حاصل کار بتن ناهمگن با خواص نامطلوب خواهد بود.

مزایای بتن خودمتراکم

کاربرد صحیح بتن خودمتراکم می‌تواند تأثیرات مثبت فراوانی بر روند ساخت سازه‌های بتنی داشته باشد. «افزایش بهره‌وری» یکی از موارد مهمی است که با استفاده از بتن خودمتراکم می‌توان به آن دست پیدا کرد. باید توجه داشت که در کنار تلاش برای کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری در امر بتن ریزی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این مسئله برای تمام رده‌های کاربرد، از پروژه‌های معمولی تا پیچیده‌ترین سازه‌ها، صادق است. مسئله بتن ریزی و تراکم در قسمت‌هایی از سازه که در آن‌ها بتن با مقاومت متوسط و مخصوصاً بتن پرمقاومت استفاده می‌شود، دارای اهمیت بیشتری است. به‌عنوان نمونه در اجزایی مانند دیوار برشی و ستون که معمولاً دارای تراکم زیاد آرماتور و ابعاد کوچک مقطع بتن ریزی می‌باشند، تراکم ناکافی ناشی از فاصلهٔ کم آرماتورها می‌تواند منجر به پیدایش نقاط ضعف در عضو بتنی شود. حذف کامل عملیات تراکم با به‌کارگیری بتن خودمتراکم، باعث افزایش سرعت کار و کاهش هزینه‌ها می‌شود که نتیجهٔ آن افزایش بهره‌وری است. افزایش سرعت بتن ریزی نه تنها از منظر کاهش هزینه‌ها، بلکه از بُعد کاهش کل زمان ساخت حائز اهمیت است. بر این اساس، به‌کارگیری بتن خودمتراکم می‌تواند از طریق کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری نقش کلیدی در ارتقای جایگاه صنعت بتن در عرصهٔ ساخت‌وساز داشته باشد. استفاده از بتن خودمتراکم افزایش بهره‌وری را در حمل‌ونقل و بتن‌ریزی، علاوه بر فرایند تراکم، ممکن می‌سازد. رفتار شبه مایعِ بتن خودمتراکم تازه سبب می‌شود بتوان روش‌های جدیدی را برای پمپ کردن بتن و هدایت آن به درون قالب بکار گرفت؛ مسئله‌ای که باعث پیدایش روش‌های نوین بتن ریزی شده‌است که نمونه‌های موفقی از به‌کارگیری آن‌ها در کشور ژاپن موجود است. با حذف نیاز به تراکم خارجی و وجود قابلیت جریان، درجهٔ بالاتری از اتوماسیون و صنعتی‌سازی در ساخت سازه‌های بتنی دست یافتنی است. این مسئله منجر به تحول سامانه‌های تولید (مخصوصاً در صنعت پیش ساختگی) و در نهایت افزایش بیش از پیش بهره‌وری در روند ساخت‌وساز می‌گردد. «افزایش همگنی» یکی دیگر از مزایای مهم استفاده از بتن خودمتراکم می‌باشد. در واقع یکی از نگرانی‌های اصلی که

موجب پیدایش بتن خودمتراکم شد، کاهش دوام بتن به دلیل ناهمگنی اعضای بتنی بود. در بسیاری از سازه‌ها نیاز به بهبود عملکرد سازه‌ای و متعاقباً افزایش حجم آرماتور مصرفی در بتن، باعث ایجاد مشکلاتی در روند عملیات بتن‌ریزی و تراکم می‌شود که نتیجهٔ امر، تراکم ناکافی و ناهمگنی بتن خواهد بود. حتی در سازه‌های معمولی و در حجم کم آرماتور نیز استفاده از نیروی انسانی آموزش ندیده و عدم اعمال نظارت دقیق بر روند تراکم بتن باعث بروز این مشکلات می‌شود؛ بنابراین بهبود کیفیت عضو بتنی با تراکم زیاد آرماتور از طریق به‌کارگیری بتنی که خود انجام عملیات تراکم را تضمین نماید و با برخورداری از خصوصیت «پایداری» همگنی را در قسمت‌های مختلف فراهم کند، یک هدف مهم از تولید و به‌کارگیری بتن خودمتراکم می‌باشد. علاوه بر موارد مطرح شده، بتن خودمتراکم مزایای دیگری را نیز در اختیار سازندگان قرار می‌دهد. به‌طور خلاصه موارد زیر را می‌توان به‌عنوان مزایای اصلی استفاده از این نوع بتن ذکر نمود:

۱. افزایش سرعت اجرای سازه‌های بتنی و تسریع پیشرفت کار
۲. بهبود کیفیت ساخت - به دلیل اطمینان از تراکم کافی در مناطق با تراکم زیاد آرماتور
۳. کاهش آلودگی صوتی و توجه بیشتر به مسائل ایمنی و زیست‌محیطی در محیط کار- با توجه به حجم زیاد صدا ناشی از عملیات تراکم حین بتن‌ریزی و نیز در نظر گرفتن خطر ابتلای کارگران به سندروم انگشت سفید
۴. صرفه جویی اقتصادی- علی‌رغم هزینهٔ بیشتر مواد و مصالح مورد استفاده برای ساخت بتن خودمتراکم، در بسیاری موارد در نتیجهٔ کاهش هزینه‌های تجهیزات و نیروی انسانی از قبیل عوامل تراکم، نظارت و غیره، استفاده از بتن خودمتراکم سبب کاهش مجموع هزینه‌ها می‌شود
۵. کمک به معماری سازه با توجه به شکل‌پذیری بیشتر- با توجه به روانی فوق‌العادهٔ بتن خودمتراکم انواع قالب متنوع‌تری را می‌توان برای بتن‌ریزی استفاده و اجزای معماری گسترده‌تری را با توجه به مسائل زیباشناختی اجرا نمود
۶. بهبود دوام بتن در نتیجهٔ تراکم بهتر بتن تازه
۷. آزادی بیشتر در طراحی سازه- به دلیل میسر شدن اجرای سازه‌های بتنی ظریف و سنگین و انتخاب مقاطع کوچک با آرماتورهای انبوه
۸. سطح تمام‌شدهٔ بهتر و ارتقای کیفیت محصول نهایی
۹. کمک به توسعهٔ صنعت پیش ساختگی قطعات بتنی
۱۰. افزایش ایمنی در کارگاه- استفاده از بتن خودمتراکم به میزان زیادی خستگی و تنش‌های فیزیکی کارگران را کاهش می‌دهد و با پایین آوردن احتمال خطرات و صدمات فیزیکی، ایمنی کارگاه را افزایش می‌دهد

قابل ذکر است که همانند هر پدیدهٔ دیگر، استفاده از بتن خودمتراکم نیز می‌تواند دشواری‌ها و معایبی داشته باشد. افزایش هزینهٔ مصالح، حساسیت زیاد در برابر تغییرات ویژگی‌های مواد و مصالح، نیاز به کنترل دقیق بتن در حالت تازه، افزایش هزینهٔ قالب بندی به دلیل فشار احتمالی بالاتر وارده و نیاز به مهارت زیاد برای تهیه و کنترل مخلوط‌های بتنی از مواردی هستند که باعث می‌گردد کاربرد بتن خودمتراکم در هر پروژه‌ای توصیه نشود. تجزیه‌وتحلیل مسائل اجرایی و اقتصادی، درک درست شرایط خاص هر پروژه و در نهایت قضاوت مهندسی صحیح می‌تواند منجر به استفادهٔ بجا از این نوع بتن و بهره‌مندی از مزایای آن گردد

طرح اختلاط

در طرح اختلاط ابتدا نوع عضو را انتخاب می‌کنیم «تیر - ستون - دال - دیوار برشی» سپس عدد اسلامپ را انتخاب کرده و نسبت آب به سیمان را تعیین می‌کنیم. در انتها با توجه به حجم بتن مصرفی و وزن مخصوص ماسه، سیمان، آب و شن مقدار شن و ماسه را بدست می‌آوریم.

خصوصیات بتن خودمتراکم

خواص بتن تازه در بتن‌های خودمتراکم از حساسیت بیشتری نسبت به انواع دیگر برخوردار است زیرا مزایای این بتن غالباً از خواص آن در حالت تازه ناشی می‌گردد و به همین دلیل نیز آزمایش‌های خاصی برای ارزیابی رفتار بتن خودمتراکم تازه بکار گرفته می‌شود. بتن خودمتراکم در حالت تازه عموماً با سه ویژگی زیر شناخته می‌شود:

- قابلیت پر کردن
- قابلیت عبور
- مقاومت در برابر جداشدگی (پایداری)

ویژگی‌های مصالح

۱. سنگدانه‌ها:حداکثر اندازه سنگدانه‌های به کار رفته در این نوع بتن بستگی به کاربرد عملی آن دارد ولی عموماً حداکثر اندازه آن به ۲۰میلی‌متر می‌رسد.

سنگدانه‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- ماسه:تمام ماسه‌های متداول در تولید بتن معمولی در این صنعت نیز به کار می‌رود. هر دو ماسه شسته و گوشه گرد اعم از سیلیسی یا آهکی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. ذرات کوچکتر از ۰/۱۲۵ میلی‌متر که به عنوان «پودر» تلقی می‌شوند بر خواص روانی **S.C.C** بسیار مؤثر است و به منظور تولید بتن یکنواخت، رطوبت آن باید دقیقاً کنترل شودحداقل میزان ریزدانه‌ها (از ماسه تا مواد چسباننده پودری) به منظور جلوگیری از جداشدگی دانه بندی ضروری است.
- شن (درشت دانه‌ها):تمامی انواع درشت دانه‌ها در اینجا به کار می‌روند ولی حد اکثر اندازه معمولی دانه‌ها (۱۶—۲۰) میلی‌متر می‌باشد. به هر حال سنگدانه‌های تاحدود ۴۰میلی‌متر می‌تواند در بتن خود متراکم به کار رود.

استفاده از سنگدانه‌های شکسته سبب افزایش مقاومت بتن خودمتراکم می‌شود (به دلیل افزایش قفل و بست بین ذرات) می‌شود و در حالی که سنگدانه‌های گرد گوشه به دلیل کاهش اصطکاک داخلی روانی آن را اصلاح می‌کند. استفاده از دانه بندی گسسته به‌طور معمول به دلیل کاهش اصطکاک داخلی روانی آن را اصلاح می‌کنند. استفاده از دانه بندی گسسته به‌طور معمول به دلیل کاهش اصطکاک داخلی و افزایش روانی نسبت به دانه بندی پیوسته مطلوب تر می‌باشد.

چالش‌های کاربرد گستردهٔ بتن خودمتراکم در ایران

با اینکه در ابتدا بتن خودمتراکم در زمرهٔ بتن‌های خاص و پیچیده محسوب می‌شد، توانایی‌ها و مشخصات فوق‌العاده، این نوع بتن را به سرعت به یکی از انواع پرکاربرد در کشورهای پیشرفتهٔ دنیا تبدیل کرد. با این حال، در کشورهایی مانند کشور ایران، هنوز این بتن یک فناوری جدید در عرصهٔ ساخت و ساز به‌شمار می‌آید و می‌توان گفت استفاده از آن هنوز محدود می‌باشد و آشنایی و دانش کافی دربارهٔ آن نزد اغلب مهندسین وجود ندارد. با این حال با پایان موفقیت‌آمیز چند پروژهٔ عمرانی بزرگ همانند پروژهٔ بزرگراه طبقاتی شهید صدر در تهران به نظر می‌رسد با آشنایی تدریجی سازندگان ایرانی با روش‌های اجرا و مزایا و معایب بتن خودمتراکم در چنین پروژه‌های عظیمی، می‌توان در آینده شاهد استقبال مهندسین از این محصول نوین، اجتناب از بکارگیری مصالح و روش‌های سنتی و هزینه بر و در نهایت ارتقای کیفیت سازه‌های بتنی بود

خزش در بتن

رابطه بین تنش و تغییر شکل نسبی بتن تابعی از زمان است که افزایش تغییر شکل نسبی به مرور زمان تحت اثر بار ثابت خزش نامیده می‌شود. از آنجا که این افزایش می‌تواند چندین برابر بزرگتر از تغییر شکل نسبی هنگام بارگذاری باشد، لذا پدیده خزش نقش نسبتاً مهمی در رفتار سازه‌ها خواهد داشت. بزرگی خزش و نرخ پیشرفت آن تحت تأثیر فاکتورهای زیادی هستند، بعضی از این فاکتورها ناشی از خواص مخلوط سیمان بوده و برخی به شرایط بارگذاری و محیطی بستگی دارند. با توجه به اینکه خزش به میزان تنش نیز بستگی دارد، هنگامی که تنش تحمل شده کمتر از حدوداً نیمی از مقاومت فشاری بتن باشد، کرنش خزشی تقریباً متناسب با میزان تنش بوده و خزش خطی خوانده می‌شود. در سطوح بالاتر تنش، خزش با نرخ سریعتری افزایش می‌یابد و نسبت

به تنش غیرخطی می‌شود. این رفتار غیرخطی خزش در سطوح بالای تنش، مرتبط با افزایش میکروترک‌ها تلقی می‌شود. تنش‌های فشاری به ندرت در ساز ه‌های بتنی در بارهای سرویس از نصف مقاومت فشاری فراتر می‌روند و لذا اثرات خزش غیرخطی از اهمیت کمتری نسبت به خزش خطی برخوردار است.

رئولوژی بتن خودمتراکم

مخلوط بتن SCC سیال تر از مخلوط بتن معمولی است؛ بنابراین روشی که توسط آن شناسایی می‌شود نیازمند یک دیدگاه متفاوت و تکنیک اندازه‌گیری جدید می‌باشد. رئولوژی بتن علمی است که به بررسی جریان بتن می‌پردازد. اگرچه ویژگی‌های تازه بتن در حوزه رئولوژیکی از سوی Tattersall و Banfill (اوایل ۱۹۸۰) بیان شده‌اند، SCC در حال حاضر بتنی به صنعت ارائه نموده‌است که مبنای واقعی آن بر اساس ویژگی‌های رئولوژیکی ساخته شده‌است.

در SCC ویژگی‌های یک سیال مخلوط بتن شامل رئولوژی آن می‌باشد؛ و مقادیر زیاد آن به ما کمک کرده تا عملکرد آن را در روشن بنیادین شناخته و متمایز کنیم. مدل‌های رئولوژیکی متعددی وجود دارند، اما اکثر شواهد نشان می‌دهد رئولوژی بتن باید مطابق با مدل بینگهام توصیف شود. این مدل دو تعریف ثابت را در جریان (روانی) مواد پیشنهاد می‌دهد، تنش تسلیم که به مقدار نیروی لازم جهت شروع جریان یک ماده اطلاق می‌شود و ویسکوزیته پلاستیک که به عنوان مقاومت داخلی مواد در برابر جریان تعریف می‌شود.

رئومتر: رئومتر در واقع یک ابزار آزمایشگاهی است که بر خلاف وسکومترها جهت اندازه‌گیری برخی مشخصه‌های افزایش از جمله ویسکوزیته بتن، سرعت برشی و تنش برشی به کار می‌رود. سازوکار عملکرد این وسیله به این صورت است که در آن از طریق بررسی توان مورد نیاز برای چرخش یک سطح و پره در داخل نمونه، پارامترهایی چون ویسکوزیته دینامیک اندازه‌گیری می‌شود.

مفهوم ویسکوزیته

قبل از اینکه وارد بحث بشییم بهتر است بدانیم که ویسکوزیته به مقاومت در برابر جاری شدن را گویند. میتوان گفت وقتی یک سیال میخواهد جاری شود به دلیل اصطکاک بین لایه‌های سیال مقاومت در برابر جاری شدن را نشون میده یا میشه گفت لایه‌های سیال به دلیل جاذبه بین لایه‌ها نمیخان جاری شن که همه اینا همون ویسکوز بودن سیال است و این یکی از خاصییت سیالات است مثل جامدات که خاصییت الاستیک دارند.

زمانی که فرد مخلوط بتن را در سطح هم بزند، هرچه بخواهد سریع تر مخلوط کند، تنش بیشتری بر بازوی وی اعمال می‌شود و این هم زدن دشوارتر می‌شود. داده‌های رئولوژیکی از طریق طراحی یک خط مناسب به وسیله مجموعه ای از نقاط به دست می‌آید. نقطه برون یابی شده نقطه ای است که که در آن مخلوط درحالت تسلیم قرار گرفته و شروع به جاری شدن می‌کند.

همان‌طور که قبلاً بدان اشاره شد، علاوه بر تنش تسلیم، ویسکوزیته پلاستیک یک مخلوط بتن می‌تواند با استفاده از رئومتر تعیین شود. ACI 238 ویسکوزیته را به صورت مقاومت یک سیال در برابر تغییر شکل، تحت تنش برشی تعریف می‌کند.

در مورد بتن، این پارامترها از طریق کاربرد یک رئومتر بتن اندازه‌گیری می‌شوند که چند نوع از آن‌ها با نام تجاری رئومان ۱۱۰ و ۱۱۸ توسط شرکت توسعه پایدار سلمان تجاری سازی شده‌است. چیزی که در این مورد برای متخصص یا کارشناس بتن معنی می‌دهد این است که مخلوط اگرچه کم و بیش سیال است، کم و بیش چسبناک نیز می‌باشد. تفاوت بین عسل و آب را در نظر بگیرید، هر دو سیال‌هایی هستند با تنش تسلیم صفر یا نزدیک به صفر. اما عسل دارای ویسکوزیته بالاتر از آب است.

ویسکوزیته بتن خود متراکم بسته به نوع مواد، نسبت اختلاط مواد و افزودنی‌ها، متفاوت می‌باشد. بعضی از این ترکیبات می‌توانند از ویسکوزیته پلاستیک بالاتر همانند عسل برخوردار باشند، در حالی که سایر ترکیبات ویکوزیته پایین‌تری دارند و این زمانی مهم خواهد بود که بتواند ویژگی عملکردی معینی از قبیل مقاومت در برابر تفکیک را تحت تأثیر قرار دهد. پس به لحاظ رئولوژیکی ترکیبات SCC دارای یک تنش تسلیم پایین همچنین ویسکوزیته ای که میزان آن برای کاربردهای مختلف، متفاوت است، می‌باشد.

بتن خود متراکم در ایران

بتن خود متراکم یک عرضه پویا در زمینه ساخت و ساز در دنیاست، با توجه به این موضوع دانشکده عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل اولین تجلی گاه ظهور بتن خود تراکم در ایران شد که دانشجویان کارشناسی ارشدو دکتری زیر نظر دکتر برنجیان و علی بیگی اعضای هیئت علمی به این مهم دست پیدا کردند.

منابع

۱. ↑ علی اکبر رمضانیان پور، علی کاظمیان، "بتن خودتراکم، فناوری و کاربرد"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۹.
۲. ↑ De Schutter, G. , Bartos, P. J. M. , Domone, P. L. , Gibbs, J. Self-Compacting Concrete, Whittles Publishing, Dunbeath, Scotland, UK, 2008
۳. ↑ ACI 237R-07 Self-Consolidating Concrete, American Concrete Institute, 2007.
۴. ↑ مهتا، ک. مونته‌ایرو، پ. "ریزساختار، خواص، و اجزای بتن "، ترجمهٔ دکتر علی اکبر رمضانیان پور، دکتر پرویز قدوسی و دکتر اسماعیل گنجیان، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۸.
۵. ↑ پرش به بالا به: ۵/۰ ۵/۱ ACI 237R-07, "Self-Consolidating Concrete", American Concrete Institute, 2007.
۶. ↑ EFNARC, "Specification and guidelines for Self Compacting Concrete", http://efnarc.org, ۲۰۰۲.
۷. ↑ فروغی اصل، ع. فامیلی، ه. "بررسی ویژگی‌های عمومی بتن خودتراکم و دلایل گسترش آن در دنیا"، اولین کارگاه تخصصی بتن خودتراکم، دانشگاه تهران، تهران، ایران، ۱۳۸۵
۸. ↑ میردامادی، ع. یادگاران، ا. بنکدار، ا. شکرچی‌زاده، م. "خصوصیات بتن خودتراکم مورد استفاده در پروژه توسعه حرم حضرت معصومه (س)"، اولین کارگاه تخصصی بتن خودتراکم، دانشگاه تهران، تهران، ایران، ۱۳۸۵.
۹. ↑ De Schutter, G. , Bartos, P. J. M. , Domone, P. L. , Gibbs, J. Self-Compacting Concrete, Whittles Publishing, Dunbeath, Scotland, UK, 2008.
۱۰. ↑ - EFNARC, "Specification and guidelines for Self Compacting Concrete", http://efnarc.org, ۲۰۰۲.
۱۱. ↑ بررسی آزمایشگاهی خزش در بتن خود، منیره سنگی وهمکاران.
۱۲. ↑ بتن خود متراکم، دکتر پرویز قدوسی و همکاران

بتن اسفنجی اتوکلاوی

بلوک سبک بتنی هوادار اتوکلاو شده یا **بتن هوادار اتوکلاوی** (Autoclaved Aerated Concrete - AAC) همان بتن گازی سبک یا متخلخل می‌باشد. این نام برای بتن هوادار تولید شده در اروپا در نظر گرفته شده‌است. در سال ۱۹۲۴ میلادی توسط مهندس آرشیتکت سوئدی اختراع و به جامعه مهندسین معرفی گردید. این بتن هم‌اکنون در اروپا و آمریکا به نام‌های تجاری HEBEL , YTONG یا Siporex ارائه می‌شود و در ساخت و ساز نیز بسیار از آن استفاده می‌شود. این بتن در صنعت ساختمان‌سازی به هبلکس یا سیپورکس و آران لکس معروف است ساخت این محصول به روش اختلاط و پخت مواد اولیه انجام می‌گیرد.Johan Axel Erikson مهندس آرشیتکت سوئدی پس از آزمایش‌ها متعدد دریافت که اگر عمل آوری این مواد در حرارت و فشار زیاد انجام شود، یک محصول بتنی متخلخل با مقاومت بالا به دست می‌آید که به علت وجود حباب‌های گاز در آن، یک عایق خوب نیز محسوب می‌شود. این محصول پس از تغییراتی در فرمولاسیون Autoclaved Aerated Concrete و به اختصار AAC نام گرفت. در حدود ۱۹۴۳ آلمانی‌ها نیز از این تکنولوژی استفاده کرده و AAC را تحت نام‌های تجاری مختلف تولید کردند. همگام با سوئد و آلمان، انگلستان نیز خاکستر را جایگزین سیلیس کرد و مدت زیادی است که بلوک AAC تولید شده را در صنعت ساختمان استفاده می‌کنند. در حال حاضر، با تغییرات کوچک در فرمولاسیون و فرایند مربوط به AAC، تغییرات

چشمگیری در ساختار آن فراهم آمده و این تغییرات موجب تقویت ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی AAC شده‌است. در سال‌های اخیر بیش از ۴۵۰ تولیدکننده در ۴۱ کشور جهان AAC را تولید و به بازار عرضه می‌کنند

مواد اولیه

مواد اصلی تشکیل دهنده بتن هوادار اتوکلاوی، ماسه سیلیسی، آهک، سیمان، آب هستند، موادی طبیعی که به وفور یافت می‌شوند. این ترکیب قابل بازیافت و برگرداندن به چرخه تولید هستند.

نحوه تولید

مهمترین مواد اولیه این نوع بتن سیلیس است که همراه آب به صورت دوغاب درآورده می‌شود و همچنین آهک پخته شده و سیمان می‌باشد و در میکسرهای مخصوص در مدت زمان معلوم می‌باشد و سپس در قالب‌های مورد نظر ریخته خواهند شد.
در حال حاضر بزرگ ترین مرکز بخش و فروش بتن اسفنجی یا همان بلوک هبلکس در شهرستان ورامین صورت میگیرد . این شهرستان با نزدیک بودن به بیشتر شهر ها امکان ارسال به تمام استان های ایران را دارد . این مرکز که به انبار بخش هبلکس بلالی نیز معروف است به‌طور کلی بلوک AAC مخلوطی از سیلیس، سیمان، آهک و مقداری پودر آلومینیوم می‌باشد که در حرارت ۲۰۰ درجه سانتی گراد پخته شده و در ابعاد ۶۰*۲۵*۱۰ ،۶۰*۲۵*۱۲/۵ ،۶۰*۲۵*۱۵ ،۶۰*۲۵*۲۰ ،۶۰*۲۵*۲۵،
۶۰*۲۵*۳۰ سانتی‌متر و همچنین بسته به نیاز مشتری متغیر تولید می‌شود

خط تولید

سیلیس از مهم‌ترین مواد اولیه بتن سبک AAC می‌باشد و از معادن داخل کشور تهیه می‌شود، آهک نیز به صورت فرآوری شده و پخته شده به داخل کارخانه حمل می‌گردد. در خط تولید بتن سبک یاAAC سه سیلوی نگهداری مواد اولیه وجود دارد که عبارتند از: سیلوی سیلیس، سیلوی آهک و سیلوی سیمان، که مواد اولیه پس از نگهداری در این سیلوها به تدریج وارد خط تولید می‌شوند. سیلیس، آهک و سیمان به وسیلهٔ الواتورهای مخصوص از سطح زیرین سیلوها به داخل آن‌ها منتقل و در مدت زمان مشخص وارد خط تولید می‌شوند.در نخستین مرحله از تولید بتن سبک، مواد اولیه شامل سیلیس و آب به صورت دوغاب یا گل درآورده می‌شود مواد مورد مصرف شامل سیلیس، آهک و سیمان به صورت خشک پس از توزین مخلوط می‌شوند و در واقع دو آسیاب در این مرحله وجود دارد (آسیاب مواد تر) و (مواد خشک) که پس از مخلوط شدن و فرآوری، مواد به محل قالب ریزی انتقال داده می‌شوند. پیش از آنکه مواد به قسمت قالب ریزی انتقال یابند به‌دقت توزین شده و در میکسرهای مخصوصی در مدت زمان لازم و مشخص مخلوط می‌شوند. مرحله بعدی کار مرحله قالب ریزی مواد است که مواد مخلوط شده در داخل قالب‌هایی که هر کدام تقریباً ۳ متر معکب گنجایش دارند ریخته می‌شوند.. این مواد پس فعل و انفعالات شیمیایی در زمانی مشخص به صورت قالب‌های مورد نظر در می‌آیند این زمان حدود ۳/۵ ساعت به درازا می‌کشد. اینک زمان آن رسیده‌است تا قالب‌های تولیدی را به خط ریخته‌گری انتقال دهند؛ این قالب‌ها به وسیلهٔ شیفتر به خط ریخته‌گری کارخانه برده می‌شوند تا این مرحله از کار انجام شود. قالب‌های تولیدی را بامازوت، اندود می‌کنند تا در مرحله ریخته‌گری چسبندگی ایجاد نشود. میزان حرارت موجود و آمادگی قالب‌ها برای خط برش به وسیلهٔ متخصصان کارخانه اندازه‌گیری می‌شود تا پس از اعلام آمادگی قالب‌ها به خط برش منتقل شود. بعلت تغییراتی که می‌تواند در مواد اولیه رخ دهد، این مواد پیش از ورود به خط، کنترل شده و آزمایش‌های شیمیایی روی آن‌ها انجام می‌شود و پس از ورود به خط نیز بنا به کیفیتی که درون قالب‌ها دارد، تحت آزمایش و کنترل کیفی قرار می‌گیرند. در این بخش از کارخانه سطح خارجی قالب‌ها برداشته می‌شود تا یک سطح هموار و مشخصی از تمام قالب‌ها نمایان گردد در این قسمت دیوارهای جانبی قالب‌ها جدا و از واگن‌ها جدا می‌شوند و آنگاه به بخش برش انتقال می‌یابند. در این بخش پس از دیواره برداری از قالب‌ها، ابتدا برش‌های عرضی به قالب‌ها داده می‌شود و آنگاه با دستگاه‌های برش و با دقت و توجه خاص کارکنان و متخصصان کارخانه برش‌های طولی قالب‌ها انجام خواهد شد. اندازه برش‌های طولی و عرضی قالب‌ها بسته به تقاضای مصرف‌کنندگان و بازار مصرف آن دارد که قابل تنظیم و تغییر خواهد بود. پس از مرحله برش، قالب‌ها بر روی واگن‌های مخصوصی قرار می‌گیرند تا به بخش بلوکی

که مرحله پخت قالب هاست انتقال یابد. قالب‌های محصول در مرحله پخت وارد اتو کلاوها می‌شوند و در حرارت ۲۰۰ درجه سانتی گراد و با فشار ۱۲ اتمسفر پخته و عمل آوری می‌گردد. قالب‌ها در اتوکلاوها و پخت کامل به بخش بارانداز محصولات آماده تحویل انتقال می‌یابند تا به تدریج به بازار مصرف عرضه شود.

مزایا

مزایای فنی : سبکی وزن، عایق در برابر حرارت، عایق در برابر برودت، عایق در برابر صدا، استحکام و پایداری در مقابل زلزله، آتش‌سوزی و بسیاری مزایای دیگر از محاسن بلوک‌های بلوک AAC نسبت به سایر مصالح قدیمی نظیر آجرهای معمولی و آجرهای سفال می‌باشد.

مزایای اجرایی:با توجه به ابعاد و سبکی و راحتی نصب بلوک‌های AAC در همه ضخامت‌ها، سرعت اجرا نسبت به سایر مصالح به ۳ برابر بالغ می‌گردد.

مزایای اقتصادی : پروژه‌های ساختمانی با استفاده از بلوک‌های AAC با در نظر گرفتن سرعت اجرا، به دستمزد کمتری احتیاج و همچنین استفاده از AAC به سبب مصرف ملات کمتر و نیز کاهش بارهای وارده به سازه به دلیل وزن کم دیوارها که موجب کاهش ابعاد سازه می‌شود، صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای را در هزینه مصالح مصرفی موجب می‌گردد. همچنین این مصالح با وجود تخلخل‌هایی از حباب‌های ریز شرایط مناسبی به منظور جلوگیری از هدر رفت انرژی ساختمان داشته باشد و به عبارت دیگر می‌تواند عایق هوشمند صوت و حرارت باشد. به علاوه در مقایسه میان مصالح سنتی و AACاقلام زیر نیز قابل توجه می‌باشد: سرعت زیاد دیوارچینی با بلوک AAC، سرعت زیاد کارهای تأسیساتی، کاهش مقاطع ساختمانی به هنگام محاسبه و صرفه جویی قابل ملاحظه در سازه‌های فلزی و بتنی. به علاوه استفاده از AAC موجب صرفه جویی چشمگیری در انرژی برای سرمایش و گرمایش ساختمان بعد از احداث می‌شود. همچنین ضایعات کلاً به عنوان پوکه مورد استفاده قرار می‌گیرد در حالیکه ضایعات زیاد آجر عملاً بلا استفاده می‌ماند

مزایا کلی

- سازگاری با محیط زیست
- مقاوم در برابر بارهای ناشی از باد و طوفان‌های شدید و زلزله

معایب

یکی از مهم‌ترین عیوب بتن هبلکس این است که نمی‌توان از آن به عنوان اجزا باربر از دیوارهای هبلکس استفاده کرد و برای باربر کردن این دیوارها باید ضخامت دیوارها را بیشتر کرد که این امر مقرون به صرف نیست.

دستورالعمل‌ها

- بتن هوادار اتوکلاوشده (AAC) همگونی کامل با انواع ملات (ماسه، سیمان، گچ، خاک) را دارد.
- ملات مصرفی از آب کافی برخوردار باشد.
- پس از اجرای کامل دیوارها جهت اجرای صحیح گچ باید سطح دیوارها آب پاشی شود و فاصله بین مرطوب کردن دیوارها و انجام عملیات مورد نظر از یک ساعت تجاوز کند.
- به دلیل خواص مکانیکی و ترموفیزیکی متفاوت مصالح ساختمانی از بکار بردن هم‌زمان بلوک سیپورکس با سایر مصالح ساختمانی مانند آجر، بلوک سفالی، بلوک سیمانی در دیوارها خوداری شود.
- جهت برش قطعات می‌توان از وسایلی مانند تیشه و اره چوب بری، شیارزن استفاده نمود.
- به منظور نصب وسایل بر روی دیوار (قاب عکس، تابلو) می‌توان از پیچ و رول پلاک استفاده نمود.
- به منظور نصب تأسیسات مکانیکی و الکترونیکی به راحتی توسط یک دستگاه برش (فرز) می‌توان مسیر عبور را در داخل بلوک‌ها تعبیه نمود.

مقاومت حرارتی عالی AAC نقشی بزرگ را برای حفاظت محیط توسط کاهش ظرفیت نیاز به هوای گرم یا خنک در ساختمان‌ها برعهده دارد. به اضافه اینکه قابلیت استفاده راحت از این محصول، برش درست آن را باعث می‌شود که این تولید ضایعات سخت در حین مصرف را به حداقل می‌رساند.

بر خلاف دیگر مواد ساختمانی AAC می‌تواند نیاز به استفاده از عوامل ایزولاسیون در ساختمان را که باعث افزایش تأثیر بر محیط و قیمت محصول می‌شود را منتفی نماید. شن کوارتز، آهک یا سیمان به مثابه عامل پیوندکننده، پودر آلومینیوم به نسبت ۵ درصد (با توجه به دانسیته از قبل طراحی شده) و آب زمانی که مخلوط شده و در قالب‌ها ریخته می‌شوند باعث پیدایش واکنش‌های متعدد شیمیایی می‌شوند که وزن سبک و خواص حرارتی AAC را تأمین می‌کنند. پودر آلومینیوم با هیدروکسید کلسیم و آب وارد واکنش شده و هیدروژن تولید می‌کند. گاز هیدروژن مخلوط خام را تا دو برابر حجم فوم می‌نماید (توسط حباب‌های گازی باقطر حدود یک‌هشتم اینچ) در پایان پروسس فرمینگ هیدروژن به اتمسفر گریخته و توسط هوا جایگزین می‌شود. زمانی که فوم‌ها از مواد جدا می‌شوند محصول جامد ولی هنوز نرم است که به‌شکل پنل و بلوک بریده شده و برای مدت ۱۲ساعت در اتاقک اتوکلاو قرار داده می‌شود. در شرایط فشار بخار، پروسه سخت شدن تا زمانی که درجه حرارت به ۱۸۰°C و فشار به ۱۲ bar می‌رسد ادامه می‌یابد. دانه‌های کوارتز باهیدوکسید کلسیم واکنش داده و کلسیم سیلیکوهیدرات تولید می‌نماید که این عاملی است که مقاومت بالا و خواص مشهود AAC را به وجود می‌آورد. کار کردن با بتن سبک بسیار آسان است مثلاً به راحتی می‌توان آن را اره نموده یا میخ در آن کوبیده شود یا جای پریز یا کانال عبور سیم برق و لوله آن در آن به وجود آورد. علاوه بر این بتن سبک در مقابل آتش بسیار مقاوم است و کلیه شرایط سلامت محیط زیست را دارا می‌باشد. کار کردن با این نوع بتن‌های سبک نیاز به تخصص خاصی ندارد. با توجه به ابعاد و سهولت کار، سرعت اجرا نیز نسبت به آجر و سفال تا ۲ الی ۳ برابر افزایش می‌یابد.

ملات مورد نیاز

ملات ماسه و سیمان

با توجه به اینکه بلوک‌های AAC از نوع بتن سبک می‌باشد و همگونی کاملی با ملات ماسه و سیمان دارد می‌توان نسبت ترکیب را ۵ یا ۶ به یک تبدیل و در مصرف سیمان صرفه جویی بیشتری نمود. در مواردیکه عایق بندی‌های مورد اجرا با آب و رطوبت سر و کاری نداشته باشد (مثل دیوار اتاق خواب...) می‌توان از ملات گچ و خاک (به لحاظ صرفه حویی اقتصادی) نیز استفاده نمود.

چسب بلوک

چسب مخصوص بلوک هوادار اتوکلاو شده باعث افزایش سرعت اجرا و کاهش پل حرارتی ملات ماسه سیمان می‌گردد.

جذب آب

با توجه به متخلخل بودن بلوک‌های AAC، نم و رطوبت توسط این بلوک‌ها منتقل نمی‌شود. در حالی که این بلوک‌ها نم و رطوبت را منتقل نمی‌کنند و در سطح بلوک آب کمتری را نسبت به مصالح مشابه جذب می‌کنند. اجرای تأسیسات و نماسازی (اعم از لوله، کابینت، سنگ، سرامیک) به راحتی بر روی این‌گونه بتن قابل اجرا می‌باشد.

از سال ۱۹۸۰ توسعه‌ای جهانی در مصرف AAC و احداث کارخانجات جدید در آمریکا، اروپای شرقی، چین، بحرین، روسیه، هند و استرالیا به وجود آمد. این محصول به‌طور روزافزونی توسط تولیدکنندگان، معماران و سازندگان خانه استفاده می‌شود.

منابع

۱. ↑ مجتبی مغربی، جایگزین کردن مصالح سبک و ارزان به جای آجر، دهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی عمران،۱۳۸۲
۲. ↑ http://www.xella.com/en/content/hebel.php
۳. ↑ پرش به بالا به: ۳٫۰ ۳٫۱ Xella Aircrete North America, Inc. (2009). Building The Future http://www.hebel-usa.com with Hebel Autoclaved Aerated Concrete. From

۴. ↑ Autoclaved Aerated Concrete structure is a site that presents the full text of many essential works in the Autoclaved Aerated Concrete Construction and Consultation Services, (http://www.aacstructures.com)

۵. ↑ سید حسین حسینی، اثرات عایق‌سازی حرارتی جداره‌های ساختمانی ساخته شده با مصالح جدید در کاهش مصرف سوخت، اولین همایش منطقه‌ای عمران و معماری، ۱۳۹۰

۶. ↑ http://www.alliedfoamtech.com/index.html

بتن پلیمری متشکل از دو واژه «بتن+پلیمر» می‌باشد، که هر یک تعاریف جداگانه‌ای برای خود دارند و پلیمر به معنای به هم پیوستن و ترکیب شدن چند مولکول کوچک و یکسان و تشکیل مولکول بزرگ به نام پلیمر که این فرایند فرایند بسپار نام دارد. حال به سراغ معرفی بتن‌های پلیمری می‌رویم: از دیر باز با واژهٔ بتن آشنا هستیم، امروزه برای اینکه استحکام و مقاوت بتن را در برابر تحمل فشارها و تنش‌ها را بالا ببرند از ترکیب بتن با مواد شیمیایی متفاوتی بهره می‌برند؛ یکی از این مواد و کارها استفاده از پلیمرها و به نوعی پلیمر کردن بتن می‌باشد. این نوع ماده (پلیمر) ضمن دارا بودن استحکام بالا، دارای وزن پایین و مقاوم در برابر شرایط آب و هوایی و در برابر فشار و بارهای مختلف مقاومت خوبی را از خود نشان می‌دهد. در کل می‌توان بتن‌های پلیمری را ترکیبی از الیاف‌های طبیعی پلیمری در اندازهٔ دانه‌های ریز و درشت دانه‌ها دانست. در فرایند مخلوط کردن بتن‌های پلیمری از آب، که یک پای همیشگی مصالح بتنی است استفاده نمی‌کنیم و به جای اب از رزین مایع (مونمر) استفاده می‌کنیم. در واقع مولکول‌های رزین مایع به عنوان مونومر فرایند ما عمل می‌کنند و باعث سفت و سخت شدن و مقاومت بالا و مهمتر از همه باعث چسبانندگی می‌شوند و مولکول‌های بزرگتر را تشکیل می‌دهند. (فرایند پلیمری شدن) نحوهٔ تشکیل بتن‌های پلیمری (روش ساخت) طی پلیمر شدن و فرایند مخلوط بتن و پلیمر، مولکول‌های رزین مایع به عنوان مونومر به صورت پیوند شیمیایی به همدیگر وصل می‌گردند تا گونه‌ای (نوعی) پلاستیک سفت و مقاوم به نام پلیمر را به وجود آورند. دلایل مهم استفاده از پلیمر در بتن: همان‌طور که گفتیم برای افزایش بهره‌وری و طول عمر بتن و مقاومت آن در برابر انواع تنش‌ها و فشار و شرایط محیطی از پلیمرها و فرایند پلیمری شدن بهره گرفتیم. به این علت که پلیمرها دارای خواص ضد سایش و ضد خوردگی را در برابر عومل سایش دارند. - دارای سبکی و وزن کم نسبت به سایر مواد افزودنی - امکان ترمیم و تعمیر تخریب‌های موجود در پل‌ها، بزرگراه‌ها و سازه‌های آسیب دیده. - برای زیباسازی فضای شهر و معماری - مقاومت بالا نسبت به سایر افزودنی‌ها در برابر شرایط محیطی عمل آوری بتن پلیمری: بتن‌های پلیمری علی‌رغم سایر ترکیبات بتنی به سرعت با شرایط محیطی مطابقت میابند و سریع سفت و سخت می‌شوند. به‌طوری که طی همان ساعات اولیه (حدود یک ساعت) کاملاً مستحکم و سفت می‌شوند؛ لذا در این مدت باید از نفوذ آب جلوگیری کرد تا اب به آن نفوذ نکند. باید توجه داشت که اگر دمای محیط کمتر از ۱۲ درجهٔ سانتیگراد باشد سرهت واکنش بسپار (پلیمر) پایین آمده و کاهش خواهد یافت و برای اینکع این اتفاق نیوفتد دو راه حل پیشنهاد می‌شود؛ یا باید واکنش دهنده‌های فرایند غلیظ باشند یا باید در شروع واکنش دما بین ۷ تا ۲۰ درجهٔ فارنهایت باشد. انواع پلیمرهای مصرفی در بتن:

۱. پلی استر
۲. پلی پلیمر-استیرن
۳. متیل متاکلریت
۴. بتن پلیمری

انواع بتن‌های پلیمری: بتن‌های پلیمری را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

۱. بتن‌هایی که توسط پلیمرها باردار می‌شوند و به اصطلاح PLC گفته می‌شود. این نوع بتن‌ها توسط یک سیستم مونومری باردار می‌شوند و سپس فرایند پلیمری شدن شروع می‌شود.
۲. بتن‌های سیمان-پلیمر و به اصطلاح PCC که شامل نوعی مونومر که به مخلوط آب و بتن می‌افزایند و سپس فرایند پلیمری شدن را شروع می‌کنند.

۳. بتن‌های پلیمری یا همان PC که شامل یک نوع سیستم مرکب تشکیل یافته از سنگریزه‌ها و پراکندگی در مونومر هایشان هستند که بعد از این پراکندگی فعالیت پلیمر شدن آغاز می‌گردد.

۴. بتن‌های گوگورد پلیمر (PSC) که شامل ترکیبی از بتن و گوگرد که به وسیلهٔ پلیمرها خاصیت آنها را تصحیح می‌کند.

طریقهٔ ساخت و تولید بتن‌های پلیمری در حالت غیر جامد: بتن‌های پلیمری را از پرکننده‌های‌های معدنی و در بعضی مواد آلی می‌سازند و این پرکننده‌ها باعث می‌شوند که خواص بتن‌های پلیمری به مراتب بهتر از بتن‌های سیمانی شوند. به عبارت دیگر می‌توان گفت به کمک تغییر این پرکننده‌ها متوان خاصیت بتن‌های پلیمری را تغییر داد. پرکننده‌های پلیمری از دو بخش تشکیل یافته‌اند: ۱- جز سفت ۲- جز نرم جز زبر که معمولاً دانه بندی‌های درشت در ان دیده می‌شود و جز نرم که برعکس شامل دانه بندی‌های ریز است. از پرکننده‌های نرم می‌توان به سنگ‌های پرلیت، رسی و حتی سنگ پا اشاره کرد؛ و از پرکننده‌های سفت می‌توان از ریت؛ هماتیت و قطیر نام برد. مزایای پرکننده‌های نرم و سفت: از پر کننده‌های نرم برای جلوگیری از حجم اضافع ی بتن و به اصطلاح کاهش حجم‌های خالی بتن استفاده کرد. مانند پودر سیلیس، خاکستر، کربنات کلیسم، میکلا و ... با استفاده از این پرکننده‌های معدنی و آلی می‌توان در بتن خاصیت رسانایی و الکتریکی ایجاد کرد و حتی باعث استحکام و مقاومت در برابر ضربه و تنش شد. خواص بتن‌های پلیمری: از خواص این بتن‌ها می‌توان به - خاصیت جذب و نگهداری آب پایین آن اشاره کرد. - استحکام و مقاومت زیاد در برابر عوامل فیزیکی و اصطحکاکی چون سایش و خوردگی. - پایداری در برابر واکنش‌های شیمیایی - مقاومت زیاد در برابر ترک خوردگی در فصل زمستان به دلیل پایداری آن در برابر یخ زدگی و ذوب

فیبرهای نوری

فیبرها بخاطر اندازه کوچکشان با بتن مخلوط شده و ترکیبی از یک متریال دانه بندی شده را تشکیل می‌دهند. به این ترتیب نتیجه کار صرفا ترکیب دو متریال شیشه و بتن نیست، بلکه یک متریال جدید که از لحاظ ساختار درونی و همچنین سطوح بیرونی کاملاً همگن است، به دست می‌آید. فیبرهای شیشه باعث نفوذ نور به داخل بلوک‌ها می‌شوند. جالب‌ترین حالت این پدیده نمایش سایه‌ها در وجه مقابل ضلع نور خورده است. همچنین رنگ نوری که از پشت این بتن دیده می‌شود ثابت است به عنوان مثال اگر نور سبز به پشت بلوک بتابد در جلوی آن سایه‌ها سبز دیده می‌شوند. عملکرد این عناصر به گونه‌ای است که، هزاران فیبر شیشه‌ای نوری به صورت موازی کنار هم بین دو وجه اصلی بلوک بتنی قرار می‌گیرند. نسبت فیبرها بسیار کم و حدود ۴ درصد کل میزان بلوک‌ها است. علاوه بر این فیبرها بخاطر اندازه کوچکشان با بتن مخلوط شده و تبدیل به یک جزء ساختاری می‌شوند بنابراین سطح بیرونی بتن همگن و یکنواخت باقی می‌ماند.

محاسن لاتیراکن

می‌توان دیوار با هر ضخامتی توسط لاتیراکن‌ها ساخت ـ می‌توان نور را تا ۲۰ متر در سراسر بتن بدون اتلاف روشنایی انتقال دهد ـ اگر از این ماده بیشتر و بیشتر در ساختمان‌سازی استفاده شود. نور طبیعی بیشتری می‌تواند برای نور دفاتر و انبارها استفاده شود. این می‌تواند منجر به کاهش زیاد در مقدار الکتریسیته استفاده شده برای نور ساختمان‌ها شود. وقتی در روز از نور طبیعی استفاده می‌شوند.

تأثیرات سازه‌ای

یک دیواره سازه‌ای ساخته شده از لاتیراکن می‌تواند دو متر ضخامت داشته و نورها با حداقل اتلاف نوری تا ۲۰ متر کاربرد خواهند داشت. سازه‌های تحت فشار نیز می‌توانند از این بلوک‌های بتنی شفاف ساخته شوند زیرا رشته‌های شیشه‌ای تأثیر منفی قابل توجهی روی مقاومت فشاری بتن ندارند.

رنگها و بافت بتن شفاف

با توجه به رنگ خاکستری متداول بتن معمولی، لایتراکان دارای رنگ‌های متنوعی است و بافت سطوح بیرونی آن نیز می‌تواند متنوع باشد، به گونه‌ای که بلوکهای متنوع در کنار هم قرار گیرند و یک ساختار واحد را به وجود آورند.

شیوه مسلح کردن

در صورت نیاز به مسلح کردن این بتن شیارهایی در داخل آن تعبیه می‌شوند. در حین ساختن دیوارها میلگردها به صورت عمودی یا افقی در این شیارها قرار می‌گیرند و فیبرهای اپتیکی بخاطر خاصیت انعطاف‌پذیری خود در اطراف میلگردها جمع شده و به این ترتیب میلگردها دیده نمی‌شوند.[۲]

موارد کاربرد بتن شفاف

دیوار

به عنوان متداول‌ترین حالت ممکن، این بلوک می‌تواند در ساختن دیوارها مورد استفاده قرار گیرد. به این ترتیب هر دو سمت و همچنین ضخامت این متریال جدید قابل مشاهده خواهد بود. بنابراین سنگینی و استحکام بتن به عنوان ماده اصلی لایتراکان محسوس تر و در عین حال کنتراست بین نور و ماده شدیدتر می‌شود. این متریال می‌تواند برای دیوارهای داخلی و خارجی مورد استفاده قرار گیرد. اگر نور خورشید به ساختار این دیوار بتابد، بهتر است در جهت غربی یا شرقی ساختمان قرار گرفته تا اشعه آفتاب در حال طلوع یا غروب با زاویه کم به فیبرهای نوری برسد و شدت عبور نور بیشتر شود. بخاطر استحکام زیاد این ماده می‌توان از آن برای ساختن دیوارهای باربر هم استفاده کرد. در صورت نیاز، امکان مسلح کردن این متریال نیز ممکن است.

پوشش کف

یکی از جذاب‌ترین کاربردها، استفاده از «لایتراکان» در پوشش کف‌ها و درخشش آن از پایین است. این عنصر در طول روز یک کف پوش از جنس بتن معمولی به نظر می‌رسد و در هنگام غروب آفتاب بلوک‌های کف در رنگ‌های منعکس شده از نور غروب شروع به درخشش می‌کنند.

طراحی داخلی

همچنین از این نوع بتن عبور دهنده نور می‌توان برای روکش دیوارها در طراحی داخلی استفاده کرد به صورتی که از پشت نور پردازی شده باشند همچنین می‌توان از نورهای رنگی متنوع برای ایجاد حس فضایی مورد نظر نیز استفاده کرد

محصولات ساخته شده به این روش

لامپ لایترا کیوب

یکی از محصولات موفق لایتراکان در زمینه طراحی، لامپ لایترا کیوب است که در آن بلوکها با قرارگیری روی هم مکعبی را تشکیل می‌دهند که منبع نور در داخل آن قرار دارد و نور با عبور از بتن به بیرون ساطع می‌شود. به این ترتیب این ماده جدید می‌تواند در عرصه‌های مختلف طراحی و همچنین در ایجاد فضاهای پویا و انعطاف‌پذیر داخلی بسیار مورد استفاده قرار گیرد.

کاشی بتنی

حدود ۵ ٪ کاشی از فیبرهای نوری تشکیل شده و نور می‌تواند از آن عبور کند. توزیع یکنواخت الیاف در سراسر سطح کاشی به گونه‌ای است که یک طرح کلی در طرف دیگر کاشی به وضوح قابل مشاهده باشد. این کاشی با ترکیبی منحصر به فرد تقریباً نشکن و شفاف است. این ماده با ترکیبی از فیبرهای نوری و بتن باکیفیت ساخته شده‌است و حتی می‌تواند به عنوان بلوک‌های پیش ساخته تولید شود. به دلیل اندازه کوچک الیاف، مخلوط در بتن، تبدیل به یک جزء از مجموع مواد می‌شود و یک ماده جدید است، که هم در ساختار درونی و هم در سطوح بیرونی همگن می‌باشد. این ماده از طریق روی هم گذاشتن لایه‌های متناوب بتن و الیاف تولید و سپس به صورت کاشی برش داده می‌شود. نقش الیاف می‌تواند یکنواخت، یا می‌تواند مانند رگه‌های چوب مصنوعی طراحی شود. هیچ محصول دیگری مانند این ماده در بازار وجود ندارد که شفافیت و دوام و قدرت را با هم به صورت ترکیب یکجا داشته باشد. این امکان وجود دارد که از آن به عنوان ساختاری برای تحمل بار استفاده کرد. مقاومت فشاری آن ۴۹ N/mm2 (مگاپاسکال) می‌باشد و مقاومت خمشی اش ۷,۷ N/mm2 (مگاپاسکال) می‌باشد.

بتن متخلخل (اسفنجی) چیست

بتن متخلخل (بتن اسفنجی)| بتن هبلکس (بتن سبک)

بتن متخلخل یک واژه است و طبق تعریف، ماده ای است با اسلامپ صفر که اجازه می دهد آب از آن عبور کند منابع آب زیرزمینی را تغذیه کند و مواد تشکیل دهنده آن سیمان پرتلند، سنگدانه درشت، مقدار کم یا فاقد ریزدانه،آب و مواد افزودنی می باشد. این عناصر در نهایت بتن سخت شده با حفرات مرتبط را تولید می کنند. طول عمر خدمت دهی روسازی متخلخل حاوی سنگدانه های درشت، حدودا ۵۰-۳۰ ٪ بیشتر از روسازی معمولی است . دانه بندی و اندازه سنگدانه های درشت، نسبت آب به مواد سیمانی و میزان تراکم، بر اندازه حفرات اثر میگذارند و معمولا ۸-۲ میلیمتر هستند. معمولا برای ساخت بتن متخلخل از درشت دانه های با اندازه یکسان استفاده می شود که میتوان به راحتی به درصد حفرات بیش از ۱۵ ٪رسید. این طرح های اختلاط عمدتا دارای نفوذپذیری بالا و مقاومت ناکافی می باشند. اندازه سنگدانه، دانه بندی و مقدار سنگدانه مصرفی در مخلوط بتن متخلخل، همگی از عوامل تاثیر گذار بر مقاومت فشاری بدست آمده می باشند. افزایش مقدار خمیر سیمان به معنای افزایش مقاومت کلی مخلوط بتن متخلخل می باشد. افزایش در سطح خمیر سیمان، می تواند به راحتی از طریق استفاده از سنگدانه ریز بدست آید. با استفاده از سنگدانه ریز، سطح مخصوص سنگدانه ها بیشتر شده و خمیر سیمان سطح گسترده تری از سنگدانه ها را پوشش می دهد. نتایج نشان داد که نسبت آب به سیمان بهینه ۰,۳۲ تا ۰,۳۴ می باشد. مشخصات خمیر سیمان در بتن متخلخل تنوع گسترده ای نسبت به بتن معمولی دارد. خمیر سیمان استفاده شده در بتن متخلخل باید چسبندگی و عدم روانی بالایی داشته باشد.

✓ کاربرد بتن متخلخل یا بتن اسفنجی

روسازی بتن متخلخل نقش اساسی در کنترل کیفیت آب و مدیریت رواناب حاصل از بارندگی ایفا می کند. محققان دریافته اند که رواناب اثرات بالقوه ای بر منابع آبهای سطحی و زیرزمینی دارد. همراه با توسعه شهرنشینی، سطوح نفوذناپذیر افزایش پیدا می کند و در نتیجه ی آن حجم رواناب افزایش پیدا می کند و منجر به تشکیل سیلاب و فرسایش لبه ی معابر می گردد. روسازی بتن متخلخل علاوه بر کاهش اثرات ناشی از گسترش سطوح نفوذ ناپذیر از طریق کاهش میزان رواناب، به حفظ منابع آبی موجود کمک می کند مهمتر از همه، از دیدگاه مهندسان راه و حمل و نقل، کاهش میزان رواناب می تواند سطح ایمنی معابر را افزایش دهد علاوه بر این، روسازی بتن متخلخل دارای چندی ویژگی سودمند دیگر نظیر کاهش آلودگی صوتی، کاهش گرما، حفظ اکوسیستم محلی، تقویت ذخایر آب زیرزمینی و حفظ رشد درختان می باشد. همچنین نفوذپذیری مناسب روسازی متخلخل می تواند نیاز به سیستم های پر هزینه مدیریت رواناب را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. از سویی روسازی بتن متخلخل می تواند پتانسیل بروز برخی مشکلات قانونی برای یک مالک یا سازنده، را با کاهش نیاز به حوضچه رواناب و ایمنی متعاقب آن، نظیر غرق شدن و غیره، کاهش دهد. امروزه، بسیاری از مکان های سرتاسر دنیا، بارندگی و در نتیجه شکل گیری حوض های آب را تجربه کرده اند. این ناشی از اثر توامان افزایش نرخ بارندگی و کاهش نفوذپذیری سطوح نواحی شهری می باشد. برای حل این مشکل،باید مشکلات مهم زیست محیطی رخ داده پیرامون مناطق مسکونی کاهش پیدا کند. با بکارگیری رویکردهای متفاوت، می توان به استانداردهای جدیدی از آژانس حمایت از محیط زیست دست پیدا کرد. پدیده شهری سازی، به دلیل افزایش نفوذ ناپذیری، میزان رواناب را افزایش می دهد و به طور خاص، تغذیه ی ذخایر آب زیرزمینی را تحت تاثیر قرار می دهد. به منظور حفظ اندازه و کیفیت تغذیه ی ذخایر آب، سطوح نفوذ ناپذیر باید کنترل شوند. روسازی متخلخل می تواند نرخ طبیعی نفوذپذیری هیدرولوژیکی را در زمین

های توسعه یافته حفظ کند. این یک تکنولوژی پایدار و دوستدار محیط زیست می باشد و برای معابر با حجم ترافیک کم قابل استفاده است (نظیر پارکینگ بدون سقف، خیابان با ترافیک سبک و پیاده رو ها).

✓ معایب بتن متخلخل یا بتن اسفنجی

بتن متخلخل از پرطرفدارترین بتن های تخصصی مورد استفاده قرار میگیرد اما هنوز بسیاری از مهندسین سازه در استفاده از این نوع بتن تردید دارند و استفاده از این بتن را صلاح نمیدانند و بر این اعتقاد دارند که بتن متخلخل یا اسفنجی کیفیت لازم را برای استفاده ندارد . این نوع از بتن مقاومت مکانیکی پایینی دارد و این به این دلیل است که اتصال پایین بین دانه ای وجود دارد . اما با توجه به بزرگ شدن سایز دانه ای بتن متخلخل، سطح مشترکی بین دانه ها ایجاد می شود و در نتیجه استحکام مکانیکی بتن در برابر ضربه کم می شود هر چند بسیاری از تولید کنندگان بتن متخلخل در تلاش هستند این مشکل را از طریق بالا بردن نسبت سیمان برطرف نمایند اما هنوز هم این معظل از بزرگترین معظلات بتن متخلخل مطرح می شود .

✓ روش تهیه بتن متخلخل یا بتن اسفنجی

در پاسخ به این سوال می توان گفت برای تولید و ساخت بتن متخلخل دانش لازم برای انتخاب اندازه ماسه سنگ ها و همچنین میزان سیمان استاندارد و مقدار صحیح آب مورد نیاز است . اما باید دانست که کارگران و پیمانکاران نمی توانند بتن متخلخل را تولید نمایند .

در مقالات قبل در مورد روان کننده ها اشاراتی به نقش آب در بالا بردن کیفیت بتن داشتیم و مثلا مطرح کردیم که نسبت بالای سیمان به آب باعث می شود بتن در شرایط بهتری باشد اما میزان کم آب باعث شکستگی سطحی بتن متخلخل می شود .
همچنین استفاده از افزودنی های بتن ممکن است ضد یخ و یا استفاده از روان کننده ها باشد .

✓ خرید بتن متخلخل یا بتن اسفنجی

انتخاب محل تهیه بتن متخلخل و اغلب پیمانکاران ترجیح می دهند که از بتن آماده استفاده کنند . تهیه بتن از کارخانه های بتن آماده دارای مزایای بزرگی است که فقط افرادی که با بتن متخلخل آشنا هستند و از این محصول استفاده کرده اند می دانند که کارخانه بتن آماده بهترین گزینه است .

بتن هبلکس hebelex concrete

بتن اسفنجی اتوکلاوی (Autoclaved Aerated Concrete یا AAC) که در ایران بیشتر با نام تجاری اش یعنی بتن هبلکس شناخته می‌شود، نوعی بتن متخلخل و سبک است که برای پایین آوردن وزن مرده‌ی ساختمان و ترمیم سازه های بتنی از آن استفاده می‌شود. این نوع بتن با همان مواد اولیه‌ی بتن معمولی یعنی سیمان، سنگدانه و آب ساخته می‌شود. با این تفاوت که نوعی افزودنی به آن اضافه می‌شود که باعث هوازایی بیش از حد در آن شده و ۸۰ درصد بتن را به فضای خالی تبدیل می‌کند. هم چنین سیلیس از مهم‌ترین مواد اولیه تشکیل دهنده‌ی بتن هبلکس می‌باشد. معمولاً این نوع بتن در قالب‌های مختلفی همانند بلوک در کارخانه تولید می‌شود.

✓ قابلیت های استفاده از بتن هبلکس

قابلیت استفاده از بتن هبلکس در دیوارها، کف‌پوش و بام ساختمان‌ها وجود دارد. وزن و چگالی پایین آن، کار با آن را آسان می‌کند و برش و شکل دادن به آن نیز به سادگی صورت می‌گیرد. از این نظر و از لحاظ طراحی، انعطاف‌پذیری زیادی را در اختیار مهندسان قرار می‌دهد. بتن هبلکس دوام بالایی دارد و مقاومت آن در برابر آب، پوسیدگی، قارچ، کپک و حشرات بسیار بالاست. بتن‌های اسفنجی در برابر حریق مقاومت فوق‌العاده‌ای دارند. بتن هبلکس در آزمایش‌ها ضد حریق نمره کامل دریافت کرده و در برابر آتش می‌تواند تا هشت ساعت مقاومت خود را حفظ کند. هم چنین تخلخل و سبک وزنی این نوع بتن که پایین بودن چگالی آن را به دنبال دارد، باعث می‌شود تا عملکرد بسیار خوبی در زمینه عایق کردن آلودگی‌های صوتی داشته باشد. در کنار عایق صوت، بتن هبلکس عایق حرارتی نیز هست. بنابراین می‌توان گفت که استفاده از این نوع بتن در دیوارها و یا سقف ساختمان‌ها، می‌تواند چندین هدف مختلف را با هم برآورده کند.

با توجه به سبک وزن بودن این نوع بتن، اجرا و نصب آن به شدت تسهیل و تسریع می‌گردد. گزارش‌ها نشان داده است که اجرا و نصب بتن هبلکس در مقایسه با بتن معمولی و یا دیگر مصالح، سه برابر سریع‌تر است. در نتیجه‌ی این موضوع مزایای اقتصادی نیز برای پروژه‌های عمرانی به وجود می‌آید. چرا که کوتاه تر شدن زمان اجرای پروژه هزینه‌ی آن را پایین می‌آورد.

در کنار مزایا و فواید بی‌شمار بتن هبلکس، مانند تمامی مصالح دیگر معایبی نیز وجود دارد که البته انگشت‌شمار است و در برابر مزایای بی‌نهایتش کاملاً قابل چشم پوشی است. نخستین عیب آن این است که نمی‌توان از بتن هبلکس در دیوارهای برابر (یا به اصطلاح دیوار حمال) استفاده کرد. و اگر چنین عملی بخواهد صورت بگیرد، ضخامت دیوارها بایستی افزایش پیدا کند که مشخصا باعث کاهش فضا و افزایش استفاده از مصالح می‌شود و به صرفه نیست. هم چنین بلوک‌های بتن هبلکس به دلیل تخلخل بالا، آب زیادی مصرف می‌کنند. هم چنین پس از نصب هم مکش آب بالایی دارند. البته خود بتن هبلکس در برابر آب مقاوم است، اما این مکش آب باعث می‌شود تا دیگر مصالح ساختمانی با آب تماس پیدا کنند و دچار آسیب دیدگی شوند.

به هر حال مزایای بی‌شمار بتن هبلکس انکار ناشدنی است و به همین دلیل استفاده از آن روز به روز در انواع و اقسام پروژه‌ها در حال افزایش است و هر روزه مهندسان بیشتری به استفاده از این نوع بتن روی می‌آورند.

هنگامی که سیمان پرتلند با آب مخلوط میشود، فعل و انفعال شیمیایی که به آن هیدراتاسیون میگویند، آغاز میگردد. پیشرفت و وسعت این واکنش شیمیایی در دوام، مقاومت و وزن مخصوص بتن اثر میگذارد. معمولاً مقدار آب موجود در مخلوط های بتن، بیش از آب مورد نیاز برای تکمیل هیدراتاسیون است، اما به هر حال کاهش آب به علت تبخیر، باعث تأخیر و یا توقف فرآیند هیدراتاسیون می گردد. در چند روز اول، پس از جاگذاری بتن، در درجه حرارت مناسب، هیدراتاسیون نسبتاً سریع است. بنابراین حفظ آب بتن در طول این زمان بسیار با اهمیت است. عمل آوری بتن روندی است که جهت حفظ رطوبت و حرارت بتن در مدت زمان معین بلافاصله پس از جاگذاری و پرداخت بتن انجام می گردد. هنگامی که عمل آوردن متوقف شود، کسب مقاومت بتن برای مدت کوتاهی ادامه می یابد، ولی پس از آنکه درجه اشباع حفره های مویینه داخل بتن به ۸۰ درصد میرسد، کسب مقاومت بتن متوقف میگردد.

رعایت نکات زیر در هنگام عمل آوری توصیه می شود

۱- عملیات عمل آوری مناسب فورا پس از پخش بتن انجام شود.

۲- برای عمل آوری صحیح بتن رطوبت نیاز است.

۳- رطوبت دائم ضروری است زیرا که تر و خشک شدن موجب ترک در بتن می شود.

۴- درجه حرارت ایده آل برای عمل آوری بتن ۲۳ درجه سانتی گراد است.

۵- عمل آوری به مدت ۷ روز ادامه داده شود.

✓ مدت زمان مراقبت بتن هبلکس (عمل آوری)

مدت مراقبت به عواملی نظیر نوع سیمان، مقاومت مورد نظر، نسبت سطوح نمایان به حجم، شرایط آب و هوایی در هنگام ساختن با نسبت آب به سیمان و ریختن بتن بستگی دارد. زمان بر روی مقاومت بتن تاثیر عمده ای داشته و کاربرد زیادی در عمل پیدا

نموده است. از آنجا که از نظر مقاومت، دمای دوران عمل آوری بسیار مهمتر از دمای بتن ریزی است. لذا لازم است در بتن های معمولی در هوای سرد برای مدتی مشخص حداقل دما را بالا نگهداشت. بتن های عمل آمده در هوای گرم در مناطق حاره مقاومت اولیه بالاتر ولی مقاومت نهایی پایین تری از بتنی که در زمستان یا در هوای سرد عمل آوری میشود نشان می دهند. در صنعت پیش ساخته از عمل آوری با بخار به منظور تسریع مقاومت و باز کردن سریعتر قالبها استفاده می شود. در یک بتن حجیم و بدون کنترل دما، بتن برای مدت طولانی، دمایی به مراتب بالاتر از دمای محیط خواهد داشت. بنابراین در مقایسه با مقاومت بتن های ساخته شده در دمای معمول آزمایشگاه بتن، بتن های ساخته شده در محل اغلب مقاومت اولیه بالاتر و نهایی پایین تری خواهند داشت.

اثر طولانی مدت عمل آوری بر روی مقاومت بتن.

مقاومت بتن تحت تاثیر پارامترهای مختلفی قرار می گیرد. یک از این پارامتر ها طول مدتی است که بتن مرطوب نگهداری یا به عبارت دیگر عمل آوری می شود. نمودار (۱) بیانگر این موضوع برای شرایط مختلف عمل آوری بتن در ۱۸۰ روز می باشد

نمودار (۱) اثر طول عمل آوری توسط آب بر روی کسب مقاومت بتن

بتن ریزی باید در دمای مناسب انجام گیرد دمای زیر ۷ درجه سانتیگراد باعث دیر خشک شدن بتن و دمای زیر صفر باعث منجمد شدن بتن می شود که باید از تسریع کننده بتن استفاده شود. گرمای بالای ۲۹ درجه مثل آنچه در نواحی جنوبی ایران وجود دارد – هم باعث زود خشک شدن بتن می شود که برای این کار از دیرگیر کننده استفاده می شود.

در حالت کلی بتون هنگامی که از میکسر خارج می شود بعد از ۶ ساعت خشک می شود بطوری که دیگر به دست نمی چسبد اگرچه زمان خشک شدن بستگی به میزان تحرک بتن، درجه حرارت محیط، محتوای رطوبت مواد تشکیل دهنده بتن، روش پرداخت و فرآوری بتن و مقدار مخلوط شدن آن دارد در طی ۸ تا ۲۴ ساعت شما قادر خواهید بود که روی بتن ریخته شده راه بروید اگر چه برای محکم شدن باید یک تا دو روز دیگر هم صبر کرد ولی توصیه می شود که برای حرکت خودرو روی سیمان باید حداقل سه روز از بتن ریزی گذشته باشد بعد از سه روز این بتن می تواند وزن خودرو را تحمل کند اما هنوز مدت طولانی لازم است تا استحکام کاملش را پیدا کند و تعجب نکنید اگر مهندسین معتقدند که خشک شدن واقعی بتن طی ۲۸ روز تا یکماه صورت می گیرد. بتن همچنان با گذشت زمان شروع به محکم شدن می کند و بعد از ماهها و حتی گذشت یکسال به استحکام کامل می رسد.

✓ خواص بتن هبلکس

عمده خواص بتن سبک (هبلکس) عبارتست از :

وزن مخصوص : هر متر مکعب حدود ۶۰۰ کیلوگرم .

• **مقاومت فشاری** : ۳۰ تا ۳۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع با امکان افزایش آن بر حساب نیاز مصرف کننده .

کار کردن با بتن سبک (هبلکس) بسیار آسان است، مثلاً به راحتی می توان آن را اره نموده یا میخ در آن کوبید و یا جای پریز یا کانال عبور سیم برق و لوله آب را در آن به وجود آورد. علاوه بر این بتن سبک در مقابل آتش بسیار مقاوم است و کلیه شرایط سلامت محیط زیست را دارا می باشد.

با توجه به آیین نامه جدید محاسبه ایمنی ساختمان ها در برابر زلزله ، بکارگیری مصالح سبک وزن راه حل مناسب و با صرفه در جهت افزایش ایمنی ساختمان می باشد و بلوک های بتن سبک (هبلکس) تامین کننده این مزیت فنی است. یک متر مکعب بلوک هبلکس حدود ۶۰۰ کیلوگرم وزن دارد که برابر ۸۶۶ عدد آجر به وزن ۱۷۵۰ کیلوگرم می باشد ، به عبارت دیگر یک عدد بلوک ۲۰×۲۵×۶۰ هبلکس مطابق با ۴۶ عدد آجر است، در حالی که وزن آن برابر وزن ۱۰ عدد آجر بوده و یک کارگر به راحتی می تواند آن را حمل نماید و سریعاً نیز نصب می گردد .

در ضمن ملات مصرفی برابر ۲۵٪ ملات مورد نیاز برای اجرای همان دیوار با آجر بوده و به درصد سیمان کمتری نیز دز ملات نیاز

دارد. به عنوان مثال چنانچه برای اجرای یک دیوار با آجر به یکصد کیلوگرم سیمان نیاز باشد همان دیوار در صورت استفاده از بلوک های هبلکس ۱۵ کیلوگرم سیمان مصرف می کند.
همچنین بارگیری و حمل بلوک های هبلکس که در قالب های ۳/۱۵ متر مکعبی بسته بندی می شوند با استفاده از جرثقیل فکی و تریلی کفی به راحتی و اقتصادی تر انجام میگیرد. یک تریلی ۹ پالت بزرگ برابر ۲۸/۳۵ متر مکعب را حمل می نماید.
هبلکس = عایق گرما، سرما، صدا و مقاوم در برابر زلزله و ...
هبلکس = صرفه جویی در آهن یا آرماتور، زمان اجرا، ملات مصرفی، دستمزد و ...
هبلکس = چسبندگی قابل توجه با ملات سیمان و ماسه و گچ و خاک به موجب گواهی وزارت مسکن و شهرسازی .

✓ مزایای بتن هبلکس فنی

سبکی وزن ، عایق در برابر حرارت، عایق دز برابر برودت، عایق در برابر صدا، استحکام و پایداری در مقابل زلزله، آتش سوزی و بسیاری مزایای دیگر از محاسن بلوک های هبلکس نسبت به سایر مصالح قدیمی نظیر آجرهای معمولی و آجر های سفال می باشد.

✓ مزایای بتن هبلکس اجرائی:

با توجه به ابعاد و سبکی و راحتی نصب بلوک های هبلکس در همه ضخامت ها، سرعت اجرای بتون هبلکس نسبت به سایر مصالح به ۳ برابر بالغ می گردد.

✓ مزایای بتن هبلکس اقتصادی :

پروژه های ساختمانی با استفاده از بلوک های هبلکس با در نظر گرفتن سرعت اجرا، به دستمزد کمتری احتیاج دارد و همچنین استفاده از هبلکس به سبب مصرف ملات کمتر و نیز کاهش بارهای وارده به سازه به دلیل وزن کم دیوار ها که موجب کاهش ابعاد سازه می شود، صرفه جویی قابل ملاحظه ای را در هزینه مصالح مصرفی موجب می گردد.
به علاوه در مقایسه میان مصالح سنتی و هبلکس اقلام زیر نیز ارقام توجه ای را تشکیل می دهند:
سرعت زیاد آجر چینی با هبلکس، سرعت زیاد کارهای تاسیساتی، کاهش مقاطع ساختمانی به هنگام محاسبه و صرفه جویی قابل ملاحظه در سازه های فلزی و بتنی. به علاوه استفاده از هبلکس موجب صرفه جویی چشمگیری در انرژی برای سرمایش و گرمایش ساختمان بعد از احداث می شود. همچنین ضایعات هبلکس کلا به عنوان پوکه مورد استفاده قرار می گیرد در حالی که ضایعات زیاد آجر عملاً بلااستفاده می ماند.

✓ دستور العمل اجرایی بتن هبلکس اقتصادی:

۱- کادر اجرایی بتن هبلکس اقتصادی:

کارکردن با بتن هبلکس نیاز به تخصص خاصی ندارد با توجه به ابعاد و سهولت کار با هبلکس، سرعت اجرا نیز نسبت به آجر نیز نسبت به آجر سفال دو الی سه برابر افزایش می یابد .

۲-ملات مورد نیاز جهت بتن هبلکس اقتصادی :

همان ماسه و سیمان می باشد و با توجه به اینکه بلوک های هبلکس یک نوع بتن سبک می باشد و هم گونی کاملی با ملات ماسه سیمان دارد می توان نسبت ترکیب را به پنج یا شش به یک تبدیل و در مصرف سیمان صرفه جویی بیشتری نمود، در مواردی که تیغه بندی های مورد اجرا با آب و رطوبت سر کاری نداشته باشند (مثل دیوار اتاق خواب، کار، ...) می توان از ملات گچ و خاک (به لحاظ صرفه جویی اقتصادی) نیز استفاده نمود.

۳-جذب آب توسط بتن هبلکس اقتصادی :

با توجه به ابعاد و متخلخل بودن بلوک های هبلکس، نم و رطوبت توسط این بلوک ها منتقل نمی شود . در عین این که این بلوک ها نم و رطوبت را نسبت به مصالح مشابه جذب می کند، لذا در زمان استفاده از این بلوک باید نکات زیر را رعایت نمود :

اولاً : قبل از اجرا بلوک ها باید کاملاً خیس نمود.
ثانیاً : ملات مصرفی را نیز باید با رقّت بیشتری تهیه نمود.
ثالثاً : بعد از اجرا در صورت امکان به دیوارها آب داده شود.

۴-اندود گچ و خاک برای بتن هبلکس اقتصادی :

با توجّه به سطح صاف و صیقلی هبلکس نسبت به سایر مصالح در صورت اجرای صحیح دیوار ها به اندودی بیش از ۱ الی ۲ سانتیمتر نیاز نخواهد بود (یعنی در هر طرف نیم الی یک سانتیمتر) .

۵- نصب تاسیسات و روکار بتن هبلکس اقتصادی :

نصب تاسیسات و روکار بتن هبلکس اقتصادی مانند سایر مصالح می باشد

بتن پیش آکنده چیست

هر آنچه که باید درباره بتن پیش آکنده بدانید

جهت سیر ایمن خطوط ریلی، بایستی طی عملیات تعمیر و نگهداری خطوط ریلی، همواره این خطوط مورد بررسی قرار گیرند و از سالم بودن اجزای روسازی و زیرسازی خطوط ریلی اطمینان حاصل شود. این امر بوسیله بازدید های روزانه مامورین خط صورت گرفته و در صورت بروز مشکل در اجزای خط بایستی عملیات تعمیر صورت گیرد. بطور معمول عملیات تعمیر و نگهداری در خطوط ریلی بالاستی از اهمیت بیشتری نسبت خطوط بدون بالاست برخوردار است، چرا که این خطوط به دلیل انعطاف پذیری ناشی از شکل پذیری بالاست، مستعد خرابی های هندسی خط همچون نشست های نامتقارن، پیچش و اعوجاج می باشند. از سوی دیگر آلودگی بالاست در این خطوط باعث کاهش انعطاف پذیری خط گردیده و ضمن کاهش قدرت زهکشی خط، مقاومت جانبی و قائم خط را در شرایط مرطوب کاهش می دهد که این موضوع می تواند سبب کاهش پایداری خط و قطار و در برخی موارد خروج از خط وسیله نقلیه گردد. و لذا بطور معمول بخش مهمی از هزینه های چرخه عمر خطوط ریلی بالاستی صرف تعمیر و نگهداری بالاست می شود. از طرفی افزایش ترافیک عبوری و زمان سیر قطارها در بعضی خطوط باعث بوجود آمدن مشکلاتی مثل نبود زمان کافی برای تعمیرات جزیی و عدم امکان مسدودی خط برای زمان طولانی جهت بهسازی و نوسازی خطوط بالاستی میشود. به دلیل حجم بالای ترافیک عبوری، مسدودی خط حتی در یک روز باعث خسارات قابل توجه مادی و نارضایتی مسافران این مسیرها خواهد شد. تمام این عوامل باعث شده که طی سالهای اخیر ساخت خطوط ریلی بدون بالاست مورد توجه بیشتری قرار گرفته و در خطوطی که دارای ترافیک دایمی می باشند استفاده از این نوع خط دارای مزیت های ویژه ای باشد. در سالهای اخیر تبدیل خطوط بالاستی به بدون بالاست با بکارگیری تکنولوژی ساخت بتن پیش آکنده در برخی کشور های دنیا مورد توجه قرار گرفته است.

اجرای بتن پیش آکنده بتدا در سال ۱۹۳۷ برای تعمیر یک تونل در کالیفرنیا انجام شد. طی سالهای متمادی بکارگیری این نوع بتن فقط در صحنه تعمیر پل و تونل خودنمایی میکرد اما پس از آزمایشهای مختلف، اداره احیاء اراضی ایالات متحده از این روش در بازسازی سرریز سد استفاده نمود و سپس در سال ۱۹۴۶ در تعمیرهای بالادست سدی در کلرادو این شیوه بکار رفت بطوریکه در سد مذکور درحالیکه دریاچه سد از آب پر بود، سریعاً طی ۱۰ روز تزریق ملات انجام شد. گروه مهندسین ارتش آمریکا در سال ۱۹۵۱ نیز آن را بکار گرفتند و در سال ۱۹۵۴ و ۱۹۵۵ تقریباً بیش از ۳۸۰۰۰۰ مترمکعب از این بتن در ساخت ۳۴ پایه پل بکار رفت. از سال ۱۹۵۰ در ژاپن و سپس در استرالیا و کشورهای دیگر این شیوه بتن ریزی و تعمیر به وفور بکار رفته است.

در حوزه مهندسی راه آهن، از این روش اجرای بتن برای تبدیل خط بالاستی به دالخط استفاده گردیده است. در حدود ۴۰ سال پیش برای اولین بار در کشور ژاپن، یک تعداد محدودی از خطوط بالاستی با این روش به دالخط تبدیل شدند. در سال ۱۹۷۰ ، تیپ های A، B و D بتن پیش آکنده معرفی شدند که جزییات دقیق آنها در دسترس نیست. در سال ۱۹۸۳ ، تیپ E بتن پیش آکنده به عنوان تیپ پیشرفته شده ی B معرفی شد. در این تیپ، بجای آسفالت داغ از دوغاب سیمان به عنوان پر کننده بین دانه ها استفاده شد. در سال ۱۹۹۷ ، تیپ TC بتن پیش آکنده در راه آهن ژاپن معرفی و در سال ۱۹۸۸ در تاباتا- شینجوکو-تاماچی که بخشی از خط یا مانوته است، اجرا گردید. در سال ۲۰۰۲ نیز چندین بخش دیگر از خطوط راه آهن

ژاپن به این نوع از دال خط تجهیز گردید و در نهایت تا سال ۲۰۰۸ ، ۱۸۲ کیلومتر از خطوط متروی ژاپن به بتن پیش آکنده مجهز شد.
در کشور کره ، از سال ۲۰۰۳ بطور جدی بحث بتن پیش آکنده کانون توجه قرار گرفته است. از سال ۲۰۰۷ در قسمت هایی از تونل های متروی سئول، از این بتن استفاده شده است. در سال ۲۰۰۹ نیز در یکی از پل های خط ۲ متروی یانگ سان، این بتن اجرا شد.

✓ مشخصات و ویژگی های بتن پیش آکنده

بتن پیش آکنده به بتنی اطلاق می شود که سنگدانه آن در محل وجود داشته و با روغن قالب بندی بتن اطراف آن و تزریق ملات ماسه و سیمان با طرح اختلاط از پیش تعیین شده به داخل سنگدانه ها، آن را به بتنی تحت عنوان بتن پیش آکنده تبدیل می کنند. استفاده ی این بتن در پروژه های بزرگ توجیه پیدا می کند بنابراین در پروژه های با بتن ریزی های حجیم مثل سد، پایه پل، فونداسیون های بزرگ و اجرای درجای دال خط راه آهن به عنوان رویکردی جدید در مهندسی راه آهن، استفاده از متد اجرایی بتن پیش آکنده کانون توجه جامعه مهندسی قرار گرفته است. جهت افزودن ملات داخل سنگدانه، از کمپرسور فشار هوا استفاده می شود تا تمامی تخلخل بین سنگدانه ها توسط ملات پر شود. بدیهی است اگر ملات به صورت ثقلی وارد سنگدانه ها شود، نمی تواند تمامی فضاهای بین سنگدانه ها را پر نماید (علی الخصوص اگر نسبت آب به سیمان ملات مورد نظر پایین باشد).

✓ مزایای بتن پیش آکنده

استفاده از بتن پیش آکنده دارای مزایایی نسبت به بتن معمولی میباشد که میتوان این مزیت ها را، دلیل استفاده از این بتن نیز قلمداد کرد. از مهمترین ویژگی های این بتن می توان به موارد زیر اشاره کرد: عدم جدایی اجزاء تشکیل دهنده بتن و همگنی بسیار خوب آن به ویژه در بتنهای سنگین با داشتن سنگدانه های سنگین وزن با چگالی ۵,۳ تا ۸,۷ ، جمع شدگی خمیری کم و همچنین جمع شدگی کم ناشی از خشک شدگی که معمولاً در این بتنها نصف تا ثلث بتنهای معمولی مشابه هست.
پتانسیل ترک خوردگی نیز بدین علت کاهش مییابد و این امر برای منابع آب و تعمیر و غیره بسیار مهم است، امکان مصرف سیمان کمتر که به نوبه خود گرمازایی و سرعت گرمازایی کمتر را در بتنهای حجیم باعث میگردد و تضاد ایجاد مقاومت و دوام با سیمان کم را با کارآیی بتن مرتفع میسازد، آببندی و دوام بهتر این بتنها در محیطهای خورنده به دلیل همگنی و ترک کمتر و نسبت آب به سیمان کم، امکان خنک سازی و گرم سازی ساده تر مصالح سنگی و ملات تزریقی در هوای
گرم و سرد و بتن ریزی حجیم، امکان ایجاد نماهای خاص و بکارگیری مصالح سفید و رنگی در مجاورت سطح، امکان استفاده از دانه بندی گسسته در این بتن، عدم نیاز به تراکم (مگر در موارد لزوم) که خود یک امتیاز بزرگ برای بتن ریزی است،
امکان ریختن بتن در زیر آب اعم از ساکن و جاری به ویژه در آبهای کم عمق و کمک در تثبیت و فروبردن قالبها در آب،
امکان دستیابی به مقاومتهای نسبتا زیاد با به کارگیری نسبت آب به سیمان کمتر و مصرف روان کننده و ژل میکروسیلیس در ملات تزریقی. مقاومت ۴۰ ، ۶۰ و ۹۰ مگا پاسکال برای سنین ۲۸ و ۹۰ روزه و یکساله بدون روانساز و میکروسیلیس گزارش شده است که با توجه به عیار سیمان آنها جالب توجه میباشد، کم کردن هزینه های تجهیز کارگاه به ویژه در بتن ریزیهای حجیم

و سدها، داشتن مدول ارتجاعی بیشتر، ضریب پواسون کمتر و خزش کمتر از بتنهای معمولی مشابه، امکان مصرف افزودنیهای حباب زا، روانساز، پوزولان ها، پلیمرها، حباب زداها، ضد قارچ، زودگیر کننده ها، کندگیر کننده ها، انبساط زاها و اتصال زاها.

✓ طرح مخلوط مصالح در بتن پیش آکنده

الف) مشخصات سنگدانه درشت

در این بخش مشخصات مصالح مصرفی اعم از سنگدانه ها و ملات ماسه سیمان مورد استفاده در اجرای بتن پیش آکنده مورد بررسی قرار داده می شود.

- شنها باید از نوع شکسته کوهی یا نیمه شکسته رودخانه ها باشند تا پوکی لازم تأمین گردد. پوکی شن انباشته در قالب باید در حدود ۰,۳۵ تا ۰,۵ باشد.

- حتی الامکان باید از شن تقریباً یکدست (تک اندازه) استفاده نمود. دانه بندی بر روی پوکی تأثیر میگذارد. دانه بندیهای یکنواخت پوکی را بیشتر میکند.

- حداکثر اندازه شن بسته به ابعاد قطعه و نوع کار بین ۲۵ تا ۱۵۰ میلیمتر تغییر میکند. با افزایش حداکثر اندازه پوکی شن بیشتر میشود. حداکثر اندازه شن معمولاً کمتر از یک چهارم فاصله قالبها میباشد.

- شنها باید تمیز و عاری از گل و لای بوده و مسلماً باید از مقاومت و دوام کافی طبق استانداردهای معتبر برای سنگدانه های درشت برخوردار باشند.

- هر چه شن درشتتر، شکسته تر، یکدست تر و دارای چگالی ذرات کمتر باشد وزن مخصوص توده ای کمتری را خواهد داشت و به عدد ۱,۲۵ نزدیکتر خواهد شد.

- در بتنهای سنگین چگالی ظاهری ذرات شن بین ۳,۵ تا ۷,۸ می باشدکه مسلماً وزن مخصوص توده ای آنها به مراتب بیشتر از شنهای معمول خواهد شد. باریت، لیمونیت، هماتیت، ماگنتیت و حتی قطعات چدنی و فولادی از این جمله اند.

ب) مشخصات سنگدانه ریز

- اگر حداکثر اندازه شن کوچک شود ماسه هایی با مدول ریزی کمتر و حداکثر اندازه کوچکتر بکار میرود. به هرحال ملات ساخته شده با این ماسه باید بتواند به راحتی در لابه لای فضای خالی شنها حرکت نماید و آنها را پر کند. برای شن ۱۵۰ میلیمتری با حداقل اندازه ۴۰ میلیمتر، حداکثر اندازه ماسه ۵ میلیمتر و مدول ریزی آن ۲,۱ تا ۲,۶ میباشد. برای شن با حداکثر اندازه ۷۵ میلیمتر و حداقل اندازه ۲۰ میلیمتر، حداکثر اندازه ما سه ۳ میلیمتر و مدول ریزی آن ۱,۸ تا ۲,۳ میباشد. همچنین برای حداکثر اندازه ۵۰ میلیمتر و حداقل اندازه ۱۵ میلیمتر، حداکثر اندازه ماسه ۲ میلیمتر و مدول ریزی آن ۱,۵ تا ۲ میباشد. برای شن با حداکثر اندازه ۳۸ میلیمتر و حداقل اندازه ۱۲ میلیمتر، حداکثر اندازه ماسه ۱,۵ میلیمتر و مدول ریزی آن ۱,۳ تا ۱,۷ میباشد. اگر حداکثر اندازه شن به ۲۵ میلیمتر برسد حداکثر اندازه ماسه به ۱ میلیمتر محدود میشود.

- مصرف ماسه کاملاً گرد گوشه در همه موارد ارجحیت دارد.

- ماسه باید سخت، تو پر، بادوام و عاری از گل ولای (به ویژه در سطح) باشد.

- در بتنهای سنگین ممکن است از ماسه با چگالی زیاد استفاده شود که به دلیل عیار بالای سیمان و پوزولان امکان جدایی مواد در ملات کم است. بتنهای حاصله در این حالت دارای وزن مخصوص ۳,۵ تا بیش از ۵,۵ تن بر مترمکعب خواهند بود.

ج) مشخصات سیمان

مواد چسباننده شامل انواع سیمان های پرتلند یا آمیخته می باشد که می توان به همراه سیمان مقداری پوزولان بکار برد. سیمان پرتلند با انواع پنجگانه می تواند بکار رود. در صورت عدم تامین سیمان پرتلند نوع ۳ و ۴ می توانیم از افزودنی ها برای زودگیر یا

دیرگیر کننده بتن استفاده نماییم. سیمان های مخلوط یا آمیخته نیز کاربرد وسیعی را برای این بتن ها دارند. سیمان های پرتلند پوزولانی و روباره ای، سیمان های پرتلند اصلاح شده با پوزولان و روباره اکثرا بکار می روند و باید مطابق استانداردهای معتبر تولید گردند تا نتیجه مناسبی عاید شود. پوزولان های طبیعی و مصنوعی، فعال و نیمه فعال می توانند در این بتن ها به عنوان یک افزودنی یا جایگزین و یاری کننده سیمان بکار روند. پوزولان های طبیعی شامل خاکستر ها و توف های آتشفشانی، شیل ها و رس های خاص و دیاتومه ها می باشند. پوزولان های مصنوعی شامل شیل ها و رس های تکلیس شده، دیاتومه های تکلیس شده، روباره های آهن گدازی، خاکستر صنعتی، میکروسیلیس و خاکستر پوسته غلات و چوب (به ویژه خاکستر پوسته برنج) است پوزولان مناسب علاوه بر داشتن فعالیت پوزولانی (ترکیب با آهک در محیط آبدار و تشکیل ژل چسباننده) بایستی ملات را روان و خمیری سازد و مصرف آب را کم کند یا اقلاً آن را در ملات چندان بالا نبرد وگرنه نیاز به روان کننده ها ممکن است الزامی شود. به هر حال ویژگی های پوزولان ها باید مطابق با استاندارد های معتبر جهانی باشد.

✓اجرا و ساخت بتن پیش آکنده

۱-قالب بندی و درزبندی

۲- کارگذاری لوله های تزریق ملات و سایر لوله های مورد نیاز

۳-ریختن سنگدانه های درشت شکسته و نسبتا یک دست در قالب

۴- تزریق ملات ریزدانه و شل ماسه سیمان در فضای خالی درشت دانه ها

۵-لرزاندن قالب ها (در صورت نیاز) و تشکیل بتن مورد نظر

۶-بالا کشیدن تدریجی لوله های تزریق ضمن ادامه دادن عمل تزریق و پر کردن قالب از بتن

۷- نگهداری از بتن و باز کردن قالب ها

بتن سبک گازی و **بتن گازی** به انواع بتن سبک متخلخل گفته می شود که در ساختمان سازی به کار می روند. **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** در دو شکل متفاوت **بلوک AAC و بلوک NAAC**ساخته می شوند که ویژگی‌های مشابهی دارند. هر دو نوع **بتن سبک گازی** ، وزن مخصوص پایینی دارند، عایق صدا و حرارت هستند، جلوی انتشار اتش و حریق را می گیرند و پایه یکسانی دارند. اما تفاوتی اندک در تولید انواع **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** وجود دارد.

تفاوت بلوک NAAC با بلوک AAC

بتن سبک گازی و **بتن گازی** هر دو بلوک نام برده شده، بلوک متخلخل سبک هستند که در ساختمان سازی به کار می‌روند و ویژگی‌های مشابهی نیز

دارند. **بلوک NAAC** به بلوکی گفته می‌شود که به روش‌های گازی ساخته نشده است. **بلوک AAC**به روش گازی پخته می‌شود و پف می‌کند. بعد از این مرحله بلوک را می‌برند و به قطعات مورد نظر در دمای بالای ۲۰۰ درجه سانتی گراد استفاده می‌کنند. وزن مخصوص **بلوک AAC**از **بلوک NAAC** کمتر است و به همین دلیل مقاومت بیشتری دارد.

ویژگی‌های بتن سبک گازی و بتن گازی

بتن سبک گازی و **بتن گازی** مقاوم در برابر آتش شوزی

به علت پایه سیلیس در بتن متخلخل، **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** مقاوم در برابر حریق و آتش سوزی است. هر چه قدر ضخامت **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** بیشتر باشد، مقاومت آن در برابر آتش بیشتر خواهد بود. مقاومت **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** به نسبت بلوک بتنی معمولی بیشتر است.

بتن سبک گازی عایق حرارتی

هر چه وزن مخصوص **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** پایین تر باشد، **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** در مقابل گرما و سرما، عایق بهتری خواهد بود. بنابراین از بلوک **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** برای کاهش هزینه‌های انرژی و جلوگیری از اتلاف انرژِی استفاده می‌شود.

بتن سبک گازی مقاوم فشاری

بتن سبک گازی و **بتن گازی** تمام استانداردهای ۸۵۹۳ و ۸۵۹۶ موسسه استاندارد را پشت سر گذاشته است. ماندگاری **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** نسبت به بتون معمولی بیشتر است و وزن بیشتری را نیز می‌تواند تحمل کند.

بتن سبک گازی عایق صوتی

صدا به راحتی از **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** عبور نمی کند. در ساختمان‌هایی که از **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** در ساخت ان استفاده شده است، میزان شکایت همسایه‌ها از یکدیگر کمتر است. درساختمان‌های **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** صدای بسیار کمتری در بین دیوارها جابجا می‌شود.

استفاده از **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** در بیمارستان‌ها و هتل‌ها و حتی دیوار اتوبان‌ها رایج است.

بتن سبک گازی و جذب آب پایین

بتن سبک گازی و **بتن گازی** به گونه ای طراحی شده است که در مقایسه با دیگر مصالح، جذب اب پایین تری دارد.

کاربرد بتن سبک گازی و **بتن گازی**

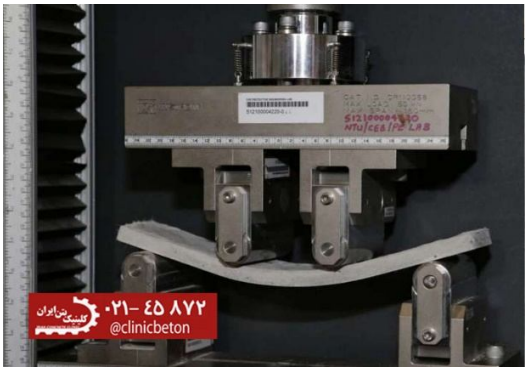
دیوارهای داخلی و خارجی را می‌توان با **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** ساخت

استفاده از **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** در محیط‌های مرطوب مانند دستشویی و حمام و آشپزخانه به علت مقاومت بالای **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** در برابر رطوبتکاهش هزینه‌های مربوط به نازک کاری با **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** سرعت اجرای بسیار بالا در دیوار چینی با **بتن سبک گازی** و **بتن گازی**

بتن با مقاومت بالا

بتن یکی از **مصالح** ساختمانی ست که در ساخت سازه های مختلف کاربرد دارد. برای ساخت سازه های مقاوم, بتن کاربردی باید از مقاومت فشاری بالایی برخوردار باشد. امروزه مقاومت فشاری بتن از جمله مواردی ست که همواره مورد توجه کارشناسان ساختمانی قرار گرفته و تلاش های بسیاری بدین منظور صورت گرفته است. با پیشرفت تکنولوژی در کشورهای توسعه یافته, همواره ساخت بتن و استفاده از آن در سازه های مختلف در حال گسترش است. این بتن ها از مقاومت کششی و فشاری بسیار بالایی برخوردار هستند و نفوذپذیری پایینی دارند. از جمله مواردی که مقاومت کششی بتن را بالا می برند شامل موارد زیر هستند:

- استفاده از شن و ماسه مقاوم در ساخت بتن
- رعایت نمودن نسبت مناسب ماسه به سیمان
- استفاده از سیمان با مدول نرمی مناسب
- استفاده از پوزولان هایی مانند دوده سیلیس برای افزایش تراکم و کاهش تخلخل
- حداکثر استفاده از مصالح سنگی



برای افزایش مقاومت بتن باید نسبت آب به سیمان کمتر باشد. انجام این کار مانع از هیدراته شدن بعضی از دانه های سیمان شده, این ریزدانه ها دانسیته را افزایش داده و مقاومت بتن را بالا می برند. علاوه بر کاهش آب مصرفی باید میزان سیمان را نیز کاهش داد و به جای آن مواد پوزولانی مانند خاکستر بادی, دوده سیلیس و سرباره کوره آهن گدازی را به آن افزود. با بالا رفتن مقاومت بتن احتمال شکنندگی و ترک خوردگی آن بیشتر میشود بنابراین برای نرم نمودن بتن می توان در ساخت آن از الیاف کوتاه استفاده نمود.

مهمترین معیار برای ارزیابی کیفیت بتن مقاومت فشاری آن می باشد. مقاومت بتن به میزان تراکم آن بستگی دارد, بر همین اساس میزان روانی مخلوط باید به گونه ای باشد که بتوان به یک تراکم مناسب دست پیدا کرد. عدم تراکم در بتن باعث کاهش مقاومت بتن و ایجاد ترک خوردگی در آن می شود و پیوستگی بین میلگرد و بتن به صورت کامل انجام نمی گیرد. اگر در مخلوط به اندازه مناسب از موادی مانند فوق روان کننده ها و میکروسیلیس استفاده شود مخلوطی با تراکم بالا تولید خواهد شد.

از بتن با مقاومت بالا اصولا در ساخت ستون های ساختمان های مرتفع, سازه های فرا ساحلی, روسازی راه ها سازه های بتنی با هدف خاص و پل های بتنی پیش تنیده استفاده میشود. استفاده از این نوع بتن در ستون های ساختمان های مرتفع باعث کاهش ابعاد ستون و افزایش طبقات می شود. همچنین در ساخت سازه هایی مانند پایه های سقف جایگاه تماشاگران در میدان های ورزشی و خود میدان های ورزشی از بتن با مقاومت بالا استفاده می شود.

مزایای استفاده از بتن با مقاومت بالا

- کاهش نفوذپذیری در برابر عوامل شیمیایی
- افزایش خواص مکانیکی بتن
- بهینه سازی فضا با کاهش ابعاد هندسی سازه مورد نظر
- استفاده از رده های مختلف بتن با توجه به مقاومت مورد نیاز در طبقات مختلف ساختمان های بلند
- افزایش سرعت اجرا با کاهش حجم عملیات

آشنایی با انواع بتن های سبک به منظور مقاوم سازی و استانداردهای ملی مرتبط با آنها

بتن سبک کف دار یا بتن سبک فومی به نام دیگر بتن سلولی، یکی از انواع بتن سبک می باشد که بیش از ۲۰ درصد آنرا هوا تشکیل داده است. این امر با استفاده از ترکیب ماده کف از پیش شکل یافته و مخلوط پایه سیمانی ایجاد می شود.

بتن کف دار در سال ۱۹۲۳ م . برای اولین بار معرفی شده است. اما فقدان مواد و تجهیزات پیشرفته کاربرد آنرا به پروژه های کوچک محدود کرد. در ۲۰ سال گذشته توسعه منابع مورد نیاز، شامل پیشرفتهای مهم در تولید تجهیزات و ماده کف زا با کیفیت ، تولید و بتن ریزی این نوع بتن را در مقیاسهای بزرگ ممکن ساخته است. درنتیجه توسعه محدوده کاربردهای آن در صنعت ساخت و ساز را موجب شده است. در ۱۵ سال گذشته استفاده از بتن های کف دار با سرعت زیادی نست به دیگر بتنهای خاص رشد یافته است بازار مصرف فعلی این محصول در انگلستان نزدیک به یک میلیون متر مکعب در سال می باشد. در حال حاضر بتن کف دار در سراسر دنیا بطور وسیعی در کاربردهای غیرسازه ای یا نیمه سازه ای مورد استفاده دارد. این موارد شامل پرکردن فضاهای خالی حجیم (مخصوصا وقتی دسترسی مشکل باشد مانند بتن لوله های فاضلاب، چاهها، سردابها، زیرزمینها، معادن، حوضهای ذخیره، تونلها و متروهای که بی مصرف هستند) تثبیت معابر تاسیسات، عایق صوتی و حرارتی تدارکات محافظت در برابر آتش یا پایداری خاک یا دیگر المانهای پیش ساخته و دیوارهای تزریق تونل. مهمترین امتیازات بتن کفدار جریان یافتن ، خود تراکم و خود تراز بودن ، سبک وزن بودن و تغییرات ابعادی کم می باشد. بعلاوه این ماده از خواصی نظیر مقاومت کم کنترل شده خواص عایق حرارتی عالی، ظرفیت باربری خوب، برداشته شدن آسان برخوردار می باشد. کف که به ماده پایه (مخلوط سیمان، آب، ماسه) اضافه می گردد باید توانایی پایدار ماندن و از بین نرفتن هنگام پمپ شدن، بتن ریزی و عمل آوری را داشته باشد. این فاکتور مخصوصا وقتی کف بخش غالب بتن می‌شود (مثلا مقدار کف بیش از ۵۰٪) مهم می شود. در این در صد هوا چگالی حدودا ۱۱۰۰ kg/m3 می‌شود و در چگالیهای کمتر، بتن باید با مراقبت تولید و استفاده گردد .

ساختمان به طور مستقیم (به لحاظ سبکی ویژه این نوع بتن) و صرفه جویی در مصرف انرژی بطور غیر مستقیم(به لحاظ عایق بودن این نوع بتن در مقابل سرما و گرما و در نتیجه کاهش میزان مواد سوختی)، از لحاظ اقتصادی گام‌های بلند و مهم امروزه مهندسین و معماران سازنده ساختمان در دنیا با استفاده از بتن سبک در قسمت‌های مختلف بنا با سبک کردن وزنی برداشته‌اند.

مزایا و معایب بتن های سبک دریک نگاه

مزایا

۱- ساخت سریع ترو نسبتاً ساده تر

۲- حمل و انتقال ارزان تر به دلیل نیاز به انرژی کمتر

۳- کاهش بار مرده و به سبب آن کاستن ابعاد و وزن سازه

۴- قابلیت برشکاری و نیز شکل پذیری بهتر

معایب

۱- طرح اختلاط سخت و حساس تر به نسبت های اختلاط خصوصاً میزان آب

۲- پمپ کردن و انتقال دادن سخت تر با احتمال جداشدگی زیاد

۳- نیازمند تجهیزات میکسر متفاوت و پیچیده تر نسبت به بتن های معمولی

بتن های سبک به چهار دسته تقسیم بندی می شوند:

۱- بتن های سبکدانه

۲- بتن های گازی یا هوادار

۳- بتن های اسفنجی یا فوم بتن

۴- بتن های فاقد ریزدانه

تقسیم بندی کاربردی بتن های سبک به دو دسته کلی انجام می گیرد:

الف – بتن های سبک سازه ای

ب – بتن های سبک غیر سازه ای

– بتن های سبک سازه ای معمولاً با دانستیته یا وزن مخصوص بالاتر از ۱۵۰۰ کیلوگرم در هر مترمکعب و مقاومت فشاری بالای ۱۸ کیلو گرم در سانتیمتر مربع است.

– بتن های سبک غیر باربر نیز برحسب نوع محصول تولیدی دارای ویژگی ها و مشخصات فنی متفاوتی میباشند عمده کاربرد بتن های سبک غیر باربر در دیوارهای جداکننده و کف سازی می باشد.

بتن های سبکدانه

این دسته از بتن های سبک با استفاده از سبکدانه ها و با جایگزینی سنگدانه ها تولید میشوند، مقاومت این نوع از بتن های سبک از مابقی بتن های سبک دارای مقاومت بالاتری هستند و حتی بیشتر بتن های سبک سازه ای از نوع بتن های سبکدانه می باشند.

بتن-اسفنجی-مقاوم-سازی

استانداردهای بتن سبکدانه

۱- شماره استاندارد ۸۵۹۱: بتن سبک-تعیین مدول ارتجاعی استاتیکی فشاری بتن هوادار اتو کلاو شده و یا بتن سبکدانه با ساختار باز-روش آزمون.

۲- شماره استاندارد ۹۶۸۰: بتن سبک-تعیین چگالی خشک-بتن سبک دانه با ساختار باز

۳- شماره استاندارد ۷۷۸۲: الح ساختمانی – بلوک های سیمانی سبک غیر باربر-ویژگیها

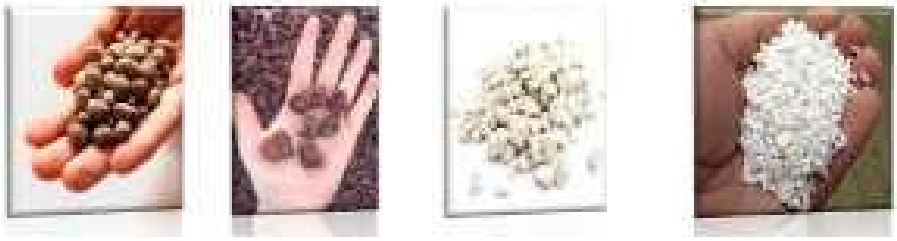
۴- شماره استاندارد ۹۱۶۰: بتن سبک – قطعات پیش ساخته مسلح بتن هوادار اتو کلاو شده و یا بتن سبکدانه با ساختار باز تحت بار عرضی-روش آزمون

۵- شماره استاندارد ۹۱۶۱: بتن سبک-قطعات پیش ساخته مسلح بتن هوادار اتو کلاو شده و یا بتن سبکدانه با ساختار باز تحت بار طولی (قطعه قائم ساختمانی)-روش آزمون.

انواع سبکدانه مصرفی در این دسته از بتن های سبک به دو دسته تقسیم می شوند:

– سبکدانه های صنعتی

– سبکدانه های معدنی



سبکدانه-صنعتی-معدنی

بتن های گازی یا هوادار (Aerated Concrete)

این دسته از بتن های سبک با استفاده از گاز هیدروژن متصاعد شده از ترکیب پودر آلومینیوم و خمیر سیمان تولید می شود.

سیلیس از مهمترین مواد اولیه بتن سبک AAC می‌باشد و از معادن داخل کشور تهیه می‌شود، آهک نیز بصورت فرآوری شده و پخته شده به داخل کارخانه حمل می‌گردد.
در خط تولید بتن سبک یا AAC سه سیلوی نگهداری مواد اولیه وجود دارد که عبارتند از: سیلوی سیلیس، سیلوی آهک و سیلوی سیمان، که مواد اولیه پس از نگهداری در این سیلوها به تدریج وارد خط تولید می‌شوند. سیلیس، آهک و سیمان بوسیله الواتورهای مخصوص از سطح زیرین سیلوها به داخل آن‌ها منتقل و درمدت زمان مشخص وارد خط تولید می‌شوند.
در نخستین مرحله از تولید بتن سبک، مواد اولیه شامل سیلیس و آب بصورت دوغاب یا گل درآورده می‌شود مواد مورد مصرف شامل سیلیس، آهک و سیمان بصورت خشک پس از توزین مخلوط می‌شوند و در واقع دو آسیاب در این مرحله وجود دارد شماره (آسیاب مواد تر) و (مواد خشک) که پس از مخلوط شدن و فرآوری، مواد به محل قالب ریزی انتقال داده می‌شوند.
پیش از آنکه مواد به قسمت قالب ریزی انتقال یابند بدقت توزین شده و در میکسرهای مخصوصی در مدت زمان لازم و مشخص مخلوط می‌شوند. مرحله بعدی کار مرحله قالب ریزی مواد است که مواد مخلوط شده در داخل قالب‌هایی که هر کدام تقریباً ۳ متر معکب گنجایش دارند ریخته می‌شوند.. این مواد پس فعل و انفعالات شیمیایی در زمانی مشخص بصورت قالب‌های مورد نظر در می‌آیند این زمان حدود ۳/۵ ساعت به درازا می‌کشد. اینک زمان آن رسیده‌است تا قالب‌های تولیدی را به خط ریخته‌گری انتقال دهند؛ این قالب‌ها بوسیله شیفتر به خط ریخته‌گری کارخانه برده می‌شوند تا این مرحله از کار انجام شود.
قالب‌های تولیدی را بامازوت، اندود می‌کنند تا در مرحله ریخته‌گری چسبندگی ایجاد نشود. میزان حرارت موجود و آمادگی قالب‌ها برای خط برش بوسیله متخصصان کارخانه اندازه‌گیری می‌شود تا پس از اعلام آمادگی قالبها به خط برش منتقل شود. بعلت تغییراتی که می‌تواند در مواد اولیه رخ دهد، این مواد پیش از ورود به خط، کنترل شده و آزمایش‌های شیمیایی روی آن‌ها انجام می‌شود و پس از ورود به خط نیز بنا به کیفیتی که درون قالب‌ها دارد، تحت آزمایش و کنترل کیفی قرار می‌گیرند. در این بخش از کارخانه سطح خارجی قالب‌ها برداشته می‌شود تا یک سطح هموار و مشخصی از تمام قالب‌ها نمایان گردد در این قسمت دیوارهای جانبی قالب‌ها جدا و از واگن‌ها جدا می‌شوند و آنگاه به بخش برش انتقال می‌یابند. در این بخش پس از دیواره برداری از قالب‌ها، ابتدا برش‌های عرضی به قالبها داده می‌شود و آنگاه با دستگاه‌های برش و با دقت و توجه خاص کارکنان و متخصصان کارخانه برش‌های طولی قالب‌ها انجام خواهد شد. اندازه برش‌های طولی و عرضی قالب‌ها بسته به تقاضای مصرف‌کنندگان و بازار مصرف آن دارد که قابل تنظیم و تغییر خواهد بود. پس از مرحله برش، قالب‌ها بر روی واگن‌های مخصوصی قرار می‌گیرند تا به بخش بلوکی که مرحله پخت قالب هاست انتقال یابد. قالب‌های محصول در مرحله پخت وارد اتو کلاوها می‌شوند و در حرارت ۲۰۰ درجه سانتی گراد و با فشار ۱۲ اتمسفر پخته و عمل آوری می‌گردد. قالب‌ها در اتوکلاوها و پخت کامل به بخش بارانداز محصولات آماده تحویل انتقال می‌یابند تا به تدریج به بازار مصرف عرضه شود

دستورالعمل‌ها:

- بتن هوادار اتوکلاوشده (AAC) همگونی کامل با انواع ملات (ماسه، سیمان، گچ، خاک) را دارد.
- ملات مصرفی از آب کافی برخوردار باشد.
- پس از اجرای کامل دیوارها جهت اجرای صحیح گچ باید سطح دیوارها آب پاشی شود و فاصله بین مرطوب کردن دیوارها و انجام عملیات مورد نظر از یک ساعت تجاوز کند.
- به دلیل خواص مکانیکی و ترموفیزیکی متفاوت مصالح ساختمانی از بکار بردن هم‌زمان بلوک سیپورکس با سایر مصالح ساختمانی مانند آجر، بلوک سفالی، بلوک سیمانی در دیوارها خوداری شود.
- جهت برش قطعات می‌توان از وسایلی مانند تیشه و اره چوب بری، شیارزن استفاده نمود.
- بمنظور نصب وسایل بر روی دیوار (قاب عکس، تابلو) می‌توان از پیچ و رول پلاک استفاده نمود.
- بمنظور نصب تأسیسات مکانیکی و الکترونیکی به راحتی توسط یک دستگاه برش (فرز) می‌توان مسیر عبور را در داخل بلوکها تعبیه نمود.

مقاومت حرارتی عالی AAC نقشی بزرگ را برای حفاظت محیط توسط کاهش ظرفیت نیاز به هوای گرم یا خنک در ساختمانها برعهده دارد. به اضافه اینکه قابلیت استفاده راحت از این محصول، برش درست آنرا باعث می‌شود که این تولید ضایعات سخت در حین مصرف را به حداقل می‌رساند.

بر خلاف دیگر مواد ساختمانی AAC می‌تواند نیاز به استفاده از عوامل ایزولاسیون در ساختمان را که باعث افزایش تأثیر بر محیط و قیمت محصول می‌شود را منتفی نماید. شن کوارتز، آهک یا سیمان به مثابه عامل پیوندکننده، پودر آلومینیوم به نسبت ۵ درصد (با توجه به دانسیته از قبل طراحی شده) و آب زمانی که مخلوط شده و در قالبها ریخته می‌شوند باعث پیدایش واکنش‌های متعدد شیمیایی می‌شوند که وزن سبک و خواص حرارتی AAC را تأمین می‌کنند. پودر آلومینیوم با هیدروکسید کلسیم و آب وارد واکنش شده و هیدروژن تولید می‌کند. گاز هیدروژن مخلوط خام را تا دو برابر حجم فوم می‌نماید (توسط حبابهای گازی باقطر حدود یک‌هشتم اینچ) در پایان پروسس فرمینگ هیدروژن به اتمسفر گریخته و توسط هوا جایگزین می‌شود. زمانی که فومها از مواد جدا می‌شوند محصول جامد ولی هنوز نرم است که بشکل پنل و بلوک بریده شده و برای مدت ۱۲ساعت در اتاقک اتوکلاو قرار داده می‌شود.

در شرایط فشار بخار، پروسه سخت شدن تا زمانی که درجه حرارت به ۱۸۰°C و فشار به ۱۲ bar می‌رسد ادامه می‌یابد. دانه‌های کوارتز باهیدوکسید کلسیم واکنش داده و کلسیم سیلیکوهیدرات تولید می‌نماید که این عاملی است که مقاومت بالا و خواص مشهود AAC را بوجود می‌آورد.

کارکردن با بتن سبک بسیار آسان است مثلاً به راحتی می‌توان آنرا اره نموده یا میخ در آن کوبیده شود یا جای پریز یا کانال عبور سیم برق و لوله آن در آن بوجود آورد. علاوه بر این بتن سبک در مقابل آتش بسیار مقاوم است و کلیه شرایط سلامت محیط زیست را دارا می‌باشد. کارکردن با این نوع بتن‌های سبک نیاز به تخصص خاصی ندارد. با توجه به ابعاد و سهولت کار، سرعت اجرا نیز نسبت به آجر و سفال تا ۲ الی ۳ برابر افزایش می‌یابد

به دو دسته ی کلی زیر تقسیم بندی می شود:

۱- بتن های هوادار اتو کلاو شده AAC

۲- بتن های هوادار غیر اتوکلاوی NAAC

بتن-اتو-کلاو-شده

بتن سبک اسفنجی یا فوم بتن (CLC – Foam Concrete)

فوم-بتن

- این بتن از ترکیب فوم و یا همان ماده کفزا با بتن ریزدانه ماسه ای ایجاد می شود.
- بیشترین کاربرد این نوع از بتن سبک در کفسازی، شیب بندی و به عنوان پرکننده می باشد.
- مهمترین مزایای آن قیمت تمام شده پایین و روش تولید آسان آن می باشد.
- مهمترین مشکل این نوع از بتن های سبک جمع شدگی بالا و نیز مقاومت فشاری پایین می باشد.

مشخصات فوم – بتن

مشخصات-فوم-بتن

لازم به ذکر است استاندارد ملی در رابطه با فوم بتن شماره استاندارد ۱۴۵۰۴ می باشد.

ترمیم ترکهای بتن با تزریق رزین اپوکسی

ترمیم ترکهای بتن با تزریق رزین اپوکسی، رزین پلیمری با فشار به داخل ترک بتن هدایت میشود. ترمیم ترکهای بتن با تزریق رزین اپوکسی روشی کاملاً مهندسی و نوین میباشد که در این بخش سعی در معرفی و آموزش آن خواهیم داشت.

ترمیم ترکهای بتن با تزریق رزین اپوکسی، ترک خوردگی بتن یکی از موارد شایع در اجرای سازه های بتنی می باشد. این ترک ها عموماً به دلایل جمع شدگی ناشی از خشک شدن، انبساط و انقباض حرارتی ، نشست نامتقارن، تکانه های وارده به سازه بتنی، عدم اجرای صحیح اتصالات و درز ها، بارگذاری بیش از حد که سبب ایجاد ترک های کششی، خمشی و برشی در بتن می شود و محدود کننده های تغییر شکل های جانبی ایجاد می گردد.

یکی از راهکار های موثر ترمیم ، ترزیق اپوکسی تحت فشار به داخل ترک ها می باشد. درواقع تأثیر تزریق رزین اپوکسی به داخل ترک باعث ایجاد یک پیوند پلیمری بسیار قوی بین دو جداره شده و ضعف بوجود آمده بدلیل ترک خوردگی عملاً بهبود می یابد. البته پیش از اجرای هرگونه روش ترمیمی ، دلیل ایجاد ترک در بتن باید مورد بررسی قرار گیرد و اقدامات لازم جهت رفع مشکل به عمل آید زیرا در غیر این صورت ممکن است ترمیم ترک با متد تزریق اپوکسی ، فاقد کارایی باشد .**بررسی روشهای تزریق:**

روش های تزریق رزین تحت فشارکلا به دو نوع میباشد :

الف) تزریق اپوکسی از سطح

ب) تزریق اپوکسی در عمق

در هر دوی این روش ها ماده چسباننده پلیمری را با فشار بالا به داخل ترک بتن هدایت میکنند. اما موقعیت قرار گیری ترک ها و عمق و ضخامت آنها عامل اصلی در تعیین نوع تزریق میباشد.

الف : روش تزریق اپوکسی از سطح

در بسیاری از سازه ها عرض ترک بتن بسیار کم بوده و فاصله آنها نیز نزدیک به هم می باشد. برای مثال ترک های حرارتی که در بتن ریزی های حجیم رخ می دهد، از این دسته ترک ها می باشد. اگر عضو بتنی مورد استفاده تحت بار دینامیکی نیز باشد ، گسترش ترکها به مرور زمان در این گونه از ترک ها مشهود می باشد.

در روش تزریق سطحی نیپل تزریق روی سطح نسب می شود. نیپل یا روزنه تزریق توسط بتونه اپوکسی روی سطح نصب شده سپس یک لایه الیاف پلیمری روی سطح به نحوی قرار می گیرد که دهانه نیپل تزریق از میان آن عبور کرده باشد. پس از گذشت زمان مناسب و سفت شدن بتونه اپوکسی تزریق از سطح به وسیله اتصال نازل دستگاه تزریق اپوکسی به ورودی نیپل انجام می گیرد. در فشار های بالا که نیپل تمایل به جدا شدن از سطح را دارد الیاف پلیمری فشار را به سطوح اطراف منتقل و باعث چسبندگی نیپل به سطح می شود.

ب : تزریق اپوکسی در عمق

در این روش عرض و عمق ترک ها به گونه ای است که استفاده از روش تزریق سطحی جوابگو نیست. عامل انتقال رزین پلیمری به ترک در تزریق عمقی فشار پمپ تزریق اپوکسی می باشد. اینکار با استفاده از ابزارهایی خاص بنام پکر تزریق یا نیپل تزریق انجام می گیرد. پکرهای مورد استفاده برای تزریق با اندازه های مختلفی در بازار ارائه می گردد که با توجه به عمق و نوع ترکها باید انتخاب شوند. تفاوت بین پکر و نیپل، علاوه بر شکل ظاهری، در نوع کاربریشان است. برای شرایطی که عرض ترک زیاد بوده و یا کاشت پکر بدلیل تراکم میلگرد یا موقعیت هندسی ترک امکان پذیر نباشد، باید از نیپل استفاده شود.

در تصویر زیر نمونه هایی از پکر ها و نیپل برای ترمیم ترکهای بتن با تزریق رزین اپوکسی نشان داده شده است.

مراحل پر کردن ترک ها با رزین اپوکسی :

برای این منظور ترکهای موجود مشخص و پس از تمیز نمودن سطوح ترکها با استفاده از مواد شیمیایی ویژه اقدام به نصب روزنه های تزریق (نیپل ، پکر) در فواصل مشخص می نماییم و با استفاده از چسبهای ویژه (ملات ترمیمی اپوکسی ECOPATCH E420 یا ECOPATCH UWE840) سطح ترک درز بندی می شود تا تحمل فشار ناشی از تزریق را نموده و امکان نفوذ رزین اپوکسی فراهم شود. تفاوت دو محصول فوق در محل مورد استفاده شان می باشد. برای تزریق در محیط خشک باید از ECOPATCH E420 استفاده شود اما در صورتی که محل استفاده مرطوب باشد و یا عمل تعمیرات در حضور رطوبت و یا آب صورت گیرد (تزریق رزین در زیر دریا، پایه پل های روی رودخانه، جداره سد و سایر سطوح در معرض باران، تثبیت سنگ در دامنه کوه ها و ...) بایستی حتما از محصول ECOPATCH UWE840 استفاده شود.

سپس با استفاده از پمپهای ویژه رزین اپوکسی ECOFIT E900 یا ECOFIT UWE901 را که دارای چسبندگی بالا و زمان گیرش مناسب می باشد از پایین ترین روزنه شروع به تزریق اپوکسی می نماییم. محصول ECOFIT E900 برای استفاده در محیط خشک و ECOFIT UWE901 مخصوص استفاده در محیط خیس ، مرطوب و نقاطی که حضور فیزیکی آب مشهود است می باشد. پمپ تزریق رزین اپوکسی با توجه به حجم کار ، شرایط پروژه و تسهیلات موجود می تواند از نوع پمپ تزریق دو مخزنه، پمپ تزریق تک مخزنه و از نوع برقی، پدالی و یا دستی باشد.

↑پمپ تزریق دو مخزنه برقی

↑پمپ تزریق یک مخزنه

به محض اینکه مواد تزریق (رزین اپوکسی) از روزنه تزریق بعدی تراوش کرد یا فشار کار دستگاه بالا رفت، تزریق را متوقف کرده و از روزنه بعدی ادامه عملیات ترمیم ترکهای بتن با تزریق رزین اپوکسی را انجام می دهیم.
به منظور اطمینان از صحت تزریق، از ترکها مغزه گیری می شود تا میزان نفوذ رزین اپوکسی مشخص گردد. علاوه بر این می بایستی نمونه ها با استفاده از جک بارگذاری و شکسته شوند که در این آزمایش صفحه شکست نباید از سطح ترک خورده ای که با رزین اپوکسی پر شده است عبور کند.

توجه!

آن دسته از مهندسین، دانشجویان و علاقمندانی که در زمینه ترمیم به روش تزریق رزین اپوکسی تحقیق یا فعالیت می کنند پیشنهاد می شود کیت کامل تزریق رزین اپوکسی را تهیه نموده و با استفاده از راهنمای آموزشی و آیین نامه مربوطه این کار را به سهولت انجام دهند.

پکیج آموزشی ترمیم ترکهای بتن با تزریق رزین اپوکسی :

۱- آیین نامه ACI 503 – Specification for Crack Repair by Epoxy Injection

۲- راهنمای ترمیم به روش تزریق رزین اپوکسی

۳- بسته ۴ کیلویی رزین تزریق اپوکسی دو جزئی RTAFIT E900 مطابق استانداردهای ASTM C881، ASTM D638، DIN 53505، DIN 53457

۴- ۲۰ عدد پکر تزریق ۸ سانتی و ۲۰ عدد نیپل تزریق به همراه مته متناسب با سایز پکر

۵- یک عدد پمپ تزریق دستی

۶- بسته ۴ کیلویی بتونه اپوکسی ECOPATCH E420 مطابق استاندارد ASTM C881 Type1

۷- لوازم ایمنی فردی

برای همکاران، شرکتهای پیمانکاری و مهندسینی که بصورت حرفه ای کار تعمیرات بتن انجام می دهند پکیج حرفه ای با محتوای زیر پیشنهاد می گردد:

پکیج حرفه ای ترمیم ترکهای بتن با تزریق رزین اپوکسی :

۱- آیین نامه ACI 503 – Specification for Crack Repair by Epoxy Injection

۲- راهنمای ترمیم به روش تزریق رزین اپوکسی

۳- بسته ۲۰ کیلویی رزین تزریق اپوکسی دو جزئی ECOFIT E900 مطابق استانداردهای ASTM C881، ASTM D638، DIN 53457، DIN 53505

۴- ۵۰۰ عدد پکر تزریق ۸ سانتی و ۵۰۰ عدد نیپل تزریق به همراه ۵ عدد مته الماسه متناسب با سایز پکر

۵- یک عدد پمپ تزریق دو جزئی حرفه ای تایوانی

۶- بسته ۳۲ کیلویی بتونه اپوکسی ECOPATCH E420 مطابق استاندارد ASTM C881 Type1

۷- تعداد ۳ دست لوازم ایمنی فردی

تعمیر ترک سازه‌ای با تزریق اپوکسی

۰۹ مارس ۲۰۱۷ آموزش، بتن

تعمیر ترک سازه‌ای با تزریق اپوکسی

شیوه تزریق بسته به محل ترک و کاربری عضو ترک خورده متفاوت است. مثلاً برای ترک‌های افقی، عمودی یا بالاسری باید رویکردهای متفاوتی در نظر گرفت. روش کار می‌بایست بر اساس میزان دسترسی به سطح ترک خورده و ابعاد ترک‌ها انتخاب شود. ترک‌ها را می‌توان از یک طرف یا هر دو طرف عضو ترک خورده تزریق نمود. اگر امکان تزریق فقط از یک سمت عضو میسر باشد، ممکن است تغییر در غلظت ماده اپوکسی، تجهیزات مورد استفاده برای تزریق، میزان فشار تزریق و تعیین فواصل مناسب تزریق

لازم باشد تا از نفوذ کامل اپوکسی در ترک اطمینان حاصل شود. در مورد علل و روش‌های درمان ترک در بتن نوشته شده است که از مهمترین آنها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

- ترک‌های ناشی از انقباض بتن حین خشک شدن
- ترک‌های ناشی از انقباض و انبساط‌های حرارتی
- ترک‌های ناشی از نشست
- ترک‌های ناشی از فقدان درزهای کنترلی مناسب
- شرایط بارگذاری نامتناسب که موجب ایجاد ترک‌های خمشی، کششی و برشی در بتن می‌شود.
- ترک‌های ناشی از قیود و موانع حرکتی یکی از راهکارهای بلقوه مؤثر در تعمیر ترک
- تزریق تحت فشار مواد اپوکسی درون ترک

به تناسب کیفیت اجرا و رعایت شرایط خاص و ملزومات کار درزگیری، تعمیر ترک‌ها به روش تزریق اپوکسی می‌تواند سلامت سازه‌ای عضو را بازگرداند و و میزان نفوذ رطوبت به ترک‌های با عرض ۰۵/۰ میلیمتر و بیشتر را کاهش دهد. هر چند، قبل از اقدام به هر تعمیری در بتن، علت ایجاد ترک باید مشخص شده و رفع شود. به طور کلی هدف از تعمیر باید از قبل مشخص شود. به عنوان مثال اگر ترک ایجاد شده در بتن ناشی از وجود قید یا مانع حرکتی باشد، روش درزگیری با اپوکسی فایدهای نخواهد داشت. در ترک‌های روی سطوح مسطح افقی که عرض مناسبی دارند، روش پرکردن ترک با اپوکسی بدون اعمال فشار اضافی، مناسبترین روش تعمیر است.

هدف از اجرای این نوع تعمیر

هدف اصلی از انجام این نوع تعمیر، بازگرداندن سلامت و صحت عملکرد سازه‌ای و عایق نمودن عضو بتنی در مقابل نفوذ رطوبت است. معمولاً تزریق زمانی به عنوان روش انتخابی در تعمیر ترک‌های افقی، عمودی و بالاسری مورد استفاده قرار می‌گیرد که سایر روش‌های مرسوم قادر به پرکردن کامل مواد تعمیراتی به درون ترک نباشند. پیش از شروع درزگیری با روش تزریق اپوکسی باید علت ترک خوردگی مشخص شود و تعمیر سازه‌ای عضو به طور قطع در دستور کار تعمیر قرار گیرد. اگر ترک مورد نظر در عملکرد سازه‌ای کل سازه مورد نظر بی تأثیر باشد، احتمالاً روش تزریق با گروت پلی اورتان یا دیگر ملات‌های غیرسازه‌ای می‌تواند انتخاب مناسبتری برای پر کردن ترک باشد.

در صورت لزوم تعمیر سازه‌ای، عواملی که باعث ایجاد ترک شده، قبل از انجام تزریق اپوکسی، باید برطرف شود. چنانچه ترک مرطوب بوده و خشک کردن آن امکان پذیر نباشد، از ماده اپوکسی سازگار با رطوبت باید استفاده شود. ترک‌های ناشی از خوردگی آرماتورهای فولادی نباید به روش تزریق اپوکسی تعمیر شوند زیرا ادامه فرآیند خوردگی موجب بروز ترک‌های جدیدی خواهد شد.

آماده سازی سطح

ناحیه اطراف ترک به عرض حدود ۱۳ میلیمتر از هر سمت باید تمیز شود. دلیل این کار، اطمینان از پیوستگی مناسب بین مصالح مصرفی در درزگیری با بتن ناحیه ترک است. تمیز نمودن با برس سیمی توصیه می‌شود زیرا ابزارهای ساب مکانیکی ممکن است

درحین کار ترک را با گرد و غبار پر کنند. آلودگی‌ها را همچنین می‌توان با آب تحت فشار، هوای فشرده چربی زدا یا جاروی برقی صنعتی برطرف نمود. وقتی از آب برای تمیز کردن ترک استفاده می‌شود، برای تسریع در روند خشک شدن درز، باید از هوای گرم تحت فشار استفاده نمود. در غیر این صورت، قبل از تزریق با مواد اپوکسی حساس به آب، فرصت کافی برای خشک شدن طبیعی ترک باید لحاظ شود. در جاهایی که بتن طرفین ترک شکسته باشد، باید محل درز ترک به شکل شیار V تراشیده شود تا سطح بی‌عیبی از بتن نمایان شود. در مواقعی که هنگام تزریق اپوکسی تحت فشار نیاز به ایجاد لایه درپوش محکمتری بر روی ترک باشد از این شیار می‌توان استفاده کرد.

ویژگی‌های زیر را در مورد انتخاب نوع اپوکسی، می‌توان در انتخاب در نظر گرفت.

- مدول الاستیسیته (سختی)
- عمر سازه
- تغییرات رطوبت
- رنگ
- مقاومت فشاری، خمشی و کششی

ملاحظات ایمنی

رزین‌های اپوکسی مواد خطرناکی هستند و در مواجهه با آنها باید این موضوع را درنظر گرفت. دستورالعمل‌های ایمنی محیط کار باید مد نظر قرار گیرند و تنها به موارد ذکر شده در زیر بسنده نشود.

- شیوه نامه مشخصات ایمنی محصول باید در کارگاه موجود باشد.
- پوشیدن لباس و عینک ایمنی مخصوص در هنگام کار
- استفاده از دستکش لاستیکی و کرمهای محافظ برای دست‌ها
- امکانات لازم برای شستشوی چشم‌ها در صورت نیاز
- دستگاه تنفس مصنوعی برای مواقع ضروری
- دستگاه تهویه برای فضاهای بسته
- مخزن ایمنی برای نگهداری مواد خطرناک
- در دسترس بودن مواد شوینده

اطلاع رسانی افراد در محل در حین اجرا برقراری و اجرای شیوه‌های تأمین سلامتی و ایمنی مقتضی و متناسب با شرایط کار بر عهده مجری است.کاربر باید قابلیت اجرا و کلیه محدودیت‌های مشخص شده را قبل از استفاده بررسی نماید.

هماهنگی قبل از اجرا

پیش از اقدام به شروع عملیات درزگیری، برگزاری یک جلسه هماهنگی قبل از اجرا توصیه می‌شود. در این جلسه همه‌ی طرف‌های دخیل در پروژه تعمیر باید حضور داشته باشند (کارفرما، مشاور، پیمانکار، تولید کننده مصالح و ...) و به صورت ویژه درخصوص پارامترها، مفاهیم، دستورالعمل‌ها، سیمای نهایی کار و الزامات مواد مصرفی برای نیل به اهداف تعمیر توضیحات لازم را بیان کنند.

روش تعمیر ترک

نصب پستانک‌های مخصوص ورود مواد تزریق، پستانک‌ها باید صرفاً پس از آماده کردن سطوح نصب شوند. دو نوع از پستانک‌های مخصوص برای تزریق قابل استفاده هستند.

- سطحی (نصب شده روی سطح)
- سوکتی (نصب شده روی سوکت)

پستانک‌ها می‌توانند مانند هر وسیله لوله مانند، حرکت و انتقال رزین اپوکسی به درون ترک را میسر سازند. برخی تفنگ‌های مخصوص تزریق با نازل خاصی که دارند، امکان تزریق بدون استفاده از پستانک‌های مذکور را فراهم می‌کنند. در هنگام نصب

پستانک‌ها رعایت فواصل ۴۰ میلیمتری مرکز به مرکز آنها باید رعایت شود که البته این فواصل در ترک‌های عریضتر می‌تواند افزایش یابد. فواصل پستانک‌ها ممکن است بر اساس ضخامت عضو بتنی تعیین شود. پستانک‌های نصب شده روی سطوح مسطح افقی، برای اکثر ترک‌ها مناسب هستند. پستانک‌های سوکتی در ترکهایی که بسته شده باشند مثلاً زمانی که با بتن کَلسیته شده مواجه باشید، کاربرد دارند. البته می‌توان از سیستم دارای چند خروجی برای تغذیه همزمان چند پستانک بطور همزمان بهره گرفت که به صرفه نیز است.

اجرای لایه درپوش روی درز ترک

اجرای صحیح لایه درپوش روی ترک موجب حفظ ماده اپوکسی تزریق شده در وضعیت صحیح در زمان تزریق درون ترک می‌شود. زمانی که ترک‌ها کاملاً در ضخامت یک مقطع بتنی گسترش پیدا کرده باشند، بهترین حالت، اجرای لایه درپوش در هر دوطرف مقطع ترک خورده است که باعث محصور شدن مواد اپوکسی تزریق شده درون شیار ترک خواهد شد. جنس لایه‌های درپوش معمولاً از مواد اپوکسی، پلی استر، واکس پارافینی و پودر بتونه سیلیکونی هستند.

انتخاب صحیح ماده مصرفی برای درپوش باید با درنظر گرفتن محدودیت‌های زیر و با توجه به نوع ترکی که تحت تعمیر قرار گرفته است صورت گیرد.

- پایداری در مقابل نفوذ و شُره زدن مواد درون ترک (برای ترک‌های عمودی و بالاسری)
- تغییرات رطوبت
- عمر سازه
- مدول الاستیسیته (سختی)

دمای بتن بعد از اجرای لایه درپوش تغییر می‌کند و قبل از تزریق ممکن است موجب ترک خوردگی لایه شود. اگر این اتفاق رخ داد باید قبل از تزریق نسبت به ترمیم لایه اقدام نمود. قبل از اجرای لایه درپوش باید محل عریضترین نقطه ترک را علامتگذاری نموده و به موارد زیر نهایت توجه صورت گیرد.فقط از موادی استفاده شود که تاریخ مصرفشان منقضی نشده باشد.

نسبت به بخشبندی دقیق ناحیه اجرای کار اقدام شود.

سعی شود بخش‌های اجرای کار، تا حد ممکن کوچک انتخاب شوند تا مواد مصرفی بدلیل طولانی شدن مدت اجرا کهنه نشوند.

رعایت فاصله پستانک‌ها به شکل صحیح صورت گیرد.

اجرای یکنواخت لایه درپوش در ابعادی به عرض ۲۵ میلیمتر و به ضخامت ۵ میلیمتر در طول ترک صورت گیرد.

تزریق اپوکسی

- برای یک تزریق موفقیت آمیز لازم است نسبت به بخش بندی مناسب محل و ترکیب متناسب مواد اپوکسی، دقیقاً بر اساس دستورالعمل تولید آن، اقدام شود.
- قبل از شروع اجرا باید اطمینان حاصل شود که لایه درپوش و پستانک‌های تزریق به خوبی در جای خود محکم و پایدار باشند تا بتوانند فشار ناشی از تزریق را تحمل کنند. آغاز تزریق باید از عریضترین نقطه ترک در سطوح افقی شروع شود (پیش از قراردادن لایه درپوش، این نقطه باید مشخص شود).
- در ترک‌های قائم تزریق معمولاً باید از پایین به بالا صورت گیرد. عمل تزریق باید تا حد امکان ادامه یابد. اگر یکی از ورودی‌های مجاور شروع به پس زدن ماده و تراوش به خارج نمود.
- عملیات تزریق در ورودی فعلی باید متوقف و درپوش آن بسته شود و ادامه عملیات از دورترین پستانک که در حال تراوش است (نسبت به نقطه فعلی) ادامه یابد.
- غالباً ترک‌های مویی با روش پمپاژ تا پس زدن پر نمی‌شوند. برای این ترک‌ها باید برای مدت ۵ دقیقه نسبت به تزریق اپوکسی با فشار بالا اقدام نمود (حدود ۳/۱ مگاپاسکال).

- انتخاب فواصل نزدیک به هم برای پستانک‌ها باید مبتنی بر قضاوت و فلسفه طراحی صورت گیرد. زمانی‌که تزریق درون یک ورودی تمام شد باید سریعاً درپوش آن بسته شود.
- برای تزریق درون ترک‌های خیلی تنگ یا افزایش سرعت تزریق می‌توان از فشار بالا استفاده نمود. هر چند که در هنگام استفاده از فشار بالاتر باید مراقبت‌های ایمنی در خصوص ترکیدن لایه درپوش یا پریدن پستانک‌ها صورت گیرد.

برداشتن پستانک‌ها و لایه درپوش

به محض اینکه کار تزریق به پایان رسید باید پستانک‌ها و لایه درپوش را با حرارت دادن، تراشیدن یا دستگاه ساب مکانیکی از روی سطح برداشت. اگر نمای ظاهری کار اهمیت نداشته باشد، لایه درپوش می‌تواند در محل باقی بماند. اما اگر برداشتن کامل لایه مورد نظر باشد، برای رسیدن به یک سطح تمیز و کاملاً صیقلی می‌توان از دستگاه ساب سطحی استفاده نمود.

چگونگی کنترل تعمیر ترک

برای اطمینان از موفقیت آمیز بودن تزریق، کنترل کیفیت بوسیله مغزه‌گیری یا آزمایشات غیر مخرب (NDE) انجام می‌شود.

آزمایش مغزه گیری

محل گرفتن مغزه‌ها باید طوری انتخاب شود که موجب قطع میلگردهای فولادی نشود. در نقاطی از عضو که تنش‌ها بیشتر است یا از نقاط زیر خط تراز آب نباید اقدام به مغزه گیری نمود. در صورت مواجهه با مشکلاتی از این قبیل، تعیین محل مغزه گیری بر عهده مهندس مشاور می باشد. قبل از اینکه یک مغزه حفاری و خارج شود، باید اطمینان حاصل شود که ناحیه تزریق اپوکسی درون آن مغزه قرار گرفته باشد.

مغزه‌گیری (معمولاً با قطر ۵۰ میلیمتر) برای کنترل میزان نفوذ مؤثر ماده اپوکسی انجام می‌شود. بازدید چشمی از مغزه‌ها درجهت مشخص نمودن میزان نفوذ اپوکسی در ترک صورت می‌گیرد. بر روی مغزه‌ها می‌توان آزمایشات مقاومت فشاری و مقاومت کششی را بر اساس ASTM C 42 انجام داد. در انتها، جای خالی مغزه‌ها باید (بعد از مراحل آماده سازی سطح) با یک ملات منبسط شونده یا ملات اپوکسی سازگار با بتن موجود و همچنین با بتن اطراف محل مغزه پر شوند.

روش‌های ارزیابی غیر مخرب

- امواج صوتی (IE)
- امواج فرا صوت (UPV)
- آنالیز امواج سطحی (SASW)

تعمیر صحیح انواع ترک در بتن

اصولاً تعمیر صحیح انواع ترک در بتن به علت وقوع و همچنین انتخاب روش درخور آن بستگی دارد. در غیر این صورت تعمیرات ممکن است به صورت موقت باشند. لذا برای یک تعمیر موفق و همیشگی باید از عدم پیشروی علل ترک خوردگی کسب اطمینان نمود چرا که ممکن است برخی روش‌های رایج که برای تعمیر و اصلاح ترک‌ها در اعضا بتنی به کار گرفته می‌شوند، شامل موارد زیر است.

تزریق اپوکسی یا فوم پلی یورتان

ترک‌های باریکی را می‌توان به طریقه تزریق رزین‌های اپوکسی پر نمود. در این روش نقاط تزریق متناوباً با فواصل کوتاهی در طول ترک قرار داده شده و سپس سطح ترک کاملاً آب بند می‌شود تا از فرار و نشست رزین در مدت تزریق جلوگیری شود. روش تزریق به این صورت است که رزین از یک نقطه تزریق شده و سپس اطمینان حاصل می‌شود که عمل تزریق تا نقطه بعدی کاملاً صورت گرفته و خلل و فرج‌های اطراف پر شده است.

معمولاً از پلی یورتان‌ها در مواقعی استفاده می‌شود که نیاز به ماده فنری احساس می‌شود. زیرا خاصیت ارتجاعی و انعطاف پذیری پلی یورتان‌ها بیش از سیستم اپوکسی‌ها است. یکی از نمونه‌های پلی یورتان‌ها، به کارگیری آنها در داخل مخازن و مخازن و جاهایی است که از سیستم انتظار مقاومت بالایی در برابر تغییرات و اختلاف دما می‌رود.

بخیه زدن

این روش در موقعی به کار گرفته می‌شود که ترک‌های زیادی روی سطح بتن ظاهر شده و باید برای به دست آوردن و حفظ مقاومت سازه‌ای، آنها شکل با U را مسدود کنید. در این روش المان‌های پایه‌های کوتاه در عرض ترک‌های در درون حفره‌های تعبیه شده، قرار گرفته و سپس این حفره‌ها با ملات‌های روان یا دوغاب که خاصیت جمع شدگی ندارند، پر می‌شود.

تنیدن

اگر در محل‌های مورد تعمیر، ترک‌ها در منقطه بسیار وسیعی ظاهر شده باشد، به طوری که بخیه زدن بسیار گسترده‌ای را ایجاب نماید، ممکن است راه حل تنیدن را مدنظر قرار داد. در روش تنیدن میلگرد یا کابل‌هایی در منطقه بتن آسیب دیده کارگذاری شده وس پس به آنها تنش‌های از پیش محاسبه شده را وار د کرده و در نهایت مهارشان می‌نمایید. در این روش باید دقت کافی مبذول شود تا عمل تنیدگی باعث به وجود آمدن ترک‌هایی در مناطق دیگر نشود.

افزدون میلگرد محاسباتی

این تکنیک شامل حفر سوراخ‌های مناسب، در صفحه ترک، تمیز نمودن ترک و سوراخ‌ها، درزگیری سطحی ترک، پر کردن سوراخ و صفحه ترک با اپوکسی و نصب سریع میلگردهای مسلح کننده در سوراخ‌های است. معمولاً میلگردهای ۱۳ تا ۱۶ میلیمتر برای این منظور استفاده می‌شود که در هر سمت ترک، حداقل نیم متر امتداد دارد.

خورانش ثقلی (پر کردن ثقلی)

روش ثقلی تنها می‌تواند برای کف پارکینگ‌ها، سقف‌های طبقات و سطوح مشابه به کار برده شود. یعنی تنها برای ترک‌هایی که به قسمت پایین سطح افقی گسترش پیدا کرده باشد. بنابراین تزریق ثقلی رزین، نباید به عنوان یک راه حل درازمدت برای رفع مشکل ترک خوردگی، خوردگی و حمله سولفات‌های مورد توجه قرار گیرد.

پر کردن با دوغال سیمان یا گروت

این روش برای تعمیر ترک‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که غیر فعال هستند خصوصاً در سدهای وزنی و دیوارهای بتنی از گروت به علاوه سیمان پرتلند برای تعمیر ترک‌های عریض و از گروت به علاوه یک سری مواد شیمیایی برای آب بندی ترک‌هایی به باریکی ۰۰۲/۰ اینچ معادل یا ۵/۰ میلیمتر استفاده می‌شود که البته مقاومت آن کمتر از سیمان پرتلند است.

ترک در بتن

ایجاد ترک هایی در بتن که نیازمند ترمیم **ترک در بتن** می باشند ، علل مختلفی دارند . برخی ترک ها در بتن فقط ترک های ظاهری هستند و برخی ترک ها در بتن بعلاوه ی ظاهری بودن ترک در بتن نشان دهنده ی وسعت بیشتری از مشکلات در بتن می باشند . این ترک ها در بتن بدلیل مقاومت پایین بتن و گاهی بر اثر تنش نمایان می شوند . نوع ترک و نوع سازه نشان دهنده ی خرابی های احتمالی بوجود آمده در بتن می باشند که نیازمند اجرای عملیات ترمیم بتن با هدف بهبود مقاومت بتن هستند. برای ترمیم ترک در بتن باید ترک ها را به دقت بررسی کرد و با توجه به علت بروز ترک در بتن ، ابعاد ترک در بتن و وضعیت فعلی ترک در بتن اقدام به اصلاح بتن ضعیف کرد . روش ترمیم و اصلاح ترک در بتن وابسته به شرایط محیطی سازه نیز می باشد . علاوه بر ارزیابی نوع اقلیم سازه باید احتمال وجود رطوبت ، آب یا موادآلوده درون ترک در بتن را نیز در نظر داشت.

در بیشتر روش های تعمیر و ترمیم ترک در بتن ، ظاهر ترک در سطح بتن ناپدید نمی شود و در مکان هایی که ظاهر معماری بتن اهمیت دارد باید این مورد را بررسی کرد و با بکاربردن اندودهای مناسب برای تمام سطوح پس از پایان کار ، ظاهر را تا حدودی مطلوب ساخت .

علت ایجاد ترک در بتن

علت ایجاد ترک در بتن سازه و مقاطع بتن مسلح اتفاقی اجتناب ناپذیر می باشد . در ادامه به توضیح علت بروز ترک در بتن می پردازیم . با توجه به خطرات ترک ایجاد ترک در بتن باید طراحی و اجراء به نحوی به صورت پذیرد که در صورت بوجود آمدن ترک ها در بتن عرض ، طول و عمق آنها در مقاطع سازه های بتنی مسلح از حدود ضوابط و آیین نامه ها تجاوز نکند و برای پیشگیری از آنها نیز اقداماتی برنامه ریزی و انجام شود که در راستای مقاوم سازی بتن باشد . در ادامه به برخی از **دلایل ایجاد ترک در بتن** اشاره می کنیم :

۱- ترک در بتن بدلیل استفاده از میلگردهای سبک با مقاومت بالا :

مهندسان محاسب گاها برای کاهش هزینه های مصرفی از میلگردهای سبک با وزن کم و مقاومت بالا استفاده می کنند ، در چنین شرایطی میزان تنش در میلگردها افزایش پیدا می کند . با توجه به اینکه سطح مقطع عضو بتن مسلح سازه مقدار ثابتی است و ضرورت برقراری اصل توازن تنش در مقطع های میلگردهای بتن وجود دارد ، مقدار تنش در مقطع بتن نیز افزایش پیدا می کند . در چنین شرایطی کرنش مقاطع بتنی بیشتر می شود و احتمال بروز **ترک در بتن** افزایش پیدا می کند .

۲- بروز ترک در بتن بدلیل تغییر شکل در خمیر بتن تازه (shrikage) :

تغییر شکل در خمیر بتن یکی دیگر از عوامل مهم بروز ترک در مقاطع سازه های بتنی است . رعایت نکردن ضوابط و شرایط میزان اختلاط بتن ، نسبت زیاد آب به سیمان ، عدم توجه به دانه بندی مصالح سنگی ، استفاده نکردن از روان کننده ها برای کاهش نسبت آب به سیمان ، قالب بندی غیر اصولی که سبب خروج لعاب سیمان می شود ، عدم رعایت تراکم استاندارد بتن درون قالب ها ، عدم نگهداری و رعایت شرایط عمل آوری بتن بویژه در بتن هایی ه در معرض تابش مستقیم آفتاب و وزش باد هستند ، یخ زدن در بتن های تازه نیز منجر به بروز ترکهای زودرس در خمیر بتن می شود . با رعایت ضوبط و شرایط بتن ریزی ، نگهداری و عمل آوری می توان تا مقدار زیاد از بروز **ترک های ساختمانی** جلوگیری کرد .

۳- بروز ترک در بتن بدلیل خزش (creep) :

خزش های طولانی مدت و ثابت سبب بروز تغییر کل یا رفتار غیر الاستیک مصالح در سازه های بتنی می شود . برای پیشگیری از بروز این نوع ترک در بتن ضوابط خاصی در آیین نامه ها ذکر نشده است اما تجربه نشان داده است که با رعایت برخی نکات و توجه به اصول آیین نامه های موجود در مرحله ی اجرا و پیش از آن تا حد زیادی می توان از ظاهر شدن این گونه ترک در بتن جلوگیری کرد ، رعایت برخی اصول از قبیل ; دقت در جنس و دانه بندی سنگدانه های مصرفی ، کاهش بارهای مرده در کنار طراحی بر مبنای تولید بتن کارآمد (High prformance concrete) می تواند بر این اتفاق غلبه کند .

۴-بروز ترک در بتن بدلیل انبساط و انقباض متاثر از نوسانات دما (Early thermal cracking) :

بتن هایی که عمر کمی دارند به تغییرات دمای محیطی حساس ترند و به دلیل تحمل کم در برابر این نوسانات احتمال بروز آسیب

و ترک در بتن بیشتر است لذا دمای بتن تازه طی عمل آوری و حفاظت باید کنترل شود به همین دلیل مجریان ساختمانی با در نظر گرفتن شرایط آب و هوای جغرافیایی منطقه باید اقداماتی را جهت حفظ دمای مناسب در محدوده ی ضوابط ذکر شده در آیین نامه انجام دهند . همچنین در مرحله ی عمل آوری بتن های تازه باید محیط آنها از هر گونه تغییرات دمایی و شوک های حرارتی (تغییر ناگهانی در کاهش و افزایش دما) ایمن باشد . تجربه نشان داده برای جلوگیری از بروز ترکهای ناشی از انقباض و انبساط در بتن باید علاوه بر استفاده از میلگردهای حرارتی ، اقدامات دیگری نیز صورت بگیرد .

۵-بروز ترک در بتن بدلیل تعبیه غیر اصولی درز ها و اتصالات :

رعایت نکردن ضوابط ذکر شده آیین نامه ها در تعبیه درزها و عدم اجرای اصولی و صحیح اتصالات احتمال بروز ترک در بتن و در مقاطع سازه های بتنی افزایش می دهد که ایجاد آنها مستلزم تقویت سازه های بتنی می باشد .

۶-بروز ترک در بتن بدلیل افزیش بارهای وارده :

بارها مشاهده شده که به دلیل تغییر کاربری ساختمان و اعمال بارهایی بیش از مقدار پیش بینی شده در مرحله ی طراحی ، مقدار تنش در سازه های بتنی رشد و افزایش داشته است . با توجه به اینکه محل وقوع ترک ها در بتن وابسته به نوع و میزان تنش است ، احتمال وقوع ترک در بتن جدید در اعضای سازه ی بتنی افزایش می یابد .

۷-بروز ترک در بتن بدلیل احتمال بروز نشت : در هنگام تحلیل عددی سازه و طراحی باید احتمال نشت پایه ها و به طبیعتا دامنه ی این تغییرات در شرایط مختلف بارگذاری به ویژه مرحله ی بهره برداری به دقت بررسی شود و ضمنا مقاطع سازه ی ساختمان باید به گونه ای طراحی شوند که بحرانی ترین تنش های وارد شده را با حفظ حاشیه ایمنی مطلوب تحمل کنند و چنانچه این نکات به دقت بررسی شود و نشت بصورت غیر یکنواخت و در زمان های مختلف باشد ، نیروها مجددا توزیع می شوند و احتمال تغییر در مقدار توزیع و ... .وجود دارد و اگر مقاطع مورد نظر تحمل چنین تنش هایی را نداشته باشند ، ترک در بتن نمایان می شود.

۸-بروز ترک در بتن بدلیل واکنش شیمیایی یون های مخرب با میلگردها :

وجود یون های مخرب از قبیل اکسیژن ، گوگرد کلر و کربن در محیط های آلوده ی حاوی عوامل تجزیه کننده و نفوذ این یون ها به درون مقاطع بتنی سبب بروز واکنش شیمیایی با میلگردها می شود که بدنبال آن پدیده ی ترک در بتن رخ می دهد .

عوامل ذکر شده که سبب بروز آسیب در سازه می شوند نسبت به زمان ، روندی تصاعدی دارند و در صورت عدم کنترل عوامل آسیب زا و از بین بردن آنها با زوال زودتر از موعد در سازه مواجه می شویم .

ترمیم ترک در بتن

هدف از ترمیم ترک در بتن اصلاح ترک های ترک ها ناشی از عوامل تخریب کنند ، افزیش سطح عملکرد سازه و افزایش دوام و طول عمر سازه می باشد .

پیش از اقدامات باید علت بروز ترک های بتن را شناسایی و بررسی کرد و ضمن اطمینان از انسجام و پیوستگی اعضای سازه از روند خوردگی میلگردها اطلاعات دقیقی کسب کرد . برای ترمیم ترک در بتن از ملات های ترمیمی مختلفی استفاده می شود که

در ادامه به آنها اشاره می کنیم :

۱) **ترمیم ترک ها در بتن با تزریق اپوکسی**

۲) ترمیم ترک در بتن با آب بندی بتن

۳) ترمیم ترک در بتن با بخیه زدن یا دوختن

۴) ترمیم ترک در ببتن با افزودن میلگرد

۵) ترمیم ترک در بتن با حفاری و اتصال

۶) ترمیم ترک در بتن با تزریق گروت

۷) ترمیم بتن به روش پیش تنیده کردن خارجی

انواع ترک در بتن

۱) ترک های سازه ای در بتن ۲)ترک های غیر سازه ای در بتن

ترک های سازه ای بتن عموما دارای عرض ۵/۱ تا ۲ میلی متر و عمق ۵/۱ تا ۲ سانتی متر می باشند ، وجود این ترک ها در بتن بسیار حائز اهمیت است چراکه به عنوان زنگ خطری برای سازه می باشد که آسیب های جانی و مالی یا تخریب سازه را در پی دارد در چنین شرایطی عناصری که دارای ترک های سازه ای هستند مستلزم تخریب و بازسازی می باشند و در برخی موارد نیز می توان آنها را به شیوه ای خاص از راه دوختن ، ترمیم و اصلاح کرد ، در مقابل ترک های غیر سازه ای دارای عرض و عمق ناچیز می باشند و تاثیر مهمی در تخریب سازه ندارند ، وجود ترک های غیرسازه ای در بتن در بیشتر مواقع آسیب های سنگینی در پی نخواهد داشت

۱ـ ترک خمشی در بتن : ترک خمشی در بتن یکی از **انواع ترک در بتن** می باشد که هم بصورت منفرد هم بصورت تعداد زیادی ترک در بتن ممکن است بوجود بیاید.

ترک خمشی در بتن زمانی ظاهر می شود که مقاومت خمشی بتن پایین باشد و تار کششی حداکثر عرض خود را داشته باشد . این ترک در بتن مقاومت کلی سازه را تحت تاثیر قرار می دهد لذا عملیات تعمیر و ترمیم ترک در بتن باید فورا انجام گیرد

۲ـ ترک برشی در بتن : این نوع ترک در بتن هنگامی پدیدار می گردد که مقاومت برشی در مقطع عضو مربوطه کم باشد این ترک در بتن به سمت بالا و پایین گسترش پیدا می کند و سبب کاهش مقاومت در سازه می گردد به همین دلیل این نوع ترک نیز سریعا باید تحت عملیات ترمیم ترک در بتن قرار گیرد .

۳ـ ترک پیچشی در بتن : این نوع **ترک بتن** در مقاطعی که مقاومت پیچشی پایینی دارند و دارای عرض یکنواختی هستند رخ می دهد . حالت این ترک ها بصورت مارپیچ نمایان می شود و بصورت تکی بروز می کنند

۴ـ ترک بدلیل بروز لغزش در اتصالات میلگرد :این نوع ترک در بتن هنگامی که مرز کافی در اتصالات وجود ندارد و بعلت انقطاع فوری میلگردها رخ می دهد .

۵ـ ترک بتن در طول تیرها : این نوع ترک در بتن عموما بدلیل خطاهای حین اجرا و اشتباهات قالب بندی رخ می دهد.

۶ـ ترک کششی در بتن : این نوع ترک بتن بدلیل کیفیت نامرغوب بتن و عدم وجود آمارتور بندی به مقدار کافی در مقاطع تحت کشش در بتن ، نمایان می گردد .

۷ـ ترک بتن در ستون ها : ترک های ستون در دو حالت اریب و افقی ظاهر می شوند . ترک های افقی بتن در ستون بدلیل خوردگی آرماتور ها و عدم طراحی مقاطع ستون جهت خمش رخ می دهد . ترک های اریب بتن در ستون نیز هموما بعلت عدم پیشبینی نیروهای جانبی و کم بودن سختی هنگام اعمال نیروهای محوری پدید می آید .

۸ـ ترک ناشی از خوردگی در بتن : این نوع ترک در بتن ناشی از خوردگی و زنگ زدگی آرماتورها ، عدم وجود پوشش لازم و کیفیت نامرغوب و کم بتن می باشد .

۹ـ ترک های خمشی بتن در دال : این نوع ترک در بتن بدلیل عدم رعایت توزیع در میلگردها و ادامه ندادن میلگرد اصلی در بتن

رخ می دهد

۱۰ـ ترک های ناشی از جمع شدگی بتن در دال طره ای : این نوع ترک مربوط به خطاهای اجرایی بتن می باشد . نسبت زیاد مقدار آب به سیمان ، عمل آوری نامناسب در بتن سبب ظهور این نوع ترک در بتن می شود که نیازمند ترمیم ترک می باشد .

جلوگیری از ترک در بتن

۱- جلوگیری از ترک خوردگی بتن با استفاده از بتن کم حرارت :

یکی از اصلی ترین دلایل ایجاد ترک در بتن بویژه در سازه هایی با مقاطع حجیم بتنی کند بودن روند از بین رفتن گرمای حاصل از فرآیند هیدراتاسیون می باشد که افزایش دمای درون بتن را بدنبال دارد ، افزایش دمای درون بتن در نهایت سبب بروز ترک های حرارتی در بتن می گردد . لازم است برای پیشگیری از ایجاد ترک در بتن بجای استفاده از سیمان معممولی از سیمان هایی استفاده شود که روند تولید حرارت در آنها با سرعت بیشتری انجام شود ، در این صورت عدم افزایش دمای درون بتن ، مانع ایجاد ترک در بتن می شود .

۲- جلوگیری از ترک خوردگی بتن با پیش سرمایش بتن :

یکی دیگر از راه های جلوگیری از ترک در بتن پیش سرمایش بتن است که به چند طریق از جلمه : استفاده از آب با دمای کم در فرآیند تولید بتن ، دمیدن در داخل مصالح یا شستن مصالح با آب خنک محقق می گردد ضمنا انتخاب مصالح اولیه با کیفیت و دانه درشت نیز تاثیر زیادی در جلوگیری از ایجاد ترک در بتن دارد . در واقع این روش باعث ایجاد تعادل گرمایی می گردد و مانع بروز ترک های حرارتی در بتن می شود .

۳- جلوگیری از ترک خوردگی بتن با پایین آوردن دمای بتن :

یکی دیگر از راه های پیشگیری از بروز ترک در بتن پایین آوردن دمای بتن بعد از بتن ریزی (پس سرمایش) می باشد که عمدتا با کمک لوله های احداث شده صورت می پذیرد . برای اجرای این فرآیند بعد از بتن ریزی لوله هایی با طول ۲۵۰ متر و قطر ۲۵ میلی متر و در فاصله ای حدود ۵۰ سانتی متر الی ۲ متر بطوریکه با یکدیگر در ارتباط باشند روی بتن تعبیه می گردند و در نهایت بعد از بتن ریزی آب با سرعت زیادی روی بتن ریخته می شود . در این روش آب سرد تا جایی روی بتن ریخته می شود که دمای بخش های اصلی بتن به میزان مورد نظر کاهش یابد ضمنا توجه داشته باشید که پایین آوردن دمای بتن بویژه در فصل گرما جهت پیشگیری از خشک شدن بتن از اهمیتی دو چندان برخودار است

۴- جلوگیری از ترک در بتن با کاهش سیمان

لازم بذکر است وجود درصد بالای سیمان در فرآیند ساخت بتن سبب تولید گرمای بیشتر در هیدراتاسیون می گردد . لذا در تولید بتن مورد استفاده در سازه های حجیم بتنی لازم است تا از درصد سیمان بکار رفته کاسته شود چرا که در صورت تولید بتن با سیمان زیاد میزان خروج حرارت در بخش های داخلی بتن بسیار آهسته تر از بخش های خارجی بتن می باشد که این مسئله ایجاد ترک های حرارتی را بدنبال دارد و عمدتا پیشنهاد می گردد سیمان بکار رفته در بتن بخش داخلی سازه حدود ۲۰ درصد کمتر از سیمان موجود در بخش های خارجی ساهز ی بتنی باشد

۵- جلوگیری از ترک در بتن با اتصال بخش های مختلف به یکدیگر :

ایجاد اتصالات انقباضی یکی از راه های جلوگیری از ایجاد ترک در بتن بر اثر انقباضات و تغییرات بتن بدلایل مختلف از جمله تغییرات دما می باشد . اتصالات انقباضی یک روش مناسب برای اتصال بخش های مختلف سازه به یکدیگر جهت مقاومت در باربر تغییرات بتن و در نهایت جلوگیری از ایجاد ترک در بتن است

روش های ترمیم ترک بتن

۱- ترمیم ترک بتن با گروت : ترمیم ترک به این روش از سایر روش ها اقتصادی تر است و با سرعت بالاتری اجرا می گردد . از گروت عموما برای ترمیم ترک هایی در بتن استفاده می شود که به شکل مستقیم هستند . در این روش یک حفره در مجاورت ترک تشکیل می شود و با استفاده از گروت پر می شود . در این روش تزریق گروت از گسترش ترک در بتن جلوگیری می کند

۲- ترمیم ترک بتن با تزریق اپوکسی : در این روش ترک در بتن با تزریق اپوکسی یا سایر مواد دارای اپوکسی و با استفاده از آرماتورهای از پیش مشخص شده ترمیم می شود . این روش مثل دوخت در ترمیم ترک های بتن عمل می کند . در این روش ابتدا حفره ای به قطر ۵۰ الی ۷۵ میلی متر با توجه به ابعاد ترک و وضعیت آن به گونه ای که گنجایش کافی برای جایدهی مصالح را داشته باشد حفر می شود و سپس با تزریق اپوکسی پر می گردد .
۳- ترمیم ترک بتن با دوختن : ترمیم ترک های بتنی به روش دوختن یک راه آسان و ماندگار است . طی اجرای این روش در طول ترک حفره هایی ایجاد می شود و بطور محکم بسته می شوند سپس ملات یا گروت اپوکسی در طول ترک تزریق می گردد .
۴- ترمیم ترک بتن به روش پیش تنیده کردن خارجی : در این روش میلگرد کششی بوسیله ی دستگاه انکر به تیر وصل می شود . ترمیم ترک در بتن به این روش علاوه بر اینکه مانع گسترش ترک در سطح بتن می گردد ، با تامین نیروی فشار لازم سبب تعمیر و ترمیم ترک های بتن نیز می گردد .

ترک مویی در بتن

ترک های مویی نیز یکی از انواع ترک در بتن است که مانند سایر ترک های بتن ممکن است ناشی از آسیب های سازه ای یا غیر سازه باشند . ترک هایی مویی عموما بعلت تنش های ناشی از دو پارامتر مهم بروز می کنند که عبارتند از : تنش های ایجاد شده بر اثر نیروهای وارده و تنش های ایجاد شده ناشی از آب رفتگی بتن هنگام خشک شدن یا بر اثر تغییرات دما ، ضمنا در برخی مواقع ممکن است بر اثر بتن ریزی در هوای گرم مشکلاتی از قبیل ترک های مویی در بتن ظاهر شود .
عموما از طریق درزهای اجرایی می توان مانع از بروز یا گسترش ترک های مویی در بتن شد . یکی از اصلی ترین راه های پیشگیری از وقوع ترک های غیر قابل رویت یا ترک های مویی در بتن ، اجرای درزهای کنترل کننده است . درزهای اجرایی نیز با جدا سازی دال از سایر قسمت های سازه امکان حرکت در دال را برقرار می کنند و در نهایت اجرای درزهای اجرایی پس از هر بار بتن ریزی با جداسازی نواحی مختلف سازه که در دفعات مجزا از یکدیگر بتن ریزی می شوند ، مانع از بروز ترک های مویی در سطح بتن می گردند یا از طریق کنترل آنها تعداد ترک های مویی را به حداقل می رسانند .

علت ترک مویی در بتن

همانطور که پیش تر اشاره کردیم ، ترک های مویی یا غیر قابل رویت بدلایل مختلفی ظهور می کنند که وارد شدن تنش به سازه اصلی ترین عامل آنها بود . اما با رعایت برخی نکات در هنگام بتن ریزی می توان مقدار آنها را به حداقل رساند ، در ادامه به نحوه ی صحیح بتن ریزی در مراحل آن به گونه ای که مانع وقوع ترک در بتن گردد می پردازیم .
در ابتدا درباره ی نکات پیشگیری از وقوع ترک مویی در بتن صحبت می کنیم ، اماده سازی بتن پیش از بتن ریزی شامل مراحل مختلفی از جمله : پاکسازی سطح ، مرطوب سازی زمین ، متراکم سازی ، آماده سازی قالب ها ، جایدهی آرماتور ها و .... بطور مطلوب و درست می باشد . هنگام قرار دهی قالب های باید توجه داشت که آنها حتما بطور محکم در محل خود قرار گیرند . ضمنا باید از قالب هایی استفاده کرد که پس از سخت شدن بتن ظاهر مناسبی را به محیط ارائه دهند لازم بذکر است استفاده از قالب های چوبی توصیه نمی گردد چرا که آب بتن را جذب می کنند و دچار افزایش حجم می گردند که همین مسئله برداشتن آنها را دشوار می کند و در ضمن در صورت استفاده از قالب های چوبی نباید از میخ های بزرگ استفاده گردد چرا که باعث وارد شدن آسیب به بتن در نهایت ترک در بتن می گردند . پیش از بتن ریزی جهت پیشگیری از ظاهر شدن ترک های مویی در آینده لازم است عدم زنگ زدگی میلگردها به خوبی بررسی گردند .
بتن ریزی نیز باید به نحوی با دقت اجرا گردد که از بروز هر نوع ترک از جمله ترک مویی در بتن جلوگیری شود . بتن ریزی باید حدالامکان پیوسته و در محل نهایی باشد در واقع نحوه ی ریختن بتن باید از انتهای دال شروع گردد و هر بخش از بتن دقیقا روی بتن قبلی ریخته شود ضمنا هر لایه باید پیش از ریختن بتن جدید روی آن بطور کامل متراکم شده باشد . جهت پیشگیری از ایجاد خطوط جریان ، درزها و نواحی بتن ضعیف لازم است سرعت بتن ریزی تا جای ممکن بالا باشد تا لایه بتن ریخته شده هنگام بتن ریزی لایه ی جدید در حالت خمیری باشند .

بتن ریزی های اولیه از دو انتهای عضو شروع می گردد و کم کم به نواحی مرکزی می رسد ضمنا لازم است در تمام حالت ها مانع از جمع شدگی آب در گوشه ها شد . موقع بتن ریزی در نواحی مرتفع نیز در صورت امکان جدایی دانه های درشت از ترکیب بتن ضروری است که بتن ریزی از طریق باز شو های پهلویی انجام شود ولی بصورت معمول نیازی به کاستن از ارتفاع هنگام سقوط آزاد بتن نمی باشد . باید توجه داشت برای پیشگیری از اتصال سرد که باعث آسیب به بتن می شود نیز باید پیش از سخت شدن لایه ی ریخته شده ، بتن ریزی اجرا گردد . برای برداشتن قالب های توجه شود که بدلیل کنترل بتن از آسیب دیدن و بروز ترک مویی در بتن توصیه می گردد قبل از اطمینان حاصل کردن از رسیدن بتن به مقاومت کافی و قابلیت تحمل بارهای وارد بر آن هرگز نباید قالب ها برداشته شوند و پس از رسیدن بتن به مقاومت کافی باید باز کردن قالب ها با دقت و به نحوی که هیچگونه آسیبی به آن وارد نگردد صورت گیرد . عموما ۱۲ الی ۲۴ ساعت پس از بتن ریزی می توان قالب ها را برداشت و برای اطمینان از مقاومت لازم بتن می توان از نتایج آزمایش ها بهره برد . برداشتن قالب ها باید به گونه ای باشد که کمترین فشار به گوشه ها وارد گردد . پس از برداشتن قالب های بتن باید تمام ایراد های موجود در آن با ترمیم بتن اصلاح گردد . در صورت رعایت دقت در مراحل بتن ریزی عملیات تعمیر و ترمیم ترک مویی در بتن به حداقل خود خواهد رسید و پس از آن باید خورا پروسه ی عمل آوری شروع گردد تا از خشک شدن زودتر از موعد بتن و آسیب دیدن آن پیشگیری شود . خواص بتن تحت تاثیر مستقیم نحوه ی عمل آوری آن است . باید از خشک شدن زود هنگام ، تغییرات زیاد و سایر آسیب ها در بتن ریزی تازه انجام شده پیشگیری گردد تا مانع از ایجاد ترک های مووی در بتن شد ضمنا بهتر است پس از پایان عملیات بتن ریزی فورا مرحله ی عمل آوری جهت حفظ بتن در یک دمای ثابت و پیشگیری از کاهش رطوبتن بتن انجام گیرد ضمنا بهتر است برای جلوگیری از بروز ترک های مویی در بتن و مقاوم سازی بتن از بتن ریزی در دمای بالا جلوگیری شود .

ترک های عمیق در بتن

ترک ها در بتن که به شکل عمیق نمایان می شوند عموما ناشی از نشست مرتب پی ساختمان می باشد و گاها بصورت دائمی در بتن باقی می ماند . وجود ترک عمیق در بتن در برخی اوقات می تواند یک علامت خطر برای ساکنان ساختمان باشد .

ترک های ثابت در بتن

هنگام نشست پی در ساختمان ، سطح زیر سازه فشرده می شود و رطوبت موجود قطع می گردد بنابراین تحرک سازه نیز کم می شود و بدنبال آن شکست و افت اسکلت سازه متوقف می گردد در این هنگام حالت ترک ها در بتن نیز ثابت می گردد .

جهت ترک های در بتن

ترک های افقی در بتن : ترک های افقی همانطور که از نام آنها پیداست در راستای افق در سطح دیوارهای بتنی نمایان می گردند و عموما ناشی از دو علت مهم می باشند :

۱) یکی از دلایل بوجود آمدن ترک های افقی در طول دیوار ، عدم پاکسازی گرد و غبار یا آلودگی ها در هنگام اجرای مرحله ی دوم دیوار تا تراز ارتفاعی نهایی آن می باشد ، اجرای دو مرحله ای دیوار بتنی بدلیل ناپیوسته بودن احتمال ظهور ترک های افقی در بتن را ایجاد می کند .

۲) در برخی مواقع اگر بر خلاف گزینه ی قبل دیوار در دو مرحله اجر نگردد و بصورت تک مرحله ای تعبیه شود احتمال کمانش دیوار زیاد می شود و به بیان دیگر دیوار شکم می دهد که در نهایت موجب ظهور ترک های افقی در بتن می گردد .

ترک های عمودی در بتن : این ترک ها در بتن بصورت عمود بر راستای افق در عناصر بتنی سازه نمایان می گردد که به چند علت اصلی بوجود می آیند :

۱) ترک های عمودی بتن در سازه بدلیل نبودن شناژ قائم یا کمبود آن و ایجاد فاصله زیاد بین شناژ ها ایجاد می گردد .

۲) ترک های عمودی می تواند ناشی از حرکت پی زیر دیوارهای سازه باشد که منجر به تشکیل ترک های بتن بصورت قائم می شود

۳) اجرای اشتباه هشتگیر در تقاطع دیوارها ، می تواند منجر به تشکیل ترک های عمود بر سطح افق بتن گردد .

ترک های مورب در بتن : ترک های مورب یکی از ترک های خطرناک در سطح بتن است چراکه عموما ناشی از نشست دیوارها یا شکست آنها می باشد ، ترک مورب در بتن همانطور که از نام آن مشخص است بصورت مورب و زاویه ی حدودا ۴۵ درجه با سطح افق می باشد از طریق ادامه ی راستای این ترک ها در بتن می توان نقطه ی نشست دیوار را مشخص کرد.

تزریق رزین اپوکسی و پلی ئورتان:

عملیات تزریق رزین با اهداف متفاوتی می تواند صورت گیرد. از آن جمله می توان به تزریق آب بندی ، تزریق ترمیمی سازه آسیب دیده، تزریق تحکیم بستر و یا ترکیبی از هرکدام می تواند باشد. عملکرد و اهدافی که هریک دنبال می کنند کاملا متفاوت بوده و برای انجام اینکار بایستی نیازمندیهای کلیدی برای انتخاب نوع مواد و فشار تزریق و نوع پکر یا نیپل توسط کارشناس مربوطه سنجیده و انتخاب شود. تیپ عملیات تزریق یا Injection برای هر دو حالت یکسان است اما چیزی که باعث تفاوت در آن می شود، الگوی تزریق و جنس مواد مورد تزریق می باشد. البته نباید این مهم را نادیده گرفت که با توجه به نیازمندی سازه مورد ترمیم و یا آب بندی، میزان فشار مورد نیاز دستگاه تزریق و نیز طول و قطر پکر ممکن است متفاوت باشد.

تزریق رزینهای اپوکسی و پلی ئورتان:

عملیات تزریق رزین با اهداف متفاوتی می تواند صورت گیرد. از آن جمله می توان به تزریق آب بندی ، تزریق ترمیمی سازه آسیب دیده، تزریق تحکیم بستر و یا ترکیبی از هرکدام می تواند باشد. عملکرد و اهدافی که هریک دنبال می کنند کاملا متفاوت بوده و برای انجام اینکار بایستی نیازمندیهای کلیدی برای انتخاب نوع مواد و فشار تزریق و نوع پکر یا نیپل توسط کارشناس مربوطه سنجیده و انتخاب شود. تیپ عملیات تزریق یا Injection برای هر دو حالت یکسان است اما چیزی که باعث تفاوت در آن می شود، الگوی تزریق و جنس مواد مورد تزریق می باشد. البته نباید این مهم را نادیده گرفت که با توجه به نیازمندی سازه مورد ترمیم و یا آب بندی، میزان فشار مورد نیاز دستگاه تزریق و نیز طول و قطر پکر ممکن است متفاوت باشد.

تزریق رزین پلی ئورتان با هدف آب بندی:

سازه های بتنی بدلیل ضعفهای اجرایی همچون کیفیت پایین بتن و نفوذپذیری بالا، قطع بتن ریزی و بروز درز سرد، کرمو شدگی و ... نیازمند آب بندی می باشند. از آن جمله سازه ها می توان به مخازن آب و فاضلاب، سد ها و آب بند های بتنی، کانالها، بام ها، دیوارهای زیر زمین و طبقات منفی، چاله آسانسورها و ... اشاره نمود. برای آب بندی هریک از این موارد بسته به شرایط حاکم تیپ آب بندی و نوع متریال مورد نیاز انتخاب و مورد استفاده می گردد.

یکی از روشهای حرفه ای برای آب بندی این سازه ها تزریق رزین پلی ئورتان یا رزین اپوکسی آبدوست می باشد که انجام آن نیازمند دانش فنی و تجربه بالا کافی می باشد. در این روش آب بندی بصورت عمقی بوده و تمام فضای خالی داخل بتن با رزین پر می شود. تفاوت عمده و مزیت اصلی این روش نسبت به کوتینگهای ممان منفی در عمیق بودن آب بندی می باشد که از حضور فیزیکی آب در داخل بتن جلوگیری کرده و مانع خوردگی فولاد و تخریب بتن می شود.

تزریق رزین اپوکسی با هدف ترمیم ترک:

تن ماهیتی ترد و شکننده دارد. کرنش پایین آن باعث شده تا عملا امکان اجرای بتن بدون ترک امری بسیار بعید شود. ترک در بتن انواع مختلفی دارد که تشخیص صحیح آن نیازمند دانش فنی و تجربه بالایی می باشد. ترکها را از دو دیدگاه کلی سازه ای که بدلایل بارگذاری بیش از حد مجاز، طراحی اشتباه یا خطاهای اجرایی رخ می دهد و نوع غیر سازه ای که بدلیل ماهیت بتن بوجود می آید تقسیم بندی کرد. بطور کلی ترکهایی که سازه را تحدید می کنند لازم است ترمیم شوند تا عضو بتنی به سرویس دهی بازگردد. اینکار با ایجاد پیوند پلیمری بین دو جداره ترک تامین می گردد که این امر با تزریق چسب های پیوند زای قوی انجام می شود.

تزریق چسب اپوکسی با فشار کافی برای روند تعمیراتی عمیق بتن سالهاست توسط مهندسین و متخصصین امر انجام شده و بدین شکل عمر سرویس دهی سازه بتنی را افزایش می دهند.

دستگاه تزریق رزین اپوکسی و پلی یورتانتک جزئی و دو جزئی

در حال حاضر روش های مختلف استاندارد و غیراستانداردی در زمینه تعمیر سازه های بتنی در سطح دنیا شناخته شده است که هر یکبسته به شرایط تاثیر گزار می توانند کاربردی و موفقیت آمیز باشند.

از جمله روش های کاربردی و فنی موثر در شرایط خاصاستفاده از تزریق رزین ها می باشد. رزین های تزریقی در سازه های بتنی دو نوع میباشند. این رزین ها شامل رزین هایتزریقی پلی یورتان و رزین های تزریقی اپوکسی می باشند.

رزین تزریقی اپوکسی : رزین تزریقی اپوکسی به واسطه خصوصیات مثبت ومنحصر به فرد از جمله مقاومت چسبندگی بالا ، دوام بالا ، ویسکوزیته پایین و قابلیتنفوذ و تزریق ، مقاومت مکانیکی و فشاری بالا ، دارای عملکرد موثر و پر اهیمتی به خصوص در تعمیرات سازه ای در بتنهای آسیب می باشد. این رزین های با تزریق و یا نفوذ ثقلی درون ترکها سازه ای و غیرسازه ای ، با چسباندن طرفین ترک علاوه بر حذف نفوذ به بازگشت خصوصیات اولیه بتنآسیب دیده کمک بسیاری می کند تا جایی که می توان پیش بینی کرد تا حدود نزدیک به صددر صدی (در صورت اجرای صحیح) عملکرد سازه به حالت اولیه بر می گردد. نکات مهم دراین سیستم ، اهمیت پر شدن کامل ترک از رزین ، عاری از آلودگی و گرد و غبار بودندرون ترک ، خالی از آب بودن ترک می باشد . از معایب این سیستم می توان به هزینهنسبتا بالا (که با توجه به عملکرد منحصر به فرد توجیح پذیر می باشد) ، ظاهر مشخصمحل تعمیر ، اجرای تخصصی و یناز به تیم با تجربه ، تجهیزات گران قیمت اشاره کرد. (البته در صورتی که عمق ترک زیاد نبود و عرض ترک بیش از یک میلیمتر باشد در سطوحافقی می توان به روش ریزشی و ثقلی اجرا کردد که در این صورت نیاز به تجهیزات ویژهتزریق نمی باشد).

رزین تزریقی پلی یورتان : این محصولات که بسته به نوع رزین اولیه بهصورت دو جزئی و تک جزئی می باشد دارای خصوصیات فوم شوندگی می باشند. این تیپ رزینبا تزریق درون ترک ها آبدار (در مجاورت آب) افزایش حجم داده و منجر به جلوگیریاز نشت و نفوذ آب می گردد. مصرف عمده این روش برای آب بندی سازه های بتنی می باشد.این مواد حجم باید به روش تزریق رزین با پمپ های تک مخزن تک جزئی و یا دو جزئی دومخزنه استفاده گردد.

تجهیزات و مصالح مصرفی جانبی مورد نیاز در تزریق رزین های اپوکسی و پلی یورتان :

- **پکر تزریق Paker** : پکر های تزریق که مدخل ورود رزین ها درونبتن می باشند از یک طرف به نازل پمپ و از طرف دیگر درون بتن قرار می گیرند. پکرها با توجه به نوع طراحی به صورت یک طرفه عمل کرده و باعث ورود یه طرفه رزین درونبتن می گردند. پکر ها در دو نوع فلزی و پلاستیک تولید می گردند. پکر هامصرفی از نظر طول و قطر دارای انواع مختلفی میباشند که هر یک بسته به فشار موردنیاز و عرض دیوار یا ترک می توانند به کار گرفته شوند. پکر ها در حال حاضراز نظر قطر در انواع ۸ ، ۱۰ و ۱۳ میلیمتر و از نظر طول ۸ ، ۱۰ ، ۱۳ و ۱۵ سانیتمترارائه می گردند. همچنین برای ترک ها کم عمق و سطحی از پکر های سطحی یا نیپل که جنسآنها پلاستیکی است می توان استفاده نمود.
- **پمپ تزریق** : پمپ های تزریق که در دو نوع تک جزئی و دو جزئیارائه می شوند دارای چهار بخش اصلی الکترو موتور ، گیج فشار سنج و تنظیم فشار ،مخزن ورودی رزین ها و شنگ و نازل می باشند. پس از ریختن رزین درون مخزن ،رزین مذکور تحت فشار از طریق نازل به درون پکر ها تزریق می گردد. فشار مورد نیازتزریق بسته به کیفیت بتن ، عمق ، طول وعرض ترک ، متغییر می باشد. باید برای تزریق رزین حتما از اکیپ تخصصیاستفاده گردد چرا که با توجه به زمان گیرش پایین رزین ها از مشکلات شایع این روشخشک شدن متریال درون پمپ و مشکلات ناشی از آن و تمیز کاری بخش های مختلف پمپ ازجمله شلنگ تزریق می باشد.
- **دریل سوراخ کار** : از دریل برای سوراخ کاری بتن به منظور نصب پکر استفاده می شود. قطرسوراخ باید متناسب با قطر پکر تزریق بوده و عمق آن به حدی باشد که رزین به محل ترکیا درز دسترسی داشته باشد. در ترک ها باید سوراخ در طرفیت آن و با زاویه ۴۵ درجهصورت پذیرد. درون سوراخ پس از حفاری باید به خوبی از گرد و غبار زدوده شود.فواصل سوراخ ها باید متناسب با عرض و عمق ترک باشد ولی به صورت یک امر کلی ۳۰سانتیمتر کفایت می کند.

- **بتونه اپوکسی :** از بتونه های اپوکسی برای فیکس کردن پکر تزریق وسیل و آب بندی کردن ترک برای جلوگیری از خروج رزین ها از طول ترک و اطمینان از پرشدن ترک به واسطه فشار استفاده می شود.بتونه اپوکسی با توجه به مشخصات فیزیکی و چسبندگی بالا و گیرش سریع می تواندکارایی مناسبی برای این امر داشته باشد. بهترین نوع رزین اپوکسی برای اینامر DezosiveA-100 می باشد.

تزریق اپوکسی

یکی از ضعف های متداول در سازه های بتنی بروز ترک های مختلف می باشد که بدلیل ماهیت این ماده تعمیر و تقویت آنها در بهبود مقاومت ساختمان از اهمیت زیادی برخوردار است. یکی از روش های ترمیم بتن و تزریق رزین اپوکسی تحت فشار و پکرگذاری برای جوش دادن عضو گسیخته در اثر ترک خوردگی می باشد. تزریق رزین اپوکسی شکاف های موجود در بتن را پر می کند و مانع از نفوذ آب و مایعات به ساختار ان می شود که مقاوم سازی ساختمان را بدنبال دارد . ماده مورد استفاده در عملیات **تزریق اپوکسی** دارای ماهیتی مقاوم در برابر عوامل شیمیایی محیطی، افت ناچیز، سرعت بالای گیرش، مقامت در برابر رطوبت و چسبندگی بالا می باشند. رزین اپوکسی تزریقی ترکیبی از دو جز مختلف سخت شده است. اجرای تشکیل دهنده ی این ماده جز عمل آورنده و سخت کننده یا هاردنر هستند.

روش تزریق رزین اپوکسی

مراحل تزریق اپوکسی برای پر کردن ترک های موجود در بتن به ترتیب زیر است :

۱) پاکسازی سطح ترک های موجود به کمک مواد شیمیایی ویژه و تعبیه ی روزنه های تزریق رزین اپوکسی در فاصله های مشخص از یکدیگر

۲) برای افزایش تحمل فشار ناشی از تزریق رزین اپوکسی و سهولت نفوذ آن ضروری است سطوح ترک های بتن با استفاده از چسب های مخصوص درزبندی شود.

۳) تزریق رزین اپوکسی که دارای مدت گیرش مطلوب و چسبندگی کم باشد با استفاده از چسب های مخصوص از پایین ترین روزنه

۴) بلافاصله پس از ریزش رزین اپوکسی از روزنه تزریق بعدی، شیر روزنه بسته می شود . ادامه ی تزریق رزین از روزنه ی بعدی صورت می گیرد .

۵) تزریق رزین اپوکسی با فشار اولیه تقریبی ۲۵ اتمسفر انجام می گیرد و در تزریق های بعدی کم کم فشار تزریق رزین افزایش داده می شود.

۶) در آخر برای حصول اطمینان از تزریق رزین های انجام شده و میزان نفوذ آنها در بتن، عملیات مغزه گیری از ترک های بتن صورت می گیرد. بعلاوه امکان شکست بخش های بارگذاری شده و تحلیل و بررسی شکست مغزه با کمک جک بارگذاری، وجود دارد.

تزریق رزین اپوکسی در بتن

افزایش ساخت و سازه های بتنی در سطح کشور نیازمند تهمیداتی برای کنترل بهره برداری و پیش گیری یا تعمیر آسیب های احتمالی در بتن است. بتن بدلیل داشتن مزایایی نظیر مقاومت فشاری زیاد و پایداری طولانی آن به وفور در صنعت ساختمان مورد استفاده قرار می گیرد. این ماده علاوه بر مزایایی که دارد بدلیل ماهیت خاص آن در صورت عدم رعایت برخی نکات فنی و اجرایی هنگام ساخت، بتن ریزی و عمل آوری دچار آسیب می شود که در نهایت افت سازه را در پی دارد که نیازمند اجرای روش های تقویت سازه ی بتنی می باشد. بجز خطاهای اجرایی و طراحی عواملی که سبب آسیب دیدن بتن می شود عبارتند از : عوامل شیمیایی محیطی ، ترک های سطحی و عمیق غیر عادی و .... یکی از روش های رایج و موثر برای ترمیم بتن، روش پکر گذاری و تزریق رزین اپوکسی در عمق بتن می باشد.برای تزریق رزین اپوکسی به بتن در ابتدا باید با استفاده از استفاده از تست های بتن نواحی که کمبود مقاومت دارد را شناسایی کنیم وسپس عملیات تزریق بتن را به دقت انجام دهیم.

مراحل تزریق رزین اپوکسی برای ترمیم بتن در عمق عبارتند از :

۱) الگوگذاری و تعیین نقاط سوراخ

۲) حفاری نقاط مشخص شده برای محل سوراخ ها

۳) تعبیه نیپل و پکرها

۴) بتونه کاری و در صورت نیاز اجرای FRP

۵) تزریق رزین اپوکسی با استفاده از پمپ تزریق

رزین اپوکسی تزریقی

همانطور که گفتیم رزین اپوکسی تزریقی ماده ای دو جزیی است که از هاردنر و عمل آورنده تشکیل شده است و برای پر کردن درزها ، ترک های بتن و تقویت سازه های بتنی و المان های آن کاربرد دارد. از ویژگی های اصلی رزین اپوکسی های قدرت چسبندگی بالای این مواد و قابلیت نفوذ آنها در بتن جهت ترمیم بتن ضعیف و ترمیم بتن کف و سقف و ترمیم بتن دیوار می باشد. رزین تزریقی ماده ای است که حالت فیزیکی مایع دارد و در برابر ضربات شیمیایی مقاومت بالایی دارد. لازم است بدانید رزین های تزریقی قابلیت استفاده در سطوح خشک و تر را دارند.

چسب اپوکسی

چسب اپوکسی FRP یکی از انواع رزین های اپوکسی که کاربرد پر رنگی در مقاوم سازی ساختمان با الیاف FRP دارد و دو جز رزین و سخت کننده تشکیل شده است. موارد مصرف این ماده در ترمیم، تقویت و مقاوم سازی ساختمان، ساخت کامپوزیت های FRP، خودروسازی،هواپیما و... می باشد.

ویژگی های رزین اپوکسی تزریقی

۱)رزین های تزریقی در مقاومت خمشی، برشی و فشاری بالایی برخوردارند.

۲)بدلیل ویژگی های به خصوص رزین های اپوکسی تزریقی این مواد کاربرد زیادی در صنعت ساختمان دارد

۳)رزین تزریقی اپوکسی از مقاومت مناسبی در برابر عوامل مخرب شیمیایی مختلف مثل اسیدها، نمک، حلال ها و .. برخوردار است.

۴)**رزین های تزریقی** از نظر اقتصادی نیز دارای قیمت مناسبی هستند و مقرون به صرفه محسوب می شوند.

۵)استحکام و پایداری رزین اپوکسی تزریقی در برابر شرایط جوی و محیطی زیاد است.

۶)**رزین های تزریقی اپوکسی** در هنگام گیرش دچار انقباض و جمع شدگی نمی شوند

۷)چسبندگی و قدرت اتصال رزین اپوکسی تزریقی بالا است.

تزریق پلی یورتان دو جزیی

برای آب بندی و تعمیر ترک در بتن که تحت فشار آبی هستند مثل : تونل ها، تاسیسات زیر آب، چاله آسانسور و ... با استفاده از تزریق ماده ی پلی یورتان امکان پذیر است. پلی یورتان تزریقی یک ماده ی دو جزیی می باشد که در ترکیب با آب واکنش میدهد و حدودا ۱۰ الی ۱۵ برابر مقاومت می گردد. امکان پر کردن تمامی درزها، خلل ها و ترک های داخل بتن را فراهم می کند . پلی یورتان تزریقی با استفاده از پمپ های مخصوص در فشار منفی اجرا می شود.

دستگاه تزریق رزین اپوکسی

برخی از تجهیزات مورد نیاز و جانبی برای تزریق رزین اپوکسی و پلی یورتان عبارتند از : پکر تزریق، پمپ تزریق، دریل سوراخ کاری، بتونه اپوکسی که در ادامه به توضیحاتی درباره ی آنها می پردازیم

پکر تزریق : پکر های تزریق دو مدل فلزی و پلاستیکی دارند و از نظر قطر و طول دارای مقادیر مختلفی هستند که بسته به فشار مورد نیاز و ابعاد ترک مورد استفاده قرار می گیرندمثلا برای ترک های کم عمق از پک های تزریق سطحی یا نیپل که جنس

پلاستیکی دارند، استفاده می شود. پکرهای تزریق محل ورود رزین ها به داخل بتن هستند، یک سمت از آنها به نازل پمپ و سمت دیگر آنها درون بتن قرار می گیرد. پکرهای تزریق رزین در قطر ۸ و ۱۰ و ۱۳ و طول های ۸ و ۱۰ و ۱۳ و ۱۵ موجود هستند.
پمپ تزریق : پمپ تزریق متشکل از چندین بخش اصلی الکترو موتور، گج فشار سنج و تنظیم فشار، مخزن ورودی رزین ها و نازل است. در ابتدا رزین مورد استفاده درون مخزن ریخته می شود و سپس تحت فشار بوسیله ی نازل به درون پکرها تزریق می شود.
از عوامل موثر در فشار تزریق کیفیت بتن ، عمق و ابعاد ترک می باشد که بسته به آنها مقادیر این عوامل فشارهای تزریق متفاوت خواهد بود. البته از مشکلات این روش خشک شدن متریال درون پمپ و مشکل بودن تمیزکاری آنهاست.
دریل سوراخکاری: برای تعبیه پکرها از دریل سوراخ کاری استفاده می شود. ابعاد حفاری برای تعبیه ی پکرها باید بر اساس قطر پکرهای تزریق باشد و عمق حفاری نیز باید به حدی باشد که دسترسی رزین به ترک ها امکان پذیر باشد ضمنا پس از ایجاد سوراخ ها با دریل سوراخکاری لازم است درون آنها پاکسازی و عاری از هرگونه آلودگی گردد. ضمنا فواصل نقاط حفر شده از یکدیگر براساس ابعاد ترک ها تعریف می شود امابطور کلی، سوراخ ها با فاصله ی ۳۰ سانتی متر از یکدیگر حفر می شوند.
قیمت رزین اپوکسی در بتن
رزین اپوکسی از موادی است که در صنایع مختلف بکار می رود یکی از مهم ترین موارد کاربرد آنها در تزریق به بتن است. قیمت رزین اپوکسی در بتن با توجه به برند و کیفیت آن متفاوت است. جهت استعلام **قیمت رزین اپوکسی تزریقی** با کارشناسان شرکت ساختمانی آشیان پی تماس بگیرید .

پکرگذاری و تزریق اپوکسی و پلی یورتان به بتن

پکرگذاری و تزریق اپوکسی و پلی یورتان به بتن

تزریق رزین اپوکسی تحت فشار (Concrete Resin Injection Systems) و پکر گذاری به منظور جوش دادن عضو بتنی گسیخته شده در اثر ترک خوردگی، از جمله روش های مقاوم سازی کاربردی می‌باشد.

خواص :

اپوکسی تزریقی خلل ها و ترک های بتن را پر کرده و همچنین مانند سد پوشش محافظ از ورود آب به داخل سطوح جلوگیری می‌نماید.

اجزا :

رزینهای اپوکسی مورد استفاده در سیستمهای تزریق به بتن از اختلاط دو جزء رزین سخت شده (SET) و جزء عمل آورنده (Curing Agents) یا سخت کننده (Hardeners) حاصل می‌شود.
رزین تزریقی ویژگی های چسبندگی بسیار عالی، مقاومت شیمیایی در برابر اسیدها، افت کم، زود سخت شونده (زمان عمل آوری پائین) و مقاوم در برابر رطوبت دارند.

مراحل پر کردن ترک های بتن توسط تزریق اپوکسی عبارتست از:

۱) تمیز نمودن سطوح ترکهای موجود با استفاده از مواد شیمیایی مخصوص و نصب روزنه های

تزریق در فواصل مشخص
۲) درز بندی سطوح ترک توسط چسبهای ویژه بمنظور تحمل فشار ناشی از تزریق تا امکان نفوذ رزین اپوکسی فراهم شود.
۳) تزریق رزین اپوکسی مخصوص (با چسبندگی کم و زمان گیرش مناسب و تنظیم شده) توسط پمپهای ویژه از پایین ترین روزنه
۴) به محض ریزش رزین از روزنه تزریق بعدی، شیر روزنه بسته می‌شود و از روزنه بعدی ادامه عملیات تزریق انجام می‌شود. فشار اولیه تزریق معمولا ۲۵ اتمسفر می‌باشد که در طی اجرای تزریق به تدریج فشار افزایش داده می‌شود.
۵) به منظور بررسی و اطمینان از تزریق صورت گرفته و میزان نفوذ رزین اپوکسی در بتن، مغزه گیری از ترکها صورت می‌گیرد. همچنین می‌توان نمونه های بدست آمده را با استفاده از جک بارگذاری شکست و صفحه شکست مغزه را بررسی کرد

هدف اصلی از ارزیابی سریع سازه در برابر زلزله، برسی آسیب پذیری لرزه ای آن با توجه به ویژگی های مهم و موثر بر عملکرد لرزه ای، بدون صرف هزینه های ناشی از ارزیابی های تفصیلی است. (ارزیابی تفصیلی بر اساس دستورالعملهای معتبر نظیر نشریه ۳۶۰ با عنوان "دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود" انجام می‌شود).

نتایج ارزیابی سریع سازه در برابر زلزله می تواند برای دسته بندی و اولویت بندی ساختمان ها به کار گرفته شود. به عبارت دیگر، پس از جمع آوری اطلاعات مورد نظر، این روش ارزیابی طی یک فرایند دو مرحله‌ای که شامل ارزیابی لرزه ای چشمی و کیفی است، صورت می پذیرد. در این فرآیند ها با تکمیل برگه های ارزیابی ساختمان براساس چارچوب های تعریف شده و محاسبه‌ی شاخص ارزیابی لرزه ای معیاری برای قضاوت و انتخاب یکی از سه گزینه‌ی ذیل برای ساختمان مهیا می‌شود:

الف– ایمنی نسبی یا آسیب پذیری لرزه ای اندک ساختمان و عدم اولویت برای ارزیابی تفصیلی؛

ب– آسیب پذیری لرزه ای زیاد ساختمان و نیاز به ارزیابی تفصیلی؛

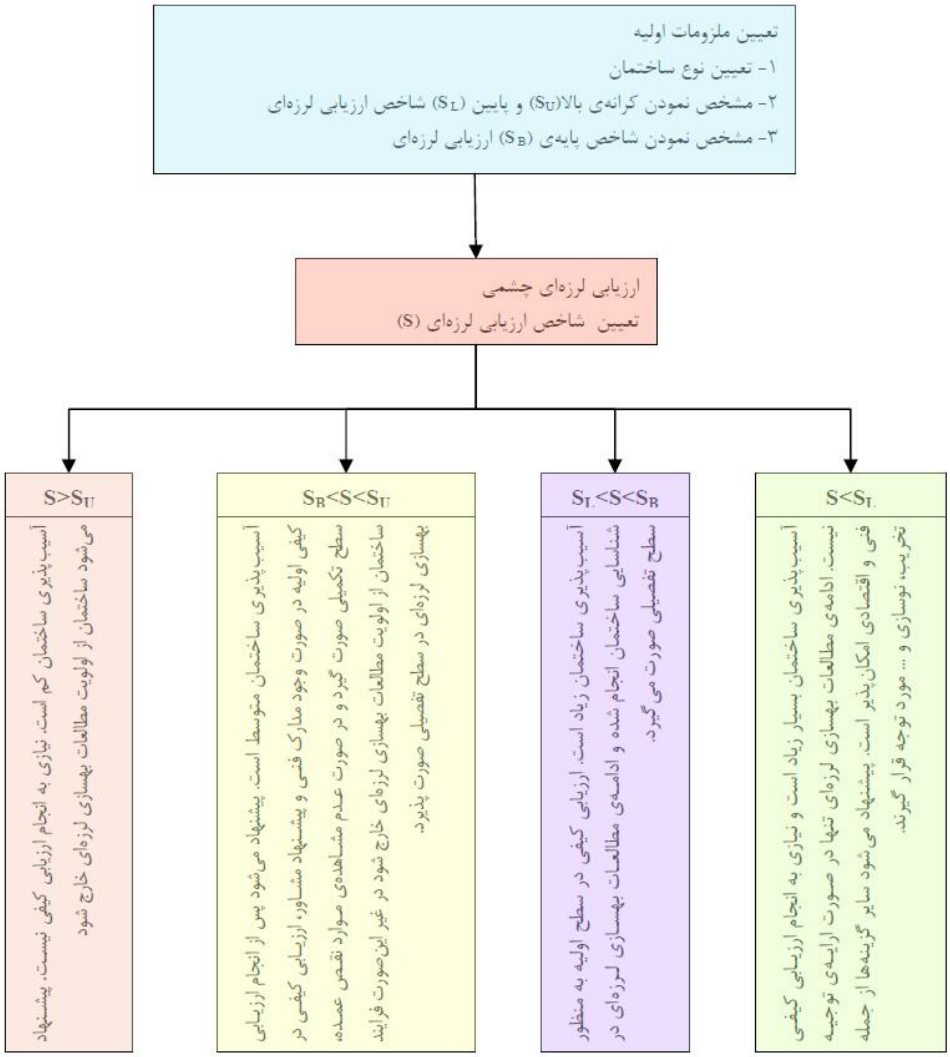
ج– آسیب پذیری لرزه ای بسیار زیاد ساختمان، عدم اولویت برای ارزیابی تفصیلی و بررسی راهکارهای دیگر نظیر تغییر کاربری، تخریب و نوسازی و ....

مراحل ارزیابی سریع سازه در برابر زلزله:

فرایند ارزیابی لرزه ای سریع ساختمان های موجود در دو مرحله‌ی ارزیابی چشمی و ارزیابی کیفی مطابق تصویر۱ صورت می گیرد. این ارزیابی علاوه بر معرفی یک شاخص کمی تحت عنوان شاخص ارزیابی لرزه ای ساختمان، در قالب برگه های از پیش تعیین شده، اطلاعاتی کیفی از رفتار ساختمان ارائه می نماید.

همان‌طور که در این شکل مشخص شده است، با توجه به نتایج حاصل شده از ارزیابی چشمی، ممکن است نیازی به ادامه‌ی روند ارزیابی سریع در مرحله‌ی دوم و انجام ارزیابی کیفی نباشد. گاهی تکمیل برگه در مرحله‌ی ارزیابی کیفی نیازمند انجام برخی سوندژها در سطح محدود است که پس از انجام آن توسط گروه ارزیاب و احراز کلیه‌ی موارد، مرحله‌ی ارزیابی کیفی تکمیل می‌شود. در صورتی‌که ساختمان بر اساس این دستورالعمل نیازمند انجام مطالعات بهسازی تفصیلی شناخته شود، با توجه به نتایج ارزیابی کیفی.

مشاور در انتهای فرایند ارزیابی سریع سازه در برابر زلزله براساس مطالعات مرحله‌ی اول فهرست خدمات مطالعات بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود، نشریه‌ی شماره ۲۵۱، و مفاد نشریه شماره ۳۶۰، فهرست آزمایش‌های مورد نظر خود را برای ادامه‌ی مطالعات بهسازی در قالب گزارش کیفی به کارفرما ارائه می نماید.



تصویر ۱-فرایند دستورالعمل ارزیابی لرزه ای سریع ساختمان های موجود

ملزومات اولیه برای بررسی لرزه ای سازه:

تکمیل مراحل ارزیابی لرزه ای سریع ساختمان‌های موجو د

نیازمند تبیین برخی مبانی و تعیین بعضی از مشخصات ساختمان مطابق تعاریف ارایه شده در دستورالعمل نشریه ۳۶۴ است . تعاریف و مشخصات تکمیلی در بخش ملزومات اولیه برای ارزیابی سازه در برابر زلزله تشریح شده است.

ارزیابی لرزه ای چشمی:

پس از تعیین و تبیین ملزومات اولیه مطابق دستورالعمل نشریه ۳۶۴، مرحله‌ی ارزیابی لرزه ای چشمی باید برای کلیه‌ی ساختمان‌ها انجام گیرد. تکمیل اطلاعات در این مرحله در قالب برگه ارزیـابی لـرزه ای چشـمی سـاختمان (VISUAL TEST)، منجر به محاسبه‌ی کمیتی تحت عنوان شاخص ارزیابی لرزه ای ساختمان می شود. ارزیابی لرزه ای چشمی می‌تواند به صورت مسـتقل و به منظور شناسایی و اولویت بندی اولیه ی ساختمان‌ها در طرح های کاهش خطر پذیری یا با اهداف دیگر نیز استفاده گردد.

ارزیابی لرزه ای کیفی:

با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی چشمی، روند ارزیابی لرزه ای سریع می‌تواند در مرحله‌ی ارزیابی کیفی ادامه یابد. با توجه به شرایط ساختمان این ارزیابی می‌تواند در در دو سطح ارزیابی کیفی اولیه و ارزیابی کیفی تکمیلی صورت گیرد. در این مرحله با تکمیل برخی برگه ها رفتار لرزه ای ساختمان مورد بررسی دقیق تر قرار می گیرد.

پکر تزریق

در مهندسی سازه علاوه بر ساخت سازه‌های جدید یکی از کارهای بسیار مهمی که انجام می‌شود تعمیرات بخش‌های تخریب‌شده سازه‌ها مانند ترک‌ها می‌باشد. ترک‌های ایجادشده در مواد بتنی یکی از این آسیب‌هاست که با توجه به علت ایجاد آن قابل تعمیر هستند. یکی از روش‌های اصلی برای تعمیر این ترک‌ها تزریق اپوکسی تحت‌فشار و پکر گذاری یا پکر تزریق برای جوش دادن دو قطعه ترک‌خورده به همدیگر است.

پکر تزریق چیست؟

با توجه به رشد هرروزه سازه‌های بتنی قطعاً نیازمند راهکارهایی برای تعمیر آن‌ها نسبت به آسیب‌های احتمالی هستیم تا بتوانیم عمر مفید سازه را هرچه بیشتر افزایش داده و ازنظر هزینه کمتر ضرر کنیم. یکی از آسیب‌های رایج در بتن‌ها ترک‌خوردگی در برخی سطوح آن می‌باشد. پکر تزریق یا پکر گذاری نیز یک روش عالی برای از بین بردن ترک‌ها و ترمیم این نوع سازه‌ها است که به دلیل کاهش هزینه تعمیر و عدم نیاز به تعویض کل سطح بتنی، طرفداران زیادی بین کارفرمایان دارد.

نوع پکر تزریق به چه مواردی بستگی دارد؟

همان‌طور که قبلاً هم اشاره کردیم نوع پکر تزریق به علت ایجاد آسیب بستگی دارد. حتماً می‌دانید که بتن یکی از محکم‌ترین و بهترین مصالح در ساخت انواع سازه‌ها است؛ اما همین مصالح سخت که فشارهای بسیار بالا را تحمل می‌کند و دوام بسیار خوبی دارد نیز ممکن است تخریب شود؛ زیرا هر مصالحی علاوه بر محاسنش معایبی هم دارد. بتن نیز درصورتی‌که در یک محیط اسیدی باشد، مشکلات اجرایی یا مقاومت کمی داشته باشد کم‌کم دچار ترک می‌شود و هرکدام از این دلایل پکر گذاری مخصوص به خودش را می‌خواهد. در ادامه توضیح خواهیم داد که پکر گذاری چگونه انجام می‌شود.

نحوه‌ی انجام عملیات پکر تزریق

برای ترمیم ترک‌های بتن اول باید ناحیه ترک‌خوردگی به‌طور دقیق موردبررسی قرار بگیرد. بعد از مشخص شدن ناحیه دقیق آسیب‌دیده ترمیم با دقت بسیار بالا به‌وسیله مهندسین خبره و حاذق در این کار انجام می‌شود. ترمیم ترک‌خوردگی‌ها کار آسانی نیست و هرکسی نمی‌تواند آن را انجام دهد.

مراحل انجام عملیات ترمیم بتن در عمق به شرح زیر است:

- مشخص کردن ناحیه آسیب‌دیده به‌طور دقیق و مشخص کردن الگوها
- سوراخ کردن محل‌های مشخص‌شده
- نصب پکرها
- بتونه‌کاری و نصب الیاف FRP
- تزریق اپوکسی

نحوه انجام عملیات پکر تزریق

همان‌طور که در قسمت قبلی گفتیم ابتدا باید محل عملیات تزریق را مشخص نمود. معمولاً فاصله بین سوراخ‌ها به‌صورت افقی و عمودی بین ۱۰ الی ۲۰ سانتیمتر می‌باشد؛ بنابراین طبق این اندازه با دریل‌های مخصوص سوراخ‌ها ایجاد می‌شوند، سپس سوراخ‌های ایجادشده توسط فشار با پمپ‌های باد کاملاً تمیز گشته و پکرها جایگذاری می‌شوند. میزان عمق سوراخ‌ها میزان تزریق مواد را مشخص می‌کند.

بعد از گذاشتن پکرها با استفاده از مواد بتونه آن‌ها را سر جای خود محکم می‌کنند. سپس اجازه می‌دهند بتونه‌ها به‌طور کامل خشک شوند. در مرحله بعد به‌عنوان تمیزکاری برای پنهان کردن تعمیر و زیبایی کار یک لایه الیاف FRP روی مکان تعمیر شده نصب می‌شود.

بعد از تثبیت لایه FRP برای تکمیل تعمیرات رزین اپوکسی در شیار سوراخ‌ها تزریق می‌شود که این تزریق با استفاده از پمپ و از پایین‌ترین سوراخ انجام می‌شود. تزریق رزین اپوکسی برای هر شیار تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که مقداری از مواد از شیار بعدی مشخص شود و قبل از تراوش آن به بیرون تزریق سوراخ قبلی پایان می‌یابد.

پکر تزریق به‌راحتی می‌تواند ترک‌های سازه‌های بتنی را تعمیر کند. به‌علاوه برای آب‌بندی چاله آسانسورها، تونل‌ها و زیرزمین‌های مرطوب نیز استفاده می‌شوند و در سایزهای مختلف در بازار موجود هستند. انجام کار با این پکر تزریق کار آسانی است اما نیاز به مهارت و تمرین دارد و افراد مبتدی به‌خوبی نمی‌توانند این کار را انجام دهند.

سایز	جنس بدنه	قطر
10*10	فلز و پلاستیک	10m
8*8	فلز و پلاستیک	8m

رزین تزریق پایه اپوکسی جهت ترمیم ترک و حفرات در سازه های بتنی

DEZOSIVE 4000

شرح :

DEZOSIVE 4000 برپایه رزین اپوکسی ، دو جزئی ، فاقد فیلر و پرکننده ، با قابلیت نفوذ بالا ، جهت پر کردن و ترمیم حفرات و ترکها در سازه های بتنی و بنایی به روش تزریق می باشد.

موارد مصرف :

- تزریق و ترمیم ترک ها در ستون ، دیوار ، تیر و فونداسیون ها
- ترمیم و پر کردن درزهای استاتیک در سازه های بتنی و بنایی

مزایا و ویژگیها :

- ویسکوزیته پایین و توان نفوذ بالا
- چسبندگی بالا به بدون های درز
- بدون جمع شدگی
- امکان تزریق در بتن های مرطوب
- مقاومت مکانیکی بالا
- کسب مقاومت سریع

هشدارها و محدودیت ها :

- از تماس با پوست و چشم خود داری شود.
- در زمان یخبندان و بارندگی از اجرا ممانعت گردد.
- پس از اجرا تا خشک شدن کامل ، در برابر تابش مستقیم آفتاب، یخ زدگی ، باران ، تردد و رطوبت شدید محافظت شود.
- به مدت ۲۴ ساعت از زمان اجرا در برابر ترافیک سنگین محافظت شود.
- از اعمال در دمای هوا و سطح کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد و بیش از ۳۵ درجه سانتیگراد خود داری نمایید.

استاندارد :

براساس استاندارد ACI E 706 و EN 1504

روش مصرف :

آماده سازی سطح : زمانی که رزین به صورت ثقلی اجرا می گردد ترکهای روی سطح باید با استفاده از شیار زن ، به شکل V ، به عرض ۵ تا ۱۰ میلیمتر و عمق ۱۰ تا ۱۲ میلیمتر باز شوند. درون ترک باید با استفاده از فشار هوا از گرد و غبار و هرگونه آینده پاک شود.

روش اجرا : جزء A و B را به تناسب به هم اضافه و با همزن سرعت پایین مخلوط می کنیم. پکر های تزریق رزین DEZOSIVE 4000 باید در طول ترک نصب گردند. پکر ها نصب خواهند شد در سوراخ هایی که با استفاده از دریل در بتن ایجاده شده اند و سپس طول ترک یا درز با استفاده از بتونه اپوکسی بسته و سیل می شود. بعد از آن رزین اپوکسی DEZOSIVE 4000 با استفاده از نازل درون پکرها (PACKER) تزریق می شود. عملیات تزریق با استفاده از پمپ های مخصوص تک یا دو جزئی انجام می گیرد. اگر امکان اجرای سریع DEZOSIVE 4000 وجود داشته باشد باید از پمپ تک جزیی استفاده شود. در غیر این صورت پمپ دو جزئی مورد نیاز می باشد. فشار تزریق نباید بیش از ۵ بار باشد. معمولا وقتی تزریق

مشخصات فنی :	
Content	Component A : Epoxy Resin Component B : Epoxy Hardener
Color	Transparent
Mixture Density	1,0 – 1,1 g/cm3
Solid Content	100%
Viscosity	200 – 300 MPa.s
Compressive Strength	>65 N/mm2 (7 days)
Flexural Strength	>25 N/mm2 (7 days)
Adhesion on Concrete	>2 N/mm2 (7 days)
Flash Point	>+62°C
Application Temperature	+10°C to +35°C
Pot Life	25 minutes
Drying Time	*18-24 hours*
Re-coating	*7 days*
Full curing	
HS Code	3907.30

در یک پکر را شروع می کنیم عملیات ادامه می یابد تا شاهد خروج رزین از یک یا چند پکر (PACKER) نزدیک به آن باشیم. برای ترک های مویرگی و کم عرض در سطوح افقی می توان به جای استفاده از پمپ ، به روش ریزشی و بهره گیری از نیروی وزن رزین (با توجه به ویسکوزیته پایین) حرکت رزین انجام گردد. باید توجه داشت که سرعت واکنش و گیرش رزین اپوکسی بالا بوده و می بایست به سرعت مورد استفاده قرار گیرد. همچنین بای حجمی از محصول مخلوط و آماده مصرف شود که امکان ستفاده از آن در مدت زمان حداکثر ۱۰ دققه وجود اشه باشد.

مقدار مصرف :

بسته به محل مصرف می باشد. به کارگیری سیستم تزریق رزین اپوکسی برای ترمیم و بازسازی ترک با عرض حداقل ۲ و حداکثر ۱۰ میلیمتر مناسب می باشد.

بسته بندی و شرایط نگهداری :

- ست ۱۰ کیلوگرمی (جزء A : گالن ۶,۶۷ کیلوگرمی ، جزء B : گالن ۳,۳۳ کیلوگرمی)
- در محیط خشک و دمای ۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد نگهداری شود. در برابر تابش مستقیم نور خورشید ، حرارت زیاد و یخبندان محافظت گردد.

پاکسازی تجهیزات :

تجهیزات و لوازم استفاده شده باید بلافاصله پس از استفاده با حلال های صنعتی شستشو شود. در صورت خشک شدن رزین اپوکسی بر روی تجهیزات پاکسازی صرفا به روش های مکانیکی میسر خواهد بود.

نکات ایمنی :

از تماس با چشم و پوست خود داری شده و پس از استفاده دست های خود را شستشو دهید. در صورت تماس با چشم، پوست و یا بلعیده شدن ، سریعا به پزشک مراجعه شود و یا به بخش ایمنی دیتا شیت مراجعه گردد. درب ظرف را زمانی که استفاده نمی گردد بسته و به دور از دسترس اطفال نگهداری شود.

نگهداری :

مدت زمانی نگهداری ، در بسته بندی اولیه و در شرایط مناسب ، ۶ ماه می باشد. در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر با کلینیک فنی و تخصصی بتن ایران تماس حاصل نماید.

دسته بندی: آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی

یک **ترکیب دو جزئی الاستومر**، منعطف و اصلاح شده با پلیمر است که جهت حفاظت و آب بندی سطوح بتنی، سیمانی، آجری و برخی **سنگ های طبیعی** به علت خاصیت ایجاد پل بر روی ترک ها بکار می رود.

خواص و مزایا مواد الاستومری و انعطاف پذیر آب بند کننده

۱- قابل اعمال بر روی سطوح مرطوب بدون نیاز به پرایمر

۲- اجرای آسان توسط برس، رولر، اسپری وماله

۳- قابلیت ایجاد پل بر روی ترک ها تا عرض ۱,۶ میلیمتر

۴- عدم ایجاد مانع در برابر خروج آب،)پوشش سد بخار نیست.

۵- مقاوم در برابر سایش، فرسودگی مکانیکی، UV و همچنین نمک های یخ زدائی.

۶- مقاوم در برابر آبهای مهاجم بتن مطابق استاندارد DIN4030

۷- دارای ازدیاد طول تحت کشش بیش از ۸۰ درصد.

۸- قابل استفاده به عنوان پوشش نهایی همچنین قابل پوشش دهی با ملات های سخت، یا منعطف و انواع رنگ ها و پوشش های دیگر

موارد مصرف مواد الاستومری و انعطاف پذیر آب بند کننده

جهت آب بندی سازه های آبی، پلن های فاضلاب، سطوح خارجی دیوارهای زیرزمینی، دیوارهای حائل، استخرهای شنا، آبنماها، آکواریوم، دریاچه های مصنوعی، آبراه ها، سطوح مرطوب، سطوح زیر کاشی کاری، بام های سرباز، **درزهای انبساط** و اجرایی به همراه نوار تقویت درز.

توصیه های مهم جهت استفاده از مواد الاستومری و انعطاف پذیر آب بند کننده

۱- در مناطق گرم و مرطوب پوشش ممکن است در طول سخت شدن چسبناک گردد. اگر این پدیده اتفاق افتاد، پوشش را بشکل مه مانند با آب به مدت ۲۴ ساعت مرطوب نموده تا از تکمیل **فرایند هیدراتاسیون** اطمینان حاصل شود.

۲- فشار منفی آب در طول شرایط یخبندان می تواند به پوشش صدمه بزند.

۳- این ماده را می توان با انواع رنگ های بدون حلال، پوشش ها و **ملات های منعطف** دیگر پوشش داد.

۴- در سطوح دارای رطوبت بالا به عنوان مثال در مخازن آب باید صبر کرد تا زمان لازم جهت خشک شدن کامل سطح سپری گردد.

۵- پوشش را باید در طول اعمال از تابش مستقیم خورشید حفاظت نمود.

۶- سطحی که قرار است اعمال روی آن صورت گیرد ابتدا باید به اندازه کافی مرطوب گردد.

۷- سطوحی که قرار نیست این ماده بر آن ها اعمال شود باید پوشانده شده و محافظت گردند.

۸- هنگام تماس مستقیم با فلزاتی نظیر مس، روی، آلومینیوم یا سوراخ های تنگ ابتدا باید از پرایمر در دو لایه استفاده شود. لایه اول را بر روی سطح تمیز با برس و به دقت پس از گذشت زمان کوتاهی (حدود ۳تا ۶ ساعت) که لایه اول به اندازه کافی خشک شد باید اعمال نمود و سپس بر روی سطح پرایمر خورده کوارتز با اندازه ذرات دو دهم تا هفت دهم میلیمتر) پخش شود. جهت **آب بندی PVC** و فلنج های از جنس استیل، ابتدا سطح مورد نظر باید ساییده شود و سپس با ایزوپروپانول یا استن شستشو گردد. و بعد مواد همراه نوار به شکل بدون حباب اعمال گردد.

۱۰. آب بند کننده بتن با استفاده از پودر آب بند کننده نفوذگر بتن

دسته بندی: آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی

ماده ای تک جزئی، غیر آلی و پایه سیمانی می باشد. **پودر آب بند کننده بتن** نفوذگر و کریستال شونده است و سازه های جدید و قدیمی بتنی را آب بندی کرده و از عمق محافظت می نماید. به طوری که حتی اگر پوشش صدمه ببیند، آب بندی بتن همچنان کامل باقی می ماند. بنابراین این ماده تنها یک پوشش نیست، بلکه در اثر واکنش اجزاء تشکیل دهنده آن با رطوبت، ساختاری یکپارچه با بتن ایجاد کرده و توده مقاوم و با دوامی تشکیل می دهد.

خواص و مزایای پودر آب بند کننده نفوذگر بتن

۱- اجرای این محصول آسان و مقرون به صرفه است

۲- در تماس با آب و رطوبت به سرعت سخت می شود

۳- در برابر فشارهای هیدرواستاتیک قوی مقاوم است

۴- چسبندگی بسیار عالی به بتن دارد

۵- بر روی سطوح مرطوب قابل اعمال است

۶- در برابر فشار مثبت و منفی آب مقاوم است و فشار تا ۱۳ بار را تحمل می کند

۷- فاقد کلراید می باشد

۸- در مقابل **زنگ زدگی آرماتورها**، یخبندان، شبنم و یا تغییرات دمایی تا ۵۰ درجه سانتی گراد مقاوم می باشد

۹- بتن را در مقابل اثرات مخرب آب های شیرین و شور، جریان های فاضلابی، آبهای خورنده زیرزمینی، کربنات ها، کلرایدها،

سولفات ها و نیترات های محلول محافظت می نماید

۱۰- دارای تاییدیه های آب شرب می باشد

۱۱- غیر سمی و سازگار با محیط زیست است

موارد مصرف پودر آب بند کننده نفوذگر بتن

آب مورد نیاز جهت **کیورینگ بتن** این محصول از لحاظ تجزیه ای باید سختی برابر با [۳ ≥ [dH°^ داشته باشد. جهت تشخیص میزان نفوذ پودر نسبت به بتن مطابق استاندارد DIN4030 دانستن سطح دی اکسید کربن محلول در بتن ضروری است. این محصول پس از اعمال و خشک شدن، ترک ها تا عرض چهاردهم میلی متر را سیل می نماید و دارای اثر خود ترمیمی است. بدین معنا که در نتیجه رشد کریستال ها در تمامی جهات و جوانب، اگر بتن ترک بخورد، توسط کریستال ها خود بخود ترمیم می شود.

نحوه عملکرد پودر آب بند کننده نفوذگر بتن

بندکننده فعال است این ماده شامل ترکیبات شیمیایی آب که با رطوبت و آهک آزاد موجود در داخل بتن وارد واکنش شده، ترکیبات کریستالی غیر محلول تشکیل می دهند که منافذ و ترکهای بتن را پر می کند. این ماده حتی در معرض فشار هیدرواستاتیک قوی نیز نفوذ می نماید و خود جزئی از بتن می شود. در واقع تنها فضاهای خالی را پر کرده و افزایش حجم ایجاد نمی نماید. از آنجا که این ماده با آب موجود در بتن تازه واکنش می دهد، بمنظور آغاز فرآیند نیاز به پاشش مجدد آب نیست.
پروسه ای که در مکانیزم آببندی این محصول طی می شود،
شیمیایی و زمانبر می باشد. در واقع هر کریستال نقطه شروعی برای تشکیل کریستال های بعدی است. اگر چه ترکیبات شیمیایی بند کننده برای همیشه فعال باقی مانده و سازه را در مقابل نفوذ آب محافظت
می کنند، اما در مدت زمان قابل قبولی از زمان اعمال، سطح را تا عمق مناسبی آببند می نمایند. حداقل زمان لازم برای خشک شدن این ماده سه روز می باشد و ممکن یک ماه تا حصول ماکزیمم خواص نیاز باشد. عوامل محیطی از جمله دمای محیط، دانسیته بتن، میزان رطوبت موجود و شرایط جوی، همگی بر زمان پروسه آب بندی تاثیرگذارند. برای ایجاد و رشد کریستال های بیشتر جهت آببند نمودن ترک ها، زمان بیشتری لازم است. پودر نفوذگر در شرایط محیطی خشک غیر فعال شده و به محض تماس مجدد با رطوبت فعال می گردد. بتن آببند شده توسط این پودر در تماس دائم با **محیط دارای PH** در محدوده ۴ تا ۱۱ و همچنین تماس دوره ای با محیط دارای PH در محدوده ی ۲ تا ۱۲ کاملا مقاوم می باشد.

۱۱. آب بند کننده بتن با استفاده از ملات و پوشش آب بند کننده نفوذگر با خواص کریستال شوندگی بالا

دسته بندی: آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی

یک محصول آب بند کننده پایه سیمانی تک جزئی کریستال شونده می باشد. پس از اجرا بر روی سطوح بتنی به صورت فشار منفی و یا مثبت، با نفوذ در عمق بتن باعث ایجاد لایه آب بند در بتن می گردد. پس از اعمال بر روی سطح بتن دارای مقاومت مکانیکی و شیمیایی بالا می باشد. مواد شیمیایی موجود در این محصول پس از نفوذ در عمق بتن در مجاورت رطوبت با آهک آزاد سیمان واکنش داده و با ایجاد بلورهای نامحلول درون حفرات مویینه باعث پرشدن و آب بندی خلل و فرج موجود در بتن می گردد. این محصول را می توان بر روی سطح بتن جدید اجرا نمود تا ضمن کاهش زمان هیدراتاسیون، باعث کاهش ایجاد **ترک های انقباضی** در سطح بتن و محافظت از آن در برابر خوردگی و مواد شیمیایی رقیق گردد. در برنامه های آب بندی جهت کنترل و مهار نشت های فعال، شدید و سریع آب از بتن، می توان از ملات آببند آنی گیر استفاده نمود.

موارد مصرف و کاربرد ملات و پوشش آب بند کننده نفوذگر با خواص کریستال شوندگی

از این محصول می توان در موارد ذیل استفاده نمود:

۱- آب بندی فشار منفی و مثبت در سطوح عمودی و افقی

۲- آب بندی و محافظت مخازن آب و فاضلاب

۳- سطوح بتنی در تماس با آب
۴- آب بندی فونداسیون و زیرزمین ها
۵- آب بندی داخلی و بیرونی دیوارهای بیرونی و حائل
۶- کانالها ، تولنها و عرشه پل ها
۷- آب بندی و محافظت سطوح بتنی در برابر آب دریا در اسکله ها و بنادر
۸- محافظت از فونداسیون های در تماس با خاک و مواد خورنده
۹- برای محافظت بتن در برابر تاثیر یون کلر و کربناتاسیون

ویژگی ها و مزایای ملات و پوشش آببند کننده نفوذگر با خواص کریستال شوندگی

۱- دوام و آب بندی بلند مدت
۲- اجرای آسان و سریع
۳- محافظت از آرماتور در برابر آب و مواد خورنده
۴- قابلیت آب بندی در فشار مثبت و منفی
۵- غیر سمی و مناسب برای تماس با آب شرب
۶- امکان تنفس بتن با وجود خواص آب بندی بالا
۷- مقاومت و کارآیی بالا در محافظت در برابر کربناتاسیون و نفوذ یون کلر
۸- آب بندی بتن از عمق و عدم آسیب دیدگی لایه آب بند بر اثر عوامل فیزیکی

به علاوه این محصول از خوردگی آرماتور داخل بتن، ترک خوردن و تخریب های ناشی از **عوامل جوی** جلوگیری می نماید.

۱۲.آب بند کننده بتن با استفاده از پوشش محافظتی قیری

دسته بندی: آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی

یک پوشش محافظتی پایه قیری می باشد که به منظور ایجاد مانعی دائمی در مقابل عبور آب و بخار آب طراحی شده و می تواند برای ایجاد لایه های مانع تبخیر، پوسته های نم گیر، پوشش مخازن و لوله های آب آشامیدنی، حفاظت از سازه های بتنی زیرزمینی، **عمل آوری بتن** ضمن حفظ آب و نیز محافظت از سطوح فلزی در برابر خوردگی مورد استفاده قرار گیرد.

خصوصیات پوشش محافظتی قیری

- تک جزیی است و با آب رقیق می گردد.
- خشک شدن سریع
- قابل استفاده بر سطوح مرطوب
- بعد از مصرف و پس از تبخیر آب، خشک شده و یک لایه قابل انعطاف الاستیک از خود ایجاد می نماید.
- پس از خشک شدن در برابر رطوبت مقاوم بوده و در آب حل نمی شود.
- برخورداری از خاصیت حفظ و نگهداری فوق العاده آب به منظور عمل آوری مخلوط بتنی
- چسبندگی عالی به اکثر سطوح رایج در ساختمان
- سهولت در اجرا به سبب رقیق شدن با آب، که می توان از جاروب پلاستیکی، برس، ماله و یا اسپری (پیستوله نازل درشت) برای اجرای آن روی سطح کار استفاده نمود.

موارد مصرف خصوصیات پوشش محافظتی قیری

عایق جهت عایق کاری دیوارها، سقف ها، زیر زمین ها، تونل ها، سردخانه ها، استخر ها، سرویس های بهداشتی، مخازن و مخصوصا فونداسیون ها و محافظت در برابر تاثیر کلر.

۱۳. آب بندی بتن با استفاده از فن آوری در xypex ناتراوا نمودن بتن

دسته بندی: آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی

تکنولوژی کریستالی انحصاری (زایپکس) xypex، یک استاندارد بین المللی بی نظیر در ضد آب کردن بتن تنظیم کرده است. تکنولوژی xypex به صرت مختلف تست و اثبات شده که در بسیاری از طرح های علمی و عملی استفاده می شود. xypex یک راه حل شیمیایی بی نظیر برای ضد آب کردن، حفاظت و ترمیم و بازسازی بتن است. بتن متشکله از xypex فعال ترین محصول شیمیایی با سیستم ضد آب کردن، حفاظت و ترمیم و بازسازی بتن است. بتن متشکل از xypex فعال ترین محصول شیمیایی با سیستم ضد آب کریستالی است. وقتی که با آب مخلوط می شود، این پودر خاکستری روشن به عنوان پوشش ساده چه پوشش دوگانه به صورت **دوغاب** سیمای بالا و زیر بتن به کار می رود. برای تعمیر کردن ترک خوردگی ها، Dry-pac همچنین به فرم محصولات کریستالی ترکیبات پودری خشکی هستند که از سیمان پرتلند، سنگدانه سیلیکات و مواد شیمیایی فعال و ویژه دیگری تشکیل شده اند. Xypex با ایجاد یک واکنش کاتالیزوری که یک فرم غیر حل شدنی کریستالی با حفره ها و **اجزای مویین بتن** و مواد سیمانی را تولید می کند که از نفوذ آب و هر مایع دیگری از هر جهتی جلوگیری می کند.

تکنولوژی کریستالی Xypex

Xypes یک راه حل شیمیایی برای ضد آب کردن و حفاظت از بتن است. ویژگی عملکردی موقتی و قابل تشخیص xypes و توانایی منحصر به فرد آن در تولید فرم غیر حل شدنی کریستال با منفذها و کشش مویین قطعات بتن است. یک ساختار کریستالی دائماً بتن را در برابر نفوذ آب و مایعات دیگر از هر جهتی آب بندی می کنند. محصولات کریستالی ترکیبات پودری خشکی هستند که از سیمان پرتلند، شن (ماسته)سیلیکات و مواد شیمیایی فعال و ویژه دیگری تشکیل شده اند.

نتیجه گیری تکنولوژی کریستالی Xypex

آب بندی بتن و قطعات بتنی با توجه به تاثیر آن در دوام سازه و به تبع آن توجیه اقتصادی که به همراه دارد همواره یک اصل مهم برای سازه هایی که در معرض رطوبت هستند می باشد. در سال های گذشته عوامل اجرایی بیشتر از روش هایی برای آب بندی بتن استفاده می کردند که بسیار پرهزینه و دارای مراحل اجرایی دشواری بود و در نهایت نتیجه ای که می بایست حاصل می گردید عملا قابل لمس نبود. پس از ورود مواد افزودنی جدید به دنیای ساخت بتن، تحولی عظیم در تولید بتن با خواص مختلف بوجود آمد. یکی از این خصوصیت ها آببندی بتن می باشد که با ورود مصالح جدید شکل تازهای به خود گرفت. مصالح جدید در **زمان اختلاط بتن** و پس از بتن ریزی برای قطعات بتنی قابل استفاده بوده و نتایج قابل قبولی از خود نشان داده اند. مهندسان برای سازه هایی که قبلا بتن ریزی شده و به هر دلیلی نفوذپذیری آن قابل کنترل نیست

می توانند با توجه به ضرورت سازه و توجیهات اقتصادی بدون هیچگونه تخریب و اجرای قطعات جدید، نسبت به بهسازی **خصوصیات نفوذپذیری و آب بندی سازه** اقدام نمایند. این روش علاوه بر توجیه اقتصادی

می تواند در بسیاری از مواقع ضعف های اجرایی را پوشش داده و عملکرد سازه را منطبق بر نظر طراح نماید. ضمن اینکه هر کدام از مواد معرفی شده دارای تکنولوژی خاص تولید می باشد و می توانند در محیط های مختلف با کاربردهای متفاوت مورد استفاده قرار گیرند.

مراجع

۱- س. حاجتی ضیابری، "استفاده از فن آوری xypex در ناتروا نمودن بتن" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، ۱۳۹۰.

۲- ع. خیری مرغزار، ع. وحیدی، ا. علوی مقدم و ا. قدس، "استفاده از فن آوری نانو در ناتراوایی بتن" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت ۱۳۹۰ .

۳- ک. دهقانیان، "ساختار کلی دیواره های آب بند بنتونیتی" در چهاردهمین کنفرانس دانشجویان مهندسی عمران سراسر کشور، سمنان، ۱۳۸۷.
۴- م. قلهکی و ف. ناطقی، "دیوار آب بند بتن پلاستیک" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، ۱۳۹۰.
۵- ع. عجم و ر. مهاجری بر قلعه "بررسی نسبت آب به سیمان بر روی بتن های پلاستیک دیوار آب بند سدها" ، در اولین همایش ملی سازه، زلزله، زئوتکنیک، بابلسر، . ۱۳۸۹
۶- م. نژاد نادری "بررسی عوامل موثر بر آب بند نمودن ساختار جسم بتن" ، در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، .۱۳۹۰
۷- م. صباغی فیروز آبادی، م. رحمیان، ا. نمازی و م. صداقت "بررسی تاثیرات طرح اختلاط بر تراوایی بتن" ، در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب ، رشت . ۱۳۹۰
۸- م. نورپرور، ر. کارباتی اصل و ی. زندی "بررسی تاثیر پوزولان طبیعی بر خواص بتن پلاستیک" در دومین کنفرانس ملی بتن ایران، تهران . ۱۳۸۹
۹- ت. قنبری و ز. فر پور "بررسی برخی روشهای محافظت از بتن در برابر نفوذ آب و مواد خورنده" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، . ۱۳۹۰
۱۰- م. نیلی و. خزائی "بررسی آزمایشگاهی اثر تغییرات طرح مخلوط بتن پلاستیک روی خصوصیات آن" در دومین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه، تهران، . ۱۳۸۴
۱۱- م. عبدی و ن. ا. نصرالهی "بررسی اثرات فیزیکی و ترکیبات ناشی از واکنش سیمان و بنتونیت در بتن پلاستیک" در دومین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، . ۱۳۸۴
۱۲- ر. کرباسی و ا. نادری "بتن پلاستیک" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، . ۱۳۹۰

کلینیک بتن ایران،همراه حرفه ای های عمران
TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.CLINICBETON.IR

کلینیک بتن ایران،همراه حرفه ای های عمران
TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.CLINICBETON.IR

پخش و تراکم بتن

پس از جاگذاری بتن، باید حباب های هوای ناخواسته با عمل تراکم حذف و یا کم گردد تا حداکثر چگالی در بتن حاصل شود. مقدار هوای محبوس بستگی به کارایی بتن دارد. بتن با کارایی کم، هوای حبس شده بیشتری دارد، به همین دلیل برای بتن با اسلامپ کم، نیاز به تراکم بیشتری احساس می شود. وجود حباب های هوا باعث کاهش مقاومت بتن، افزایش نفوذ پذیری بتن و کاهش مقاومت پیوستگی بین میلگرد و بتن می شود.برای تراکم بتن می توان از دو روش زیر استفاده نمود:

۱. تراکم دستی
۲. تراکم مکانیکی

موثرترین روش تراکم بتن با کارایی متوسط (اسلامپ رده های S3یا S2) استفاده از لرزاننده ویبراتور است، زیرا بتن های خیلی سفت به فشار و بتن های شل به لرزش حساس هستند. عمل لرزاننده باعث کاهش اصطکاک داخلی بین سنگدانه ها می شود تا آنها به یکدیگر نزدیک شده و حباب های هوا به سطح برسند. در ابتدای عمل تراکم، سنگدانه های درشت از لرزاننده دور می شوند، زیرا جرم سنگدانه های درشت بیشتر از سنگدانه های ریز است. پس از برخورد سنگدانه های درشت، ملات شروع به جاری شدن بین سنگدانه ها می کند.

۱. تراکم دستی

در کارهای کوچک و محدود که امکان استفاده از لرزاننده ها و وسایل مکانیکی وجود ندارد می توان برای تراکم بتن از وسایل دستی به شرح زیر استفاده کرد:

الف) در مخلوط های خمیری و روان با اسلامپ بیش از ۵۰ میلیمتر (رده S2 به بالا)، می توان از میله فولادی (تخماق، کوبه) یا وسایل مشابه برای تراکم بتن استفاده نمود. میله بایستی به اندازه کافی وارد بتن شود تا بتواند به راحتی به انتهای قالب یا انتهای لایه مربوط به همان بتن ریزی برسد، ضخامت میله بایستی چنان انتخاب شود که به راحتی از بین میلگردها عبور نماید.

ب) با عملیاتی شبیه بیل زنی می توان ظاهر سطوح بتنی قالب گیری شده را بهتر کرد.

یک وسیله بیل مانند باید مکرراً به درون بتن و در مجاورت قالب فرو برده و بیرون آورده شود. این عمل، درشت دانه های بزرگتر را وادار می سازد تا از قالب رانده شود و حبابهای هوای محبوس بتواند بالا بیاید. در این خصوص باید دقت کرد تا به وصعیت میلگردها و قالب ها آسیبی نرسد. در این حالت، ضخامت بتن حدود ۳/۰ متر توصیه می شود.

پ) در مخلوط های سفت (اسلامپ کمتر از ۵۰ میلیمتر، رده S1) می توان از تخماق سر پهن با مقطع دایره و یا مربع استفاده نمود. در این حالت، ضخامت هر لایه به ۱۵/۰ تا ۲/۰ متر محدود می شود.

ت) برای تراکم بتن دالهایی با ضخامت کمتر از ۱۵/۰ متر می توان از ماله چوبی و اعمال ضربه به **سطح بتن** استفاده نمود.

۲. تراکم مکانیکی بتن

با وسایل مکانیکی، مناسب ترین روش برای تراکم بتن است. معمول ترین نوع وسایل مکانیکی، ویبراتور یا لرزاننده داخلی (خرطومی) است. هر چند، در مواردی که تراکم میلگرد زیاد است. می توان از لرزاننده های قالب نیز استفاده نمود.

لرزاننده خرطومی از یک محرک انعطاف پذیر (در درون پوشش) که سبب چرخش میله مرکزی می شود، تشکیل شده است. بر اثر چرخش میله مرکزی، یک قطعه فلزی که به میله متصل است به پوشش فلزی ضربه می زند که سبب لرزاندن آن می گردد. لرزاننده ها براساس قطر آن، طبقه بدی می شوند، لرزاننده هایی با قطر ۱۵ سانتیمتر موجود است، اما معمولاً در کارگاه های ساختمانی، قطر ۵/۲ تا ۵/۷ به کار گرفته می شود.

در صورت استفاده از بتن با روانی بالا از ویبراتورهای دستی در سایتهای ۱ تا ۴ اینچ استفاده می شود. این ویبراتورها با هوای فشرده عمل می نماید. در بتن های با روانی پایین امکان استفاده از ویبراتور های دستی و ویبراتورکیس وجود دارد. در صورتی که ابعاد پروژه به اندازه کافی بزرگ باشد که بتوان از تجهیزات مکانیکی استفاده نمود، از ویبراتورکیس استفاده می شود. این دستگاه عبارت است از شش عدد ویبراتور با قطر ۱۵۰ میلیمتر که بر روی یک باکس (کیس) نصب بوده و بوسیله فشار روغن موتور وسیله مکانیکی که بر روی آن نصب می گردند، عمل می نمایند. برای استفاده از این سیستم می توان از یک بیل مکانیکی کمک گرفت. بدین صورت که با باز نمودن باکت بیل مکانیکی، کیس ویبراتور روی بازوی بیل مونتاژ شده و سیستم تامین فشار روغن ویبراتورها به سیستم هیدرولیک بیل متصل می گردد.

هر یک از ویبراتورها تشکیل شده از یک عضو لرزاننده که پوشش فلزی قرار گرفته و یک پمپ هیدرولیک که منحصراً برای لرزاندن این عضو طراحی شده است. سر ویبراتور بوسیله قسمت فلزی که مقاومت بالایی داشته همینطور فاقد قدرت جذب است پوشانده

شده و لوله ای فلزی به قسمت لرزاننده متصل و این لوله فلزی به وسیله شیلنگ انعطاف پذیری که محافظ لوله های روغن تغذیه کننده قسمت لرزاننده است به باکس (کیس) متصل می گردد.

ضخامت لایه های بتن ریزی نباید از طول ویبراتور بیشتر باشد. ویبراتورها حتی الامکان باید بصورت قائم و سریع وارد بتن شده و به میزان ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر در لایه قبل فرو روند. این عمل بین ۵ تا ۱۵ ثانیه با حرکات متناوب رو به بالا و پایین ویبراتور باعث ایجاد اتصال مناسب دو لایه خواهد گردد. پس از آن ویبراتور خیلی آرام باید از بتن خارج شود. فواصل بین نقاط فرو بردن ویبراتور براساس شعاع عملکرد آن تعیین می گردد و بندی انتخاب می شود که عملکرد ویبراتور روی هم، همپوشانی داشته باشند. بطور معمول این فواصل باید حدود ۵/۱ برابر شعاع عملکرد ویبراتور باشد.

این فاصله برای لرزاننده های تا قطر ۷۵ میلی متر بین ۱۵۰ تا ۵۰۰ میلیمتر است و به قطر لرزاننده و نوع بتن مورد استفاده بستگی دارد:

روش غلط: نقاط فرو بردن مرکز به مرکز با فاصله زیاد باعث جا ماندن نقاط متراکم نشده می گردد.

روش درست: تداخل محدوده عمل هر یک از اجزاء تراکم بیشتری را تضمین می کند.

چگونگی پخش و تراکم بتن

تعیین فواصل نفوذ ویبراتور

از ویبراتور نباید جهت جابه جا کردن بتن استفاده شود. بنابراین لازم است بتن دقیقاً در محلی که قرار بر پخش آن است ریخته شود تا از نیاز به جابجایی آن جلوگیری شود.

هنگامی که لایه قبلی بتن، حالت خمیری دارد و هنوز به مرز گیرش اولیه آن نزدیک نشده است، لرزاننده باید به مقدار ۵۰ تا ۱۰۰ میلی متر به داخل لایه قبلی نفوذ کند.

لرزاننده نباید با سطح قالب و میلگرد تماس داشته باشد، زیرا ممکن است باعث صدمه زدن به سطح قالب شود و یا سبب لرزش میلگردها در بتن قبلی که در حال گیرش می باشند، گردیده و موجب کاهش پیوستگی بتن و میلگرد شود. همچنین لرزش قالب در قسمت هایی که بتن آن در حال گیرش است می تواند به نمای قسمت سطحی آسیب برساند.

لرزاننده نباید برای حرکت جانبی و هل دادن بتن استفاده گردد، زیرا سبب جداشدگی اجزای مخلوط بتن می شود. برای صاف و تراز کردن سطح بتن می توان لرزاننده را به وسط توده بتن داخل کرده تا بتن هموار گردد و از هرگونه حرکت جانبی اجتناب شود.

به عنوان یک قانون کلی، هر چه سنگدانه ها بزرگتر باشند و کارایی (اسلامپ) کمتر باشد، نیاز به ویبراتوری با قطر بزرگ احساس می شود. معمولاً قطر ۵/۲ سانتیمتر برای مقاطع پر میلگرد و کوچک استفاده می شود. در چنین مواردی، دامنه نوسان ویبراتور کم بوده و قدرت تراکم نسبتاً کاهش می یابد. در جدول (۱)، اطلاعات کلی مربوط به بازده و کاربرد انواع لرزاننده های داخلی داده شده است. مقادیر جدول تقریبی است. لازم است قطر و قدرت لرزاننده با توجه به کارایی بتن، حداکثر اندازه سنگدانه ها و ابعاد قالب و حجم بتنی که در هر نوبت ریخته می شود، انتخاب گردد.

جدول (۱) انواع لرزاننده ها برای کاربردهای مختلف

گروه	قطر لرزاننده (سانتیمتر (	بسامد (دور در دقیقه (	دامنه نوسان (سانتیمتر (	شعاع عمل (سانتیمتر (	حجم بتن ریزی به ازای هر لرزاننده	کاربرد
1	4-2	9000 تا ۱۵۰۰۰	08/0-4/0	15-8	4-8/0	برای بتن های خمیری و روان و در اعضای نازک و اعضای پیش تنیده و نمونه های آزمایشگاهی
2	3-6	8500 تا ۱۲۵۰۰	10/0-05/0	25-13	8-3/2	بتن خمیری برای دیوارهای نازک، تیرها، شمع های پیش ساخته، ستونها و دالهای نازک
3	5-9	8000 تا ۱۲۰۰۰	13/0-06/0	36/18	15-6/4	برای بتن نسبتاً خمیری (کمتر از ۸ سانت اسلامپ)، در اعضای عمومی، مانند دیوارها، ستون، تیرها و دالهای ضخیم
4	8-15	7000 تا ۱۰۵۰۰	15/0-08/0	51/30	31-11	برای بتن ریزی حجیم و اعضای سازه ای با اسلامپ ۰ تا ۵ سانتیمتر که کمتر از ۳ متر مکعب بتن در هر نوبت ریخته می شود
5	13-18	5500 تا ۸۵۰۰	20/0-10/0	61-40	38-19	برای بتن ریزی حجیم، مانند سدها، دیوارهای ضخیم و

						ستون های پلها که در هر نوبت بیش از ۳ متر مکعب ریخته می شود

در هنگام عملیات تراکم مخصوصاً در بتن های با روانی بالا باید توجه شود که حتماً **بتن ریزی** باید در لایه های افقی انجام گرفته، سپس متراکم شود. در صورتی که بتن بصورت شیبدار ریخته شده باشد در هنگام کبیره زدن بتن به سمت پایین حرکت کرده و امکان متراکم کردن کامل آن وجود ندارد. بهتر است با جابجا تخلیه کردن باکت بتن یا جابجا نمودن لوله پمپ بتن سعی شود تا بتن ریزی بصورت افقی انجام گیرد. در صورتی که علیرغم تمامی مساعی این مهم میسر نشود می توان با وارد کردن سریع کی برا داخل بتن (بمدت کوتاه) در ابتدا سطح آن را تقریباً مسطح و افقی نموده سپس عملیات تراکم انجام گیرد. اجرای هر لایه جدید بتن تنها در صورتی مجاز خواهد بود که لایه قبلی به طور کامل و کافی متراکم شده و بتن لایه قبل حالت پلاستیک داشته باشد. عملیات تراکم بتن باید تا زمان تخلیه کامل حباب های هوا و آب اضافی داخل بتن و نیز پر شدن تمامی حرفات داخلی ادامه یابد. در صورتی که بدلیل تردد پرسنل یا تجهیزات روی بتن تازه متراکم شده، شکل و تراکم بتن، از بین برود لازم است تا با کبیره کردن مجدد این مشکل مرتفع گردد. اصولاً دوباره کی برا نمودن بتن، سبب خواهد شد تا با خارج شدن حباب های هوا یا آب، اتصال مناسب تری بین بتن و قطعات مدفونی مثل آرماتور و **واتراستاپ** شکل گیرد. تجربه نشان داده است کیفیت بتن هایی که دوباره کی برا می شوند (با تاخیر و فاصله زمانی مناسب بین دو مرحله ویبره) به مراتب بهتر از کیفیت بتن های یکبار ویبره شده می باشد.

در هنگام متراکم کردن بتن باید توجه شود که از برخورد ویبراتور به قالب یا قطعات مدفون که باعث خارج شدن آنها از موقعیت خود یا تخریب آنها می گردد، خودداری گردد. در هنگام انجام عملیات تراکم با ویبراتور های دستی، سرپرست تیم بتن ریزی با هدایت کارگران باید فعالیت آنها را زیر نظر داشته و از انجام کامل عملیات تراکم اطمینان یابد.

در این راستا لازم است تا وارد کردن ویبراتور در بتن براساس الگوی مناسب و با لحاظ همپوشانی شعاع عملکرد ویبراتورها با یکدیگر صورت پذیرد. در هنگام ویبره زدن بتن باید توجه شود محدوده ای از بتن که قصد ویبره کردن آنرا داریم باید حتماً بوسیله چیزی (مثل قالب یا بتن) محدود شده باشد در غیر اینصورت هنگام ویبره کردن بتن از محلی که محدودیتی بر حرکت آن وجود دارد بصورت شیب به سمت پایین جریان یافته امکان متراکم کردن صحیح بتن وجود نخواهد داشت.

ویبراتور های مورد استفاده در بتن ریزی های سازه های مسلح یا بعبارت دیگر بتن های ریزدانه با روانی بالا، بین ۱ تا ۴ اینچ قطر داشته و با هوای فشرده عمل می نمایند. بسته به حجم بتن و میزان روانی آن قطر مناسب ویبراتور انتخاب می گردد. بندی که در اثر عملکرد آن، نه جدایی در سنگدانه های بتن رخ داده و نه آنکه ویبراتور بکار گرفته شده قدرت لرزاندن بتن را نداشته باشد.

ویبراتور های فوق الذکر بوسیله شیلنگ انعطاف پذیر به شیلنگ های تامین کننده هوای فشرده متصل می گردد.

شیلنگ انعطاف پذیر این امکان را فراهم می سازد که بتوان از ارتفاع بالاتر از تراز بتن ریزی ویبراتور را وارد بتن نموده و ضمناً بتوان براحتی آن را در اطراف قطعات مدفون حرکت داد. همینطور در هنگام بتن ریزی در محدوده ای که بدلیل وجود قطعات مدفون مثل آرماتور امکان دسترسی به تمامی نقاط برای وارد کردن قائم ویبراتور در بتن وجود ندارد بوسیله این شیلنگ انعطاف پذیر، ویبراتور به سمت مورد نظر فرستاده می شود. از طرف دیگر این شیلنگ محل عبور و قرارگیری پاره ای قطعات ویبراتورها نیز می باشد.

معمولاً تراکم مجدد ۱ تا ۲ ساعت پس از تراکم اولیه و قبل از اینکه بتن به مرز گیرش اولیه نزدیک شود، انجام می گردد. این عمل برای بهبود تراکم، پیوستگی بتن و میلگرد، کاهش ترک خوردگی و منافذ ناشی از جمع شدگی و آب آوری بویژه در مورد بتن هایی با اسلامپ بیش از ۷۵ میلیمتر مفید است. بنابراین، تراکم مجدد برای تولید بتن با کیفیت بهتر، مورد استفاده قرار می گیرد. اما اگر

با تاخیر زیاد و در حین گیرش اولیه انجام شود، سبب صدمه زدن به بتن و کاهش مقاومت نی شود. به هر حال تاخیر در تراکم مجدد به دمای بتن و محیط مجاور و نوع سیمان و بتن بستگی دارد.

پرداخت سطح بتن

معمولاً پرداخت سطح بتن، بلافاصله پس از اتمام بتن ریزی و تراکم بتن انجام می شود. روش پرداخت، اثر مهمی در مقاومت فشاری، نفوذ پذیری و مقاومت سایشی لایه سطحی بتن دارد. مراحل پرداخت سطح به شرح زیر است:

۱. شمشه یا تراز کردن

۲. تخته ماله کشی با تخته ماله دستی بلند و کوتاه

۳. ماله کشی

۴. پرداخت نهایی

هدف و نحوه صحیح مراحل مختلف پرداخت در این بخش شرح داده شده است:

شمشه یا تراز کردن

شمشه کاری روندی برای حذف بتن اضافی و تراز کردن سطح بتن در ارتفاع یا تراز مورد نظر است. این عمل باید بلافاصله پس از بتن ریزی و تراکم انجام پذیرد. وسیله ای که برای شمشه گیری استفاده می شود شمشه یا شارلوت ساخته شده از چوب، آلومینیوم یا آلیاژ منیزیم است. در هنگام شمشه کاری، شمشه بر روی سطح بتن باید به صورت اره ای حرکت داده شود و در هر حرکت، مسافت کوتاهی به طرف جلو منتقل گردد.

بنابراین، بتن اضافی (بالاتر از سطح تراز) در جلو شمشه جمع شده و سپس قسمت هایی که پایین تراز سطح تراز است توسط بتن جمع آوری شده در جلو شمشه پر شده و سطح بتن تراز می گردد. در هنگام حرکت شمشه به طرف جلو باید مقدار مسافت طی شده بسیار کوتاه باشد تا شمشه سبب آسیب دیدگی سطح بتن نگردد.

در بعضی موارد، شمشه مجهز به ویبره است و عمل تراز کردن همزمان (با تراکم بتن) فقط برای دال هایی کف انجام می شود.

تخته ماله کشی با تخته ماله دسته بلند و کوتاه

تخته ماله دسته بلند قطعه ای مستطیلی شکل به عرض تقریبی ۲۰۰ میلیمتر و به طول ۱ تا ۵/۱ متر که دسته ای به طول ۱ تا ۵ متر به آن متصل است. منظور از عمل تخته ماله کشی با تخته ماله دسته کوتاه، مانند تخته ماله دسته بلند است و فقط دسته آن کوتاهتر می باشد.

استفاده از شمشه های دارای ویبره برای تراز کردن و متراکم نمودن سطح، به صورت همزمان بنابراین معمولاً فقط یکی از آنها در عملیات پرداخت به کار گرفته می شود. اگر سطح بتن بزرگ بوده، ولی تمام سطح بتن در دسترس نباشد، تخته ماله دسته بلند مناسب تر است و بالعکس تخته ماله دسته کوتاه در سطوح محدود و کوچک کاربرد بهتری دارد. باید توجه داشت که دسته بلند تخته ماله از دقت کار می کاهد و فقط در سطح های وسیع به ناچار به کار می رود. معمولاً تخته ماله دسته کوتاه ۷۰ تا ۱۰۰ میلیمتر عرض و ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلیمتر طول دارد و دسته ای کوتاه بر روی آن نصب شده است. معمولاً جنس تخته ماله از چوب، آلیاژ آلومینیوم و یا منیزیم است. برای بتن معمولی نوع چوبی بهتر است زیرا چوب، ملات (خمیر سیمان و ماسه) را بر سطح حرکت داده و در نتیجه سطح بتن به صورت باز باقی مانده و آب آوری شدت نمی یابد.

در مواردی که بتن از نوع سبک است و یا چسبنده باشد، باید از تخته ماله از نوع آلیاژ منیزیم استفاده گردد. تخته ماله منیزیمی فقط خمیر سیمان و ماسه بسیار ریز موجود در سطح را حرکت می دهد و انرژی کمتری صرف ماله کشی می شود و همچنین سطح بتن گسیخته نمی گردد. هنگامی که برای بتن با وزن مخصوص (چگالی) معمولی از تخته ماله منیزیمی استفاده می شود بهتر است که اولین ماله کشی با ماله چوبی باشد تا سطح نیمه بسته بتن باز گردد، زیرا تخته ماله منیزیمی سطح بتن را مسدود می کند.

ماله کشی

پس از تعبیه درزها، سطح بتن باید ماله کشی شود، ماله کشی به علل زیر انجام می گیرد:

۱. فرو بردن سنگدانه های درشت به درون بتن

۲. حذف ناهمواری ها و منافذ باقی مانده و ایجاد یک سطح کاملاً هموار

تراکم سطح بتن

ماله به صورت نوع دستی و مکانیکی موجود است. ماله دستی از جنس چوبی، آلومینیومی و منیزیمی است. ماله آلومینیومی و منیزیمی راحت تر در سطح بتن حرکت می کنند، در این صورت، از مقدار انرژی مورد نیاز کاسته می شود. برای ماله کشی بتن حباب دار (به علت استفاده از ماده افزودنی حباب ساز) استفاده از ماله فلزی ضروری است، زیرا ماله چوبی بر سطح بتن چسبیده و سبب خرابی سطح می گردد.

عرض ماله دستی باید به صورت کاملاً افقی (بدون ایجاد زویه) بر روی سطح بتن قرار داره ود و آن را به صورت اره ای و قوسی حرکت داده تا منافذ پر شده و سطح بتن کاملاً هموار گردد. ماله کشی سبب می شود تا سطح بتن هموار شده (ولی صاف نمی شود) و مقاومت مناسبی در مقابل لیز خوردن به وجود آید و معمولا به عنوان پرداخت نهایی تلقی می گرد. ماله کشی با دستگاه مکانیکی نیز امکان پذیر است. دستگاه ماله کشی شامل یک محور عمودی است که به آن چند پره به شکل ماله متصل است و حرکت دورانی پره ها سبب هموار شدن سطح بتن می گردد.

پرداخت نهایی

بعد از عمل ماله کشی می توان با ابزارهای دستی یا مکانیکی مخصوص پرداخت نهایی، سطح بتن را کاملاً صاف نمود. مرحله نهایی بلافاصله بعد از ماله کشی و با ابزار دستی یا ماشین انجام می پذیرد. ابزار دستی که برای پرداخت نهایی استفاده می شود (شکل ۳۵)، یک صفحه فولادی پهن به ابعاد ۱۰۰ × ۴۰۰ میلیمتر است.

استفاده از صفحه فولادی با ابعاد کوچکتر برای مرتبه دوم و یا سوم پرداخت نهایی اشکال ندارد. در بعضی موارد (مانند دالها)، پرداخت نهایی با دستگاه مکانیکی انجام می شود. این دستگاه مشابه ماله دستی است، تنها تفاوت آن، ابعاد کوچکتر پره ها و امکان تغییر و فشار بر روی آنهاست. در مرحله اول پرداخت، پره ها به صورت مستقیم و در مراحل بعدی، به زاویه پره ها افزوده می شود. باید توجه داشت با پرداخت نهایی، از مقاومت لغزش سطح بتن کاسته می شود، اما مقاومت سایش سطح افزایش می یابد. بنابراین اگر مقاومت سایشی بتن در حد نسبتاً زیاد ضروری است باید حداقل یکبار نسبت به پرداخت نهایی اقدام گردد و با افزایش تعداد عمل پرداخت نهایی، مقاومت سایش افزایش می یابد. اما اگر مقاومت لغزش اهمیت بیشتری دارد، باید مرحله پرداخت نهایی حذف گردد.

عمل آوری بتن

عمل آوری روندی است که جهت حفظ رطوبت و حرارت بتن در مدت زمان معین بلافاصله پس از جاگذاری و پرداخت بتن انجام می گردد. عمل آوردن در خصوصیات بتن سخت شده، مانند مقاومت فشاری، دوام، مقاومت سایشی و مقاومت در مقابل یخبندان تاثیر قابل ملاحظه ای دارد. **عمل آوری بتن** به سه شکل محافظت، مراقبت (عمل آوری) و پروراندن (عمل آوری حرارتی) برای بتن ریخته شده در قالب ضروری است.

هنگامی که سیمان پرتلند با آب مخلوط می شود، فعل و انفعال شیمیایی که به آن هیدراتاسیون می گویند، آغاز می گردد. پیشرفت و وسعت این واکنش شیمیایی در دوام، مقاومت و وزن مخصوص بتن اثر می گذارد. معمولاً مقدار آب موجود در مخلوط های بتن، بیش از آب مورد نیاز برای تکمیل هیدراتاسیون است، اما به هر حال کاهش آب به علت تبخیر، باعث تاخیر و یا توقف فرآیند هیدراتاسیون می گردد.

در چند روز اول، پس تز جاگذاری بتن، در درجه حرارت مناسب، هیدراتاسیون نسبتاً سریع است. بنابراین حفظ آب بتن، در طول این زمان بسیار با اهمیت است. هنگامی که عمل آوردن متوقف شود، کسب مقاومت بتن برای مدت کوتاهی ادامه می یابد، ولی پس از آنکه درجه اشباع حفره های مویینه داخل بتن به ۸۰ درصد می رسد، کسب مقاومت بتن متوقف می گردد.

روشهای مختلف عمل آوری رطوبتی (مراقبت) به شرح زیر است:

۱. عمل آوری با آب

۲. عمل آوری عایقی

عمل آوری با آب

روشی است که سبب افزایش رطوبت بتن می گردد و همچنین از افت رطوبت بتن جلوگیری می کند. آب مصرفی باید دارای مواد زائد و مضر در حد مجاز استاندارد و آیین نامه های موجود باشد تا در کیفیت بتن اثر نامطلوبی باقی نگذارد. همچنین نباید از آب سرد و یا گرم، که سبب شوک حرارتی در بتن شده و موجب ترک خوردگی سطح بتن می شود، استفاده نمود. روش های مختلف عمل آوری با آب به شرح زیر است:

ایجاد حوضچه و غوطه ور سازی

ایجاد حوضچه برای سطوح افقی، مانند دالها مناسب است. در پیرامون دال، لبه هایی ساخته می شود و در درون این حوضچه آب قرار می گیرد. آب درون حوضچه نباید بیش از $۱۲C^{\circ}$ سردتر از بتن باشد. همچنین می توان (قطعات پیش ساخته) را از درون آب غوطه ور کرد، که در این حالت، ضوابط دمای آب باید رعایت شود.

افشاندن آب

در دمای بیش از $12C^{\circ}+$ روش افشاندن آب برای عمل آوردن بتن بسیار مناسب است. روند افشاندن آب باید پیوسته باشد، در صورتی که افشاندن با وقفه انجام پذیرد، باعث تر و خشک شدن می گردد و در نتیجه عارضه پوسته شدن در سطح بتن بروز می کند. آب فشانی معمول در برخی از کارگاه های کشور ما، علاوه بر ایجاد تر و خشک شدن، باعث شوک حرارتی نیز می گردد، زیرا با خشک شدن سطح در زیر آفتاب، دمای سطح بتن بالا رفته و با پاشیدن آب خنک، مشکل ترک خوردگی وجود خواهد داشت.

پوشش های خیس

در صورتی که نتوان به طور مداوم با افشاندن آب، سطح بتن را مرطوب نگه داشت، استفاده از پوشش های جذب آب از قبیل چتایی، گونی، گلیم و حصیر برای عمل آوردن بتن توصیه می شود.

چتایی نو باید قبل از مصرف کاملاً شسته شود تا مواد قابل حل آن پاک شده و قابلیت جذب آن بیشتر گردد. همچنین در صورت استفاده از گونی، که قبلاً حاوی مواد شیمیایی یا شکر و غیره بوده، لازم است قبل از نصرف، گونی کاملاً شسته شود، زیرا برخی از مواد شیمیایی می توانند همراه آب عمل آوری، در بتن جوان نفوذ نموده و ضمن اختلال در گیرش بتن، مقاومت و دوام آن را کاهش دهند. با افزایش وزن چتایی یا سایر پوششهای جاذب، امکان نگهداری آب توسط آن بیشتر می شود و نیاز به مرطوب کردن متوالی آن کمتر

می گردد. در غیر این صورت، بهتر است از دو لایه چایی استفاده شود. چنانچه ورق پلاستیک بر روی چتایی قرار داده شود، از تبخیر آب چتایی جلوگیری می گردد که مشابه عمل آوری عایقی خواهد بود. این نوع پوشش ها باید به نحوی روی سطح بتن قرار گیرند که لبه آنها حدود ۱۰۰ میلیمتر روی هم قرار داده شوند، و بلافاصله پس از آنکه بتن به اندازه کافی سخت شد، بر روی سطح قرار داده شوند. اگر زمانی که بتن در حالت خمیری است، پوشش روی آن قرار داده شود، سطح بتن آسیب می بیند. پوشش باید تمام سطح بتن را بپوشاند و به طور مداوم خیس نگاه داشته شود.

برای مقاطع کوچک بتن، عمل آوردن بتن با استفاده از خاک، ماسه، خاک اره، کاه و پوشال خیس مناسب است. ضخامت این نوع پوشش ها باید حداقل ۵۰ میلیمتر باشد و تمام سطح بتن پوشانده شود و به طور مداوم خیس نگاه داشته شود. ضخامت لایه کاه، ۱۰۰ میلیمتر و پوشال باید حداقل ۱۵۰ میلیمتر باشد و در صورت وزش باد با شبکه سیمی و یا چتایی روی آنها پوشانده شود تا وزش باد سبب پراکنده شدن کاه و یا پوشال نگردد. به طور کلی این نوع پوشش ها ممکن است باعث تغییر رنگ سطح بتن شوند و در همه موارد، مانند سطوح قائم امکان به کار گیری از آنها وجود ندارد. ، روش عمل آوری با پارچه چتایی را نشان می دهد.

توصیه می شود، پس از اتمام مدت عمل آوری رطوبتی، اجازه دهیم پوشش موجود خشک و سپس از روی سطح بتن برداشته شود تا مشکل ایجاد نگردد. این عمل برای مناطقی که باد خیز هستند ضرورت دارد.

عمل آوری عایقی

جلوگیری از تبخیر آب، روش دیگری جهت عمل آوردن بتن است و به این دلیل مزیت دارد که نیاز به خیس کردن مداوم پوشش ندارد. این روش برای مناطقی که امکان فراهم کردن آب مناسب جهت عمل آوری با مشکلاتی همراه است قابل به کارگیری خواهد بود. مصالح و روش های مختلف جلوگیری از تبخیر آب از سطح بتن به شرح زیر است:

ورق پلاستیک یا نایلون

ورق پلاستیک، وزن بسیار سبکی دارد و در رنگ های مختلف، مانند سفید و سیاه موجود است. رنگ سفید برای هوای گرم مناسب است، زیرا نور را منعکس می کند و رنگ سیاه برای هوای سرد مطلوب است، زیرا نور را جذب می کند. ورق پلاستیک معمولاً از نوع پلی اتیلن است. ورق پلاستیک باید کاملاً سطح بتن را بپوشاند و لبه بالای آن حدود ۱۰۰ میلیمتر روی هم قرار گیرد و قطعات چوب بر روی آن قرار داده شود تا ورق کاملاً در تماس با سطح بتن باشد، و وزش باد سبب بلند کردن و حرکت آن نگردد. احتمال دارد که ورق پلاستیک باعث تغییر رنگ و ظاهر سطح بتن گردد به خصوص اگر ورق چروکیده باشد. در این صورت اگر یکنواختی رنگ و ظاهر سطح بتن اهمیت دارد، باید از روش های دیگری استفاده کرد. تعریق و چکه کردن آب ناشی از تبخیر سطح بتن می تواند به ظاهر بتن آسیب رساند.

بنابراین بهتر است، در چنین شرایطی نایلون و یا پوشش دقیقاً بر سطح بتن قرار داده شود و یا از روش های دیگری استفاده شود. مشکل استفاده از ورق نایلون پاره و یا سوراخ شدن آن در کارگاه این است کخ امکان تعمیر آن وجود ندارد و در صورت عدم توجه به وجود سوراخ یا پارگی مشکلاتی برای عمل آوری، به وجود می آورند. برای محکم کردن ورق ها در اطراف تیرها و ستون ها، باید از طناب یا نوار استفاده گردد. شکل (۲)، استفاده از ورق پلاستیک شکل (۳)، عمل آوری با استفاده از پوشش های مرکب (مواد عایق، ترکیبی از پلاستیک و چتایی) را نشان می دهند.

ترکیبات عمل آوری

ترکیبات عمل آوری به صورت مایع است که بر روی سطح بتن پاشیده یا مالیده می شود و یا ایجاد یک غشاء از تبخیر آب بتن جلوگیری می کند. این محلول ها از اختلاط رزین های مصنوعی و طبیعی با حلال تشکیل شده است. پس از اعمال ترکیبات عمل آوری بر سطح بتن، حلال تبخیر شده و رزین بر سطح باقی می ماند. غشای رزین برای مدت محدود یک تا چهار هفته باقی مانده و بر اثر هوازدگی و نور آفتاب، ترد و شکننده می گردد و از سطح بتن جدا می شود. معمولاً در این نوع ترکیبات از رنگدانه های مختلف، مانند ذرات آلومینیوم بهره گرفته نی شود. استفاده از رنگدانه ها در ترکیبات به دو دلیل انجام می پذیرد.

رنگدانه های خاص سبب انعکاس نور شده و در نتیجه دمای بتن شدیداً افزایش نمی یابد و همچنین سبب رویت ترکیب بر روی سطح بتن می شود و بنابراین امکان ارزیابی کفایت و یکنواختی ترکیب در سطح بتن فراهم می گردد. برای حصول اطمینان از پیوستگی غشای عمل آوری، بهتر است آن را در دو لایه عمود بر یکدیگر اعمال نمود. اگر فقط یک لایه اعمال شود، باید از یکنواختی و پوشش غشاء اطمینان حاصل گردد.

ترکیبات عمل آوری باید بر روی سطح بتن مرطوب اعمال و از پاشیدن یا اعمال آن بر سطح خشک بتن اجتناب گردد. ترکیبات عمل آوری از تبخیر آب بتن جلوگیری کرده و در نتیجه سطح بتن خنک نمی شود. بنابراین در مناطقی که تابش شدید آفتاب وجود دارد، باید بر روی سطح بتن، سایبان ایجاد گردد. در صورتی که از ترکیبات عمل آوری غیر محلول در آب استفاده می شود، لازم است این ترکیبات پس از تبخیر آب رو زده، به کار روند.

اگر قرار است که بر روی سطح بتن، یک لایه دیگر بتن ریخته شود، یا کاشی و موزائیک بر روی سطح بتن نصب گردد، بهتر است که از ترکیبات عمل آورنده استفاده نشود، زیرا این ترکیبات پیوستگی را کاهش

می دهند. هر چند بعضی از انواع ترکیبات، پیوستگی را کاهش نمی دهند و یا امکان پاک کردن غشاء وجود دارد. همچنین در

برخی از منابع و مخازن نگهداری مواد بهداشتی، غذایی و آب باید قبل از بهره برداری این مواد کاملاً تمیز گردند.
در مواردی که دوام بتن در برابر عوامل مضر و یا خوردگی میلگردها حائز اهمیت است و یا هنگامی که نسبت آب به سیمان پایین است، بهتر است از روش های عمل آوری با آب (ایجاد حوضچه، غوطه وری، افشاندن آب و پوشش های خیس) استفاده کرد، و در صورت اضطرار از عمل آوری عایقی بهره بگیریم. شکل (۴)، روش عمل آوری با ماده شیمیایی عمل آوری را نشان می دهد.

عمل آوردن بتن به وسیله قالب ها

قالب ها خود محافظ مناسبی هستند و از خروج آب از بتن جلوگیری می کنند. البته در چنین مواردی، سطح افقی بتن باید مرطوب نگاه داشته شود. قالب های چوبی باید با آب افشانی مرطوب شوند، به خصوص در هوای گرم و خشک این عمل حائز اهمیت است. اگر مرطوب نگاه داشتن قالب های چوبی امکان پذیر نیست، باید بلافاصله قالب برداری شده و روش دیگری جهت عمل آوردن بتن به کار گرفته شود.
در صورتی که امکان برداشتن سریع قالب ها بویژه در سطوح و یا دیوار و یا تیرها وجود ندارد، توصیه می شود با شل کردن قابها، امکان عمل آوری با ریختن آب در درزهای موجود فراهم شود. شکل (۵)، یک نمونه از قالب های مخصوص را که از مواد مختلف تشکیل شده است نشان می دهد.

عمل آوری حفاظتی (محافظت)

لازم است در طول عمل آوری بتن جوان و پس از ریختن بتن، از بتن به خوبی محافظت شود تا آسیب نبیند. بارش باران و تگرگ، لرزش های شدید ماشین آلات ثابت و متحرک موجود، یخبندان، اعمال ضربه به قالب می تواند به بتن جوان و نارس آسیب برساند و به ظاهر بتن و مقاومت و دوام آن لطمه بزند.

عمل آوری حرارتی (پروراندن)

برای افزایش مقاومت بتن در روزهای اول و محافظت آن، در هوای سرد و جلوگیری از یخ زدن آن می توان دمای بتن داخل قطعه را بالا برد. بهترین روش برای این کار، به کار گیری بخار آب است. دمای محیط و بتن بهتر است از حدود $۶۵C^{\circ}$ بیشتر نشود و عمل بخاردهی پس از گیرش بتن آغاز گردد. روشهای حرارت رسانی خشک با سوزاندن مواد سوختی، نیروی برق و غیره، امکان پذیر است.
ولی به طور کلی باید نکات زیر در آن رعایت شود تا مقاومت و دوام مورد نظر حاصل گردد:
الف) قبل از گیرش بتن گرمادهی انجام نشود.
ب) گازهای ناشی از سوختن در مجاورت بتن تازه و یا جوان قرار نگیرد.
پ) خشک شدگی در قطعه بتنی به وجود نیاید و گرمازایی به صورت یکنواخت و غیر متمرکز انجام گردد.
ت) افزایش دمای بتن، در هر ساعت به $۲۰C^{\circ}$ و کاهش آن نیز در هر ساعت به $۲۰C^{\circ}$ محدود شود و از بروز شوک حرارتی به بتن جلوگیری گردد. در قطعات حجیم کاهش دمای بتن در هر ساعت به $۱۰C^{\circ}$ محدود می شود.
ج) حداکثر دمای بتن به $۶۵C^{\circ}$ محدود شود.
چ) با ایجاد عایق حرارتی در سطح بتن می توان از افت دمای آن جلوگیری نمود و حتی دمای آن را افزایش داد. قالب چوبی، پشم شیشه، و عایق های پلی یارتان و یونولیت، کاه و پوشال و غیره به ضخامت کافی
می تواند عمل عایق بندی را به انجام برساند. باید از به کار بردن مواد عایق یا گرمازا در سطح بتن که دارای مواد مضر باشد، جلوگیری نمود.

مدت زمان مراقبت (عمل آوری)

مدت مراقبت به عواملی نظیر نوع سیمان، مقاومت مورد نظر، نسبت سطوح نمایان به حجم، شرایط آب و هوایی در هنگام ساختن با نسبت آب به سیمان و ریختن بتن بستگی دارد.
مدت زمان عمل آوری بتن در هر پروژه به دلیل شرایط مختلف، متفاوت است. در صورتی که، زمان خاصی برای عمل آوری پیش

بینی نشده باشد، حداقل زمان عمل آوردن بتن از مندرجات جدول (۱) محاسبه
می شود. با توجه به شرایطی که ممکن است در کارگاه های کوچک حاکم باشد و عمل آوری مطابق
روش های ارائه شده، کاملاً صحیح انجام نگردد و یا در مناطقی که مسائل دوام و خوردگی میلگردها حائز اهمیت است توصیه می شود، زمان عمل آوری بیش از حداقل ارقام موجود در جدول اختیار گردد.

جدول (۱) حداقل زمان عمل آوری بتن

زمان عمل آوری		روند افزایش مقاومت بتن **					
		سریع		متوسط		کند	
دمای متوسط سطح بتن (هوای مجاور) °C		5-10	بالاتر از 10	5-10	بالاتر از 10	5-10	بالاتر از 10
شرایط محیطی	ضعیف	4	3	8	6	10	8
	متوسط	4	3	6	4	8	5
	خوب	4	2	3	3	3	3

شرایط مندرج در این ستون به شرح زیر تعریف می شود:
خوب: محیط مرطوب و محافظت شده (رطوبت نسبی بیشتر از ۸۰ درصد و محافظت شده در برابر تشعشع خورشید و باد)
ضعیف: محیط خشک و محافظت نشده (رطوبت نسبی کمتر از ۵۰ درصد و محافظت نشده در برابر تشعشع خورشید و باد)
متوسط: شرایطی بین دو حد خوب و ضعیف
** مفاهیم روند افزایش مقاومت بتن؛ سریع: بتن دارای سیمان های زودگیر(مانند پرتلند نوع ۳) افزودنی های زودگیر کننده نسبت آب به سیمان، بسیار کم و عیار سیمان زیاد است، متوسط: نوع ۱ و ۲ و پرتلند پوزولانی، کند: نوع ۵ پوزولانی ویژه.

دلایل ایجاد ترک خوردگی

۱- زلزله ۲- برخورد اجسام ۳- موج ناشی از انفجار ۴- ارتعاشات ناشی از دستگاه ها ۵- افت و حرارت
۶- تغییر دما و آتش سوزی ۷- نفوذ آب و یخزدگی و یا تغییرات درصد رطوبت ۸- نشست های ناهمسان پی
۹- فرو نشست ۱۰- ضعف مصالح و یا ناسازگاری با هم دیگر۱۱- تغییر کاربری ۱۲- مواد شمیایی خورنده
۱۳-ضعف در طرح ۱۴- ضعف در ساخت

ترک های ایستا- ترک های پیش رونده کند- ترک های پیش رونده سریع

انواع ترک خوردگی های بتن و زمان بروز آن ها

نوع ترک خوردگی	زمان پیدایش پس از بتن ریزی
نشست خمیری یا پلاستیک بتن	۱۰ دقیقه تا ۳ ساعت
جمع شدگی یا افت پلاستیک	۳۰ دقیقه تا ۶ ساعت
انقباض حرارتی در کوتاه مدت	۱ روز تا ۱۴روز
جمع شدگی در اثر خشک شدن در دراز مدت	چند هفته تا چند ماه

انواع ترک خوردگی های بتن

- ترک ناشی از افت پلاستیک
- ترک ناشی از نشست پلاستیک
- ترک ناشی از افت خشک شدگی
- ترک پوست ماری (موزائیکی)
- ترک ناشی از خوردگی و زنگ زدگی میلگرد
- ترک ناشی از واکنش قلیایی دانه ها
- ترک ناشی از سیکل های یخ زدن و ذوب شدن بتن
- ترک ناشی از حملهٔ سولفات
- ترک ناشی از انبساط و انقباض حرارتی زودرس

خوردگی بتن و فرسودگی و تخریب سازه های بتنی

۱- نفوذ نمکها (INGRESS OF SALTS)

۲- اشتباهات طراحی (SPECIFICATION ERRORS)

۳- اشتباهات اجرایی (CON STRUCTION ERRORS)

۴- بارگذاری بیش ازحد OVER LOADING

۵- حملات کلریدی (CHLORIDE ATTACK)

۶- حملات سولفاتی (SULPHATE ATTACK)

۷- حریق (FIRE)

(الف) توانایی بتن در مقابله با گرما و همچنین عمل آب بندی، بدون اینکه ترک، ریختگی و نزول مقاومت حاصل گردد.

(ب) رسانایی بتن (CONDUCTIVITY)

(ج) ظرفیت گرمایی بتن(HEAT CAPACITY)

۸- عمل یخ زدگی (FROST ACTION)

۹- نمکهای ذوب یخ (DE-ICING SALTS)

۱۰- عکس العمل قلیایی سنگدانه ها (ALKALI-AGGREGATE REACTION)

۱۱ کربناسیون (CARBONATION)

- Structural cracksترکهای سازه ای
  - due to incorrect design
  - faulty construction
  - Overloading
- Non Structural cracksترکهای غیر سازه ای
  - Moisture changesتغییرات رطوبتی
  - Thermal movementگرادیان و جابجایی حرارتی
  - Elastic deformationتغییر شکل الاستیک
  - Creepخزش
  - Chemical reaction واکنش شیمیایی

- Foundation movement and settlement of soil نشست خاک و جابجایی فونداسیون
- Vegetation تاثیر پوشش گیاهی

جلوگیری از ترک افت پلاستیکدر بتن Plastic Shrinkage Cracking

۱- کم کردن نسبت آب به سیمان
۲- مرطوب کردن بستر بتن
۳- شروع سریع مراقبت مرطوب
۴- سایه اندازی (Sunshade)
۵- جلوگیری از باد (Wind breaker)
۶- ایجاد مه آب (Fog nozzle)
۷- پوشش با پلاستیک
۸- استفاده از کند کننده های تبخیر و مواد کیورینگ
۹- ماله کشی با تاخیر
۱۰- استفاده از الیاف در بتن

جلوگیری از ترک نشست پلاستیک Plastic Settlement Crack ing

۱- کم کردن نسبت آب به سیمان
۲- ویبرۀ کافی و نفوذ مناسب سوزن ویبره
۳- شروع سریع مراقبت مرطوب
۴- طراحی مستحکم قالب
۵- جلوگیری از تراکم میلگردها
۶- رعایت فاصلۀ زمانی مناسب ریختن بتن در ستون، تیر عمیق، و یا تیر و دال
۷- استفاده از کم ترین اسلامپ ممکن
۸- افزایش پوشش بتن
۹- درز گیری مناسب قالب ۱۰- مالۀ (ویبرۀ) مجدد

جلوگیری از ترک های افت خشک شدگی Drying Shrinkage Cracking

۱- کم کردن نسبت آب به سیمان
۲- مراقبت مرطوب پیوسته (۷ تا ۱۰ روز)
۳- پوشش با پلاستیک جهت حفظ آب و ممانعت از اثر باد
۴- کم کردن خمیر سیمان مصرفی (در حد امکان)
۵- استفاده از دانه های با مدول الاستیسیتۀ بالاتر
۶- استفاده از درزهای انبساط و انقباض با فواصل مناسب

ترک های سطحی پوست ماری (موزائیکی) Crazing of Concrete

ترک های ناشی از پدیدۀ کربناسیون و زنگ زدگی میلگرد

ترک ناشی از واکنش قلیایی دانه ها

ترک ناشی از سیکل های یخ زدن و ذوب شدن بتن

ترک های ناشی از حملهٔ سولفات–Cracking due to Sulfate Attack

ترک ناشی از انبساط و انقباض حرارتی زودرس بتن

Early Thermal Expansion and Contraction

بعضی از عیوب سطحی دیگر در بتن

- تاول یا جوش (Blister)
- پودر شدگی (Dusting)
- گود افتادگی (Low Spots)
- تورق (Delamination)
- شوره زنی (Efflorescence)
- تغییر رنگ (Discoloration)
- پولک اندازی (Scaling)
- بیرون جهیدگی (Pull out)
- تابیدگی (Curling)

عمر مفید سازه های بتن مسلح خصوصاً سازه های دریایی و پلها معمولاً توسط خوردگی آرماتور محدود می شود.خوردگی آرماتور باعث شکل گیری محصولات خوردگی در اطراف آرماتور شده و افزایش حجم این محصولات باعث ایجاد فشار انبساطی در بتن اطراف آرماتور می گردد .این فشار انبساطی موجب ترک خوردگی و پوکیدن پوشش بتنی شده و از بین رفتن پوشش بتنی باعث کاهش مقطع بتن، کاهش مقاومت پیوستگی بتن و آرماتور و همچنین قرار گرفتن آرماتور در معرض عوامل جوی می شود .
بنابراین با متلاشی شدن پوشش بتنی، مقاومت پیوستگی به شدت کاهش یافته و خوردگی افزایش می یابد و عملاً عمر مفید سازه پایان می یابد.همیشه باید تا حدی انتظار ترک خوردگی را در بتن داشت و این مورد در بیشتر مواقع در طراحی سازه و در پارامترهای ضریب ایمنی در نظر گرفته می شود. جزئیات در مشخصات میلگردها باید به دقت کنترل شودتا عرض ترک ها از مقادیر بحرانی تجاوز نکنند. ترک ها تا حدودی مشکل ساز هستند که :

۱-از لحاظ زیبایی غیر قابل قبول باشند.

۲-سبب خروج سازه از حالت آب بندی شوند.

۳-بر دوام سازه اثر بگذارند.

۴-از لحاظ سازه ای اهمیت داشته باشند.

به طورکلی، ترک ها در بتن علل زیادی دارند. ترک ها ممکن است فقط ظاهری باشند یا نشانه ای از یک تنش سازه ای مهم و یا فقدان مقاومت و دوام سازه. ترک ها ممکن است وسعت خرابی رانشان دهند یا نشانه حجم بیشتری از مشکلات باشند . اهمیت آنها بستگی به نوع سازه و نوع ترک خوردگی دارد. انواع ترک هایی که برای سازه های ساختمانی قابل قبول می باشند ممکن است برای سازه های دیوار حائل آبی قابل قبول نباشند. تعمیر مناسب ترک ها بستگی به دانستن علت ترک ها و انتخاب مراحل تعمیر متناسب با این علت ها دارد وگرنه ترک ها ممکن است موقت و زودگذر باشند .ترک ها ممکن است دربتن نرم و خمیری روی دهد و یا در بتن سخت. ترک های بتن نرم به دلیل افت بتن و ترک های ناشی از نشست رخ می دهد و بعد از سخت شدن ترک های جمع شدگی بتن خشک روی می دهد.در انتخاب روش تعمیر ترک علاوه بر توجه به علت و وسعت ترک برداری، باید به وضعیت فعلی ترک ها هم توجه کرد. در غیر این صورت چه بسا روش تعمیری نامناسب و در نتیجه نامؤثر انتخاب شود. انتخاب روش تعمیر نه تنها از علت و وسعت ترک، بلکه از محل و شرایط محیطی حضور ترک نیز تأثیر می پذیرد. به عنوان مثال رفع معایب در شرایط خشکی– تری ، صنعتی و دریایی به مصالح و روش هایی کاملا متفاوت با آنها نیاز دارد که در تعمیر، زیبایی ظاهری به کار می

آیند. همچنین شیوه هایی که متکی بر روش ثقلی هستند اغلب در سطوح افقی موفقیت آمیزند ولی به ندرت در سطوح عمودی کارساز و موفق خواهند بود. باید به امکان وجود رطوبت، آب یا مواد آلوده کننده در درون ترک توجه داشت معمولاً روش های تعمیر ترک باعث ناپدید شدن ترک ها نمی شوند و در جایی که زیبایی اهمیت دارد، ظاهر قابل رؤیت بخش تعمیر شده بایستی ارزیابی شود. استفاده از اندودهای مناسب برای تمام سطح بعد از تمام شدن تعمیر معمولاً ظاهر قابل رؤیت را مناسب خواهد کرد.
از جمله عواملی که موجب خوردگی بتن و فرسودگی و تخریب سازه های بتنی می شود،می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- نفوذ نمکها (INGRESS OF SALTS)

نمکهای ته نشین شده که حاصل تبخیر و یا جریان آبهای دارای املاح می باشند و همچنین نمکهایی که توسط باد در خلل و فرج و ترکها جمع می شوند، هنگام کریستالیزه شدن می توانند فشار مخربی به سازه ها وارد کنند که این عمل علاوه بر تسریع و تشدید زنگ زدگی و خوردگی آرماتورها به واسطه وجود نمکهاست. تر وخشک شدن متناوب نیز می تواند تمرکز نمکها را شدت بخشد زیرا آب دارای املاح، پس از تبخیر، املاح خود را به جا می گذارد.

۲- اشتباهات طراحی (SPECIFICATION ERRORS)

به کارگیری استانداردهای نامناسب و مشخصات فنی غلط در رابطه با انتخاب مواد، روشهای اجرایی و عملکرد خود سازه، می تواند به خرابی بتن منجر شود. به عنوان مثال استفاده از استانداردهای اروپایی و آمریکایی جهت اجرای پروژه هایی در مناطق خلیج فارس، جایی که آب و هوا و مواد و مصالح ساختمانی و مهارت افراد متفاوت با همه این عوامل در شمال اروپا و آمریکاست، باعث می شود تا دوام و پایایی سازه های بتنی در مناطق یاد شده کاهش یافته و در بهره برداری از سازه نیز با مسائل بسیار جدی مواجه گردیم.

۳- اشتباهات اجرایی (CON STRUCTION ERRORS)

کم کاریها، اشتباهات و نقصهایی که به هنگام اجرای پروژه ها رخ می دهد، ممکن است باعث گردد تا آسیبهایی چون پدیدهء لانه زنبوری، حفره های آب انداختگی، جداشدگی، ترکهای جمع شدگی، فضاهای خالی اضافی یا بتن آلوده شده، به وجود آید که همگی آنها به مشکلات جدی می انجامند.این گونه نقصها و اشکالات را می توان زاییدهء کارآئی، درجهء فشردگی، سیستم عمل آوری، آب مخلوط آلوده، سنگدانه های آلوده و استفاده غلط از افزودنیها به صورت فردی و یا گروهی دانست.

۴- حملات کلریدی (CHLORIDE ATTACK)

وجود کلرید آزاد در بتن می تواند به لایهء حفاظتی غیر فعالی که در اطراف آرماتورها قرار دارد، آسیب وارد نموده و آن را از بین ببرد.خوردگی کلریدی آرماتورهایی که درون بتن قرار دارند، یک عمل الکتروشیمیایی است که بنا به خاصیتش، جهت انجام این فرآیند، غلظت مورد نیاز یون کلرید، نواحی آندی و کاتدی، وجود الکترولیت و رسیدن اکسیژن به مناطق کاتدی در سل (CELL)خوردگی را فراهم می کند.گفته می شود که خوردگی کلریدی وقتی حاصل می شود که مقدار کلرید موجود در بتن بیش از ۰/۶ کیلوگرم در هر متر مکعب بتن باشد. ولی این مقدار به کیفیت بتن نیز بستگی دارد.خوردگی آبله رویی حاصل از کلرید می تواند موضعی و عمیق باشد که این عمل در صورت وجود یک سطح بسیار کوچک آندی و یک سطح بسیار وسیع کاتدی به وقوع می پیوندد که خوردگی آن نیز با شدت بسیار صورت می گیرد. از جمله مشخصات (FEATURES) خوردگی کلریدی، می توان موارد زیر را نام برد:(الف) هنگامی که کلرید در مراحل میانی ترکیبات (عمل و عکس العمل) شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته ولی در انتها کلرید مصرف نشده باشد.(ب) هنگامی که تشکیل همزمان اسید هیدروکلریک، درجه PH مناطق خورده شده را پایین بیاورد. وجود کلریدها هم می تواند به علت استفاده از افزودنیهای کلرید باشد و هم می تواند ناشی از نفوذیابی کلرید از هوای اطراف باشد.فرض بر این است که مقدار نفوذ یونهای کلریدی تابعیت از قانون نفوذ FICK دارد. ولی علاوه بر انتشار (DIFFUSION) به نفوذ (PENETRATION) کلرید احتمال دارد به خاطر مکش موئینه (CAPILLARY SUCTION) نیز انجام پذیرد.

۵- حملات سولفاتی (SULPHATE ATTACK)

محلول نمکهای سولفاتی از قبیل سولفاتهای سدیم و منیزیم به دو طریق می توانند بتن را مورد حمله و تخریب قرار دهند. در طریق اول یون سولفات ممکن است آلومینات سیمان را مورد حمله قرار داده و ضمن ترکیب، نمکهای دوتایی از قبیل:THAUMASITE و ETTRINGITEتولید نماید که در آب محلول می باشند. وجود این گونه نمکها در حضور هیدروکسید کلسیم، طبیعت کلوئیدی(COLLOIDAL) داشته که می تواند منبسط شده و با ازدیاد حجم، تخریب بتن را باعث گردد. طریق دومی که محلولهای سولفاتی قادر به آسیب رسانی به بتن هستند عبارتست از: تبدیل هیدروکسید کلسیم به نمکهای محلول در آب مانند گچ (GYPSUM) و میرابلیت MIRABILITE که باعث تجزیه و نرم شدن سطوح بتن می شود و عمل LEACHING یا خلل و فرج دار شدن بتن به واسطه یک مایع حلال، به وقوع می پیوند.

۶- حریق (FIRE)

سه عامل اصلی وجود دارد که می توانند مقاومت بتن را در مقابل حرارت بالا تعیین کنند. این عوامل عبارتند از:

(الف) توانایی بتن در مقابله با گرما و همچنین عمل آب بندی، بدون اینکه ترک، ریختگی و نزول مقاومت حاصل گردد.

(ب) رسانایی بتن (CONDUCTIVITY)

(ج) ظرفیت گرمایی بتن(HEAT CAPACITY)

باید توجه داشت دو مکانیزم کاملاً متضاد انبساط (EXPANSION) و جمع شدگی مسؤول خرابی بتن در مقابل حرارت می باشند. در حالی که سیمان خالص به محض قرار گرفتن در مجاورت حرارتهای بالا، انبساط حجم پیدا می کند، بتن در همین شرایط یعنی در معرض حرارتهای (دمای) بالا، تمایل به جمع شدگی و انقباض نشان می دهد. چون حرارت باعث از دست دادن آب بتن می گردد، نهایتاً اینکه مقدار انقباض در نتیجه عمل خشک شدن از مقدار انبساط فراتر رفته و باعث می شود جمع شدگی حاصل شود و به دنبال آن ترک خوردگی و ریختگی بتن به وجود می آید .به علاوه در درجه حرارت ۴۰۰ درجه سانتی گراد، هیدروکسید کلسیم آزاد بتن که در سیمان پر تلند هیدراته شده موجود است، آب خود را از دست داده و تشکیل اکسید کلسیم می دهد. سپس خنک شدن مجدد و در معرض رطوبت قرار گرفتن باعث می شود، تا از نو عمل هیدراته شدن حاصل شود که این عمل به علت انبساط حجمی موجب بروز تنشهای مخرب می گردد. هچنین انبساط و انقباض نا هماهنگ و متمایز (DIFFERENTIAL EXPANSION AND CONTRACTION)مواد تشکیل دهنده بتن مسلح مانند آرماتور، شن، ماسه و ... می توانند در ازدیاد تنشهای تخریبی نقش مؤثری داشته باشند.

۷- عمل یخ زدگی (FROST ACTION)

برای بتنهای خیس، عمل یخ زدگی یک عامل تخریب می باشد، چون آب به هنگام یخ زدن ازدیاد حجم پیدا کرده و باعث تولید تنشهای مخرب درونی شده و لذا بتن ترک می خورد. ترکها و درزهائیی که نتیجه یخ زدگی و ذوب متناوب می باشند، باعث می گردند سطح بتن به صورت پولکی درآمده و بر اثر فرسایش، خرابی عمق بیشتری یابد بنابراین عمل یخ ز دگی بتن و میزان تخریب حاصله، بستگی به درجه تخلخل و نفوذپذیری بتن دارد که این موضوع علاوه بر تأثیر ترکها و درزهاست.

۸- نمکهای ذوب یخ (DE-ICING SALTS)

اگر برای ذوب نمودن یخ بتن، از نمکهای ذوب یخ استفاده شود، علاوه بر خرابیهای حاصله از یخ زدگی، ممکن است همین نمکها نیز باعث خرابی سطحی بتن گردند. چون باور آن است که خرابیهای حاصل از نمکهای ذوب یخ، در نتیجه یک عمل فیزیکی به وقوع می پیوندد، غلظت نمکها، موجود بودن آبی که قابلیت یخ زدگی داشته باشد و در کل فشارهای هیدرولیکی و غشایی (OSMOTIC) نقش بسیار مهمی در دامنه و وسعت خرابیها ایفا می کنند.

۹- عکس العمل قلیایی سنگدانه ها (ALKALI-AGGREGATE REACTION)

در این قسمت می توان از واکنشهای "قلیایی- سیلیکا" و "قلیایی- کربناتها" نام برد.

عکس العمل قلیایی – سیلیکا(ALKALI-SILICA) عبارتست از: ژلی که از عکس العمل بین هیدروکسید پتاسیم و سیلیکای واکنش پذیر موجود در سنگدانه حاصل می شود. بر اثر جذب آب، این ژل انبساط پیدا کرده و با ایجاد تنشهایی منجر به تشکیل

ترکهای درونی در بتن می شود. واکنش قلیایی –کربنات، بین قلیاهای موجود در سیمان و گروه مشخصی از سنگهای آهکی (DOLOMITIC) که در شرایط مرطوب قرار می گیرند، به وقوع می پیوندد. در اینجا نیز انبساط حاصله باعث می شود تا ترکهایی ایجاد شود یا در مقاطع باریک خمیدگیهایی به وجود آید.

۱۰- کربناسیون (CARBONATION)

گاه لایه حفاظتی که در مجاورت آرماتور داخل بتن موجود است، در صورت کاهش PH بتن اطراف، به کلی آسیب دیده و از بین می رود. بنابراین نفوذ دی اکسید کربن از هوا، عکس العملی را با بتن آلکالین ایجاد می نماید که حاصل آن کربنات خواهد بود و در نتیجه درجه PH بتن کاهش می یابد. همچنان که این عمل از سطح بتن شروع شده و به داخل بتن پیشروی می نماید؛ آرماتور بتن تحت تأثیر این عمل دچار خوردگی می گردد. علاوه بر خوردگی، دی اکسید کربن و بعضی اسیدهای موجود در آب دریا می توانند هیدروکسید کلسیم را در خود حل کرده و باعث فرسایش سطح بتن گردند.

۱۱- علل دیگر (OTHER CAUSES)

علل بسیار دیگری نیز باعث آسیب دیدگی و خرابی بتن می شوند که در سالهای اخیر شناسایی شده اند. بعضی از این عوامل دارای مشخصات خاصی بوده و کاربرد بسیار موضعی دارند. مانند تأثیر مخرب چربیها بر کف بتن کشتارگاهها، مواد اولیه در کارخانه ها و کارگاههای تولیدی، آسیب حاصله از عوارض مخرب فاضلابها و مورد استفاده قرار دادن سازه هایی که برای منظورها و مقاصد دیگری ساخته شده باشند، نه آنچه که مورد بهره برداری است. مانند تبدیل ساختمان معمولی به سردخانه، محل شستشو، انباری، آشپزخانه، کتابخانه و غیره. با این همه اکثر آنها را می توان در گروههای ذیل طبقه بندی نمود:

(الف) ضربات و بارهای وارده (ناگهانی و غیره) در صورتی که موقع طراحی سازه برای این گونه بارگذاریها پیش بینیهای لازم صورت نگرفته باشد.

(ب) اثرات جوی و محیطی

(پ) اثرات نامطلوب مواد شیمیایی مخرب

ترک های سازه ای و معایب آن

در این اسلاید به بررسی انواع ترک در سازه های بتنی،آجری و ترک در جوش سازه های فولادی پرداخته می شود.

ترک می تواند در اثر عوامل مختلفی از جمله زوال بتن یا خوردگی در اثر ساخت نادرست یا انتخاب نامناسب مصالح اصلی،اثر دما و جمع شدگی،نشست تکیه گاهی،حوادث طبیعی و ... باشد.

ترک های سازه ای در عضوهایی مثل تیر،ستون ودال دیده می شود.ترک های موجی در تیر ها در نقاط با ممان ماکزیمم رخ می دهد که توانایی مقطع در تحمل ممان پایین است وآرماتورگذاری کافی وجود ندارد.

انواع ترک ها:

ترک خمشی : هنگامی رخ می دهد که مقاومت خمشی مقطع پایین بوده و تار کششی بیشترین عرض را داشته و به سمت تارهای دیگر همگرا شده ومی تواند به تنهایی یا گروهی اتفاق بیفتد. این ترک در سلامت سازه تاثیر گذاشته وسریعا باید بررسی شود.

ترک برشی : زمانی رخ می دهد که مقاومت برشی مقطع پایین بوده و در ناحیه با برش ماکزیمم که بیش ترین عرض در میانه عمق وجود دارد، رخ می دهد وبه سمت بالا و پایین گسترش یافته و به تنهایی یا گروهی اتفاق افتاده و تاثیر زیادی در سلامتی سازه داشته و باید رسیدگی شود.

ترک پیچشی : در مقطع با مقاومت پیچشی پایین که عرض یکنواختی دارد اتفاق افتاده و در فرم مارپیچ و به تنهایی رخ می دهد.

ترک های مربوط به لغزش اتصالات میلگردها : به دلیل انقطاع سریع میلگردها زمانی که مرز کافی در اتصالات وجود ندارد،اتفاق می افتد.

گسترش ترک در طول تیر : به دلیل نبود تکنیک کافی حین ساخت ومشکل در قالب بندی اتفاق می افتد.

ترک کششی : به دلیل نبود آرماتوربندی کافی در مقطع تحت کشش و پایین بودن کیفیت بتن اتفاق می افتد.

ترک ستون : ترک های افقی به دلیل خوردگی آرماتورها و عدم طراحی مقطع ستون برای خمش اتفاق می افتد.ترک های اریب به دلیل درنظر نگرفتن نیروهای جانبی و پایین بودن مقاومت در تحمل بار محوری بوجود می آیند.

ترک های خوردگی : به دلیل خوردگی آرماتورها ، عدم پوشش کافی وکیفیت پایین بتن اتفاق می افتد.

ترک های خمشی در دال : به دلیل نقص در طراحی تحت بارگذاری، اضافه بار در مقطع وکیفیت پایین بتن اتفاق می افتد.

ترک های بالای خمشی در دال : به دلیل توزیع ناکافی میلگردها و عدم امتداد کامل میلگرد اصلی اتفاق می افتد.

ترک های جمع شدگی در دال طره ای : به دلیل نسبت آب به سیمان بالا در بتن ،عمل آوری نامناسب و عدم مهار در گوشه ها اتفاق می افتد.

ترک در اثر نشست پی

ترک در سازه های آجری

دیده شدن ترک در امتداد آجر یا ملات آن نشانه ای از وجود جابجایی هایی در سازه است. از جمله دلایل این نوع ترک ها می توان به جابجایی خاک،ریشه درختان در خاک،بارگذاری سازه ای،حمله شیمیایی سولفات ها،تغییرات فیزیکی از جمله دما و رطوبت اشاره کرد.همچنین این نوع ترک ها می توانند در اثر جابجایی غیریکنواخت بین انواع آجرها ومصالح محصور بوجود بیایند.ترکیب مصالح بتنی یا سنگ با آجرهای رسی هم می تواند مشکل زا باشد مگر درحالتی که این تغییرمکان غیریکنواخت پیش بینی و راهکار آن درنظرگرفته شده باشد. وجود باد و باران هم می تواند موجب نفوذ زیاد آب در ترک های گسترده ملات شده ومشکل زا باشد.

عدم تامین کافی مفصل برشی احتمالا رایج ترین دلیل ترک در دیوار گودال ها ست.

افزودن آهک به ملات درجه ای از الاسیسیته را ایجاد می کند که می تواند تغییرمکان اجتناب ناپذیر را با کمترین شکست در مفصل ها کنترل کند.

ترک در سطح آجر به رس و فرآیند تولید آن وابسته است. شکل نهایی آجر رسی به طور گسترده ای متغیر است. برخی محصولات ترک هایی با درجه تغییرات زیاد را که بعنوان یک خصوصیت اصلی است را شامل می شوند.

در طول ساخت آجرهای با میزان عیوب قابل توجه بایستی توسط سازنده مورد بازرسی قرار گیرد و در صورت لزوم کنار گذاشته شود.

وجود چنین ترک هایی برای عملکرد آجر چندان مضر نیست. این ترک ها نباید از نظر سایز بزرگ شوند و همچنین نباید دوام آجر را مورد تهدید قرار دهد. انجام هرگونه عملی جهت بهبود شرایط به شدت نامانوس بوده و به طور معمول عمل درمانی به وسیله ی پر کردن شکاف به وسیله ی ترکیبات سیمانی یا رزین طبیعی که به وسیله ی ترکیب با ماسه سعی می شود حالتی مثل آجر را ایجاد کند, انجام می شود.

ترک در سازه های جوشی

عیوب مختلف جوش نقص و ناپیوستگی را شامل می شود که در عملیات جوش کاری به وجود می آیند. از جمله دلایل رخ دادن آنها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

تخلخل زیاد؛

نفوذ ناقص؛

باقی ماندن گل جوش؛

ذوب ناقص؛

عدم رعایت رواداری ها؛

برش زیرین؛

پروفیل جوش و...

عیوب جوش آنگاه که اجزای جوش تحت خستگی ناشی از بارهای دوره ای قرار می گیرند، بر میدان تنش های حومه جوش تاثیر منفی می گذارد.
یکی از بزرگترین معضلات سازه های فولادی جوشی، ترک سرد یا ترک هیدروژنی است، که با شکست زود هنگام مرتبط بوده و موجب شکست ترد می شود.
این خرابی ها به یکی از دلایل زیر رخ می دهد:
حضور هیدروژن در اتصال جوشی از طریق مولکول های مواد آلی؛
وجود رطوبت؛
وجود تنش های پسماند و کشش انقباضی و تردی اتصال.
راه های جلوگیری از این خرابی ها:
پیش گرمایش اعضای اتصال؛
کاهش تمرکز تنش از طریق پیوستگی هر چه بهتر خط جوش؛
انتخاب محل مناسب جهت جوش دادن اتصال؛
استفاده از مواد اولیه فاقد هیدروژن جهت جوشکاری؛
انتخاب شیوه ی مناسب جهت جوشکاری و دستگاه های مرتبط.
اصولا تعمیر صحیح ترک ها به دانستن علت وقوع و همچنین انتخاب روش درخور آن بستگی دارد، در غیر اینصورت تعمیرات ممکن است بصورت موقت باشند. لذا برای یک تعمیر موفق و همیشگی بایستی از عدم پیشروی علل ترک خوردگی کسب اطمینان نمود چراکه ممکن است پس از تعمیری بدون اعمال اصلاحات لازم مجددا عضو در ناحیه های دیگری از بتن دچارترک خوردگی شود. بنابراین رفع علل ترک خوردگی برای مواجه نشدن با ترمیم موقت الزامی است. برخی روش های رایجکه برای تعمیر و اصلاح ترک ها در اعضاء بتنی بکار گرفته می شوند عبارتند از :
- تزریق رزین اپوکسی.
- مسیر یابی و آب بندی ترک.
- بخیه زدن.
- افزدون میلگرد محاسباتی.
- حفاری و اتصال.
- خورانش ثقلی.
- پر کردن با گروت.

مدیریت حفاظت و تعمیرات بتن

علیرغم اینکه مدت نسبتا زیادی از پیدایش بتن نمی گذرد) حدود 125 سال (شناخت علل فساد در پروسه تحقیقات میدانی و جلوگیری از بروز آن ، مقاومت زیاد ، استحکام و شکل پذیری بتن استفاده از این مات‌ریال را با استقبال روز افزونی مواجه ساخته است، فساد پذیری سازه های بتونی که کاهش دوام سازه ای را به همراه دارد شباهت خوردگی بتن) بروز فعل و انفعالاتی که تخریب زودرس بتن را بنامیم که بر اثر Concrete Cancer بهمراه دارد (با بیماری مهلک سرطان باعث شده آنرا سرطان بتن واکنش های شیمیایی / الکتروشیمیایی فولاد درون سازه بتونی رخ داده و سبب افزایش فشار درون بتن و نهایتا "فرایند تخریب بتن می شود .مدیریت حفاظت بتن در بر گیرنده تمامی موارد فنی و اجرائی در حد جزئیات است که طرح ، اجرا و بهره برداری از سازه های بتنی را در بر می گیرد.

اجزای تشکیل دهنده مدیریت حفاظت بتن

الف – تأمین سرمای‌ه ب -تأمنین دانش فنی و نیروی انسانی متخصص پ -شناخت مصالح و مواد اولی‌ه ج -شناخت عوامل فساد بتن چ – شناخت اقلیم و عوامل محیطی ح -ت‌ه‌ی‌ه مصالح و مواد مناسب و نگ‌ه‌داری آن‌ها در شرایط خوب و استاندارد د -تحقیقات :خود شامل دو جزء است ک‌ه ب‌ه‌ین‌ه سازی و جایگزینی مواد جدید مقاوم در برابر عوامل فساد بتن و پیدا کردن روش‌های جدید مبارزه با فساد بتن را شامل می شود ر -طرح اختلاط بتن

ل -تولید، اجرا و عمل آوری ن -نگ‌ه‌داری

مدیریت حفاظت بتن با ه‌دف تقلیل ضایعات و جلوگیری از بروز واکنش‌های منفی درون سازه های بتونی دستورالعمل هایی را در بر دارد ک‌ه می توان نوعا "آن را ب‌ه سازه های دیگر اعم از فلزی ، خاکی و .....تعمیم داد.

عوامل فساد بتن

1- -نمک‌ها ؛ -2 اسیدها ؛ -3 گازهایی نظیر گاز کربنیک ؛ -4 پوشش نا کافی بتن بر روی فولاد ؛5 کیفیت پایین عمل آوری بتن ؛ -6 بار اضافی ؛ -7 آب و رطوبت ؛ -8 فرآیند یخبندان ؛ -9 خوردگی 10-باکتری های اکسید کننده گوگرد ؛ (SRB) میکروبی

تعریف خوردگی

-واکنش بین فلزات و محیط اطراف آن

-فساد یا ان‌ه‌دام مواد در واکنش‌های شیمیایی یا الکتروشیمیایی با محیط اطراف

-تخریب یا فساد حاصل‌ه از مواد ب‌ه ه‌ر علتی بجز عوامل مکانیکی

انواع خوردگی

5-بین دان‌ه ای Pitting حفره ای 3- Crevice- شیاری 2- Galvanic 4 گالوانیک یا مجاورتی 1- Uniform یکنواخت 8- Frettingفرسایشی 7- Erosion Corrosion سایشی 6- Selective leaching جدایش انتخابی inter granular

11- Hydrogen Damageصدمات ه‌یدروژنی 10- Fatigue خستگی 9- Stress تنشی

عوامل مؤثر درآسیب بتن مسلح درمحیط های خورنده

1-استفاده نادرست ازسازه) بارگذاری بیش ازحد، ضرب‌ه، خستگی(

2-سایش و فرسایش) کف ها، زیرسازی ها، موج گیری ها(

3-اثرات محیطی) حرارت، رطوبت، کربناسیون(

4-مواد اولی‌ه ناسازگار) مصالح سنگی قابل انقباض، ساختار مرکب(

5-شست‌ه شدن) حل شدن با جاری خنثی یا قلیایی(

6-حمل‌ه مواد شیمیایی) سولفات ها، اسیدها، اسیدهای آلی،(...

7واکنش قلیایی سنگدان‌ه

8-خوردگی فولاد

راههای مقابل‌ه با خوردگی

روش‌های الکتریکی

ب‌ه منظور جلوگیری از خوردگی بتن در اثر آلودگی یون کلر ب‌ه روش محافظت الکتروشیمیایی)محافظت کاندی(

انجتام می گیرد،هرسیستم حفاظت کاتدی 2 آند دارد)آند اولیه وآند ثانویه (دارد و قطب مثبت مولد به آند و قطب منفی آن به
کاتد یا بتن مسلح متصل شده ومقدار کمی جریان مستقیم ، جریان الکترولیت را به آرماتور القا کرده و کاتد شدن آرماتور را در مجاورت آند فراهم می سازد.آند اکسایشی از جنس روی،منیزیم،آلومینیم یا فولادبا ازبین بردن خود در شرایط نامساعد از فولاد بتن محافظت می کنند .سیستم آند پوشیده شده از پسماند زغال سنگ،آند شکافدار،آندپلیمر رسانا،آندپلیمر اکسایشی و آند از جنس آلیاژ تزریقی

روش‌های پیشگیری سرطان بتن

عامل سرطان بتن قلیایی ها ، رسوبت وسیلیس فعال می باشندو علائم آن ایجاد ترک‌های پوست سوسماری، نفوذ کلروهوردگی میلگرد، یخ زدگی و ذوب شدن وواکنش‌های همراه با افزایش حجم بتن می باشد.

روش‌های شناسایی سرطان بتن

-سنگ شناسی-شیمیایی-منشور ملاتی-منشور بتنی-ریاضی-روش محاسباتی وشبیه سازی کامپیوتری
1-کنار گذاشتن سنگدان‌ه بیمار-2 کاهش قلیایی سیمان-3 استفاده از مواد جایگزین مثل سیمان پوزولانی، میکروسیلیس، خاکستر بادی وسرباره -4 استفاده از کرنش سنج برای بدست آوردن تورم سطح بتن

و ژئوسنتیتک‌ها FRP استفاده از میلگردها و پوشش‌های کامپوزیت چون

پوشش آرماتور با رزین اپوکسی

استفاده از بتن پلیمری و پوش‌های صنعتی

FRPعیوب

1- -تردبودن -2 عدم قابلیت خم کردن) درنوع میله ای و ضخامت‌های ورق زیاد -3 مقاومت کم در مقابل آتش سوزی4 جداشدگی زود رس

عوامل موثر بر مقاومت فشاری

-نوع نمونه – اندازه نمونه– سرعت بازگذاری – نوع سیمان – نسبت - خصوصیات مصالح سنگی -تاریخچه زمان،حرارت و مراقبت از بتن

عوامل موثر بر منحنی تنش،کرنش بتن

-مقاومت فشاری بتن،سرعت بازگذاری،محصور شدگی

افزایش مقاومت ضربه ای بتن

-کاهش اندازه بزرگترین دانه ها – استفاده از دانه ها با مدول الاستیسیته کمتر – استفاده از دانه های گوشه دارتر و سطوح
ناصاف تر

خصوصیات فیزیکی بتن

-انقباض یا جمع شدگی – افت خودگیری – افت خشک شدگی-افت کربناسیون -خزش و آسودگی بتن

عوامل موثر در کنترل خزش)تغییر کرنش تحت تنش ثابت در طول زمان(

-کاهش نسبت آب به سیمان-مراقبت از رطوبت در دو هفته اول-افزایش مقاومت فشاری -کاهش تنش‌های وارد بر نمونه– وجود آرماتورمنفی -گذشت عمر بتن
آسودگی بتن) تغییر تنش بتن تحت کرنش ثابت در طول زمان(

Concrete Repairمراحل تعمیر بتن

3- -تعمیر ترک‌ها 4- استفاده از اپوکسی ها 2- Repair Products 5 ترمیم بتن 1- Concrete Replacement تعویض بتن
7- Alkaliتخریب قلیایی انبساط 6- Slippery Concrete بتن لغزنده Preparation of repair area آماده سازی سطح
8- Repair Product Cautionاحتیاط در محصول ترمیمExpansion Deterioration
Remedial actionعملیات ترمیمی بتن
surface Preparationآماده سازی سطوح ·
Acid etchingتمیز نمودن با اسید و شستشو با آن ·
Wire brushingبرس زدن ·
Crack Hammeringچکش زدن ·
Sand of Grit Blastingسند بلاست و ساچم‌ه پاشی ·
واترجت) آب تحت فشار (با مواد شانده و بدون آن ·
Water jetting with or without abrasive
در تعمیر بتنی ک‌ه در اثر خوردگی تخریب شده است، باید اصول خاصی رعایت گردد .برای این منظور باید ب‌ه نظارت زیر توج‌ه
گردد:
1-کنترل وسعت خرابی با بررسی‌های نظری کارگاهی و انجام آزمایش‌های ساده
2-تعیین وسایل تخریب و روش کار
3-تعیین محدوده خرابی و شیار زنی برای مشخص کردن محدوده
4-هندس‌ه تخریب
5-عمق تخریب
6-بررسی میلگرد‌ها و تصمیم گیری در مورد گسترش تخریب
7-زنگ زدائی و اصلاح میلگرد‌ها و تقویت و جایگزینی میلگرد‌ها
8-آماده سازی سطح بتن و میلگرد‌ها و اعمال پوشش های لازم ، اشباع کردن و. . .
9-مواد تعمیری و کاربرد آن‌ها
10 -روش‌های تعمیر و بکار گیری آن‌ها
Repair Techniquesطرق مختلف ترمیم
1. Crack injectionتزریق ترک‌ها
2. Jacketingقنداق کردن
3. Preplaced aggregate concreteبتن با سنگدان‌ه و بتن پیش آکنده
4. Thin or Regular Resurfacingلای‌ه های سطحی
5. Shot cretingبتن پاشی
6. Stitchingبخی‌ه زنی
7. stressingتنیدن

8. Caulkingدرزگیری

کنترل و جلوگیری از نشست و تراوش در سازه های مهم (Caulking) هدف از تزریق، تحکیم، نفوذ ناپذیری، آب بندی ، درزگیری
و بزرگ از جمله سد ها می باشد.

9. Coatingپوشش

10. مرمت قسمت‌های خراب شده با استفاده از مواد شکل پذیر

11. Vacuum impregnationباروری توسط خلأ

12. Dump Bucket methodروش سطلی

13. Hopper methodروش قیفی

14. pump methodروش پمپ

15. bagged methodروش کیسه ای

شتمل 3 مرحله– مراقبت-محافظت -پروراندن می باشد Curing .عمل آوری بتن

هدف از تزریق

- تقویت پی در زیر سازه ها جهت جلوگیری از حرکت و جابجائی های اضافی .
- به منظور دستیابی به یک سیستم آب بند در زیر یا اطراف یک سازه .
- تراکم تشکیلات خاکی پی سازه ها جهت افزایش مقاومت برشی آن‌ها .
- برای مهار فشار برخاست بر سازه .

روش‌های تزریق:

- تزریق با فشار متوسط بدون خراب کردن پی یا تزریق نفوذی
- تزریق با فشار زیاد با شکستن بیشتر شکاف‌ها یا تزریق جابجائی
- تزریق تراکمی

پر نمودن فضاهای خالی و جلوگیری از نشست بیش از اندازه تشکیلات

نظارت بتن تخریب شده بر اثر خوردگی

- کنترل وسعت خرابی با بررسی‌های نظری کارگاهی و انجام آزمایش‌های ساده
- تعیین وسایل تخریب و روش کار
- تعیین محدوده خرابی و شیار زنی برای مشخص کردن محدوده
- هندسه تخریب
- عمق تخریب
- بررسی میلگردها و تصمیم گیری در مورد گسترش تخریب
- زنگ زدائی و اصلاح میلگردها و تقویت و جایگزینی میلگردها
- آماده سازی سطح بتن و میلگردها و اعمال پوشش های لازم ، اشباع کردن و . . .
- مواد تعمیری و کاربرد آن‌ها

روش‌های تعمیر و بکار گیری آن‌ها ·

انواع مواد تعمیری بصورت جایگزین بتن تخریب شده عبارتند از:

الف - بتن یا ملات سیمانی

ب - بتن یا ملات سیمانی اصلاح شده با پلیمر

ج – مواد پلیمری) که در این حالت اقتصادی و فنی نیست(

درزگیرهای نفوذی

4-سیستم‌های تزریق 1- Anti Corrosive سیستم آب بندی -2 سیستم‌های چسباندن و پیوند فولاد و بتن-3 سیستم‌های ضد خوردگی

7-سیستم‌های اندود و یا 6- Anti Skid سیستم‌های ضد لغزش سطح mortar-Patch بتن -5 سیستم‌های وصله کردن ملات

10- Latex and acrylicلاتکس و ملات‌های سیمانی اصلاح شده 9- Primer آستر Sealer روکش و رنگ کردن-8 ماده درز گیر

11- Grinding and mud Jackingسنگ زنی وبالا بردن تزریق گلmodified cement mortars

15- Cavitationsحفره زایی 14- Honey Combing کرموشدگی 13- Dusting پودرشدگی 12- Pop outs بیرون پریدگی ها

16- Cold Jointsسطوح جدایی

Removing Concrete Stainsرفع لکه های بتنی

Treatment Forطرزعمل برای لکه های بتنی 1- Stains Versus Discoloration- لکه ها در مقابل رنگ پریدگی2

3- Discolorationطرز عمل شیمیایی اسیدی و غیر اسیدی-4 طرز عمل برای رنگ پریدگیConcrete Stains Treatment for

5- Grease and Oil Stains and epoxyخمیرهای جاذب برای لکه های غیر نفوذی-6 لکه های اپوکسی،گریس و روغن

8- Asphalt ,Tars and Pitchesلکه های آسفالت ، قطران و قیرها 7- Rust & Paint Stains لکه های زنگ ورنگ

10- Lubricating and petroleum oilsروغن موتور و روغم‌های نفتی 9- Moss خزه گرفتگی

عوامل ایجاد صدمه در بتن

1-استفاده نادرست از سازه) بارگذاری بیش از حد خستگی-2 (سایش و فرسایش -3 یخ زدگی و ذوب یخ) طیف حرارتی، وضعیت رطوبت-4 (اثر محیطی) حرارت،رطوبت و کربناسیون-5 (مواد اولیه ناسازگار)مصالح سنگی قابل انقباض، ساختمان مرکب-6 (شسته شدن) حل شدن با آب جاری خنثی یا قلیایی -7 (حمله شیمیایی) سولفات‌ها،اسیدها و اسیدهای آلی(

8-واکنش قلیایی،مصالح سنگی)مکیدن آب -9 (خوردگی فولاد) تورم و متلاشی شدن(

مکانیزم خوردگی سیمان سخت شده بوسیله آب

1-بعضی از ترکیبات سیمان سخت شده در آب حل و شسته می شوند-2 بعضی از ترکیبات سیمان سخت شده با املاح موجود در آب وارد واکنش‌های جابجایی می شوند-3 نمک‌های حاصل از واکنش املاح آب یا اجزای سیمان سخت

شده،کریسنالیزه شده و افزایش حجم پیدا می کند که سبب ترکیدن بتن می گردد-4 ممکن است آب داخل خلل و فرج یخ زده
وسبب شکستن و متلاشی شدن بتن گردد

واکنش مصالح سنگی با قلیایی ها

1- -جنس مواد فعال -2 مقدار مواد فعال-3 اندازه دانه های فعال -4 مقدار قلیایی موجود درسیمان -5 مقدار آب موجود6 قابلیت نفوذ خمیر سفت شده سیمان

آسیب دیدگی بیولوژیکی: تأثیر مواد آلی، گوگردی،جلبک‌ها،باکتری‌های ناشی از فاضلاب‌های خانگی و سنعتی،خزه،ریشه گیاهان ودرختان و گلسنگ بر بتن می باشد و به دلایل -1 فعال شدن بتن با آنیون‌های شدید خورنده-2 خنثی شدن محیط اطراف آرماتور-3 سرعت واکنش در محل خورندگی -4 تبادل مواد واکنش دهنده روی می دهد

Blended Cementsاستفاده ازسیمان‌های آمیخته و جدید

مزایا

-افزایش قابلیت تولید
-صرفه جویی در مصرف انرژی و مواد خام
-افزایش بازده به دنبال آن صرفه جویی در نیروی انسانی
-افزایش تنوع تولید
-استفاده از ضایغات صنایع دیگر
-ارائه فرصت و امکان افزایش سریع و کم خرج ظرفیت تولید سیمان
-کاهش یا حذف سرمایه گذاری برای بخش تولیدکلینکر که در نتیجه هزینه های ثابت پایین خواهد بود
-کاهش میزان انرژی للکتریکی وحرارتی مصرفی
-کاهش میزان آلایندگی محیط زیست
-تحکیم بخشیدن یه سازه های بتنی چون افزایش دوام و پایایی مطلوب

خواص ویژه

-کارپذیری بیشتر
-گرمازایی کمتر بهنگام بتن ریزی‌های حجیم
-آب بندی بیشتر
-مقاومت بیشتر در مقابل تهاچم سولفات‌ها و واکنش های قلیایی با سنگدانه ها
-مقاومت نهایی بالا

انواع سیمان‌های جدید و آمیخته

1- Pozzolanic Cementsسیمان‌های پوزولانی
2- Portland Limestone Cementسیمان پرتلند سنگ آهکی
3-) Slag Cementsسیمان‌های روباره)سرباره
4- Silica fume Portland Cementسیمان پرتلند میکروسیلیس
5- Masonry Cementsسیمان‌های بنایی
6- High Strength Cementسیمان با مقاومت بالا
7- Road Portland Cementسیمان راهسازی

8- Hydrophobic Portland Cementسیمان هیدروفوب

9- Oil Well Cementsسیمان‌های چاه نفت

-محدود کردن جابجایی

-نگ‌هداری لول‌ه جداره ای

10- Expansive Cementsسیمان‌های انبساطی

11- Geo polymer Cementsسیمان‌های ژئوپلیمری

12-سیمان‌های زودگیر با مقاومت اولی‌ه بالا

Fast-setting Cements with high primary strength

چون – سیمان پرتلند نوع- 3 سیمان جت– سیمان‌های کلسیم آل

میکروسیلیس یا دوده سیلیسی که به عنوان ماده پرکننده ی اجزای تشکیل دهنده ی بتن عمل میکند، ماده ی سیلیسی ریزی است که ذرات آن ۵۰ تا ۱۰۰ برابر از ذرات سیمان کوچکتر بوده و باعث چسبندگی ذرات بین سیمان می شود. همچنین این ماده چسبندگی بین سیمان و سنگدانه را تا حد قابل قبولی افزایش می دهد. میکروسیلیس ماده ای بسیار نرم و به شکل پودر می باشد و حاوی مواد غیربلوری با قطرهای بین ۰,۲ تا ۰,۵ میکرون است. میزان سیلیس در این ماده معمولاً مقداری بین ۸۵ تا ۹۸ درصد است که میزان دقیق آن بستگی به نوع محصول کوره و کارخانه ی سیلیس دارد. در کوره هایی که مجهز به سیستم بازیابی حرارتی می باشند اگر دمای گاز خروجی حدود ۸۰۰ درجه سانتیگراد باشد، آنگاه میکروسیلیس یا دوده سیلیسی حاصل دارای رنگ روشن است. در صورتی که دمای گاز خروجی حدود ۲۰۰ درجه سانتیگراد باشد مقداری کربن سوخته در آن باقی می ماند و در نتیجه سیلیس خاکستری رنگ تولید می شود . مقاومت بتن معمولا مهمترین معیار برای ارزیابی کیفیت بتن به کار برده می شود. افزایش مقاومت به مرور زمان بر اساس تداوم آبگیری سیمان وکاهش درصد تخلخل و فضای خالی بین مواد متشکله در مرحله ایجاد چسبندگی می باشد.میکروسیلیس موجود در بتن که یک ماده ی پوزولانی محسوب می شود، با هیدروکسیدکلسیم ناشی از هیدراتاسیون سیمان ترکیب شده و ترکیبی ژل مانند می سازد. این ترکیب، عامل اصلی افزایش مقاومت و کاهش تخلخل ذرات تشکیل دهنده بتن می باشد. کریستال های بزرگ هیدروکسیدکلسیم در فصل مشترک سنگدانه و خمیر، مانع افزایش مقاومت می شود که میکروسیلیس تحت واکنش پوزولانی با هیدروکسید کلسیم آن را به اجزاء مقاومی به نام سیلیکات کلسیم هیدراته تبدیل می کند و بدین ترتیب باعث افزایش مقاومت فشاری بتن می شود خواص مکانیکی مختلف بتن، همانند مقاومت و دوام، متأثر از پارامترهای زیادی است .گرایش عمومی محققان این است که تأثیر پارامترهای مختلف بطور همزمان روی مقاومت بتن را بررسی کرده تا درنهایت مقادیر بهینه آنها برای مقاومت فشاری ماکزیمم بدست آید . خاکستر پرندگان، تفاله های خرد شده کوره های بلند روی زمین، دود سیلیکا و پوزولان های طبیعی مانند متاکالین، سنگ رسی و خاک رسی سوزانده موادی هستند که – زمانی که با سیمان پُرتلند یا سیمان مخلوط استفاده می شدند – از طریق این مواد به عنوان مواد مکمل سیمان سازی (SCM'S) یا مواد مکمل سیمان سازی برای بهبود ویژگی های خاص مانند سیمان مانند کاهش فعل و انفعال زیان آور تراکم قلیایی استفاده می شوند. از قدیم، خاکستر پرندگان، تفاله، دود سیلیکا و پوزولان های طبیعی مانند خاک رس و سنگ رسی سوزانده در بتون استفاده می شدند. امروزه، به خاطر دسترسی ساده به این مواد، تولیدکنندگان بتون می توانند دو یا چند تا از این مواد را برای بهینه سازی ویژگی های بتون به کار برند. ترکیبات با استفاده از این سه مواد سیمان سازی – که ترکیبات سه تایی نامیده می شوند متداول تر می شوند. زغالسنگ، روباره کوره بلند، خاکستر سبوس برنج یا دوده سیلیس. به همین منظور کارهای کمی در خصوص تولید، بهینه سازی و مهندسی کردن مصالح پوزولانی که به طور خاص در طرح های اختلاط سیمان های پرتلند استفاده می شوند، انجام شده است. متاکائولین یک پیشرو در میان نسل جدید چنین مصالحی می باشد. استفاده از دوده سیلیس و دیگر افزودنی های شیمیایی برای بتن هایی با مقاومت های طراحی بیش از MP50 و یا مواردی که شرایط بهره برداری، شرایط جوی و یا ملاحظات هزینه های طول عمر سازه، استفاده از بتن های توانمند (HPC) را دیکته می کند، متداول می باشد. تولید

HRM به عنوان جایگزینی برای دوده سیلیس می باشد. معادل بودن در افزایش مقاومت و خصوصیات مربوط به دوام به اضافه چند ویژگی و مشخصه دیگر HRM شامل رنگ و کارپذیری، به طور مؤثرتری مرزبندی های طراحی مصالح HPC را توسعه داده و وسیع کرده است. مزایایی که از نظر خواص مهندسی در صورت استفاده از HRM حاصل می شود با عوارض جانبی اندکی همراه است. در صورتی که متاکائولین به طور مناسب تنظیم شود، بافت مخلوط بتن تازه، کارپذیری و قابلیت پرداخت در صورت جایگزینی HRM با ۱۵- ۵ ٪ سیمان بهبود می یابد. ضمناً متاکائولین سفید رنگ است و محصولات سیمانی و بتنی سفید یا خاکستری را تیره نخواهد کرد. متاکائولین یک سیلیکات آلومینیم آمورف سفید رنگ می باشد که دارای خواص پوزولانی می باشد و براساس استاندارد ASTM C 618 در رده پوزولان های کلاس (N پوزولان های طبیعی خام یا کلسینه شده) قرار می گیرد. پیشوند متا (meta) در ادبیات برای نشان دادن "تغییر" به کار می رود. از لحاظ علمی این پیشوند به این منظور استفاده شده است تا عبارت "کمترین میزان هیدراته شده از یک گونه یا سری" را نشان دهد.

متاکالئولین به طور کامل قابل جایگزینی با پوزولان توانمند (نظیر دوده سیلیس/ میکروسیلیس) است. درباره مقاومت فشاری، کاهش درصد افزودن متاکائولین برای ایجاد کارایی معادل با پوزولان های قبلی ممکن خواهد بود. در ضمن امکان کاهش درصد فوق روانساز مورد نیاز برای طرح اختلاط حاوی متاکائولین در مقایسه با طرح اختلاط حاوی دوده سیلیس وجود دارد.

متاکائولن نیز همانند پوزولان های دیگر با هیدروکسید کلیسم ایجاد شده بر اثر هیدراته شدن سیمان واکنش داده و سیلیکات کلسیم هیدراته (C-S-H) تولید می کند SiO_2 و Al_2O_3 بیشترین مواد شیمیایی تشکیل دهنده متاکائولن هستند. همان طور که در نمودار ۲ مشخص شده در هرم پوزولان ها متاکائولن در ناحیه میانی هرم قرار می گیرند.

سیمان های آمیخته پوزولانی بنا به ضرورت هایی از جمله مصرف انرژی کمتر، حفظ محیط زیست و کاهش قیمت سیمان در دنیا تولید شدند سیمان های آمیخته ای سرباره ای نیز به همین دلیل سال هاست که به بازار عرضه شده اند. کاهش در مصرف انرژی برای تولید کلینگر سیمان و کاهش تولید گازهای آلاینده ای که از سوختن مواد سوختنی حاصل می شود را از دلایل تولید و مصرف سیمان های آمیخته است و می توان با مصرف پوزولان های طبیعی یا مصنوعی از مصرف سوخت زیاد و تولید مواد آلاینده و گازهای نامطلوب جلوگیری کرد.

ترک های بتن را می توان به ترک های زیر دسته بندی کرد:

۱.ترک های زودهنگام:

این ترک های بلافاصله پس از گیرش اولیه بتن پدیدار می شوند و عمدتا به دلیل انقباظ بتن هستند.

۲.ترک های مقاومتی:

این ترک ها به دلیل ضعف مقاومت بتن در برابر بار های وارده می باشد

۳.ترک های شیمیایی

این ترک ها به دلیل تهاجم سولفات ها و کلراید و همچنین کربناتاسیون و یا واکنش های قلیایی سنگدانه ها (سرطان بتن می باشد). این ترک ها عمدتا بعد از ۵ الی ۱۵ سال نمایان می شوند و بسیار خطرناک هستند. در مواردی که بتن در تماس دراز مدت با خاک و یا آب باشد تشکیل این ترک ها بسیار قریب الوقوع می باشد. نمونه های این ترک ها در اسکله ها ، جزایر، جداول کنار خیابان و بسیار از فونداسیون های ساختمان ها قابل مشاهده است.

علاوه بر آن که وقوع ترک های شیمیایی به تنهایی موضوع مهم است، خوردگی و زنگ زدگی آرماتور ها که در نتیجه ترک خوردن بتن روی می دهد بسیار خطرناک تر و جدی تر است. و این موضوع در بتن های پیش تنیده اهمیت و خطر دوچندان دارد، چرا که فولاد و کابل تحت تنش بسیاری هستند. روش تشخیص این ترک ها انجام آزمایش های شیمیایی و به دست آوردن میزان کلر موجود در بتن است.

روش جلوگیری از بروز این ترک ها:

۱. کنترل کیفی مصالح (سنگدانه، آب و...) از نظر میزان سولفات ها
۲. استفاده از سیمان تیپ ۵ و ۲
۳. عمل آوری کافی، مناسب و درست
۴. استفاده از بتن با کیفیت بالا (نسبت آب به سیمان پایین و تراکم زیاد)
۵. حفاظت کاتدی
۶. استفاده از پوزولان های مناسب در بتن
۷. استفاده از میلگرد های FRP به جای میلگرد های فولادی
۸. استفاده از غشاء های آب بند

ترک های مکانیکی

این ترک ها حاصل سایش، فرسایش (در محل های عبور و مرور) و خلاءزایی (در سازه های هیدرولیکی و سدها) در بتن می باشد برای مثال پل های دره آتش واکوواش در دریاچه مید در منطقه تفریحی آمریکا پس از گذشت شش ماه از تکمیل ساخت و سازش دچارترک خوردگی زود هنگام شدند.به ترتیب ۱۳۳ و ۹۱ ترک در بخش فوقانی و زیرین عرشه پل دره آتش وجود داشت. برای عرشه پل اکوواش تعداد ترک بیشتری(۱۵۰ ترک در بخش فوقانی و ۱۵۰ ترک در بخش زیرین)مشاهده شد. *مطالعات گسترده نشان داده اند که ترک های مویی بتن قابل پیشگیری نمی باشند اما می توانند کنترل و کاهش داده شوند. ترک خوردگی زود هنگام در سازه های بتن مسلح یکی از نگرانی های اصلی می باشد زیرا منجر به تخریب (برای مثال،خوردگی)زودرس سازه می گردد. ترک جمع شدگی (Shinkage) یک مشکل رایج است که مخصوصاًدر سازه هایی با نسبت سطح به حجم بالا همانند عرشه پل به چشم می خورد.* عرض ترک خوردگی ها بین ۰،۰۲۵ ، ۰ تا ۱،۱۴میلی مترو طول آن ها میان ۰،۲۵ تا ۶،۹ میلی مترمتغیر بودند.هزینه اضافی در مرحله اولیه ساخت و ساز(همانند الیاف و ماده افزودنی کاهنده جمع شدگی)به منظورجلوگیری از ترک خوردن در مقایسه با هزینه ی تعمیرات که اجرای آن نیز دشوار می باشد نسبتا کم می باشد بنابر این جلوگیری از زوال و تخریب از ابتدا بهتر خواهد بود. *برای مثال ، هزینه نگهداری سالانه عرشه (درزگیری کردن ترک های عرشه با متاکریلات) برای وزارت حمل و نقل کالیفرنیا به تنهایی تقریباً ۵۰ میلیون دلار می باشد، در حالی که تنها با پرداخت ۲ میلیون دلار بیشتر هنگام ساخت این عرشه ها می توان این معضل راحل نمود.* درک نمودن مکانیزم جمع شدگی اولین گام برای یافتن راه حل برای این موضوع می باشد. سه گونه ی رایج جمع شدگی بتن که توسط محققین متعددی مورد مطالعهعبارتند از جمع شدگی خود به خودی ، پلاستیک و خشک شدن. جمع شدگی خود به خودی به دلیل فرآیند هیدراته شدن سیمان(جمع شدگی بدون از دست دادن آب) رخ می دهد. زمانی که نرخ از دست دادن آب از سطح از نرخ بالا زدگی آب تجاوز کند جمع شدگی پلاستیک رخ می دهد و جمع شدگی خشک شدگی به علت از دست دادن رطوبت اتفاق می افتد.صادق وزیری و حدیدی بررسی جامعی بر روی

توصیه برای طراحی عملی جهت کنترل ترک ها

بخش پیش رو لیستی از پیشنهادات برای رسیدن به بتن با ترک های کم تر در اجرا ارائه می نماید:

- به کارگیری سنگدانه ها با بزرگترین اندازه ممکن و جمع شدگی کمینه
- حداکثر سازی حجم سنگدانه
- استفاده از سنگدانه های درشت دانه و ریز دانه با وزن مخصوص بالا و با قدرت جذب به ترتیب کمتر از ۰،۵ و ۱،۵ درصد
- استفاده از سیمان تیپ
- میزان سیمان کمتر(kg/m 400۳)
- نسبت آب به سیمان کمتر (کمتر از ۰،۴۵)
- استفاده از مواد افزودنی کاهنده جمع شدگی2) SRA درصد- ۱ درصد)

- استفاده از الیاف های فولادی و مصنوعی (کمتر از ۱ درصد)
- میزان هوای بیشتر (حداقل ۶ درصد) و استفاده از مواد حباب هوازا
- اسلامپ کمتر(حداکثر mm70)
- حداکثر درجه حرارت بتن ب از سطحآ۲۷ سانتی گراد
- حداقل دمای محیط ۷ سانتی گراد
- دمای بتن حداقل ۵ تا ۱۰ درجه سانتی گراد سردتر از دمای محیط
- تفاوت دمایی حداقل C12 برای حداقل ۲۴ ساعت
- دهانه طولانی را به صورت طولی تقسیم کرده و بتن ریزی نوارها بصورت یک در میان
- شروع بتن ریزی از دهانه های میانی در تیرهای پیوسته
- بتن ریزی در سطح بالایی از رطوبت
- بتن ریزی در شرایط باد با سرعت کم
- بتن ریزی در عصر و شب
- مدت زمان عمل آوری بالا (۱۴ روز برای سیمان تیپ ۲)
- استفاده از عرشه های پل با دهانه ساده

پدیدار شدن ترک های مویی پس از گیرش اولیه بتن، از معمول ترین و متداول ترین عیوب بتن است، هرچند این ترک ها بسیار ریز و مویی هستند ولی نمی توان از آن ها و اثر سوء آن ها در بلند مدت چشم پوشی کرد. این ترک ها بیشتر در هوای گرم و به علت دمای بالای میلگرد ها، در مقاطعی که کاور بتن به درستی رعایت نشده باشد و طرح اختلاط نادرست بتن پس از گیرش اولیه بتن به وقوع می پیوندند. در ادامه به جزئیات بیشتر در خصوص این ترک ها و راهکاری های جلوگیری از وقوع ترک در بتن می پردازیم

ترکهای سطحی

۱-یکی از دلایل این نوع ترک ها درفصل گرما

اختلاف دمای زیاد بتن و میلگرد میتواند باشد همانطور که در عکس مشاهده میشود ترک ها در مسیر میلگردها امتداد پیدا کرده

۲-ویبره زدن غلط هم میتواند به ایجاد این ترکها کمک کند بااین توضیح که چنانچه موقع ویبره زدن ویبره رابه شبکه میلگرد بچسبانند (که کارگرها اغلب اوقات اینکار را میکنند و توجیه شأن هم اینست که اینجوری حجم بیشتری از بتن رامیتوانند ویبره کنند)یک لایه دوغاب محیط پیرامون میلگردها را احاطه می‌کندکه مستعد ترک خوردن است

۳-ضخامت کم کاور روی میلگردها

۴-نسبت آب به سیمان بالا (اضافه کردن آب به بتن توسط راننده میکسر و اپراتور پمپ)

۵-تردد کارگران روی شبکه میلگرد هنگام بتن ریزی که اینکار غلط بسیار رایج است درحالیکه برای تردد کارگران بایستی داربست مناسب وتخته زیرپایی باید تهیه شود و ناظر قبل از بتن ریزی این موضوع را باید کنترل کند

۶-عدم کیورینگ وعمل آوری مناسب که باعث میشود بتن که سطح بتن بسرعت آب خود را ازدست بدهد و خشک شود درحالیکه درعمق بتن هنوز فعل و انفعالات شیمیایی درحال انجام است

راهکارها:

۱-بتن ریزی در ساعات خنک تر روز بنظر من توی فصل گرما ساعت شروع بتن ریزی ها در سطح شهر باید از۵ صبح شروع وتا ۱۱صبح تمام شود واین کار باااید اجباری شودچون باجون مردم نمیشه بازی کرد

۲-رعایت طرح اختلاط مناسب فصل گرما و افزودن فوق روان کننده های مناسب جهت کاهش نسبت آب به سیمان

۳-رعایت ضخامت مناسب کاور هنگام بتن ریزی که اینکار با دادن خط بتن در دورتادور قالب به فواصل حداکثر ۳متری امکانپذیر

میشود

۴-ایجاد داربست روی مقطع بتن ریزی و جلوگیری از تردد کارگران روی شبکه میلگرد موقع بتن ریزی

۵-بیست دقیقه پس از صاف کردن اولیه بتن باتخته ماله و بروز کامل ترکها استفاده از محلول چسب لاتکس وآب به نسبت مناسب وصاف کردن دوباره سطح بتن باماله فلزی

۵-کیورینگ مناسب بتن بشرح زیر:ایجاد یک شبکه آبیاری قطره ای وایجاد یک لایه گونی نخی ویک لایه پلاستیک برروی آن بطوریکه تمام سطوح بتن بصورت مداوم حداقل تایک هفته آب بخورد

۶-مشخص کردن یک یادونفر بعنوان مسوول کیورینگ بتن

چکش اشمیت (Schmidt hammer) چکشی برگشت‌پذیر است که این ابزار برای سنجش ویژگی‌های ماده‌های کشسان و به ویژه سنجش مقاومت فشاری بتن به‌کار می‌رود. اساس مسئله ضربه و برگشت مربوط به تئوری گسترش موج است، یک موج فشاری وقتی با سطح برخورد می کندتولید می‌شود و موج فشاری دیگری تولید می‌کند. نسبت این دو دامنه موج با عدد بازگشت و درنتیجه با مقاومت فشاری و خمشی همبستگی خوبی دارد. آزمایش بر اساس این اصل است که بازتاب یک جرم ارتجاعی به سختی سطح در مقابل جرمی که به آن برخورد می کند وابسته است. در چکش اشمیت جرم متصل شده به فنر وجود دارد که با کشیدن فنر تا نقطه مشخصی، مقدار انرژی ثابتی به آن داده می شود. این کار با فشار دادن چکش به سطح صاف بتن انجام می شود. بعد از آزاد کردن، جرم تحت اثر بازتاب میله چکش (که هنوز در تماس با سطح بتن است) قرار می گیرد و مسافتی که توسط جرم طی می شود و برحسب درصدی از انبساط اولیه فنر بیان می شود، عدد بازتاب نامیده می شود. این مقدار توسط یک نشانه که در طول یک مقیاس مدرج است حرکت می کند، نشان داده می شود. عدد بازتاب یک اندازه مطلق است، چون به انرژی ذخیره شده در فنر و به اندازه جرم وابسته می باشد.

استفاده از چکش اشمیت برای تعیین مقاومت فشاری بتن ستون و نتایج آن مورد تایید سازمان ها و مقررات ملی نمی باشد ولی برای ارزیابی یکنواختی بتن و همچنین حدود مقاومتی بتن می توان از این شیوه استفاده کرد. میزان دقیق مقاومت مشخصه بتن با کرگیری از بتن و آزمایش مقاومت فشاری بتن توسط جک هیدرولیکی به دست می آید. نوع و مقدار سنگدانه نقش عمده ای در نتایج خواهد داشت. اگر هدف ارزیابی یکنواختی بتن باشد، محدودیت این روش چندان زیاد نیست ولی استفاده از آن برای تعیین مقاومت بتن کار درستی نیست. زیرا برای مقاومت بتن لازم است بین مقاومت بتن و عدد بازتاب رابطه‌ای بدست آورد. این رابطه برای هر طرح اختلاط بتن متفاوت خواهد بود. به همین دلیل اعداد قرائت شده از آن را نمی‌توان دلیلی بر رد یا قبول بتن دانست.

وجود رطوبت می‌تواند مقدار مقاومت را به میزان قابل ملاحظه‌ای تغییر دهد. همچنین اگر ضربه بر روی یک سنگدانه زده شود، اعداد بالایی از بازگشت توسط چکش اشمیت نشان داده می شود. آیین‌نامه ASTM C805 (ASTM C805 / C805M – 13a; Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete) برای این موارد ضوابطی در نظر گرفته است

روش آزمایش

وسیله را به طور محکم نگه دارید، به طوری که پیستون عمود بر سطح آزمایشی قرار گیرد. به تدریج وسیله را به سمت سطح آزمایشی فشار دهید تا چکش ضربه بزند. پس از ضربه، فشار را بر روی دستگاه نگه دارید و در صورت لزوم، دکمه روی کناره دستگاه را برای قفل کردن پیستون در موقعیت منقبض شده فشار دهید. عدد بازتاب را از روی مقیاس قرائت نموده، تمامی اعداد را گرد کرده و عدد گرد شده را ثبت نمایید. قرائت ها را از هر ناحیه آزمایشی بخوانید. دو آزمایش ضربه نباید کمتر از ۲۵میلیمتر (۱اینچ) از یکدیگر فاصله داشته باشند. اثر ایجاد شده بر روی سطح را پس از ضربه بررسی نمایید و در صورتی که ضربه فضای خالی نزدیک سطح را خرد کرده یا شکسته از قرائت صرف نظر کرده و قرائت دیگری را انجام دهید بر روی هر سطح می بایست ۱۰ آزمایش انجام گردد و چنانچه تعدادی از نتایج بیش از ۶ واحد با میانگین فاصله داشتند می بایست حذف گردد. این تعداد نباید بیش از ۲ عدد باشند.

افزودنی بتن (concrete admixture) امروزه از اجزای اصلی بتن محسوب می شود که خواص مورد نیاز نظیر دوام، مقاومت، سطح خوب و صرفه اقتصادی را به همراه می آورند.

بر اساس استاندارد Astm c494 افزودنی های بتن به هشت دسته تقسیم می شوند

۱: کاهنده های آب

۲: کندگیر کننده ها

۳: تسریع کننده ها

۴: کاهنده و دیرگیر کننده

۵: کاهند و تسریع کننده

۶: فوق کاهنده

۷: فوق کاهنده و دیر گیر کننده

۸: افزودنی های خاص

در ایران نیز استاندارد ISIRI 2930 با اندکی تفاوت دارای این دسته بندی ها می باشد .

علاوه بر الزامات اختصاصی، مطابق استاندارد ASTM C494 و ISIRI 2930 افزودنی های بتن دارای الزامات عمومی نیز هستند که الزامات مشخص عمومی شامل یکنواختی ، چگالی ، مقدار ماده خشک ، مقدار ph ، کلر محلول در آب و کلر کل می باشد.

خوشبختانه شرکت رزین بتن برتر از پیشگامان استاندارد سازی افزودنی های بتن در ایران است که طی سالهای گذشته با مشارکت در تدوین استانداردهای داخلی ، و اخذ نشان استاندارد ، محصولات تولیدی خود را نیز تحت کنترل آزمایشگاه تجهیز کنترل کیفی ارائه می نماید عرضه میگردند.

– فاکتور_فاصله (L)

بیشترین فاصله از هر نقطه خمیر سیمان تا حفره هوا را L گویند . در این محاسبه این فاکتور فرض می شود که حفرات کروی و به صورت نامنظم در یک شبکه مکعبی پخش شده اند (در مورد حفرات غیر کروی، سطح معادل در نظر گرفته می شود).

روش اندازه گیری این معیار در استاندارد ASTM C457 شرح داده شده است. در بتن های فاقد افزودنی هواساز، میانگین فاکتور

فاصله در بتن در حدود ۰,۱ میلیمتر تا حدود ۱میلیمتر است. فاکتور فاصله مورد قبول برای بتن های مقاوم در برابر سیکل ذوب و یخبندان در حدود ۰,۲ میلیمتر است.

۲- سطح_مخصوص (α)

سطح مخصوص معیاری از اندازه سطح در واحد حجم حفرات است. روش اندازه گیری این معیار در استاندارد ASTM C457 شرح داده شده است. فرض اساسی در تعیین سطح مخصوص، کروی بودن حفرات است. به عبارت دیگر سطح مخصوص تابع قطر حفرات است. بنابراین سطح مخصوص یک شاخص از میانگین اندازه حفرات است.

اگر میانگین اندازه حفرات افزایش یابد، سطح مخصوص کاهش می یابد. حفرات هوای کوچکتر مطابق با مقادیر فاکتور فاصله در مقادیر کمتر مقدار هوا می باشند. عموما مقدار قابل قبول سطح مخصوص برای بتن های مقاوم در برابر سیکل دوب و یخبندان در حدود حداقل ۲۵ mm2/mm3 است.

۳-فاکتور_فیلئو (F‘)

فیلئو در سال ۱۹۵۵ فاکتور حفرات هوا را به منظور حذف فاکتور کروی بودن حفرات در فاکتور فاصله (L) ارایه داد. معادله او بر این مفهوم است که تمام حفره ها به صورت تصادفی در اندازه توزیع می شوند و ارتباطی بین توزیع حفرات هوا و درصد حجم خمیر در یک فاصله معین از حفرات هوا است. فیلئو از کار ویلیس و لرد (۱۹۵۱) برای ایجاد ارتباط بین طول قطر حفرات هوا و حفرات در واحد حجم استفاده کرد. این فاصله فاکتور فیلئو نامیده می شود که اصولا با فاکتور فاصله مقایسه می شود.

در واقع، فاکتور فیلئو نسبت به توزیع هوای واقعی در مقایسه با مقدار هوا، ماتریس خمیری و تعداد حفره هایی که فاکتور فاصله را تحت تأثیر قرار می دهند بیشتر حساس است. این پارامتر به عنوان معیار اندازه گیری مقاومت سیکل ذوب و یخبندان به طور گسترده ای به دلیل دستیابی سخت به اطلاعات لازم برای محاسبه مورد قبول نیست. این داده ها شامل یک رکورد از تمام طول قطر اندازه گیری شده در یک مسیر خطی (ASTM C457) است.

تکنیک های مدرن به دست آوردن داده ها اجازه جمع آوری داده ها، روش های تجزیه و تحلیل داده های و روش های بهبود یافته برای توصیف توزیع حفرات هوا را می دهد. این عامل باعث می شود تا محاسبه فاکتور فیلئو در اینده رواج یابد. در حالی که هیچ معیار خاصی برای حداکثر F‘ تعیین نشده است، بررسی تعداد قابل توجهی از تراکنش خطی (ASTM C457) برای تعدادی از نمونه های بتنی بافاکتور فاصله در حدود ۰,۲ میلیمتر و سطح مخصوص ۲۵ mm2/mm3 انجام شد و حداکثر فاصله قابل قبول بین حفرات هوا و ۹۰درصد حجم خمیر تقریبا ۰,۰۴میلیمتر است.

افزودنی های شیمیایی بتن

در این نوشتار به معرفی افزودنی های شیمیایی بتن پرداخته و پس از معرفی انواع افزودنی های شیمیایی به بررسی کاربردها و مزایا و معایب هر یک از انواع افزودنی های شیمیایی بتن می پردازیم. پیش از این به در مقاله انواع معرفی افزودنی های بتن به این نوع از افزودنی های شیمیایی اشاره گردید. در این مقاله به طور مفصل در خصوص این مواد ترکیبی صحبت می کنیم.

افزودنی های شیمیایی بتن از جمله عناصر تشکیل‌دهنده بتن در کنار سیمان پرتلند، آب، و مصالح دانه‌ای هستند که در حین ترکیب و یا قبل از ترکیب اجزای بتن به این مواد اضافه می‌شوند. تولیدکنندگان از افزودنی های شیمیایی در درجه اول برای کاهش هزینه‌های ساخت بتن و سپس برای بهبود و اصلاح ویژگی‌های بتن سخت شده; اطمینان از کیفیت بتن در طی ترکیب، انتقال، قرار دادن در محل، و نگهداری; و برای غلبه بر شرایط اضطراری خاص در طول عملیات بتن‌ریزی استفاده می‌کنند.

استفاده موفقیت‌آمیز افزودنی های شیمیایی بتن به روش استفاده صحیح آن‌ها برای تهیه ترکیب مناسب و بتن ریزی بستگی دارد. بیشتر افزودنی ها به صورت آماده برای مصرف عرضه می‌شوند و به بتن در کارخانه و یا در محل سایت اضافه می‌شوند. افزودنی های شیمیایی مشخص مانند رنگدانه‌ها، عوامل توسعه‌دهنده و کمک‌کننده به پمپاژ معمولا فقط در مقادیر بسیار کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرند و با کمک دست از ظرف‌های اندازه گیری شده بسته‌بندی می‌شوند.

اثربخشی یک افزودنی شیمیایی بتن به عنوال متعددی بستگی دارد که عبارتند از:

- نوع و مقدار سیمان
- درصد آب
- زمان ترکیب کردن
- میزان اسلامپ
- دمای بتن و هوا

گاهی اوقات می‌توان به نتایج مشابه با تاثیرهای مواد افزودنی اضافه شده به بتن با تغییردادن نسبت سیمان و آب، استفاده ار نوع دیگری از سیمان یا تغییر دادن نوع دانه بندی و یا ارتقا دانه بندی دست یافت.

طبقه‌بندی افزودنی های شیمیایی بتن

افزودنی های شیمیایی بتن با توجه به عملکرد خود طبقه‌بندی می‌شوند. پنج کلاس متمایز برای افزودنی های شیمیایی وجود دارد:

۱. افزودنی شیمیایی حباب‌زا
۲. افزودنی شیمیایی کاهنده آب
۳. افزودنی شیمیایی کندکننده
۴. افزودنی شیمیایی شتاب‌دهنده
۵. افزودنی شیمیایی فوق روان‌کننده یا Super plasticizers

انواع دیگر افزودنی های شیمیایی بتن در دسته‌ای مخصوص که عملکرد آن‌ها شامل ممانعت از خوردگی، کاهش انقباض، کاهش واکنش قلیایی سیلیسی، افزایش کارایی، افزایش اتصال، ضد رطوبت و رنگ‌آمیزی است، قرار می‌گیرند.

افزودنی های شیمیایی حباب‌زا

این نوع افزودنی های شیمیایی بتن به طور کلی برای بهبود کارایی، آسودگی در بتن‌ریزی، افزایش دوام، مقاومت بهتر در برابر یخزدگی و کاهش خروج آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوع معمول افزودنی شیمیایی حباب‌زا از رزین‌های چوب طبیعی، رزین‌های وینسول خنثی شده، پلیمرهای اکسید پلی‌اتیلن و ترکیبات سولفونات شده تشکیل شده است.

نحوه عملکرد افزودنی شیمیایی حباب‌زا

این نوع از افزودنی های شیمیایی بتن آنیونی هستند زیرا ساختار هیدروکربنی آن حاوی گروه‌های آب‌دوست با بار منفی مانند COO، SO3، و OSO است بنابراین آنیون‌های بزرگ در آب رها می‌شوند. در مقابل، اگر یون هیدروکربن با بار مثبت باشد ترکیب به صورت کاتیون فعال و یا کاتیونی‌ست.

به عبارتی دیگر، در این افزودنی های شیمیایی سطح آنیونی فعال حباب‌هایی با بار منفی ایجاد می‌کند، بار مثبت باعث می‌شود که حباب‌ها دارای بار مثبت شوند. عوامل سطحی فعال همه کلاس‌ها می‌توانند باعث ایجاد حباب هوا در بتن شوند، اما کارایی و ویژگی‌های این سیستم به صورت گسترده تغییر می‌کنند

ویژگی‌های افزودنی های شیمیایی حباب‌زا

۱. این نوع افزودنی شیمیایی با ایجاد کف، گازهای شیمیایی تولید می‌کند و باعث ایجاد میلیون‌ها حباب ریز پایدار با اندازه‌های یکسان که به صورت یکنواخت در همه قسمت‌های ترکیب توزیع شده‌اند می‌شوند.
۲. افزودنی های شیمیایی حباب زا ویژگی‌های بتن تازه از جمله کارایی، چسبندگی، کاهش جدا شدگی و خروج آب را بهبود می‌بخشد.
۳. این افزودنی های بتن ویژگی‌های بتن سخت شده را بهبود می‌بخشد-برای هر ۱ درصد هوا ۴ درصد کاهش مقاومت وجود دارد که با کاهش درصد آب به حداقل می‌رسد. بنابراین دوام بتن سخت شده را افزایش می‌دهد.

افزودنی های شیمیایی شتاب‌دهنده بتن

از افزودنی های شیمیایی شتاب‌دهنده برای سرعت بخشیدن به زمان گیرش بتن استفاده می‌شود. این افزودنی مقاومت اولیه را در بتن تازه ریخته شده بهبود می‌بخشد.

موارد استفاده از افزودنی شیمیایی شتاب‌دهنده بتن

۱. استفاده از این افزودنی بتن در زمستان مناسب است.
۲. در طی شرایط تعمیرات ضروری مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۳. در هنگام خارج کردن زودهنگام قالب مناسب است.

مضرات افزودنی های شیمیایی شتاب‌دهنده بتن

۱. میزان انقباض خشک را افزایش می‌دهد.
۲. باعث کاهش مقاومت در برابر حمله سولفات‌ها می‌شود.
۳. خطر بالای خوردگی فولاد توسط CaCl2 وجود دارد- اجازه استفاده در بتن مقوم شده با فولاد داده نمی‌شود.
۴. این افزودنی شیمیایی بتن با وجود گران‌تر بودن تاثیر کمتری دارد.

افزودنی های شیمیایی کاهنده آب بتن

به طور کلی دو نوع افزودنی های شیمیایی کاهنده آب بتن را می توان برشمرد.

- افزودنی بتن کلسیم یا نمک سدیم اسید لیگنوسولفونیک
- افزودنی بتن اسید پلی کربوکسیلیک

نحوه عملکرد افزودنی های شیمیایی کاهنده آب بتن

نقش اصلی طرز کار افزودنی های شیمیایی کاهنده آب و کندکننده زمان گیرش معمولا از مولکول‌های آلی زنجیره بلند تشکیل شده است که از یک طرف آب‌گریز و از طرفی دیگر آب دوست هستند. این مولکول‌ها تمایل به متمرکز شدن دارند تا غشایی را در محل اتصال بین دو فاز غیرقابل مخلوط شدن مانند سیمان و آب، ایجاد کنند و و نیروهای فیزیو شیمیایی اعمال شده در این محل اتصال را تغییر دهند.

مکانیسمی که افزودنی بتن کاهنده آب طبق آن عمل می‌کند، پراکنده کردن یا جداسازی انباشته‌های سیمان و تبدیل آن‌ها به ذرات اولیه و یا حداقل به قطعات کوچک‌تر است.

- مولکول های جداشده
- مولکول های انباشته

وجود افزودنی شیمیایی کاهنده آب در بتن تازه باعث به‌وجود آمدن نتایج زیر می‌شود:

- کاهش کشش سطحی
- افزایش پتانسیل الکتروجنبشی
- غشا محافظتی دوقطبی آب در اطراف هر ذره، باعث ایجاد توانایی حرکتی بیشتر در بتن ترکیب‌شده تازه می‌کند. این موضوع تا حدودی مربوط به کاهش نیروهای بین ذره‌ای و تا حدودی به علت آب آزاد شده از سیستم با انباشتگی زیاد که اکنون روان شده است، می‌باشد. بنابراین آب کمتری برای دستیابی به ثبات مورد نیاز لازم است.

علت استفاده از افزودنی‌های بتن کاهنده آب بتن

بتن با کارایی بهتر بدون نیاز به آب بیشتر بدست می‌آید بنابراین از قدرت بتن کاسته نمی‌شود. همچنین با حفظ کارایی بتن، درصد آب پایین‌تر، ممکن است که قدرت بتن بدون نیاز به سیمان اضافی افزایش پیدا کند.

تاثیر افزودنی کاهنده آب بر دوام بتن

اضافه کردن مستقیم این نوع از افزودنی های شیمیایی بتن باعث ایجاد افزایش در نفوذپذیری نمی‌شوند و درواقع وقتی که افزودنی برای کاهش w/c مورد استفاده قرار می‌گیرد، نفوذپذیری به صورت قابل توجهی کاهش می‌یابد.

تاثیر افزودنی کاهنده آب بر انقباض بتن

افزودنی های شیمیایی بتن کاهنده اب وقتی که برای کمک به افزایش کارایی با کاهش آب مورد استفاده قرار می‌گیرد، تاثیر منفی بر انقباض بتن ندارد.

تاثیر افزودنی کاهنده آب بر خزش بتن

مواد این نوع از افزودنی های بتن تاثیر زیان‌آوری بر خزش بتن ندارند.

اثرات زیان‌آور افزودنی های شیمیایی کاهنده آب بتن

- در حین استفاده از افزودنی شیمیایی کاهنده آب باید به کنترل کردن درصد هوای موجود در ترکیب توجه شود. بیشتر افزودنی های کاهنده آب به علت ویژگی‌های خود به ترکیب هوا وارد می‌کنند.
- دوز بالای مواد لیگنوسولفونیت، باعث ایجاد کندشدگی در ترکیب می‌شود.

کاربرد افزودنی های شیمیایی کاهنده آب

کاربرد این نوع از افزودنی های شیمیایی به صورت زیر است:

۱. زمانی‌که ریختن بتن به علت انباشته بودن برشگیرها در قسمت‌های مختلف مشکل باشد.
۲. زمانی‌که ترکیب‌های سخت مانند تولیدات به وجود آمده از دانه بندی های سخت مورد آزمایش قرار می‌گیرند. در این مورد بهبود قابل توجهی در ویژگی‌های پلاستیکی بتن قابل مشاهده است.
۳. زمانی‌که دستیابی به مقاومت مورد نیاز با ماکزیمم درصد سیمان مشخص دشوار است و مقاومت اولیه مورد نیاز است.
۴. با اضافه کردن این افزودنی به بتن، به میزان ده درصد در اقتصاد سیمان صرفه‌جویی می‌شود.

افزودنی های شیمیایی کندکننده بتن

عملکرد افزودنی های شیمیایی کندکننده بتن ، به تاخیر انداختن و یا تمدید زمان گیرش خمیر سیمان در بتن است. این نوع افزودنی شیمیایی برای بتن هایی که نیاز به جابه‌جایی در فاصله‌های طولانی در میکسر حمل‌کننده دارند و همچنین برای بتن ریزی در مکان های با دمای بالا، بسیار مفید هستند. این افزودنی شیمیایی برای تهیه ملات استفاده می‌شود و دوام و مقاومت بتن را افزایش می‌دهد.

انواع افزودنی های شیمیایی کندکننده بتن

- افزودنی شیمیایی کندکننده لیگنوسولفونیت تصفیه شده حاوی قند، که البته جز اصلی برای کندکنندگی است.
- افزودنی شیمیایی کندکننده اسید کربوکسیلیک هیدروکسیل و نمک آن‌ها
- افزودنی شیمیایی کندکننده کربوهیدرات ها از جمله قند
- افزودنی شیمیایی کندکننده روی محلول
- افزودنی شیمیایی کندکننده برتس محلول و غیره

نحوه عملکرد افزودنی شیمیایی کندکننده بتن

اینگونه تصور می‌شود که افزودنی های کندکننده بتن به فاط C3A در سیمان جذب می‌شوند و با تشکیل یک غشا نازک در اطراف دانه‌های سیمان عکس العمل آن ها با آب را کاهش می‌دهند. بعد از مدتی این غشا شکسته شده و عملیات هیدراسیون نرمال اتفاق می‌افتد.

علت استفاده از افزودنی های شیمیایی کندکننده بتن

از این افزودنی های شیمیایی برای به تاخیر انداختن در زمان گیرش بتن بدون تاثیر منفی بر توسعه قدرت پس از آن استفاده می‌شود.

فواید افزودنی های شیمیایی کندکننده بتن

- مواد این کلاس(لیگنوسولفونیت تصفیه شده حاوی قند و مشتقات اسید کربوکسیلیک هیدروکسیل) در بعضی موارد تاثیر جداسازی بیشتری دارند و از این رو میزان کاهش آب را بیشتر می‌کنند.
- باعث افزایش دوام می‌شوند.

اثرات زیان‌آور افزودنی های شیمیایی کندکننده بتن

- وقتی مواد بر پایه لیگنوسولفونیت مورد استفاده قرار می‌گیرد، سپس درصد هوا باید به ۰/۲ تا ۰/۳ درصد محدود شود مگراینکه مواد از نوع فسفات سه بیوتل به ترکیب اضافه شود.
- همچنان‌که درصد آب افزایش می‌یابد تمایل برای انقباض خشک نیز بیشتر می‌شود.

کاربرد افزودنی های شیمیایی کندکننده بتن

از این افزودنی های شیمیایی بتن در موارد زیر استفاده می‌شود:

- زمانی‌که انتقال بتن ترکیب شده مورد نیاز است و از گیرش نابه هنگام این نوع از افزودنی به خوبی اجتناب می‌شود.
- وقتی که بتن ریزی و یا انتقال بتن در شرایط محیطی با دمای بالا اتفاق می‌افتد.
- در زمان بتن ریزی با حجم بالا
- در هنگام ساخت و ساز بتنی شامل قالب لغزشی

افزودنی‌های شیمیایی فوق روان‌کننده یا کاهنده آب با محدوده بالا

این افزودنی به عنوان نسل دوم از افزودنی‌ها شناخته شده و فوق روان‌کننده نامگذاری می‌شوند. این افزودنی‌ها از تولیدات شیمیایی ترکیبی تهیه شده از سولفونیت نوع RSO3 که R نشان‌دهنده گروه آلی از تولیدات وزن مولکولی بالا در شرایط خاص هستند، تشکیل شده‌اند.

فوق روان‌کننده‌هایی که معمولا مورد استفاده قرار می‌گیرند به صورت زیر است:

- سولفونات ملامین فرمالدئید(S M F C)
- سولفونات نفتالین فرمالدئید(S N F C)
- لینگو-سولفونات اصلاح شده و دیگر استرها و اسیدهای سولفونیک
- مشتقات فرمالدئید مانند ملامین فرمالدئید و نفتالین فرمالدئید سولفونات به عنوان نوع شیمیایی

نحوه عملکرد افزودنی شیمیایی فوق روان‌کننده بتن

این افزودنی مشابه افزودنی کاهنده آب عمل می‌کند. به این صورت که ذرات سیمان را وقتی که سیمان در آب به صورت معلق است پراکنده می‌کند و به سطح سیمان جذب می‌شود و باعث می‌شود که به علت ماهیت آنیونی فوق روان‌کننده به صورت دوجانبه یکدیگر را دفع کنند.

علت استفاده از افزودنی های شیمیایی فوق روان‌کننده بتن

- در یک نسبت w/c داده شده، این افزودنی شیمیایی بتن میزان کارایی را معمولا با بالا بردن اسلامپ از ۷۵ میلیمتر تا ۲۰۰ میلیمتر افزایش می‌دهد.
- دومین مزیت استفاده از این افزودنی های شیمیایی تولید یک بتن با کارایی نرمال اما با مقاومت بسیار بالاست.(فوق روان‌کننده می‌تواند درصد آب را برای یک کارایی مورد نظر تا ۲۵-۳۵ درصد در مقایسه با نصف مقدار افزودنی کاهنده آب مرسوم کاهش دهد)

فواید افزودنی های شیمیایی فوق روان‌کننده بتن

- بتن تولید شده با این افزودنی های شیمیایی می‌تواند بدون نیاز به تراکم و یا با مقدار کمی تراکم مورد استفاده قرار گیرد بدون آنکه جداشدگی و یا خروج آب اتفاق بیفتد.
- می‌توان از این افزودنی شیمیایی در دوز بالا استفاده کرد زیرا کشش سطحی آب را به صورت قابل توجه تغییر نمی‌دهد.
- تاثیر قابل توجهی بر گیرش بتن ندارد مگر اینکه سیمان مورد استفاده مقدار کمی از نوع C3A داشته باشد.
- این افزودنی شیمیایی بر انقباض، مدول الاستیسیته خزش و یا مقاومت در برابر ذوب شدن تاثیری ندارد.

معایب استفاده از افزودنی های شیمیایی فوق روان‌کننده بتن

قیمت بالای این افزودنی های شیمیایی را می‌توان از تنها معایب واقعی فوق روان‌کننده نام برد.

کاربرد افزودنی های شیمیایی فوق روان‌کننده بتن

- در مقاطع با میزان فولاد مقاومتی زیاد، در مناطق غیر قابل دسترس در کف و یا جاده‌ها
- زمانی که بتن‌ریزی با سرعت بالا نیاز است.

مواد افزودنی بتن Admixtures

ماده افزودنی یا (Admixtures) ماده‌ای است به غیر از سیمان پرتلند، سنگدانه، و آب، که به صورت گرد یا مایع، به عنوان یکی از مواد تشکیل دهنده بتن و برای اصلاح خواص بتن، کمی قبل از اختلاط یا در حین اختلاط به آن افزوده می‌شود. مواد افزودنی به دو گروه مواد افزودنی‌های شیمیایی و مواد افزودنی‌های معدنی تقسیم می‌شوند.

انواع معمول مواد افزودنی بتن به شرح زیر است.

شتاب‌دهنده سرعت هیدراتاسیون بتن (سخت شدن).

کاهش دهنده سرعت گیرش بتن.

افزودنی‌های حباب زا باعث ایجاد حباب‌های با هندسه کروی و بسیار ریز درون بتن می‌شوند. افزودنی‌های حباب زا عمداً برای ایجاد و تثبیت حباب‌های میکروسکوپی هوا در بتن استفاده می‌شود.

روان‌ساز بتن که به منظور کاهش دهنده مقدار آب بتن استفاده می‌گردد.

مواد افزودنی که شامل رنگدانه‌ها که می‌تواند برای تغییر رنگ بتن و زیبایی استفاده گردد.

چسب بتن

سخت‌کننده بتن

مواد افزودنی مواد به شکل پودر یا مایعات هستند که به بتن اضافه می شوند تا خصوصیات خاصی را با مخلوط های بتن ساده حاصل نکنند. افزودنیها به عنوان افزودنیهای "ساخته شده توسط مخلوط بتن" تعریف شده اند.

متداول ترین مواد افزودنی رکاردرها retarders و زودگیر کننده هاaccelerators هستند. در استفاده عادی ، دوزهای افزودنی با جرم سیمان کمتر از ۵ درصد بوده و در زمان جمع آوری / اختلاط به بتن اضافه می شود. انواع متداول به شرح زیر است:زودگیرکننده‌ها یا مواد افزودنی تسریع‌کننده بتن یکی از انواع افزودنی‌های شیمیایی بتن طبق آیین‌نامه بتن ایران (آبا) است. زودگیر کننده ها سرعت هیدراتاسیون (سخت شدن) بتن را افزایش می دهند. مواد معمولی مورد استفاده عبارتند از کلرید کلسیم ، نیترات کلسیم و نیترات سدیم. با این حال ، استفاده از کلریدها ممکن است باعث ایجاد خوردگی در آرماتورها شود و در بعضی از کشورها ممنوع است حتی اگر از نمک کلرید نیز کمتری برخوردار باشند. تسریع مواد افزودنی به ویژه برای اصلاح خاصیت بتن در هوای سرد مفید است. این مواد جهت افزایش سرعت فرآیند آب‌گیری در بتن استفاده می‌شوند.از مواد افزودنی زودگیرکننده بتن در محل‌هایی که به دلیل کم بودن تعداد قالب، نیاز به باز کردن سریع قالب داشته باشند استفاده می‌شود.

مواد حباب هواساز:

حباب های هوای ریز را در بتن افزوده و وارد می کنند ، که باعث کاهش آسیب در دوره های انجماد انجماد و افزایش دوام می شود. با این حال ، **هر ۱٪ هوای وارد شده در بتن، مقاومت فشاری را ۵٪ کاهش دهد.** اگر در نتیجه فرآیند اختلاط ، هوای بیش از حد در بتن گیر بیفتد ، می توان از Defoamers برای سوق دادن حباب هوا به تراکم ، بالا آمدن به سطح بتن مرطوب استفاده کرد و سپس پراکنده کرد.

از مواد پیوند دهنده Bonding agents

برای ایجاد پیوند بین بتن قدیمی و جدید (به طور معمول نوعی پلیمر) با تحمل درجه حرارت گسترده و مقاومت در برابر خوردگی استفاده می شود.

از **مهار کننده های خوردگی Corrosion inhibitors** برای به حداقل رساندن خوردگی میله های فلزی و فولادی در بتن استفاده می شود.

برای تغییر رنگ بتن ، برای اهداف زیبایی می توان از رنگدانه ها استفاده کرد.

روان کننده ها یا فوق روان کننده ها یا ابر روان کننده ها ،

یاعث کاهش اسلامپ و افزایش روانی بتن می شوند و این امر باعث می شود. لیگنوسولفونات یکی از انواع روان کننده ها هستند. از روان کننده ها می توان ضمن حفظ کارآیی ، مقدار آب بتن را کاهش داد و بعضاً به دلیل همین استفاده ، بعنوان کاهش دهنده آب گفته می شود. چنین درمانی باعث **بهبود مقاومت و دوام** آن می شود. ابر روان کننده ها (که به آن کاهنده کننده آب با برد بالا نیز گفته می شود) نوعی روان کننده است که اثرات مضر کمتری دارد و می توان از آن برای **افزایش کارآیی** یکی دیگر از موارد کاربردی استفاده از روان کننده می باشد. از ابر روان کننده ها برای **افزایش مقاومت فشاری** استفاده می شود. این باعث افزایش کارایی بتن می شود و نیاز به آب را ۱۵ تا ۳۰ درصد کاهش می دهد. ابر روان کننده ها منجر به دیرگیر شدن بتن می شوند. کمک به پمپاژ بهتر و افزایش قابلیت پمپاژ ، ضخیم شدن خمیر و کاهش جدایی و خونریزی می شود.

مواد دیرگیرکننده Retarders

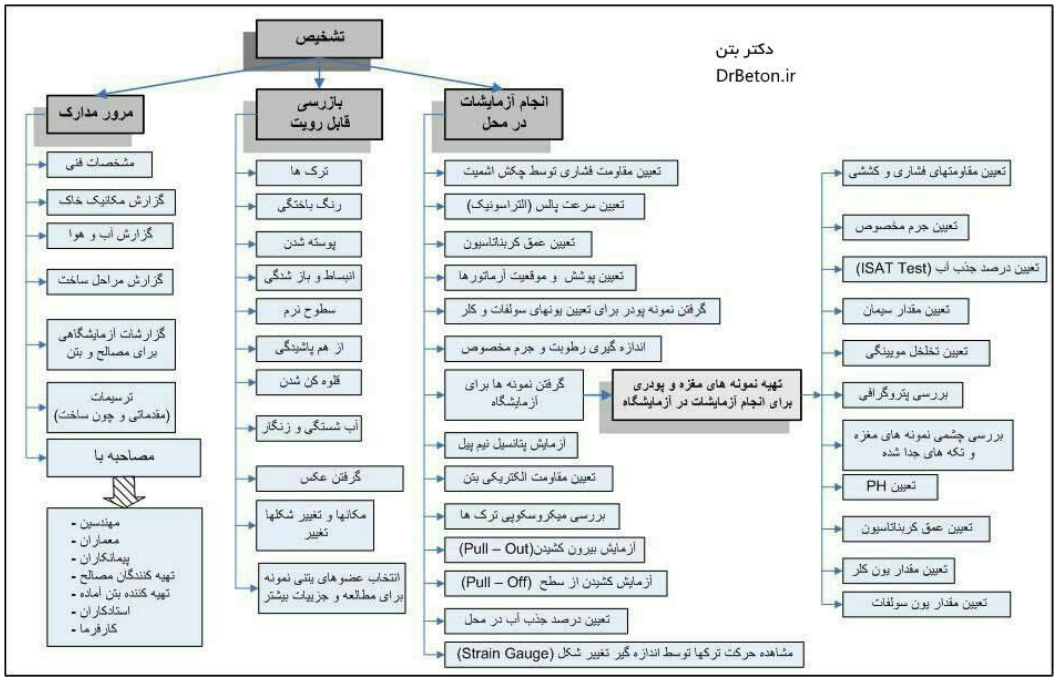
باعث کاهش سرعت هیدراتاسیون بتن می شوند . اجزای دیرگیر کننده های معمولی عبارتند از: شکر ، ساکارز ، گلوکونات سدیم ، گلوکز ، اسید سیتریک و اسید تارتاریک.

بنا بر اظهار کمیته ACI ۲۱۲ استفاده از دیرگیری در موارد زیر، در صنعت ساختمان سازی مهم است.

- برای جبران شرایط بد دمای محیط خصوصا در آب و هوای گرم.
- برای امکان ریختن و پرداخت درست
- برای غالب آمدن بر تاثیرات زیان آور و تسریع کنندگی دماهای زیاد
- برای کنترل گیرش واحد های سازه ای بزرگ جهت حفظ کارایی بتن در کل مدت زمان جای دادن. این امر برای حذف اتصالات سرد و ناپیوستگی های واحد های سازه ای بزرگ خصوصا مهم می باشد. همچنین، کنترل گیرش ممکن است از ترک خوردگی تیر ها، عرشه پلهای بتنی و ساختمان های مرکب بتنی بر اثر تغییر شکل قالب در هنگام بتن ریزی واحد های مجاور جلوگیری کند. متناسب کردن مصرف مواد در هنگام جا دادن بتن می تواند به یک سطح مقاومت اولیه خواسته شده تقریبا به طور هم زمان برسد
- **تعیین** نقطه_اشباع روان_کننده
- برای یک نسبت ب به سیمان مشخص، مقدار درصد فوق_روان_کننده بر حسب وزن سیمان که استفاده بیشتر از ن تأثیر قابل ملاحظهای در رئولوژی خمیر ندارد، نقطه_اشباع فوق روان کننده نام دارد. وقتی که نمودار نسبت مقاومت_جریان برای خمیر روان بر حسب درصد فوق روان کننده رسم شود، یک منحنی با شیبهای متمایز به دست می اید. محل تلاقی دو خط با شیبهای کاملا متمایز نقطه_اشباع فوق روان کننده نام دارد. مقدار

فـوق_روان_کننـده در ایـن نقطـه بـه عنوان میزان درصد اشباع فـوق روان کننـده مربـوط بـه سـیمان خاص و نسبت آ ب_به_سیمان مشخص جهت حداکثر بهـره وری از فوق روان کننده مـورد آ زمـایش قابـل اسـتفاده خواهـد بـود. ضمن اینکه از این نمودار می توان به سـازگاری_سـیمان و فـوق_روان_کننده نیز پی برد.

- در صورت عدم وجود یک نقطه_اشباع، سازگاری وجود ندارد و بهتـر اسـت کـه سـیمان یـا فـوق روان کننده را عوض کرد. میزان درصد_اشباع فوق_روان کننـده جهـت کنتـرل یکنـواختی تولید تجاری فوق_روان کننده با استفاده از یـک سـیمان مرجـع مشخص قابل استفاده میباشد. در هـر دو حالـت اگـر سـیمان و فوق روان کننـده کـاملاً تحـت یـک سیسـتم کنتـرل کیفیـت و استاندارد تولید شوند، نسبت مقاومت_جریان بـه دسـت آ مـده مربـوط بـه مخلـوط خمیربـا مقدارسـیمان و فـوق روان کننـده مشـخص وشـرایط یکسان آ زمایش (دما و نحوه_اختلاط) نباید تغییرکند. با توجه به اینکه روش مخلوط کردن در تعیین نقطه_اشباع فـوق_روان کننده مؤثر است، ممکن اسـت درصـد_بهینـه مقـدار فـوق_روان_کننـده بـرای سـاخت خمیـر و بـتن کـاملاً یکسـان نباشـد. معمولاً میزان نقطه_اشباع فوق_روان_کننـده حاصـل از آ زمـایش خمیر ، حد_بالایی مقدار مربوطه در بتن مـی باشد لـذا در اولـین پیمانه آ زمـایش سـاخت بـتن از ۸۰ درصـد مقـدار نقطـه_اشـباع بدست آ مده از آ زمایش خمیر اسـتفاده مـی شود و در صـورت نیاز مابقی را بعدا اضافه میکنند.
- شناخت علت پدید آمدن نقص و شیوه ی مناسب درمان آن، از عوامل کلیدی در ترمیم بتن می باشد.



شناخت بیماری های بتن و روش های درمانی آن

تشخیص

انجام آزمایشاتدر محل

بازرسی قابل رویت

مرور مدارک

تعیین مقاومتهای فشاری و کششی

| مشخصات فنی |

| تعیین مقاومت فشاری توسط چکش اشمیت
تعیین سرعت پالس (التراسونیک)
ترک ها رنگ باختگی
تعیین جرم مخصوص
گزارش مکانیک خاک
گزارش آب و هوا
تعیین درصد جذب آب (ISAT Test) *
| تعیین عمق کربناتاسیون
| تعیین پوشش و موقعیت آرماتورها در | گرفتن نمونه پودر برای تعیین بوتهای سولفات و کار
| گزارش مراحل ساخت
تعیین مقدار سیمان
| پوسته شدن | انبساط و باز شدگی |
سطوح نرم) | از هم پاشیدگی و
قلوه کن شدن |
تعیین تخلخل مویینگی
اندازه گیری رطوبت و جرم مخصوص
گزارشات ازمایشگاهی برای مصالح و بتن
| بررسی پتروگرافی
تهیه نمونه های مغزه و پودری برای انجام آزمایشات در آزمایشگاه
گرفتن نمونه ها برای
آزمایشگاه
ترسیمات مقدماتی و چون ساخت)
آب شستگی و زنگار
بررسی چشمی نمونه های مغزه و تکه های جدا شده
| تعیین PH
| آزمایش پتانسیل نیم پیل | تعیین مقاومت الکتریکی بتن
مکانها و تغییر شکلها
تعیین عمق کربناتاسیون
بررسی میکروسکوپی ترک ها | آزمایش بیرون کشیدن (Pu|| – Out) | آزمایش کشیدن از سطح (Pull– Off |
تعیین مقدار یون کلر در تعیین مقدار بون سولفات ما
انتخاب عضو های بتنی نمونه برای مطالعه و جزییات بیشتر

- انواع روان_کننده

اسید_کربکسیلیک و نمک های آنها

۱- مونوکربکسیلیک
۲- دی_کربکسیلیک
۳-هیدروکربکسیلیک
۳_هیدروکسی کربکسیلیک (گلایکولیک ولاکتیک_اسید)

-
- **مکانیزم کلی عملکرد فوق‌روان‌کننده‌ها:**

جدایش و پراکندن دانه‌های سیمان از یکدیگر به کمک نیروهای دافعه ناشی از بارهای الکتروستاتیکی است. در بتن و ملات، دانه‌های سیمان و سنگدانه در اثر ترکیب با آب دارای بار سطحی الکتروستاتیکی می شوند، ذرات سیمان در این حالت تمایل دارند که به یکدیگر بچسبند.

- فوق‌روان کننده‌ها در زمان اختلاط، جذب سطح دانه‌های سیمان می شوند و به آنها بار منفی می دهند که منجر به ایجاد نیروی دافعه بین ذرات سیمان و پراکندن آنها می‌شوند. این اثر به نام "پخش‌کنندگی" شناخته می شود. مکانیزم پخش‌کنندگی الکتروستاتیکی علاوه بر پخش کردن دانه‌های سیمان، آب محبوس در لخته‌های سیمانی را نیز آزاد و صرف بهبود روانی مخلوط بتن می کند.
- **از دلایل چسبندگی زیاد ملات**
- ۱-مقدار بیش از حد ماسه

۱-۱-تغییر دانه بندی ماسه

۲-مقدار زیاد ریزدانه در ماسه

۲-۱-اصلاح دانه بندی ماسه

۳-مصالح سیمانی

۳-۱-ارزیابی مقدار مصالح سیمانی در طرح اختلاط(طرح اختلاط حاوی سرباره، فلای اش، میکروسیلیس و ... ملات را چسبنده می کنند اما سطح نهایی بهتری را می دهند و ویبره پذیری بهتری دارند)

۳-۲-کاهش انرژی ویبراتور به منظور رخداد عدم جدایش

۳-۳-اصلاح طرح اختلاط

۴-استفاده از مقادیر کاملا کنترل شده هوازا

۴-۱-استفاده هوازاهای منیزیمی و آلومینیومی

- دود سیلیکا
- دود سیلیکا – که به میکروسیلیکا یا دود سیلیکا سوزانده ارجاع داده می شود – ماده ای فرعی است که به عنوان پوزولان استفاده می شود. این محصول فرعی نتیجه کاهش کورتز خالص به همراه زغال سنگ در کوره قوس الکتریکی در تولید سیلیکون یا آلیاژ سیلیکون آهنی است.
- – دود سیلیکا به عنوان بخار اکسید شده از کوره های $^{\circ}C$ ۲۰۰۰ بالا می رود. زمانی که سرد می شود، منقبض می گردد و در کیسه های بزرگ پارچه ای جمع آوری می گردد. سپس دود سیلیکای منقبض شده برای برداشتن ناخالصی های کنترل اندازه اجزا پردازش می شوند.
- – سپس دود سیلیکای منقبض شده ضرورتاً دی اکسید سیلیکون در شکل غیر کریستالی می باشد. چون آن یک ماده ای است که شبیه خاکستر پرندگان در حال پرواز می باشد دارای شکل کروی است. به همراه اجزایی کمتر از 1 cm در دیامتر و دیامتر متوسط حدود 1 cm و خیلی نرم می باشد و حدود ۱۰۰۰ بار کمتر از اجزای سیمان می باشد.

- – تراکم نسبی دود سیلیکا در حیطه ۲۰ و ۲ تا ۲۵ و ۲ می باشد اما می تواند به زیاد ۵ و ۲ نیز باشد. فشردگی انبوه دود سیلیکا از ۱۳۰ تا Kg/m^3 ۴۳۰ متفاوت می باشد. دود سیلیکا به شکل پودر سفت بوده اما در شکل مایع متداول تر است.
- – دود سیلیکا در کنار توده کل مواد سیمان سازی در مقادیر بین ٪ ۵ و ٪ ۱۰ هستند. آن در کاربردهایی که مقدار زیادی نفوذ ناپذیری نیاز می شود و در سیمان تقویت شده به کار می رود.
- در مواردی که باید سیمان مقاوم مقیاس گذاری مایع ضد یخ باشد.

بررسی مقاومت فشاری بتن و عوامل موثر در آن

مقاومت فشاری هر ماده را مقاومت در برابر خرابی تحت بار فشاری را گویند. به خصوص برای بتن، ***مقاومت فشاری بتن*** ، پارامتر مهمی جهت تعیین عملکرد مواد آن در طول عمر بتن می باشد. بتن را می توان ترکیبی جهت رفع نیازهای مهندسی و خواص با دوام مورد نیاز آنها، معرفی کرد. برخی از دیگر خواص مهندسی بتن، شامل مدول الاستیسیته، استحکام کششی، ضرایب خزش، چگالی، ضریب انبساط حرارتی ، می باشند. مقاومت فشاری بتن به منظور حفظ کیفیت مورد نظر بتن در طول مدت عمل آوری در آزمایشگاه تعیین می شود. نمونه های بتن ساخته شده و تحت نیروی فشاری برای به دست آوردن ***مقاومت فشاری بتن*** ، مورد آزمایش قرار می گیرند. به عبارت بسیار ساده، مقاومت فشاری با تقسیم بار شکست به مساحت اعمال بار، معمولاً پس از ۲۸ روز از نگهداری و عمل آوری بتن محاسبه می شود. *مقاومت فشاری بتن* ، با تناسب بین سیمان، مصالح خوب، درشت دانه ها، آب و مواد افزودنی مختلف، کنترل می شود. هر چه نسبت آب به سیمان کمتر باشد، استحکام فشاری بالاتر خواهد بود.

اکنون عوامل فیزیکی آزمون که موثر بر مقاومت فشاری بتن هستند بررسی می کنیم.

۱. **نوع نمونه**. نوع نمونه بر *مقاومت فشاری بتن* اثر گذار است. این تاثیر به صورتی است که مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های استوانه ای معمولا بین ۸۰ تا ۸۳ درصد نمونه های مکعبی است. با این وجود، برای بتن هایی که دارای وزن پایین هستند مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای و مکعبی تقریبا یکسان است.
۲. **اندازه نمونه**. هر چه اندازه نمونه بزرگتر شود مقاومت فشاری آن کاهش می یابد.
۳. **رطوبت نمونه**. مقاومت نمونه های خشک نسبت به نمونه های اشباع شده ۲۰ الی ۲۵ درصد بیشتر است. بنابراین مقاومت باید در شرایط اشباع مشخص شود. دلیل آن وجود فشار آب در میان منافذ داخلی است که موجب کاهش مقاومت در حالت اشباع می شود.
۴. **سرعت بارگذاری**. هر چه سرعت بارگذاری بیشتر شود در نتیجه مقاومت فشاری افزایش می یابد. با این حال هرچه سرعت را افزایش دهیم نهایتا مقاومت از ۱۵٪ بیشتر نمی گردد.

عوامل موثر بر مقاومت **فشاری** بتن و دوام بتن

۱. **نسبت آب به سیمان**. تاثیر تناسب آب و سیمان بر دوام بتن تاثیر گذار است. اگر درصد آب به سیمان را دو برابر افزایش دهیم، مقاومت کاهش می یابد اما مقدار آن در در طول ۲۸ روز یکسان نیست یعنی با این شرایط خواهیم داشت:

مقاومت یک روزه به ۲۰ درصد کاهش می یابد.
مقاومت ۳ روزه به ۲۵ درصد کاهش می یابد.
مقاومت ۷ روزه به حدود ۳۳ درصد (۱/۳) کاهش می یابد.
مقاومت ۲۸ روزه به ۴۰ درصد کاهش می یابد.
مقاومت دراز مدت به ۵۰ درصد کاهش می یابد.

۲. **مراقبت مرطوب از بتن**. بتن بدون مراقبت مرطوب ۸۰ درصد افت در مقاومت فشاری ۲۸ روزه خواهد داشت.

۳. **نوع سیمان مصرفی**. اگر سیمان تیپ یک را مبنا قرار دهیم، **مقاومت فشاری بتن** برحسب درصدی از سیمان تیپ یک به قرار جدول زیر خواهد بود.

نوع سیمان	یک روزه	۷ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه
تیپ یک	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
تیپ ۲	۷۵	۸۵	۹۰	۱۰۰
تیپ ۳	۱۹۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰
تیپ ۴	۵۵	۶۵	۷۵	۱۰۰
تیپ ۵	۶۵	۷۵	۸۵	۱۰۰

۴. **زمان**. مقاومت فشاری بتن می بایستی در طول زمان افزایش یابد.

۵. **تاثیر دما**. دمای بتن در زمان ریختن و دمای بتن در زمان مراقبت بر مقاومت بتن تاثیر گذارند. اگر دمای بتن در دوره ریختن ثابت بوده و دمای دوره مراقبتی متغیر باشد، با افزایش دمای دوره مراقبتی مقاومت بتن افزایش می یابد. اگر دمای بتن در دوره ریختن و دمای دوره مراقبتی ثابت باشد، هر چه دمای بتن بیشتر باشد بهتر است. طی دوره مراقبتی دمای سطح بتن نباید از ۴ درجه سانتیگراد کمتر باشد. دمای بتن در زمان ریختن نباید از ۳۲ درجه سانتیگراد بیشتر باشد.

۶. **تخلخل بتن**. منافذی که در بتن وجود دارد یا با آب یا با هوا پر می شوند. هر چقدر تخلخل بتن بیشتر باشد، مقاومت آن کاهش بیشتری خواهد داشت. تخلخل بتن تا حد زیادی متاثر از نسبت آب به سیمان در مخلوط بتن است.

۷. **درجه خلوص سنگ دانه ها**. اگر سنگ دانه ها در بتن به مقدار کافی نباشد، بتن نیز ضعیف می شود. سنگ دانه هایی با مقاومت کم مانند گچ از جمله سنگ دانه های نامناسب محسوب می شوند.

۸. **شکل سنگ دانه ها**. هرچه سنگ دانه ها بزرگتر باشد، به دلیل پایین آمدن آب لازم برای مخلوط، مقاومت افزایش پیدا می کند. اما سنگ دانه بزرگ سبب عدم تجانس نیز می شود بنابراین بسته به شرایط باید دید کدامیک غلبه دارند.
مقاومت بتن با شکل سنگ دانه رابطه مستقیم دارد و هرچه سنگ دانه های درشت مصرفی در طرح مخلوط شکسته تر باشد به دلیل درگیر شدن بهتر دانه ها با یکدیگر و برقراری اصطکاک بهتر، *مقاومت فشاری بتن* افزایش می یابد. اما در سنگ دانه ریز تاثیر شکسته بودن کمتر از سنگ دانه درشت است. با افزایش تعداد سنگ دانه های تیز گوش روانی بتن تقلیل می یابد.

- انواع خرابیهای بتن

– شیمیایی:

۱) تهاجم سولفات

۲) تهاجم کلراید

۳) کربناتاسیون

۴) واکنش قلیایی سنگدانه ها

- فیزیکی:

- ۱) یخ زدن و آب شدن

– مکانیکی:
- سایش
- فرسایش
- خلأزایی

- تهاجم سولفات

- این محصول را اترینگایت یا میکرب سیمان می نامند.
- ویژگی اترینگایت: افزایش حجم زیاد (حتی تا ۱۵برابر حجم اولیه)
- نتیجه: افزایش حجم تدریجی و نهایتاً خرد شدن بتن
- سولفات اساساً بر روی بتن تأثیر منفی دارد.
- گچی که به سیمان اضافه می کنیم موجب می شود که کمی اترینگایت تشکیل شود، ولی میزان آن کنترل شده است.
- اترینگایت ناشی از گچ پراکنده است ولی اترینگایت ناشی از سولفاته شدن گسترده در تمام سطح است.
- روشهای تشخیص خرابی سولفاتی
- سفیدک (ناشی از تشکیل آهک) (غیردقیق و احتمالاتی) (مشکل آن است که انواع سفیدکها، ازجمله کلروری داریم.)
- تشخیص اترینگایت از طریق میکروسکوپ الکترونی (SEM) (بلورهای آن سوزنی شکل است)
- مشاهدهٔ ترک ظاهری (پس از ۱۵-۵ سال)
- آزمایش شیمیایی سطح بتن
- روشهای پیشگیری از تبعات منفی تهاجم سولفات
- کنترل مصالح بتن (سنگدانه، آب،...) از نظر میزان سولفات
- استفاده از بتن با کیفیت بالا (w/c پایین، تراکم زیاد)؛ تأخیر و کندی خرابی

– عمل آوری کافی و مناسب (کامل شدن فعل و انفعالات، پر شدن فضای خالی، تشکیل شدن ژل به میزان کافی)

– مصرف سیمان نوع۵ (مشروط به عدم حضور کلراید)

– مصرف سیمان نوع دو (تهاجم کم سولفات، یا تهاجم توأم سولفات و کلراید)

– مصرف پوزولانهای طبیعی و مصنوعی

– کاهش مصرف سیمان
- آزمایشهای خرابی سولفات
- آزمایش درازمدت
- آزمایشهای کوتاه مدت: محلول ۴درصد سولفات سدیم

موارد کنترلی در آزمایشها:

الف) مقاومت

ب) انبساط نمونه

پ) وضع ظاهری و بررسی ترکها

ت) تعیین میزان سولفات در عمق نمونه

ث) میکروسکوپ الکترونی

- تهاجم کلراید

(آند)

(کاتد)

- تشکیل پیل الکتروشیمیایی
- یون کلراید cl^- ، همچنین امر را با شدت بسیار زیاد انجام می دهد و موجب تشدید خوردگی می شود.
- نمونه هایی از خرابی سازه‌های بتنی در سواحل خلیج فارس (بندر بوشهر)
- موجب خوردگی موضعی و چال افتادگی می شود.
- افزایش حجم آرماتور به علت زنگ زدگی؛ در نتیجه ترک خوردن بتن
- مهمترین نوع خرابی است.
- فقط در بتن مسلح است.
- موجب از بین رفتن محیط قلیایی و پاسیویتهٔ بتن می شود.
  (همین امر در تهاجم اسیدها و کربناتاسیون نیز اتفاق می افتد)
- در بتن پیش تنیده چون فولاد تحت تنش است خوردگی هم شدیدتر است و هم خطرناکتر.
- در اینجا عامل مثبت است زیرا موجب تشکیل نمک فریدل
  می شود.
- منشأ کلراید: کلراید همراه مصالح، آب دریا، مواد یخ زدا، سوختن
  پی وی سی
- روش تشخیص خرابی کلرایدی
- بازدید ظاهری (ایجاد ترک، علائم و لکه های زنگ،...)
- آزمایش شیمیایی، تعیین مقدار یون کلراید در سطح و در اعماق بتن
- استفاده از دستگاه نیم پیل
- استفاده از دستگاه گالواپالس
- روشهای پیشگیری از تبعات منفی یون کلراید
- کنترل مقدار یون کلراید در سطح بتن
- عدم مصرف کلرورکلسیم (به عنوان زودگیرکننده) در بتن آرمه
- بتن با کیفیت مناسب: w/c پایین، نفوذپذیری کم و تراکم زیاد، عمل آوری مناسب
- شستشوی مصالح از املاح
- استفاده از آب شیرین
- پوشش کافی بتن روی آرماتور

۷) استفاده از پوزولان

۸) عدم استفاده از سیمان نوع پنج

۹) استفاده از آرماتور با پوشش اپوکسی

۱۰) استفاده از فولاد زنگ نزن

۱۱) حفاظت کاتدیک (مکانیزم: برقراری جریانی برخلاف جریان پیل خوردگی)

– یکی از مکانیزمهای حفاظت کاتدیک: برقراری جریانی برخلاف جریان پیل خوردگی (ولتاژ ضعیف در حدود ۶-۵ ولت)

– در حفاظت کاتدیک، یک آند قربانی ایجاد می کنیم که آرماتور سالم بماند.

۱۲) استفاده از آرماتورهای پلیمری
۱۳) استفاده از مواد بازدارنده یا ممانعت کننده از خوردگی (نظیر نیتریت کلسیم) (افزایش)
۱۴) استفاده از غشاء های آب بند (memberanes) (عملکرد حدود ۲۰ سال)
۱۵) استفاده از خمیرهای آب بندی (sealers)
(عملکرد حدود ۵سال)

- آزمایشهای پیش بینی و پیشگیری
- RCPT
- نفوذ سطحی
- نفوذپذیری با جیوه
- نفوذپذیری با آب
- نفوذپذیری با گاز
- کربناتاسیون

در جو وجود دارد.
قلیاییت بتن کم می شود، لذا پاسیویته کم می شود، لذا زمینه برای خرابیهای دیگر (زنگ زدن، تهاجم کلراید) فراهم می شود.

- شدیدترین حالت واکنش، در رطوبت نسبی ۶۰ تا ۷۰درصد است.
- روش تشخیص کربناتاسیون
- فنل فتالئین (محیط کربناته شده بیرنگ، وگرنه ارغوانی)

– از محلول فنل فتالئین (۲درصد، حل شده در الکل اتیلیک استفاده می کنیم).
روشهای پیشگیری از تبعات منفی کربناتاسیون

- استفاده از بتن با کیفیت بالا (w/c، تراکم، عمل آوری)
- پوشش مناسب
- عدم استفاده از بخاریهای احتراقی در محیطهای بسته
- استفاده از پوزولان

واکنش قلیایی سنگدانه ها

- دو محصول اخیر، ژل منبسط شونده هستند و با افزایش میزان آنها بتن دچار ترک خوردگی می شود.
- این واکنش را سرطان بتن می گویند.
- در فرمول فوق، سیلیس باید فعال یا آمورف باشد.
- -به جای سیلیس، کربنات فعال نیز می تواند باشد.
- -AAR= واکنش قلیایی سنگدانه ها
- ASR= واکنش قلیایی سنگدانه های سیلیسی
- ACR= واکنش قلیایی سنگدانه های کربناتی
- شناسایی واکنش قلیایی سنگدانه ها
- ترک های پوست سوسماری یا نقشه ای یا موزاییکی
- مشاهده در زیر میکروسکوپ یا نور پلاریزه

(هاله ای از واکنشهای جدید، بیشتر به رنگ سفید، در اطراف سنگدانه ها)

- آزمایشهای پیشگیرانه

- آزمایش پتروگرافی سنگدانه ها
  – نیاز به تخصص بالا دارد.
- آزمایش تسریع شده ASTM C289 (بر روی سنگدانه)
  – دوسه روزه است.
  – سنگدانه مستقیماً در سود قرار می گیرد.
  – انبساط نمونه را اندازه می گیرند.
- نمونهٔ منشوری ملات ASTM C227
  – دو هفته ای است.
  – اندازه گیری انبساط (بیش از ۰/۱ درصد غیرمجاز)
- نمونهٔ منشوری بتن
  – یک ماهه، سه ماهه، شش ماهه است.
- روشهای مقابله با تبعات منفی واکنش قلیایی سنگدانه ها
- آزمایش سنگدانه ها، نمونه های ملات و بتن ساخته شده قبل از ساخت بتن.
- استفاده از سیمان با قلیاییت کم
  – قلیاییت معادل سیمان کمتر از ۰/۶ درصد وزن سیمان
- خشک نگهداشتن بتن
- مصرف سیمانهای پوزولانی (خاکستر بادی، سرباره، میکروسیلیس)
- سایش (abrasion)

– در بتن های در معرض رفت و آمد و عبور و مرور (کارخانه ها، کفهای بتنی، پیاده روها، روسازی های بتنی)

- روشهای پیشگیری از تبعات منفی سایش
- w/c پایین
- عمل آوری مناسب و خوب بویژه در روزهای اول (حداقل ۷ روز)
- مقاومت زیاد
- جلوگیری از آب انداختگی (bleeding)
  – پرداخت صحیح لازم است.
  – پاشیدن سیمان باری صاف کردن سطح، مناسب نیست، بلکه روش صحیح این کار استفاده از بتن پرعیار برای بتن خارجی و پاشیدن سنگدانه های ریز است.
- استفاده از سنگدانه های سخت
  – عدد لُس آنجلس کمتر از ۴۰ درصد

۶) استفاده از میکروسیلیس و سایر پوزولانها

۷) انجام آزمایش دیسک چرخان به عنوان مکمل آزمایش لُس آنجلس (به دلیل ضعف آزمایش لُس آنجلس در ارزیابی پدیده)

- فرسایش (erosion)
- سایش در کانالها و سازه های آبی، بر اثر جریان آب توأم با مواد جامد.
- مشابه پدیدهٔ سایش است.
- به مدلها و دستگاههای دقیقتری برای آزمایش پدیده نیاز است ازجمله سایش همراه با جریان آب، ماسه پاشی، و نظایر آن
- روشهای مقابله نظیر سایش است.

- خلأزایی (cavitation)
- در سازه های هیدرولیکی پیش می آید.
- بر اثر سرعت و تغییر سرعت، و سرعت زیاد بیش از m/s40، حبابهایی به وجود می آید.
- فشار کم می شود، خلأ ایجاد می شود، حباب ایجاد می شود.
- بر اثر از بین رفتن و شکسته شدن حبابها، بتن قلوه کن می شود.
- در سرریز سدها بسیار اتفاق می افتد.
- روشهای پیشگیری از تبعات منفی خلأزایی
- استفاده از بتن با مقاومت بالا
- w/c پایین
- ایجاد پیوستگی (bonding) بیشتر بین خمیر و سنگدانه
- استفاده از میکروسیلیس
- استفاده از بتن های پلیمری
- استفاده از بتن با الیاف فولادی و پلیمری
- عمل آوری خوب
- ایجاد سطح صاف و صیقلی (زیرا سطح ناصاف و ناهموار موجب ایجاد تغییرات فشار و سرعت می شود)؛ (بتن پلیمری در این زمینه مناسب عمل می کند)؛ (در تعمیرات، می باید به این امر توجه بسیار جدی بشود وگرنه مشکل بیشتر می شود).
- یخ زدن و آب شدن (freez-thaw)

– مکانیسم: افزایش تدریجی منافذ، و لذا کاهش مقاومت و دوام.

- روشهای پیشگیری از تبعات منفی یخ زدن و آب شدن
- رعایت ضوابط بتن ریزی در هوای سرد.
- کاهش نفوذپذیری و کاهش منافذ (نتیجه: کاهش لوله های مویینه)
- عمل آوری و مواظبت و مراقبت مناسب، بویژه در سنین اولیهٔ بتن
- کاهش w/c
- مصرف مواد حباب هوازا

– نقش آنها، کنترل انبساطهای ناشی از یخ زدن و آب شدن است.

- آزمایش یخ زدن و آب شدن
- -ساخت نمونه، سپس اندازه گیری موارد زیر:
- کاهش وزن
- میزان انبساط
- کاهش مدول الاستیسیتهٔ دینامیکی
- مقاومت فشاری
- مدول گسیختگی (مقاومت کششی حاصل از آزمایش خمشی)

– ازجمله پارامترهایی که در این آزمایشها تعیین می کنند، ضریب دوام (F) است.

میکروسیلیس یا دوده سیلیسی که به عنوان ماده پرکننده ی اجزای تشکیل دهنده ی بتن عمل میکند، ماده ی سیلیسی ریزی است که ذرات آن ۵۰ تا ۱۰۰ برابر از ذرات سیمان کوچکتر بوده و باعث چسبندگی ذرات بین سیمان می شود. همچنین این ماده چسبندگی بین سیمان و سنگدانه را تا حد قابل قبولی افزایش می دهد. میکروسیلیس ماده ای بسیار نرم و به شکل پودر می باشد و حاوی مواد غیربلوری با قطرهای بین ۰,۲ تا ۰,۵ میکرون است. میزان سیلیس در این ماده معمولاً مقداری بین ۸۵ تا ۹۸ درصد است که میزان دقیق آن بستگی به نوع محصول کوره و کارخانه ی سیلیس دارد. در کوره هایی که مجهز به سیستم بازیابی حرارتی می باشند اگر دمای گاز خروجی حدود ۸۰۰ درجه سانتیگراد باشد، آنگاه میکروسیلیس یا دوده سیلیسی حاصل دارای رنگ روشن است. در صورتی که دمای گاز خروجی حدود ۲۰۰ درجه سانتیگراد باشد مقداری کربن سوخته در آن باقی می ماند و در نتیجه سیلیس خاکستری رنگ تولید می شود . مقاومت بتن معمولا مهمترین معیار برای ارزیابی کیفیت بتن به کار برده می شود. افزایش مقاومت به مرور زمان بر اساس تداوم آبگیری سیمان وکاهش درصد تخلخل و فضای خالی بین مواد متشکله در مرحله ایجاد چسبندگی می باشد.میکروسیلیس موجود در بتن که یک ماده ی پوزولانی محسوب می شود، با هیدروکسیدکلسیم ناشی از هیدراتاسیون سیمان ترکیب شده و ترکیبی ژل مانند می سازد. این ترکیب، عامل اصلی افزایش مقاومت و کاهش تخلخل ذرات تشکیل دهنده بتن می باشد. کریستال های بزرگ هیدروکسیدکلسیم در فصل مشترک سنگدانه و خمیر، مانع افزایش مقاومت می شود که میکروسیلیس تحت واکنش پوزولانی با هیدروکسید کلسیم آن را به اجزاء مقاومی به نام سیلیکات کلسیم هیدراته تبدیل می کند و بدین ترتیب باعث افزایش مقاومت فشاری بتن می شود خواص مکانیکی مختلف بتن، همانند مقاومت و دوام، متأثر از پارامترهای زیادی است .گرایش عمومی محققان این است که تأثیر پارامترهای مختلف بطور همزمان روی مقاومت بتن را بررسی کرده تا درنهایت مقادیر بهینه آنها برای مقاومت فشاری ماکزیمم بدست آید .

در طی ۲ سال تلاش مستمر مرکز توسعه ی بتن ایران (دکتر بتن) برای تهیه ی "منوی بتن"، این گروه موفق به تهیه ی یک بانک اطلاعاتی از طرح اختلاط بتن های مختلف در رده های مقاومتی متفاوت شده است.

این طرح ها به بهینه ترین حالت گزارش شده اند به طوری که می توانند ۱۰ الی ۲۰ درصد در هزینه ی تهیه بتن ها صرفه جویی اقتصادی کرد. لیست کامل طرح اختلاط بتن های موجود در "منوی بتن" به شرح زیر می باشد:

بتن های معمولی:

بتن رده C12 (مقاومت ۱۲ مگاپاسکال)

بتن رده C16 (مقاومت ۱۶ مگاپاسکال)

بتن رده C21 (مقاومت ۲۱ مگاپاسکال)

بتن رده C25 (مقاومت ۲۵ مگاپاسکال)

بتن رده C30 (مقاومت ۳۰ مگاپاسکال)

بتن رده C35 (مقاومت ۳۵ مگاپاسکال)

بتن رده C40 (مقاومت ۴۰ مگاپاسکال)

بتن رده C45 (مقاومت ۴۵ مگاپاسکال)

بتن رده C50 (مقاومت ۵۰ مگاپاسکال)

بتن رده C30 (مقاومت ۳۰ مگاپاسکال)

بتن های با دوام:

بتن با دوام رده C12 (مقاومت ۱۲ مگاپاسکال)

بتن با دوام رده C16 (مقاومت ۱۶ مگاپاسکال)

بتن با دوام رده C21 (مقاومت ۲۱ مگاپاسکال)

بتن با دوام رده C25 (مقاومت ۲۵ مگاپاسکال)
بتن با دوام رده C30 (مقاومت ۳۰ مگاپاسکال)
بتن با دوام رده C35 (مقاومت ۳۵ مگاپاسکال)
بتن با دوام رده C40 (مقاومت ۴۰ مگاپاسکال)
بتن با دوام رده C45 (مقاومت ۴۵ مگاپاسکال)
بتن با دوام رده C50 (مقاومت ۵۰ مگاپاسکال)
بتن با دوام رده C30 (مقاومت ۳۰ مگاپاسکال)

– بتن های حاوی میکروسیلیس:

این طرح ها تنها می‌توانند در بتن های با دوام استفاده شوند؛ چرا که اضافه کردن میکروسیلیس در درصد های مناسب سبب افزایش قابل توجه دوام و پایداری بتن می‌شود. این نکات به طور کامل در منوی بتن رعایت شده است.

– بتن های حاوی ترکیب میکروسیلیس و ابر روان کننده:

بهترین و اقتصادی ترین نتایج مربوط به این قسمت بود. این مسئله زمانی مشخص می‌شود که طرح اختلاط تمام بتن های پرمقاومت، حاوی ترکیب ابر روان کننده و میکروسیلیس است

بتن های آب بند:

بتن آب بند رده C12 (مقاومت ۱۲ مگاپاسکال)
بتن آب بند رده C16 (مقاومت ۱۶ مگاپاسکال)
بتن آب بند رده C21 (مقاومت ۲۱ مگاپاسکال)
بتن آب بند رده C25 (مقاومت ۲۵ مگاپاسکال)
بتن آب بند رده C30 (مقاومت ۳۰ مگاپاسکال)
بتن آب بند رده C35 (مقاومت ۳۵ مگاپاسکال)
بتن آب بند رده C40 (مقاومت ۴۰ مگاپاسکال)
بتن آب بند رده C45 (مقاومت ۴۵ مگاپاسکال)
بتن آب بند رده C50 (مقاومت ۵۰ مگاپاسکال)
بتن آب بند رده C30 (مقاومت ۳۰ مگاپاسکال)

برای طرح اختلاط بتن های آب بند، ۲ راه پیشنهاد شد: اول استفاده از مواد واتر پروف و دوم، استفاده از یک ماده ترکیبی ابداعی. مرکز توسعه ی بتن ایران با ابداع یک **ماده ی ترکیبی** توانسته است به یک طرح اختلاط که موجب کمترین نفوذپذیری شود، دست یابد.

بتن های الیافی:

بتن الیافی رده C12 (مقاومت ۱۲ مگاپاسکال)
بتن الیافی رده C16 (مقاومت ۱۶ مگاپاسکال)
بتن الیافی رده C21 (مقاومت ۲۱ مگاپاسکال)
بتن الیافی رده C25 (مقاومت ۲۵ مگاپاسکال)
بتن الیافی رده C30 (مقاومت ۳۰ مگاپاسکال)
بتن الیافی رده C35 (مقاومت ۳۵ مگاپاسکال)

بتن الیافی رده C40 (مقاومت ۴۰ مگاپاسکال)

بتن الیافی رده C45 (مقاومت ۴۵ مگاپاسکال)

بتن الیافی رده C50 (مقاومت ۵۰ مگاپاسکال)

بتن الیافی رده C30 (مقاومت ۳۰ مگاپاسکال)

اصلی ترین الیافی که در بتن کاربرد دارند، عبارت اند از: الیاف شیشه، الیاف فولادی، الیاف پلی پروپیلن، الیاف آرامید و الیاف کربن. از آنجا که تاکنون تحقیقات وسیعی در زمینه الیاف صورت نگرفته است، فعلا به الیاف پروپیلن اکتفا شد و در صورت لزوم در فاز های بعدی منو، سایر الیاف نیز مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

در این بخش، بتن های الیافی به ۲ صورت معمولی و پر مقاومت طرح شده اند.

بتن های خود تراکم:

بتن خود متراکم رده C12 (مقاومت ۱۲ مگاپاسکال)

بتن خود متراکم رده C16 (مقاومت ۱۶ مگاپاسکال)

بتن خود متراکم رده C21 (مقاومت ۲۱ مگاپاسکال)

بتن خود متراکم رده C25 (مقاومت ۲۵ مگاپاسکال)

بتن خود متراکم رده C30 (مقاومت ۳۰ مگاپاسکال)

بتن خود متراکم رده C35 (مقاومت ۳۵ مگاپاسکال)

بتن خود متراکم رده C40 (مقاومت ۴۰ مگاپاسکال)

بتن خود متراکم رده C45 (مقاومت ۴۵ مگاپاسکال)

بتن خود متراکم رده C50 (مقاومت ۵۰ مگاپاسکال)

بتن خود متراکم رده C30 (مقاومت ۳۰ مگاپاسکال)

مشخص کردن طرح اختلاط و ساخت بتن های خود تراکم در رده های مقاومتی مختلف یکی از با ارزش ترین قسمت های منوی بتن می باشد.

مقدار مجاز الیاف در بتن الیافی چه مقدار می باشد؟

مقدارهای بیش از ۷,۲ کیلوگرم بر متر مکعب تا ۱۱,۲ کیلوگرم بر مترمکعب در بسیاری از پروژه ها با موفقیت تست شده است اما طرح اختلاط و مقدار ابرروان کننده بسیار مهندسی می شوند. در ساخت برخی از قطعات پیش ساخته بتنی، با قرار دادن آرماتورها در مکان های مناسب و استراتژیک و اختلاط کامل الیاف در سراسر حجم بتن تجارب موفقی رخ داده است. برای طراحی دال ها توجه به طراحی ضخامت مهم و اساسی است (به عنوان مثال افزایش ضخامت دال باعث کاهش مقدار الیاف مورد نیاز جهت نیل به سیستم های کارامد می شود). در نظر گرفتن اینکه الیاف سنتتیک می توانند جایگزین آرماتور شوند، نظرات متفاوت است. آنچه در ابتدا باید درک شود عملکرد الیاف سنتتیک و آرماتور است. در اوایل بتن ریزی، رطوبت سطحی سریعتر از رطوبت درون بتن تبخیر می شود. عمل آوری سطحی بتن سریعتر از عمل آوری داخلی آن صورت می گیرد، تنش های کششی ایجاد می شوند و ترک های میکروسکوپی کم عمق در جهات تصادفی ایجاد و شروع به رشد می کنند. در صورت عدم ممانعت از توسعه این ریز ترکها، آنها می توانند گسترده تر و طولانی تر شوند تا به مشکلات بزرگ زیبایی شناختی و عملکردی تبدیل شوند. ترک نیز به دلیل تنش های خمشی بیش از حد ایجاد شده در اثر خم شدن در فواصل تکیه گاهی نیز ایجاد می شوند. این ترک ها ترک های شکست ساختاری به حساب می آیند و گسترده تر و قابل پیش بینی هستند (تصادفی نیستند). این ترک ها به ندرت در صفحات قرار گرفته بر روی سطح زمین رخ می دهند اما در صورت تقویت نشدن آن با آماتور یا الیاف، همیشه در صفحات دارای ارتفاع مشاهده می شوند. در

صورت ایجاد ترک در دال های قرار گرفته بر روی زمین، می توان مشکل را در عدم زیرسازی مناسب جستجو کرد. الیاف ها در محدود کردن ترک های اولیه انقباض که در مراحل اولیه اتفاق می افتد بسیار مناسب است.

انواع مختلفی از الیاف ها وجود دارد. آنها شامل فولادی، شیشه، الیاف سنتتیک و طبیعی هستند. انتخاب آنها بستگی به کاربرد و محیط و سطح تمام شده دال دارد. در انتخاب نوع صحیح با مهندس متخصص مشورت کنید. در کلیه موارد، الیاف محصول افزودنی دیگری محسوب می شود و برای عملکرد صحیح باید با مخلوط بتنی اختلاط یابد. الیاف ها در مقایسه با همان نمونه بتن های غیر الیاف هیچ تاثیری در میزان هوای بتن ندارد، اما تأثیر آن بر روی اسلامپ بتن قابل توجه است. در برخی موارد ، ممکن است استفاده از یک ماده افزودنی کاهنده آب (HRWRA) برای بهبود کارایی مورد نیاز باشد.

بازگشت به سوال اولیه مبنی بر اینکه آیا الیاف می تواند جایگزین آرماتور شود ، به طور معمول با در نظر گرفتن استثنائاتی می گویم بله. استثنائات به شرح زیر است:

۱. استفاده از دال های درجا در ارتفاع

۲. دال های اجرا شده بر روی عرشه فلزی

۳. صفحات سازه ای در سطح (تشک)

۴- در جاهایی که شرایط زیرسازی ضعیف پیش بینی می شود

به خاطر داشته باشید که اگر فقط از الیاف استفاده می شود، زیر سازی باید مطابق با توصیه‌های مهندس ژئوتکنیک دارای تراکم و فشردگی لازم باشد. در اینصورت، پس از ایجاد هرگونه اختلاف ارتفاع، الیاف مانع از رشد و افزایش عرض ترک می شود. دوز مصرفی بسته به نوع الیاف و استفاده نهایی از دال متفاوت خواهد بود. در همه موارد ، توصیه های ACI را برای فاصله درزهای کنترلی دنبال کنید. در صورت ایجاد درز کات، آنها باید بین ۸ تا ۲۴ ساعت پس از اجرای بتن انجام شوند.

افزودن الیاف برای تقویت بتن که گاهی اوقات به آن "مش الیاف" نیز گفته می شود ، یک پیشرفت نسبتاً جدید در اجرای بتن است. به جای اجرای آرماتور قبل از ریختن بتن، الیاف مختلف مانند شیشه ، فولاد ، الیاف مصنوعی یا الیاف طبیعی با بتن مخلوط می شود. استفاده از آرماتور موجب تقویت بتن تنها در یک جهت می شود. مسلح سازی با الیاف نه تنها از بتن در اثر ترک خوردگی به علت نوسان دما و تغییر چگالی محافظت می کند بلکه به جلوگیری از آب انداختگی بتن نیز کمک می کند و به سطح بتن مقاومت بیشتری در برابر ضربه می دهد. علاوه بر ارائه محافظت کامل تر برای اجرای بتن، مسلح سازی با الیاف ها به طور معمول زمان کمتری نسبت به استفاده از آرماتور نیاز دارند.. دلیل این امر این است که آرماتور بندی با میلگرد را باید با دقت اندازه گیری کرد تا در اثر تردد دچار انحنا نشوند و همچنین باید با استفاده از اسپیسر آنها در فاصله معینی نگه داشت. در مقابل، الیاف ها را می توان مستقیماً به بتن اضافه کرد و نیاز به دقت و زمان لازم و همچنین نگهداری در فاصله معین ندارند. الیاف ها همچنین مقرون به صرفه تر است زیرا به زمان کمتری جهت اجرا نیاز دارد و از مواد با اثرگذاری بیشتری استفاده می شود. در میان برخی از پیمانکاران این نگرانی وجود دارد که روش استفاده از الیاف به دلیل برخی مشکلات ناشی از بیرون زدگی از سطح ممکن است

باعث آزردگی شود. با این حال، این تنها موقتی است زیرا وقتی پیمانکاران پرداخت سطح، سطح بتن را پرداخت می کنند، غالباً در هنگام تراکم سطح برخی از الیاف ها به داخل بتن فرو می روند و برخی دیگر می تواند سوزانده شوند.

۱. مقاوم سازی ساختمان بتنی
   ۱. کر گیری از بتن
   ۲. کاشت میلگرد
   ۳. اسکن آرماتور
   ۴. مقاوم سازی فونداسیون
   ۵. کنترل ترک در ساختمان های بتنی
   ۶. ژاکت بتنی
   ۷. ژاکت فولادی
   ۸. مقاوم سازی با FRP و GFRP
۲. مقاوم سازی ساختمان فولادی
   ۱. مقاوم سازی فونداسیون
   ۲. مقاوم سازی پروفیل های فولادی
   ۳. مقاوم سازی اتصالات فولادی
   ۴. ژاکت بتنی

مقاوم سازی و بهسازی_لرزه ایفونداسیون

I- افزایش ابعاد پی

با افزایش ابعاد پی می‌توان سطح تماس بر پی را افزایش داد و از تنش های اعمالی بر پی کاست که این اقدام منجر به افزایش ظرفیت باربری فونداسیون می‌شود. همچنین با افزایش ابعاد فونداسیون و به دنبال آن کاهش تنش موجود در پی، نشست‌های پی خاک نیز کاهش می‌یابد.

در شرایط مقاوم سازی_پی و ستون برای افزایش مقاومت پی موجود باید ابعاد قسمت زیرین فونداسیون را افزایش داد. در این روش فشار خاک اضافه شده باید به صورت یکنواخت به شالوده اعمال گردد.کمربند محیطی شالوده باید بار قسمت‌های فوقانی سازه را به خاک زیر آن منتقل نماید. در این حالت باید به دنبال پیوستگی کامل بین روکش بتنی و بتنپی باشیم که این امر با تمیز و مضرس کردن سطح بتن قدیم و یا استفاده از اتصالات مکانیکی به صورت میخچه امکان‌پذیر است.

در حالتی که تنها ابعاد شالوده افزایش پیدا کرده و ستون مقاوم سازی نشده باشد، بار اعمالی به قسمتهای تقویت شده باید مستقیماً به پی موجود منتقل گردد. این امر با استفاده از پاشنه یکپارچه‌ای که در محیط و زیر پی موجود قرار گرفته، محقق می‌گردد. در این راستا از آرماتورگذاری مناسبی باید در پاشنه مورد استفاده قرار گیرد مراحل اجرای راهکار افزایش ابعاد فونداسیون به شرح زیر می‌باشد:

۱- خالی کردن اطراف پی از تراز روی آن تا تراز زیر بتن_مگر به اندازه عرضی بیشتر از عرض مورد نیاز مقاوم سازی وبهسازی

۲- مضرس کردن سطح بتن در بالا و وجوه عمودی شالوده

۳- ایجاد سوراخ‌های افقی در اطراف شالوده برای کاشت شاخک (میخچه). (در صورت لزوم)

۴- اجرای بتن مگر اضافی در ناحیه افزایش ابعاد

۵- تمیز و مضرس کردن سطوح تماس اجرای چسب پلیمری بر روی سطوح نمایان پی

۶- اجرای آرماتورهای اضافی برای بتن مسلح جدید مطابق نقشه‌های اجرایی

۷- اجرای بتن جدید
۸- جدا کردن قالب‌ها و مراقبت از پی با پوشاندن سطح بتن با گونیهای خیس (هرگز نباید پی را مستقیماً با آب خیس نمود، زیرا منجر به شستن لایه‌های زیر آن می‌شود)
۹- مقاوم سازی ستون (در صورت لزوم)
۱۰- پرکردن مجدد پی ترجیحاً با خاک‌های درشت دانه در لایه‌های مختلفی که کاملاً متراکم شده باشند.
۱۱- کامل کردن کف و سنگ فرش روی پی خواهد
علت خرابی تیرهای فولادی
عمده خرابی موجود در تیرهای فلزی شامل کمانش کلی و موضعی بال و جان و گسیختگی در محل درزها و وصله‌ها می‌باشد. از آنجایی که قسمتی از مقطع تحت فشار است، خطر کمانش در این ناحیه وجود دارد و یکی از علل مهم انجام مقاوم سازی تیر فولادی این نوع خرابی می باشد. این کمانش به دو صورت ممکن است رخ دهد:
کمانش موضعی: بدین ترتیب که بال و یا جان نیمرخ به طور موضعی در مقابل تنش های فشاری کمانش کند.
کمانش کلی: بدین ترتیب که ناحیه فشاری مقطع، همانند ستون تحت فشار به صورت کلی دچار کمانش شود
دلایل اصلی این خرابی ها عبارتند از:
۱- سطح مقطع کم تیر،
۲- لاغری بیشتر از حدود مجاز،
۳- عدم فشردگی مقطع،
۴- ضعف درجوش ها،
۵- زنگ زدگی و خوردگی تیر،
۶- ایجاد ناحیه متأثر از حرارت بر اثر جوشکاری زیاد،
۷- خستگی.در ادامه به راهکارهای متداول برای مقاوم سازی تیر فلزی اشاره شده است.
راهکارهای متداول برای مقاوم سازی تیر فلزی
۱-تقویت با روکش فولادی جهت مقاوم سازی تیر فولادی
از جمله راه های مقاوم سازی تیر فولادی، تقویت با روکش فولادی می‌باشد. با افزایش ضخامت بال از کمانش موضعی بال تیر نیز جلوگیری شده است.
۲-تقویت با ژاکت فولادی
برای تقویت برشی جان تیر می‌توان از دو روش استفاده نمود:
۱- اضافه نمودن ورق های موازی با جان تیر
۲- اضافه نمودن سخت کننده های جاناضافه نمودن ورقهای موازی با جان تیر
اضافه نمودن ورقهای موازی با جان تیر که منجر به افزایش مقاومت برشی می‌شود.
اضافه نمودن سخت کننده های جان
استفاده از ورق‌های سخت کننده جان
استفاده از سخت کننده‌های جان یکی از مؤثرین روشهای افزایش مقاومت برشی تیر می‌باشد. سخت کننده‌های عرضی ورق‌هایی هستند که به صورت تیغه‌های قائم و در فواصل معینی از یکدیگر قرار داده می‌شوند و به جان و بال فشاری جوش می‌شوند.
۳- استفاده از ژاکت بتنی تیر فولادی برای تقویت تیر فلزی

با اجرای ژاکت بتنی تیر فولادی ، سختی آن افزایش یافته که این امر موجب بالا رفتن سختی برشی و خمشی می‌گردد. در صورتیکه تیر فلزی دچار خوردگی شدید شده باشد، روکش بتنی تیر فولادی به عنوان راه حلی مؤثر توصیه می‌گردد. مقاوم سازی تیر فلزی با روکش بتنی در برابر آتش‌سوزی نیز مقاومت خوبی دارند.

۴- استفاده از پیش تنیدگی خارجی برای مقاوم سازی تیر فولادی

پیش‌تنیدگی خارجی جزء روش‌های نوین مقاوم سازی تیر فولادی می‌باشد.کابل های پیش‌تنیدگی بکار گرفته شده برای این کار از همان نوع کابل‌ها و مفتول های متداول در کارهای پیش‌تنیدگی هستند.

مقاوم سازی تیر فلزی بدین روش می‌تواند موضعی و یا کلی باشد. در حالت کلی نیروهای پیش‌تنیدگی که بـه سازه مقاوم شده القا می‌گردند، منجر به باز توزیع نیروهای داخلی گشته و باعث کاهش تنشها در اعضا نسبت به حالت اولیه آنها می‌شوند. با این حال ممکن است در برخی دیگر از اعضای سازه، پیش‌تنیدگی موجب افزایش تنش گردد. به همین دلیل در استفاده از پیش تنیدگی خارجی باید آنالیز تنش در سازه مقاوم سازی شده به دقت مورد بررسی قرار گیرد.

جدا از مسئله مهارها، به هنگام استفاده از کابلهای پیش‌تنیدگی یک سری المانهای اضافی که اکثراً شامل انواع مختلفی ازسخت کننده هاست، مورد نیاز است. این امر بویژه در پیش‌تنیدگی موضعی دیده می‌شود زیرا پیش‌تنیدگی، نیروهای متمرکز جدیدی شامل نیروهای محوری اضافی در اعضا بوجود می‌آورد، بنابراین اعضا باید بصورت موضعی برای حفظ پایداریشان تقویت شوند.

هزینه های بالای انرژی مصرفی در **تولید سیمان** و آلاینده های ناشی از تولید این ماده که CO_2 از مهم ترین آنهاست، موجب تلاش های فراوانی برای کاهش میزان تولید سیمان و در نتیجه یافتن موادی برای جایگزینی هر چه بیشتر آن شده است ؛ از طرفی گوناگونی سازه های بتنی و شرایط مختلف بهره برداری این سازه ها منجر به تولید بتن هایی با گستره وسیعی از مواد و مصالح شده است و تلاش بشر را برای یافتن مواد افزودنی و مواد جایگزین کاراتر افزایش داده است. **پوزولان ها** گروهی از این مواد هستند که بسیاری از این تلاش ها بر روی آنها متمرکز شده است. امروزه پیشرفت شتابان و فزاینده تکنولوژی و دستیابی به نوآوری های روز افزون در زمینه مصالح ساختمانی، **تولید بتن توانمند"** را میسر ساخته است. تولید این نوع بتن با استفاده از ماده | افزودنی به همراه فوق روان کننده ها، استفاده از نسبت آب به مواد سیمانی و استفاده از پوزولان ها امکان پذیر است.

نانوسیلیس

mixtures *concrete* nS) in*silica–nano*

نانوسیلیس یک پوزولان فعال محسوب می شود. نانوسیلیس به واسطه شکل و اندازه ذراتش **یک پوزولان خیلی فعال و پر کننده ای بسیار موثر** در بتن می باشد. سیلیس آمورف (غیر بلوری) موجود در نانوسیلیس می تواند با محصولات هیدراتاسیون وارد فعل و انفعالات شیمیایی شده و ساختار خمیر سیمان را اصلاح کند. در جریان هیدراتاسیون سیمان پرتلند، بخش زیادی از **فعالیت پوزولانی نانوسیلیس** باعث تبدیل کریستال های هیدروکسید کلسیم (که از هیدراتاسیون سیمان بوجود می آید) به ژل S – H –C (کلسیم سیلیکات هیدراته) می شود. این ماده از نقطه نظر خواص، کارایی و ویسکوزیته برای بتن با عملکرد بالا مفید واقع می شود

میکروسیلیس

silica fume

یکی از دلایل استفاده از میکروسیلیس در بتن، دستیابی به مقاومت های فشاری بالاتر است. تحقیقات گوناگون نشان دهنده آن است که متناسب با هر نسبت آب به مواد سیمانی، کاربرد میکروسیلیس بیش از یک مقدار مشخص، نه تنها باعث افزایش مقاومت فشاری بتن نخواهد شد، بلکه به عکس، کاهش مقاومت فشاری را نیز به همراه خواهد داشت. خاصیت پر کنندگی میکروسیلیس نیز باعث توزیع یکنواخت محصولات بدست آمده از هیدراتاسیون در مخلوط می گردد. در نهایت ترکیب دو خاصیت پر کنندگی و پوزولانی میکروسیلیس، در ایجاد یک جسم بسیار متراکم و کم تخلخل، خود را نشان می دهد.

پوزولان

سیمان گرانترین جز تشکیل دهنده بتن است. برای تولید هر تن از سیمان در حدود Gj۴ انرژی مصرف می شود. در خلال ده های گذشته تحقیقات بسیاری بر جایگزینی بخشی از سیمان با مواد طبیعی، کشاورزی و صنعتی انجام شده است. سرباره، تراس، سیلیکافیوم، پوسته برنج، شکر و ... از جمله مواد جایگزین سیمان می باشند.

پوزولان به موادی گفته شده که به تنهایی خاصیت چسبندگی نداشته ولی در صورت اختلاط آنها با آهک و سیمان یا سایر مواد چسبنده و آب میتوان علاوه بر تولید خواص خاص گیرایش خوبی نیز ایجاد نمود.

کاربرد سیمانهای پرتلند پوزولانی و پرتلند پوزولانی ویژه مشخص است و سیمانهای پرتلند پوزولانی می تواند کاربرد عام تری در پروژه های ساختمانی بویژه در فصول **معتدل و گرم** داشته باشد اما در فصول بسیار خنک و سرد کاربرد آن توصیه نمی شود .

همچنین مصرف آن در ساخت قطعات پیش ساخته و پیش تنیده که نیاز به مقاومت های اولیه زیادی دارد صحیح بنظر نمی رسد.

بدیهی است مصرف سیمانهای پرتلند پوزولانی ویژه در کارهای خاص همچون **سدهای بتنی و بتن های حجیم** توصیه می شود و استفاده از آن بطور عام در کارهای ساختمانی برای ساخت بتن های اصلی موضوعیتی ندارد اما برای ساخت ملاتهای بنائی، استفاده ازهمه انواع سیمانهای پرتلند پوزولانی و پوزولانی ویژه بر مصرف سیمانهای پرتلند ارجحیت دارد.

هم چنین می توان از سیمانهای پرتلند پوزولانی یا پرتلند پوزلانی ویژه در ساخت بتن های رویارو با **شرایط محیطی در دریای خزر و خلیج فارس و دریای عمان** با رعایت سایر موارد مندرج در آئین نامه پایائی بتن در شرایط محیطی خلیج فارس استفاده نمود.

پوزولان ها- مواد جایگزین سیمان – ساخت بتن آماده- طرح اختلاط بتن– نقش پوزولان ها در بتن– افزایش مقاومت بتن

پوزولان‌ها بر دو نوعند:

۱-پوزولان‌های طبیعی خام یا تکلیس شده: خاکسترهای آتشفشانی

۲-پوزولان‌های صنعتی: خاکستر بادی (fly ash)، دوده سیلیس، سرباره کوره‌های آهن گذاری، خاکستر پوسته برنج، رس کلسینه

پوزولان ها با مواد حاصل از هیدراتاسیون سیمان و سیمان واکنش می دهند.

پوزولان ها از دو طریق به بهبود ساختار سیمان کمک میکند . **۱-اثر فیزیکی یا فیلرگونه (filler effect) ۲-خاصیت پوزولانی**

۱-اثر فیلرگونه (**filler effect**)

اثر فیزیکی یا پرکننده به حضور ذرات کوچکتر در نمونه بتن یا ملات تعریف می شود که تراکم و همچنین مقاومت فشاری را بدون هیچ گونه واکنش شیمیایی افزایش می دهد. این ذرات ریز فضاهای خالی در ریزساختار بتن و ملات را پر میکند. در نتیجه پوزولان های ریزدانه در قیاس با درشت دانه اثر بهتری بر مقاومت دارند.

۲-خاصیت پوزولانی

واکنش پوزولانی، واکنش شیمیایی بین پوزولان ها و سیمان یا محصولات هیدراتاسیون سیمان انجام می شود.

اثر همزمان هر دو مورد فوق در سیمان به طور جامع مورد بررسی قرار نگرفته است.

سوپر پوزولان

میکروسیلیس یک سوپر پوزولان رایج است که در صورت کاربرد درست از آن تاثیر بسیار قابل توجهی در افزایش مقاومت و دوام سازهای بتنی دارد.

سیمان، پوزولان

مزایای پوزولان

مصرف مواد پوزولانی در بتن می‌تواند یک یا چند خاصیت مشروح زیر باشد:

کاهش میزان مصرف سیمان

کاهش سرعت و میزان حرارت حاصل از فرایند آب‌گیری سیمان

بهبود کارآیی بتن

افزایش مقاومت بتن در پایان ۲۸ روز

افزایش پایایی بتناز طریق کاهش نفوذپذیری

صرفه اقتصادی

بالابردن مقاومت در برابر حمله اسیدهاو قلیایی سنگدانه‌ها

جلوگیری از ترک خوردن سطحی گسترده بتن

کاهش بتن ریزی

روان کننده های بتن

- روان کننده، فوق روان کننده و کاهنده آب
- تعریف: ماده افزودنی که بدون تغییر روانی، مقدار آب مخلوط بتن را به میزان قابل‌ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد یا بدون تغییر مقدار آب، اسلامپ و روانی را به میزان قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد، یا هر دو اثر را به‌طور همزمان ایجاد می‌کند.

۱- این مواد با کاهش آب بتن باعث صرفه‌جویی در مصرف سیمان و سادگی عمل تراکم و اختلاط بتن می‌گردد.

۲- این مواد ضمن حفظ انسجام بتن و کاهش جداشدگی دانه‌ها، بدون کاهش مقاومت باعث افزایش کارایی بتن می‌شوند.

۳- این مواد قادرند آب موردنیاز بتن را به میزان ۲۵ تا ۳۵ درصد کاهش دهند و مانع آب انداختن آن شوند و از این طریق باعث افزایش بسیار زیاد مقاومت بتن می‌شوند.

۴- افزودنی‌های روان کننده با ایجاد پراکندگی سیمان در مخلوط بتن، ضمن ایجاد سطوح بیشتر در تماس با آب، باعث هیدراسیون بهتر سیمان می‌شود و به ابن دلیل در درازمدت مقاومت این بتن از بتنی که با همین نسبت آب به سیمان و بدون افزودنی ساخته می‌شود، بیشتر خواهد بود.
۵- با توجه به خصوصیات فوق می‌توان نتیجه گرفت که این نوع افزودنی ها قابلیت "نفوذناپذیری" بتن را در برابر آب و محلول‌های شیمیایی به مقدار زیادی افزایش می‌دهند و این عملکرد موجب می‌شود که دوام بتن در مقابل یخ زدن، نفوذ آب، اکسیژن و دی‌اکسید کربن و دیگر عوامل زیان‌بخش شرایط جوی و اقلیمی افزایش یابد.
دیرگیر کننده ها
دیرگیرکننده ها مواد مضافی هستند که اگر به بتن اضافه شوند، باعث تأخیر در گیرش سیمان شده و زمان گیرش و سخت شدن بتن را به تأخیر می اندازند.به‌عبارت دیگر این مواد افزودنی عمدتاً نرخ کسب مقاومت در سنین اولیه را افزیش‌می‌دهند ویا زمان گیرش را افزایش می دهند و یا هر دو عمل را انجام می‌دهند.
این مواد در استاندارد ASTMC494 ، تحت عنوان مادۀ مضاف نوع Bمورد اشاره قرار گرفته‌اند.
تأخیر ایجاد شده توسط مواد افزودنی دیرگیرکننده، به دو دسته تقسیم می‌شود:
اکثراً تأخیر در گیرش دراز مدت (عمدتاً یک روزه، ۳ روزه، ۷ روزه و گاهی ۲۸ روزه) ایجاد می‌کنند.
گاهی تأخیر در گیرش اولیه‌منظور(از گیرش اولیه که گیرش اولیه‌ی سیمان‌های تولید شده در کشور ما، ۹۰ دقیقه است) ایجاد می‌نمایند.
دلایل و موارد مصرف دیرگیرکننده‌ها :
دلیل اول و مورد مصرف اول: افزایش زمان گیرش و بنابراین کاهش حرارت در طول دوره‌ی مراقبت. به طور مثال، بتن‌ریزی در تابستان و در هوای گرم‌اصولاً دمای بالای بتن تازه (۳۰درجه به بالا)، سرعت گیرش را بالا برده و جای دادن و پرداخت سطحی بتن را مشکل می‌کند، همچنین تأمین آب بتن نیز دشوار می‌شود چون هم دمای محیط بسیار بالاست و هم دمای سطح بتن بسیار بالاست، لذا در این حالت با استفاده از یک ماده‌ی افزودنی دیرگیرکننده می‌توان شروع حرارت دهی بتن. را به تعویق انداخت، یعنی این ماده‌ی دیرگیرکننده می تواند تأثیر دما بر سرعت گیرش را جبران کند.
دلیل دوم و مورد مصرف دوم: کاهش حرارت در زمان های اولیه و جلوگیری از ترک‌خوردگی شدید بتن(ترک افت پلاستیک)
دلیل سوم و مورد مصرف سوم: جلوگیری از اتصال سرد (Cold Joint) به خصوص در سازه‌های آبی.
دلیل چهارم و مورد مصرف چهارم: طولانی کردن گیرش بتن یا گروت و کاهش افت روانی بتن در زمان کوتاه. در مواردی که شرایط مشکل و یا غیر متعارفی در ریختن و جای دادن بتن وجود دارد، نظیر بتن ریزی پی ها و پایه های بزرگ و یا چاه های نفت و نیز پمپ کردن بتن در مسافت های طولانی.
دلیل پنجم و مورد مصرف پنجم: تأخیر در گیرش برای ایجاد سطح بتنی با دانۀ نمایان.
مشکلات و عوارض جانبی (Site Effects) مصرف دیرگیرکننده‌ها
ایجاد و یا افزایش میزان آب انداختگی.
افزایش افت پلاستیک در بتن به دلیل طولانی‌تر کردن مرحله‌ی پلاستیک بودن بتن.
افزایش احتمال ترک خوردگی.
زود گیر کننده
این مواد جهت افزایش سرعت فرآیند آب‌گیری در بتن استفاده می‌شوند و باعث می‌شود تا سخت شدن بتن با سرعت بیشتری صورت گیرد. موادی مانند کلرید کلسیم، کلرید سدیم، کلرید باریم و کلرید آلومینیم دارای خاصیت تسریع‌کنندگی هستند. به علت تأثیر سوء کلریدها روی خوردگی آرماتورها و نیز کاهش مقاومت بتن در برابر حمله سولفاتها استفاده از آنها محدود شده است.
به طور کلی در سازه‌های آبی و سازه‌های پیش‌تنیده، استفاده از زودگیرکننده‌ها با پایه کلریدی مجاز نمی‌باشد.

این مواد به دو دسته زود گیر کننده ها و زودگیرکننده همراه با کاهندگی آب تقسیم بندی می شوند.
مهمترین کاربرد این مواد را می توان در موارد زیر خلاصه نمود :
– افزایش سرعت گیرش بتن
– در مناطقی که به دلیل سرمای شدید امکان یخ بستن آب بتن وجود دارد.
– محل‌های که بدیل کمبود تعداد قالب، نیاز به باز کردن سریع قالب باشد.
باید در نظر داشت بهترین کاربرد این افزودنی بتن همراه با یک فوق روان کننده می باشد
مواد حباب هوازا

- مواد حباب‌زا

مواد افزودنی حباب‌زا در بتن باعث ایجاد تعداد بی‌شماری حباب‌های بسیار ریز و یکنواخت هوا که در فواصل بسیار نزدیک از یکدیگر قرار دارند، می‌شوند.
این حباب‌های بسیار ریز با چشم غیرمسلح قابل‌رؤیت نبوده و هدف اصلی استفاده از مواد حباب زا عبارت است از:

- محاسن استفاده از مواد حباب‌زا در بتن

۱- جلوگیری از خرابی بتن و بالا بردن دوام آن در سیکل‌های یخ زدن و ذوب شدن متوالی (مهمترین کاربرد مواد حباب‌زا).
۲- افزایش کارایی بتن تازه.
۳- افزایش مقاومت بتن در برابر تورق یا پوسته‌شدن بتن.
۴- افزایش مقاومت بتن در برابر سایش.
۵- کاهش چشم‌گیر نفوذپذیری بتن و درنتیجه کاهش میزان نفوذ یون کلر و سولفات به جسم بتن.
۶- کاهش جذب آب بتن.
۷- کاهش افت و جمع شدگی بتن.
۸- کاهش خزش بتن.
۹- کاهش جداشدگی سنگ‌دانه‌ها در بتن تازه.
۱۰- کاهش آب انداختگی سطحی در بتن تازه.

- مقدار مصرف:

مقدار مصرف مواد حباب‌زا حدود ۴ تا ۸ درصد وزن سیمان است که با توجه به پارامترهای زیر تعیین می‌گردد:
۱- حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌ها در بتن تولیدشده.
۲- بتن سخت شده در شرایط تماس دائمی با رطوبت خواهد بود (نظیر رویه‌های بتنی، مخازن آب بتنی و ...) یا فقط گاهی در تماس با رطوبت خواهد بود.
۳- مقاومت مشخصه بتن
نکته مهم: معمولاً به ازاء هر ۱ درصد هوا که به‌طور عمدی یا تصادفی داخل بتن وارد شود حدود ۴ درصد از مقاومت کاسته می‌شود. قابل‌ذکر است که این کاهش مقاومت با توجه به کاهش نسبت آب به سیمان در بتن تا حدود زیادی جبران می‌گردد.
میکروسیلیس یا دوده سیلیسی که به عنوان ماده پرکننده ی اجزای تشکیل دهنده ی بتن عمل میکند، ماده ی سیلیسی ریزی است که ذرات آن ۵۰ تا ۱۰۰ برابر از ذرات سیمان کوچکتر بوده و باعث چسبندگی ذرات بین سیمان می شود. همچنین این ماده چسبندگی بین سیمان و سنگدانه را تا حد قابل قبولی افزایش می دهد. میکروسیلیس ماده ای بسیار نرم و به شکل پودر می باشد و حاوی مواد غیربلوری با قطرهای بین ۰,۲ تا ۰,۵ میکرون است. میزان سیلیس در این ماده معمولاً مقداری بین ۸۵ تا ۹۸ درصد است که میزان دقیق آن بستگی به نوع محصول کوره و کارخانه ی سیلیس دارد. در کوره هایی که مجهز به سیستم بازیابی حرارتی می باشند اگر دمای گاز خروجی حدود ۸۰۰ درجه سانتیگراد باشد، آنگاه میکروسیلیس یا دوده سیلیسی حاصل دارای

رنگ روشن است. در صورتی که دمای گاز خروجی حدود ۲۰۰ درجه سانتیگراد باشد مقداری کربن سوخته در آن باقی می ماند و در نتیجه سیلیس خاکستری رنگ تولید می شود . مقاومت بتن معمولا مهمترین معیار برای ارزیابی کیفیت بتن به کار برده می شود. افزایش مقاومت به مرور زمان بر اساس تداوم آبگیری سیمان وکاهش درصد تخلخل و فضای خالی بین مواد متشکله در مرحله ایجاد چسبندگی می باشد.میکروسیلیس موجود در بتن که یک ماده ی پوزولانی محسوب می شود، با هیدروکسیدکلسیم ناشی از هیدراتاسیون سیمان ترکیب شده و ترکیبی ژل مانند می سازد. این ترکیب، عامل اصلی افزایش مقاومت و کاهش تخلخل ذرات تشکیل دهنده بتن می باشد. کریستال های بزرگ هیدروکسیدکلسیم در فصل مشترک سنگدانه و خمیر، مانع افزایش مقاومت می شود که میکروسیلیس تحت واکنش پوزولانی با هیدروکسید کلسیم آن را به اجزاء مقاومی به نام سیلیکات کلسیم هیدراته تبدیل می کند و بدین ترتیب باعث افزایش مقاومت فشاری بتن می شود خواص مکانیکی مختلف بتن، همانند مقاومت و دوام، متأثر از پارامترهای زیادی است .گرایش عمومی محققان این است که تأثیر پارامترهای مختلف بطور همزمان روی مقاومت بتن را بررسی کرده تا درنهایت مقادیر بهینه آنها برای مقاومت فشاری ماکزیمم بدست آید .

بهسازی و مقاوم سازی بهسازی سازه های بتنی

نکاتی در مورد کاشت_میلگرد در بتن مطابق ضوابط پیش_نویس آیین_نامه بتن ایران (آبا ویرایش ۹۷) :

کاشتن مهار_چسبی در بتن باید حداقل ۲۱ روز پس از بتن_ریزی انجام شود.

عملیات سوراخکاری بتن سخت شده ، تمیزکاری سوراخ ها و نصب مهار باید بر اساس روش تعیین شده توسط شرکت سازنده مهار_کاشتنی انجام گیرد. حین عملیات سوارخ_کاری ، میلگردهای مجاور سوراخ کاشت نباید آسیب ببینند. در اعضای پیش_تنیده ، فاصله حداقل سوراخ و میلگرد پیش تنیدگی نباید از ۵۰ میلیمتر کمتر باشد.

سوراخ هایی که نیمه کاره رها میشوند باید توسط ملات مقاومت بالای بدون جمع شدگی پر شوند.

در مواردی که فاصله دو یا چند مهار از یکدیگر از فواصل بحرانی ارایه شده در بند ۲-۲-۱۸-۹ آبا کمتر باشد، اثرات گروهی مهارها در گسیختگی باید منظور شود. در مهارهای چسبی افقی یا شیبدار رو به بالا ، ضوابط مرجع رسمی در خصوص حساسیت به زاویه نصب باید تامین شود. مقدار مقاومت_فشاری بتن برای مهارهای کاشتنی نباید بیشتر از ۵۵ مگاپاسکال لحاظ گردد. انجام آزمایش برای مهارهای کاشتنی با مقاومت فشاری بتن بیش از ۵۵ مگاپاسکال اجباری است.

فاصله مرکز به مرکز مهارهای کاشتنی که با اعمال پیچش نصب میشوند نباید از ۶ برابر قطر مهار کمتر گردد.

قابلیت استفاده مهارهای کاشتنی در بارگذاری_لرزه_ای باید بر اساس آزمایشات مورد استناد مرجع رسمی تایید شده باشد.

مهارهای کاشتنی باید توسط افراد آموزش دیده و بر اساس مدارک ساخت و دستورالعمل های تولید کننده نصب شوند.

گواهی_صلاحیت نصاب باید کتبی و مبتنی بر آزمون های کنترل کارآیی بوده و توسط شرکت تولید کننده یا نمایندگی آن صادر شده باشد. در هر حال مهندس طراح باید صلاحیت نصاب را به صورت کتبی تائید نماید.

در مهارهای چسبی مدارک ساخت باید شامل نحوه انجام بارگذاری نمونه های شاهد، مطابق مرجع رسمی باشد.

عملیات نصب مهارهای چسبی افقی یا شیبدار رو به بالا که تحت بارهای کششی دائمی میباشند باید به صورت ادواری توسط بازرس ذیصلاح کنترل شود. در مواردی که نیروهای کششی ایجاد شده در اثر زلزله بین سرشمع و یا شالوده گسترده و شمع پیش ساخته از طریق کاشتن آرماتور در قسمت فوقانی شمع منتقل میشود، باید اطمینان حاصل شود که سیستم کاشت آرماتور توانایی تحمل ۱,۲۵ برابر کشش تسلیم در آرماتور را دارد. سطح میله فولادی باید با برس الکتریکی فولادی تمیز شود تا عاری از هرگونه آثار زنگ زدگی و یا لایه های سست خورده شده گردد و از استون یا اتانول صنعتی برای پاک کردن لکه های روغن و آلودگی استفاده شود. شرایط مندرج برای چسب شیمیایی در حین عملیات کنترل گردد (از قبیل دمای محیط و زاویه میلگرد و سایر محدودیت ها) روش های از بین بردن حباب ها مطابق با دستورالعمل شرکت تولید کننده چسب انجام پذیرد .

تنظیم میلگرد باید بلافاصله پس از کاشت انجام شود و پس از گیرش اولیه چسب دیگر هیچ حرکتی انجام نشود.

هنگام قرار دادن میله های فولادی به صورت افقی ، باید از مواد مناسب برای درزگیری سوراخ ها پس از قرارگیری آرماتور استفاده شود تا از خروج چسب جلوگیری شود. به خصوص چسب اپوکسی اصلاح شده که به دما حساس هستند و ممکن است وقتی دمای محیط بالا است جریان پیدا کند.

- روسازی بتنی ساده درزدار JPCP

یک روسازی بتنی غیرمسلح درزدار بایستی با درزهای انقباض با فواصل نزدیک به هم ساخته شود. داول (میلگرد اتصال) یا قفل و بست سنگدانه‌ای ممکن است برای انتقال بار در عرض درزها مورداستفاده قرار گیرد. بر اساس تحقیقات به‌عمل‌آمده در سال ۱۹۷۸ توسط تعدادی از محققین حداکثر فاصله درزها ۶ متر برای درزهای داول‌دار و ۵/۴ متر برای درزهای بدون داول توصیه‌شده است.

روسازی بتنی مسلح درزدار JRCP

در این نوع روسازی آرماتورهای فولادی بکار رفته برخلاف شبکه‌های سیمی یا میلگردهای آجدار نه به‌منظور افزایش مقاومت سازه‌ای روسازی بلکه به جهت افزایش فاصله درزها تعبیه می‌شوند. فواصل درزها از ۹ تا ۳۰ متر متغیر است.

- روسازی بتنی پیوسته

اولین بار این نوع روسازی بتنی که در آن درزها حذف می‌گردد در سال ۱۹۲۱ در نزدیکی واشنگتن مورداستفاده قرار گرفت. به دلیل مزایای آن در بیش از ۲۴ ایالت آمریکا در حدود ۳۲۰۰۰ کیلومتر راه دو خطه با این نوع روسازی مورداستفاده قرارگرفته است، یکی از دلایل استفاده ازاین‌روسازی حذف درزها به‌عنوان نقطه‌ضعف در روسازی است که حذف آن منجر به کاهش ضخامت موردنیاز می‌شود.

ضخامت CRCP به‌طور تجربی از ۲۵ تا ۵۰ میلی‌متر کمتر و تقریباً در حدود ۷۰٪ تا ۸۰٪ ضخامت روسازی معمولی می‌باشد.

- روسازی بتنی پیش‌تنیده

بتن در کشش ضعیف و در فشار قوی است. ضخامت لازم برای روسازی بتنی بر اساس مدول گسیختگی و مقاومت کششی بتن تعیین می‌شود. اعمال یک تنش فشاری قبلی به بتن، تنش کششی به وجود آمده در بتن به‌وسیله بارهای ترافیک را بسیار کاهش داده بنابراین باعث کاهش ضخامت بتن موردنیاز می‌شود.

کاشت میلگرد – موارد کاربرد و چگونگی؟
میله های تقویت کننده پس از نصب و کاربرد آنها در ساخت و ساز
محدودیت ها و الزمات
سازگاری میله های تقویت کننده بعد از نصب
چگونه طراحی شده اند؟
الزامات طراحی میلگرد کاشته شده
طول گیرداری میلگرد مورد نیاز
جزئیات اتصال
نمونه های طراحی
کاشت میلگرد
اصول نصب و کاشت میلگرد؟
محل قرارگیری میلگردها موجود و سایر موارد تعبیه شده
سفت شدن سطح بتن موجود
جادهی میلگرد ها بعد از نصب با پوشش کوچک
روش حفاری
تمیز کردن سوراخ
انتخاب چسب
تزریق چسب
نصب نوار
چگونه می توانم تصمیم بگیرم از کدام سیستم استفاده کنم؟
ملاحظات انتخاب سیستم
چگونه داده های طراحی به دست می آید؟
تعیین عملکرد سیستم مورد نیاز (صلاحیت)
تعبیه نوار مورد نیاز
اجمالی از ضوابط طول میلگرد ACI 318 برای آرماتور طولی
سایر الزمات میلگرد های طولی در ACI 318 26
طراحی آرماتور بعد از نصب بر اساس مفاهیم طول
طراحی آرماتور بعد از نصب با استفاده از مفاهیم طراحی لنگر
استفاده از حبس برای افزایش راندمان باند
مدل های خرپا
طراحی رولپلاک های برشی
چه چیز دیگری را باید بدانم؟
بار پایدار
خستگی
آتش

خوردگی

افزودنی های بتن

افزودنی بتن به موادی گفته می شود که به جز آب، مصالح و **سیمان هیدرولیکی** می باشند و به صورت افزودنی هایی همچون مقاوم کننده فیبری و یا تفاله ای به عنوان بخشی از بتن و یا **ملات و یا پوزولانها** مورد استفاده قرار می گیرد و در جهت قرار دادن و بالا بردن خاصیت های بتن به منظور دستورالعمل های کاربردی در امر بتن و نیز با شرایط خاص مورد کاربرد قرار می گیرد. **خدمات افزودنی بتن** به منظور **اصلاح ویژگی های بتن** و در جهت دستیابی به استفاده درست و کارآمد استفاده می شود. از افزودنی های بتن در مواردی چون نسبت کم آب و همچنین افزایش **زمان گیرش بتن** برای انتقال بتن در در فواصل طولانی استفاده می شود. به همین جهت شناخت خصوصیات **افزودنی های بتن** و همچنین اطلاع از قیمت و هزینه افزودنی های بتن برای انتخاب بهترین و مناسب ترین و **کاربردی ترین افزودنی بتن** در امر کار با بتن برای یک مهندس سازه امری مهم و ضروری است. افزودنی بتن در جهت اصلاح خصوصیات بتن و یا ملات و به منظور بهبود برای کار کردن با دست و یا برای اهداف اقتصادی و یا موارد دیگر همچون ذخیره انرژی مورد استفاده قرار می گیرد.

✓ موارد استفاده افزودنی های بتن

به منظور ایجاد تاثیر مورد نظر در بتن به صورت اقتصادی تر

هر زمان که بهتر شدن بتن ضعیف با مشکل مواجه می شود

هر زمان که خصوصیات مورد استفاده در **بتن** با تغییر دادن ترکیب مواد پایه ایجاد نشود

زمانی که میزان مورد نیاز باید با دقت تهیه و تعیین شود

فوق روان کننده ها که به طور عمومی بر پایه **نفتالین فرمالدئید** یا **ملامین سولفونات** می باشند، این گروه از پلیمرها در لحظات اولیه هیدراسیون سیمان، بار منفی ذرات سیمان را افزایش داده، همچنین این توانایی را دارند که بار منفی ذرات **سیمان** را افزایش دهند و باعث پخش شدن آنها گردند و این می تواند ناشی از خاصیت دفع الکتریسیته ساکن باشد.

بررسی انواع مواد افزودنی بتن

✓ انواع افزودنی های بتن

مهم ترین انواع افزودنی های بتن به شرح زیر می باشند:

- **روان کننده های بتن**
- فوق روان کننده ها
- کندگیر کننده ها
- تندگیر کننده ها
- **چسب بتن**
- ضدیخ بتن
- حباب ساز هوا، آب بندها

- افزودنی های معدنی
- **روغن قالب بتن**
- آب بند سطوح

✓ **خواص و ویژگی های مواد افزودنی بتن**

- تسریع در روند مقاومت اولیه
- کنترل واکنش های قلیایی های سیمان با سنگدانه ها
- طولانی کردن زمان گیرش
- افزایش کارائی بدون نسبت آب به سیمان
- تهیه بتن پر مقاومت، بتن مقاوم در برابر یخ زدن و آب شدن مکرر

افزودنی های شیمیایی بتن

۱. مواد افزودنی حباب ساز
۲. مواد افزودنی کاهنده آب (روان کننده ها و فوق روان کننده ها)
۳. مواد افزودنی کندگیر کننده
۴. افزودنی تسریع کننده

افزودنی های معدنی بتن

موادی به شکل ذرات بسیار ریز معدنی که موجب بهبود برخی از خواص و یا تامین خواص ویژه ای در بتن می شود. همچنین **کارائی و انسجام بتن** تازه، مقاومت و **نفوذ پذیری بتن** سخت شده و **تغییر رنگ بتن** از جمله خواص مواد معدنی است.

✓ **انواع افزودنی های معدنی**

- افزودنی های معدنی خنثی و رنگدانه ها
- این مواد معمولا موجب افزایش مقاومت بتن نمی شوند
- موجب بهبود کارایی و چسبندگی بتن ها است که کمبود ریزدانه دارند.
- به عنوان سنگدانه در بتن مصرف می شوند

ترکیبات معدنی رنگدانه ها

رنگدانه ها برای تولید بتن رنگی شامل ترکیبات معدنی:

- اکسید آهن: رنگ های قرمز،سیاه و زرد
- اکسید کرم: رنگ سبز
- اکسید آبی کبالت: رنگ آبی
- اکسید تیتان: رنگ سفید
- کربن سیاه: رنگ سیاه
- اکسید منگنز: رنگ های سیاه و قهوه ای

مواد افزودنی متفرقه

این مواد افزودنی به شرح زیر می باشند:

- مواد ضد رطوبت
- کاهنده نفوذ پذیری

- دوغاب ساز
- گاز ساز و ضد یخ ها

نمونه برداری مواد افزودنی

از هر محموله افزودنی های شیمیایی و معدنی که وارد کارگاه می شود باید قبل از مصرف آزمایش های لازم بر روی آنها صورت گیرد.

✓ **آزمایشات مواد افزودنی**

افزودنی ها با بتنی که قرار است در محل مصرف ریخته شود آزمایشات زیر انجام می شود:

۱. اسلامپ ASTM C143
۲. میزان هوا ASTM C231
۳. زمان گیرش ASTM C403
۴. مقاومت فشاری ASTM C39
۵. مقاومت خمشی ASTM C78
۶. مقاومت در برابریخ زدن و آب شدن ASTM C290 - ASTM C291
۷. تغییر حجم ASTM C157

نحوه نگهداری و انبار کردن مواد افزودنی بتن

- در شرایط مناسب و با **رعایت دستورالعمل** های اعلام شده از سوی سازنده نگهداری گردد.
- برخی مواد افزودنی به دلیل **از دست دادن کیفیت** خود نباید مدت طولانی نگهداری شوند.
- در صورت تردید باید نسبت به انجام آزمایش مطابق مشخصات ماده افزودنی اقدام نماید.

افزودنی های بتن – محصولات شیمیایی ساختمان

کلینیک بتن ایران تولید کننده افزودنی های بتن و **تولید کننده روان کننده بتن** با در اختیار داشتن کادر تخصصی کارشناسی و اجرایی با تجربه، نسبت به ارائه خدمات تخصصی بتن، ترمیم بتن و سازه های بتنی به پروژه های مختلف در سطح کشور اقدام نموده است

مکمل پاور ژل بتن MTOMIX 4600

مکمل بتن MTOMIX 4600 یا مکمل بتن علاوه بر استفاده در **ساخت بتن** های با مقاومت بالا، آب بند، **نفوذ پذیری کم**، دوام بالا و ملات های ویژه، در بتن هایی که کاهش ترک های پلاستیک، ارتقا نسبی **مقاومت های کششی و خمشی بتن** مد نظر میباشد کاربرد دارد. همچنین در شرایطی که بتن در معرض ضربه و **بارهای متناوب دینامیکی** است استفاده از مکمل بتن MTOMIX 4600 توصیه می شود. مکمل بتن برای استفاده در **بتن های ساحلی**، مخازن، تصفیه خانه های آب و فاضلاب مناسب می باشد.

موارد کاربرد مکمل بتن MTOMIX 4600:

۱. ساخت بتن های پر مقاومت
۲. بتن ریزی در مناطق تحت حمله مواد شیمیایی نظیر نواحی شمالی و جنوبی کشور و شوره زار ها
۳. ساخت بتن اسکله ها، پل ها، مخازن، منابع و...
۴. ساخت بتن تصفیه خانه ها و فاضلاب ها

عملکرد پاور ژل بتن MTOMIX 4600:

- بالا بردن اسلامپ
- رفع نفوذ پذیری بتن
- ممانعت از ورود و نفوذ یون کلر و سایر مواد شیمیایی مخرب به داخل بتن
- امکان کاهش آب اختلال بتن
- سازگار بودن با انواع سیمان های پرتلند
- کاهش در هزینه ساخت بتن
- تسریع زمان ساخت بتن و حمل آسان
- افزایش مقاومت فشاری حدود ۳۰٪
- کاهش میزان مصرفی در حدود ۱۰٪
- امکان جایگزینی سیمان تیپ ۲ با تیپ ۵
- بالا بردن مقاومت فرسایشی

مقدار مصرف مکمل بتن MTOMIX 4600:

همواره توصیه می گردد بسته به نوع بتن، کاربری، اسلامپ، خواص مکانیکی، محل اجرا و مقاومت فشاری مورد نیاز میزان مصرف با آزمایش های کارگاهی مشخص شود لذا این میزان در محدوده ی ۵ تا ۹ درصد وزن سیمان خواهد بود.

روش مصرف مکمل پاور ژل بتن MTOMIX 4600:

مکمل بتن MTOMIX 4600 را می توان به دو صورت به بتن اضافه نمود:

۱. پس از اختلاط کامل تمام اجزا بتن
۲. در آب اختلاط بتن حل نموده و سپس به اجزا خشک افزوده گردد

مشخصات فیزیکی مکمل بتن MTOMIX 4600:

- حالت فیزیکی: خمیر
- وزن مخصوص: ۱,۱۵ gr/cm3
- PH :9
- رنگ: قهوه ای تیره
- قابلیت انحلال: در آب

از علل آسیب پذیری بتن می توان به **هیدرواکسید اسیوم** Ca(OH)2 قابل انحلال شاره کرد که در زمان هیدراته شدن سیمان موجود در بتن حدود یک چهارم بتن را تشکیل می دهد. **مکمل بتن MTOMIX 4600** به جهت سطح مقطع بسیار ریز اجزا سازنده اش که عمده آن را Sio2 تشکیل می دهد، میل زیادی به انجام واکنش با هیدروکسید کلسیم ناپایدار دارد(عامل نفوذ پذیری و تشدید **قلیایی شدن بتن**) که نهایتا سیلیکات کلسیم بسیار سخت و غیرقابل انحلال تولید می نماید.

از خصوصیات بارز سیلیکات کلسیم می توان به مقاومت در برابر سولفات ها، نیترات ها، **یون کلر و واکنش قلیایی** مصالح سنگی اشاره نمود. از این رو در صورت عدم دسترسی به سیمان تیپ ۵ با استفاده از مکمل بتن و سیمان تیپ ۲ خواص کیفی بتن و پایایی آن را ارتقا بخشیم.

مکمل بتن به واسطه **پلیمر های اصلاح شده** با طول زنجیره بلند و داشتن کاتالیزورهای لازم، در هنگام ساخت **طرح اختلاط** با کاهش ۱۰٪ از نسبت آب به سیمان علاوه بر بالا بردن **اسلامپ و ساخت بتن** خود تراکم، میل ترکیب Ca (OH)۲ و Sio2 را افزوده و سرعت می بخشد و پس از انجام هیدراتاسیون، شاهد ترکیب بهتر مولکول های نامبرده می باشیم.

وجود کاتالیزور در مکمل بتن باعث تسریع و تکمیل واکنش این افزودنی با بتن خواهد شد و در مقایسه با طرح اختلاطی که با میکروسیلیس و مواد روان ساز ساخته می شوند به دلیل برطرف شدن واکنش گر محدود، حدود ۱۵٪ بهبود می یابد. ضمنا این کاتالیزور باعث جلوگیری از به هدر رفتن و تکمیل واکنش افزوده شده به بتن می گردد. لذا میزان مصرف مکمل بتن حدود ۱،۵٪ الی ۲٪ کمتر از میزان مصرف **ژل میکروسیلیس MTOMIX 4500** در طرح های اختلاط قدیمی که با استفاده از میکروسیلیس و مواد روان ساز ساخته می شدند، خواهد بود.

ضمنا از دیگر نواقص بتن می توان به انقباض ناشی از تبخیر آب و به وجود آمدن لوله های موئین پس از انجام **واکنش هیدراتاسیون** اشاره نمود که این مورد هم به واسطه وجود مواد شیمیایی پلیمری کریستال ساز با ساختار آزاد و بسیار ریز مولکولی در زمان ساخت بتن در کل مخلوط پراکنده شده و تمام خلل و فرج و لوله های موئین را مسدود می سازند. اما در طرح های اختلاطی که میکروسیلیس و مواد روان ساز به صورت جداگانه به بتن اضافه می گردند به جهت نقصان پلیمر های یاد شده انجام چنین واکنشی به هیچ وجه میسر نخواهد بود. می دانیم نفوذ پذیری رابطه مستقیمی با شدت کربناسیون دارد، افزودنی مکمل بتن با توجه به توانایی بالایی که در **ساخت کریستال** و به واکنش رسانیدن Sio2 موجود در میکروسیلیس دارد، نقش بسزایی در کاهش نفوذ پذیری داشته و با تشکیل دادن **سیلیکات کلسیم** و کاهش Ca(OH)2 نسبت در بتن، خطر سرطان بتن (A-A-R) را می کاهد. **جایگزینی مکمل بتن** در طرح های اختلاط به جای میکروسیلیس و مواد روان ساز علاوه بر بهبود کیفی بتن شده و تاثیر گذاری بسیاری در پایایی آن باعث کاهش ۵ الی ۷ درصد از **قیمت تمام شده بتن** خواهد شد و با استفاده از یک **افزودنی بتن** در زمان ساخت طرح اختلاط خطر عدم **کنترل دقیق کارگاهی** و رعایت نسبت ها کاهش خواهد یافت.

مشخصات شیمیایی مکمل بتن MTOMIX 4600

۱. پلیمرهای آب بند کننده و کریستال ساز
۲. نسل جدید فوق روان کننده بتن
۳. میکروسیلیس
۴. کاتالیزور و فیلر های پرکننده

ترکیبات پاورژل بتن MTOMIx 4600:

این محصول با هیچ ماده دیگری نباید مخلوط شود مگر توسط متخصصین شرکت کلینیک بتن ایران تایید شده باشد.

طریقه انبارداری مکمل بتن MTOMIX 4600:

مکمل بتن MTOMIX 4600 بایستی در ظروف اصلی خود و در دمای بیش از ۵+ درجه سانتی گراد نگهداری شود. در صورت **یخ زدن** می توانید آن را به آرامی گرم نموده و هم بزنید تا دوباره بازیافت شود. عدم رعایت شرایط انبارداری مناسب ممکن است باعث **آسیب دیدن محصول** و یا ظرف آن گردد. برای کسب اطلاع بیشتر از روش انبارداری مناسب با بخش فنی کلینیک بتن ایران تماس حاصل نمایید.

حفاظت و ایمنی مکمل بتن MTOMIX 4600:

مکمل بتن MTOMIX 4600 محتوی هیچ ماده خطرناکی نمی باشد. برای آگاهی بیشتر به **بروشور ایمنی محصول** مراجعه نمایید.

تاییدیه کیفیت مکمل پاورژل بتن MTOMIX 4600:

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردد مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد. جهت دریافت **قیمت مکمل بتن** MTOMIX 4600 و سایر **افزودنی های بتن**، با ما تماس بگیرید.

ژل میکروسیلیس چیست؟

ژل میکروسیلیس MTOMIX 4500 علاوه بر استفاده در ساخت بتن های با مقاومت بالا، **آب بند، نفوذ پذیری کم**، دوام بالا و ملات های ویژه، در بتن هایی که کاهش ترک های پلاستیک، ارتقا نسبی **مقاومت های کششی و خمشی بتن** مد نظر می باشد کاربرد دارد. همچنین در شرایطی که بتن در معرض ضربه و **بارهای متناوب دینامیکی** است استفاده از MTOMIX 4500 توصیه می شود. ژل میکروسیلیکا در **بتن های ساحلی**، آب بند و در معرض عوامل خورنده و مخرب استفاده می شود.

افزودنی بتن MTONANO Mix

افزودنی بتن بر پایه تکنولوژی نانو جهت دستیابی به بتن های خود متراکم، فاقد جداشدگی، حداقل نفوذپذیری و افزایش چشمگیر دوام به خصوص در سازه های ساحلی و آبی. MTONANO Mix یک افزودنی فوق پیشرفته و براساس تکنولوژی نانو می باشد که جهت دست یابی به بتن های خاص و توانمند طراحی شده است. افزودنی بتن MTONANO Mix در بتن ریزی های پیشرفته و سازه هایی که دارای شبکه های آرماتوری بسیار پیچیده و بسیار متراکم می باشند کاربرد دارد. معمولا برای روان سازی بتن و افزایش اسلامپ و یا کاهش نسبت آب به سیمان مصرفی از انواع روان کننده ها و فوق روان کننده ها استفاده می گردد. لذا اکنون با ظهور تکنولوژی های نوین مانند نانو تکنولوژی و بهره گیری از این پیشرفت در صنعت بتن و افزودن ذرات نانویی به فوق روان کننده های رایج، باعث ظهور افزودنی بتن MTONANO Mix با خواص منحصر به فرد، متفاوت و برتر از **انواع روان کننده های بتن** و فوق روان کننده ها گردیده است. تاثیر این افزودنی باعث می گردد تا بتن در نازک ترین ابعاد قالب بندی و محل های تراکم آرماتور، بدون نیاز به عملیات ویبره و صرف انرژی زیاد حرکت نموده و حجمی متراکم و یکنواخت به دست آید.

خواص و اثرات افزودنی بتن MTONANO Mix

خروج کامل حباب ها و هوای محبوس شده در بتن و کاهش بالای نفوذ پذیری، تراکم بالا در تمام سطوح و مقاطع بتن، جلوگیری از گسیختگی شبکه آرماتور، دوز مصرف پایین، امکان کاهش مصرف سیمان با توجه به افزایش مقاومت حاصله، افزایش مقاومت فشاری، خمشی، افزایش چسبندگی بتن ها و آرماتورها، سازگاری با انواع سیمان، کاهش چشمگیر سایش تجهیزات بتون ریزی و جلوگیری از فرسودگی تجهیزات، دوام سازه های بتنی، افزایش کیفیت سطح بتن و جلوگیری از ایجاد سطوح متخلخل و کرمو،عدم نیاز به ویبره زنی، امکان باز نمودن قالب ها پس از ۸ تا ۱۲ ساعت پس از بتن ریزی، عدم جداشدگی در بتن، ایجاد سطوح بتنی اکسپوز.

موارد کاربرد افزودنی بتن MTONANO Mix

ساخت بتن های خاص و مناسب برای شرایط محیطی مختلف، ساخت بتن های با دوام در مناطق ساحلی و محل هایی استعداد خوردگی آرماتورهای بالا می باشد، ساخت بتن در مناطقی مستعد جهت سولفاته شدن بتن، طراحی و اجرای بتن های توانمند، بتن ریزی در مقاطع نازک و با تراکم بالای آرماتور، بتن های پیش ساخته، اجرای بتن های اکسپوز، ساخت بتن های با دوام بالا و حداقل نفوذپذیری ، ساخت بتن های سبک، ساخت بتن های خود تراکم، ساخت بتن های با مقاومت بالا، ساخت بتن های تزئینی، ساخت بتن های الیافی.

مقدار مصرف افزودنی بتن MTONANO Mix

با توجه به متغیر بودن مصالح و شرایط اجرا و بهره برداری میزان دقیق مصرف می بایست بر اساس آزمایش های کارگاهی به دست آید ولی برای شروع آزمایشات، مقدار مصرف پیشنهادی ۰,۳ تا ۰,۸ درصد وزن سیمان مصرفی می باشد.

روش مصرف افزودنی بتن MTONANO Mix

افزودنی بتن MTONANO Mix را می توان به آب اختلاطی بتن و سپس به مصالح خشک اضافه نمود و یا آن را به بتن آماده افزود.

مراقبت از وسایل کار افزودنی بتن MTONANO Mix

جهت استفاده از **افزودنی بتن MTONANO Mix** به صورت طولانی مدت باید همواره از وسایل کار مراقبت کنید. در این راستا باید ابزار و لوازم به کار برده شده را بلافاصله پس از مصرف تمیز کرده و بشویید.

طریقه انبارداری افزودنی بتن MTONANO Mix

افزودنی بتن MTONANO Mix را در محیط سربسته و به دور از تابش مستقیم خورشید و دمای زیاد نگهداری نمایید. در مناطق گرمسیری می بایستی این محصول در جای تهویه دار نگهداری گردد.

عدم توجه به روش انبارداری مناسب باعث آسیب دیدن محصول و یا ظرف آن می شود.

حفاظت و ایمنی افزودنی بتن MTONANO Mix

مانند تمامی محصولات شیمیایی دقت شود تا از تماس با چشم ها، دهان، پوست و مواد غذایی پرهیز گردد. در صورت تماس با پوست و چشم ها بلافاصله آن را به مدت ۱۵ دقیقه با آب شستشو داده و به پزشک مراجعه نمایید. اگر به طور اتفاقی بلعیده شد، می بایست اقدامات پزشکی انجام شود. در ظرف ها را پس از استفاده ببندید و برای اطلاع از انبارداری ویژه یا انهدام باقیمانده مواد به بروشور ایمنی محصول مراجعه نمایید.

تاییدیه کیفیت افزودنی بتن MTONANO Mix

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردند مطابق با استانداردهای کیفی بین المللی می باشد.

افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220

افزودنی هوا ساز بتن MTOAIR 220 در تولید حباب های هوای بسیار پایداری می کند این حباب محکم، ریز و نزدیک به هم هستند. افزودنی حباب ساز بتن برای تولید حباب های هوای بسیار پایدار، محکم، ریز و به هم نزدیک بر اساس استاندارد

ASTM C260-86 ,AASHTOM-154

A high performance concrete superplasticiser based on modified polycarboxyhc cther

موارد کاربرد افزودنی هوازا بتن MTOAIR 220:

۱. وارد کردن هوای کنترل شده در گستره وسیع در انواع بتن

۲. **طرح اختلاط** معمولی

۳. فاقد روانی

۴. محتوی خاکستر بادی با کربن زیاد

۵. محتوای مقادیر زیادی از مواد ریزدانه

۶. محتوی سیمان یا قلیایی زیاد

۷. بتن ریزی در هوای گرم

۸. زمان اختلاط طولانی

خواص و اثرات افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220

افزودنی هوا ساز بتن MTOAIR 220 به خصوص برای بتن هایی که به دلیل مجدد مشکلاتی لازم است مقداری هوا در آن ها وارد و حفظ گردد مفید است. وارد نمودن **حد بهینه حباب هوا** در بتن منجر به اصلاحات کیفی زیر می شود:

- **افزایش مقاومت** در برابر چرخه های یخ و ذوب
- **کاهش نفوذ پذیری** و در نتیجه افزایش خاصیت آب بند کنندگی

- کاهش جداشدگی و آب انداختگی
- **بهبود روانی** و کارپذیری
- آماده بودن محلول باعث پخش بهتر آن می شود

افزودنی حباب ساز بتن MTO AIR 220 با تمام بتن های حاوی افزودنی های دیگر مانند **کاهنده شدید آب**، زودگیر کننده، متراکم کننده و مانع آب سازگاری دارد همچنین مقدار هوای وارده توسط **سیمان پرتلند** با **خاصیت هوازایی** را افزایش می دهد. مصرف **افزودنی حباب ساز بتن MTO AIR 220** به همراه سایر افزودنی های کلینیک بتن ایران تشکیل ترکیب مناسبی برای **تولید بتن های معمولی** و سبک وزن با کیفیت عالی می دهند.

بسته بندی افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220:

MTOAIR 220 در گالن های ۲۵ کیلوگرمی، بشکه های ۲۲۰ کیلویی و مخازن بزرگ عرضه می شود.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220:

- وزن مخصوص: ۰,۹۸۶ تا ۱,۰۳۶ گرم در سانتی متر مکعب
- رنگ: کهربایی یا قهوه ای کمرنگ
- مقدار کلراید: کمتر از ۰,۱ درصد
- درجه اشتعال: غیر آتش زا
- درجه انجماد: -۱ درجه سانتی گراد
- عدد قلیایی: ۷ تا ۸

ملاحظات افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220

۱. بر طبق استاندارد ASTM C-182 3 دقیقه سکون و ۲ دقیقه اختلاط نهایی
۲. ۱۳ دقیقه هم زدن آرام و ۲ دقیقه اختلاط
۳. تکان دادن و ۲ دقیقه اختلاط

موارد کاربرد افزودنی حباب ساز بتن MTO AIR 220:

بر طبق ACI زمانی که ۲ یا چند افزودنی استفاده می شوند بایستی به طور جداگانه به مخلوط اضافه گردند. (به وسیله دستگاه **توزیع کننده** و یا دستی و نباید قبل از اضافه شدن بتن با یکدیگر مخلوط شوند.)

عملکرد افزودنی حباب ساز بتن MTO AIR 220

برای عملکرد بهینه بهتر است ماده هوا را به ماسه نرم مرطوب اضافه نمود. MTOAIR 220 را به وسیله دستگاه **توزیع کننده مخصوص حباب ساز** و با یک ابزار اندازه گیری دستی که دقت مثبت و منفی ۳ درصد را دارد به مخلوط اضافه نمایید.

مقدار مصرف افزودنی حباب ساز بتن MTO AIR 220:

هیچ استانداردی برای مقدار مصرف حباب ساز وجود ندارد. **مقدار افزودنی حباب ساز** مورد نیاز بایستی با انجام آزمایش های کارگاهی معین شود. عوامل موثر عبارتند از: دما – سیمان – دانه بندی مصالح – درصد – ترکیب – سنگدانه ها – اسلامپ – روش های انتقال و پخش بتن و مصرف ریزدانه ها مانند خاکستر بادی و میکروسیلیس.

مقدار مصرف MTOAIR 220 وابسته به مقدار هوای مورد نیاز در شرایط کار می باشد و در طرح آزمایشی مقادیر ۶۰ تا ۲۰۰ میلی لیتر به ازای ۱۰۰ کیلوگرم سیمان به کار برده و سپس تنظیم آن بر اساس نتایج به دست آمده انجام گیرد. در طرح هایی که افزودنی های **کاهنده آب** و یا **کنترل کننده گیرش** حضور دارند مقدار MTOAIR 220 کمتر از مقدار مورد نیاز برای بتن معمولی است.

طریقه انبارداری افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220:

افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220 باید در دمایی بیشتر از +۲ درجه سانتی گراد نگهداری و مصرف شود. اگر چه **یخ زدگی** آسیبی به این محصول نمی زند ولی احتیاط لازم برای جلوگیری از یخ زدگی لازم است. در صورت یخ زدن آن را گرم نموده و به آرامی هم بزنید تا **بازیافت کامل** گردد. از هوای فشرده برای مخلوط کردن استفاده کنید. در صورت رعایت شرایط فوق عمر مفید این محصول ۱۲ ماه است.

حفاظت و ایمنی افزودنی حباب ساز بتن MTO AIR 220

MTO AIR 220 محتوی هیچ ماده خطرناکی نمی باشد. برای آگاهی بیشتر به **برشور ایمنی محصول** مراجعه نمایید.

تاییدیه کیفیت افزودنی هوا ساز بتن MTO AIR 220:

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردد. مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد

افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 با عملکرد قوی و **عاری از مواد قلیایی** است که برای عملیات بتن پاشی استفاده می شود. این محصول به صورت مایع عرضه شده و مقدار مصرف آن بر حسب زمان های **گیرش و سخت شدن** مورد نیاز متغیر است. مایع زودگیر کننده بتن، غیر قلیایی قوی برای **بتن پاشی** به روش مرطوب.

MTOCRETE S-123
Alkali-free, liquid high performance set
Accelerator for wet-mix sprayed conc
بر اساس استاندارد ASTM C-494 Type B, C and G
BS 5075 part 1

موارد کاربرد افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

افزودنی زودگیر کننده MTOCRETE S-123 در هر جایی که **مقاومت اولیه** زیاد، **مقاومت نهایی** خوب و اجرای لایه های ضخیم احتیاج باشد به کار می رود مانند:

- نگهداری موقت یا دائمی در تونل ها
- تثبیت صخره ها در معادن
- حفاری زمین های ضعیف و سست
- تثبیت سطوح شیب دار
- همچنین برای **زودگیر کنندگی دوغاب** مصرفی در حفاری با TBM و یا تزریق دوغاب سیمان و بتن برای پر کردن پشت سازه های بتنی

فواید افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123:

افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 ایده آل برای بتن پاشی به روش مرطوب برای تثبیت صخره ها است زیرا **خاصیت زودگیری** این امکان را فراهم می آورد که:

- روند کارها سریع شده و امکان اجرای لایه های ضخیم بتن پاششی در هر مرحله اجرایی به وجود می آید.
- فرمول تولید منحصر به فرد آن امکان کسب **مقاومت کوتاه مدت**، دراز مدت و دوام بتن را فراهم می آورد.
- زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 محصولی مایع است بنابراین انتقال آن آسان و وسایل اندازه گیری و افزودن آن به بتن دقیق است.
- گرد و غبار کمتری به وجود می آید بنابراین محیط کار تمیزتر است.
- چون این محصول آسیب رسان نیست، ایمنی محیط کار بیشتر می شود. فشار کاری و هزینه های حمل و نقل کاهش می یابد.

بسته بندی افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123:

افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 در گالن های ۲۵ کیلوگرمی، بشکه های ۲۸۵ کیلوگرمی و تانکرهای ۱۱۰۰ کیلوگرمی عرضه می گردد.

ویژگی ها و مشخصات افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

- شکل: مایع غلیظ
- رنگ: بژ
- وزن مخصوص در ۲۰ درجه سانتی گراد: ۱,۴۳ گرم در میلی لیتر
- عدد اسیدی (محلول ۱ به ۱ با آب): ۲,۱ تا ۳,۱
- مقدار کلراید: کمتر از ۰,۱ درصد

روش مصرف افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123:

۱. بستر کار بایستی تمیز و عاری از تکه های سست بوده و بهتر است کمی مرطوب باشد. پیشنهاد می گردد از **سیمان تازه** استفاده کنید زیرا سیمان کهنه اثرات منفی در **مختصات گیرش** مخلوط بتنی به وجود می آورد.

۲. افزودنی زودگیر کننده MTOCRETE S-123 به نوع سیمان حساس است. با برخی سیمان ها مختصات گیرش خیلی کند می شود. پیشنهاد می گردد از **سیمان پرتلند** استفاده نمایید که به طور معمول گیرش سریع تری از سیمان های ترکیبی و **ضد سولفات** دارد.

۳. به هر حال افزودنی زودگیر بتن MTOCRETE S-123 به خوبی با سیمان های مخلوط با خاکستر بادی و سرباره عمل می کند. در همه موارد به طور جدی توصیه می گردد **آزمایش های مقدماتی** برای **کنترل زمان گیرش** و مقاومت ۲۴ ساعته با سیمان مصرفی در طرح انجام پذیرد.

۴. ارزیابی زمان گیرش و مقاومت ۲۴ ساعته (بدون اضافه کردن **مایع کنترل کننده هیدراسیون**) بایستی به کمک ملات آزمایش و بر طبق آیین نامه اروپایی EEFNARC برای بتن پاشی، پیوست ۱ ماده ۶,۳ انجام گردد.

توجه: چنانچه زمان گیرش کوتاه باشد مقاومت ۲۴ ساعته مطلوب است.

عملکرد افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

در طرح **اختلاط بتن** پاشی به روش مرطوب که از افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 استفاده می شود. **نسبت آب به سیمان**(تمام مواد سیمانی) بایستی کمتر از ۰,۵ و بهتر آنکه کمتر از ۰,۴۵ باشد. اگر هدف مقاومت های زودرس خیلی زیاد باشد بهتر است نسبت آب به سیمان ۰,۴ و یا کمتر در نظر گرفته شود. هرچه نسبت آب به مواد سیمانی کمتر باشد گیرش سریع تر اتفاق می افتد. زودگیر کننده کمتری مصرف می شود و می توان لایه های ضخیم تری در سقف اجرا نمود.

مقدار مصرف افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

MTOCRETE S-123 در سر نازل افزوده می شود. برای اطمینان از مصرف دقیق و یکنواخت و جهت اطمینان از **کیفیت بتن** پاشیده شده، از راهنمایی زیر برای انتخاب پمپ مناسب استفاده نمایید. با وسایل زیر به خوبی کار می کند:

- پمپ مادونی-غیر پیستونی
- پمپ فشاری
- پمپ اندازه گیر

با این ابزار کار نکنید:

- پمپ پیستونی
- تمامی پمپ های دارای گوی و دریچه

- پمپ دنده ای
- در لوله مکنده فیلتر نصب نکنید زیرا باعث انسداد می شود. بهتر است ماده از قسمت پایین بشکه مکیده شود

ترکیبات زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 با سایر افزودنی ها:

افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 را می توان همزمان با **زودگیر کننده های غیر قلیایی** به کار برد ولی نباید آن ها را به صورت مخلوط شده نگهداری کرد. توجه داشته باشید این محصول هرگز نباید با سایر زودگیر ها مخلوط نمود.

مقدار مصرف افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

مقدار مصرف MTOCRETE S-123 بستگی به: شرایط دما، **واکنش زایی سیمان** مصرفی، ضخامت لایه مورد نیاز، زمان گیرش و توسعه مقاومت اولیه دارد. مصرف عمومی آن بین ۳ تا ۱۰ درصد باعث **کاهش مقاومت نهایی** می شود.

تمیز کردن پمپ اندازه گیر:

قبل از استفاده از افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 بایستی لوله ها به طور کامل تمیز و با آب فراوان شسته شوند. عدم رعایت آن منجر به مسدود شدن سیستم می شود. اطمینان حاصل کنید که تمام کارکنان آزمایش کننده و کاربر از این مسئله آگاهی دارند.

طریقه انبارداری افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123:

- افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 بایستی در دمای ۵+ تا ۳۵+ درجه سانتی گراد نگهداری شود. این محصول باید در **ظروف پلاستیکی**، فایبر گلاس و یا استیل نگهداری شود. نباید آن را در بشکه های آهنی بریزید، زیرا اسیدی بودن آن سبب خوردگی ظرف و تاثیر بر کارایی محصول می شود.
- پس از انبارداری طولانی، **زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123** را با **ابزار مکانیکی** و یا پمپ هم بزنید. از هوای فشرده برای اختلاط آن استفاده نکنید.
- در صورتی که در بشکه برای مدت طولانی باز بماند، سطح مایع در ترکیب با هوا تشکیل پوسته و تولید حباب می نماید که باعث **انسداد لوله ها** می شود.
- در صورت یخ زدن با بخش فنی شرکت کلینیک بتن ایران تماس حاصل نمایید و قبل از استفاده، اقدام به **آزمایش عملکرد محصول** نمایید.

حفاظت و ایمنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 دارای هیچگونه ماده خطرناکی نیست. اگرچه کلیه نکات احتیاطی که در مورد مواد سیمانی رعایت می شود بایستی به کار گرفته شود. از تماس با پوست بدن و چشم پرهیز شود. از دستکش لاستیکی و عینک استفاده کنید. در صورت تماس احتمالی موضع را با آب بشویید. در صورت تماس با چشم ها به پزشک مراجعه نمایید. برای کسب آگاهی بیشتر به **بروشور ایمنی محصول** مراجعه کنید.

تاییدیه کیفیت افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123:

تمامی محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** تولید و عرضه می گردند مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشد.

پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101

پودر زودگیر کننده بتن، قوی برای بتن پاشی به روش خشک و غیر قلیایی و بی خطر. پودر زودگیر بتن MTOCRETE S-101 یک **افزودنی زودگیر کننده بتن**، بدون خطر و فاقد قلیایی است که در **عملیات بتن پاشی** به روش خشک استفاده می شود. این محصول به صورت پودر عرضه می گردد و مقادیر مصرف آن بسته به **زمان گیرش** دلخواه و سخت شدن بتن متغیر است.

MTOCRETE S-101
Alkali_ free, non caustic and non toxic high
Performance Powder accelerator for
dry-mix shotcrete بر اساس استاندارد
BS 5075 Part 1

فواید مصرف پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101

خاصیت زودگیر کنندگی بتن این محصول امکان می دهد که:

اجرای لایه هایی به ضخامت ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیمتر روی دیوار و یا سقف در یک **مرحله پاشش** فراهم آید. (همانند زودگیر کننده های آلوماتی) انجام مراحل کار سریعتر می شود.

مزایای استفاده از پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S101

- باعث توسعه عالی **مقاومت های زودرس** می شود.
- کاهش مقاومت بلند مدت را محدود می کند.
- دوام بتن را در مقایسه با **زودگیر کننده های سنتی** بهبود می بخشد.
- طبیعت غیر خطرناک و غیر سوزنده بودن این محصول
- از سوختگی های پوستی جلوگیری نموده و **شرایط محیط کار** را بهبود می بخشد.
- ملاحظات حمل و نقل را کاهش داده و باعث صرفه جویی اقتصادی می شود.
- ورود نمک ها به آب جاری را کاهش می دهد.

محدوده های کاربرد پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101

- پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 برای همه کارهایی که نیاز به مقاومت کوتاه مدت و دراز مدت زیاد و اجرای لایه های ضخیم دارند مناسب است.
- نگهداری موقت و دائم صخره ها
- اجرای پوشش (آستر) نهایی (اجرا در یک مرحله)
- عملیات تعمیری
- تونل ها
- معادن

بسته بندی پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 در کیسه های ۱۵ کیلوگرمی عرضه می گردد.

ویژگی های پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

- شکل: پودر
- رنگ: سفید
- وزن مخصوص فله: ۷۵۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم در متر مکعب
- عدد قلیایی (حل شده در مایع): ۶,۵ تا ۷,۵
- مقدار کلر: کمتر از ۰,۱ درصد

میزان مصرف پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

مقادیر مصرف مطلوب **پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101** بستگی به عواملی چون: دمای بتن، هوا و ویژگی های مصرفی دارد. با توجه به **زمان گیرش** و **مقاومت اولیه** دلخواه مقادیر مصرف بین تا درصد وزن سیمان متغیر است. مصرف مقادیر بیشتر از درصد باعث **کاهش مقاومت نهایی** می گردد. در هر حال انجام آزمایش های کارگاهی توصیه می شود.

روش مصرف پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

آماده سازی بستر:

سطح زیر کار بایستی تمیز و عاری از تکه های سست باشد و فقط کمی خراشیده شود.

حساسیت سیمان:

سن: پیشنهاد می شود فقط از سیمان تازه استفاده شود.ذ زیرا سیمان های کهنه باعث تاثیر منفی در مختصات گیرش مخلوط بتن می شوند.

نوع سیمان: پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 به نوع سیمان حساسیت دارد. با برخی از سیمان ها مختصات گیرش خیلی کند است. این حساسیت با کم نمودن نسبت آب به سیمان جبران می شود. پیشنهاد می شود از سیمان پرتلند معمولی (**OPC**) یا سیمان زود سخت می شوند (**RHPC**) استفاده شود که به طور معمول مختصات زورگیری بهتری نسبت به **سیمان ترکیبی** و یا ضد سولفات دارند. در هر حال تاکید می شود که انجام آزمایش های مقدماتی برای کنترل زمان گیرش و مختصات مقاومت ساعته بر روی سیمان مصرفی در دستور کار قرار گیرد.

توجه: چنانچه زمان گیرش کوتاه باشد، مقاومت ۲۴ ساعته خوب است. زمانی که گیرش به آرامی انجام شود **اجرای لایه های پاششی** تا ضخامت ۵۰ تا ۷۰ میلی متر به طور عمودی و ۳۰ تا ۵۰ میلی متر به طور بالاسری امکان پذیر است.

عملکرد پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

در **طرح اختلاط** هایی که از پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 استفاده می شود حداقل سیمان مورد نیاز ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب است. ولی بهتر است به ۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب افزایش یابد.

موارد کاربرد پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 درست قبل از مصرف به مخلوط اضافه می شود.

سازگاری با Delvocrete Stabiliser

(افزودنی کنترل کننده زمان گیرش)

چنانچه پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 در طرح های محتوی MTOCRETE S-101 (**افزودنی کنترل کننده زمان گیرش**) استفاده می شود، باید دقت نمود که درصد مصرف پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 در دمای محیطی بیشتر از ۲۰ درجه سانتیگراد حداکثر ۰,۴ درصد و در دمای بیشتر از ۱۵ درجه سانتیگراد فقط ۰,۲ درصد وزن سیمان باشد. در دمای کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد نباید از پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 استفاده نمود. مقدار مصرف بیشتر mtocrete (افزودنی کنترل کننده زمان گیرش) از آن چه که گفته شد باعث کندی گیرش و **پایین بودن مقاومت اولیه** می شود. با سیمان های **کندگیر** نیز مشکل **عدم چسبندگی** به صخره بستر وجود دارد.

ملاحظات پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101

اطلاعات داده شده نه تنها بر مبنای نتایج آزمایشگاهی بلکه بر تجربیات کارگاهی استوارند. اما به دلیل عوامل متعدد تاثیرگذار، این اطلاعات **فاقد تضمین اجرایی** و یا مسئولیت اجرایی می باشند. برای کسب اطلاعات بیشتر با بخش فنی شرکت کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.

طریقه انبارداری پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

چنانچه در جای خشک و در بسته بندی اصلی نگهداری شود تا ۱۲ ماه قابل استفاده می باشد.

حفاظت و ایمنی پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

برخلاف سایر افزودنی های زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 به پوست صدمه نمی زند. بنابراین خطر کمتری برای سلامتی دارد. پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 در طبقه بندی غیر خطرناک قرار دارد.

تاییدیه کیفیت پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردند مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشد

پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330

افزودنی بتن کاهش دهنده نفوذ پذیری و آب بند کننده بتن که علاوه بر **ایجاد روانی و افزایش مقاومت**، باعث انسداد کاپیلار های بتن از نفوذ آب می گردد. پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330 ماده **کاهش دهنده نفوذ پذیری بتن** می باشد که افزودن آن به بتن علاوه بر ایجاد روانی و افزایش مقاومت، با مسدود نمودن **کاپیلار های بتن** از نفوذ آب نیز جلوگیری می نماید.

بر اساس استاندارد ASTM C-494 type A,C, E and F

BS 5075 part 1

Waterproofing agent for concrete

افزودنی بتن کاهش دهنده نفوذ پذیری و **آب بند کننده بتن** که علاوه بر ایجاد روانی و افزایش مقاومت، باعث **انسداد کاپیلارهای بتن** از نفوذ آب می گردد. انواع پودر واترپروف، پودر واترپروف بتن، **پودر واترپروف سیمان**، پودر واترپروف ملات نام برد که **نحوه استفاده واترپروف** متفاوت می باشد.

پودر واترپروف بتن Mtoseal G-330 به منظور کاهش دهنده و نفوذپذیری و همچنین آب بند کننده بتن می باشد. برای خرید و فروش پودر واترپروف بتن با قیمت مناسب به کلینیک بتن ایران مراجعه کنید.

موارد کاربرد پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330:

پودر واتر پروف MTOSEAL G-330 جهت آب بند نمودن بتن های **فونداسیون**، منابع آب، استخر ها، **ساخت لوله های بتنی**، کانال های آب و گالری بسیار مناسب می باشند.

پور واترپروف MTOSEAL G-330 را می توان در مراحل تولید بتن و یا رد محل بتن ریزی به بتن آماده اضافه نمود و کافیست به مدت ۲ دقیقه با بتن مخلوط گردد. از آن جا که این ماده محتوی **روانساز پودری** بوده، موجب افزایش روانی می گردد. ضروری است در **هنگام تولید بتن** نسبت آب به سیمان به دقت کنترل شده و از ۴۰ درصد تجاوز ننماید. در غیر این صورت آب اضافی موجود باعث ایجاد تخلخل و در نتیجه نشت آب می گردد.

توجه: در صورت طولانی شدن مصرف بتن و در نتیجه **افت اسلامپ** آن، افزودن دوباره **پودر واترپروف MTOSEAL G-330** بی مانع است اگرچه در چنین مواقعی استفاده از **روان کننده بتن** MTOSEAL G-330 نیز بسیار کارساز می باشد.

ویژگی ها و مشخصات پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330:

- شکل ظاهری: پودر کرم رنگ
- وزن مخصوص: ۱,۰۲ تا ۱,۰۳ گرم در سانتیمتر مکعب
- درصد یون کلر: صفر
- ایجاد حباب هوا: کمتر از یک درصد

مقدار مصرف پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330:

پودر واترپروف سیمان به طور معمول بین ۰/۵ درصد **وزن سیمان** موجود در بتن مصرف می شود و در صورت نیاز به تکرار آن مقدار یک درصد وزن سیمان اضافه شود.

بسته بندی پودرواترپروف بتن MTOSEAL G-330:

پودر واترپروف MTOSEAL G-330 در کیسه های پلاستیکی ۲۵ کیلوگرمی عرضه می گردد.

طریقه انبارداری پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330:

در صورت دور بودن کیسه ها از **تابش آفتاب و رطوبت**، تا یک سال **پودر واترپروف** MTOSEAL G-330 قابل نگهداری و مصرف می باشد.

حفاظت و ایمنی پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330

پودر واترپروف MTOSEAL G-330 حاوی مواد سمی و خطرناک نمی باشد ولی همانند سایر مواد شیمیایی، در هنگام کار با این ماده از **دستکش و ماسک** استفاده نماید و از تماس با چشم ها، دهان و مواد غذایی اجتناب گردد.

تاییدیه کیفیت پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330:

تمامی محصولاتی که توسط **کلینیک بتن ایران** ارائه می گردد مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشند.

افزودنی بتن میکروسیلیس Microsilica

پودر میکروسیلیس یا **پودر میکروسیلیکا** جهت تقویت خواص آب بندی و دوام سازه های بتنی به خصوص در سازه های ساحلی، آبی و بتن هایی که در معرض حمله شدید سولفات ها و **خوردگی آرماتور ها** قرار دارند. استفاده از میکروسیلیس در بتن ریزی های مجاور سواحل دریا ها به طور جدیدی مورد توجه مهندسین ساختمان قرار گرفته است به دلیل خصوصیات بارز پوزولانی میکروسیلیس، استفاده از آن جهت بهبود خواص مکانیکی و **افزایش دوام بتن** در کشور های پیشرفته رو به افزایش است. میکرو سیلیس یک محصول فرعی از کوره های قوس الکتریکی در جریان تولید آلیاژ های فرو سیلیس می باشد. این ماده با داشتن بیش از ۹۰ درصد سیلیس با حالت غیر کریستالی و به شکل ذرات بی نهایت ریز با قطر متوسط ۰,۱ متوسط میکرون شدیدا **پوزولانی** و برای استفاده به عنوان یک ماده سیمانی در بتن بسیار مناسب است و با استاندارد ASTM C1240 مطابقت دارد.

*پودر میکروسیلیکا جهت تقویت **خواص آب بندی** و **دوام سازه های بتنی** به خصوص در سازه های ساحلی، آبی و بتن هایی که در معرض حمله شدید سولفات ها و خوردگی آرماتورها قرار دارند.

عملکرد افزودنی بتن میکروسیلیس Microsilica:

افزودن میکروسیلیس به مخلوط بتن باعث می گردد **Sio2** فعال آن با محلول هیدروکسید کلسیم ۲ OH (Ca) آزاد در منفذ مویین بتن ترکیب گردد و کریستال سیلیکات کلسیم نامحلول تولید نماید و در نهایت باعث تراکم ساختار خمیر سیمان و کاهش نفوذ پذیری و **افزایش مقاومت فشاری**، الکتریکی، خمشی و کششی بتن، افزایش مقاومت بتن در برابر فرسایش، کاهش مقابل توجه نفوذ پذیری، جلوگیری از نفوذ یون کلر، سولفات ها و سایر مواد شیمیایی مخرب به داخل بتن گردد.

موارد کاربرد افزودنی بتن میکروسیلیس Microsilica :

- اجرای بتن در سواحل دریا، اسکله ها و پل ها
- ساخت بتن های با مقاومت بالا
- ساخت بتن سدها، کانال ها، تونل ها، مخازن و منبع آب
- کف سازی و نماسازی
- ساخت بتن های در معرض خوردگی

مقدار مصرف افزودنی بتن میکروسیلیس Microsilica:

به منظور میزان مصرف **افزودنی بتن میکروسیلیس Microsilica** را می توان به نسبت ۳ تا ۷ درصد وزن سیمان به بتن افزود (با توجه به اینکه باعث **افزایش مقاومت بتن** می گردد جایگزین همان مقدار سیمان گردد) با توجه به اینکه میکروسیلیس خاصیت **کاهندگی آب** دارد حتما می بایست به همراه یکی از **فوق روان کننده های بتن** استفاده گردد. در غیر این صورت باعث ترک خوردن بتن و کاهش کارایی و عدم تراکم بتن گردد.

روش مصرف افزودنی بتن میکروسیلیس Microsilica :

به میزان لازم در زمان ساخت بتن با **اجزای خشک** مخلوط کرده و سپس آب و **فوق روان ساز** به آن افزوده شود.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی افزودنی بتن میکروسیلیس Microsilica :

- حالت فیزیکی: پودر پوزولان
- رنگ: خاکستری روشن
- وزن مخصوص: ۲۵۰ گرم در سانتیمتر مکعب
- شکل ذرات: کروی و غیر کریستاله (آمورف)

طریقه انبارداری افزودنی بتن میکروسیلیس Microsilica :

میکروسیلیس را به دور از **سرما، گرما و رطوبت** به مدت یک سال می توان نگهداری کرد. عدم توجه به روش انبارداری مناسب باعث **آسیب دیدن محصول** و یا کیسه آن می شود.

بسته بندی افزودنی بتن میکروسیلیس Microsilica :

افزودنی بتن میکروسیلیس Microsilica در کیسه های ۲۵ و ۴۰ کیلوگرمی و یا به صورت **کیسه های جامبو** ۱ تنی بسته بندی می شود.

حفاظت و ایمنی افزودنی بتن میکروسیلیس Microsilica :

همانند تمامی **محصولات شیمیایی** دقت شود تا از تماس با چشم ها، دهان، پوست و مواد غذایی پرهیز گردد. در صورت تماس با پوست و چشم ها بلافاصله آن را به مدت ۱۵ دقیقه با آب شستشو داده و به پزشک مراجعه نماید. اگر به طور اتفاقی بلعیده شد، می بایست **اقدامات پزشکی** انجام شود. در ظرف ها را پس از استفاده ببندید و برای اطلاع از انبارداری ویژه یا انهدام باقی مانده مواد به **بروشور ایمنی محصول** مراجعه نمایید.

تاییدیه کیفیت افزودنی بتن میکروسیلیس Microsilica:

تمام محصولاتی که شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردند مطابق با **استانداردهای کیفی بین المللی** می باشد

ضد یخ بتن چیست؟

ضد یخ بتن کلینیک بتن ایران (Antifreeze for concrete) با کد محصول MTO ANTIFREEZE یک **افزودنی ضد یخ بتن** برای بتن مسلح و ترکیبی از مواد معدنی و آلی بر پایه نیتروژنی می باشد. در ساخت این ضد یخ بتن مسلح بدون کلراید به هیچ عنوان از مواد کلرایدی استفاده نشده است. مواد نیتروژنی و کلسیم نیتروژنی در ضد یخ بتن به عنوان موادی که **بازدارنده خوردگی** می باشند مطرح شده است. بتن ریزی در هوای سرد با استفاده از این ضد یخ بتن امکان پذیر است. قابل ذکر می باشد با وجود استفاده از این ضد یخ بتن و یا هرگونه ضد یخ بتن در هنگام بتن ریزی در هوای سرد، رعایت **الزامات بتن ریزی** در هوای سرد و آیین نامه ای نباید فراموش شود. در حقیقت استفاده از ضد یخ بتن یک اقدام تکمیلی است و باید **تمهیدات بتن ریزی** در هوای سرد همانند کیورینگ و دیگر عوامل رعایت شود. برای استفاده صحیح و مشاوره برای نوع و چگونگی استفاده از ضد یخ بتن می توانید با **کارشناسان کلینیک بتن ایران** در این رابطه مشاوره نمایید.

در تعریف کلی می توان گفت ضد یخ بتن MTOANTIFREEZE ضد یخ بتن برای بتن مسلح است که در انواع مختلف تولید شده و کاربرد فراوان دارد.برای خرید و فروش ضد یخ بتن با قیمت مناسب به کلینیک بتن ایران مراجعه کنید.

انواع ضد یخ بتن

- ضد یخ بتن پودری
- ضد یخ بتن مایع

- ضد یخ بتن مایع بدون کلراید
- ضد یخ بتن مایع با کلراید

ویژگی های ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

ضد یخ بتن مسلح تولیدی کلینیک بتن ایران حاوی کلرید نمی باشد و براساس بهترین مواد معرفی شده و استاندارد برای ساخت بتن های مسلح طراحی شده است. به علت غلظت بالای این **ضد یخ بتن** با کمترین میزان **مصرف ضد یخ بتن** به نتیجه مطلوب و بدون عوارض جانبی نزدیک شوید. **بالا رفتن سرعت هیدراتاسیون**، افزایش حرارت زایی بتن، پایین آمدن نقطه انجماد و **تسریع زمان گیرش** اولیه از خصوصیات مهم این ضد یخ بتن و ملات است.

بسته بندی ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

ضد یخ استاندارد بتن کلینیک بتن ایران به صورت فله یا در گالن های ۲۰ و ۲۵ کیلوگرمی و بنا به درخواست مشتری تا پالت های یک تنی قابل تحویل است.

موارد کاربرد ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

استفاده از تندگیر کننده ها یا ضد یخ بتن عموما در بتن ریزی در شرایط هوای سرد صورت می گیرد. تندگیر کننده ها **نقطه انجماد آب** را کاهش نمی دهند از این رو اطلاق نام ضد یخ به این افزودنی ها درست نمی باشد. افزودنی تندگیر کننده برای کاهش زمان گیرش و **افزایش مقاومت اولیه** به دست آمده به خصوص در بتن ریزی در هوای سرد به منظور تسریع در زمان شروع عملیات عمل آوری بتن و کاهش زمان عمل آوری استفاده می شوند. همچنین افزایش سرعت کسب مقاومت بتن به خصوص در سنین اولیه منجر به کاهش زمان مورد نیاز برای **قالب بندی بتن** و به دنبال آن کاهش هزینه های کلی ساخت و ساز می گردد.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

مشخصات فنی افزودنی تندگیر کننده یا ضد یخ بتن؛

چند نمونه از تسریع کننده ها عبارتند از: کربنات سدیم، کلرور آلومینیوم، کربنات پتاسیم، فلوئورید سدیم، آلومینات سدیم، نمک‌های آهن و کلرور کلسیم. نسل قدیم **مواد افزودنی زود گیرکننده بتن** از نوع قلیایی بودند و بیشتر با بنیان آلومیناتی، کربناتی و سیلیکاتی تولید می شدند. زودگیر کننده های مدرن شامل ترکیباتی از نمک های معدنی با بنیان سولفاتی که فاقد قلیا هستند با حالت های فیزیکی پودری و مایع در دسترس می باشند نتایج کیفی حاصل از مصرف زودگیر کننده های غیر قلیا به ماهیت شیمیایی ماده، ترکیبات شیمیایی سازنده سیمان و سایر **مواد افزودنی مجاز بتن** بستگی دارد. چنانچه هوا سرد و دمای بتن کم شود، سرعت واکنش سیمان با آب کند می گردد و زمان گیرش طولانی می شود و در نتیجه مقاومت چندانی در ساعات و روزهای اولیه حاصل نمی گردد. زمان **قالب برداری** طولانی خواهد شد و ممکن است در طول این مدت به واسطه لرزش و ضربه آسیبی به بتن وارد گردد. چنانچه در هنگام **گیرش** و یا پس از آن، زمانی که **مقاومت بتن** چندان زیاد نیست یخبندان در بتن حاصل شود، بتن به واسطه انبساط ناشی از یخ زدن آب در حفرات، در اثر تنش‌های کششی حاصله، ترک می خورد و از بین می‌رود در این دستور العمل سعی می‌شود تا از بروز این خسارت‌ها جلوگیری بعمل آید. **مواد افزودنی شیمیایی** از جمله زودگیر کننده ها که در بتن پاششی استفاده می شود باید از استانداردها پیروی کرده و مشخصات فنی آن ها از جمله میزان کلرید، قلیاییت و زمان گیرش مورد بررسی و آزمون قرار گیرد.

ملاحظات و مشخصات فنی ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

ضد یخ های بتن مواد شیمیایی هستند که به منظور **پایین آوردن نقطه انجماد** فاز مایع به آب **اختلاط بتن** اضافه می گردند و تا دمای $-30^{\circ}C$ کاربرد دارند.

استفاده از ضد یخ در بتن ریزی در شرایط آب و هوای سرد، دارای اصول فنی ساده و بسیار سودمند می باشد که باعث صرفه جویی ۲۰ الی ۵۰ درصدی زمان و انرژی در مقایسه با عمل آوری با بخار، **گرم کردن بتن** و.... می باشد.

میزان و روش مصرف ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

نحوه استفاده ضد یخ بتن و میزان **مصرف ضد یخ بتن** رابطه مستقیم با دمای محیط عیار سیمان مصرفی و خصوصیات آن دارد و می بایست توجه شود که در محاسبه دمای محیط حداقل دمایی که ممکن باید ملاک محاسبه قرار گیرد. ضد یخ بتن را به مقدار ۱٪ الی ۵٪ وزن سیمان مصرفی به می باشد. جهت راهنمایی اولیه برای تست های مربوطه می توان از جدول زیر کمک گرفته شود. لطفا جهت دریافت **نمودار و جداول ضد یخ بتن** با ما تماس بگیرید.

می توان ضد یخ بتن را قبل از مصرف بتن به **تراک میکسر** اضافه کرد که در این صورت باید میزان مصرف ضد یخ بتن را از آب مصرفی در بچینگ کاسته باشید. دما میزان مصرف ضد یخ بتن بر حسب درصد **وزن سیمان** مصرفی عیار ۳۰۰ عیار ۳۵۰ عیار ۴۰۰ ۰ تا ۵ - ۲٫۵٪ ۲٪ ۱٫۵٪ ۵ - تا ۱۰ - ۳٫۵٪ ۳٪ ۲٪ ۱۰ - تا ۱۵ - ۵٪ ۴٪ ۳٪ میزان مصرف ضد یخ بتن.

عملکرد ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

یک دسته نقطه انجماد فاز مایع بتن را پایین می آورند، همچنین **زودگیرها و دیرگیرهایی** ضعیف هستند که بر گیرش و سخت شدگی سیمان تاثیر می گذارند، از جمله محصولات الکترولیت مانند: ANTIFREEZ SN و ANTIFREEZ SC. محصولات الکترولیت ضعیف مانند: ANTIFREEZ AM و غیرالکترولیت مانند: ANTIFREEZ U می باشند. دسته دوم افزودنی های دو یا سه سیستمی می باشند. **هیدراتاسیون سیمان** را تسریع کرده و همچنین خصوصیات ضد یخ را دارا می باشند.

علاوه بر این دو گروه اصلی، مابقی خصوصیات ضعیفی از ضد یخ ها را دارا می باشند. گیرش و سخت شدن سیمان را تسریع می کنند و به صورت قابل توجهی میزان گرمای مراحل اولیه **سخت شدن سیمان** در بتن ریزی زمستانی را افزایش می دهند. این افزودنی ها در شکل گیری سریع **ساختار متراکم** موئینه سیمان شرکت می کنند، مانند: ANTIFREEZ FS و ANTIFREEZ AS.

ترکیبات ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

مواد تشکیل دهنده ضد یخ بتن ترکیبی از **مواد معدنی و آلی** بر پایه نیتروژنی می باشد. در ساخت این ضد یخ بتن مسلح بدون کلراید به هیچ عنوان از مواد کلرایدی استفاده نشده است. **مواد نیتروژنی و کلسیم نیتروژنی** در ضد یخ بتن به عنوان موادی که بازدارنده خوردگی می باشند مطرح شده است.

طریقه انبارداری ضدیخ بتن MTO ANTIFREEZE

- دمای متوسط هوا در شبانه روز کمتر از ۵ درجه سانتی گراد باشد.
- دمای هوا برای بیشتر از نصف روز از ۱۰ درجه سانتی گراد زیادتر نباشد.

هدف از استفاده از ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

- جلوگیری از خسارت به بتن ناشی از یخ زدگی در زمان های اولیه
- اطمینان از رشد مقاومت مورد نیاز بتن جهت آن
- نگهداری از شرایط مطلوب برای بهبود استحکام بدون استفاده از گرمای اضافی در زمان بتن ریزی
- کنترل تغییر دمای سریع در بتن به منظور جلوگیری از ترک خوردگی
- محافظت دائمی از ساختار بتن
- باید توجه داشته باشید که بتن گرم قرار داده شده در بستر سرما، گرما از دست می دهد و افت دما پیدا می کند. دانستن این مسئله بسیار مهم است که اگر ساختار به دلیل **کیورینگ بتن** و محافظت نامناسب دچار خرابی شده باشد

- رسیدن بتن به مقاومت ۲۸ روزه مخصوص بی فایده خواهد بود.

بتنی که از یخ زدگی محافظت شده است تا وقتی که به مقاومت فشاری حداقل ۳,۴۵ Mpa (500 psi) برسد به دلیل قرار گرفتن در معرض یک چرخه یخ زدگی تنها دچار خرابی نمی شود. بتنی که محافظت می شود و یا احتمالا عمل آوری می گردد علی رغم قرار گرفتن در معرض هوای سرد به مقاومت بالقوه خودش می رسد. به جز در گرما و محوطه حفاظتی، نیازی به **تامین رطوبت خارجی** برای عمل آوری در زمان هوای سرد نیست ویا این نیاز کمتر می گردد.

تاییدیه کیفیت ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردند مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشد. جهت دریافت **قیمت ضد یخ بتن** MTO ANTIFREEZE با ما تماس بگیرید.

خواص ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

سدیم نیترات یک ضد یخ خوب و قابل اتکایی است که می تواند دمای انجماد آب را تا منفی ده درجه ی سانتی گراد کاهش دهد. اما از طرف دیگر، **مقاومت نهایی بتن** با اضافه کردن این ترکیب به آب، دست خوش تغییرات منفی می شود. سدیم فرمات در پایین آوردن دمای انجماد آب، عملکردی تقریبا شبیه به سدیم نیترات دارد؛ با این تفاوت که نسبت کمتری از آن در مقایسه با **سدیم نیترات** می تواند دمای انجماد آب را به منفی ده درجه ی سانتی گراد برساند.

مقاومت و ایمنی ضدیخ بتن MTO ANTIFREEZE

در هنگام استفاده از مقادیر کم از این ترکیب شیمیایی، **مقاومت فشاری اولیه ی بتن** افزایش می یابد. این مورد تنها در صورتی رخ می دهد که میزان استفاده از این ماده کم باشد؛ در موارد دیگر نتیجه عکس خواهد بود.

گروت اپوکسی MTOFLOW 650

گروت اپوکسی MTOFLOW 650 روان و بدون حلال با مقاومت بالا برای تحمل بارهای فعال و مصارف صنعتی برای کاربردهای بسیار زیادی طراحی شده است. **گروت اپوکسی** برای ضخامت های ۱۰ تا ۸۰ میل متر مناسب است. این محصول به شکل سه جزئی تحویل و به آسانی در کارگاه مخلوط شده و ملات روانی به دست می آید.

گروت ها فارغ از اینکه گروت سیمانی باشند یا گروت اپوکسی بیشتر به عنوان یک پرکننده فضاهای خالی و ترک ها و یا انتقال نیرو در جزئیات و عناصر ساختمانی کاربرد دارند. **شباهت گروت اپوکسی** و گروت پایه سیمانی در این است که اول هر دو در نقش پر کننده مخصوصا زیر صفحات و بیس پلیت ها و شاسی ها و فلنج ها ظاهر می شوند، دوم اینکه قابلیت تحمل نیروی فشاری و انتقال آن از **صفحات فلزی** به فونداسیون ها را دارند و سومین مورد تشابه در استفاده از گروت های سیمانی و اپوکسی به عنوان **ملات ترمیم بتن** است و در آخر **وزن مخصوص گروت اپوکسی** و پایه سیمانی یا اصطلاحا گروت G2 برابر با دانسیته ی گروت اپوکسی سه جزئی بوده و مقدار آن ۲۰۰۰ کیلوگرم در هر متر مکعب است.

گروت G3 اپوکسی چه از لحاظ ظاهری و شیمیایی و چه نحوه ی عمل آوری کاملا متفاوت از **گروت بر پایه سیمان** است. در واقع گروت اپوکسی یک **ماده پلیمری** است که از **ترکیب رزین** بیس فنول، هاردنر و **پودر سیلیسی** که با نسبت معینی با هم ترکیب می شوند به دست آمده و در مدت کوتاهی به سختی اولیه می رسد، در مقابل گروت سیمانی پودر آماده ای است که با آب ترکیب شده و آماده ی مصرف می گردد و عمل آوری و **کیورینگ بتن** آن مشابه بتن و ملات های تعمیر بتن است.

گروت اپوکسی دو جزئی هم در واقع همان **گروت اپوکسی ۳ جزئی** ست که پودر سیلیسی در کارخانه به عنوان فیلر به رزین اپوکسی از پیش افزوده شده است. استحکام فشاری و **مقاومت کششی گروت اپوکسی** چند برابر بیشتر از گروت سیمانی ست و **قیمت گروت اپوکسی** هم به مراتب از قیمت گروت سیمانی بیشتر است.

خرید گروت اپوکسی با توجه به هزینه گروت اپوکسی باید بر اساس کاربری مورد نیاز پروژه بررسی گردد، مثلا برای بار های

دینامیکی زیر شاسی پرس ها یا فن ها و پمپ های دوار یا بخش هایی که کشش زیادی مد نظر است مانند ترمیم نقاط تکیه گاهی یا تمرکز تنش در اعضا استفاده از گروت اپوکسی پیشنهاد می گردد. **اجرای گروت اپوکسی** مستلزم شناخت کافی از نحوه و نسبت ترکیب اجزای آن و زمان **ژل تایم یا گیرش** اولیه ی مواد پلیمری است. در اجرای گروت پایه سیمانی هم نسبت اضافه شدن آب برای اجرا به حالت خمیری یا روان هم اهمیت دارد. همچنین ابعاد صفحات و فاصله ی فضای خالی بین صفحه فلزی یا شاسی با **فونداسیون** در نوع قالب بندی و به طور کلی **نحوه اجرای گروت** موثر است.

High strength ,free flowing epoxy grout

بر اساس استاندارد ASTM C531-95

گروت اپوکسی MTOFLOW 650 در کاربری های مختلف قابل استفاده بوده و همچنین در انواع **گروت اپوکسی سه جزئی** و چسب گروت در کلینیک بتن ایران با قیمت مناسب قابل خرید و فروش می باشد.

موارد کاربرد گروت اپوکسی MTOFLOW 650

- ریل ها و کابل های اتصال
- پایه های ماشین های نو و قدیمی
- پر کردن سازه ای سوراخ ها و گودال های بتن
- نصب تجهیزات **ماشین آلات صنعتی** که دارای فشاری ثابت و فعال هستند
- تجهیزاتی که ریزش اسید و یا محلول های شیمیایی دارند

امتیازات گروت اپوکسی MTOFLOW 650

۱. نیاز به پرایمر ندارد
۲. دارای روانی عالی است
۳. کارایی طولانی دارد
۴. **مقاومت های کششی**، خمشی و فشاری زیادی دارد
۵. چسبندگی آن به بتن و فولاد بسیار عالی است
۶. نصب و کسب مقاومت سریع
۷. مقاومت زیاد در برابر بارهای فعال و مواد شیمیایی
۸. **فاقد جمع شدگی** و قابل اجرا بر روی سطوح در معرض رطوبت

بسته بندی گروت اپوکسی MTOFLOW 650

گروت اپوکسی MTOFLOW 650 در بسته های ۲۰ کیلوگرمی عرضه می شود.

ویژگی ها و مشخصات گروت اپوکسی MTOFLOW 650

- **زمان کارایی**: در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۷۰ دقیقه و در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۰ دقیقه
- **مقاومت کششی**: ۷ روزه، ۱۵ مگاپاسکال
- **مقاومت فشاری**: ۷ روزه، ۱۰۴ مگاپاسکال
- **مقاومت خمشی**: ۷ روزه، ۲۷,۵ مگاپاسکال
- **چگالی**: ۲۰۰۰ کیلو گرم در متر مکعب
- **سخت شدن**: در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، ۷ روز و در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد، ۳ روز

ترکیبات گروت اپوکسی MTOFLOW 650

این محصول متشکل از رزین اپوکسی، بیس فنول A، **سخت کننده مایع رقیق** و سنگدانه های مخصوص می باشد که پس از اختلاط تشکیل یک **ملات بسیار روان** می دهد و به راحتی قابل استفاده می باشد.

پایداری شیمیایی:

پایداری گروت اپوکسی MTOFLOW 650 در برابر اکثر مواد شیمیایی خورنده زیر بسیار عالی است:

- قلیایی های رقیق و غلیظ
- اکثر اسیدهای رقیق
- روغن و مواد نفتی
- آمونیاک
- فرمالدئید
- محلول های نمکی
- روغن های معدنی، چربی های گیاهی و حیوانی

مقدار مصرف گروت اپوکسی MTOFLOW 650

هر کیسه ۲۵ کیلوگرمی ۱۳ لیتر فضا را پر می کند.

طریقه انبارداری گروت اپوکسی MTOFLOW 650

این محصول را در مکان سرپوشیده و به دور تابش خورشید و بارندگی و روی **پالت نگهداری** نمایید. از فشار زیاد پرهیز شود. عمر مفید محصول حدود ۱۲ ماه است اگر در شرایط مناسب و در کیسه های اصلی نگهداری گردد.

حفاظت و ایمنی گروت اپوکسی MTOFLOW 650

جهت گروت ریزی وسیع با بخش فنی کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.

تاییدیه کیفیت گروت اپوکسی MTOFLOW 650

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردند مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد

گروت MTOFLOW 2500

گروت MTOFLOW 2500 یک محصول آماده مصرف پودری است که با افزودن آب در محل کارگاه تبدیل به ملاتی بسیار روان و بدون جمع شدگی می گردد. گروت MTOFLOW 2500 گروت ساختمانی بر پایه سیمان با مقاومت بالا.

۶High strength , non shrink cementitious Construction grout

موارد کاربرد گروت MTOFLOW 2500

گروت MTOFLOW 2500 به گونه ای فرموله شده است که بتوان آن را به شکل خمیری و یا روان استفاده نمود و به آسانی می توان آن را برای تسطیح، گروت ریزی و یا پر کردن گودال ها به کار برد.

ویژگی ها و مشخصات گروت MTOFLOW 2500

۱.بدون جمع شدگی

۲.غلظت قالب تنظیم (به کمک آب)

۳.عملکرد قابل پیش بینی و معین شده

۴.اتصال بسیار خوب به فولاد و بتن

۵.توسعه مقاومت زودرس حتی در شکل روان

۶.آب بند کننده بتن

بسته بندی گروت MTOFLOW 2500

گروت MTOFLOW 2500 در کیسه های ۲۰ کیلوگرمی عرضه می شود.

خواص و اثرات گروت MTOFLOW 2500

آب مصرفی: در حالت روان ۴ لیتر برای ۲۵ کیلوگرم

در حالت خمیری ۳,۵ لیتر برای ۲۵ کیلوگرم

چگالی: در حالت روان ۲۲۳۰ کیلوگرم در متر مکعب

در حالت خمیری ۲۲۵۰ کیلوگرم در متر مکعب

انبساط آزاد: ۲ تا ۴ درصد

انبساط ماندگار: ۰ تا ۰,۴ درصد

مقاومت فشاری در حالت خمیری: ۱ روزه ۲۶ مگا پاسکال

۳ روزه ۳۸ مگا پاسکال

۲۸ روزه ۵۶۰ مگا پاسکال

مقاومت خمشی در حالت روان: ۲۸ روزه ۶,۹۵ مگا پاسکال

مقاومت کششی در حالت روان: ۲۸ روزه ۴,۰۴ مگا پاسکال

نفوذ آب: کمتر از ۱۰ میلی متر

روش مصرف گروت MTOFLOW 2500

آماده سازی سطح:

سطوحی که در معرض گروت ریزی قرار می گیرند بایستی خراشیده شوند تا پوسته های احتمالی جدا شده و سنگدانه ها نمایان گردند. از چکش های سنگین و بادی و سایر ابزار مشابه که باعث شود سنگدانه ها شکسته شده و در عین حال در جای خود باقی بمانند استفاده نکنید. سطوح بایستی از وجود روغن، گرد و خاک، رنگ، ماده عمل آوری و دیگر آلودگی ها که باعث کاهش چسبندگی می شوند پاک گردند. سطوح در معرض گروت ریزی را خیس نمایید تا آب ملات را جذب نکند به گونه ای که سطوح مرطوب بوده ولی آب آزاد وجود نداشته باشد. در هنگام کاشت پیچ یا کاشت میلگرد خالی بودن پال ها و عدم آب و یا روغن مورد توجه خاص قرار گیرد و در صورت لزوم هوای فشرده برای تخلیه آن ها استفاده کنید.

صفحه ستون ها و پیچ ها بایستی تمیز و عاری از چربی، گریس و رنگ باشند. تجهیزات نصب شدنی را تنظیم و ثابت نمایید. اگر لازم است صفحات فاصله گذار برداشته شوند آنها را کمی پرب نمایید تا برداشتن آنها آسان شود. مطمئن شوید که قالب بندی محکم و آب بند است تا از حرکت و خروج گروت جلوگیری شود.

ترکیبات گروت MTOFLOW 2500

مطمئن شوید سطوح داخلی مخلوط کن مرطوب بوده ولی آب آزاد وجود نداشته باشد. سپس مقدار آب را اندازه گیری و به داخل مخلوط کن بریزید. در حین چرخیدن مخلوط کن و به آرامی گروت MTOFLOW 2500 را به آن اضافه نمایید. به مدت ۳ تا ۵ دقیقه هم زدن را ادامه دهید تا ملاتی همگن، روان، نرم و بدون حباب به دست آید.

ریختن:

بلافاصله پس از اختلاط اقدام به ریختن نمایید، همواره از نقطه ای ملات را بریزید که کمترین فاصله را با اطراف داشته باشد. ملات را به صورت پیوسته بریزید و در صورت امکان ارتفاع لازم برای تامین فشار حرکتی را ایجاد نمایید.

گروت های MTOFLOW 2500 با انواع پمپ های تزریق قابل استفاده اند.

پس از ریختن **گروت MTOFLOW 2500** بلافاصله روی سطوح باز را با گونی مرطوب به طور کامل بپوشانید و آن را خیس نگه دارید تا زمانی که گروت آماده پرداخت سطحی شود و یا اینکه گیرش ملات حامل گردد. در صورت عدم امکان مصرف آب می توانید از مواد عمل آوری سطحی به نام MTOFLOW استفاده نمایید.

طریقه انبارداری گروت MTOFLOW 2500

این محصول را در مکان سرپوشیده و به دور تابش خورشید و بارندگی و روی پالت نگهداری نمایید. از فشار زیاد پرهیز شود. عمر مفید محصول حدود ۱۲ ماه است اگر در شرایط مناسب و در کیسه های اصل نگهداری گردد.

نکات مهم:

دمای ملات و اجسامی که در درون آن گذارده می شوند بایستی بین +۵ تا +۳۵ درجه سانتی گراد باشد. مقدار و دمای آب را افزایش ندهید زیرا موجب روانی بیش از حد ملات و در نتیجه بروز پدیده آب انداختگی و یا جداشدگی می شود.

گروت MTOFLOW 2500 در ضخامت های بین ۱۰ تا ۸۰ میلی متر ریخته می شود. برای تامین ضخامت های کمتر از ۱۰ میلیمتر با بخش فنی کلینیک بتن ایران مشورت نماید.

از انجام عملیات اضافی و استفاده از ویبره پرهیز نمایید.

تحت هیچ شرایطی گروت MTOFLOW 2500 را دوباره رقیق ننماید و از مصرف بیش از حد تعیین شده خودداری نمایید.

برای تولید احجام بزرگ از مخلوط کن و برای اختلاط یک کیسه گروت از دریل و همزن استفاده کنید.

مقدار مصرف گروت MTOFLOW 2500

هر کیسه ۲۵ کیلوگرمی ۱۲,۹ لیتر فضا را پر می کند و در حالت روان ۷۸ کیسه ۲۵ کیلوگرمی برای پرکردن یک متر مکعب لازم است.

حفاظت و ایمنی گروت MTOFLOW 2500

همانند تمامی محصولات پایه سیمانی گروت MTOFLOW 2500 نیز ممکن است باعث آسیب شود. در صورت تماس احتمالی با چشم ها بلافاصله آن را به مدت ۱۵ دقیقه با آب شستشو داده و به پزشک مراجعه نماید در صورت تماس با پوست آن را به دقت بشویید.

تاییدیه کیفیت گروت MTOFLOW 2500

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردند مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشد.

گروت MTOFLOW 2000M

گروت MTOFLOW 2000M به گونه ای طراحی شده است که در مکان هایی که مقاومت فشاری بسیار زیاد هدف اصلی است به کار می رود. همانند نصب پایه ماشین آلاتی که دارای فشار و لرزه زیاد می باشد. گروت MTOFLOW 2000M ملات فاقد جمع شدگی با مقاومت بسیار بالا و آماده مصرف.

Very high strength , non - shrink ready to Use mortar

موارد کاربرد گروت MTOFLOW 2000M

ملات گروت MTOFLOW 2000M یک محصول آماده مصرف و حاوی تمام افزودنی های لازم می باشد و تنها با اضافه کردن آب در هنگام مصرف می توان به ملاتی نرم دست یافت. این ملات برای مقاصدی چون: انواع گروت ریزی، نصب پیچ و نصب میلگرد و تزریق مناسب است. سطوح داخلی محل گروت ریزی بایستی تمیز و مرطوب شده و سپس ملات آماده ریخته و یا تزریق گردد.

بسته بندی گروت MTOFLOW 2000M

گروت MTOFLOW 2000M در کیسه ای ۲۵ کیلوگرمی عرضه می شود.

آماده سازی گروت MTOFLOW 2000M

مقدار آب مورد نیاز به دقت اندازه گیری شود و گروت MTOFLOW 2000M به آرامی به آن اضافه و هم زده شود تا ملاتی همگن و روان به دست آید. از اختلاط طولانی و تند پرهیز شود.

ویژگی ها و مشخصات گروت MTOFLOW 2000M

شکل ظاهری: پودر سیمانی
وزن مخصوص پودر: ۱,۴ کیلوگرم در لیتر
جداشدگی: ندارد
آب انداختگی: ندارد

روش مصرف گروت MTOFLOW 2000M

آماده سازی سطح:

سطوحی که در معرض گروت ریزی قرار می گیرند بایستی خراشیده شوند تا پوسته های احتمالی جدا شده و سنگدانه ها نمایان گردند. از چکش های سنگین و چکش بادی و سایر ابزار مشابه که باعث شود سنگدانه ها شکسته شده و در عین حال در جای خود باقی بمانند استفاده نکنید. سطوح بایستی از وجود روغن، گرد و خاک، رنگ، ماده عمل آوری و دیگر آلودگی ها که باعث کاهش چسبندگی می شوند پاک گردند. سطوح در معرض گروت ریزی را خیس نمایید تا آب ملات را جذب نکند. به گونه ای که سطوح مرطوب بوده ولی آب آزاد وجود نداشته باشد. در هنگام کاشت پیچ یا میلگرد خالی بودن پال ها و عدم آب و یا روغن مورد توجه خاص قرار گیرد و در صورت لزوم هوای فشرده برای تخلیه آن ها استفاده کنید.

صفحه ستون ها و پیچ ها بایستی تمیز و عاری از چربی، گریس و رنگ باشند. تجهیزات نصب شدنی را تنظیم و ثابت نمایید. اگر لازم است صفحات فاصله گذار برداشته شوند آنها را کمی پر نمایید تا برداشت آن ها آسان شود.

مطمئن شوید که قالب بندی محکم و آب بند است تا از حرکت و خروج گروت جلوگیری شود.

اختلاط:

مطمئن شوید سطوح داخلی مخلوط کن مرطوب بوده ولی آب آزاد وجود نداشته باشد. سپس مقدار آب را اندازه گیری و به داخل مخلوط کن بریزید. در حین پر کردن مخلوط کن و به آرامی MTOFLOW 2000M را به آن اضافه نمایید. به مدت ۳ تا ۵ دقیقه هم زدن را ادامه دهید تا ملاتی همگن، روان نرم و بدون حباب به دست آید.

ریختن:

بلافاصله پس از اختلاط اقدام به ریختن نمایید، همواره از نقطه ای ملات را بریزید که کمترین فاصله را با اطراف داشته باشد. ملات را به صورت پیوسته بریزید و در صورت امکان ارتفاع لازم برای تامین فشار حرکتی را ایجاد نمایید.

گروت های MTOFLOW با انواع پمپ های تزریق قابل استفاده اند. پس از ریختن گروت MTOFLOW 2000M بلافاصله روی سطوح باز را با گونی مرطوب به طور کامل بپوشانید و آن را خیس نگه دارید تا زمانی که گروت آماده پرداخت سطحی شود و یا اینکه گیرش ملات کامل گردد. در صورت عدم امکان مصرف آب می توانید از مواد عمل آوری سطحی به نام MTOFLOW استفاده نمایید.

نکات مهم:

دمای ملات و اجسامی که در درون آن گذارده می شوند بایستی بین +۵ تا +۳۵ درجه سانتی گراد باشد. مقدار و دمای آب را افزایش ندهید زیرا موجب روانی بیش از حد ملات و در نتیجه بروز پدیده آب انداختگی و یا جداشدگی می شود.

گروت MTOFLOW 2000M در ضخامت های بین ۲۰ تا ۱۲۰ میلی متر ریخته می شود. برای تامین ضخامت های کمتر از ۲ میلیمتر با بخش فنی کلینیک بتن ایران مشورت نمایید.

تحت هیچ شرایطی گروت MTOFLOW 2000M را دوباره رقیق ننمایید و از مصرف بیش از حد تعیین شده خودداری نمایید.

برای تولید احجام بزرگ از مخلوط کن و برای اختلاط یک کیسه گروت از دریل و همزن استفاده کنید.

ترکیبات گروت MTOFLOW 2000M

گروت MTOFLOW 2000M حاوی مواد زیر می باشد:

سیمان نوع ۲ پرتلند

میکروسیلیس بسیار نرم
مصالح سنگی مخصوص
منبسط کننده
افزودنی های شیمیایی

عملکرد گروت MTOFLOW 2000 M

با توجه به اینکه مقدار آب مصرفی در سطح حداقل (۴,۵ تا ۵,۲۵ لیتر برای ۲۵ کیلوگرم پودر) تنظیم شده است. عمل آوری ملات به منظور پرهیز از بروز ترک خوردگی سطوح ضروری است. در شرایط آب و هوایی معتدل حداقل ۳ روز عمل آوری توصیه می شود.

مقدار مصرف گروت MTOFLOW 2000M

هر کیسه ۲۵ کیلوگرمی ۱۳ لیتر فضا را پر می کند.

طریقه انبارداری گروت MTOFLOW 2000M

این محصول را در مکان سرپوشیده و به دور تابش خورشید و بارندگی و روی پالت نگهداری نمایید. از فشار زیاد پرهیز شود. عمر مفید محصول حدود ۱۲ ماه است اگر در شرایط مناسب و در کیسه های اصلی نگهداری گردد.

حفاظت و ایمنی گروت MTOFLOW 2000M

جهت گروت ریزی وسیع با بخش فنی کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.

تاییدیه کیفیت گروت MTOFLOW 2000M

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردند مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشد.

مسگروت MTOFLOW2500F-G2

گروت ساختمانی برپایه سیمانی با مقاومت زیاد

شرح

MTOFLOW2500F-G2 یک محصل آمده مصرف پودری است که با افزودن آب در محل کارگاه تبدیل به ملاتی بسیار روان و بدون جمع شدگی می گردد.

کاربردها

MTOFLOW2500F-G2 به گونه ای فرموله شده است که بتوان آن را به شکل خمیری، یا روان استفاده نمود. و به آسانی می توان آن را برای تسطیح، گروت ریزی و یا پر کردن گودال ها به کار برد.

امتیازات

- بدون جمع شدگی
- غلظت قابل تنظیم (به کمک آب)
- عملکرد قابل پیش بینی و معین شده
- اتصال بسیار خوب به فولاد و بتن
- توسعه مقاومت زودرس حتی در شکل روان
- آب بند کننده بتن

بسته بندی

MTOFLOW2500F-G2 در کیسه های ۲۵ کیلوگرمی عرضه می شود.

روش اجرا

آماده سازی سطح :

- سطوحی که در معرض گروت ریزی قرار می گیرند بایستی خراشیده شوند تا پوسته های احتمالی جدا شد و سنگدانه ها نمایان گردند.
- از چکش های سنگین و بادی و سایر ابزار مشابه که باعث می شود سنگدانه ها شکسته شد و در عین حال در جای خود باقی بمانند استفاده نکنید. سطوح بایستی از وجود روغن، گرد و خاک، رنگ، ماده عمل آوری و دیگر آلودگی ها که باعث کاهش چسبندگی می شوند پاک گردند. سطوح در معرض گروت ریزی را خیس نمایید تا آب ملات را جذب نکند. به گونه ای که سطوح مرطوب بود ولی آب آزاد وجود نداشته باشد. در هنگام کاشت پیچ یا میلگرد خالی بودن چال ها و عدم آب و یا روغن مورد توجه خاص قرار گیرد و در صورت لزوم از هوای فشرده برای تخلیه آن ها استفاده کنید.
- صفحه ستون ها و پیچ ها بایستی تمیز و عاری از چربی، گریس و رنگ باشند. تجهیزات نصب شدنی را تنظیم و ثابت نمایید. اگر لازم است صفحات فاصله گذار برداشته شوند آنها را کمی چرب نمایید تا برداشتن آن ها آسان شود.
- مطمئن شوید که قالب بندی محکم و آب بند است تا از حرکت و خروج گروت جلوگیری شود.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی	
آب مصرفی	در حالت روانی ۴ لیتر برای ۲۵ کیلوگرم در حالت خمیری ۳ لیتر برای ۲۵ کیلوگرم
وزن مخصوص	در حالت روانی2230 kg/m^3 در حالت خمیری 2250 kg/m^3
انبساط آزاد	2تا ۴ درصد
انبساط ماندگار	0تا ۰/۴ درصد
مقاومت فشاری در حالت خمیری	1روزه Mpa۲۴ 7روزه Mpa۳۸ 28روزه Mpa ۵۶
مقاومت خمشی در حالت روان	28روزه Mpa ۶/۹۵
مقاومت کششی در حالت روان	28روزه Mpa ۴/۰۴
نفوذآب	کمتر از ۱۰ میلی متر

اختلاط

مطمئن شوید که سطوح داخلی مخلوط کن مرطوب بوده ولی آب آزاد وجود نداشت باشد. سپس مقدار آب را اندازه گیری و به داخل مخلوط کن بریزید، در حین چزخیدن مخلوط کن و به آرامی MTOFLOW2500F-G2 را به آن اضافه نمایید. به مدت ۳ تا ۵ دقیقه همزدن را ادامه دهید تا ملاتی همگن، روان، نرم و بدون حباب به دست آید.

ریختن

بلافاصله پس از اختلاط اقدام به ریختن نمایید، همواره از نقطه ای ملات را بریزید که کمترین فاصله را با اطراف داشته باشد. ملات را به صورت پیوسته بریزید و در صورت امکان ارتفاع لازم برای تامین فشار حرکتی را ایجاد نمایید.

گروت ها MTOFLOW2500F-G2 با انواع پمپ های تزریق قابل استفاده اند. پس از ریختن MTOFLOW2500F-G2 بلافاصله روی سطوح باز را با گونی مرطوب به طور کامل بپوشانید و آن را خیس نگهدارید تا زمانی که گروت آماده پرداخت سطحی ود و یا اینکه گیرش ملات کامل گردد. در صورت عدم امکان مصرف آب می توانید از مواد عمل آوری سطحی با نام کیورینگ استفاده نمایید.

انبارداری

این محصول را در مکان سرپوشیده و به دور از تابش خورشید و بارندگی و در روی پالت نگهداری نمایید. از فشار زیاد پرهیز شود. عمر مفید محصول حدود ۱۲ ماه است اگر در شرایط مناسب و در کیسه های اصلی نگهداری گردد.

نکات مهم

دمای ملات و اجسامی که در درون آن گذارده می شوند بایستی بین ۵+ تا ۳۵+ درجه سانتیگراد باشد. مقدار و دمای آب را افزایش ندهید زیرا موجب روانی بیش از حد ملات و در نتیجه بروز پدیده آب انداختگی و یا جداشدگی می شود.

MTOFLOW2500F-G2 در ضخامت های بین ۱۰ تا ۸۰ میلی متر ریخته می شود. برای تامین ضخامت های بیشتر از ۸۰ میلی متر از MTOFLOW2500 یا MTOFLOW650-931 استفاده نمایید و برای گروت ریزی با ضخامت کمتر از ۳۰ میلی متر با بخش فنی شرکت کلینیک بتن ایران(مهندسین مشاور مهرازان پایدار) مشورت نمایید.

از انجام عملیات اضافی و استفاده از ویبره پرهیز نمایید.

تحت هیچ شرایطی MTOFLOW2500F-G2 را دوباره رقیق ننمایید و از مصرف آب بیش از حد تعیین شده خودداری کنید.

برای تولید احجام بزرگ از مخلوط کن و برای اختلاط یک کیسه گروت از دریل و همزن استفاده کنید.

مقادیر مصرف

هر کیسه ۲۵ کیلوگرمی ۱۲/۹ لیتر فضا را پر می کند و در حالت روان ۷۸ کیسه ۲۵ کیلوگرمی برای پر کردن یک متر مکعب لازم است.

توجه

- برای نصب ماشین آلات سنگین از MTOFLOW650 استفاده کنید.
- زمانی که گیرش سریع ملات به منظور جلوگیری از آلودگی و یا ریزش مواد شیمیایی مدنظر باشد، اپوکسی گروت ها EP-400/410 را مصرف نمایید.
- جهت کسب اطلاعات بیشتر در مورد MTOFLOW2500F-G2 و یا استفاده از سایر ملات های گروت بدون جمع شدگی با نمایندگی های کلینیک بتن ایران(مهندسین مشاور مهرازان پایدار) تماس حاصل فرمایید.

احتیاط و ایمنی

همانند تمامی محصولات پایه سیمانی گروت MTOFLOW2500F-G2 نیز ممکن است باعث آسیب شود. در صورت تماس احتمالی با چشم ها بلافاصله آن را به مدت ۱۰ دقیقه با اب شستشو داده و به پزشک مراجعه نمایید. در صورت تماس با پوست آن را به دقت بشویید.

تاییدیه کیفیت

تمام محصولاتی که توسط شرکت کلینیک بتن ایران(مهندسین مشاور مهرازان پایدار) تولید و عرضه می گردند مطابق با استانداردهای کیفی بین المللی
می باشند.

گروت MTOFLOW 600

گروت MTOFLOW 600 افزودنی منبسط کننده بتن، روان کننده بتن و ملات های سیمانی. گروت MTOFLOW 600 افزودنی منبسط کننده ای است که جمع شدگی طبیعی ناشی از خشک شدن سیمان را جبران می کند. گروت MTOFLOW 600 به شکل پودر تولید شده و علاوه بر منبسط کننده حاوی مواد **روان کننده بتن** نیز می باشد که ساخت ملات های گروت و ترکیبات سیمانی با نسبت های کمتر آب به سیمان را ممکن می سازد و به این ترتیب موجب **افزایش مقاومت نهایی بتن** نیز می گردد. بیشترین مقدار انبساط ناشی از استفاده **گروت MTOFLOW 600** پیش از آغاز گیرش اولیه سیمان اتفاق می افتد.

Expanding plasticizing admixture for cement grout and concrete

موارد کاربرد گروت MTOFLOW 600

- ساخت ملات های بدون انقباض
- استفاده در دوغاب های تزریق پرکننده

بسته بندی گروت MTOFLOW 600

گروت MTOFLOW 600 در قوطی های ۷۵۰ گرمی و یا کیسه های ۱۵ کیلوگرمی عرضه می گردد.

ویژگی ها و مشخصات گروت MTOFLOW 600

- رنگ: پودر قهوه ای، خاکستری
- مقدار کلراید: فاقد کلر بر اساس BS 5075
- مقدار نیتریت: فاقد نیتریت
- نقطه انجماد: وجود ندارد
- درجه اشتعال: غیر آتش زا

مقدار مصرف گروت MTOFLOW 600

۵۰۰ گرم به ازای ۱۰۰ کیلوگرم سیمان

خواص انبساطی:

گروت MTOFLOW 600 به طور معمول در مواردی به کار می رود که قصد جبران نشست ناشی از انقباض سیمانی را داشته باشیم در موارد اتصال سطوح بتنی و فولادی چون کاشت **پایه ماشین آلات** و محافظت کابل های پیش تنیده می توان گروت MTOFLOW 600 استفاده نمود. بیشترین مقدار انبساط در حدود ۱ تا ۲,۵ ساعت پس از مخلوط نمودن آن در **محیط سیمانی** اتفاق افتاده که بسته به دمای محیط متفاوت خواهد بود. استفاده از گروت MTOFLOW 600 در دوغاب سیمان موجب **انبساط حجمی** تا ۳,۲۵ درصد و در ملات ماسه–سیمان با نسبت ۱ به ۱ موجب انبساط تا ۲ درصد خواهد گردید.

طرح اختلاط گروت

گروت ها طراحی شده است که توان جذب نیرو های وارده و انتقال آن را به بخش زیرکار داشته باشد. ملات و گروت ها باعث مقاومت و اتصال پایدار بین گروت و سازه می شوند. گروت باید قوام یافته و سیال باشد و قابلیت روانی داشته باشد. همچنین در کم ترین زمان به مقاومت مطلوب دست یابد. **طرح اختلاط بتن** عبارت است از فرایند انتخاب اجزای بتن، تعیین مقادیر نسبی، الزامات مورد نیاز از جمله مقاومت، دوام، روانی و... می باشد. **تعیین نسبت های اختلاط** (طرح اختلاط ملات گروت) با توجه به مخلوط های آزمایشی ساخته شده مورد بررسی قرار می گیرد. گروت نباید باعث **جداشدگی آب از سنگدانه** شود. همچنین نباید ته نشین و دچار جدا شدگی شود. به همین دلیل در کارگاه ساختمانی از مخلوط **گروت** آماده استفاده می کنند. مخلوط های **گروت آماده** جهت مصارف مختلفی چون، زیر صفحه ستون ها، آنکربلت ها، نصب ریل ماشین آلات، برینگ پل ها، بلت ها، ریل ها، حائل ها و... کاربرد دارد.

روش مصرف گروت MTOFLOW 600

ابتدا آب درون مخلوط کن ریخته سپس سیمان را اضافه کنید و تا **یکنواخت شدن مخلوط سیمانی** هم زدن را ادامه دهید. روش مصرف گروت MTOFLOW 600 و ماسه را (در صورت وجود در طرح اختلاط) به محیط مخلوط کن اضافه کرده و برای مدت ۲ دقیقه دیگر هم زدن را ادامه دهید.

مقدار مصرف گروت MTOFLOW 600

گروت MTOFLOW 600 به طور معمول به میزان ۵ درصد وزن سیمان استفاده شده و قابلیت سازگاری با **انواع سیمان پرتلند** و **سیمان زودگیر** را دارا می باشد. توجه شود که نسبت آب به سیمان در ملات های ساخته شده با گروت MTOFLOW 600 کمتر از حد معمول بوده و استفاده از مقادیر زیادتر آب خطر ته نشینی ماسه در ملات های سیمان – ماسه و نیز کف آلودگی **سطح در دوغاب سیمان** – آب را در پی خواهد داشت.

طریقه انبارداری گروت MTOFLOW 600

به دور از تابش مستقیم خورشید و بارش باران نگهداری شده و همچنین از فشار زیاد پرهیز گردد.

تاییدیه کیفیت گروت MTOFLOW 600

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردد مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشند

نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC خاصیت کریستال سازی در داخل **لوله های موئینه بتن** را داشته و به این ترتیب آن ها را در برابر نفوذ آب و طیف وسیعی از مواد شیمیایی مقاوم می سازد این محصول: از سیمان، سیلیس (از نوع و دانه بندی مخصوص) و چند ماده شیمیایی فعال دیگر تشکیل شده و **موثرترین روش آب بندی** و حفاظت شیمیایی و دائمی بتن را فراهم می سازد.

MTO PAN IC خاصیت کریستال سازی...

بر اساس استاندارد Type B,C and G ASTM C-494 و BS 5075 Part 1

خواص و اثرات نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

پودر نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC در اثر مخلوط شدن با آب دو فاز مایع و جامد در کنار هم تشکیل می دهد. فاز مایع در واقع محلول مواد شیمیایی فعال نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC در آب است و فاز جامد از موادی تشکیل شده که چسبندگی عالی با بتن داشته و در واقع حفاظت کامل بتن در برابر طیف وسیعی از مواد شیمیایی را به عهده دارد. مواد فعال نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC که در آب حل می شوند همراه با آب و در اثر فشار اسمز به داخل لوله های موئینه بتن در تمام جهات مکیده می شود و هر کجا که آب نفوذ کند این مواد فعال نیز به داخل جان بتن نفوذ می کند. واکنش این مواد فعال با آب اکسیدهای فلزی داخل بتن (خصوصا اکسید کلسیم که به حد وفور در بتن موجود است) کریستال های نا

محلول سفید رنگ و سوزنی شکل را ایجاد می کند که به مرور رشد کرده و تمام حفره های داخل بتن و **ترک های حاصل از جمع شدگی** را کاملا پر کرده و بدین ترتیب بتن را کاملا آب بندی، مقاوم و خشک می کند. این فرایند در جهت فشار آب یا جهت مخالف فشار آب صورت می گیرد. در صورت فقدان آب مجدد فعال شده و با تجدید کریستال سازی، به تکمیل عمل آب بندی در اعماق بتن ادامه می دهند. این کریستال ها در عمق یک متری از سطح بتن نیز مشاهده و اندازه گیری شده و **مواد تشکیل دهنده نفوذگر و کریستال شونده** MTO PAN IC تماما غیر آلی معدنی بوده و با بتن، آجر، ملات و سنگ صد درصد هماهنگی دارند.

عملکرد نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

- نفوذگر در اثر واکنش با اجزاء بتن، خود جزئی از بتن می شود و توده ای مقاوم و با دوام تشکیل می دهد. از این رو اثر آن بر بتن را نباید با اثر یک روکش ساده چسبیده به بتن یا **روکش پلاستیک** مجزی از بتن ممبرین اشتباه کرد.
- نفوذگر به عمق بتن نفوذ می کند و تمام لوله های موئینه بتن و ترک های حاصل از جمع شدگی را پر و آب بند می کند.
- نفوذگر را می توان از سمت مثبت یا منفی اجراء کرد.
- خواص آببندی نفوذگر و نیز مقاومت بتن اجراء شده با نفوذگر در برابر عوامل خورنده شیمیایی کاملا حفظ می شود حتی اگر **لایه نفوذگر** اجرا شده در سطح بتن زخمی یا کنده شود.
- نفوذگر کاملا در برابر **فشار هیدرواستاتیکی** بالا مقاومت می کند
- در مجموع از ممبرین هیدرولیتیک یا سیستم پانل رسی موثرتر و ارزان تر است اجرای آن ساده و از این رو دستمزد اجرای نفوذگر پایین است
- **مقاومت فشاری بتن** را بالا میبرد
- در محل درزها کنده پاره یا سوراخ نمی شود
- در هنگام پر سازی از پشت نیاز به قرار دادن مش فولادی یا سیمی و دیگر روش های حفاظتی ندارد
- ترک ها را تا ضخامت ۴ میلی متر پر و آب بند می کند در این مورد عملکرد نفوذگر بسیار بیشتر از پوشاندن یا پل زدن بر روی ترک های موئی یا ترک های حاصل از جمع شدن می باشد
- به بتن اجازه تنفس می دهد و از جمع شدن بخار آب جلوگیری کرده و بتن را کاملا خشک می کند
- بتن را در برابر مواد شیمیایی مقاوم می سازد . تماس دائم بتن با محلول شیمیایی در محدوده (ph = ۳-۱۱) به علاوه بتن را در برابر عوامل مخربی مانند سیکل گرما و سرما، آب های مخرب زیرزمینی، آب دریا، کربنات ها، کلرایدها، سولفات ها و نیترات ها محافظت می نماید
- در هنگام اجرا نیاز به **خشک کردن کامل بتن** نمی باشد چون بر روی بتن مرطوب نیز قابل اجراست
- با خشکاندن کامل بتن، آب اطراف میلگرد های داخل بتن را نیز کاملا خشک می کند و بدین ترتیب از پوسیدگی و زنگ زدن میلگرد جلوگیری می کند
- غیر سمی است
- کاربرد آن در مخازن ذخیره آب از نظر بهداشتی کاملا مورد تایید است
- نیاز به زمان کیورینگ طولانی ندارد. (مگر در آب و هوای فوق العاده داغ و رطوبت کم محیط)

موارد مصرف نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

به طور کلی در مورد هر سازه بتنی که نیاز به آب بندی و مقاومت در برابر عوامل شیمیایی و نیز ترمیم ترک های موئی داشته باشد می توان از MTO PAN IC و ملات ترمیم کننده استفاده کرد:

- مخازن نگهداری آب، کلاریفایرها و مخازن نگهداری املاح فریک، **مخازن سازه های بتنی** جهت تصفیه آب و فاضلاب، لوله های بتنی خطوط انشعاب و انتقال آب و فاضلاب سدها و نیروگاه های هسته ای و آبی سازه های دریائی نظیر اسکله ها، شمع ها، آکواریوم های بتنی، تونل های راه و تونل های زیرزمینی مترو و مجتمع های مسکونی یا اداری جهت تاسیسات
- تاسیسات پتروشیمی: **برج های خنک کننده** و مخازن بتنی آن ها، برج های در معرض مواد شیمیایی خورنده و...
- انبارها، زیر زمین های بتنی جهت نگهداری مواد غذائی و...
- فونداسیون ها، پله ها، پارکینگ ها، کانال ها، تیرهای بتنی چراغ برق، جداول بتنی، خیابان ها و نیز سازه های فرودگاهی **تاسیسات بتنی ارتشی** نظیر تاسیسات مربوط به نیروی دریایی در بنادر، تاسیسات نیروی هوائی و نیز زاغه های بتن جهت نگهداری مهمات که باید فاقد رطوبت و نشتی آب باشند

مشخصات و ویژگی های نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

۱. در اثر اختلاط با آب و اجرا بر سطح بتن مرطوب، فاز مایع ان در اثر مکش لوله های موئینه بتن به داخل آن مکیده شده و در اثر **ترکیب مواد شیمیایی خاص** MTO PAN IC با آب و با اجزاء بتن) خصوصا اکسید کلسیم دیگر اکسید های موجود در بتن (تشکیل ترکیبات کریستالی رشد یابنده و سوزنی شکل می دهد که رشد مداوم این کریستال ها به مرور باعث انسداد کامل حفره های مویین و ترک های حاصل از جمع شدگی می گردد. بدین ترتیب علاوه بر **آب بندی سطح بتن**، کل توده بتن نیز آب بند می شود.

۲. اگر سطح بتن دچار شکستگی یا تخریب شود یا لایه نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC پس از ۲۸ روز از سطح بتن تراشیده شود خواص ضد آب آن از بین نمی رود و سازه کماکان آب بند باقی خواهد ماند.

۳. از هر دو سمت مثبت یا منفی و بر روی بتن نو یا کهنه قابل اجراست.

۴. جهت اجرا نیازی به خشک کردن سطح بتن نیست و بر روی **بتن سبز**(مرطوب) اجرا می شود.

۵. بر روی فشار هیدرواستاتیک بالا کاملا مقاوم است.

۶. از تخریب بتن در اثر تکرار **سیکل ذوب و یخ** جلوگیری می کند.

۷. در برابر تهاجم بسیاری از مواد شیمیایی خورنده نظیر اسیدها و بازها (ph=3-12)، املاح (کلراید ها، سولفات ها، نیترات ها و غیره)، آب دریا، حلال های شیمیایی و نفتی پاک کننده ها کاملا مقاوم است.

۸. نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC از نفوذ کلیه یون های خورنده به داخل سازه بتنی جلوگیری می کند. **نفوذ یون کلراید** بداخل بتن به خصوص وقتی که غلظت آن در کنار میلگرد داخل بتن به بیش از ppm500 می رسد از ایجاد پوشش محافظ (هیدروکسید کلسیم) در اطراف میلگرد جلوگیری می کند و باعث **خوردگی الکترولیتیک** میلگرد می شود. استفاده از نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC باعث می شود که غلظت یون کلر در اطراف میلگرد هیچگاه به حد فوق نرسد و بدین ترتیب باعث نوعی حفاظت کاتودیک میلگرد درون توده بتن شود.

۹. از جنس بتن و هماهنگ با آن بوده و تابش نور خورشید با تغییرات دما و فشار باعث کنده شدن آن از سطح بتن نمی گردد.

۱۰. مازاد نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC در توده بتن، وقتیکه بتن خشک و آب بند می شود، به صورت غیر فعال باقی می ماند. به مجرد رسیدن اب به ان مجددا فعال شده و **عمل کریستال سازی و آب بندی** را ادامه

می دهد. به علت همین خاصیت، ترک هایی را که بعدا در توده بتن اتفاق می افتد (تا قطر ۰، ۴ میلی متر) آب بند می کند.

۱۱. خطر کنده، پاره یا سوراخ شدن منطقی است که مزیت عمده ای نسبت به دیگر روش هاست.

۱۲. در هنگام **پرسازی پشت سازه** یا هنگام قرار دادن میلگرد یا شبکه سیمی یا روش های معمول دیگر خطری آن را تهدید نمی کند و در نتیجه نیازی به حفاظت ندارد.

۱۳. به بتن اجازه تنفس می دهد و بدین طریق به خشک شدن آن کمک می کند.

۱۴. اجراء آن از روش های دیگر آسانتر است: اغلب یکبار با قلم مو یا اسپری اجراء می شود و مادام العمر سطح اجرا شده را محافظت می کند. میزان مصرف آن با توجه به وضعیت خورندگی محیط می تواند بین ۱/۵ تا ۲ کیلوگرم بر هر متر مربع تغییر کند.

۱۵. مقاومت فشاری را حدود ۵/۵ درصد افزایش می دهد.

۱۶. تجربه نشان داده است که **ژل میکروسیلیس** باعث افزایش قابل توجه مقاومت فشاری بتن شده و نفوذپذیری بتن را در برابر آب تا حد زیادی کاهش می دهد. از طرف دیگر میکروسیلیس باعث تردی و **شکنندگی سازه** شده و مقاومت آن در برابر ضربه کاهش می دهد. علاوه براین، با مرور زمان خواص آببندی و مقاومت شیمیایی بتن میکروسیلیسی کاهش یافته و نهایتا سازه و میلگرد درون آن دچار خوردگی می شود. در مکان هایی حفظ خواص ارزشمند میکروسیلیس ضروری باشد می توان با استفاده از پوشش نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC در سطح بتن میکروسیلیسی، نقاط ضعف آن را کاهش داد یا بکلی از بین برد.

۱۷. نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC غیر سمی و فاقد حلال است. در نتیجه **خطر مسمومیت** کارگران یا آتش سوزی منتفی است.

۱۸. باعث آلودگی آب شرب نمی شود و مورد تایید سازمان های حفظ محیط زیست است.

مشخصات فیزیکی شیمیایی نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

- حالت فیزیکی: پودر
- وزن مخصوص: 09/1 gr /cm3
- رنگ: خاکستری
- PH: 13-11
- یون کلر: ندارد

مقدار مصرف نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

میزان مصرف بستگی به وضعیت سطح دارد. به طور متوسط ۱/۵ کیلوگرم MTO PAN IC به ازاء هر متر مربع سطح کافی است. در مکان هایی که بیشتر در **معرض نشتی** و هجوم آب قرار دارند خصوصا خوردگی مربوط به املاح آب دریا، و یا سطوح ناهموار و پر تخلخل این نسبت می تواند تا حدود ۲ کیلوگرم بر متر مربع افزایش یابد.

روش مصرف و نکات ضروری نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

قبل از اجرای نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC آماده سازی سطح کار باید انجام شود:

۱. سطح بتنی نباید کثیف باشد. در صورت وجود چربی (از قالب) یا وجود گرد و غبار با استفاده از آب داغ سطح را بشویید.

۲. سطح بتنی نباید صاف و صیقلی باشد. در صورت صیقلی بودن با استفاده از برس سیمی یا وسایل دیگر سطح را به طور یکنواخت برس زده و مضرس نمائید و سپس با آب بشویید تا حفره های بتن کاملا باز شود و نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC بهتر انجام شود.

۳. جهت از بین بردن **صافی سطح بتن** علاوه بر برس سیمی می توان از **واترجت** با فشار مناسب، سند پلاست خشک یا تر استفاده نمود. روش های شیمیایی نظیر استفاده از محلول رقیق اسید موریاتیک ۲٪ یا اسید استیک ۲٪ نیز می توان مورد استفاده قرار گیرد ولی به هرحال قبل از اجرای MTO PAN IC باید سطح را با آب شرب کاملا شستشو داد.

۴. مدتی قبل از اجرای نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC سطح مورد نظر را کاملا خیس نمایید تا لایه های داخلی بتن نیز رطوبت کافی داشته باشد و حداکثر **مکش کاتالیزورهای** موجود در MTO PAN IC سطح بایستی مرطوب و عاری از قطرات آب باشد.

۵. میزان موادی که در عرض ۳۵ دقیقه می توانید مصرف نمائید توسط پیمانه ای تمیز و فاقد چربی و غیره به داخل ظرفی تمیز (**پلاستیکی یا فلزی**) منتقل نمایید. سپس با پیمانه ای دیگر نسبت لازم (رجوع شود به قسمت اجرا) آب شرب به آن اضافه نمایید و توسط میله یا چوبی تمیز ویا در صورت امکان و ترجیحا با دریل برقی مخلوط را به هم بزنید تا یکنواخت شده و نظیر رنگ لاتکس قوام یابد. در هنگام اجراء نیز گاه گاهی مخلوط را بهم بزنید.

۶. اجراء توسط قلمو: ۲ قسمت حجمی آب در برابر ۵ قسمت حجمی نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC.
اجراء توسط پاشش با استفاده از پمپ: ۳ قسمت حجمی آب در برابر ۵ قسمت حجمی نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

۷. بجز در مکان هایی که هوا فوق العاده داغ و رطوبت خیلی کم است. نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC نیازی به **کیورینگ بتن** ندارد. در شرایط حاد یاد شده کیورینگ MTO PAN IC را بمجرد اینکه پوشش MTO PAN IC به اندازه کافی سخت شد به طوری که در اثر پاشش ملایم آب از سطح کار کنده نشود باید آغاز کرد. در بسیاری از شرایط کافیست سطوح نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC زده را در روز اول ودر سه نوبت به ملایمت مرطوب نمود. در آب و هوای فوق العاده گرم ممکن است **پاشش آب** در چند نوبت در روز و به مدت چند روز لازم باشد.

۸. این مواد در جای خشک و دور از رطوبت با **دمای عادی** و ظروف بسته بندی اولیه به مدت ۶ ماه می توان نگهداری نمود.

تاییدیه کیفیت نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

تمام محصولاتی که توسط شرکت کلینیک بتن ایران عرضه می گردد مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد

پوشش الاستومری ۲ جزئی آب بند MTOTOP107

یک محصول **پلیمر اصلاح شده** دو جزیی و دوغاب ملات آب بند دارای خواص سیمانی محسوب می شود. این محصول از یک پلیمر مایع و یک ماده سیمانی تشکیل شده که ترکیب این دو با هم **یک افزودنی ویژه** را به وجود می آورد که برای استفاده در شرایط آب و هوایی گرمسیری و همچنین **شرایط سردسیر** مناسب است. این محصول دارای **تاییدیه آب شرب** است.

موارد کاربرد پوشش الاستومری ۲ جزئی آب بند MTOTOP107

موارد کاربرد پوشش الاستومری ۲ جزیی آب بند MTOTOP 107 در موارد زیر مورد استفاده قرار می گیرد:

- آب بندی داخلی و خارجی و **رطوبت گیری بتن**
- اندود کاری سیمانی
- آجرکاری و بلوک بندی
- محافظت از **ساختمان های بتنی** در برابر تاثیرات نمک های یخ زدا و بروز پدیده انجماد
- آب بندی مستحکم دیوارهای زیرزمین در ساخت و سازه های جدید با **مرمت ساختمان های قدیم**

- بتونه کاری منافذ و سوراخ ها
- آب بندی زیرزمین و سرداب (که در معرض فشار آب قرار ندارند)
- درزگیری ظریف ترک های مویی در سازه های بتنی (که جابجا نمی شوند)
- تسطیح دوغاب در **تعمیر بتن**

خواص و اثرات پوشش الاستومری ۲ جزئی آب بند MTOTOP107

۱. با کمک برس یا ماله به راحتی می توان از این محصول استفاده کرد
۲. نیازی به آب وجود ندارد
۳. این محصول در بسته هایی که وزن معینی دارند بسته بندی شده است
۴. با کمک دست با اسپری می توان این محصول را بر روی سطح به کاربرد
۵. مخلوط کردن آن آسان و سریع است
۶. **چسبندگی** خوبی دارد
۷. از بتن در برابر **واکنش با کربن** محافظت می کند
۸. در مقایسه با فولاد و آهن خورنده نمی باشد
۹. می توان به دفعات از آن بر روی سطوح استفاده کرد
۱۰. در تماس با آب شرب خاصیت خود را از دست نمی دهد
۱۱. مصوبات و استانداردها و دارای گواهینامه شماره ۹۵/۳۱۷۴ بریتانیا می باشد

ویژگی ها و مشخصات پوشش الاستومری ۲ جزئی آب بند MTOTOP107

- به شکل **ملات سست** که به راحتی با برس یا ماله می توان از آن استفاده کرد
- وضع ظاهری و رنگ
- جز الف (رزین): مایع سفید رنگ
- جز ب (**هارنر بتن**): پودر خاکستری یا سفید
- مخلوط جز الف و ب: خاکستری بتنی یا کرم مایل به سفید

بسته بندی پوشش الاستومری ۲ جزئی آب بند MTOTOP107

بسته های ۳۳ کیلوگرمی (کیسه های ۲۵ کیلوگرمی و سطل های ۸ کیلوگرمی)

طریقه انبارداری پوشش الاستومری ۲ جزئی آب بند MTOTOP107

- شرایط نگهداری؛ اگر در بسته بندی اصلی خود باشد می توان آن را حداقل تا ۶ ماه پس از تاریخ تولید نگه داشت. این ماده باید در جای خشک و خنک نگهداری شود، قسمت مایع این محصول را باید از یخ زدگی محافظت کرد.
- مشخصات فنی
- پایه شیمیایی
- جز الف: پلیمر و **افزودنی مایع**
- جز ب: **سیمان پرتلند**، مصالح دانه ای و مخلوط های به خصوص
- دانسیته ملات تازه: تقریبا ۲۰۰ کیلوگرم بر لیتر
- ضخامت لایه
- حداقل: ۷۵۰ میلی متر
- حداکثر: ۱۵ میلی متر

- انبساط حرارتی ۱۰*۱۳ به ازای هر درجه سانتی گراد
- ضریب انتشار co2 u35000
- دی اکسید کربن (uco2)
- ضریب انتشار: uh2o 500
- بخار آب (uH2o)

ویژگی های مکانیکی فیزیکی پوشش الاستومری

مقاومت فشاری

- بر اساس EN196-1
- ۳ روزه تقریبا N/MM2۲۰
- ۲۸ روزه تقریبا N/MM2۳۵

مقاومت خمشی

- بر اساس EN196-1
- ۳ روزه تقریبا N/MM2۶
- ۲۸ روزه تقریبا N/MM2۱۰

مقاومت کششی

- در آب خشک شود: تقریبا N/MM2۳,۲ پس از ۱۴ روز (بر اساس DIN53455)
- در هوا خشک شود: تقریبا N/MM2۴,۵ پس از ۱۴ روز
- **مقاومت پیوستگی** ۲,۰ تا N/MM2۴,۵ (به عنوان نقص زیر کار محسوب می شود)
- **مدول الاستیسیته استاتیک**: تقریبا ۸,۴ KN/MM2

روش و مقدار مصرف پوشش الاستومری ۲ جزیی آب بند MTOTOP 107

- میزان استفاده از این محصول به سفتی و وضع ظاهری سطح و نیز
- ضخامت لایه ای که کشیده خواهد شد بستگی دارد
- برای مثال: ۲,۰ کیلوگرم بر متر مربع (به استثنای مواردی که سطح تمیز بوده و یا دارای منافذ است)
- با یک بسته ۲۵ کیلوگرمی از محصول می توان ۱۲,۰۵ لیتر ملات درست کرد

کیفیت زیرکار پوشش الاستومری ۲ جزئی آب بند

- سطح کار باید تمیز و بدون آلودگی و عاری از ذرات معلق در هوا، حباب سیمان و چربی و روغن باشد
- نیروی کششی (**چسبندگی**) بتن باید بیش از ۱,۰ N/MM2 باشد

نحوه آماده کردن موارد کلی زیر کار پوشش الاستومری

- سطح زیر کار باید با استفاده از **ابزار مکانیکی** مناسب مانند استفاده از آب با فشار بالا، تفنگ سوزنی، پاشیدن آب و تینر سندبلاست تمیز کرد. قبل از استفاده سطح زیر کار باید خیس و سپس خشک شده باشد
- به منظور **پر کردن منافذ** و سوراخ ها
- باید تمامی آلودگی های سطح زیرگذر را پاک کرد
- به عنوان یک ملات تسطیح کننده

- کلیه سطوح را با استفاده از ابزار مکانیکی، مانند سمباده کشی، تمیز و تسطیح کنید و یا مطمئن شوید که تمامی آلودگی ها و پوشش های قبلی پاک شده اند و منافذ آماده پر کردن هستند به منظور استفاده از **حداکثر مقاومت پیوستگی** سطح باید تمیز باشد.

شرایط استفاده از محصول

- **دمای زیر کار** حداقل ۸ و حداکثر ۳۵ درجه سانتی گراد
- **دمای محیط** حداقل ۸ و حداکثر ۳۵ درجه سانتی گراد

دستورالعمل استفاده از محصول

- مخلوط کردن
- به عنوان دوغاب: جز الف: جز ب =۴:۱ (نسبت به وزن اجزا)
- به عنوان ملات: جز الف: جز ب =۴,۵:۱ (نسبت به وزن اجزا)
- زمان اختلاط: تقریبا ۳ دقیقه

ابزار مورد نیاز در مخلوط کردن پوشش الاستومری

پوشش الاستومری ۲ جزیی آب بند MTOTOP 107 را باید با استفاده از یک ابزار مکانیکی مانند **همزن یا مخلوط کن پره ای** (حداکثر ۵۰۰ دور در دقیقه) به خوبی مخلوط کرد. همزن عادی بتن برای این کار مناسب نمی باشد.

روش استفاده و ابزار

- جز الف را قبل از استفاده تکان دهید. تقریبا نیمی از محتوی بسته جز الف را درون ظرف مخلوط بریزید و همین طور که مخلوط را هم می زنید، جز ب را به آن بیافزایید. باقی مانده محتوی جز الف را به مخلوط اضافه کنید و آن قدر مخلوط را هم بزنید تا یک ماده یک دست و بدون حباب به دست آید. قبل از استفاده سطح باید آب اشباع شده باشد.
- به عنوان **دوغاب** MTOTOP 107 را می توان با استفاده از روش مکانیکی، به صورت دستی و یک برس خشک و سفت بر روی سطح ریخت. روش کار مانند مورد قبل می باشد.
- هنگامی که برای بار دوم از **پوشش الاستومری ۲ جزیی آب بند MTOTOP 107** بر روی یک سطح استفاده می شود باید صبر کرد با پوششی که بار اول ریخته شده بود خشک شود، سپس با استفاده از یک برس در همین مسیر پوشش اول ریخته شود.
- به عنوان ملات: هنگامی که پوشش الاستومری ۲ جزیی آب بند MTOTOP 107 با استفاده از یک ماله بر روی سطح ریخته شود(در **پرداخت کاری یک سطح نرم**) مقدار جز الف باید ۱۰ درصد کمتر از مقدار مذکور باشد(جز الف ۱ و جز ب ۴۵) پوشش دوم از جنس پوشش الاستومری ۲ جزیی آب بند MTOTOP 107 را به محض **خشک شدن سطح پوشش** اول به کار ببرید. به منظور پر کردن منافذ و سوراخ ها از ماله استفاده کنند.

تمیز کردن ابزار

- کلیه ابزار و لوازم را پس از استفاده فورا با آب تمیز، بشویید **مواد سخت کننده** و عمل آورنده را می توان با استفاده از ابزار مکانیکی زدود
- عمر کاربری تقریبا ۳۰ دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد
- زمان انتظار قابلیت پوشش کاری عالی
- زمان انتظار بتن دو پوشش کاری
- ۱۰ درجه سانتی گراد ۱۲ ساعت
- ۲۰ درجه سانتی گراد ۶ ساعت
- ۳۰ درجه سانتی گراد ۳ ساعت

- اگر زمان انتظار بیش از ۲۴ ساعت شد، سطح را به آرامی پاک کنید
- پوشش الاستومری ۲ جزیی آب بند MTOTOP 107 را می توان با استفاده از **آسترها** و پوشش های با پایه حلال، به دفعات بر روی سطوح کنید
- قبل از این که پوشش الاستومری ۲ جزیی آب بند MTOTOP 107 را برای بار دوم به عنوان پوششی به کار برید. باید برای عمل آوری آن به مدت ۷ روز صبر کنید

نکاتی در مورد استفاده از محصول و محدودیت ها

- پوشش الاستومری ۲ جزیی آب بند MTOTOP 107 یک **محصول تزیینی** نبوده و ممکن است پس از باران و یا خیس شدن سطح نشانه هایی مبنی بر (تار و تیره شدن)محصول دیده شود. این کار به هیچ وجه خواص پوشش را تحت تاثیر قرار نمی دهد. اگر این پوشش در معرض دید است توصیه می شود از رنگ کرم مایل به سفید، که رنگ مناسبی می باشد، استفاده کرد.
- هرگز این محصول را در زیر نور شدید آفتاب یا در مقابل باد قرار ندهید. آن را بر روی زیر کارهای نرم و آماده بکشید. **ضخامت لایه** نباید زیاد باشد.
- به منظور دستیابی به ضخامت ۲,۰ تا ۱,۵ میلی متری در **آب بندی** یا **رطوبت گیری** همیشه از دو بار پوشش کاری استفاده کنید. در مکان هایی که در معرض شدید آب قرار دارند ممکن است به ۳ بار پوشش کاری نیاز شود.
- از قرار دادن سطوحی که به تازگی آب بندی شده اند در برابر باران و **شرایط یخ زدگی** جلوگیری کنید.
- در آب بندی رطوبت گیری باید توجه شود که سطح پوشش صدمه نبیند.
- هنگامی که از این محصول در ابزارهایی که با صنعت آشامیدنی در تماس هستند، استفاده می شود باید کلیه قوانین محلی مربوط به **محصولات کلینیک بتن ایران** در حوزه تماس این مواد با آب شرب نیز رعایت شود.

عملکرد پوشش الاستومری ۲ جزیی آب بند MTOTOP107

جهت تکمیل فرایند کامل **هیدراتاسیون سیمان** و کاهش بروز ترک پوشش الاستومری ۲ جزیی آب بند MTOTOP107 باید فورا پس از استفاده به مدت ۵ تا ۳ روز عمل آوری شود. از روش **روکش کاری پلی اتیلن ها** با دیگر روش های موجود استفاده کنید. کلیه اطلاعات فنی که برگه مشخصات محصول آمده بر پایه آزمایشات آزمایشگاهی می باشد. ممکن است با تغییر شرایط نتایج متفاوتی به دست آید.

محدودیت های محلی

خواهشمند است این نکته را مورد توجه قرار دهید که در پی وضع قوانین محلی ممکن است **شرایط استفاده** از این محصول در بین کشورهای مختلف متفاوت باشد. لطفا هنگام استفاده از این محصول در موارد خاص با بخش ارائه خدمات اطلاعاتی مشورت کنید

پودر آنی گیر FIX 10-S

پودر آنی گیر FIX 10-S ماده ای پایه سیمانی و فاقد کلراید می باشد که پس از اضافه شدن سریع آب سربعا وارد واکنش شده و به طور آنی سخت می گردد. پودر آنی گیر FIX 10-S سیمانی تک جزئی.

موارد مصرف پودر آنی گیر FIX 10-S

جهت متوقف نمودن نشت آب و رطوبت، همچنین مقابله با فشار مثبت و منفی آب در سطوح گذرگاه های زیرزمینی، تونل ها، منهول ها و کلیه سطوحی که امکان نشت آب وجود داشته باشد، به کار می رود.

توصیه: به هنگام کار با این ماده استفاده از دستکش الزامی است.

سطح پوشش دهی پودر آنی گیر FIX 10-S

سطح باید تمیز و محکم بوده، برای این منظور کلیه رنگ ها، پلاستر های سست و... باید از روی سطح جدا و زدوده شوند تا جایی که به سطح جامد و مستحکم بتنی یا سیمانی رسید. سطوح خشک باید مرطوب گردند.
بلوک های بتنی سبک، ابتدا می بایست توسط پلاستر کشی سیمانی آماده سازی شوند.
آب بندی بلوک های بتنی تحت تاثیر مواد شیمیایی مقدور نمی باشد.

آب بندی محل های نشت با پودر آنی گیر FIX 10-S

نشتی فعال باید با فشار **پودر آنی گیر FIX-10S** خشک و یا به همراه آب در محل نشتی، متوقف شوند.

آب بندی نشتی های وسیع تر با پودر آنی گیر FIX 10-S

سطوح تر اما مستحکم باید تحت تاثیر AQUAFIN-F قرار داده شده (با میزان مصرف تقریبی kg/m2 3/0) و با AQUAFIN-1K به سرعت آب بند شوند(با میزان مصرف تقریبی kg/m2 5/1). بر روی بتن مگر باید آنقدر پودر آنی گیر FIX-10S مالیده شود تا جایی که سطح خشک گردد (با میزان مصرف تقریبی kg/m2 5/1 -1) سطوح سست دوباره می بایست توسط AQUAFIN-F پوشش داده شود و متعاقب آن ۲ لایه مواد آب بند AQUAFIN-1K بر سطح اعمال گردد.
چنانچه تمایل به ترک خوردگی در سطح وجود داشته باشد از AQUAFIN-2K/M با ضخامت ۴-۲ میلیمتر به جای AQUAFIN-1K استفاده شود.
۲۴ ساعت پس از آب بندی کار با اعمال ASOPLAST-MZ پایان می یابد.

تاییدیه کیفیت پودر آنی گیر FIX 10-S

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردند مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشد.

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92 یک پوشش محافظتی پایه ی قیر می باشد که به منظور ایجاد مانعی دائمی در مقابل عبور آب و بخار آب طراحی شده و می تواند برای ایجاد لایه های مانع تبخیر، پوسته های نم گیر، پوشش مخازن و لوله های آب آشامیدنی، حفاظت از سازه های بتنی زیرزمینی، عمل آوری بتن ضمن حفظ آب و نیز محافظت از سطوح فلزی در برابر خوردگی مورد استفاده قرار می گیرد.
پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92 مطابق استاندارد ASTM-D-2939

ویژگی ها و مشخصات پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92

- تک جزیی است و با آب رقیق می گردد.
- خشک شدن سریع
- قابل استفاده بر سطوح مرطوب
- بعد از مصرف و پس از تبخیر آب، خشک شده و یک لایه قابل انعطاف الاستیک از خود ایجاد می نماید.
- پس از خشک شدن در برابر رطوبت مقاوم بوده و در آب حل نمی شود.
- برخورداری از خاصیت حفظ و نگهداری فوق العاده آب به منظور عمل آوری مخلوط بتنی
- چسبندگی عالی به اکثر سطوح رایج در ساختمان
- سهولت در اجرا به سبب رقیق شدن با آب، که می توان از جاروب پلاستیکی، برس، ماله و یا اسپری (پیستوله نازل درشت) برای اجرای آن روی سطح کار استفاده نمود.

موارد مصرف پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92

عایق جهت عایق کاری دیوارها، سقف ها، زیرزمین ها، تونل ها، سردخانه ها، استخرها، سرویس های بهداشتی، مخازن و خصوصا فونداسیون ها و محافظت در برابر تاثیر کلر

روش مصرف پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92

سطوح باید تمیز، خشک و عاری از روغن و گریس باشند. کلیه ذرات پراکنده و چسبنده مانند ذرات آهن، براده و پوسته فلزات و نیز لکه های ملات با سیمان باید برطرف شوند. برای زدودن این قبیل مواد باید از برس سیمی یا برس زبر استفاده نموده و در نهایت گرد و غبار حاصله توسط یک برس نرم و یا هوای فشرده تخلیه گردد. برای تمیز کردن روغن و گریس از سطوح کار باید از عامل یا ماده زداینده مخصوص هر گریس یا روغن استفاده شود. برای چسبندگی مناسب و بهینه به فولاد توصیه می شود سطوح فولادی را با معیار SA2 ½ تحت عملیات Grit Blasting (ماسه پاشی درشت دانه) قرار دهید.

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92 بر روی سطوح مرطوب، آجر و اندود قابل استفاده است مشروط بر آن که هیچ گونه آب سطحی آزاد یا آب انداختگی روی سطح کار موجود نباشد. در موارد تردید پیشنهاد می شود به طور آزمایش مقدار محدودی **پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92** روی سطح مورد نظر اعمال گردد.

مقدار مصرف پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92

هر ۱ کیلوگرم برای ۲ الی ۶ مترمربع قابل استفاده می باشد. البته این مقدار با توجه به شرایط موجود و ناهمواری سطح، میزان مصرف قابل افزایش یا کاهش می باشد.

روش اجرای پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92

پیش از استفاده کاملا به هم بزنید.

پوسته های نم گیر، لایه های عمودی مانع تبخیر حفاظت از مخازن آب و خطوط لوله یک لایه کامل MTOPROOF P-900 را روی سطح کار اعمال کرده و صبر کنید تا خشک شود. نسبت پوشش دهی باید حدود ۳ متر مربع بر لیتر باشد. لایه دوم را عمود بر لایه اول، روی سطح کار اجرا کنید.

اندود یا پوشش های بتنی:

در مواردی که پوشش رویه سطح کار با اندود بتنی ضروری باشد، باید ماسه تمیز با سایز اسمی ۲ میلیمتر روی پوشش خیس دوم پخش شود تا سطحی با قابلیت چسبندگی مکانیکی خوب برای زیر سازی به دست آید. قبل از اجرای اندود باید تمام ماسه های پراکنده از سطح کار زدوده شوند.(در حین اجرای اندود دقت فرمایید که رویه سطح کار آسیب نبیند.)

ماده عمل آورنده:

برای رویه های ضد رطوبت، دو لایه پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92 به کار برید. این کار ضمن انطباق با استاندارد ASTM C309، عمل آوری و کارآیی را بیش از ۸۰ درصد ارتقا می دهد. این محصول بر روی بتن مرطوب نیز قابل استفاده است.

ترمیم ها:

نواحی آسیب دیده پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92 به راحتی با اعمال پوشش مجدد ترمیم شده و رویه ای یک دست حاصل می گردد.

تمیز کاری و نگهداری ابزار:

کلیه ابزار و تجهیزات باید بلافاصله پس از استفاده با حلال ویژه تمیز گردد. اگر دمای سطح زیر کار بین ۶ تا ۴۵ درجه سانتیگراد باشد، عملیات اجرایی را می توان آغاز کرد.

طریقه انبارداری پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92

در انبار سرپوشیده در دمای ۴۰-۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲ ماه قابل استفاده می باشد. عدم رعایت شرایط انبارداری مناسب ممکن است باعث آسیب دیدن محصول و یا ظرف آن گردد. برای کسب اطلاع بیشتر از روش انبارداری مناسب با بخش فنی کلینیک بتن ایران تماس حاصل نمایید.

حفاظت و ایمنی پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92 محتوی هیچ ماده خطرناکی نمی باشد. برای آگاهی بیشتر به برشور ایمنی محصول مراجعه نمایید.

تاییدیه کیفیت پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-92

تمام محصولاتی که توسط شرکت فنی و تخصصی **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردد مطابق با استانداردهای کیفی بین المللی می باشد

رزین آنی گیر AQUAFIN-P1

رزین آنی گیر AQUAFIN-P1 ایزوسیانات اصلاح شده تک جزیی بسیار فعال است که بدون نیاز به همزن، آماده مصرف می باشد. این محصول در مجاورت آب افزایش شدید ویسکوزیته داشته و فوم ویسکوالاستیک محکمی ایجاد می نماید که به طور موقت جلوی نفوذ، نشتی و جریان آب را خواهد گرفت. **رزین آنی گیر AQUAFIN-P1** در مقابل اسیدها و قلیا ها مقاوم است و با سیستم های بیتومنی، همچنین نوار های تقویت درز (Joint tapes) سازگار می باشد. بر سطوح کاملا خشک، مواد بلافاصله تشکیل فوم می دهند اما با رطوبت موجود در خاک به آهستگی سخت می شوند. رزین تزریقی منبسط شونده بر پایه پلی یورتان، تک جزئی و قابل تزریق در درز ها و ترک های حاوی آب.

رزین آنی گیر AQUAFIN-P1 به صورت تک جزیی پلی یورتان

روش مصرف رزین آنی گیر AQUAFIN-P1

جهت تزریق و آب بندی ترک ها و درز های بتن و سنگ به کار می رود.

به طور کلی رزین آنی گیر AQUAFIN-P1 به دو منظور به کار می رود:

جلوگیری از جریان و نشت آب از ترک ها و درز ها

ثابت نگه داشتن سنگریزه های سست

این محصول مطابق با تاییدیه DFBT (ارزیابی تاثیر محصولات اجرایی بر بتن و آب های زیرزمینی) در تاریخ نوامبر ۲۰۰۰ تهیه شده است.

سطوح اطراف که قرار نیست توسط مواد AQUAFIN-P1 حفاظت شوند باید پوشانده شده و از برخورد مواد با آن نواحی جلوگیری گردد.

رزین آنی گیر AQUAFIN-P1 پس از سخت شدن از نظر فیزیولوژیکی مضر نمی باشد.

سطح پوشش دهی رزین آنی گیر AQUAFIN-P1

کاربرد این محصول منحصر به موارد ذکر شده در برگه حاضر نمی باشد و در موارد مشابه مطابق نظر مشاور قابل استفاده است.

به طور کلی، کلیه قوانین حفاظتی عمومی پوشش ها در مورد این محصول رعایت شده است.

مقدار مصرف رزین آنی گیر AQUAFIN-P1

رزین آنی گیر AQUAFIN-P1 با رطوبت هوا و آب وارد واکنش می شود. بنابراین احتمال تشکیل یک لایه پوسته مانند بر سطح مایع در ظروف در باز وجود خواهد داشت که فرایند تزریق تاثیرگذار نمی باشد.
به طور کلی مواد توسط نازل های تزریق یا پمپ های دستی در قسمت هایی که آب وجود دارد، تزریق می شود. رزین آنی گیر AQUAFIN-P1 در مجاورت آب تشکیل فوم داده و سخت می شوند. لذا اگر میزان آب موجود در ناحیه ای که قرار است آب بند شود کم باشد، مقداری آب برای انجام واکنش ها تزریق می گردد.
اعمال مطابق با دستورالعمل های تزریق در ترک (ZTV_riss یا Rili از Dafstb) انجام می شود.

عملکرد رزین آنی گیر AQUAFIN-P1

پیشنهاد می شود مواد قبل از مصرف برای مدت حداقل ۱۲ ساعت در دمای بیش از c15 نگهداری شوند تا مواد در محدوده دمای اعمال دو فرایند بین بین ۱۵ درجه سانتیگراد تا ۳۰ درجه سانتیگراد قرار گیرند.
۱. ترک های موجود بتن (با عرض در حدود ۰/۲ میلیمتر) باید تا عمق ۲۰ سانتیمتر تخلیه گردند.
۲. نواحی تخلیه شده باید با فشار هوای تمیز پاک شوند.
۳. پاکرو های تزریق در محل مناسب نصب گردند.
۴. رزین آنی گیر AQUAFIN-P1 با دستگاه مناسب تزریق شود. برای ترک های عمودی تزریق از پایین و برای ترک های افقی از سمت چپ شروع گردد. میزان مصرف مواد در حدود g/l1150 می باشد.
۵. در صورت نیاز دستگاه تزریق قبل از سخت شدن کامل رزین آنی گیر AQUAFIN-P1 از محل دور شده و روی ترک توسط ASOCORET-RN تسطیح گردد.

حفاظت و ایمنی رزین آنی گیر AQUAFIN-P1

وسایل و تجهیزات باید قبل از مصرف توسط پاک کننده ASO-R006 کاملا تمیز گردند. پس از پایان کار یا در مواردی که توقف بین کار زیاد باشد، دستگاه تزریق باید تمیز شود تا مواد در دستگاه خشک نگردند. محلول تمیز کننده باید در دمای تبخیر بیش از ۲۱ درجه سانتیگراد داشته باشد.
باقیمانده مواد تزریقی را با فشار از درون ابزار تزریق باید خارج نمود و ابزار تزریق و تیوپ را با جریان چرخشی به مدت ۱۰-۵ دقیقه شستشو داده، محتویات آن را خالی کرده و دوباره با ASO-R006 تمیز شستشو دهید.
در خلال مدتی که ابزار تزریق قرار است به مدت طولانی بدون استفاده باشند، بهتر است با حلال ASO-R006 در طول این زمان پر گردند.

تاییدیه کیفیت رزین آنی گیر AQUAFIN-P1

تمام محصولاتی که توسط **کلینیک بتن ایران** عرشه می گردند مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشد.

آب گریز نما سیلیکونی

آب گریزنما سیلیکونی جهت **ضد رطوبت واترپروف** کردن سطوح بتنی، آجری، سنگ که در نمای خارجی ساختمان به کار برده می شود.

خواص و اثرات آب گریز نما سیلیکونی

- آب گریز نما سیلیکونی پس از اجرا کاملا بیرنگ شده و به هیچ عنوان در **زیبایی پوشش** اجرا شده ساختمان تاثیری ندارد و آن را شفاف می نماید.
- آب گریز نما سیلیکونی از شوره زدن **نمای خارجی ساختمان** جلوگیری می کند.
- آب گریز نما سیلیکونی **قابل شستشو** بوده و پس از خشک شدن آب گریز نما سیلیکونی با آب حل نمی شود.
- آمده به مصرف بودن آب گریز نما سیلیکونی و به آسانی قابل اجرا می باشد.

روش مصرف آب گریز نما سیلیکونی

هنگام کار با **آب گریز نما سیلیکونی** سطح مورد نظر را از هرگونه گرد و غبار و چربی تمیز نموده و سپس آب گریز نما سیلیکونی را به وسیله قلم مو و یا پیستوله بر روی آن اجرا کنید به طوری که تمام سطح را پوشش دهد. برای اطمینان بیشتر و کیفیت مطلوب تر، بهتر است آب گریز نما سیلیکونی را در دو نوبت به فاصله زمانی ۲ تا ۴ ساعت اجرا نمایید.

ویژگی ها و مشخصات آب گریز نما سیلیکونی

- **میزان مصرف** آب گریز نما سیلیکونی یک کیلوگرم آب گریز نما سیلیکونی سطحی معادل ۱۰ مترمربع را در یک لایه پوشش می دهد
- آب گریز نما سیلیکونی مایع می باشد
- رنگ آب گریز نما سیلیکونی سفید است
- حلالیت آب گریز نما سیلیکونی: **حلالیت آلی** (تینر)
- آب گریز نما سیلیکونی قابلیت مصرف از ۵+ تا ۳۵+ درجه سانتی گراد را دارد

طریقه انبارداری آب گریز نما سیلیکونی

آب گریز نما سیلیکونی به دور از سرما و گرما در بسته بندی اولیه و در بسته به مدت یکسال قابل نگهداری می باشد. تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردد مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد. جهت دریافت **قیمت آب گریز نما سیلیکونی** و سایر **مواد آب بندی بتن** با ما تماس بگیرید.

کاربرد آب گریز نما سیلیکونی

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 سیستم آب بندی مطمئن و دائمی سطوح بتنی و یا مواد سیمانی برای کنترل رطوبت، نشت و یا فرار آب می باشد. تشکیل و توسعه کریستال های غیر محلول در داخل لوله های مویینه و ریز ترک ها باعث مسدود شدن دائمی آن ها شده و از عبور و نشت آب جلوگیری نموده و تا پایان عمر سازه آن را آب بندی می نماید.

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 به صورت پودر عرضه می شود. در هنگام مصرف **پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25** را به شکل دوغاب تهیه و به طور مستقیم روی سطوح بتنی، بلوک و یا ملات سیمانی اجرا نمایید.

پودر خشک آن نیز برای خشکه پاشی در درز های اجرایی کاربرد دارد. همچنین حالت خمیری این محصول را می توان با ماله و یا کاردک روی سطوح ناصاف و یا روی سطوحی که تردد انسانی وجود دارد به کار برد. این خمیر همچنین برای پر کردن ناهمواری های سطح و یا پر کردن حفره ها و سوراخ های سطح بتن به کار می رود.

سیستم محافظتی و آب بند کننده کاپیلار های بتن و ملات.

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

Surface applied capillary waterproofing system

For concrete and mortar

ویژگی ها و مشخصات پودر آب بند کننده MTOSEAL G-25

به وجود آوردن آب بندی دائمی به طوری که تبدیل به بخش جدا نشدنی سازه می شود. بخش فعال آن ورقه، کنده و فرسوده نمی گردد.

بتن را در برابر عوامل خورنده موجود در آب حفظ می نماید.

عمل تشکیل کریستال ها در تماس با آب تشدید می شود و ایجاد نوعی حفاظت فزاینده می نماید.

در آلوده کننده نیست.

بسته بندی پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 در کیسه های ۲۵ کیلوگرمی عرضه می گردد.

ترکیبات پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 از نوعی مواد شیمیایی که با رطوبت فعال می شوند، ماسه سیلیسی مخصوص و نوعی سیمان خاص تشکیل شده است.

موارد کاربرد پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

رطوبت و آهک آزاد موجود در کاپیلار ها با مواد شیمیایی فعال در پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 واکنش داده و تولید کریستال های غیر محلول می نمایند. کریستال ها در عمق کاپیلار های بتن نفوذ کرده و آن را مسدود نموده و از عبور آب جلوگیری می نمایند و از طرفی اجازه عبور هوا و بخار را می دهند و راه تنفس سازه را باز می گذارند. مقدار نفوذ کریستال ها و توسعه آب بستگی به میزان فشردگی و میزان جذب سطحی بتن دارد ولی کریستال ها تا عمقی که آب وجود داشته باشد نفوذ می کنند. ایجاد آب بندی کامل پس از ۵ تا ۷ روز انجام می شود.

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 قابلیت آب بندی و تحمل فشار اسمزی مثبت و منفی دارد. بنابراین می توان آن را روی سطوح داخلی و یا خارجی اجرا نمود اگرچه بهتر است روی سطحی اجرا شود که تماس مستقیم با آب دارد.

زیرا تشکیل و توسعه کریستال ها را تسریع می نماید. پس از تکمیل مراحل **مواد آب بندی بتن** و تشکیل کامل کریستال ها مواد فعال موجود در پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 بی اثر می شوند و به محض حضور رطوبت بعدی دوباره فعال می گردند.

روش مصرف پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

سازه های جدید: در سازه های جدیدی که دارای بتن فشرده و محکم باشند. نشت آب به طور عمده از درز های اجرایی و ساختمانی اتفاق می افتد. در چنین سازه های مطمئنی راهکار اقتصادی این است پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 به صورت خشکه پاشی روی درز های افقی ریخته و به شکل دوغابی روی سطوح عمودی اجرا شود. در شرایطی که سطح آب بالا باشد لازم است کلیه سطوح بتن مگر به روش دوغابی و یا خشکه پاشی پوشش داده شده و پس از آن بن اصلی ریخته شود. این روش ساندویچی از نفوذ آب به درون بتن و ضایعات ناشی از رطوبت و غرقاب شدن جلوگیری می نماید. تا جایی که امکان دارد فونداسیون را از بیرون آب بندی کنید.

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 را بهتر است روی بتن تازه و به محض باز کردن قالب اجرا نمایی. زیرا عمل آوری با آب که برای پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 لازم است باعث هیدراسیون کامل بتن نیز می شود. اگر نیاز به اجرای سطح نهایی زیبا و یا کار های نماسازی بتنی باشد، لازم است عمل آوری پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 کامل شود و سپس به کمک اندود ماسه **سیمان** سطح نهایی دلخواه روی آن به وجود آید.

سازه های موجود در پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

سازه هایی که نشت و یا ریزش آب دارد لازم است به درستی بازرسی شوند که علت آن مشخص شود. آب موجود بایستی تخلیه شود تا بررسی کامل گردد. ترک های ثابت بزرگتر از یک میلیمتر بایستی تراشیده شده، خیس شوند و با پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 آغشته و بلافاصله با خمیر MTOSEAL G-25 پر شوند. ترک های فعال بایستی تبدیل به درز های انبساطی شدند و با **ماستیک** مناسب آب بند شوند.

آماده سازی سطح پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

به طور معمول همه تعمیرات بتنی، کیفیت آماده سازی سطح تاثیر مستقیم برای اجرای سیستم دارد. سطوح بتنی بایستی از وجود هر گونه روغن، گریس، رنگ، آلودگی، مواد عمل آوری، روغن قالب و تعمیرات قبلی که باعث عدم چسبندگی پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 به سطح شود پاک گردند. از جمله موادی که باعث جلوگیری از نفوذ مواد شیمیایی و آب به درون بتن می گردد از قبیل تعمیرات انجام شده قبلی با پلیمرها، سیلیکون ها و دفع کننده های آب، برداشتن شیرابه سیمان از روی سطح و ایجاد سطحی خشن کمک بسیاری در چسبندگی MTOSEAL G-25 می نماید.

تکه های ضعیف و حفره های سطح بایستی تعمیر شوند. نقاط جدا شده تخریب و بازسازی شوند. در صورت خشک بودن سطح بایست آن را ۲۴ ساعت قبل کامل اشباع نمود.

سیستم پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 نیاز به حضور آب برای مواد شیمیایی فعال جهت نفوذ در بتن دارد. توسعه کریستال ها تا عمق نفوذ آب ادامه دارد.

اختلاط در پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

همواره آب را بر روی پودر MTOSEAL G-25 بریزید و برعکس آن عمل نکنید.

جهت تهیه حالت **دوغاب** با مواد MTOSEAL G-25 یک قسمت آب با ۲,۲۵ تا ۲,۵ قسمت پودر به صورت حجمی و برای حالت خمیری آنقدر آب اضافه کنید که خمیر دلخواه به دست آید ولی پس از اختلاط اولیه هرگز آب بیشتر اضافه نکنید فقط آنقدر MTOSEAL G-25 مخلوط کنید که بتوانید آن را در مدت ۲۰ دقیقه مصرف کنید.

طرز کار با پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 به وسیله قلم مو و یا پیسولت بر روی سطح خیس اجرای شود. اجرای آن در دو دست در یک جهت انجام پذیرد. لایه دوم زمانی که اجرای اول سفت شده ولی هنوز خیس است انجام شود، معمولا پس از ۳ تا ۴ ساعت(بسته به دمای محیط) روی بتن کهنه، آجر و یا بلوک بتنی می توان به جای اجرای لایه دوم پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 روی لایه اول را با اندودی ضخامت ۵ تا ۱۰ میلیمتر پوشاند.

عملکرد پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

لازم است از خشک شدن پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 جلوگیری شود و پس از اجرا آن را به مدت ۵ تا ۷ روز مرطوب نگه داشت. آب پاشی ملایم و حفاظت سطوح با ورقه های پلی اتیلن برای پرهیز از خشک شدن موثر است. از مواد عمل آوری سطح استفاده نکنید و سطوح اجرا شده را در برابر هوازدگی، تابش خورشید، یخ زدگی و باد به مدت ۵ تا ۷ روز حفاظت نمایید.

مخازن و یا دیگر سازه های آب را می توان ۲۴ ساعت پس از اجرای آخرین لایه پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 با آب پر نمود. زیرا وجود آب به رشد کریستال ها شتاب می بخشد.

سطح پوشش دهی پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

اجرای دو لایه به صورت دوغابی: یک کیلوگرم پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 برای پوشش یک متر مربع در هر لایه لازم است. بنابراین ۲ کیلوگرم پودر برای پوشش کامل یک متر مربع مورد نیاز می باشد.

اندود کردن سطح ۱۰ کیلوگرم پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 در متر مربع به ضخامت ۴,۵ میلیمتر لازم است.

روش خشکه پاشی: یک کیلوگرم پودر برای یک متر مربع کافی است.

مراقبت از ابزار کار:

لوازم و ابزار را به سرعت پس از اتمام کار تمیز نمایید. استفاده از ظروف پلاستیکی و یا لاستیکی پیشنهاد می شود.

طریقه انبارداری پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

به دور از تابش مستقیم خورشید و روی پالت نگهداری نمایید. در برابر بارش باران و فشار زیاد حفاظت نمایید. عدم رعایت روش انبارداری صحیح موجب آسیب دیدن محصول و یا بسته بندی آن می شود.

حفاظت و ایمنی پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

همانند تمامی محصولات شیمیایی، احتیاط لازم در زمان انبارداری و مصرف ضروری است. از تماس با چشم ها، دهان، پوست و مواد خوراکی اجتناب شود. در صورت ترشح به چشم ها و پوست آن را به سرعت با آب بشویید. در صورت بلع ناگهانی به پزشک مراجعه کنید. در ظروف را پس از مصرف ببندید.

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 را به گونه ای به کار برید که غبار کمتری در هنگام اختلاط ایجاد شود. برای مقابله با غبار احتمالی از یک ماسک سبک استفاده کنید.

تاییدیه کیفیت پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

تمامی محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردند، مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشند

پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 بر اساس تکنولوژی نانو و جهت کاربرد های تخصصی ترمیم بتن و آب بندی سازه های عمومی و خاص بتنی، آجری و سنگی طراحی شده است. پودر آب بند و ترمیم کننده بتن بر پایه تکنولوژی نانو با ویژگی های منحصر به فرد.

موارد کاربرد پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

نشت گیر بتنی به صورت ۱۰۰٪، بدون آلوده کردن آب شرب، مقاوم در برابر مواد شیمیایی، چسبندگی ۱۰۰٪ به بتون اولیه، مناسب برای ترمیم بتن آسیب دیده، قابلیت نفوذ پذیری به عمق ۹۰ سانتیمتر، سازگار با تنفس بتون، یک عمر گارانتی و کاربری آسان، حفاظت کاتودیک، قابل استفاده در کلیه سازه های بتنی به مانند سد ها، مخازن، استخر ها، آب بندی کلاریفایر ها...

خواص و اثرات پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

در ترمیم با استفاده از پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 نیاز به اعمال لایه پیوند زا نمی باشد که باعث صرفه جویی در هزینه و زمان می گردد.

پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 حدود یک متر در داخل بتون، سنگ، آجر نفوذ کرده، پس از فعال شدن کریستال ها اجازه عبور آب را از داخل و یا خارج به بتن نمی دهد.

پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 بر پایه سیمان بوده، بنابراین هیچ گونه آلودگی مانند آن چه کاربرد مواد قیری یا اپوکسی ها به همراه دارد برای آب شرب نخواهد داشت.

عمر قابل انتظار **پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800** مانند عمر بتون است و هرگز در طول بهره برداری دچار آسیب نمی گردد.

روش اجرای سریع و آسان

صرفه اقتصادی

روش مصرف پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

در مخازن، آب نما ها، تونل ها، محفظه هایی که در داخل آن ها شیرآلات و تجهیزات مکانیکی و الکترونیکی قرار دارند(مانند تصفیه خانه های کنار استخر ها) معمولا به علت نشت آب های تحت العرضی و زیرزمینی شاهد نشت آب هستیم، از این رو به منظور کنترل و رفع دائمی این مشکل می توان پس از آماده سازی سطح بتنی با استفاده از سند بلاست، واتر جت و یا اسیر روش های موجود، به نحوی که سطح اجرای عملیات کاملا سالم و تمیز باشد نسبت به اجرای پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 به صورت رقیق و با قلم موی بزرگ اقدام نمود.

همچنین جهت آب بندی ترکیدگی شدید بتن در کف استخرها و آبنماها، پس از برداشتن بتن کهنه و آسیب دیده و ترمیم و بازسازی آن بر اساس ضوابط و مشخصات اجرایی و با بهره گیری از انواع ملات های ترمیمی ارائه شده، از دوغاب پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 استفاده نماید.

در ترک ها، شکاف ها و درز های اجرایی که قطر شکاف در حدود ۲ میلیمتر باشد می بایست ابتدا با استفاده از ابزار مکانیکی مناسب اقدام به ایجاد حالت شکاف V شکل نموده و سپس با استفاده از پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 محل را پر و ترمیم نمود.

در سازه ها و محل هایی که شاهد نشت یا جریان آب در آن هستیم، می بایست پس از تمیز نمودن نقطه، ترک و محل های آسیب دیده و محل نشت ورود آب از جلبک، قارچ و بتن های ضعیف با استفاده از ابزار های مکانیکی و واترجت، ابتدا مقداری از پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 را به مدت چند ثانیه در روی محل آسیب دیده قرار داده و نگه می داریم تا با گذشت چند ثانیه و انجام فعل و انفعالات شیمیایی، مشکل مورد نظر برای همیشه رفع نشت گردد.

مراقبت از وسایل کار در هنگام کار با پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

ابزار و لوازم به کار برده شده را بلافاصله پس از مصرف تمیز کرده و بشویید.

سطح پوشش دهی پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

در حالت اجرا با استفاده از برس و جهت آب بندی، هر کیلوگرم می تواند ۱ متر مربع را بسته به وضعیت سطح پوشش دهد.

طریقه انبارداری پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

این محصول را در محیط سربسته و به دور از تابش مستقیم خورشید و دمای زیاد نگهداری نمایید. در مناطق گرمسیری می بایستی این محصول در جای تهویه دار نگهداری گردد.

عدم توجه به روش انبارداری مناسب باعث آسیب دیدن محصول و یا ظرف آن می شود.

حفاظت و ایمنی پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

مانند تمامی محصولات شیمیایی دقت شود تا از تماس با چشم ها، دهان، پوست و مواد غذایی پرهیز گردد. در صورت تماس با پوست و چشم ها بلافاصله آن را به مدت ۱۵ دقیقه با آب شستشو داده و به پزشک مراجعه نماید. اگر به طور اتفاقی بلعیده شد، می بایست اقدامات پزشکی انجام شود. در ظرف ها را پس از استفاده ببندید و برای اطلاع از انبارداری ویژه یا انهدام باقیمانده مواد به بروشور ایمنی محصول مراجعه نمایید.

تاییدیه کیفیت پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

تمام محصولاتی که توسط **کلینیک بتن ایران** عرشه می گردند مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشد.

پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 بر اساس تکنولوژی نانو و جهت کاربرد های تخصصی ترمیم بتن و آب بندی سازه های عمومی و خاص بتنی، آجری و سنگی طراحی شده است. پودر آب بند و ترمیم کننده بتن بر پایه تکنولوژی نانو با ویژگی های منحصر به فرد.

موارد کاربرد پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

نشت گیر بتنی به صورت ۱۰۰٪، بدون آلوده کردن آب شرب، مقاوم در برابر مواد شیمیایی، چسبندگی ۱۰۰٪ به بتون اولیه، مناسب برای ترمیم بتن آسیب دیده، قابلیت نفوذ پذیری به عمق ۹۰ سانتیمتر، سازگار با تنفس بتون، یک عمر گارانتی و کاربری آسان، حفاظت کاتودیک، قابل استفاده در کلیه سازه های بتنی به مانند سد ها، مخازن، استخر ها، آب بندی کلاریفایر ها...

خواص و اثرات پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

در ترمیم با استفاده از پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 نیاز به اعمال لایه پیوند زا نمی باشد که باعث صرفه جویی در هزینه و زمان می گردد.

پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 حدود یک متر در داخل بتون، سنگ، آجر نفوذ کرده، پس از فعال شدن کریستال ها اجازه عبور آب را از داخل و یا خارج به بتن نمی دهد.

پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 بر پایه سیمان بوده، بنابراین هیچ گونه آلودگی مانند آن چه کاربرد مواد قیری یا اپوکسی ها به همراه دارد برای آب شرب نخواهد داشت.

عمر قابل انتظار **پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800** مانند عمر بتون است و هرگز در طول بهره برداری دچار آسیب نمی گردد.

روش اجرای سریع و آسان

صرفه اقتصادی

روش مصرف پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

در مخازن، آب نما ها، تونل ها، محفظه هایی که در داخل آن ها شیرآلات و تجهیزات مکانیکی و الکترونیکی قرار دارند(مانند تصفیه خانه های کنار استخر ها) معمولا به علت نشت آب های تحت العرضی و زیرزمینی شاهد نشت آب هستیم، از این رو به منظور کنترل و رفع دائمی این مشکل می توان پس از آماده سازی سطح بتنی با استفاده از سند بلاست، واتر جت و یا اسیر روش های موجود، به نحوی که سطح اجرای عملیات کاملا سالم و تمیز باشد نسبت به اجرای پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 به صورت رقیق و با قلم موی بزرگ اقدام نمود.

همچنین جهت آب بندی ترکیدگی شدید بتن در کف استخرها و آبنماها، پس از برداشتن بتن کهنه و آسیب دیده و ترمیم و بازسازی آن بر اساس ضوابط و مشخصات اجرایی و با بهره گیری از انواع ملات های ترمیمی ارائه شده، از دوغاب پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 استفاده نماید.

در ترک ها، شکاف ها و درز های اجرایی که قطر شکاف در حدود ۲ میلیمتر باشد می بایست ابتدا با استفاده از ابزار مکانیکی مناسب اقدام به ایجاد حالت شکاف V شکل نموده و سپس با استفاده از پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 محل را پر و ترمیم نمود.

در سازه ها و محل هایی که شاهد نشت یا جریان آب در آن هستیم، می بایست پس از تمیز نمودن نقطه، ترک و محل های آسیب دیده و محل نشت ورود آب از جلبک، قارچ و بتن های ضعیف با استفاده از ابزار های مکانیکی و واترجت، ابتدا مقداری از پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 را به مدت چند ثانیه در روی محل آسیب دیده قرار داده و نگه می داریم تا با گذشت چند ثانیه و انجام فعل و انفعالات شیمیایی، مشکل مورد نظر برای همیشه رفع نشت گردد.

مراقبت از وسایل کار در هنگام کار با پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

ابزار و لوازم به کار برده شده را بلافاصله پس از مصرف تمیز کرده و بشویید.

سطح پوشش دهی پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

در حالت اجرا با استفاده از برس و جهت آب بندی، هر کیلوگرم می تواند ۱ متر مربع را بسته به وضعیت سطح پوشش دهد.

طریقه انبارداری پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

این محصول را در محیط سربسته و به دور از تابش مستقیم خورشید و دمای زیاد نگهداری نمایید. در مناطق گرمسیری می بایستی این محصول در جای تهویه دار نگهداری گردد.
عدم توجه به روش انبارداری مناسب باعث آسیب دیدن محصول و یا ظرف آن می شود.

حفاظت و ایمنی پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

مانند تمامی محصولات شیمیایی دقت شود تا از تماس با چشم ها، دهان، پوست و مواد غذایی پرهیز گردد. در صورت تماس با پوست و چشم ها بلافاصله آن را به مدت ۱۵ دقیقه با آب شستشو داده و به پزشک مراجعه نماید. اگر به طور اتفاقی بلعیده شد، می بایست اقدامات پزشکی انجام شود. در ظرف ها را پس از استفاده ببندید و برای اطلاع از انبارداری ویژه یا انهدام باقیمانده مواد به بروشور ایمنی محصول مراجعه نمایید.

تاییدیه کیفیت پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

تمام محصولاتی که توسط **کلینیک بتن ایران** عرشه می گردند مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشد.

ملات تعمیری MTOSIVE 1020

ملات تعمیری بر پایه سیمان آماده مصرف، بدون انقباض و مسلح به الیاف، لاتکس، **مقاومت بالا و نفوذ پذیری** کم و دوام طولانی جهت ترمیم بتن. ملات تعمیری MTOSIVE 1020 **ملات تعمیری بر پایه سیمان** و آماده مصرف می باشد که پس از افزودن آب لازم خمیر تعمیری دارای الیاف و لاتکس خشک ،مقاومت بالایی به وجود می آورد. ملات تعمیری MTOSIVE 1020 ملاتی بدون انقباض بوده که نفوذ پذیری کم و دوام طولانی برخوردار می باشد. این ملات فاقد گرانول های فلزی بوده و عاری از یون کلر می باشد. ملات تعمیری MTOSIVE 1020 جهت استفاده توسط **سیستم پاششی و یا ماله کشی** طراحی شده و در یک مرحله اجرا می تواند تا ضخامت ۵۰ میلی متر را به وجود آورد. ضخامت های بیشتر با روش پاششی قابل استفاده خواهد بود.
Shrinkage Compensated, Polymer Fibre Reinforced, thixotropic repair mortar

موارد مصرف ملات تعمیری MTOSIVE 1020

- تمامی موارد تعمیر سازه ای که قابلیت استفاده پاششی یا ماله کشی را داشته باشند
- تعمیر تمامی اجزای ساختمانی که تحت **بارگذاری مکرر** می باشند
- تعمیر تیر و ستون پیش تنیده یا مسلح شده
- به منظور **محافظت از سازه های بتنی** در معرض عوامل مهاجم چون **کلراید و سولفات**
- تعمیرات سازه ای در مناطق صنعتی به ویژه آن هایی که در معرض روغن های معدنی و **روغن هیدرولیکی** می باشند
- تعمیرات سازه های دریایی

خواص و اثرات ملات تعمیری MTOSIVE 1020

- بدون انقباض بودن ملات موجب اطمینان از اتصال خوب به بستر بتنی و انتقال نیرو ها در **تعمیرات سازه ای** می گردد.
- بی نیازی از آماده سازی (**Primer**) بستر بوده و این امر تسریع در **عملیات اجرایی** می شود.
- قابلیت پاششی ملات اجرای مقادیر بزرگ آن را ممکن می سازد.
- در هنگام پاشش ضایعات مصالح ناچیزی دارد و این مساله موجب صرفه جویی در **هزینه تامین مصالح** خواهد گردید.
- نفوذ پذیری بسیار کم آن امکان **حملات خورنده محیطی** را به کمترین مقدار ممکن می رساند.

بسته بندی ملات تعمیری MTOSIVE 1020

ملات تعمیری MTOSIVE 1020 در بسته بندی ۲۵ کیلوگرمی عرضه می گردد.

ویژگی ها و مشخصات ملات تعمیری MTOSIVE 1020

- شکل ظاهری: پودر خاکستری حاوی الیاف ریز
- وزن مخصوص خمیری: حدود ۲۳۰۰ کیلوگرم به ازای متر مکعب
- مقاومت فشاری در ۲۰ درجه سانتی گراد مطابق استاندارد BS1881 بخش ۱۱
- یک روزه بیشتر از ۱۶ مگاپاسکال
- ۲۸ روز بیشتر از ۴۵ مگاپاسکال

روش مصرف ملات تعمیری MTOSIVE 1020

آماده سازی بستر:

- سطح مورد نظر می بایستی تمیز و فاقد هرگونه **مواد آلاینده** بوده و همچنین می بایستی نقاط سست و **ضعیف بتنی** را مشخص نموده و نسبت به تخریب آن ها اقدام نمود.
- این مناطق تا عمق ۱۰ سانتی متری بریده شده و دقت شود تا جای ممکن شکل تیزگوشه و مربعی داشته باشند. همچنین حداقل ضخامت ۱۰ میلی متری پیرامون منطقه تعمیر شده حفظ گردد.
- سطح مورد نظر بایستی خدشه دار بوده و دست کم از ناهمواری های ۵ میلی متری با فواصل ۲۰ میلی متری برخوردار باشد.
- چنانچه با سطوح آلوده و سست برخورد شود بهتر است مراتب اجرایی با سرپرست کارگاه هماهنگ گردد تا نسبت به تمیز کاری و برشکاری احتمالی اقدام گردد.
- در صورت مشاهده آرماتور های رنگ زده ابتدا از **سلامت درونی** آن اطمینان یافته سپس نسبت به زنگ زدایی توسط یکی از روش های برس زنی یا ماسه پاشی اقدام نمایی تا **سطح فولاد تمیز** نمایان گردد.
- محافظت مضاعف **آرماتورها** توسط پوشش های مخصوص مقدور خواهد بود.
- در مواردی که آرماتور ها دچار خوردگی وسیع باشند بایستی نسبت به تعویض آن ها اقدام نمود.

اشباع سازی با آب:

سطح مورد نظر را با استفاده از شستشو توسط آب به طور کامل اشباع نمایید سپس مقادیر اضافی را از روی سطح جمع آوری نمایید.

مخلوط نمودن:

بهترین روش ساخت **ملات تعمیری MTOSIVE 1020** استفاده از ابزار همزن (دریل) با دور پایین می باشد. ۳,۵ لیتر آب را به داخل دستگاه مخلوط کن ریخته و در حالی که مخلوط کن در حال گردش می باشد **پودر خشک** MTOSIVE 1020 را به طور پیوسته به آب اضافه نمایید. پس از اضافه شدن کامل پودر به آب، هم زدن را تا ۳ دقیقه ادامه دهید تا مخلوطی یکنواخت و فاقد حباب های بزرگ ایجاد گردد. چنانچه مخلوط فوق از غلظت دلخواه برخوردار نباشد می توان رفته رفته به آن آب اضافه نمود و برای ۱ تا ۲ دقیقه دیگر هم زدن را ادامه داد. بدیهی است مقدار آب لازم تحت تاثیر میزان **رطوبت نسبی و دمای محیط** می باشد.

اجرا:

مخلوط آماده شده قابلیت **اجرای دستی و یا پاشش** را دارا بوده و در صورت اجرای دستی می بایستی ماله را بر روی سطح ملات فشار داد تا از تماس کامل ملات و سطح قبلی مطمئن شد برای این منظور از **ماله پلاستیکی یا چوبی** استفاده کنید ولی پرداخت کاری نهایی را توسط ماله فلزی انجام دهید.

بهترین زمان برای پرداخت کاری نهایی وقتی است که اثر انگشت به سختی بر روی سطح **ملات تعمیری** باقی بماند.

عملکرد ملات تعمیری MTOSIVE 1020

عمل آوری خوب به ویژه در شرایط گرما یا باد شدید ضروری بوده و برای این منظور می توان از MTOCURE D-550 یا پوشش نایلونی استفاده نمود.

سطح پوشش دهی ملات تعمیری MTOSIVe 1020

حجم مخلوط حاصل از یک کیسه ۲۵ کیلوگرمی MTOSIVE 1020 و ۴ لیتر آب مقدار ۱۲,۶ لیتر خواهد بود که می تواند برای پوشش یک متر مربع با ضخامت متوسط ۱۲,۶ میلی متر استفاده شود.

طریقه انبارداری ملات تعمیری MTOSIVE 1020

دور از بارش باران و تابش مستقیم و نیز بدون تحمل فشار زیاد تا یک سال قابل نگهداری خواهد بود.

حفاظت و ایمنی ملات تعمیری MTOSIVE 1020

مانند دیگر **ملات های سیمانی** می بایستی در هنگام تماس با پوست و یا چشم، از آب فراوان برای شستشو استفاده گردد.

تاییدیه کیفیت ملات تعمیری MTOSIVE 1020

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردد مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد.

جهت دریافت قیمت ملات تعمیری MTOSIVE 1020 و سایر **ترمیم کننده های بتن**، با ما تماس بگیرید.

ملات تعمیری بتن

ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650R

ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650/R چسبی خمیری و **پایه اپوکسی** است که به صورت سه جزئی تهیه شده و برای محدوده وسیعی از **عملیات تعمیر و نصب قطعات** قابل استفاده می باشد. **ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650R** با مقاومت زیاد، ویژه **تعمیرات و بستر سازی**.

High Strength, non – flow, epoxy bedding and repair mortar

بر اساس استاندارد ASTM C881 Type1

موارد کاربرد ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650R

۱. تعمیر **سطوح کرموی بتنی** افقی و یا عمودی

۲. نصب ضربه گیر تیر های باربر

۳. نصب کاشی، سرامیک و آجر

۴. **کاشت میلگرد** در دیوار

۵. به عنوان **ملات اتصالی** لایه های پر کننده

۶. نصب تجهیزات ویژه برای **تزریق مواد تقویت کننده** سازه ای

خواص و اثرات ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650R

مقاومت زیاد، خمیری و فاقد ریزش، **چسبندگی قوی**، مقاومت ضربه ای زیاد، بی نیاز از پرایمر زنی، **مقاومت شیمیایی** خوب، بدون جمع شدگی، قابلیت پرداخت کاری، استفاده آسان.

بسته بندی ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650R

ملات اپوکسی MTOFLOW650/R در پک های سه قلو (شامل **رزین** اصلی و **واکنش گر** و پودر) با مجموع وزن ۲۰ کیلوگرم ارائه می شود.

ویژگی ها و مشخصات ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650R

- **وزن مخصوص**: ۱۷۸۵ کیلوگرم در متر مکعب (پس از اختلاط)
- **قابلیت اشتعال**: غیر آتش زا
- **مقاومت فشاری** ۷ روزه: ۶۰ مگاپاسکال (مطابق با ASTM D695)
- **قدرت اتصال**: بیش از بستر بتنی
- **زمان کارکرد**: در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱,۴۵ ساعت و در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۵ دقیقه
- **سخت شدن سطحی**: در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، ۷ و در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد، ۲ ساعت
- **سخت شدن کامل**: ۵ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و ۳ روز در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد

روش مصرف ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650R

ابتدا سطح مورد نظر را به خوبی تمیز نموده و تمامی ذرات و **پوسته های سست سطحی** را جدا نمائید. جز دوم (واکنش گر) را به جز اول (رزین اصلی) اضافه نموده و سپس پودر را اضافه کنید، با استفاده از همزن دستی تا یکنواخت شدن رنگ مخلوط هم زدن را ادامه دهید و با استفاده از ماله نسبت به **اجرای ملات** بر روی سطح اقدام نمایید. توجه شود که آغشته کردن ابزار به **تینر** موجب کارکرد راحت تر ملات فوق خواهد گردید.

سطح پوشش دهی ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650R

مخلوط ۲۰ کیلوگرمی ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650/R برای پوشش دهی ۱,۱ متر مربع به ضخامت ۱ سانتی متر کفایت می کند.

مقاومت شیمیایی:

ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650/R در برابر محدوده وسیعی از مواد شیمیایی مختلف چون: مایعات، فاضلاب خانگی و صنعتی، آب دریا، اسید های رقیق، باز های غلیظ و رقیق، گاز های گوگردی، مواد معدنی، روغن های گیاهی و حیوانی، **آمونیاک** و **فرمالدئید** می باشد.

مراقبت از وسایل کار ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650R

در اتمام هر مرحله از کار بایستی ابزار کار بدون اصله زمانی توسط حلال شستشو دهید.

طریقه انبارداری ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650R

به دور از تابش مستقیم خورشید و همچنین فشار زیاد نگهداری شود.

تاییدیه کیفیت ملات چسبی اپوکسی MTOFLOW650R

تمام محصولاتی که توسط شرکت کلینیک بتن ایران عرضه می گردند مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد

ترمیم کننده آرایشی MTOSIVE1010

ملات صافکاری ریزدانه برای سطوح بتنی

شرح MT

MTOSIVE1010ملات تعمیری یک جزئی اصلاح شده با پلیمر آکریلیکی جهت صافکاری سطح بتن می باشد.
که پس از اضافه شدن آب به ملات قابل ماله کنشی خاکستری رنگ با قابلیت اجرا بر روی سطوح زبر بتنی و لایه های آسیب دیده سطحی تبدیل می گردد.
از MTOSIVE1010می توان به عنوان لایه تسطیح کننده قبل از اجرای پوشش های محافظ استفاده نمود.
MTOSIVE1010از فرمول ویژه جهت ستفاده در لایه های نازک برخوردار می باشد که فاقد جمع شدگی و ترک خوردگی خواهد بود، همچنین از چسبندگی عالی و انعطاف پذیری خوبی برخوردار می باشد.

موارد مصرف

- به عنوان لایه ترمیمی برای سطوح بتنی آسیب دیده و سطوح کرموی بتنی.
- آماده سازی سطوحی که می بایست توسط پوشش های محافظ اندود شوند.

برای ایجاد نمای یکنواخت بر روی سطوح تعمیر شده.

خواص

- فرمول دقیق و نتایج یکنواخت
- تنها نیاز به اضافه شدن آب در محل مصرف
- بدون اقباض
- چسبندگی عالی
- انعطاف پذیر
- سطح نرم، قابلیت پرداخت کاری راحت
- نفوذپذیری کم
- مقاومت عالی در برابر چرخه های ذوب- یخ و نیز کربناسیون
- کاهش میزان نفوذ عوامل خورنده محیطی
- کاهش هزینه های بعدی در مورد سطوحی که

می بایست رنگ شود.

بسته بندی

MTOSIVE1010در کیسه ای ۲۵ کیلوگرمی ارائه می گردد.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی	
وزن مخصوص	gr/cm^3 64/1
رنگ	طوسی روشن یا سفید
حالت فیزیکی	پودر

کاربرد

MTOSIVE1010می بایستی بر روی تمامی سطوح توسط ماله کشی اجرا شده و پرداخت کاری نهایی آن با کمی فاصله زمانی انجام گردد. جهت تسهیل پرداخت کاری نهایی می توان سطح ملات را توسط قلم مو و آب مرطوب نمود.
در صورت نیاز به ایجاد سطح دارای فراش می توان از اجرای با قلم مو یا غلتک بهره برد.

عمل آوری

عمل آوری ملات اجرا نشده به ویژه در شرایط گرما و باد شدید ضروری می باشد.

برای این منظور می توان از مایع عمل آوری کیورینگ و یا پوشش نایلونی استفاده نمود.

آماده سازی

تمیز بودن سطوح تعمیری و برداشتن قسمت های سست سطحی بسیار اهمیت داشته پس از آن اشباع سطوح توسط آب ضروری است. توجه شود که مقادیر اضافی آب جمع آوری گردد.

پر کردن حفرات

پیش از استفاده از ملات صافکاری نهایی می توان از ملات کم آب تر برای پر کردن فضاهای خالی بزرگ تر سطحی استفاده نمود.

مخلوط نمودن

MTOSIVE1010به گونه ای طراحی گردید که به راحتی مخلوط شده و برای این منظور بهتر است از مخلوط کن دستی با دوام پایین استفاده گردد.

تا ۴ لیتر آب را درون ظرف ریخته در حالی که مخلوط کردن ادامه دارد پاکت پودر را به طور کامل به آب اضافه نمایید و مخلوط کردن را تا یکنواخت شدن شکل ملات ادامه دهید. توجه شود که از مخلوط کردن طولانی پرهیز شود. بسته به میزان روانی ملات مورد نظر می توان آب را تا ۶/۵ لیتر به ازای یک کیسه پودر افزایش داد.

پوشش دهی

هر کیسه ۲۵ کیلوگرمی می تواند ۲۰ لیتر ملات آماده مصرف ایجاد نماید که برای پوشش ۲۰ مترمربع با ضخامت ۱ میلی متر کافی است.

مراقبت از وسایل کار

در اتمام هر مرحله از کار می بایستی ابزار کار را بدون فاصله زمانی توسط آب شستشو نمود.

انبارداری

از فشار اضافی، ریزش باران و تابش مستقیم آفتاب پرهیز گردد.

نکات ایمنی

از تمامی مستقیم با پوست، چشم و دهان ممانعت شده و در صورت تماس، موضع را با آب شستشو دهید.

تاییدیه کیفیت

تمام محصولاتی که توسط شرکت مهندسین مشاور اثر مهرازان پایدار(کلینیک بتن ایران) تولید و عرضه می گردند مطابق با استانداردهای کیفی بین المللی

می باشند.

پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 بر اساس تکنولوژی نانو و جهت کاربرد های تخصصی ترمیم بتن و آب بندی سازه های عمومی و خاص بتنی، آجری و سنگی طراحی شده است. پودر آب بند و ترمیم کننده بتن بر پایه تکنولوژی نانو با ویژگی های منحصر به فرد.

موارد کاربرد پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

نشت گیر بتنی به صورت ۱۰۰٪، بدون آلوده کردن آب شرب، مقاوم در برابر مواد شیمیایی، چسبندگی ۱۰۰٪ به بتون اولیه، مناسب برای ترمیم بتن آسیب دیده، قابلیت نفوذ پذیری به عمق ۹۰ سانتیمتر، سازگار با تنفس بتون، یک عمر گارانتی و کاربری آسان، حفاظت کاتودیک، قابل استفاده در کلیه سازه های بتنی به مانند سد ها، مخازن، استخر ها، آب بندی کلاریفایر ها...

خواص و اثرات پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

در ترمیم با استفاده از پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 نیاز به اعمال لایه پیوند زا نمی باشد که باعث صرفه جویی در هزینه و زمان می گردد.

پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 حدود یک متر در داخل بتون، سنگ، آجر نفوذ کرده، پس از فعال شدن کریستال ها اجازه عبور آب را از داخل و یا خارج به بتن نمی دهد.

پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 بر پایه سیمان بوده، بنابراین هیچ گونه آلودگی مانند آن چه کاربرد مواد قیری یا اپوکسی ها به همراه دارد برای آب شرب نخواهد داشت.

عمر قابل انتظار **پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800** مانند عمر بتون است و هرگز در طول بهره برداری دچار آسیب نمی گردد.

روش اجرای سریع و آسان

صرفه اقتصادی

روش مصرف پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

در مخازن، آب نما ها، تونل ها، محفظه هایی که در داخل آن ها شیرآلات و تجهیزات مکانیکی و الکترونیکی قرار دارند(مانند تصفیه خانه های کنار استخر ها) معمولا به علت نشت آب های تحت العرضی و زیرزمینی شاهد نشت آب هستیم، از این رو به منظور کنترل و رفع دائمی این مشکل می توان پس از آماده سازی سطح بتنی با استفاده از سند بلاست، واتر جت و یا اسیر روش های موجود، به نحوی که سطح اجرای عملیات کاملا سالم و تمیز باشد نسبت به اجرای پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 به صورت رقیق و با قلم موی بزرگ اقدام نمود.

همچنین جهت آب بندی ترکیدگی شدید بتن در کف استخرها و آبنماها، پس از برداشتن بتن کهنه و آسیب دیده و ترمیم و بازسازی آن بر اساس ضوابط و مشخصات اجرایی و با بهره گیری از انواع ملات های ترمیمی ارائه شده، از دوغاب پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 استفاده نماید.

در ترک ها، شکاف ها و درز های اجرایی که قطر شکاف در حدود ۲ میلیمتر باشد می بایست ابتدا با استفاده از ابزار مکانیکی مناسب اقدام به ایجاد حالت شکاف V شکل نموده و سپس با استفاده از پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 محل را پر و ترمیم نمود.

در سازه ها و محل هایی که شاهد نشت یا جریان آب در آن هستیم، می بایست پس از تمیز نمودن نقطه، ترک و محل های آسیب دیده و محل نشت ورود آب از جلبک، قارچ و بتن های ضعیف با استفاده از ابزار های مکانیکی و واترجت، ابتدا مقداری از پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800 را به مدت چند ثانیه در روی محل آسیب دیده قرار داده و نگه می داریم تا با گذشت چند ثانیه و انجام فعل و انفعالات شیمیایی، مشکل مورد نظر برای همیشه رفع نشت گردد.

مراقبت از وسایل کار در هنگام کار با پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

ابزار و لوازم به کار برده شده را بلافاصله پس از مصرف تمیز کرده و بشویید.

سطح پوشش دهی پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

در حالت اجرا با استفاده از برس و جهت آب بندی، هر کیلوگرم می تواند ۱ متر مربع را بسته به وضعیت سطح پوشش دهد.

طریقه انبارداری پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

این محصول را در محیط سربسته و به دور از تابش مستقیم خورشید و دمای زیاد نگهداری نمایید. در مناطق گرمسیری می بایستی این محصول در جای تهویه دار نگهداری گردد.

عدم توجه به روش انبارداری مناسب باعث آسیب دیدن محصول و یا ظرف آن می شود.

حفاظت و ایمنی پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

مانند تمامی محصولات شیمیایی دقت شود تا از تماس با چشم ها، دهان، پوست و مواد غذایی پرهیز گردد. در صورت تماس با پوست و چشم ها بلافاصله آن را به مدت ۱۵ دقیقه با آب شستشو داده و به پزشک مراجعه نماید. اگر به طور اتفاقی بلعیده شد، می بایست اقدامات پزشکی انجام شود. در ظرف ها را پس از استفاده ببندید و برای اطلاع از انبارداری ویژه یا انهدام باقیمانده مواد به بروشور ایمنی محصول مراجعه نمایید.

تاییدیه کیفیت پودر آب بند و ترمیم بتن MTONANO CX-800

تمام محصولاتی که توسط **کلینیک بتن ایران** عرشه می گردند مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشد.

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 یک پوشش محافظتی پایه ی قیر آب بندی می باشد که به منظور ایجاد مانعی دائمی در مقابل عبور آب و بخار آب طراحی شده و می تواند برای ایجاد لایه های مانع تبخیر، پوسته های نم گیر، پوشش مخازن و لوله های آب آشامیدنی، حفاظت از سازه های بتنی زیرزمینی، **عمل آوری بتن** ضمن حفظ آب و نیز **محافظت از سطوح فلزی** در برابر خوردگی مورد استفاده قرار می گیرد. پوشش محافظتی و **آب بند مقاوم** بر پایه قیر با قابلیت رقیق شدن آب.

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 مطابق استاندارد ASTM-D-2939

مشخصات و ویژگی های پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

- تک جزیی است و با آب رقیق می گردد
- خشک شدن سریع
- قابل استفاده بر سطوح مرطوب
- بعد از مصرف و پس از تبخیر آب، خشک شده و یک لایه **قابل انعطاف الاستیک** از خود ایجاد می نماید
- پس از خشک شدن در برابر رطوبت مقاوم بوده و در آب حل نمی شود
- برخورداری از **خاصیت حفظ و نگهداری** فوق العاده آب به منظور **عمل آوری مخلوط بتنی**
- چسبندگی عالی به اکثر سطوح رایج در ساختمان
- سهولت در اجرا به سبب رقیق شدن با آب، که می توان از جاروب پلاستیکی، برس، ماله و یا اسپری (پیستوله نازل درشت) برای اجرای آن روی سطح کار استفاده نمود

موارد مصرف پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

عایق جهت عایق کاری دیوارها، سقف ها، زیرزمین ها، تونل ها، سردخانه ها، استخر ها، سرویس های بهداشتی، مخازن و خصوصا **فونداسیون ها** و محافظت در برابر تاثیر کلر

روش مصرف پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

سطوح باید تمیز، خشک و عاری از روغن و گریس باشند. کلیه **ذرات پراکنده و چسبنده** مانند ذرات آهن، براده و پوسته فلزات و نیز **لکه های ملات سیمان** باید برطرف شوند. برای زدودن این قبیل مواد باید از برس سیمی یا برس زبر استفاده نموده و در نهایت گرد و غبار حاصله توسط یک برس نرم و یا هوای فشرده تخلیه گردد. برای تمیز کردن روغن و گریس از سطوح کار باید از عامل یا ماده زداینده مخصوص هر گریس یا روغن استفاده شود. برای چسبندگی مناسب و بهینه به فولاد توصیه می شود **سطوح فولادی** را با معیار SA2 ½ تحت عملیات Grit Blasting (ماسه پاشی درشت دانه) قرار دهید.

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 بر روی سطوح مرطوب، آجر و اندود قابل استفاده است مشروط بر آن که هیچگونه آب سطحی آزاد یا آب انداختگی روی سطح کار موجود نباشد. در موارد تردید پیشنهاد می شود به طور آزمایش مقدار محدودی **پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900** روی سطح مورد نظر اعمال گردد.

مقدار مصرف پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

هر ۱ کیلوگرم برای ۲ الی ۶ متر مربع قابل استفاده می باشد. البته این مقدار با توجه به شرایط موجود و ناهمواری سطح، میزان **مصرف قابل افزایش یا کاهش** می باشد.

روش اجرای پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

پیش از استفاده کاملا به هم بزنید. پوسته های نم گیر، **لایه های عمودی** مانع تبخیر حفاظت از مخازن آب و خطوط لوله یک لایه کامل از پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 را روی سطح کار اعمال کرده و صبر کنید تا خشک شود. نسبت پوشش دهی باید حدود ۳ متر مربع بر لیتر باشد. لایه دوم را عمود بر لایه اول، روی سطح کار اجرا کنید.

سطح پوشش دهی محافظتی قیری MTOPROOF P-900

در مواردی که پوشش رویه سطح کار با اندود بتنی ضروری باشد، باید ماسه تمیز با سایز اسمی ۲ میلی متر روی پوشش خیس دوم پخش شود تا سطحی با **قابلیت چسبندگی مکانیکی** خوب برای زیر سازی به دست آید. قبل از اجرای اندود باید تمام **ماسه های پراکنده** از سطح کار زدوده شوند. (در حین **اجرای اندود** دقت فرمایید که رویه سطح کار آسیب نبیند.)

عملکرد پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

برای **رویه های ضد رطوبت**، دو لایه پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 به کار برید. این کار ضمن انطباق با استاندارد ASTM C309، عمل آوری و کارآیی را بیش از ۸۰ درصد ارتقا می دهد. این محصول بر روی بتن مرطوب نیز قابل استفاده است.

ترمیم پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

نواحی آسیب دیده پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 به راحتی با اعمال پوشش مجدد ترمیم شده و رویه ای یک دست حاصل می گردد.

تمیز کاری و نگهداری ابزار پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

کلیه ابزار و تجهیزات باید بلافاصله پس از استفاده با حلال ویژه تمیز گردد. اگر دمای سطح زیر کار بین ۶ تا ۴۵ درجه سانتی گراد باشد، عملیات اجرایی را می توان آغاز کرد.

طریقه انبارداری پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

در انبار سرپوشیده در دمای ۴۰-۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۲ ماه قابل استفاده می باشد. عدم **رعایت شرایط انبارداری** مناسب ممکن است باعث آسیب دیدن محصول و یا ظرف آن گردد. برای کسب اطلاع بیشتر از روش انبارداری مناسب با بخش فنی **کلینیک بتن ایران** تماس حاصل نمایید.

حفاظت و ایمنی پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 محتوی هیچ ماده خطرناکی نمی باشد. برای آگاهی بیشتر به **برشور ایمنی محصول** مراجعه نمایید.

تاییدیه کیفیت پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

تمام محصولاتی که توسط کلینیک بتن ایران عرضه می گردد مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد

بتن ریزی در سرما و استفاده از ضد یخ بتن

بتن، حاصل واکنش شیمیایی آب و سیمان پرتلند است. طی این واکنش ابتدا سیمان با آب، یک ترکیب ژله ای ایجاد می کند. این ترکیب، حالت سیال ویسکوزی را به وجود می آورد که سنگدانه ها در آن فضا معلق می شوند و با توسعه واکنش شیمیایی، تدریجاً این بخش ژله ای سخت شده و در این راستا سنگدانه ها را به یکدیگر چسبانده و باعث **سختی بتن** می گردد. این واکنش به

واکنش هیدراتاسیون معروف است. سرعت این واکنش شیمیایی تاثیر بسزائی در کیفیت بتن نهائی دارد. از آنجا که محصول واکنش بتن، دارای ساختار کریستالی است، سرعت واکنش، فرم های مختلفی از ساختار کریستالی را برای بخش سخت شده ژل سیمان ایجاد می کند که در **استحکام نهائی بتن**، موثر می باشد. هر چه سرعت واکنش هیدراتاسیون پایین تر باشد، کریستال های بتن در **بتن ریزی در هوای سرد** دیرتر تشکیل می شوند ولی ساختار منظم تر و نتیجتا مستحکم تری دارند و بالعکس با افزایش **سرعت واکنش هیدراتاسیون**، بتن سریع سخت می گردد ولی ساختار کریستال ها بی نظم شده و به علت شکنندگی این ساختار، نتیجتا بتن نهائی دارای استحکام کمتری است.

بتن ریزی در زمستان یکی از چالش های جدی مهندسین عمران است و یکی از مشکلاتی است که ممکن است برای هر پروژه‌ی ساخت و سازی پیش بیاید. هوای سرد مشکلات زیادی را برای بتن ایجاد می کند. دمای پایین باعث می شود تا سرعت واکنش هیدراسیون در مخلوط آب و **سیمان** کاهش یابد و همین موضوع می تواند علاوه بر ایجاد مشکل برای **مقاومت نهایی بتن**، برنامه ریزی پروژه را نیز مختل کند. همچنین ممکن است که هوا به حدی سرد باشد که آب موجود در بتن دچار یخ زدگی شود و این مسئله فرایند هیدراسیون و **گیرش بتن** را با مشکلات جدی رو به رو می کند. بتنی که در چنین شرایطی **عمل آوری** شود، ویژگی هایی که برایش پیش بینی شده و برای آن طراحی شده را نخواهد داشت. اگر آب در قسمت هایی از بتن یخ بزند، واکنش هیدراسیون در آن قسمت ها به طور کلی قطع می شود و در نتیجه بتن در آن جاها دچار ضعف های جدی می شود. بنابراین مجبور هستیم تا در هنگام **بتن ریزی** در هوای سرد، شرایطی را برای بتن سرد فراهم آوریم که بتن بتواند به صورت طبیعی سخت شود و برای مقاومت و ویژگی های نهایی آن مشکلی به وجود نیاید.

مطابق آیین نامه بتن ایران، بتن ریزی در هوای سرد به وضعیتی گفته می شود که برای سه روز متوالی این شرایط برقرار باشد: دمای متوسط هوا در شبانه روز کمتر از ۵ درجه سانتی گراد باشد یا دمای هوا برای بیشتر از نصف روز از ۱۰ درجه سانتی گراد کمتر باشد. لازم است که بتن تازه در برابر آثار ویرانگر **یخ زدگی** محافظت شود. بتنی که حتی یک بار در سنین اولیه یخ زده باشد در مقایسه با بتنی که یخ نزده باشد در برابر شرایط جوی از مقاومت کمتری برخوردار است و نیز آب بند نخواهد بود.

آب پاشی بتن در فصل سرما

✓ مزایای استفاده از مواد افزودنی بتن

۱. از خسارت به بتن ناشی از یخ زدگی ملات سیمان در زمان های اولیه که قرار است در هوای سرد استفاده شود، جلوگیری می شود.
۲. از رشد قدرت و مقاومت مورد نیاز بتن جهت آن اطمینان حاصل می شود.
۳. از شرایط مطلوب برای بهبود استحکام بدون استفاده از گرمای اضافی در زمان آن باید، اطمینان حاصل می شود.
۴. تغییر دمای سریع در بتن به منظور جلوگیری از ترک خوردگی در آن زمان، کنترل می شود.
۵. محافظت دائمی از ساختار بتن در آن زمان فراهم می شود.

✓ استفاده از ضد یخ بتن در فصل سرما

معمولا اولین راهی که در هنگام مواجه با مشکل بتن ریزی در هوای سرد مورد استفاده قرار می گیرد، استفاده از مواد ضد یخ بتن یا مواد شتاب دهنده است. این مواد که به شکل های مختلف از جمله پودری و مایع موجود می باشند، واکنش هیدراسیون در بتن را تسریع می کنند. به دلیل آن که این واکنش گرماده است، تسریع آن باعث می شود تا در زمان کوتاه تری گرمای بیشتری تولید شود و **دمای مناسب بتن** ریزی به این وسیله بالا نگه داشته می شود. همچنین تسریع واکنش هیدراسیون باعث خواهد شد تا بتن زودتر سخت شود. در این ضد یخ ها معمولا از نمک های مختلفی نیز استفاده می شود. این نمک ها با حل شدن در آب، نقطه انجماد آن را نیز کاهش می دهند. بنابراین ضد یخ های بتن از دو طریق از یخ زدن بتن جلوگیری می کنند. اول با تولید گرمای بیشتر دمای بتن را بالا نگه می دارند. دوم این که **نقطه انجماد آب** را کاهش می دهند تا یخ زدن آب دشوارتر شود. در ضد یخ پودری از کلرید استفاده شده است، همین موضوع باعث می شود تا **ضد یخ های پودری** برای استفاده در **بتن های مسلح** مناسب نباشند. چرا که یون های کلرید می توانند باعث خوردگی آرماتورهای موجود در بتن مسلح گردند. در **ضد یخ های مایع** اما این مشکل وجود ندارد و از این ضد یخ ها می توان در تمامی بتن ها استفاده کرد.

دمای بتن ریزی در هوای سرد

✓ گرم نگه داشتن بتن در سرما

روش دیگری که از آن در هنگام بتن ریزی در هوای سرد استفاده می شود، گرم نگه داشتن بتن است. این کار نیز به چندین صورت می تواند انجام بپذیرد. اول این که ما می توانیم از آب داغ در مخلوط بتن استفاده کنیم. البته این روش تقریبا دیگر منسوخ شده و از آن استفاده نمی شود، چرا که انرژی زیادی در آن صرف می شود و بازده کمی نیز دارد. همچنین در مواردی در هنگام عمل آوری و کیورینگ بتن، از پوشش های مختلفی برای بالا نگه داشتن دمای بتن استفاده می شود. اولین راه حل گرم کردن مصالح و خصوصا آب مصرفی در بتن است. البته این روش تقریبا ناکارآمد بوده و صرفا نیروی زیادی را می‌طلبد.

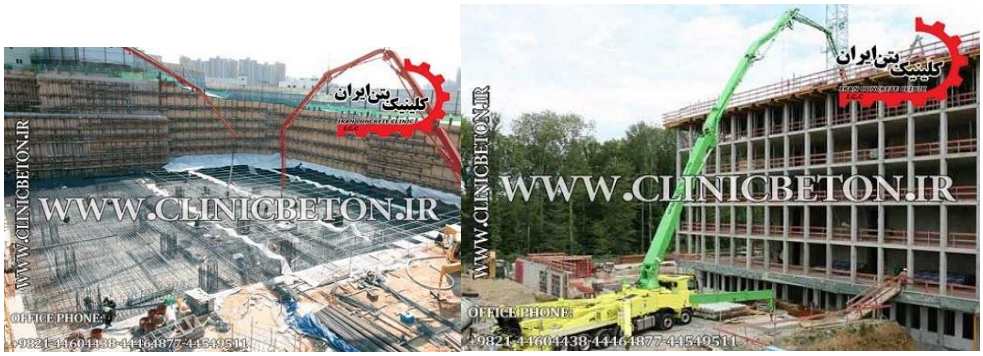
برای دومین راه حل می توان استفاده از **مواد تسریع کننده** را در نظر گرفت. این مواد موجب افزایش **سرعت هیدراتاسیون** و بالا رفتن دمای حاصل از هیدراتاسیون می شود. **مقاومت بتن** در سنین اولیه نیز افزایش می‌یابد.

سومین راه حل و بهترین آن استفاده از ضد یخ بتن می باشد. زیرا یک ضد یخ بتن خوب با تسریع در روند هیدراتاسیون، سرعت **گیرش اولیه بتن** را بالا برده و در نتیجه میزان آب اشباع در بتن را کاهش می دهد، از طرفی نقطه انجماد آب موجود در بتن را پایین آورده و به همین علت شرایط بند ۲ را نیز برآورده می کند و بهترین راه برای آن استفاده از ضد یخ بتن می باشد.

بتنی که در هوای سرد ریخته می شود تنها در صورتی دارای مقاومت و دوام لازم برای رعایت الزامات سرویس مدنظر می‌باشد، که به صورت مناسبی تولید، ریخته و محافظت شود.

با وجود اینکه آن زمان شناخته می‌شود ولی در طول ۲۴ ساعت اولیه برای جلوگیری از یخ زدگی حفاظت در بهار و پاییز نیز لازم است. وقتی بتن یخ می زند چه اتفاقی می‌افتد؟ آب داخل منافذ در بتن در حدود ۱ درجه سانتی گراد (۳۰ درجه فارنهایت) شروع به یخ زدگی می کنند.

هنگامی که مقداری آب یخ می زند غلظت یون داخل آب یخ نزده بالا می رود علاوه بر این، نقطه انجماد نیز بالا می رود. در حدود -۳ تا -۴ درجه سانتی گراد (۲۵ تا ۲۷ درجه فارنهایت)، منافذی که به اندازه کافی داخل آن آب است یخ می زند در نتیجه هیدراتاسیون کاملا متوقف می شود و بنابراین استحکام بتن، نیروهایی که به وسیله **انبساط یخ** تولید می شوند (حجم یخ اشغالی حدود ۹٪ بیشتر از آب) ممکن است در یکپارچگی طولانی مدت بتن زیان آور باشد.



تعریف هوای سرد در بتن ریزی

منظور از سیمان نوع ۳ چیست؟

در بتن ریزی در هوای سرد حتی المقدور باید سعی شود تا از **سیمان نوع سه** استفاده شود. این سیمان **سرعت گیرش** بسیار بالایی دارد و برای کار در مناطق سردسیر بسیار مناسب می باشد. چرا که ما در این مناطق احتیاج داریم تا کار با سرعت بیشتری انجام شود. همچنین سرعت بالا تر در فرایند هیدراسیون، به معنای تولید گرمای بیشتر است. همین موضوع نیز باعث می شود تا دمای بتن بالا نگه داشته شود و آب موجود در آن دچار یخ زدگی نشود. یکی از بهترین نوع سیمان ایران، سیمان نوع سه می باشد.

✓ **مزایای استفاده از ضد یخ بتن**

- از **خرابی بتن** به سبب یخ زدگی در مراحل زودتر جلوگیری می کند
- مطمئن می شود که بتن استحکام لازم برای برداشت مطمئن از فرم ها را ارتقا می دهد
- شرایط بهبودی را برقرار می کند که **قدرت انبساط** طبیعی را بدون استفاده از دمای اضافی می پروراند
- تغییرات دمایی سریع را در داخل بتن محدود می کند تا از ترک های دمایی جلوگیری شود
- حفاظت دائمی با قابلیت استفاده مورد در خواست از ساختار را فراهم می کند

برای هر ۱۰ درجه سانتی گراد (۱۸ درجه فارنهایت) کاهش در دمای بتن، دفعات آن را دو برابر می شود بنابراین تعداد دفعاتی که بتن به سبب یخ زدگی مستعد آسیب پذیری و خرابی می باشد، افزایش می یابد.

✓ **اهداف مصرف مواد افزودنی بتن**

- جلوگیری از خسارت به بتن ناشی از یخ زدگی در **زمان گیرش اولیه**
- اطمینان از رشد مقاومت مورد نیاز بتن جهت آن
- نگهداری از شرایط مطلوب برای بهبود استحکام بدون استفاده از گرمای اضافی در زمان بتن ریزی
- کنترل تغییر دمای سریع در بتن به منظور جلوگیری از ترک خوردگی
- محافظت دائمی از ساختار بتن

باید توجه داشته باشید که **بتن گرم** قرار داده شده در بستر سرما، گرما از دست می دهد و افت دما پیدا می کند. دانستن این مسئله بسیار مهم است که اگر ساختار به دلیل کیورینگ و محافظت نامناسب دچار خرابی شده باشد رسیدن بتن به مقاومت ۲۸ روزه مخصوص بی فایده خواهد بود.

بتنی که از یخ زدگی محافظت شده است تا وقتی که به **مقاومت فشاری** حداقل ۳٫۴۵ Mpa (500 psi) برسد به دلیل قرار گرفتن در معرض یک **چرخه یخ زدگی** تنها دچار خرابی نمی شود. بتنی که محافظت می‌شود و یا احتمالا عمل آوری می گردد علی‌رغم قرار گرفتن در معرض هوای سرد به مقاومت بالقوه خودش می رسد. به جز در گرما و محوطه حفاظتی، نیازی به تامین رطوبت خارجی برای عمل آوری بتن در سرما نیست و یا این نیاز کمتر می گردد.

✓ کاربرد استفاده از ضد یخ های بتن

- ضد یخ های بتن مواد شیمیایی هستند که به منظور پایین آوردن نقطه انجماد فاز مایع به آب **اختلاط بتن** اضافه می گردند و تا دمای C 30° - کاربرد دارند.
- استفاده از ضد یخ در بتن ریزی در شرایط آب و هوای سرد، دارای اصول فنی ساده و بسیار سودمند است که باعث صرفه جویی ۲۰ الی ۵۰ درصدی زمان و انرژی در مقایسه با عمل آوری با بخار، گرم کردن بتن و... می باشد.
- در روسیه بیش از ۴۰ سال تجربه بتن ریزی بدون گرم کردن بتن وجود دارد، این امر با توجه به آب و هوای بسیار سرد روسیه می باشد.
- ضد یخ ها در بتن درجا، **بتن مسلح**، سازه های یکپارچه پیش ساخته و... در دمای (هوا، زمین) زیر C5° و تا کمترین دمای روزانه C 30° - مورد استفاده قرار می گیرند.

کانکریت ریزی در هوای سرد

✓ عملکرد ضد یخ بتن

عملکرد ضد یخ بتن ها به دو صورت کلی ذیل می باشد:

- دسته اول، نقطه انجماد **فاز مایع بتن** را پایین می آورند، همچنین زودگیرها و دیرگیرهایی ضعیف هستند که بر **گیرش و سخت شدگی سیمان** تاثیر می گذارند، از جمله محصولات الکترولیت مانند: ANTI FREEZ SN و ANTIFREEZ SC. محصولات الکترولیت ضعیف مانند: ANTI FREEZ AM و غیرالکترولیت مانند: ANTI FREEZ U می باشند.

- دسته دوم، افزودنی های دو یا سه سیستمی می باشند. هیدراتاسیون سیمان را تسریع کرده و همچنین خصوصیات ضد یخ را دارا می باشند.

- علاوه بر این دو گروه اصلی، مابقی خصوصیات ضعیفی از ضد یخ ها را دارا می باشند. گیرش و سخت شدن سیمان را تسریع می کنند و به صورت قابل توجهی میزان گرمای مراحل اولیه سخت شدن سیمان در بتن ریزی زمستانی را افزایش می دهند. این **افزودنی های بتن** در شکل گیری سریع **ساختار متراکم موئینه سیمان** شرکت می کنند، مانند: ANTI FREEZ FS و ANTI FREEZ AS.

✓ تاثیرات استفاده از ضد یخ بتن در سازه های بتنی

- بیشتر افزودنی های ضد یخ باعث ایجاد **تاخیر در گیرش بتن** می شوند. از آنجایی که میزان مصرف ضد یخ ها از افزودنی هایی که به منظور تاخیر در گیرش استفاده می شوند بسیار بیشتر می باشد، **سخت شدن سیمان** تسریع می شود و این مسئله گاهی اوقات بتن ریزی را مشکل می کند.
- ANTI FREEZ زمان گیرش و سخت شدن سیمان را کاهش می دهد، همچنین بر روی ساختار خمیر سیمان و مقاومت در برابر یخ زدگی بتن تاثیر قابل توجهی دارد. این محصول همراه با **کندگیر کننده های بتن** یا روان کننده ها مورد استفاده قرار می گیرد. میزان مصرف **روان کننده بتن** به نوع سیمان و میزان مصرف ضد یخ بستگی دارد.
- در بتن ریزی در هوای سرد با استفاده از افزودنی های ضد یخ می توان دیگر افزودنی های بتن مانند هوازا، روان کننده، دیرگیر کننده و فوق روان کننده را استفاده کرد. میزان مصرف هوازا باید در **آزمایشگاه بتن** دقیقا مشخص شود. زمانی که افزودنی های نامبرده همراه با ضد یخ استفاده می شوند، میزان مصرف بالاتری نسبت به حالت نرمال دارند.
- بیشترین میزان مصرف روان کننده بر پایه لیگنو برای مخلوط شدن با ANTI FREEZ (SN+CC)و ANTI FREEZ CCNN نباید از بیشتر ۱۰٪ شود.
- ضد یخ های **کلینیک بتن ایران** در دو حالت مایع و پودری عرضه می گردند و مشخصات آن از طریق بخش محصولات – افزودنی های بتن کلینیک بتن ایران- قابل بازیابی است.

✓ عوامل موثر در سرعت واکنش هیدراتاسیون بتن و سیمان

- غلظت بالاتر واکنشگرها (در اینجا سیمان)، ارتباط مستقیم با سرعت واکنش دارد و لذا برای بتن های با **عیار سیمان** بالاتر، سرعت هیدراتاسیون بیشتر می باشد. در طرح های اختلاط با نسبت آب به سیمان کمتر، این سرعت هیدراتاسیون به همین دلیل بالاتر است.

- دمای محیط واکنش، ارتباط مستقیم با سرعت هیدراتاسیون دارد. در تابستان سرعت گیرش بالاتر بوده و در زمستان سرعت پایین تر است. دمای مصالح مصرفی نیز از همین قاعده پیروی می کند. ضمنا برای **مقاوم سازی سازه های بتنی** که ضخامت بتن در آنها بیشتر است، گرمای حاصل از واکنش هیدراتاسیون سخت تر از ماتریس بتن خارج می شود و لذا باعث **افزایش دمای درونی بتن** شده و سرعت واکنش را افزایش می دهد.

- تیپ سیمان، عامل مهم دیگری است که در این واکنش نقش دارد. سرعت واکنش هیدراتاسیون با نسبت فاز تری کلسیم آلومینات و تری کلسیم سیلیکات سیمان رابطه مستقیم و با فاز دی کلسیم سیلیکات رابطه عکس دارد. علاوه بر آن سیمان هایی که دانه بندی ریزتر و نرم تری دارند نیز در **ساختار شیمیایی** برابر، سرعت واکنش بالاتری دارند.

- از آنجایی که ساختار کریستالی بتن، نقش مهمی در مقاومت بتن در سرما و نهایتا در **دوام بتن** دارد، لذا مدیریت سرعت این واکنش شیمیایی بسیار حائز اهمیت است. به منظور این کار **آیین نامه های ویژه بتن ریزی** در هوای گرم و بتن ریزی در هوای سرد موجود می باشد که پیمانکاران ملزم به رعایت این آیین نامه ها هستند.

- مطابق آیین نامه بتن آمریکا، هوای سرد شرایطی است که طی سه روز متوالی متوسط دمای هوا کمتر از ۵ درجه سانتی گراد باشد و طی این سه روز، هیچگاه دما به طور متوالی طی ۱۲ ساعت بالای ۱۰ درجه سانتی گراد نباشد.

- معمولا وقتی صحبت از بتن ریزی در سرما می شود، تصور بیشتر مردم بحث یخ زدگی بتن است در صورتی که با توجه به تعریف فوق این تصور می تواند غلط باشد و باید تمرکز خود را بر روی **واکنش شیمیایی هیدراتاسیون** قرار دهیم. این واکنش یک واکنش گرما زا است یعنی طی پیشرفت واکنش گرما آزاد می شود. **شروع واکنش** نیاز به مقداری انرژی اولیه دارد که همان انرژی اکتیواسیون یا فعالسازی است. چنانچه این مقدار انرژی، به حد لازم نرسد واکنش شروع نمی شود و لذا سخت شدگی سیمان اتفاق نمی افتد. در این حالت پس از مدتی، سنگدانه ها رسوب کرده و آب به سطح بتن می آید و عملا بتن از حالت یکنواختی خارج می شود. ممکن است که حتی یخ زدگی اتفاق نیفتد ولی همین جدایش باعث می شود کیفیت بتنی که با تاخیر به سختی می رسد از حالت همگنی خارج شود. لذا زمانی که هوا به سمت سرما میل می کند، باید آیین نامه ها به دقت مطالعه گردد.- استفاده حداقل ۳۷۵ کیلوگرم سیمان در هر متر مکعب بتن، نسبت آب به سیمان حداکثر ۴۵٪، عدم استفاده از **سیمان های پوزولانی** و یا پوزولان ها در طرح اختلاط و استفاده از مواد افزودنی شیمیایی زودگیر کننده، موارد توصیه ای هستند که در آیین نامه ها نیز به چشم می خورند.- در بین توصیه هائی که برای بتن ریزی در سرما وجود دارند، استفاده از **مواد شیمیایی افزودنی**، تحت عنوان **زودگیر کننده بتن** به عنوان یکی از راهکارها، مورد توجه ویژه می باشد. زودگیرها، موادی هستند که باعث افزایش سرعت واکنش هیدراتاسیون می شوند. بعضاً به غلط نام ضدیخ در خصوص این ترکیبات، در این صنعت رایج شده است. لازم به ذکر است که افزودنی های زودگیر و ضد یخ دو طبقه جدا از یکدیگر هستند و مکانیسم عمل متفاوتی دارند.

- ضد یخ ترکیبی است که باعث کاهش دمای انجماد آب بتن می شود و یخ زدگی را به تاخیر می اندازد ولی الزاماً در سرعت واکنش، تغییری ایجاد نمی کند. معمولا ضد یخ برای حفظ ملات یا بتن در دماهایی که پیش بینی می شود برای دوره معینی، حین یا بعد از بتن ریزی و قبل از گیرش بتن، به زیر صفر برسد، استفاده می گردد. بتن ریزی در آن شرایط قواعد خود را دارد که با موضوع این بحث متفاوت است ولی برای حفظ **ملات های مصرفی** در شرایط یخبندان، می توان از ضد یخ استفاده کرد.

- اگرچه پایه شیمیایی هر دو دسته زودگیرها و ضد یخ ها معمولا نمک های معدنی است، ولی نمک هائی که بخش کاتیونی کلسیم دارند دارای نقش زودگیری می باشند. نمک های کلسیم محلول در آب، شامل ترکیبات کلسیم نیترات، کلسیم کلرید،

کلسیم فرمیات و کلسیم نیترات هستند که از بین این ترکیبات، کلسیم کلرید نقش زودگیر کنندگی بیشتری دارد ولی از آنجا که یون کلر در بتن های مسلح باعث خوردگی آرماتور می شود، میزان یون کلر این دسته از بتن ها دارای محدودیت هایی می باشد و لذا برای استفاده از این ترکیبات در بتن مسلح ممنوعیت هایی وجود دارد. اگرچه کنترل میزان کلر در حد قابل قبولی می تواند در بتن وجود داشته باشد و ایجاد مشکل نمی کند ولی اصل محافظه کاری ایجاب می کند که از ورود این ترکیب به بتن جلوگیری شود. کلسیم نیترات دیگر نمک کلسیم بوده که به عنوان زودگیر در این صنعت مصرف زیادی دارد. این ترکیب علاوه بر زودگیری در بتن، خاصیت ضدیخ را نیز داشته، **محافظت خوردگی میلگردها** را نیز افزایش می دهد و استحکام نهائی بتن را بهبود می دهد.

- استفاده از روان کننده ها و **فوق روان کننده** های زودگیر نیز در این صنعت رایج است. این مواد برای شرایط سرمای ملایم توصیه می شوند و در شرایطی که هوا سرد می شود، بهتر است که روان کننده و زودگیر به میزان لازم و تفکیک شده استفاده شود.

- میزان مصرف زودگیر وابسته به دمای هوا و ضخامت بتن است. با کاهش دما و ضخامت بتن، میزان زودگیر باید افزایش یابد. ضمنا زودگیر باید قبل از بتن ریزی به میکسر افزوده شود و به **میزان لازم اختلاط** صورت پذیرد و سپس بتن ریزی انجام گیرد ولی تاکید می شود که **استفاده زودگیر بتن** در هوای سرد به عنوان یکی از کارهایی است که باید انجام داد و موارد دیگر نیز باید مطابق با **آیین نامه** رعایت شود.

الزامات بتن ریزی در هوای گرم و سرد

تاثیر درصد اختلاط سنگدانه و خمیر سیمان در بتن سبک سازه ای

بتن سبک

بتن از پر مصرف ترین مصالح ساختمانی به شمار می رود.با توجه به زلزله خیز بودن کشور ما،و نیاز به ساخت سازه های بلند، بتن سبک سازه ای از اهمیت بیشتری در ساختمان سازی برخوردار است.این بتن با کاهش وزن ساختمان هزینه های پی سازی را کاهش می دهد.همچنین با توجه به عایق بودن بتن های سبک در برابر حرارت و صدا از هزینه های مصرف انرژی جهت سرمایش و گرمایش ساختمان ها می کاهد.مقاومت این بتن در مقابل زلزله با وجود چگالی کم، بتن سبک سازه ای را به یکی از پرکاربردترین مصالح در سازه های مقاوم تبدیل کرده است.

خصوصیات بتن سبک

- مقاومت فشاری بالا
- وزن و چگالی کم
- کاهش بار مرده ساختمان
- کاهش تنش و نیروی وارد بر ساختمان از طریق زلزله
- عایق صوتی و حرارتی
- قابلیت بازیافت

- مقاومت در برابر آتش
- ساخت بلوک های ساختمانی

انواع بتن های سبک

بتن ها به سه دسته ی غیر سازه ای ، سازه ای و بتن سبک معمولی با مقومت متوسط تقسیم می شوند.

بتن سبک غیر سازه ای

این نوع بتن در عایق سازی کف و سقف و تیغه های جداساز کاربرد دارد.در ساختمان های نیاز به ایزولاسیون صوتی بیشتر، همچون بیمارستان ها، مدارس و آپارتمان ها این نوع بتن کاربرد بیشتری دارد.اهمیت استفاده از این بتن در کاهش مصرف انرژی در سیستم های گرمایشی و سرمایشی است.

بتن سبک سازه ای

این بتن ها با داشتن چگالی کمتر از ۲۰۰۰ کیلوگرم بر متر مربع،مقاومت فشاری بالای ۱۷ مگا پاسگال دارند. مواد مصرف شده در ترکیب این نوع بتن عبارتند از : سیمان ، ماسه ، آهک ، مواد حباب زا ، آب و مواد افزودنی .بتن سبک از دو جزء خمیر سیمان و سنگدانه ها تولید می شود.هر کدام از اجزاء به صورت جداگانه سبک سازی می شود.

سبک سازی (سنگدانه ها)

سنگدانه های سبک با توجه به تخلخل زیاد دارای چگالی کمی هستند که به دو گروه مصنوعی و طبیعی تقسیم می شوند.

سنگدانه های مصنوعی شامل پرلیت، ورمیکولیت، لیکا، شیل منبسط شده به روش خاکسترکلوخه ای، اسلیت و ... می باشند.از جمله سنگدانه های طبیعی می توان از پومیس، اسکریا و توف نام برد.

توجه به سبک سازی و مقاومت فشاری باید در کنار هم انجام گیرد.سبک سازی باید به گونه ای باشد که حداقل مقاومت فشاری لازم برای سازه تامین شود.زیرا باکاهش وزن بتن مقاومت آن نیز کم می شود.البته نمیتوان گفت هر بتن سنگینی مقاومت فشاری بالایی دارد.

سبک سازی خمیر سیمان

یکی از روش ها استفاده از مواد حباب زا می باشد که با ایجاد تخلخل وزن بتن را کاهش می دهد.این روش با مواد طبیعی همچون سم شاخ ، خون و سایر اعضاء حیوانات یا با روش ترکیب مواد شیمیایی خاص انجام می گیرد.این نوع بتن سبک ، بتن کفی یا گازی(CLC) نامیده می شود .

ساختار بتن سبکدانه

فازخمیری (ماتریس)

مقاومت و مدول الاستیسیته بیشتر

فازذرات (سنگدانه)

مقاومت و مدول الاستیسیته کمتر

فازوجهمشترک (ناحیه انتقال)

کیفیت بهتر نسبت به بتن معمولی

طرح تعیین نسبت مناسب حجم سنگدانه به حجم خمیر سیمان

تعیین نسبت مناسب اخلاط از لحاظ مقاومت فشار، چگالی کم و هزینه مناسب تر بسیار پر اهمیت است.

مصالح سنگی این طرح ها عبارت است از سنگدانه مصنوعی لیکا و ماسه معمولی با سه دانه بندی مختلف شامل

- مخلوط ریزدانه و درشت دانه به علاوه ماسه
- درشت دانه سبک به علاوه ماسه
- ریزدانه سبک به علاوه ماسه

طرح اختلاط

در تعیین طرح نسبت آب به سیمان در تمام مراحل یکسان در نظر گرفته می شود.روش اختلاط به این صورت است که کل لیکا و یک سوم ماسه و یک سوم آب را به مدت ۱ دقیقه مخلوط می کنیم.سپس یک سوم ماسه و سیمان و پدر سنگ آهک و یک سوم آب و نصف فوق روان کننده را به مدت ۲ دقیقه مخلوط می کنیم.در مرحله بعد یک سوم نهایی ماسه همراه با آب و فوق روان کننده به مدت ۸ دقیقه مخلوط می شوند.در این آزمایش سه گروه بتن سبک با حجم سنگدانه متفاوت تهیه شد.باتوجه به آزمایشات با افزایش حجم سنگدانه ها نسبت به خمیر سیمان، چگالی افزایش و هزینه کاهش می یابد.افزایش حجم لیکا به نسبت خمیر سیمان باعث کاهش سطح مخصوص می شود.استفاده از سیمان در حدود ۳۸۵ کیلوگرم در متر مکعب با افزایش مقاومت همراه بود.با توجه به اینکه کاهش سیمان باعث کاهش آلودگی و کاهش هزینه می شود،این روش بهینه است.همچنین نتیجه ها نشان می دهد که استفاده از حجم سنگدانه ۲,۵ به نسبت حجم سیمان اقتصادی تر است.زیرا تفاوت چندانی با مقاومت فشاری حجم سنگدانه به نسبت ۲ احساس نمی شود.حذف لیکای ریز و استفاده از لیکا با دانه های درشت نیز تغییری در مقاومت فشاری بتن ایجاد نمی کند.که این روش باز هم به دلیل ارزان بودن لیکای درشت ، با صرفه اقتصادی همراه بوده است. با حذف لیکای درشت هر چند مقاومت بالاتر می رود ولی با توجه به نیاز به خمیر سیمان بیشتر برای چسبندگی روشی اقتصادی نمی باشد

میزان حباب هوا در بتن و محافظت از بتن

ایجاد حباب هوا باعث تشکیل فضاهای خالی داخل خمیر شده و نتیجه آن، آب اضافی می تواند حرکت نموده و بدون خسارت یخ بزند. حباب های هوا دارای احجام بزرگ تری از فضاهای مویینه داخل **خمیر سیمان** هستند و بنابراین آب داخل حباب ها در دمای حدود صفر درجه شروع به یخ زدن می کنند. حباب های هوا خالی هستند ولی ممکن است دارای فیلم نازکی از محلول در

سطح خود باشند که ضخامت کافی برای یخ زدن را ایجاد کنند. تشکیل یخ زدن در حباب ها سبب ایجاد پدیده استمزی و جذبی شده و **کاهش سطح اشباع** در مجاورت خمیر سیمان و کاهش خطر را به همراه خواهد داشت. حباب ها همانند شیرهای اطمینان عمل نموده و آب را از خمیر سیمان مجاور به داخل خود کشیده و همانند مخزنی هم برای یخ و هم محلول تغلیظ شده آب حفره ای کار می کند. آب ذوب شده داخل حباب ها به دلیل کشش سطحی بالاتری که در **فضاهای مویینه و حفرات کوچک** وجود دارد به داخل خمیر سیمان بر می گردد. بنابراین خمیر سیمان تحت یخ زدن – آب شدن مادامی که رطوبت ثابت داشته باشد آسیب نمی بیند ولی اگر بتن به صورت کامل اشباع باشد و حباب های هوا از آب پر شوند سرانجام آسیب خواهد دید. با اضافه کردن مقدار کمی **مواد حباب هوازا به خمیر سیمان** (مثلاً به میزان پنج صدم درصد وزنی سیمان) می توان حباب های ۰/۰۵ تا یک میلیمتر را در خمیر سیمان به وجود آورد. در نتیجه برای یک حجم داده شده از هوا تعداد حفره های خالی، فاصله های حفره ای و درجه محافظت، در مقابل عمل یخ زدگی می تواند به مقدار زیادی تفاوت کنند، که این تغییرات به اندازه ی حباب های هوا بستگی دارند.با آنکه حجم هوای بتن، ملاک مناسبی برای **محافظت بتن در برابر عمل یخ زدگی** نمی باشد ولی با فرض اینکه حباب های هوا اغلب ریز می باشند، آنگاه حجم هوای بتن راحت ترین معیار به منظور کنترل کیفیت مخلوط های بتنی می باشد. از آنجا که کلاً مقدار خمیر سمان به حداکثر اندازه سنگدانه ها ارتباط دارد؛ لذا بتن های کم مایه با سنگدانه های بزرگ، دارای خمیر سیمان کمتری نسبت به بتن های پرمایه با سنگدانه های کوچک نیاز به حباب هوای بیشتری برای داشتن درجه مقاومت یکسان در برابر یخ زدگی، دارند. مقدار هوای کل تعیین شده توسط آیین نامه ساختمانی شماره ۳۱۸ موسسه بتن آمریکا ACI برای **مقاومت در برابر یخ زدگی بتن** در جدول (۸-۳) نشان داده شده است دانه بندی سنگدانه ها همچنین بر روی حجم حباب هوا که با اضافه کردن ذرات ماسه خیلی ریز کاهش می یابد، تاثیر می گذارد. اضافه کردن مواد افزودنی مثل خاکستر بادی یا استفاده از سیمان خیلی ریز آسیاب شده نیز مشابهی دارد. به طور کلی، **مخلوط بتنی با چسبندگی** بیشتر قادر به نگهداری هوای بیشتری نسبت به بتن خیلی خیس و یا خیلی خشک می باشد. همچنین مخلوط کردن ناکافی یا بیشتر از حد مخلوط کردن، زمان زیادتری صرف جابجایی با حمل و نقل بتن تازه کردن و ارتعاش بیش از حد دادن، موجب کاهش یافتن مقدار هوای بتن می شود.

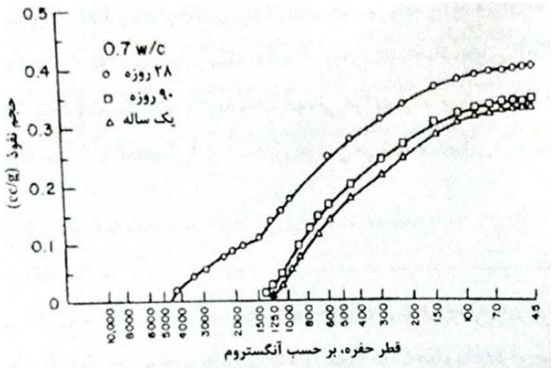
جدول 8-3- مقدار هوای کل برای مقاومت بتن در برابر یخ زدگی

حداکثر اسمی اندازه	درصد هوا (%)	
سنگدانه .in (*) (mm)	شرایط محیطی شدید	شرایط محیطی معتدل
$\frac{3}{8}$ (9)	$7\frac{1}{2}$	6
$\frac{1}{2}$ (12/5)	7	$5\frac{1}{2}$
$\frac{3}{4}$ (19)	6	5
1 (25)	6	$4\frac{1}{2}$
$1\frac{1}{2}$ (37/5)	$5\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$
2 (50)	5	4
3 (76)	$4\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$

جدول ۸-۳- مقدار هوای کل برای مقاومت بتن در برابر یخ زدگی

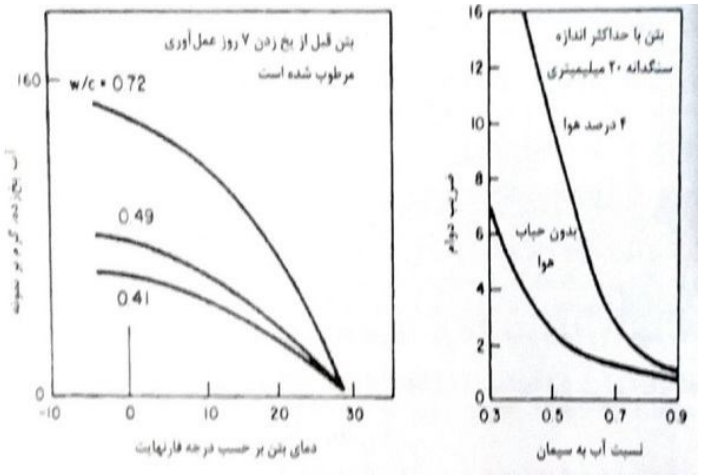
نسبت آب به سیمان و عمل آوری

به طور کلی، برای یک درجه هیدراتاسیون مشخص هر چه که نسبت آب به سیمان بیشتر باشد و یا برای یک نسبت آب به سیمان هر چه که **درجه هیدراتاسیون کمتر** باشد، حجم منافذ بزرگ در خمیر سیمان هیدراته بیشتر می شود (شکل ۸-۹).



شکل ۸-۹- منحنی توزیع فضاهای خالی در خمیر سیمان هیدراته شده

از آنجا که آب قابل یخ زدن به آسانی در منافذ بزرگ ته نشین می شود، می توان به این فرضیه رسید که در یک دمای یخ زدگی مشخص، مقدار آب قابل یخ زدن برای نسبت های آب به سیمان بالاتر و در زمان های اولیه **عمل آوری بتن**، بیشتر خواهد بود. داده های آزمایشی (وربک و کلیگر) این فرضیه را تایید می کنند. **تاثیر نسبت آب به سیمان** در مقاومت یخ زدگی بتن و همچنین نقش دما در شکل (۸-۱۰) نشان داده شده است.



شکل ۸-۱۰- تاثیر نسبت آب به سیمان و مقدار هوا بر روی دوام بتن در برابر عمل یخ زدگی

درجه اشباع

مقاومت بتن نسبت به یخ زدن – آب شدن به نفوذپذیری، **درجه اشباع خمیر سیمان**، مقدار آب قابل یخ زدن، نرخ یخ زدگی و فاصله حداکثر متوسط نقطه ای از خمیر تا سطح آزاد، جایی که یخ می تواند بدون خطر تشکیل شود، بستگی دارد. بتن نسبتاً خشک شده از پدیده یخ زدگی – آب شدن خسارت نمی بیند؛ زیرا فضاهای مویینه بزرگ تر خالی بوده و فضای آزاد لازم در خمیر را به وجود می آورند. بنابراین **هوازایی برای حفاظت بتن** هایی است که در شرایط نزدیک به اشباع یخ می زنند. حباب هوای داخل بتن با ماده هوازا معمولا توسط آب پر نمی شوند، مگر آن که بتن به مدت طولانی در آب غوطه ور شود. هنگامی که **حباب های هوا** از آب پر می شوند، بتن دارای مقادیر زیادی آب قابل یخ زدن می شود و بنابراین در مقابل یخ زدگی بسیار حساس می شود.

مقاومت

اگر چه به طور کلی رابطه مستقیمی بین **مقاومت و دوام بتن** وجود دارد ولی در مورد آسیب ناشی از یخ زدگی این رابطه صدق نمی کند. برای مثال وقتی که بتن بدون حباب هوا و بتن دارای حباب هوا با یکدیگر مقایسه می شوند، ممکن است که بتن بدون

حباب هوا مقاومت بیشتری داشته باشد ولی بتن با حباب هوا، به دلیل محافظت علیه توسعه فشارهای هیدرولیکی زیاد، دوام بهتری در مقابل عمل یخ زدگی از خود نشان می دهد. به عنوان یک قاعده معمول می توان اظهار داشت که برای هر یک درصد **افزایش در هوازایی بتن**، به طور متوسط در حدود ۵ درصد مقاومت بتن کاهش می یابد. بنابراین ۵ درصد هوازایی بدون تغییر نسبت آب به سیمان، مقاومت بتن را ۲۵ درصد کاهش می دهد. به دلیل بهتر شدن کارایی در نتیجه هوازایی، می توان مقاومت کاهش یافته را از طریق کم کردن جزیی نسبت آب به سیمان، در ضمن نگه داشتن سطح کارایی در حد مورد نظر، جبران نمود. به هر حال، به طور کلی بتن دارای حباب هوا مقاومت کمتری از بتن مشابه بدون هوا دارد.

پوسته شدن با نمک

بتنی که برای مقاومت در برابر یخ زدگی به طور مناسب به ماده هوازا حباب دار شده است نیز در اثر کاربرد نمک های یخ زدا در کاربرد مکرر دچار خرابی شوند. بتنی که تحت اثر پوسته شدن نمک ها قرار می گیرد، با سطحی خشن ظاهر شده و تکه های کوچکی از ملات آن جدا می شود. به گفته هارنیک (Harnik)، استفاده از نمک یخ زدا هم تاثیر منفی و هم تاثیر مثبت بر روی آسیب ناشی از یخ زدگی دارد و خطرناک ترین آسیب دیدگی نمکی، نتیجه هر دو تاثیر می باشد. تاثیر نمک بر روی سرد کردن بیش از حد آب (یعنی پایین آوردن دمای تشکیل یخ) ممکن است به عنوان تاثیر مثبت دیده شود. از طرف دیگر تاثیرات منفی آن عبارتند از:

۱. افزایش درجه اشباع بتن به دلیل خصوصیت رطوبتی نمک ها.
۲. افزایش اثر گسیختگی هنگامی که آب فوق العاده سرد در منافذ نهایتا یخ می زند.
۳. توسعه تنش های متفاوت که به علت لایه به لایه یخ زدن بتن بر اثر گرادیان غلظت نمک به وجود می آیند.
۴. شوک حرارتی در نتیجه کاربرد نمک های یخ زدا به صورت خشک در بتنی که با برف و یخ پوشیده شده است.
۵. رشد بلوری در محلول های فوق اشباع موجود در منافذ.

در مجموع، تاثیرات منفی مربوط به **کاربرد نمک های یخ زدا** مهم تر از اثر مثبت آنها می باشد. در نتیجه مقاومت یخ زدگی بتن تحت تاثیر ترکیب یخ زدگی و نمک های یخ زدا به طور چشم گیری کاهش می یابد.

بتنی با ماده هوازا، نسبت آب به سیمان کم و نفوذپذیری پایین، بهترین محافظت در پدیده پوسته شدن با نمک را فراهم می سازد. حباب هوا سبب آزادسازی فشار ایجاد شده در اثر **پدیده اسمزی** و اختلاف فشار روی آب مایع و یخ شده و آب و سیمان کم و نفوذپذیری پایین سبب **محدود کردن نفوذ آب** و ماده ضد یخ شده و بتنی مقاوم تر در مقابل تنش های ایجاد شده که منجر به پوسته شدن با نمک می شود را نتیجه می دهد.

آزمایش درصد هوای بتن و روش تعیین آن مطابق استاندارد
سنجش مخروط اسلامپ وارونه (Concrete slump test)

اسلامپ بتن (یا ملات) یا **مخروط اسلامپ** وارونه به وسیله یک آزمایش نسبتا ساده و با استفاده از ابزار فوق العاده ساده ای تعیین می شود. این ابزار از یک مخروط ناقص فولادی توخالی دسته دار، یک میله فولادی برای متراکم کردن، یک صفحه فولادی کف و یک نوار متر برای اندازه گیری تشکیل می شود. **آزمایش اسلامپ بتن** یکی از راهکارها برای مشخص کردن مقدار کارایی و روانی بتن تازه می باشد. این آزمایش معمولا در **آزمایشگاه بتن** و تحت شرایط محیطی خاص یا در همان محل اجرای پروژه توسط دستگاه اسلامپ بتن انجام می گیرد. آزمایش و **تست اسلامپ بتن** معمولی یکی از آسان ترین آزمایش هایی است که بر روی بتن انجام می شود؛ هزینه ی بسیار کمی دارد و نتیجه ی آن فورا به دست می آید. به همین دلیل، از سال ۱۹۲۲ میلادی تاکنون، آزمایش اسلامپ بتن **پرکاربرد ترین و معمول ترین آزمایش** در مورد کارایی و تعیین روانی بتن بوده است.

ازمایش اسلامپ تکنولوژی بتن

عموما مقدار **اسلامپ مناسب بتن** برای به دست آوردن میزان کارایی آن نیاز است، که نشانگر نسبت آب به **سیمان** بتن می باشد. اما چندین عامل دیگر نیز در بتن وجود دارد که در اسلامپ آن تاثیر می گذارد؛ از جمله: نوع مواد مورد استفاده در بتن، روش های **مخلوط کردن بتن**، میزان مواد مورد استفاده، نوع و میزان سنگدانه ها و غیره.

برای آزمایش اسلامپ از یک قالب که به شکل **مخروط ناقص** است استفاده می شود. قطر قاعده ی این مخروط ناقص، ۲۰ سانتی متر و ارتفاع آن ۳۰ سانتی متر است. **بتن تازه** به داخل این قالب ریخته می شود و سپس قالب را بر می دارند. مقدار افت و پایین آمدن بتن را اندازه گیری می کنند و آن را میزان اسلامپ بتن می نامند.

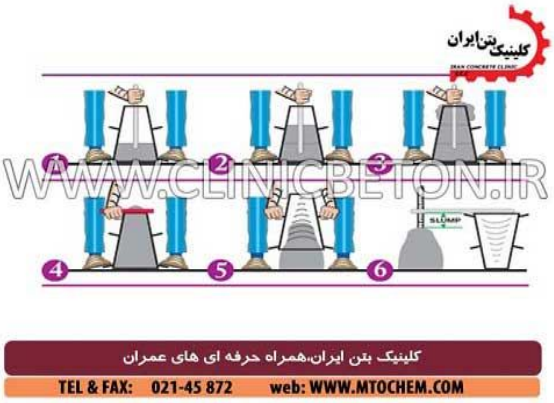
این وسایل آزمایش را به سادگی می توان تهیه نمود، هر چند تمامی **تولید کنندگان بتن** آماده بر حسب درخواست مشتری آزمایش اسلامپ را انجام خواهند داد.

✓ مراحل آزمایش اسلامپ بتن

شرح آزمایش اسلامپ بتن:

۱. مخروط را روی صفحه فولادی از طرف قاعده بزرگتر آن گذاشته.
۲. بتن تازه را داخل مخروط و تا حدود ¼ ارتفاع (۷۵ mm) آن ریخته.
۳. سپس بوسیله میله فولادی ۲۵ ضربه به بتن وارد و آن را بکوبید.
۴. مجدداً تا حدود نصف ارتفاع مخروط (75 mm بعدی) را با بتن پر کنید.
۵. بار دیگر بتن را توسط ۲۵ ضربه میله فولادی متراکم کنید.
۶. بتن بیشتری به داخل مخروط ریخته تا تراز آن به ¾ ارتفاع (75 mm دیگر) مخروط برسد.
۷. مجدداً با ۲۵ ضربه میله فولادی بتن را متراکم کنید.
۸. مخروط را با بتن پر کرده و با میله فولادی آخرین ۲۵ ضربه را برای تراکم آن وارد کنید.
۹. با کمچه کشی یا اضافه کردن مقداری بتن در صورت نیاز **سطح بتن** را برابر تراز لبه **مخروط فلزی** نمایید.

۱۰. مخروط را با دقت بالا کشیده و به صورت وارونه در کنار بتن بگذارید.
۱۱. پس از یک دقیقه یا کمی بیشتر ملاحظه خواهید کرد که بتن تحت اثر وزنش به سمت پایین نشست (اسلامپ) می کند.
۱۲. با استفاده از میله فولادی (یا یک قطعه با لبه مستقیم) ارتفاع مخروط وارونه را اندازه بگیرید.
۱۳. اختلاف ارتفاع بین مخروط فولادی و مخروط بتنی نشست کرده را اندازه بگیرید.
۱۴. به این اختلاف ارتفاع اندازه گیری شده که برحسب میلی متر بیان می شود اسلامپ می گویند.



آزمایش روانی بتن و اسلمپ تست کانکریت

✓ **عوامل موثر بر روی آزمایش اسلامپ بتن**

- ویژگی ها و جزئیات مواد مورد استفاده در بتن، مانند سنگدانه ها، **عیار سیمان**، نحوه ی مخلوط کردن و **میزان رطوبت بتن**.
- ویژگی‌های شیمیایی و مقدار استفاده از **انواع مواد افزودنی بتن**
- میزان هوای موجود در بتن
- نحوه ی مخلوط کردن و انتقال بتن
- روش مورد استفاده در آزمایش اسلامپ
- میزان آب مورد استفاده در بتن
- میزان زمان سپری شده از هنگام **مخلوط کردن بتن**

دستگاه اسلامپ بتن و نحوه ساخت مخروط فلزی

✓ **نتایج آزمایش اسلامپ بتن**

هنگام اندازه گیری میزان **افت اسلامپ بتن** باید از دقیق ترین ابزار اندازه گیری استفاده کرد، چرا که نتیجه آن، تا حد میلی متر هم اهمیت دارد. اگر میزان **عدد اسلامپ بتن** صفر بود و بتن هیچ گونه تغییر شکلی نداشت، معنی اش این است که نسبت آب به سیمان در بتن بسیار کم بوده است. از این نوع بتن معمولا در ساخت و ساز جاده ها و راه‌های بین شهری استفاده می شود.
اگر بتن به صورت کامل فرو ریخت، معنی اش این است که مقدار آب به سیمان در بتن بسیار زیاد بوده. اگر بخشی از بتن فرو ریخت و بخش دیگری از آن تغییر شکلی نداد، آزمایش بایستی یک مرتبه ی دیگر تکرار شود.
در تصویر زیر، مدل های مختلفی که ممکن است در آزمایش اسلامپ رخ بدهد را مشاهده می کنید. از سمت چپ، نمونه‌ی اول نمونه‌ای است که مورد قبول است و به این معنی است که آزمایش به درستی انجام شده و بتن مشکل خاصی ندارد. در نمونه ی دوم میزان اسلامپ بتن صفر است که دلایل و استفاده‌ی آن را در بالا شرح دادیم. نمونه ی سوم از سمت چپ، نمونه ای از بتن است که به علت نسبت آب به سیمان بالا در آزمایش اسلامپ کاملا گسیخته شده و فرو ریخته است. نمونه ی آخر اما، نمونه‌ای غیر قابل قبول در آزمایش اسلامپ است. ممکن است بتن مورد آزمایش همگن نبوده یا آزمایش به درستی انجام نشده باشد. به هر جهت آزمایش بایستی دوباره تکرار شود.
یکی از ویژگی های اساسی هر نوع **مصالح سیمانی**، اعم از ملات یا بتن، **میزان قوام و روان بودن** (کارایی) آنست، به عبارت دیگر میزان سهولت در فشار وارد کردن به آن در یک امتداد و کشیدن در امتداد دیگر است، و همچنین میزان شناوری آن در بوجود آوردن یک سطح هموار می باشد. کارایی بر اساس تعیین **مقدار خیسی ملات یا بتن** تعیین می شود. اساسا هر چقدر بتن خیس تر باشد، اسلامپ آن بزرگتر خواهد شد. ملات ها یا بتن های با درصد رطوبت بالا اسلامپ بزرگی دارند، در حالی که با کاهش درصد رطوبت اسلامپ نیز کاهش می یابد. گرچه در اکثر مواقع اسلامپ نشان دهنده میزان آب مخلوط می باشد، بهتر است از آن به عنوان معیاری برای **میزان روان بودن بتن** تعبیر کرد.

✓ مزایای آزمایش اسلامپ بتن

- آزمایش مخروط اسلامپ وارونه یک آزمایش دینامیکی است که روانیت بالای **بتن الیافی** را در نظر می گیرد.
- آزمایش ساده است و نتایج مستقیمی بدست می دهد.
- وسایل آزمایش را به سادگی می توان تهیه نمود.

✓ معایب آزمایش اسلامپ بتن

- این آزمایش فقط برای مخلوط های بتنی با اسلامپ کمتر از ۵ cm مناسب می باشد.
- انجام آزمایش سخت می باشد. پر کردن مخروط وارونه اسلامپ توسط بتن بگونه ای که هیچ بتنی از سوراخ نگذرد نیاز به مهارت دارد. ضمناً، ویبراتور باید مستقیما به سمت پایین و مرکز مخروط در یک مدت معین نصب شود.
- فاصله خالی در پایین مخروط وارونه برای بعضی از اندازه های سنگدانه ها و بعضی از طوله ای الیاف ها خیلی کوچک است.
- بعضی از تارها ممکن است به دور ویبراتور بپیچند.
- پارامترهای مهم آزمایش استاندارد نشده اند؛ بنابراین، آزمایشاتی که با ویبراتورهای متفاوت انجام شود را نمی توان با یکدیگر مقایسه نمود.
- خطای آزمایش کننده در تعیین واقعی زمان توقف آزمایش مطرح می باشد. **کلینیک بتن ایران** با **روش های تخصصی تست بتن** و ارائه بهترین اقزودنی های بتن در خدمت شما می باشد.

تست بتن و آزمایش بتن چیست

عمل آوری یا کیورینگ بتن چیست؟

عمل آوری (کیورینگ) حفظ میزان رطوبت و دمای مناسب بتن در سنین اولیه آن (پس از **عملیات بتن ریزی**) است، به گونه ای که بتن بتواند به خصوصیات طراحی شده دست پیدا کند. عمل آوری بلافاصله پس از بتن ریزی و پرداخت کاری شروع می گردد به گونه ای باید عمل کرد که بتن بتواند به مقاومت و پایایی مطلوب دست پیدا کند.

هنگامی که سیمان پرتلند با آب مخلوط میشود، فعل و انفعال شیمیایی که به آن **هیدراتاسیون** می گویند، آغاز می گردد. پیشرفت و وسعت این واکنش شیمیایی در دوام، مقاومت و وزن مخصوص بتن اثر می گذارد. معمولا مقدار آب موجود در مخلوط های بتن، بیش از آب مورد نیاز برای تکمیل هیدراتاسیون است، اما به هر حال کاهش آب به علت تبخیر، باعث تاخیر و یا توقف فرایند هیدراتاسیون می گردد. در چند روز اول، پس از **جاگذاری بتن**، در درجه حرارت مناسب، هیدراتاسیون نسبتا سریع است. بنابراین حفظ آب بتن در طول این زمان بسیار با اهمیت است. **عمل آوری بتن** روندی است که جهت **حفظ رطوبت و حرارت بتن** در مدت زمان معین بلافاصله پس از جاگذاری و پرداخت بتن انجام می گردد. هنگامی که **عمل آورنده های سطحی بتن** متوقف شود، کسب **مقاومت بتن** برای مدت کوتاهی ادامه می یابد، ولی پس از آنکه درجه اشباع حفره های مویینه داخل بتن به ۸۰ درصد می رسد، کسب مقاومت بتن متوقف می گردد.

یکی از مهم ترین نکات برای ساخت سازه های بتنی، این است که بدانیم بتن بعد از چند ساعت خشک می شود، آب پاشی بتن در فصل سرما و گرما به چه صورت می باشد؟ بهترین زمان اب دادن بتن، چند ساعت بعد از بتن ریزی باید آب داد؟ زمان گیرش اولیه بتن، زمان گیرش بتن فونداسیون، زمان مناسب برای آب دادن به بتن، زمان خشک شدن سیمان، زمان خشک شدن فوم بتن و... می باشد که در این مقاله سعی داریم آن ها را به طور دقیق بررسی نماییم.

گیرش بتن چیست؟

با ترکیب شیمیایی آب و سیمان مقاوت بتن افزایش می باشد که این واکنش باعث افزایش مقاومت **بتن یا گیرش بتن** می شود. با کاهش رطوبت بتن در طول زمان تا خشک و سفت شدن بتن، **گیرش اولیه بتن** رخ می دهد. زمان گیرش بتن ثابت نیست و حداکثر زمان گیرش بتن و حداقل زمان گیریش به موارد مختلفی بستگی دارد.

✓ **روش ها و مواد عمل آوری یا کیورینگ بتن**

بتن را می توان به کمک سه **روش عمل آوری**، مرطوب نگه داشت:

۱. روش هایی که با اشباع کردن محیط پیرامون بتن، حضور **آب اختلاط در بتن** را در دوره سخت شدن اولیه حفظ می کنند. این روش ها شامل ایجاد برکه یا غوطه ور کردن، آبپاشی و پوشش های خیس اشباع شده می باشد.
۲. روش هایی که از طریق اندود کردن سطح، از کاهش آب **اختلاط بتن** جلوگیری می کنند. این کار را می توان از طریق پوشاندن **بتن با کاغذ نفوذ پذیر** یا ورق های نایلون انجام داد.
۳. روش هایی که با تامین حرارت و **رطوبت اضافی برای بتن**، رشد مقاومت آن را تسریع می کنند. این کار معمولا با بخار زنده، سیم پیچ های گرما زا، قالب ها یا بالشتک هایی که با برق گرم می شوند، انجام می گیرد.

راه سریع خشک شدن سیمان و سفت کننده سیمان

✓ نکات مهم در هنگام عمل آوری بتن

به منظور عمل آوری بتن یا **سفت شدن بتن** رعایت نکات زیر الزامی است:

۱. عملیات عمل آوری مناسب فورا پس از پخش بتن انجام شود
۲. برای عمل آوری صحیح بتن رطوبت نیاز است
۳. رطوبت دائم ضروری است زیرا که تر و خشک شدن موجب ترک در بتن می شود
۴. درجه حرارت ایده آل برای عمل آوری بتن ۲۳ درجه سانتی گراد است
۵. عمل آوری به مدت ۷ روز ادامه داده شود

مدت زمان مراقبت (عمل آوری) بتن

مدت مراقبت به عواملی نظیر نوع سیمان، مقاومت مورد نظر، نسبت سطوح نمایان به حجم، شرایط آب و هوایی در هنگام ساختن با نسبت آب به سیمان و ریختن بتن بستگی دارد. زمان بر روی مقاومت بتن تاثیر عمده ای داشته و کاربرد زیادی در عمل پیدا نموده است. از آنجا که از نظر مقاومت، دمای دوران عمل آوری بسیار مهم تر از **دمای بتن ریزی** است. لذا لازم است در بتن های معمولی در هوای سرد برای مدتی مشخص حداقل دما را بالا نگهداشت. **بتن های عمل آمده** در هوای گرم در مناطق حاره مقاومت اولیه بالاتر ولی مقاومت نهایی پایین تری از بتنی که در زمستان یا در هوای سرد عمل آوری می شود نشان می دهند. در صنعت پیش ساخته از **عمل آوری با بخار** به منظور تسریع مقاومت و باز کردن سریع تر قالب ها استفاده می شود. در یک بتن حجیم و بدون کنترل دما، بتن برای مدت طولانی، دمایی به مراتب بالاتر از دمای محیط خواهد داشت. بنابراین در مقایسه با مقاومت بتن های ساخته شده در دمای معمول آزمایشگاه های بتن، بتن های ساخته شده در محل اغلب **مقاومت اولیه** بالاتر و نهایی پایین تری خواهند داشت.

حداکثر زمان مورد نیاز برای سفت شدن بتن

مقاومت بتن تحت تاثیر پارامترهای مختلفی قرار می گیرد. یک از این پارامتر ها طول مدتی است که بتن مرطوب نگهداری یا به عبارت دیگر عمل آوری می شود. بتن ریزی باید در دمای مناسب انجام گیرد دمای زیر ۷ درجه سانتی گراد باعث دیر خشک شدن بتن و دمای زیر صفر باعث **منجمد شدن بتن** می شود که باید از تسریع کننده بتن استفاده شود. گرمای بالای ۲۹ درجه مثل آنچه در نواحی جنوبی ایران وجود دارد – هم باعث **زود خشک شدن بتن** می شود که برای این کار از دیرگیر کننده بتن استفاده می شود.

در حالت کلی بتون هنگامی که از میکسر خارج می شود بعد از ۶ ساعت خشک می شود به طوری که دیگر به دست نمیچسبد اگرچه زمان لازم برای خشک شدن بتن بستگی به میزان تحرک بتن، درجه حرارت محیط، محتوای رطوبت مواد تشکیل دهنده بتن، روش **پرداخت و فرآوری بتن** و مقدار مخلوط شدن آن دارد در طی ۸ تا ۲۴ ساعت شما قادر خواهید بود که روی بتن

ریخته شده راه بروید اگر چه برای محکم شدن باید یک تا دو روز دیگر هم صبر کرد ولی توصیه می شود که برای حرکت خودرو روی سیمان باید حداقل سه روز از بتن ریزی گذشته باشد بعد از سه روز این بتن می تواند وزن خودرو را تحمل کند اما هنوز مدت طولانی لازم است تا استحکام کاملش را پیدا کند و تعجب نکنید اگر مهندسین معتقدند که **خشک شدن واقعی بتن** طی ۲۸ روز تا یک ماه صورت می گیرد. بتن همچنان با گذشت زمان شروع به محکم شدن می کند و بعد از ماه ها و حتی گذشت یکسال به استحکام کامل می رسد. تماس با متخصصین و مشاوران فنی کلینیک بتن ایران شما را در جهت اطلاع از قیمت و نحوه خرید محصولات بتن یاری می رساند. نمودار (۱) بیانگر این موضوع برای **شرایط مختلف عمل آوری بتن** در ۱۸۰ روز می باشد.

نمودار (۱) اثر طول عمل آوری توسط آب بر روی کسب مقاومت بتن

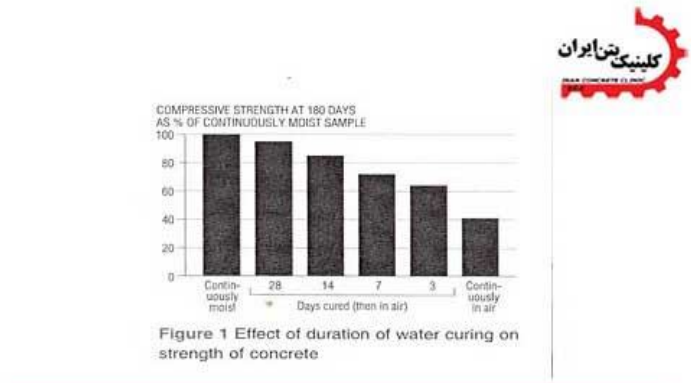


Figure 1 Effect of duration of water curing on strength of concrete

کلینیک بتن ایران
کلینیک بتن ایران،همراه حرفه ای های عمران
TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.CLINICBETON.IR

جدول عمل آوری آب بر روی مقاومت بتن

چرا عمل آوری بتن یا کیورینگ را انجام دهیم؟

چند دلیل مهم عمل آوری **کیورینگ بتن** عبارتند از:

الف: دستیابی به مقاومت از پیش تعین شده

تست های آزمایشگاهی نشان می دهند که بتن در محیط های خشک بالغ بر نیمی از مقاومت خود را در مقایسه با بتنی که در محیطی مرطوب عمل آوری شده است از دست می دهد. بتنی که در دمای بالا ریخته شده است به سرعت به مقاومت اولیه می رسد اما به مرور زمان ممکن است از مقاومتش کاسته شود. ریختن بتن در هوای سرد بدون **تمهیدات لازم** موجب می شود که زمان بیشتری طول می کشد تا بتن مقاومت اولیه را کسب کند و همچنین در معرض یخ زدگی قرار خواهد گرفت.

ب: بهبود دوام و پایایی بتن در برابر عوامل محیطی

بتن خوب عمل آوری شده سطحی سخت تر ونیز مقاوم تر در برابر **آب سطحی و سایش** خواهد داشت. همچنین عمل آوری مناسب و خوب **نفوذ پذیری بتن** را کاهش میدهد که این عمل مانع از ورود رطوبت و مواد شیمیایی مخرب موجود در آب به درون بتن می شود. در نتیجه **افزایش مقاومت بتن با عمل آوری** را منجر می شود.

حداقل زمان عمل آوری یا کیورینگ بتن چقدر می باشد؟

رطوبت مورد نیاز برای عمل آوری یا کیورینگ بتن:

از بتن باید در مقابل از دست دادن رطوبت تا زمانی که **اندود کاری نهایی** صورت می گیرد با استفاده از روش های مناسبی مانند مانع باد، اسپری های پرکننده برای جلوگیری از پدید آمدن **ترک های انقباضی خمیری** محافظت نمود. پس از تسطیح نهایی،

سطح بتن باید حداقل برای مدت چند روز به طور مداوم مرطوب یا پوشیده بماند تا از **فرایند تبخیر** جلوگیری شود. برای مثال به جدول زیر توجه کنید:

نکته: مقادیر ارائه شده در جدول فوق تقریبی بوده و براساس آزمایش مقاومت سیلندری.

حداقل زمان مورد نیاز برای عمل آوری به طوری که به نیمی از مقاومت مشخص شده برسد		
سیمان تیپ ۱	سیمان تیپ ۲	سیمان تیپ ۳
درجه حرارت:۱۰ درجه سانتیگراد		
روز	9روز	3روز۶
درجه حرارت:۲۱ درجه سانتیگراد		
روز	6روز	3روز۴

✓ **سیستم هایی که بتن را مرطوب نگه میدارند**

- گونی و یا حصیرهایی کتانی و یا آبپاش. بایستی دقت شود تا به پوشش هایی که اشاره شد اجازه ی **جذب آب و خشک نمودن بتن** داده نشود. لبه ها ی بتن نیز باید پوشانده شوند
- زمین مرطوب، ماسه، یا خاک اره را میتوان برای عمل آوری محل کار به کار برد، مخصوصا کف ها. بایستی دقت شود تا هیچ گونه تجمع زنگ آهن و مواد آلی در مصالح به کار رفته دیده نشود.
- آب پاشیدن مداوم سبب می شود تا دمای هوا بالای نقطه انجماد قرار بگیرد. نباید به بتن ما بین خیس شدن ها اجازه ی خشک شدن داد. زیرا **خیس و خشک شدن متناوب** در هنگام عمل آوری قابل قبول نیست.

کنترل دما در حداقل زمان عمل آوری بتن

در هوای سرد در ۲۴ ساعت اولیه نباید به بتن اجازه داد تا با سرعتی بیش از ۳ درجه ی سانتی گراد در هر ساعت سرد شود. بتن تا زمانیکه به مقاومت فشاری مناسبی (حداقل ۳/۵ مگاپاسکال) برسد باید در مقابل یخبندان توسط مصالح عایق محافظت شود. روش های عمل آوری بتن که رطوبت را حفظ می کنند در زمانی که احتمال یخبندان وجود دارد به جای عمل آوری خیس استفاده می شوند.

در هوای گرم، دمای اولیه ی عمل آوری بالاتر منجر به دستیابی سریع تر به مقاومت می شود و مقاومت نهایی را کاهش می دهد. در تابستان عمل آوری با آب می تواند منجر به دمای پایین تری جهت عمل آوری بتن شود. تغییرات دمای شب وروز که بیشتراز ۳ درجه ی سانتی گراد در هر ساعت باشد، در ۲۴ ساعت اولیه مجاز نمی باشد.

یکی از قسمت های مهم در عملیات بتن، عمل آوری بتن است. **عمل آوری (کیورینگ)**، یعنی نگه داشتن مقدار رطوبت و دمای بتن در حدی رضایت بخش در طی دوره ای مشخص، که بلافاصله پس از بتن ریزی و اتمام عملیات پرداخت آغاز می شود، چنانکه بتن بتواند به خواص مورد نظر برسد به عبارت دیگر فرایندی که از افت رطوبت بتن جلوگیری کرده و دمای بتن در حد رضایت بخش حفظ شود، را عمل آوری بتن گویند. عمل آوری بتن بر **خواص بتن سخت شده** مانند دوام، مقاومت، آب بندی، مقاومت سایشی، ثبات حجمی، مقاومت در برا بر یخ زدن و آب شدن، نمک های یخ زدا، تاثیر بسزایی می گذارد.

✓ **اهداف عمل آوری یا کیورینگ بتن**

۱. جلوگیری از کاهش رطوبت یا تامین رطوبت از دست رفته
۲. حفظ دمای بتن در حدی مطلوب به مدت زمانی معین

۳. توسعه مقاومت بتن با تکمیل **عملیات هیدراسیون سیمان**

مدت عمل آوری (حداقل زمان) یا کیورینگ بتن

مدت زمانی که بتن باید از نظر کاهش رطوبت محافظت شود، به نوع سیمان، نسبت اجزای مخلوط ، مقاومت مورد نیاز، اندازه و شکل عضو بتنی، هوای محیط و به شرایط بعدی که بتن در معرض آن قرار خواهد گرفت، بستگی دارد. در این مقاله همه شرایط یکسان فرض شده و فقط نوع سیمان مصرفی (سیمان پرتلند دو – **سیمان پرتلند پوزولانی**) که اکثرا" در سازه های بتنی مورد استفاده قرار می گیرد، بررسی و نتیجه گیری می شود.

تاثیر عمل آوری در رطوبت بر مقاومت را می توان به صورت نمودار زیر که برای بتن با نسبت آب به سیمان ۰/۵۰ به دست آمده است، مشاهده کرد.

جدول ۷-۵-۳ حداقل زمان عمل آوردن بتن

نوع سیمان	شرایط محیطی پس از ریختن بتن در قالب*	دمای متوسط سطح بتن ** ۵ تا ۱۰ درجه سلسیوس	بالاتر از ۱۰ درجه سلسیوس	هر دمایی بین ۵ تا ۲۵ درجه سلسیوس
نوع ۱ و ۲ و ۵	متوسط	۴ روز	۳ روز	$\frac{۶۰}{T+۱۰}$ روز
	ضعیف	۶ روز	۴ روز	$\frac{۸۰}{T+۱۰}$ روز
همه سیمانها به جز نوع ۱ و ۲ و ۵ و همه سیمانهای حاوی مواد پوزولانی یا روباره‌ای	متوسط			
	ضعیف	۱۰ روز	۷ روز	$\frac{۱۴۰}{T+۱۰}$ روز
همه سیمانها	خوب	اقدامی خاص ضرورت ندارد		

* شرایط محیطی مندرج در این ستون به شرح زیر تعریف می‌شوند:
خوب: محیط مرطوب و محافظت شده (رطوبت نسبی بیشتر از ۸۰ درصد و محافظت شده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).
ضعیف: محیط خشک و محافظت نشده (رطوبت نسبی کمتر از ۵۰ درصد و محافظت نشده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).
متوسط: شرایطی بین دو حد خوب و ضعیف.
** درصورتیکه دمای سطح بتن اندازه‌گیری یا محاسبه نشود، می‌توان آنرا معادل دمای هوای مجاور سطح بتن فرض کرد.

تاثیر عمل آوری در رطوبت بر مقاومت

نمودار فوق نشان می دهد که بتن ساخته شده با سیمان پرتلند و نگهداری شده در محیط کارگاهی، و بدون عمل آوری و مراقبت تقریبا" ۵۲ درصد مقاومت مورد نیاز را کسب می کند و پس از سه روز، هفت روز، حالت مرطوب کامل به ترتیب ۷۸ درصد و ۹۰ درصد و ۱۲۵ درصد افزایش می یابد.

بتن ساخته شده با سیمان پرتلند پوزولانی به علت پایین بودن میزان حرارت هیدراتاسیون این نوع سیمان نسبت به سیمان های دیگر و ماهیت دیرگیر بودن آن تا ۹۰ روزه، درصد کمتری نسبت که سیمان پرتلند دارد و نگهداری بیشتری را می طلبد.

دمای محیط و تاثیر آن بر بتن

دما محیط فاکتور مهمی در عمل آوری بتن می باشد، بی شک افزایش درجه حرارت عمل آوری باعث تسریع واکنش های شیمیایی هیدراسیون می گردد، ولی اثرات نامساعد درجه حرارت زیاد بر مقاومت بعدی در عمر بتن متفاوت است. در روزهای اول عمر بتن که رطوبت مورد نیاز عمل هیدراسیون در داخل بتن وجود دارد، افزایش درجه حرارت روند **کسب مقاومت بتن** را افزایش می دهد. اما بعد از ۲۸ روز که عملیات هیدراسیون نسبتا" تکمیل شده است، افزایش درجه حرارت موجب **کاهش رطوبت بتن** می شود و روند کسب مقاومت بتن کاهش می یابد.

حداقل نسبت آب به سیمان برای هیدراسیون کامل سیمان تقریبا ۰/۲۲ تا ۰/۲۵ است. مادام که سیمان هیدرات نشده موجود باشد، افزایش مقاومت بتن نسبت به زمان ادامه می یابد، مشروط بر اینکه بتن مرطوب باقی بماند یا رطوبت نسبی داخل بتن بیش

از ۸۰ درصد بوده و دمای بتن نیز مناسب و مطلوب باشد.
سیمان پرتلند پوزولانی با توجه به مواد جانشین سیمان، خیلی بکندی مقاومت کسب می نماید، بنابراین احتیاج به یک زمان عمل آوری نسبتا طولانی نسبت به سیمان پرتلند معمولی دارد و بر این اساس توصیه می شود که برای سیمان پرتلند پوزولانی در دمای کمتر از شش درجه حتما از مواد افزودنی استفاده شود.

نتیجه گیری

۱- نظر بر اینکه روند توسعه **مقاومت سیمان پرتلند پوزولانی** به درجه فعال بودن پوزولان و نسبت سیمان پرتلند در مخلوط بستگی دارد، لذا کارخانه های تولید کننده سیمان پرتلند پوزولانی بایستی مشخصات کامل سیمان و درجه فعال بودن پوزولان را بصورت کامل به اطلاع مصرف کنندگان برسانند.
۲- زمان لازم برای عمل آوردن را نمی توان بسادگی توصیه نمود و لیکن معمولا حداقل مدت هفت روز را برای بتن ساختن شده با سیمان پرتلند معمولی توصیه می نمایند و حداقل مدت ده روز را برای بتن ساختن شده با سیمان پرتلند پوزولانی معمولی توصیه می شود.
۳- با توجه با اندازه و شکل سازه، **مدت زمان عمل آوری بتن و سازه ها** متفاوت می باشد و در این راستا دال ها و **سقف های تیرچه بلوک** که دارای ضخامت کمتر و سطح بیشتر هستند، نسبت به تیرها و ستون ها و **فونداسیون ساختمان**، نیازمند مدت زمان عمل آوری بیشتر و مناسب تر می باشد.

✓ **سوالات متداول سفت شد بتن و زمان سفت شدن بتن**

سعی کرده ایم به مهم ترین سوالات شما درباره ی، زمان بارگذاری ستون بتنی، زمان خودگیری بتن، آب دادن بتن سقف، آب دادن به بتن فونداسیون، مدت زمان آب دادن به بتن سقف و.... را بررسی نماییم. این پرسش و پاسخ ها به شرح زیر می باشد:

- آب دادن به بتن بعد از بتن ریزی یکی از نکات مهم است که درباره ی آن سوالات زیادی مطرح شده است. یکی از سوالاتی که خیلی پرسیده می شود این است که تا چند روز باید به سیمان آب داد؟ بهترین زمان برای آب دادن به بتن کی می باشد؟ چند روز باید به بتن آب داد؟ بتن چند روز نیاز به آب دارد؟

آب دادن به بتن یا آب دادن به سیمان بعد از بتن ریخته شد تا حداقل سه روز مداوم باید انجام شود و تا حداقل هفت روز باید با گونی خیس سا پوشاندن با پلاستیک خیس نگه داشته شود. زمان آب دادن به بتن سقف نیز به همین صورت می باشد و فرقی ندارد.

- زمان خشک شدن سیمان سفید به طور دقیق چقدر می باشد؟

زمان خشک شدن سیمان برای سازندگان و پیمانکاران از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. برای سفت شدن بتن و رسیدن به استحکام لازم، فرایند آبدهی از مهم ترین نکات است که به واکنش هیدراتاسیون کمک می کند. فاکتور های زیادی در سفت شدن سیمان اثر دارد و باعث میگردد تا زمان مورد کاهش یا افزایش یابد و نمی توان به طور دقیق آن را تخمین زد.

- چه مدت بعد از بتن ریزی فونداسیون ستون ها را می توانیم اجرا کنیم؟

زمان بارگذاری روی بتن فونداسیون؛ معمولا بعد از ۳ الی ۴ روز بعد از بتن ریزی پی می توان عملیات آرماتوربندی و قالب بندی را شروع کرد و بعد از ۷ روز از زمان بتن ریزی می توان بتن ریزی ستون ها را آغاز کرد.

- بعد از بتن ریزی ستون ها چند روز باید بگذره بتن به مقاومتش برسه و بتن سقف ریخته شود یا کارگرا مشغول آرماتور بندی سقف شوند؟ همچنین بعد از بتن ریزی سقف بعد از چند روز می توان ستون های طبقه بالاتر را بتن ریزی کرد؟

شما باید نکات مهم برای حداقل زمان لازم برای قالب برداری را مطالعه نمایید. البته شرط ها استفاده از آن نیز مهم است که باید به آن ها توجه نمایید. دما، رطوبت، نوع سیمان، دیرگیر بودن یا زود گیر بودن سیمان، قالب های سطوح زیرین و... مهم است که

باید به آن توجه نمایید. همچنین شما برای کسب اطلاعات دقیق تر می توانید با کارشناسان متخصص ما تماس حاصل فرمایید.

- بهترین زمان برای بتن ریزی چه موقع است؟

بهترین زمان برای بتن ریزی زمان است که دمای محیط بین ۴۵ تا ۸۵ درجه فارنهایت یا ۷ تا ۲۹ درجه سانتی گراد باشد.

- زمان سفت شدن سیمان (زمان خشک شدن ملات سیمان) چقدر به طول می انجامد؟

هر چقدر دما بالاتر باشد، خشک شدن سریع سیمان یا بتن را می توانید مشاهده نمایید.

- چقدر طول می کشد که بتن به سفت شدن نهایی برسد؟

در طی ۸ تا ۲۴ ساعت شما قادر خواهید بود که روی بتن ریخته شده راه بروید. برای حرکت خودرو روی سیمان باید حداقل سه روز از بتن ریزی گذشته باشد. مهندسین معتقدند که خشک شدن واقعی بتن طی ۲۸ روز تا یک ماه صورت می گیرد. بتن همچنان با گذشت زمان شروع به محکم شدن می کند و بعد از ماه ها و حتی گذشت یکسال به استحکام کامل می رسد.

بررسی حداکثر و حدقال زمان مورد نیاز برای سفت شدن بتن

ژل میکروسیلیس چیست؟

ژل میکروسیلیس MTOMIX 4500 علاوه بر استفاده در ساخت بتن های با مقاومت بالا، **آب بند، نفوذ پذیری کم**، دوام بالا و ملات های ویژه، در بتن هایی که کاهش ترک های پلاستیک، ارتقا نسبی **مقاومت های کششی و خمشی بتن** مد نظر می باشد کاربرد دارد. همچنین در شرایطی که بتن در معرض ضربه و **بارهای متناوب دینامیکی** است استفاده از MTOMIX 4500 توصیه می شود. ژل میکروسیلیکا در **بتن های ساحلی**، آب بند و در معرض عوامل خورنده و مخرب استفاده می شود.

انواع ژل میکروسیلیس

انواع ژل میکروسیلیکا بر دونوع **پلی کربوکسیلاتی** و **پایه نفتالینی** تولید می شود که به شرح زیر می باشد:

- ژل میکروسیلیس کلاس SP1RB
- ژل میکروسیلیس کلاس APC5RRB
- ژل میکروسیلیس کلاس GEL-APC5RRC-N
- ژل میکروسیلیس کلاس GEL-APC5RRC-N-S-NEW
- ژل میکروسیلیس الیاف دار Gel-ASP2RB
- ژل میکروسیلیس کلاس Gel-ASP2AB
- ژل میکرو سیلیس کلاس ASP6RB
- ژل میکروسیلیس کلاس FASP2RB
- ژل رنگی میکروسیلیس

کاربرد های ژل میکروسیلیس

موارد کاربرد ژل میکروسیلیس MTOMIX4500 :

مهم ترین **کاربرد های ژل میکروسیلیکا** به شرح زیر می باشد:

- سازه های ساحلی
- سازه های نگهدارنده آب
- روسازی های بتنی
- بتن های پر مقاومت
- سازه های در معرض بار های دینامیکی، ضربه و خستگی
- مقاطع نازک بتنی
- سازه های بتنی در معرض سیکل های شدید ذوب و انجماد
- بتن های نظامی و پدافندی

ویژگی های ژل میکروسیلیس MTOMIX 4500:

مهم ترین **ویژگی های ژل میکروسیلیکا** به شرح زیر می باشد:

۱. کاربرد آسان و مرتفع سازی مشکلات ناشی از استفاده مستقیم از **پودر میکروسیلیس**
۲. کاهش هزینه حمل در مقایسه با میکروسیلیس
۳. افزایش **مقاومت فشاری**
۴. کاهش نسبت آب به سیمان
۵. کاهش نفوذ پذیری
۶. افزایش دوام ناشی از افزایش **مقاومت الکتریکی** و در نتیجه افزایش مقاومت در برابر خوردگی
۷. افزایش دوام ناشی از کاهش نفوذ پذیری

مقدار مصرف ژل میکروسیلیس MTOMIX 4500

میزان دقیق مصرف ژل میکروسیلیکا MTOMIX4500 می بایست از طریق آزمایش های کارگاهی مشخص گردد لذا به عنوان راهنمایی توصیه می شود به میزان ۵ تا ۸ درصد وزن سیمان مصرفی به بتن افزوده گردد. این مقدار را می توان در هنگام ساخت بتن و یا پس از ساخت به بتن اضافه نمود. در صورت اضافه نمودن **ژل میکروسیلیس** در تراک میکسر باید از اختلاط آن در بتن اطمینان حاصل نمود. بدین منظور می بایست پس از افزودن ژل میکروسیلیس MTOMIX 4500 بین ۳ تا ۵ دقیقه زمان نیاز می باشد.

عوارض مصرف خارج از محدوده ژل میکروسیلیس MTOMIX4500

عوارض ژل میکروسیلیکا؛ مصرف کمتر از ۵ درصد ژل میکروسیلیس MTOMIX 4500 باعث عدم ظهور کیفیت و عملکرد مناسب، افت اسلامپ سریع، کاهش قدرت میزان جذب آهک آزاد و پایین آمدن نسبی کلیه خواص برای بتن می گردد.

مصرف بیش از ۸ درصد **وزن سیمان مصرفی** از ژل میکروسیلیس MTOMIX 4500 در بتن توصیه نمی شود و صرفا با انجام **آزمایشات کارگاهی** امکان پذیر خواهد بود.

مشخصات ظاهری ژل میکروسیلیس MTOMIX4500:

مشخصات ظاهری و فنی ژل میکروسیلیکا به شرح زیر می باشد:

- حالت: در وضعیت سکون ژله ای و پس از تکان دادن مایع
- رنگ: خاکستری

- وزن مخصوص: ۱,۳۵
- میزان کلراید: فاقد کلر و یا بسیار کمتر از حد مجاز استاندارد
- نیترات: ندارد
- نقطه انجماد: صفر درجه سانتیگراد
- نقطه اشتعال: ندارد

ژل میکروسیلیس MTOMIX-4500

میزان مصرف ژل میکروسیلیس در بتن

میزان دقیق مصرف ژل میکروسیلیکا در بتن، از طریق آزمایش های کارگاهی مشخص می شود. به طور کلی میزان ۱ تا ۳ درصد وزن سیمان مصرفی به بتن افزوده می شود که یا در هنگام ساخت یا پس از **ساخت بتن** به آن اضافه می شود. در صورت افزودن در تراک میکسر باید از **اختلاط بتن** در آن اطمینان حاصل نماید که می بایست پس از افزودن ۳ تا ۵ دقیقه زمان نیاز دارید.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی ژل میکروسیلیس MTOMIX4500

این محصول با هیچ ماده دیگری نباید مخلوط شود مگر توسط متخصصین شرکت کلینیک بتن ایران تایید شده باشد.

ترکیبات و مواد تشکیل دهنده ی ژل میکروسیلیس

اجزا و مواد تشکیل دهنده ژل میکروسیلیکا به شرح زیر می باشد:

- اصلی ترین قسمت آن میکروسیلیس
- روان کننده یا **فوق روان کننده ی بتن**
- مواد پلیمری یا **آب بند بتن**
- الیاف پلی پروپیلن یا الیاف فولادی
- مواد آنتی باکتریال
- آب
- افزودنی های خاص

طریقه انبارداری ژل میکروسیلیس MTOMIX4500

ژل میکروسیلیس MTOMIX 4500 بایستی در ظروف اصلی خود و در **دمای بیش از ۵**+ درجه سانتی گراد نگهداری شود. در صورت **یخ زدن** می توانید آن را به آرامی گرم نموده و هم بزنید تا دوباره بازیافت شود. عدم رعایت شرایط انبارداری مناسب ممکن است باعث **آسیب دیدن محصول** و یا ظرف آن گردد. برای کسب اطلاع بیشتر از روش انبارداری مناسب با بخش فنی کلینیک بتن ایران تماس حاصل نمایید.

حفاظت و ایمنی ژل میکروسیلیس MTOMIX4500

ژل میکروسیلیس MTOMIX4500 محتوی هیچ ماده خطرناکی نمی باشد. برای آگاهی بیشتر به **بروشور ایمنی محصول** مراجعه نمایید.

تاییدیه کیفیت ژل میکروسیلیس MTOMIX4500:

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردد مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد.

افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 با عملکرد قوی و **عاری از مواد قلیایی** است که برای عملیات بتن پاشی استفاده می شود. این محصول به صورت مایع عرضه شده و مقدار مصرف آن بر حسب زمان های **گیرش و سخت شدن** مورد نیاز متغیر است. مایع زودگیر کننده بتن، غیر قلیایی قوی برای **بتن پاشی** به روش مرطوب.

MTOCRETE S-123
Alkali-free, liquid high performance set
Accelerator for wet-mix sprayed conc
بر اساس استاندارد ASTM C-494 Type B, C and G
BS 5075 part 1

موارد کاربرد افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

افزودنی زودگیر کننده MTOCRETE S-123 در هر جایی که **مقاومت اولیه** زیاد، **مقاومت نهایی** خوب و اجرای لایه های ضخیم احتیاج باشد به کار می رود مانند:

- نگهداری موقت یا دائمی در تونل ها
- تثبیت صخره ها در معادن
- حفاری زمین های ضعیف و سست
- تثبیت سطوح شیب دار
- همچنین برای **زودگیر کنندگی دوغاب** مصرفی در حفاری با TBM و یا تزریق دوغاب سیمان و بتن برای پر کردن پشت سازه های بتنی

فواید افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123:

افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 ایده آل برای بتن پاشی به روش مرطوب برای تثبیت صخره ها است زیرا **خاصیت زودگیری** این امکان را فراهم می آورد که:

- روند کارها سریع شده و امکان اجرای لایه های ضخیم بتن پاششی در هر مرحله اجرایی به وجود می آید.
- فرمول تولید منحصر به فرد آن امکان کسب **مقاومت کوتاه مدت**، دراز مدت و دوام بتن را فراهم می آورد.
- زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 محصولی مایع است بنابراین انتقال آن آسان و وسایل اندازه گیری و افزودن آن به بتن دقیق است.
- گرد و غبار کمتری به وجود می آید بنابراین محیط کار تمیزتر است.
- چون این محصول آسیب رسان نیست، ایمنی محیط کار بیشتر می شود. فشار کاری و هزینه های حمل و نقل کاهش می یابد.

بسته بندی افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123:

افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 در گالن های ۲۵ کیلوگرمی، بشکه های ۲۸۵ کیلوگرمی و تانکرهای ۱۱۰۰ کیلوگرمی عرضه می گردد.

ویژگی ها و مشخصات افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

- شکل: مایع غلیظ
- رنگ: بژ
- وزن مخصوص در ۲۰ درجه سانتی گراد: ۱,۴۳ گرم در میلی لیتر
- عدد اسیدی (محلول ۱ به ۱ با آب): ۲,۱ تا ۳,۱
- مقدار کلراید: کمتر از ۰,۱ درصد

روش مصرف افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123:

۱. بستر کار بایستی تمیز و عاری از تکه های سست بوده و بهتر است کمی مرطوب باشد. پیشنهاد می گردد از **سیمان تازه** استفاده کنید زیرا سیمان کهنه اثرات منفی در **مختصات گیرش** مخلوط بتنی به وجود می آورد.

۲. افزودنی زودگیر کننده MTOCRETE S-123 به نوع سیمان حساس است. با برخی سیمان ها مختصات گیرش خیلی کند می شود. پیشنهاد می گردد از **سیمان پرتلند** استفاده نمایید که به طور معمول گیرش سریع تری از سیمان های ترکیبی و **ضد سولفات** دارد.

۳. به هر حال افزودنی زودگیر بتن MTOCRETE S-123 به خوبی با سیمان های مخلوط با خاکستر بادی و سرباره عمل می کند. در همه موارد به طور جدی توصیه می گردد **آزمایش های مقدماتی** برای **کنترل زمان گیرش** و مقاومت ۲۴ ساعته با سیمان مصرفی در طرح انجام پذیرد.

۴. ارزیابی زمان گیرش و مقاومت ۲۴ ساعته (بدون اضافه کردن **مایع کنترل کننده هیدراسیون**) بایستی به کمک ملات آزمایش و بر طبق آیین نامه اروپایی EEFNARC برای بتن پاشی، پیوست ۱ ماده ۶,۳ انجام گردد.

توجه: چنانچه زمان گیرش کوتاه باشد مقاومت ۲۴ ساعته مطلوب است.

عملکرد افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

در طرح **اختلاط بتن** پاشی به روش مرطوب که از افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 استفاده می شود. **نسبت آب به سیمان**(تمام مواد سیمانی) بایستی کمتر از ۰,۵ و بهتر آنکه کمتر از ۰,۴۵ باشد. اگر هدف مقاومت های زودرس خیلی زیاد باشد بهتر است نسبت آب به سیمان ۰,۴ و یا کمتر در نظر گرفته شود. هرچه نسبت آب به مواد سیمانی کمتر باشد گیرش سریع تر اتفاق می افتد. زودگیر کننده کمتری مصرف می شود و می توان لایه های ضخیم تری در سقف اجرا نمود.

مقدار مصرف افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

MTOCRETE S-123 در سر نازل افزوده می شود. برای اطمینان از مصرف دقیق و یکنواخت و جهت اطمینان از **کیفیت بتن** پاشیده شده، از راهنمایی زیر برای انتخاب پمپ مناسب استفاده نمایید. با وسایل زیر به خوبی کار می کند:

- پمپ مادونی-غیر پیستونی
- پمپ فشاری
- پمپ اندازه گیر

با این ابزار کار نکنید:

- پمپ پیستونی
- تمامی پمپ های دارای گوی و دریچه
- پمپ دنده ای
- در لوله مکنده فیلتر نصب نکنید زیرا باعث انسداد می شود. بهتر است ماده از قسمت پایین بشکه مکیده شود

ترکیبات زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 با سایر افزودنی ها:

افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 را می توان همزمان با **زودگیر کننده های غیر قلیایی** به کار برد ولی نباید آن ها را به صورت مخلوط شده نگهداری کرد. توجه داشته باشید این محصول هرگز نباید با سایر زودگیر ها مخلوط نمود.

مقدار مصرف افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

مقدار مصرف MTOCRETE S-123 بستگی به: شرایط دما، **واکنش زایی سیمان** مصرفی، ضخامت لایه مورد نیاز، زمان گیرش و توسعه مقاومت اولیه دارد. مصرف عمومی آن بین ۳ تا ۱۰ درصد باعث **کاهش مقاومت نهایی** می شود.

تمیز کردن پمپ اندازه گیر:

قبل از استفاده از افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 بایستی لوله ها به طور کامل تمیز و با آب فراوان شسته شوند. عدم رعایت آن منجر به مسدود شدن سیستم می شود. اطمینان حاصل کنید که تمام کارکنان آزمایش کننده و کاربر از این مسئله آگاهی دارند.

طریقه انبارداری افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123:

- افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 بایستی در دمای ۵+ تا ۳۵+ درجه سانتی گراد نگهداری شود. این محصول باید در **ظروف پلاستیکی**، فایبر گلاس و یا استیل نگهداری شود. نباید آن را در بشکه های آهنی بریزید، زیرا اسیدی بودن آن سبب خوردگی ظرف و تاثیر بر کارایی محصول می شود.
- پس از انبارداری طولانی، **زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123** را با **ابزار مکانیکی** و یا پمپ هم بزنید. از هوای فشرده برای اختلاط آن استفاده نکنید.
- در صورتی که در بشکه برای مدت طولانی باز بماند، سطح مایع در ترکیب با هوا تشکیل پوسته و تولید حباب می نماید که باعث **انسداد لوله ها** می شود.
- در صورت یخ زدن با بخش فنی شرکت کلینیک بتن ایران تماس حاصل نمایید و قبل از استفاده، اقدام به **آزمایش عملکرد محصول** نمایید.

حفاظت و ایمنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123

زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123 دارای هیچگونه ماده خطرناکی نیست. اگرچه کلیه نکات احتیاطی که در مورد مواد سیمانی رعایت می شود بایستی به کار گرفته شود. از تماس با پوست بدن و چشم پرهیز شود. از دستکش لاستیکی و عینک استفاده کنید. در صورت تماس احتمالی موضع را با آب بشویید. در صورت تماس با چشم ها به پزشک مراجعه نمایید. برای کسب آگاهی بیشتر به **بروشور ایمنی محصول** مراجعه کنید.

تاییدیه کیفیت افزودنی زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-123:

تمامی محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** تولید و عرضه می گردند مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشد

پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330

افزودنی بتن کاهش دهنده نفوذ پذیری و آب بند کننده بتن که علاوه بر **ایجاد روانی و افزایش مقاومت**، باعث انسداد کاپیلار های بتن از نفوذ آب می گردد. پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330 ماده **کاهش دهنده نفوذ پذیری بتن** می باشد که افزودن آن به بتن علاوه بر ایجاد روانی و افزایش مقاومت، با مسدود نمودن **کاپیلار های بتن** از نفوذ آب نیز جلوگیری می نماید.

بر اساس استاندارد ASTM C-494 type A,C, E and F

BS 5075 part 1

Waterproofing agent for concrete

افزودنی بتن کاهش دهنده نفوذ پذیری و **آب بند کننده بتن** که علاوه بر ایجاد روانی و افزایش مقاومت، باعث **انسداد کاپیلارهای بتن** از نفوذ آب می گردد. انواع پودر واترپروف، پودر واترپروف بتن، **پودر واترپروف سیمان**، پودر واترپروف ملات نام برد که **نحوه استفاده واترپروف** متفاوت می باشد.

پودر واترپروف بتن Mtoseal G-330 به منظور کاهش دهنده و نفوذپذیری و همچنین آب بند کننده بتن می باشد. برای خرید و فروش پودر واترپروف بتن با قیمت مناسب به کلینیک بتن ایران مراجعه کنید.

موارد کاربرد پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330:

پودر واتر پروف MTOSEAL G-330 جهت آب بند نمودن بتن های **فونداسیون**، منابع آب، استخر ها، **ساخت لوله های بتنی**، کانال های آب و گالری بسیار مناسب می باشند.

پور واترپروف MTOSEAL G-330 را می توان در مراحل تولید بتن و یا رد محل بتن ریزی به بتن آماده اضافه نمود و کافیست به مدت ۲ دقیقه با بتن مخلوط گردد. از آن جا که این ماده محتوی **روانساز پودری** بوده، موجب افزایش روانی می گردد. ضروری

است در **هنگام تولید بتن** نسبت آب به سیمان به دقت کنترل شده و از ۴۰ درصد تجاوز ننماید. در غیر این صورت آب اضافی موجود باعث ایجاد تخلخل و در نتیجه نشت آب می گردد.

توجه: در صورت طولانی شدن مصرف بتن و در نتیجه **افت اسلامپ** آن، افزودن دوباره **پودر واترپروف MTOSEAL G-330** بی مانع است اگرچه در چنین مواقعی استفاده از **روان کننده بتن** MTOSEAL G-330 نیز بسیار کارساز می باشد.

ویژگی ها و مشخصات پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330:

- شکل ظاهری: پودر کرم رنگ
- وزن مخصوص: ۱,۰۲ تا ۱,۰۳ گرم در سانتیمتر مکعب
- درصد یون کلر: صفر
- ایجاد حباب هوا: کمتر از یک درصد

مقدار مصرف پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330:

پودر واترپروف سیمان به طور معمول بین ۰/۵ درصد **وزن سیمان** موجود در بتن مصرف می شود و در صورت نیاز به تکرار آن مقدار یک درصد وزن سیمان اضافه شود.

بسته بندی پودرواترپروف بتن MTOSEAL G-330:

پودر واترپروف MTOSEAL G-330 در کیسه های پلاستیکی ۲۵ کیلوگرمی عرضه می گردد.

طریقه انباردای پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330:

در صورت دور بودن کیسه ها از **تابش آفتاب و رطوبت**، تا یک سال **پودر واترپروف** MTOSEAL G-330 قابل نگهداری و مصرف می باشد.

حفاظت و ایمنی پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330

پودر واترپروف MTOSEAL G-330 حاوی مواد سمی و خطرناک نمی باشد ولی همانند سایر مواد شیمیایی، در هنگام کار با این ماده از **دستکش و ماسک** استفاده نماید و از تماس با چشم ها، دهان و مواد غذایی اجتناب گردد.

تاییدیه کیفیت پودر واترپروف بتن MTOSEAL G-330:

تمامی محصولاتی که توسط **کلینیک بتن ایران** ارائه می گردد مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشند

افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220

افزودنی هوا ساز بتن MTOAIR 220 در تولید حباب های هوای بسیار پایداری می کند این حباب محکم، ریز و نزدیک به هم هستند. افزودنی حباب ساز بتن برای تولید حباب های هوای بسیار پایدار، محکم، ریز و به هم نزدیک بر اساس استاندارد
ASTM C260-86 ,AASHTOM-154
A high performance concrete superplasticiser based on modified polycarboxyhc cther

موارد کاربرد افزودنی هوازا بتن MTOAIR 220:

۱. وارد کردن هوای کنترل شده در گستره وسیع در انواع بتن
۲. **طرح اختلاط** معمولی
۳. فاقد روانی
۴. محتوی خاکستر بادی با کربن زیاد
۵. محتوای مقادیر زیادی از مواد ریزدانه
۶. محتوی سیمان یا قلیایی زیاد

۷. بتن ریزی در هوای گرم
۸. زمان اختلاط طولانی

خواص و اثرات افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220

افزودنی هوا ساز بتن MTOAIR 220 به خصوص برای بتن هایی که به دلیل مجدد مشکلاتی لازم است مقداری هوا در آن ها وارد و حفظ گردد مفید است. وارد نمودن **حد بهینه حباب هوا** در بتن منجر به اصلاحات کیفی زیر می شود:

- **افزایش مقاومت** در برابر چرخه های یخ و ذوب
- **کاهش نفوذ پذیری** و در نتیجه افزایش خاصیت آب بند کنندگی
- کاهش جداشدگی و آب انداختگی
- **بهبود روانی** و کارپذیری
- آماده بودن محلول باعث پخش بهتر آن می شود

افزودنی حباب ساز بتن MTO AIR 220 با تمام بتن های حاوی افزودنی های دیگر مانند **کاهنده شدید آب**، زودگیر کننده، متراکم کننده و مانع آب سازگاری دارد همچنین مقدار هوای وارده توسط **سیمان پرتلند** با **خاصیت هوازایی** را افزایش می دهد. مصرف **افزودنی حباب ساز بتن MTO AIR 220** به همراه سایر افزودنی های کلینیک بتن ایران تشکیل ترکیب مناسبی برای **تولید بتن های معمولی** و سبک وزن با کیفیت عالی می دهند.

بسته بندی افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220:

MTOAIR 220 در گالن های ۲۵ کیلوگرمی، بشکه های ۲۲۰ کیلویی و مخازن بزرگ عرضه می شود.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220:

- وزن مخصوص: ۰,۹۸۶ تا ۱,۰۳۶ گرم در سانتی متر مکعب
- رنگ: کهربایی یا قهوه ای کمرنگ
- مقدار کلراید: کمتر از ۰,۱ درصد
- درجه اشتعال: غیر آتش زا
- درجه انجماد: -۱ درجه سانتی گراد
- عدد قلیایی: ۷ تا ۸

ملاحظات افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220

۱. بر طبق استاندارد ASTM C-182 3 دقیقه سکون و ۲ دقیقه اختلاط نهایی
۲. ۱۳ دقیقه هم زدن آرام و ۲ دقیقه اختلاط
۳. تکان دادن و ۲ دقیقه اختلاط

موارد کاربرد افزودنی حباب ساز بتن MTO AIR 220:

بر طبق ACI زمانی که ۲ یا چند افزودنی استفاده می شوند بایستی به طور جداگانه به مخلوط اضافه گردند. (به وسیله دستگاه **توزیع کننده** و یا دستی و نباید قبل از اضافه شدن بتن با یکدیگر مخلوط شوند.)

عملکرد افزودنی حباب ساز بتن MTO AIR 220

برای عملکرد بهینه بهتر است ماده هوا را به ماسه نرم مرطوب اضافه نمود. MTOAIR 220 را به وسیله دستگاه **توزیع کننده مخصوص حباب ساز** و با یک ابزار اندازه گیری دستی که دقت مثبت و منفی ۳ درصد را دارد به مخلوط اضافه نمایید.

مقدار مصرف افزودنی حباب ساز بتن MTO AIR 220:

هیچ استانداردی برای مقدار مصرف حباب ساز وجود ندارد. **مقدار افزودنی حباب ساز** مورد نیاز بایستی با انجام آزمایش های کارگاهی معین شود. عوامل موثر عبارتند از: دما – سیمان – دانه بندی مصالح – درصد – ترکیب – سنگدانه ها – اسلامپ – روش های انتقال و پخش بتن و مصرف ریزدانه ها مانند خاکستر بادی و میکروسیلیس.
مقدار مصرف MTOAIR 220 وابسته به مقدار هوای مورد نیاز در شرایط کار می باشد و در طرح آزمایشی مقادیر ۶۰ تا ۲۰۰ میلی لیتر به ازای ۱۰۰ کیلوگرم سیمان به کار برده و سپس تنظیم آن بر اساس نتایج به دست آمده انجام گیرد. در طرح هایی که افزودنی های **کاهنده آب** و یا **کنترل کننده گیرش** حضور دارند مقدار MTOAIR 220 کمتر از مقدار مورد نیاز برای بتن معمولی است.

طریقه انبارداری افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220:

افزودنی حباب ساز بتن MTOAIR 220 باید در دمایی بیشتر از +۲ درجه سانتی گراد نگهداری و مصرف شود. اگر چه **یخ زدگی** آسیبی به این محصول نمی زند ولی احتیاط لازم برای جلوگیری از یخ زدگی لازم است. در صورت یخ زدن آن را گرم نموده و به آرامی هم بزنید تا **بازیافت کامل** گردد. از هوای فشرده برای مخلوط کردن استفاده کنید. در صورت رعایت شرایط فوق عمر مفید این محصول ۱۲ ماه است.

حفاظت و ایمنی افزودنی حباب ساز بتن MTO AIR 220

MTO AIR 220 محتوی هیچ ماده خطرناکی نمی باشد. برای آگاهی بیشتر به **برشور ایمنی محصول** مراجعه نمایید.

تاییدیه کیفیت افزودنی هوا ساز بتن MTO AIR 220:

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردد. مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد

پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101

پودر زودگیر کننده بتن، قوی برای بتن پاشی به روش خشک و غیر قلیایی و بی خطر. پودر زودگیر بتن MTOCRETE S-101 یک **افزودنی زودگیر کننده بتن**، بدون خطر و فاقد قلیایی است که در **عملیات بتن پاشی** به روش خشک استفاده می شود. این محصول به صورت پودر عرضه می گردد و مقادیر مصرف آن بسته به **زمان گیرش** دلخواه و سخت شدن بتن متغیر است.

MTOCRETE S-101
Alkali_ free, non caustic and non toxic high Performance Powder accelerator for dry-mix shotcrete بر اساس استاندارد BS 5075 Part 1

فواید مصرف پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101

خاصیت زودگیر کنندگی بتن این محصول امکان می دهد که:
اجرای لایه هایی به ضخامت ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیمتر روی دیوار و یا سقف در یک **مرحله پاشش** فراهم آید. (همانند زودگیر کننده های آلوماتی) انجام مراحل کار سریعتر می شود.

مزایای استفاده از پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S101

- باعث توسعه عالی **مقاومت های زودرس** می شود.
- کاهش مقاومت بلند مدت را محدود می کند.
- دوام بتن را در مقایسه با **زودگیر کننده های سنتی** بهبود می بخشد.
- طبیعت غیر خطرناک و غیر سوزنده بودن این محصول
- از سوختگی های پوستی جلوگیری نموده و **شرایط محیط کار** را بهبود می بخشد.

- ملاحظات حمل و نقل را کاهش داده و باعث صرفه جویی اقتصادی می شود.
- ورود نمک ها به آب جاری را کاهش می دهد.

محدوده های کاربرد پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101

- پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 برای همه کارهایی که نیاز به مقاومت کوتاه مدت و دراز مدت زیاد و اجرای لایه های ضخیم دارند مناسب است.
- نگهداری موقت و دائم صخره ها
- اجرای پوشش (آستر) نهایی (اجرا در یک مرحله)
- عملیات تعمیری
- تونل ها
- معادن

بسته بندی پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 در کیسه های ۱۵ کیلوگرمی عرضه می گردد.

ویژگی های پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

- شکل: پودر
- رنگ: سفید
- وزن مخصوص فله: ۷۵۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم در متر مکعب
- عدد قلیایی (حل شده در مایع): ۶,۵ تا ۷,۵
- مقدار کلر: کمتر از ۰,۱ درصد

میزان مصرف پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

مقادیر مصرف مطلوب **پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101** بستگی به عواملی چون: دمای بتن، هوا و ویژگی های مصرفی دارد. با توجه به **زمان گیرش** و **مقاومت اولیه** دلخواه مقادیر مصرف بین تا درصد وزن سیمان متغیر است. مصرف مقادیر بیشتر از درصد باعث **کاهش مقاومت نهایی** می گردد. در هر حال انجام آزمایش های کارگاهی توصیه می شود.

روش مصرف پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

آماده سازی بستر:

سطح زیر کار بایستی تمیز و عاری از تکه های سست باشد و فقط کمی خراشیده شود.

حساسیت سیمان:

سن: پیشنهاد می شود فقط از سیمان تازه استفاده شود.ذ زیرا سیمان های کهنه باعث تاثیر منفی در مختصات گیرش مخلوط بتن می شوند.

نوع سیمان: پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 به نوع سیمان حساسیت دارد. با برخی از سیمان ها مختصات گیرش خیلی کند است. این حساسیت با کم نمودن نسبت آب به سیمان جبران می شود. پیشنهاد می شود از سیمان پرتلند معمولی (**OPC**) یا سیمان زود سخت می شوند (**RHPC**) استفاده شود که به طور معمول مختصات زورگیری بهتری نسبت به **سیمان ترکیبی** و یا ضد سولفات دارند. در هر حال تاکید می شود که انجام آزمایش های مقدماتی برای کنترل زمان گیرش و مختصات مقاومت ساعته بر روی سیمان مصرفی در دستور کار قرار گیرد.

توجه: چنانچه زمان گیرش کوتاه باشد، مقاومت ۲۴ ساعته خوب است. زمانی که گیرش به آرامی انجام شود **اجرای لایه های پاششی** تا ضخامت ۵۰ تا ۷۰ میلی متر به طور عمودی و ۳۰ تا ۵۰ میلی متر به طور بالاسری امکان پذیر است.

عملکرد پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

در **طرح اختلاط** هایی که از پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 استفاده می شود حداقل سیمان مورد نیاز ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب است. ولی بهتر است به ۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب افزایش یابد.

موارد کاربرد پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 درست قبل از مصرف به مخلوط اضافه می شود.

سازگاری با Delvocrete Stabiliser

(افزودنی کنترل کننده زمان گیرش)

چنانچه پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 در طرح های محتوی MTOCRETE S-101 (**افزودنی کنترل کننده زمان گیرش**) استفاده می شود، باید دقت نمود که درصد مصرف پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 در دمای محیطی بیشتر از ۲۰ درجه سانتیگراد حداکثر ۰,۴ درصد و در دمای بیشتر از ۱۵ درجه سانتیگراد فقط ۰,۲ درصد وزن سیمان باشد. در دمای کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد نباید از پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 استفاده نمود. مقدار مصرف بیشتر mtocrete (افزودنی کنترل کننده زمان گیرش) از آن چه که گفته شد باعث کندی گیرش و **پایین بودن مقاومت اولیه** می شود. با سیمان های **کندگیر** نیز مشکل **عدم چسبندگی** به صخره بستر وجود دارد.

ملاحظات پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101

اطلاعات داده شده نه تنها بر مبنای نتایج آزمایشگاهی بلکه بر تجربیات کارگاهی استوارند. اما به دلیل عوامل متعدد تاثیرگذار، این اطلاعات **فاقد تضمین اجرایی** و یا مسئولیت اجرایی می باشند. برای کسب اطلاعات بیشتر با بخش فنی شرکت کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.

طریقه انبارداری پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

چنانچه در جای خشک و در بسته بندی اصلی نگهداری شود تا ۱۲ ماه قابل استفاده می باشد.

حفاظت و ایمنی پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

برخلاف سایر افزودنی های زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 به پوست صدمه نمی زند. بنابراین خطر کمتری برای سلامتی دارد. پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101 در طبقه بندی غیر خطرناک قرار دارد.

تاییدیه کیفیت پودر زودگیر کننده بتن MTOCRETE S-101:

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردند مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشد

ضد یخ بتن چیست؟

ضد یخ بتن کلینیک بتن ایران (Antifreeze for concrete) با کد محصول MTO ANTIFREEZE یک **افزودنی ضد یخ بتن** برای بتن مسلح و ترکیبی از مواد معدنی و آلی بر پایه نیتروژنی می باشد. در ساخت این ضد یخ بتن مسلح بدون کلراید به هیچ عنوان از مواد کلرایدی استفاده نشده است. مواد نیتروژنی و کلسیم نیتروژنی در ضد یخ بتن به عنوان موادی که **بازدارنده خوردگی** می باشند مطرح شده است. بتن ریزی در هوای سرد با استفاده از این ضد یخ بتن امکان پذیر است. قابل ذکر می باشد با وجود استفاده از این ضد یخ بتن و یا هرگونه ضد یخ بتن در هنگام بتن ریزی در هوای سرد، رعایت **الزامات بتن ریزی** در هوای سرد و آیین نامه ای نباید فراموش شود. در حقیقت استفاده از ضد یخ بتن یک اقدام تکمیلی است و باید **تمهیدات بتن ریزی** در هوای سرد همانند کیورینگ و دیگر عوامل رعایت شود. برای استفاده صحیح و مشاوره برای نوع و چگونگی استفاده از ضد یخ بتن می توانید با **کارشناسان کلینیک بتن ایران** در این رابطه مشاوره نمایید.

در تعریف کلی می توان گفت ضد یخ بتن MTOANTIFREEZE ضد یخ بتن برای بتن مسلح است که در انواع مختلف تولید شده و کاربرد فراوان دارد.برای خرید و فروش ضد یخ بتن با قیمت مناسب به کلینیک بتن ایران مراجعه کنید.

انواع ضد یخ بتن

- ضد یخ بتن پودری
- ضد یخ بتن مایع
- ضد یخ بتن مایع بدون کلراید
- ضد یخ بتن مایع با کلراید

ویژگی های ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

ضد یخ بتن مسلح تولیدی کلینیک بتن ایران حاوی کلرید نمی باشد و براساس بهترین مواد معرفی شده و استاندارد برای ساخت بتن های مسلح طراحی شده است. به علت غلظت بالای این **ضد یخ بتن** با کمترین میزان **مصرف ضد یخ بتن** به نتیجه مطلوب و بدون عوارض جانبی نزدیک شوید. **بالا رفتن سرعت هیدراتاسیون**، افزایش حرارت زایی بتن، پایین آمدن نقطه انجماد و **تسریع زمان گیرش** اولیه از خصوصیات مهم این ضد یخ بتن و ملات است.

بسته بندی ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

ضد یخ استاندارد بتن کلینیک بتن ایران به صورت فله یا در گالن های ۲۰ و ۲۵ کیلوگرمی و بنا به درخواست مشتری تا پالت های یک تنی قابل تحویل است.

موارد کاربرد ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

استفاده از تندگیر کننده ها یا ضد یخ بتن عموما در بتن ریزی در شرایط هوای سرد صورت می گیرد. تندگیر کننده ها **نقطه انجماد آب** را کاهش نمی دهند از این رو اطلاق نام ضد یخ به این افزودنی ها درست نمی باشد. افزودنی تندگیر کننده برای کاهش زمان گیرش و **افزایش مقاومت اولیه** به دست آمده به خصوص در بتن ریزی در هوای سرد به منظور تسریع در زمان شروع عملیات عمل آوری بتن و کاهش زمان عمل آوری استفاده می شوند. همچنین افزایش سرعت کسب مقاومت بتن به خصوص در سنین اولیه منجر به کاهش زمان مورد نیاز برای **قالب بندی بتن** و به دنبال آن کاهش هزینه های کلی ساخت و ساز می گردد.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

مشخصات فنی افزودنی تندگیر کننده یا ضد یخ بتن؛

چند نمونه از تسریع کننده ها عبارتند از: کربنات سدیم، کلرور آلومینیوم، کربنات پتاسیم، فلوئورید سدیم، آلومینات سدیم، نمک‌های آهن و کلرور کلسیم. نسل قدیم **مواد افزودنی زود گیرکننده بتن** از نوع قلیایی بودند و بیشتر با بنیان آلومیناتی، کربناتی و سیلیکاتی تولید می شدند. زودگیر کننده های مدرن شامل ترکیباتی از نمک های معدنی با بنیان سولفاتی که فاقد قلیا هستند با حالت های فیزیکی پودری و مایع در دسترس می باشند نتایج کیفی حاصل از مصرف زودگیر کننده های غیر قلیا به ماهیت شیمیایی ماده، ترکیبات شیمیایی سازنده سیمان و سایر **مواد افزودنی مجاز بتن** بستگی دارد. چنانچه هوا سرد و دمای بتن کم شود، سرعت واکنش سیمان با آب کند می گردد و زمان گیرش طولانی می شود و در نتیجه مقاومت چندانی در ساعات و روزهای اولیه حاصل نمی گردد. زمان **قالب برداری** طولانی خواهد شد و ممکن است در طول این مدت به واسطه لرزش و ضربه آسیبی به بتن وارد گردد. چنانچه در هنگام **گیرش** و یا پس از آن، زمانی که **مقاومت بتن** چندان زیاد نیست یخبندان در بتن حاصل شود، بتن به واسطه انبساط ناشی از یخ زدن آب در حفرات، در اثر تنش‌های کششی حاصله، ترک می خورد و از بین می‌رود در این دستور العمل سعی می‌شود تا از بروز این خسارت‌ها جلوگیری بعمل آید. **مواد افزودنی شیمیایی** از جمله زودگیر کننده

ها که در بتن پاششی استفاده می شود باید از استانداردها پیروی کرده و مشخصات فنی آن ها از جمله میزان کلرید، قلیاییت و زمان گیرش مورد بررسی و آزمون قرار گیرد.

ملاحظات و مشخصات فنی ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

ضد یخ های بتن مواد شیمیایی هستند که به منظور **پایین آوردن نقطه انجماد** فاز مایع به آب **اختلاط بتن** اضافه می گردند و تا دمای C 30°- کاربرد دارند.

استفاده از ضد یخ در بتن ریزی در شرایط آب و هوای سرد، دارای اصول فنی ساده و بسیار سودمند می باشد که باعث صرفه جویی ۲۰ الی ۵۰ درصدی زمان و انرژی در مقایسه با عمل آوری با بخار، **گرم کردن بتن** و.... می باشد.

میزان و روش مصرف ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

نحوه استفاده ضد یخ بتن و میزان **مصرف ضد یخ بتن** رابطه مستقیم با دمای محیط عیار سیمان مصرفی و خصوصیات آن دارد و می بایست توجه شود که در محاسبه دمای محیط حداقل دمایی که ممکن باید ملاک محاسبه قرار گیرد. ضد یخ بتن را به مقدار ۱٪ الی ۵٪ وزن سیمان مصرفی به می باشد. جهت راهنمایی اولیه برای تست های مربوطه می توان از جدول زیر کمک گرفته شود. لطفا جهت دریافت **نمودار و جداول ضد یخ بتن** با ما تماس بگیرید.

می توان ضد یخ بتن را قبل از مصرف بتن به **تراک میکسر** اضافه کرد که در این صورت باید میزان مصرف ضد یخ بتن را از آب مصرفی در بچینگ کاسته باشید. دما میزان مصرف ضد یخ بتن بر حسب درصد **وزن سیمان** مصرفی عیار ۳۰۰ عیار ۳۵۰ عیار ۴۰۰ ۰ تا ۵ - ۲٫۵٪ ۲٪ ۱٫۵٪ ۵ - تا ۱۰ - ۳٫۵٪ ۳٪ ۲٪ ۱۰ - تا ۱۵ - ۵٪ ۴٪ ۳٪ میزان مصرف ضد یخ بتن.

عملکرد ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

یک دسته نقطه انجماد فاز مایع بتن را پایین می آورند، همچنین **زودگیرها و دیرگیرهایی** ضعیف هستند که بر گیرش و سخت شدگی سیمان تاثیر می گذارند، از جمله محصولات الکترولیت مانند: ANTIFREEZ SN و ANTIFREEZ SC. محصولات الکترولیت ضعیف مانند: ANTIFREEZ AM و غیرالکترولیت مانند: ANTIFREEZ U می باشند. دسته دوم افزودنی های دو یا سه سیستمی می باشند. **هیدراتاسیون سیمان** را تسریع کرده و همچنین خصوصیات ضد یخ را دارا می باشند.

علاوه بر این دو گروه اصلی، مابقی خصوصیات ضعیفی از ضد یخ ها را دارا می باشند. گیرش و سخت شدن سیمان را تسریع می کنند و به صورت قابل توجهی میزان گرمای مراحل اولیه **سخت شدن سیمان** در بتن ریزی زمستانی را افزایش می دهند. این افزودنی ها در شکل گیری سریع **ساختار متراکم** موئینه سیمان شرکت می کنند، مانند: ANTIFREEZ FS و ANTIFREEZ AS.

ترکیبات ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

مواد تشکیل دهنده ضد یخ بتن ترکیبی از **مواد معدنی و آلی** بر پایه نیتروژنی می باشد. در ساخت این ضد یخ بتن مسلح بدون کلراید به هیچ عنوان از مواد کلرایدی استفاده نشده است. **مواد نیتروژنی و کلسیم نیتروژنی** در ضد یخ بتن به عنوان موادی که بازدارنده خوردگی می باشند مطرح شده است.

طریقه انبارداری ضدیخ بتن MTO ANTIFREEZE

- دمای متوسط هوا در شبانه روز کمتر از ۵ درجه سانتی گراد باشد.
- دمای هوا برای بیشتر از نصف روز از ۱۰ درجه سانتی گراد زیادتر نباشد.

هدف از استفاده از ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

- جلوگیری از خسارت به بتن ناشی از یخ زدگی در زمان های اولیه
- اطمینان از رشد مقاومت مورد نیاز بتن جهت آن
- نگهداری از شرایط مطلوب برای بهبود استحکام بدون استفاده از گرمای اضافی در زمان بتن ریزی

- کنترل تغییر دمای سریع در بتن به منظور جلوگیری از ترک خوردگی
- محافظت دائمی از ساختار بتن
- باید توجه داشته باشید که بتن گرم قرار داده شده در بستر سرما، گرما از دست می دهد و افت دما پیدا می کند. دانستن این مسئله بسیار مهم است که اگر ساختار به دلیل **کیورینگ بتن** و محافظت نامناسب دچار خرابی شده باشد
- رسیدن بتن به مقاومت ۲۸ روزه مخصوص بی فایده خواهد بود.

بتنی که از یخ زدگی محافظت شده است تا وقتی که به مقاومت فشاری حداقل ۳,۴۵ Mpa (500 psi) برسد به دلیل قرار گرفتن در معرض یک چرخه یخ زدگی تنها دچار خرابی نمی شود. بتنی که محافظت می شود و یا احتمالا عمل آوری می گردد علی رغم قرار گرفتن در معرض هوای سرد به مقاومت بالقوه خودش می رسد. به جز در گرما و محوطه حفاظتی، نیازی به **تامین رطوبت خارجی** برای عمل آوری در زمان هوای سرد نیست ویا این نیاز کمتر می گردد.

تاییدیه کیفیت ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردند مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشد. جهت دریافت **قیمت ضد یخ بتن** MTO ANTIFREEZE با ما تماس بگیرید.

خواص ضد یخ بتن MTO ANTIFREEZE

سدیم نیترات یک ضد یخ خوب و قابل اتکایی است که می تواند دمای انجماد آب را تا منفی ده درجه ی سانتی گراد کاهش دهد. اما از طرف دیگر، **مقاومت نهایی بتن** با اضافه کردن این ترکیب به آب، دست خوش تغییرات منفی می شود. سدیم فرمات در پایین آوردن دمای انجماد آب، عملکردی تقریبا شبیه به سدیم نیترات دارد؛ با این تفاوت که نسبت کمتری از آن در مقایسه با **سدیم نیترات** می تواند دمای انجماد آب را به منفی ده درجه ی سانتی گراد برساند.

مقاومت و ایمنی ضدیخ بتن MTO ANTIFREEZE

در هنگام استفاده از مقادیر کم از این ترکیب شیمیایی، **مقاومت فشاری اولیه ی بتن** افزایش می یابد. این مورد تنها در صورتی رخ می دهد که میزان استفاده از این ماده کم باشد؛ در موارد دیگر نتیجه عکس خواهد بود.

مکمل پاور ژل بتن MTOMIX 4600

مکمل بتن MTOMIX 4600 یا مکمل بتن علاوه بر استفاده در **ساخت بتن** های با مقاومت بالا، آب بند، **نفوذ پذیری کم**، دوام بالا و ملات های ویژه، در بتن هایی که کاهش ترک های پلاستیک، ارتقا نسبی **مقاومت های کششی و خمشی بتن** مد نظر میباشد کاربرد دارد. همچنین در شرایطی که بتن در معرض ضربه و **بارهای متناوب دینامیکی** است استفاده از مکمل بتن MTOMIX 4600 توصیه می شود. مکمل بتن برای استفاده در **بتن های ساحلی**، مخازن، تصفیه خانه های آب و فاضلاب مناسب می باشد.

موارد کاربرد مکمل بتن MTOMIX 4600:

۱. ساخت بتن های پر مقاومت
۲. بتن ریزی در مناطق تحت حمله مواد شیمیایی نظیر نواحی شمالی و جنوبی کشور و شوره زار ها
۳. ساخت بتن اسکله ها، پل ها، مخازن، منابع و...
۴. ساخت بتن تصفیه خانه ها و فاضلاب ها

عملکرد پاور ژل بتن MTOMIX 4600:

- بالا بردن اسلامپ
- رفع نفوذ پذیری بتن

- ممانعت از ورود و نفوذ یون کلر و سایر مواد شیمیایی مخرب به داخل بتن
- امکان کاهش آب اختلال بتن
- سازگار بودن با انواع سیمان های پرتلند
- کاهش در هزینه ساخت بتن
- تسریع زمان ساخت بتن و حمل آسان
- افزایش مقاومت فشاری حدود ۳۰٪
- کاهش میزان مصرفی در حدود ۱۰٪
- امکان جایگزینی سیمان تیپ ۲ با تیپ ۵
- بالا بردن مقاومت فرسایشی

مقدار مصرف مکمل بتن MTOMIX 4600:

همواره توصیه می گردد بسته به نوع بتن، کاربری، اسلامپ، خواص مکانیکی، محل اجرا و مقاومت فشاری مورد نیاز میزان مصرف با آزمایش های کارگاهی مشخص شود لذا این میزان در محدوده ی ۵ تا ۹ درصد وزن سیمان خواهد بود.

روش مصرف مکمل پاور ژل بتن MTOMIX 4600:

مکمل بتن MTOMIX 4600 را می توان به دو صورت به بتن اضافه نمود:

۱. پس از اختلاط کامل تمام اجزا بتن
۲. در آب اختلاط بتن حل نموده و سپس به اجزا خشک افزوده گردد

مشخصات فیزیکی مکمل بتن MTOMIX 4600:

- حالت فیزیکی: خمیر
- وزن مخصوص: ۱,۱۵ gr/cm3
- PH :9
- رنگ: قهوه ای تیره
- قابلیت انحلال: در آب

از علل آسیب پذیری بتن می توان به **هیدرواکسید اسیوم** Ca(OH)2 قابل انحلال شاره کرد که در زمان هیدراته شدن سیمان موجود در بتن حدود یک چهارم بتن را تشکیل می دهد. **مکمل بتن MTOMIX 4600** به جهت سطح مقطع بسیار ریز اجزا سازنده اش که عمده آن را Sio2 تشکیل می دهد، میل زیادی به انجام واکنش با هیدروکسید کلسیم ناپایدار دارد(عامل نفوذ پذیری و تشدید **قلیایی شدن بتن**) که نهایتا سیلیکات کلسیم بسیار سخت و غیرقابل انحلال تولید می نماید.

از خصوصیات بارز سیلیکات کلسیم می توان به مقاومت در برابر سولفات ها، نیترات ها، **یون کلر و واکنش قلیایی** مصالح سنگی اشاره نمود. از این رو در صورت عدم دسترسی به سیمان تیپ ۵ با استفاده از مکمل بتن و سیمان تیپ ۲ خواص کیفی بتن و پایایی آن را ارتقا بخشیم.

مکمل بتن به واسطه **پلیمر های اصلاح شده** با طول زنجیره بلند و داشتن کاتالیزورهای لازم، در هنگام ساخت **طرح اختلاط** با کاهش ۱۰٪ از نسبت آب به سیمان علاوه بر بالا بردن **اسلامپ و ساخت بتن** خود تراکم، میل ترکیب Ca (OH)۲ و Sio2 را افزوده و سرعت می بخشد و پس از انجام هیدراتاسیون، شاهد ترکیب بهتر مولکول های نامبرده می باشیم.

وجود کاتالیزور در مکمل بتن باعث تسریع و تکمیل واکنش این افزودنی با بتن خواهد شد و در مقایسه با طرح اختلاطی که با میکروسیلیس و مواد روان ساز ساخته می شوند به دلیل برطرف شدن واکنش گر محدود، حدود ۱۵٪ بهبود می یابد. ضمنا این کاتالیزور باعث جلوگیری از به هدر رفتن و تکمیل واکنش افزوده شده به بتن می گردد. لذا میزان مصرف مکمل بتن حدود ۱,۵٪

الی ۲٪ کمتر از میزان مصرف **ژل میکروسیلیس MTOMIX 4500** در طرح های اختلاط قدیمی که با استفاده از میکروسیلیس و مواد روان ساز ساخته می شدند، خواهد بود.

ضمنا از دیگر نواقص بتن می توان به انقباض ناشی از تبخیر آب و به وجود آمدن لوله های موئین پس از انجام **واکنش هیدراتاسیون** اشاره نمود که این مورد هم به واسطه وجود مواد شیمیایی پلیمری کریستال ساز با ساختار آزاد و بسیار ریز مولکولی در زمان ساخت بتن در کل مخلوط پراکنده شده و تمام خلل و فرج و لوله های موئین را مسدود می سازند. اما در طرح های اختلاطی که میکروسیلیس و مواد روان ساز به صورت جداگانه به بتن اضافه می گردند به جهت نقصان پلیمر های یاد شده انجام چنین واکنشی به هیچ وجه میسر نخواهد بود. می دانیم نفوذ پذیری رابطه مستقیمی با شدت کربناسیون دارد، افزودنی مکمل بتن با توجه به توانایی بالایی که در **ساخت کریستال** و به واکنش رسانیدن Sio2 موجود در میکروسیلیس دارد، نقش بسزایی در کاهش نفوذ پذیری داشته و با تشکیل دادن **سیلیکات کلسیم** و کاهش Ca(OH)2 نسبت در بتن، خطر سرطان بتن (A-A-R) را می کاهد. **جایگزینی مکمل بتن** در طرح های اختلاط به جای میکروسیلیس و مواد روان ساز علاوه بر بهبود کیفی بتن شده و تاثیر گذاری بسیاری در پایایی آن باعث کاهش ۵ الی ۷ درصد از **قیمت تمام شده بتن** خواهد شد و با استفاده از یک **افزودنی بتن** در زمان ساخت طرح اختلاط خطر عدم **کنترل دقیق کارگاهی** و رعایت نسبت ها کاهش خواهد یافت.

مشخصات شیمیایی مکمل بتن MTOMIX 4600

۱. پلیمرهای آب بند کننده و کریستال ساز
۲. نسل جدید فوق روان کننده بتن
۳. میکروسیلیس
۴. کاتالیزور و فیلر های پرکننده

ترکیبات پاورژل بتن MTOMIx 4600:

این محصول با هیچ ماده دیگری نباید مخلوط شود مگر توسط متخصصین شرکت کلینیک بتن ایران تایید شده باشد.

طریقه انبارداری مکمل بتن MTOMIX 4600:

مکمل بتن MTOMIX 4600 بایستی در ظروف اصلی خود و در دمای بیش از ۵+ درجه سانتی گراد نگهداری شود. در صورت **یخ زدن** می توانید آن را به آرامی گرم نموده و هم بزنید تا دوباره بازیافت شود. عدم رعایت شرایط انبارداری مناسب ممکن است باعث **آسیب دیدن محصول** و یا ظرف آن گردد. برای کسب اطلاع بیشتر از روش انبارداری مناسب با بخش فنی کلینیک بتن ایران تماس حاصل نمایید.

حفاظت و ایمنی مکمل بتن MTOMIX 4600:

مکمل بتن MTOMIX 4600 محتوی هیچ ماده خطرناکی نمی باشد. برای آگاهی بیشتر به **بروشور ایمنی محصول** مراجعه نمایید.

تاییدیه کیفیت مکمل پاورژل بتن MTOMIX 4600:

تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردد مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد.

آب گریز نما سیلیکونی

آب گریزنما سیلیکونی جهت **ضد رطوبت واترپروف** کردن سطوح بتنی، آجری، سنگ که در نمای خارجی ساختمان به کار برده می شود.

خواص و اثرات آب گریز نما سیلیکونی

- آب گریز نما سیلیکونی پس از اجرا کاملا بیرنگ شده و به هیچ عنوان در **زیبایی پوشش** اجرا شده ساختمان تاثیری ندارد و آن را شفاف می نماید.
- آب گریز نما سیلیکونی از شوره زدن **نمای خارجی ساختمان** جلوگیری می کند.
- آب گریز نما سیلیکونی **قابل شستشو** بوده و پس از خشک شدن آب گریز نما سیلیکونی با آب حل نمی شود.
- آمده به مصرف بودن آب گریز نما سیلیکونی و به آسانی قابل اجرا می باشد.

روش مصرف آب گریز نما سیلیکونی

هنگام کار با **آب گریز نما سیلیکونی** سطح مورد نظر را از هرگونه گرد و غبار و چربی تمیز نموده و سپس آب گریز نما سیلیکونی را به وسیله قلم مو و یا پیستوله بر روی آن اجرا کنید به طوری که تمام سطح را پوشش دهد. برای اطمینان بیشتر و کیفیت مطلوب تر، بهتر است آب گریز نما سیلیکونی را در دو نوبت به فاصله زمانی ۲ تا ۴ ساعت اجرا نمایید.

ویژگی ها و مشخصات آب گریز نما سیلیکونی

- **میزان مصرف** آب گریز نما سیلیکونی یک کیلوگرم آب گریز نما سیلیکونی سطحی معادل ۱۰ مترمربع را در یک لایه پوشش می دهد
- آب گریز نما سیلیکونی مایع می باشد
- رنگ آب گریز نما سیلیکونی سفید است
- حلالیت آب گریز نما سیلیکونی: **حلالیت آلی** (تینر)
- آب گریز نما سیلیکونی قابلیت مصرف از ۵+ تا ۳۵+ درجه سانتی گراد را دارد

طریقه انبارداری آب گریز نما سیلیکونی

آب گریز نما سیلیکونی به دور از سرما و گرما در بسته بندی اولیه و در بسته به مدت یکسال قابل نگهداری می باشد. تمام محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردد مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد. جهت دریافت **قیمت آب گریز نما سیلیکونی** و سایر **مواد آب بندی بتن** با ما تماس بگیرید.

پودر بند کشی

استفاده از ترکیبات آماده برای بند کشی با توجه به شرایط و ویژگی محل اجرای کار و نوع قطعات و مصالح مورد کاربرد می تواند در بهبود کیفیت افزایش دوام و استحکام ، تامین زیبایی و سرعت اجرا نقش کارساز و موثرتری داشته باشد
مصرف چنین موادی در عملیات ساختمانی، علاوه بر دستیابی به برتری های فنی و تامین تسهیلات اجرائی از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است

موارد مصرف پودر بند کشی

جهت درزبندی کاشی و سرامیک

قطعات سیمانی و بتنی
قطعات بنایی، سفالی و گچی
کلیه درزها و بندها تا عمق ۵ میلیمتر

ویژگی ها و مشخصات پودر بند کشی

این ماده پودری است که به راحتی با آب مخلوط شده و خمیری انعطاف پذیر با کارایی مناسب تولید میکند که مصرف آن در بندکشی قطعات مختلف ساختمانی دارای امتیازات زیر است

۱. خمیر حاصل از اختلاط با آب ، بندکشی های تا ۵ میلی متر را بدون ترک خوردگی و عارضه انقباض و با قدرت چسبندگی و پیوستگی زیاد پر میکند
۲. زیبایی، دوام و استحکام قطعاتی را که با این ماده بندکشی می شوند تضمین می نماید
۳. در مقابل نفوذ آب و رطوبت از مقاومت قابل ملاحظه ای برخوردار است
۴. مصرف این ماده با کمی چسب بتن قابل اطمینان مستحکم ، بادوام ، راحت و صریح می باشد

مشخصات فیزیکی و شیمیایی پودر بند کشی

حالت فیزیکی	پودر
رنگ	در رنگهای مختلف
وزن مخصوص	برحسب رنگ ماده gr/cm3 78/2-56/2
قابلیت اختلاط	در آب
ثبات حرارتی	تا c ۸۰
دمای محیط مصرف	بین 5 c تا c ۳۵

مقدار مصرف پودر بند کشی

برای کاشی های ۱۵*۱۵ با بندهای ۳ میلی متر حدودا ۲۵۰ گرم پودر برای یک متر مربع سطح کافی است

روش مصرف و نکات ضروری پودر بند کشی

ماده بندکشی به رنگهای طوسی برای کف و سطوحی که بیشتر در مجاورت رطوبت قرار دارند و پودر به رنگهای مختلف برای دیوارها بکار می رود
قبل از مصرف کلیه بندهای مورد نظر باید به یک اندازه تراشیده و تمیز شود و بعدا با برس مرطوب کاملا گردگیری شود
پودر بندکشی باید حتما با کاردک لاستیکی انجام و عمق بندها کاملا پر شود قبل از خشک شدن ماده بند کشی، باید اسفنج مرطوب را روی سطح کار کشیده تا پستی و بلندی پیرامون بندها محو گردد و پس از خشک شدن کامل نیز با پارچه تمیز سطح کار باید صیقل داده شود بندکشی را نباید در هوای زیر ۵ درجه سانتی گراد یا در گرمای زیاد و یا در مجاورت آب انجام داد
برای ایجاد هماهنگی بین رنگ ماده مخصوص بندکشی با رنگ اصلی قطعات مورد بندکشی، توصیه میشود که خمیر آماده شده را با رنگ اصلی کاملا مخلوط کرد برای اطمینان بیشتر توصیه میشود مقداری از ماده بند کشی را که با رنگ اصلی مخلوط شده در لایه نازک به عنوان نمونه کار اجرا نمود تا پس از خشک شدن رنگ واقعی آن را مشخص نمود

پودر بندکشی را معمولا ۲۴ ساعت پس از نصب کاشی یا سرامیک بایستی روی سطح کار مصرف نمود و در طول ۲ روز چندین بار روی بندها آب به آرامی پاشیده شود

جهت حصول استحکام فوق العاده بالا استفاده از چسب بتن آب بندی توصیه می شود

طریقه انبارداری پودر بند کشی

این ماده در ظروف دربسته به دور از رطوبت و فشار به مدت ۶ ماه قابل نگهداری می باشد

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 یک پوشش محافظتی پایه ی قیر آب بندی می باشد که به منظور ایجاد مانعی دائمی در مقابل عبور آب و بخار آب طراحی شده و می تواند برای ایجاد لایه های مانع تبخیر، پوسته های نم گیر، پوشش مخازن و لوله های آب آشامیدنی، حفاظت از سازه های بتنی زیرزمینی، **عمل آوری بتن** ضمن حفظ آب و نیز **محافظت از سطوح فلزی** در برابر خوردگی مورد استفاده قرار می گیرد. پوشش محافظتی و **آب بند مقاوم** بر پایه قیر با قابلیت رقیق شدن آب.

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 مطابق استاندارد ASTM-D-2939

مشخصات و ویژگی های پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

- تک جزیی است و با آب رقیق می گردد
- خشک شدن سریع
- قابل استفاده بر سطوح مرطوب
- بعد از مصرف و پس از تبخیر آب، خشک شده و یک لایه **قابل انعطاف الاستیک** از خود ایجاد می نماید
- پس از خشک شدن در برابر رطوبت مقاوم بوده و در آب حل نمی شود
- برخورداری از **خاصیت حفظ و نگهداری** فوق العاده آب به منظور **عمل آوری مخلوط بتنی**
- چسبندگی عالی به اکثر سطوح رایج در ساختمان
- سهولت در اجرا به سبب رقیق شدن با آب، که می توان از جاروب پلاستیکی، برس، ماله و یا اسپری (پیستوله نازل درشت) برای اجرای آن روی سطح کار استفاده نمود

موارد مصرف پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

عایق جهت عایق کاری دیوارها، سقف ها، زیرزمین ها، تونل ها، سردخانه ها، استخر ها، سرویس های بهداشتی، مخازن و خصوصا **فونداسیون ها** و محافظت در برابر تاثیر کلر

روش مصرف پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

سطوح باید تمیز، خشک و عاری از روغن و گریس باشند. کلیه **ذرات پراکنده و چسبنده** مانند ذرات آهن، براده و پوسته فلزات و نیز **لکه های ملات سیمان** باید برطرف شوند. برای زدودن این قبیل مواد باید از برس سیمی یا برس زبر استفاده نموده و در نهایت گرد و غبار حاصله توسط یک برس نرم و یا هوای فشرده تخلیه گردد. برای تمیز کردن روغن و گریس از سطوح کار باید از عامل یا ماده زداینده مخصوص هر گریس یا روغن استفاده شود. برای چسبندگی مناسب و بهینه به فولاد توصیه می شود **سطوح فولادی** را با معیار SA2 ½ تحت عملیات Grit Blasting (ماسه پاشی درشت دانه) قرار دهید.

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 بر روی سطوح مرطوب، آجر و اندود قابل استفاده است مشروط بر آن که هیچگونه آب سطحی آزاد یا آب انداختگی روی سطح کار موجود نباشد. در موارد تردید پیشنهاد می شود به طور آزمایش مقدار محدودی **پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900** روی سطح مورد نظر اعمال گردد.

مقدار مصرف پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

هر ۱ کیلوگرم برای ۲ الی ۶ متر مربع قابل استفاده می باشد. البته این مقدار با توجه به شرایط موجود و ناهمواری سطح، میزان **مصرف قابل افزایش یا کاهش** می باشد.

روش اجرای پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

پیش از استفاده کاملا به هم بزنید. پوسته های نم گیر، **لایه های عمودی** مانع تبخیر حفاظت از مخازن آب و خطوط لوله یک لایه کامل از پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 را روی سطح کار اعمال کرده و صبر کنید تا خشک شود. نسبت پوشش دهی باید حدود ۳ متر مربع بر لیتر باشد. لایه دوم را عمود بر لایه اول، روی سطح کار اجرا کنید.

سطح پوشش دهی محافظتی قیری MTOPROOF P-900

در مواردی که پوشش رویه سطح کار با اندود بتنی ضروری باشد، باید ماسه تمیز با سایز اسمی ۲ میلی متر روی پوشش خیس دوم پخش شود تا سطحی با **قابلیت چسبندگی مکانیکی** خوب برای زیر سازی به دست آید. قبل از اجرای اندود باید تمام **ماسه های پراکنده** از سطح کار زدوده شوند. (در حین **اجرای اندود** دقت فرمایید که رویه سطح کار آسیب نبیند.)

عملکرد پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

برای **رویه های ضد رطوبت**، دو لایه پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 به کار برید. این کار ضمن انطباق با استاندارد ASTM C309، عمل آوری و کارآیی را بیش از ۸۰ درصد ارتقا می دهد. این محصول بر روی بتن مرطوب نیز قابل استفاده است.

ترمیم پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

نواحی آسیب دیده پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 به راحتی با اعمال پوشش مجدد ترمیم شده و رویه ای یک دست حاصل می گردد.

تمیز کاری و نگهداری ابزار پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

کلیه ابزار و تجهیزات باید بلافاصله پس از استفاده با حلال ویژه تمیز گردد. اگر دمای سطح زیر کار بین ۶ تا ۴۵ درجه سانتی گراد باشد، عملیات اجرایی را می توان آغاز کرد.

طریقه انبارداری پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

در انبار سرپوشیده در دمای ۴۰-۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۲ ماه قابل استفاده می باشد. عدم **رعایت شرایط انبارداری** مناسب ممکن است باعث آسیب دیدن محصول و یا ظرف آن گردد. برای کسب اطلاع بیشتر از روش انبارداری مناسب با بخش فنی **کلینیک بتن ایران** تماس حاصل نمایید.

حفاظت و ایمنی پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900 محتوی هیچ ماده خطرناکی نمی باشد. برای آگاهی بیشتر به **برشور ایمنی محصول** مراجعه نمایید.

تاییدیه کیفیت پوشش محافظتی قیری MTOPROOF P-900

تمام محصولاتی که توسط کلینیک بتن ایران عرضه می گردد مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد.

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 سیستم آب بندی مطمئن و دائمی سطوح بتنی و یا مواد سیمانی برای کنترل رطوبت، نشت و یا فرار آب می باشد. تشکیل و توسعه کریستال های غیر محلول در داخل لوله های مویینه و ریز ترک ها باعث مسدود شدن دائمی آن ها شده و از عبور و نشت آب جلوگیری نموده و تا پایان عمر سازه آن را آب بندی می نماید.

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 به صورت پودر عرضه می شود. در هنگام مصرف **پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25** را به شکل دوغاب تهیه و به طور مستقیم روی سطوح بتنی، بلوک و یا ملات سیمانی اجرا نمایید.

پودر خشک آن نیز برای خشکه پاشی در درز های اجرایی کاربرد دارد. همچنین حالت خمیری این محصول را می توان با ماله و یا کاردک روی سطوح ناصاف و یا روی سطوحی که تردد انسانی وجود دارد به کار برد. این خمیر همچنین برای پر کردن ناهمواری های سطح و یا پر کردن حفره ها و سوراخ های سطح بتن به کار می رود.

سیستم محافظتی و آب بند کننده کاپیلار های بتن و ملات.

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

Surface applied capillary waterproofing system

For concrete and mortar

ویژگی ها و مشخصات پودر آب بند کننده MTOSEAL G-25

به وجود آوردن آب بندی دائمی به طوری که تبدیل به بخش جدا نشدنی سازه می شود. بخش فعال آن ورقه، کنده و فرسوده نمی گردد.

بتن را در برابر عوامل خورنده موجود در آب حفظ می نماید.

عمل تشکیل کریستال ها در تماس با آب تشدید می شود و ایجاد نوعی حفاظت فزاینده می نماید.

در آلوده کننده نیست.

بسته بندی پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 در کیسه های ۲۵ کیلوگرمی عرضه می گردد.

ترکیبات پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 از نوعی مواد شیمیایی که با رطوبت فعال می شوند، ماسه سیلیسی مخصوص و نوعی سیمان خاص تشکیل شده است.

موارد کاربرد پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

رطوبت و آهک آزاد موجود در کاپیلار ها با مواد شیمیایی فعال در پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 واکنش داده و تولید کریستال های غیر محلول می نمایند. کریستال ها در عمق کاپیلار های بتن نفوذ کرده و آن را مسدود نموده و از عبور آب جلوگیری می نمایند و از طرفی اجازه عبور هوا و بخار را می دهند و راه تنفس سازه را باز می گذارند. مقدار نفوذ کریستال ها و توسعه آب بستگی به میزان فشردگی و میزان جذب سطحی بتن دارد ولی کریستال ها تا عمقی که آب وجود داشته باشد نفوذ می کنند. ایجاد آب بندی کامل پس از ۵ تا ۷ روز انجام می شود.

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 قابلیت آب بندی و تحمل فشار اسمزی مثبت و منفی دارد. بنابراین می توان آن را روی سطوح داخلی و یا خارجی اجرا نمود اگرچه بهتر است روی سطحی اجرا شود که تماس مستقیم با آب دارد.

زیرا تشکیل و توسعه کریستال ها را تسریع می نماید. پس از تکمیل مراحل **مواد آب بندی بتن** و تشکیل کامل کریستال ها مواد فعال موجود در پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 بی اثر می شوند و به محض حضور رطوبت بعدی دوباره فعال می گردند.

روش مصرف پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

سازه های جدید: در سازه های جدیدی که دارای بتن فشرده و محکم باشند. نشت آب به طور عمده از درز های اجرایی و ساختمانی اتفاق می افتد. در چنین سازه های مطمئنی راهکار اقتصادی این است پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 به صورت خشکه پاشی روی درز های افقی ریخته و به شکل دوغابی روی سطوح عمودی اجرا شود. در شرایطی که سطح آب بالا باشد لازم است کلیه سطوح بتن مگر به روش دوغابی و یا خشکه پاشی پوشش داده شده و پس از آن بن اصلی ریخته شود. این روش ساندویچی از نفوذ آب به درون بتن و ضایعات ناشی از رطوبت و غرقاب شدن جلوگیری می نماید. تا جایی که امکان دارد فونداسیون را از بیرون آب بندی کنید.

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 را بهتر است روی بتن تازه و به محض باز کردن قالب اجرا نمایی. زیرا عمل آوری با آب که برای پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 لازم است باعث هیدراسیون کامل بتن نیز می شود. اگر نیاز به اجرای سطح نهایی زیبا و یا کار های نماسازی بتنی باشد، لازم است عمل آوری پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 کامل شود و سپس به کمک اندود ماسه **سیمان** سطح نهایی دلخواه روی آن به وجود آید.

سازه های موجود در پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

سازه هایی که نشت و یا ریزش آب دارد لازم است به درستی بازرسی شوند که علت آن مشخص شود. آب موجود بایستی تخلیه شود تا بررسی کامل گردد. ترک های ثابت بزرگتر از یک میلیمتر بایستی تراشیده شده، خیس شوند و با پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 آغشته و بلافاصله با خمیر MTOSEAL G-25 پر شوند. ترک های فعال بایستی تبدیل به درز های انبساطی شدند و با **ماستیک** مناسب آب بند شوند.

آماده سازی سطح پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

به طور معمول همه تعمیرات بتنی، کیفیت آماده سازی سطح تاثیر مستقیم برای اجرای سیستم دارد. سطوح بتنی بایستی از وجود هر گونه روغن، گریس، رنگ، آلودگی، مواد عمل آوری، روغن قالب و تعمیرات قبلی که باعث عدم چسبندگی پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 به سطح شود پاک گردند. از جمله موادی که باعث جلوگیری از نفوذ مواد شیمیایی و آب به درون بتن می گردد از قبیل تعمیرات انجام شده قبلی با پلیمرها، سیلیکون ها و دفع کننده های آب، برداشتن شیرابه سیمان از روی سطح و ایجاد سطحی خشن کمک بسیاری در چسبندگی MTOSEAL G-25 می نماید.

تکه های ضعیف و حفره های سطح بایستی تعمیر شوند. نقاط جدا شده تخریب و بازسازی شوند. در صورت خشک بودن سطح بایست آن را ۲۴ ساعت قبل کامل اشباع نمود.

سیستم پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 نیاز به حضور آب برای مواد شیمیایی فعال جهت نفوذ در بتن دارد. توسعه کریستال ها تا عمق نفوذ آب ادامه دارد.

اختلاط در پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

همواره آب را بر روی پودر MTOSEAL G-25 بریزید و برعکس آن عمل نکنید.

جهت تهیه حالت **دوغاب** با مواد MTOSEAL G-25 یک قسمت آب با ۲,۲۵ تا ۲,۵ قسمت پودر به صورت حجمی و برای حالت خمیری آنقدر آب اضافه کنید که خمیر دلخواه به دست آید ولی پس از اختلاط اولیه هرگز آب بیشتر اضافه نکنید فقط آنقدر MTOSEAL G-25 مخلوط کنید که بتوانید آن را در مدت ۲۰ دقیقه مصرف کنید.

طرز کار با پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 به وسیله قلم مو و یا پیسولت بر روی سطح خیس اجرای شود. اجرای آن در دو دست در یک جهت انجام پذیرد. لایه دوم زمانی که اجرای اول سفت شده ولی هنوز خیس است انجام شود، معمولا پس از ۳ تا ۴ ساعت(بسته به دمای محیط) روی بتن کهنه، آجر و یا بلوک بتنی می توان به جای اجرای لایه دوم پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 روی لایه اول را با اندودی ضخامت ۵ تا ۱۰ میلیمتر پوشاند.

عملکرد پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

لازم است از خشک شدن پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 جلوگیری شود و پس از اجرا آن را به مدت ۵ تا ۷ روز مرطوب نگه داشت. آب پاشی ملایم و حفاظت سطوح با ورقه های پلی اتیلن برای پرهیز از خشک شدن موثر است. از مواد عمل آوری سطح استفاده نکنید و سطوح اجرا شده را در برابر هوازدگی، تابش خورشید، یخ زدگی و باد به مدت ۵ تا ۷ روز حفاظت نمایید.

مخازن و یا دیگر سازه های آب را می توان ۲۴ ساعت پس از اجرای آخرین لایه پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 با آب پر نمود. زیرا وجود آب به رشد کریستال ها شتاب می بخشد.

سطح پوشش دهی پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

اجرای دو لایه به صورت دوغابی: یک کیلوگرم پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 برای پوشش یک متر مربع در هر لایه لازم است. بنابراین ۲ کیلوگرم پودر برای پوشش کامل یک متر مربع مورد نیاز می باشد.

اندود کردن سطح ۱۰ کیلوگرم پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 در متر مربع به ضخامت ۴,۵ میلیمتر لازم است.

روش خشکه پاشی: یک کیلوگرم پودر برای یک متر مربع کافی است.

مراقبت از ابزار کار:

لوازم و ابزار را به سرعت پس از اتمام کار تمیز نمایید. استفاده از ظروف پلاستیکی و یا لاستیکی پیشنهاد می شود.

طریقه انبارداری پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

به دور از تابش مستقیم خورشید و روی پالت نگهداری نمایید. در برابر بارش باران و فشار زیاد حفاظت نمایید. عدم رعایت روش انبارداری صحیح موجب آسیب دیدن محصول و یا بسته بندی آن می شود.

حفاظت و ایمنی پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

همانند تمامی محصولات شیمیایی، احتیاط لازم در زمان انبارداری و مصرف ضروری است. از تماس با چشم ها، دهان، پوست و مواد خوراکی اجتناب شود. در صورت ترشح به چشم ها و پوست آن را به سرعت با آب بشویید. در صورت بلع ناگهانی به پزشک مراجعه کنید. در ظروف را پس از مصرف ببندید.

پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25 را به گونه ای به کار برید که غبار کمتری در هنگام اختلاط ایجاد شود. برای مقابله با غبار احتمالی از یک ماسک سبک استفاده کنید.

تاییدیه کیفیت پودر آب بند کننده بتن MTOSEAL G-25

تمامی محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** عرضه می گردند، مطابق با استاندارد های کیفی بین المللی می باشند

نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC خاصیت کریستال سازی در داخل **لوله های موئینه بتن** را داشته و به این ترتیب آن ها را در برابر نفوذ آب و طیف وسیعی از مواد شیمیایی مقاوم می سازد این محصول: از سیمان، سیلیس (از نوع و دانه بندی مخصوص) و چند ماده شیمیایی فعال دیگر تشکیل شده و **موثرترین روش آب بندی** و حفاظت شیمیایی و دائمی بتن را فراهم می سازد.

MTO PAN IC خاصیت کریستال سازی...

بر اساس استاندارد Type B,C and G ASTM C-494 و BS 5075 Part 1

خواص و اثرات نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

پودر نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC در اثر مخلوط شدن با آب دو فاز مایع و جامد در کنار هم تشکیل می دهد. فاز مایع در واقع محلول مواد شیمیایی فعال نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC در آب است و فاز جامد از موادی تشکیل شده که چسبندگی عالی با بتن داشته و در واقع حفاظت کامل بتن در برابر طیف وسیعی از مواد شیمیایی را به عهده دارد. مواد فعال نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC که در آب حل می شوند همراه با آب و در اثر فشار اسمز به داخل لوله های موئینه بتن در تمام جهات مکیده می شود و هر کجا که آب نفوذ کند این مواد فعال نیز به داخل جان بتن نفوذ می کند. واکنش این مواد فعال با آب اکسیدهای فلزی داخل بتن (خصوصا اکسید کلسیم که به حد وفور در بتن موجود است) کریستال های نا محلول سفید رنگ و سوزنی شکل را ایجاد می کند که به مرور رشد کرده و تمام حفره های داخل بتن و **ترک های حاصل از**

جمع شدگی را کاملا پر کرده و بدین ترتیب بتن را کاملا آب بندی، مقاوم و خشک می کند. این فرایند در جهت فشار آب یا جهت مخالف فشار آب صورت می گیرد. در صورت فقدان آب مجدد فعال شده و با تجدید کریستال سازی، به تکمیل عمل آب بندی در اعماق بتن ادامه می دهند. این کریستال ها در عمق یک متری از سطح بتن نیز مشاهده و اندازه گیری شده و **مواد تشکیل دهنده نفوذگر و کریستال شونده** MTO PAN IC تماما غیر آلی معدنی بوده و با بتن، آجر، ملات و سنگ صد درصد هماهنگی دارند.

عملکرد نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

- نفوذگر در اثر واکنش با اجزاء بتن، خود جزئی از بتن می شود و توده ای مقاوم و با دوام تشکیل می دهد. از این رو اثر آن بر بتن را نباید با اثر یک روکش ساده چسبیده به بتن یا **روکش پلاستیک** مجزی از بتن ممبرین اشتباه کرد.
- نفوذگر به عمق بتن نفوذ می کند و تمام لوله های موئینه بتن و ترک های حاصل از جمع شدگی را پر و آب بند می کند.
- نفوذگر را می توان از سمت مثبت یا منفی اجراء کرد.
- خواص آببندی نفوذگر و نیز مقاومت بتن اجراء شده با نفوذگر در برابر عوامل خورنده شیمیایی کاملا حفظ می شود حتی اگر **لایه نفوذگر** اجرا شده در سطح بتن زخمی یا کنده شود.
- نفوذگر کاملا در برابر **فشار هیدرواستاتیکی** بالا مقاومت می کند
- در مجموع از ممبرین هیدرولیتیک یا سیستم پانل رسی موثرتر و ارزان تر است اجرای آن ساده و از این رو دستمزد اجرای نفوذگر پایین است
- **مقاومت فشاری بتن** را بالا میبرد
- در محل درزها کنده پاره یا سوراخ نمی شود
- در هنگام پر سازی از پشت نیاز به قرار دادن مش فولادی یا سیمی و دیگر روش های حفاظتی ندارد
- ترک ها را تا ضخامت ۴ میلی متر پر و آب بند می کند در این مورد عملکرد نفوذگر بسیار بیشتر از پوشاندن یا پل زدن بر روی ترک های موئی یا ترک های حاصل از جمع شدن می باشد
- به بتن اجازه تنفس می دهد و از جمع شدن بخار آب جلوگیری کرده و بتن را کاملا خشک می کند
- بتن را در برابر مواد شیمیایی مقاوم می سازد . تماس دائم بتن با محلول شیمیایی در محدوده (ph = ۳-۱۱) به علاوه بتن را در برابر عوامل مخربی مانند سیکل گرما و سرما، آب های مخرب زیرزمینی، آب دریا، کربنات ها، کلرایدها، سولفات ها و نیترات ها محافظت می نماید
- در هنگام اجرا نیاز به **خشک کردن کامل بتن** نمی باشد چون بر روی بتن مرطوب نیز قابل اجراست
- با خشکاندن کامل بتن، آب اطراف میلگرد های داخل بتن را نیز کاملا خشک می کند و بدین ترتیب از پوسیدگی و زنگ زدن میلگرد جلوگیری می کند
- غیر سمی است
- کاربرد آن در مخازن ذخیره آب از نظر بهداشتی کاملا مورد تایید است
- نیاز به زمان کیورینگ طولانی ندارد. (مگر در آب و هوای فوق العاده داغ و رطوبت کم محیط)

موارد مصرف نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

به طور کلی در مورد هر سازه بتنی که نیاز به آب بندی و مقاومت در برابر عوامل شیمیایی و نیز ترمیم ترک های موئی داشته باشد می توان از MTO PAN IC و ملات ترمیم کننده استفاده کرد:

- مخازن نگهداری آب، کلاریفایرها و مخازن نگهداری املاح فریک، **مخازن سازه های بتنی** جهت تصفیه آب و فاضلاب، لوله های بتنی خطوط انشعاب و انتقال آب و فاضلاب سدها و نیروگاه های هسته ای و آبی سازه های دریائی نظیر اسکله ها، شمع ها، آکواریوم های بتنی، تونل های راه و تونل های زیرزمینی مترو و مجتمع های مسکونی یا اداری جهت تاسیسات
- تاسیسات پتروشیمی: **برج های خنک کننده** و مخازن بتنی آن ها، برج های در معرض مواد شیمیایی خورنده و...
- انبارها، زیر زمین های بتنی جهت نگهداری مواد غذائی و...
- فونداسیون ها، پله ها، پارکینگ ها، کانال ها، تیرهای بتنی چراغ برق، جداول بتنی، خیابان ها و نیز سازه های فرودگاهی **تاسیسات بتنی ارتشی** نظیر تاسیسات مربوط به نیروی دریایی در بنادر، تاسیسات نیروی هوائی و نیز زاغه های بتن جهت نگهداری مهمات که باید فاقد رطوبت و نشتی آب باشند

مشخصات و ویژگی های نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

۱. در اثر اختلاط با آب و اجرا بر سطح بتن مرطوب، فاز مایع ان در اثر مکش لوله های موئینه بتن به داخل آن مکیده شده و در اثر **ترکیب مواد شیمیایی خاص** MTO PAN IC با آب و با اجزاء بتن) خصوصا اکسید کلسیم دیگر اکسید های موجود در بتن (تشکیل ترکیبات کریستالی رشد یابنده و سوزنی شکل می دهد که رشد مداوم این کریستال ها به مرور باعث انسداد کامل حفره های مویین و ترک های حاصل از جمع شدگی می گردد. بدین ترتیب علاوه بر **آب بندی سطح بتن**، کل توده بتن نیز آب بند می شود.
۲. اگر سطح بتن دچار شکستگی یا تخریب شود یا لایه نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC پس از ۲۸ روز از سطح بتن تراشیده شود خواص ضد آب آن از بین نمی رود و سازه کماکان آب بند باقی خواهد ماند.
۳. از هر دو سمت مثبت یا منفی و بر روی بتن نو یا کهنه قابل اجراست.
۴. جهت اجرا نیازی به خشک کردن سطح بتن نیست و بر روی **بتن سبز**(مرطوب) اجرا می شود.
۵. بر روی فشار هیدرواستاتیک بالا کاملا مقاوم است.
۶. از تخریب بتن در اثر تکرار **سیکل ذوب و یخ** جلوگیری می کند.
۷. در برابر تهاجم بسیاری از مواد شیمیایی خورنده نظیر اسیدها و بازها (ph=3-12)، املاح (کلراید ها، سولفات ها، نیترات ها و غیره)، آب دریا، حلال های شیمیایی و نفتی پاک کننده ها کاملا مقاوم است.
۸. نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC از نفوذ کلیه یون های خورنده به داخل سازه بتنی جلوگیری می کند. **نفوذ یون کلراید** بداخل بتن به خصوص وقتی که غلظت آن در کنار میلگرد داخل بتن به بیش از ppm500 می رسد از ایجاد پوشش محافظ (هیدروکسید کلسیم) در اطراف میلگرد جلوگیری می کند و باعث **خوردگی الکترولیتیک** میلگرد می شود. استفاده از نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC باعث می شود که غلظت یون کلر در اطراف میلگرد هیچگاه به حد فوق نرسد و بدین ترتیب باعث نوعی حفاظت کاتودیک میلگرد درون توده بتن شود.
۹. از جنس بتن و هماهنگ با آن بوده و تابش نور خورشید با تغییرات دما و فشار باعث کنده شدن آن از سطح بتن نمی گردد.
۱۰. مازاد نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC در توده بتن، وقتیکه بتن خشک و آب بند می شود، به صورت غیر فعال باقی می ماند. به مجرد رسیدن اب به ان مجددا فعال شده و **عمل کریستال سازی و آب بندی** را ادامه می دهد. به علت همین خاصیت، ترک هایی را که بعدا در توده بتن اتفاق می افتد (تا قطر ۰، ۴ میلی متر) آب بند می کند.

۱۱. خطر کنده، پاره یا سوراخ شدن منطقی است که مزیت عمده ای نسبت به دیگر روش هاست.
۱۲. در هنگام **پرسازی پشت سازه** یا هنگام قرار دادن میلگرد یا شبکه سیمی یا روش های معمول دیگر خطری آن را تهدید نمی کند و در نتیجه نیازی به حفاظت ندارد.
۱۳. به بتن اجازه تنفس می دهد و بدین طریق به خشک شدن آن کمک می کند.
۱۴. اجراء آن از روش های دیگر آسانتر است: اغلب یکبار با قلم مو یا اسپری اجراء می شود و مادام العمر سطح اجرا شده را محافظت می کند. میزان مصرف آن با توجه به وضعیت خورندگی محیط می تواند بین ۱/۵ تا ۲ کیلوگرم بر هر متر مربع تغییر کند.
۱۵. مقاومت فشاری را حدود ۵/۵ درصد افزایش می دهد.
۱۶. تجربه نشان داده است که **ژل میکروسیلیس** باعث افزایش قابل توجه مقاومت فشاری بتن شده و نفوذپذیری بتن را در برابر آب تا حد زیادی کاهش می دهد. از طرف دیگر میکروسیلیس باعث تردی و **شکنندگی سازه** شده و مقاومت آن در برابر ضربه کاهش می دهد. علاوه براین، با مرور زمان خواص آببندی و مقاومت شیمیایی بتن میکروسیلیسی کاهش یافته و نهایتا سازه و میلگرد درون آن دچار خوردگی می شود. در مکان هایی حفظ خواص ارزشمند میکروسیلیس ضروری باشد می توان با استفاده از پوشش نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC در سطح بتن میکروسیلیسی، نقاط ضعف آن را کاهش داد یا بکلی از بین برد.
۱۷. نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC غیر سمی و فاقد حلال است. در نتیجه **خطر مسمومیت** کارگران یا آتش سوزی منتفی است.
۱۸. باعث آلودگی آب شرب نمی شود و مورد تایید سازمان های حفظ محیط زیست است.

مشخصات فیزیکی شیمیایی نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

- حالت فیزیکی: پودر
- وزن مخصوص: 09/1 gr /cm3
- رنگ: خاکستری
- PH: 13-11
- یون کلر: ندارد

مقدار مصرف نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

میزان مصرف بستگی به وضعیت سطح دارد. به طور متوسط ۱/۵ کیلوگرم MTO PAN IC به ازاء هر متر مربع سطح کافی است. در مکان هایی که بیشتر در **معرض نشتی** و هجوم آب قرار دارند خصوصا خوردگی مربوط به املاح آب دریا، و یا سطوح ناهموار و پر تخلخل این نسبت می تواند تا حدود ۲ کیلوگرم بر متر مربع افزایش یابد.

روش مصرف و نکات ضروری نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

قبل از اجرای نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC آماده سازی سطح کار باید انجام شود:

۱. سطح بتنی نباید کثیف باشد. در صورت وجود چربی (از قالب) یا وجود گرد و غبار با استفاده از آب داغ سطح را بشویید.
۲. سطح بتنی نباید صاف و صیقلی باشد. در صورت صیقلی بودن با استفاده از برس سیمی یا وسایل دیگر سطح را به طور یکنواخت برس زده و مضرس نمائید و سپس با آب بشویید تا حفره های بتن کاملا باز شود و نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC بهتر انجام شود.
۳. جهت از بین بردن **صافی سطح بتن** علاوه بر برس سیمی می توان از **واترجت** با فشار مناسب، سند پلاست خشک یا تر استفاده نمود. روش های شیمیایی نظیر استفاده از محلول رقیق اسید موریاتیک ۲٪ یا اسید استیک

٪۲ نیز می توان مورد استفاده قرار گیرد ولی به هرحال قبل از اجرای MTO PAN IC باید سطح را با آب شرب کاملا شستشو داد.

۴. مدتی قبل از اجرای نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC سطح مورد نظر را کاملا خیس نمایید تا لایه های داخلی بتن نیز رطوبت کافی داشته باشد و حداکثر **مکش کاتالیزورهای** موجود در MTO PAN IC سطح بایستی مرطوب و عاری از قطرات آب باشد.

۵. میزان موادی که در عرض ۳۵ دقیقه می توانید مصرف نمائید توسط پیمانه ای تمیز و فاقد چربی و غیره به داخل ظرفی تمیز (**پلاستیکی یا فلزی**) منتقل نمایید. سپس با پیمانه ای دیگر نسبت لازم (رجوع شود به قسمت اجرا) آب شرب به آن اضافه نمایید و توسط میله یا چوبی تمیز ویا در صورت امکان و ترجیحا با دریل برقی مخلوط را به هم بزنید تا یکنواخت شده و نظیر رنگ لاتکس قوام یابد. در هنگام اجراء نیز گاه گاهی مخلوط را بهم بزنید.

۶. اجراء توسط قلمو: ۲ قسمت حجمی آب در برابر ۵ قسمت حجمی نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC.
اجراء توسط پاشش با استفاده از پمپ: ۳ قسمت حجمی آب در برابر ۵ قسمت حجمی نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

۷. بجز در مکان هایی که هوا فوق العاده داغ و رطوبت خیلی کم است. نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC نیازی به **کیورینگ بتن** ندارد. در شرایط حاد یاد شده کیورینگ MTO PAN IC را بمجرد اینکه پوشش MTO PAN IC به اندازه کافی سخت شد به طوری که در اثر پاشش ملایم آب از سطح کار کنده نشود باید آغاز کرد. در بسیاری از شرایط کافیست سطوح نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC زده را در روز اول ودر سه نوبت به ملایمت مرطوب نمود. در آب و هوای فوق العاده گرم ممکن است **پاشش آب** در چند نوبت در روز و به مدت چند روز لازم باشد.

۸. این مواد در جای خشک و دور از رطوبت با **دمای عادی** و ظروف بسته بندی اولیه به مدت ۶ ماه می توان نگهداری نمود.

تاییدیه کیفیت نفوذگر و کریستال شونده MTO PAN IC

تمام محصولاتی که توسط شرکت کلینیک بتن ایران عرضه می گردد مطابق با **استاندارد های کیفی بین المللی** می باشد.

پودر تسریع کننده گیرش سیمان

عملکرد اصلی این ماده افزایش روند کسب مقاومت در بتن و ملات است. این زودگیر، پودری است که با سیمان و آب واکنش شیمیایی انجام داده و موجب تسریع در افزایش مقاومت های اولیه بتن می گردد.

افزودن این ماده به سیمان باعث می شود که این ماده با هیدروکسید کلسیم حاصل از هیدراتاسیون سیمان ترکیب شود و کربنات کلسیم نامحلول و سود را تشکیل دهد که سود حاصل از واکنش موجب تسریع واکنش سیلیکات و آلومینات می شود.

کربنات کلسیم تولید شده از واکنش فوق، سخت شده و روی بافت بتنی اثر می گذارد و مقاومت آن را افزایش می دهد به محض اتصال بتن به دیواره یا سقف شروع به هیدراتاسیون نموده و با این روند حرارت تولید شده و گیرایی در چند ثانیه بعد از مخلوط نمودن در حدود ۸۰٪ افزایش می یابد و مانند یک کاتالیزور در واکنشهای هیدراتاسیون عمل می کند.

خصوصیات ویژه پودر تسریع کننده گیرش سیمان

زودگیر پودری قابلیت مصرف در ۱۰ درجه بالا با سازگاری با انواع سیمان پرتلند که برای اسپری بتن در داخل تونلها و محل هایی که خط ریزش سقف یا دیوار، ممکن است و یا امکان قابل بندی به هر دلیل میسر نباشد مورد استفاده قرار میگیرد، زودگیر پودری عامل موثر در گیرایی بتن، ایجاد مقاومت مطلوب در زمان کوتاهتر، کاهش زمان لازم برای نگهداری حفاظت بتن، کاهش خطرات ناشی از تغییرات سریع در دما و استفاده هر چه سریعتر از یک سازه بتنی می باشد.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی	
وزن مخصوص	gr/cm^3 9/0- 5/0
رنگ	سفید مایل به خاکستری
حالت فیزیکی	پودر
یون کلر	ندارد
PH	13- 12

میزان مصرف پودر تسریع کننده گیرش سیمان

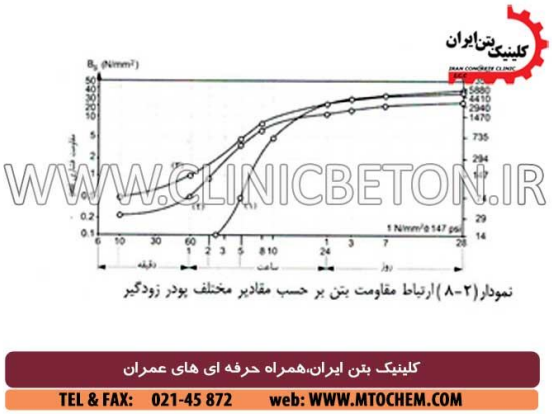
میزان مصرف زودگیر پودری برحسب دما و نوع بتن متغیر می باشد. در دمای $25^{\circ}C$ و بتن ۳۵۰ میزان مصرف در حدود ۳ الی ۷ درصد وزن سیمان مصرفی بوده که باید به صورت خشک با سیمان و ماسه مخلوط نمود. بتن خشک توسط دستگاه شاتکریت تحت فشار پمپ، به طرف محل مورد نظر اسپری شده و باید از لوله جانبی دیگری که به مخزن آب متصل می باشد، مقدار آب مورد نیاز را تنظیم نمود. آب و بتن خشک در هوا مخلوط و قبل از برخورد به دیواره گیرایی بتن آغاز می گردد.

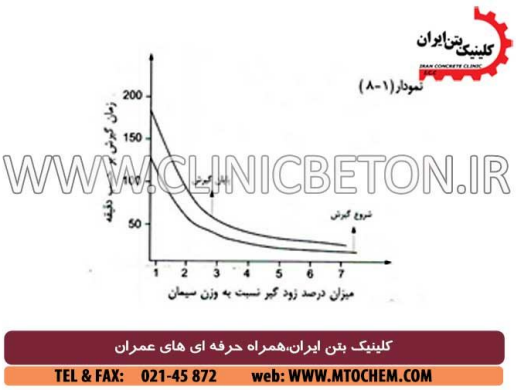
نحوه مصرف و نکات ضروری پودر تسریع کننده گیرش سیمان

در صورت استفاده از مصالح با درجه حرارت پایین یا پاشیدن مخلوط روی سطوح سرد، سرعت گیرش ملات طبعا کند می گردد. نوع، تازگی و کهنگی سیمان نیز عامل موثری در مدت گیرش می باشد. لذا برای تعیین مقدار دقیق مصرف، تهیه مخلوط های آزمایشی توصیه می شود. ضمناً مقدار بیش از حد توصیه شده باعث کاهش مقاومت نهایی بتن می گردد. شاتکریت را می توان در ظروف دربسته و به دور از رطوبت به مدت یکسال نگهداری نمود.

آزمایشات مربوط به زودگیر پودری بتن

نمودار (۱-۸) ارتباط بین زمان گیرش و میزان مصرف پودر زودگیر می باشد. این منحنی نشان دهنده این مطلب است که در مقادیر کم زودگیر، مدت زمان گیرش زیاد بوده ولی در مقادیر بالای زودگیر، مدت زمان گیرش کاهش می یابد. (گیرش سریع)





منحنی ۱ : بتن شاهد

منحنی ۲ : بتن با پودر زودگیر برحسب ۴ درصد وزن سیمان مصرفی

منحنی ۳ : بتن با پودر زودگیر برحسب ۶ درصد وزن سیمان مصرفی

آزمایشات فوق در دمای ۳۵°C و ۳۵۰kg/m۳ انجام گرفته است. منحنی بالا نشان دهنده این است که با مصرف پودر زودگیر به مقدار ۶٪ وزن سیمان مصرفی ضمن این که زمان اولیه گیرش کاهش می یابد بلکه مقاومت فشاری در زمان اولیه گیرش کاهش می یابد نهایت با مقاومت فشاری بتن شاهد به یک اندازه می رسد.

بسته بندی

زودگیر پودری MTOMA-P در بسته های ۲۰ کیلوگرمی عرضه می شود.

نکات ایمنی

MTOMA-P حاوی مواد خطرناک و آتش زا نیست و در صورت پاشیده شدن بلافاصله موضع را با آب شستشو دهید. برای آگاهی بیشتر به بروشور ایمنی محصول مراجعه فرمایید.

کیفیت بتن به عوامل مختلفی بستگی دارد که آسیب‌پذیرترین و بی‌دفاع‌ترین‌شان، نیروی انسانی است. نظارت و سرپرستی بر قسمت‌های مختلف در هنگام بتن‌ریزی، از مهم‌ترین اقداماتی است که در هر پروژه بایستی صورت پذیرد. سرپرست (سوپروایزر) یا ناظر بایستی به عوامل مختلفی هم‌چون نازک‌کاری بتن، کمیت بتن‌ریزی، آزمایش‌ها انجام شده بر روی بتن و ویژگی‌های مختلف آن نظارت داشته باشد. در کنار این‌ها، یکی دیگر از مراحل حیاتی، ویبراسیون بتن است که می‌تواند به اشکال مختلفی به مرحله‌ی اجرا برسد.

در گذشته، پس از مرحله‌ی بتن‌ریزی، برای متراکم کردن بتن از روش‌هایی هم چون کوبیدن روی آن استفاده می‌کردند. هدف از کوبیدن بتن، این بود که با ایجاد تراکم در آن، بتن به بالاترین حد چگالی خود برسد. البته این روش و تکنیک هم‌اکنون منسوخ شده است، این پروسه که متراکم کردن بتن نامیده می‌شود، امروز هم از مهم‌ترین مراحل بتن‌ریزی محسوب می‌شود.

امروزه بتن را به وسیله ویبراسیون یا همان لرزش متراکم می‌کنیم. مخلوط تازه‌ی بتن معمولاً حاوی حباب هوا به میزان ۵ تا ۲۰ درصد از حجم کل بتن است. میزان و اندازه‌ی حجمی این حباب‌های هوا با اسلامپ بتن رابطه‌ی عکس دارد؛ به این معنی که در بتن با اسلامپ کم‌تر، بیشتر است و بالعکس. در هنگام بتن‌ریزی، استفاده از ویبراتور (وسیله‌ای که با آن عملیات ویبراسیون یا لرزش بتن را انجام می‌دهیم) باعث می‌شود تا اصطکاک داخلی بین سنگدانه‌ها تا حد زیادی کاهش یابد و حرکت آن‌ها در کنار یکدیگر نرم‌تر و راحت‌تر انجام بشود. در واقع هدف از **ویبراسیون بتن** این است که بتن را به حالتی تبدیل کنیم که در آن، سنگدانه‌ها و دیگر مواد موجود در بتن، کم‌ترین فضای ممکن را اشغال کنند.

انواع و طبقه‌بندی ویبراتورها

ویبراتورهای داخلی

پراستفاده ترین و قابل اتکا ترین ویبراتور در بین انواع مختلف آن، ویبراتورهای داخلی یا Internal Vibrators هستند. این ویبراتور دارای یک میله‌ی انعطاف پذیر و موتور است. عملکرد آن به این نحو است که میله را به بتن فرو می‌کنند و بعد میله به وسیله نیرویی که موتور به آن وارد می‌کند، شروع به لرزش می‌کند.

پایان ویبراسیون از وضع سطوح خارجی بتن مشخص می‌شود. سطح خارجی بتن نباید دارای شکل لانه زنبوری باشد. همچنین نباید ملات اضافی‌ای روی آن دیده شود. میله باید به آرامی و با سرعتی در حدود ۸۰ میلی‌متر بر ثانیه از بتن خارج شود تا جای خالی آن به شکل مناسبی پر شود.

ویبراتورهای خارجی

از ویبراتورهای خارجی معمولاً برای بتن‌های پیش‌ساخته استفاده می‌شود و استفاده از آن‌ها خیلی گسترده نیست. همچنین در مواردی که شرایط و شکل بتن، اجازه‌ی استفاده از ویبراتورهای داخلی را به ما نمی‌دهد، از ویبراتورهای خارجی استفاده می‌کنیم.

ویبراتورهای سطحی

ویبراتورهای سطحی به وسیله‌ی صفحه‌ی تخت از سطوح خارجی بتن، بر آن لرزش وارد می‌کنند. در این روش، بتن از تمامی جهت در معرض لرزش قرار می‌گیرد و بتن رخصت افزایش حجم نیز ندارد. به همین دلیل در ویبراتورهای سطحی می‌توان از درجه‌های لرزش بسیار بالا استفاده کرد. از استفاده‌های معمول و پرتکراری که از ویبراسیون‌های سطحی می‌شود، متراکم کردن مکعب‌های بتنی برای آزمایش و هم چنین استفاده از آن‌ها برای تراکم بتن در سطح اتوبان‌ها و یا جاده‌ها می‌باشد.

بتن مسلح به الیاف آکورا

آکورا (الیافpiassava) الیاف ساقه طبیعی است که به وفور در نیجریه و احتمالاً سایر کشورهای با آب و هوای مشابه یافت می شود. الیاف آکوارای بالغ به رنگ قهوه ای تیره است و غلاف سخت و صیقلی ای پیرامون هسته سلول ها دارد. آکورا ممکن است دارای مقاطع عرضی دایره، مستطیل یا بیضی باشد.

برخلاف بیشتر انواع الیاف طبیعی، آکورا پایداری ابعادی خود را در آب حفظ می کند و در محیط قلیایی ماتریس سیمان با دوام می باشد. آکورا آب را جذب می کند، اما آب جذب شده درون حفره های هسته سلولی الیاف باقی می ماند و بنابراین تغییرات ابعادی ای اتفاق نمی افتد. با وجود این حقیقت که آکورا به لحاظ ابعادی تغییر ناپذیر است و در برابر قلیاها نیز مقاوم می باشد، قابلیت این الیاف به عنوان تقویت کننده بتن به دلیل شکنندگی و مدول الاستیسیته پایین آن تا اندازه ای محدود می باشد.

ساخت بتن مسلح به الیاف آکورا

جزئیات خاصی راجع به چگونگی اضافه کردن الیاف آکورا به بتن یافت نشده است. البته خصوصیات بتن تازه که در گذشته با الیاف آکوارا مخلوط شده، ذکر گردیده است. گزارش شده است که آکورا در مقادیر حجمی تا ۵ درصد به طور موفقیت آمیزی در داخل بتن مخلوط شده است. کارایی و تراکم پذیری بتن با افزایش مقدار الیاف به طور فزاینده ای دشوار می شود.

خصوصیات بتن مسلح به الیاف آکوارا

تحقیق انجام شده توسط یوزما که، نشان داده است که وجود **بتن مسلح به الیاف آکورا** در ترکیبات با پایه سیمانی بر روی مقاومت خمشی یا مقاومت فشاری ترکیب بی تاثیر بوده و یا تاثیر کمی داشته است. با این حال مقاومت ضربه ای ترکیبات مسلح به الیاف آکوارا ۵ تا ۱۶ برابر بزرگتر از مقاومت ضربه ای ماتریس های سیمانی غیر مسلح بوده است.

سه روش تولید متفاوت به طور موفقیت آمیزی در تولید SFRC مورد استفاده قرار گرفته است.

۱- اختلاط معمولی SFRC

بیشتر بتن های مسلح به الیاف فولادی در میکسرهای متداول بتن مخلوط شه و با روش های متداول سخت می شوند. محتوای الیاف معمولاً بین ۰,۵ تا ٪۲ حجمی بتن تغییر می کند. با این حال گرزی بوسکای و شا کشف کرده اند که با درصد حجمی پایین ۰,۲۵ درصد از الیاف فولادی، عرض ترک های ناشی از آب رفتگی خشک محدود شده، اساساً کاهش می یابد. میزان بهینه الیاف عمدتاً به مقادیر و مشخصات اجزای مخلوط بتن (نسبت آب به سیمان، شکل سنگدانه، دانه بندی سنگدانه و ...) و مشخصات خود الیاف (نسبت ظاهری، شکل مقطع عرضی، مقاومت و ...) بستگی دارد. استفاده از الیاف در مقادیری بیش از ٪۲ حجمی، منجر به کارایی ضعیف و پخش نامناسب الیاف می گردد.

در روسازی فرودگاه ، بزرگراه ها و عرشه پل ها ، در کف های صنعتی ، سازه های هیدرولیکی از اختلاط معمولی SFRC استفاده شده است.

۲- SFRC افشانه ای

یکی دیگر از روش های ساخت SFRC ، روش «بتن پاشی» است. **بتن** پاشی اختصاصاً در ساخت لایه های نازک بسیار مناسب است. تا به امروز بیشتر کاربردهای SFRC بتن پاشی شده، با استفاده از فرایند اختلاط خشک در جاهایی که مخلوط خشک بتن، الیاف و آب درست پیش از تخلیه از سر لوله افشانه، با هم ترکیب می شوند، انجام شده است. از فرایند اختلاط مرطوب نیز می توان استفاده کرد، با این حال باید دقت بیشتری انجام شود تا از توزیع مناسب الیاف فولادی اطمینان حاصل گردد. در هنگام استفاده از فرایند اختلاط مرطوب باید توجه کافی در ارائه طرح اختلاط مبذول گردد تا اطمینان حاصل شود که مخلوط در هنگام افزودن الیاف، قابل بتن پاشی است. ممکن است استفاده از میزان الیاف تا ۲ درصد حجمی با فرایند مرطوب یا خشک میسر باشد.

از SFRC پاشیدنی در پایداری شیب سنگ ها و سازه های زیر زمینی، مخصوصاً پوشش تونل و پوشش بدنه معادن ذغال سنگ استفاده شده است.

۳ - بتن الیافی با دوغاب نفوذی (SIFCON)

بتن الیافی با دوغاب نفوذی نمایانگر پیشرفت های نسبتاً جدید در زمینه SFRC است. SIFCON یک روش ساخت است که در آن الیاف فولادی به جای آنکه با بتن مخلوط شده و سپس همراه با آن ریخته یا بتن پاشی شود، از پیش در قالب قرار می گیرد. پس از جایگیری الیاف در قالب، یک دوغاب سیمان ریزبافت روی بستر الیاف ریخته و پمپ می شود و در همان هنگام که به شکل قالب در می آید، در فضای خالی بین الیاف نفوذ می کند. می توان از ویبره خارجی برای کمک به نفوذ دوغاب سیمان استفاده کرد.که می توان به میزان الیاف تا ٪۱۸ حجمی دست یافت. با چنین درصد بالایی از الیاف افزایش شگرفی در مقاومت و انعطاف پذیری را انتظار داشت. آزمایش های آزمایشگاهی نشان داده اند که مقاومت نهایی خمشی SIFCON می تواند به ۵ تا ۱۰ برابر بیشتر از SFRC معمولی برسد.کاربرد SIFCON در هر دو زمینه قطعات پیش ساخته و ساختمان سازی در جا میسر شده است. تاکنون SIFCON بیش از همه در روکش ها و تعمیر روسازی، دال های پیش ساخته، و اشکال نامنظم پیش ساخته به کار رفته است.

طرح اختلاط

روش های طرح مخلوط های متداول SFRC اساساً مشابه طراحی بتن های غیر مسلح است. با این حال بعضی پیش بینی ها باید صورت پذیرد تا از توزیع یکنواخت الیاف اطمینان حاصل شده و از جداشدگی یا گلوله شدن آنها در حین اختلاط، جلوگیری به عمل آید و یک مخلوط کارا تولید شود که بتوان آن را به دقت بتن ریزی، متراکم و پرداخت نمود. برمبنای تجربیات قابل توجه

آزمایشگاهی و کارگاهی، متغیرهای مخلوط SFRC متداول عموماً در بازه های خاصی قرار می گیرد. برای حصول حجم کافی خمیر که بتواند سطوح الیاف را بپوشاند و کارایی مناسبی ایجاد کند، به میزان سیمان ۵۵۰ تا 326) lb/yd3950 تا kg/m3564) با نسبت آب به سیمان ۰,۴ تا ۰,۶ نیاز است. حداکثر اندازه بهینه درشت دانه ۳/۹۸/mm5) in) با درصد ماسه ۴۵٪ تا ٪۶۰ می باشد. افزایش حداکثر اندازه یا میزان درشت دانه، کارایی را کاهش خواهد داد. با این حال حذف درشت دانه منجر به مخلوط های غیر اقتصادی تر و آب رفتگی خشک بیشتر خواهد گردید. استفاده از افزودنی های هوازا و کاهنده آب در مخلوط های SFRC مطلوب است. یکی از تحولات مثبت و تأثیر گذار در اجرای سازه های بتنی امکان کاشت بولت و بولت در بتن می باشد. نیاز به کاشت بولت و بولت در بتن به دلایل مختلفی به موجود می آید. کاشت بولت و بولت به علت تغییر مشخصات سازه ، کاشت بولت و بولت به علت نقایص اجرا، کاشت بولت و بولت به علت شرایط بهره برداری ، کاشت بولت و بولت به علت تغییرات در نقشه اجرایی ، کاشت بولت و بولت به علت راحتی اجرا و ... از جمله از دلایل مقاوم سازی با کاشت میلگرد در بتن و کاشت بولت و بولت در بتن می باشند. در پروژه های ساختمانی، انکر بولت (رول بولت) ها به منظور نصب صفحه (Plate) های فلزی با ابعاد و ضخامت های مختلف به سطوح (Base Material) از جنس بتن سخت شده، سنگ، آجر و ... مورد استفاده قرار می گیرند. این صفحه ها امکان اتصال و جوشکاری قطعات فلزی مختلف به سازه بتنی به منظور اجرای انواع نماهای خشک و کامپوزیت، اجرای ساپورت های تأسیسات مکانیکی و الکتریکی، نصب تجهیزات و ماشین آلات و ... را فراهم می کند. اما آن چه در این میان اهمیت دارد، انتخاب انکر بولت مناسب با توجه به نوع عملکرد، سایز، ظرفیت باربری و محدودیت های نصب می باشد.

مقاوم سازی با کاشت میلگرد در بتن :

رول بولت ها از لحاظ نوع و عملکرد به دو دسته مکانیکی و شیمیایی طبقه بندی می شوند.

۱- کاشت شیمیایی میلگرد که به واسطه ی یک چسب مخصوص انجام خواهد شد.در این روش ابتدا محل مورد نظر توسط دریلهای مخصوص سوراخکاری در بتن به قطر در حدود ۴ الی ۶ میلیمتر بیشتر از قطر میلگرد مورد نظر سوراخ شده، توسط دستگاه باد، گرد وغبار داخل آن تخلیه شده و توسط چسب که از دو متریال و در دو محفظه جدا می باشد توسط دستگاه مخصوص که دارای سر خرطومی شکل است از پایین سوراخ به سمت بالا پر می شود. سپس میلگرد با دست و به صورت چرخشی درون سوراخ قرار داده می شود.

۲- کاشت رول بولت در بتن که به آن اصطلاحا کاشت مکانیکی نیز گفته می شود. در روش مقاوم سازی با کاشت میلگرد در بتن همانند روش بالا محل مورد نظر توسط دریلهای مخصوص سوراخ میشود با این تفاوت که قطر سوراخ متناظر با قطر رول بولت میباشد به طوریکه رول بولت با چکش در سوراخ جا گذاشته میشود. سپس توسط آچار نسبت به گرداندن مهره رول بولت اقدام می شود که در این حالت مکانیسم رول بولت فعال شده و با بتن درگیر میشود. باید توجه داشت چرخش مهره می بایست به صورت کنترل شده و تحت فشار مشخص انجام پذیرد.

به طور کلی مقاوم سازی با کاشت میلگرد در بتن به چهار روش صورت می پذیرد:

۱- اصطکاکی (Friction) یا انبساطی (Expansion)

در این حالت بولت پس از نصب یا کاشت، به واسطه ایجاد نیروی اصطکاک با مصالح پایه می تواند بار های متفاوتی را تحمل کنند. اغلب انکرهای فلزی – این نوع انکر ها با نام انبساطی نیز شناخته می شوند – و پلاستیکی (رول پلاک) به این شیوه عمل می کنند و به راحتی نصب می شوند.

۲- کلیدی یا چفت و بستی (Keying)

در این حالت بولت با ایجاد حفره یا خزینه کردن مصالح پایه – که در این حالت اغلب بتن می باشد – باعث ایجاد گیرایی می شود. این نوع انکر ها ظرفیت باربری بالایی دارند و می توانند بارهای دینامیکی را نیز تحمل کنند و در فواصل کمی از لبه مصالح پایه نیز نصب شوند.

۳- ترکیب اصطکاکی و کلیدی (Expansion & Combination of Friction)

این نوع بولت به طور همزمان به دو روش اصطکاکی و کلیدی عمل می کنند. این انکرها نیز ظرفیت باربری بالایی دارند و بارهای دینامیکی را نیز تحمل می کنند.

۴- چسبندگی (Bonding)

بولتهای شیمیایی که با نام چسب بتن یا چسب کاشت آرماتور نیز شناخته می شوند، با ایجاد چسبندگی بین میلگرد یا راد تمام رزوه (Rod) با مصالح پایه، باعث ایجاد ظرفیت باربری می شوند. مزیت استفاده از این نوع انکر ها عدم محدودیت استفاده در قطر و عمق کاشت می باشد. عوامل مؤثر در انتخاب نوع بولت نیز متفاوت است که به اختصار میتوان به شرایط محیطی, میزان بار و نوع بار اشاره کرد . روشهای تعیین نسبت مخلوط بتن براساس نشریه ۱۰۱ موسوم به مشخصات فنی عمومی راه ها و نشریه ۵۵ بشرح ذیل می باشد :

برای بتن های رده C12 و پایین تر می توان نسبتهای اختلاط را براساس تجارب قبلی و بدون مطالعه آزمایشگاهی تعیین کرد.

برای بتن های رده C25 و پایین تر می توان نسبتهای اختلاط جدول زیر را به عنوان راهنما ملاک قرارداد مشروط بر آنکه مصالح مصرفی مطابق مشخصات قید شده در این نشریه باشند.

برای بتنهای رده C30 و بالاتر نسبتهای بهینه اختلاط مصالح باید از طریق مطالعات آزمایشگاهی و تهیه طرح مخلوط بتن بدست آید.

نسبتهای تقریبی اختلاط برای یک متر مکعب بتن

رده بتن	سیمان تقریبی (کیلوگرم (	ماسه تقریبی (لیتر (	شن تقریبی (لیتر (
25 C	350	530	830
20 C	300	530	880
16 C	250	530	930
12 C	200	530	970
10 C	150	530	1050

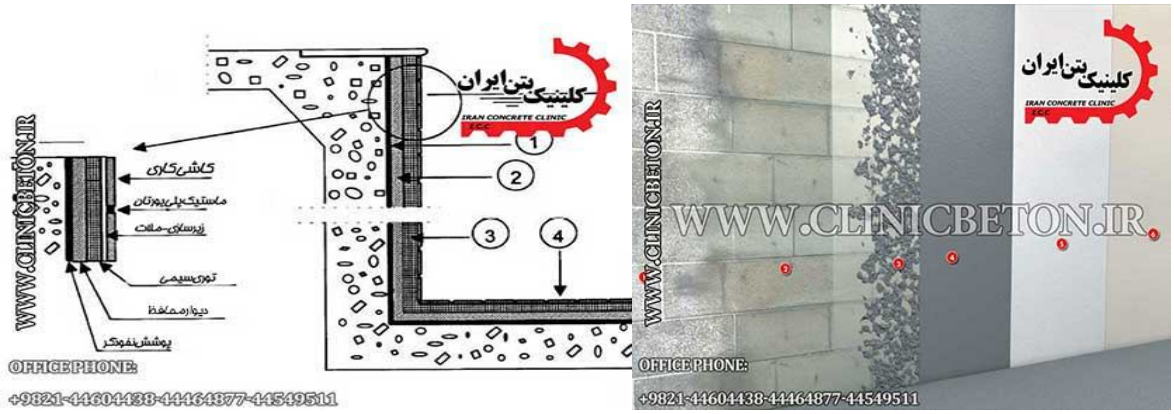
کلیه ضوابط مربوط به مقاومت فشاری مشخصه بتن بر اساس آزمایشهای نمونه های استوانه ای به ابعاد ۱۵۰mm x300 mm استوار است. در صورت استفاده از نمونه های استوانه ای یا مکعبی غیر استاندارد مقاومت آنها باید به مقاومت نظیر نمونه های مورد نظر تبدیل شود.

اهمیت نگهداری و ترمیم بتن

احتمالاً تصور عمومی از بتن، ماده‌ای باشد که به نگهداری خاصی احتیاج ندارد. بتن‌های مدرن، بسیار با دوام هستند و اگر بتن‌ریزی به صورت صحیح و اصولی انجام گرفته باشد، تا مدت بسیار زیادی به عملیات ترمیم و نگهداری احتیاج ندارند.
متاسفانه، دفعاتی که بتن به نگهداری و ترمیم برای پایان نیافتن عمرش احتیاج دارد، کم نیستند. بسیاری از سازه‌های بتنی بیش از پنجاه سال عمر دارند. طبیعتاً در آن زمان بتن‌های امروزی وجود نداشته‌اند و از بتن با فناوری همان زمان در آن سازه‌ها استفاده شده است. حالا هم پنجاه سال مورد استفاده قرار گرفته‌اند و به احتمال خیلی زیاد، باید اقداماتی در جهت پایدار کردن و بهبود اوضاع بتن صورت گیرد.اگر در قبال سازه‌های بتنی، کاری در جهت نگهداری و بهبود کیفیتشان صورت نگیرد؛ خسارتی به مراتب بیش‌تر به سازه‌ها وارد می‌شود و بتن به جایی می‌رسد که دیگر قابل ترمیم نیست و باید جایگزین شود. بدیهی است که هزینه‌ی ترمیم از جایگزینی کم‌تر است.

در تصویر بالا، سازه‌ای مشاهده می‌شود که نگهداری مناسبی از آن صورت نگرفته و به دلیل نفوذ آب و یخزدگی، به این شکل در آمده است. نفوذ و یخ زدن آب در بتن، باعث ترک‌خوردگی و شکست آن می‌شود، زیرا آب در هنگام منجمد شدن، بر خلاف دیگر مایعات، حجمش افزایش می‌یابد. این سازه دیگر قابل ترمیم نیست و باید با هزینه‌ی بسیار زیادی تعویض شود؛ در صورتی که عملیات ترمیم می‌توانست با هزینه‌ی بسیار کم‌تری صورت بگیرد. یک برنامه‌ی نگهداشت مناسب، دارای مراحل مختلفی است که از قبل مشخص شده است: نواحی مشکوک به آسیب‌دیدگی بایستی شناسایی و ثبت شوند. یادداشت‌ها و عکس‌ها از تحقیقات محلی باید جمع‌آوری شده تا در مراحل بعدی از آن‌ها استفاده شود. هم‌چنین روش‌های جدید از جمله تولید یک نمونه‌ی سه‌بعدی کامپیوتری از سازه، کمک زیادی به پیش‌بُرد پروژه می‌کند.بسیاری از برنامه‌های نگهداری از سازه، شامل تغییرات در شرایط موجود بر روی سازه می‌باشد. به طور مثال سازه‌هایی که تحت تاثیر موادی نظیر آب، کلریدها، دی‌اکسید کربن، سولفات‌ها و دیگر مواد معدنی هستند، پایداری مشخصی نسبت به آن‌ها دارند و اگر مقدار مواد از آن نقطه‌ی مشخص عبور کند، سازه دچار مشکل می‌شود.در تصویر بالا، سازه‌ی بتنی‌ای را می‌بینیم که به راحتی می‌توانست با از بین بردن منبع رطوبت و آب، جلوی خرابی آن گرفته شود. نوع دیگری از خرابی بتن، شامل بتن‌هایی می‌باشد که تحت اثر آب جاری هستند. ابتدایی‌ترین اقدام برای حفظ این نوع سازه‌ها، ترمیم تخلخل و نواحی ترک‌خورده است؛ پیش از آن که خسارت بیش‌تر شود. طبیعتاً هیچ ماده‌ای در برابر ترک خوردن مقاوم نیست؛ پس بهترین اقدام عملی در جهت حفظ بتن، بهبود شرایط به نحوی است که آب جاری تخلخل ایجاد نکند.
یک نوع دیگر از خسارتی که آب جاری به بتن می‌زند، فرسایش است. آب جاری به مرور باعث فرسایش بتن و ایجاد تخلخل در آن می‌شود. آب‌های جاری که با سرعت زیادی در جریان‌اند، قابلیت حمل ریزدانه‌ها و درشت‌دانه‌ها را دارند و برخورد مداوم آن‌ها با بتن، موجب خرابی بتن می‌شود.به طور کلی نگهداری مناسب، به معنای تغییر شرایط در جهت کاهش خرابی و تضعیف بتن است. این تغییرات می‌تواند در خود بتن یا محیط اطراف آن رخ دهد. پوشش نفوذگر کریستال شونده بتن در حال حاضر بتن مهمترین و پرمصرف ترین ماده در سازه‌های مدرن و مهندسی عمران می باشد. اکثر سدها، تونل ها، کانال ها، پل ها، پایل ها، خطوط لول هف سقف ها، جاده‌ها، مخازن، استخرها، سکوها و ساختمان ها و... بتنی می باشد. بتن علی رغم استحکام ذاتی، بدلیل معایبی چون

ضعف در آب بندی، مقاومت شیمیایی پایین، مقاومت کم در برابر ضربه، تخلخل ذاتی، انعطاف پذیری محدود، مقاومت سایشی ضعیف و... نیازمند محافظت و تقویت می‌باشد. در شرایط کاربری، شرایط محیطی مختلف و یا تحت تاثیر بارهای تحمیلی، تنش های گوناگون به صور مختلف به سازه بتنی وارد می‌شود. بر اساس طبیعت حملات و فاکتورهای موجود، عوامل مخرب به سه دسته تاثیرات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی تقسیم می‌شوند. تاثیرات شیمیایی و فیزیکی می‌توانند منجر به آسیب هایی گردند که از آن به خوردگی بتن یاد می شودو تاثیرات مکانیکی منجر به پدیده‌هایی چون فرسودگی و پارگی و گسیختگی می‌گردند که به نوبه خود نامطلوب و نیازمند ترمیم و آب بندی هستند. تحمیل هزینه‌های هنگفت جهت رفع نقایص فوق و حتی تعویض بخشهایی از سازه و همچنین لزوم حفظ و نگهداری منابع اولیه، دلایل اصلی بر لزوم ارائه راهکار در ترمیم بتن، محافظت و آب بندی سازه‌های بتنی محسوب می‌گردد. درکلیه این موارد، بالا بردن مقاومت بتن با استفاده از افزودنی‌های خاص یا تغییر نسبت اختلاط بتن، استفاده از سیمانهای مقاوم در برابر سولفوناتها، افزایش حجم منافذ بتن با استفاده از افزودنی‌های خاص و ایجاد حبابهای ریز هوا در عمق بتن به جهت ممانعت از یخ زدگی بتن، اعمال پوشش مناسب و مقاوم در برابر حملات شیمیایی، تولید بتن متراکم تر و نفوذناپذیر تر، اعمال پوششهای ضد ضربه و ضد سایش به جهت محافظت از سطوح بتنی، استفاده از جایگزین‌های سیمان، کاهش نسبت آب به سیمان، تامین روکش بتنی به حد کافی در اطراف آرماتورها، رعایت کامل شرایط لازم جهت کیورینگ بتن و مراحل بتن ریزی، محافظت کافی و... همگی از جمله راهکارهای موثر پیشگیری از تخریبات ناشی از عوامل مخرب می‌باشند. مواد نفوذگر و کریستال شونده با قابلیت واکنش اجزا تشکیل دهنده با رطوبت و اجزای بتن، تشکیل کریستال‌های نا محلول و ایجاد ساختار یکپارچه با بتن و متعاقب آن نفوذ در عمق بتن و آب بندی و محافظت داخلی، بعنوان یکی از موثر ترین سیستمهای آب بندی و محافظت سازه‌های بتنی به حساب می‌آیند. این مواد تاثیر منفی عوامل مخرب بتن را به حداقل رسانده، عمر سازه بتنی را افزایش داده و هزینه تعمیرات و نگهداری سازه‌ها به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهند. در این مقاله بر نحوه عملکرد مواد نفوذگر کریستال شونده به عنوان افزودنی در طرح اختلاط بتن و یا به عنوان پوشش بر روی سطح بتن ساخته شده قدیمی ی سخت شده جدید تمرکز شده و نقش پررنگ آنها در ممانعت از تخریب سازه‌های بتنی بررسی می‌گردد.



مواد قوام آور در بتن خود تراکم (SCC)

بتن خود تراکم بتنی است که قابلیت جریان و تراکم اثر وزن خود را دارد ، به طور کامل قالب بندی را حتی با وجود تراکم آرماتور پر می کند ، در عین حال همگنی و یکنواختی را حفظ می کند و نیاز به تراکم اضافی ندارد .نمونه ای از بتن ریزی بتن خودتراکم در کارگاه در شکل ۷ – ۴ نشان داده شده است .

بتن خود تراکم را بر مبنا نوع مواد افزودنی به کار رفته در ساخت آن می توان در سه گروه طبقه بندی کرد : گروه دارای مواد پودری ، گروه دارای مواد قوام آور و گروه دارای مواد ترکیبی .

۱ –بتن خود تراکم دارای مواد پودری با مقدار زیاد مواد پودری مشخص می شود . منظور از مواد پودری ، کلیه مواد مصالحی است که اندازه آن ها کوچکتر از ۰/۱۵ میلیمتر است . برای نمونه می توان به سیمان ، مواد افزودنی پوزولانی و ریزپر کننده های موجود در ماسه اشاره کرد . معمولا مقدار کل مواد پودری مورد استفاده در طرح اختلاط در حدود ۵۵۰ تا ۶۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب است . این مواد باعث ایجاد لزجت پلاستیک و به دنبال آن مقاومت در برابر جدا شدگی می شوند . تنش تسلیم با افزودن فوق روان کننده ها تعیین می شود .

۲ – در بتن خود تراکم دارای مواد قوام آور بتن خود تراکم ، مقدار پودر موجود کمتر است (۳۵۰ تا ۴۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب) و مقاومت در برابر جدا شدن اساسا توسط مواد قوام آور و تنش تسلیم توسط افزودن فوق روان کننده ها کنترل می شود .

۳ – بتن خودتراکم دارای مواد ترکیبی ، شامل مقدار مواد پودری بین ۴۵۰ تا ۵۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب است و تنظیم مشخصات رفتاری بتن تازه توسط مواد قوام آور و همچنین مقدار متناسب فوق روان کننده ها انجام می پذیرد.

تغییرات عمده در ترکیب اختلاط در طول ساخت بتن در کارگاه ، از تغییرات در میزان رطوبت شن و درشت دانه ها ناشی می شود . نوسانات ۱\۵ درصد رطوبت سنگدانه ها که در کارگاه ها بسیار رایج است باعث تغییر ۱۰ تا ۱۵ لیتر بر متر مکعب از میزان آب آزاد در طرح اختلاط بتن می شود . این موضوع باعث نوسان قابل توجهی در روانی و خاصیت چسبندگی بتن از یک پیمانه نسبت

به پیمانه دیگر در یک روز نسبت به روز دیگر می شود. مواد قوام آور باعث می شود بتن نسبت به تغییرات کوچک اما طبیعی در رطوبت سنگدانه ها دارای ثبات بیشتر شود . در نتیجه هرچه بتن تولیدی نسبت به نوسانات میزان آب اختلاط مقاوم تر باشد ، بنابراین لزجت خمیری حفظ شده و از جدا شدگی جلوگیری به عمل می آید . البته باید تصریح کرد که مواد قوام آور جبران کننده ضعف کیفیت مواد تشکیل دهنده با طرح اختلاط نیستند . همیشه باید از سنگدانه ها با منحنی دانه بندی مناسب در بتن تازه تاثیر می گذارد و ممکن است باعث ایجاد جداشدگی و ته نشینی گردد.با این وجود هرجا فراهم کردن سنگدانه های مناسب اقتصادی نباشد خواص رئولوژی مورد نیاز اختلاط را می توان با به کار بردن مواد قوام آور برای دستیابی به همگنی و چسبندگی بیشتر بتن به کار برد . بر این مبناء مزایای بالقوه مواد قوام آور در بتن خود تراکم را می توان به صورت زیر خلاصه کرد :

۱ – حساسیت بتن خود تراکم نسبت به نوسانات میزان رطوبت در سنگدانه ها کاهش می یابد.

۲ – اثر تغییرات کوچک در خواص مواد به حداقل می رسد .

۳ میزان مواد پودری کمتری مورد نیاز است .

۴ – سطح کنترل کیفی لازم در هنگام تولید محصولات بتنی کاهش می یابد.

۵ – اجازه می دهد که مخلوطی سیال تر بدون خطر جداشدگی تولید شود.

۶ – سرعت بتن ریزی بهبود می یابد.

۷ – خطر جدا شدگی و آب انداختگی کاهش می یابد.

۸ – فشار قالب بندی بتن با استفاده از اثر تیکسوتروپی کاهش می یابد.

۹ – دارای سطح ظاهری بهتر است.

مواد قوام آور در بتن زیر آب

تاریخچه استفاده از مواد قوام آور به دهه های پیشین بر می گردد . به طور سنتی ، بتن برای اجرا در زیر آب با مقدار زیاد ریزدانه و پر کننده ساخته می شد تا میزان چسبندگی را افزایش و میزان شسته شدن را کاهش می دهد . اگر این مخلوط توسط پمپ کردن یا لرزاننده در آب راکد بتن ریزی شود می توان نتایج قابل قبولی به دست آورد . اما به محض اینکه آب دارای جریان قابل توجهی باشد . ممکن است باعث شسته شدن جدی بتن گردد ، اجرای بتن زیر آب در هنگام بتن ریزی و متراکم کردن با مشکلات بسیاری همراه است . بنابراین بتن برای اجرای زیر آب نیازمند کارایی زیاد بوده و این موضوع سبب افزایش میزان مخلوط شدن آب با سیمان شده و به دنبال آن از یک سو می تواند سبب شسته شدن سیمان از مخلوط شده و از سوی دیگر نسبت آب به سیمان را افزایش داده که باعث کاهش مقاومت می شود . خالی کردن آب سازه های هیدرولیکی مانند سد ، به منظور تعمیر سخت و گران قیمت است . پیشرفت های اخیر در زمینه استفاده از مواد قوام آور این اجاره زا می دهد که بتن ریزی در زید آب را بدرون استفاده از قیف و لوله (ترمی) های مرسوم انجام داد . استفاده از مواد قوام آور در بتن زیر آب ، سبب تولید بتنی می شد که در برابر ته نشینی پایدار بوده و به راحتی پمپ میشود . از طرفی در کاربرد مواد قوام آور در بتن زیر آب ، بتن تولید شده به میزان کافی چسبنده است به نحوی که در هنگام قراریری در معرض آب ، میزان سیمان کمتری شسته می شود . هنوز از قابلیت خوبی برای حرکت در زیر آب برخوردار است و مقاومت و پایایی مورد نظر در سازه بتنی را تامین می کند . چنین بتن هایی دارای مزیت های نسبت به بتن معمولی از لحاظ کیفیت محصولات تعمیری بوده و هزینه های بتن ریزی را از نظر تجهیزات مورد نیاز کارآگاهی و غواص به عنوان نیروی انسانی کاهش میدهد . از سوی دیگر به دلیل اینکه هنگام بتن ریزی در زر آب متراکم کردن بسیار دشوار و یا غیر ممکن است ، بتن با کارایی زیاد در مورد نیاز است . استفاده از مواد فوق روان کننده بر این مشکل غلبه کرد . باید به این نکته توجه داشت که مقادیر زیاد مواد فوق روان کننده بر این مشکل غلبه کرد . باید به این نکته توجه داشت که مقادیر زیاد مواد قوام آور باعث کاهش روانی و اثرات ثانویه ناخواسته از قبیل افزایش مقدار هوا و دیرگیری می شود . عملکرد و نحوه استفاده از مواد قوام آور در بتن زیر آب – مواد قوام آور جهت استفاده در بتن زیر آب ، دارای خاصیت ژلی قوی ای هستند و اغلب در مقادیر زیاد استفاده می شوند . این مواد اغلب به صورت پودر مورد استفاده قرار می گیرند ، گرچه به صورت محلول نیز در دسترس هستند .

تماس مستقیم بین پودر مواد افزودنی قوام آور و آب مخلوط سبب ایجاد توده ژله ای در هنگان توزین در دستگاه های اندازه گیری یا در خود بتن می شوند . در نتیجه روش پیمانه کردن نیازمند دقت مضاعف به منظور اطمینان حاصل از تولید بتنی با ویژگی های یکنواخت است . معمولا در صورت استفاده از مواد افزودنی قوام آور زمان اختلاط طولانی تر برای تولید بتن همگن مورد نیاز است.
برای تولید بتن خود متراکم کلوئیدی جهت استفاده در زیر آب ، نسبت آب به سیمان در محدوده ۰/۳۶ تا ۰/۴۰ انتخاب می شود و مقدار سیمان و ریزدانه های به کار رفته در این نوع از بتن ها معمولا بیشتر از بتن های متناظر اجرا شده در شرایط معمولی است .
اغلب تطبیق دادن خصوصیات مخلوط برای دست یابی به پارامترهای طراحی دلخواه برای تمام ویژگی های بتن دشوار است .
خصوصیات بتن خودتراکم زیر آب با افزودن سه نوع ماده افزودنی قابل کنترل خواهد بود . برای مثال می توان دوده سیلیس را در ترکیب با مواد قوام آور و فوق روان کننده ها یا ماهنده های آب مرسوم برای کاهش جداشدگی به کار برد . راه دست یابی به بتن خود تراکم با خصوصیات خود ترازی مد نظر ، بهینه سازی مناسب درصد استفاده از مواد قوام آور با فوق روان کننده ها که به منظور افزایش اسلامپ به کار می رود می باشد . مواد قوام آور باعث کاهش شسته شده در هنگام بتن ریزی در زیر آب می شوند ، هر چند آن را به صورت کامل حذف نمیکنند ، بنابراین روش کار مناسب در بتن ریزی در آب باید هم چنان دنبال شود . اجرای بتن دارای مواد افزودنی قوام آور و بدون افزودنی در شکل ۷ – ۵ نشان داده شده است . بتن مقاوم در برابر شسته شدن – بتنی که طراحی شده است تا در هنگام بتن ریزی در آب در برابر آب شکستگی سیمان مقاوم باشد ، حاوی افزودنی های قوام آوری است که مانع از دست رفتن ریزدانه های سیمان شده و بدین وسیله کیفیت بتن را حفظ می کند . مواد افزودنی قوام آور لزجت آب در مخلوط را افزایش داده که منجر به افزایش تیکسوتروپی بتن شده و مقاومت در برابر جداشدگی را بهبود می بخشد مقدار افزودنی محدوده ای از ۱ تا ۱/۵ درصد از وزن آب در مخلوط را دارد و در اکثر اوقات در ترکیب با فوق روان کننده ها استفاده می شود .
میزان اثر مواد افزودنی قوام آور به مقدار ماده و وزن مولکولی اجزای اصلی آن بستگی دارد . این مواد معمولا همزمان با سایر مواد در داخل مخلوط کن ریخته می شوند .
بتن هایی که شامل مواد قوام آور هستند هنگامی مه مخلوط ساکن است پایدار بوده اما هنگامی که جاری می شوند روانی بسیار با خصوصیات خود ترازی را از خود نشان می دهد . همان طور که در شکل ۷ -۳ نشان داده شده ، تاثیر مواد قوام آور به مقاومت در برابر آب شستگی مخلوط بتنی قابل ملاحظه است . اطلاعات نشان داده شده در شکل ۷-۳ بیان میکند که بتن های حاوی مواد قوام آور و بدون اسلامپ برابر در آزمایش شسته شدن عملکرد متفاوتی دارند . آزمایش افت وزن ناشی از شسته شدن مطابق استاندارد CRD C61 " روش آزمایش برای اندازه گیری مقاومت مخلوط بتن تازه در برابر شسته شدن در آب " نشان می دهد که استفاده از مواد قوام آور با مقدار ۰/۱۵ درصد وزن سیمان در ترکیب با فوق روان کننده ها منجر به تولید مخلوط بتنی با روانی زیاد شده در حالی که بتن نسبت به شسته شدن مقاوم است .

آزمایش بتن زیر آب – بتن مورد استفاده در زیر آب توسط آزمایشی به نام " آزمایش برای شسته شدن بتن زیر آب " بررسی می شود . در حال حاضر دو نوع آزمایش در اروپا برای شسته شدن بتن وجود دارد یکی بر اساس BS 8443 انجام میشود و دیگری در توصیه نامه هلندی آورده شده است . هر دو روش دارای اساس یکسانی است و در آنه بتن با وزن مشخص در یک حلقه سبد مانند و از طریق یک لوله که توسط آب پر شده ریخته میشود . کاهش وزن بعد از ریخته شدن در آب کارایی مواد قوام آور را تعیین می کند . البته در این دو روش اختلاف های قابل توجهی در جزییتان روش ها وجود دارد که سبب ایجاد محدودیت ها و به دست آمدن نتایج و محدودیت های متفاوت می شود.

مواد قوام آور برای بتن پمپ شونده

به دلایل فنی و اقتصادی بتن پمپ شونده اهمیت قابل ملاحظه ای را در چند سال اخیر به دست آورده است . به دلیل توسعه روش های ساخت و ساز ، ملزومات مورد نیاز بتن پیش تنیده سختگیرانه تر شده است و تقاضاهای ویژه ای برای بتن پمپ شونده ایجاد شده است . مواد قوام آور برای پاسخ دادن به این تقاضاها و کاهش نوسانات در عملکرد بتن استفاده می شود.

یک مشکل رایج در رابطه با بتن پمپ شونده هنگامی رخ می دهد که درشت دانه ها در خم ها یا تنگ شدن های موضعی شروع به قفل شدن می کنند . فشار ناشی از پمپ شدن ، نیرویی به بخشی از ملات که نقش لیز کننده دارد وارد کرده و مسیر را مسدود می کنند . به طور مرسوم این مشکل با افزایش مقدار ریزدانه ها در مخلوط حل می شود اما این راه حل همیشه از دیدگاه فنی و اقتصادی قابل قبول نبوده و ممکن است در بسیاری از کاربردها موثر نباشد . برای نمونه افزایش حجم سیمان منجر به افزایش جمع شدگی مخلوز بتن و نیز گران شدن آن می شود. از سوی دیگر ، افزایش ریزدانه های سنگدانه باعث کاهش روانی بتن و کاهش مقاومت آن می گردد . مواد قوام آور یک راه حل موثر است که باعث جلوگیری از جداشدگی با استفاده از افزایش چسبندگی بتن بدون تغییر در طرح اختلاط می شود . مزیت های ناشی از استفاده از مواد قوام آور در بتن پمپ شونده شامل موارد زیر است :

۱ – از انسداد خطوط پمپ شدن جلوگیری می کند.

۲ – بتن تولیدی همگن و مقاوم در برابر جداشدگی می شود.

۳ – سرعت پمپ کردن هنگامی که در ترکیب با فوق روان کننده استفاده می شود ، افزایش می یابد .

۴ - فرسایش لوله ها و دستگاه های پمپاژ به علت اثر لیز کنندگی مواد افزودنی قوام آور کاهش می یابد.

۵ – با جلوگیری از جدا شدگی بتن در خطوط پمپی که ثابت هستند ، به شروع آسان دوباره فرایند پمپ کردن کمک میکند.

در جدول شماره ۷-۱ میزان تاثیر استفاده از مواد قوام آور در ارتباط با قابلیت پمپ شوندگی نشان داده شده است :

کلینیک بتن ایران
IRAN CONCRETE CLINIC

جدول ۷-۱ میزان تاثیر مواد قوام آور در بتن پمپ شونده

کاربرد	میزان تاثیر
زیاد	کاهش جدا شدگی و قفل شدگی در خطوط پمپ
زیاد	غلبه بر کمبود ریز دانه ها در مخلوط
متوسط	کاهش فشار پمپ شدن
کم	کاهش سایش و خوردگی
کم	کاهش انرژی مورد استفاده در پمپ شدن
متوسط	بهبود قابلیت پمپ شدن با سنگدانه‌های خرد شده
متوسط	مسافت های طولانی پمپ شدن
متوسط	پمپ شدن تا ارتفاع بالاتر
متوسط	تثبیت هوای داخل شده در طول پمپ شدن
تاحدودی	قابلیت پمپ کردن بتن سبک دانه

WWW.CLINICBETON.IR
کلینیک بتن ایران،همراه حرفه ای های عمران
TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.MTOCHEM.COM

از آنجا که روش های آزمایش بین المللی و قابل قبول برای اندازه گیری کارایی بتن پمپ شونده وجود ندارد ، آزمایش قابلیت پکپ شدن مخلوط بتن در آزمایشگاه دشوار است . برای به دست آوردن حداکثر مواد قوام آور ، مقدار بهینه مواد قوام آور باید هنگام فرآیند بتن ریزی به دست آید .

مرحله‌ی بعد در پروسه‌ی ترمیم بتن، ارزیابی میزان آسیب دیدگی و شدت تخریب است. هدف از این مرحله، فهمیدن میزان آسیب دیدگی بتن و تاثیر آن بر روی سازه می‌باشد. به عبارت دیگر این که چه قسمت‌هایی از سازه تحت تاثیر این آسیب دیدگی خواهد بود. این مرحله شامل پیش‌بینی پیش‌رفت تخریب و تعیین نحوه‌ی آن نیز می‌باشد.

شکل آسیب دیدگی بتن توسط چرخه‌ی انجماد آب (انجماد و مایع شدن مکرر)، در معرض سولفات قرار گرفتن و واکنش‌های قلیایی سنگدانه‌ها شبیه هم هستند. تخریب واکنش قلیایی سنگدانه‌ها و سولفات‌ها بسیار بیشتر از چرخه‌ی انجماد به بتن خسارت می‌زند؛ اگر چه هر سه دلیل بالا می‌تواند باعث گسیختگی بتن و از دست رفتن ویژگی‌های اصلی سازه شود. تفاوت میان انواع مختلف تخریب این است که انجماد و مایع شدن، بیشتر در قسمت‌هایی از بتن رخ می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد از آن اشباع شده باشد، بنابراین بیشتر در سطوح خارجی بتن رخ می‌دهد. از طرف دیگر واکنش قلیایی سنگدانه‌ها و سولفات‌ها، هم در داخل و هم در خارج بتن می‌تواند رخ دهد؛ یعنی تمامی نواحی بتن را می‌تواند تحت تاثیر قرار دهد.

یکی از راه‌های آسان و معمول برای تخمین میزان آسیب دیدگی بتن، ضربه زدن با چکش به بتن آسیب دیده و بتن سالم و گوش دادن به صدای آن است. (تصویر پایین) اگر این کار توسط افراد مجرب انجام شود، با همین تکنیک ساده هم می‌توان در بیشتر موارد به میزان آسیب دیدگی بتن پی برد. با کوبیده شدن چکش بر روی بتن، بتنی که سالم باشد صدایی متمایز می‌دهد و نیروی وارده به آن نیز به صورت کامل به چکش بازمی‌گردد. در صورتی که در بتن آسیب دیده، صدای پوکی به گوش می‌رسد و نیرو به صورت کامل به چکش برگردانده نمی‌شود.

چندین آزمایش غیر مخرب (NDT) برای تعیین میزان آسیب دیدگی بتن وجود دارد که آزمایش اشمیت (آزمایشی که در پاراگراف قبلی بیان شد) احتمالاً ارزان‌ترین و آسان‌ترینِ آن‌هاست. آزمایش اشمیت اطلاعاتی سودمند به ما می‌دهد که کمک می‌کند قسمت‌های مختلف یک بتن در سازه را با هم مقایسه کنیم. با این حال، در مورد بتن‌های قدیمی‌تر، خیلی نباید بر روی این آزمایش حساب کرد. این آزمایش بیشتر روی بتن‌های جدید جواب می‌دهد؛ بتن‌هایی که تحت تاثیر هوازدگی نبوده‌اند.
دستگاه‌های سرعت‌سنج اولتراسونیک و آکوستیک پالس اکو، زمان رفت و یا رفت و برگشت موج صوت را اندازه‌گیری می‌کنند. بتن بی‌کیفیت یا آسیب دیده به وسیله‌ی این اطلاعات مشخص می‌شود. دستگاه آکوستیک می‌تواند امواج تولید شده توسط مواد

هنگامی تحت تنش یا کرنش بیش از حد قرار گرفته‌اند را تشخیص دهد. به عبارت دیگر این دستگاه می‌تواند صدای ترک‌های کوچک به وجود آمده در بتن بر اثر تنش را بشنود. یکی از مزایای استفاده از این تکنولوژی، افزایش سرعت عمل است.
با این حال، این آزمایش به تنهایی کافی نیست و لازم است اطلاعات جمع‌آوری شده از بتن در آزمایش‌های مختلف با هم ترکیب شوند تا بتوان به نتیجه‌ی دلخواه رسید. قسمت‌هایی از بتن که آسیب‌دیده تشخیص داده شدند، باید علامت‌گذاری شوند تا آماده‌سازی برای ترمیم آن‌ها به نحو احسن صورت گیرد. مساله خوردگی فولاد در بتن از معضلات عمده کشور های مختلف جهان است. این مساله حتی در کشور های پیشرفته همچون آمریکا، کانادا، ژاپن و بعضی کشور های اروپایی هزینه های زیادی را برای تعمیر آن ها به دنبال داشته است. به عنوان مثال درگزارش های بررسی پل ها در آمریکا حدود ۱۴۰،۰۰۰ پل مساله داشته اند. این مساله در کشور های در حال توسعه و در کشور های حاشیه خلیج فارس بسیار شدیدتر بوده و سازه های بتنی زیادی در زمانی نه چندان طولانی دچار خوردگی و خرابی گشته اند. بررسی ها در این مناطق نشان می دهد که اگر مصالح مناسب انتخاب گردد، بتن با مشخصات فنی ویژه این مناطق طرح گردد، در اجرای بتن از افراد کاردان استفاده شود و سرانجام اگر عمل آوری کافی و مناسب اعمال شود، بسیاری از مسایل بتن بر طرف خواهد گشت. به هرحال برای پیشگیری در سال های اخیر روش ها و موادی توصیه و به کار گرفته شده است که تا حدی جوابگوی مساله بوده است. استفاده از آرماتور های ضد زنگ و نیز آرماتور های با الیاف پلاستیکی FRP یکی از این روش ها است که به علت گرانی آن هنوز کاملا توسعه نیافته است. به علاوه عملکرد دراز مدت این مواد باید پس از تحقیقات روشن گردد.
از روش های دیگر کاربرد حفاظت کاتدیک در بتن می باشد با استفاده از جریان معکوس با آند قربانی شونده می توان محافظت خوبی برای آرماتور ها ایجاد نمود. این روش نیاز به مراقبت دایم دارد و نسبتا پرخرج است ولی روش مطمئنی می باشد.
برای محافظت آمارتور در مقابل خوردگی، چند سالی است که از آرماتور با پوشش اپوکسی استفاده می شود. تاریخچه مصرف این آرماتور ها بویژه در محیط های خورنده نشان می دهد که در بعضی موارد این روش موفق و در پاره ای نا موفق بوده است. به هرحال اگر پوشش سالم بکار گرفته شود با این روش می توان حدود ۱۰ تا ۱۵ سال خوردگی را عقب انداخت.
استفاده از ممانعت کننده ها و بازدارنده های خوردگی بتون نیز به دو دهه اخیر برمی گردد. مصرف بعضی از این مواد همچون نیترات کلسیم و نیترات سدیم جنبه تجارتی یافته است. به هر حال عملکرد این مواد در تاخیر انداختن خوردگی در تحقیقات آزمایشگاهی و نیز در محیط های واقعی مناسب بوده است. بازدارنده های دیگری از نوع آندی و کاتدی مورد آزمایش قرار گرفته اند ولی دلیل گرانی زیاد هنوز کاربرد صنعتی پیدا نکرده اند.برای محافظت بیشتر آرماتور و کم کردن نفوذپذیری پوشش های مختلف سطحی نیز روی بتن آزمایش و به کار گرفته شده است. این پوشش ها که اغلب پایه سیمانی و یا رزینی دارند با دقت روی سطح بتن اعمال می گردند. عملکرد دوام این پوشش به شرایط محیطی وابسته بوده و در بعضی محیط ها عمر کوتاهی داشته و نیاز به تجدید پوشش بوده است. روی هم رفته پوشش های با پایه سیمانی هم ارزانتر بوده و هم به علت سازگاری با بتن پایه پیوستگی و دوام بهتری در محیط های خورنده و گرم نشان می دهند. با پیشرفت روز افزون انقلاب تکنولوژیک به ویژه در تولید بتن های خاص و همچنین با وجود افزودنی های بتن در مناطق و شرایط خاص می توان از این بتن ها در ساخت و ساز های آینده استفاده نمود. دانش استفاده صحیح از مصالح، اجرای مناسب و عمل آوری کافی می تواند به دوام بتن ها در مناطق خاص بیفزاید. تحقیقات گسترده و دامنه داری برای بررسی دوام بتن های خاص در شرایط ویژه و در دراز مدت بایستی برنامه ریزی و به صورت جهانی به اجرا گذاشته شود. دیوار غیر باربر یکی از اصلی ترین ارکان ساختمان محسوب می شود، به دلیل این اهمیت استفاده از دیواری مناسب در ساختمان سازی ضروری می باشد. برای ساخت دیوار از مصالحی مانند آجر، سفال و... می توان استفاده کرد که یکی از این مصالح نیز بلوک سبک و صفحات پیش ساخته می باشد. سبک سازی و کاستن از وزن ساختمان در عین حال تسریع در ساخت و ساز و همچنین کاهش قیمت، از مهمترین مولفه های روز صنعت ساختمان است که در این راستا شرکتهای بسیاری می کوشند تا بهترین محصول را برای استفاده عرضه کنند استفاده از دیوار غیر باربر ساخته شده از بتن سبک AAC و بتن سبک

CLC و صفحات پیش ساخته LFC در کشورهای توسعه یافته و پیشرفته مورد قرار گرفته توجه است که این امر در ایران نیاز به توجه بیشتری دارد.

بتن سبک AAC

بتن هوادار اتوکلاو (بتن گازی) که در دنیا به اختصار AAC نامیده می شود یک نوع خاص بتن سبک متخلخل است که عمدتا از مواد با پایه سیلیس، سیمان و آهک ساخته می شود. محصولی که امروزه بنام AAC موسوم است در ۷۰ سال اخیر در کشور سوئد به توسعه رسیده است. این محصول شامل دو فرآیند اصلی ایجاد تخلخل در دوغاب مخلوط سیمان، آهک و پودر سیلیس و عمل آوری بتن حاصله توسط اتوکلاو می باشد. رعایت مباحث ۳ و ۱۸ و ۱۹ آیین نامه مقررات ملی ساختمان کشور و سرعت بالا در اجرا به دلیل ابعاد مناسب، سبک سازی ساختمان بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ایران، چسبندگی بسیار خوب بین بلوک و ملات سیمانی به دلیل همجنس بودن، عدم نیاز به اندود بیش از یک سانتیمتر به علت سطح صاف بلوک، کاهش هزینه های مربوط به نازک کاری به دلیل سطوح صاف زیر کار با اجرای این بلوک، سرعت زیاد دیوار چینی و از همه مهمتر صرفه جویی قابل ملاحظه فولاد مصرفی در سازه های فلزی و بتنی که کاهش بارهای مرده ساختمان را به دنبال دارد، از جمله مزایای این نوع بلوک هاست . از نظر نصب تاسیسات و سیم کشی و لوله آب به راحتی توسط اره کردن می توان مسیر آنها را در داخل بلوک تعبیه نمود. به دلیل قابلیت برش محصول هیچگونه ضایعات و نخاله وجود ندارد و در صورت وجود ضایعات بسیار ناچیز می توان آنها را به عنوان پوکه شیب بندی بام استفاده نمود. قابلیت بالای سوراخ کاری، برش کاری و اره کاری، قابلیت چسبندگی بسیار بالا با انواع ملات های پایه گچی از دیگر قابلیتهای این بلوک است. اتصال دیوارهای غیربابر به اسکلت سازه ای باید به نحوی باشد که ضمن تحمل تمامی بارهای وارده، مشارکتی در سختی جانبی سازه نداشته باشند دیوارهای ساخته شده با این بلوک، باید طبق ضوابط استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۷۲ مقاومت لازم در برابر آزمونهای ضربه را دارا باشند و رعایت ضوابط مربوط به محافظت دیوارها از تماس مستقیم با آب و یا چرخه های تر و خشک شدن الزامی می باشد. کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم از حیث دوام، بهداشتی و زیست محیطی باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و یا آیین نام های ملی یا معتبر بین المللی به کار گرفته شوند.

بتن سبک LFC

سیستم سازه ای فولادی سبک، یک سیستم سازه ای پیشرفته است که در انواع ساخت و ساز ، کاربرد دارد و یکی از مناسب ترین سیستم های ساختمانی است که امروزه در جهان مورد استفاده قرار میگیرد. صفحات دیواری سبک که از سیستم ساختمانی قابهای سبک سرد نورد شده منشعب می شوند قابل کاربرد در اکثر سیستم های ساختمانی می باشند. این صفحات دیواری بر اساس کاربرد اجزایی به نام تیرچه(Track) و وادار (Stud) شکل گرفته است و ساختار اصلی دیوارها از ترکیب نیمرخ های فولادی گالوانیزه سرد نورد شده برپا میشود. مقطع مورد استفاده در این دیوارها C شکل می باشد که معمولا با اتصالات مکانیکی به یکدیگر متصل میشوند. هر دیوار از تعدادی اجزای عمومی وادار (Stud) به به فواصل ۴۰ تا ۷۰ سانتی متر که در بالا و پایین به اجزای افقی ناودانی شکل U یا C شکل تیرچه متصل شده اند، تشکیل می شونددر صورتی که از مقاطع C شکل به عنوان تیرچه استفاده شود، لازم است برشکاری در محل نصب وادار انجام شود.

بتن سبک CLC

بتن سبک CLC را که بتن سلولی یا زنبوری نیز مینامند. یکی از انواع بتن سبک بوده که به وسیله حباب های هوا با اندازه های مختلف در درون بتن ایجاد میشود. روش تولید این نوع بتن یک روش بدون اتوکلاو است. ایجاد حباب های هوا در این نوع بتن با یکی از دو روش مختلف فیزیکی یا استفاده از مواد افزودنی شیمیایی صورت می گیرد. از مزایای این بلوک ها می توان به عایق حرارتی و کاهش مصرف انرژی در ساختمان، مقاومت در مقابل رطوبت و صدا به جهت مصرف فوم، مقاوم در مقابل زلزله، کاهش چشمگیر وزن سازه، سازگاری با محیط زیست، مقاومت فشاری بالا، عدم استفاده از سوختهای فسیلی در فرآیند تولید و ایجاد مزیت نسبی برای ساختمانهای ساخته شده با این محصول اشاره کرد. این بلوک ها می توانند به شکل مکعب مستطیل، یا اشکال ویژه هندسی تولید شوند. سطح نمای بلوک ها می تواند صاف یا نقش دار باشد. برای ایجاد اتصالات بهتر , سطوح جانبی این بلوک (سطوح غیر نما) می تواند دارای گام یا زبانه باشد.

- مقاومت در برابر آتش:
- مقاومت در برابر آتش بر مبنای تعداد ساعتی که عضو می تواند آتش استاندارد را تحمل کند، بیان می گردد و به آن درجه آتشپادی عضو گفته می شود.
- در مورد بلوک AAC بر اساس آزمایش های انجام شده در کشور انگلستان، دیوار غیر باربر به ضخامت ۱۷ سانتیمتر دارای درجه آتشپادی ۴ ساعت می باشد.
- در مورد بلوک CLC با ضخامت ۱۷ سانتیمتر درجه آتشپادی نزدیک به ۱ ساعت ۱۷ دقیقه می باشد
- طبق گزارش ارائه شده توسط مرکز تحقیقات مسکن درباره دیوارهای غیر باربر LFC مقاومت در برابر آتش دارای مقاومت ۱ ساعت در مقابل آتش می باشد.

انواع بتن های سبک ساختمانی و سازگاری با محیط زیست:

بررسی های انجام شده نشان می دهد بتن AAC سازگاری کامل با محیط زیست دارد، به گونه ای که برای طبیعت مضر نیست و هیچ گونه زباله یا مواد آلاینده تولید نمی کند. با استفاده از این بتن دیگر نیازی به استفاده از خاک ارزشمند رس یا ایجاد آلودگی شدید توسط کوره های تولید مصالح مشابه نمی باشد. در کل می توان گفت فرایند تولید بدون آلایندگی و صرف انرژی بالا میباشد. به دلیل استفاده و مصرف آلاینده های شایع صنعتی در فرایند تولید بلوک های CLC در کنار مصرف پایین انرژی این فرایند قابلیت استفاده از انرژی های پاک در طی آن و عدم تولید ضایعات در روال استفاده از آن ها، بلوک های CLC از مصالح صنعتی سازگار با محیط زیست به شمار آمده و تولید و استفاده ی از آن ها کمک شایانی به حفاظت از محیط زیست می نماید. در کل می توان گفت فرآیند تولید بدون آلایندگی و با صرف کمترین انرژی و قابل بازیافت می باشد از نظر زیست محیطی، سیستم LFC در زمره سیستم هایی است که انرژی اندکی برای ساخت اجزای آن مصرف می شود. سیستم LFCا از مصالح صنعتی سازگار با محیط زیست به شمار آمده و تولید و استفاده از آن کمک شایانی به حفاظت از محیط زیست میکند.همچنین در این صفحات از موادی که برای سلامتی انسان مضر هستند استفاده نمی شود. همچنین اغلب اجزای سازه ای و غیر سازه ای در این سیستم به صورت پیچی اجرا می شوند و بازیافت آنها به سهولت امکان پذیر است نزدیک به ۷۰ درصد مصالح قابلیت تعویض شدن دارند.

صرفه اقتصادی انواع بتن های سبک ساختمانی :

با توجه به ابعاد سیلکس و کارکرد ساده با آن، سرعت و بازده کار به شدت بالا می رود (بیش از دو برابر مصالح مشابه) و ضایعات ساختمانی به صورت کاملا محسوس کاهش می یابد. علاوه بر آن خواب سرمایه سازنده با توجه به کاهش زمان ساخت کمتر می گردد. این ها همه به خودی خود در سیاست های اقتصادی این صنعت جایگاه والایی دارند. قیمت تمام شده ارزان تر از سایر مصالح ساختمانی نوین و حتی سنتی متداول است.

جدول اصول، قواعد، ابزار و رواداری ها در انجام عملیات ترمیم سازه بتنی

چک لیست استاندارد اجرایی – تنظیف و ترمیم بتن در دامنه ۸۵ درصد مقاومت فشاری طراحی	
تجهیزات مورد نیاز	• تجهیزات سند بلاستینگ • وایر براش مکانیکی و دستی • جک همر مکانیکی • قلم برش بتن دستی • کمپروسور باد و بلوور • دستگاه فرز برقی ، برش و سایش بتن • مته و دریل • دستگاه و پمپ تزریق مواد ۲ جزئی - اپوکسی • ماله تخت و برس • تجهیزات شات کریت • پوشش های محافظ، عینک، دستکش و کلاه
مواد مورد نیاز	• چسب بتن پایه لاتکس • گروت پایه سیمانی • ترمیم کننده پایه سیمانی الیاف دار • چسب بتن ۲ جزئی اپوکسی • رزین ۲ جزئی اپوکسی • ترمیم کننده ۳ جزئی اپوکسی
روش انجام عملیات	-1در نقاطی که خوردگی بتن وجود دارد ، سطح شن نما و یا متورق گردیده شکل هندسی با زوایای مشخص محاط می شود. -2مانند لکه گیری آسفالت لبه ها به صورت قائم با کمی زاویه به داخل تا بتن بکر تراشیده می شود. سطحهای زیاد و دارای شیرابه با سند بلاست یا وایر براش تنظیف می گردد. -3در صورتی که شبکه آرماتور تا بیش از نیمی از قطر آرماتور نمایان شده تا ۱ سانتیمتر پشت ترک آزاد می گردد. -4قسمتهایی از شبکه آرماتور که اکسید شده یا کاهش قطر پیدا کرده می باید تعویض گردد. -5ترکهایی با عرض بیش از۶ میلیمتر بهتر است به صورت – V cut گوه ای- باز شده و تنظیف گردد. -6ترکهایی که رزین اپوکسی تزریق می گردد با زاویه حمله (۱۸ تا ۳۰) درجه به منظور پکر گذاری و همچنین کنترل خروج مواد ، تا پس از آکس بتن دریلینگ می گردد. -7کل قسمت های تراشیده شده ، به جهت حذف آلودگی ها و تریس ها با آب و در موارد خاص کمپرسور هوا تنظیف می گردد. -8برای عمق کم ترمیم ملات ترمیمی پایه ی سیمانی با آب به صورت – dry pack ملات نیمه خشک – مخلوط شده و با فشار در محل اجرا می شود. در سطوح زیاد از شات استفاده شود. -9محلهایی با ضخامت بیشتر یا نیروها و تنش های زیاد از ملات اپوکسی و یا ترکیب چسب اپوکسی و

	ترمیم کننده پایه سیمانی پر می شوند. -10کیورینگ به وسیله اسپری آب – در ملاتهای پایه سیمانی- خواهد بود. -11برای انجام تزریق ، بسته به نوع پمپ ، اجزاء ترکیبی رزین و هادنر اپوکسی با نسبت مناسب مخلوط شده و به وسیله پمپ تزریق می شوند. این عملیات تا خروج رزین از سوراخهای کنترل ادامه می یابد .
رواداری ها	• برای ضخامت های بالاتر از ۵ سانتیمتر ، به جهت عدم ریزش مواد ترمیمی بهتر است ترمیم در چند لایه صورت بگیرد. • در گوشه ها ، محلهای اتصال و مناطقی که مدت زمان اورهال ، زمان کیورینگ پایینتری را می طلبد ، بهتر است از مواد اپوکسی استفاده کرد. • بخشهایی که در معرض خشک و تر شدن مداوم قرار دارند ، به جهت تغییر ضرایب هدایت الکتریکی و افزایش پتانسیل خوردگی ، نباید از مواد ترمیمی پایه اپوکسی استفاده نمود. • برای اتصال چسب اپوکسی زمان ژل شدن بسیار مهم است بنابراین ، در صورت خشک شدن چسب اپوکسی، پیش از اعمال ملات ترمیمی باید سطوح مجددا تراشیده شود. • از آنجا که پوشش های پلیمری – اپوکسی- اجازه تبخیر آب را نمی دهند ، تظیف در آن نقاط با هوا و بدون آب صورت می گیرد. در صورت مرطوب بودن جسم بتن ناگزیر از اپوکسی های آب دوست استفاده گردد.

بررسی رزین های اپوکسی و کاربرد های آن ها

اپوکسی هم یک بسپار ترموست یا گرماسخت است؛ که از دو ماده شیمیایی مختلف تشکیل شده. این دو ماده را با نام رزین و **سخت کننده** یا فعال ساز یا هاردنر می شناسند. رزین از تکپارها یا بسپارهایی با زنجیر کوتاه که در انتهایشان یک گروه اپوکساید

قرار دارد تشکیل می‌شود؛ و **هاردنر بتن** از دو نوع سیکلو آمینی برای چسبه ا و کفپوش های اپوکسی بدون حلال و پلی آمید برای **رنگ های اپوکسی** حلال دار تشکیل می گردند که نیاز است برای خشک شدن با **انواع رزین** به خوبی مخلوط شود و طی زمان مشخصی پیوند تکمیل شده و خشک می گردد. اپوکسی آمینی به علت نداشتن حلال و در نتیجه کاهش حجم بیشتر **کاربرد چسب و کفپوش اپوکسی** را داراست و اپوکسی پلی آمیدی که بیشتر به عنوان رنگ اپوکسی مورد استفاده قرار می گیرد.
کفپوش اپوکسی در بیمارستان ها و صنایع مختلف کاربرد فراوانی دارند و رنگ اپوکسی گزینه مناسبی برای جلوگیری از **خوردگی و زنگ زدگی** در صنایع هستند.

کاربرد های رزین های اپوکسی در کف سازی

کاربرد رزین اپوکسی در کف سازی

کاربرد های موادی که بر پایه اپوکسی ساخته می شوند گسترده است و مهم ترین آن در ساخت رنگ اپوکسی و **کفپوش اپوکسی** است و همچنین شامل کاربرد در ساخت موادی چون چسب ها، کامپوزیت ها (مانند موادی که از فایبر گلاس یا فیبر کربن استفاده می کنند) و تقویت کننده ها می شود (اگرچه پلی‌استر، وینیل‌استر و دیگر شاخه های ترموست هم برای پلاستیک تقویت شده با شیشه به کار می روند).

ساختار شیمیایی اپوکسی ها این اجازه را می دهد که بسپارهای گوناگونی با خواص بسیار متفاوت تولید شود. به طور کلی اپوکسی ها را به خاطر چسبندگی، مقاومت شیمیایی و گرمایی، خواص خوب یا حتی عالی مکانیکی، و مقاومت الکتریکی بسیار خوب آنها نسبت به اکثر رزین های دیگر می‌شناسند. بسیاری از خواص اپوکسی ها را می توان تغییر داد، برای مثال اپوکسی های پر شده از نقره که **رسانایی الکتریکی** خوبی دارند یا اپوکسی پر شده از روی که مقاومت خوردگی خوبی دارد و یا مخلوط آن با ریز **الیاف های کربن** آنها را رسانا می‌کند نیز وجود دارد و این در حالی است که اپوکسی خالص عایق الکتریکی می باشد. برخی از انواع که دارای خاصیت عایقی/رسانایی در برابر گرما هستند و مقاومت الکتریکی بالایی دارند در الکترونیک کاربرد دارند.

رنگ ها و پوشش – چسب‌ها – **قالب های صنعتی و کامپوزیت ها** – سامانه های الکتریکی و الکترونیک – مصارف خانگی و دریایی – هوافضا – زیست شناسی – هنر – کفپوش های دکوراتیو و **کفپوش اپوکسی گرانیت**

کفپوش های صنعتی، بیمارستانی و بهداشتی و مخابراتی این کفپوش ها بر پایه هاردنر سیکلو آلیفاتیک پلی آمین تغییر یافته و رزین اپوکسی بیسفنول A تولید و ارائه می گردد، در ساختار این محصول از هیچگونه **حلال و رقیق کننده** واکنشگرا استفاده نشده است و همین امر موجب می گردد که **ساختار پلیمری** محصول پس از واکنش به صورت ثابت باقی بماند و **خصوصیات شیمیایی** آن دچار کاهش خواص نگردد، مقاومت شیمیائی مناسب به همراه مقاومت مکانیکی عالی و چسبندگی سطحی فوق‌العاده این محصول این امکان را فراهم آورده که از آن بتوان در کلیه سطوحی که در مجاورت مواد شیمیایی و اسیدها و قلیاهای متوسط قرار دارند، به راحتی استفاده نمود، همچنین با توجه به خصوصیات بهداشتی این محصول، امکان به کارگیری آن در سطوحی که علاوه بر مقاومت شیمیائی، بهداشتی بودن پوشش نیز حائز اهمیت می باشد وجود دارد.

رزین اپوکسی چیست و چه کاربردهایی دارد؟

مزایای روکش صنعتی اپوکسی

افزایش مقاومت بتن در برابر فرسایش، تخریب و اکثر مواد شیمیایی. روکش اپوکسی مطلقا جذب آب ندارد و از **نفوذ آب**، روغن و سایر مایعات به جسم بتن جلوگیری می‌کند. روکش اپوکسی، سبک و کم حجم بوده و از ایجاد هرگونه گرد و غبار جلوگیری می‌نماید. روکش اپوکسی به صورت یکپارچه و در رنگ های متنوع اجرا می گردد. روکش اپوکسی با ضخامت ۴ میلی متر، **افزایش مقاومت فشاری** بتون را تا ۱۱۰۰ kg/cm2 را در بر دارد. سهولت در شستشو، حداقل ۲۰ سال عمر مفید و سرعت در ترمیم آن، از سایر امتیازات این پوشش می باشد.

خطر های بهداشتی: مهم ترین خطر مرتبط با استفاده از اپوکسی، حساس شدگی نسبت به سفت‌کننده است؛ که در طول زمان ممکن است منجر به **واکنش های آلرژیک** شود. این واکنش ها گاهی ممکن است پس از گذشت چندین روز از زمان تماس رخ دهد. استفاده از اپوکسی یکی از دلایل اصلی آسم شغلی در میان استفاده کنندگان پلاستیک است. بیسفنول آ (به انگلیسی: **Bisphenol A**) که در **رزین اپوکسی** به کار می‌رود، عاملی شناخته شده در ایجاد اختلال در کار غدد درون ریز است.

انواع کفپوش های اپوکسی

- کفپوش ضد اسید: این پوشش به دلیل دارا بودن خواص مکانیکی و شیمیایی بسیار خوب جهت کلیه سطوحی که در معرض مواد شیمیایی، گازوئیل، بنزین، روغن و فاضلاب های صنعتی و... قرار دارند مورد استفاده قرار می گیرد.
- کفپوش آنتی استاتیک (کانداکتیو): این روکش بر پایه رزین اپوکسی و سخت کننده ویژه به همراه افزودنی های خاص فرموله می شود. **قابلیت انتقال جریان الکتریسیته** ساکن را دارا می باشد و به همین دلیل به روکش ضد جرقه نیز معروف می باشد.
- کفپوش ورزشی
- کفپوش معمولی با مقاومت مکانیکی و شیمیایی متوسط
- **گروت ها**
- کاشی کاری ضد اسید
- فایبر ضد اسید
- پلیمر
- آنتی باکتریال: روکش های اپوکسی مزایای زیادی دارند که نسبت به سایر پوشش های کف ارجع هستند. بتن سطح به علت **خاصیت قلیایی** ذاتی خود به واسطه وجود ناخالصی های فلزی به راحتی مورد آسیب مواد شیمیایی قرار می گیرد.
- کفپوش آنتی داست: این محصول بر پایه رزین اپوکسی بیسفنول A و هاردنر پلی آمین طراحی گردیده است. گرانروی مناسب این محصول سبب ایجاد خاصیت Self-Leveling می شود و پس از اجرا دارای سطح شفاف می باشد.
- فلکسیبل: کفپوش اپوکسی S.CF.04 و هاردنر اپوکسی HR-03 بر پایه رزین اپوکسی اولیگوآکریلات پلیمر oligo acrilat polymer base) (هاردنر پلی آمید و آمین(polymido amine hardener) تولید وارائه می گردد.

- معمولی: کفپوش اپوکسی S-CF-01 و هاردنر HR-01 رزین اپوکسی بیسفنول A و هاردنر پلی آمین تغییر شکل یافته اجزا تشکیل دهنده این محصول می باشد.

برای آشنایی با کفسازی اپوکسی و پروژه های انجام شده با واحد فنی **کلینیک بتن ایران** تماس حاصل فرمایید.

رزین اپوکسی کفپوش

مزیت های استفاده از کفپوش اپوکسی در پارکینگ

امروزه پارکینگ ها در متراژهای بسیار بالا در ساختمان های مسکونی و برج ها و ساختمان های اداری در حال ساخت هستند. این پارکینگ ها تردد بسیار بالایی داشته و هزینه نگهداری بالایی نیز خواهند داشت. از مهم ترین هزینه های نگهداری آن نظافت این مکان هاست. شست و شو و تمیز کردن سطوح پارکینگ ها بسیار هزینه بر و مشکل است. در نتیجه نیاز مبرم به **اجرای کفپوش** که کمترین هزینه نگهداری را داشته باشد روز به روز بیشتر شده و این امر جای کفپوش اپوکسی را در پارکینگ ها گشود.

از دلایل دیگری که می شود به آن اشاره کرد در زمینه جایگزینی کفپوش اپوکسی پارکینگی در مقابل سایر کفپوش ها همچون سنگ، قابلیت جانمایی، خط کشی، علامت و شماره گذاری کفپوش اپوکسی است. این کفپوش ها به سادگی قابلیت طراحی و جانمایی پارکینگ ها را دارا بوده و محل عبور و مرور عابرین، ورود و خروج خودرو به ویژه در پارکینگ های عمومی را داراست. این موضوع بسیار حائز اهمیت بوده و عامل بسیار مهمی جهت افزایش کاربرد این کفپوش در پارکینگ ها شده است.

کفپوش اپوکسی پارکینگ با توجه به اینکه بدون درز و کاملا صاف و یکپارچه است، به سادگی و با کمترین میزان آب قابل شست‌وشو است. نداشتن درز در کلیه سطوح باعث می‌شود که محلی برای تجمع آلودگی در سطح باقی نمانده و سطح سخت و یکنواخت آن نیز نفوذ هر گونه آلودگی در سطح را ناممکن می کند. معمولا در پارکینگ ها آلودگی روغنی و بنزین یا گازوئیل وجود خواهد داشت و سایر کفپوش ها جرم گیری بالایی را دارا هستند اما کفپوش اپوکسی کاملا مقاوم بوده و به سادگی نیز قابل شست‌وشو هستند.از دیگر دلایل جایگزینی کفپوش اپوکسی پارکینگی با سایر **کفپوش های صنعتی**، ضخامت بسیار پایین اجرایی آن است. این کفپوش حداکثر در ضخامت ۳ میلی متر اجرا شده و سطحی بسیار مقاوم و زیبا را ارائه می‌دهد. همین امر بسیار در زمینه طراحی پارکینگ ها به کار آمده و مهندسین ساختمان در محاسبات طراحی خود به‌خصوص در اندازه گیری ارتفاع پارکینگ ها آسوده تر خواهند بود. کفپوش اپوکسی پارکینگی علاوه بر دلایل ذکر شده در بالا یک خاصیت بسیار مهم دیگر نیز دارا است و آن آب بند شدن طبقات اجرا شده توسط کفپوش اپوکسی است. پارکینگ های طبقاتی می‌بایستی هر طبقه را **آب بند** کنند تا هنگام شست‌وشو آب و رطوبت به طبقات زیرین نفوذ نکند. در صورتی که از سایر کفپوش ها استفاده شود هزینه آب بند کردن طبقات نیز بر آن افزوده خواهد شد در صورتی که استفاده از کفپوش اپوکسی این هزینه را نیز حذف کرده و یک مرحله اجرایی را نیز کاهش می دهد. اجرای کفپوش اپوکسی پارکینگی به تنهایی کاملا سطح را آب بند کرده و از نفوذ آب به طبقات پایین پارکینگ جلوگیری می کند. البته این موضوع می بایستی مدنظر قرار گیرد که تنها منفی ترین طبقه پارکینگ که بتن روی خاک انجام شده و امکان نفوذ رطوبت خاک به بتن وجود خواهد داشت می بایستی آب بند گردد و بعد اپوکسی اجرا شود که این امر کاملا بدیهی است.

به طور کلی با هزینه مشابه و حتی کمتر از هزینه سایر کفپوش ها همچون سنگ، کفپوش اپوکسی پارکینگ می تواند کارایی بسیار بالا با کیفیت بسیار مطلوب را ایجاد کند. این کفپوش معمولا با ظاهر پوست پرتقالی و یا سیلیس پاش (زبر) اجرا می شود که ظاهر پوست پرتقالی جهت کاهش انعکاس آیینه ای و سطح سیلیس پاش جهت سطوح شیب‌دار به منظور **افزایش اصطکاک** در نظر گرفته می شود.

مزیت های استفاده از کفپوش اپوکسی پارکینگ

چسب بتن چیست؟

چسب بتن به صورت مایع و **مخصوص آب بندی** و ظاهری شیری رنگ دارند که پس از مصرف (خالص یا ترکیب در ملات) کاملا بی رنگ هستند. این محصولات در مقابل رطوبت، سرما و گرما، حریق، نور، آتش و ضربه کاملا مقاوم بوده و عمر آنها همانند عمر سیمان در ملات است. استفاده این محصولات در سازه ها ضمن صرفه اقتصادی، باعث **ایجاد مقاومت و استحکام** بیشتر سازه، بالا رفتن سرعت عملیات، سبک سازی نمودن سازه‌ها و **آنتی باکتریال** شدن (ضد خزه، جلبک و باکتری) سازه خواهد شد. در این مقاله سعی داریم شما را با **انواع چسب بتن، کاربرد و ویژگی های آن** آشنا نماییم.

✓ **انواع چسب بتن**

چسب های بتن دارای انواع مختلفی است. به طور کلی چسب های را می توان به دو تیپ چسب بتن اپوکسی و لاتکس یا پلیمری تقسیم کرد. از چسب بتن برای **ترمیم بتن**، **آب بندی بتن** و افزایش خصوصیات شیمیایی و مکانیکی بتن، اتصال بتن قدیم به جدید و ... استفاده می شود باید توجه داشت استفاده از **چسب های ساختمانی** چه لاتکسی و چه اپوکسی حتما از کارشناسان مربوط اطلاعات لازم را گرفت.

آشنایی با انواع چسب بتن

چسب بتن اپوکسی

چسب بتن اپوکسی محصول دو جزئی بسیار قدرتمند بر پایه **رزین اپوکسی** اصلاح شده می باشد که علاوه بر **افزایش دوام بتن**، از مقاومت مکانیکی و **قدرت چسبندگی** بسیار زیادی برخوردار بوده و می تواند برای پیوند دادن بتن جدید به بتن قدیم مورد استفاده قرار بگیرد. همچنین بنا بر سازه اجرایی می توان از **چسب بتن اپوکسی** به عنوان آب بند کننده قدرتمند داخلی بتن نیز

استفاده نمود. بهترین روش استفاده این است که ابتدا این ۲ جز را با هم ترکیب و چند دقیقه میکس نمود و با برس بر روی سطح استفاده کرد و سپس بعد از ۱۰ دقیقه ترمیم را انجام داد. چسب بسیار قدرتمندی بر پایه رزین اپوکسی اصلاح شده است که علاوه بر دوام زیاد، از **مقاومت مکانیکی** و قدرت چسبندگی بسیار زیادی برخوردار بوده و می تواند برای پیوند دادن بتن جدید و قدیم مورد استفاده قرار بگیرد.

✓ خواص و اثرات چسب بتن اپوکسی

- چسبندگی فوق العاده زیاد به سطوح زیر کار
- مقاومت های فوق العاده زیاد کششی و مکانیکی
- قابلیت اجرا بر روی مقاطع زیر کار خشک
- حفظ خواص کیفی برابر با طول عمر بتن
- بدون حلال

✓ موارد کاربرد چسب بتن اپوکسی

- عملیات مرمت و **ترمیم سازه های بتنی**
- اتصال بتن به مقاطع فلزی
- قابلیت تزریق در انواع ترک
- امکان کاربرد در سازه های با کاربری غرقابی
- چسباندن بتن جدید به مقاطع بتنی قدیمی
- چسباندن ورق های **FRP** روی بتن

چسب بتن لاتکس

چسب بتن **به صورت مایع** با خواص آب بندی، افزایش چسبندگی ملات و بتن، **افزایش الاستیسیته بتن**، مقاومت شیمیایی، پایداری در برابر ضربه و تغییرات دما و غیرسمی مناسب برای استفاده در **ملات های ترمیمی بتن** است. به عنوان یک افزودنی بر پایه لاتکس طراحی شده که همراه سیمان پرتلند و ماسه تشکیل ملات پر مقاومتی را برای نصب سرامیک روی دیوار و کف، سنگ مرمر، موزائیک، کاشی معدنی، آجر لعاب دار و سنگ های طبیعی مهیا می‌سازند. همچنین به عنوان لایه پیوندزا در ترمیم سازه ها به کار می رود.

✓ کاربرد چسب بتن لاتکس

در مکان هایی که نیاز به مقاومت در برابر آب، مواد شیمیایی و سایش است از **چسب بتن لاتکس** استفاده می شود. به عنوان مثال در استخرها، کارخانه های لبنیات، صنایع غذایی، کشتارگاه و غیره. همچنین ممکن است برای بهبود خصوصیات **ملات های سیمانی** برای نصب کاشی یا اضافه شدن به **دوغاب** و چسب های پایه سیمانی به کار رود. به عنوان یک افزودنی به همراه **چسب های پودری** باعث ایجاد انعطاف می‌شود.

چسب بتن لاتکسی ویژه

این چسب مایع غلیظ امولسیونی بر پایه **پلیمرهای اصلاح** شده است که جهت تهیه ملات آب بند و ساخت ملات های چسبنده بر روی بتن و ملات های قدیمی، جهت **ترمیم سطوح بتنی و سیمانی** کاربرد دارد.

✓ موارد کاربرد چسب بتن لاتکس

- تهیه ملات و بتن آب بند جهت اجرای آبنما، استخر
- آب بندی و تقویت ملات های بندکشی
- تهیه ملات جهت نصب سرامیک و سنگ

- نماسازی و جهت صافکاری سطوح بتن اکسپوز
- جهت تقویت **چسب کاشی های پودری**

✓ **مزایای استفاده از چسب بتن لاتکس**

- افزایش چسبندگی بتن یا ملات جدید به بتن یا ملات قدیمی
- کاهش نفوذ پذیری و آب بند کننده بتن
- جلوگیری از ترک خوردن و **طبله شدن ملات**
- افزایش مقاومت در مقابل سیکل‌های ذوب و انجماد
- افزایش **مقاومت کششی، خمشی** و مقاومت سایشی

چسب بتن آب بندی

چسب بتن آب بند مایع غلیظ پلیمری با حالت امولسیونی است. **چسب بتن آب بندی**، محلول های کلوئیدی از پلیمرهای مختلف در آب هستند که مقاومت کششی و خمشی و همچنین دوام بتن را افزایش می‌دهند. بیشترین استفاده از این مواد مربوط به کارهای تعمیراتی است، زیرا **چسب بتن** با ملات، مخلوط همگن و یکنواختی تشکیل می‌دهد که مانع از تراوش آب و **تفکیک دانه های ریز و درشت** می شود و میزان چسبندگی بتن تازه را با ملات قدیمی زیر آن افزایش می‌دهد. این محصول پیش از خشک شدن **قابلیت انحلال در آب** را دارد و پس از خشک شدن به هیچ عنوان در آب حل نخواهد شد.

✓ **کاربرد چسب بتن آب بندی**

عمده مصرف چسب بتن در استخر، سر ستون، فونداسیون، ضد آب کردن **چسب های کاشی خمیری** و پودری و **چسب سنگ آنتیک** جهت استفاده در سرویس های بهداشتی، ملات های سیمانی، نمای ساختمان، آب‌نما، نماهای بارانگیر، چاله آسانسور، انواع سقف (سیمانی، سنگی، آجری، سفالی، ایرانیت سیمانی و...)، محوطه سازی، ساخت و **آب بندی انواع بلوک**، جداول، موزاییک و تمامی سازه هایی که در مجاورت مستقیم با آب، رطوبت، عوامل جوی و UV خورشیدی هستند استفاده می شوند و بهترین جایگزین برای مواد نفتی، قیر و گونی، ایزوگام و پوشش های قدیمی است.

۱. اتصال انواع ملات ها یا پلاسترهای ساختمانی به سطوح زیر کار
۲. ترمیم و تعمیر کلیه سطوح زیر کار
۳. اتصال بتن یا ملات جدید به بتن قدیم
۴. آب بندی و نفوذ ناپذیر نمودن سطوح ساختمانی
۵. اتصال کفپوش های بر پایه سیمان بر روی سطح زیر کار

✓ **خواص و اثرات چسب بتن آب بند**

- افزایش فوق العاده چسبندگی ملات یا بتن (تا ۴ برابر ملات معمولی)
- افزایش نفوذ ناپذیری بتن در برابر عوامل محیطی
- کاهش اثرات جمع شدگی و انقباض
- افزایش خاصیت الاستیسیته
- افزایش دوام در مقابل عوامل گوناگون فیزیکی و شیمیایی
- افزایش مقاومت سایشیی، کششی و خمشی (تا ۲ برابر ملات معمولی)
- استفاده از چسب بتن برای **لکه گیری** و **مرمت سطوح سیمانی**

چسب کاشت میلگرد

چسب کاشت آرماتور و کاشت بولت به صورت دو جزئی می باشد که جزء A بر پایه **اپوکسی اکریلات** و جزء B به عنوان **هاردنر** بر پایه پلی آمین است. **چسب کاشت میلگرد** به منظور کاشت آرماتور و بولت و لایه رابط و پر استحکام برای پیوند دادن بافت قدیمی بتن با بافت جدید بتن استفاده می شود باید در نظر داشت این نوع چسب ها در دو نوع در بازار ایران کاربرد دارند ۱- تولیدات شرکت ها به مانند کلینیک بتن ایران که این محصول را به صورت ۲ جزئی و سه جزئی تولید می کند ۲-محصولات کارتریجی که عموما به صورت وارداتی وارد بازار ایران می آیند که البته **کلینیک بتن ایران** نیز جهت تولید این نوع چسب ها نیز اقدامات لازم را انجام داده و در حال حاضر در مرحله آزمایش این محصول هستند که در کل باید گفت به صورت تزریقی به وسیله گان کاشت آرماتور استفاده می گردد.

✓ کاربرد چسب کاشت میلگرد

- کاشت آرماتور و بولت بر روی سطوح عمودی و افقی بتن
- پر کردن شکاف های موجود در دیوار، سقف و کف
- نصب صفحات فلزی بر روی سطوح عمودی (دیوار و سقف)

✓ مزایای چسب کاشت میلگرد

- چسبندگی عالی به انواع سطوحی بتنی، فلزی، سنگ و...
- اجرای سریع و آسان
- بدون نیاز به حلال
- بدون شره
- عدم تاثیر پذیری از عوامل جوی و محیطی
- قابل اجرا در محیط های مرطوب

✓ ویژگی های چسب کاشت میلگرد

- مهار میلگرد یا بولت در بتن سخت و در اصطلاح کاشت میلگرد یا بولت از جمله موارد پرکاربرد در **صنعت ساخت و ساز** است و گستره وسیعی از اتصالات سازه ای و غیرسازه ای و همچنین **تقویت و مقاوم سازی سازه ها** را در بر می‌گیرد.
- در کاشت میلگرد با چسب هیلتی، مته مورد استفاده از نوع مته **کرگیری بتن** است و بتن و آرماتور موجود در بتن را برش می‌زند. کاشت میلگرد در بتن توسط چسب مخصوص (کاشت شیمیایی) انجام می‌شود.
- از چسب کاشت میلگرد هیلتی می توان برای کاشت میلگرد در سطوح عمودی و افقی استفاده نمود. **چسب هیلتی** را می توان با استفاده از گان های مخصوص اعمال و اجرا نمود. چسب های کاشت میلگرد هیلتی در بسیاری از پروژه های معتبر کاشت میلگرد استفاده شده است.
- **چسب های کاشت آرماتور** و بولت هیلتی با وجود هزینه بالا امروزه در میان متخصصین و کارشناسان طرفداران زیادی دارد که به علت اطمینان از کیفیت محصول مورد نظر است.
- از چسب کاشت آرماتور و بولت هیلتی می‌توان برای کاشت آرماتور در سطوح عمودی و افقی و کاشت بولت استفاده نمود.
- چسب کاشت آرماتور و بولت هیلتی را می‌توان با استفاده از گانه ای مخصوص اعمال و اجرا نمود.
- چسب‌های کاشت آرماتور و بولت هیلتی در بسیاری از پروژه های معتبر کاشت آرماتور یا بلت استفاده شده است.
- برخی از موارد مصرف چسب کاشت آرماتور یا بولت هیلتی استفاده برای برای نصب ماشین آلات، گارد ریل ها، بیس پلیت ها، بولت ها و ... است.

✓ ***ویژگی های خمیر اپوکسی کاشت بولت و میلگرد***

قدرت چسبندگی بسیار زیاد به بتن و آرماتور، استحکام بسیار عالی در مقابل مواد اسیدی و قلیایی، امکان کاشت آرماتور در بتن های سبک، محافظت از **آرماتور و انکربولت** در مقابل خوردگی و زنگ زدگی، بدون شره و فاقد انقباض، بدون نیاز به حلال چسب بتن، سهولت و سرعت اجرا.

انواع چسب بتن

• کنترل عمل‌آوری بتن

جهت بررسی و قضاوت در مورد نحوه و مدت عمل‌آوری رطوبتی (مراقبت)، عمل‌آوری حرارتی (پروراندن) و عمل‌آوری حفاظتی (محافظت) در صورت بروز شک در صحت نحوه عمل‌آوری و کفایت مدت آن بایستی موارد ذیل را در نظر گرفت.

- نمونه‌ای متشکل از چند آزمونه باید تهیه شود و در شرایط کارگاهی از نظر عمل‌آوری و دقیقاً شبیه قطعات اصلی سازه، نگهداری گردد. در همان زمان باید نمونه‌ای نیز از همان بتن تهیه و در شرایط عمل‌آوری آزمایشگاهی نگهداری شود.
- پس از گذشت ۲۸ روز (سن مقاومت مشخصه)، نتیجه میانگین هر کدام از دو نوع نمونه که در شرایط متفاوتی عمل‌آوری شده‌اند، بدست می‌آید.
- در صورتی عمل‌آوری قابل قبول تلقی می‌شود که یکی از دو شرایط زیر برقرار باشد:
- مقاومت فشاری عمل‌آوری شده در شرایط کارگاهی، مقاومت فشاری نمونه‌های عمل آمده در آزمایشگاه و مقاومت مشخصه فشار بتن هستند.
- در صورتی که هیچ یک از این شرایط برآورده نشود روش عمل‌آوری (نحوه و مدت) قابل قبول نیست و باید اقداماتی برای بهبود انجام گیرد. لازم به ذکر است که ۱۵ درصد کاهش مقاومت در کارگاه پذیرفته شده است.

• کنترل مقاومت بتن در زمآن های مورد نظر در شرایط عمل‌آوری واقعی کارگاهی (نمونه‌آگاهی)

جهت بررسی و آگاهی یافتن از کیفیت بتن در موعدهای خاص برای باز کردن قالب زیرین یا برداشتن پایه اطمینان، حمل و نقل قطعات پیش ساخته، مقاومت موجود در طی عمل‌آوری در زمان های مختلف به ویژه برای قطعات پیش ساخته و غیره بایستی موارد ذیل را در نظر گرفت.

- نمونه‌ای از بتن (شامل حداقل ۲ آزمایش برای یک سن) تهیه شود و در شرایط عمل‌آوری واقعی کارگاهی نگهداری می‌گردد و در سن مورد نظر مقاومت آن تعیین شود. در این حالت نیاز به مقایسه با مقاومت نمونه‌های عمل آمده در آزمایشگاه وجود ندارد.
- در صورتی که مقاومت موجود به میزان مورد نظر و دلخواه رسیده باشد می‌توان قالب‌برداری را به انجام رسانید یا قطعات پیش ساخته را جابجا کرد و یا نوع و مدت عمل‌آوری تسریع شده را مشخص کرد.

• کنترل مقاومت مغزه‌های بتن سخت شده قطعات سازه

جهت بررسی بتن کم مقاومت، بررسی نحوه بتن‌ریزی، تراکم و عمل‌آوری مشکوک، ارزیابی سازه‌های اجرا شده و ایمنی آن، بررسی و ارزیابی سازه‌های آسیب دیده بایستی موارد ذیل را در نظر گرفت.

- در صورتی که منطقه ضعیف در بررسی بتن کم مقاومت مشخص شده باشد یا احتمال ضعف در آن جا داده شود ضمن بررسی مدارک کارگاهی و پس از انجام آزمایش های شناسایی توسط چکش اشمیت یا اولتراسوتیک تهیه حداقل سه مغزه از نقاط ضعیف انجام می‌شود. مناطق مشکوک یا محل هایی برای اخذ مغزه در بررسی و ارزیابی سازه‌های اجرا شده یا آسیب دیده باید توسط ناظر یا مشاور مشخص شود و مغزه‌ها اخذ شودکه در این حالت ممکن است مغزه‌ها بیش از سه مغزه باشد.

- بهتر است محل مزبور فاقد میلگرد باشد و در جایی واقع شود که آسیب و ضعف اساسی در عضو بوجود نیاورد. تهیه مغزه از قطعاتی که ارتفاع (ضخامت)آن ها از نظر مغزه کمتر باشد امکان پذیر نیست. در این حالت از دستگاه هایی که محل میلگرد رامشخص می کند استفاده می‌شود.

- پس از تهیه مغزه‌ها باید سر و ته آن بریده شود و کلاهک‌گذاری گردد. توصیه می‌شود حتی اگر سطح خارجی صاف باشد باز هم به میزان ۲ تا ۳ سانت بریده شود تا ترک های ناشی از جمع شدگی، بر مقاومت موجود اثر نگذارد.

- مغزه ها به صورت خشک یا اشباع تحت آزمایش فشاری قرار می‌گیرند. در بررسی بتن معمولاً به شرایط بهره‌برداری توجه می‌شود و شرایط رطوبتی مغزه مشخص می‌شود. برای مغزه‌های خشک باید ۷ روز آن ها را در دمای ۱۶ تا ۲۷ درجه و در رطوبت نسبی کمتر از ۶۰ درصد نگهداشت در صورتی که شرایط اشباع مد نظر باشد مغزه‌ها باید به مدت حداقل ۴۰ ساعت در آب (یا آب آهک) غوطه‌ور شوند. بدیهی است در صورت نیاز به اشباع کردن، عمل کلاهک گذاری پس از خروج از آب انجام می‌شود.

- نتایج آزمایش مقاومت فشاری مغزه‌ها باید به مقاومت نمونه استوانه ای استاندارد تبدیل شود. دو نوع ضریب تبدیل در این رابطه بکار می‌رود. ضرایب تبدیل مقاومت مغزه بدلیل نداشتن نسبت ارتفاع به قطر مورد نظر که از جداول مربوطه تهیه می گردد. حداقل قطر مغزه معمولاً ۱۰۰ میلی‌متر است، لذا ارتفاع مغزه نیز نمی‌تواند کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر باشد. در صورتی که قطر مغزه ۱۰۰ میلی‌متر باشد باید آن را بر ۱/۰۲ تقسیم نمود تا مقاومت قطر ۱۵۰ میلی متری بدست آید.

تست بتن و آزمایش بتن چیست

آب دریا و آب های شور حاوی موادی هستند که به بتن و آرماتور داخل بتن صدمه می زنند.مهمترین این مواد کلراید است.کلراید ، در صورت فراهم بودن شرایط مساعد موجب خوردگی شدید آماتورها از نوع حفره ای می شود.

شرایط مساعد عبارتند از: مناسب بودن غلظت کلراید در بتن مجاور آماتور ، مناسب بودن رطوبت بتن و فراهم بودن منبع تامین اکسیژن.

وجود سولفات منیزیم در آب دریا می تواند موجب تشکیل پوشش هیدروکسید منیزیم $mg(Oh)_2$ شده و در نتیجه بر روی قابلیت انتشار کلراید در داخل بتن تاثیر بگذارد. از جمله واکنش های دیگری که ممکن است رخ دهد تشکیل آراگونیت $CaCo_3$است.در اینگونه شرایط قابلیت انتشار بتن هایی که در معرض آب دریا قرار گرفته اند و یا بتن هایی که در آزمایشگاه در مجاورت آب های حاوی کلراید قرار گرفته اند ، حتی اگر سایر شرایط نیز ثابت باقی بماند ، ممکن است تغییر کند.همچنین ، با توجه به تحقیقاتی که هوف در سال ۱۹۸۶ انجام داده است. گیاهان دریایی ، چسبیدن صدفها به سطح بتن سازه های بتن مسلح دریایی و

تهاجم ارگانیسم های موجود در آب دریا می تواند در این خصوص از اهمیت خاصی برخوردار باشد .

محیط های دریایی

فردیکسن و همکارانش در سال ۱۹۹۷ ، محیط های دریایی را از نظر قرارگیری سازه های بتن آرمه در معرض آنها به سه ناحیه تقسیم کردند. این تقسیم بندی در شکل ۲-۵-۱ نشان داده شده است.

الف) ناحیهی محیط جوی مناطق دریایی ، :ATMبتن هایی که در ۳ متری یا بیش از ۳ متری بالاتر از حداکثر تراز آب ، شامل محل برخورد امواج ، قرار دارند. در این ناحیه قرار می گیرند.خود ناحیه ی جوی را هم می توان در صورت لزوم به نواحی جوی پشت به باد و جوی رو به باد تقسیم بندی کرد.

ب) ناحیه ی پاشش دریای ، :SPLبتن هایی که بین محدوده های ۳ متر بالاتر از نقطه ی حداکثر تراز آب ، شامل محل برخورد امواج ، و ۳ متر پایین تر از نقطه ی حداقل تراز آب ، شامل محل برخورد امواج ، قرار دارند در این ناحیه قرار می گیرند .

ج) ناحیه ی مغروق در آب دریا ، : SUBبتن هایی که در محدوده ی ۳ متر پایین تر از حداقل تراز آب ، یا پایین تر از این محدوده قرار می گیرند در ناحیه مغروق قرار دارند.

پارامترهای حاکم بر سازه های دریایی

پارامترهای حاکم بر سازه های دریایی ، هم به ترکیب بتن و هم به ناحیه محیطی بستگی دارند . مقادیر این پارامترها را باید از مشاهدات و بررسی های درجا بر روی سازه های دریایی در محیط مورد نظر به دست آورد . برای انجام این ارزیابی باید مجموعه ای شامل حداقل دو مشاهده برای هر یک از پارامترها داشته باشیم . همچنین این مشاهدات باید یک بازه زمانی تا حد امکان گسترده را پوشش دهند.

مدل پیشنهادی در این تحقیق ، مقادیر به دست آمده پس از گذشت دقیقا یک سال از قرار گیری سازه در معرض محیط را به عنوان اولین مجموعه مقادیر به کار می برد.

بتن های واقع در شرایط محیطی مختلف دریایی

کحاسبات پارامترهای حاکم بر بتن های قرار گرفته در شرایط مختلف محیطی دریایی (یعنی ناحیه پاشش دریایی ، ناحیه مغروق در آب دریا ، و محیط جوی دریایی) اساسا به صورتی که در قبل بیان شد انجام گیرد.بر اساس نتایجی که ماگه و همکارانش در سال ۱۹۹۹ و مانگات و همکارانش در سال ۱۹۹۴ گزارش کرده اند ، معلوم شده است که پس از گذشت حدود دو سال از تهاجم کلراید به بتن بر اثر قرار گیری آن در ناحیه پاشش دریایی یا مغروق در آب دریا ، میزان کلراید سطح بتن بر اثر قرار گیری آن در ناحیه پاشش دریایی یا مغروق در آب دریا ، میزان کلراید سطح بتن ، تقریبا و نه دقیقا ، ثابت باقی می ماند.

در مورد سازه های دریایی موجود توصیه می شود که از مقادیر یک ساله پارامترها استفاده شود در صورتی که قصد داشته باشیم بررسی های دیگری نیز به طور همزمان بر روی بتن انجام دهیم ، می توانیم چندین پروفیل کلراید از نمونه مورد نظر به دست بیاوریم . پس از آن میتوانیم با استفاده از تحلیل رگرسیون غیر خطی ، ضریب انتشار کلراید به دست آمده و نیز میزان کلراید سطحی به دست آمده در بتن را تعیین کنیم. با این وجود ، در یک سازه دریایی در دست طراحی ما مجبور هستیم که یا از مقادیر ۱۰۰ ساله مبتنی بر تحقیقات انجام شده قبلی استفاده کنیم و یا یک نوع داده مشابه آن را به کار ببریم.

انواع ساز و کارهای انتقال کلراید به داخل بتن

سازو کارهای انتقال کلراید به داخل بتن را معمولا می توان به صورت زیر تقسیم بندی کرد:

-انتشار

در این حالت ، مکانیسم انتقال کلراید به داخل بتن ناشی از تفاوت غلظت کلراید در نواحی مختلف بتن است . کلراید همواره به مناطقی نفوذ پیدا می کند غلظت کلراید در آن مناطق کمتر است.

-تراوش یا نفوذ

مکانیسم انتقال در این حالت ناشی از تفاوت فشار هیدرولیکی در نواحی مختلف بتن است . کلراید همواره به طرف مناطقی حرکت می کند که فشار هیدرولیکی در آن مناطق کمتر است انقال کلراید به بتن از طریق مکانیسم تراوش ، در بتن هایی می تواند صورت گیرد که میزان زیادی ، ترک و خرابی در آنها وجود داشته باشد.

-مهاجرت

در این حالت ، انتقال کلراید به داخل بتن ناشی از اختلاف پتانسیل الکتریکی است . کلراید همواره به طرف آن نواحی حرکت می کند که پتانسیل الکتریکی کمتری دارند . انتقال کلراید به داخل بتن از طریق مکانیسم مهاجرت هنگامی می تواند رخ دهد که بتن در معرض جریان هرز ، یعنی جریانی که از مداری غیر از مدار نظر عبور کند ، قرار گیرد . یونهای منفی کلراید (که مثلا می تواند ناشی از خاکی باشد که در تماس با بتن قرار گرفته است) ، به طرف نواحی آندی (مثبت) آرماتور ها مهاجرت می کنند و در آن

نواحی آهنگ خوردگی آرماتور را افزایش داده و موجب خوردگی به صورت حفره ای می شوند . برای ایجاد شرایط مهاجرت کلراید را به داخل بتن ، مطابق با استاندارد] NCTI991 ۳۹[و یا سایر روشهای آزمایشگاهی ، کلراید را به طریق الکتروشیمیایی از درون بتن بیرون می کشند . سپس ضریب انتشار کلراید در داخل بتن را بر اساس استانداردهای مختلف ، از جمله استاندارد]ASTM C 1202-94 ۴۰[تعیین می کنند.

-همرفت

این مکانیسم هنگامی رخ می دهد که بین نقاط مختلف بتن اختلاف میزان رطوبت یا اختلاف فشار بین رطوبت نواحی مختلف مختلف بتن موجود باشد . آب (حاوی کلراید) همواره به طرف ناحیه ای حرکت می کند که میزان رطوبت در آنجا کمتر باشد ، مشروط بر آنکه سایر پارامترها در نقاط مختلف با یکدیگر برابر و یکسان باشند.

یکی از موارد خاص در این حالت آن است که سطح بتن خشک شود . در این صورت مایع منفذی بتن به طرف سطحی حرکت می کند که در معرض تبخیر قرار دارد . در حالتی که در داخل بتن کلراید موجود باشد ، تبخیر موجب افزایش غلظت کلراید بر روی سطحی می شود که بر روی آن تبخیر رخ می دهد . این پدیده را عملکرد فیتیله ای می نامند . یکی دیگر از حالتهای خاص تر و خشک شدن های مکرر است که می تواند موجب آن شود که غلظت کلراید بر روی سطح بتن بسیار زیاد بشود.

پیوستگی بتن و آرماتورها

مقاومت پیوستگی بتن آرماتورها تابعی از مقاومت بتن میزان تراکم آب انداختگی ته نشینی و زمان گیرش بتن می باشد با کاهش نسبت آب به سیمان تمام ویژگی هایی که در نسبت آب به سیمان کمتر حاصل می شود مانند افزایش مقاومت پیوستگی تامین می گردد مقاومت پیوستگی به تو روانی که دارای افزودنی فوق روان کننده می باشد به شرطی که به طور مناسبی متراکم شده و گیرش آن به طور عادی اتفاق افتاده باشد می توانند مشابه با بتنی با اسلامپ کمتر و نسبت آب به سیمان مشابه باشد در صورت عدم تامین این شرایط مقاومت پیوستگی می تواند کمتر باشد حالت کلی تراکم نقش مهمی در مقاومت پیوستگی آرماتور و بتن ایفا می کند. بتنی روان یا بتنی با اسلامپ کم که به طور مناسب متراکم شده است مقاومت پیوستگی بسیار بیشتری نسبت به بتن مشابه اما خوب متراکم نشده دارد . البته باید توجه نمود که دستیابی به تراکم مناسب در اطراف آرماتورها در بتن های روان ساده تر می باشد.

حرارت هیدراتاسیون

افزایش دمای ایجاد شده در اثر حرارت آزاد شده در طی فرآیند هیدراتاسیون در صورت استفاده از افزودنی فوق روان کننده و ثابت ماندن حجم و ترکیبات خمیر ، تغییر خاصی نخواهد کرد . با این وجود ممکن است به دلیل استفاده بهینه تر از سیمان که در اثر پراکندگی مناسب تر ذرات آن حاصل می شود ، زمان وقوع دمای بیشینه در بتن تغییر کند . در صورتی که از افزودنی فوق روان کننده برای کاهش عیار سیمان استفاده شود ، مقدار افزایش دمای بتن کمتر می شود .

جمع شدگی ناشی از خشک شدگی و خزش

مطالعات آزمایشگاهی نشان می دهد که در نسبت آب به سیمان و عیار سیمان ثابت ، استفاده از افزودنی فوق روان کننده می تواند موجب افزایش جمع شدگی ناشی از خشک شدگی گردد . در صورت کاهش عیار سیمان و نسبت آب به سیمان به طور همزمان در اثر استفاده از افزودنی فوق روان کننده ، جمع شدگی ناشی از خشک شدن بتن دارای این افزودنی باید کمتر از بتن بدون افزودنی باشد . محدودیت هایی در مورد کاهش همزمان عیار سیمان و نسبت آب به سیمان یا به عبارت دیگر کاهش آب اختلاط برای حفظ کارایی لازم وجود دارد. در صورتی که در شرایطی خاص جمع شدگی و خزش عوامل مهمی در سازه در حال ساخت هستند ، اندازه گیری این دو پارامتر برای کنترل عدم تجاوز از مقادیر مطلوب لازم می باشد.

تاثیر بر دوام بتن

زمانی که از افزودنی های فوق روان کننده به منظور کاهش نسبت آب به سیمان استفاده می شود نفوذ پذیری کاهش یافته و مقاومت افزایش می یابد ، در نتیجه دوام بتن بهبود پیدا می کند . مقاومت در برابر نفوذ یون کلر در بتن های حاوی فوق روان کننده کمی بیشتر یا برابر با بتنی با نسبت آب به سیمان مشابه با آن و بدون افزودنی می باشد . استفاده از این افزودنی ها برای کاهش نسبت آب به سیمان باعث افزایش مقاومت آن ها در برابر نفوذ یون کلر شده و بدین ترتیب احتمال خوردگی آرماتورها کاهش می یابد . نتایج به دست آمده نشان می دهد که دارای تراکم مناسبی می باشد ، پایایی بهتری در برابر چرخه ذوب یخ و هم چنین در برابر نمک های یخ زدا از خود نشان می دهد . برای اینکه بتن سخت شده بتواند در برابر چرخه ذوب و یخ مقاومت کافی از خود نشان دهد باید دارای فاکتور فاصله برابر یا کمتر از ۰/۲ میلیمتر باشد ($L\leq 0/2$) . ضریب فاصله حباب های ایجاد شده در بتن هایی که دارای برخی افزودنی های فوق روان کننده هستند بیش از مقدار لازم جهت مقاومت بتن در برابر چرخه ذوب و یخ می باشد . با این وجود مشاهده شده است که نمونه های بتنی دارای افزودنی فوق روان کننده با ضریب فاصله ۲/۵ میلیمتر و بیش از آن نیز مقاومت خوبی در برابر چرخه ذوب و یخ نشان می دهند.در مورد مقاومت در برابر سولفات نیز تفاوت چندانی بین بتن حاوی افزودنی و بتن بدون افزودنی مشاهده نشده است . به طور مشابه کاهش نسبت آب به سیمان در اثر استفاده از افزودنی فوق روان کننده مقاومت بتن در برابر ملات سولفاته را افزایش می دهد.ژل میکروسیلیکا یا ژل میکروسیلیس mtomix 4500 در بتن های نفوذ ناپذیر کارایی بالایی دارند که باعث کاهش ترک ها و ارتقاء نسبی مقاومت های فشاری، کششی و خمشی در بتن می شود.اگر در بتن های آب بند، شاتکریت تر، بتن الیافی و نمای دکوراتیو سیلو های سیمان بخواهیم کار کنیم استفاده از ژل میکروسیلیکا بهترین روش است.در مواردی که بتن در معرض ضربه و یا بارهای دینامیکی تر و یا خشک قرارمی گیرد حمله ی سولفات ها و کلراید ها و عوامل جوی مثل چرخه ذوب و انجماد شروع می شود و در این گونه شرایط از ژل میکروسیلیکا استفاده می کنیم و برای کاهش ترک های پلاستیک و بالا بردن مقاومت های فشاری و کششی و خمشی بتن ژل میکروسیلیکا که بسیار مفید و اقتصادی است استفاده می کنیم. ژل میکروسیلیکا علاوه بر کاهش چشمگیر نسبت آب به **سیمان** از آسیب های ناشی از عدم امکان اجرای سریع کیورینگ لازم طی ساعات اول و پس از آن می کاهد. ژل میکروسیلیکا قابل استفاده در **شاتکریت** و ساخت بتن الیافی از نظر جذب و انجام واکنش با آهک آزاد نسبت به انواع دیگر ژل میکروسیلیکا محدودیت دارد. در مواردی که اندازه آزاد آهک در سیمان پایین باشد و یا جذب کامل آهک آزاد مورد رضایت نباشد از ژل میکروسیلیکا استفاده می کنیم. برای اطلاعات بیشتر در مورد ژل میکروسیلیس و قیمت ژل میکروسیلیس لطفا مشخصات فنی را از کلینیک بتن ایران بخواهید.

کلینیک بتن ایران تولید کننده **ژل میکروسیلیس** در کلاس های متفاوت است. ژل میکروسیلیکای تولیدی کلینیک بتن ایران برای افزایش و بهبود خواص بتنبه صورت ۵ درصد و ۳ درصد وزن سیمان مصرفی عرضه می گردد. ۱۳ کاربرد عمده ژل میکروسیلیکا: ژل میکروسیلیکا در ساخت بتن الیافی شاتکریت تر و نمای دکوراتیو سیلو های سیمان نیز کاربرد دارد. این کاربری های پارامترهای مختلف فنی و اقتصادی است که باعث می شود مصرف کننده ژل میکروسیلیکا را برای سازهای بتنی انتخاب کند . ژل میکروسیلیکا بتن ریزی را در برابر و کوران باد یا اشعه خورشید محافظت میکند ژل میکروسیلیکا در مناطق خشک برای جبران نسبی خسارت ناشی از تاخیر در انجام کیورینگ اولیه مناسب است. ژل میکروسیلیکا در سازه هایی که در معرض بارهای دینامیکی و ضربه هستند نیز کاربرد دارد. ژل میکروسیلیکا در سازه هایی که مقاطع نازک بتنی دارند استفاده می شود. در سازه های بتنی که در معرض سیکل های شدید ذوب و انجماد هستند ژل میکروسیلیکا بهترین انتخاب است. در سازه هایی که احتمال آب بندی و بروز انواع ترک در آنها وجود دارد ژل میکروسیلیکا آن را به حداقل ریسک ترک خوردن می رساند. ژل میکروسیلیکا سازه های بتنی را که در معرض کاویتاسیون هستند حمایت می کند. ژل میکروسیلیکا در کم کردن خطر تلاشی پذیری سازه های بتنی که در معرض ریسک انفجار وآتش سوزی هستند را به حداقل می رساند. ژل میکروسیلیکا در **مقاوم سازی سازه های بتنی** نظامی و تدافندی کاربرد دارد. برای بهبود بخشیدن به خواص موجود در سازه های بتن با حداقل هزینه و حداکثر بازدهی بهتر است از ژل میکروسیلیکا استفاده کرد . سازه های بتنی که در معرض سایش، عرشه پل ها ، سازه پارکینگ ها هستند از ژل میکروسیلیکا استفاده می کنند. ژل میکروسیلیکا در سازه هایی که احتیاج به مدول الاستسیته بالا دارند استفاده می شود.

ژل میکروسیلیکا در کانالهای روباز انتقال آب کاربرد دارد. مقایسه فنی ژل میکروسیلیکا با بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا: ژل میکروسیلیکا از نظر مقاومت: مقاومت های خمشی و کششی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن حاوی ژل میکروسیلیکا تقریبا برابر هستند. مقاومت فشاری در بتن های دارای ژل میکروسیلیس در سنین پایین مثلا ۱و۳ روزه تقریبا مساوی است ولی در مقاومت فشاری بتن حاوی ژل میکروسیلیکا در سنین بالاتر نمی توان گفت اندازه بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا تکامل کامل انجام شده است. نفوذ پذیری مقدار آب در ژل میکروسیلیکا و عوامل مهاجم به آن: مقدار نفوذپذیری در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا بسیار کمتر از بتن بدون مواد افزودنی است. از طرفی دیگر عوامل فیزیکی در طول عمر سازها ی بتنی باعث ایجاد نفوذپذیری در سازه های بتنی می شود. در مورد بتن هایی که دارای ژل میکروسیلیکا هستند کمترین نفوذ پذیری را دارند. اثر این عوامل روی بتن آب بند حاوی ژل میکروسیلیکا کمتر است. ضریب وارفتگی در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا: ضریب وارفتگی در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن شاهد کمتر است ولی نسبت به بتن نفوذ ناپذیر حاوی ژل های میکروسیلیس بیشتر است. مقاومت سایشی بتن الیافی ژل حاوی میکروسیلیکا: اگرچه مقاومت سایشی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن بدون مواد افزودنی یا بتن حاوی مواد افزودنی سوپر روانساز بتن زیاد تر است اما مقاومت سایشی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا از مقاومت سایشی بتن حاوی ژل میکروسیلیس بیشتر نیست. استفاده از ژل میکروسیلیکا برای کاهش ترک های پلاستیک در بتن های نفوذ ناپذیر مد نظر است مخصوصا در شاتکریت تر و بتن های آب بند برای افزایش مقاومت استفاده می کنند. نکات حرارتی در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا: کاربرد بتن نفوذ ناپذیر حاوی ژل

میکروسیلیکا نسبت به بتن حاوی ژل میکروسیلیکا برای بتن هایی که مشکل حرارتی دارند بسیار مناسب تر است چرا که آزاد شدن حرارت بر حسب وزن سیمان مصرفی در بتن کمتر است و کاهش ترک های پلاستیک و ارتقاء نسبی مقاومت های دینامیکی فشاری، کششی و خمشی بتن دیده می شود. واکنش های شیمیایی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا: از نظر واکنش های شیمیایی تفاوتی بین بتن حاوی ژل های میکروسیلیس وجود ندارد ولی میزان آهک های آزاد که وارد واکنش می شوند به مراتب کمتر است. افزایش روانی بتن بدون نیاز به اضافه کردن سوپر روان کننده بتن : بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا ممکن است نسبت کمتری را به بتن آب بند حاوی ژل میکروسیلیس نشان دهد ولی از نظر قابلیت کارایی این دو بتن دارای ژل میکروسیلیکا تفاوتی با هم ندارند. بسته بندی ژل میکروسیلیکا برای ساخت بتن الیافی : ژل میکروسیلیکا در بسته ۲۵kg تولید می شود .

بنا بر سفارش مشتری بسته بندیهای بزرگتر این ژل میکروسیلیکا قابل تولید است. مشخصات ظاهری ژل میکروسیلیکا : ژل میکروسیلیکا در حالت سکون ژله ای است ولی بعد از تکان دادن به صورت مایع است. ژل میکروسیلیکا خاکستری رنگ است. وزن ژل میکروسیلیکا۱/۴کیلوگرم است. ژل میکروسیلیکا بسیار کمتر از حد مجاز استاندارد کلراید دارد. ژل میکروسیلیکا نیترات ندارد. نقطه انجماد ژل میکروسیلیکا صفر درجه سانتیگراد است. ژل میکروسیلیکا نقطه اشتعال ندارد. مصرف ژل میکروسیلیکا: ژل میکروسیلیکا را به مقداره ۵٪ الی ۸٪ وزن سیمان مصرفی به بتن اضافه کنید. ژل میکروسیلیکا را میتوان در هنگام ساخت بتن نفوذ ناپذیر در بچینگ و یا پس از ساخت بتن الیافی در تراک میکسر اضافه می شود. هنگام اضافه کردن ژل میکروسیلیکا در تراک میکسر باید از اختلاط کامل آن در بتن الیافی مطمئن شد. تجربیات و آزمایشات نشان داده مخلوط کردن ژل میکروسیلیکا در تراک میکسر ، به ۳ الی ۵ دقیقه زمان احتیاج دارد. برای اطمینان بیشتر نتیجه بهتر گاهی ژل میکروسیلیس در کارگاهها به صورت دو جزئی مصرف می شود که نتیجه بسیار بهتری میدهد. بدین ترتیب که قسمتی از ژل میکروسیلیکا در بچینگ و قسمتی هم به عنوان میزان یادآوری حدود ۵ دقیقه قبل از مصرف به تراک میکسر اضافه کنید. عوارض مصرف کمتر یا بیشتر ژل میکروسیلیکا: مصرف کمتر از ۵٪ ژل میکروسیلیکا باعث عدم وجود قدرت واقعی فوق روان کنندگی در بتن است وباعث افت سریعتر خاصیت روانی بتن شده و قدرت میزان جذب آهک آزاد را کاهش میدهد و باعث پایین آمدن نسبی مقاومتهای فشاری، کششی و خمشی در بتن می شود. ولی با بعضی سیمانها و بعضی شرایط خاص،تجربیات موفق و اقتصادی از مصرف کمتر ژل میکروسیلیکا در بتن الیافی به ثبت رسیده است تاکنون روش استانداردی برای طرح بتن های خود تراکم ارائه نشده است، بلکه محققان مختلف براساس مجموعه ای از اصول اولیه که گاه برای بتن های معمول مورد استفاده قرار می گیرد و همچنین براساس نتایج مخلوطهای آزمایشی که به صورت آزمون و خطا ساخته می شوند، اقدام نموده و در برخی موارد نیز توصیه‌هایی برای کوتاه کردن مسیر طراحی و کم کردن تعداد مخلوطهای آزمایشی ارائه نموده اند.چنانچه بتوان با افزایش تراکم سنگدانه‌ها، فضای بین دانه‌ها را به حداقل ممکن کاهش داد، ساختار بتن، یک ساختار متراکم با حداقل نفوذپذیری خواهد بود که حجم خمیر سیمان نیز در آن کاهش پیدا کرده و در نتیه دوام بتن افزایش می‌یابد. البته این مسئله در بتن های خود تراکم که معمولاً حجم خمیر سیمان در آنها زیاد است. نه تنها سبب متراکم شدن و افزایش دوام می‌شود، بلکه در کاهش جمع شدگی و خزش نیز موثر خواهد بود.
پژوهشگران متعددی روی این موضوع کار کرده‌اند که از جمله اولین آنها تحقیقات انجام شده در سال ۱۹۰۷ توسط فولر و تامسون را می توان نام برد. در نظریه فولر تامسون نحوه توزیع دانه‌ها در مصالح سنگی (سنگدانه) به گونه ای انتخاب می شود که دانه های

کوچک در بین فضای دانه‌های بزرگتر قرار بگیرد و فضای خالی به حداقل ممکن کاهش یابد. این نوع منحنی ها، که اصطلاحاً به منحنی‌های دانه بندی ایده‌آل[۱] موسوم هستند به علت برخی مشکلات و محدودیت‌ها، کم‌کم دچار تغییراتی شده و به جای آنها منحنی‌هایی با عنوان منحنی‌های مطلوب[۲]، مطرح شدند، که در ادامه به صورت اجمالی مورد بررسی قرار می‌گیرند.
منحنی‌های دانه بندی مطلوب براساس آزمایشهای تجربی و محاسبات نظری، ارائه گردیده است، که از این دسته می‌توان به منحنی‌های بولومی[۳]، فولر، گراف[۴] و ریسل[۵] اشاره کرد. در بین این منحنی‌ها، رابطه فولر نتایج بهتری را داده است:

$$YT_i = ۱۰۰\sqrt{\frac{x_i}{x_{max}}}$$

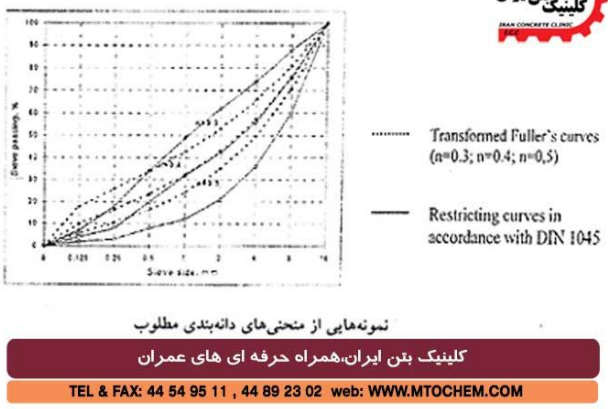
که در آن YT درصد عبوری مصالح از الک Xi،Xi اندازه هر الک و حداکثر اندازه سنگدانه است.
با توجه به اینکه سنگدانه‌های کوچکتر از ۰۷۵/۰mmعموماً رس و لای هستند، منحنی دانه‌بندی فولر به شکل زیر اصلاح می گردد:

$$YT_i = ۱۰۰\left(\frac{x_i - x_.}{x_{max} - x_.}\right)^{۰/۵}$$

منحنی فولر که از رابطه بالا تبعیت می کند برای مخلوط‌های سفت (با کارایی کم)، نتایج خوبی می‌دهد، اما برای بتن های با اسلامپ بیش از 50mm، یا بتن‌های قابل پمپ، که باید مقدار ماسه افزایش یابد و همچنین با توجه به نوع سنگدانه های مصرفی، از نظر تیزگوشه و گردگوشه بودن، رابطه بالا به صورت زیر اصلاح می‌شود.

$$YT_i = ۱۰۰\left(\frac{x_i - x_.}{x_{max} - x_.}\right)^{n}$$

که n درجه معادله فولر بوده و با توجه به روانی بتن و نوع سنگدانه مشخص می شود. در شکل یک نمونه منحنی دانه بندی مطلوب براساس مقادیر مختلف n برابر با ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵، برای منحنی فولر به همراه منحنی‌های ارائه شده در استاندارد DIN 1045 رسم شده است.



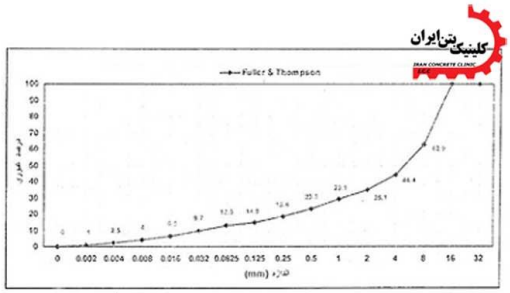
نمونه‌هایی از منحنی‌های دانه‌بندی مطلوب

کلینیک بتن ایران،همراه حرفه ای های عمران
TEL & FAX: 44 54 95 11 , 44 89 23 02 web: WWW.MTOCHEM.COM

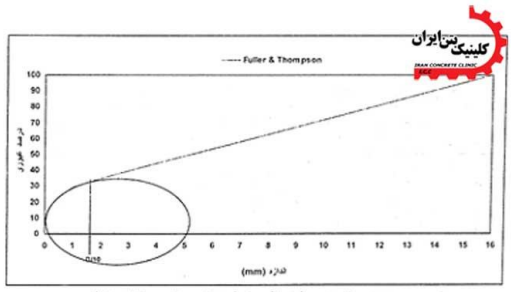
حداکثر نمودن جرم حجمی خشک بتن براساس دانه‌بندی

یکی از راهکارهای دستیابی به بتنی با نفوذپذیری کم و دوام زیاد، افزایش جرم حجمی خشک بتن است. اساس این نظریه دستیابی

به بتنی با حداکثر تراکم با استفاده از حداقل میزان مواد چسباننده می‌باشد، به گونه ای که مقاومت فشاری و کارآیی آن تغییر نکند. در این راستا با استفاده از روابط ریاضی، توزیع دانه ها (اعم از مصالح سنگی و مصالح چسباننده) به گونه ای انتخاب می شود که سنگدانه‌های ریز پودری (پر کننده) و مصالح چسبنده با پر نمودن فضاهای خالی بین مصالح سنگی درشت دانه باعث تراکم بیشتر مخلوط شود. لازم به ذکر است که در منحنی‌های دانه‌بندی معمول (استاندارد)، بازه‌ای برایقسمت ریز دانه (دانه های کوچکتر از 125/0 mm) ارائه نمی شود، در صورتی که این قسمت برای دستیابی به یک دانه‌بندی بهینه و متراکم، حائز اهمیت است. به همین جهت استفاده از منحنی دانه بندی مطلوب (به عنوان مثال نظریه فولر تامسون) مد نظر قرار می گیرد. درنظریه فولر تامسون، منحنی دانه‌بندی در قسمت ریزدانه به شکل بیضی و در سایر قسمت‌ها مماس بر بیضی و به صورت خطی است. شکل های زیر منحنی توزیع دانه‌بندی مصالح سنگی و چسبنده را نشان می دهد.



منحنی دانه‌بندی طبق نظریه فولر و تامسون در مقیاس خطی



منحنی دانه‌بندی طبق نظریه فولر و تامسون در مقیاس لگاریتمی

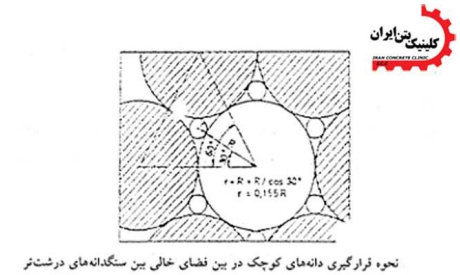
کلینیک بتن ایران،همراه حرفه ای های عمران
TEL & FAX: 44 54 95 11 , 44 89 23 02 web: WWW.MTOCHEM.COM

در این نظریه، به منظور ایجاد یک دانه‌بندی ناپیوسته و کاهش فضای خالی بین درشت دانه ها، ریزدانه ها در بین مصالح درشت دانه قرار داده می شود. شکل بعد بدین منظور قسمتی از یک بخش سنگدانه، حذف می‌شود. البته این احتمال وجود دارد که در صورت استفاده از دانه‌بندی ناپیوسته، تراکم کامل ایجاد نشود.

در شکل با استفاده از روابط مثلثاتی می توان نوشت:

$$\cos ۳۰ = \frac{R}{R+r} \Rightarrow \frac{R+r}{R} = \frac{۱}{\cos ۳۰} \Rightarrow$$

$$\frac{r}{R} = \frac{۱-\cos ۳۰}{\cos ۳۰} \Rightarrow r = \frac{۲-\sqrt{۳}}{\sqrt{۳}} R \Rightarrow d = ۰/۱۵۵D$$


نحوه قرارگیری دانه‌های کوچک در بین فضای خالی بین سنگدانه‌های درشت‌تر

کلینیک بتن ایران،همراه حرفه ای های عمران
TEL & FAX: 44 54 95 11 , 44 89 23 02 web: WWW.MTOCHEM.COM

از آنجا که سنگدانه ها عموماً به طور کامل گرد گوشه نیستند و ریزدانه ها نیز در حین مخلوط کردن به راحتی نمی‌توانند از بین سنگدانه های درشت عبور نموده و جایگزین فضاهای خالی شوند، در نتیجه به منظور کاهش فضاهای خالی میان درشت دانه ها، طبق تحقیقات انجام شده توسط هیله‌مایر مقدار D155/0 به D14/0 کاهش یافت. مزایای این دانه‌بندی ناپیوسته و کاهش فضای خالی مخلوط به شرح زیر است:

این نوع دانه‌بندی در مقایسه با دانه‌بندی پیوسته، با مقاومت فشاری برابر، به سیمان کمتری نیاز دارد.

با کاهش نسبی قطر سنگدانه، مصالح ریزدانه نقش پرکنندگی از خود نشان می دهند.

قابلیت تراکم پذیری مخلوط، در اثر حذف میان دانه ها، بطور محسوس افزایش می‌یابد، زیرا ریزدانه ها با درصد حجمی بیشتر در درشت دانه ها جابجا می‌شوند. به این ترتیب با دستگاه لرزاننده، تراکم پذیری بهتری بین درشت دانه و ریزدانه ها برقرار می‌گردد و هوای بین فضای سنگدانه های بتن تخلیه می‌گردد. قرارگیری سنگدانه‌ها در این نوع مخلوط بتنی قابلیت نگهداری آب را افزایش می دهد. مورد ۲و۳ باعث عمل آوری بهتر مخلوط بتنی شده و درصد آب مورد نیاز نیز متعاقباً کاهش می‌یابد.

از نظر کاهش هزینه های کارگاهی نیز، حذف میان دانه ها مناسب است، زیرا مشکلات حمل، انبار، الک نمودن و عمل آوری بتن کاهش می‌یابد. تحقیقات رستم نشان داد که به جای حذف میان دانه ها می‌توان از منحنی دانه بندی با درصد کاهش یافته میان دانه‌ها استفاده کرد. کاهش میان دانه ها باعث بهبود کارآیی مخلوط می شود، به این ترتیب که با افزایش ریزدانه در مخلوط، نسبت W/C در حداقل ممکن باقی مانده، در نتیجه سبب بهبود کیفیت بتن می‌شود. در شکل های زیر منحنی دانه‌بندی طبق نظریه T&F و همچنین منحنی اصلاح شده توسط هیله مایر ارائه شده است. در شکل این دو منحنی در مقیاس لگاریتمی با یکدیگر مقایسه شده اند. همانگونه که مشاهده می‌شود، منحنی اصلاح شده در بخش درشت دانه و میان دانه (بزرگتر از mm2) مقادیر بیشتری نسبت به منحنی T&F و برعکس برای دانه های کوچکتر از mm2 دارای مقادیر ریزدانه کمتری نسبت به منحنی T&F دارد. یکی از مهمترین ویژگی های این منحنی ها، تعیین نسبت حجمی کلیه دانه‌های موجود در بتن، اعم از سنگدانه و مواد چسباننده است. براساس این منحنی می‌توان سهم هر یک از مواد جامد تشکیل دهنده بتن را تعیین کرد. درصد مشخص شده برای دانه‌های کوچکتر از mm063/0 بیانگر مقدار مواد چسباننده (یا پودری) می باشد.

آندریاسن و آندرسن تراکم توزیع یکنواخت دانه ها را مطالعه نموده و تراکم بهینه را با معادله‌ای شبیه به معادله قبل (بدون) و با n =۰/۳۷ به دست آورند که تحت عنوان مدل A&A شناخته می‌شود. فونک برای مورد توجه قرار دادن ریزترین دانه ها، توزیع آندریاسن را مطالعه و مدل اصلاح شده A&A را ارائه کرد. نشان داده شده است که طرح اختلاط سو با منحنی اصلاح شده A&A مطابقت دارد. منحنی آندریاسن بهتر از منحنی فولر، ریزدانه ها را مورد توجه قرار می‌دهد (حدود ۲۰٪ ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون در آندریاسن در مقایسه با ۵/۵٪ در منحنی فولر)، بنابراین برای طرح SCC مناسب‌تر عنوان شده است

بررسی تاثیر الیاف پلی پروپیلن بر کارایی و خواص مکانیکی بتن خودتراکم سبک

بتن سبک بتنی است که وزن مخصوص آن به طور محسوسی کمتر از وزن مخصوص بتنی است که با سنگدانه های طبیعی یاشکسته ساخته می شود بتن سبک در سه نوع بتن سبک غیرسازه ای،بتن سبک سازه ای و بتن سبک متوسط طبقه بندی می شود بتن سبک اغلب به عنوان جایگزین مناسب و مکمل بتن معمولی در جهت سبک سازی سازه به کار می رود. استفاده از سبکدانه ها در ساخت بتن امکان کسب مقاومت سازه ای و همچنین مقاومت های بالا در کنار کاهش قابل ملاحظه در وزن مخصوص بتن را فراهم میکند. این مزیت در بتن های سبک سازه ای، موجب کاهش بار مرده ی ساختمان ها و به تبع آن کاهش در ابعاد مقاطع سازه ای میشود.. بتن های ساخته شده با استفاده از مصالح سبکدانه علی رغم مزایای مذکور به دلیل ساختار متخلخل سنگدانه ها ، دارای مقاومت کمتری از بتن های معمولی می باشند . محققین جهت بهبود عملکرد بتن سبکدانه ، استفاده از الیاف پلیمری و فولادی را مورد مطالعه قرار داده و به کار بسته اند. از طرفی استفاده از الیاف در بتن های خودتراکم به طور قابل ملاحظه ای از کارایی بتن ها می کاهد.خواص ظاهری و میزان مصرف الیاف پارامترهایی هستند که علاوه بر خواص بتن تازه ، خصوصیات بتن سخت شده را نیز تحت تاثیر قرار می دهند نتایج نشان می دهد با افزایش نسبت طول به قطر به ازای هر یک از

مقادیر الیاف از کارایی بتن تازه کاسته شده است. اضافه کردن الیاف سبب افزایش مقاومت کششی و خمشی نسبت به طرح شاهد شده و بیشترین افزایش در طرح حاوی ۰,۲ درصد الیاف با نسبت طول به قطر ۶۰۰ مشاهده شد.

بتن سبکدانه ی سازه ای از مصالح پرکاربرد در ساخت و ساز مدرن است که می توان کاربردهای زیاد و متنوعی از جمله در ساخت ساختمان های چندین طبقه، کف ها، دیوارهای جدا کننده، سقف های پوسته ای، پلها، اعضای پیش تنیده یا انواع قطعات پیش ساخته و .... را در این خصوص نام برد. بتن های سبک سازه ای با کاربرد سنگدانه های ریز و درشت سبک ساخته می شوند، اما برای مقاومت های بیشتر معمول است که قسمتی یا همه سنگدانه های ریز سبک با ماسه با وزن معمول جایگزین شود. . بتن سبک اغلب به عنوان جایگزینی مناسب و مکمل برای بتن معمولی و به منظور کاهش وزن سازه به کار می رود، هر چند مقاومت فشاری نهایی آن در مقایسه با بتن های معمولی مقدار کمتری است. .یکی از راه حل های متداول جهت مقاوم سازی ساختمان های بتن مسلح قدیمی، قراردادن غلاف هایی در دورتادور اعضای سازه ای است که با استفاده از بتن، اعضای فولادی و ورقه های FRP ساخته می شود. این گونه فعالیت های ساختمانی اغلب در شرایط مرزی بسیار محدود انجام می شود. افزایش قابل ملاحظه ی بار وارده در این موارد به ندرت مجاز است، در نتیجه استفاده از بتن سبک دانه ترجیح داده می شود. همچنین یکی دیگر از معیار های تعیین کننده برای انتخاب مواد برای مقاوم سازی، خواص آن در حالت تازه می باشد. در پروژه های مقاوم سازی به دلیل محدودیت های موجود در دسترسی به سازه ی ساختمان ها، بتن را نمیتوان با روش های سنتی همچون باکت گذاری انتقال داد، بلکه بتن به محل پمپ می شودکه بدین منظور مخلوطی با کاراییزیاد برای سهولت در ریختن و تراکم مناسب مورد نیاز است برای تامین این الزامات بتن خود تراکم سبک قابل استفاده است . بتن خودتراکم نوع جدیدی از بتن های با عملکرد بالا است که می تواند بدون جداشدگی و انسداد، تحت اوزن خود و بدون نیاز به لرزاندن خارجی به محل مورد نظر جریان یابد و قالب را پر کند. پایداری بتن تازه به وسیله ی مقاومت در برابر آب انداختگی، ته نشینی و جداشدگی توصیف می شود و به چسبندگی و گرانروی مخلوط وابسته است.

تاثیر چگالی سبک دانه ها بر خواص بتن

خواص فیزیکی و مکانیکی بتن سبک دانه به شدت به سنگدانه های مورد استفاده به ویژه به چگالی آن ها وابسته است. عموما چگالی بیشتر سنگدانه ها مقاومت مواد را بهبود می بخشد اگر چه موجب افزایش وزن آن ها می شود. به هرصورت آشکارترین محدودیت در استفاده سازه ای این مواد شکنندگی آن هاست که بسیار تاثیر گذار است. . مقاومت فشاری بالاتر،شکنندگی بیشتری را به همراه دارد. ضعف و شکنندگی سنگدانه های سبک نقایصی را در خواص مکانیکی بتن سبکدانه ی سخت شده همچون کاهش در مقاومت خمشی و کششی به وجود می آورد. . بنابراین بهبود در شکنندگی نکته ای کلیدی در گسترش کاربردهای بتن سبک است. استفاده از الیاف در بتن می تواند راه حل مناسبی جهت بهبود شکلپذیری باشد.

تاثیر اندازه ی الیاف

در بتن های الیافی ، هزاران الیاف کوتاه بطور تصادفی در بتن در طول اختلاط پراکنده و توزیع می شوند و خواص بتن را در همه ی راستاها بهبود می بخشند. افزایش استفاده از بتن الیافی در سازه های ساختمانی به این دلیل است که تقویت بتن با الیاف، چقرمگی، مقاومت خمشی، مقاومت کششی، مقاومت ضربه ای، مواد شکست بتن و عمر مفید ساختمان را بهبود می بخشد .

خواص اصلی موثر بر چقرمگی و حداکثر مقاومت در بتن های الیافی به نوع الیاف مورد استفاده، حجم مصرفی الیاف، نسبت طول به قطر الیاف و جهت الیاف در ماتریس بتن وابسته است . مطالعات پیرامون استفاده از الیاف پلی پروپیلن در بتن سبک دانه ی معمولی و خودتراکم نشان داده است که این الیاف تاثیر قابل توجهی بر مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته ی بتن سبک نداشته اما مقاومت کششی و مدول گسیختگی بتن را بهبود می بخشد. . همچنین کاهش شدید در کارایی بتن تازه خودتراکم در اثر افزودن این الیاف در بتن ساخته شده با سنگدانه های طبیعی و سبک گزارش شده است. افزایش در ضریب الیاف، افزایش در زمان تخلیه و کاهش در جریان اسلامپ و درصد پرکنندگی جعبه را موجب شد

هر آنچه که باید در مورد آب بندی بتن بدانید

بتن یک ماده ی متخلخل است و اگر به خوبی آب بندی نشود، می تواند به مرور زمان مقدار زیادی آب را به خود جذب کند. این آب جذب شده می تواند حاوی آلودگی ها و مواد شیمیایی مختلفی باشد که تخریب بتن را رقم می زنند. اگر می خواهید که از عمر طولانی و دوام بالای بتن خود مطمئن شوید، لازم است که آب بندی آن را به صورت استاندارد انجام دهید. اما چگونه؟ بهترین راه و جدید ترین مواد آب بندی بتن چه چیزهایی هستند؟ در این نوشتار سعی داریم تا به توضیح این مسائل بپردازیم. آب بندی بتن به معنای جلوگیری از نفوذ آب به بتن و مقاومت در برابر فشار هیدرواستاتیک می باشد. بتن در مفهوم وسیع به هر ماده یا ترکیبی که از یک ماده چسبنده با **خاصیت سیمانی** شدن تشکیل شده باشد گفته می شود. این ماده چسبنده عموما حاصل فعل و انفعال سیمان های هیدرولیکی و آب است. امروزه چنین تعریفی از بتن شامل طیف وسیعی از محصولات می شود. بتن ممکن است از انواع مختلف سیمان و نیز پوزولان ها، سرباره کوره ها، گوگرد، مواد افزودنی، پلیمرها، الیاف و غیره تهیه شود. با توجه به گسترش و پیشرفت علم و پیدایش تکنولوژی های فراوان در قرن اخیر، شناخت بتن و خواص آن نیز توسعه قابل ملاحظه ای داشته است، به نحوی که امروزه شاهد کاربرد انواع مختلف بتن با مصالح مختلف هستیم که هر یک خواص و کاربری مخصوص به خود را داراست. در حال حاضر انواع مختلفی از سیمان ها که شامل پوزولان ها، سولفورها، پلیمرها و افزودنی های متفاوتی هستند، تولید می شوند. همچنین می توان خاطر نشان کرد که تولید انواع بتن با استفاده از حرارت، بخار، اتوکلاو، تخلیه هوا، فشار هیدرولیکی ویبره و قالب انجام می گیرد. بتن به طور کلی محصولی است که از **اختلاط آب** با سیمان آبی و سنگدانه های مختلف در اثر واکنش آب با سیمان در **شرایط محیطی** خاصی حاصل می شود و دارای ویژگی های خاص است. در دسترس بودن مصالح آن، دوام نسبتاً زیاد و نیاز به ساخت و سازهای فراوان سازه های بتنی چون ساختمان ها، سدها، پل ها، تونل ها و راه ها، این ماده را بسیار پر مصرف نموده است. اینک حدود سه تا چهار دهه است که کاربرد این ماده در شرایط خاص مورد استقبال کاربران آن قرار گرفته است. امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی مشخص شده، که صرف توجه به مقاومت به عنوان یک معیار برای طرح بتن در محیط های مختلف و کاربردهای مختلف، نمی تواند جوابگوی مشکلاتی باشد که در دراز مدت در **ترمیم سازه های بتنی** ایجاد می گردد. چند سالی است که مسأله دوام بتن در محیط های مختلف مورد توجه قرار گرفته است. مشاهده خرابی هایی با عوامل فیزیکی و شیمیایی در بتن ها در اکثر نقاط جهان و با شدتی بیشتر در کشورهای در حال توسعه، افکار و اذهان را به سمت طرح بتن هایی با ویژگی خاص و با دوام لازم سوق داده است. در این راستا در پاره ای از کشورها دستورالعمل ها و استانداردهایی نیز برای طرح بتن با عملکرد بالا تهیه شده و طراحان و مجریان در بعضی از این کشورهای پیشرفته ملزم به رعایت این دستورالعمل ها گشته اند. با گسترش دیدگاه و تفکر عصر بتن های سبز فرا صنعتی و تغییر جایگاه نگرش سنتی تک بعدی مقاومتی بتن به سمت و سوی بتن های مقاومتی دوامی، لزوم جانشینی برخوردی کل نگرانه و به عنوان یک سیستم زنده و پویا به جای برخورد قدیمی و جزء نگرانه ی از پیش تعیین شده احساس می شود. در این راستا طبیعت بتن بگونه ای است که رفتار آن با رفتار تک تک اجزاء تشکیل دهنده آن و نیز با حاصل جمع رفتار این اجزا متفاوت است. بنابراین، اگر بتن را چه به صورت فیزیکی و چه به صورت نظری به اجزا جدا از هم تفکیک کنیم. مشخصات ماده مخدوش شده، از بین خواهد رفت. لذا دنیای بتن یک دنیای غیرخطی است و در محدوده این رفتار غیر خطی دارای ناپیوستگی و گسستگی هایی نیز می باشد و اگر چنانچه این دانش را محدود به برداشت خود از یک معلول منفرد نماییم و استنباط مان فاقد هرگونه کل نگری باشد انگار که این معلول همه چیز است و خود را در یک محدوده کوچک قرار داده ایم. با در نظر گرفتن این تفکر جدید کل نگرانه به بتن بعنوان یک سیستم زنده و پویا هرگونه تغییر رفتار و ایجاد مشخصات جدید در بتن با استفاده از افزودنی های دنیای جدید باید بصورت استفاده از **افزودنی های بتن** چند منظوره که علاوه بر هدف رفتاری جدید در بتن، مقاومت و دوام آن را نیز در نظر دارد، باشد. یکی از مهم ترین مشکلات در **ساخت و نگهداری سازه ها**، نفوذ آب و اثرات تخریبی آن می باشد. بنابراین ضدآب سازی سازه ها از اهمیت خاصی برخوردار بوده تا جایی که امروزه به یک تخصص تبدیل شده است. جذب آب صدمات ظاهری و سازه ای متعددی را در سازه ها بوجود می آورد. در واقع صدمات ظاهری شامل شوره زدگی، پوسته شدن رنگ،قارچ ها، کپک ها و کثیف شدگی بوده و صدمات سازه ای موجب واکنش

سیلیکات های قلیایی، یخ زدگی و ذوب شدن پیاپی آب در مصالح، کربونیزاسیون، باران های اسیدی، سولفاته شدن و خوردگی آهن آلات بکار رفته در اسکلت ساختمان می شود که بر روی **انعطاف پذیری و کاهش مقاومت** آنها تأثیر می گذارد. هر ساله آمار و ارقام زیادی در مورد **تخریب سازه های بتنی** منتشر می شود و بدیهی است هزینه های سنگینی در طرح های عظیم ملی نظیر طرحهای فاضلابی، سازه های دریایی، ساخت اسکله ها و بنادر سدها و پل ها و... صرف می شود. در صورتی که تمهیدی برای حفظ این سازه ها به کار گرفته نشود نه تنها این سرمایه عظیم از بین می رود بلکه ساخت مجدد آنها فوق العاده دشوارتر و پر هزینه تر بوده و رشد و شکوفایی اقتصادی را ناممکن می سازد. یکی از مواردی که در مورد **مقاوم سازی سازه های بتنی** بالاخص مواردی که در مجاورت دائم یا غیر دائم با آب و مواد شیمیایی می باشد بسیار با اهمیت است. عملکرد مسدود کنندگی در برابر تراوش، نفوذ، فشار یا تهاجم آب حاوی مواد شیمیایی علاوه بر تحمل خوب باربری آن است. در این راستا باید بتنی ساخته شود که اصطلاحا آب بند یا ناتراوا گفته می شود. برای آن که بتن را آب بندی کنید چند راه پیش روی شماست.

✓ انواع روش های آب بندی بتن

اول این که بتن را از طریق سطح خارجی اش آب بندی کنید، راه دوم این است که از طریق سطح داخلی این عمل را انجام دهید و یا از راه سوم استفاده کنید که آن آب بندی بتن از طریق ذرات بتن است. یکی از معمول ترین راه های آب بندی بتن از طریق سطح خارجی استفاده از ورق های آب بندی است، اما این روش محدودیت های بسیاری دارد و هم چنین هزینه‌ی بالایی را نیز در بر می گیرد. از دهه ۱۹۸۰ تا کنون در بسیاری از پروژه های ساخت و ساز در سرتاسر دنیا از افزودنی کریستالی برای **آب بندی بتن** استفاده کرده و می کنند. این روش در واقع همان روش سوم آب بندی است (از طریق ذرات خود بتن) است که به آن اشاره کردیم. در این شیوه **ذرات بتن** خودشان سد راه عبور آب از هر جهتی می شوند و در واقع خود بتن به نوعی مانع آب تبدیل می گردد. تا کنون پیشرفت های زیادی در هر دو زمینه ی استفاده از **ورق های آب بندی** و استفاده از **افزودنی کریستال** صورت پذیرفته است. در این جا به اختصار به مرور به آنها می پردازیم تا انتخاب های موجود برای شما روشن تر شود.

علم نوین و شیوه های آب بندی سازه های بتنی

۱. سیستم آب بندی بتن به وسیله ورقه

ورقه های آب بندی ورق هایی هستند که از **مواد پلیمری**، قیر و پلی اتیلن تشکیل شده‌اند. ترکیب این مواد باعث می شود تا این ورق ها در برابر **تغییرات دمایی** کم تر حساس باشند و کم تر تغییر شکل بدهند. این ورق ها به صورت خودکار از نزدیک شدن مواد و سموم شیمیایی خطرناک جلوگیری می نمایند و در عین حال باعث افزایش مقاومت کششی، **افزایش مقاومت** در برابر خاک های اسیدی، انعطاف پذیری، خود ترمیمی و افزایش توانایی پیوند می شود. با وجود پیشرفت هایی که در این نوع سیستم آب بندی بتن صورت پذیرفته، همچنان معایب زیادی در مورد آن ها وجود دارد. نصب این ورقه ها می تواند کار بسیار سخت و طاقت فرسایی باشد. خصوصا در اتصال میان ورقه های مختلف باید کارهای زیادی صورت بپذیرد تا آب بندی دچار هیچ گونه مشکلی نشود و این کارها بسیار سخت و زمان بر هستند. همچنین ورقه ها باید به سطوحی متصل شوند که در آن هیچ گونه تخلخلی وجود ندارد و دارای سطح کاملا صافی باشند، از این رو باید تخته های محافظی نیز بر روی بتن نصب گردد. با وجود تمام این مشکلات، استفاده از ورقه های آب بندی در سالیان متمادی جزو معمول ترین روش ها بوده و هم چنان نیز هست.

۲. سیستم آب بندی بتن به روش پوسته های مایع

به وسیله ی یک قلم مو، اسپری یا غلتک می توان موادی نظیر **اورتان** یا آسفالت پلیمریک را بر روی **سطح بتن** کشید که به این روش آب بندی روش پوسته های مایع گفته می شود. این روش معمولا بر روی سطح خارجی بتن اجرا می شود. اما پیشرفت های اخیر فناوری باعث شده تا **آب بندی سطح** داخلی نیز میسر گردد. موفقیت آمیز بودن آب بندی به وسیله ی پوسته های مایع بستگی به ضخامت و نحوه‌ی وضع آنها دارد. از این روش تنها زمانی استفاده می شود که استفاده از ورق های پیش ساخته میسر نباشد.

✓آب بندی بتن با استفاده از افزودنی های بتن

نوع بسیار جدید و مدرنی از آب بندی بتن که در سال های اخیر بسیار از آن استفاده شده، استفاده از افزودنی های مختلف در مخلوط بتن می باشد. این افزودنی ها در هنگام بتن ریزی به مخلوط بتن اضافه می شود و خود بتن را به یک مانع برای عبور آب تبدیل می کنند. این افزودنی ها انواع مختلفی دارند و به دسته های افزودنی های هوا دهنده بتن، دافع آب و **افزودنی های کریستال** تقسیم می شوند.

روش های نوین آب بندی بتن

✓ روش های نوین آب بندی بتن و اعضای بتنی

بتن به عنوان یکی از **پرکاربردترین مواد در سازه ها** همیشه مورد توجه مهندسان قرار گرفته است. انعطاف پذیری که این ماده برای رسیدن به اهداف مختلف از خود نشان داده، اقتصادی بودنش در برابر سایر مواد مصرفی، در دسترس بودن مواد اولیه، شکل پذیری و سازگاری نسبی با طبیعت باعث اهمیت بیشتر آن می شود. یکی از ویژگی های اصلی بتن قابلیت تغییر در طرح اختلاط و اضافه کردن مواد افزودنی خاص به منظور دستیابی به اهداف مختلف می باشد که باعث می گردد با در نظر گرفتن **تمهیدات خاص**، بتن آب بند و انواع دیگر بتن حاصل گردد که هر کدام ویژگی های خاص خود را دارا می باشند. در این تحقیق ساختار بتن آب بند به عنوان یک ماده با نفوذپذیری کم مورد بررسی قرار گرفته و عوامل موثر بر طرح اختلاط، نحوه اجرا و برخی افزودنی های بتن به منظور دستیابی به نتایج مطلوب تفسیر می گردد. محوریت اصلی تحقیق مواد افزودنی ست که به منظور **ساخت بتن آب بند** مورد استفاده قرار می گیرند. این مواد می توانند هم به صورت ترکیب با اجزا تشکیل دهنده بتن و هم پس از سخت شدن بتن مورد استفاده قرار گیرند.. مقدار مصرف این مواد و نوع به کارگیری آنها در بتن های مختلف، متفاوت است. سازه های بتنی از سه منظر دوام، بهره برداری و زیبایی نیازمند آببندی می باشند. دوام را به قابلیت حفظ توان خدمت رسانی یک محصول تولیدی، جزء سازنده، یا مجموعه اجزایی سرهم شده در مدت زمانی معین تعریف می کنند. توانایی خدمت رسانی، **قابلیت سازه** برای اجرای کارکردهایی است که به منظور تحقق آنها، در شرایط رخ نمایی) در معرض محیطی خاص بودن(طراحی و ساخته شده است. بنابراین، سازه باید توانایی ایستادگی و مقاومت در مقابل کل بارهای منظور شده در عمر خدمت رسانی خود و نیز شرایط محیطی را داشته باشد، بدون آنکه به زوال)فروسایی) سایش یا ریزش پیش از موعد دچار شود. دوام به مفهوم وسیع خود به ماهیت بتن و به تهاجم در محیط خدمت گیری بستگی دارد. لزوم بتن با کیفیت خوب و تامین پوشش کافی آرماتور برای آن در تعیین

مشخصات فنی بتن بادوام اهمیت اساسی دارد. نفوذپذیری کمرا عامل کلیدی بتن بادوام تشخیص داده اند که عوامل مختلفی بر آن تاثیر گذار است. آب بندی سازه های بتنی گویای لحاظ تمهیدات لازم برای جلوگیری از نفوذ یا عبور آب یا سایر مایعات از مقطع بتن می باشد.

روش های آب بندی سازه های بتنی عبارتند از:

آب بندی اولیه آب بندی در حین ساخت

آب بندی ثانویه ۱. آب بندی به روش پوشش های سطحی یا نفوذگر

۲. آب بندی به روش تزریق

باید توجه داشت که آب بندی بتن در بسیاری از مواقع با وجود اینکه ما شاهده ورود آب از قسمتی و خروج آن از سمتی دیگر نیستیم به لحاظ دوام سازه دارای اهمیت بالایی می باشند. بدیهی است که مطمئن ترین و کارآمد ترین روش همواره مواد آب بندی بتن در سازه های بتنی با به کارگیری تمهیدات در حین ساخت می باشد. این امر می تواند با استفاده از **کاهش نفوذپذیری بتن**، استفاده از افزودنی های بتن آب بند کننده و نصب **واتر استاپ** آب بند کننده بتن در قسمت درزها یا استفاده از پوشش های آب بندی در جهت فشار مثبت تحقق یابد. اما متاسفانه با این وجود در بسیاری از مواقع مشاهده می شود به دلایل اقتصادی و یا عدم آگاهی کافی سازندگان و تصمیم گیران، این سیستم آب بندی در سازه های بتنی صورت نمی گیرد.

در این صورت در گام دوم میتوان برای آب بندی بتن از یکی از دو روش رایج **آب بندی سازه های بتنی** یعنی آب بندی به روش تزریق و یا روش آب بندی با استفاده از **انواع پوشش های آب بند** استفاده کرد. لازم به ذکر است که پوشش های آب بندی دارای گونه های مختلفی می باشند که هر یک متناسب با شرایط بهره برداری و محدودیت های مالی و اجرایی، انتخاب و قابل استفاده می باشند. لذا آنچه در این بین می تواند در انتخاب روش آب بندی بتن مورد توجه باشد لحاظ حداکثر دوام آب بندی سازه های بتنی می باشد.

✓ مزایای استفاده از آب بندی بتن

از مزایای استفاده از آب بندی به روش تزریق می توان به امکان اجرای آب بندی در فشار مثبت و منفی، حداکثر **دوام سازه بتنی** به علت جلوگیری از ورود آب به سازه و سرعت بالای اجرا اشاره نمود. از مشکلات عمده این روش آب بندی بتن، تخصص بالای مورد نیاز، نیاز به تجهیزات خاص و گران قیمت و هزینه بالای این روش آب بندی بتن می باشد. در این تحقیق علاوه بر تحلیل ساختار بتن آب بند و روش های **آب بندی بتن**، انواع مواد افزودنی به منظور آب بندی بتن و اعضای بتنی معرفی و تشریح می گردد.

۱. بتن آب بند و اصول آب بندی بتن

بتن آب بند به بتنی گفته می شود که در برابر نفوذ هرگونه عامل بیرونی که به سطح بتن حمله کند مقاوم باشد. بتن آب بند بدون هرگونه ترک خوردگی می باشد. از نظر محدود کردن **آسیب دیدگی بتن**، در حقیقت مناسب تر آن است که از اصطلاح بتن غیر قابل نفوذ استفاده گردد. زیرا امکان آب بندی مطلق در مخلوط نامتجانسی همچون بتن به سختی میسر می باشد. بدین معنی که اگر حجم رطوبت نفوذ یافته در جسم بتن در سطح مجاور هوا تبخیر شود و در زمان تجزیه و تحلیل رطوبت هیچ صدمه ای ایجاد نشود در این صورت به چنین بتنی بتن آب بند (آب کیپ یا ناتراوا) گفته می شود. یا به عبارت دیگر زمانی بتن آب کیپ است که تهویه مناسب و دمای کافی برای ادامه تبخیر آب نفوذ یافته در سطح بیرونی در سازه های مخزنی و سطح دور از آب در سازه های آبی وجود داشته باشد و قطرات تعریق بر روی سطح دور از آب در محل موجود نباشد.

۲. اصول آب بندی سازه های بتنی

آب بندی سازه های بتنی به دو صورت کلی دسته بندی می گردد:

آب بندی اولیه (در حین ساخت و بتن ریزی)

این روش با استفاده از مواد افزودنی مناسب و اصلاح **طرح اختلاط بتن** مصرفی و قرار دادن واتراستاپ در درزهای اجرایی یا انبساطی و رعایت نکات مهم اجرایی انجام می گردد. لازم به ذکر است که آب بندی در این مرحله **اقتصادی ترین** و بهترین روش محسوب می شود. **مواد افزودنی مناسب** برای این سیستم دارای خواص زیر هستند:

۱. با داشتن خاصیت روان کنندگی سبب کاهش نسبت آب به **سیمان** و افزایش سهولت **متراکم سازی بتن** شده که این مورد خود باعث کاهش قطر لوله های مویینه، افزایش وزن مخصوص و تراکم بتن و در نتیجه سبب کاهش نفوذ پذیری می شوند. همچنین **خاصیت روان کنندگی** باعث بهبود خواص پمپ پذیری می شود.

۲. با لغزنده نمودن سطوح داخلی لوله های مویینه درون بتن سخت شده، به واسطه از میان بردن نفوذ آب از طریق خاصیت اُسمُزی، نفوذپذیری بتن را کاهش می دهند.

۳. با ایجاد حباب های ریز هوا و در نتیجه قطع لوله های مویینه موجب کاهش نفوذپذیری بتن می گردد.

۴. از نفوذ سولفات ها و املاح خورنده در بتن جلوگیری کرده و یون کلر فعال موجود در آن را غیر فعال می نمایند.

۵. به دلیل عملکرد چند کاره بر **مقاومت فشاری** و **دوام بتن** می افزایند.

دارا بودن این خواص به صورت همزمان منجر به تولید بتنی ایده آل شده که انتظارات بهره بردار را برآورده می سازد. نتیجه آن که برای آب بندی یک سازه بتنی در حین ساخت دو کار اساسی را بایستی انجام داد:

- **آب بند نمودن ساختار جسم بتن**

کیفیت بتن از نظر دوام برحسب نفوذپذیری اندازه گیری می شود. **عامل کنترل کننده** این ویژگی در بتن سخت شده سیستم فضاهای خالی است. همین عامل در مقاومت در مقابل حمله شیمیایی از منابع خارجی (مثلا اسیدها، دی اکسیدکربن و سولفات ها) یا از درون بتن (مثلا واکنش قلیایی سنگدانه و سیمان نامناسب) و نیز در برابر سایر تنش های محیطی ناشی از نفوذ رطوبت (مثل دوره یخ زدن و آب شدن و تراوش) از اهمیت اساسی برخوردار است. به طور کلی نفوذ پذیری تحت تاثیر عوامل ذیل است:

- کیفیت سیمان و سنگدانه
- نسبت W/C و درجه هیدراتاسیون
- مقدار تراکم
- میزان عمل آوری
- حضور یا عدم حضور ترک ها

واکنش هایی را که در دوام بتن موثرند، به طور کلی می توان به دو نوع تقسیم کرد:

۱. واکنش های سطحی
۲. واکنش های رخ دهنده در جسم بتن

حمله سطحی که ریزساختار بیرونی بتن و ملات را خراب می کند، بیشتر ناشی از تاثیر مضر محلول های مهاجم است. حمله درونی نتیجه دوره های یخ زدن و آب شدن و واکنش انبساطی شدید سنگدانه ها با سیمان است. حمله داخلی در صورتی رخ می دهد که کیفیت سیمان پایین بوده یا آنکه سیمان حاوی اکسید کلسیم یا اکسید منیزیم بیش از اندازه باشد. اگر مخلوط بتن طوری طراحی شود که بتن سخت شده سیستم حفره های هوای کافی در برداشته باشد، می توان از خرابی ناشی از دوره های یخ زدن و آب شدن اجتناب کرد. ایجاد این خاصیت در بتن به خصوص زمانی که بهره برداری از بتن در شرایط اشتباه باشد، ضروری است.

عامل تعیین کننده مقاومت بتن، حفرات موجود در آن است. تاثیر سنگدانه با همه اهمیت خود کمتر از خمیر سیمان است. نسبت W/C مبین این اثر است. به طوری که هر چه نسبت W/C بیشتر باشد، فضای مویینه خمیر بیشتر، و بنابراین مقاومت آن کمتر است.

این نظر توسط پاورز در قانون نسبی فضا - ژل بیان کمی یافته است:

« هر چه نسبت ژل (خمیر سیمان هیدراته) به فضای موجود برای آن بیشتر باشد، مقاومت بیشتر خواهد بود.»
نفوذپذیری عامل اصلی تعیین کننده دوام بتن است. نفوذ مواد شیمیایی مضر و دی اکسید کربن، و نیز خرابی ناشی از یخ زدن و آب شدن در هنگامی که رطوبت در حد اشباع است، همه با نفوذ پذیری بتن ارتباط مستقیم دارند. نفوذ پذیری بتن نسبت به آب تحت فشار هیدرواستاتیک)همه جانبه) بیشتر به نفوذ پذیری اجزای خمیر سیمان بتن بستگی دارد. کل آب تراوشی باید از میان اجزای خمیر بتن)بخش پیوسته) عبور کند و اگر نفوذ پذیری خمیر کم باشد، بتن نیز خواص مشابه را نشان خواهد داد. نفوذ پذیری با پیشرفت هیدراتاسیون به سرعت کاهش می یابد. لذا اصلاح ساختار بتن جهت آب بندی شامل تراکم، توسعه دوام و ایجاد مقداری حباب هوا می باشد که با رعایت نکات زیر حاصل می گردد:

۱. اصلاح منحنی دانه بندی و کنترل میزان ذرات ریزدانه به این معنی که میزان سیمان، مواد افزودنی پودری (**میکروسیلیکا**) و نرم دانه مصالح سنگی)عبوری از الک ۱۰۰#) جمعاً در هر متر مکعب حداقل ۴۰۰ کیلوگرم باشد.
۲. کاهش نسبت آب به سیمان
۳. افزایش نرخ هیدراتاسیون
۴. دقت در مراحل اجرا (جلوگیری از ایجاد درزهای اجرایی و کرموشدگی)

امروزه تمایل به **ساخت سازه های بتنی** غیر قابل نفوذ با ضخامت پایین با رعایت شرایط فوق زیاد می باشد. قوام یا کار پذیری را نیز می توان با اضافه نمودن **مواد افزودنی شیمیایی** اصلاح نمود. کیفیت بتن آب کیپ را می بایست در زمان اختلاط مناسب مورد بررسی قرارداد. لایه نهایی بتن به منظور آب کیپ بودن بسیار حائز اهمیت است که بطور کامل هیدراته شده، و متخلخل باقی نماند و تحت شرایط نرمال عمل آوری شود. از طرف دیگر به دلیل قطع شدن لوله های مویینه توسط حباب های هوا امکان عبور و انتقال رطوبت و آب بسیار کم می شود و بتن آب کیپ (آب بند) یا ناتروا به وجود می آید. در این مرحله افزودنی های آب بند کننده می بایست دارای خواص کلی ذیل باشد:

۱. دارای خاصیت کاهش دهندگی نفوذ پذیری
۲. خاصیت دفع کنندگی آب یا آبگریز / دور کننده آب

- **آب بند نمودن درزهای اجرایی و انبساطی در سازه بتنی**

سازه آب بند می بایست در قسمت درزهای اجرایی یا انبساطی دارای شرایط زیر باشد:
الف- درزهای اجرائی تا آنجا که ممکن است موجود نباشد و چنانچه وجودشان اجتناب ناپذیر بود می بایست برای آب بندی درز از واتراستاپ نوع تخت استفاده نمود.
ب - برای آب بندی درزهای اجرایی محل اتصال کف به دیواره از واتراستاپ نوع تخت در داخل پاشنه استفاده شده و توسط گیره کار گذارده شود.
ج - برای آب بندی درزهای انبساطی از واتراستاپ نوع حفره دار که **قابلیت انعطاف پذیری** تقریبا بالایی را دارا باشد استفاده نمود.

۲-۳- آب بندی ثانویه (پساز بتن ریزی)

ماده نفوذگر نوعی مخلوط شیمیایی خاص است که برخی از اجزاء تشکیل دهنده آن **خاصیت نفوذی** قابل توجهی دارند. حفاظت بتن در اثر واکنش اجزاء گوناگون موجود در محلول هنگامی که با سطح بتن و با مکانیزم فشار اسمزی به عمق بتن نفوذ می کنند، انجام می شود. از واکنش مواد شیمیایی گوناگون با یکدیگر و با آب کریستال هایی تشکیل می شود که باعث انسداد حفره های مویین بتن و ترک های حاصل از جمع شدگی بتن می گردد و رطوبت را به بیرون میراند. این فرایند بر اثر فشار آب یا در مقابل فشار آب صورت می پذیرد. در صورت فقدان رطوبت اجزا تشکیل دهنده نفوذگر به صورت غیرفعال در محل باقی می مانند. به

مجرد نفوذ آب نفوذگر مداوما **درزبندی** را بنا به طبیعت شیمیایی خود انجام می دهد. رشد کریستال ها و انسداد حفره های بتن تا اعماق نزدیک به یک متر از سطح بتن مشاهده و اندازه گیری شده است.

تشریح روش های آب بندی ثانویه در قطعات بتنی

- **روش تزریق برای ترمیم قطعات بتنی:** تزریق برای ترمیم بتن های دارای ترک و یا نقاط، درزها و ترک های آبدار استفاده می شود. دو روش اصلی برای ترمیم بتن با استفاده از **تکنیک تزریق** به کار گرفته می شود.
- **تزریق رزین اپوکسی**: رزین های اپوکسی عمل آوری شده بصورت جامد با مقاومت بالا و مدول الاستیسیته نسبتا بالا می باشند. چسبندگی رزین های اپوکسی به بتن در حدی می باشد که با اجرای مناسب قابلیت بازگرداندن استحکام سازه ای اولیه بتن ترک خورده را دارند. مدول الاستسیته بالای رزین اپوکسی باعث شده که برای چسباندن بتن های ترک خورده که در آینده دارای احتمال جابجایی هستند مناسب نباشند. از رزین اپوکسی برای آب بند نمودن ترک های آبدار استفاده می شود. اما با این حال به علت سرعت پایین عمل آوری رزین های اپوکسی به خصوص در دماهای پایین و نیز در صورت وجود جریان زیاد آب، استفاده از آن برای آب بندی ممکن نیست. ترک هایی که در آنها رزین اپوکسی تزریق می شود باید دارای عرضی بین ۰/۰۰۵ تا ۰/۲۵ اینچ باشند. تزریق رزین اپوکسی در ترکهای با عرض کمتر از ۰/۰۰۵ سخت و ناممکن است و همچنین نگهداری از رزین تزریق شده در ترک های عریض تر از ۰/۲۵ اینچ کار دشواری است، اگر چه گاهی این امر با استفاده از رزین های اپوکسی با چگالی بالا با موفقیت قابل انجام است. رزین های اپوکسی عمل آوری شده دارای حالت ترد و شکننده، با **استحکام چسبندگی** بیش از مقاومت برشی و کششی بتن می باشند. اگر این مواد برای اتصال مجدد بتن ترک خورده ی در معرض بارهای بیش از مقاومت برشی و کششی استفاده گردد، باید انتظار داشت که ترک هایی مجددا در کنار خط اتصال اپوکسی نمودار شود. به عبارت دیگر برای ترمیم ترک های فعال نباید از **رزین اپوکسی** استفاده نمود.

موفقیت در اجرای رزین های اپوکسی برای ترک های مرطوب متفاوت و متغیر است. تعدادی تکنیک های ویژه و در حال توسعه برای چسبندگی مجدد و آب بندی ترک های آبدار به وسیله ی رزین اپوکسی وجود دارد. این روش و تکنیک های ویژه بسیار تخصصی و فنی بوده و در جاهای خاصی به کار برده می شوند. این روش ها صرفا زمانی در پروژه های تعمیراتی به کار گرفته می شوند که پس از بررسی و تحلیل به این نتیجه برسیم که سایر روش های موجود و استاندارد برای تعمیر پاسخگو و مناسب نیستند.

- **تزریق رزین های پلی یورتان**: از رزین های پلی یورتان برای آب بندی و حذف نشت آب از ترک ها و درزهای بتن استفاده می شود. آنها همچنین می توانند در ترک هایی که امکان جابجایی های کوچک خواهند داشت، تزریق شوند. چنین سیستم هایی، به جز سیستم پلی یورتان دو جزئی جامد، مقاومت کمی داشته و نباید برای چسباندن دوباره ترکها مورد استفاده قرار گیرند. رزین پلی یورتان نباید در ترکهای بتا عرض کمتر از ۰/۰۰۵ اینچ استفاده و تزریق شود. تاکنون برای **تزریق رزین های پلی یورتان**، هیچ حدی برای حداکثر اندازه ترک مشخص نشده است. رزین های پلی یورتان با تنوع قابل توجهی از منظر خواص فیزیکی دردسترس می باشند. برخی از رزین های پلی یورتان پس از عمل آوری به شکل فوم منعطف در می آیند. سیستم های دیگر رزین پلی یورتان پس از عمل آوری به صورت جامد با انعطاف پذیری نسبی و چگالی بالا در می آیند که می توانند برای چسباندن مجدد درزهای با امکان جابجایی مورد استفاده قرار گیرند. رزین های پلی یورتان فوم شونده برای شروع **عملیات عمل آوری** نیازمند آب می باشند به همین دلیل طبیعتی است که از آنها برای تعمیر و ترمیم بتن های در معرض آب یا مرطوب استفاده کرد. تاکنون هیچ استانداردی برای رزین های پلی یورتان مانند آنچه در استاندارد های معتبر برای رزین های اپوکسی وجود دارد، ارائه نشده است. با توجه به فقدان استاندارد از یک سو و از سوی دیگر تغییرات گسترده در خواص فیزیکی رزین های پلی یورتان، لازم است که دقت و

مراقبت زیادی در انتخاب این رزین برای تعمیر بتن صورت گیرد. راهنمای کاربردی برای این نوع رزین ها خیلی مفید و موفقیت آمیز نمی باشد. بعضی از مراکز تحقیقاتی و آزمایشگاهی در حال انجام مطالعات و تحقیقات بر روی این نوع ارزشمند از رزین ها می باشند. در صورت نیاز به مشاوره و راهنمایی برای روش های اجرا می توان از این مراکز کمک گرفت.

- **۲-۴- روش پوشش های حفاظتی سازه های بتنی:** جلوگیری از **خوردگی سازه های بتنی** و نیز آب بند کردن آنها با حفظ سرمایه های عظیم ملی می گردد.

✓ **انواع پوشش های حفاظتی سازه های بتنی**

۱. پوشش حفاظتی سطحی در سازه های بتنی:

این پوشش ها، سطحی پلاستیک و مقاوم بر روی سطح کار تشکیل داده و آن را از محیط خورنده جدا می کنند. اگر به هر دلیلی این پوشش ها آسیب ببینند و زخمی شوند و یا از سطح کار کنده شوند بتنی که در زیر آنها قرار گرفته در اثر عوامل خورنده تخریب می شود. ضمنا این پوشش ها از میلگرد داخل بتن حفاظت نمی کنند و اگر رطوبت از سطح دیگر بتن به داخل نفوذ کند می تواند میلگرد را مورد تهاجم قرار دهد.

پوشش های حفاظتی سطحی در سازه های بتنی خود به دو نوع تقسیم می شوند :

- پوشش هایی که از طریق پاشش یا قلم مو بر سطح کار اجراء می شوند و ماده اساسی حافظ سازه بتنی، رزین های ترموست (رزین هایی که در اثر حرارت سخت می شوند نظیر پلی استر پلی یورتان اپوکسی و...) می باشند. اساس این روش اجرای لایه آب بندی غشائی می باشد. در این روش ماده مورد نظر در یک یا چند لایه با رعایت نکات فنی بر روی اعضای بتنی اجرا می شود. یکی از پیش نیازهای اساسیاین **سیستم آماده سازی** زیر کار می باشد که با مضرس کردن کلیه سطوح صاف و صیقلی بتن آغاز می گردد. سپس باید کلیه ترکها و درزهای اجرائی از قبیل محلهای قطع بتن ریزی به صورت جناقی (V) تا رسیدن به یک بتن سالم و بی نقص حداقل با عمق و عرض ۵ سانتی متر شکافته شود. لازم است که تمام قسمت های کرمو شده نیز تا رسیدن به سطح بتنی متراکم و یکنواخت تخلیه گردد. پیش از **اجرای لایه آب بندی** ضمن شستشوی کامل سطوح از گرد و غبار موجود، تمام قطعات سست و لق از سطح بتن باید جدا گردند. همچنین در این روش برای چسبندگی بهتر لایه آب بند به سطح زیر کار استفاده از چسب رابط مخصوص الزامی می باشد. در ادامه فصل درباره خصوصیات این چسب توضیحاتی بیان می گردد.
- پوشش های سطحی که بصورت ورقه پلاستیکی آماده از **جنس ترموپلاست** (که در اثر حرارت نرم می شوند نظیر پی وی سی و پلی اتیلن و...) بصورت ساده یا گیردار می باشند.

۲. پوشش نفوذی یا دائمی در سازه های بتنی:

این دسته از پوشش ها برخلاف دسته اول پوشش های حفاظتی، فعالیت خود را تنها به سطح محدود نکرده و می توانند از سطح شروع و با نفوذ در داخل **عمق بتن** به علت خاصیت اسمزی لوله های مویینه سطح بتن و در اثر واکنش های شیمیایی با اجزاء بتن، کریستال های جامدی را تشکیل دهند و در نتیجه حفره های موئین داخل بتن را پر کنند و از نفوذ آب یا مواد خورنده شیمیایی جلوگیری کرده و علاوه بر محافظت بتن، از میلگرد داخل بتن نیز محافظت به عمل آورند. زیرا علاوه بر ضد آب کردن بتن به آن اجازه تنفس می دهند و با خروج رطوبت از بتن، **میلگرد داخل بتن** از تهاجم عوامل خورنده که آب محیط مساعدی برای نفوذ این عوامل فراهم می کند، مصون می ماند و در واقع یک نوع حفاظت کاتودیک نیز انجام می دهند. این پوشش ها را می توان بر روی سازه های بتنی نو و یا کهنه اجرا کرد. روش اجرا بصورت پاشش (اسپری) یا با استفاده از قلم مو خواهد بود. برای محافظت از سازه هایی که در مجاورت آب و مواد خورنده قراردارند راه های مختلفی وجود دارد. ما در اینجا به شرح دو روش برای محافظت از سازه هایی که در تماس با آب و مواد خورنده می باشند می پردازیم:

I- استفاده از مواد شیمیایی برای سازه هایی که اجرا شده اند:

این مواد نوعی مخلوط شیمیایی بر پایه سیمان به همراه **فعال کننده های شیمیایی** می باشند که پس از مخلوط شدن با آب و تماس با سطح بتن مرطوب با آهک آزاد آن واکنش نشان داده، تشکیل کریستال می دهد و به عمق بتن نفوذ کرده و ترکهای موجود در آن را مسدود کرده و جزئی از سازه بتنی می گردد.

II- استفاده از ورقهای پلی اتیلن که همزمان با اجرا بکار می روند:

این مواد نیز مانند سایر مواد ذکر شده وظیفه **محافظت از بتن** را برعهده دارند با این تفاوت که این مواد قبل از بتن ریزی و همزمان با قالب بندی در محل خود قرار داده می شوند این ورق ها در یک طرف کاملا صاف بوده و در طرف دیگر برای ایجاد چسبندگی با بتن دارای زائدهایی می باشند.

مزایای روش محافظت از سازه های بتنی که در تماس با آب و مواد شیمیایی می باشند

۱. سرعت اجرای بیشتر

۲. نیروی کار کمتر

۳. هزینه خرید و اجرای کم

✓ **روش های کلی آب بندی بتن**

در اینجا به روش های کلی آب بندی بتن با استفاده از مواد مختلف می پردازیم:

۱. آب بندی بتن با استفاده از مواد جدید

قطعات بتنی فونداسیون ها، مخازن نگهداری آب آشامیدنی، آب های صنعتی و کشاورزی، فاضلاب های شهری و صنعتی، **سازه های زیر زمینی** و سازه های در معرض رطوبت جوی زیاد، همگی نیازمند استفاده از محصولی مناسب برای آب بندی می باشند. امروزه بسته به نوع سازه، نیازهای متفاوتی در مورد آب بندی مطرح می شود. قابل اعتماد بودن، دوام طولانی و یا مقاومت در برابر انواع تنش های وارده مکانیکی و پایداری شیمیایی. این چالش وقتی پررنگ تر می شود که به مسایل زیست محیطی نیز توجه کنیم. چرا که در برخی از موارد **نفوذ مایعات** شیمیایی و آب های آلوده به خاک و یا آب باعث آلوده شدن آنها می شود. در مواردی کارکرد صحیح یک سازه اثرات مستقیم و یا غیر مستقیم در جامعه و مسائل اقتصادی دارد. از این رو در سال های اخیر و در پی پیشرفت های علمی جامعه جهانی روش های مدرنی به وجود آمده که صنعت آب بندی را دچار تحولی بزرگ نموده است. از جمله این محصولات می توان به **پودرهای آب بند** کننده مورد استفاده در طرح **اختلاط بتن**، ملات های آب بند برای بتن های اجرا شده، ملات های زودگیر جهت بند آوردن نشت آب، **ملات های نفوذگر** جهت مقابله با فشارهای منفی و مواد آب بند تزریقی جهت کمک به آب بندی تونل ها، **درزهای اجرایی**، استحکام خاک در مناطق دریایی و آب بندی ترک های مویی در سازه ها اشاره نمود.

۲. آب بندی بتن به روش تزریق رزین پلی یورتان

دسته بندی: آب بندی ثانویه – روش تزریق

پلی یورتان ها پلیمرهایی هستند که دارای پیوند یورتانی بوده و از طریق واکنش افزایشی بتن یک گروه **ایزوسیانات** و یک ترکیب دارای هیدروژن فعال مثل گروه هیدروکسیل شکل می گیرند. مهم ترین ویژگی این گروه از پلیمرها این است که پس از واکنش، ساختاری پایدار به وجود می آید. در این روش آب بندی بتن، رزین های پلی یورتان یک جزئی یا دو جزئی با پمپ مخصوص تزریق در محل های نفوذ آب تزریق می شوند و باعث آب بندی جسم بتن از داخل و عمق می گردد.

مزایای آب بندی بتن به روش تزریق پلی یورتان

۱. آب بندی جسم بتن و عدم ورود آب به درون بتن و جلوگیری از اثرات مخرب ورود آب به بتن مانند خوردگی
۲. امکان آب بندی از هر دو سمت سازه (آب بندی در فشار مثبت و منفی)
۳. امکان آب بندی در محل هایی با دبی آب بالا
۴. مقاومت در برابر فشار معکوس آب
۵. امکان آب بندی ترک های بتن با ابعاد مختلف

۳. آب بندی بتن با استفاده از کفپوش های پلی یورتان

دسته بندی: آب بندی ثانویه - روش پوشش های حفاظتی با مقاومت های مکانیکی، شیمیایی و سایشی مطلوب جهت اجرا در کارخانجات صنعتی، ورزشگاه ها، محیط های دارای لرزش و نیز محیط هایی که در معرض اشعه ماوراء بنفش (UV) دارد مورد استفاده قرار می گیرد.

۴. آب بندی بتن با استفاده از پوشش های محافظتی پلی یورتان

دسته بندی: آب بندی ثانویه - روش پوشش های حفاظتی پوشش های محافظتی پلی یورتان با قابلیت اجرا در ضخامت های مختلف بر حسب نوع کاربری سطوح مورد نظر و همچنین دارا بودن خواص مطلوب فیزیکی و بهداشتی و از همه مهمتر مقاوم در برابر اشعه (UV) خورشید، مناسب برای پوشش مخازن آب آشامیدنی، لوله ها و اتصالات، سطوح لوله های بتنی انتقال آب، قابل ارائه می باشند.

۵. آب بندی بتن با استفاده از پَکِرگذاری و تزریق اپوکسی و پلی یورتان به بتن

دسته بندی: آب بندی ثانویه – روش تزریق

ترک های موجود در بتن را می توان با توجه به اهمیت سازه و علل وقوع آن ها دسته بندی و **تعمیر و بازسازی** نمود. تزریق رزین اپوکسی تحت فشار و پکر گذاری به منظور جوش دادن عضو بتنی گسیخته شده در اثر ترک خوردگی، از جمله **روش های مقاوم سازی** کاربردی می باشد. اپوکسی تزریقی خلل ها و ترک های بتن را پر کرده و همچنین مانند سد پوشش محافظ از ورود آب به داخل سطوح جلوگیری می نماید.

رزین های اپوکسی مورد استفاده در سیستم های تزریق به بتن از اختلاط دو جزء رزین سخت شده و جز عمل آورنده یا سخت کننده حاصل می شود. رزین تزریقی **ویژگی های چسبندگی** بسیار عالی، مقاومت شیمیایی در برابر اسیدها، افت کم، زود سخت شونده (زمان عمل آوری پایین) و مقاوم در برابر رطوبت دارند.

مراحل پر کردن ترک های بتن توست تزریق اپوکسی

- تمیز نمودن سطوح ترک های موجود با استفاده از مواد شیمیایی مخصوص و نصب روزنه های تزریق در فواصل مشخص
- درز بندی سطوح ترک توسط چسب های ویژه به منظور تحمل فشار ناشی از تزریق تا امکان **نفوذ رزین اپوکسی** فراهم شود.
- تزریق رزین اپوکسی مخصوص (با چسبندگی کم و **زمان گیرش** مناسب و تنظیم شده) توسط پمپ های ویژه از پایین ترین روزنه
- به محض ریزش رزین از روزنه تزریق بعدی، شیر روزنه بسته می شود و از روزنه بعدی ادامه عملیات تزریق انجام می شود. فشار اولیه تزریق معمولا ۲۵ اتمسفر می باشد که در طی اجرای تزریق به تدریج فشار افزایش داده می شود.
- به منظور بررسی و اطمینان از تزریق صورت گرفته و میزان نفوذ رزین اپوکسی در بتن، مغزه گیری از ترک ها صورت می گیرد. همچنین می توان نمونه های بدست آمده را با استفاده از جک بارگذاری، در شکست و صفحه شکست مغزه بررسی کرد.

نحوه ی آب بندی بتن

۶. آب بندی بتن با استفاده از تزریق پلی یورتان دو جزئی

دسته بندی:آب بندی ثانویه – روش تزریق

آبریزش در بتن هایی که تحت فشار آب می باشند (نظیر آب بندی تونل ها، تاسیسات بتنی زیر دریایی، چاله آسانسورها و..) توسط تزریق پلی یورتان دو جزئی قابل ترمیم و آب بندی می باشد.

نحوه تزریق پلی یورتان دو جزیی

پلی یورتان در ترکیب با آب واکنش نشان داده و حدودا ۱۰ تا ۱۵ برابر متورم می شود. بدین ترتیب کلیه درزها، خلل ها و ترک های داخل بتن پر می شود. این محصول توسط پمپ مخصوص جهت آب بندی فشار منفی آب در بتن تزریق می شود.

نحوه تزریق پلی یورتان

۷. آب بندی بتن با استفاده از پودر میکروسیلیس

دسته بندی : آب بندی اولیه – روش آب بندی حین ساخت پودر میکروسیلیس یک ماده پوزولانی قوی است که جهت بهبود خواص مکانیکی و افزایش دوام بتن به کار می رود. این ماده محصول جانبی صنعت فروسیلیس است که از روی فیلتر هوای خروجی از کوره های قوس الکتریکی در صنایع فروسیلیس بدست می آید. سالانه ۱۱۰،۰۰۰ تن پودر میکروسیلیس در دنیا به مصرف می رسد که بر این اساس، برآورد میزان مصرف سالانه بتن حاوی میکروسیلیس در دنیا، ۶ میلیون مترمکعب است. پودر میکروسیلیس یکی از افزودنی های معدنی بتن به حساب می آید. میکروسیلیس یا **میکروسیلیکا** یک محصول جانبی از فرآیند تولید شیشه می باشد. میکروسیلیس به علت خواص منحصر به فرد خود امروزه جایگاه بزرگی در ساخت بتن بدست آورده است. پودر میکروسیلیس به رنگ خاکستری روشن تا تیره عرضه می شود. رنگ مشاهده شده به دلیل حضور اکسید آهن و کربن در **ساختار میکروسیلیس** می باشد. هرچه میکروسیلیس تیره تر باشد مقدار کربن بیشتری دارد. ذرات میکروسیلیس دارای سطح مخصوص تقریبی ۲۰۰۰۰ هستند. ذرات منفرد میکروسیلیس تقریبا صد برابر ریزتر از ذرات سیمان می باشند. پودر میکروسیلیس ذرات بسیار ریز با ساختار غیر کریستالی و آمورف است که اندازه ذرات آن در حدود

۰/۲- ۰/۱ میکرون می باشد بخشی از ذرات آن به هم جوش خورده و کلوخه تشکیل می دهند.

مقایسه ابعاد ذرات سیمان و میکروسیلیس در شکل زیر آمده است. درجه کلوخه شدن ذرات بستگی به فرآیند تولید و دمای کوره دارد. این ذرات به دلیل سطح موثر بالا دارای جاذبه زیادی بوده و تمایل به کلوخه شدن دارند. یک آزمون مهم در خصوص توزیع ذرات میکروسیلیس، میزان باقیمانده میکروسیلیس روی الک ۴۵ میکرون می باشد. استفاده از پودر میکروسیلیس به ویژه در مناطق ساحلی و یا مناطقی که بتن نیازمند محافظت ویژه ای در برابر فرآیند خوردگی می باشد رو به گسترش است. از جمله خواص استفاده از میکروسیلیس در بتن را می توان به افزایش مقاومت فشاری بتن، افزایش **مقاومت سایشی بتن**، کاهش نفوذ پذیری، کاهش واکنش قلیایی و سولفاته شدن، کاهش اثر فرآیند ذوب و یخ و... اشاره کرد.

در عکس زیر **سیمان پرتلند** (سمت چپ) و ذرات میکروسیلیس (سمت راست) با بزرگی تصویر یکسان. میله سفید طولانی تر در عکس مربوط به میکروسیلیس ۱ میکرومتر می باشد. ACI R234 تخمین می زند که با جایگزینی ۱۵ درصد سیمان توسط میکروسیلیس تقریبا ۲،۰۰۰،۰۰۰ ذره میکروسیلیس به ازای هر ذره سیمان وجود خواهد داشت.

میکروسیلیس در حال حاضر به سه صورت پودر میکروسیلیس، **دوغاب میکروسیلیس** و ژل میکروسیلیس مورد استفاده قرار می گیرد. مقدار مصرف بهینه پودر میکروسیلیس در بتن، بتن ۵ تا ۱۰ درصد وزن سیمان مصرفی می باشد. در استفاده از پودر میکروسیلیس باید توجه ویژه ای جهت رعایت مسائل ایمنی به خصوص استفاده از ماسک تنفسی استاندارد به کار گمارد. استفاده از میکروسیلیس در بتن ریزی های مجاور سواحل دریاها به طور جدی مورد توجه مهندسین ساختمان قرار گرفته است. به دلیل خصوصیات بارز **پوزولانی** میکروسیلیس، استفاده از آن جهت بهبود خواص مکانیکی و افزایش دوام بتن در کشورهای پیشرفته رو به افزایش است. میکروسیلیس یک محصول فرعی از کوره های قوس الکتریکی در جریان تولید آلیاژهای فروسیلیس می باشد. این ماده با داشتن بیش از ۹۰ درصد سیلیس با حالت غیر کریستالی و به شکل ذرات بی نهایت ریز با قطر متوسط ۰/۱ میکرون شدیدا پوزولانی است و برای استفاده به عنوان یک ماده سیمانی در بتن بسیار مناسب است و با استاندارد ASTM C1240 مطابقت دارد.

مزایای مصرف پودر میکروسیلیس

افزودن میکروسیلیس به مخلوط بتن باعث می گردد SiO_2 فعال آن با محلول هیدروکسید کلسیم $(Ca(OH)_2)$ آزاد موجود در منافذ مویین بتن ترکیب گردد و کریستال سیلیکات کلسیم نامحلول تولید نماید و در نهایت باعث تراکم **ساختار خمیر سیمان** و کاهش نفوذپذیری و افزایش مقاومت فشاری، الکتریکی، خمشی و کششی بتن، افزایش مقاومت بتن در برابر فرسایش، کاهش قابل توجه نفوذپذیری، جلوگیری از نفوذ یون کلر، سولفات ها و سایر مواد شیمیایی مخرب به داخل بتن گردد.

۸. آب بندی بتن با استفاده از **ژل میکروسیلیس**

دسته بندی: آب بندی اولیه – روش آب بندی حین ساخت

ژل میکروسیلیس ترکیبی مناسب جهت بتن های با مقاومت بالا، حفاظت شده و آب بند می باشد. **ژل میکروسیلیس** برای استفاده در بتن های ساحلی، آببند و در معرض عوامل خورنده و مخرب کاربرد دارد. ژل میکروسیلیس علاوه بر استفاده در ساخت بتن های با مقاومت بالا، آب بند، نفوذپذیری کم، دوام بالا و ملات های ویژه، در بتن هایی که کاهش ترک های پلاستیک، ارتقاء نسبی **مقاومت های کششی و خمشی بتن** مدنظر می باشد کاربرد دارد. همچنین در شرایطی که بتن در معرض ضربه و **بارهای متناوب دینامیکی** است استفاده از ژل میکروسیلیس توصیه می شود.

کاربردهای ژل میکروسیلیس

- سازه های ساحلی
- سازه های نگهدارنده آب
- روسازی های بتنی
- بتن های پر مقاومت

- سازه های در معرض بارهای دینامیکی ، ضربه و خستگی
- مقاطع نازک بتنی
- سازه های بتنی در معرض سیکل های شدید ذوب و انجماد
- بتن های نظامی و پدافندی

مزایای استفاده از ژل میکروسیلیس

- کاربرد آسان و مرتفع سازی مشکلات ناشی از استفاده مستقیم از پودر میکروسیلیس
- کاهش هزینه حمل در مقایسه با میکروسیلیس
- افزایش مقاومت فشاری
- کاهش نسبت آب به سیمان
- کاهش نفوذ پذیری

۹. آب بند کننده بتن با استفاده از مواد الاستومری و انعطاف پذیر

دسته بندی: آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی

یک **ترکیب دو جزئی الاستومر**، منعطف و اصلاح شده با پلیمر است که جهت حفاظت و آب بندی سطوح بتنی، سیمانی، آجری و برخی **سنگ های طبیعی** به علت خاصیت ایجاد پل بر روی ترک ها بکار می رود.

خواص و مزایا مواد الاستومری و انعطاف پذیر آب بند کننده

۱- قابل اعمال بر روی سطوح مرطوب بدون نیاز به پرایمر
۲- اجرای آسان توسط برس، رولر، اسپری وماله
۳- قابلیت ایجاد پل بر روی ترک ها تا عرض ۱,۶ میلیمتر
۴- عدم ایجاد مانع در برابر خروج آب،)پوشش سد بخار نیست.
۵- مقاوم در برابر سایش، فرسودگی مکانیکی، UV و همچنین نمک های یخ زدائی.
۶- مقاوم در برابر آبهای مهاجم بتن مطابق استاندارد DIN4030
۷- دارای ازدیاد طول تحت کشش بیش از ۸۰ درصد.
۸- قابل استفاده به عنوان پوشش نهایی همچنین قابل پوشش دهی با ملات های سخت، یا منعطف و انواع رنگ ها و پوشش های دیگر

موارد مصرف مواد الاستومری و انعطاف پذیر آب بند کننده

جهت آب بندی سازه های آبی، پلن های فاضلاب، سطوح خارجی دیوارهای زیرزمینی، دیوارهای حائل، استخرهای شنا، آبنماها، آکواریوم، دریاچه های مصنوعی، آبراه ها، سطوح مرطوب، سطوح زیر کاشی کاری، بام های سرباز، **درزهای انبساط** و اجرایی به همراه نوار تقویت درز.

توصیه های مهم جهت استفاده از مواد الاستومری و انعطاف پذیر آب بند کننده

۱- در مناطق گرم و مرطوب پوشش ممکن است در طول سخت شدن چسبناک گردد. اگر این پدیده اتفاق افتاد، پوشش را بشکل مه مانند با آب به مدت ۲۴ ساعت مرطوب نموده تا از تکمیل **فرایند هیدراتاسیون** اطمینان حاصل شود.
۲- فشار منفی آب در طول شرایط یخبندان می تواند به پوشش صدمه بزند.
۳- این ماده را می توان با انواع رنگ های بدون حلال، پوشش ها و **ملات های منعطف** دیگر پوشش داد.
۴- در سطوح دارای رطوبت بالا به عنوان مثال در مخازن آب باید صبر کرد تا زمان لازم جهت خشک شدن کامل سطح سپری گردد.

۵- پوشش را باید در طول اعمال از تابش مستقیم خورشید حفاظت نمود.
۶- سطحی که قرار است اعمال روی آن صورت گیرد ابتدا باید به اندازه کافی مرطوب گردد.
۷- سطوحی که قرار نیست این ماده بر آن ها اعمال شود باید پوشانده شده و محافظت گردند.
۸- هنگام تماس مستقیم با فلزاتی نظیر مس، روی، آلومینیوم یا سوراخ های تنگ ابتدا باید از پرایمر در دو لایه استفاده شود. لایه اول را بر روی سطح تمیز با برس و به دقت پس از گذشت زمان کوتاهی (حدود ۳تا ۶ ساعت) که لایه اول به اندازه کافی خشک شد باید اعمال نمود و سپس بر روی سطح پرایمر خورده کوارتز با اندازه ذرات دو دهم تا هفت دهم میلیمتر) پخش شود. جهت **آب بندی PVC** و فلنج های از جنس استیل، ابتدا سطح مورد نظر باید ساییده شود و سپس با ایزوپروپانول یا استن شستشو گردد. و بعد مواد همراه نوار به شکل بدون حباب اعمال گردد.

۱۰. آب بند کننده بتن با استفاده از پودر آب بند کننده نفوذگر بتن

دسته بندی: آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی

ماده ای تک جزئی، غیر آلی و پایه سیمانی می باشد. **پودر آب بند کننده بتن** نفوذگر و کریستال شونده است و سازه های جدید و قدیمی بتنی را آب بندی کرده و از عمق محافظت می نماید. به طوری که حتی اگر پوشش صدمه ببیند، آب بندی بتن همچنان کامل باقی می ماند. بنابراین این ماده تنها یک پوشش نیست، بلکه در اثر واکنش اجزاء تشکیل دهنده آن با رطوبت، ساختاری یکپارچه با بتن ایجاد کرده و توده مقاوم و با دوامی تشکیل می دهد.

خواص و مزایای پودر آب بند کننده نفوذگر بتن

۱- اجرای این محصول آسان و مقرون به صرفه است
۲- در تماس با آب و رطوبت به سرعت سخت می شود
۳- در برابر فشارهای هیدرواستاتیک قوی مقاوم است
۴- چسبندگی بسیار عالی به بتن دارد
۵- بر روی سطوح مرطوب قابل اعمال است
۶- در برابر فشار مثبت و منفی آب مقاوم است و فشار تا ۱۳ بار را تحمل می کند
۷- فاقد کلراید می باشد
۸- در مقابل **زنگ زدگی آرماتورها**، یخبندان، شبنم و یا تغییرات دمایی تا ۵۰ درجه سانتی گراد مقاوم می باشد
۹- بتن را در مقابل اثرات مخرب آب های شیرین و شور، جریان های فاضلابی، آبهای خورنده زیرزمینی، کربنات ها، کلرایدها، سولفات ها و نیترات های محلول محافظت می نماید
۱۰- دارای تاییدیه های آب شرب می باشد
۱۱- غیر سمی و سازگار با محیط زیست است

موارد مصرف پودر آب بند کننده نفوذگر بتن

آب مورد نیاز جهت **کیورینگ بتن** این محصول از لحاظ تجزیه ای باید سختی برابر با [۳ ≥ dH°^] داشته باشد. جهت تشخیص میزان نفوذ پودر نسبت به بتن مطابق استاندارد DIN4030 دانستن سطح دی اکسید کربن محلول در بتن ضروری است. این محصول پس از اعمال و خشک شدن، ترک ها تا عرض چهاردهم میلی متر را سیل می نماید و دارای اثر خود ترمیمی است. بدین معنا که در نتیجه رشد کریستال ها در تمامی جهات و جوانب، اگر بتن ترک بخورد، توسط کریستال ها خود بخود ترمیم می شود.

نحوه عملکرد پودر آب بند کننده نفوذگر بتن

بندکننده فعال است این ماده شامل ترکیبات شیمیایی آب که با رطوبت و آهک آزاد موجود در داخل بتن وارد واکنش شده، ترکیبات کریستالی غیر محلول تشکیل می دهند که منافذ و ترکهای بتن را پر می کند. این ماده حتی در معرض فشار

هیدرواستاتیک قوی نیز نفوذ می نماید و خود جزئی از بتن می شود. در واقع تنها فضاهای خالی را پر کرده و افزایش حجم ایجاد نمی نماید. از آنجا که این ماده با آب موجود در بتن تازه واکنش می دهد، بمنظور آغاز فرآیند نیاز به پاشش مجدد آب نیست.
پروسه ای که در مکانیزم آببندی این محصول طی می شود،
شیمیایی و زمانبر می باشد. در واقع هر کریستال نقطه شروعی برای تشکیل کریستال های بعدی است. اگر چه ترکیبات شیمیایی بند کننده برای همیشه فعال باقی مانده و سازه را در مقابل نفوذ آب محافظت
می کنند، اما در مدت زمان قابل قبولی از زمان اعمال، سطح را تا عمق مناسبی آببند می نمایند. حداقل زمان لازم برای خشک شدن این ماده سه روز می باشد و ممکن یک ماه تا حصول ماکزیمم خواص نیاز باشد. عوامل محیطی از جمله دمای محیط، دانسیته بتن، میزان رطوبت موجود و شرایط جوی، همگی بر زمان پروسه آب بندی تاثیرگذارند. برای ایجاد و رشد کریستال های بیشتر جهت آببند نمودن ترک ها، زمان بیشتری لازم است. پودر نفوذگر در شرایط محیطی خشک غیر فعال شده و به محض تماس مجدد با رطوبت فعال می گردد. بتن آببند شده توسط این پودر در تماس دائم با **محیط دارای PH** در محدوده ۴ تا ۱۱ و همچنین تماس دوره ای با محیط دارای PH در محدوده ی ۲ تا ۱۲ کاملا مقاوم می باشد.

۱۱. آب بند کننده بتن با استفاده از ملات و پوشش آب بند کننده نفوذگر با خواص کریستال شوندگی بالا

دسته بندی: آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی

یک محصول آب بند کننده پایه سیمانی تک جزئی کریستال شونده می باشد. پس از اجرا بر روی سطوح بتنی به صورت فشار منفی و یا مثبت، با نفوذ در عمق بتن باعث ایجاد لایه آب بند در بتن می گردد. پس از اعمال بر روی سطح بتن دارای مقاومت مکانیکی و شیمیایی بالا می باشد. مواد شیمیایی موجود در این محصول پس از نفوذ در عمق بتن در مجاورت رطوبت با آهک آزاد سیمان واکنش داده و با ایجاد بلورهای نامحلول درون حفرات مویینه باعث پرشدن و آب بندی خلل و فرج موجود در بتن می گردد. این محصول را می توان بر روی سطح بتن جدید اجرا نمود تا ضمن کاهش زمان هیدراتاسیون، باعث کاهش ایجاد **ترک های انقباضی** در سطح بتن و محافظت از آن در برابر خوردگی و مواد شیمیایی رقیق گردد. در برنامه های آب بندی جهت کنترل و مهار نشت های فعال، شدید و سریع آب از بتن، می توان از ملات آببند آنی گیر استفاده نمود.

موارد مصرف و کاربرد ملات و پوشش آب بند کننده نفوذگر با خواص کریستال شوندگی

از این محصول می توان در موارد ذیل استفاده نمود:

۱- آب بندی فشار منفی و مثبت در سطوح عمودی و افقی
۲- آب بندی و محافظت مخازن آب و فاضلاب
۳- سطوح بتنی در تماس با آب
۴- آب بندی فونداسیون و زیرزمین ها
۵- آب بندی داخلی و بیرونی دیوارهای بیرونی و حائل
۶- کانالها ، تولنها و عرشه پل ها
۷- آب بندی و محافظت سطوح بتنی در برابر آب دریا در اسکله ها و بنادر
۸- محافظت از فونداسیون های در تماس با خاک و مواد خورنده
۹- برای محافظت بتن در برابر تاثیر یون کلر و کربناتاسیون

ویژگی ها و مزایای ملات و پوشش آببند کننده نفوذگر با خواص کریستال شوندگی

۱- دوام و آب بندی بلند مدت
۲- اجرای آسان و سریع
۳- محافظت از آرماتور در برابر آب و مواد خورنده
۴- قابلیت آب بندی در فشار مثبت و منفی

۵- غیر سمی و مناسب برای تماس با آب شرب
۶- امکان تنفس بتن با وجود خواص آب بندی بالا
۷- مقاومت و کارآیی بالا در محافظت در برابر کربناتاسیون و نفوذ یون کلر
۸- آب بندی بتن از عمق و عدم آسیب دیدگی لایه آب بند بر اثر عوامل فیزیکی
به علاوه این محصول از خوردگی آرماتور داخل بتن، ترک خوردن و تخریب های ناشی از **عوامل جوی** جلوگیری می نماید.

۱۲.آب بند کننده بتن با استفاده از پوشش محافظتی قیری

دسته بندی: آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی
یک پوشش محافظتی پایه قیری می باشد که به منظور ایجاد مانعی دائمی در مقابل عبور آب و بخار آب طراحی شده و می تواند برای ایجاد لایه های مانع تبخیر، پوسته های نم گیر، پوشش مخازن و لوله های آب آشامیدنی، حفاظت از سازه های بتنی زیرزمینی، **عمل آوری بتن** ضمن حفظ آب و نیز محافظت از سطوح فلزی در برابر خوردگی مورد استفاده قرار گیرد.

خصوصیات پوشش محافظتی قیری

- تک جزیی است و با آب رقیق می گردد.
- خشک شدن سریع
- قابل استفاده بر سطوح مرطوب
- بعد از مصرف و پس از تبخیر آب، خشک شده و یک لایه قابل انعطاف الاستیک از خود ایجاد می نماید.
- پس از خشک شدن در برابر رطوبت مقاوم بوده و در آب حل نمی شود.
- برخورداری از خاصیت حفظ و نگهداری فوق العاده آب به منظور عمل آوری مخلوط بتنی
- چسبندگی عالی به اکثر سطوح رایج در ساختمان
- سهولت در اجرا به سبب رقیق شدن با آب، که می توان از جاروب پلاستیکی، برس، ماله و یا اسپری (پیستوله نازل درشت) برای اجرای آن روی سطح کار استفاده نمود.

موارد مصرف خصوصیات پوشش محافظتی قیری

عایق جهت عایق کاری دیوارها، سقف ها، زیر زمین ها، تونل ها، سردخانه ها، استخر ها، سرویس های بهداشتی، مخازن و مخصوصا فونداسیون ها و محافظت در برابر تاثیر کلر.

۱۳. آب بندی بتن با استفاده از فن آوری در xypex ناتراوا نمودن بتن

دسته بندی: آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی
تکنولوژی کریستالی انحصاری (زایپکس) xypex، یک استاندارد بین المللی بی نظیر در ضد آب کردن بتن تنظیم کرده است. تکنولوژی xypex به صرت مختلف تست و اثبات شده که در بسیاری از طرح های علمی و عملی استفاده می شود. xypex یک راه حل شیمیایی بی نظیر برای ضد آب کردن، حفاظت و ترمیم و بازسازی بتن است. بتن متشکله از xypex فعال ترین محصول شیمیایی با سیستم ضد آب کردن، حفاظت و ترمیم و بازسازی بتن است. بتن متشکل از xypex فعال ترین محصول شیمیایی با سیستم ضد آب کریستالی است. وقتی که با آب مخلوط می شود، این پودر خاکستری روشن به عنوان پوشش ساده چه پوشش دوگانه به صورت **دوغاب** سیمای بالا و زیر بتن به کار می رود. برای تعمیر کردن ترک خوردگی ها، Dry-pac همچنین به فرم محصولات کریستالی ترکیبات پودری خشکی هستند که از سیمان پرتلند، سنگدانه سیلیکات و مواد شیمیایی فعال و ویژه دیگری تشکیل شده اند. Xypex با ایجاد یک واکنش کاتالیزوری که یک فرم غیر حل شدنی کریستالی با حفره ها و **اجزای مویین بتن** و مواد سیمانی را تولید می کند که از نفوذ آب و هر مایع دیگری از هر جهتی جلوگیری می کند.

تکنولوژی کریستالی Xypex

Xypes یک راه حل شیمیایی برای ضد آب کردن و حفاظت از بتن است. ویژگی عملکردی موقتی و قابل تشخیص xypes و توانایی منحصر به فرد آن در تولید فرم غیر حل شدنی کریستال با منفذها و کشش مویین قطعات بتن است. یک ساختار کریستالی دائماً بتن را در برابر نفوذ آب و مایعات دیگر از هر جهتی آب بندی می کنند. محصولات کریستالی ترکیبات پودری خشکی هستند که از سیمان پرتلند، شن (ماسته)سیلیکات و مواد شیمیایی فعال و ویژه دیگری تشکیل شده اند.

نتیجه گیری تکنولوژی کریستالی Xypex

آب بندی بتن و قطعات بتنی با توجه به تاثیر آن در دوام سازه و به تبع آن توجیه اقتصادی که به همراه دارد همواره یک اصل مهم برای سازه هایی که در معرض رطوبت هستند می باشد. در سال های گذشته عوامل اجرایی بیشتر از روش هایی برای آب بندی بتن استفاده می کردند که بسیار پرهزینه و دارای مراحل اجرایی دشواری بود و در نهایت نتیجه ای که می بایست حاصل می گردید عملا قابل لمس نبود. پس از ورود مواد افزودنی جدید به دنیای ساخت بتن، تحولی عظیم در تولید بتن با خواص مختلف بوجود آمد. یکی از این خصوصیت ها آببندی بتن می باشد که با ورود مصالح جدید شکل تازهای به خود گرفت. مصالح جدید در **زمان اختلاط بتن** و پس از بتن ریزی برای قطعات بتنی قابل استفاده بوده و نتایج قابل قبولی از خود نشان داده اند. مهندسان برای سازه هایی که قبلا بتن ریزی شده و به هر دلیلی نفوذپذیری آن قابل کنترل نیست

می توانند با توجه به ضرورت سازه و توجیهات اقتصادی بدون هیچگونه تخریب و اجرای قطعات جدید، نسبت به بهسازی **خصوصیات نفوذپذیری و آب بندی سازه** اقدام نمایند. این روش علاوه بر توجیه اقتصادی

می تواند در بسیاری از مواقع ضعف های اجرایی را پوشش داده و عملکرد سازه را منطبق بر نظر طراح نماید. ضمن اینکه هر کدام از مواد معرفی شده دارای تکنولوژی خاص تولید می باشد و می توانند در محیط های مختلف با کاربردهای متفاوت مورد استفاده قرار گیرند.

مراجع

۱- س. حاجتی ضیابری، "استفاده از فن آوری xypex در ناتروا نمودن بتن" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، ۱۳۹۰.

۲- ع. خیری مرغزار، ع. وحیدی، ا. علوی مقدم و ا. قدس، "استفاده از فن آوری نانو در ناتراوایی بتن" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت ۱۳۹۰ .

۳- ک. دهقانیان، "ساختار کلی دیواره های آب بند بنتونیتی" در چهاردهمین کنفرانس دانشجویان مهندسی عمران سراسر کشور، سمنان، ۱۳۸۷.

۴- م. قلهکی و ف. ناطقی، "دیوار آب بند بتن پلاستیک" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، ۱۳۹۰.

۵- ع. عجم و ر. مهاجری بر قلعه "بررسی نسبت آب به سیمان بر روی بتن های پلاستیک دیوار آب بند سدها" ، در اولین همایش ملی سازه، زلزله، زئوتکنیک، بابلسر، . ۱۳۸۹

۶- م. نژاد نادری "بررسی عوامل موثر بر آب بند نمودن ساختار جسم بتن" ، در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، .۱۳۹۰

۷- م. صباغی فیروز آبادی، م. رحمیان، ا. نمازی و م. صداقت "بررسی تاثیرات طرح اختلاط بر تراوایی بتن" ، در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب ، رشت . ۱۳۹۰

۸- م. نورپرور، ر. کارباتی اصل و ی. زندی "بررسی تاثیر پوزولان طبیعی بر خواص بتن پلاستیک" در دومین کنفرانس ملی بتن ایران، تهران . ۱۳۸۹

۹- ت. قنبری و ز. فر پور "بررسی برخی روشهای محافظت از بتن در برابر نفوذ آب و مواد خورنده" در اولین همایش بین المللی

بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، . ۱۳۹۰
۱۰- م. نیلی و. خزائی "بررسی آزمایشگاهی اثر تغییرات طرح مخلوط بتن پلاستیک روی خصوصیات آن" در دومین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه، تهران، . ۱۳۸۴
۱۱- م. عبدی و ن. ا. نصرالهی "بررسی اثرات فیزیکی و ترکیبات ناشی از واکنش سیمان و بنتونیت در بتن پلاستیک" در دومین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، . ۱۳۸۴
۱۲- ر. کرباسی و ا. نادری "بتن پلاستیک" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، . ۱۳۹۰

روش های نوین آب بندی بتن

ارزیابی نقص سیستم آببندی در ساختمان ها و سازه های بتنی

مقدمه

در این مقاله به خطاها و نقص ها در سیستم های آببندی بتن ساختمانها و سازه های بتنی پرداخته شده است. اهداف این مقاله بر سه موضوع تمرکز دارد .

الف - تعیین عوامل اصلی موثر در خرابی عایق در ساختمانها و سازه های بتنی

ب – شناسایی روشهای مختلف سیستم های ضد آب و آببندی کنونی موجود برای ساختمانها و سازه های بتنی

ج - پیشنهاد و ارائه راه حل های مناسب برای بهبود روشهای آببندی ساختمانهای بتنی و سازه ها.

نتایج به دست آمده نشان می دهد که مهمترین عوامل مؤثر در خرابی عایق های آببند در ساختمانها و سازه های بتنی ، ترک ، سیستم اجرای نادرست مواد و مصالح آببندی ، ترک در بتن و عیوب در جویت ها و درزهای ساختمانی است. در حال حاضر تعداد روش های شناخته شده برای آببندی ساختمانها و سازه های بتنی محدود به سیستم پوشش الاستومری دوغاب و اندود های سیمانی ، سیستم غشایی ورق و سیستم مایع است. راه حل های پیشنهادی بهبود روشهای آببندی سازه های بتنی شامل تنظیف کردن ، از بین بردن سیلانت و پوشش های قدیمی بر روی سطح یا جوینت ها ، تزریق مناسب اپوکسی یا مواد شیمیایی در ترک ها و درز ها و استفاده از لایه جدید پوشش های ضد آب می باشد.

کلمات کلیدی: ضد آب؛ نقص ساختمان؛ ترک در استخر؛ عمل مویرگی؛ سازه بتنی و آببندی

مقدمه ای بر آببندی سازه های بتنی

آب ریشه ی بسیاری از ضعف ها ی جدی و تخریب مداوم در سازه های ساختمانی است و به دلیل آنکه رقیق و لغزنده است ، می تواند با جابجایی آزاد توسط نیروی جاذبه ، فشار ، خیساندن و غرق آب شدن ، از طریق عمل مویرگی و کانالهای مویینه یا انتشار بخار ، به جاهایی برسد که در آن نبوده باشد و در نتیجه می تواند با واکنش شیمیایی بین آب ، ماده و همچنین وجود اکسیژن یا کربنات ، ما را به سمت ناپایداری و تجزیه پیشرونده در مصالح و خود سازه ساختمانی سوق دهد. درست ترین گزاره در خصوص آببندی سازه ها شاید این باشد که متوقف کردن آب غیرممکن است اما به کنترل میزان جریان و نفوذ آب امکان پذیر است.

محافظت از سازه با یک لایه غشاء ضد آب ، عنصر اساسی در طراحی و ساخت ساختمانهای بتنی است. آب می تواند با عمل مویرگی و استفاده از کاپیلارهای آزاد به بدنه ی سد های بتنی تا بلوک کاری های سیمانی زیرزمین ها و پارکینگ ها نفوذ کند. با

تکیه بر تخلخل فیزیکی سیمان و اشباع نمای خارجی ، این امکان وجود دارد که آب بتواند در هر مکانی وارد زیرزمین شود. با توجه به تأثیر منفی وجود آب در یک ساختمان باید در انتخاب مواد آببند و ضد آب با کیفیت و موقعیت مکانی آن ، توجه کافی صورت گیرد. ما در دوره تکنولوژی زندگی می کنیم ، مواد و مصالح نوین و مختلفی وجود دارد که برای ضد آب بودن اختراع می شوند!به عنوان مثال در آب بندی استخرها ، تانک ها و مخازن بتنی ،از آنجا که فشار ثابت هیدرواستاتیک سیال با ساختار سخت اما متخلخل بتن ترکیب می شود ، برای یک کار موثر و ماندگار چالش های جدی ایجاد می کند. لذا باید برای جلوگیری از ایجاد ترک های ثانویه ناشی از نشست یا نفوذ پذیری ساختار سازه بتنی که بر کارایی غشای ضد آب و پوشش آب بند اثر می گذارد ، اقدامات پیشگیرانه مناسبی صورت گیرد . نقص در ساختار ساختمان باید مورد توجه قرار گیرد. وقتی یک سازه در حین بهره برداری مطابق استاندارد مورد انتظار نباشد و خیلی خوب عمل نکند ، سئوالات بسیاری پیش می آید که آیا این به دلیل کیفیت پایین مواد نیست؟ آیا پیمانکار تضمین کیفیت را در مرحله ساخت انجام نداده است؟ آیا در اثر ضعف در اجرا این مسائل ایجاد شده ؟ آیا نگهداری و تعمیرات دوره ای مناسب به درستی انجام شده است؟ مناسب ترین پاسخ همیشه بررسی سازه ی آسیب دیده ، وجود یا عدم وجود خطای انسانی یا تحلیل ماهیت دقیق مسئله یعنی روشهای افزایش دوام و پایایی سازه است. مسئله آسیب و نقص در ساختمان می تواند پیامدهای بدی داشته باشد و به طور مستقیم یا غیرمستقیم برای همه طرف ها اثرات منفی بگذارد. این امر نه تنها ایمنی بهره بردار و کارفرما را تهدید می کند ، بلکه می تواند شرایط بهره برداری و سرمایه گذاری انجام شده را بدتر کند. لذا برای برنامه ریزی و اقدامات پیشگیرانه که تضمین کننده حداقل خطر آسیب و نقص می باشد، باید علل نقص زودتر شناسایی شود.

ضعف در سیستم آببندی می تواند علت اصلی خرابی های مرتبط با رطوبت باشد. هدف از نصب غشاء آببند، جلوگیری از بروز مشکلات ناشی از نفوذ آب در بتن است. هنگامی که مقدار زیادی آب توسط بتن معمولی بدون افزودنی ها یا پوشش های آببند کننده جذب شود، نه تنها شبکه فولادی و آرماتور دچار خوردگی می شود بلکه بتن سازه از آب اشباع شده و منجر به بروز مشکل نشت می گردد. به دنبال افزایش لیک و نشت ، خرابی ها به ایجاد شکاف و تورق بتن گسترش می یابد. در محیط های مرطوب و واحد های آبسازی پالایشگاهی و صنایع و تصفیه خانه ها و سازه های بتنی آبی ، ضد آب بودن یک سازه ضروری است .در ساختمانهای مسکونی پشت بام ، سرویس های بهداشتی ، زیرزمین و نمای ساختمان که در معرض آب قرار دارد بایستی آببند گردد. در مناطقی که مستعد چرخه آب و هوایی آفتاب و باران است ، بسیاری از خرابی های رخ داده مربوط به منطقه سازه سقف است. در بازدید و بازرسی های پیوسته و مشاهدات آماری چنین به نظر می رسد که نه تنها در ساختمانهایی با عمر بیش از ۱۰ سال بلکه در سازه های جدید نیز این ضعف مشتهده می شود. در مناطقی با تراز آب زیر زمینی بالا که اتفاقا بسیاری از سازه های صنایع پتروشیمی و نفتی در چنین جغرافیایی بنا می شوند، جدی ترین نقص و خرابی ها در محل پی ، مخازن مدفون . گالری های زیر زمینی اتاق های برق است. در برج های مسکونی و تجاری آب بند کردن طبقات منفی ، دیوارهای حائل ، کف و دیواره پارکینگ ها و محیط های فضای سبز و ایوانها در طبقات از جمله مناطق مستعد برای نشت آب هستند.

اجرای دستور العمل ها و سیستمهای آببندی هزینه بر است، اما از علی رغم اثرات مخرب آن، به جهت عدم تاکید و توجه لازم آیین نامه های ساخت و ساز به این مقوله، بسیاری از پیمانکاران در تلاشند تا هزینه آببندی را به حداقل برسانند. نگرانی اصلی در انتخاب محصول است. کیفیت و نحوه ی اجرا نیز ملاحظات مهمی می طلبد. اما کارفرمایان بسیاری بدون در نظر گرفتن عواقب، پیش آمد ها و هزینه های تعمیرات و ترمیم مایلند پس از بهره برداری و بروز نشت، نسبت به رفع مشکل اقدام نمایند.

تعریف آببندی سازه های بتنی

ضد آب کردن سطوح بتن استفاده پوشش یا غشایی است که برای جلوگیری از نفوذ آب تحت فشار به یک سطح مانند دیواره فونداسیون اعمال می شود. این مواد ممکن است شامل قیر های گرم اجرا و سرد اجرا ، اندود های سیمانی اصلاح شده ، لایه های کامپوزیت و یا پوشش هایی از پلیمرهای مصنوعی مختلف باشد که برای افزایش دوام ساختمان لازم است اجرا شود. با توجه به مؤلفه ساختاری مواد و شرایط پروژه انتخاب مواد بر اساس نوع آببندی و شرایط جغرافیایی یا نوع سیال خواه نشت آب یا سایر

مایعات خورنده به که بتن آسیب می رساند ، صورت می پذیرد. پوشش آببند نسبتاً غیرقابل نفوذ است ، همچنین برای آببندی ترک های سرد و درزهای اجرایی از درزگیر و ماستیک های آببندی استفاده می شود که از امکان ورود یا انتقال آب به سازه جلوگیری می کنند. شکل زیر مکان های نیازمند به آببندی را نشان می دهد.

اهمیت آببندی سازه ی بتنی

ضد آب بودن سازه را از کاهش مقاومت بتن مسلح در اثر اکسید شدن شبکه آرماتور و کاهش مقطع فولاد حفظ می کند. از آنجا که آبهای زیرزمینی و آب باران و آبهای سطحی و سیال داخل مخازن و استخرها می تواند از طریق ضعف های حین ساخت و ترک ها ، اتصالات انبساط ، باز شدن محلهای اتصال کف و دیوارها و سقف و بخش هایی که از بتن که شن نما و متخلخل هستند ، درز کند، توجه به آببندی به جهت کنترل و کاهش مشکلات ساختاری یک ضرورت است .

علل نقص در اجرای سیستم های آب بندی بتن

الف –کمبود دانش فنی

با رشد سریع صنعت ساخت و ساز و افزایش پروژه ها کمبود نیروی کار ماهر امری اجتناب ناپذیر می گردد، خصوصا در مقولات مرتبط با صنایع نوین ساخت کمبود دانش در تکنسین ها، مهندسین و کارفرما نیز مشهود است، بنابراین ، استاندارد ها کاهش یافته و امکان کنترل کار سخت شده که طبعاً منجر به نقص در اجرای سیستم های دانش محور می گردد. اگر نقص ها به مراتب جدی تر باشد پیشامد ها غیرقابل بازگشت ، و آسیب دائمی می گردد. ترکیب شیمیایی و روش اجرایوشش های آببند متفاوت است. حساسیت و پیچیدگی دستور العمل اجرا خصوصا در استفاده از موادی که دارای دوره ی کیورینگ و عمل آوری طولانی هستند و یا چند جزئی و داری نسبت ترکیب می باشند، روی نتیجه کار تاثیر مستقیم دارد . عدم آگاهی از نوع و کاربرد جداگانه محصولات متنوع در این زمینه و نحوه عملکرد و اثرگذاری آن از عمده ترین دلایل عدم موفقیت سیستم های آببندی در سازه های بتنی در حین ساخت و دوره های تعمیراتی و اورهال می باشد. استفاده از نیروی کار متبحر و گروه ها و سازمانهای متخصص در امور تعمیرات و آببندی سازه های بتنی مانند کلینیک بتن ایران که دانش کافی و تضامین لازم و تجربه مکفی در این زمینه را دارا هستند می تواند به کاهش خطاها و هزینه ها و افزایش موفقیت و رفع مشکلات ذکر شده منجر گردد.

ب- تغییر شکل سازه و ترکهای سرد و درزهای انبساط و انقطاع

محل اتصال و ترکهای سرد ضعیف ترین پیوند در ساختار و استراکچر سازه بتنی است و اولین نشت ها اغلب نزدیک به این مناطق ظاهر می شوند. بنابراین ، پیمانکار و سازندگان در حین ساخت باید بهترین تصمیم را در مورد جزئیات آببندی درز ها داشته باشند و رعایت کنند . انتخاب مواد مناسب آببندی درزها مهم است زیرا از نظر مکانیسم و کارایی تفاوت هایی دارند ، همچنین منطقه اجرا خواه فضای باز یا محیط سرپوشیده ، شرایط آب و هوایی لازم برای اختلاط ، دوام و عملکرد طولانی مدت ، از پیش شرط های اجرای محصولات آببندی هستند.به عنوان مثال هرگونه رطوبت جسم بتن در معرض افزایش دما تبخیر شده و زا آنجا که پایه

محصولات آببندی درز ها پلیمر است اجازه خروج بخار آب را نداده و در نتیجه اگر رطوبت به دام افتاده آزاد نشود به لایه ی جسبنده فشار وارد کرده و پدیده تاول زدن و جدایش اتفاق می افتد.

ج- ترک و تخلخل

ترک در سازه هایی با بتن مسلح غیرقابل اجتناب است . ترک های سازه ای - برشی و خمشی = موجب بوجود آمدن خسارت های مهمی می شوند که یکی از آن ها کاهش نفوذ ناپذیری بتن در برابر آب است و البته بسته به عرض و طول و شیب هیدرولیک ترک ، این میزان متفاوت است . ترک های سطح بتن باید در هنگام آببندی سطح بتن به صورت کامل پوشیده و اندود گردند .برای شکافهای کوچک با عرض کمتر از ۲ میلیمتر معمولاً استفاده از ضخامت مضاعف پوشش های آببندی مناسب است.

ضمناً برای ترک هایی که بیشتر از ۲ میلیمتر باشد ، شکاف باید با ترمیم کننده پر شود. برای پر کردن منطقه ترک از بین تمام گزینه های سیستم ترمیم و آببندی خواه سیمانی ، یا اپوکسی انتخاب صورت می گیرد.یکی دیگر عامل ترک خوردگی عدم کیورینگ مناسب بتن در حین ساخت سازه بتنی است. این نقص می تواند به خرابی سیستم ضد آب و عدم محافظت سازه در برابر آب و نفوذ آن در جسم بتن منجر شود . میزان نشت آب از طریق ترک به هندسه آن نیز مربوط است. غالبا میزان نشت از طریق ترک های افقی بیش از یک شکاف عمودی با همان عرض است. شکل زیر انواع ترک در ساختمان بتنی را نشان می دهد که باعث نفوذ آب می گردد.

انواع مواد و مصالح متداول درآببندی بتن

الف –آببند کننده های پایه سیمانی

عایق کاری و اندود با پوشش های سیمانی خصوصا در وضعیت فشار مثبت و به ویژه برای مخازن و لاگون ها و کولینگ تاور هایی با سطوح زیاد ، ارزان و کاربردی و آسان است اما از آنجا که سیمان هابه تنهایی خاصیت ارتجاعی ندارد و تحمل حرکت انبساطی و انقباضی اعضای بتنی در اثر دما یا نشست طبیعی سازه و یا ترک را ندارد ، اتصال ، دوام ، انسجام ، کشش و مقاومت خمشی بستر را می توان با استفاده از مواد افزودنی لاتکس آکریلیک و الیاف پلیمری مانند پلی پروپیلن بهبود داد.

پوشش سیمانی حاوی یون های کریستال شونده ی فعال اغلب در زیرزمین و سازه های بتنی مدفون مورد استفاده قرار می گیرد. این محصول می تواند نشت های فعال ، ترک ها و رطوبت را مهر و موم کند این فیلم ضد آب سیمانی می تواند در شرایط آببندی فشار منفی استفاده شود. واکنش شیمیایی بین مواد به درون کانال های مویینه نفوذ کرده و با گسترش کریستال سازه را آببندی نماید.برای کاهش نفوذپذیری بتن متخلخل و شن نما و به منظور اطمینان از اثربخشی سیستم آببندی پس از ترمیم بتن ، ممکن است به سه تا پنج لایه سیمانی آب بند نیاز باشد.اجرای این سیستم ها به کیفیت بالا ی کار و نظارت میدانی دقیق احتیاج دارد.

ب –پوشش های آب بند بتنی (ممبراین های آببند بتنی)

از نظر کلی تنها دو دسته غشای آب بند وجود دارد. غشای ورقه ای و غشا های مایع. هر کدام از آنها خواص خود را دارند که بسته به آن خصوصیات انتخاب و اعمال می گردند.غیرقابل نفوذ بودن برای جلوگیری از ورود یا فرار آب ، انعطاف پذیر باشدی در برابرحرکت عادی انبساطی و انقباضی ساختمان ، حفظ دوام و قابلیت یکپارچگی برای مدت زمان طولانی و امکان ترکیب در معماری و مصالح و جزئیات و مشخصات ساختمان از ویژگی های مهم پوشش های آببند هستند.

ب- ۱ –پوشش های آببند بتنی مایع

غشاهای مایع معمولاً در محلی کاربرد دارند و اعمال می شوند که امکان پاشش و اجازه تنظیم و تشکیل غشای غیرقابل نفوذ در برابر آب، وجود داشته باشد.

به دلیل کاربرد و نگهداری و ترمیم آسان آن این نوع پوشش ها بسیار شناخته شده هستند. طیف گسترده ای از پوشش های آب بندی کاملاً به ساختار پیوند می خورند ، در برابر اشعه UVپایدار بوده و توانایی تنفس و عبور بخارات هوا را دارند ، علی رغم ارزانی و مقرون به صرفه بودن برخی از آنها قادر به رفع مشکلات آببندی به صورت فشار منفی را دارا هستند .با این حال ، بخش گسترده ای از آنها بیشتر به عنوان پرایمر کاربرد داشته و در صورتی که در لایه نهایی اعمال گردد (به جهت عدم مقاومت در برابر سایش و ضخامت کم) به راحتی آسیب می بیند ،نسبت به رطوبت و هوازدگی سطح در هنگام اعمال حساس هستند لذا امکان عدم اتصال به بسترها بتنی وجود دارد. شکل زیر نمونه ای از اجرای پوشش آببند مایع الاستومر در درز انبساط با کمک یک لایه ماستیک قیری نشان می دهد. غشای مایع خیلی الاستیک نیست ، بنابراین به درستی از شکاف ها عبور نمی کند. شکل بالا نشان دهنده ی رفع این نقیصه با استفاده از ماستیک در درزهاست.

ب-۲- ورق های غشایی ضد آب

ورقهایی بر پایه مواد ترموست و گرمانرم و ژئو سنتتیک مثل لاستیک یا PVCو یا پلی کربنات ها و کامپی فلکس ریبون و ژئو ممبران تشکیل شده است. ممبران ممکن است از ترکیبات بنتونیتی و هیدروفیل یا پایه قیری نیز ساخته شود. ورق های لاستیکی غشاء ضد آب معمولاً به وسیله گرما جوش خورده یا بوسیله یک چسب بهم متصل می شود که این سیستم کاملاً چسبنده از نفوذ آب در زیر غشاء جلوگیری می کند ، این ورق ها غالبا به صورت رول تهیه می شوند و به دلیل انعطاف بالا تحت تاثیر بستر نامناسب خصوصا در درزها و جوینت ها قرار نمی گیرند. در عایق های رطوبتی متداول قیر اصلاح شده و به پارچه ای یا بافتی با مقاومت بالا از جنس پلی استر پیوند می خورد. فایبرگلاس غشای ورق به دلیل استحکام سایشی مناسب ، امکان قرار دادن صفحه محافظ بر روی آن دارد. این بسیار مهم است که مجریان دستورالعمل داده شده توسط سازنده را قبل از نصب بخوانند .

تخریب های نشت آب با بررسی موردی

به طور کلی قاعده ای وجود دارد که ۹۹ درصد نشت و نفوذ آب در سازه ها و ساختمانهای بتنی معلول نحوه ی اجرا و انتخاب سیستم های آببندی است و تنها ۱ درصد از این خسارت ها ناشی از خرابی محصول آببندی است.

در شکل زیر نفوذ آب از محل اتصال کف و دیواره و رمپ پارکینگ یک هتل و مجتمع تجاری قابل مشاهده است ، سولفات کلسیم موجود در مصالح ساختمانی به کار رفته توسط آبی که به صورت فشار منفی از درز سرد و کانالهای موبینه بتن وارد می شود و به سمت بالا حرکت کرده و جسم بتن را از آب اشباع می کند. در دو شکل بعدی که از یک پارکینگ و پیوینگ بتنی برداشته شده اند ، می بینیم که برخی ترک ها روی سطح بتن پدیدار شده ، درست است که در نگاه اول منشاء این تخریب را به فشار بیش از تحمل اسلب بتنی نسبت می دهیم اما در تصویر بعد نحوه نفوذ آب و تورق خفیف بتن در اثر اکسیداسیون شبکه فولادی تقویتی یا حرارتی مشخص است .

تصویر سمت چپ شکل بعدی مربوط به عرشه یک پل است. نشت در محل اتصال عرشه بتنی با پیتده رو به دلیل عدم آب بندی مناسب درز انبساط به وجود آمده و جسم بتن سازه ای را تحت تاثیر قرار داده است. بدیهی است با نفوذ آب و افزایش سیکل ذوب و انجماد یش بینی گسترش ترک و تخریب بتن دور از ذهن نیست. در سمت راست همین تصویر اثر اکسیداسیون شبکه فولادی بتن مسلح بر روی سطح تیر بتنی زیر سقف یک مخزن

نگهداری آب قابل رویت است. نقص در عدم رعایت میزان مجاز کاور و همچین استفاده نکردن از افزودنی های کاهش نفوذ آب در مخلوط بتنی در نهایت علاوه بر تورق بتن در سازه های آبی دوام و پایایی سازه را کاهش داده و به تبع هزینه نگهداری و تعمیرات را بلا می برد. بهترین رویکرد در تعمیرات مشابه ، انجام تست التراسونیک و اسکن بتن به منظور شناسایی نقاط ضعف سازه (کاهش اقطار شبکه فولادی و اکسیداسیون آن همواره با علامت های ظاهری اولیه بروز نمی کند) و انجام ترمیم بتن و ساختار شبکه فولادی و اجرای یک لایه آب بند بر روی بتن است.

در تصویر بعد ورودی گالری تاسیسات پمپ خانه و تلمبه خانه یک تصفیه خانه آب را نشان می دهد. به صورت متداول سطح تراز پمپ خانه ها پایین تر از تراز آب مخزن قرار داشته و به عبارتی آب بر آن سوار است. همانطور که ملاحه می شود به مرور نشت آب شبکه ی آرماتور را دچار خوردگی کرده و به علت تراکم میلگرد در ناحیه مذکور (اتصال کف مخزن بتنی و اسلب بتنی سقف تلمبه خانه به سرعت باعث تورق بتن و تخلخل بیشتر در ساختار سازه ای آن گردیده است. تصاویر بعدی نمونه هایی از برداشت بتن متخلخل شده پیش از انجام تعمیر را از همان محل نشان می دهد تشکیل رسوب و پاشیدگی بتن و کاهش قطر میلگرد انبساط آن بر اثر اکسید شدن دیده می شود.

تصویر بعدی مربوط به به دیواره ی یک استخر است که اتفاقا عمر چندی ندارد اما به دلیل عدم رعایت اصول اولیه ساخت و ساز سازه های آبی و استفاده نکردن از آب بند ها و واتر استاپ های مناسب در محل قطع بتن و روی سطوح و پس از بارها تعمیر غیر اصولی همچنان دچار مشکل نشت می باشد. در چنین مواردی بسته به کیفیت بتن به کار رفته و مدت زمان اورهال و تعمیرات که تعیین می کنند چه مدت این سازه می تواند در اختیار گروه مجرب تعمیرات قرار گیرد راه حل های متفاوتی پیش روست. استفاده از بتن جایگزین و قالب بندی مجدد تا روش هایی با استفاده از پلیمرهایی که قابلیت کیورینگ و عمل آوری کوتاه مدتی برای تعمییرات و ترمیم بتن و آببندی آن به نسبت سایر محصولات و مصالح مشابه را دارا هستند

راه حل های تقویت و بهبود وضعیت موجود سازه های بتنی در برابر آب

الف - کنترل رطوبت

نشت ناشی در اثر رطوبت می تواند به صورت محلول نمک های حاوی یون های مخرب مانند سولفات ها و کلر ها را به بخش های دیگر سازه برساند ، لذا باید به روش سخت گیرانه ای امکان دسترسی رطوبت از طریق کانالهای مویینه بتن به سایر بخش ها و سازه ها را بوسیله ی چیپینگ و تراشیدن قسمت معیوب و جایگزینی آن با ترمیم کننده مناسب محدود کرد. معاینه ی چشمی سازه ها و رویت نواحی سفید شده حاوی کریستال های نمک و زنگ آهن و بخشهایی که بتن طبله کرده باید در شرح وظایف گروههای نظارت و تعمیرات قرار گیرد.

ب- ترمیم ترک ها

همانطور که در بالا رفت ، بعضی از ترک ها سازه ای هستند اما وجود ترک به معنی کاهش نفوذ پذیری بتن در برابر آب است، بنابراین چیزی که اهمیت دارد خصوصا در سازه های آبی ، اهمیت به ترک فارغ از سازه ای یا غیر سازه ای بودن آن است. برای ترک های زیر ۳ میلیمتر می توان از ترمیم کننده های پایه سیمانی و برای عرض بیشتر در ترکیب با لاتکس و چسب بتن استفاده کرد اما اگر ترک فعال و یا سازه ای باشد باید از ترکیبات ترمیمی اپوکسی و یا تزریق اپوکسی استفاده کرد. انتخاب نوع تعمیرات حتما باید توسط کارشناسان مجرب صورت پذیرد.

ج- جوینت ها و درزهای انبساط

ترمیم درزهای انبساط به ویژه در کف و دیواره مخازن آبی و کف پیوینگ های بتنی نکات اجرایی مهمی دارد. اول اینکه در کف ارگاه ها و سالن های تولید که درز انبساط با حرکت مداوم جسم سنگین مستهلک و دجار فرسودگی و شکست شده باید از موادی به منظور ترمیم استفاده کرد که در مقطع کم توانایی تحمل بار سنگین و اصطکاک ناشی از تماس لاستیک لیفتراک با سطح بتنی را دارا باشد. از طرفی تنظیف و کاهش رطوبت کناره ی درزیش از اجرای ماستیک و آببند کننده های پلیمری به جهت چسبندگی مناسب ضروری است.

نتیجه گیری

یکی از علل متداول کاهش عمر سازه های بتنی و ساختمان ها نفوذ پذیری آنان در برابر آب است. جدی نگرفتن دستورالعمل های آببندی در هنگام ساخت و کمبود اطلاعات در میان پیمانکاران و مجریان باعث شده سالیانه هزینه ی زیادی از منابع عمرانی صرف تعمیرات و دوباره کاری های ناشی از تخریب بتن در اثر نفوذ آب گردد. توجه به ضروریات آب بندی بتن در حین ساخت و کاهش نقص در هنگام طراجی و در نظر گرفتن اصول مهم آب بندی در بنای سازه ، می تواند به دوام و پایایی بتن خصوصا در سازه هایی با اهمیت بالاتر مانند سد ها ، سازه های نیروگاهی ، مخازن استراتییک و تصفیه خانه ها ، انبارهای مهمات کمک کند.

ضمنا ارتقا دانش کارشناسان حوزه عمران با مصالح ، روش ها و ابتکارات لازم برای**آب بندی سازه های بتنی** مستقیما از اتلاف سرمایه های مالی و انسانی و وقت و انرژی جلوگیری کرده و گام مهمی برای رسیدن به بهره وری بیشتر و توسعه پایدار می باشد.

مقاله ارزیابی نقص سیستم آببندی در ساختمان ها و سازه های بتنی توسط دکتر وحیدرضا مهتدی ، دکتر علیرضا مهتدی و به همراهی دپارتمان آموزش کلینیک بتن ایران(مهندسین مشاور اثر مهرازان پایدار) تدوین شده است .جهت ارتباط بیشتر با مجموعه کلینیک بتن ایران می توانید از طریق وب سایت رسمی کلینیک بتن ایران به نشانی WWW.CLINICBETON.IR یا با شماره ۰۲۱۴۵۸۷۲ در تماس باشید .

ضرورت انجام آزمایش ها

بتن، برخلاف سایر مصالح ساختمانی که معمولاً به صورت آماده در دسترس است، بایستی قبل از استفاده ساخته شود. بنابراین مصالح تشکیل دهنده ی بتن باید قبل از ساخت به میزان لازم آماده شده و پس از حصول اطمینان از کیفیت مطلوب آنها با هم مخلوط گردند. جهت کسب اطمینان از کیفیت مطلوب مصالح، انجام آزمایش ضروری است. ضمناً لازم است قبل از شروع عملیات اجرایی، فرمول ترکیب بتن به طور دقیق در آزمایشگاه تعیین و نمونه ی آن ساخته شود، سپس در هنگام بتن ریزی نیز از طریق نمونه گیری و آزمایش نمونه ها، اطمینان لازم از کیفیت بتن مورد نظر حاصل شود. تداوم نمونه گیری و آزمایش های **تست بتن** در طول عملیات اجرایی لازم است. باتوجه به نکات اشاره شده، آزمایش های بتن و کنترل مواد تشکیل دهنده ی آن از اقدامات اساسی در ساخت و کاربرد فرآورده های بتنی به شمار می آید.برای آنکه بتوان آزمایش ها را در شرایط مشخص و طبق روش های واحدی انجام داد و قاعده ای برای کنترل کیفیت و تفسیر نتایج حاصله در دسترس باشد، کشورهای مختلف استانداردهای خاصی را تدوین نموده اند که از آن جمل می توان به استانداردهای ASTM (آمریکا)، BS (انگلستان)، DIN (آلمان) و ISIRI (موسسه ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران) اشاره نمود.

۱- تعیین نرمی سیمان

به دلیل اینکه در هنگام مصرف سیمان، هیدراتاسیون از سطح ذرات سیمان آغاز می گردد، لذا مساحت کل سطح سیمان معرف میزان ماده ی در دسترس برای هیدراتاسیون می باشد و به همین دلیل تعیین نرمی سیمان اهمیت می یابد.

طبق تعریف نرمی یا سطح مخصوص برابر است از: سطح ذرات موجود در واحد جرم سیمان، و برحسب M2/kg و یا $gr/^{2}cm$ بیان

می شود. سطح مخصوص یا نرمی سیمان با اندازه ی ذرات سیمان نسبت معکوس دارد. سطح مخصوص انواع سیمانها حدوداً بین ۲۵۰ و $kg350/^{2}m$ قرار دارد.

برای اندازه گیری نرمی سیمان، روش های مختلفی وجود دارد. یکی از این روش ها که در استاندارد نیز بر روی آن تاکید شده است، استفاده از دستگاه نفوذ پذیری هوای بلین (Blaine) است. اساس کار این دستگاه بر مبنای عبور مقدار معینی هوا از سطح پرداخت شده ی سیمان، که میزان تخلخل معینی دارد، استوار است.

تعداد و اندازه ی سوراخ ها در یک سطح پرداخت شده تابعی از اندازه ی ذرات و شدت عبور جریان هوا از آن سطح می باشد.

دستگاه بلین اساساً شامل یک وسیله برای مکش مقدار معینی هوا از میان یک بستر آماده شده از سیمان که تخلخل آن معین می باشد، است. تعداد و اندازه روزنه ها در یک بستر آماده با تخلخل معین، تابعی از اندازه ذرات و تعیین نرخ جریان هوا از میان بستر است.

۲- تعیین زمان گیرش سیمان

کلمه گیرش، برای سفت شدن خمیر سیمان به کار برده می شود، یعنی تغییر وضعیت از حالت مایع به جامد. گیرش به علت هیدراسیون و با افزایش دمای خمیر سیمان اتفاق می افتد. گیرش اولیه مربوط به افزایش سریع دما و گیرش نهایی مربوط به دمای نهایی است. مدت زمان گیرش سیمان با افزایش درجه حرارت، کاهش می یابد ولی آزمایش نشان داده است که در دمای حدود ۳۰ درجه سانتی گراد اثر معکوس را می توان مشاهده نمود. در درجات حرارت پایین، گیرش سیمان کند می شود. زمان باز کردن قالب ها در سازه های بتنی، با زمان گیرش بتن، ارتباط مستقیم دارد. برای اندازه گیری زمان گیرش سیمان از دستگاه ویکات استفاده می شود.

۱. گیرش کاذب: این نوع گیرش عبارتست از کم شدن حالت خمیری مخلوط در مدت زمان کوتاهی پس از اختلاط که این فرآیند تولید حرارت نمی کند و با تراکم مجدد برطرف خواهد شد.
۲. گیرش اولیه: گیرش اولیه هنگامی رخ خوهد داد که نفوذ سوزن ویکات در خمیری با غلظت نرمال، در مدت ۳۰ ثانیه پس از رها شدن، برابر با ۲۵ میلیمتر یا کمتر باشد. در طول گیرش اولیه، حرارت آزاد می شود و این گیرش با ویبره ی مجدد از بین نخواهد رفت.
۳. گیرش ثانویه یا نهایی: گیرش ثانویه هنگامی رخ خواهد داد که سوزن ویکات به وضوح در داخل خمیر فرو نرود. بر طبق استاندارد ASTM، گیرش اولیه نباید کمتر از ۴۵ دقیقه و گیرش ثانویه نباید بیش از۳۷۵ دقیقه باشد. برای تعیین زمان های گیرش اولیه و ثانویه و سلامت لازم است از خمیر سیمان با روانی متعارف استفاده شود. بنابراین ضرورت دارد که برای هر سیمان معین میزان آب خمیر، که روانی متعارف را بدست می دهد مشخص گردد. نسبت این آب به سیمان را که به صورت درصد بیان می شود، غلظت نرمال می نامند . غلظت نرمال هنگامی نرمال خواهد بود که میزان نفوذ سوزن ویکات در داخل خمیر در مدت ۳۰ ثانیه و در شرایط استاندارد برابر با ۱ ± ۱۰ میلیمتر باشد.

۳- تعیین جرم حجمی سیمان

جرم حجمی (چگالی) سیمان یکی از خواص سیمان است که در محاسبات طرح اختلاط و اندازه گیری نرمی سیمان مورد استفاده قرار می گیرد.

سیمان بطور کلی دارای سه نوع جرم حجمی به شرح زیر است:

- **جرم حجمی آزاد:** که عبارتست از جرم حجمی سیمان به صورت آزاد و بدون تراکم
- **جرم حجمی متراکم:** که عبارتست از جرم حجمی سیمان به صورت متراکم. این نوع جرم حجمی در انبار کردن سیمان کاربرد دارد.
- **جرم حجمی مطلق:** عبارتست از بیشترین جرم حجمی سیمان، که به عنوان جرم واحد حجم ذرات جامد سیمان تعریف می شود.

جرم حجمی سیمان پرتلند عموماً در حدود gr/cm3 15/3 می باشد. سیمان های پرتلند پوزولانی و سیمان های روباره آهن گدازی ممکن است دارای جرم حجمی در حدود gr/cm3 9/2 باشند. جرم حجمی سیمان نشان دهنده ی کیفیت سیمان نیست، اما می تواند به عنوان معیاری از سیمان مصرفی در کارهای عمرانی مورد استفاده قرار گیرد. از آنجا که اندازه گیری حجم اجسامی به شکل پودر، به سادگی ممکن نیست، برای اندازه گیری حجم سیمان در هنگام اندازه گیری جرم حجمی مطلق آن، از وسیله ای به نام بالن لوشاتلیه استفاده می شود. جرم سیمان نیز با ترازو تعیین می گردد.

۴- تعیین مقاومت فشاری سیمان

آزمایش مقاومت فشاری ملات سیمان متداول ترین روشی است که برای اندازه گیری مقاومت سیمان به کار می رود، زیرا عملکرد فشاری بتن بیش از عملکرد کششی آن مد نظر است. در آزمایش مقاومت فشاری ملات نسبت سنگدانه ها به سیمان برابر ۲/۷۵ و نسبت آب به سیمان ثابت و برابر با ۰/۴۸۵ می باشد. در ضمن، ماسه ی مورد استفاده در ساخت ملات مربوطه، ماسه ی استانداردی است که به ماسه ی اوتاوا معروف است. در این روش نمونه های ۵۱ میلیمتری از ملات ساخته شده و تا زمان آزمایش در محلول آهک اشباع در حرارت ۲۲ درجه سانتیگراد نگهداری می شوند. علت اینکه **مقاومت فشاری سیمان** در استانداردها غالباً در ملات ماسه سیمان، و نه در بتن، مورد بررسی قرار می گیرد آن است که برای سنگدانه های درشت، تهیه ی استانداردی که در همه جا مورد مصرف قرار گیرد، تقریباً مشکل و حتی غیر ممکن است.

۱- تعیین ارزش ماسه ای: این آزمایش برای تعیین مقدار لای در ماسه ی طبیعی به کار می رود و به راحتی در کارگاه قابل انجام است. روش آزمایش بدین ترتیب است که محلولی از نمک طبیعی و آب به غلظت ۱٪ تهیه می کنند. سپس حدود CC50 از آن را در یک استوانه ی مدرج CC250 می ریزند و به آرامی ماسه ی مورد نظر را به محلول اضافه می کنند تا وقتی که سطح ماسه ی درون استوانه به CC100 برسد. با افزایش محلول، حجم را تا CC150 افزایش می دهند، سپس استوانه ی مدرج را به شدت تکان می دهند و آن را بدون حرکت در محلی قرار می دهند و پس از ۳ ساعت ارتفاع قشر لای را در بخش فوقانی ماسه اندازه می گیرند. درصد لای موجود در ماسه و ارزش ماسه ای از روابط زیر بدست می آید:

$$\text{درصد لای} = \frac{\text{ارتفاع قشر لای}}{\text{ارتفاع ماسه}} \times ۱۰۰$$

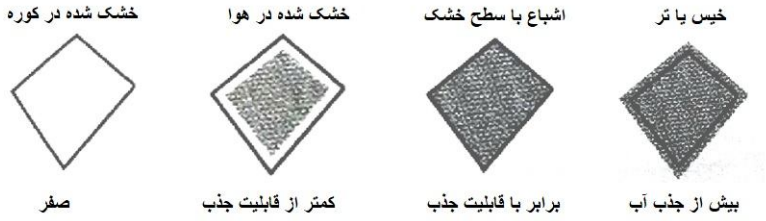
درصد لای – ۱۰۰ = ارزش ماسه ای

طبق آیین نامه ی بتن ایران، ارزش ماسه ای باید حداقل ۷۵ باشد. برای کارهای با حساسیت بیشتر به مقادیر ارزش ماسه ای بالاتری نیاز هست و ممکن است نیاز به آزمایش های دقیق تری نیز باشد.

۲- تعیین جذب آب سنگدانه ها: سنگدانه ها دارای منافذی هستند. این منافذ می توانند با آب پر شوند و لذا از بتن آب می گیرند. به علت اینکه میزان آب بتن (یا در واقع نسبت آب به سیمان) بر روی خواص بتن تاثیر مستقیم دارد، تعیین میزان جذب آب سنگدانه از اهمیت فراوانی برخوردار است. همان طور که در فصل قبل گفته شد، سنگدانه ها از نظر جذب آب به چهار حالت زیر تقسیم می شوند:

شرایط رطوبتی سنگدانه ها به صورت زیر مشخص می گردد:

- **حالت خشک شده در کوره (Oven – dried):** در این حالت هیچ آبی در داخل سنگ دانه باقی نمی ماند و به طور کامل آب جذب می کند.
- **حالت خشک شده در هوا (Air-dried):** روی سطح خارجی سنگدانه ها اثری از رطوبت وجود ندارد، اما دارای مقداری رطوبت داخلی است و مقداری آب جذب می کند.
- **حالت اشباع با سطح خشک (Saturated – Suface dry):** در این حالت مقدار رطوبت سنگدانه به حدی است که نه آبی را به بتن انتقال داده و نه آبی را از بتن جذب می کند. سطح سنگدانه خشک است.
- **خیس یا تر (اشباع با سطح مرطوب) (Saturated):** در این حالت علاوه بر اینکه تمام منافذ پر از آب است روی سطح سنگدانه هم آب وجود دارد.



شکل ۳/ وضعیت رطوبتی سنگدانه ها

به طور معمول فرض می شود که هنگام گیرش بتن، سنگدانه های آن در حالت اشباع با سطح خشک (SSD) می باشند. در صورتی که سنگدانه ها در حالتی غیر از (SSD) باشند، برای رسیدن به این حالت یا از بتن آب گرفته یا به آن آب می دهند. جذب آب سنگدانه ها برای رسیدن به حالت (SSD)، عبارتست از نسبت آب لازم برای رسیدن سنگدانه ها به حالت (SSD)، به جرم سنگدانه ها در حالت خشک. این کمیت به صورت درصد بیان می شود. معمولاً جذب آب ماسه، به علت بالاتر بودن سطح مخصوصش، از جذب آب شن جنس آن بیشتر است.برای اندازه گیری میزان جذب آب شن، آن را ۲۴ ساعت در آب به حد اشباع می رسانند و سپس با حوله یا پارچه ی جاذب آب آنقدر خشک می نمایند تا سطح آن درخشان شود. تفاضل وزن سنگدانه در این حالت و حالت خشک شده در کوره، تقسیم بر وزن سنگدانه ی خشک شده در کوره، میزان جذب آب سنگدانه خواهد بود.

۳- دانه بندی مصالح سنگی: یکی از روش های طبقه بندی سنگ دانه ها، برمبنای توزیع ذرات آنهاست که دانه بندی نامیده می شود. برای این امر، از الک هایی با اندازه های مشخص استفاده می کنند که به الک های استاندارد موسومند. الک ها برحسب اندازه ی چشمه ها (برحسب اینچ) برای الک های بزرگتر و تعداد چشمه ها در هر اینچ طول برای الک های کوچکتر از یک چهارم اینچ مشخص می نمایند. به عنوان مثال الک ۳ اینچ دارای چشمه هایی به ابعاد ۷۵ × ۷۵ میلیمتر است و الک نمره ۱۰۰ دارای ۱۰۰ × ۱۰۰ سوراخ در هر اینچ مربع است.

جدول (۱)

درشت دانه		ریزدانه	
نام الک	اندازه سوراخ	نام الک	اندازه سوراخ
3اینچ	75میلیمتر	نمره ۴	75/4میلیمتر
5/2اینچ	63میلیمتر	نمره ۸	36/2میلیمتر
2اینچ	50میلیمتر	نمره ۱۶	18/1میلیمتر
5/1اینچ	5/37میلیمتر	نمره ۳۰	600میلیمتر
1اینچ	25میلیمتر	نمره ۵۰	300میلیمتر
	19میلیمتر	نمره ۱۰۰	150میلیمتر
	5/12میلیمتر	نمره ۲۰۰	75میلیمتر
	5/9میلیمتر		

در آزمایش دانه بندی، مصالح خشک شده با لرزاندن از الک های مختلف (به ترتیب از بالا به پایین) عبور داده می شود و اندازه ی دانه های مانده روی هر الک و مقدار آن تعیین می گردد. اندازه دانه های روی هر الک از اندازه ی خود الک بزرگتر ولی از اندازه ی الک بالای آن کوچکتر است.

۴- تعیین مقاومت سایشی مصالح درشت دانه: مقاومت بتن سایشی از جمله مشخصاتی است که در مواردی از قبیل سازه های هیدرولیکی، روسازی ها و پیاده روهای بتنی از اهمیت فراوانی برخوردار است. یکی از این عوامل موثر در این ویژگی بتن، مقاومت سایش سنگدانه های درشت است. مقاومت سایشی سنگدانه ها با استفاده از دستگاه لوس آنجلس سنجیده می شود. این ماشین از یک استوانه توخالی که هر دو سر آن مسدود می باشد تشکیل شده است قطر داخلی استوانه ۷۱/۱۲ سانتیمتر می باشد. استوانه از دو طرف متصل به محوری است که بداخل استوانه نفوذ نکرده است و استوانه می تواند پس از سوار شدن روی پایه ها بطور کاملاً افقی حول این محور دوران کند. برای ریختن مواد بداخل استوانه از دریچه ای که بوسیله پیچ و مهره به بدنه متصل شده استفاده می گردد.هنگامی که استوانه می چرخد، یک پره ی آن نمونه و گلوله را با خود به بالا می برد و از آنجا آنها را به طرف مقابل استوانه می ریزد و بدین ترتیب و در اثر وارد آمدن ضربه، سنگدانه ها دچار لهیدگی می شوند. درصد مصالح از دست رفته بیانگر میزان سایش سنگدانه ها است.بار سایش از گوی های فولادی بقطر تقریبی ۱۴/۶ الی ۴/۷ سانتی متر و وزن بین ۳۹۰ الی ۴۴۵ گرم تشکیل شده است. بار سایش دانه بندی نمونه مورد آزمایش باید بصورت زیر باشد:

جدول (۲)

دانه بندی نمونه	تعداد گوی ها	وزن بارسایش برحسب گرم
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20

D	6	15 ± 2500
E	12	25 ± 5000
F	12	25 ± 5000
G	12	25 ± 5000

نمونه مورد آزمایش را که از دانه های شسته و تمیز تشکیل شده است باید در کوره ای با حرارت ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد حرارت داد و تقریباً تا وزن ثابت خشک کرد و پس از دانه بندی با یکی از انواع دانه بندی جدول شماره (۳) مطابقت داد. دانه های نمونه مورد آزمایش باید نماینده موادی باشد که در کار مصرف می شود.

جدول (۳) دانه بندی نمونه مورد آزمون

اندازه الکها با چشمه مربع		دانه بندی نمونه مورد آزمون و وزن آن برحسب گرم						
الکی که دانه ها از آن رد می شود	الکی که دانه ها روی آن می ماند	A	B	C	D	E	F	G
76میلیمتر	63میلیمتر	_	_	_	_	2500	_	_
63میلیمتر	50میلیمتر	_	_	_	_	2500	_	_
50میلیمتر	38میلیمتر	_	_	_	_	5000	5000	_
38میلیمتر	25میلیمتر	1250	_	_	_	_	5000	5000
25میلیمتر	20میلیمتر	1250	_	_	_	_	_	5000
20میلیمتر	5/12میلیمتر	1250	2500	_	_	_	_	_
5/12میلیمتر	5/9میلیمتر	1250	2500	_	_	_	_	_
5/6میلیمتر	3/6میلیمتر	_	_	2500	_	_	_	_
3/6میلیمتر	75/4میلیمتر	_	_	2500	_	_	_	_
75/4میلیمتر	38/2میلیمتر	_	_	_	5000	_	_	_

مهمترین آزمایش های بتن تازه

۱- تعیین وزن مخصوص بتن تازه

برای تعیین وزن مخصوص بتن تازه در کارگاه و آزمایشگاه از این آزمایش استفاده می شود. در این روش بتن تازه در یک قالب آب بندی شده با حجم معین از یک جنس سخت، ریخته و متراکم شده، سپس توزین می شود.

۲- تعیین مقدار حباب هوا (اندازه گیری حجمی)

در این آزمایش مقدار هوای موجود در بتن تازه که حاوی هر نوع سنگدانه، اعم از متراکم، اسفنجی و یا سبک باشد، تعیین می شود. در این آزمایش ابتدا با استفاده از کمچه و ماله، ظرف استوانه ای را با بتن تازه مخلوط شده در سه لایه هم عمیق پر می

کنند. هر لایه را ۲۵ بار میله زده و پس از آن به کناره ظرف استوانه ای بتن ۱۰ الی ۱۵ بار ضربه وارد نمایید. پس از ریختن لایه سوم، باید سطح روئی بتن بوسیله میله کاملاً صاف و یکنواخت شود تا با لبه ظرف استوانه ای هم سطح گردد و سپس لبه ظرف تمیز شود.

قسمت فوقانی دستگاه را روی ظرف استوانه ای در مکان خود متصل نموده و قیف را در داخل آن قرار داده و آنقدر آب به آن اضافه می کنند تا در گلوئی قسمت فوقانی آب مشاهده گردد. سپس قیف را بیرون آورده و با استفاده از سرنگ لاستیکی سطح آب را دقیقاً روی علامت صفر میزان نمایید. سپس درپوش پیچی را در محل خود قرار داده و آنرا محکم نمایید. دستگاه را وارونه نموده و آنقدر آنرا تکان می دهند تا بتن کاملاً از کف ظرف استوانه ای جدا شود و سپس گلوئی را به سمت بالا گرفته و دستگاه را بصورت مایل بلند نموده و آنرا تکان داده و میغلتانند تا کلیه هوای محبوس شده در بتن، خارج گردد. دستگاه را به حالت اولیه خود برگردانده و کمی آنرا حرکت می دهند و سپس آنرا مدتی بدون حرکت گذارده تا آنکه کلیه هوا به قسمت فوقانی آن برود. این عملیات باید آنقدر تکرار شود تا اینکه کاهش در تراز آب مشاهده نشود. زمانی که کلیه هوا از بتن خارج گردیده و به بالای دستگاه صعود نمود، درپوش پیچی گلوئی را باز نموده و هر بار با اضافه کردن یک پیمانه اندازه گیری با استفاده از سرنگ به آن الک به اندازه کافی اضافه نموده تا کف های ایجاد شده در سطح آن ناپدید گردند. ارتفاع آب را مستقیماً در گلوئی دستگاه با دقت ۰/۱ درصد بخوانید.

۳- کارایی بتن (اسلامپ)

کارایی، و یا به تعبیر ساده تر روانی بتن عبارت از میزان سهولت شکل دادن یا جریان یافتن بتن است. کارایی بتن تازه به عوامل مختلفی از جمله میزان آب، نوع سنگدانه ها و دانه بندی آنها، نسبت مقدار سنگدانه به سیمان، وجود افزودنی ها و ریزی سیمان بستگی دارد. این آزمون در مورد بتن هایی که خاصیت خمیری و چسبندگی نداشته باشند و نیز در مواردی که مصالح سنگی درشت تر از ۵ سانتیمتر بمقدار قابل ملاحظه ای بکار رفته باشد نباید مورد استفاده قرار گیرد. این آزمون برای دامنه ای از درجه روانی بتن تازه، کاربرد دارد که اسلامپ آنها بین ۱۰ تا ۲۱۰ میلیمتر باشد. این آزمون برای بتن های تازه ای که بزرگترین اندازه سنگدانه آنها بزرگتر از ۴۰ میلیمتر باشد، مناسب نیست.

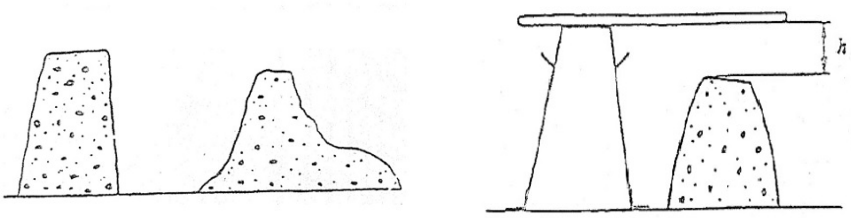
قالب از یک مخروط ناقص که قطر قاعده زیرین آن ۲۰/۳ سانتیمتر و قطر قاعده بالایی آن ۱۰/۲ سانتیمتر و ارتفاع آن ۳۰/۵ سانتیمتر است ساخته می شود.

برای انجام آزمایش به صورت زیر عمل می شود. قالب را مرطوب کرده و آنرا روی سطح صاف و مرطوب و غیرقابل نفوذی قرار می دهند. آزمون کننده باید هنگام پر کردن قالب روی دو پاشنه بایستند و قالب را محکم نگهدارد و سپس از نمونه بتن، بلافاصله در سه مرحله حجم قالب را پر کند (در هر مرحله تقریباً یک سوم حجم پر شود).

یادآوری: تا ارتفاع ۶/۵ سانتیمتری قالب تقریباً یک سوم حجم و تا ارتفاع ۱۵ سانتی متری قالب تقریباً دو سوم حجم قالب می باشد.

هر لایه بتن باید با ۲۵ ضربه در قالب کوبیده شود و ضربات بطور یکنواخت روی تمام سطح هر لایه فرود آید، در مورد لایه اولی باید امتداد میله را کمی متمایل گرفت و نیمی از ضربات را به کنار لایه فرود آورد و سپس بتدریج میله را راست تر کرد و ضربات بعدی را بطور مارپیچ به سمت وسط لایه نزدیک کرد بطوریکه در وسط ضربات عمود وارد شود لایه اولی باید چنان کوبیده شود که

میله تا انتهای ضخامت آن برسد و لایه دوم و سوم نیز باید چنان کوبیده شوند که اثر کوبیدن هر لایه به لایه زیر آن برسد. قبل از کوبیدن لایه بالایی، بتن باید آنقدر زیاد باشد که سطح آن برقاعده جسته و بلندتر از سطح قاعده قالب باشد بطوری که پس از کوبیدن شدن لایه همسطح قالب گردد و اگر پس از کوبیدن سطح بتن پایین تر از سطح قاعده بالایی باشد برای آزمون های بعدی باید بتن بیشتری برداشته شود. پس از اتمام کوبیدن میله را باید بصورت غلتک روی سطح لایه گردانید تا بتن اضافی برداشته شود. سپس بلافاصله باید قالب را با دقت بطور قائم بلند کرد و از بتن جدا ساخت.عمل بلند کردن قالب باید تقریباً در پنج ثانیه و با یک حرکت مداوم رو به بالا بدون آنکه هیچگونه حرکت جانبی یا دورانی به بتن منتقل شود انجام گیرد. تمام عمل از آغاز پرکردن تا برداشتن قالب باید بدون وقفه در مدت ۱/۵ دقیقه انجام شود. هرگاه قسمتی از بتن جدا شود باید از این نمونه چشم پوشی کرد. هرگاه در دو نمونه متوالی ترک یا بریدگی پیدا شود نشانه این است که بتن فاقد چسبندگی و حالت خمیری لازم برای آزمون می باشد.پس از برداشتن قالب ارتفاع نمونه را تا تقریب ۵ میلیمتر اندازه گرفته و از ارتفاع قالب (۳۰ سانتیمتر) کسر کنید. عدد حاصل از کاهش، روانی بتن را نشان می دهد.



شکل ۷/ اندازه گیری اسلامپ

آزمون در صورتی صحیح می باشد که اسلامپ یا افت، واقعی باشد. در اسلامپ واقعی، بتن بعد از خروج از قالب به شکل دست نخورده و متقارن باشد، همانند آنچه که در شکل زیر نشان داده شده است. اگر اسلامپ بتنی بعد از خروج از قالب، به شکل برشی باشد، باید از همان نمونه تکرار شود. اگر آزمون دوم نیز به همان صورت باشد، آزمون غیر معتبر و بتن فاقد حالت خمیری و چسبندگی لازم برای آزمون اسلامپ بتن می باشد که در این صورت می توان طرح اختلاط را اصلاح نمود.

شکل ۸/ حالت های نمونه پس از برداشتن قالب

مهم ترین آزمایش های بتن سخت شده

۱- تعیین مقاومت فشاری

آزمایش مقاومت فشاری در روش ASTM روی نمونه های استوانه ای ۳۰۰ × ۱۵۰ میلیمتر و در روش BS روی نمونه های مکعبی ۱۵۰ و یا ۲۰۰ میلیمتری انجام می شود. به منظور جلوگیری از **چسبندگی بتن** به جداره قالب، باید یک لایه نازک روغن معدنی به جدارهای داخلی قالب مالیده شود. سپس بتن در چند لایه داخل قالب ریخته شود. تراکم بتن های با اسلامپ بالا در سه لایه و با زدن ۲۵ ضربه به هر لایه توسط یک میله گرد به قطر ۱۶ میلیمتر انجام می شود. تراکم بتن های با اسلامپ پایین در دو لایه و با ویبره های داخلی و خارجی انجام می شود. در آزمایشگاه به منظور جلوگیری از کاهش رطوبت نمونه های قالب گیری شده، آنها را به مدتی بیش از ۲۰ ساعت و کمتر از ۴۸ ساعت در دمای ۱/۷ ± ۲۳ درجه سانتیگراد نگهداری می کنند. سپس نمونه های از قالب باز شده را تا زمان رسیدن به زمان آزمایش، در رطوبت کامل نگهداری می کنند. با نگهداری نمونه در شرایط استاندارد مقاومت های بالایی نتیجه می شود.مقاومت فشاری استوانه طبق دستورالعمل ASTM C39-83b تحت سرعت بارگذاری ثابتی در محدوده ۰/۱۵ تا ۰/۳۴ مگاپاسکال در ثانیه برای دستگاه های آزمایش هیدرولیکی و یا با سرعت تغییر شکل۱/۳ میلیمتر در دقیقه، برای دستگاه های مکانیکی، تعیین می شود. با تقسیم ماکزیمم نیروی ثبت شده برسطح مقطع نمونه، مقاومت فشاری به

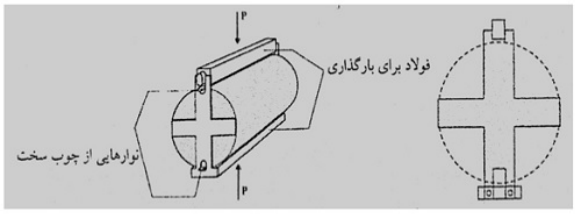
دست می آید.بعد از پرداخت کردن سطح بالای نمونه توسط ماله، اگر در نظر است نمونه پس از ۷ روز یا بیشتر شکسته شود، باید در دمای ۵ ± ۲۰ درجه سانتیگراد نگهداری شود، و اگر زمان انجام آزمایش مقاومت فشاری بتن کمتر از ۷ روز باشد نمونه باید در دمای ۲ ± ۲۰ درجه سانتیگراد نگهداری شود. ترجیح داده می شود رطوبت نسبی کمتر از
۹۰ درصد نباشد، اما نگهداری نمونه زیر پوشش های مرطوب نیز مجاز شمرده شده است.
نمونه های مکعبی بعد از ۲۴ ساعت از قالب بیرون آورده می شوند.
معمولترین سن زمان انجام آزمایش ۲۸ روزه می باشد اما ممکن است آزمایش های دیگری در سنین ۳ و ۷ روزه و در موارد کمتری در سنین ۱، ۲ و ۱۴ روز و همچنین ۱۳ و ۲۶ هفته و یک سال انجام شود. توصیه می شود که نمونه طوری زیر دستگاه آزمایشگاه قرار گیرد که جهت بار عمود برجهت بتن ریزی نمونه در قالب، اعمال شود.

۲- تعیین مقاومت کششی دو نیم نمودن آزمونه های استوانه ای

برای تعیین مقاومت کششی بتن به روش دو نیم نمودن آزمونه های استوانه ای قالبگیری شده یا مغزه گیری شده می توان از این روش استفاده نمود. در این روش آزمون، با اعمال نیروی فشاری قطری روی آزمونه استوانه ای بتن که بصورت افقی بین دو صفحه دستگاه آزمایش قرار گرفته، مقاومت کششی به روش دو نیم نمودن تعیین می گردد.
از این آزمون برای ارزیابی مقاومت برشی بتن در قطعات بتنی دانه سبک نیز استفاده می شود. اگر قطر یا بزرگترین بعد سطح تکیه گاهی رکاب بالایی یا پایینی کمتر از طول استوانه مورد آزمون باشد، لازم است صفحات یا تکیه گاه های مکمل از جنس فولاد مورد استفاده قرار گیرند. سطح این صفحات یا تکیه گاه ها در امتداد هر یک از خطوط تماس باید دارای صافی ۰/۲۵ ± میلیمتر باشد. عرض آنها باید حداقل
۵۱ میلیمتر بوده و ضخامت آنها از فاصله بین لبه ی رکاب های تکیه گاهی مستطیلی یا کروی یا انتهای استوانه کمتر نباشد. تکیه گاه ها یا صفحات باید به گونه ای مورد استفاده قرار گیرند که بار در تمام طول آزمونه اعمال گردد.
آزمونه های عمل آمده در روطبت باید فاصله زمانی انتقال از محیط عمل آوری تا انجام آزمون توسط یک کرباس یا گونی خیس، مرطوب نگهداشته و در اسرع وقت در شرایط مرطوب آزمون شوند.برای ارزیابی بتن های سبک که آزمونه های ۲۸ روزه آنها مورد آزمون قرار می گیرند ابتدا باید آزمونه ها ۷ روز در محیط مرطوب عمل آورده شوند و سپس به مدت ۲۱ روز در دمای ۱ ± ۲۱ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ۲۱ درصد عمل آورده شوند.

روش آزمون

نشانه گذاری: با استفاده از یک وسیله مناسب در انتهای آزمونه خطوط قطری رسم نمایید طوری که خطوط در صفحه ای که از محور آزمونه عبور می کند قرار بگیرد.
اندازه گیری ها: قطر آزمونه را با دقت ۰/۲۵ میلیمتر از طریق محاسبه میانگین سه قطر که در نزدیکی دو انتها و وسط آزمونه در امتداد دو قطر نشانه گذاری شده اندازه گیری شده اند، تعیین نمایید.
با دو بار اندازه گیری و با دقت ۰/۲۵ میلیمتر طول آزمونه در صفحه قطرهای نشانه گذاری شده در دو انتها و تعیین میانگین از آنها، طول آزمونه را محاسبه نمایید.



شکل ۱۱/ جزئیات یک نگهدارنده مناسب

قرار دادن آزمونه ها باتوجه به خطوط قطری نشانه گذاری شده

مرکز یکی از نوارهای چوبی چند لایه را بر مرکز رکاب پایین منطبق نمایید، آزمونه را روی نوار چوبی چند لایه طوری قرار دهید که خطوط قطری در انتهای آزمونه در امتداد عمود بر محور نوار چوبی و در وسط نوار چوبی باشند. وسط نوار چوبی دوم را نیز باتوجه به خطوط قطری دو انتهای آزمونه روی آن قرار دهید، همچنین شرایط زیر باید رعایت گردد:

باید اطمینان حاصل شود صفحه ای که توسط خطوط قطری انتهای آزمونه تشکیل می شود از محور مرکزی صفحه تکیه گاهی فوقانی عبور می کند. وقتی که از صفحه یا میله تکیه گاهی استفاده می شود وسط آن صفحه و وسط آزمونه باید مستقیماً زیر امتداد اعمال بار رکاب تکیه گاهی کروی قرار گیرند.

قرار دادن آزمونه ها با استفاده از گیره نگهدارنده

مطابق شکل (۱۱) با استفاده از گیره نگهدارنده نوارهای تکیه گاهی، آزمونه و میله تکیه گاهی را طوری در جای خودشان قرار دهید که میله تکیه گاهی و محور آزمونه مستقیماً زیر امتداد اعمال بار رکاب تکیه گاهی کروی قرار بگیرند.

سرعت بارگذاری

بار بطور مداوم، یکنواخت و بدون تغییرات ناگهانی با سرعت ثابتی در حدود ۷۰۰ تا ۱۴۰۰ کیلو پاسکال بردقیقه تا هنگام گسیختگی آزمونه، اعمال می شود. بیشترین بار اعمال شده در زمان گسیختگی که توسط دستگاه آزمایش نشان داده می شود را ثبت نموده و به نوع گسیختگی و ظاهر بتن نیز توجه شود.

یادآوری: رابطه بین تنش کششی دو نیم شدن و بار اعمال شده در زیر نشان داده شده است، برای استوانه های ۳۰۰ × ۱۵۰ میلیمتر و حدود سرعت اعمال تنش کششی دو نیم شدن با اعمال بار در حدود ۵۰ تا ۱۰۰ کیلو نیوتن در دقیقه مطابقت می نماید.

محاسبات

مقاومت کششی دو نیم شدن آزمونه به صورت زیر محاسبه می شود:

$$T = \frac{2P}{\pi,L,d}$$

که در آن:

T= مقاومت کششی دو نیم شدن، کیلو پاسکال (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)

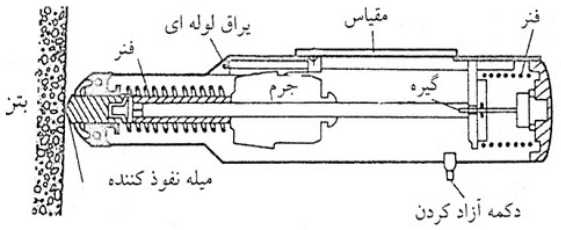
P= حداکثر بار اعمال شده، کیلو نیوتن (کیلوگرم)

L= طول آزمونه، سانتی متر

d= قطر آزمونه، سانتی متر

۳- *چکش اشمیت*

این آزمایش به نام چکش بازتاب، چکش ضربه ای، یا آزمایش سنجش سختی نیز شناخته می شود و یک روش غیر مخرب برای ارزیابی بتن می باشد. آزمایش براساس این اصل استوار است که بازتاب یک جرم ارتجاعیف به سختی سطحی که جرم به آن برخورد می کند وابسته است. همان طور که در شکل نشان داده شده مشخص است، در چکش اشمیت یک جرم متصل شده به فنر وجود دارد که با کشیدن فنر تا نقطه ای مشخص، مقدار انرژی ثابتی به آن داده می شود. این کار با فشار دادن چکش اشمیت به سطح صاف بتن انجام می شود. بعد از آزاد شدن فنر، جرم مربوطه تحت اثر بازتاب میله چکش (که هنوز در تماس با سطح بتن است) قرار می گیرد. مسافتی که توسط جرم طی شده، برحسب درصدی از انبساط اولیه ی فنر بیان می شود و عدد بازتاب نام دارد. این مقدار توسط یک نشانه که در طول یک مقیاس مدرج حرکت می کند، نشان داده می شود. این آزمایش نسبت به وجود سنگ دانه ها و حباب ها در مقابل میله ی چکش، حساس می باشد، به گونه ای که لازم است ۱۰ تا ۱۲ قرائت در ناحیه ی مورد آزمایش انجام شود. همیشه باید میله ی چکش عمود بر سطح بتن باشد، اما وضعیت چکش نسبت به قائم، به دلیل تاثیر ثقل در حرکت جرم، عدد بازتاب را تحت تاثیر قرار می دهد. بنابراین برای یک بتن مشخص، عدد بازتاب یک کف کوچکتر از عدد بازتاب یک سقف است. در حالی که سطوح قائم و مایل به نتایج متوسط منتهی می شود.



شکل ۱۲/ چکش اشمیت

هیچ رابطه مشخصی بین سختی و مقاومت بتن های مختلف وجود ندارد، اما برای یک بتن مشخص، می توان رابطه ای تجربی را تعیین نمود. این رابطه به عواملی مانند درجه ی اشباع و کربناتاسیون که خصوصیات سطح بتن را تحت تاثیر قرار می دهند وابسته است. در نتیجه آزمایش چکش اشمیت به عنوان معیاری از یکنواختی و مرغوبیت نسبی بتن در یک سازه و یا در تولید تعدادی قطعه ی بتنی پیش ساخته مفید است.

پخش و تراکم بتن

پس از جاگذاری بتن، باید حباب های هوای ناخواسته با عمل تراکم حذف و یا کم گردد تا حداکثر چگالی در بتن حاصل شود. مقدار هوای محبوس بستگی به کارایی بتن دارد. بتن با کارایی کم، هوای حبس شده بیشتری دارد، به همین دلیل برای بتن با اسلامپ کم، نیاز به تراکم بیشتری احساس می شود. وجود حباب های هوا باعث کاهش مقاومت بتن، افزایش نفوذ پذیری بتن و کاهش مقاومت پیوستگی بین میلگرد و بتن می شود.برای تراکم بتن می توان از دو روش زیر استفاده نمود:

۱. تراکم دستی

۲. تراکم مکانیکی

موثرترین روش تراکم بتن با کارایی متوسط (اسلامپ رده های S3یا S2) استفاده از لرزاننده ویبراتور است، زیرا بتن های خیلی سفت به فشار و بتن های شل به لرزش حساس هستند. عمل لرزاننده باعث کاهش اصطکاک داخلی بین سنگدانه ها می شود تا آنها به یکدیگر نزدیک شده و حباب های هوا به سطح برسند. در ابتدای عمل تراکم، سنگدانه های درشت از لرزاننده دور می شوند،

زیرا جرم سنگدانه های درشت بیشتر از سنگدانه های ریز است. پس از برخورد سنگدانه های درشت، ملات شروع به جاری شدن بین سنگدانه ها می کند.

۱. تراکم دستی

در کارهای کوچک و محدود که امکان استفاده از لرزاننده ها و وسایل مکانیکی وجود ندارد می توان برای تراکم بتن از وسایل دستی به شرح زیر استفاده کرد:

الف) در مخلوط های خمیری و روان با اسلامپ بیش از ۵۰ میلیمتر (رده S2 به بالا)، می توان از میله فولادی (تخماق، کوبه) یا وسایل مشابه برای تراکم بتن استفاده نمود. میله بایستی به اندازه کافی وارد بتن شود تا بتواند به راحتی به انتهای قالب یا انتهای لایه مربوط به همان بتن ریزی برسد، ضخامت میله بایستی چنان انتخاب شود که به راحتی از بین میلگردها عبور نماید.

ب) با عملیاتی شبیه بیل زنی می توان ظاهر سطوح بتنی قالب گیری شده را بهتر کرد.

یک وسیله بیل مانند باید مکرراً به درون بتن و در مجاورت قالب فرو برده و بیرون آورده شود. این عمل، درشت دانه های بزرگتر را وادار می سازد تا از قالب رانده شود و حبابهای هوای محبوس بتواند بالا بیاید. در این خصوص باید دقت کرد تا به وصعیت میلگردها و قالب ها آسیبی نرسد. در این حالت، ضخامت بتن حدود ۳/۰ متر توصیه می شود.

پ) در مخلوط های سفت (اسلامپ کمتر از ۵۰ میلیمتر، رده S1) می توان از تخماق سر پهن با مقطع دایره و یا مربع استفاده نمود. در این حالت، ضخامت هر لایه به ۱۵/۰ تا ۲/۰ متر محدود می شود.

ت) برای تراکم بتن دالهایی با ضخامت کمتر از ۱۵/۰ متر می توان از ماله چوبی و اعمال ضربه به **سطح بتن** استفاده نمود.

۲. تراکم مکانیکی بتن

با وسایل مکانیکی، مناسب ترین روش برای تراکم بتن است. معمول ترین نوع وسایل مکانیکی، ویبراتور یا لرزاننده داخلی (خرطومی) است. هر چند، در مواردی که تراکم میلگرد زیاد است. می توان از لرزاننده های قالب نیز استفاده نمود.

لرزاننده خرطومی از یک محرک انعطاف پذیر (در درون پوشش) که سبب چرخش میله مرکزی می شود، تشکیل شده است. بر اثر چرخش میله مرکزی، یک قطعه فلزی که به میله متصل است به پوشش فلزی ضربه می زند که سبب لرزاندن آن می گردد.

لرزاننده ها براساس قطر آن، طبقه بدی می شوند، لرزاننده هایی با قطر ۱۵ سانتیمتر موجود است، اما معمولاً در کارگاه های ساختمانی، قطر ۵/۲ تا ۵/۷ به کار گرفته می شود. در صورت استفاده از بتن با روانی بالا از ویبراتورهای دستی در سایتهای ۱ تا ۴ اینچ استفاده می شود. این ویبراتورها با هوای فشرده عمل می نماید. در بتن های با روانی پایین امکان استفاده از ویبراتور های دستی و ویبراتورکیس وجود دارد. در صورتی که ابعاد پروژه به اندازه کافی بزرگ باشد که بتوان از تجهیزات مکانیکی استفاده نمود، از ویبراتورکیس استفاده می شود. این دستگاه عبارت است از شش عدد ویبراتور با قطر ۱۵۰ میلیمتر که بر روی یک باکس (کیس) نصب بوده و بوسیله فشار روغن موتور وسیله مکانیکی که بر روی آن نصب می گردند، عمل می نمایند. برای استفاده از این سیستم می توان از یک بیل مکانیکی کمک گرفت. بدین صورت که با باز نمودن باکت بیل مکانیکی، کیس ویبراتور روی بازوی بیل مونتاژ شده و سیستم تامین فشار روغن ویبراتورها به سیستم هیدرولیک بیل متصل می گردد.هر یک از ویبراتورها تشکیل شده از یک عضو لرزاننده که پوشش فلزی قرار گرفته و یک پمپ هیدرولیک که منحصراً برای لرزاندن این عضو طراحی شده است. سر ویبراتور بوسیله قسمت فلزی که مقاومت بالایی داشته همینطور فاقد قدرت جذب است پوشانده شده و لوله ای فلزی به قسمت لرزاننده متصل و این لوله فلزی به وسیله شیلنگ انعطاف پذیری که محافظ لوله های روغن تغذیه کننده قسمت لرزاننده است به باکس (کیس) متصل می گردد.ضخامت لایه های بتن ریزی نباید از طول ویبراتور بیشتر باشد. ویبراتورها حتی الامکان باید بصورت قائم و سریع وارد بتن شده و به میزان ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر در لایه قبل فرو روند. این عمل بین ۵ تا ۱۵ ثانیه با حرکات متناوب رو به بالا و پایین ویبراتور باعث ایجاد اتصال مناسب دو لایه خواهد گردد. پس از آن ویبراتور خیلی آرام باید از بتن خارج شود. فواصل بین نقاط فرو بردن ویبراتور براساس شعاع عملکرد آن تعیین می گردد و بندی انتخاب می شود که عملکرد ویبراتور روی هم، همپوشانی داشته باشند. بطور معمول این فواصل باید حدود ۵/۱ برابر شعاع عملکرد ویبراتور باشد.این فاصله برای لرزاننده های تا

قطر ۷۵ میلی متر بین ۱۵۰ تا ۵۰۰ میلیمتر است و به قطر لرزاننده و نوع بتن مورد استفاده بستگی دارد:
روش غلط: نقاط فرو بردن مرکز به مرکز با فاصله زیاد باعث جا ماندن نقاط متراکم نشده می گردد.
روش درست: تداخل محدوده عمل هر یک از اجزاء تراکم بیشتری را تضمین می کند.

چگونگی پخش و تراکم بتن

تعیین فواصل نفوذ ویبراتور

از ویبراتور نباید جهت جابه جا کردن بتن استفاده شود. بنابراین لازم است بتن دقیقاً در محلی که قرار بر پخش آن است ریخته شود تا از نیاز به جابجایی آن جلوگیری شود.هنگامی که لایه قبلی بتن، حالت خمیری دارد و هنوز به مرز گیرش اولیه آن نزدیک نشده است، لرزاننده باید به مقدار ۵۰ تا ۱۰۰ میلی متر به داخل لایه قبلی نفوذ کند. لرزاننده نباید با سطح قالب و میلگرد تماس داشته باشد، زیرا ممکن است باعث صدمه زدن به سطح قالب شود و یا سبب لرزش میلگردها در بتن قبلی که در حال گیرش می باشند، گردیده و موجب کاهش پیوستگی بتن و میلگرد شود. همچنین لرزش قالب در قسمت هایی که بتن آن در حال گیرش است می تواند به نمای قسمت سطحی آسیب برساند.لرزاننده نباید برای حرکت جانبی و هل دادن بتن استفاده گردد، زیرا سبب جداشدگی اجزای مخلوط بتن می شود. برای صاف و تراز کردن سطح بتن می توان لرزاننده را به وسط توده بتن داخل کرده تا بتن هموار گردد و از هرگونه حرکت جانبی اجتناب شود.به عنوان یک قانون کلی، هر چه سنگدانه ها بزرگتر باشند و کارایی (اسلامپ) کمتر باشد، نیاز به ویبراتوری با قطر بزرگ احساس می شود. معمولاً قطر ۵/۲ سانتیمتر برای مقاطع پر میلگرد و کوچک استفاده می شود. در چنین مواردی، دامنه نوسان ویبراتور کم بوده و قدرت تراکم نسبتاً کاهش می یابد. در جدول (۱)، اطلاعات کلی مربوط به بازده و کاربرد انواع لرزاننده های داخلی داده شده است. مقادیر جدول تقریبی است. لازم است قطر و قدرت لرزاننده با توجه به کارایی بتن، حداکثر اندازه سنگدانه ها و ابعاد قالب و حجم بتنی که در هر نوبت ریخته می شود، انتخاب گردد.

جدول (۱) انواع لرزاننده ها برای کاربردهای مختلف

گروه	قطر لرزاننده (سانتیمتر)	بسامد (دور در دقیقه)	دامنه نوسان (سانتیمتر)	شعاع عمل (سانتیمتر)	حجم بتن ریزی به ازای هر لرزاننده	کاربرد
1	4-2	9000 تا ۱۵۰۰۰	08/0-4/0	15-8	4-8/0	برای بتن های خمیری و روان و در اعضای نازک و اعضای پیش تنیده و

						نمونه های آزمایشگاهی
2	3-6	8500 تا ۱۲۵۰۰	10/0-05/0	25-13	8-3/2	بتن خمیری برای دیوارهای نازک، تیرها، شمع های پیش ساخته، ستونها و دالهای نازک
3	5-9	8000 تا ۱۲۰۰۰	13/0-06/0	36/18	15-6/4	برای بتن نسبتاً خمیری (کمتر از ۸ سانت اسلامپ)، در اعضای عمومی، مانند دیوارها، ستون، تیرها و دالهای ضخیم
4	8-15	7000 تا ۱۰۵۰۰	15/0-08/0	51/30	31-11	برای بتن ریزی حجیم و اعضای سازه ای با اسلامپ ۰ تا ۵ سانتیمتر که کمتر از ۳ متر مکعب بتن در هر نوبت ریخته می شود
5	13-18	5500 تا ۸۵۰۰	20/0-10/0	61-40	38-19	برای بتن ریزی حجیم، مانند سدها، دیوارهای ضخیم و ستون های پلها که در هر نوبت بیش از ۳ متر مکعب ریخته می شود

در هنگام عملیات تراکم مخصوصاً در بتن های با روانی بالا باید توجه شود که حتماً **بتن ریزی** باید در لایه های افقی انجام گرفته، سپس متراکم شود. در صورتی که بتن بصورت شیبدار ریخته شده باشد در هنگام کبیره زدن بتن به سمت پایین حرکت کرده و امکان متراکم کردن کامل آن وجود ندارد. بهتر است با جابجا تخلیه کردن باکت بتن یا جابجا نمودن لوله پمپ بتن سعی شود تا بتن ریزی بصورت افقی انجام گیرد. در صورتی که علیرغم تمامی مساعی این مهم میسر نشود می توان با وارد کردن سریع کی برا داخل بتن (بمدت کوتاه) در ابتدا سطح آن را تقریباً مسطح و افقی نموده سپس عملیات تراکم انجام گیرد. اجرای هر لایه جدید

بتن تنها در صورتی مجاز خواهد بود که لایه قبلی به طور کامل و کافی متراکم شده و بتن لایه قبل حالت پلاستیک داشته باشد. عملیات تراکم بتن باید تا زمان تخلیه کامل حباب های هوا و آب اضافی داخل بتن و نیز پر شدن تمامی حرفات داخلی ادامه یابد. در صورتی که بدلیل تردد پرسنل یا تجهیزات روی بتن تازه متراکم شده، شکل و تراکم بتن، از بین برود لازم است تا با کبیره کردن مجدد این مشکل مرتفع گردد. اصولاً دوباره کی برا نمودن بتن، سبب خواهد شد تا با خارج شدن حباب های هوا یا آب، اتصال مناسب تری بین بتن و قطعات مدفونی مثل آرماتور و **واتراستاپ** شکل گیرد. تجربه نشان داده است کیفیت بتن هایی که دوباره کی برا می شوند (با تاخیر و فاصله زمانی مناسب بین دو مرحله ویبره) به مراتب بهتر از کیفیت بتن های یکبار ویبره شده می باشد.در هنگام متراکم کردن بتن باید توجه شود که از برخورد ویبراتور به قالب یا قطعات مدفون که باعث خارج شدن آنها از موقعیت خود یا تخریب آنها می گردد، خودداری گردد. در هنگام انجام عملیات تراکم با ویبراتور های دستی، سرپرست تیم بتن ریزی با هدایت کارگران باید فعالیت آنها را زیر نظر داشته و از انجام کامل عملیات تراکم اطمینان یابد.در این راستا لازم است تا وارد کردن ویبراتور در بتن براساس الگوی مناسب و با لحاظ همپوشانی شعاع عملکرد ویبراتورها با یکدیگر صورت پذیرد. در هنگام ویبره زدن بتن باید توجه شود محدوده ای از بتن که قصد ویبره کردن آنرا داریم باید حتماً بوسیله چیزی (مثل قالب یا بتن) محدود شده باشد در غیر اینصورت هنگام ویبره کردن بتن از محلی که محدودیتی بر حرکت آن وجود دارد بصورت شیب به سمت پایین جریان یافته امکان متراکم کردن صحیح بتن وجود نخواهد داشت.ویبراتور های مورد استفاده در بتن ریزی های سازه های مسلح یا بعبارت دیگر بتن های ریزدانه با روانی بالا، بین ۱ تا ۴ اینچ قطر داشته و با هوای فشرده عمل می نمایند. بسته به حجم بتن و میزان روانی آن قطر مناسب ویبراتور انتخاب می گردد. بندی که در اثر عملکرد آن، نه جدایی در سنگدانه های بتن رخ داده و نه آنکه ویبراتور بکار گرفته شده قدرت لرزاندن بتن را نداشته باشد. ویبراتور های فوق الذکر بوسیله شیلنگ انعطاف پذیر به شیلنگ های تامین کننده هوای فشرده متصل می گردد.شیلنگ انعطاف پذیر این امکان را فراهم می سازد که بتوان از ارتفاع بالاتر از تراز بتن ریزی ویبراتور را وارد بتن نموده و ضمناً بتوان براحتی آن را در اطراف قطعات مدفون حرکت داد. همینطور در هنگام بتن ریزی در محدوده ای که بدلیل وجود قطعات مدفون مثل آرماتور امکان دسترسی به تمامی نقاط برای وارد کردن قائم ویبراتور در بتن وجود ندارد بوسیله این شیلنگ انعطاف پذیر، ویبراتور به سمت مورد نظر فرستاده می شود. از طرف دیگر این شیلنگ محل عبور و قرارگیری پاره ای قطعات ویبراتورها نیز می باشد.معمولاً تراکم مجدد ۱ تا ۲ ساعت پس از تراکم اولیه و قبل از اینکه بتن به مرز گیرش اولیه نزدیک شود، انجام می گردد. این عمل برای بهبود تراکم، پیوستگی بتن و میلگرد، کاهش ترک خوردگی و منافذ ناشی از جمع شدگی و آب آوری بویژه در مورد بتن هایی با اسلامپ بیش از ۷۵ میلیمتر مفید است. بنابراین، تراکم مجدد برای تولید بتن با کیفیت بهتر، مورد استفاده قرار می گیرد. اما اگر با تاخیر زیاد و در حین گیرش اولیه انجام شود، سبب صدمه زدن به بتن و کاهش مقاومت نی شود. به هر حال تاخیر در تراکم مجدد به دمای بتن و محیط مجاور و نوع سیمان و بتن بستگی دارد.

پرداخت سطح بتن

معمولاً پرداخت سطح بتن، بلافاصله پس از اتمام بتن ریزی و تراکم بتن انجام می شود. روش پرداخت، اثر مهمی در مقاومت فشاری، نفوذ پذیری و مقاومت سایشی لایه سطحی بتن دارد. مراحل پرداخت سطح به شرح زیر است:

۱. شمشه یا تراز کردن

۲. تخته ماله کشی با تخته ماله دستی بلند و کوتاه

۳. ماله کشی

۴. پرداخت نهایی

هدف و نحوه صحیح مراحل مختلف پرداخت در این بخش شرح داده شده است:

شمشه یا تراز کردن

شمشه کاری روندی برای حذف بتن اضافی و تراز کردن سطح بتن در ارتفاع یا تراز مورد نظر است. این عمل باید بلافاصله پس از بتن ریزی و تراکم انجام پذیرد. وسیله ای که برای شمشه گیری استفاده می شود شمشه یا شارلوت ساخته شده از چوب،

آلومینیوم یا آلیاژ منیزیم است. در هنگام شمشه کاری، شمشه بر روی سطح بتن باید به صورت اره ای حرکت داده شود و در هر حرکت، مسافت کوتاهی به طرف جلو منتقل گردد.بنابراین، بتن اضافی (بالاتر از سطح تراز) در جلو شمشه جمع شده و سپس قسمت هایی که پایین تراز سطح تراز است توسط بتن جمع آوری شده در جلو شمشه پر شده و سطح بتن تراز می گردد. در هنگام حرکت شمشه به طرف جلو باید مقدار مسافت طی شده بسیار کوتاه باشد تا شمشه سبب آسیب دیدگی سطح بتن نگردد.در بعضی موارد، شمشه مجهز به ویبره است و عمل تراز کردن همزمان (با تراکم بتن) فقط برای دال هایی کف انجام می شود.

تخته ماله کشی با تخته ماله دسته بلند و کوتاه

تخته ماله دسته بلند قطعه ای مستطیلی شکل به عرض تقریبی ۲۰۰ میلیمتر و به طول ۱ تا ۵/۱ متر که دسته ای به طول ۱ تا ۵ متر به آن متصل است. منظور از عمل تخته ماله کشی با تخته ماله دسته کوتاه، مانند تخته ماله دسته بلند است و فقط دسته آن کوتاهتر می باشد.استفاده از شمشه های دارای ویبره برای تراز کردن و متراکم نمودن سطح، به صورت همزمان بنابراین معمولاً فقط یکی از آنها در عملیات پرداخت به کار گرفته می شود. اگر سطح بتن بزرگ بوده، ولی تمام سطح بتن در دسترس نباشد، تخته ماله دسته بلند مناسب تر است و بالعکس تخته ماله دسته کوتاه در سطوح محدود و کوچک کاربرد بهتری دارد. باید توجه داشت که دسته بلند تخته ماله از دقت کار می کاهد و فقط در سطح های وسیع به ناچار به کار می رود. معمولاً تخته ماله دسته کوتاه ۷۰ تا ۱۰۰ میلیمتر عرض و ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلیمتر طول دارد و دسته ای کوتاه بر روی آن نصب شده است. معمولاً جنس تخته ماله از چوب، آلیاژ آلومینیوم و یا منیزیم است. برای بتن معمولی نوع چوبی بهتر است زیرا چوب، ملات (خمیر سیمان و ماسه) را بر سطح حرکت داده و در نتیجه سطح بتن به صورت باز باقی مانده و آب آوری شدت نمی یابد.در مواردی که بتن از نوع سبک است و یا چسبنده باشد، باید از تخته ماله از نوع آلیاژ منیزیم استفاده گردد. تخته ماله منیزیمی فقط خمیر سیمان و ماسه بسیار ریز موجود در سطح را حرکت می دهد و انرژی کمتری صرف ماله کشی می شود و همچنین سطح بتن گسیخته نمی گردد. هنگامی که برای بتن با وزن مخصوص (چگالی) معمولی از تخته ماله منیزیمی استفاده می شود بهتر است که اولین ماله کشی با ماله چوبی باشد تا سطح نیمه بسته بتن باز گردد، زیرا تخته ماله منیزیمی سطح بتن را مسدود می کند.

ماله کشی

پس از تعبیه درزها، سطح بتن باید ماله کشی شود، ماله کشی به علل زیر انجام می گیرد:

۱. فرو بردن سنگدانه های درشت به درون بتن

۲. حذف ناهمواری ها و منافذ باقی مانده و ایجاد یک سطح کاملاً هموار

تراکم سطح بتن

ماله به صورت نوع دستی و مکانیکی موجود است. ماله دستی از جنس چوبی، آلومینیومی و منیزیمی است. ماله آلومینیومی و منیزیمی راحت تر در سطح بتن حرکت می کنند، در این صورت، از مقدار انرژی مورد نیاز کاسته می شود. برای ماله کشی بتن حباب دار (به علت استفاده از ماده افزودنی حباب ساز) استفاده از ماله فلزی ضروری است، زیرا ماله چوبی بر سطح بتن چسبیده و سبب خرابی سطح می گردد.عرض ماله دستی باید به صورت کاملاً افقی (بدون ایجاد زویه) بر روی سطح بتن قرار داره ود و آن را به صورت اره ای و قوسی حرکت داده تا منافذ پر شده و سطح بتن کاملاً هموار گردد. ماله کشی سبب می شود تا سطح بتن هموار شده (ولی صاف نمی شود) و مقاومت مناسبی در مقابل لیز خوردن به وجود آید و معمولا به عنوان پرداخت نهایی تلقی می گرد. ماله کشی با دستگاه مکانیکی نیز امکان پذیر است. دستگاه ماله کشی شامل یک محور عمودی است که به آن چند پره به شکل ماله متصل است و حرکت دورانی پره ها سبب هموار شدن سطح بتن می گردد.

پرداخت نهایی

بعد از عمل ماله کشی می توان با ابزارهای دستی یا مکانیکی مخصوص پرداخت نهایی، سطح بتن را کاملاً صاف نمود. مرحله نهایی بلافاصله بعد از ماله کشی و با ابزار دستی یا ماشین انجام می پذیرد. ابزار دستی که برای پرداخت نهایی استفاده می شود (شکل ۳۵)، یک صفحه فولادی پهن به ابعاد ۱۰۰ × ۴۰۰ میلیمتر است. استفاده از صفحه فولادی با ابعاد کوچکتر برای مرتبه دوم و یا

سوم پرداخت نهایی اشکال ندارد. در بعضی موارد (مانند دالها)، پرداخت نهایی با دستگاه مکانیکی انجام می شود. این دستگاه مشابه ماله دستی است، تنها تفاوت آن، ابعاد کوچکتر پره ها و امکان تغییر و فشار بر روی آنهاست. در مرحله اول پرداخت، پره ها به صورت مستقیم و در مراحل بعدی، به زاویه پره ها افزوده می شود. باید توجه داشت با پرداخت نهایی، از مقاومت لغزش سطح بتن کاسته می شود، اما مقاومت سایش سطح افزایش می یابد. بنابراین اگر مقاومت سایشی بتن در حد نسبتاً زیاد ضروری است باید حداقل یکبار نسبت به پرداخت نهایی اقدام گردد و با افزایش تعداد عمل پرداخت نهایی، مقاومت سایش افزایش می یابد. اما اگر مقاومت لغزش اهمیت بیشتری دارد، باید مرحله پرداخت نهایی حذف گردد.

عمل آوری بتن

عمل آوری روندی است که جهت حفظ رطوبت و حرارت بتن در مدت زمان معین بلافاصله پس از جاگذاری و پرداخت بتن انجام می گردد. عمل آوردن در خصوصیات بتن سخت شده، مانند مقاومت فشاری، دوام، مقاومت سایشی و مقاومت در مقابل یخبندان تاثیر قابل ملاحظه ای دارد. **عمل آوری بتن** به سه شکل محافظت، مراقبت (عمل آوری) و پروراندن (عمل آوری حرارتی) برای بتن ریخته شده در قالب ضروری است. هنگامی که سیمان پرتلند با آب مخلوط می شود، فعل و انفعال شیمیایی که به آن هیدراتاسیون می گویند، آغاز می گردد. پیشرفت و وسعت این واکنش شیمیایی در دوام، مقاومت و وزن مخصوص بتن اثر می گذارد. معمولاً مقدار آب موجود در مخلوط های بتن، بیش از آب مورد نیاز برای تکمیل هیدراتاسیون است، اما به هر حال کاهش آب به علت تبخیر، باعث تاخیر و یا توقف فرآیند هیدراتاسیون می گردد. در چند روز اول، پس تز جاگذاری بتن، در درجه حرارت مناسب، هیدراتاسیون نسبتاً سریع است. بنابراین حفظ آب بتن، در طول این زمان بسیار با اهمیت است. هنگامی که عمل آوردن متوقف شود، کسب مقاومت بتن برای مدت کوتاهی ادامه می یابد، ولی پس از آنکه درجه اشباع حفره های مویینه داخل بتن به ۸۰ درصد می رسد، کسب مقاومت بتن متوقف می گردد.

روشهای مختلف عمل آوری رطوبتی (مراقبت) به شرح زیر است:

۱. عمل آوری با آب

۲. عمل آوری عایقی

عمل آوری با آب

روشی است که سبب افزایش رطوبت بتن می گردد و همچنین از افت رطوبت بتن جلوگیری می کند. آب مصرفی باید دارای مواد زائد و مضر در حد مجاز استاندارد و آیین نامه های موجود باشد تا در کیفیت بتن اثر نامطلوبی باقی نگذارد. همچنین نباید از آب سرد و یا گرم، که سبب شوک حرارتی در بتن شده و موجب ترک خوردگی سطح بتن می شود، استفاده نمود. روش های مختلف عمل آوری با آب به شرح زیر است:

ایجاد حوضچه و غوطه ور سازی

ایجاد حوضچه برای سطوح افقی، مانند دالها مناسب است. در پیرامون دال، لبه هایی ساخته می شود و در درون این حوضچه آب قرار می گیرد. آب درون حوضچه نباید بیش از $۱۲C^{\circ}$ سردتر از بتن باشد. همچنین می توان (قطعات پیش ساخته) را از درون آب غوطه ور کرد، که در این حالت، ضوابط دمای آب باید رعایت شود.

افشاندن آب

در دمای بیش از $12C^{\circ}+$ روش افشاندن آب برای عمل آوردن بتن بسیار مناسب است. روند افشاندن آب باید پیوسته باشد، در صورتی که افشاندن با وقفه انجام پذیرد، باعث تر و خشک شدن می گردد و در نتیجه عارضه پوسته شدن در سطح بتن بروز می کند. آب فشانی معمول در برخی از کارگاه های کشور ما، علاوه بر ایجاد تر و خشک شدن، باعث شوک حرارتی نیز می گردد، زیرا با خشک شدن سطح در زیر آفتاب، دمای سطح بتن بالا رفته و با پاشیدن آب خنک، مشکل ترک خوردگی وجود خواهد داشت.

پوشش های خیس

در صورتی که نتوان به طور مداوم با افشاندن آب، سطح بتن را مرطوب نگه داشت، استفاده از پوشش های جذب آب از قبیل چتایی، گونی، گلیم و حصیر برای عمل آوردن بتن توصیه می شود. چتایی نو باید قبل از مصرف کاملاً شسته شود تا مواد قابل حل آن پاک شده و قابلیت جذب آن بیشتر گردد. همچنین در صورت استفاده از گونی، که قبلاً حاوی مواد شیمیایی یا شکر و غیره بوده، لازم است قبل از نصرف، گونی کاملاً شسته شود، زیرا برخی از مواد شیمیایی می توانند همراه آب عمل آوری، در بتن جوان نفوذ نموده و ضمن اختلال در گیرش بتن، مقاومت و دوام آن را کاهش دهند. با افزایش وزن چتایی یا سایر پوششهای جاذب، امکان نگهداری آب توسط آن بیشتر می شود و نیاز به مرطوب کردن متوالی آن کمتر
می گردد. در غیر این صورت، بهتر است از دو لایه چایی استفاده شود. چنانچه ورق پلاستیک بر روی چتایی قرار داده شود، از تبخیر آب چتایی جلوگیری می گردد که مشابه عمل آوری عایقی خواهد بود. این نوع پوشش ها باید به نحوی روی سطح بتن قرار گیرند که لبه آنها حدود ۱۰۰ میلیمتر روی هم قرار داده شوند، و بلافاصله پس از آنکه بتن به اندازه کافی سخت شد، بر روی سطح قرار داده شوند. اگر زمانی که بتن در حالت خمیری است، پوشش روی آن قرار داده شود، سطح بتن آسیب می بیند. پوشش باید تمام سطح بتن را بپوشاند و به طور مداوم خیس نگاه داشته شود.برای مقاطع کوچک بتن، عمل آوردن بتن با استفاده از خاک، ماسه، خاک اره، کاه و پوشال خیس مناسب است. ضخامت این نوع پوشش ها باید حداقل ۵۰ میلیمتر باشد و تمام سطح بتن پوشانده شود و به طور مداوم خیس نگاه داشته شود. ضخامت لایه کاه، ۱۰۰ میلیمتر و پوشال باید حداقل ۱۵۰ میلیمتر باشد و در صورت وزش باد با شبکه سیمی و یا چتایی روی آنها پوشانده شود تا وزش باد سبب پراکنده شدن کاه و یا پوشال نگردد. به طور کلی این نوع پوشش ها ممکن است باعث تغییر رنگ سطح بتن شوند و در همه موارد، مانند سطوح قائم امکان به کار گیری از آنها وجود ندارد. ، روش عمل آوری با پارچه چتایی را نشان می دهد.
توصیه می شود، پس از اتمام مدت عمل آوری رطوبتی، اجازه دهیم پوشش موجود خشک و سپس از روی سطح بتن برداشته شود تا مشکل ایجاد نگردد. این عمل برای مناطقی که باد خیز هستند ضرورت دارد.

عمل آوری عایقی

جلوگیری از تبخیر آب، روش دیگری جهت عمل آوردن بتن است و به این دلیل مزیت دارد که نیاز به خیس کردن مداوم پوشش ندارد. این روش برای مناطقی که امکان فراهم کردن آب مناسب جهت عمل آوری با مشکلاتی همراه است قابل به کارگیری خواهد بود. مصالح و روش های مختلف جلوگیری از تبخیر آب از سطح بتن به شرح زیر است:
ورق پلاستیک یا نایلون
ورق پلاستیک، وزن بسیار سبکی دارد و در رنگ های مختلف، مانند سفید و سیاه موجود است. رنگ سفید برای هوای گرم مناسب است، زیرا نور را منعکس می کند و رنگ سیاه برای هوای سرد مطلوب است، زیرا نور را جذب می کند. ورق پلاستیک معمولاً از نوع پلی اتیلن است. ورق پلاستیک باید کاملاً سطح بتن را بپوشاند و لبه بالای آن حدود ۱۰۰ میلیمتر روی هم قرار گیرد و قطعات چوب بر روی آن قرار داده شود تا ورق کاملاً در تماس با سطح بتن باشد، و وزش باد سبب بلند کردن و حرکت آن نگردد. احتمال دارد که ورق پلاستیک باعث تغییر رنگ و ظاهر سطح بتن گردد به خصوص اگر ورق چروکیده باشد. در این صورت اگر یکنواختی رنگ و ظاهر سطح بتن اهمیت دارد، باید از روش های دیگری استفاده کرد. تعریق و چکه کردن آب ناشی از تبخیر سطح بتن می تواند به ظاهر بتن آسیب رساند. بنابراین بهتر است، در چنین شرایطی نایلون و یا پوشش دقیقاً بر سطح بتن قرار داده شود و یا از روش های دیگری استفاده شود. مشکل استفاده از ورق نایلون پاره و یا سوراخ شدن آن در کارگاه این است کخ امکان تعمیر آن وجود ندارد و در صورت عدم توجه به وجود سوراخ یا پارگی مشکلاتی برای عمل آوری، به وجود می آورند. برای محکم کردن ورق ها در اطراف تیرها و ستون ها، باید از طناب یا نوار استفاده گردد. شکل (۲)، استفاده از ورق پلاستیک شکل (۳)، عمل آوری با استفاده از پوشش های مرکب (مواد عایق، ترکیبی از پلاستیک و چتایی) را نشان می دهند.

ترکیبات عمل آوری

ترکیبات عمل آوری به صورت مایع است که بر روی سطح بتن پاشیده یا مالیده می شود و یا ایجاد یک غشاء از تبخیر آب بتن جلوگیری می کند. این محلول ها از اختلاط رزین های مصنوعی و طبیعی با حلال تشکیل شده است. پس از اعمال ترکیبات عمل آوری بر سطح بتن، حلال تبخیر شده و رزین بر سطح باقی می ماند. غشای رزین برای مدت محدود یک تا چهار هفته باقی مانده و بر اثر هوازدگی و نور آفتاب، ترد و شکننده می گردد و از سطح بتن جدا می شود. معمولاً در این نوع ترکیبات از رنگدانه های مختلف، مانند ذرات آلومینیوم بهره گرفته نی شود. استفاده از رنگدانه ها در ترکیبات به دو دلیل انجام می پذیرد.
رنگدانه های خاص سبب انعکاس نور شده و در نتیجه دمای بتن شدیداً افزایش نمی یابد و همچنین سبب رویت ترکیب بر روی سطح بتن می شود و بنابراین امکان ارزیابی کفایت و یکنواختی ترکیب در سطح بتن فراهم می گردد. برای حصول اطمینان از پیوستگی غشای عمل آوری، بهتر است آن را در دو لایه عمود بر یکدیگر اعمال نمود. اگر فقط یک لایه اعمال شود، باید از یکنواختی و پوشش غشاء اطمینان حاصل گردد. ترکیبات عمل آوری باید بر روی سطح بتن مرطوب اعمال و از پاشیدن یا اعمال آن بر سطح خشک بتن اجتناب گردد. ترکیبات عمل آوری از تبخیر آب بتن جلوگیری کرده و در نتیجه سطح بتن خنک نمی شود. بنابراین در مناطقی که تابش شدید آفتاب وجود دارد، باید بر روی سطح بتن، سایبان ایجاد گردد. در صورتی که از ترکیبات عمل آوری غیر محلول در آب استفاده می شود، لازم است این ترکیبات پس از تبخیر آب رو زده، به کار روند. اگر قرار است که بر روی سطح بتن، یک لایه دیگر بتن ریخته شود، یا کاشی و موزائیک بر روی سطح بتن نصب گردد، بهتر است که از ترکیبات عمل آورنده استفاده نشود، زیرا این ترکیبات پیوستگی را کاهش می دهند. هر چند بعضی از انواع ترکیبات، پیوستگی را کاهش نمی دهند و یا امکان پاک کردن غشاء وجود دارد. همچنین در برخی از منابع و مخازن نگهداری مواد بهداشتی، غذایی و آب باید قبل از بهره برداری این مواد کاملاً تمیز گردند.
در مواردی که دوام بتن در برابر عوامل مضر و یا خوردگی میلگردها حائز اهمیت است و یا هنگامی که نسبت آب به سیمان پایین است، بهتر است از روش های عمل آوری با آب (ایجاد حوضچه، غوطه وری، افشاندن آب و پوشش های خیس) استفاده کرد، و در صورت اضطرار از عمل آوری عایقی بهره بگیریم. شکل (۴)، روش عمل آوری با ماده شیمیایی عمل آوری را نشان می دهد.

عمل آوردن بتن به وسیله قالب ها

قالب ها خود محافظ مناسبی هستند و از خروج آب از بتن جلوگیری می کنند. البته در چنین مواردی، سطح افقی بتن باید مرطوب نگاه داشته شود. قالب های چوبی باید با آب افشانی مرطوب شوند، به خصوص در هوای گرم و خشک این عمل حائز اهمیت است. اگر مرطوب نگاه داشتن قالب های چوبی امکان پذیر نیست، باید بلافاصله قالب برداری شده و روش دیگری جهت عمل آوردن بتن به کار گرفته شود.
در صورتی که امکان برداشتن سریع قالب ها بویژه در سطوح و یا دیوار و یا تیرها وجود ندارد، توصیه می شود با شل کردن قابها، امکان عمل آوری با ریختن آب در درزهای موجود فراهم شود. شکل (۵)، یک نمونه از قالب های مخصوص را که از مواد مختلف تشکیل شده است نشان می دهد.

عمل آوری حفاظتی (محافظت)

لازم است در طول عمل آوری بتن جوان و پس از ریختن بتن، از بتن به خوبی محافظت شود تا آسیب نبیند. بارش باران و تگرگ، لرزش های شدید ماشین آلات ثابت و متحرک موجود، یخبندان، اعمال ضربه به قالب می تواند به بتن جوان و نارس آسیب برساند و به ظاهر بتن و مقاومت و دوام آن لطمه بزند.

عمل آوری حرارتی (پروراندن)

برای افزایش مقاومت بتن در روزهای اول و محافظت آن، در هوای سرد و جلوگیری از یخ زدن آن می توان دمای بتن داخل قطعه را بالا برد. بهترین روش برای این کار، به کار گیری بخار آب است. دمای محیط و بتن بهتر است از حدود $۶۵C^{\circ}$ بیشتر نشود و عمل بخاردهی پس از گیرش بتن آغاز گردد. روشهای حرارت رسانی خشک با سوزاندن مواد سوختی، نیروی برق و غیره، امکان پذیر است. ولی به طور کلی باید نکات زیر در آن رعایت شود تا مقاومت و دوام مورد نظر حاصل گردد:

الف) قبل از گیرش بتن گرمادهی انجام نشود.
ب) گازهای ناشی از سوختن در مجاورت بتن تازه و یا جوان قرار نگیرد.
پ) خشک شدگی در قطعه بتنی به وجود نیاید و گرمازایی به صورت یکنواخت و غیر متمرکز انجام گردد.
ت) افزایش دمای بتن، در هر ساعت به $۲۰C^{\circ}$ و کاهش آن نیز در هر ساعت به $۲۰C^{\circ}$ محدود شود و از بروز شوک حرارتی به بتن جلوگیری گردد. در قطعات حجیم کاهش دمای بتن در هر ساعت به $۱۰C^{\circ}$ محدود می شود.
ج) حداکثر دمای بتن به $۶۵C^{\circ}$ محدود شود.
چ) با ایجاد عایق حرارتی در سطح بتن می توان از افت دمای آن جلوگیری نمود و حتی دمای آن را افزایش داد. قالب چوبی، پشم شیشه، و عایق های پلی یارتان و یونولیت، کاه و پوشال و غیره به ضخامت کافی می تواند عمل عایق بندی را به انجام برساند. باید از به کار بردن مواد عایق یا گرمازا در سطح بتن که دارای مواد مضر باشد، جلوگیری نمود.

مدت زمان مراقبت (عمل آوری)

مدت مراقبت به عواملی نظیر نوع سیمان، مقاومت مورد نظر، نسبت سطوح نمایان به حجم، شرایط آب و هوایی در هنگام ساختن با نسبت آب به سیمان و ریختن بتن بستگی دارد. مدت زمان عمل آوری بتن در هر پروژه به دلیل شرایط مختلف، متفاوت است. در صورتی که، زمان خاصی برای عمل آوری پیش بینی نشده باشد، حداقل زمان عمل آوردن بتن از مندرجات جدول (۱) محاسبه می شود. با توجه به شرایطی که ممکن است در کارگاه های کوچک حاکم باشد و عمل آوری مطابق روش های ارائه شده، کاملاً صحیح انجام نگردد و یا در مناطقی که مسائل دوام و خوردگی میلگردها حائز اهمیت است توصیه می شود، زمان عمل آوری بیش از حداقل ارقام موجود در جدول اختیار گردد.

جدول (۱) حداقل زمان عمل آوری بتن

زمان عمل آوری		روند افزایش مقاومت بتن **					
		سریع		متوسط		کند	
دمای متوسط سطح بتن (هوای مجاور)°C		5-10	بالاتر از 10	5-10	بالاتر از 10	5-10	بالاتر از 10
شرایط محیطی	ضعیف	4	3	8	6	10	8
	متوسط	4	3	6	4	8	5
	خوب	4	2	3	3	3	3

شرایط مندرج در این ستون به شرح زیر تعریف می شود:
خوب: محیط مرطوب و محافظت شده (رطوبت نسبی بیشتر از ۸۰ درصد و محافظت شده در برابر تشعشع خورشید و باد)
ضعیف: محیط خشک و محافظت نشده (رطوبت نسبی کمتر از ۵۰ درصد و محافظت نشده در برابر تشعشع خورشید و باد)
متوسط: شرایطی بین دو حد خوب و ضعیف ** مفاهیم روند افزایش مقاومت بتن؛ سریع: بتن دارای سیمان های زودگیر(مانند پرتلند نوع ۳) افزودنی های زودگیر کننده نسبت آب به سیمان، بسیار کم و عیار سیمان زیاد است، متوسط: نوع ۱ و ۲ و پرتلند پوزولانی، کند: نوع ۵ پوزولانی ویژه.

عمل آوری بتن

بتن استامپی یکی از هوشمندانه‌ترین و خلاقانه‌ترین نوآوری‌ها در صنعت بتن‌سازی می‌باشد که به صورت گسترده در پاسیوها، گاراژها و پیاده‌روها از آن استفاده می‌شود. ایده‌ی استفاده از بتن به صورت قطعات استامپی، نه تنها باعث افزایش مقاومت کف‌پوش‌ها می‌شود، بلکه زیبایی ظاهری هم به آن می‌افزاید. استفاده از بتن استامپی می‌تواند جایگزین خوبی برای انواع سنگ‌های کف‌پوش از جمله گرانیت‌ها باشد که هزینه‌های زیادی نیز روی دست شما می‌گذارند.

بتن استامپی را بتن چاپی یا بتن بافتی نیز می‌نامند. این نوع از بتن بعد از پایان کار می‌تواند ظاهری شبیه سنگ، آجر، کاشی و یا حتی چوب داشته باشد. بتن استامپی بهترین انتخاب برای کف‌پوش استخرها، حیاط منزل و ورودی ساختمان‌ها می‌باشد. در واقع بتن استامپی برای استفاده‌های بیرونی بهترین است. استفاده از بتن استامپی از دهه‌ی ۱۹۵۰ میلادی آغاز شد. در ابتدا، تنها مشکلی که با آن روبه‌رو بودند، تنوع کم رنگ و شکل‌های مختلف آن بود. به مرور و با پیشرفت فناوری، انواع و طرح‌های مختلفی از بتن‌های استامپی روانه‌ی بازار شد. پوشاندن کف به وسیله‌ی بتن استامپی از زمان معرفی‌اش به دنیا، مورد توجه بسیاری قرار گرفت و جزو محبوب‌ترین‌ها شد. در واقع هزینه‌ی کم‌تر آن باعث شد تا مشتریان از آن بسیار راضی باشند. نصب کف‌پوش استامپی بسیار آسان است و در نتیجه هزینه‌ی نصب آن نسبت به انواع دیگر کف‌پوش کم‌تر است. هم‌چنین دارای تنوع بسیار زیادی در طرح و رنگ هستند که باعث می‌شود تا مالک و خریدار انتخاب‌های زیادی داشته باشد. در برابر انواع دیگر کف‌پوش‌ها (سنگ و گرانیت) همان‌طور که پیش از این اشاره کردیم، دارای هزینه‌ای بسیار کم‌تری هستند.

در بحث مقاومت و کارایی، بتن یکی از بهترین و بی‌نقص‌ترین گزینه‌های موجود برای کف‌پوش‌ها می‌باشد. انتخاب **بتن استامپی** برای کف‌پوش، حتی زیبایی و طبیعی بودن کف‌پوش‌ها را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد و از این نظر هیچ مشکلی ندارد.

اما بتن استامپی چگونه شکل می‌گیرد و چگونه نصب می‌شود؟ در ادامه به شرح این موضوع می‌پردازیم.

در واقع اولین پروسه‌ای که برای ایجاد بتن استامپی صورت می‌گیرد، بتن‌ریزی ساده است. بتن به همان‌صورتی که کف‌پوش‌های بتنی ساده شکل می‌گیرد، روی زمین ریخته می‌شود. پیش از گیرش و سخت شدن کامل بتن، فرایندهایی بر روی آن صورت می‌گیرد که بتن را به بتن استامپی تبدیل می‌کند یا به عبارت دیگر بتن را استامپ می‌کنند. تمامی این پروسه‌ها باید بر روی بتن

تازه انجام شود.اولین مرحله و نخستین کاری که بر روی بتن تازه صورت می‌گیرد، پاشیدن پودر رنگ است. پودر رنگ بایستی بر روی بتن به صورت همگن ریخته شود. هم‌چنین توجه به این نکته نیز بسیاری ضروری است که سطح بتن نباید دچار آب انداختگی باشدبعد از ریختن پودر و پس از این که از آماده بودن بتن تازه به صورت کامل اطمینان به عمل آمد، قالب‌ها را بر روی بتن قرار می‌دهند.پس از قرار دادن قالب‌ها، کار جداسازی و علامت‌گذاری بر روی بتن تازه آغاز می‌شود. با وسایل مخصوص این کار انجام می‌گیرد. مرحله‌ی بعدی و در واقع مرحله‌ی آخر می‌تواند به دو صورت انجام بگیرد. اول این که حد فاصل بین استامپ‌ها (خط‌های علامت‌گذاری شده) زمانی که بتن هنوز تازه است جدا شود یا پس از سخت شدن بتن به وسیله‌ی اره برقی این کار صورت گیرد.پیشنهاد می شود جهت بهتر شدن کیفیت این نوع کفپوش ها می توان از مواد افزودنی نیز برای بهبود عملکرد استفاده نمود به مانند ژل میکروسیلیس ،افزودنی بتن کربوکسیلاتی و پودر میکروسیلیس و ...

واتر استاپ چیست؟ کاربرد و دلیل استفاده از آن

آب بند یا واتر استاپ (Waterstop) عنصری مورد استفاده در سازه های بتن است که برای جلوگیری از **نفوذ مایعات** (مخصوصا آب) در مفاصل و درزهای آن تعبیه می‌شود. در **تولید واتراستاپ ها** از مواد مختلف و گسترده ای استفاده می شود که هر کدام دارای ویژگی های خاص خود می باشند. بنا به نیازهای مورد نظر در هر سازه، **جنس واتر استاپ** مورد نظر انتخاب می‌شود. **نحوه ی عملکرد و کاربرد واتر استاپ ها** به این صورت است که آن ها طول مسیر جریان و حرکت آب و یا مایعات دیگر را طولانی می کند تا آب نتواند نفوذ کند. همه ی واتر استاپ ها معمولا دارای آج هستند که باعث چسبندگی و افزایش طول مسیر آب می شود. **نوارهای آب بند کننده** واتراستاپ باید دارای انعطاف پذیری زیاد بوده تا با ابعاد و حجم سازه های بتنی و با پیچیده شدن نوع مقاطع و شرایط اجرا تغییر شکل یافته و متناسب با ابعاد و اندازه های سازه از نظر ضخامت، پهنا، نوع آج ها و تغییرات حفره و... طراحی گردند. از جمله مهمترین **ویژگی های کیفیتی واتراستاپ** درصد ازدیاد طول، **مقاومت کششی و سختی** آن بوده که باید با الزامات استاندارد مطابقت داشته باشد و همچنین ماندگاری **واتر استاپ** در شرایط مختلف از جمله محیط های قلیایی حائز اهمیت است و باید مورد توجه قرار گیرد، در غیر این صورت واتراستاپ در محیط قلیائی بتن کیفیت خود را به سرعت از دست داده و دچار تغییر حالت گشته و منجر به نشت و بروز سایر مشکلات کیفی نظیر ترک خوردگی و نشست تکیه گاهی سازه و... می گرددمفاصل و محل هایی که در آن ها دو بتن مختلف در کنار هم قرار گرفته اند، بیش ترین ضعف را در برابر نفوذ آب و دیگر مایعات را دارا هستند. برای جلوگیری از وقوع آن، در تمامی مفاصل بتن ها بایستی از واتراستاپ استفاده شود. واتر استاپ عنصری مهم و تاثیر گذار در **ضد آب بودن کل سازه** و نگهداری از آن در برابر آب است. در میان مهندسان و طراحان سازه، زمانی که حرف واتر استاپ به میان می آید، اولین چیزی که در ذهنشان شکل می گیرد، واتراستاپی از جنس پلاستیک یا لاستیک است. تقریبا از اواسط دهه ۱۹۵۰ میلادی، پلی وینیل کلرید یا همان پی وی سی (PVC) پر استفاده ترین واتراستاپ بوده است. در کنار مقاومت و انعطاف پذیری بالا، کار با این نوع مواد در نصب و جوشکاری راحت تر است. همچنین جدا از مقاومت در برابر آب، در برابر مواد شیمیایی محلول در آب های زیرزمینی نیز مقاوم است. در کنار پی وی سی، از مواد مختلف فلزی،

پلاستیکی، آسفالتی و مواد هیدروفیلی نیز در **ساخت بهترین واتراستاپ ها** استفاده می شود. که هر کدام ویژگی های منحصر به خود را دارند.واتر استاپ تنها یک کار در بتن انجام می‌دهد و آن هم جلوگیری از نفوذ آب به مفاصل بتن می باشد. به عبارت دیگر واتر استاپ ها نمی توانند جلوی نفوذ بخار آب و رطوبتی را که از طریق ترک خوردگی های بتن وارد آن می شوند را بگیرند. مگر آن که به طور جداگانه برای **ترک های بتن** نیز واتراستاپ نصب گردد.

واتر استاپ، کاربرد و دلیل استفاده از آن **نحوه ی اجرا و نصب واتر استاپ**

✓ **انواع واتراستاپ ها در سازه های مختلف بتنی**

۱. واتر استاپ PVC
۲. واتر استاپ هیدروفیل
۳. -واتراستاپ بنتونیتی

۱. واتراستاپ پی وی سی PVC

واتراستاپ های پی وی سی در فرم ها و سایزها مختلفی ساخته و عرضه می شوند. انتخاب واتراستاپ مناسب بستگی به نوع مفصل شما دارد، خصوصا این که مفصل متحرک است یا خیر. **واتراستاپ پی وی سی** با قرار گرفتن در مفاصل بتنی به عنوان یک میان پرده ی ضد آب از ورود هر گونه مایعات به داخل بتن جلوگیری می نماید.

۲. واتر استاپ هیدروفیلی

واتر استاپ هیدروفیلی به منظور **رفع نشت درزهای اجرایی** و مقاطع قطع بتن ریزی است که **واتراستاپ های هیدروفیلی** با استفاده از پلیمرهای لاستیکی و پلیمر با خاصیت ارتجاعی بسیار بالا طراحی شده است.

۳. واتراستاپ بنتونیتی

نوار آب بند بنتونیتی یا واتراستاپ بنتونیتی محصولی است کارآمد و **بر پایه سدیم بنتونیت** فعال در ماتریس بوتیل رابر که **خاصیت ارتجاعی** بسیار بالایی با افزایش حجم نیز دارد. واتر استاپ بایستی با مواد خام که هیچ گونه عیب و نقص ندارند، ساخته شوند. انواع مختلفی از مواد وجود دارند که با توجه به نیازهای مختلف از آن ها در ساخت واتراستاپ استفاده می شود.

دسته بندی مفاصل و درز های بتن

مفاصل و درزهای بتن به دو بخش اصلی تقسیم می‌شوند:

۱. **درزهای ثابت** ۲. **درزهای حرکتی**. درزهای ثابت خود بر دو نوع هستند. درزهایی که بر اثر عوامل اجرایی به وجود می آیند، مثلا قطع بتن ریزی و عدم پیوستگی به دلایل گوناگون. نوع دیگر، درزهایی است که ممکن است بر اثر ترک خوردگی به وجود بیایند. درزهای حرکتی به دسته ی **درزهای انبساط حرارتی**، انقباضی و ترکیبی تقسیم می‌شوند. برای درزهای ثابت و بدون حرکت، معمولا استفاده از واتر استاپ هیدروفیلی توصیه می شود. برای درزهای حرکتی نیز از **واتراستاپ های مکانیکی** مخصوص استفاده می شود.

✓ **ویژگی های یک واتر استاپ استاندارد**

از **مزایای یک واتراستاپ استاندارد** می توان گفت باید بدون حباب، ترک یا انقباض، عدم زیری سطح، بدون بریدگی، دارای یکنواختی رنگ و ضخامت یکدست در راستای طولی باشد. جهت **خرید انواع واتراستاپ ها** با قیمت مناسب و ارزان می توانید با مشاوران فنی **کلینیک بتن ایران** در ارتباط باشید.

نکاتی در مورد استفاده از واتراستاپ و اتوی واتراستاپ

سالهاست استفاده از آب بند (واتر استاپ) به منظور آب بندی درزهای اجرایی و محل های قطع بتن (Construction Joint) متداول است. امروزه تمامی کشورهای توسعه یافته و پیشرفته از آب بندهای هیدروفیلیک یا بنتونیتی برای آب بندی درزهای اجرایی استفاده می کنند نه نوع P.V.C آن، زیرا محل ثابت سازی آب بندها در بین آرماتورها می باشد و با گذشت چند سال از **عمر سازه** و بررسی شرایط آرماتورها و بتن مشاهده می کنیم آرماتورهای طولی و عرضی که در سمت آبگیر سازه قراردارند به واسطه عبور آب از طریق درز سرد موجود بین مقاطع بتن ریزی شده و لوله های موئین ناشی از تبخیر آب بتن، دچار زنگ زدگی شده که در برخی از موارد با انبساط ۶ الی ۱۵ درصدی حجم آرماتورها، بتن دچار ترک خوردگی می گردد. این نقصان عاملی جهت تشدید نفوذ پذیری و کاهش شدید طول عمر سازه بتنی می باشد. آب بند های هیدروفیلیک یا بنتونیتی علاوه بر سهولت و سرعت بسیار زیاد در نصب تمامی نواقص فوق الذکر را رفع می کنند.

کار های اساسی برای آب بندی سازه های بتنی

برای آب بندی یک سازه بتنی باید دو کار اساسی صورت بگیرد:

۱. آب بندی خود بتن توسط بتن مناسب که توسط **افزودنی های بتن** و ژل میکروسیلیس یا استفاده از مواد واترپروف بتن یا مکمل های بتن صورت می گیرد.
۲. آب بندی درزهای بتن توسط واتر استاپ که واتراستاپ های پی وی سی یا استفاده از **واتراستاپ های آب دوست** (هیدروفیلی یا ترموپلاستیک) توصیه می شود.

اصول آب بندی بتن

اصلاح منحنی دانه بندی و کنترل میزان فیلر (FILLER) بتن یعنی بیشتری نسبت به سایر مواد داشته باشد و تغییر نسبت مصالح درشت به ریز (در بتن های معمولی شن بیشتر است ولی در اینجا نسبت ها برابر باید باشد)، نسبت آب به سیمان حداقل است، از دیگر عوامل موثر ویبره ی مناسب است و برای **افزایش ضریب اطمینان** لزوما همه بتن ها نیاز به افزودنی ندارند البته اگرخوب اجرا شود.

✓ **اصول آب بندی درزهای بتن**

- استفاده از واتر استاپ
- استفاده از درزگیر که به عنوان مکمل استفاده می شود نه به عنوان جایگزین

کاربرد واتر استاپ ها برای آب بندی درزهای اجرایی و درزهای انبساط در **سازه های بتنی آبی** استفاده می شود. اهمیت واتر استاپ ها را در سازه های آبی می توان به مانند بادبند ها در سازه ها عنوان نمود.

واتر استاپ طول مسیر جریان و حرکت آب را طولانی می کند تا آب نتواند نشت کند. ضخامت بتن بر اساس میزان نفوذ پذیری از آن جهت اهمیت دارد که اگر ضخامتش بیشتر از **میزان نفوذ پذیری آب** باشد تا آب از آن عبور نکند.

یکی از نکات در طراحی، عرض واتر استاپ است، که عمق نفوذ بیشتر از یک دور رفت و برگشت باشد.

✓ **انواع درزها**

- **درزهای ثابت:** در این درزها آرماتور قطع نمی شود.

الف) درزهای اجرایی (مثل قطع بتن ریزی و عدم پیوستگی)

ب) ترک

- **درزهای حرکتی:**

الف) انبساط حرارتی

ب) انقباض

ج) فرعی ترکیبی

بنا به نوع درزها ۲ نوع واتر استاپ داریم که شامل تخت که در وسطش حفره نمی باشد. همه واتر استاپ ها آج دارند که باعث چسبندگی و افزایش طول مسیر آب می باشند و نوع آنها با توجه به نوع درز تعیین می شوند. در واتر استاپ هایی که در وسطش حفره دارند، حفره دقیقا وسط **درز حرارتی انبساطی** می افتد که جلوگیری از بازی کردن درز می شود.

✓ **انواع واتر استاپ ها از لحاظ محل قرار گیری**

انواع واتر استاپ ها از لحاظ **محل قرار گیری** در مقاطع بتنی به انواع زیر تقسیم می شوند:

۱. واتر استاپ های میانی
۲. واتر استاپ های کفی (کف استخر)
۳. واتر استاپ های روکار

نکته: در درزهای انبساطی واتر استاپ ها مستقیما با آب در تماس هستند ولی در درزهای اجرائی این گونه نیست.

عوامل موثر در تعیین اشکال و ابعاد واتر استاپ ها

- نوع و اندازه درز
- محل قرار گیری واتر استاپ ها در مقطع بتنی
- ضخامت قطعه بتنی که واتر استاپ ها در آن قرار دارند
- **فشار هیدرواستاتیک** درون سازه

نکته ۱: دو گوه انتهایی واتر استاپ ها نقش بسیار مهمی در جلوگیری از عبور آب دارد، چون گروه های وسطی که در کشش قرار می گیرند تخت می شوند ولی انتها هیچ تغییری نمی کند.

نکته ۲: واتر استاپ به هیچ وجه خم یا سوراخ نمی شود. این واتر استاپ ها را باید از بالا و پایین کاملا مهار شود.

نکته ۳: ساده ترین راه همپوشانی (**Overlap**) هرچقدر که Overlap زیاد باشد به خاطر آج ها دو سر کاملا بر هم منطبق نمی شوند.

اتوی واتراستاپ چیست؟

بهترین راه Overlap توسط جوش لب به لب توسط **دستگاه مخصوص اتوی واتراستاپ** می باشد به این صورت است که دو سر واتر استاپ را ذوب می کنند و به هم می چسبانند. (همان طور که در این تصاویر می بینید)

نکته: باید دقت شود که اتوی واتر استاپ سری مانند تبر داشته باشد (همانند تصاویر)

نکته: دقت کنید در **خرید اتوی واتر استاپ** که از جنس و کشور سازنده مناسبی تهیه گردد.

نکته: دقت شود که واتر استاپ باید ذوب شود نه اینکه بسوزد.

نکته: دقت شود که در هنگام ذوب گاز سمی متصاعد می شود و باید در فضای باز و از ماسک استفاده شود.

✓ **نحوه استفاده از اتوی واتراستاپ**

۱. به کمک دستگاه هویه (اتوی واتراستاپ) دو سر واتراستاپ را گرم کرده تا به حالت مذاب درآید سپس دو سر واتراستاپ را بر روی یکدیگر قرار می دهیم تا اتصال انجام شود که پس از سرد شدن به صورت یکپارچه در می آید.

۲. به وسیله چسب های صنعتی که برای اتصال نرم مناسب می باشد اتصال دو سر واتراستاپ صورت می گیرد، بدین ترتیب که

تقریبا ۳۰ سانتی متر از دو سر واتراستاپ را به صورت اورلب بر روی هم قرار داده و میان آنها را از چسب مورد نظر آغشته کرده و تحت فشار قرار می دهند تا کاملا یکدیگر را جذب نمایند.

آزمایش کنترل کیفیت واتر استاپ

- دو قطعه I شکل از واتر استاپ در هر دو جهت آنها بریده می شود و مورد بررسی قرار می گیرد.
- افزایش طول در **زمان بریدگی** و مقاومت مهم است.
- در سال های گذشته ار واتر استاپ های مسی استفاده می شد که راحت پاره می شدند و در جوش دادن آنها به مشکل بر می خوردند و در ضمن گران بودند و استفاده از آنها به صرفه نبود.
- واتر استاپ های P.V.C در مقابل **اشعه ماوراء بنفش** خشک و شکننده می شوند.

در مخازنی که چربی یا مواد نفتی در آن موجود باشد از اویل استاپ (OIL STOP) استفاده می شود که به رنگ مشکی تولید و وارد می شوند، می توانید جهت اطلاعات بیشتر و مشخصات فنی این محصول با کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.

اتوی واتراستاپ و نحوه ی استفاده از آن

آزمایش PULL OFF یا بیرون کشیدگی، یک تست بتن کارگاهی برای ارزیابی مقدار نیروی کششی مورد نیاز برای کشیدن دیسک چسبیده به سطح بتن با رزین اپوکسی یا پلی استر می باشد و در مقاوم سازی ساختمان کاربرد زیادی دارد.

پرکاربرد ترین تست pull off (پول آف) تست چسب ۰۰۷ می باشد. در این تست دیسک بوسیله چسب با مقاومت بالابه بتن می چسبد و سپس توسط اهرم کشیده می شود. انجام آزمونهای کششی Pull-off پول آف در کارگاه شامل مواد، تجهیزات و عملیات خطرناکی می باشد و بهتر است که کاربر قبل از اقدام ، موارد ایمنی مناسب را رعایت نماید.

تستPULL OFF تست PULL OFF

مرور کلی روش آزمون:

برای اجرای آزمون Pull-Off یا بیرون کشیدگی:

محل و سطح مورد تست pull off را آماده نمایید. از یک مته کرگیری برای سوراخ کردن سطح بتن آماده شده یا مواد تعمیراتی موجود در بتن سیستم ترکیبی استفاده کنید.با استفاده از چسب با مقاومت بالا یک دیسک صلب را به روی حفره ایجاد شده متصل کنید. توسط دستگاه تستpull off ، از طریق دیسک صلب یک بار کششی عمود بر هسته اعمال نمایید. استحکام اتصال کششی، به عنوان بار شکست تقسیم بر مساحت سطح مقطع هسته گزارش و نوع حالت شکست نیز شناسایی می شود.

تجهیزات و مواد مورد نیاز برای تست: PULL OFF

ماشین کر گیری یا دریل:

ماشین کرگیری این قابلیت را دارد که بصورت عمود بر سطح مورد تست pull off و بدون فشار آوردن به هسته مورد حفاری کار کند. مته حفاری باید آلیاژ الماسه باشد.

دیسک صلب:

قطر دیسک باید حداقل ۵۰ میلیمتر و با ضخامت مناسب جهت توزیع نیروی وارده بدون تاب خوردگی باشد.

برای دیسک فولادی با قطر ۵۰ میلیمتر، حداقل ضخامت باید ۲۰ میلیمتر و دیسک با قطر ۷۵ میلیمتر باید دارای ضخامت ۳۰۰ میلیمتری باشد.برای دیسک آلومینیمی با قطر ۵۰ میلیمتر، حداقل ضخامت لازم ۲۵ میلیمتر و صفحه به قطر ۷۵ میلیمتر باید ۳۸ میلیمتر ضخامت داشته باشد. قطر سوراخ حفاری شده باید با قطر دیسک متناسب باشد.

چسب:

مقاومت کششی اتصال بین دیسک و سطح مورد تست pull off باید بالاتر از مقاومت بتن یا مواد تعمیراتی باشد، لذا برای چسباندن دیسک سخت به مغزه حفاری شده، از چسب خمیری یا ژل مخصوص استفاده می گردد.

دستگاه تست: Pull-Off

حداقل ظرفیت دستگاه باید حداقل دو برابر بارگذاری مجاز باشد. بعنوان مثال برای یک مغزه با قطر ۵۰ میلی متر، دستگاه مورد نیاز باید دارای ظرفیت حداقل ۱۵۰۰ پوند یا۷۵۰۰ نیوتن باشد که مطابق سفارش تولید کننده کالیبره شود.

تجهیزات دیگر: دماسنج و کولیس

انتخاب محل آزمون:

محل باید سالم و عاری از لایه لایه شدگی (جدایش لایه ای) و فاقد اقلام تعبیه شده ای مثل شیر آلات و لوله و کابل و... باشد.

آماده سازی سطح:

سطح باید تمیز و عاری از آلودگی بوده و فاقد بتن تخریب شده و یا سست باشد.

آماده سازی سطح باید مطابق الزامات پروژه و توصیه های کارخانه سازنده دستگاه صورت گیرد.

برای تست pull off سطوح نامنظم، باید سطحی که اجازه می دهد.

تا دستگاه تست pull off استقرار یکنواخت و محکم و با جهت گیری مناسب به نمونه آزمون داشته باشد ایجاد گردد.

برخی شرکتهای سازنده، ساب زنی و تسطیح محل آزمون را توصیه کرده اند.

آماده سازی نمونه آزمون:

مغزه گیری: برای سطح بتن موجود یک استوانه قائم به عمق حداقل ۲۵ میلیمتر یا نصف قطر مغزه ایجاد کنید (هرکدام بزرگتر است). برای مغزه به قطر ۵۰ میلیمتر، حداقل عمق باید ۲۵ میلیمتر و برای قطر مغزه ۷۵ میلیمتر حداقل عمق حفاری باید ۳۸ میلیمتر باشد. برای بتن ترمیم شده کامپوزیتی نیز به همین شیوه عمل می شود . سپس تمام ضایعات ناشی از حفاری همچون گرد و غبار و آب را تمیز نموده و اجازه می دهیم تا کاملاً خشک شود.

دیسک را روی مغزه حفاری شده توسط چسب مناسب بچسبانید. سطح باید کاملا تمیز و دیسک در وسط قاعده مغزه قرار گیرد. چسب مورد استفاده را مطابق دستورالعمل سازنده عمل آوری کنید. چسب مورد استفاده نباید به داخل شیارهای اطراف مغزه بلغزد. در صورت چنین پیش آمدی نمونه را رها کرده و حفاری دیگری را انجام دهید. در دمای زیر ۲۰ درجه سلسیوس، برای تسریع در گیرش و عمل آوری چسب، میتوانید به آرامی دیسک را تا حداکثر ۵۰ درجه سلسیوس گرم کنید. برای اینکار هرگز از شعله مستقیم استفاده نکنید، سشوار گزینه مناسب تری است. نمونه مورد نظر باید مطابق تصویر زیر آماده شده باشد.

بارگذاری و تستpull off

پس از آماده سازی، دستگاه آزمون Pull-Off را روی دیسک نصب نمایید. برای ایجاد یک بار کششی عمودی و بدون خروج از محوریت، قالب عکس العمل یا همان تکیه گاه دستگاه باید بصورت یکنواخت بر روی سطح قرار گیرد. پس از تعبیه، سیستم را با

رنج حدود ۰،۰۰۴ مگاپاسکال در ثانیه مورد بارگذاری کششی قرار دهید. پس از بارگذاری، شکل جدایش صورت گرفته و عدد نیرو اطلاعات مورد نظر این تست خواهند بود.

راهکار:

اگر پیوند اتصال مناسب باشد باید گسیختگی در بستر بتنی صورت گیرد که در نتیجه آن حد پایین مقاومت چسبندگی بدست می آید. اگر ظرفیت اتصال ضعیف بوده و منجر به گسیختگی از نوع دیگری شود، این آزمایش میتواند بینشی کلی نسبت به رفتار اتصال و مکانیزم شکست بدست دهد. طبقه بندی نوع شکست به ارزیابی کیفی اتصال و شناسایی ماهیت تخریب کمک می نماید. در این آزمایش چون این الیاف به دو صورت چسبندگی لمینیت های FRP و الیاف اشباع شده FRP در ترمیم بتن مورد استفاده قرار می گیرد. بهترین راهکار برای مقاوم سازی افزایش مقاومت کششی و چسبندگی الیاف اشباع در بتن ، تزریق رزین هایی با کیفیت بالا به بتن مورد آزمایش می باشد و در حالت لمینیت مناسب ترین روش استفاده از الیاف کارآمد و مناسب شرایط سازه ای و اجرایی می باشد. نتیجه: جهت انجام این آزمایش باید برای هر لایه اف آرپی ۶ روز زمان بگذارند تا کیورینگ و عملیات رزین ها به خوبی انجام پذیرفته باشد،می توانید جهت سوالات بیشتر با واحد فنی کلینیک بتن ایران (مهندسین مشاور مهرازان پایدار)تماس حاصل فرمایید.

همه چیز در مورد ژل میکروسیلیس یا میکروسیلیکا (مکمل بتن)

ژل میکروسیلیس یا میکروسیلیس ژل شده یا مکمل بتن نوعی افزودنی بتن اصلاح شده پیشرفته بر پایه **روانسازهای بتن، میکروسیلیس، سیلیس** و **الیاف پلی پروپیلن** می باشد از این ژل برای ساخت انواع **بتن توانمند، بتن آب بند، بتن نفوذ ناپذیر** و **بتن با دوام** مورد استفاده قرار میگیرد. ژل میکروسیلیس در واقع همان سیستم دوده سیلیسی و **فوق روان کننده بتن** بصورت خمیری شکل و آماده مصرف میباشد که ضمن دارا بودن قابلیت افزایش مقاومت های شیمیایی و مکانیکی بتن، مسایل و مشکلات سیستم دو جزیی دوده سیلیسی + فوق روان کننده را هم به طور اساسی حل کرده است. در شرایط آب و هوایی مهاجم نظیر مناطق ساحلی و مناطق کویری نیاز به مواد افزودنی وجود دارد که بتن را نفوذ ناپذیر کند و جذب آب بتن را کاهش دهند که استفاده از **ماده افزودنی ژل میکروسیلیکا** یا مکمل بتن راهکار ایده آلی است. که علاوه بر وجود دوده سیلیس و الیاف پلی پروپیلن در ساختار خود که به تنهایی موجب بهبود خواص بتن خواهند شد، و همچنین دارای روان کننده در فرمولاسیون خود می باشد که در نتیجه علاوه بر روانی بتن موجب کاهش آب مصرفی بتن نیز خواهد شد که به این ترتیب موجب **افزایش مقاومت های بتن** و خواص ویژه آن خواهند شد. شاید ایده تولید ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن خمیری زمانی به ذهن رسید که استفاده از دوده سیلیسی، یا پودر میکروسیلیس و یا قیمت روز ژل میکروسیلیس در **بتن ریزی** های مجاور سواحل دریاها به طور جدی مورد توجه مهندسین ساختمان قرار گرفته است. به دلیل خصوصیات بارز پوزولانی میکروسیلیس، استفاده از آن جهت بهبود خواص مکانیکی و افزایش دوام بتن در کشورهای پیشرفته رو به افزایش است. در بتن ریزی های مربوط به ساخت اسکله های دریایی، شمع ها، ستون ها و قطعات پـیش ساخته، فونداسیون ماشین آلات و کلیه سازه های بتونی که در معرض حملات شیمیایی به ویژه یون کلر و سولفات ها قرار دارند. میکروسیلیس در حال حاضر به عنوان یکی از بهترین مواد **افزودنی های بتن** معدنی شناخته می شود و با اضافه کردن **بهترین ژل بتن میکروسیلیس** به مخلوط باعث کاهش نفوذ پذیری و در نتیجه باعث افزایش دوام بتن می شود. **پودر میکروسیلیس** یا دوده سیلیسی یا **پاور ژل** میکروسیلیس بتن با توجه به داشتن ذرات بسیار ریز و به دلیل پراکندگی آسان در فضا از نظر زیست محیطی مشکلی جدی تلقی می شود که تولید ژل های پوزولانی یا ژل میکروسیلیس به این معظلات پایان داد. یک محصول فرعی حاصل از کوره های قوس الکتریکی در جریان تولید **آلیاژ های فروسیلیس** می باشد. این ماده با داشتن بیش از ۹۰ درصد سیلیس با حالت غیر کریستالی و به شکل ذرات بی نهایت ریز با قطر متوسط ۰/۱ میکرون شدیدا **پوزولانی** است و برای استفاده به عنوان یک ماده سیمانی در بتن بسیار مناسب است.

میزان مصرف ژل میکروسیلیس در بتن

خصوصیات ژل میکروسیلیس

از جمله خصوصیات ویژه ای که ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن برای بتن ایجاد می کند نفوذناپذیر نمودن بتن است . این خاصیت به دلایل موادی که برای تولید ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن فرموله شده اند می باشند . برای تولید ژل میکروسیلیس از مواد روانساز و مواد آب بند کننده و دوده سیلیسی و الیاف پلی پروپیلن استفاده شده است که همگی به نحوی در آب بندی، **مواد آب بندی بتن** و نفوذ ناپذیر شدن بتن نقش دارند. با ایجاد روانی بیشتر بتن توسط روان کننده به کار برده شده در تولید ژل میکروسیلیس ذرات ریز دوده سیلیسی یا پودر میکروسیلیس و ذرات ریز بتن حرکت کرده و به سوی فضاهای خالی بین سنگدانه های درشت تر حرکت می کنند و موجب پر شدن فضای خالی بین آنها شده و به این ترتیب موجب نفوذ ناپذیرتر شدن و همچنین حصول مقاومت بیشتر در بتن می شوند. نفوذ ناپذیر نمودن بتن توسط ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن تا حدود زیادی می تواند مانع خوردگی فولاد با آرماتور داخل بتن مسلح شود به این ترتیب که **خوردگی فولاد** مسلح کننده بتن مهم ترین پر هزینه ترین نوع خرابی بتن است که این خرابی عموما به دلیل نفوذ مواد مخرب کلرایدها و غیره می باشد. خواه کلرایدها از آب اقیانوس و چه از **نمک های یخ زدا** وارد بتن شده باشند نتیجه یکسان است. استفاده از بتن های میکروسیلیسی با بتن های سیلیسی یا بتن میکروسیلیسی در برابر حملات سولفاتی نیز از خود مقاومت نشان خواهند داد چنانچه ساختار شیمیایی **سیمان پرتلند** مصرفی، در حمله سولفاتی نقش دارد، اما تحقیقات نشان داده است که نسبت آب به سیمان مواد سیمانی نیز (w/cm) یک فاکتور بحرانی به حساب می آید. کاهش w/cm به طور موثر، نفوذ پذیری بتن را کاهش می دهد. افزودن ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن نفوذ پذیری را تا حد زیادی کاهش می دهد و سبب به تاخیر انداختن بیشتر هرگونه واکنش مضر می گردد.

میزان مصرف میکروسیلیس در بتن

مصرف ژل میکروسیلیس

مصرف ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن در کفسازی نیز تاثیرات عالی به دنبال خواهد داشت. عملیات بتن در کفسازی نیز تاثیرات عالی به دنبال خواهد داشت. در عملیات **کف سازی صنعتی** به دلیل عدم آب انداختگی بتن و میکروسیلیس، پرداخت کاری کف در یک عملیات یک مرتبه ای پیوسته به پایان می رسد. در نتیجه کارفرما کف سازی مطلوب تری خواهد داشت و پیمانکار **عملیات کفسازی** را با افزودن ژل میکروسیلیس در زمان کوتاه تر و با نیروی انسانی کمتر به پایان خواهد برد. علاوه بر موارد مذکور در کفسازی بتنی که با ترکیب ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن اجرا شده است شاهد بتنی صاف تر و با مقاومت حداقل ۳۰٪ بالاتر از بتن معمولی خواهیم بود که برای کف بتنی بسیار حائز اهمیت است. مصرف ژل میکروسیلیکا یا مکمل بتن نتیجه خاصی روی **افزایش سرعت هیدراتاسیون** ندارد. اگر چه میزان حرارت هیدراسیون میکروسیلیس شبیه حرارت هیدراسیون سیمان پرتلند است، اما کسب مقاومت آن بسیار سریع تر می باشد. بنابراین با ایجاد توازن بین مقدار سیمان پرتلند و میکروسیلیس در یک مخلوط بتنی می توان حرارت هیدراسیون را با ثابت نگه داشتن نرخ کسب مقاومت، کاهش داد. خرید ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن را می توان با افزودن مواد **دیرگیر کننده بتن** یا زودگیر کننده در انواع شرایط آب و هوایی سرد و گرم مورد استفاده قرار داد و شاهد نتایج عالی و چشمگیر شد. از **خصوصیات ویژه ژل میکروسیلیس** این است که با افزودن آن به بتن می توان ۵ الی ۱۰ درصد از عیار سیمان مصرفی بتن کاهش داد. به لحاظ روان کنندگی و نفوذ ناپذیر نمودن، ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن گزینه مناسب برای استفاده در بتن استخرها، مخازن و سیلوها می باشد و علاوه بر افزایش مقاومت این گونه سازه های بتنی نفوذ ناپذیری و افزایش عمر آنها را به دنبال خواهد داشت. میزان مصرف دقیق ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن باید با توجه به شرایط آب و هوایی و نوع مصالح مصرفی با آزمایشات دقیق کارگاهی تعیین شود. اما با توجه به بروشور فنی شرکت شیمیایی کلینیک بتن ایران میزان مصرف ژل میکروسیلیکا یا مکمل بتن ۵ الی ۸ درصد وزن سیمان مصرفی است. پیشنهاد می شود با توجه به حجم بتن و **عیار سیمان** مصرفی توزین ژل میکروسیلیس برای ترکیب با بتن دقیقا توزین شود و به ازای هر متر مکعب بتن ۱ دقیقه با بتن میکس شود. ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن را می توان در آب اختلاط بتن ترکیب نموده و سپس به **اجزاء خشک بتن** افزود

و یا پس از ترکیب کامل بتن به مخلوط اضافه شود. بهترین روش افزودن ژل میکروسیلیس با بتن به این ترتیب است که یک حجم ژل میکروسیلیس با یک حجم آب **اختلاط بتن** میکس شده و سپس به بتن افزوده شوند تا راحت تر با بتن ترکیب شوند. پیشنهاد می شود در مواردی که فاصله زمانی ساخت و بتن ریزی زیاد است در دومرحله ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن مورد استفاده قرار گیرد (یک قسمت در بچینگ و قسمت بعدی ۲ دقیقه قبل از بتن ریزی به تراک میکسر اضافه شود) با افزودن ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن و حمل تا پروژه هیچ تغییری در ساختار بتن ایجاد نخواهد شد. اما باید توجه شود چنانچه مسافت کارخانه ساخت بتن تا محل پروژه طولانی می باشد بهتراست از ژل میکروسیلیس دیرگیر یا مکمل بتن دیرگیر استفاده شود تا سرعت روند **واکنش هیدراسیون بتن** را کاهش دهد. در مصرف ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن باید توجه شود که چنانچه علاوه بر آب بندی بتن افزایش مقاومت مدنظر است باید با توجه به بروشور فنی شرکت شیمیایی از آب بتن کاسته شود و **عملیات اختلاط** به طور مناسب انجام شود. چنانچه کلیه مراحل طبق دستورالعمل های ارائه شده توسط دفتر فنی و بروشور فنی شرکت شیمیایی کلینیک بتن ایران انجام شود افزایش مقاومت ۳۰ الی ۷۰ درصدی نسبت به بتن شاهد خواهیم داشت. ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن برای تولید بتن سقف های C.D.S یا سقف های بدون میلگرد نیز کارایی مطلوب دارد چون ژل میکروسیلیس به لحاظ دارا بودن **الیاف پلی پروپیلن** در ساختار خود می تواند باعث مسلح شدن بتن دقت C.D.S شود. **ژل میکروسیلیس** برای بتن ریزی های حجیم برای آب بندی گزینه مناسب است و نتایج ایده آلی در بر خواهد داشت نکته قابل توجه این است که چون در بتن ریزی های حجیم، **کیورینگ بتن** و عمل آوری مغز بتن سخت می باشد، باید از مکمل بتن دیرگیر استفاده شود تا علاوه بر آب بندی و نفوذ ناپذیر شدن و افزایش مقاومت بتن ،گیرش بتن نیز کنترل شود.

باید توجه داشت که حداکثر نفوذ ناپذیری قابل بتن برای یک **بتن آب بند** mm۳۰ است که این خواسته با مصرف ژل میکروسیلیس در ساختار جسم بتن محقق خواهد شد. به شرطی که علاوه بر افزودن مواد افزودنی کلیه عملیات بتن ریزی از مرحله ساخت بتن، حمل، **اجرا و کیورینگ** به درستی انجام شود. مصرف ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن خصوصیات و ویژگی های منحصر به فردی به شرح زیر برای بتن ایجاد خواهد نمود.

کاربرد و ویژگی های ژل میکروسیلیس

- کاهش عیار سیمان به میزان ۵ الی ۱۰ درصد
- کاهش آب انداختگی و جداشدگی سنگدانه های بتن
- افزایش مقاومت مکانیکی بتن
- سهولت پمپاژ بتن و کاهش استهلاک در تجهیزات بتن ریزی
- افزایش دوام و پایایی بتن در سیکل های ذوب و انجماد
- سازگاری ژل میکروسیلیس با انواع سیمان ها
- افزایش مقاومت الکتریکی بتن
- افزایش مقاومت سایشی بتن
- کاهش نفوذپذیری در برابر آب، یون کلر و هجوم سولفات ها
- کاهش ترک های ایجاد شده در بتن
- قابلیت استفاده همزمان با انواع روانسازهای بتن
- ساخت بتن کاملا خمیری
- ایجاد سطحی صاف و اکسپوز
- افزایش روانی بتن بدون نیاز به افزودن فوق روان کننده

ترکیب ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن در ساختار جسم بتن موارد کاربرد ویژه ای به شرح زیر برای بتن ایجاد می کند:

- تولید بتن های پرمقاومت
- تولید بتن های نفوذ ناپذیر
- تولید بتن های با دوام و پایا
- مناسب برای بتن ریزی های حجیم
- مناسب برای بتن ریزی در معرض سیکل های ذوب و انجماد
- مناسب برای تولید بتن آب بند تونل ها، راه و آب، کانال های انتقال آب، تصفیه خانه ها و مخازن
- مناسب برای بتن های کف سخت صنعتی
- مناسب برای تولید بتن هایی که نیازمند حداقل هدایت الکتریکی باشد
- مناسب برای ساخت بتن های اسکله، پل، عرشه پل، مخازن و سدها
- مناسب برای بتن ریزی در مناطقی که تحت حمله مواد شیمیایی و خورند قرار خواهد گرفت
- مشخصات فیزیکی و شیمیایی

روش و میزان مصرف ژل میکروسیلیس

روش مصرف **ساخت ژل میکروسیکیس،** عدم ترکیب مناسب با بتن و آلودگی های ایجاد شده از آن برای نیروی انسانی مشکلات عمده ای را برای مجریان محترم ایجاد کرد و با تولید ژل میکروسیلیس یا **مکمل بتن** علاوه بر حل مشکل روش های مصرفی پودر میکروسیلیس یا دوده سیلیسی بهبود و کارایی بهتری با تولید ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن حاصل شد. **میکروسیلیس مانند سیمان هنگام ساخت بتن به آن اضافه می شود.** میزان مصرف بهینه آن ۱۰ الی ۱۵ درصد وزن سیمان مصرفی است که به همان میزان میتوان از مقدار سیمان مصرفی کم کرد.

امروزه توصیه اکثریت قریب به اتفاق مهندسین مشاور صنعت ساختمان استفاده از دوده سیلیسی (**Silica Fume**) به همراه فوق روان کننده (**Super Plasticizer**) در زمان ساخت بتن می باشد. زیرا آزمایشات علمی نشان داده اند که وجود دوده سیلیس بمیزان ۷٪ وزن سیمان در بتن به نحو چشمگیری از **نفوذ یون کلر** جلوگیری می کند. استفاده از دوده سیلیس به همراه فوق روان کننده در بتن که بصورت پودر بسیار ریز (کمتر از ۰/۱ میکرون) با جرم حجمی پایین می باشد، مضراتی از قبیل عدم اختلاط کامل با بتن، مشکلات انبارداری، حمل و نقل، پرت مصرف و همچنین مشکلات زیست محیطی و خطرات بهداشتی برای پرسنل محیط کار را به همراه دارد. مسائل و مشکلات فوق الذکر و پژوهش های متعاقب منجر به فرآوری و تولید ژل میکروسیلیس گردید و در سال ۱۳۸۰ در ایران عرضه گردید.

مزایا و معایب ژل میکروسیلیس

میکروسیلیس در بتن، دارای مزایا و معایبی است مشروط بر اینکه بتوان آن را بخوبی در بتن مخلوط نمود و از ماده فوق روان کننده MTOCRETE N540 نیز بهره گرفت وگرنه هیچ گونه مزیتی را در بر نخواهد داشت زیرا اولا نسبت آب به سیمان را به شدت بالا می برد و مقاومت و دوام را کم می کند. ثانیا بتن را از نظر کارایی با مشکل همراه می کند و آن را چسبنده می سازد و پمپ کردن را عملا غیر مقدور می کند. از جمله **مزایای ژل میکروسیلیس** می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. افزایش چشمگیر مقاومت های مکانیکی بتن
۲. کاهش نفوذ پذیری بتن
۳. کاهش تحرک یون کلر
۴. جلوگیری از خوردگی آرماتور در بتن های مسلح

کارایی ژل میکروسیلیس یا میکروسیلیکا

ژل میکروسیلیکا یا **ژل میکروسیلیس mtomix 4500** در بتن های نفوذ ناپذیر کارایی بالایی دارند که باعث **کاهش ترک ها** و **ارتقاء نسبی مقاومت های فشاری، کششی** و **خمشی در بتن** می شود. اگر در بتن های آب بند، شاتکریت تر، بتن الیافی و نمای دکوراتیو سیلو های سیمان بخواهیم کار کنیم استفاده از ژل میکروسیلیکا بهترین روش است.در مواردی که بتن در معرض ضربه و یا بارهای دینامیکی تر و یا خشک قرار می گیرد حمله ی سولفات ها و کلراید ها و عوامل جوی مثل چرخه ذوب و انجماد شروع می شود و در این گونه شرایط از ژل میکروسیلیکا استفاده می کنیم و برای کاهش ترک های پلاستیک و بالا بردن **مقاومت های فشاری و کششی** و خمشی بتن ژل میکروسیلیکا که بسیار مفید و اقتصادی است استفاده می کنیم. ژل میکروسیلیکا علاوه بر کاهش چشمگیر نسبت آب به سیمان از آسیب های ناشی از عدم امکان اجرای سریع کیورینگ لازم طی ساعات اول و پس از آن می کاهد. ژل میکروسیلیکا قابل استفاده در شاتکریت و ساخت بتن الیافی از نظر جذب و انجام واکنش با آهک آزاد نسبت به دیگر **انواع ژل میکروسیلیکا** محدودیت دارد. در مواردی که اندازه آزاد آهک در سیمان پایین باشد و یا جذب کامل آهک آزاد مورد رضایت نباشد از ژل میکروسیلیکا استفاده می کنیم. برای اطلاعات بیشتر در مورد ژل میکروسیلیس و قیمت ژل میکروسیلیس و ژل میکرو سیلیس ارزان لطفا مشخصات فنی را از کلینیک بتن ایران بخواهید.

مشخصات ظاهری ژل میکروسیلیکا

بنا بر سفارش مشتری بسته بندی های بزرگتر این ژل میکروسیلیکا قابل تولید است. مشخصات ظاهری ژل میکروسیلیکا: ژل میکروسیلیکا در حالت سکون ژله ای است ولی بعد از تکان دادن به صورت مایع است. ژل میکروسیلیکا خاکستری رنگ است. وزن ژل میکروسیلیکا ۱/۴ کیلوگرم است. ژل میکروسیلیکا بسیار کمتر از حد مجاز استاندارد کلراید دارد. ژل میکروسیلیکا نیترات ندارد. نقطه انجماد ژل میکروسیلیکا صفر درجه سانتی گراد است. ژل میکروسیلیکا نقطه اشتعال ندارد. مصرف ژل میکروسیلیکا: ژل میکروسیلیکا را به مقداره ۵٪ الی ۸٪ وزن سیمان مصرفی به بتن اضافه کنید. ژل میکروسیلیکا را میتوان در هنگام ساخت بتن نفوذ ناپذیر در بچینگ و یا پس از ساخت بتن الیافی در تراک میکسر اضافه می شود. هنگام اضافه کردن ژل میکروسیلیکا در تراک میکسر باید از اختلاط کامل آن در بتن الیافی مطمئن شد. تجربیات و آزمایشات نشان داده مخلوط کردن ژل میکروسیلیکا در **تراک میکسر**، به ۳ الی ۵ دقیقه زمان احتیاج دارد. برای اطمینان بیشتر نتیجه بهتر گاهی ژل میکروسیلیس در کارگاه ها به صورت دو جزئی مصرف می شود که نتیجه بسیار بهتری می دهد. بدین ترتیب که قسمتی از ژل میکروسیلیکا در بچینگ و قسمتی هم به عنوان میزان یادآوری حدود ۵ دقیقه قبل از مصرف به تراک میکسر اضافه کنید. عوارض ژل میکروسیلیس: مصرف کمتر از ۵٪ ژل میکروسیلیکا باعث عدم وجود قدرت واقعی فوق روان کنندگی در بتن است وباعث افت سریعتر خاصیت روانی بتن شده و **قدرت میزان جذب** آهک آزاد را کاهش می دهد و باعث پایین آمدن نسبی مقاومت های فشاری، کششی و خمشی در بتن می شود. ولی با بعضی سیمان ها و بعضی شرایط خاص، تجربیات موفق و اقتصادی از مصرف کمتر ژل میکروسیلیکا در بتن الیافی یا ژل میکروسیلیس الیاف دار به ثبت رسیده است، جهت اطلاعات بیشتر به مشخصات فنی در وب سایت یا با کارشناسان کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.

مقایسه فنی ژل میکروسیلیکا با بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا

ژل میکروسیلیکا در کانالهای روباز انتقال آب کاربرد دارد. مقایسه فنی **ژل میکروسیلیکا** با **بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا**:

ژل میکروسیلیکا از نظر مقاومت: مقاومت های خمشی و کششی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن حاوی ژل میکروسیلیکا تقریبا برابر هستند. **مقاومت فشاری** در بتن های دارای ژل میکروسیلیس در سنین پایین مثلا ۱و۳ روزه تقریبا مساوی است ولی در مقاومت فشاری بتن حاوی ژل میکروسیلیکا در سنین بالاتر نمی توان گفت اندازه بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا تکامل کامل انجام شده است. **نفوذ پذیری مقدار آب** در ژل میکروسیلیکا و عوامل مهاجم به آن: مقدار نفوذپذیری در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا بسیار کمتر از بتن **بدون مواد افزودنی** است. از طرفی دیگر عوامل فیزیکی در طول عمر

سازها ی بتنی باعث ایجاد نفوذپذیری در سازه های بتنی می شود. در مورد بتن هایی که دارای ژل میکروسیلیکا هستند کمترین نفوذ پذیری را دارند. اثر این عوامل روی بتن آب بند حاوی ژل میکروسیلیکا کمتر است. **ضریب وارفتگی** در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا: ضریب وارفتگی در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن شاهد کمتر است ولی نسبت به بتن نفوذ ناپذیر حاوی ژل های میکروسیلیس بیشتر است. مقاومت سایشی بتن الیافی ژل حاوی میکروسیلیکا: اگرچه مقاومت سایشی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن بدون مواد افزودنی یا بتن حاوی مواد افزودنی سوپر روانساز بتن زیاد تر است اما مقاومت سایشی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا از مقاومت سایشی بتن حاوی ژل میکروسیلیس بیشتر نیست. استفاده از ژل میکروسیلیکا برای کاهش ترک های پلاستیک در بتن های نفوذ ناپذیر مد نظر است مخصوصا در شاتکریت تر و بتن های آب بند برای افزایش مقاومت استفاده می کنند. نکات حرارتی در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا: کاربرد بتن نفوذ ناپذیر حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن حاوی ژل میکروسیلیکا برای بتن هایی که مشکل حرارتی دارند بسیار مناسب تر است چرا که آزاد شدن حرارت بر حسب **وزن سیمان مصرفی** در بتن کمتر است و **کاهش ترک های پلاستیک** و ارتقاء نسبی مقاومت های دینامیکی فشاری، کششی و خمشی بتن دیده می شود. واکنش های شیمیایی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا: از نظر واکنش های شیمیایی تفاوتی بین بتن حاوی ژل های میکروسیلیس وجود ندارد ولی میزان آهک های آزاد که وارد واکنش می شوند به مراتب کمتر است. افزایش روانی بتن بدون نیاز به اضافه کردن سوپر روان کننده بتن: بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا ممکن است نسبت کمتری را به بتن آب بند حاوی ژل میکروسیلیس نشان دهد ولی از نظر قابلیت کارایی این دو بتن دارای ژل میکروسیلیکا تفاوتی با هم ندارند. بسته بندی ژل میکروسیلیکا برای ساخت بتن الیافی: ژل میکروسیلیکا در بسته kg۲۵ تولید می شود.

ژل میکروسیلیس تولیدی کلینیک بتن ایران

کلینیک بتن ایران **تولید کننده ژل میکروسیلیس** در کلاس های متفاوت است. ژل میکروسیلیکای تولیدی **کلینیک بتن ایران** برای افزایش و بهبود خواص بتن به صورت ۵ درصد و ۳ درصد وزن سیمان مصرفی عرضه می گردد.

۱۳ کاربرد ژل میکروسیلیس یا میکروسیلیکا

- ژل میکروسیلیکا در ساخت بتن الیافی شاتکریت تر و نمای دکوراتیو سیلوهای سیمان نیز کاربرد دارد. این کاربری های پارامترهای مختلف فنی و اقتصادی است که باعث می شود **مصرف کننده ژل میکروسیلیکا** را برای سازهای بتنی انتخاب کند.
- ژل میکروسیلیکا بتن ریزی را در برابر و کوران باد یا اشعه خورشید محافظت می کند.
- ژل میکروسیلیکا درمناطق خشک برای جبران نسبی خسارت ناشی از تاخیر در انجام کیورینگ اولیه مناسب است.
- ژل میکروسیلیکا در سازه هایی که در معرض بارهای دینامیکی و ضربه هستند نیز کاربرد دارد.
- ژل میکروسیلیکا در سازه هایی که مقاطع نازک بتنی دارند استفاده می شود.
- در سازه های بتنی که در معرض سیکل های شدید ذوب و انجماد هستند ژل میکروسیلیکا بهترین انتخاب است.
- در سازه هایی که احتمال آب بندی و بروز انواع ترک در آنها وجود دارد ژل میکروسیلیکا آن را به حداقل ریسک ترک خوردن می رساند.
- ژل میکروسیلیکا سازه های بتنی را که در معرض کاویتاسیون هستند حمایت می کند.
- ژل میکروسیلیکا در کم کردن خطر تلاشی پذیری سازه های بتنی که در معرض ریسک انفجار وآتش سوزی هستند را به حداقل می رساند.
- ژل میکروسیلیکا در سازه های بتنی نظامی و پدافندی کاربرد دارد.
- برای بهبود بخشیدن به خواص موجود در سازه های بتن با حداقل هزینه و حداکثر بازدهی بهتر است از ژل میکروسیلیکا استفاده کرد.

- سازه های بتنی که در معرض سایش، عرشه پل ها ، سازه پارکینگ ها هستند از ژل میکروسیلیکا استفاده می کنند.
- ژل میکروسیلیکا در سازه هایی که احتیاج به مدول الاستیسیته بالا دارند استفاده می شود.

قیمت ژل میکروسیلیس الیاف دار

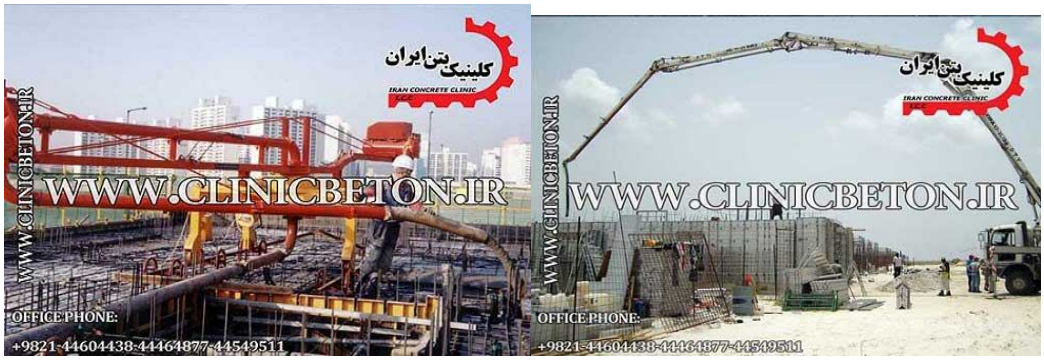
همه چیز در مورد ژل میکروسیلیس یا میکروسیلیکا (مکمل بتن)

ژل میکروسیلیس یا میکروسیلیس ژل شده یا مکمل بتن نوعی افزودنی بتن اصلاح شده پیشرفته بر پایه **روانسازهای بتن، میکروسیلیس، سیلیس** و **الیاف پلی پروپیلن** می باشد از این ژل برای ساخت انواع **بتن توانمند، بتن آب بند، بتن نفوذ ناپذیر** و **بتن با دوام** مورد استفاده قرار میگیرد. ژل میکروسیلیس در واقع همان سیستم دوده سیلیسی و **فوق روان کننده بتن** بصورت خمیری شکل و آماده مصرف میباشد که ضمن دارا بودن قابلیت افزایش مقاومت های شیمیایی و مکانیکی بتن، مسایل و مشکلات سیستم دو جزیی دوده سیلیسی + فوق روان کننده را هم به طور اساسی حل کرده است. در شرایط آب و هوایی مهاجم نظیر مناطق ساحلی و مناطق کویری نیاز به مواد افزودنی وجود دارد که بتن را نفوذ ناپذیر کند و جذب آب بتن را کاهش دهند که استفاده از **ماده افزودنی ژل میکروسیلیکا** یا مکمل بتن راهکار ایده آلی است. که علاوه بر وجود دوده سیلیس و الیاف پلی پروپیلن در ساختار خود که به تنهایی موجب بهبود خواص بتن خواهند شد، و همچنین دارای روان کننده در فرمولاسیون خود می باشد که در نتیجه علاوه بر روانی بتن موجب کاهش آب مصرفی بتن نیز خواهد شد که به این ترتیب موجب **افزایش مقاومت های بتن** و خواص ویژه آن خواهند شد. شاید ایده تولید ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن خمیری زمانی به ذهن رسید که استفاده از دوده سیلیسی، یا پودر میکروسیلیس و یا قیمت روز ژل میکروسیلیس در **بتن ریزی** های مجاور سواحل دریاها به طور جدی مورد توجه مهندسین ساختمان قرار گرفته است. به دلیل خصوصیات بارز پوزولانی میکروسیلیس، استفاده از آن جهت بهبود خواص مکانیکی و افزایش دوام بتن در کشورهای پیشرفته رو به افزایش است. در بتن ریزی های مربوط به ساخت اسکله های دریایی، شمع ها، ستون ها و قطعات پیش ساخته، فونداسیون ماشین آلات و کلیه سازه های بتونی که در معرض حملات شیمیایی به ویژه یون کلر و سولفات ها قرار دارند. میکروسیلیس در حال حاضر به عنوان یکی از بهترین مواد **افزودنی های بتن** معدنی شناخته می شود و با اضافه کردن **بهترین ژل بتن میکروسیلیس** به مخلوط باعث کاهش نفوذ پذیری و در نتیجه باعث افزایش دوام بتن می شود. **پودر میکروسیلیس** یا دوده سیلیسی یا **پاور ژل** میکروسیلیس بتن با توجه به داشتن ذرات بسیار ریز و به دلیل پراکندگی آسان در فضا از نظر زیست محیطی مشکلی جدی تلقی می شود که تولید ژل های پوزولانی یا ژل میکروسیلیس به این معظلات پایان داد. یک محصول فرعی حاصل از کوره های قوس الکتریکی در جریان تولید **آلیاژ های فروسیلیس** می باشد. این ماده با داشتن بیش از ۹۰ درصد سیلیس با حالت غیر کریستالی و به شکل ذرات بی نهایت ریز با قطر متوسط ۰/۱ میکرون شدیدا **پوزولانی** است و برای استفاده به عنوان یک ماده سیمانی در بتن بسیار مناسب است.

میزان مصرف ژل میکروسیلیس در بتن

خصوصیات ژل میکروسیلیس

از جمله خصوصیات ویژه ای که ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن برای بتن ایجاد می کند نفوذناپذیر نمودن بتن است . این خاصیت به دلایل موادی که برای تولید ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن فرموله شده اند می باشند . برای تولید ژل میکروسیلیس از مواد روانساز و مواد آب بند کننده و دوده سیلیسی و الیاف پلی پروپیلن استفاده شده است که همگی به نحوی در آب بندی، **مواد آب بندی بتن** و نفوذ ناپذیر شدن بتن نقش دارند. با ایجاد روانی بیشتر بتن توسط روان کننده به کار برده شده در تولید ژل میکروسیلیس ذرات ریز دوده سیلیسی یا پودر میکروسیلیس و ذرات ریز بتن حرکت کرده و به سوی فضاهای خالی بین سنگدانه های درشت تر حرکت می کنند و موجب پر شدن فضای خالی بین آنها شده و به این ترتیب موجب نفوذ ناپذیرتر شدن و همچنین حصول مقاومت بیشتر در بتن می شوند. نفوذ ناپذیر نمودن بتن توسط ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن تا حدود زیادی می تواند مانع خوردگی فولاد با آرماتور داخل بتن مسلح شود به این ترتیب که **خوردگی فولاد** مسلح کننده بتن مهم ترین پر هزینه ترین نوع خرابی بتن است که این خرابی عموما به دلیل نفوذ مواد مخرب کلرایدها و غیره می باشد. خواه کلرایدها از آب اقیانوس و چه از **نمک های یخ زدا** وارد بتن شده باشند نتیجه یکسان است. استفاده از بتن های میکروسیلیسی با بتن های سیلیسی یا بتن میکروسیلیسی در برابر حملات سولفاتی نیز از خود مقاومت نشان خواهند داد چنانچه ساختار شیمیایی **سیمان پرتلند** مصرفی، در حمله سولفاتی نقش دارد، اما تحقیقات نشان داده است که نسبت آب به سیمان مواد سیمانی نیز (w/cm) یک فاکتور بحرانی به حساب می آید. کاهش w/cm به طور موثر، نفوذ پذیری بتن را کاهش می دهد. افزودن ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن نفوذ پذیری را تا حد زیادی کاهش می دهد و سبب به تاخیر انداختن بیشتر هرگونه واکنش مضر می گردد.



میزان مصرف میکروسیلیس در بتن

مصرف ژل میکروسیلیس

مصرف ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن در کفسازی نیز تاثیرات عالی به دنبال خواهد داشت. عملیات بتن در کفسازی نیز تاثیرات عالی به دنبال خواهد داشت. در عملیات **کف سازی صنعتی** به دلیل عدم آب انداختگی بتن و میکروسیلیس، پرداخت کاری کف در یک عملیات یک مرتبه ای پیوسته به پایان می رسد. در نتیجه کارفرما کف سازی مطلوب تری خواهد داشت و پیمانکار **عملیات کفسازی** را با افزودن ژل میکروسیلیس در زمان کوتاه تر و با نیروی انسانی کمتر به پایان خواهد برد. علاوه بر موارد مذکور در کفسازی بتنی که با ترکیب ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن اجرا شده است شاهد بتنی صاف تر و با مقاومت حداقل ۳۰٪ بالاتر از بتن معمولی خواهیم بود که برای کف بتنی بسیار حائز اهمیت است. مصرف ژل میکروسیلیکا یا مکمل بتن نتیجه خاصی روی **افزایش سرعت هیدراتاسیون** ندارد. اگر چه میزان حرارت هیدراسیون میکروسیلیس شبیه حرارت هیدراسیون سیمان پرتلند است، اما کسب مقاومت آن بسیار سریع تر می باشد. بنابراین با ایجاد توازن بین مقدار سیمان پرتلند و میکروسیلیس در یک مخلوط بتنی می توان حرارت هیدراسیون را با ثابت نگه داشتن نرخ کسب مقاومت، کاهش داد. خرید ژل میکروسیلیس یا

مکمل بتن را می توان با افزودن مواد **دیرگیر کننده بتن** یا زودگیر کننده در انواع شرایط آب و هوایی سرد و گرم مورد استفاده قرار داد و شاهد نتایج عالی و چشمگیر شد. از **خصوصیات ویژه ژل میکروسیلیس** این است که با افزودن آن به بتن می توان ۵ الی ۱۰ درصد از عیار سیمان مصرفی بتن کاهش داد. به لحاظ روان کنندگی و نفوذ ناپذیر نمودن، ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن گزینه مناسب برای استفاده در بتن استخرها، مخازن و سیلوها می باشد و علاوه بر افزایش مقاومت این گونه سازه های بتنی نفوذ ناپذیری و افزایش عمر آنها را به دنبال خواهد داشت. میزان مصرف دقیق ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن باید با توجه به شرایط آب و هوایی و نوع مصالح مصرفی با آزمایشات دقیق کارگاهی تعیین شود. اما با توجه به بروشور فنی شرکت شیمیایی کلینیک بتن ایران میزان مصرف ژل میکروسیلیکا یا مکمل بتن ۵ الی ۸ درصد وزن سیمان مصرفی است. پیشنهاد می شود با توجه به حجم بتن و **عیار سیمان** مصرفی توزین ژل میکروسیلیس برای ترکیب با بتن دقیقا توزین شود و به ازای هر متر مکعب بتن ۱ دقیقه با بتن میکس شود. ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن را می توان در آب اختلاط بتن ترکیب نموده و سپس به **اجزاء خشک بتن** افزود و یا پس از ترکیب کامل بتن به مخلوط اضافه شود. بهترین روش افزودن ژل میکروسیلیس با بتن به این ترتیب است که یک حجم ژل میکروسیلیس با یک حجم آب **اختلاط بتن** میکس شده و سپس به بتن افزوده شوند تا راحت تر با بتن ترکیب شوند. پیشنهاد می شود در مواردی که فاصله زمانی ساخت و بتن ریزی زیاد است در دومرحله ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن مورد استفاده قرار گیرد (یک قسمت در بچینگ و قسمت بعدی ۲ دقیقه قبل از بتن ریزی به تراک میکسر اضافه شود) با افزودن ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن و حمل تا پروژه هیچ تغییری در ساختار بتن ایجاد نخواهد شد. اما باید توجه شود چنانچه مسافت کارخانه ساخت بتن تا محل پروژه طولانی می باشد بهتراست از ژل میکروسیلیس دیرگیر یا مکمل بتن دیرگیر استفاده شود تا سرعت روند **واکنش هیدراسیون بتن** را کاهش دهد. در مصرف ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن باید توجه شود که چنانچه علاوه بر آب بندی بتن افزایش مقاومت مدنظر است باید با توجه به بروشور فنی شرکت شیمیایی از آب بتن کاسته شود و **عملیات اختلاط** به طور مناسب انجام شود. چنانچه کلیه مراحل طبق دستورالعمل های ارائه شده توسط دفتر فنی و بروشور فنی شرکت شیمیایی کلینیک بتن ایران انجام شود افزایش مقاومت ۳۰ الی ۷۰ درصدی نسبت به بتن شاهد خواهیم داشت. ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن برای تولید بتن سقف های C.D.S یا سقف های بدون میلگرد نیز کارایی مطلوب دارد چون ژل میکروسیلیس به لحاظ دارا بودن **الیاف پلی پروپیلن** در ساختار خود می تواند باعث مسلح شدن بتن دقت C.D.S شود. **ژل میکروسیلیس** برای بتن ریزی های حجیم برای آب بندی گزینه مناسب است و نتایج ایده آلی در بر خواهد داشت نکته قابل توجه این است که چون در بتن ریزی های حجیم، **کیورینگ بتن** و عمل آوری مغز بتن سخت می باشد، باید از مکمل بتن دیرگیر استفاده شود تا علاوه بر آب بندی و نفوذ ناپذیر شدن و افزایش مقاومت بتن ،گیرش بتن نیز کنترل شود.

باید توجه داشت که حداکثر نفوذ ناپذیری قابل بتن برای یک **بتن آب بند** ۳۰mm است که این خواسته با مصرف ژل میکروسیلیس در ساختار جسم بتن محقق خواهد شد. به شرطی که علاوه بر افزودن مواد افزودنی کلیه عملیات بتن ریزی از مرحله ساخت بتن، حمل، **اجرا و کیورینگ** به درستی انجام شود. مصرف ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن خصوصیات و ویژگی های منحصر به فردی به شرح زیر برای بتن ایجاد خواهد نمود.

کاربرد و ویژگی های ژل میکروسیلیس

- کاهش عیار سیمان به میزان ۵ الی ۱۰ درصد
- کاهش آب انداختگی و جداشدگی سنگدانه های بتن
- افزایش مقاومت مکانیکی بتن
- سهولت پمپاژ بتن و کاهش استهلاک در تجهیزات بتن ریزی
- افزایش دوام و پایایی بتن در سیکل های ذوب و انجماد
- سازگاری ژل میکروسیلیس با انواع سیمان ها

- افزایش مقاومت الکتریکی بتن
- افزایش مقاومت سایشی بتن
- کاهش نفوذپذیری در برابر آب، یون کلر و هجوم سولفات ها
- کاهش ترک های ایجاد شده در بتن
- قابلیت استفاده همزمان با انواع روانسازهای بتن
- ساخت بتن کاملا خمیری
- ایجاد سطحی صاف و اکسپوز
- افزایش روانی بتن بدون نیاز به افزودن فوق روان کننده

ترکیب ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن در ساختار جسم بتن موارد کاربرد ویژه ای به شرح زیر برای بتن ایجاد می کند:

- تولید بتن های پرمقاومت
- تولید بتن های نفوذ ناپذیر
- تولید بتن های با دوام و پایا
- مناسب برای بتن ریزی های حجیم
- مناسب برای بتن ریزی در معرض سیکل های ذوب و انجماد
- مناسب برای تولید بتن آب بند تونل ها، راه و آب، کانال های انتقال آب، تصفیه خانه ها و مخازن
- مناسب برای بتن های کف سخت صنعتی
- مناسب برای تولید بتن هایی که نیازمند حداقل هدایت الکتریکی باشد
- مناسب برای ساخت بتن های اسکله، پل، عرشه پل، مخازن و سدها
- مناسب برای بتن ریزی در مناطقی که تحت حمله مواد شیمیایی و خورند قرار خواهد گرفت
- مشخصات فیزیکی و شیمیایی

روش و میزان مصرف ژل میکروسیلیس

روش مصرف **ساخت ژل میکروسیکیس**، عدم ترکیب مناسب با بتن و آلودگی های ایجاد شده از آن برای نیروی انسانی مشکلات عمده ای را برای مجریان محترم ایجاد کرد و با تولید ژل میکروسیلیس یا **مکمل بتن** علاوه بر حل مشکل روش های مصرفی پودر میکروسیلیس یا دوده سیلیسی بهبود و کارایی بهتری با تولید ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن حاصل شد. **میکروسیلیس مانند سیمان هنگام ساخت بتن به آن اضافه می شود.** میزان مصرف بهینه آن ۱۰ الی ۱۵ درصد وزن سیمان مصرفی است که به همان میزان میتوان از مقدار سیمان مصرفی کم کرد.

امروزه توصیه اکثریت قریب به اتفاق مهندسین مشاور صنعت ساختمان استفاده از دوده سیلیسی (**Silica Fume**) به همراه فوق روان کننده (**Super Plasticizer**) در زمان ساخت بتن می باشد. زیرا آزمایشات علمی نشان داده اند که وجود دوده سیلیس بمیزان ۷٪ وزن سیمان در بتن به نحو چشمگیری از **نفوذ یون کلر** جلوگیری می کند. استفاده از دوده سیلیس به همراه فوق روان کننده در بتن که بصورت پودر بسیار ریز (کمتر از ۰/۱ میکرون) با جرم حجمی پایین می باشد، مضراتی از قبیل عدم اختلاط کامل با بتن، مشکلات انبارداری، حمل و نقل، پرت مصرف و همچنین مشکلات زیست محیطی و خطرات بهداشتی برای پرسنل محیط کار را به همراه دارد. مسائل و مشکلات فوق الذکر و پژوهش های متعاقب منجر به فرآوری و تولید ژل میکروسیلیس گردید و در سال ۱۳۸۰ در ایران عرضه گردید.

مزایا و معایب ژل میکروسیلیس

میکروسیلیس در بتن، دارای مزایا و معایبی است مشروط بر اینکه بتوان آن را بخوبی در بتن مخلوط نمود و از ماده فوق روان کننده MTOCRETE N540 نیز بهره گرفت وگرنه هیچ گونه مزیتی را در بر نخواهد داشت زیرا اولا نسبت آب به سیمان را به شدت بالا می برد و مقاومت و دوام را کم می کند. ثانیا بتن را از نظر کارایی با مشکل همراه می کند و آن را چسبنده می سازد و پمپ کردن را عملا غیر مقدور می کند. از جمله **مزایای ژل میکروسیلیس** می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. افزایش چشمگیر مقاومت های مکانیکی بتن
۲. کاهش نفوذ پذیری بتن
۳. کاهش تحرک یون کلر
۴. جلوگیری از خوردگی آرماتور در بتن های مسلح

کارایی ژل میکروسیلیس یا میکروسیلیکا

ژل میکروسیلیکا یا **ژل میکروسیلیس mtomix 4500** در بتن های نفوذ ناپذیر کارایی بالایی دارند که باعث **کاهش ترک ها** و **ارتقاء نسبی مقاومت های فشاری، کششی** و **خمشی در بتن** می شود. اگر در بتن های آب بند، شاتکریت تر، بتن الیافی و نمای دکوراتیو سیلو های سیمان بخواهیم کار کنیم استفاده از ژل میکروسیلیکا بهترین روش است.در مواردی که بتن در معرض ضربه و یا بارهای دینامیکی تر و یا خشک قرار می گیرد حمله ی سولفات ها و کلراید ها و عوامل جوی مثل چرخه ذوب و انجماد شروع می شود و در این گونه شرایط از ژل میکروسیلیکا استفاده می کنیم و برای کاهش ترک های پلاستیک و بالا بردن **مقاومت های فشاری و کششی** و خمشی بتن ژل میکروسیلیکا که بسیار مفید و اقتصادی است استفاده می کنیم. ژل میکروسیلیکا علاوه بر کاهش چشمگیر نسبت آب به سیمان از آسیب های ناشی از عدم امکان اجرای سریع کیورینگ لازم طی ساعات اول و پس از آن می کاهد. ژل میکروسیلیکا قابل استفاده در شاتکریت و ساخت بتن الیافی از نظر جذب و انجام واکنش با آهک آزاد نسبت به دیگر **انواع ژل میکروسیلیکا** محدودیت دارد. در مواردی که اندازه آزاد آهک در سیمان پایین باشد و یا جذب کامل آهک آزاد مورد رضایت نباشد از ژل میکروسیلیکا استفاده می کنیم. برای اطلاعات بیشتر در مورد ژل میکروسیلیس و قیمت ژل میکروسیلیس و ژل میکرو سیلیس ارزان لطفا مشخصات فنی را از کلینیک بتن ایران بخواهید.

مشخصات ظاهری ژل میکروسیلیکا

بنا بر سفارش مشتری بسته بندی های بزرگتر این ژل میکروسیلیکا قابل تولید است. مشخصات ظاهری ژل میکروسیلیکا: ژل میکروسیلیکا در حالت سکون ژله ای است ولی بعد از تکان دادن به صورت مایع است. ژل میکروسیلیکا خاکستری رنگ است. وزن ژل میکروسیلیکا ۱/۴ کیلوگرم است. ژل میکروسیلیکا بسیار کمتر از حد مجاز استاندارد کلراید دارد. ژل میکروسیلیکا نیترات ندارد. نقطه انجماد ژل میکروسیلیکا صفر درجه سانتی گراد است. ژل میکروسیلیکا نقطه اشتعال ندارد. مصرف ژل میکروسیلیکا: ژل میکروسیلیکا را به مقداره ۵٪ الی ۸٪ وزن سیمان مصرفی به بتن اضافه کنید. ژل میکروسیلیکا را میتوان در هنگام ساخت بتن نفوذ ناپذیر در بچینگ و یا پس از ساخت بتن الیافی در تراک میکسر اضافه می شود. هنگام اضافه کردن ژل میکروسیلیکا در تراک میکسر باید از اختلاط کامل آن در بتن الیافی مطمئن شد. تجربیات و آزمایشات نشان داده مخلوط کردن ژل میکروسیلیکا در **تراک میکسر**، به ۳ الی ۵ دقیقه زمان احتیاج دارد. برای اطمینان بیشتر نتیجه بهتر گاهی ژل میکروسیلیس در کارگاه ها به صورت دو جزئی مصرف می شود که نتیجه بسیار بهتری می دهد. بدین ترتیب که قسمتی از ژل میکروسیلیکا در بچینگ و قسمتی هم به عنوان میزان یادآوری حدود ۵ دقیقه قبل از مصرف به تراک میکسر اضافه کنید. عوارض ژل میکروسیلیس: مصرف کمتر از ۵٪ ژل میکروسیلیکا باعث عدم وجود قدرت واقعی فوق روان کنندگی در بتن است وباعث افت سریعتر خاصیت روانی بتن شده و **قدرت میزان جذب** آهک آزاد را کاهش می دهد و باعث پایین آمدن نسبی مقاومت های فشاری، کششی و خمشی در بتن می شود. ولی با بعضی سیمان ها و بعضی شرایط خاص، تجربیات موفق و اقتصادی از مصرف کمتر ژل میکروسیلیکا در بتن

الیافی یا ژل میکروسیلیس الیاف دار به ثبت رسیده است، جهت اطلاعات بیشتر به مشخصات فنی در وب سایت یا با کارشناسان کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.

مقایسه فنی ژل میکروسیلیکا با بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا

ژل میکروسیلیکا در کانالهای روباز انتقال آب کاربرد دارد. مقایسه فنی **ژل میکروسیلیکا** با **بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا**:

ژل میکروسیلیکا از نظر مقاومت: مقاومت های خمشی و کششی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن حاوی ژل میکروسیلیکا تقریبا برابر هستند. **مقاومت فشاری** در بتن های دارای ژل میکروسیلیس در سنین پایین مثلا ۱و۳ روزه تقریبا مساوی است ولی در مقاومت فشاری بتن حاوی ژل میکروسیلیکا در سنین بالاتر نمی توان گفت اندازه بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا تکامل کامل انجام شده است. **نفوذ پذیری مقدار آب** در ژل میکروسیلیکا و عوامل مهاجم به آن: مقدار نفوذپذیری در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا بسیار کمتر از بتن **بدون مواد افزودنی** است. از طرفی دیگر عوامل فیزیکی در طول عمر سازها ی بتنی باعث ایجاد نفوذپذیری در سازه های بتنی می شود. در مورد بتن هایی که دارای ژل میکروسیلیکا هستند کمترین نفوذ پذیری را دارند. اثر این عوامل روی بتن آب بند حاوی ژل میکروسیلیکا کمتر است. **ضریب وارفتگی** در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا: ضریب وارفتگی در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن شاهد کمتر است ولی نسبت به بتن نفوذ ناپذیر حاوی ژل های میکروسیلیس بیشتر است. مقاومت سایشی بتن الیافی ژل حاوی میکروسیلیکا: اگرچه مقاومت سایشی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن بدون مواد افزودنی یا بتن حاوی مواد افزودنی سوپر روانساز بتن زیاد تر است اما مقاومت سایشی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا از مقاومت سایشی بتن حاوی ژل میکروسیلیس بیشتر نیست. استفاده از ژل میکروسیلیکا برای کاهش ترک های پلاستیک در بتن های نفوذ ناپذیر مد نظر است مخصوصا در شاتکریت تر و بتن های آب بند برای افزایش مقاومت استفاده می کنند. نکات حرارتی در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا: کاربرد بتن نفوذ ناپذیر حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن حاوی ژل میکروسیلیکا برای بتن هایی که مشکل حرارتی دارند بسیار مناسب تر است چرا که آزاد شدن حرارت بر حسب **وزن سیمان مصرفی** در بتن کمتر است و **کاهش ترک های پلاستیک** و ارتقاء نسبی مقاومت های دینامیکی فشاری، کششی و خمشی بتن دیده می شود. واکنش های شیمیایی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا: از نظر واکنش های شیمیایی تفاوتی بین بتن حاوی ژل های میکروسیلیس وجود ندارد ولی میزان آهک های آزاد که وارد واکنش می شوند به مراتب کمتر است. افزایش روانی بتن بدون نیاز به اضافه کردن سوپر روان کننده بتن: بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا ممکن است نسبت کمتری را به بتن آب بند حاوی ژل میکروسیلیس نشان دهد ولی از نظر قابلیت کارایی این دو بتن دارای ژل میکروسیلیکا تفاوتی با هم ندارند. بسته بندی ژل میکروسیلیکا برای ساخت بتن الیافی: ژل میکروسیلیکا در بسته ۲۵kg تولید می شود.

ژل میکروسیلیس تولیدی کلینیک بتن ایران

کلینیک بتن ایران **تولید کننده ژل میکروسیلیس** در کلاس های متفاوت است. ژل میکروسیلیکای تولیدی کلینیک بتن ایران برای افزایش و بهبود خواص بتن به صورت ۵ درصد و ۳ درصد وزن سیمان مصرفی عرضه می گردد.

۱۳ کاربرد ژل میکروسیلیس یا میکروسیلیکا

- ژل میکروسیلیکا در ساخت بتن الیافی شاتکریت تر و نمای دکوراتیو سیلوهای سیمان نیز کاربرد دارد. این کاربری های پارامترهای مختلف فنی و اقتصادی است که باعث می شود **مصرف کننده ژل میکروسیلیکا** را برای سازهای بتنی انتخاب کند.
- ژل میکروسیلیکا بتن ریزی را در برابر و کوران باد یا اشعه خورشید محافظت می کند.
- ژل میکروسیلیکا درمناطق خشک برای جبران نسبی خسارت ناشی از تاخیر در انجام کیورینگ اولیه مناسب است.

- ژل میکروسیلیکا در سازه هایی که در معرض بارهای دینامیکی و ضربه هستند نیز کاربرد دارد.
- ژل میکروسیلیکا در سازه هایی که مقاطع نازک بتنی دارند استفاده می شود.
- در سازه های بتنی که در معرض سیکل های شدید ذوب و انجماد هستند ژل میکروسیلیکا بهترین انتخاب است.
- در سازه هایی که احتمال آب بندی و بروز انواع ترک در آنها وجود دارد ژل میکروسیلیکا آن را به حداقل ریسک ترک خوردن می رساند.
- ژل میکروسیلیکا سازه های بتنی را که در معرض کاویتاسیون هستند حمایت می کند.
- ژل میکروسیلیکا در کم کردن خطر تلاشی پذیری سازه های بتنی که در معرض ریسک انفجار وآتش سوزی هستند را به حداقل می رساند.
- ژل میکروسیلیکا در سازه های بتنی نظامی و پدافندی کاربرد دارد.
- برای بهبود بخشیدن به خواص موجود در سازه های بتن با حداقل هزینه و حداکثر بازدهی بهتر است از ژل میکروسیلیکا استفاده کرد.
- سازه های بتنی که در معرض سایش، عرشه پل ها ، سازه پارکینگ ها هستند از ژل میکروسیلیکا استفاده می کنند.
- ژل میکروسیلیکا در سازه هایی که احتیاج به مدول الاستیسیته بالا دارند استفاده می شود.

ژل میکروسیلیس الیاف دار

کاربرد بتن خودتراکم در دنیا به سرعت رو به افزایش است. اگر چه کاربردهای اولیه عمدتاً برای مواردی مانند پل‌ها و پروژه های بزرگ بوده‌اند، اما با مرور زمان و آشنایی بیشتر صنعت با طرح های اختلاط و روش های کنترل این ماده، کاربرد آن در پروژه‌های دیگر نیز رو به افزایش است. خصوصاً با استاندارد شدن آزمایش‌های SCC و آشنا شدن بیشتر صنایع بتن پیش ساخته با این فناوری، کاربرد آن بسیار بیشتر و سرعت‌تر رشد خواهد یافت.

بتن خودتراکم در اجرای موارد خاصی از سازه های بتنی مزایایی دارد که به نمونه هایی از آنها اشاره می‌شود:

۱- سازه‌های بتنی معماری- هنری که نیاز به ظرافت خاصی با میلگردگذاری فشرده دارند.

۲- پلهای با دهانه های بزرگ که به دلیل طولانی بودن خط انتقال بتن اجرای آنها با بتن معمولی امکان پذیر نیست و در ضمن استفاده از بتن معمولی موجب قطورتر شدن اندازه پایه ها و نازیبایی سازه می‌گردد.

۳- تونل‌های شهری و آبی که در آنها مسافت طولانی انتقال بتن معمولی و حفظ کیفیت و تراکم آن از مشکلات مهم اجرایی است.

۴- ساختمان های بلند و برجها

۵- ستون ها و دیوارهای بلند با میلگردهای متراکم

۶- ستونهای بتن ریزی شده با پمپ

۷- بتن ریزی بلوکهای بتنی

۸- بتن ریزی کف ها و سطوح افقی

۹- بتن‌ریزی در سازه های زیرآبی

دامون ۶۸ مورد خاص کاربردهای استفاده درباره SCC را برای یک دوره ۱۱ ساله مرور کرده است. او با استفاده از اطلاعات این موارد خاص، انواع اصلی کاربردهای بتن خودتراکم را معرفی می نماید، در عین حال ذکر می کند که توسعه کاربرد این نوع بتن چنان سریع است، که ادعاهای ارائه شده در مقاله وی، احتمالاً با گذشت زمان تغییر خواهد کرد. وی اطلاعات این ۶۸ مورد مطالعه خاص را از مرور و بررسی ۴۳ مقاله بدست آورده است. از این بین ۷۵٪ پروژه‌ها تجاری و باقی آنها عمدتاً برای منظورهای آزمایش‌های مقیاس بزرگ بوده‌اند. بررسی های وی نشان می دهد که از نظر جغرافیایی، با توجه به اینکه توسعه SCC از ژاپن شروع شده است، بیشتر استفاده ها نیز در سالهای اول (۵-۱۹۹۳) در ژاپن و آسیا بوده است. در سالهای ۹۶-۹۷ استفاده از آن در اروپا نیز رشد کرده و در سال ۲۰۰۰، حجم پروژه های کار شده در اروپا به مراتب از ژاپن و آسیا پیش می گیرد. در سالهای ۳-

۲۰۰۲، استفاده از SCC در آمریکای شمالی و جنوبی نیز افزایش نشان می‌دهد. همچنین بررسی های دامون نشان می دهد که استفاده از SCC تقریباً تمام کاربردها از پروژه‌های سنگین مانند پلهای بزرگ تا کارهای کوچک نظیر پروژه های تعمیراتی را شامل شده است. سازه های مختلفی با استفاده از بتن خودتراکم در دنیا اجرا شده‌اند که از جمله می‌توان به پل معلق آکاشی-کایکو (طولانی‌ترین و بلندترین پل دنیا با ۳۹۱۰ متر طول)، دیواره های مخازن عظیم LNG شرکت گاز اوزاکا در ژاپن، بازار بزرگ میدسامر در لندن، برج لند مارک در شهر یوکوهاما، پارکینگ روباز چاپمن در شهر کلوونا، ایالت بریتش کلمبیای کانادا، پروژه تونل غوطه‌ور در کوبه ژاپن و بسیاری پروژه‌های دیگر اشاره نمود.

بتن خودتراکم، به دلایلی که اشاره شد، در دنیا به شدت در حال گسترش است و حتی از آن بعنوان آینده بتن یاد می شود. بنابراین دستیابی به دانش فنی آن در کشور ضروری است. از طرف دیگر، دانش فنی موجود در دنیا در خصوص رفتار بتن خودتراکم در برابر آتش بسیار اندک است و پژوهش‌ها در این زمینه به تازگی در حال تعریف و توسعه است.

بتن در سازه‌های مختلف، اعم از کاربردهای معمولی مانند مسکونی و اداری، کاربریهای صنعتی و ساختمان های خاص نظیر سیلوها، نیروگاهها، سازه های هسته ای و غیره کاربرد عمده‌ای دارد. بسیاری از این ساختمانها در معرض وقایع آتش سوزی احتمالی به علت حوادث پیش بینی نشده، وقوع حوادث در فرآیند تولید. حملات نظامی و غیره می‌باشند. مقاومت بتن در برابر آتش باید به گونه ای باشد که مقاومت مکانیکی خود در برابر دمای بالا را تا زمانی معقول (که براساس مقررات یا بر حسب نیاز طرح تعیین می شود) حفظ کند. این در حالی است که بر خلاف تصور عمومی، بتن همیشه هم مقاومت بالایی در برابر دمای بالا و آتش ندارد و به ویژه به طور کلی می توان گفت که هر چه تراکم و مقاومت مکانیکی بتن بالاتر باشد، مقاومت آن در برابر آتش کمتر می‌شود. تراکم مواد در بتن خودتراکم نیز تا حدود زیادی بالا است. بنابراین با توجه به زمینه مساعد برای توسعه قابل توجه این نوع بتن در ساخت و ساز، لازم است تا خواص مختلف آن به دقت بررسی و شناسایی شده و روش های بهبود آن توسعه یابد.

نکته مهم دیگر: توسعه سیستم قالب عایق ماندگار (ICF) برای بتن ریزی در ایران و دنیا است. در این سیستم، قالب که از جنس

پلی استایرن منبسط است، در محل خود باقی مانده و نقش عایق را برای ساختار بتنی ایفا می کند. بنابراین به علت نیاز دنیا به صرفه جویی در انرژی، این سیستم بسیار مورد توجه قرار گرفته است. بتن خودتراکم به علت خواص جریان پذیری آن، قابلیت خوبی برای کاربرد در این سیستم دارد. اما هم شرایط ویژه سیستم ICF، به علت حفظ رطوبت در آن، و هم مشخصات خود بتن خودتراکم می‌تواند شرایط خطرناکی برای ترکیدن بتن در آتش سوزی و سقوط سازه ایجاد کند. بنابراین در مورد رفتار این نوع سیستم در برابر آتش باید تحقیقات و آزمایش های لازم صورت گیرد و راه حل های کاربردی ارائه شود.

در مقایسه با تست های مخرب، NDTروش تشخیص بدون وارد کردن آسیب، تنش یا خرابی در آزمایش است. معمولا در آزمایش خراب کردن یک جسم هزینه زیادی صرف می شود و همچنین در عین حال در بسیاری اوضاع نا مناسب است.

NDTبازیگر یک نقش مهم در تضمین هزینه موثر عملیات ایمنی و قابلیت اطمینان از کارخانه با استفاده از نتیجه گیری در انجمن است NDT .در اندازه های بزرگ از فضا های صنعتی قابل استفاده است و در تقریبا هر مرحله در تولید یا سیکل عمر بسیاری از اجزا ی مورد استفاده است. کاربرد اصلی ان در جو زمین، تولید نیروی قوی، قطعات خودرو، راه آهن، پتروشیمی و بازار های خط لوله است NDT .بیشترین استفاده کاربردی را در جوشکاری دارد. آن در جوشکاری یا قالب یک ماده یا شیی جامد خیلی سخت گیر است، برای آن که هیچگونه ریسکی در انجام ندادن وظیفه اش، همچنین در آزمایش ساخت و تولید و هنگام استفاده در اغلب موارد ضروری ندارد. NDTاصلی فقط برای ایمنی عملی است. علت این است که امروزه هزینه های زیادی را برای حفظ شیوه هایی که در آن از کیفیت فرآیند اطمینان حاصل می شود قبول کرده اند. مایه تاسف است که NDT بی حرکت مانده و در خیلی فضا هایی که وابسته به حیات انسان یا بوم شناسی است نمی تواند استفاده شود زیرا برای این ها خطر ناک است. شاید در کم بودن هزینه پرداختی کمی برتری داشته باشد. از ادعا های پی در پی که از حوادث ناشی از بکار گیری NDT می شود، این یک شکل از مدیریت ریسک غیر قابل قبول است. حادثه بدی شبیه به حادثه راه آهن در Eschede آلمان در سال ۱۹۹۸ فقط یک نمونه از این قبیل است، خیلی نمونه های دیگر نیز از این قبیل وجود دارند. برای انجام دادن تست NDT این خیلی مهم است که شرح دهیم کدام باید مورد قبول باشد و کدام را باید رد کنیم. یک تولید کاملا بی عیب تقریبا شدنی نیست، به این دلیل مشخصات آزمایش ها ضروری هستند. امروزه تعداد زیادی از استاندارد ها و تنظیمات قابل قبول وجود دارد. آنها توصیف حدود بین وضعیت های خوب وبد هستند، به استثنا ی اغلب اوقاتی که روش های مخصوص NDT مورد استفاده است. قابل اطمینان بودن یک روشNDT، پی آمدی بسیار ضروری است، اما یکی از روش های مقایسه قابل توجه است، اگر به برخی از وظیفه های آن مراجعه شود. هر روش NDT دارای مجموعه ای از فواید و ضرر ها است و از این رو برخی از آنها بهتر از دیگری برای یک کاربرد خاص هستند. توسط استفاده از عیبدار کردن مصنوعی، ابتدا حساسیت یک آزمایش سیستم را مشخص می کنند. اگر حساسیت آن کم باشد آزمایش شی دارای ضعف است و مورد تایید همیشگی نیست. اگر که همچنین حساسیت ان بالا باشد، اجزایی با عیوب کوچک رد شده اند، که انها تمایل دارند باشند اگر در قابلیت استفاده مجدد اجزاء اهمیت داشته باشند. با روش های آماری این ممکن است که از یک میدان مشکوک چشم پوشی کرد روش هایی از قبیل احتمال کشف (POD) یا روش (ROC)عملیات وابسته به خصوصیات مثال هایی از تحلیل استاتیکی روش ها هستند. همچنین صورتی از خطاهای انسانی وجود دارد که ما را در محاسبه نمودن هنگامی که قابلیت اطمینان کلی را تعیین می کنیم، متحیر می سازند. مهارت فنی کارکنان نیز صورت مهمی از ارزیابی غیر مخرب می باشد NDT .روش های فنی سخت اعتماد کردن در مهارت های انسانی و شناسایی برای تعیین کردن ارزیابی و تفسیری از نتایج آزمایش است. اموزش درست و مناسب و مورد تایید کارکنان NDT برای آن است که یک ضرورتی در تضمین کردن مقدورات روش های کاملا استثمار شده هستند. در انجا یک تعداد از انتشارات بین المللی است و شامل استاندارد های منطقه ای در تائید کردن صلاحیت کارکنان می باشد. در EN473 اصول کلی صلاحیت و تایید کارکنان (NDT) اتحادیه اروپا رشد یافتگی بخصوصی دارد برای این که با SNT-TC-1A آمریکا برابری کند.

بیشتر از ۹ روش مشترک NDT مهم در زیر نشان داده شده اند که از مرجع گرفته شده اند.

در استفاده های زیادی که از آنها داریم، عبارتند از:

UT, RT, AE, ECT, ET -بعلاوه روش های اصلی NDT ، روش های فنی دیگر آن قابل استفاده اند. ازقبیل ترسیم تصویر لیزری، امواج کوچک الکترومغناطیسی و خیلی بیشتر از آن و روش های جدید تغییرات بوجود آمده دایمی و پیشرفته.

کاربرد ها و محدودیت های NDT

1.روش مایع نافذ(Liquid penetrant) :

کاربرد ها:

در مواد پر منفذ استفاده می شود.

می تواند در جوشکاری، لوله سلزی، جوشکاری برنج، ریخته گری، ورق کاری، فورج و قسمت های آلمینیومی پره های توربین و دیسک و چرخ دنده ها کاربرد داشته باشد.

محدودیت ها:

- نیاز درستی به تست سطح دارد.
- بیشتر سطوح شکننده را معیوب می سازد.
- برای تست سطح امکان دارد نیاز به پیش پاک سازی و تمیز کردن آلودگی ها داشته باشیم.
- خطر بخار شدن وجود دارد.
- عیوب کم عمق و خیلی سفت به سختی پیدا می شوند.
- عمق درز ها (عیوب) نشان داده نمی شود.

2.ذرات آهن ربایی(Magnetic particle):

کاربرد ها:

- مواد فرو مغناطیسی
- درز های (عیوب) سطوح بزرگ و کوچک می تواند نشان داده شود.
- می تواند در جوش کاری ها، لوله کشی گاز، میله ها، ریخته گری ها، ورق کاری ها، فورج، اکستروزن، قطعات موتور، شافت ها و چرخ دنده ها کاربرد داشته باشد.

محدودیت ها:

- پیدا کردن عیوب، محدود به میدان توانایی و رهبری است.
- نیاز به تمیز کاری و سطوح نسبتا صاف دارد.
- به مقداری لوازم نصبی نگهداری شده (جانبی) برای تعدادی از شیوه های مغناطیس کننده نیاز دارد.
- توانایی آزمایش قطعات به مغناطیس زدایی نیاز دارد که می تواند برای برخی اشکال سخت باشد.
- عمق عیوب نمی تواند مشخص شود.

3.جریان مخالف(Eddy current):

کاربرد ها:

- فلزات، الیاژ ها و رسانا های الکتریکی.
- مواد طبقه بندی شده.
- درز های سطوح بزرگ و کوچک می تواند نشان داده شود.
- در لوله کشی گاز، سیم، گیره ها، ریل ها، روکش های غیر فلزی، اجزا ی الکتریکی هواپیما، پره های توربین، دیسک ها و شافت های انتقال دهنده نیرو در خودرو استفاده می شود.

محدودیت ها:

- پراب (میله بازرسی) مخصوصی نیاز دارد.
- بایستی پراب روبروی قطعه بسته شود، هرچند که محل تماسی ندارد.
- نفوذ کمی دارد (به طور مثال ۵ میلی متر)
- به علت متغییر ها ی پارامتری کنترل نشده، نشانه های معیوبی دارد.

.4ما فوق صوت(Ultrasonics):

کاربرد ها:

- فلزات، غیر فلزات و کامپوزیت ها.
- درزهای زیر سطحی کوچک سطوح می توانند کشف شوند.
- در جوشکاری، لوله کشی گاز، مفصل ها، ریخته گری ها، ورق کاری ها، فورج محور ها، اجزاء بنیادی بتن، لوله ها یا مجراهای سنگین، هواپیما و قطعات موتور می تواند بکار رود.
- در تعیین ضخامت و خواص مکانیکی استفاده می شود.
- نظارت تعمیراتی بر خوردگی ها و خرابی ها دارد.

محدودیت ها:

- معمولا محل تماس آن مستقیم یا با واسطه است. (مانند تست غوطه وری)
- پرآب های مخصوصی برای کاربرد ها مورد نیاز است.
- حساسیت محدودی توسط فرکانس بکار رفته دارد و مقدار مواد علت قابل توجه پراکندگی ان است.
- پراکندگی توسط آزمایش ساختار فلز می تواند دلیلی بر معیوب بودن نشانه ها شود.
- کاربرد ان در خیلی از مواد اسان نیست.

.5پرتو نگاری نوترون(Radiography neutron):

کاربرد ها:

فلزات، غیر فلزات، کامپوزیت ها و فلزات الیازی

در مواد آتش زا، رزین ها، پلاستیک ها، مواد الی، ساختار های لانه زنبوری، مواد رادیو اکتیو، مواد با چگالی الی و فلزات حاوی هیدروژن کار ایی دارد.

محدودیت ها:

- دستیابی برای قرار دادن نمونه آزمایش در میان منبع و کشف کننده
- اندازه قسمت ساکن دستگاه منبع نوترون (راکتور) برای منبع نیرو های معقول خیلی بزرگ است.
- موازی قرار می گیرد، صاف می کند یا در غیر اینصورت تغییر دادن پرتو دشوار است.
- اتفاقات تشعشعی
- بیشتر شکاف ها می توانند جهت یابی موازی در پرتو افکندن برای کشف داشته باشند.
- کاهش حساسیت با افزایش ضخامت.

.6رادیو گرافی اشعه(Radiography x-ray) :

کاربرد ها:

فلزات، غیر فلزات، کامپوزیت ها و فلزات الیاژی

در همه اشکال و صورت ها استفاده می شود:ریخته گری، جوشکاری، سوار کردن های الکترونیکی، جو زمین، وسایل دریایی و قطعات اتومبیل.

محدودیت ها:

- نیاز به دست یابی به هر دو طرف در آزمایش قطعه
- ولتاژ، اندازه نقطه وابستگی و زمان بحرانی اشکار
- اتفاقات تشعشعی
- بیشتر شکافها می توانند جهت یابی موازی در پرتو افکندن برای کشف داشته باشند.
- کاهش حساسیت با افزایش ضخامت.

7.پرتو نگاری گاما(Radiography gamma):

کاربرد ها:

- معمولا در مواد کلفت و یا متراکم استفاده می شود.
- در همه اشکال و صورت ها استفاده می شود:ریخته گری، جوشکاری، سوار کردن های الکترونیکی، جو زمین، وسایل دریایی و قطعات اتومبیل.
- هر جا که ضخامت زیاد است یا دسترسی به مولد های تولید اشعه x محدود است استفاده می شود.

محدودیت ها:

- اتفاقات تشعشعی
- بیشتر شکاف ها می توانند جهت یابی موازی در پرتو افکندن برای کشف داشته باشند.
- کاهش حساسیت با افزایش ضخامت.
- نیاز به دستیابی به هر دو طرف در آزمایش قطعه.
- حساسیت اشعه x راندارد.

آزمایش پل

بار افزایشی روی پل های بزرگ راه بواسطه افزایش پیدا کردن ترافیک وسایل نقلیه سنگین، سالخوردگی و مشکلاتی با دوام ساختاری را به انسداد ترافیک با تعقیب کردن خسارات سخت اقتصادی ممکن است که رهبری بکنند. وسایل ارزیابی شرط موثر و قابل اعتماد یک قسمتی مهم از سعی های در حال پیشرفت برای ارزیابی کردن و نگهداری کردن ساختارهای پل هستند. در کشور های زیادی در دنیا پل ها و سازه های بتونی به طور عادی حداقل هر دو سال یک بار معاینه شده اند. بیشتر بازرسی های خارج، بصری انجام شده اند، بنابراین خسارات تنها موقعی شناخته شده اند که وخامت قابل رویت باشد. در المان فاصله یک تست ساده می بایستی، خارج هر ۳ سال و یک بازرسی هر ۶ سال بر طبق Din1076 انجام داده شده باشد. هر ساله پل های زیادی در جهان فرو می ریزند و این فقط نا مرغوب بودن یا عقب افتادگی کشور ها نیست. خیلی از مردم زندگی خودشان را در مصیبت های تازه در آگوست ۲۰۰۷ در Minneapolis و در سپتامبر ۲۰۰۶ در کانادا از دست دادند.

یک گروه آموزشی جدید از بررسی صنعت حمل و نقل دریافتند که ۲۷٪ از خانواده پل ها دارای ساختار معیوبی هستند. ایالات متحده حدود ۶۰۰/۰۰۰ پل دارد که ۱۷/۰۰۰ ان رسیدگی شده اند. حدود ۱۵۰۰ تا در بین سالهای ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵ متلاشی شدند، بر طبق Jean-louis briaud بیشتر پل های قدیمی از خستگی، برخورد با کشتی یا طراحی اشتباه متلاشی شده اند.

تست غیر مخرب می تواند ابزار موثری در بازرسی و تشخیص وضعیت حساسیت هایی از یک پل باشد.

این می تواند آگاهی از غیر ممکن را تامین کند که بتوان نتیجه گیری از مشاهدات صرفا دیداری (بصری) نمود. جذری از هر دو روش های بصیری و بازرسی غیر مخرب می تواند راه حلی برای تشخیص وضعیت کلی پل و مدیریت ان باشد. برخی آزمایش های ساده غیر مخرب از قبیل صدا ی چکش، آزمایش برگشت چکش، رنگ نفوذ کننده و آزمایش ذرات مغناطیسی می تواند به اسانی در مجتمع بازرسی بصیری قرار گیرند.نتیجه یک بازرسی خوب، بهتر شدن پرونده اطلاعاتی پل و توصیه های بنیادی قرار شده از لحاظ فنی خیلی بیشتری را برای بازرسی و نگهداری بیشتر حق تقدم خواهد داد و خیلی قدر دانی های دیگر از باقی ماندن زندگی

های افراد. بار اول یک نمایش کامل شرایط پل روی هم رفته معلوم کرده شده است. تصمیمات مناسب و با صرفه در ارتباط با مرمت یا جایگزینی ممکن از عضو های پل یا ساختاری کامل می تواند درست کرده شود.پیشرفتهای اخیر در فنون NDT ویژگی های کارکردی ان را از بسیاری از روش های NDT بهبود داده اند و قابل اعتماد بودن به سستم را رهبری کرده اند.افزایش استفاده پیدا شده از روش های NDE به چندین عامل از قبیل توانایی سیستم ها برای با دقت شناسایی کردن میدانی که بدتر شده، قابلیت حمل و نقل و استفاده آسان تر از سیستم های بازرسی کننده بستگی خواهد داشت. بازرسی های بنیادی اولیه و کلی توسط NDE به اتمام رسیده است. پلها تقریبا در صدها نوع متفاوت ساخته می شوند و همچنین از مواد مختلف زیادی در پشتیبانی اجزای استفاده می کنند. اما همه انها در یک روش NDT مورد استفاده نیستند. برای برخی ها میکروموج یا رادار نافذ زمین می تواند برای عرشه های بتن ارمه مورد استفاده قرار گیرد اما برای آزمایش کردن جوش اعضای فولادی مناسب نیست. هم انجا موارد بسیاری هستند که تحقیق بیشتر را برای درست کردن روش های NDT مناسب احتیاج دارند.

مقداری از گزارش های کاربرد روش های NDT برای آزمایش پل مکررا اعلام شده است. چندین روش قابل دسترسی هستند یا اینکه در دست تحقیق هستند ویا برای بازرسی بیشتر مورد استفاده هستند تا نیازشان را نشان دهند.

آنها عبارتند از:

•آزمایش انعکاس ضربه برای شناخت ماهیت بتن

•انعکاس ضربه برای معلوم کردن کلفتی بتن

•نشت شار مغناطیسی برای شناسایی کردن خوردگی در رشته ها و بار ها در ساختار های کشیده شده در بتن

•روش تشدید هسته ای مغناطیسی، که می تواند محل حضور اب را معلوم کند. این تعیین توزیع سوراخ و اندازه سوراخ مثل درمان کردن بتن فعال می شود.

•تکنولوژی های تصویر سازی مادون قرمز برای پیدا کردن عیب ها در قسمت های بتنی پل ها.

•استاندارد ASTM و E837 برای معلوم کردن استرس های واقع در محل طبیعی خرد شدن عضو های ساختار فولادی.

•مبدل ها را برای ضبط کردن کشیدگی های القا شده فشار بیاورید.

•نگاشت بلقوه ساده ترین فن الکتروشیمیایی استفاده شده برای بدست اوردن اطلاعات خوردگی جایگاه است. این فن به طور کیفی روی دیسک، خوردگی تقویت ساختار های بتن آرمه را به اطلاع می رساند. سطح شکستگی و یا لایه لایه شدگی می تواند به یک منطقه قابل توجه تبدیل شود و یا اینکه در همان محل باقی بماند.

•پخش صوتی نظارت کردن، یک نقش خیلی موثر را در افزایش دادن ایمنی می تواند اجرا کند. متقاعد کردن به قابلیت دسترسی و در حال ساده کردن هزینه های مرمت و تعمیر پل ها.

•یک کاربرد پذیرفته شده و خوب در GPR ارزیابی دقیق پل است که بخوبی ساختار های بتن آرمه دیگر را ارایش می کند . GPRتوانایی استفاده کردن بدون نیازمندی به پوشش اسفالت را دارد.

•آزمایش کردن فرا صوتی اجازه می دهد که تصوری از تدارک دیدن بار های تقویت شده عمودی داشته باشیم (مجرای زرد پی) UT •کسری ها را از روش رادار می تواند جبران کند.

•کاربرد های سر هم رادار، انعکاس ضربه و انعکاس فراصوتی برای ارزیابی ساختار های بتن پس از کشیده شدن است.

•آزمایش مایع بصیری که در باز بینی چشمی رنگ، شکستگی های مویی را می توان مشاهده کرد.

•فرا صوتی در حال آزمایش کردن جوش ها، عضو های فولادی پیچ ها و پرچ ها

•غواص ها اسکلت های زیر ابی بتن را معاینه می کنند که می باید توسط سایش صدمه دیده باشند.

•استقرایی ماگنت برای ارزیابی کابل ها و سیم ها استفاده شده است.

•تکنولوژی های لیزر اندازه گیر برای اندازه گیری مسافت بنیاد قرار داده شده، کاربردهای زیادی در زیر بنای شاهراه دارد.

کاربردها برای این تکنولوژی، اندازه گرفتن انحرافات پل را زیر بارگیری مدرج (کالیبره) شامل می شود که رفتار ساختاری را ارزیابی

می کند. شمردن تغییر شکل های دور از صفحه در تنیدگی نمایان در رگه های تیر اهن سازه ساخته شده چنانچه در ساختار های بزرگ مثل تکیه گاه ها باشد.

•سیستم های پل دیدبانی از حس گرهای حس کننده جریان گردابی یا پخش صوتی استفاده می کنند. عموما این ابزار ها وقف شده اند.

•سیستم های کسب داده های کنترل از راه دور که اطلاعات را روی رفتاری از یک ساختار با زمان زیاد جمع بکند. سیستم های شناسایی پخش های صوتی، صداهای صادر شده از ماده های شامل خرپاهای بتن و کابلهای فولادی در یک پل رامی توان ارزیابی کرد. شکافها می توانند ماهها قبل شناخته شوند قبل از اینکه روی سطح پدیدار شوند.

•روش های ترموگرافی برای ارزیابی کردن پلهای مرکب و تعمیر آن ها

•هر دو آزمایش فراصوتی و عکس رادیویی سابقا، پل های فولادی را در طی ساخت معاینه می کردند که کیفیت جوش را متقاعد بسازند.

•آزمایش فراصوتی دوتایی، یک ابزار بازرسی موثر می تواند باشد که می بایست در مکان پرتونگاری زیر شروط مطمئن استفاده شده باشد.

•اندازه سرعت فراصوتی می تواند بصورت یک ابزار کنترل کیفیت در طی سازه استفاده شود و همچنین آزمایش فراصوتی می تواند برای بازرسی ضمن خدمت پلهای شفته گرد واکنش پذیر، استفاده شود(RPC)

•مبدل های الکترو مغناطیسی صوتی، سیم های شکسته شده را در داخل یک رشته می تواند شناسایی کند.

•حس کننده خستگی الکتروشیمیایی می تواند در مشخص کردن عیوب مورد استفاده باشد اگر فعالانه بزرگ کردن شکاف های خستگی حاضر باشد. یک حس کننده EFS اول به محل حساس خستگی روی ساختار پل یا فلزی تقاضا داده شده است و سپس ان را به یک الکترولیت تزریق می کنند که نقطه یک ولتازکوچک تقاضا داده می شود تا یک الگوریتم به صورت خودکار، سطح فعالیت شکاف خستگی را در محل بازرسی نشان دهد.

•از هزاران رشته تکنولوژی حس کننده چشمی، یک تکنولوژی امید بخش برای تشکرات سلامت نظارت کردن بر سازه ها با مشخصه منحصر بفرد اندازه گیری کشیدگی و درجه حرارت توزیع شده در فیبرهای نوری بوسیله هزینه پایین است.

•اشعه ایکس، توموگرافی را برای تعیین تکثیر شکاف در بتن مورد استفاده قرار می دهد.

•اشعه ایکس، توموگرافی را برای تعیین در صد و توزیع نا معلوم در بتن به شمار می آورد.

•تحلیل فعال ساز جدیدتر و بیرنگ گاما برای تعیین شناسه های متمرکز و عمق کارید بتن

•فن اندازه گیری پراکندگی نوترون در ابپوشی سیمان مورد استفاده است.

•روش فرا صوتی برای اندازه گیری مستقیم قدرت بار اتصالات پیچ خورده بکار می رود این، یک فن ابتکاری برای اندازه گیری مستقیم استرس های واقعی پیچ است. •سیستم اندازه گیری گیره ای رباتیک، این قابلیت را پیشنهاد می کند که مختصات فضایی نقاط جدا را در یک پل، بدون این که ساختاری را لمس بکند ان را اندازه گیری کند.تکنولوژی باور نکردنی خارج انجاست که در نظارت کردن و تشخیص دادن مسائل را یاری کنند و تحقیق ادامه می یابد تا وقتی که تکنولوژی های جدید را توسعه دهند که زیر بنای پل ها را حفظ کنند.

پل های بزرگ نیاز بیشتری به یک بازرسی مقرر دارند. هنگامی که پل بزرگ را می گیرند، به آزمایش های بیشتری نیاز دارند.

چه چیزی ناپیداست؟ خبرها می گوید:

پول نقد کوتاه مدت و یک تعهد بلند مدت توسط دولت ها، برای سرمایه گذاری کردن در بیشتر تکنولوژی های جدید و نوآوری تحقیق است.خوردگی ناشی از ترک مویی در چند لایه از فولاد می تواند صفحات را خم کند و یا میان بتن و فولاد خوردگی بوجود آورد. عیوب سطحی ممکن است که در بازرسی عادی نا معلوم باشند اما تست غیر مخرب فراصوتی می تواند از عیوب ناپیدا

تست غیر مخرب

فدراسیون اروپایی برای تست غیر مخرب

خلاصه EFNDT:

توصیف:

فدراسیون اروپایی برای آزمایش تست غیر مخرب در ماه مه ۱۹۹۸ در کوپنهاگن در هفتمین کنفرانس اروپایی برای تست غیر مخرب پایه گذاری شده بود. ۲۷ جامعه ملی NDT موافقت کردند که یک سازمان قوی را روی سطح اروپایی نصب کنند. عضویت کامل در جامعه های NDT ملی در هر کشور باز است.

به عضویت بپیوندید، دنیای وسیعی باز می شود. شما فرم کاربر را از زیر مجموعه های کلیدی پیدا خواهید کرد.

اهداف اصلی EFNDTعبارتند از:

•گروه های کار قوی برای توسعه دادن نتایجی که بایستی توضیح مسائل NDT را به سازمانهای صنعتی و عمومی بدهند.

•برای تاسیس کردن یک سیستم اروپایی صلاحیت کارکنان مد نظر است.

•پایه گواهی دادن به کارکنان استانداردهای ISO9712 و EN473 است که بوسیله عضوهای EFNDT بنیاد قرار داده می شود.

•صلاحیت و گواهی پایه اختیار قرار دادن در ردیف ISO17024 را با EN45013 دو جانبه تاسیس کردند.

در نصب کردن یک برنامه گواهی اروپایی علاوه بر EFNDTوجود دارد:

•یک کمک برای دسته بندی قدرت های NDT متفاوت در اروپا

•یک ترفیع کیفیت جمعی در NDT برای بهره برداری تمام اعضا EFNDT، کاربران NDT و جوامع پهن تر.

•یک نمایش کارایی برای قوی کردن اعتماد در NDT

•یک راهنما برای همکاری NDT عمومی در رابطه پایانی با فهمیدن آمریکایی، یک سیستم اروپایی صلاحیت کارکنان که بوسیله EFNDT معنی می دهد.

گواهی کارکنان در تست غیر مخرب

طرح PCN جهانی، یک طرح را برای کفایت گواهی کارکنان NDT شناخت. بطوریکه مقالات خواسته شده در استانداردهای اروپایی EN45013 و en473 و استاندارد بین المللی iso9712 قرارداده شده است.

طرح PCN در ۹۸، در پاسخ به در خواست صنعت بریتانیا توسعه داده شده بود که یک برنامه گواهی ملی را برای کفایت کارکنان NDTپیاده سازی بکنند.با هدف جایگزین کردن طرح های خاص با شعاع زیاد که در ان زمان وجود داشت، که اغلب این طرح ها گران و نا کار امد بودند همان روش NDT نتیجه داد.

تست غیر مخرب NDT

تمرینات توصیه شده SNT-TC-1A

خلاصه SNT-TC-1A :

توصیف:

در سال۱۹۶۸، جامعه امریکایی برای آزمایش غیر مخرب اولین تمرینات توصیه شده SNT-TC-1A را منتشر کرد. سند توسعه داده شده بود که رهنمود ها را برای کارفرمایان تهیه کند که برای نصب کردن برنامه های NDT خودشان سه سطح فهرست شده مرحله ای که دارای مراحل یک تا سه صلاحیت بودند را استفاده کنند. نام سند و تعداد کمیته های فنی که سند را توسعه داده بودند واقعیتی برای پایه قرار دادن ASNT در ان زمان بود. از وقتی که ASNT ، SNT-TC-1Aرا منتشر کرد خیلی از کارفرمایان به اشتباه فکر کردند که کار کنان انها زیر نظر SNT-TC-1A باید عهده دار وظایف باشند ASNT) تضمین شده (و در واقع انها طبق SNT-TC-1A تضمین شده اند. تنها کارکنانی که نشستند و امتحانات را پیگیری کردند و بوسیله ASNT کارشان را اداره کردند و گواهی ASNT دریافت کردند، امکان داشت که کارفرمایان از انها استفاده کنند.کارکنان بنیاد قرار داده

شده، کار فرمایانی در سطح NDT هستند که دارای مرحله های دو و سه هستند و یا اینکه اغلب انها یکی از مراحل دو یا سه را می توانند مکالمه کنند. اگر در سطح ۳ امتحان نشدند، انها را معمولا در ۲ گروه برای تشخیص دادن اینکه آیا گواهی را یاد گرفته اند یا نه فرا می خواندند. بالاخره این یک ترم توهین آمیز نیست. همانگونه که قبل از ۸۸۱۹ منصوب کردن اجازه داده شده بود. هنوز کارکنانی در صنعت وجود دارند که در سطح ۳ بدون امتحان منصوب شده اند، زیرا در رهنمود های انتشارات-SNT-TC 1Aقبل از ۱۹۸۸ این اجازه داده شده بود. کارفرمایان امروز می توانند سطوح ۳ را مکالمه کنند یا اینکه گواهی ۳ را دریافت کنند. (این اطلاعات از یک بند ارزیابی مواد در سال ۲۰۰۵ گرفته شده است). متا (Mehta) و گرویک (Gerwick) علل فیزیکی آسیب دیدگی بتن را به دو گروه تقسیم بندی کرده اند. گروه اول، شامل فرسودگی سطحی یا کاهش جرم ناشی از سایش، فرسایش و خلاء زایی و گروه دوم عبارتند از ترک خوردگی ناشی از گرادیان معمولی دما و رطوبت، فشارهای ناشی از تبلور نمک ها در منافذ، بارگذاری سازه ای و قرارگیری در معرض شرایط دمایی شدید، نظیر یخ زدگی و آتش سوزی.

فرسودگی سطحی

کاهش مستمر جرم سطح بتن می تواند بر اثر سایش، فرسایش و خلازایی اتفاق بیافتد. لغت سایش عموماً به سائیدگی اصطکاک خشک، مانند سایش روسازی ها و کف های صنعتی بر اثر عبور و مرور وسایل نقلیه اطلاق می شود. لغت فرسایش معمولاً برای توصیف فرسودگی ناشی از عملکرد سایشی مایعات محتوی ذرات جامد معلق به کار می رود. فرسایش یک حالت خاص از سایش است و در تاسیسات آبی نظیر کانال ها، آب روها، لوله ها و سرریزها بیشتر اتفاق می افتد. یک حالت محتمل دیگر آسیب ناشی از خلازایی است که مربوط به کاهش جرم به دلیل آسیب ضربه ای وقتی سیال به سرعت زیاد در جریان است، می باشد.

تخریب سطح بتن به دلیل عمل سایش و فرسایش آب بندی بتن و مقاوم سازی بتن

سایش

خمیر سیمان به تنهایی مقاومت سایشی مناسبی ندارد و کارایی بتن در حد زیادی بستگی به سختی سنگدانه های مصرفی دارد. مقاومت بتن به نسبت کم آب به سیمان W/C، به نوع سنگدانه بستگی دارد. عمر خدمت دهی بتن می تواند به طور جدی تحت شرایط چرخه های مکرر سایش، کوتاه گردد و این به ویژه در هنگامی است که خمیر سیمان در بتن دارای تخلخل زیاد یا مقاومت کم بوده و محافظت این خمیر توسط سنگدانه هایی صورت گیرد که مقاومت سایشی کمی دارند و لذا این محافظت کافی نباشد. برطبق رابطه، کمیته ۲۰۱ انستیتوی بتن آمریکا (ACI) برای تهیه سطوح بتنی مقاوم در مقابل سایش پیشنهاد می نماید که مقاومت فشاری بتن هیچگاه نباید کمتر از ۲۸MPa شود.

به منظور اعمال تمهیدات بیشتر برای تقویت دوام بتن در مقابل سایش و فرسایش، باید دانست که عمل سائیدگی فیزیکی بتن بر روی سطح آن اتفاق می افتد و بنابراین می باید دقت خاصی برای اطمینان از اینکه لایه سطحی بتن از کیفیت بالایی برخوردار است، مبذول گردد. برای کاهش میزان تشکیل سطح ضعیفی که شیره بتن نامیده می شود (این لغت برای لایه ای از ریزدانه، که شامل سیمان و سنگدانه است استفاده می شود) پیشنهاد شده است که تا زمانی که بتن آب انداختگی سطحی خود را از دست نداده است، ماله کشی آن با ماله ی فلزی و تخته ماله به تعویق انداخته شود. کف های صنعتی یا روسازی های با مقاومت زیاد را می توان برای ضخامت لایه رویی بین ۲۵ تا ۷۵ میلیمتر طراحی نمود.

فرسودگی بتن و تخریب سازه های بتنی
خوردگی فولاد در بتن و عوامل تخریب بتن
آشنایی با تخریب کننده بتن یا همان کتراک

این بتن رویه با نسبت کم آب به سیمان و محتوی سنگدانه های سخت با حداکثر اندازه ۵/۱۲ میلیمتر است. به دلیل نسبت خیلی کم آب به سیمان بتن های حاوی مواد افزودنی لاتکس یا مواد افزودنی **روان کننده** قوی، استفاده از آنها برای لایه های رویی مقاوم در برابر سایش و فرسایش به طور فزاینده ای رایج می شود. همچنین مصرف مواد افزودنی معدنی مانند دوده سیلیسی متراکم، امکانات مطلوبیت را به دست می دهند. در بتن های تازه حاوی مواد افزودنی معدنی، علاوه بر آنکه عمل آوری مرطوب آنها موجب کاهش اساسی تخلخل می گردد، استعداد آب انداختگی آنها نیز کمتر است.

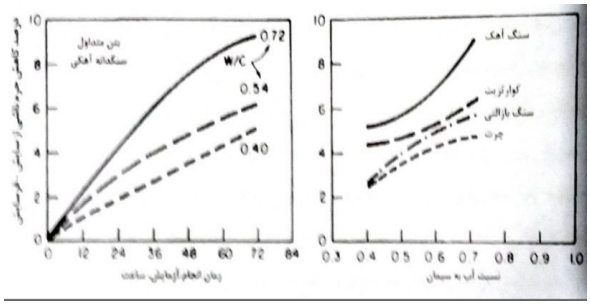
با کاربرد محلول های سخت شونده سطحی، بر روی کف های خوب به عمل آمده جدید و یا کف های قدیمی خراشیده شده نیز می توان به مقاومت در مقابل آسیب دیدگی ناشی از مایعات نفوذ کننده و کاهش گرد و خاک حاصل از سائیدگی دست یافت. محلول هایی که عموماً برای این مقصود استفاده می شوند فلوئوسیلیکات منیزیم، روی و یا سیلیکات سدیم هستند که با هیدروکسید کلسیم موجود در خمیر سیمان پرتلند واکنش انجام داده و محصولات حاصل از واکنش غیر قابل حلی را تشکیل می دهند و در نتیجه، منافذ مویینه ی روی سطح و یا نزدیک سطح را درزگیری می کنند.

سنگدانه های مقاومت سایش

اغلب سنگدانه های مخصوص برای رویه سازی کف های صنعتی سنگین یا وضعیت های دیگر و جایی که مقاومت زیاد در مقابل سایش نیاز است، استفاده می شوند. مصالح سخت متراکم قوی مانند ای بوکیست تکلیس شده، کوراندم، سنگ سنباده، فلزات، فلینت یا کوارتز برای چنین کاربردها استفاده می شوند. مقاومت خمیر و پیوستگی خمیر - سنگدانه مهم تر از سختی سنگدانه است. سنگدانه با مقاومت در مقابل لیز خوردن بتن در روسازی قدیمی تر که سایش و سائیدگی قابل توجهی در آنها رخ داده است عامل مهمی محسوب می شود. بهتر است که مخلوطی از کانی های سخت و نرم در سنگدانه با نرخ های مختلف سایش و سائیدگی داشته باشیم. نسبت زیاد سنگدانه های ریز در محدوده ۳ تا ۱۰ میلیمتر مقاومت لیز خوردن را بهبود می بخشد؛ زیرا سنگدانه تمایل به داشتن درصد بالاتر کانی های سخت تر نسبت به سنگدانه درشت دارد.

فرسایش

لغت فرسایش معمولاً برای توصیف فرسودگی ناشی از عملکرد سایشی مایعات محتوی ذرات جامد معلق به کار می رود. فرسایش در سازه های هیدرولیکی، مثلاً در روکش کانال ها، سربازها و لوله های انتقال آب یا فاضلاب، اتفاق می افتد. فرسایش در بتن وابستگی زیادی به مقدار و خواص جامدات شناور در سیال دارد. به نظر نمی رسد فرسایش به وسیله آبی که فاقد مواد ته نشینی و رسوب باشو، اهمیتی داشته باشد، مگر اینکه یک حمله شیمیایی بتواند اتفاق افتد. همچنین مقاومت در برابر فرسایش در مرحله اول با آزمایش فشاری (یا نسبت W/C) در بتن قابل ارزیابی است (شکل ۸-۵). به نظر می رسد استفاده از سنگدانه های بزرگ دارای امتیاز باشد. نظیر حالت سایش، صرفاً بتن واقع در سطح در معرض فرسایش است. بنابراین، باید توجه ویژه داشت که بتن در سطح در زمان ریختن دارای کیفیت عالی باشد.



اثر نسبت آب به سیمان و نوع سنگدانه بر روی آسیب سایشی - فرسایشی

خسارت ناشی از خلازایی (کاویتاسیون) به مراتب از مشکلات ناشی از فرسایش بیشتر است و حتی بتن های با کیفیت خوب ممکن است دچار آسیب شدید شوند. زمانی که جریان با سرعت زیاد آب (یا هر سیال دیگر) در معرض یک تغییر ناگهانی در مسیر و یا تغییر در سرعت قرار می گیرد، این امر باعث می شود در سطحی که بلافاصله در پایین دست محل تغییر قرار دارد، محدوده ای با فشار کم ایجاد شود و این افت فشار می تواند کافی باشد تا بسته و یا نفراتی از بخار ایجاد شود. این حباب های بخار در حالی که محدوده کم فشار را ترک می کنند به طور وحشتناکی می ترکند و این در هم شکستن یک ضربه با انرژی فوق العاده متمرکز در روی سطح بتن ایجاد می کند. ضربه ناشی از انفجار درونی حفرات بخار می تواند فشارهای موضعی فوق العاده شدیدی را حتی تا بزرگی ۷۰۰ مگاپاسکال ایجاد کند. این مقدار فشار می تواند حتی به مقاوم ترین فلزات آسیب وارد نماید.

عموماً در کانال های روباز خسارت ناشی از خلاء زایی فقط وقتی روی می دهد که سرعت جریان آب متجاوز از ۱۲ متر بر ثانیه باشد؛ اما در کانال های سرپوشیده وقتی که امکان افت فشار به مقداری خیلی کمتر از فشار اتمسفر وجود داشته باشد حتی در سرعت های خیلی پایین تر خلاء زایی اتفاق خواهد افتاد. چنین افتی ممکن است به علت مکش سیفونی و یا توسط اینرسی در داخل پیچ و خم ها یا ناهمواری های سطحی باشد ولی اغلب ترکیبی از این عوامل موجود است. بنابراین به وضوح بتن می تواند در اثر خلازایی به شدت آسیب ببیند و شاید بهترین دفاع در مقابله با آسیب، این است که در طراحی احتمال وقوع آن را حذف کنیم. حذف ناهمواری در سطح بتنی و در جریان آب و یا کاهش سرعت آب تا کمتر از دوازده متر در ثانیه بسیار کمک می کند. گفته می شود آزاد کردن حباب های وارد شده در آب (هوادهی) می تواند ضربه گیر اثرات خلازایی و در نتیجه کاهش آسیب ها باشد.خلازایی همیشه قابل اجتناب نیست. بنابراین باید از مصالح خیلی خوب استفاده کرد تا آسیب ها حداقل شود. تجربه نشان داده است که با به کار بردن یک بتن مقاومت با نسبت W/C کم به همراه سنگدانه های کوچک (کمتر از بیست میلیمتر) با یک اتصال خوب خمیر - سنگدانه، بهترین مقاومت را می توان به به دست آورد. بتن پلیمری مقاومت خوبی در برابر خلاء زایی از خود نشان می دهد که عمدتاً بستگی به نوع ماده پرکننده، چسبندگی ماده چسباننده و قابلیت چسبیدن آن به ماده پرکننده دارد. کاربرد الیاف فولادی در بتن مقاومت آن را در برابر خلاء زایی افزایش می دهد.

ترک در بتن **یخ زدگی عامل تخریب بتن**

تبلور نمک ها

نمک ها می توانند خرابی هایی در اثر فشار ناشی از رشد بلورهای نمک که دارای عوامل فیزیکی است، در بتن ایجاد کنند. خوردگی از این نوع در شرایطی که بتن در تماس با آب هایی که دارای مقادیر قابل ملاحظه املاح حل شده است، به وجود می آید. این نمک ها به داخل بتن نفوذ کرده و بعد از تبخیر آب املاح در داخل منافذ کریستالا می شوند. تکرار پدیده تبخیر و به جا گذاشتن نمک باعث بروز فشارهای منجر به ترک می شود. یکی از بهترین راه های محدود نمودن مسئله تبلور نمک ها کاربرد نسبت W/C پایین و بتن کم نفوذ است که نفوذ رطوبت را کنترل می کند. با عایق بندی کردن بتن برای جلوگیری از نفوذ رطوبت به داخل بتن با تبخیر بعدی می توان مسئله را اصلاح کرد. در داخل سازه داخل سازه می توان مانعی ایجاد کرد تا از مکش موئینگی جلوگیری کند. از راه حل های دیگر، ایجاد لایهرسی غیر قابل نفوذ زیر زمین برای جلوگیری از تماس آب با بتن و در بعضی موارد کاربرد یک لایه ملات قربانی شونده در سطح در معرض رویارویی می باشد. در راه حل دوم، بلوری شدن باعث خرابی ملات شده و می توان با تعویض آن بتن اصلی را مصون نگه داشت.

یخ زدن و آب شدن

مصالح متخلخل دارای رطوبت تحت چرخه های تکرار شونده یخ زدن - آب شدن در معرض خرابی خواهند بود. سیمان سخت شده که تخلخل بالایی دارد به این شرایط حساس بوده و احتمال تخریب آن وجود دارد. یخ هنگام انجماد، منبسط می شود. علت این انبساط پیوند هیدروژنی میان مولکول های خمیده آب است. این ساختار خمیده یا زاویه ای مولکول آب ناشی از آرایش چهار وجهی چهار جفت الکترون در لایه ظرفیت اتم اکسیژن است. هر مولکول آب می تواند حداکثر با چهار مولکول آب دیگر پیوند هیدروژنی داشته باشد. پس آب مایع را می توان به صورت خوشه هایی از مولکول های آب تصور کرد. خوشه هایی که با پیوند هیدروژنی از مولکول های آب ساخته شده اند و دائم در حال حرکت اند. شمار مولکول ها در هر خوشه و سرعت حرکت خوشه ها به دما بستگی دارد. با سرد شدن آب، خوشه های آب که به سرعت در حرکت اند، کند می شوند و در نقطه انجماد به یکدیگر قلاب شده و ساختمان سه بعدی منبسط شده ای را ایجاد می کنند. این ساختمان گسترده تر موجب می شود که چگالی یخ کمتر از آب باشد. یعنی در آب منجمد شاهد افزایش حجم باشیم. موقع ذوب شدن یخ حدود ۱۵ درصد انرژی پیوندهای هیدروژنی می شکنند و این امر موجب فرو ریختن ساختار یخ می شود که در نتیجه مایعی متراکم به دست می آید. به زبان ساده می توان گفت ساختار هندسی یخ دارای فضاهای خالی و نوعی تخلخل است. در نتیجه نسبت به آب، حجم بیشتر و وزن کمتری دارد.

یخ زدگی خمیر سیمان

هنگامی که دمای یک بتن اشباع به زیر صفر درجه می رسد، یخ زدگی فوری بیشتر آب داخل آن، رخ نمی دهد. بایستی یادآور شد که خمیر دارای طیف متنوعی از اندازه حرفات می باشد و می توان با استفاده از قوانین ترمودینامیکی نشان داد که آب حرفات موبینه یخ نخواهند زد تا اینکه دمای زیر صفر به درجه ای که بسته و قطر حرفات یا به طور دقیق تر به قطر گلوگاه حفره است، برسد. به عنوان مثال، آب داخل حرفات با قطر ۱۰ نانومتر تا رسیدن به ۵- درجه سانتیگراد یخ نمی زند و در حفرات به قطر ۵/۳ نانومتر حتی تا ۲۰- درجه سانتیگراد یخ نمی زند. حضور قلیایی ها در آب حفره ای می تواند کاهش دمای یخ زدگی را در حد ۱ درجه به همراه داشته باشد. حتی هنگام رسیدن به دمای یخ زدگی، مقدار زیادی از آب بتن به جای یخ زدگی بسیار سرد می شود. زیرا هسته (بلور یخ) برای آغاز تشکیل یخ مورد نیاز می باشد. هسته ها در قسمت خارجی بتن و در حفرات بزرگ داخل آن شکل گرفته و به داخل خمیر سیمان با افت درجه حرارت نفوذ می کنند. بلورها نمی توانند به آسانی در حفرات کوچک نفوذ کنند و تنها در حالت دمای خیلی زیر صفر این نفوذ صورت می گیرد. سرانجام آب جذب شده روی سطح C-S-H که روی سطوح فضاهای موبینه تشکیل می شود و سوراخ های ریز بین خمیر را به وجود می آورند، هرگز یخ نمی زند، اگر چه ممکن است به داخل فضاهای موبینه جایی که یخ تشکیل می شود، نفوذ کنند. در یک خمیر محافظت نشده، تغییر حجم قابل ملاحظه ای همراه یخ زدگی رخ می دهد ه منجر به بروز تنش های کششی و ترک خوردگی می شود. در یک خمیر هوا دمیده، تغییر حجم کمی ایجاد شده و جمع شدگی قابل ملاحظه ای در یخ زدگی در دمای پایین ایجاد می شود.

یخ زدن سنگدانه ها

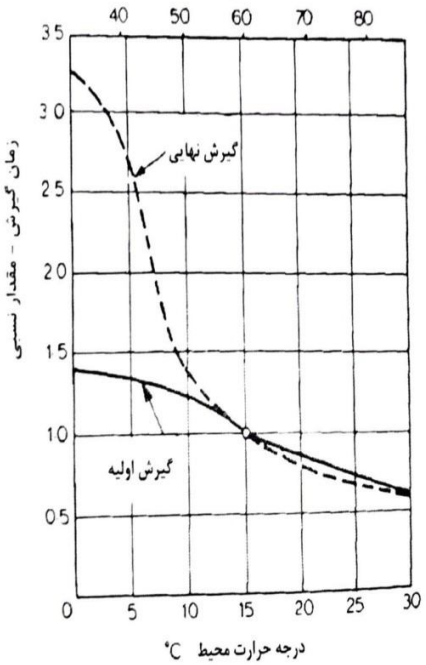
برخی از سنگ ها در مقابل پدیده یخ زدن - آب شدن حساس بوده و اگر در میان سنگدانه های بتن به کار روند، در خرابی آن سهیم خواهند بود. مفهوم فشار هیدرولیکی برای سنگها نیز به کار برده می شود؛ زیرا حفره ها در آنها به مرتب بزرگ تر از فضای خالی خمیر سیمان بوده و به آسانی از آب پر می شوند. بنابراین اندازه بحرانی برای سنگدانه وجود دارد که سنگدانه بزرگ تر از آن مستعد ترک خوردگی است. این اندازه بحرانی در حقیقت حداکثر فاصله ای است که آب باید طی کند تا به سطح بیرونی برای آزاد سازی فشار هیدرولیکی برسد. این اندازه به نرخ یخ زدن، درجه اشباع، نفوذ پذیری و مقاومت کششی بستگی دارد. برای اغلب سنگ ها این اندازه بحرانی بیش از اندازه سنگدانه های درشت می باشد.

اغلب سنگها (مانند گرانیت و سنگ های آهکی با کیفیت بالا) دارای تخلخل کم بوده و چون نفوذ پذیری آنها نیز خیلی کم است، در بتن به آسانی اشباع نمی شوند. بنابراین این سنگها حفره های داخلی برای رهاسازی فشار هیدرولیکی را دارا هستند. سنگ های بسیار متخلخل نظیر ماسه سنگ ها یا سنگدانه های سبک مصنوعی به سختی کاملاً اشباع و به آسانی خشک می شوند. هنگامی که این سنگ ها یخ می زنند، آب به راحتی فرار نموده و درجه اشباع زیاد معمولاً بحرانی نیست. حالت بسیار بحرانی در سنگ هایی است که حفره های ریز داشته ولی جذب بالایی دارند و نفوذ پذیری آنها کم است. در حالت اشباع، اندازه بحرانی این سنگها کمتر از اندازه موجود در سنگدانه ها شده و ترک در سنگدانه ها به وجود می آید.

این پدیده در سنگ های با دانه های ریز مانند چرت ها و شیل ها رخ داده و سبب پریدگی در سطح بت می شود. خرابی سریع اغلب در سطح پدید می آید؛ زیرا سنگدانه های در سطح مستعد اشباع شدن بوده و پدیده یخ زدن - آب شدن بارها تکرار می شود. به هر حال ترک های D شکل جدی ترین نتیجه یخ زدن - آب شدن به خاطر سنگدانه ها (عمدتاً سنگهای آهکی) در ایالات نیمه غربی آمریکا می باشند. خرابی معمولاً در قسمت های پایین دال بتنی در مجاورت درزها شروع می شود که در آنجا با تجمع رطوبت خرابی آغاز شده و سرانجام کل دال را فرا می گیرد. هنگامی که ترک D در سطح ظاهر می شود، نشان از خرابی پیشرفته در بخش پایین دال دارد و این امر معمولاً در ظرف ۱۰ تا ۱۵ سال اتفاق می افتاد.

یخ زدگی بتن تازه

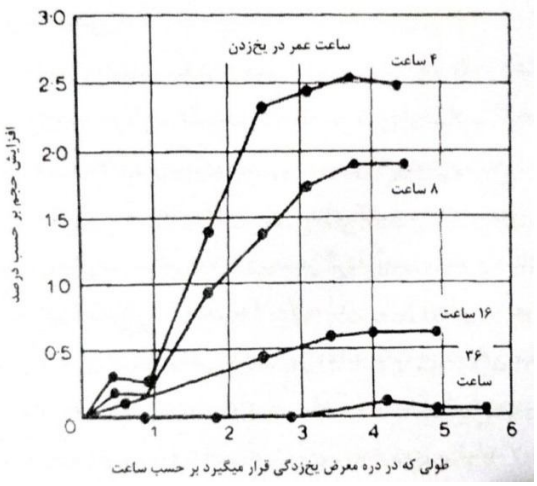
قبل از بحث در مورد مضرات یخ زدن و آب شدن بر روی بتن سخت شده (یکی از مسائل دوام بتن) لازم است عمل یخ زدن روی بتن تازه اشاره شود. چنانچه بتنی که هنوز گیرش حاصل ننموده یخ بزند، عمل یخ زدگی تا حدی مشابه عمل یخ زدن خاک رس اشباع می باشد و باعث انبساط بتن می گردد، یعنی آب مخلوط یخ می زند و در نتیجه حجم کل بتن افزایش می یابد. به علاوه از آنجایی که جهت واکنش های شیمیایی سیمان، آب وجود نخواهد داشت، بنابراین گیرش و سخت شدن بتن به تاخیر خواهد افتاد. (شکل ۸-۷)



شکل ۸-۷- زمان گیرش سیمان معمولی در دمای مختلف

یخ زدگی بتن سخت شده

یخ زدن در بتن یک عمل تدریجی است که تا حدی به علت روند انتقال حرارت از میان بتن و تا حدی به علت ازدیاد تدریجی قلیایی محلول در آبی که هنوز یخ نزده است، می باشد و تا حدی بدین علت است که نقطه انجماد آب به اندازه منافذی که در آن واقع شده بستگی دارد. از آنجا که کشش سطحی ذرات یخ در لوله های موئین آنها را تحت فشار بیشتر قرار می دهد؛ لذا یخ زدن از بزرگ ترین منفاذ شروع می شود و تدریجاً به منافذ کوچک تر گسترش می یابد. منافذ ژل خیلی کوچک بوده که نمی گذارند هسته های یخی در حرارت های بالاتر از منفی ۸۷- درجه سانتیگراد در آنها تشکیل گردد و لذا در عمل به هیچ وجه در آنها یخ ایجاد نمی شود ولیکن به علت اختلاف بین آنتروپی آب ژل به یخ با کاهش درجه حرارت آب ژل انرژی ای حاصل می کند که آن را قادر می سازد به طرف منافذ موئینه حاوی یخ حرکت نماید. با حرکت و پخش آب ژل ذرات یخ به وجود می آیند و سبب انبساط و تخریب بتن می گردند. (شکل ۸-۸) مصالح متخلخل دارای رطوبت تحت چرخه های تکرار شونده یخ زدن – آب شدن در معرض خرابی خواهند بود. سیمان سخت شده که تخلخل بالایی دارد، به ویژه به این شرایط حساس بوده و بتن حتی ممکن است در یک زمستان سرد اقلیم شمالی دچار تخریب شود. لازم به ذکر است مواد حباب ساز در کنترل این مسئله بسیار موثر بوده و روش قابل اعتمادی برای حفاظت بتن در معرض تهاجم یخ زدگی بوده است.



افزایش در حجم بتن در جریان یخ زدن طولانی به صورت تابعی از عمری که در آن یخ زدن شروع می شود.گسیختگی بتن با مشخصات مناسب که در معرض یخ زدگی و آب شدن پی در پی قرار دارد، ممکن است منجر به انواع مختلفی از صدمات داخلی و نزدیک سطح گردد؛ اما تمایزهای موجود میان این پدیده ها اغلب تا حدی دلخواه و قراردادی می باشد. نشانه های مرسوم عبارتند از:

۱. ترک خوردگی در مجاورت اتصالات (معرئف به ترک خوردگی D یا خط D)
۲. لایه به لایه شدن با پوسته شدن کلی سطح
۳. بیرون پریدگی های موضعی

ترک خوردگی خط D

ترک خوردگی خط D ممکن است در دال های روسازی مشاهده گردد. این ترک ها در ناحیه مجاور درزها و لبه های آزاد اتفاق می افتند. ترک ها تقریباً به صورت موازی با درزها در هر دو راستای طولی و عرضی جهت گیری می شوند. این ترک ها ابتدا در نزدیکی لبه روسازی یا درز ظاهر می شوند. بعداً چرخه های یخ زدن – آب شدن ممکن است ترک های بیشتری را به وجود آورند که بر روی سطح به صورت پیش رونده نسبت به محل درز ظاهر می شوند. این پدیده بر اثر انبساط ذرات درشت دانه در عمق به وجود می آید و تابعی از حداکثر اندازه سنگدانه (D_{max}) می باشد. هرچند اندازه سنگدانه ها بزرگ تر باشد، احتمال این اثر نامطلوب افزایش می یابد.

پوسته شدن

سطح بتن ورقه ورقه شده و مانند پچوسته شدن خود را نشان می دهد و یا به واسطعه رفتار تفاضلی لایه های بالایی و پایینی ناحیه یخ زده و یا از طریق تشکیل لایه های نازک یخ ایجاد می گردد. لایه های مرطوب بالایی بتن ممکن است همراه با لایه های یخ زده بیش رونده موازی با سطح، یخ بزنند. در مورد روسازی های بتنی، یک اثر فتیله ای ممکن است آب را از خاک پایین روسازی کشیده و فرآیند یخ زدن را تغذیه نماید. انبساط لایه های یخ زده ممکن است منجر به لایه لایه شدن گردد، یعنی پدیده ای مشابه بالا آمدگی یخ در خاک ها. سناریو دیگری نیز وجود دارد که منجر به لایه لایه شدن روسازی هایی در معرض دمای پایین در مدت طولانی می گردد.

لایه های پایینی ممکن است برای روزها به حالت یخ زده باقی بمانند. در حالی که یخ لایه های سطحی در طول روز ذوب می شود. دماهای زیر صفر در شب ممکن است منجر به ایجاد یک جبهه یخ در سطح شوند که این جبهه به سمت لایه های یخ زده پایینی پیش روی می نماید. لایه های نازک (لنز) به دام افتاده بین دو ناحیه یخ زده ممکن است یخ بزند، در نتیجه انبساط یافته و منجر به ایجاد تنش هایی گردد. مشکل مربوط به پوسته شدن نیز ممکن است به طور موضعی برای ذرات

سنگدانه نزدیک سطح نیز به وجود بیاید. در صورتی که یخ، از آب خارج شده از سنگدانه های در حال یخ زدن تشکیل گردد، لایه نازک و ضعیف پوشش بتن روی ذرات سنگی درشت دانه، در معرض لایه لایه شدن قرار می گیرد.

بیرون پریدگی

واژه ی «بیرون پریدگی» برای توصیف جدا شدن تکه های مخروطی شکل کوچک از سطح به کار می رود. این پدیده ممکن است در جایی اتفاق بیفتد که مصالح سنگی درشت دانه آسیب پذیر در برابر یخ زدن – آب شدن مورد استفاده قرار گیرند. ذرات سنگی بسیار جاذب نزدیک سطح ممکن است اشباع شده بر اثر یخ زدن، شکسته شوند. تنش ها ممکن است پوشش بتن روی این ذرات سنگی را ترک دهند. سپس تکه های مخروطی شکل بتن از سطح جدا شده و سنگدانه های شکسته شده در پایین ناحیه بیرون پریدگی، نمایان می شوند.

کنترل یخ زدگی

مقاومت بتن در مقابل آسیب دیدگی ناشی از عمل یخ زدگی بستگی به مشخصات خمیر سیمان سنگدانه ها دارد. با این وجود، در هر مورد، عملاً تداخل اثر ندین عامل، نتیجه را کنترل می کنند. این عوامل، از جمله عبارتند از:

میزان حباب هوا

نسبت آب به سیمان و عمل آوری

درجه اشباع

مقاومت

باید در نظر داشت بهترین راه جهت آب بندی سازه مخزن بتنی یا استخر بتنی آب بندی فشار مثبت است ،منظور از فشار مثبت این است که مخزن را از داخل آب بندی کرد اما خوب به هر حال گاهی اوقات آب درون مخزن بسیار مهم و ارزشمند است و امکان تخلیه این موضوع نیست پس باید از روش هایی نظیر آب بندی فشار منفی یا استفاده از پودر های نفوذگر که در ادامه کد محصول آنها را پیشنهاد می دهیم استفاده نمود

آب بندی فشار مثبت محصولی بی نظیر که می توان به آن اشاره نمود MTOTOP 107 است که محصولی ۲ جزئی بر پایه الاستومر که در یک بسته ۲۵ کیلویی پودر و در یک سطل مواد آب بندی لاتکسی وجود دارد باید استفاده گردد میزان استفاده از این محصول برای سطوح بتنی ۵/۱ تا ۲ کیلوگرم پیشنهاد می شود این محصول را باید ترکیب کرد و آن را بر روی سطح اعمال نمود و اما ممکن است در یک استخر یا مخزن دیواره ها به صورت آجری باشند ایتدا آن را پلاستر سیمانی زده و بر روی نرمه این مواد را استفاده کرد که پینهاد میزان مصرف بین ۲ کیلوگرم تا ۵/۲ کیلو در هر متر مربع پیشنهاد می گردد

آب بندی فشار منفی

این محصول بر پایه کریستال هایی هستند که با آب واکنش داده و باعث شکفته شدن و سد آب شدن در برابر نفوذ می گردد میزان استفاده از محصول MTOPAN IC 2 کیلوگرم بر متر مربع است که از پشت مخزن ها بر روی سطوح اعمال می شود ،محصولی آماده و در کیسه های ۲۵کیلویی که با آب مخلوط و استفاده می شود .

خواص متفاوت انواع اپوکسی به نسبت ترکیب خشک کننده اپوکسی (هاردنر)' پرکننده ای بنام فیلر و سایر افزودنی های آن مربوط می شود برای مثال این رزین به همراه الیاف آرامید در ساخت ملخ هلی کوپتر' کلاه خودهای جنگی' ساخت موتور راکت ها و کپسول های تحت فشار بکار می رود.کفپوش های اپوکسی یا به اصطلاح کفپوش های بدون درز (کفپوش های بهداشتی) از ترکیب مقدار مناسبی هاردنر به همراه رنگدانه ها تهیه می شود از این رو دارای تنوع رنگ زیادی بوده و کیفیت و دوام بالایی دارند و سال ها پس از اجرا نیازی به بازسازی نخواهند داشت. این کفپوش ها به سهولت بر روی تمامی سطوح سیمانی' سنگ، موزاییک و ... قابل اجرا هستند اما توصیه می شود جهت حصول بالاترین کیفیت' قبل از اجرا کلیه سطوح سیمانی مسطح و یک دست شوند.

کفپوش های اپوکسی در کارخانجات خودرو سازی' انبار های صنعتی' صنایع نظامی صنایع غذایی' صنایع شیمیایی، داروسازی' کارخانجات شیر و لبنیات' کشتارگاه ها' سردخانه ها' بیمارستان ها' اتاق های تمیز و استریل مورد استفاده قرار می گیرند.

انواع کفپوش های اپوکسی

- کفپوش های ترافیکی اپوکسی که در ضخامت های متفاوت بر اساس نوع و میزان تردد قابل اجرا خواهند بود.
- کفپوش های اپوکسی آنتی استاتیک: این نوع کفپوش بر روی شبکه ای مسی در کف اجرا شده' میزان رسانایی را افزایش می دهد. از کفپوش های اپوکسی آنتی استاتیک در محل سرور ها سالن های تولید و مونتاژ قطعات الکترونیک و ... استفاده می شود.
- کفپوش های اپوکسی ضد اسید: این رزین ها که با اصلاح فرمولاسیون و افزودنی های ویژه' دارای خواص ضد اسیدی بالایی بوده و در بسیاری از کارخانجات باطری سازی' آزمایشگاه ها و ... مورد استفاده قرار می گیرد.

مزایای اجرای کفپوش بدون درز

۱. هنگام اجرا دارای بوی کمی بوده که به مرور زمان از بین می رود.
۲. با جذب حداقلی آب' پوشش ضد آب مناسبی می باشد لذا به منظور جلوگیری از انتشار آلودگی های ناشی از نفوذ آب مورد استفاده قرار می گیرد.
۳. با اجرا بر روی بتن خواصی نظیر مقاومت فشاری' کشش و خمش را در آن به میزان قابل توجهی بهبود می بخشد. برخی از انواع اپوکسی جهت ترک های بتون و آماده سازی آن جهت نصب بولت های تحت فشار و تنش بالا مورد استفاده قرار می گیرد.
۴. به جهت مقاومت سایشی بالا به عنوان کفپوش مکان های پر تردد' کف واگن های مترو' انبار ها' پارکینگ ها و ... مورد استفاده قرار می گیرد.
۵. عایق مناسبی در برابر جریان الکتریسیته می باشد.
۶. قابلیت ترمیم در کوتاهترین زمان را دارد.
۷. قابلیت خط کشی و طراحی.
۸. زیبایی نهایی و صرفه اقتصادی این کفپوش از دیگر مزایای این کفپوش ها می باشند.
توصیه های مهم در اجرای کفپوش های اپوکسی
۱. لازم است قبل از اجرا سطوح از هرگونه چربی' اجزای سست و لغزنده پاک شده خشک شود.
۲. کفپوش در زمانی اجرا شود که دمای محیط بین ۵ تا ۴۵ درجه سانتی گراد باشد.
۳. قبل از مخلوط نمودن روکش و هاردنر لازم است روکش به مدت حدود ۲ دقیقه میکس شود.
۴. پس از اجرا می توان تجهیزات را توسط تینر اپوکسی شستشو داد.
۵. در هنگام اجرا لازم است حتما از دستکش صنعتی و ماسک استفاده شود.
۶. پس از مخلوط نمودن مواد حداکثر تا یک ساعت باید پوشش بر روی کف اجرا شود.

روش های پخت سیمان

روشهای مختلفی برای تولید سیمان وجود دارد . اصولا چهار روش برای تولید سیمان وجود دارد :

۱- روش تر
۲- روش نیمه تر
۳- روش نیمه خشک
۴- روش خشک

روش تر ونیمه تر

دراین روش خاک رس مصرفی دردستگاه دوغاب ساز، تبدیل به دوغاب می گردد . سپس دوغاب خاک رس به همراه سنگ آهک درآسیاب مواد خام مخلوط و نرم گشته و تبدیل به دوغاب با غلظت بیشتری می شود . پس از تنظیمات لازم توسط آزمایشگاه ، به عنوان خوراک کوره موردمصرف قرارمی گیرد . درروش نیمه تر ، مواد خروجی از آسیاب مواد به صورت دوغاب است و قبل از ورود به کوره بوسیله فیلتر پرس ، آب آن گرفته می شود و به صورت کیک یا آماج (حبه) به کوره وارد می گردد .

روش نیمه خشک

در روش نیمه خشک مواد اولیه به صورت خشک با یکدیگر مخلوط گشته و به آسیاب مواد خام تغذیه می گردند . مواد خروجی از آسیاب به صورت پودر است . قبل از تغذیه این پودر به کوره ، مقداری آب روی آن پاشیده می شود و آنرا به صورت آماج یا حبه درآورده و به کوره تغذیه می نمایند.

روش خشک

در این روش مواد اولیه خشک وارد آسیاب می شوند . پودر خروجی از آسیاب مواد ، پس از تنظیم ، به عنوان خوراک کوره مصرف می گردد.

روش های مختلفی برای تولید سیمان های مختلف وجود دارد که عمدتا بستگی به تکنولوژی مورد استفاده و جنس سیمان دارد . تکنولوژی مورد استفاده برای تولید سیمان به مرور دستخوش تحول و پیشرفت بوده است . هم اکنون صنعت سیمان با برخورداری از آخرین تکنیک های اعجاب انگیز ، با استفاده از روش خشک و به کمک سیستم های اتوماتیک ،شاهد پیشرفت های شگرف در طول تاریخ ۱۶۰ ساله تولید صنعتی خود می باشد . روش های تولید برخی سیمان ها نظیر سیمان آلومینایی کاملا متفاوت با روش تولید سیمان پرتلند می باشد .

تفاوت های روش خشک و تر

در روش تر به علت آنکه نسبت به روش خشک گرد و خاک کم تری تولید می نماید برای حفظ جان کارگران مناسب تراست ، سیمان حاصل از روش تر به علت آنکه بهتر مخلوط شده است ، مرغوب تر می باشد . هزینه سوخت سیمان پزی در روش تر بیشتر است و در نتیجه سیمان گران تر تمام می شود . نگهداری مصالح در سیلوهای ذخیره به روش تر مشکل تر می باشد ، زیرا دانه های موجود در لجن آسانتر رسوب می نمایند و در نتیجه یکنواختی دانه ها با سهولت بیش تری نسبت به روش خشک به هم می خورد . بدین لحاظ سیلوهای نگهداری مصالح به روش تر باید مجهز به مخلوط کن باشند که ممکن است این مخلوط کردن به دمیدن هوا از پایین در سیلو انجام می شود که این روش و دمیدن در نگهداری مواد به روش خشک هم به کار می رود .

کوره های سیمان پزی:

الف_ کوره سیمان پزی ایستاده:

این کوره استوانه ای است . فولادی به قطر حدود ۳ متر و به ارتفاع ۱۵ متر مواد خام به صورت پودر از بالا وارد کوره شده و به آهستگی به داخل کوره می لغزد و می پزد و به شکل کلینگر بیرون می ریزد.

ظرفیت تولید سیمان این کوره کم است و روزانه به حدود ۱۵۰ تن می رسد . در حال حاضر در ایران از این کوره ها استفاده نمی شود.

ب_ کوره سیمان پزی گردنده:

روش پخت سیمان در کوره های گردنده متفاوت است . در این کوره ها سیمان بصورت تر و نیمه تر پخته میشود . انتخاب روش واقعی تولید سیمان معمولا متناسب با انتخاب نوع مواد اولیه موجود و در دسترس و شرایط عملی است . روش پخت سیمان در کوره های دوار به مرور پیشرفت های زیادی کرده که از جمله آن ها کوره گردنده با پیش گرمکن است . مواد خام بصورت گندله و یا لجن از بالا وارد کوره شده و از سوی دیگر (پایین کوره) شعله می دهند . مواد خام به آهستگی از دهانه به انتهای کوره سر می خورند و به تدریج که دما افزایش می یابد ، مواد می پزند و در گرم ترین قسمت کوره دهانه های مواد در حرارت نزدیک به نقطه ذوب عرق کرده و به هم می چسبند و به صورت کلینکر در می آیند . در انتهای کوره و با کمک دستگاه خنک کننده (به وسیله عبور هوای سرد و یا جریان آب) کلینکر سرد می شود. در کوره گردنده با پیش گرمکن قبل از ورود مواد اولیه به کوره دوار ، تنور های پیش گرمکن قرار دارند . مواد خام قبل از ورود به کوره دوار ابتدا از داخل این تنور ها عبور داده می شوند . از پایین تنوره گازهای داغ برخاسته از کوره گردنده به داخل تنوره ها وارد می شود . مواد خام در حرکت به سمت انتهای تنوره تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد گرم شده و قسمت زیادی از سنگ آهک آن پخته و مواد بصورت نیم پخت وارد کوره گردنده می شوند . در نتیجه این عمل بازده کوره افزایش یافته و آهک بیشتری با سیلیس ترکیب می شود . بعلاوه آهک آزاد کمتری در سیمان تولیدی نیز باقی می ماند . بازدهی کوره های گردنده سیمان پزی با پیش گرمکن به حدود ۳۵۰۰ تا ۴۰۰۰ تن در شبانه روز می رسد

.

یکی از تحولات مثبت و تأثیر گذار در اجرای سازه های بتنی امکان کاشت بولت و بولت در بتن می باشد. نیاز به کاشت بولت و بولت در بتن به دلایل مختلفی به موجود می آید. کاشت بولت و بولت به علت تغییر مشخصات سازه ، کاشت بولت و بولت به علت نقایص اجرا، کاشت بولت و بولت به علت شرایط بهره برداری ، کاشت بولت و بولت به علت تغییرات در نقشه اجرایی ، کاشت بولت و بولت به علت راحتی اجرا و ... از جمله از علت کاشت میلگرد در بتن می باشند.

انواع چسب کاشت بولت در بتن

امروز انواع مختلفی از چسب های کاشت بولت در بتن توسط شرکت های تولید کننده گوناگون ارائه می شود. این چسب های کاشت بولت دارای ترکیبات شیمیایی و مشخصات مقاومتی و شیمیایی مختلفی می باشند.

چسب های کاشت بولت از نظر بسته بندی نیز دارای دو نوع می باشد. چسب های کاشت بولت با بسته بندی تزریق به روش گان و چسب های کاشت بولت با بسته بندی حجمی و کیلوگرمی.

عمده بولتهای کاشت شده به این روش بسته به نوع چسب ، پس از گذشت ۴۸ ساعت از زمان اجرا قابل بهره برداری می باشند.

عملیات کاشت بولت اجرایی از طریق آزمایش کشش بولت کاشته شده قابلیت کنترل کیفی را دارد. نتیجه مثبت در این آزمایش بریدگی بولت می باشد. لازم به ذکر است قلوه شدن بولت و یا خارج شدن بولت در تست عملیات کاشت بولت گزینه های دیگر ممکن می باشند. در صورت بروز این دو نتیجه این امر نشان از مشکلات اجرایی و یا محاسباتی در عملیات کاشت بولت در بتن دارد.

علت کاشت میلگرد در بتن

بهترین روش برای تست کیفیت کاشت آرماتور انجام آزمایش مقاومت کششی آرماتور در بتن (گیرداری آرماتور در بتن) میباشد. این آزمایش با عنوان Pull Off شناخته میشود.عملکرد آرماتور در هنگام کشش بیانگر صحت اجرا می باشد. نتیجه این تست می تواند منجر به جاری شدن آرماتور یا میلگرد ، برآمدن آرماتور و یا قلوه کن شدن بتن گردد. بدیهی است بهترین نتیجه گزینه نخست یعنی جاری شدن میلگرد می باشد.شما می توانید جهت آشنایی بیشتر و عملکرد فنی این نوع مقاوم سازی با واحد فنی کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید

علت کاشت میلگرد در بتن در پروژه های عمرانی

بر طرف کردن خطاهای طراحی و اجرایی در ساختمانهای بتنی

جابجایی ستون به دلیل تغییرات در نقشه معماری و سازه

اجرای اضافه بنای ساختمان در کناره ساختمان، اضافه بنای طبقات و اجرای تیر اصلی و فرعی

تقویت پای ستون متصل به پی جهت جلوگیری از برش پانچ

اجرای کنسول در ساختمان ساخته شده و نیمه کاره

اضافه کردن میلگرد جهت تقویت مقطع بتنی

افزایش ابعاد پی جهت افزایش باربری

نصب تیرهای برق یا گاردریل کنار اتوبانها در پلهای بتنی

نصب بولت روی فونداسیون جهت نصب سوله

کاشت و اضافه کردن بولت های پلیت

نصب پلیت روی پیشانی تیر یا ستون

کاشت بولت به صورت زیر سقفی

اتصال قطعات پیش ساخته – کاشت آرماتور انتظار برای دیوار برشی

نصب ماشین آلات سنگین صنعتی روی کف بتنی

نصب تیر فلزی روی سازه های بتنی

نصب سازه های دریایی

تثبیت تأسیسات مکانیکی به بتن

نبشی کشی داخل چاله آسانسور

نصب فندر و تأسیسات پهلوگیری کشتی

تثبیت و تحکیم سنگ نمای ساختمان

تبدیل پی منفرد به پی نواری

تقویت ستون واتصالات .

ایجاد دیوار حائل

بتن باید دارای حداکثر کارپذیری باشد.

نکات مهم :

۱- ماده افزودنی های بتن به نحوی باید با بتون عجین شود که سریع ترین و یکنواخت ترین توزیع را در مخلوط داشته باشد.

۲- حداکثر راندمان، وقتی حاصل می شود که افزودنی های بتن در مراحل انتهایی اختلاط مصالح، سیمان و آب به آن اضافه شود.
۳- برای بچ های حجیم باید دقت بیشتری در توزیع مواد افزودنی بتن جهت رسیدن به کارپذیری مطلوب بعمل آید.
۴- نحوه و مراحل افزودن ممکن است روی زمان گیرش و مقاومت فشاری موثر باشد.
۵- تاثیر روش اضافه کردن مواد افزودنی را می توان با مقادیر مصرف (Dosage) مختلف برای بدست آوردن بتن با عملکرد واحد نیز ارزیابی کرد.
۶- مصرف اتفاقی مقدار بیشتر افزودنی های بتن به اندازه ۲ الی ۳ برابر مقدار توصیه شده از طرف تولیدکننده، سبب تاخیر قابل ملاحظه ای در زمان گیرش، کاهش در مقاومت فشاری اولیه (در ۲۴ تا ۴۸ ساعت اولیه)، افزایش هوای تولید شده در بتن و تغییر سایر خواص می شوند. البته تجربه نشان داده است که در این حالات با کیورینگ (عمل آوری) طولانی مقاومت فشاری در سنین بالاتر آسیب نمی بیند (کاهش نمی یابد) بعلاوه بتن باید بتواند در حداقل زمان تا آنجایی‌که لازم است کسب مقاومت نماید یعنی بتن باید دارای مقاومت فشاری (Compressive Strength) و دوام (Durability) کافی نیز باشد.

قانون اساسی تکنولوژی بتن این است که خواص بتن در وهله اول به تمامی به نسبت آب به سیمان بستگی دارد. هر چه نسبت آب به سیمان کم باشد، کیفیت بتن (استاندارد و خوب متراکم شده) بهتر است.از جمله افزودنی‌های بتن که در جهت تامین موارد فوق الذکر کاربرد دارد **روان کننده های بتن** و فوق روان کننده ها را می‌توان نام برد.

روان کننده ها (کاهش دهنده آب)

(Plasticizers Water Reducers)

مواد آلی یا ترکیبی از مواد آلی و معدنی هستند که برای تامین اهداف زیر بکار می روند:
۱- رسیدن به مقاومت بالا از طریق کاهش نسبت آب به سیمان با حفظ کارپذیری در حد مخلوط بدون افزودنی های بتن.
۲- حفظ کارپذیری با کاهش مقدار سیمان برای کم کردن گرمای ناشی از هیدراسیون در بتن حجیم.
۳- افزایش کارپذیری جهت تسهیل بتن ریزی در محل های غیر قابل دسترسی.
مطابق طبقه بندی کاربردی ASTM C 494 مواد روان کننده به دسته های زیر تقسیم می‌شوند:
نوع A : فقط به عنوان کاهش دهنده آب (Water Reducing Agent)
نوع D : در صورتی که خاصیت کاهش دهندگی آب با خاصیت به تاخیر انداختن گیرش (Set-Retardation) توام باشد.
نوع E : در صورتی که خاصیت کاهش دهندگی آب با خاصیت زودگیر کنندگی همراه باشد.

اهداف استفاده از افزودنی های بتن، کاهش دهنده آب:

۱- برای افزایش کارپذیری بدون افزایش مقدار آب یا کاهش مقدار آب با ثابت نگهداشتن کارپذیری.
۲- برای کاهش یا ممانعت از نشست (Settlement).
۳- برای اصلاح نرخ یا ظرفیت آب آوری یا هر دو.
۴- برای کاهش جداشدگی دانه ها.
۵- برای بهبود بخشیدن به قابلیت پمپ شدن.
۶- برای تسریع نرخ کسب مقاومت.
۷- برای افزایش دوام.
۸- برای کاهش نفوذ پذیری.
۹- برای افزایش چسبندگی بتن به آرماتورهای فولادی.

مکانیزم عمل

ترکیبات اصلی و فعال روان کننده های بتن ، موادی با سطح فعال (Surface Active) هستند که در فصل مشترک دو فاز غیر قابل اختلاط (Immiscible) جمع می شوند و نیروهای فیزیکی – شیمیایی را در این سطح تماس داخلی تغییر می دهند.

این مواد (Surface Active Agent) روی دانه های سیمان جذب شده و به آنها بار منفی می دهد که سبب دفع شدن (دور شدن) این ذرات از هم و تثبیت حالت پخش شدگی آن ها می شود ، حباب های هوا نیز دفع شده و نمی توانند به ذرات سیمان بچسبند.علاوه بر این، بار منفی سبب بوجود آمدن پوسته ای منظم از مولکولهای آب دور هر ذره شده و در نتیجه موجب جداشدگی ذرات از هم می شود. چون آزادی بیشتری برای حرکت ذرات وجود دارد و آبی که در اثر سیستم فولکوله شدن تحت قید است آزاد می شود و برای روانسازی مخلوط در دسترس قرار می گیرد و در نتیجه کارپذیری افزایش می یابد.

انواع روان کننده های بتن

دسته اصلی مواد و ترکیبات روان کننده های بتن به شرح زیر است:

۱-اسیدهای لیگنو سولفونیک (Lignosulphonic Acids) و نمک های آنها

۲- فرمول های اصلاح شده و مشتقات اسیدهای لیگنوسولفونیک و نمک های آنها

۳- اسیدهای کربوکسیلیک و هیدروکسیلات ((Carboxylic Acids ،Hydroxylated)) و نمک های آنها

۴- فرمولهای اصلاح شده و مشتقات اسید کربوکسیلیک ، هیدرواکسیلات و نمک های آنها

۵- مواد دیگر شامل: نمکهای روی، فسفاتها، کلریدها، کربوهیدراتها، پلی ساکاریدها، اسیدهای قند ، بعضی از مواد پلیمری مانند مشتقات ملامین ، مشتقات نفتالین و غیره.

مواد اصلی که در تهیه روان کننده های بتن مصرف می‌شوند اغلب دارای دیگر خواص غیر مطلوب هستند مانند کندگیری، هوازایی، و... بنابراین به طور معمول با سایر ترکیبات جهت کاهش و حذف اثرات منفی و بهبود اثرات مثبت مخلوط می‌شوند.

توجه:

۱-روان کننده های بتن با بیشتر انواع سیمان ها قابل استفاده هستند.

۲- اثرات ناشی از هر افزودنی های بتن بستگی به مقدار مصرف (Dosage) و طبیعت آن دارد.

۳- روان کننده های بتن به مقدار ۰/۱ تا ۰/۴ درصد وزن سیمان مصرف می شوند. با توجه به کمیت آنها باید نحوه مصرف و توزیع یکنواخت آنها در بتن به دقت کنترل شود. به همین دلیل محصولات محلول در آب بر نوع خشک و پودری آنها ارجحیت دارد.

اثر روان کننده های بتن روی بتن سخت شده

الف) مقاومت الکتریکی

کاهش مقدار آب ناشی از بکار بردن روان کننده ها سبب افزایش مقاومت ۲۸ روزه ملات و بتن می شود. با ثابت نگهداشتن کارپذیری مقاومت بین ۲ تا ۲۰ درصد و گاه تا ۴۰ درصد افزایش می‌یابد.ممکن است مقاومت ۲۴ ساعته در اثر خاصیت به تاخیر انداختن گیرش بعضی از روان کننده های بتن کاهش یابد ، اما در موارد دیگر افزایش در سرعت گیرش و کسب مقاومت مشاهده شده است.کسب مقاومت با لیگنو سولفونات کلسیم برای ملات ساخته شده از سیمان پرتلند بسیار چشمگیر ولی برای سیمان های پوزولانی و سرباره ای کم است.عموماً مصرف بیش از اندازه لازم (Over Dosage) روان کننده های زود گیر کننده بتن نه تنها گیرش را به تاخیر می اندازد بلکه بخصوص در روزهای نخست مقاومت را کاهش می دهد.

ب) افت ناشی از خشک شدن (Drying Shrinkage)

روان کننده های بتن افت ناشی از خشک شدن را بر حسب نوع و مقدار مصرف افزایش می دهند.

تاثیر روان کننده های بتن روی خواص ملات و بتن:

الف) کاهش آب اختلاط (Mixing Water)

کم کردن آب همراه با ثابت نگهداشتن کار پذیری بطور محسوسی مقاومت مکانیکی بتن را افزایش داده ، خطر جداشدگی دانه ها را کم و یکنواختی و تراکم مخلوط را بهبود می بخشد.میزان کاهش آب در اثر مصرف این نوع مواد افزودنی مشروط بر اینکه اثرات نامطلوبی مشاهده نشود از ۵ تا ۱۵ درصد است. در بسیاری از موارد بخشی از این کاهش ناشی از خاصیت هوازایی (Air-Entraining) افزودنی های بتن است.مقدار واقعی کاهش آب بستگی به مقدار سیمان، نوع مصالح سنگی، پوزولانها و مواد هوازا

(در صورتی که در بتن بکار رفته باشد) و شرایط محیطی دارد. بنابراین ساختن مخلوط های آزمایشی برای بررسی و رسیدن به خواص بهینه و مطلوب و در ضمن اطمینان از عدم وجود عوارض جانبی نامطلوب مانند جداشدگی دانه ها، آب آوری (Bleeding) و کاهش کارپذیری با زمان (یا کم شدن اسلامپ) و... ضروری است.

ب) افزایش کارپذیری (Workability)

کارپذیری مخلوط با به کاربردن روان کننده بتن در حالتی که نسبت آب به سیمان ثابت نگاه داشته شود، بهبود می یابد. میزان تاثیر روان کننده بتن و مقدار مصرف بهینه آن بستگی به عوامل مختلفی که عموما به طور همزمان عمل می کنند دارد. از جمله ترکیب کانی کلینکر نقش عمده ای دارد بر همین اساس مقدار مصرف بهینه این نوع افزودنی بتن با افزایش مقدار آلومینات ها زیاد می شود.

روش افزودن مواد افزودنی بتن کاهش دهنده آب به بتن

۱- شن، ماسه و سیمان را با ۵۰ درصد آب اختلاط به مدت ۱۵ تا ۳۰ ثانیه هم بزنید.

۲- ماده افزودنی بتن را در مقداری آب (تا ۳۰ درصد آب اختلاط) حل کرده و آن را به تدریج به مخلوط فوق اضافه کنید.

۳- باقیمانده آب اختلاط را تا بدست آمدن کارپذیری (اسلامپ) مطلوب و مورد نظر به مخلوط بیافزاید.

الیاف سیزال از برگ های Agave Sisalana استخراج می شود. این الیاف از حدود یکصد سلول رشته ای منفرد در مقطع عرضی به همراه همی سلولز، لیگنین و پکتین تشکیل شده است. الیاف سیزال در مقایسه با اغلب انواع الیاف طبیعی نسبتاً مقاوم تر هستند. البته این الیاف همانند بسیاری از دیگر الیاف طبیعی وقتی به عنوان تقویت کننده در بتن به کار می رود، با مشکلات جدی دوام مواجه است.

ساخت بتن مسلح به الیاف سیزال

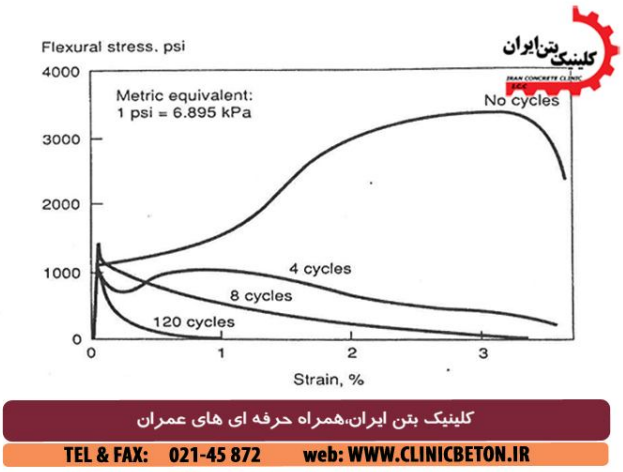
اطلاعات موجود نشان می دهد که می توان الیاف سیزال را مستقیماً در حین اختلاط به بتن افزود و یا بعد از بتن ریزی در بتن قرار داد. در موقع اضافه کردن الیاف سیزال در طی اختلاط بتن، الیاف تمایل به گلوله ای شدن دارند. زمان گیرش به طور قابل توجهی تحت تاثیر وجود الیاف سیزال قرار دارد که احتمالاً ناشی از اثر کندگیر کنندگی ناخالصی های آلی شسته شده از الیاف می باشد.

خصوصیات بتن مسلح به الیاف سیزال

تحقیق انجام شده توسط گرام، نشان داده است که ترکیبات مسلح به الیاف سیزال را می توان با مقاومت های خمشی بیشتر از مقاومت ترک خوردگی ماتریس سیمان تولید کرد. همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، ترکیبات تقویت شده با ٪۲ حجمی از الیاف سیزال (که به طور دستی قرار داده شده و هم راستا شده اند) و در معرض هیچ یک از چرخه های آب و هوایی شبیه سازی شده قرار نگرفته اند، از مقاومت خمشی و انعطاف پذیری بالایی برخوردار بودند. البته ترکیبات همسانی که در معرض چندین چرخه آب و هوایی شبیه سازی شده متفاوت (چرخه های تر و خشک شدن) قرار گرفتند، دچار افت اساسی در مقاومت و انعطاف پذیری شدند. مشکل پایایی دراز مدت بتن های مسلح به الیاف سیزال در شکل ۱ مشاهده

می شود. مطابق فرضیه گرام، این مشکل دوام به دلیل تجزیه شیمیایی الیاف سیزال در محیط قلیایی ماتریس سیمان ایجاد شده است. گرام، در تحقیقات بعدی خود کشف کرد که با غشتن الیاف سیزال به عوامل حفاظت کننده شیمیایی

می توان تجزیه الیاف را به تاخیر انداخت. چندین عامل شیمیایی مختلف آزمایش شدند و البته نتیجه گیری شد که این عوامل نمی توانند به طور دائم از تجزیه الیاف جلوگیری کنند. گرام، نهایتاً کشف کرد که می توان مشکل تجزیه الیاف را با جایگزینی حدود ٪۴۵ از سیمان با سیلیکافیوم فوق العاده ریز متوقف نمود. سیلیکافیوم فعال، میزان قلیای ماتریس سیمان را تا اندازه ای که بر روی الیاف سیزال بی تاثیر باشد، کاهش می دهد و بنابراین پایایی دراز مدت ترکیبات مسلح به الیاف سیزال بهبود می یابد.



شکل۱منحنی های تنش خمشی- کرنش ترکیبات مسلح به الیاف سیزال درچرخه های مختلف آب وهوایی

هر آنچه درباره دوغاب و نسبت های آب، سیمان باید بدانید

دوغاب یک محصول اختلاطی است که به دلیل روانی زیاد عموما برای پر کردن فضاهایی که امکان دسترسی به آنجا وجود ندارد و همچنین **آب بندی** آن نقاط مد نظر است مورد استفاده قرار می گیرد. پر کردن درز لای کاشی های حمام و دستشویی و سرامیک ها کاربرد عمومی استفاده از آن است. اما استفاده از آن برای آب بندی تونل ها و متروها و همچنین اطراف لوله های گاز میدان های حفاری استفاده صنعتی و خاص دوغاب می باشد. **طرح اختلاط** موارد استفاده دوغاب برای هر کدام از کاربردهای بالا متفاوت می باشد. **دوغاب** به طور عمومی به سوسپانسیون های با ویسکوزیته نسبتا بالا گفته می شود. یک دوغاب می تواند آمیزه ای باشد به صورت زیر: **مخلوطی از آب و سیمان**. در کارهای درز ها مخلوط آن سیمان سفید و پودر سنگ و آب می باشد. این اختلاط در **کاربردهای صنعتی افزودنی** های دیگری را طلب می کند.

هم اکنون ارائه طرح اختلاط دوغاب برای یک کاربرد خاص، به علت نبود پایه های نظری مورد نیاز معمولا بر اساس تجربه پیمانکار و یا طراح صورت می گیرد و در این زمینه نمودارهای گردشی متعددی نیز ارائه شده است. هر چند در بیشتر موارد با توجه به

محدود بودن مطالعات مورد نیاز در تزریق، این نمودارها بسیار مفید خواهند بود، ولی در آنها برای دستیابی به بهترین دوغاب، مطابق با شرایط خاص پروژه، تالشی نمی شود. این در حالی است که اجزای دوغاب های پایه سیمانی به عنوان پرکاربردترین دوغاب مورد استفاده در صنعت، از گستردگی زیادی برخوردار هستند و به تبع آن **خصوصیات دوغاب** نیز وابسته به مواد دوغاب بسیار متغیر است. مثلا **نسبت سیمان به پودر سنگ** در **دوغاب موزاییک** و همچنین نسبت آب به سیمان در دوغاب باید به گونه ای باشد که ملات چسبندگی و مقاومت لازم را داشته باشد. بنابراین برای رسیدن به نتیجه مطلوب در تزریق، شناخت کامل اثر هر یک از **اجزای تشکیل دهنده دوغاب** ضروری است. به منظور دستیابی به این هدف، توسعه مطالعات آزمایشگاهی و طراحی دوغاب با خصوصیات مطلوب در **آزمایشگاه بتن**، گام موثری خواهد بود، مطالعاتی که نسبت به اهمیت موضوع، به آن توجه کمی شده است.

آشنایی با انواع دوغاب

- **دوغاب سیمان سفید**: از پودر خاک به همراه سیمان سفید تشکیل می شود
- **دوغاب رنگی با پودر رنگ**: علاوه بر پودر خاک و سیمان سفید، پودر رنگ خشک تشکیل می شود.
- **دوغاب رنگی با اکریلیک**: در انتها که کار خشک شد، اکریلیک را با آب رقیق می کند سپس با قلمو روی کار می کشند.
- **دوغاب طوسی یا خاکستری**: این دوغاب از پودر خاک به همراه سیمان سیاه تشکیل می شود.
- **دوغاب سیمان سیاه**: این دوغاب از پودر خاک سنگ، سیمان سیاه و اکریلیک مشکی تشکیل می شود.

مواد تشکیل دهنده دوغاب

با توجه به استفاده و کاربرد آن از مواد متنوعی تشکیل می شود ولی مواد و **اجزای تشکیل دهنده دوغاب** به شرح زیر است:

- آب
- سیمان
- **مواد افزودنی**

نسبت سیمان سفید به پودر سنگ در دوغاب

دوغاب سیمان چیست؟

یکی از بادوام ترین **انواع مصالح فونداسیون** در ساخت سازه ها در جهان، دوغاب سیمان می باشد که از زمان باستان تا به امروز استفاده می شود. دوغاب سیمان که به **دوغاب بتن** نیز معروف می باشد مخلوطی روان با چگالی ویژه می باشد. دوغاب سیمان با توجه به کاربرد، مواد افزودنی به آن اضافه می شود. این ماده کاربرد های فراوانی دارد. مدت **زمان خشک شدن دوغاب** با توجه به مواد ترکیبی و نوع سیمان متفاوت می باشد.

طرز تهیه دوغاب سیمان و پودر سنگ و نسبت سیمان به پودر سنگ در دوغاب

برای تهیه **پودر سنگ** آن را داخل ظرفی که برای ساخت دوغاب، مصالح و **ملات دوغاب** های دیگر، استفاده نشده باشد بریزید. تمیز بودن ظرف نقش مهمی در تهیه **ملات سیمان سفید** و پودر سنگ می باشد. چرا که ملات های دیگر می توانند با ترکیب با دوغاب دچار تغییر رنگ و یا کیفیت دوغاب شوند. اگر مقدار زیادی دوغاب می خواهید می توانید به ازای ۸ بیل پر شده پودر سنگ نصف کیسه سیمان سفید معمولی یا پورتلند را داخل ظرف بریزید. توجه داشته باشید حتما زمان کار با **سیمان** از ماسک استفاده کنید زیرا ذرات ریز آن سبب تحریک ریه ها خواهد شد. سیمان سفید و پودر سنگ را به خوبی با یکدیگر مخلوط کنید. هر مقداری که از پودر سنگ استفاده کردید به همان اندازه ماسه هم به **ترکیب دوغاب** اضافه کنید و آن را به خوبی مخلوط کنید. در مرحله بعد به اندازه سه گالن آب ترکیب خود اضافه کنید. ملات ایجاد شده باید مانند خمیر شل باشد پس اگر **ملات پودر سنگ و سیمان** بیش از حد سفت بود، مرحله به مرحله نصف سطل آب به آن بیفزایید و اگر بیش از حد شل بود، پودر سنگ بیشتری به نسبت سیمان در آن بریزید. **مقدار سیمان در دوغاب** با توجه به کار تعیین می شود.

✓ کاربرد دوغاب در آب بندی تونل ها

به منظور جلوگیری از تبعات منفی نفوذ آب زیرزمینی به سازه های مهم و در عین حال پرهزینه مانند تونل ها و سدها، انجام عملیات تزریق آب بند به عنوان راهکاری ارزان و موثر با هدف ایجاد یک ناحیه نفوذ ناپذیر و در نتیجه جلوگیری از نفوذ آب همواره مورد توجه است. از مهمترین پایه های موفقیت یک پروژه تزریق، انتخاب دوغابی با خصوصیات مطلوب است.

مصالحی که در کارگاه قطار شهری جهت تهیه دوغاب استفاده می شود شامل سنگدانه (ماسه بادی و پودر سنگ)، **سیمان پرتلند** نوع II ،بنتونیت و آب است. انتخاب دوغاب مناسب جهت انجام عملیات تزریق به پارامتر هایی چون، اهداف تزریق، مشخصات محیطی که تزریق در آن صورت می گیرد، خصوصیات حمل و جابجایی دوغاب و... بستگی دارد. علاوه بر این یکی از عمده ترین پارامترها جهت انتخاب مواد برای **تهیه دوغاب**، در دسترس بودن آن مواد یا مسائل اقتصادی است. این دوغاب ها همواره شامل سیمان پرتلند یا یک **سیمان** ویژه و آب هستند و همچنین می توانند شامل مواد سیمانی اضافی، پرکننده ها و یک یا چند افزاینده اصلاح کننده خاصیت دوغاب باشند. مخلوطی که تولید می شود می بایست دارای آب انداختگی کم و قابلیت پمپاژ خوبی باشد تا به خوبی و بدون ایجاد انسداد در سیستم های پمپاژ و انتقال، فضای خالی ایجاد شده را به خوبی پر کند و توانایی لازم جهت تحمل فشار های روبارو را داشته باشد. در مناطق اشباع از آب، دوغاب تولید شده باید پس از رسیدن به **گیرش اولیه** در برابر آب بردگی مقاومت کرده و نگهداری نصب شده را در برابر هجوم آب های موجود به درون فضای حفر شده آب بند نماید. همچنین می بایست مقاومت **دوغاب تزریقی** مساوی یا بیشتر از محیط احاطه کننده باشد.ً نهایتا اینکه دوغاب باید با حداکثر سازی میزان اجزایی مانند خاکستر آتشفشان و ماسه و حداقل سازی میزان اجزایی مانند سیمان و افزاینده ها به اقتصادی ترین شکل ممکن تولید شود.

✓ دوغاب سیمان مناسب به منظور مقابله با پدیده نفوذ گاز در میادین گازی

در عملیات حفاری یک چاه نفت یا گاز، لازم است حفره ایجاد شده توسط مته لوله گذاری و **سیمان کاری** شود. دوغاب سیمان پس از بسته شدن مانند یک غلاف محکم لوله ها را در بر میگیرد و به سازند پیوند میدهد. عدم توفیق در عملیات سیمان کاری، تاثیر زیادی بر موفقیت حفاری، عمر چاه، مقدار تولید و مدت بهره دهی چاه می گذارد. از مهم ترین اهداف عملیات سیمان کاری می توان از حفاظت و نگهداری لوله ها و تفکیک لایه های تولیدی نام برد. با توجه به اینکه دوغاب مورد نیاز در سیمانکاری لوله آستری چاه ها به طور عمده **دوغاب** سبک وزن است، بر اساس بررسیهای کیفی حاصل از **فرمولاسیون دوغاب سیمان** لوله آستری برخی از چاه ها، علت مهاجرت گاز، نامناسب بودن دوغاب طراحی شده، بوده است. لذا به منظور جلوگیری از این پدیده، دوغابی با استفاده از کلیه افزودنی های سیمان و امکانات موجود و شرایط حاکم بر چاه طراحی شده که از کارایی قابل قبولی برخوردار است. هم چنین با استفاده از افزودنی های جدید و "تکنولوژی توزیع دانه بندی ذرات"، دوغابی طراحی و پیشنهاد شده و عوامل مهم در مهاجرت گاز و نشت آن را به حداقل رسانده است.

نسبت سیمان به ماسه در دوغاب

با توجه به مطالعات اخیر، استفاده از مواد افزودنی در تولید بتن که اثرات مطلوب آن بر ویژگی های بتن ثابت شده، غیر قابل انکار می باشد. اگرچه استفاده از مواد افزودنی اجباری نیست ولی استفاده از آن در صرفه جویی زمان و بهبود ویژگی های بتن تازه و سخت شده اجتناب ناپذیر است. با توجه به گستردگی استفاده از مواد افزودنی در بتن، دانستن اثر این موارد بر روی خواص مختلف بتن بسیار حائز اهمیت می باشد. در این مقاله اثر فوق روان کننده بر روی خواص مکانیکی کوتاه مدت بتن های با مقاومت بالا مورد بحث قرار می گیرد. در کارهای آزمایشگاهی انجام شده در این پژوهش نسبت های مختلف فوق روان کننده به مصالح سیمانی از ۰ تا ۳,۵ درصد مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج آن ثبت شده نشان می دهد با افزایش نسبت فوق روان کننده مقاومت بتن کاهش می یابد و بهترین نسبت برای فوق روان کننده ها از ۱,۵ تا ۲,۵ درصد وزن سیمان می باشد.

کلمات کلیدی : بتن مقاومت بالا / فوق روان کننده / مقاومت فشاری / مواد افزودنی

۱- مقدمه

امروزه پیشرفت شتابان و فزآیند تکنولوژی و دستیابی به نوآوری های روز افزون در زمینه مصالح ساختمانی، تولید بتن با مقاومت بالا را میسر ساخته است و استفاده از این ماده بدلایل اقتصادی و فنی در ساخت مقاطع بتنی در حال افزایش است. در اکثر موارد به بتن بعنوان ماده ای مقاوم در برابر نیروهای فشاری نگریسته می شود. مقاومت فشاری به هیچ وجه تنها مشخصه اصلی بتن سخت شده نمی باشد، ولی عموماً مقاومت مهمترین عامل نشان دهنده کیفیت آن است این موضوع بدان علت است که میزان مقاومت مستقیماً به کیفیت خمیر سیمان سخت شده مربوط می شود، بعنوان مثال اگر چه مقاومت مستقیماً نشان دهنده میزان دوام بتن و یا ایستادگی آن در برابر تغییر شکل نیست، اما شدیداً به نسبت آب به سیمان بستگی دارد، این نسبت نیز با کنترل میزان تخلخل بتن بر روی دوام و مقاومت در برابر تغییر شکل نیست، اما شدیداً به نسبت آب به سیمان بستگی دارد، این نسبت نیز با کنترل میزان تخلخل بتن بر روی داوم ومقاومت در برابر تغییر شکل آن تاثیر می گذارد [۱]. انجام پروژه های وسیع تحقیقاتی بر روی مواد مختلف تشکیل دهنده بتن و آزمایش بتن های مختلف با مواد جدید در سال های آخر قرن اخیر منجر به پیدایش بتن هایی شده است که علاوه برتامین مقاومت خواص دیگری از این ماده نظیر دوما، کارایی، نرم و مقاومت در برابر عواملی چون آتش و محیط و هوازدگی را دستخوش تغییر اساسی نموده است. استفاده از مواد افزودنی در تولید بتن با توجه به مطالعات اخیر که اثرات مطلوب آن بر ویژگی های بتن ثابت شده غیر قابل انکار می باشد. اگرچه استفاده از مواد افزودنی اجباری نیست ولی استفاده از این مواد در صرفه حویی زمان و بهبود ویژگی های بتن تازه و سفت شده اجتناب ناپذیر است. هدف از این تحقیق، بررسی و مقایسه مقاومت فشاری نمونه های بتنی با مقاومت بالا، در صورت تغییر پارامترهای، درصد استفاده از افزودنی های فوق روان کننده و نسبت آب به موارد سیمانی می باشد.

۲- بتن با مقاومت بالا و تاریخچه ی آن

از چند دهه گذشته استفاده از بتن با مقاومت بالا در حال گسترش امروزه براساس تکنولوژی رایج بتن، ساخت بتن های با مقاومت و دور از انتظار که می تواند برای طراحی سازه های اجرایی رایج مورد استفاده قرار گیرند، امکان پذیر می باشد. اگرچه اغلب آیین نامه های بتن هنوز مقاومت بتن مورد استفاده در سازه ها را به ۶۰ مگاپاسگال محدود می کنند، اما آیین نامه های جدید اخیراً حدی بالاتر از ۱۰۵ مگاپاسگال را نیز در نظر گرفته اند. ساخت بتن هایی با مقاومت بالا و در حد ۱۲۰ مگاپاسگال و کاربرد آن در ساختمان بلند در کشورهای پیشرفته دنیا رواج یافته است. این مقاومت با اضافه نمودن مواد ریز و فعال به سیمان تا حدی افزایش یافته. در سال ۱۹۹۵ Ahmed و Shah توانستند مقاومت فشاری بتن نرمال را به ۲۰۰ مگاپاسگال برسانند. مقاومتی در این حد تنها در شرایط آزمایشگاهی قابل به حصول است. بعلت شرایط خاص و ملزومات ضروری برای تولید بتن با مقاومت بالا، مقاومت فشاری بین ۶۰ تا ۱۱۰ مگاپاسگال را به عنوان تعریف بتن با مقاومت بالا می پذیری Felicetti و دیگران در سال ۱۹۹۶ با آزمایش بر روی بتن با مقاومت بالا خواص بتن با مقاومت بالا بعد از قرار گیری در مقابل آتش را بررسی کردند. نکته اصلی در تهیه بتن با مقاومت بالا استفاده از نسبت آب به سیمان پایین است. در بتن نرمال این نسبت بین ۰/۴۰ تا ۰/۷ تغییر می کند اما در بتن

با مقاومت بالا این مقدار به ۰/۲ ۰/۳۵ کاهش می یابد. چنین نسبت پایین، مخلوط را خشک، سخت و در عمل غیر قابل اختلاط می کند. برای افزایش کارایی این مخلوط به آن روان کننده قوی افزوده می شود. روان کننده قوی، اختلاط اجزا را ممکن ساخته و فشردن و ریختن بتن را ساده تر می کند دوده سیلیس نیز در نسبتهای مختلفی بین ۱ تا ۲۰٪ وزن سیمان قابل استاده است تحقیقات نشان می دهد که مقدار استفاده از میکروسیلیس، در حدود ۱۰٪ وزن سیمان بیشترین بازدهی را ایجاد می کند

۱-۲- معایب و مزیت های استفاده از بتن با مقاومت بالا :

اگرچه در ساخت قسمت های مختلف ساختمان های بلند ممکن است از بتن با مقاومت بالا استفاده شود، ولی کاربرد اصلی بتن سازه های خاص می باشد. برای بررسی بتن از جنبه اقتصادی باید اشاره شود که استفاده از مواد افزودنی فوق روان کننده و ترکیبات تکمیلی سیمان نظیر خاکستر بادی، میکروسیلیس و سرباره کوره آهنگدازی در مخلوط بتن با مقاومت بالا و همچنین افزایش کیفیت مصالح سنگی و اعمال کنترل کیفیت شدید در هنگام ساخت، حمل و نقل و جابجایی بتن و نظارت دقیق در مرحله بتن ریزی و عمل آوری آن، همگی عواملی هستند که قیمت تمام شده بتن با مقاومت بالا را افزایش می دهند، علاوه بر این به نظر می رسد دلیل استفاده محتاطانه از بتن با مقاومت بالا، علیرغم مزیت دستیابی به مقاومت های بالا علاوه بر مسایل اجرایی، مکانیزم شکست این نوع بتن ها می باشد. افزایش تردی باعث شکست های ناگهانی و فاجعه باری در سازه های در معرض زلزله، انفجار یا بارهای ناگهانی می شود. به همین علت و در بسیاری از موارد، طراحان مایلند این رفتار به صورت شکست نرمتر اصلاح شود با این حال در بیشتر کاربردهای بتن با مقاومت بالا، فواید و محاسن استفاده از آن به قدری زیاد است که عمولاً معایب آن جبران می شود، مهمترین این مزیت ها را می توان به شرح زیر بر شمرد :

افزایش مقاومت و سختی که می تواند باعث کاهش تغییر مکانهای افقی ناخواسته شود.

بهینه سازی فضای مفید از طریق کاهش ابعاد هندسی اعضای سازه ای

کاهش طول مهاری و وصله میلگردها

کاهش وزن مرده ساختمان

بهبود خواص مکانیکی، پایایی، آب بندی و کاهش نفوذ پذیری بتن در برابر سرایت عوامل شیمیایی یا جوی مضر

مکان پذیر نمودن استفاده از رده های گوناگون بتن مناسب با مقاومت مورد نیاز در ستون های طبقات مختلف ساختمان های بلند مرتبه که این موضوع ثابت ماندن مقطع ستون و ابعاد قالب را به همراه دارد.

۲-۲- نقش مواد افزودنی :

امروزه استفاده از افزودنی ها جهت تامین بهتر مشخصات مورد نظر بتن بسیار فراگیر شده است. از این مواد افزودنی، مواد کاهش دهنده آب، روان کننده و به ویژه فوق روان کننده ها بیش از دیگران در بتن با مقاومت بالا کاربرد دارند. نخستین رده افزودنی ها کاهش دهنده آب که در ضمن خاصیت دیرگیر کنندگی نیز دارند لیگنو سولفات ها می باشند. استفاده از آنها حجم هوای داخل بتن را به میزان تقریبی ۲ تا ۶ درصد افزایش و میزان آب مورد نیاز را بین ۵ تا ۱۰ درصد کاهش می دهد. مقاومت نهایی بتن هایی که با این افزودنی ساخته می شوند بین دو تا بیست درصد بالاتر از بتن مشابه بدون افزودنی می باشد. بیشتر فوق روان کننده هایی که فعلاً در بازر موجود می باشند و در بتن سازی مورد استفاده قرار می گیرد ترکیبات نفتالین و ملامین سولفوته شده می باشند. تولید کنندگان این محصولات معتقدند که با استفاده صحیح از آنها می توان میزان آب بتن بتن را تا حدود بیست درصد کاهش داد. نسل سوم فوق روان کننده ها که بویژه برای بتن ها خودترا کم کاربرد وسیعی دارد بیشتر بر پایه پلی کربوسیلیکات اصلاح شده قرار دارند. تولید کنندگان این مواد اظهار می نمایند که با مصرف آنها میزان آب بتنرا حتی می توان تا حدود سی درصد کاهش داد. واقعیت آن است که استفاده از فوق روان کننده ها به عنوان یکی از مواد ضروری برای تولید بتن با مقاومت بالا روز به روز گسترده تر می شود. البته استفاده از این مواد باید با شناخت کامل کلیه تاثیرات آنها همراه باشد. سازگاری عملکردی فوق روان کننده با نوع سیمان مصرف شده یکی از این ملاحظات است. موضوع دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد آن است که هر چند فوق روان کننده می تواند اسلامپ بتن را برای ۵ تا ۱۰ دقیقه پس از افزایش به میزان قابل توجهی بالا برد، ولی پس از این زمان

با سرعت بسیاری اسلامپ را کاهش می دهد. معمولاً سرعت کاهش اسلامپ بتن در مورد ترکیبات ملامین بیشتراست.

۳- تشریح موضوع

در این پژوهش ۸ طرح اختلاط ساخته شده که در این طرح ها مقدار مصالح سنگی، سیمان، میکروسیلیس ثابت بوده و با تغییر درصد فوق روان کننده و نسبت آب به سیمان شاهد تغییراتی در مقاومت فشاری بتن هستیم. در اولین نمونه از فوق روان کننده استفاده نشده و در نمونه های بعدی درصد استفاده از این مواد برای هرکدام از نمونه ها ۰٫۵ درصد افزایش می یابد و نسبت آب به سیمان مقداری کاهش می یابد. به طور کل سعی شده در تمامی نمونه ها کارایی ثابت باشد.

۴- پارامترهای پروژه

۴-۱- مقدار مشابه سیمان

۴-۲- کارایی مشابه

۴-۳- توزیع مشابه اندازه ی دانه ها برای مخلوط ها

۴-۴- حداکثر اندازه سنگدانه (۳۲ میلی متر)

۴-۵- نوع و مقدار مشابه سنگدانه

۴-۶- مقدار فوق روان کننده به صورت ۰٫۰۵ وزن سیمان در هر مخلوط تعیین می کند.

همان طور که همه متغیرهای دیگر ثابت نگه داشته شده است این تحقیق ما را قادر به تعیین تاثیر میزان فوق روان کننده بر روی خواص بتن مورد آزمایش می سازد.

۵- مصالح مصرفی

۵-۱- سیمان پرتلند (تیپ ۱)

۵-۲- سنگدانه ریزی رودخانه ای (اندازه دانه ۰/۵ میلیمتر)

۵-۳- سنگدانه درشت : سنگدانه رودخانه ای

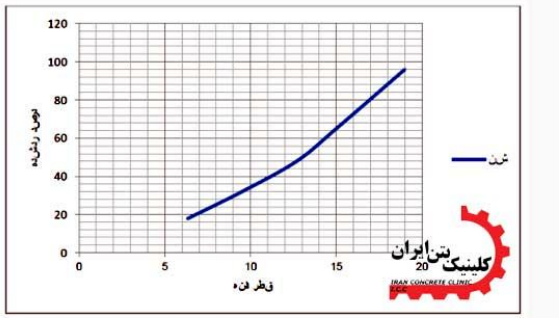
۵-۴- آب

۵-۵- فوق روان کننده

۵-۶- میکروسیلیس ۱۵ درصد وزن سیمان

۶- منحنی دانه بندی و نسبت طرح اختلاط

از منحنی دانه بندی شن در شکل ۱ و همچنین منحنی دانه بندی ماسه در شکل ۲ نشان داده شده است. نسبت مخلوط بتن نیز براساس شرایط ذکر شده در بالا، محاسبه و در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ منحنی دانه بندی شن

شکل ۲ منحنی دانه بندی ماسه

جدول ۱ طرح اختلاط

شماره طرح	سیمان	آب پایه	روان کننده	آب اضافی	آب گل	شن	ماسه	میکروسیلیس	نسبت آب به پودر	اسلامپ۱	اسلامپ۲
1	450	200	0	0	200	840	890	67.5	43/0	10	8
2	450	200	0.5	10	190	840	890	67.5	0.37	13	8
3	450	200	1	14.5	185.5	840	890	67.5	0.36	12	6
4	450	200	1.5	21.5	178.5	840	890	67.5	0.34	13	6
5	450	200	2	35.5	164.5	840	890	67.5	0.32	14	5
6	450	200	2.5	50.7	149.3	840	890	67.5	0.29	13	4
7	450	200	3	62.8	137.2	840	890	67.5	0.265	12	3
8	450	200	3.5	71.2	128.8	840	890	67.5	0.25	12	3

۷- نمایش و تحلیل نتایج

۱-۷- کارایی

با تجزیه و تحلیل نتایج اسلامپ بتن تازه در جدول ۱، نتایج زیر به دست می آید :

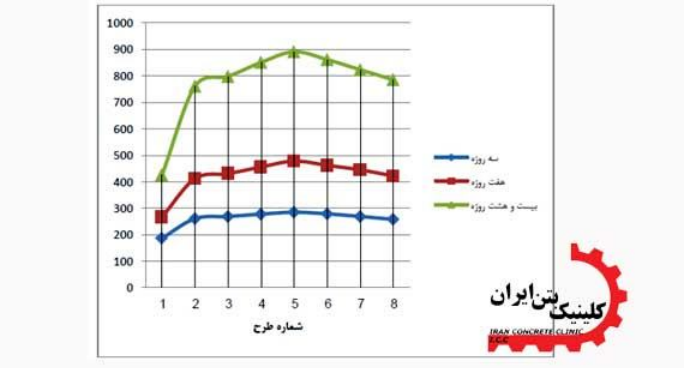
۱-۱-۷- کارایی پس از ۳۰ دقیقه برای بتن هایی که از درصد فوق روان کننده ی بیشتری استفاده شده و نسبت آب به پودر کمتری دارند به سرعت پایین آمده و کار کردن با این بتن بسیار مشکل می باشد.

۲-۷- مقاومت فشاری

مقاومت فشاری بتن در سن ۳، ۷ و ۲۸ روز بر مبنای کیلوگرم بر سانتی متر مربع اندازه گیری، و در جدول ۲ نشان داده دشه است. روند افزایش مقاومت فشاری نیز در شکل ۳ نشان داده شده. برای هر نوع بتن یه نمونه در سن ۳ روز، سه نمونه در سن ۷ روز و سه نمونه در سن ۲۸ روز مورد آزمایش قرار گرفته شده

جدول ۲ مقاومت فشاری

شماره طرح	سن بتن (روز)		
	3	7	28
1	187	267	422
2	261	412	761
3	269	431	798
4	278	456	851
5	285	478	891
6	279	462	861
7	269	445	823
8	279	427	785



شکل ۳- روند تغییرات مقاومت فشاری

۲-۱-۷- تحلیل نتایج

از تحلیل نمودار مقاومت فشاری این نتیجه به دست می آید که با افزایش میزان مصرف فوق روان کننده ها مقاومت فشاری ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد. باید توجه داشت که فوق روان کننده ها باعث تولید حباب های ریزی در بتن می شود، افزایش مقاومت بتن در ابتدا به علت کاهش نسبت آب به سیمان می باشد ولی وقتی میزان مصرف این مواد افزایش می یابد باعث ایجاد حباب هوا شده و تخلخل بتن را افزایش می دهد و این موضوع باعث کاهش مقاومت بتن در نسبت های بالای استفاده از فوق روان کننده ها می باشد.

۸- نتیجه گیری

براساس تجزیه و تحلیل مقایسه ای از نتایج آزمون مقاومت فشاری بتن با هشت درصد مختلف فوق روان کننده نتایج زیر به دست می آید : مقاومت فشاری بتن در نسبت وزنی ۲ درصد فوق روان کننده به وزن سیمان بیشترین مقدار را دارا می باشد و در ۰,۵ درصد کمترین مقدار را دارد. مقاومت بتن با افزایش مقدار فوق روان کننده به بیش از ۲ درصد وزن سیمان کاهش می یابد و این کاهش به علت افزایش حباب هوا بر اثر استفاده از فوق روان کننده می باشد. روند افزایش یا کاهش مقاومت فشاری با افزایش سن بتن بیشتر شده و در سنین بالا شاهد نوسانات شدیدتری در مقاومت بتن می باشیم. با افزایش فوق روان کننده و کاهش نسبت آب به سیمان کارایی مخلوط بتن پس از ۳۰ دقیقه به شدن کاهش یافته و کار کردن با آن مشکل می باشد.

۹- مراجع

۱- مظلوم، م، (۱۳۸۳)، «مقاومت و مدول الاستیسیته سکانتی در بتن های با مقامت زیاد دارای میکروسیلیس،» اولین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، ایران، اردیبهشت ۸۳.

۲- Shah, S.P. and Ahmad, S.H., High performance concrete and applications, Edvard Arnold,London, 1994.

۳- Felicetti, R., Gambarova, P.G., Rosati, G.P., Corsi, F., and Giannuzzi, G., (1996), "Residual Mechanical Properties of High-Strength Concrete Subjected to High-Temperature Cycles", Proceedings, 4th International Symposium on Utilization of High-Strength/High-performance Concrete,Paris,France.

۴- Ali F., Abu-Tair A., O' Connor D., Benmarce A. , Nadgai A. "Useful and practical hints on the process of producing gigh-strenght concrete", practice periodical on structural design and construction, november 2001, pp150-153, 2001

۵- باقری، ع، «حرارت زایی بتن حاوی میکروسیلیس» مجموعه مقالات سمینار بین المللی کاربرد میکروسیلیس در بتن، تهران، ایران.

علی، ماجومدار و ریمنت بر روی تاثیرات جهت گیری و توزیع الیاف در ترکیبات بتنی مسلح به الیاف کربنی مطالعه کردند. در جدول ۱ بین خصوصیات ترکیبات با الیاف کربنی دارای مدول الاستیسیته بالا و ماتریس غیر مسلح مقایسه ای انجام گرفته است. استفاده از ٪۳ حجمی از الیاف با جهت گیری تصادفی، ٪۷۰ افزایش در مقاومت کششی و ٪۲۰ کاهش در مقاومت ضربه ای را نتیجه داده است. الیاف پیوسته و ردیف شده ای که در ناحیه کششی ترکیبات قرار گرفته اند، ٪۴۰۰ افزایش در مقاومت کششی و ٪۱۰۰ افزایش در مقاومت ضربه ای را ایجاد کرده اند. همانطور که در شکل ۱ دیده می شود، نمودارهای تنش- کرنش کششی ترکیبات دارای توزیع تصادفی الیاف، انعطاف پذیری پس ترک خوردگی کمی نشان می دهد.

علی، ماجومدار و ریمنت از طریق اندازه گیری مقاومت نمونه هایی که به مدت یک سال در آب ۶۴ و ۱۲۲ درجه فارنهایت(۵۰ و ۱۸ درجه سلسیوس) نگهداری شده بودند، پایداری مقاومت دراز مدت ترکیبات ذکر شده را ارزیابی کردند. این روند که تغییر کمی

در مقاومت حاصل شد توسط واتون و ماجومدار تایید شد، زیرا آنها هیچ افت عمده ای در مقاومت نمونه های نگهداری شده در آب($60^{\circ}C(140^{\circ}F$ برای مدت یک سال گزارش نگردند. نمونه ها، توسط فرایند افشانه- آب زدایی تولید شد. ترکیبات نیز با استفاده از دو طول مختلف الیاف یعنی ۰,۴۳ اینچ (۱۱ میلیمتر) و ۱,۲۵ اینچ (۳۲ میلیمتر) و با درصد وزنی ۰,۶ تا ۱,۳ ساخته شد.

جدول ۱ مقایسه خصوصیات مخلوط های CFRC ساخته شده با الیاف با مدول بالا و مخلوط های غیر مسلح

حجم الیاف، %	جهت گیری الیاف	مدول یانگ، ksi	خصوصیات کششی نهایی		مقاومت ضربه ای،-in. 1b/in.2
مقاومت، psi	کرنش، یک میلیونیم				
0	- - -	2002	800	300- 400	11.4
3.0	تصادفی در صفحه الیاف قطعه قطعه شده	2640	1390	570	8.0-10.3
3.7	جهت ممتد	3786	3860	2160	20.5-25.6

معادل های متریک :

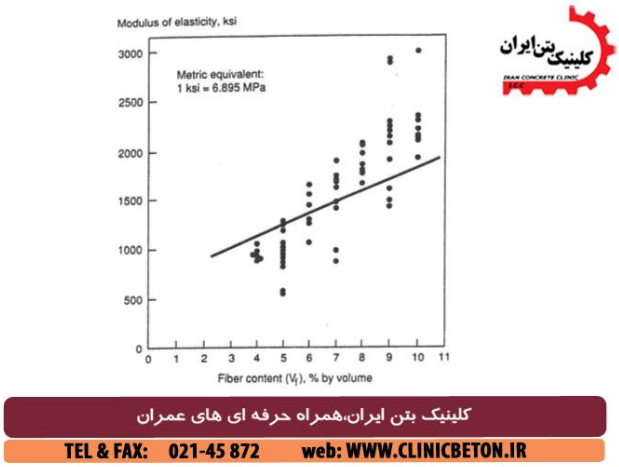
۱psi=6.895Kpa

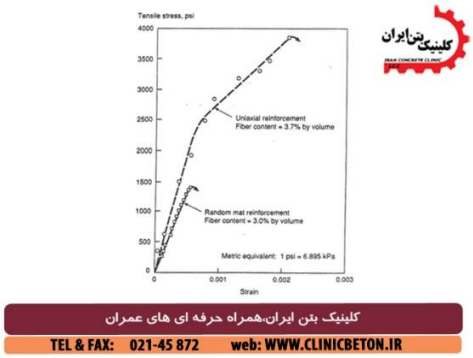
۱ in.=25.4 mm

۱^{۲}N-mm/mm۰,۱۷۵=^{۲}in.-1b/in

علی، ماجومدار و ریمنت از طریق اندازه گیری مقاومت نمونه هایی که به مدت یک سال در آب۶۴ و ۱۲۲ درجه فارنهایت(۵۰ و ۱۸ درجه سلسیوس)نگهداری شده بودند، پایداری مقاومت دراز مدت ترکیبات ذکر شده را ارزیابی کردند. تغییر کمی در مقاومت گزارش شد. این روند توسط واتون و ماجومدار تایید شد که آنها هیچ افت عمده ای در مقاومت نمونه های نگهداری شده درآب($60^{\circ}C(140^{\circ}F$ برای مدت یک سال گزارش نگردند. این نمونه ها، توسط فرایند افشانه- آب زدایی تولید شد. ترکیبات نیز با استفاده از دو طول مختلف الیاف یعنی ۰,۴۳ اینچ(۱۱ میلیمتر) ۱,۲۵ اینچ ۳۲)میلیمتر)و با درصد وزنی ۰,۶ تا ۱,۳ ساخته شد.

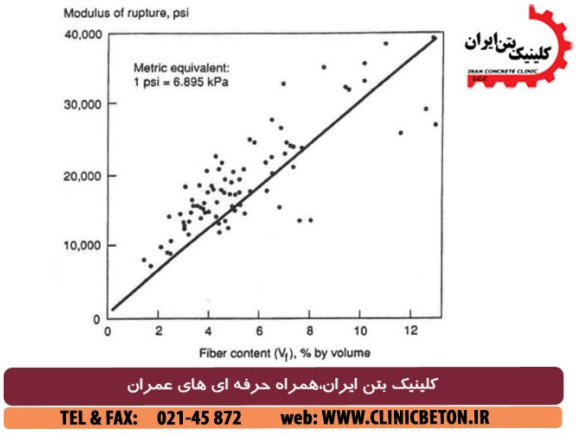
والر آزمایش هایی را بر روی ترکیبات مسلح به الیاف کربنی پیوسته و ردیف شده ترتیب داد. تاثیرات مقدار حجمی الیاف بر روی مدول الاستیسیته در کشش مستقیم، مقاومت کششی نهایی و مدول گسیختگی در خمش سه نقطه ای به ترتیب در اشکال ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل ها نشان داده شده است، افزایش ها در میزان حجم الیاف منجر به افزایش هایی در هر یک از سه عامل ذکر شده در بالا می گردد.

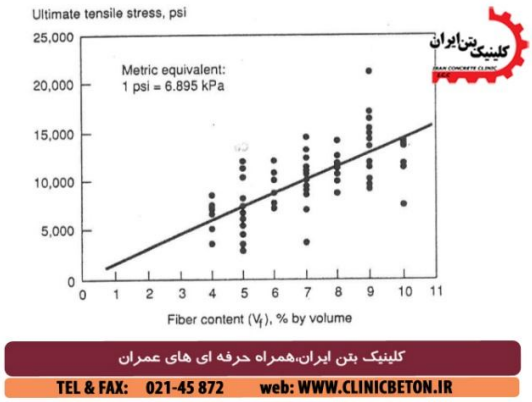




شکل۱ منحنی تنش کششی- کرن شبرای ترکیباتبت مسلح به الیاف کربن

شکل ۲ رابطه بین مدول الاستیسیته و مقدار حجمی الیاف در کشش مستقیم





شکل ۳ رابطه بین تنش کششی نهایی و مقدار حجمی الیاف در کشش مستقیم

شکل ۴ رابطه بین مدول گسیختگی در سه نقطه خمشی و مقدار حجمی الیاف در کشش مستقیم

نقش اسپیسرها در افزایش کیفیت اجرایی

ساختمان ها در هر کشوری جزو سرمایه های ملی آن کشور به حساب می آیند و ارتقای کیفیت ساخت ساختمان ها (به طور عام هر فضا یا حجمی که برای تسهیل در زندگی مردم ایجاد می گردد) باعث ارتقاء در سطح کیفی زندگی مردم آن کشور می گردد. طول مدت بهره برداری از هر ساختمان با طول عمر و کارایی اجزای سازه ای آن ساختمان رابطه مستقیم دارد و تا زمانی که اجزای ساختمان وظیفه خود را به خوبی و به طور مطلوب انجام دهند و پایایی اجزای آن حفظ گردد امکان بهره برداری از ساختمان مهیا می باشد. پس از گذر از بحث ضعف ها، اشکالات و خطاهای طراحی ساختمان به بحث اجرا و برآوردن رواداری های میلگردها و بتن و به طور خاص پوشش مربوط به آرماتورها می پردازیم.

یکی از نکاتی که به افزایش عمر سازه ها و المان های بتنی می انجامد رعایت اجرای صحیح رواداری های مذکور می باشد.

پوشش بتنی آرماتورها

حداقل پوشش بتنی آرماتورها که به عنوان محافظ برای آرماتورها در برابر هوا و اثرات دیگر است، از سطح بتن تا سطح بیرونی فولادی که ضابطه پوشش در مورد آن اعمال می گردد، محاسبه می شود. در موردی که حداقل پوشش برای یک نوع عضو

ساختمانی بیان شده است، حداقل پوشش بتن اگر آرماتور عرضی، میلگردهای اصلی را در بر گرفته باشد تا لبه خارجی خاموت ها، تنگ ها و مارپیچ ها اندازه گیری می شود و اگر بیش از یک ردیف آرماتور اصلی بدون خاموت ها یا تنگ بکار برده شود، تا سطح خارجی بیرونی ترین ردیف میلگردها اندازه گیری می شود و در مورد فولاد پیش تنیدگی و پس کشیده تا غلاف یا مهارگاه انتهای فلزی اندازه گیری می شود.

سطوح بتنی در معرض هوا

در مورد سطح پایینی دال ها یا پوسته های نازک معمولا مستقیما در معرض تغییرات رطوبتی قرار نمی گیرند مگر اینکه تحت اثر خیس شدن و خشک شدن پی در پی قرار گیرند مانند اینکه در اثر شرایط تقطیر یا نشت مستقیم آب از سطوح بالایی رواناب، یا ذرات مشابه به وجود آید.برای محافظت آرماتورها در برابر هوا می توان از روش های دیگری استفاده کرد، مشروط بر آن که این روش ها با پوشش اضافی لازم بر اساس آیین نامه معادل باشند، در صورت تایید بازرس ساختمان بر اساس ضوابط مربوط به فاصله نگهدار آرماتور که دارای یک نوع محافظت دیگر در برابر هوا باشد، می تواند یک پوشش بتنی حداقل برابر با پوشش لازم برای آرماتوری که در معرض هواست را دارا باشد.

طول های مهاری بصورت تابعی از پوشش میلگردها هستند، از این رو در پاره ای از موارد ممکن است استفاده از مقادیری بزرگتر از پوشش حداقل، مطلوب واقع شود.

ضعف های سازه های بتنی مسلح

از مهم ترین ضعف های سازه های بتنی مسلح، تاثیرپذیری از عوامل محیطی است. اکسیژن و رطوبت محیط می تواند با نفوذ درون بتن، باعث تسریع در خوردگی میلگرد شود و از عمر مفید سازه به شدت بکاهد و پوشش بتنی روی میلگرد، مهمترین عامل جلوگیری از نفوذ عوامل خوردگی محسوب می شود. براساس مطالعات رسمی، هر ۲ میلی متر کاهش در پوشش بتنی الزامی، ۱۰ سال عمر مفید سازه را کاهش می دهد. در ساختمان های بتنی در حال اجرا پس از باز نمودن قالب ها با بیرون زدگی میلگردها در سطح یا طول تیرها و ستون ها و دال ها و پوسته ها و سایر این اجزا مواجه می شویم. یکی از راهکارهای پیشنهادی برای اجرای صحیح این روا داری ها استفاده از فاصله نگهدارهای پلاستیکی بتن می باشد، به طوری که هم اکنون فقط در اداره ثبت اختراعات و مالکیت های صنعتی آمریکا از سال ۱۹۰۳ میلادی تا کنون چند صد مورد از این ابداعات به ثبت رسیده که این خود اهمیت استفاده از این قطعات کمکی در اجرای صحیح المان های بتنی ساختمان ها را به تصویر می کشد. فاصله نگهدارها و نشیمنگاه ها عموما در صنایع ساختمانی برای حمایت و نگهداری و قرار دادن میلگردها در مکان مشخص به کار می روند، که با کلمه معادل انگلیسی spacer یا concrete spacer یا plastic spacer مورد جستجو قرار می گیرند. به عنوان مثال شبکه میلگردها یا کابل های پس تنیده یا مسلح شده با میلگردها با یک فاصله معلوم بالای یک سطح مشخص قرار می گیرند. میلگردها یا کابل ها معمولا در ردیف های مشخص یا نقاط مشخص در مناطقی که بتن ریخته می شود، آزادانه قرار می گیرند. فضا سازی درست و مرتب سازی اعضای مسلح شده با میلگردها و همچنین در دال بتنی یا صفحات پیش ساخته طبق دانش مهندسی و معماری به صورت تخصصی و فنی به مقاومت سازه و بی عیبی و درستی سازه های بتنی اشاره دارد. به طوری که میدانیم هر میلگردی در بتنهای مسلح پوششی را برای اجتناب از نمایان شدن و جلوگیری از اثرات مخرب خوردگی ناشی از رطوبت لازم دارد و زمانی که میلگرد در سطح بتن نمایان می شود اثر شیمیایی رطوبت تسریع می شود. فضا سازها بسته به اشکال خود مطلوبیت های اضافه تری دارند. برای اطلاع از قیمت اسپیسر می توانید با ما تماس بگیرید.

فاصله نگهدار آرماتور یا اسپیسر پلاستیکی

بررسی انواع اسپیسر های پلاستیکی و میان بولت ها

اسپیسر سنگین (hard Spacer)

این اسپیسرها مخصوص سطوح افقی و جهت استفاده در کارهای سنگین، با قطر میلگرد تا mm32 و بار نقطه ای تا ۲۵۰ کیلوگرم می باشد. عمده مصرف اسپیسرهای سنگین برای تیرهای با شبکه سنگین، فونداسیون ها و کف ها می باشد. میزان استفاده از اسپیسرهای سنگین ۴ عدد در متر مربع از سطح و در تیرها ۳ عدد در متر طول می باشد.

کد	شرح کالا	پوشش بتنی	سایز میلگرد	تعداد در بسته
1	اسپیسر سنگین ۲۵	25	10- 25	1000
2	اسپیسر سنگین ۳۰	30	12- 32	500
3	اسپیسر سنگین ۴۰	40	12- 32	500
4	اسپیسر سنگین ۵۰	50	12- 28	400
5	اسپیسر سنگین ۶۰	65	10- 32	300
6	اسپیسر سنگین ۷۵	75	12- 32	300
7	اسپیسر سنگین ۱۰۰	100	12- 32	300

اسپیسر نرمال (Maxi Spacer)

این اسپیسرها مخصوص سطوح افقی و جهت استفاده در کارهای سنگین با قطر میلگرد متوسط تا mm20 و بار نقطه ای تا ۷۵ کیلوگرم می باشد. بیشترین مورد استفاده از اسپیسر نرمال جهت استفاده در دال های بتنی و فونداسیون های نیمه سنگین و پوترها می باشد. میزان استفاده از اسپیسرهای نرمال به طور متوسط در دال های بتی و کف سازی ها ۴ عدد در مترمربع و در تیرها ۳ عدد در متر طول می باشد.

اسپیسر نرمال

اسپیسر سنگین

کد	شرح کالا	پوشش بتنی	سایز میلگرد	تعداد در بسته
8	اسپیسر نرمال ۳۰	30	20- 8	500
9	اسپیسر نرمال ۴۰	40	20- 8	500
10	اسپیسر نرمال ۵۰	50	20- 8	500
11	اسپیسر نرمال ۷۵	75	20- 8	500

اسپیسر سبک (Fix Spacer)

این اسپیسرها مخصوص سطوح افقی و جهت استفاده در کارهای سبک با قطر میلگرد پایین تا mm16 و بار نقطه ای تا ۲۵ کیلوگرم می شود. بیشترین مورد استفاده از این اسپیسرها در سقف های سبک و دال های کامپوزیت و کف سازی بافته شده با میلگردهای سبک می باشد. میزان مصرف اسپیسر سبک به طور متوسط در هر متر مربع از مساحت شبکه آرماتوربندی ۴ عدد می باشد.

انواع اسپیسر سبک

اسپیسر فلت

کد	شرح کالا	پوشش بتنی	سایز میلگرد	تعداد در بسته
12	اسپیسر سبک ۲۰	20	16- 6	1000

کد	شرح کالا	پوشش بتنی	سایز میلگرد	تعداد در بسته
13	اسپیسر سبک ۲۵	25	6- 16	1000
14	اسپیسر سبک ۳۰	30	6- 16	1000
15	اسپیسر سبک ۴۰	4	6- 16	1000
16	اسپیسر سبک ۵۰	50	ــ	1000
17	اسپیسر سبک ۷۵	75	6- 16	500

اسپیسر یوچیر (U Chair Space)

اسپیسر یوچیر برای استفاده در سقف ها، قطعات پیش ساخته، دال ای کامپوزیت و کف ساز های سبک و بدون انحنا بکار می رود. اسپیسر یوچیر قابلیت استفاده برای سایزهای مختلف میلگرد را دارد.

اسپیسر یوچیر

کد	شرح کالا	پوشش بتنی	سایز میلگرد	تعداد در بسته
60	اسپیسر یوچیر UC 30	30	آزاد	1000
61	اسپیسر یوچیر UC 40	40	آزاد	1000
62	اسپیسر یوچیر UC 50	50	آزاد	500

اسپیسر فلت (Flat Spacer)

اسپیسر فلت ها برای استفاده در انواع سقف های نرم و فرو رونده مورد استفاده قرار می گیرد. اسپیسر فلت ها دارای پایه ی مسطحی در زیر خود می باشند که مانع از فرو رفتن اسپیر به داخل سطوح نرم (مانند یونولیت) می شوند. اسپیسر فلت قادر به تحمل بار نقطه ای تا ۲۵ کیلوگرم می باشد و میزان استفاده از اسپیسرهای فلت ۴ عدد در متر مربع می باشد.

کد	شرح کالا	پوشش بتنی	سایز میلگرد	تعداد در بسته
18	اسپیسر فلت ۲۲	22	6- 18	1000

اسپیسر چرخی (Wheel Spacer)

این اسپیسرها مخصوص استفاده در سطوح عمودی می باشند و اصطلاحا به آنها اسپیسر خورشیدی با چرخی نیز گفته می شود. عمده مصرف اسپیسر چرخی ها جهت ایجاد پوشش بتنی در دیوارها، ستون ها و قطعات پیش ساخته مانند لوله های بتنی می باشد. میزان استفاده از اسپیسرهای چرخی در هر متر مربع از دیوار دو طرفه ۶ عدد و در هر ستون ۳ متری حداقل ۱۶ عدد می باشد.

تصویر اسپیسر چرخی

کد	شرح کالا	پوشش بتنی	سایز میلگرد	تعداد در بسته
19	اسپیسر چرخی ۲۵	25	14-10	1000
20	اسپیسر چرخی ۳۰	30	16-6	500
21	اسپیسر چرخی ۴۰	40	20-10	400
22	اسپیسر چرخی ۵۰	50	20-10	300
23	اسپیسر چرخی ۶۰	60	20-8	250
24	اسپیسر چرخی ۷۵	75	16-6	80

راند بیس (Round Spacer)

یک فاصله نگهدار ساده و مقرون به صرفه برای استفاده در انواع سطوح وسیع و گسترده می باشد.

اسپیسر راند بیس

کد	شرح کالا	پوشش بتنی	سایز میلگرد	تعداد در بسته
25	اسپیسر راند بیس ۲۰	20	Free	50
26	اسپیسر راند بیس ۲۵	25	Free	50
27	اسپیسر راند بیس ۳۰	30	Free	50
28	اسپیسر راند بیس ۳۵	35	Free	50
29	اسپیسر راند بیس ۴۰	40	Free	50

اسپیسر دوبل (Double Spacer)

اسپیسر دوبل ها جهت ایجاد پوشش مناسب در دال های دومش مورد استفاده قرار داد. این اسپیسرها از دو قطعه نری و مادگی تشکیل شده و در اندازه های مختلف تولید می شود. تعداد استفاده از این اسپیسرهای دوبل در دال های بتنی ۴ عدد در متر مربع می باشند.

تصویر اسپیسر دوبل

کد	شرح کالا	پوشش بتنی	سایز میلگرد	تعداد در بسته
30	اسپیسر دوبل ۸۰	80-30	16- 8	200
31	اسپیسر دوبل ۹۰	90-30	16- 8	200
32	اسپیسر دوبل ۱۰۰	100-30	16- 8	150

کد	شرح کالا	پوشش بتنی	سایز میلگرد	تعداد در بسته
33	اسپیسر دوبل ۱۱۰	110-30	16- 8	150
34	اسپیسر دوبل ۱۲۰	120-30	16- 8	150
35	اسپیسر دوبل ۱۳۰	130-30	16- 8	150
36	اسپیسر دوبل ۱۴۰	140-30	16- 8	100
37	اسپیسر دوبل ۱۵۰	150-30	16- 8	100

قوطی کلید و پریز (Box)

از این قطعه در انواع دیوارهای بتنی پیش ساخته و در جا برای نصب کلید و پریز و تقسیم های برق استفاده می شود. این قطعات قبل از بتن ریزی روی شبکه آرماتور بندی نصب می شوند و لوله های برق به آن متصل می شود. سوئیچ باکس دارای دربی برای جلوگیری از ورود بتن به داخل آن می باشد.

ابعاد قوطی کلید و پریز

کد	شرح کالا	ابعاد	تعداد در بسته
38	قوطی کلید و پریز	عمق ۸۰ میلیمتر	150
39	درب قوطی	عمق ۵۰ میلیمتر	150

میان بلت آب بند پلاستیکی (Support)

این میان بلت قطعه ای کار آمد و اقتصادی برای آب بند نمودن انواع سازه ها نظیر مخازن استخرها و به طور کلی سازه های آبی که نیاز به آب بندی دارند، می باشد. همچنین به دلیل طراحی خاص آن مانع از خروج شیره بتن می گردد.

میان بولت آب بند پلاستیکی

کد	شرح کالا	طول (سانتیمتر (	تعداد در بسته
40	میان بلت آب بند پلاستیکی	25	200
41	میان بلت آب بند پلاستیکی	30	200
42	میان بلت آب بند پلاستیکی	35	150
43	میان بلت آب بند پلاستیکی	40	150
44	میان بلت آب بند پلاستیکی	45	150
45	میان بلت آب بند پلاستیکی	50	150
46	میان بلت آب بند پلاستیکی	60	100

کد	شرح کالا	طول (سانتیمتر (	تعداد در بسته
47	میان بلت آب بند پلاستیکی	70	100
48	میان بلت آب بند پلاستیکی	80	75
49	میان بلت آب بند پلاستیکی	100	75

رابط میان بلت (Connector Support)

قطعه ی واسطه در میان بلن آب بند پلاستیکی

کد	شرح کالا	ابعاد	تعداد در بسته
50	رابط میان بلت	Large	300

مخروطی میان بولت (Cone)

قطعه انتهایی در مجموعه میان بولت پلاستیکی آب بند

مخروطی میان بولت

کد	شرح کالا	ابعاد	تعداد در بسته
51	مخروطی میان بلت	Large	600

آب بند کننده لاستیکی ساده (Stoper)

قطعه آب بند کننده داخلی میان بولت

آب بند کننده لاستیکی ساده

کد	شرح کالا	ابعاد	تعداد در بسته
52	آب بند کننده لاستیکی ساده	22	1000

آب بند کننده لاستیکی لبه دار (Stoper)

قطعه آب بند کننده جانبی میان بولت

آب بند کننده لاستیکی لبه دار

کد	شرح کالا	ابعاد	تعداد در بسته
53	آب بند کننده لاستیکی لبه دار	22	1000

لوله آجدار پلاستیکی (Pipe)

مناسب برای عبور بلت در قالب بندی و قطعه میانی بولت پلاستیکی

لوله آجدار پلاستیکی

کد	شرح کالا	ابعاد	تعداد در بسته
54	لوله آجدار پلاستیکی	22	3متری

مصرف میلگرد در هر متر مربع

مهمترین مشکل کار کردن با بتن مسلح به الیاف شیشه، پایین آمدن کارایی بتن است که برای فائق آمدن بر آن باید از مخلوط های ریز دانه تر استفاده نمود. همچنین لازم است فوق روان کننده با کیفیت مناسب به مخلوط اضافه شود. اساساً دو راه برای ساخت قطعات GFRC وجود دارد : این روش ها افشانه و اختلاط از پیش هستند.

فرایند افشانه در کاربرد های بتن GFRC

از آنجا که GFRC اصولاً در مقاطع نازک به کار می رود، ضروری است که در این صفحات، خصوصیات ترکیب در همه جهات یکنواخت باقی بماند. استفاده از افشانه بهترین روش برای این منظور است. در حال حاضر فرایند افشانه حجم قابل توجهی از همه کاربردهای GFRC را به خود اختصاص داده است.

در فرایند افشانه، ملات سیمان – ماسه و قطعات کوچک شیشه همزمان توسط تفنگ بتن پاش به سطح قالب پاشیده و انباشته می شوند. این فرایند را می توان به طور دستی یا اتوماتیک انجام داد. مقاطع مختلف با هر شکلی را می توان به این طریق بتن پاشی کرد. این مزیت، معمار را قادر می سازد تا قطعات زیبا و کارآمدی را طراحی و تولید کند.

در این فرایند باید بتن را در چندین لایه ریخت. در هر لایه، تفنگ بتن پاش تقریباً ۳/۲ تا ۶/۴ میلیمتر ضخامت را پر می کند. مثلاً برای یک لایه با ضخامت 13 mm، دو تا سه بار بتن پاشی لازم است. پس از اتمام بتن پاشی باید بتن تازه با غلتک متراکم شود تا اطمینان حاصل گردد که بتن کاملاً در همه گوشه های قالب نفوذ کرده و به شکل قالب در آمده است و نیز به این ترتیب هوای محبوس در بتن خارج شده و به پوشاندن الیاف با خمیر سیمان کمک می شود.

در اولین تجربیات تولید این محصولات از فرآیند آب زدایی استفاده می شد تا آب اضافه ای که برای تولید یک مخلوط قابل پاشیدن، در بتن به کار می رفت، از بتن خارج شود. آب زدایی باعث می شود که نسبت آب به سیمان کاهش و میزان قابلیت تراکم

بتن افزایش یابد. در فرآیند آب زدایی از مواد جاذب آب استفاده می شود. به این طریق که این ماده در سطح زیرین قالب نفوذپذیر کار گذاشته می شود تا آب اضافی بلافاصله پس از بتن پاشی از بتن خارج گردد. فرایند افشانه – آب زدایی خودکار بیشتر در جاهایی مناسب است که مخلوط از درون یک سیستم مکنده با استفاده از نقاله جابجا می شود.

در مورد محصولات GFRC ضد قلیا، قالب ها معمولاً یک روز پس از فرایند افشانه (بتن پاشی) باز می شوند. سپس این محصولات تا هنگامی که به مقاومت اولیه مناسبی برسند، عمل آوری می شوند. سپس این محصولات تا هنگامی که به مقاومت اولیه مناسبی برسند، عمل آوری می شوند. فرایند عمل آوری به دقت بالایی نیاز دارد. زیرا **ساخت GFRC** دارای ضخامت کمی هستند و اگر در موقع عمل آوری در شرایط جوی معمول قرار گیرند، نسبت به خشک شدن سریع و حصول ناقص مقاومت، حساسند. بنابراین برای حصول مقاومت کافی خمیر سیمان، توصیه می شود عمل آوری رطوبتی حداقل به مدت هفت روز صورت گیرد.

مشاهده شده است که مقاومت ۲۸ روزه طراحی مخلوط های حاوی حداقل ٪۵/۰ حجمی پلیمر جامد بدون عمل آوری رطوبتی، برابر و یا کمی بزرگتر از مخلوط های مشابه بدون پلیمر و با عمل آوری رطوبتی ۷ روزه است. این مساله نشان می دهد که می توان به جای عمل آوری هفت روزه قطعات AR-GFRC، حداقل ٪۵ حجمی پلیمر به آنها افزود.

- فرایند اختلاط از پیش در ساخت بتن GFRC

در این فرایند ابتدا سیمان، ماسه، الیاف شیشه ای و آب با هم مخلوط شده و سپس عمل بتن ریزی، قالب گیری فشاری، قالب برداری یا لغزاندن قالب از اطراف ملات انجام می گیرد. برادران پلیکینگتون ادعا می کنند که می توان تا ٪۵ درصد حجمی الیاف شیشه ای ضد قلیای Cem-FIL را با ملات سیمان و ماسه مخلوط کرد بدون آنکه پدیده گلوله ای شدن رخ دهد. فرایند اختلاط باید به دقت انجام انجام گردد تا از صدفه رسین به الیاف در شرایطی که ملات ماسه – سیمان در معرض سایش قرار می گیرد، تا حد امکان جلوگیری شود. می توان از روان کننده ها یا فوق روان کننده ها نیز استفاده کرد. این افزودنی ها باعث می شوند عمل افزودن و اختلاط الیاف آسانتر شده و نسبت آب به سیمان تا یک حداقل مطلوب، پایین نگه داشته شود.

تاثیر تعمیر و ترمیم بر روی عمر مفید بتن

تعمیر و ترمیم اصولی خرابی ها و اسیب دیدگی های بتن ، از جمله موجب تاثیرات زیر می شود :

- افزایش عمر مفید در کوتاه مدت
- افزایش عمر مفید در بلند مدت
- فراهم آوردن امکان بهره برداری از سازه
- کاهش زمان معطل ماندن استفاده از سازه
- کاهش هزینه تعمیر و نگهداری سازه

نکته مهمی که باید بدان توجه داشت این است که نعمیر باید در زمان مناسب و به صورت اصولی انجام شود تا هر چه بیشتر موثر واقع شود . به تاخیر انداختن زمان تعمیرات ، از جمله موجب تبعات زیر می شود :

- افزایش هزینه ها ی تعمیرات
- امشکل تر شدن بازسازی و بهسازی
- ناممکن شدن دستیابی به برخی از اهداف بازسازی
- کاهش عمر مفید نهایی سازه

عوامل آسیب رسان به بتن

عوامل آسیب رسان به بتن را از نظر عامل آسیب ، به دو دسته زیر تقسیم بندی می کنند :

- عوامل داخلی
- عوامل خارجی

همچنین ، عوامل آسیب رسان به بتن را از نظر زمان آسیب رسانی و شرایط بتن به دو دسته زیر تقسیم بندی می کنند :

- عوامل آسیب رسان به بتن تازه
- عوامل آسیب رسان به بتن سخت شده

انواع عوامل موثر بر آسیب رسانی به بتن

عوامل موثر بر آسیب رسانی به بتن ، عبارتند از :

الف) مواد شیمیایی مهاجم و مضر . این مواد عموما ناشی از محیط یا ناشی از بهره برداری خاص از سازه می باشند . از جمله این مواد ، می توان موارد زیر را برشمرد :

- مواد شیمیایی موجود در محیط های صنعتی (گازهای اسیدی ، اکسید های گوگرد ، گاز کربنیک و...۹
- مواد مهاجم موجود در خاک ها (مثل مواد موجود در خاک های شور یا سولفاتی)
- مواد موجود در اجزای تشکیل دهنده بتن

ب) اجرای بتن در نواحی با آب و هوای نامساعد و شرایط محیطی مهاجم

ج) نفوذ پذیری (تراوایی) بتن

د) کیفیت نامناسب بتن ، که می تواند ناشی از عوامل متعددی نظیر مصالح نامناسب طرح اختلاط نا مناسب باشد .

و) کیفیت نامناسب اجرا ، از جمله اختلاط ، انتقال ، ریختن ، تراکم ، پرداخت و عمل آوری نامناسب .

کف سازی توسط سخت کننده کف:

این ترکیب ایجاد کننده پوشش سخت از سنگدانه های مقاوم تشکیل شده که در مقابل سایش و فرسایش بعلت ویژگی های فیزیکی، مقاومت بالایی از خود نشان می دهند. این ماده پس از استفاده روی بتن تازه و انجام کار های ماله کشی سطحی سخت و بدون خلل و فرج ایجاد می کند که در مقابل خوردگی و سایش مقاوم است و در کف سازی نیاز است.

• کاربرد سخت کننده کف در انواع کف سازی:

سطحی با مقاومت بسیار بالا در برابر سایش ایجاد می کند که برای کف های صنعتی که در معرض رفت و آمد های سنگین هستند مناسب هستند:

۱. کف سازی طبقات انباری و سکوی های بارگیری
۲. کف سازی پارکینگ ها
۳. کف سازی صنایع سنگین
۴. کف سازی آزمایشگاه ها و داروسازی ها
۵. کف سازی نیروگاه ها

مزایا و برجستیگی های ویژه سخت کننده کف در انواع کف سازی :

جهت کف سازی آماده مصرف بوده و به هیچ افزودنی بتنی نیاز ندارد.

در کف سازی، سخت کننده کف در رنگ های متنوع متناسب با کاربرد های مختلف ارایه می گردد.

سخت کننده کف در کف سازی (بعلت مصالح غیر فلزی) تحت تاثیر رطوبت دچار زنگ زدگی نمی شود.

سطحی سخت و مقاوم و متراکم در برابر سایش و نفوذ انواع روغن ها و گریس ها در کف سازی ایجاد می کند.

پیوندی یکپارچه با بتن تازه در کف سازی ایجاد می کند.

• مشخصات ظاهری سخت کننده کف در کف سازی:

پودری شکل به رنگ خاکستری یا رنگ مورد در خواست و حاوی سنگدانه های ریز

• دستور مصرف سخت کننده کف در انواع کف سازی:

پس از بتن ریزی کف به میزان kg/m2۵ قابل اجرا است.

پس از بتن ریزی، هنگامی که بتن تا حدودی سفت گردید به صورتی که بتوان روی آن راه رفت و میزان فرورفتگی در نهایت ۵ mm باشد کار پخش با میزان مصرف کلی kg/m2۵ که این میزان در کف های عظیم بهتر است به صورت دو اجرا مجزا Kg/m2,2Kg/m2۳ پشت سر هم انجام گیرد و تکمیل کف نهایی با استفاده از ماله هلیکوپتری زمانی انجام گیرد که کف به قدر کافی خشک باشد آغاز می گردد. توصیه می گردد که در استفاده از راهنمایی های کارشناسان فنی شرکت کلینیک فنی و تخصصی بتن استفاده شود تا بهترین نتیجه حاصل گردد

• مشخصات فنی سخت کننده کف در کف سازی:

مقاومت سایشی بتن را حداقل تا ۲۰۰٪ افزایش می دهد.

مقاومت فشاری ۲۸روزه N/mm2۷۰ می باشد.

سنگدانه های انتخاب شده دارای مقدار سختی ۸ بر طبق مقیاس اصلی موهر می باشد.

• نکات ایمنی سخت کننده کف در انواع کف سازی:

یک ماده پایه سیمانی است که در مجاورت رطوبت یا هنگام میکس شدن با آب PH بالایی خواهد داشت و برای پوست مشکل زا است.

۱-انتخاب سیمان

استفاده از سیمانهای با حرارت هیدراتاسیون کم، ممکن است تا حدودی سبب تخفیف اشکالات مربوط به از دیاد درجه حرارت بتن شود. ولی باید درنظر داشت که مصرف سیمانهای مذکور پیشگیری های لازم را غیر ضروری نمی سازد. گر چه در درجه حرارتهای معمولی، سیمانهای با حرارت هیدراتاسیون کم، آهسته تر از سیمانهای معمولی هیدراته می شوند ولی میزان هیدراتاسیون آنها با زیاد شدن درجه حرارت افزایش می یابد. هرنوع سیمانی که مصرف شود وقتی بتن گرم می شود قابلیت کاربردخودرا سریعتر از موقعی که سرد باشد از دست می دهد به علاوه گر چه وقتی سیمان با حرارت زائی کم به کار رود درجه حرارت بتن ممکن است تا حدودی در تمام مراحل پائین تر باشد، ولی در شرایط خشک کننده، تبخیر آب در مراحل اختلاط، حمل، جادادن و عمل آوردن، تسریع خواهد شد. اگر بخواهیم عیوبی نظیر ترک خوردگی خمیری یا به عبارتی ترک خوردگی ناشی از باد رخ ندهد، لازم است برای به حداقل رساندن این تبخیر تدابیری اتخاذ گردد.

۲-انبار کردن مصالح سنگی

اقدامات انجام شده در جهت محدود کردن درجه حرارت دانه های سنگی انبار شده بیشترین تاثیر در به حداقل رساندن درجه حرارت بتن تازه را به وجود می اورد. به نظر می رسد سایه انداختن و آب پاشی توده دانه های سنگی انبار شده در اغلب اوقات صرفاً بخاطرحجم مصالح غیر عملی باشد. معهذا مشکلات را ممکن است در بسیاری از مواردبتوان با محدود کردن مقادیر سنگی به

ابعاد عملی کاهش داد. به این معنی که مقادیر به اندازه مصرف در بتن ریزی روز بعد مورد نیاز است می توان در زیر سایه قرار داد و خنک کرد.

۳-آب

بعضی اوقات پیشنهاد اینست که آب مورد نیاز برای اختلاط را سرد نمائیم ،در حالیکه به لحاظ نظری این موضوع مطلوب است ولی در عمل برای بتن ریزی های زیاد، مقادیر یخ مورد تقاضا به ندرت در مدت کوتاه و با نرخ مناسب در دسترس می باشد. در مواردیکه آب مصرفی از مخازن ذخیره آب استفاده می شود بایستی مخازن مذکور را پوشانیدویا از طریق قراردادن آنها در سایه و رنگ آمیزی با رنگهای منعکس کننده در مقابل تشعشع خورشیدی محافظت نمود.

چنانچه آب مصرفی از لوله آب رسانی و یا شیلنگ های طویل متصل به لوله اصلی شهر بدست می آید، بایستی جذب حرارتی آنها را از طریق گذاردن روپوش و یا کپه کردن خاک روی آنها ودرصورت امکان از طریق دفن لوله به حداقل رسانید.

۴-انبار کردن سیمان

در مواقعی که هوا معمولی است و آب مورد اختلاط و دانه های سنگی سرد هستند، سهم گرمائی که بوسیله سیمان گرم در بتن تازه وارد می شود جزئی است معهذا در شرایط واقعاً گرم، استعمال سیمان گرم قدری بیشتر گرمای ناخواسته به بتن تازه داخل می کند. لذا در حد مقدورات و امکان بایستی از مصرف سیمان گرم اجتناب نمود. از آنجاکه سرد کردن سیمان به طریق مصنوعی قبل از حمل، غیر ممکن می باشد لذا تدارکات سیمان باید قبلاً انجام شودبه طوری که امکان سرد شدن آن در کارگاه و قبل از مصرف وجود داشته باشد .در هر صورت نحوه صحیح انبارداری و جلوگیری از تشعشع مستقیم خورشید به کیسه های سیمان و یا سیلوهای نگهداری سیمان و محافظت صحیح آنها ضروری می باشد که بایستی مد نظر قرار گیرد.

۵-کیل کردن، اختلاط و حمل

حتی در شرایط مطلوب، نباید تاخیری بی مورد بین ساختن بتن و جادادن آن وجود داشته باشد. در هوای خشک، به حداقل رساندن تاخیرات مهمترین اقدام می باشد. از آنجائیکه در اثر درجه حرارت های زیاد ترکیب دو عامل تبخیر آب و سفت شدگی باعث تسریع در کاهش قابلیت کاربرد بتن می شود و چون هیچ کدام از این عوامل را نمی توان متوقف کرد، لذا بهترین و تنها راه مبارزه با آنها، جادادن بتن بلافاصله پس از اختلاط است. اگر اجازه دهیم کاهش قابلیت کاربرد رخ دهد، به ندرت ممکن است کار خوبی بدون آثار نامطلوب داشته باشیم. برای مثال بتنی که مدت طولانی در یک مخلوط کن با دیگ دوار رها شده باشد، محتمل است به همان اندازه که از منبع خارجی نظیر تابش خورشید گرما میگیرد، از اصطحکاک داخلی نیز حرارت جذب کند. به همچنین آب خود را بر اثر تبخیر از دست بدهد. گر چه هر گونه کاهش قابلیت کاربرد را ممکن است با افزودن آب بیشتر قبل از خالی کردن آن از دستگاه تصحیح کرد، ولی افزایش نسبت آب به سیمان ممکن است آثار غیر قابل قبولی بر روی انقباض ناشی از خشک شدن، مقاومت فشاری، مقاومت در مقابل سایش و دوام ایجاد کند. هم چنین اگر به منظور بازیابی کاهش قابلیت کاربرد که بر اثرسفت شدگی حین حمل ایجاد شده، چنانچه سعی شود بتن با آب اضافی در محل جادادن دوباره خمیر گردد، خواص مذکور ممکن است به طریق مشابه فوق آسیب ببیند.

۶-جادادن و پرداخت سطوح بتنی

وجود شرایط خشک کننده، احتیاج عادی به جادادن سریع و متراکم کردن موثر (ویبره) را تاکید می نماید.

همواره خارج گردن هوای محبوس از یک توده بتنی جاداده شده مشکل می باشدمطلوب آنست که بتن چنان جاداده شود که در آخرین مرحله جاگرفتن در قالب سریعاً ویبره شود. در شرایط خشک کننده که بتن سریعتر از معمول تمایل به سفت شدگی دارد، توجه به این موضوع مهمتر است. به محض متراکم شدن بتن در محل خود، تبخیر آب فقط از سطح آزاد آن صورت می گیرد. لذا در صورت عدم تدابیر مناسب، وجود شرایط خشک کننده ممکن است میزان تبخیر را به حدی زیاد کند که آب موجود در عمق بیشتر در داخل بتن، نتواند به سرعت کافی به سطح بتن نقل مکان نموده و بنابر این کاهش آب به اندازه زیاد صورت گیرد. در این شرایط سطح بتن منقبض شده و چون بتن خمیری نمی تواند در مقابل تنش مقاومت نماید، لذا ترک ها، بلافاصله پس از جادادن

بتن می توانند تشکیل شوند.هر چند این ترک ها ندرتاً در بتن مسلح از اهمیت سازه ای برخوردار هستند اما این ترک ها گاهی به عمق نفوذ کرده و در اینصورت ممکن است در محل مجاورت با آرماتورها، باعث خوردگی آنها و نهایتاً ضعف پنهانی سازه شود. لذا توصیه اکید می شود پس از جادادن بتن فوراً تدابیری اتخاذ شود که تبخیر به صورت مثبتی کاهش داده شود. روشهای پیشنهاد شده عبارتند از ایجاد بادشکن های موقت در سمت وزش باد – آب فشانی ریزمه مانندی جهت بالا بردن میزان رطوبت هوائی که در تماس با بتن است – پیش بینی روکشهایی که می توانند فوراً پس از جادادن بتن نصب شوند.

۷-عمل آوردن (مراقبت)

هدفهای عمل آوردن اینست که آب در میان بتن محبوس شود که بتواند با سیمان ترکیب گردیده و بتن را در درجه حرارتی نگه دارد که عمل ترکیب به میزان قابل قبولی پیشرفت نماید. پوشش سطح بتن با ورقه های نفوذ ناپذیر نظیر پولی تن که ترجیحاً برای انعکاس تابش خورشید، رنگی آن توصیه شده است چنانچه به درستی مورد استفاده واقع شود می تواند مانع موثری در مقابل تبخیر باشد. بهتر است در همان حال که تکمیل بتن پیشرفت می کند، ورقه های مذکور نصب شود به طوری که هم سطح بتن تازه خراب نگردد و هم لبه های پوشش طوری محکم شود که از وزش باد زیر آن ها جلوگیری به عمل آید.

چنانچه باد زیر ورقه ها بوزد، تبخیر افزایش یافته و موضوع عمل آمدن به مخاطره خواهد افتاد. در اینصورت یک ورقه شل ممکن است از نبودنش باعث ایجاد ترک خوردگی خمیری شود. بعضی روشهای عمل آوردن مانند آب گرفتن، پوشش با ماسه نم دار یا خاک اره نمدار با گونی خیس بهتر است تا موقعی که سطح بتن به اندازه کافی سخت نشده و استحکام کافی در مقابل آسیب پیدا نکرده است بکار نروند در صورت کاربرد آنها، مراقبت دائمی برای محافظت در مقابل خشک شدن لایه های محافظت فرضی و جلوگیری از بی فایده شدن آنها لازم است. چنانچه لایه های ماسه، خاک اره و گونی خشک شوند، نبودنشان بهتر از وجودشان می باشد زیرا در این حالت مانند فتیله ای رطوبت را از بتن کشیده و تبخیر آن را در هوا تسریع می کند .

در صورت کاربرد آب، درجه حرارت آن باید نظر درجه حرارت خود بتن باشد و باید از یک آب فشان با سوراخ ریز نظیر مه خارج شود.مه مصنوعی که بدین شکل ایجاد می شود ممکن است به علت وزش باد از بتن دور شود. لذا لازم است بادشکن های موقت در جهت وزش باد به سمت سطح بتنی که باید عمل آید، تعبیه شود.در اکثر موارد، منطقی ترین راه برای رسیدن به نتیجه مطلوب، به حداقل رساندن ضریب زاویه منحنی افزایش درجه حرارت است تا کوشش برای کنترل سطح درجه حرارت بدین معنی که افت حرارت از قسمت خارجی توده توده بتن باید محدود شود. به قسمتی که حرارتی که از سیمان آزاد می شود، قادر باشد درجه حرارت تمام توده بتنی که در حال عمل آمدن است بصورت یکنواختی بالا ببرد. بدیهی است بتنی که بدین طریق به عمل آمده است نیز باید حتی الامکان بصورت یکنواختی سرد شود. در غیر اینصورت، در حالی که قسمت خارجی بتن خیلی سریعتر از داخل آن سرد می شود، تنش کشش ممکن است توسعه یابد. در صورت امکان ساده ترین روش عملی اینست که قالب عایق شده یا چوبی به کار برده شود و نه تنها تا هنگامی که بتن در حین سخت شدن وگرم آن است بلید بار شد بلکه تا هنگامی که درجه حرارت آن به حد محیط اطرافش تنزل پیدا کند، لازم است قالب در محل خود بماند نارگیل میوه ای است که از درخت نخل

نارگیل به دست می آید. کشت درختان میوه دار نارگیل محدود به نواحی گرمسیری آفریقا، آسیا و آمریکای مرکزی می شود. و شش بیرونی یک میوه رسیده نارگیل که غلاف نامیده می شود از یک پوسته سخت مقدار زیادی الیاف مدفون شده در یک ماده نرم تشکیل شده است. الیاف مدفون شده که از هم پاشیدن مصالح نرم اطراف الیاف استخراج می شوند. فرایند استخراج الیاف نارگیل از غلاف نارگیل خیساندن نامیده می شود.

الیاف نارگیل تحت شرایط آب و هوایی طبیعی بسیار دوام هستند. با این حال مدول الاستیسیته پایین و حساسیت نسبت به تغییر رطوبت باعث می شود که تاثیر گذاری آنها به عنوان تقویت کننده بتن زیر سوال برود.

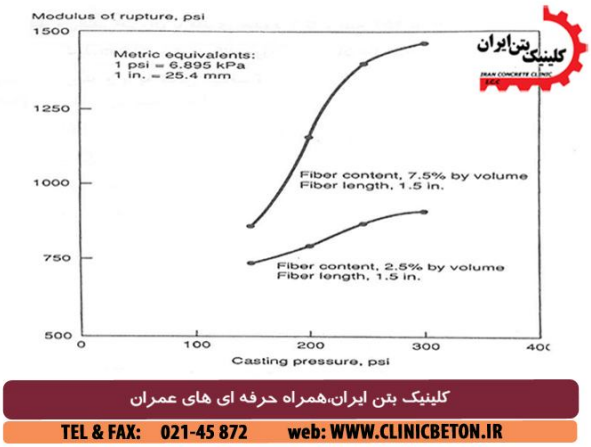
ساخت بتن مسلح به الیاف نارگیل

معمولاً الیاف نارگیل همزمان با سایر تشکیل دهنده های بتن مخلوط می شوند. نتایج مطلوب وقتی به دست می آید که الیاف نارگیل در شرایط اشباع با سطح خشک با سیمان مخلوط شده و سپس به این مخلوط مقدار مناسبی آب اضافه شود.

با به کارگیری این روش، می توان الیاف نارگیل با طول ۱ تا ۲,۵ اینچ (۲۵ تا ۶۴ میلیمتر)را به طور اثربخشی با درصد حجمی ۲,۵ تا ۱۵ درصد با ماتریس سیمانی مخلوط نمود. همچنین روشن شده است که می توان با به کارگیری فشار (تراکم) یکنواخت بتن ریزی در محدوده ۱۴۵ تا۱۲۹۰) psi تا ۲mpa) به کاهش هایی در جذب آب و نفوذپذیری دست یافت.

خصوصیات بتن مسلح به الیاف نارگیل

خصوصیات مصالحی ترکیبات مسلح به نارگیل توسط کوک، پاما و ویراسینگ بررسی شده است. هدف اصلی مطالعات آنها، بهینه ساختن چندین عامل ساخت از قبیل طول الیاف، حجم الیاف و فشار بتن ریزی بود به طوری که ترکیبات حاصله هم به شکل موثری تقویت شود و هم اقتصادی باشد. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، حجم الیاف و فشار بتن ریزی هر دو تاثیر عمده ای بر روی مدول گسیختگی (MOR) ترکیبات مسلح به **الیاف نارگیل** دارند. الیته در این شکل مشاهده می شود که سرعت افزایش MOR در فشار بتن ریزی بیش از ۲۴۰ psi (1.6Mpa) کاهش می یابد.



شکل ۱ منحنی های مدول گسیختگی- فشار بتن ریزی برای ترکیبات مسلح به الیاف نارگیل

در پایان نتیجه گیری شد که فشارهای بتن ریزی بیش از psi240 منجر به صدمه زدن یا از بین بردن پوشش کپسول مانند الیاف می شود که توسط ماتریس سیمانی ایجاد می گردد. برپایه یافته های آنها، کوک و همکاران نتیجه گیری کردند که ترکیبی که با الیافی به طول ۱,۵ اینچ (۳۸ میلیمتر) درصد حجمی ٪۷,۵ درصد و فشار بتن ریزی psi240 ساخته می شود، ترکیب بهینه ای خواهد بود. طول بهینه الیاف یعنی ۱,۵ اینچ در طی آزمایش های بیرون کشیدگی الیاف که نشان دهنده مقاومت پیوستگی بین الیاف و ماتریس است، تعیین شد. میزان درصد بهینه حجمی یا ۷,۵ درصد مقداری بود که با آن الیاف نارگیلی از دیدگاه عملکرد و هزینه، بیشترین تاثیر را داشتند.

کفپوش های بتنی

امروزه کفپوش های مختلفی تولید و عرضه می شود. **کفپوش های بتنی** از جمله پوشش هایی هستند که به دلیل تنوع رنگ، مدل، دوام، قیمت پایین و سهولت، در سراسر دنیا مورد استفاده قرار می گیرند. این نوع کفپوش به دلیل مقاومت و کیفیت مناسب در برابر تغییرات آب و هوایی در حال گسترش می باشد. بتن یکی از مصالح ساختمانی ست که در صنعت ساخت و ساز کاربرد بسیاری دارد. از بتن هم در دکوراسیون داخلی و هم در **نمای بیرونی ساختمان** استفاده می شود. دلیل اصلی استفاده از بتن در ساختمان سازی در دسترس بودن مواد اولیه و قیمت مناسب آن است. امروزه با پیشرفت تکنولوژی و فناوری نانو گامی موثر در **تولید بتن** برداشته شده و این ماده را به متریالی سبک با مقاومت بالا تبدیل نموده که نه تنها باعث کاهش وزن ساختمان می شود بلکه طول عمر بنا را نیز افزایش می دهد.

بتن چیست؟

بتن به ترکیبی گفته می شود که از مخلوط سنگریزه های صخره ای و گرانیتی، چسباننده سیمانی (سنگ آهک، سولفات کلسیم) و آب ساخته می شود. در گذشته بتن بیشتر برای **زیر سازی کف ساختمان** مورد استفاده قرار می گرفت اما امروزه استفاده از آن به عنوان کفپوش در ساختمان های نوساز رواج یافته است. کفپوش بتنی به دلیل مقاومت بسیار بالا در مکان های مختلف از جمله اتاق نشیمن، پارکینگ ها، سالن های ورزشی و غذاخوری، سرویس بهداشتی، حمام و... مورد استفاده قرار می گیرد.

مزایای کفپوش های بتنی

کفپوش بتنی دارای مزایایی است که در زیر شرح داده شده است:

- کفپوش بتنی در طرح ها و رنگ های متنوع وجود دارد
- بتن مقاومت بالایی دارد و به راحتی دچار خراشیدگی و آسیب نمی شود
- کفپوش بتنی گرما را جذب می کند و نقش موثری در کاهش هزینه های مربوط به مصرف انرژی ایفا میکند. استفاده از این کفپوش ها باعث گرم شدن کف اتاق می شود
- **مراقبت از کفپوش بتنی** بسیار راحت است. این کفپوش با تی مرطوب و مواد شوینده تمیز می شود

رنگ بتن

در رنگ آمیزی کفپوش بتنی از رنگ های اکریلیک و رنگ های اسیدی استفاده می شود. رنگ های اسیدی در **بافت بتن** نفوذ کرده و بعد از انجام واکنش، جزئی از بتن می شوند. این نوع رنگ دوام و پایداری بالایی دارد و به مرور زمان کمرنگ یا پوسته پوسته نمی شود. رنگ های اکریلیک بر پایه آب هستند و با بتن واکنش نمی دهند. این نوع رنگ سطحی شفاف و براق ایجاد می کند و نمایی مانند استیل به ارمغان می آورد.

کفپوش بتنی

تامین ماسه ریخته گری

انواع تولید کفپوش های بتنی

کفپوش ها به دو روش **ویبره و پرسی** تولید می شوند. ویبره ی بالا و پرس این کفپوش ها موجب حذف آب می شود که، در شرایط آب و هوای سرد از یخ زدگی و ضعف بتن جلوگیری می کند.

روش ویبره ای

در این نوع کفپوش ها از سیمان، شن و ماسه، **چسب بتن**، روان کننده ها و آب استفاده می شود. درصد **اختلاط بتن** هر یک از مصالح طبق استاندارد ملی ایران استفاده می شود. پس از ترکیب مواد، ملات حاصل به دو روش ملات خیس یا خشکه چینی اجرا می شود. ملات در قالب های متنوع ساده یا پازلی ریخته شده و بر روی میز ویبره قرار گرفته می شود. لرزش میز باعث ایجاد ملاتی متراکم و یکنواخت می شود. در این روش کفپوش ها به صورت تک لایه ای تولید می شوند. کفپوش های تولید شده در این روش، **مقاومت فشار** بالاتر و جذب سطحی آب بیشتری به نسبت **کفپوش های پرسی** دارند.

روش پرسی

کفپوش های بتنی باید تراکم، ضخامت و شکلی یکسان داشته باشند. این کفپوش ها متشکل از سیمان، سنگدانه ها و آب هستند. در روش پرسی، متراکم سازی ملات توسط **دستگاه های فشار** انجام می شود. برخلاف روش ویبره، در روش پرسی کفپوش ها به صورت دو لایه (سطح رویی و بستر) تولید می گردد. سطح رویی از سنگدانه های ریز و سطح بستر از سنگدانه های درشت تر تولید می شود.

رونق استفاده از کفپوش های بتنی، اهمیتِ روش های کاهش مصرف **سیمان** را دو چندان می کند. برای کاهش استفاده از سیمان و مصالح که تهیه و تولید آن ها موجب افزایش آلودگی های کربنی هوا می شود بسیار پر اهمیت می باشد. از این رو استفاده از ضایعات در ترکیب با سیمان، در این صنعت مورد توجه محققان قرار گرفته است. استفاده از **الیاف دور ریختنیِ** طبیعی و پلاستیک ها و... علاوه بر کمک به **کاهش تولید سیمان** و کاهش آلودگی هوا، در کاهش آلودگی محیط زیست توسط مواد تجزیه ناپذیر نیز، موثر است.

ماسه ریخته گری

یکی از این مواد دور ریختنی ماسه ریخته گری می باشد. با توجه به پیشرفت های تکنولوژی در **صنعت ریخته گری** استفاده از ماسه همچنان به دلیل ویژگی های خوب حرارتی مورد استفاده قرار می گیرد. بیش از ۷۰٪ مواد دور ریختنی ریخته گری را ماسه ها تشکیل می دهند. این ماسه ها پس از چند بار مصرف دیگر قابل استفاده نیست و دور ریخته می شود. بنابراین ساماندهی و دفع این ماسه ها معضلی شهری به وجود می آورد. راهکارهایی برای مصرف مجدد این ماسه ها در صنایع دیگر همچون راه سازی، ساخت خاکریز ها و غیره انجام شده است. در صنعت ساختمان سازی بتن از **پر مصرف ترین مصالح ساختمانی** است و همانطور که گفته شد استفاده از این مواد دور ریختنی که مشکلاتی برای شهرداری ها و صنعتگران در مورد دفع ضایعات آن در پی دارد، بسیار مقرون به صرفه است.

مزایای استفاده از ماسه ریخته گری

- خواص مکانیکی
- مقاومت فشاری
- مقاومت کششی دو نیم شدگی
- مدول الاستیسیته
- بهبود خواص دوامی
- کاهش نفوذ یون کلر
- افزایش مقاومت سایشی
- کاهش تاثیرات دما روی بتن

معایب استفاده از ماسه دور ریز ریخته گری

با توجه به توسعه شهرنشینی و افزایش استفاده از بتن در شهرسازی، با وجود کسب رتبه تولید سیمان در جهان توسط کشور ما، کنترل مصرف بتن در کشور، با توجه به ارزش صادرات و ارزآوری این محصول می تواند تاثیر مهمی در اقتصاد کشور داشته باشد. بنابراین با توجه به نتیجه مثبت تحقیقات درباره استفاده مجدد از این مواد در صنعت بتن، می توان ماسه ریخته گری را جایگزین بخشی از ماسه مصرفی در کفپوش سازی کرد. از نکات منفی همانطور که اشاره شد جذب بالای آب سطحی بود که می توان با تمهیداتی از قبیل **استفاده از پوزولان** مقدار آن را کاهش داد.

کفپوش پرسی

یکی دیگر از عوامل معمول و متداول آسیب دیدگی بتن، نقایص و اشتباهاتی است که در هنگام بتن‌ریزی رخ می‌دهد و باعث ایجاد بتن لانه زنبوری، تخلخل، تغییر شکل و اشتباهات ابعادی می‌شود.

بتن لانه زنبوری و تخلخل بتن، به دلیل ایجاد فضاهای خالی به خاطر عمل نکردن مناسب چسب (سیمان) یا پر نشدن فضا به صورت کامل توسط بتن رخ می‌دهد. این نقص و آسیب دیدگی‌ها، اگر کوچک باشند و بیش از ۷۲ ساعت از بتن‌ریزی نگذشته باشد، به وسیله‌ی ملات سیمان پرتلند قابل ترمیم هستند. اگر زمان بیش از این بگذرد یا آسیب بیشتر و بزرگ‌تر از حد ترمیم با ملات باشد، بتن آسیب دیده باید به صورت کامل برداشته و با مواد ترمیمی مناسب جایگزین شود.

این شکل بتنی را که اصطلاحاً لانه زنبوری نامیده می‌شود را نشان می‌دهد که به دلیل نقص و اشتباه در هنگام ساخت به این شکل در آمده است. این بتن دوام کافی و عمر مناسب نخواهد داشت و باید ترمیم شود.

آسیب دیدگی بتن به دلیل **نقص در ساخت و ساز بتن** و اشتباه در ساخت و ساز اولیه که باعث به وجود آمدن تخلخل و بتن لانه زنبوری شده است.برخی آسیب دیدگی‌های کوچک به وسیله‌ی سابیدن سطح نیز قابل ترمیم هستند (در این مورد، در آینده

مطالب مفصل‌تری خواهیم گفت). البته احتمال این که مالک با آن کنار بیاید و به همان شکل آن را بپذیرد، نیز وجود دارد؛ زیرا در بلندمدت تاثیر آن‌چنانی بر روی عملکرد بتن نخواهند گذاشت. در غیر این صورت، پیمان‌کار موظف است که بتن آسیب دیده را پاکسازی کند و آن قسمت از سازه را بازسازی کند.اشتباهات ابعادی نیز می‌تواند در ساخت و ساز و هنگام بتن‌ریزی رخ بدهد. در این جور موارد، بهتر است که با نتیجه‌ی آن کنار بیاید و آن نقص را بپذیرید. در غیر این صورت، بتن باید به صورت کامل برداشته و جایگزین شود.

همچنین اشتباه در عمل‌آوری بتن شامل اضافه کردن آب، سیمان یا مواد اضافی دیگر، می‌تواند منجر به آسیب دیدگی سطح بتن بتن شود. این اشتباهات باعث ایجاد تخلخل و پایین آمدن دوام می‌شود.اشتباه در بتن‌ریزی اولیه، باعث آسیب دیدگی بتن شده است.اشتباه در عمل آوری بتن، می تواند منجر به آسیب دیدگی سطح بتن شود.

عمل‌آوری ضعیف، می‌تواند منجر به تضعیف سطح بتن و تخریب آن در همان روزهای اولیه‌ی استفاده از آن بشود. برای ترمیم این نوع بتن آسیب دیده، صرفاً کافی است تا بتن آسیب دیده با مواد ترمیمی یا بتن جایگزین شود. اگر آسیب دیدگی بتن زود تشخیص داده شود، با استفاده از برخی مواد که گیرش بتن را بالا می‌برند، می‌توان عمر آن را افزایش داد. البته این مواد در مورد بتن هایی با کیفیت کم معمولاً جواب نمی‌دهند و افزایش عمر نا چیز خواهد بود.

در نهایت باید گفت که آسیب دیدگی سطح بتن، همواره به خاطر عمل‌آوری نامناسب و ضعیف نیست. بلکه سطح بتن می‌تواند به دلیل بیرون زدن سنگدانه‌ها، پوسته پوسته شدن به وسیله نمک یا انجماد و ذوب شدن آب در آن نیز دچار آسیب دیدگی شود.

تاثیر عمل آوری بر دوام سطح

ساخت بتن بادوام تر دلیل معمول برای مصرف میکروسیلیس یا یک ترکیب سه تایی از مواد سیمانی در عرشه ی پل ها یا سایر کف سازی هاست. این دوام از سطح بتن شروع می شود، زیرا عمل آوری بیشترین تاثیر را روی آن دارد. به دلیل w/cm پایین بتن های مصرفی در این نوع کاربردها ، به تامین آب بیشتری طی فرآیند عمل آوری نیاز است تا از هیدراته شدن کامل سطح بتن و کسب دوام لازم اطمینان حاصل شود. اگر چه عمل آوری بر مقاومت بتن نیز تاثیر می گذارد، اما اثر عمل آوری ناکافی بر مقاومت به اندازه اثر آن بر دوام درخور توجه نیست.

عمل آوری در ازای محافظت

حفاظت از کف بتنی میکروسیلیسی در مقابل پوسته شدگی و ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک . به خاطر داشته باشید که حفاظت طی پرداخت کاری و بلافاصله پس از پرداخت کاری تا شروع عمل آوری نهایی ضروری است. معمولاً ، عمل آوری نهایی در اولین فرصت ممکن انجام می شود. این گفته برای عرشه ی پل ها بدین معنی است که عمل آوری باید پس از عبور ماشین پرداخت کاری یا مضرس سازی انجام شود. برای سایر کف ها ، عمل آوری باید پس از اینکه بتن به مقاومت کافی برای تحمل وزن کارگرانی که روی آن راه می روند (بدون آنکه سطح آسیب ببینند) ، رسید ، شروع شود.

صرف نظر از نوع بتن ریزی ، سطح بتن میکروسیلیسی طی خشک شدن نباید تحت شرایط محیطی آزاد قرار گیرد.

عمل آوری و ترک خوردگی

مقاله های بسیاری در مورد تمایل بتن میکروسیلیسی به ترک خوردگی نوشته شده است. حقیقتی که به چشم می آید ، این است که : در بتن میکروسیلیسی عاملی وجود ندارد که مسبب ترک خوردی باشد. آنچه بحرانی به نظر می رسد ، عمل آوری بتن است. جدول ۴,۸ توصیه های انجمن میکروسیلیس برای عمل آوری و جلوگیری از ترک خوردگی را خلاصه می کند.

جدول ۴,۸

محافظت ، عمل آوری و جلوگیری از ترک خوردگی کف بتنی میکروسیلیسی
از اغلب ترک های کف بتنی میکروسیلیسی می توان با پیروی از مراحل زیر جلوگیری کرد :

.1محافظت از بتن میکروسیلیسی هنگامی که بتن هنوز پلاستیک است. مه پاشی استفاده از کند کننده تبخیر پوشاندن با ورق های پلاستیک مصرف ترکیبات عمل آوری
.2عمل آوری بتن میکروسیلیسی در اولین فرصت ممکن. عمل آوری خیس حداقل به مدت ۷ روز
.3هرگز اجازه ندهید بتن میکروسیلیسی پلاستیک یا سخت شده تا قبل از اتمام عمل آوری خیس خشک شود .

در اینجا دو یافته در مورد عمل آوری و ترک خوردگی ارائه شده است.

ویتینگ و دتویلر (۱۹۸۸) در مطالعه خود برای برنامه تحقیقات ملی مشارکت بزرگراهی (NCHRP) به این نتیجه رسیدند که بتن های میکروسیلیسی تنها هنگامی تمایل به ترک خوردگی دارند که تحت عمل آوری مرطوب ناکافی قرار گرفته باشند. علاوه بر این دریافتند که اگر مخلوط های بتنی میکروسیلیسی ۷ روز متوالی عمل آوری خیس شوند ، آنگاه رابطه ای بین مقدار میکروسیلیس و ترک خوردگی وجود نخواهد داشت.

اداره راه و ترابری ایالت نیویورک (NYSDOT) نتیجه گیری مشابهی را برای مخلوط بتنی با عملکرد بالا در عرشه ی پل گزارش کرده است که حاوی سیمان پرتلند ، خاکستر بادی و میکروسیلیس بوده است. آنها پس از بازرسی ۸۴ عرشه ی پل با این مخلوط بتنی گزارش داده اند که : «نتایج نشان می دهد که عرشه ی پل های با عملکرد بالا در مقابل ترک خوردگی طولی و عرضی بهتر از بتن های قبلی رفتار کرده اند.» توجه کنید که NYSDOT عمل آوری خیس ۷ روزه را مشخص کرده است. آنها اخیراً به دلیل موفقیت این روش ، ملزومات عمل آوری خیس را به ۱۴ روز افزایش داده اند.

محافظت زمستانی

بتن میکروسیلیسی از این نظر تفاوتی با بتن بدون میکروسیلیس ندارد. اگر محافظت برای بتن بدون میکروسیلیس الزامی است ، بتن میکروسیلیسی نیز باید تحت شرایط مشابه محافظت شود. برای اطلاع از شرایط بتن ریزی ر آب و هوای سرد به بتن ریزی در آب و هوای سرد ACI 306R مراجعه کنید.

بتن پیش ساخته

بتن میکروسیلیسی به طور موفقیت آمیزی در عضوهای مختلف پیش ساخته مصرف می شوند. به طور کلی تفاوتی بین مصرف میکروسیلیس در بتن پیش ساخته و بتن آماده وجود ندارد.

به طور معمول در ساخت بتن پیش ساخته که عمل آوری با افزایش دما انجام می شود ، یک دوره زمانی پیش از افزایش دما وجود دارد. این دوره برای انجام واکنش های اولیه هیدراسیون است تا بتن بتواند مقاومت کافی را برای تحمل دمای بالاتر کسب کند.

طی این دوره زمانی ، سطح بتن میکروسیلیسی باید برای جلوگیری از ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک در مقابل خشک شدن محافظت شود. به زبان ساده ، سطح بتن نباید طی این دوره تحت شرایط خشک شدن قرار گیرد. هرگونه روش محافظتی که قبلاً شرح داده شد ، را می توان به کار برد.

موارد متفرقه

نگرانی های مربوط به بتن ریزی ، پرداخت کاری و عمل آوری بتن میکروسیلیسی را پوشش می دهد.

برش درزها

فراموش نکنید که معمولاً کسب مقاومت کف بتنی میکروسیلیسی بسیار سریع تر از بتن بدون میکروسیلیس است. جدول زمان بندی را با این هدف بررسی کنید که مدت زمان زیادی قبل از برش درزها وجود نداشته باشد. درزها باید برای جلوگیری از ترک خوردگی در اولین فرصت ممکن بریده شوند. عمل آوری خیس را بعد از برش درزها ادامه دهید.

کشش کابل های پیش تنیدگی

کابل های پیش تنیدگی باید هنگامی کشیده شوند که بن مقاومت کافی را کسب کرده باشد. این کار نباید پس از دوره ی زمانی دلخواه مانند دوره ۳ روزه انجام داد. روند کسب مقاومت بتن میکروسیلیسی سریع است و زمان کشش این بتن زودتر از بتن بدون میکروسیلیس می باشد. نمونه هایی وجود داشته اند که در آنها کشش دیرهنگام منجر به ترک خوردگی های غیرقابل اجتناب شده است.

کف های ماله کشی شده با ماله برقی

در برخی از موارد ، روش پرداخت کاری یک مرحله ای با سطح جاروکشی و چنگک زده شده برای کاربردهای خاص قابل قبول نیست. به عنوان مثال ، یک کارگاه تولید مواد غذایی به یک کف کاملاً لیسه کشی شده برای تمیزکاری مناسب نیاز دارد. بتن میکروسیلیسی را می توان برای ساخت سطوح مناسب کاملاً لیسه کشی کرد. برای انجام این نوع پرداخت کاری ، مراحل مناسبی باید برای حفاظت بتن از خشک شدن طی دوره های زمانی عبور ماشین پرداخت کاری از روی بتن اتخاذ شود. این مراحل کاملاً شبیه مراحلی هستند که برای حفاظت از بتن همانند مه سازی یا استفاده از کند کننده تبخیر بیان شد. به خاطر داشته باشید که سطح بتن به هیچ عنوان نباید بین فرآیندهای کاری خشک شود.

رنگ آمیزی پس از عمل آوری

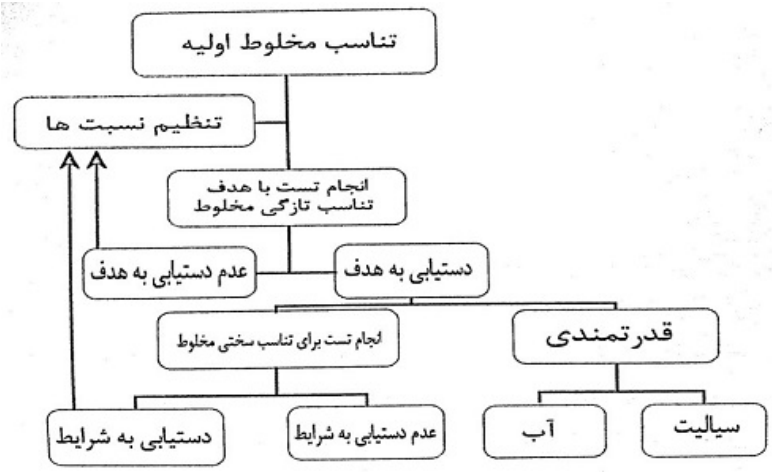
کشیدن علائم و نوارهای ترافیکی روی بتن میکروسیلیسی که عمل آوری آن با ترکیبات عمل آوری انجام شده ، با مشکلاتی همراه است. این مشکلات بیش از آنکه ناشی از میکروسیلیس باشند ، ناشی از ترکیبات عمل آوری هستند. هنگام استفاده از ترکیبات عمل آوری ، از سازگاری این مواد با رنگ یا پاک کردن این ترکیبات قبل از رنگ آمیزی مطمئن شوید.

شناسایی مخلوط و عوامل مرتبط با آن

زمانی که مجموعه ای از اهداف عملکرد و نسبت های مخلوط بر روی کاغذ آورده می شود، مرحله بعدی شناسایی مخلوط جهت تامین عملکرد موفق در طول فرآیند تولید است. دستورالعمل های موقتی مطرح شده از سوی انستیتو بتن پیش تنیده / پیش ساخته سه مرحله در فرآیند شناسایی مخلوط را معرفی می کند. نخست بچینگ های (Batch) کوچک کنترل شده در آزمایشگاه مورد آزمون قرار می گیرند، دوم مخلوط انتخاب شده در تولید، آزمایش می شود که شامل کاربرد بچینگ، مخلوط و تجهیزات بتن ریزی می شود و در نهایت یک طرح کنترل تضمین کیفیت برای ویژگی های سخت شدگی و تازه، ایجاد می شود.

شناسایی آزمایشگاهی

همیشه تعداد معینی از آزمایش ها به دنبال توسعه یک ترکیب جدید هستند، در فرآیند شناسایی، ویژگی های سخت شدگی و تازه مهم، آزمایش می شوند. جهت تضمین بالاترین سطح کنترل، توصیه می شود در صورت امکان بچینگ های آزمایشگاهی کوچک در ابتدا مورد استفاده قرار گیرد. در این روش تاثیرات تنظیمات کنترل شده و خاص آموخته می شوند. زمان اجرای آزمایش های لابراتوری بتن، رویه های خوب و تمام استانداردهای مناسب، مانند آنچه که در ASTM وجود دارد، باید مدنظر قرار گیرند.



تصویر ۱ فاز یک فرآیند شناسایی مخلوط

تصویر ۱ به نمایش فلوچارت (نمودار جریان) برای بخش اول فرآیند شناسایی می پردازد. مخلوط ایجاد شده برای ویژگی های تازه هدف آزمایش می شود. اگر این ویژگی ها به دست نیایند، تنظیماتی در نسبت های **مخلوط بتن** اعمال می شوند. اگر اهداف تازه به دست آیند، سپس آزمون مقاومت مخلوط و ویژگی های سخت شدگی انجام می شود. این روند ادامه می یابد تا این که به ویژگی های سخت شدگی و تازه مناسب دست یابیم.

آزمون نسبت های اولیه

برنامه آزمون آزمایشگاهی اولیه به موقعیت وابسته بوده و می تواند به صورت محدود و گسترده باشد. در اکثر موارد، متخصصین بتن تنها به قصد تولید مخلوط که مورد استفاده قرار می گیرد به این مرحله نزدیک می شوند که گاهی منتهی به یک باریک بینی و نگرش محدود به این فرآیند می شود و در نهایت منجر به آزمایش تنها یک مخلوط خواهد شد، تنظیمات صورت می گیرد و مخلوط مجدداً آزمایش می شود. این متدولوژی اشتباه نیست اما نه کارآمد بوده و نه منجر به شناخت و یادگیری تنظیمات چندگانه و فعل و انفعالات آنها می شود. طرح آزمایشی کارآمد به خودی خود یک نظم و انضباط خاص داشته و کتاب های متعددی می توانند به بیان این موضوع بپردازند. آزمایشات طراحی شده آماری می تواند به صورت همزمان یک مخلوط **بتن SCC** خاص را ارائه نموده و فعل و انفعالات بین متغیرهای نسبت بندی مخلوط را شفاف کند. خلق یک مخلوط و شناخت فعل و انفعالات برای دوره بلند مدت و کوتاه مدت اهمیت دارد. نتایج موجود در زمان صرف شده برای رفع عیب در مراحل بعدی مطرح می شود. اگر متخصص دارای مهارت طراحی آزمایشی نباشد، بسته های نرم افزاری بازاری موجود یا خدمات موجود از طریق عرضه کنندگان اطلاعات می توانند به توسعه یا طراحی یک آزمایش SCC (در صورت مطلوب بودن) کمک کنند.

آزمون آزمایشگاهی، تفسیر نتایج و تنظیم نسبت های اختلاط

آزمون و ارائه داده ها اغلب بخش آسان فعالیت ما را شکل می دهد. بخش اصلی این فرآیند تفسیر داده ها و ایجاد تنظیمات می باشد. زمانی که تنظیم نسبت های مخلوط SCC مطرح می شود، یک ارزیابی کیفی از مخلوط، اغلب به اندازه هر ارزیابی آزمون دیگری اهمیت دارد. این به خصوص در مورد ناپایداری و تفکیک مصداق دارد. زیر مجموعه های ذیل دستورالعمل مهمی را برای

تنظیم نسبت ها ارائه داده تا قابلیت پر کردن و سیالیت، توانایی عبور، پایداری و مقاومت براساس آزمون آزمایشگاهی را بهبود بخشند. لازم به ذکر است که در بعضی موارد تنظیمات نسبت بندی ممکن است بر بیش از یک ویژگی تاثیر بگذارند.

سیالیت / قابلیت پر کردن

در کل این ویژگی از طریق آزمون **جریان اسلامپ** اندازه گیری می شود.

- اگر جریان اسلامپ بسیار بالا باشد باید مقدار آب را کاهش دهید، اگر مقدار آب کاهش یابد، پس حجم خمیر و نسبت آب به پودر از لحاظ حجمی (wv/pv) کاهش می یابد که هر دوی آنها ویسکوزیته ترکیب را افزایش می دهد و این نیز نیازمند افزایش میزان سنگدانه ها برای جبران حجم آب از دست رفته است. کاهش در حجم خمیر می تواند تاثیر منفی بر قابلیت عبور داشته باشد.
- مقدار کاهش دهنده میزان آب با طیف بالا (HRWR) را کاهش دهید. این از مزیت کاهش سیالیت برخوردار است، زیرا به یک تنظیم تعادل ساز حجم در نسبت های مخلوط نیاز ندارد.
- برای کمک به تصمیم گیری در مورد انتخاب نوع مرحله، باید توجه داشت که آیا این ترکیب علایم تجزیه و ناپایداری را نشان می دهد یا خیر. اگر ترکیب علایم ناپایداری در این جریان، اسلامپ بالا را نشان ندهد، نشانه خوبی بوده و مقدار HRWR باید کاهش یابد. مجموعه زیر در مورد تنظیم و اصلاح پایداری و مقاومت در برابر تفکیک به بحث و بررسی این نکته می پردازد که چگونه می توان سطح جریان اسلامپ را بررسی نمود، چنانچه مخلوط علایم ناپایداری را نشان می دهد.
- اگر جریان اسلامپ بسیار پایین باشد باید میزان آب را افزایش دهید تا جایی که نسبت آب به **سیمان** فراتر از محدوده مشخص افزایش نیابد. افزایش میزان آب باعث افزایش حجم خمیر و نسبت (wv/pv) می شود. بدینوسیله هم ویسکوزیته مخلوط و هم سیالیت افزایش می یابد. این نوع تنظیم باید در مراحل کوچک اعمال گردد طوری که موجب ناپایداری مخلوط نشود.

افزایش مقدار HRWR: در صورتی که جریان اسلامپ به صورت نظام مند با افزایش مقدار HRWR و بدون تفکیک افزایش یابد، نسبت های مخلوط به صورت منطقی متعادل می شود. اگر در طول فرآیند، جریان اسلامپ افزایش نیابد، می تواند ناشی از یک یا چند مورد زیر باشد:

- ترکیب دارای یک حجم خمیر ناکافی می باشد.
- سیمان به کار رفته به سرعت سفت می شود.
- نسبت آب به سیمان آنقدر پایین است که مقدار اشباع پراکنده، افزایش یافته است. بنابراین اگر این مورد اتفاق بیافتد، تنظیم نسبت مخلوط ممکن است ضروری باشد.

افزایش کل حجم خمیر: اگر حجم خمیر بسیار پایین باشد و HRWR را اضافه نماییم، می تواند به صورت نظام مند باعث تفکیک شود که از طریق آب دهی و بی رنگ شدن سطح بتن قابل تشخیص است. زمانی که حجم خمیر ناکافی باشد، از طریق وجود **غلظت در سنگدانه ها** در مرکز لایه ای جریان اسلامپ (در انجام آزمون جریان اسلامپ) مشخص می شود.

توانایی عبور

ASTM C 1621 به ارزیابی توانایی عبور SCC از طریق تعیین تفاوت بی جریان اسلامپ با حلقه و یا بدون حلقه J می پردازد. بعضی از استانداردهای اروپایی تفاوت ارتفاع لایه ای درون حلقه در برابر بیرون حلقه را اندازه گیری می کنند.

این تفاوت یا اختلاف ارتفاع ارزیابی می کند که آیا اتصال معنادار سنگدانه ای وجود دارد یا خیر و آیا در داخل حلقه ساخته می شود؟ با استفاده از متدولوژی پیشنهادی از سوی ASTM C 1621، اگر توانایی عبور کافی نباشد با توجه به این که جریان اسلامپ بدون حلقه ۵۰ میلی متر یا بیشتر (۲ اینچ) است، بیشتر از جریان اسلامپ حلقه J، باید مجدداً ارزیابی در خصوص چگونگی انسداد سنگدانه ها صورت گیرد.

پایداری و مقاومت در برابر تجزیه

موارد ذیل مربوط به مراحل تنظیم پایداری براساس آزمون آب دهی و آزمون تفکیک ستون ارائه شده است:

- بررسی انباشته شدن آب تراوش شده به میزان بسیار بالا

  افزودن یا افزایش مقدار VMA

  کاهش نسبت wv/pv از طریق کاهش آب یا افزایش پودر

  در صورتی که حجم خمیر نسبتاً پایین باشد، باید میزان خمیر را افزایش داد. به خاطر داشته باشید که بطور کلی، حجم خمیر در ابتدای دستیابی به ویژگی های تازه مخلوط SCC متغیر است.

  افزایش میزان سنگدانه های ریز بطوری که میزان اضافه سنگدانه های ریز محسوس باشد (300 μm >)
- اگر آب دهی اضافی به صورت شیمیایی از طریق مقدار HRWR صورت گیرد، لازم است میزان HRWR را پایین آورده و حجم خمیر را افزایش دهید.
- نشست بیش از حد سنگدانه های درشت

  در صورت امکان براساس الزامات کاربردی، جریان اسلامپ را با کاهش مقدار HRWR کم کنید.

  ویسکوزیته مخلوط را با کاهش wv/pv یا افزایش مقدار VMA، افزایش دهید.

  چنانچه همراه با آب دهی شیمیایی باشد، پس حجم خمیر را افزایش دهید.

  در صورت امکان، ماکزیمم اندازه سنگدانه ها را کاهش دهید، توجه داشته باشید که اگر این تنظیم صورت گیرد، ممکن است افزایش در حجم خمیر الزامی باشد.

آزمون قدرتمندی

زمانی که یک مخلوط یا مجموعه ای از مخلوط ها حاوی ویژگی های سخت شدگی و تازه مناسب، ساخته شده باشند، باید قدرتمندی این مخلوط ها مشخص شود. قدرتمندی مخلوط SCC به معنی عدم حساسیت این مخلوط در مقابل نوسان سیالیت، بچینگ درست و یا ویژگی های مواد خام از قبیل میزان رطوبت و توزیع اندازه ذرات می باشد که می تواند منجر به تغییراتی در ویژگی تازگی ترکیب SCC گردد. یک ترکیب قوی ترکیبی است که می تواند به راحتی تولید شود و پیوسته به ویژگی مورد نظر (به لحاظ تازگی) بدون حضور مستمر تولید کننده یا پیمانکار در محل پروژه دست یابد.بدین ترتیب مشخص شد که با هر افزایش سطح جریان اسلامپ، ترکیبات به تغییرات حساس بوده و **مقاومت بتن** کاهش می یابد. هدف در آزمون قدرتمندی، یافتن نقطه ای است که در آن یک مخلوط برای مدت طولانی عملکرد قابل قبول را برحسب پایداری و سیالیت و توانایی عبور به نمایش نمی گذارد. بنابراین باید این مرحله را با هدف خرد کردن ترکیب شروع کرد، طوری که بدانیم تا چه حد می تواند در مقابل فشار پایداری خود را حفظ کند. اولین مرحله در آزمون قدرتمندی، تعیین رابطه بین سیالیت و پایداری برای مصالح و ویژگی های انتخاب شده است. هدف این آزمون، اشاره به سطح ناپایداری مخلوط است. طرح زیر به ارائه مراحل پیشنهادی برای ارزیابی این رابطه می پردازد. جریان اسلامپ می تواند بنابر صلاحدید متخصص تنظیم شود. به خاطر این که رابطه بین جریان اسلامپ و سایر

داده های آزمون همیشه خطی نیست، مینیمم سه سطح جریان اسلامپ توصیه می شود. هر مخلوط ترسیم شده از نسبت های برابر (هنگام تنظیم مقدار HRWR) استفاده می کند.

ترکیبات:

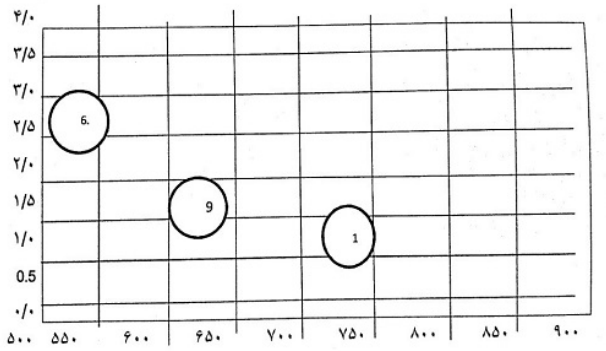
۱. تنظیم مقدار HRWR برای دستیابی به جریان اسلامپ ۵۰۰ تا ۵۵۰ میلی متر
۲. تنظیم مقدار HRWR برای دستیابی به جریان اسلامپ ۶۰۰ تا ۶۵۰ میلی متر
۳. تنظیم مقدار HRWR برای دستیابی به جریان اسلامپ ۷۰۰ تا ۷۵۰ میلی متر

آزمون ها:

جریان اسلامپ زمان T50
تفکیک ستون آب دهی
شاخص پایداری چشمی (VSI) میزان آب

توانایی عبور از حلقه J، این آزمون صرفاً زمانی ضروری است که توانایی عبور یک ویژگی ضروری باشد.

زمان تکمیل این آزمون، تعدادی از طرح های اسکاتر (در نمایش رابطه بین جریان اسلامپ، T50 و سایر داده های آزمون) می توانند جهت استفاده ترسیم شوند. مانند آنچه که در تصویر ۲نشان داده شده است، هر نقطه از داده ها می تواند با نتیجه آزمون (که شامل هر آزمون دیگری مانند درصد تفکیک ستون، VSI، جریان حلقه J با سایر موارد می باشد) علامت گذاری شود. این تصور به ترسیم داده های فرضی برای زمان T50 در برابر جریان اسلامپ و درصد تفکیک ستون برای مجموعه ترکیبات فوق می پردازد.



تصویر ۲ طرح داده ای برای آزمون قدرتمندی

در این مثال متخصص می تواند رابطه T50 جریان اسلامپ و محدوده های کنترل کیفیت را براساس محدوده تفکیک مشخص شده معرفی کند، اگر محدوده تفکیک ۱۰ یا ۱۵ درصد باشد، پارامترهای متفاوت برای دو آزمون دیگر در نظر گرفته می شود.

جنبه دیگر قدرتمندی، واکنش یک مخلوط به خطاهای بچینگ است. این بخش از طریق ایجاد تغییرات هدفمند در اوزان پیمانه یک ترکیب مشخص و نیز اندازه گیری واکنش، ارزیابی می شود. ASTM C 94 شاخص استاندارد بتن آماده است که می تواند برای اعمال تغییرات مناسب در وزن بچینگ ها استفاده شود. این استاندارد دستورالعمل مربوط به دقت بچینگ مصالح برای کارخانجات و تولید بتن آماده را ارائه می دهد. برای مثال، بخش ۹ از ASTM C 94 اصول زیر در خصوص بچینگ دقیق با اندازه نرمال هر پیمانه را ارائه می کند: پودرها (ترکیبات سیمان و مواد معدنی) ±۱٪ مصالح ±۲٪ و کل آب ±۳٪ بالا و پایین کردن پودر و یا محتویات آب می تواند تاثیر قابل توجهی را بر سیالیت و پایداری مخلوط داشته باشد. با هدف یافتن نقطه شکست یک مخلوط توصیه شده که قدرتمندی در نقاطی بیرون از این محدوده دقت ارزیابی شود. حداقل توصیه مولف، کاهش بیشتر در نقطه مینیمم پودر (٪۲- بیشتر از ٪۱) همچنین افزایش ماکزیمم نقاط آب (٪۶+ بیشتر از ٪۳+) می باشد. نتایج آزمون براساس این محدوده های افزایش یافته، کاملاً فضای عملکرد قدرتمندی را مشخص کرده و شناخت بیشتر محدوده های ترکیب، مدنظر قرار می گیرد.

جدول۱ به ارائه گروهی از نسبت ها و مینیمم و ماکزیمم محدوده های هر ماده (مصالح) می پردازد.
کنترل رطوبت آزاد سنگدانه ها اغلب به عنوان یکی از حوزه های اساسی و مهم برای کنترل در طی تولید SCC مطرح بوده است.
آب پیش بینی نشده می تواند در سطح قابل توجهی برای تمامی این ویژگی های SCC تازه تاثیر بگذارد.

	مثال تناسب (kg/m^3)	حداقل	حداکثر	حداقل (kg)	حداکثر (kg)
ترکیب آب معدن و سیمان	450	-2%	+1%	441	455
سنگدانه درشت	850	-2%	+%2	833	867
سنگدانه ریز	800	-2%	+%2	784	816
آب	185	-3%	+%6	179	196

جدول ۱ مینیمم مصالح نمونه و ماکزیمم محدوده آزمون قدرتمندی

بنابراین برخورداری از درک روشن در رابطه با قدرتمندی آب مخلوط برای **تولید کننده بتن** اهمیت فراوانی دارد. جدول ۲ به نمایش طرح آزمون قدرتمندی نمونه جهت ارزیابی کاهش پودر و کاهش و افزایش آب می پردازد. میزان تنظیم در بخش های سایه دار ارائه می شوند. در این برنامه تمام آزمون های ویژگی تازه و استاندارد اجرا شده و قدرتمندی مخلوط اندازه گیری می شود. کل مقادیر افزودنی ها براساس ترکیب مرجع (به جز HRWR) ثابت هستند که برای دستیابی به جریان اسلامپ هدف تنظیم می شوند. یک مخلوط در صورتی قدرتمند است که تغییرات وزن بچینگ منجر به تغییرات کوچک اما قابل قبول در عملکرد (اندازه گیری شده از طریق روش های آزمون انتخاب شده) شود.
با این وجود، متدولوزی فوق صرفاً تاثیر یک فاکتور را در یک زمان نشان می دهد. باید پذیرفت که تولید بتن واقعی دینامیک تر از این تولید است. در طول تولید یک بچینگ واحد بتن، این امکان وجود دارد که میزان توزین شده بیش از یک ماده می تواند باعث نوسان بالاتر یا پایین تری از نسبت های هدف شود، درحالی که هنوز درون بازه های بچینگ مشخص شده قرار دارد. این امکان وجود دارد که به ارزیابی و مدل سازی این حالت پیچیده تر بپردازیم.

	مثال تناسب	پودر خوب عملکرد (%1-)	پودر خوب عملکرد (%2-)	water robustness (%3-)	water robustness (%3+)	water robustness (%6+)
مقاومت بالا	450	446	441	450	450	450
پرداخت سطح	850	850	850	850	850	850
ساختار پیچیده	800	800	800	800	800	800
دسترسی محدود	185	185	185	179	191	196

جدول ۲ برنامه آزمون نمونه برای ارزیابی قدرتمندی براساس دقت بچینگ

چنانچه این روند انجام شود، باید یک طرح آزمایشی بهتر و مجموعه ای از ابزارهای تجزیه و تحلیل را به کار برد. در مطالعات قبلی، این نوع تجزیه و تحلیل قدرتمندی جایی اجرا شد که مصالح چندگانه به صورت همزمان با هم تفاوت هایی داشته اند. با نسبت مصالح و ترکیبات مورد استفاده، نوسانات موجود در وزن های **ماسه و سنگدانه های درشت**، تاثیر کمی بر عملکرد SCC داشته

اند. بیشترین تاثیر، زمانی رخ داد که وزن آب و کل وزن پودر تفاوت داشتند. بنابراین لازم است اینها به دقت و از نزدیک نظارت شوند. بعلاوه اگر این فاکتورها به صورت همزمان تغییر کنند، نوسانات عملکرد متفاوت می شوند.
برای مثال اگر مقدار آب کمتر از میزان هدف بچینگ باشد و کل پودر بیشتر، ویسکوزیته مخلوط می تواند به صورت چشمگیری افزایش یابد. از سوی دیگر اگر آب بیشتر از میزان هدف و کل پودر، کمتر از آن باشد، یک ظرفیت بالا برای ناپایداری مخلوط و تفکیک ایجاد می شود. همچنین دامنه تغییرات وزن بچینگ ها نیز بستگی به این دارد که اهداف نسبت مخلوط اولیه کجا تعیین می شوند. اگر محتوی آب مورد نظر بسیار پایین باشد پس در اولین حالت فوق الذکر تغییر ویسکوزیته ممکن است بسیار زیاد باشد.قدرتمندی کلی اساساً با سیالیت، تفکیک و معیار آب دهی مرتبط است. با این وجود در بعضی از شرایط، ارزیابی قدرتمندی توانایی عبور از طریق افزایش وزن بچینگ سنگدانه های درشت تا حد ماکزیمم (نشان داده شده در جدول ۱) مناسب و به جا است، اما در حد مینیمم، محدوده پودر و آب باید آزمایش شود. آزمون محدوده های سنگدانه ها مفید است اما این کار به صلاحدید متخصص موکول شده است. اگر احراز شود که قدرتمندی یک ترکیب ناکافی است، می توان موارد زیر را انجام داد:

- در صورت امکان؛ کاهش سطح هدف جریان اسلامپ
- افزایش حجم خمیر
- افزایش مقدار VMA. گزارش های متعدد نشان داده که افزودن VMA به ترکیب SCC باعث تقویت قدرتمندی مخلوط می شود.
- کاهش ماکزیمم اندازه سنگدانه ها
- افزایش تراکم خمیر

زمانی که یک ترکیب مناسب ایجاد می شود، مرحله بعدی تولید ترکیب از طریق کارخانه تولید بتن است و در صورت امکان استفاده از روش ها و اشکال پیشنهادی برای پروژه صورت می گیرد.

آزمایش و ارزیابی تولید

زمانی که یک ترکیب SCC برای رسیدن به ویژگی های مورد نظر (سخت شدگی و تازه) ارائه می شود. آزمایش بتن ریزی با آزمایش مدل توصیه می شود. اگر چه این آزمون ها دیگر در آزمایشگاه ها انجام
نمی شود، این مرحله هنوز بخشی از فرآیند توسعه بتن است. و با حوزه گسترده تری از آزمون به ارزیابی مخلوط از تولید تا تحویل و بتن ریزی می پردازد.
در حال حاضر تمرکز بر روی ویژگی های ترکیب SCC است، اما باید مفاهیم زیر مورد بررسی قرار گیرند:

- بچینگ و ترکیب در یک مقیاس تولید
  بچینگ و ذخیره سازی مصالح خام
  کنترل رطوبت
  ترکیب بتن
  - نوع و اندازه میکسر
  - ترتیب بچینگ مواد
  - زمان ترکیب
- تحویل
  تجهیزات تحویل
  زمان تحویل
- بتن ریزی
  تجهیزات

تکنیک ها
مسیر بتن ریزی
میزان بتن ریزی
زمان
زمان پرداخت (در صورتی که قابل اجرا باشد)

- پرسنل

آموزش
بچینگ و ترکیب
بتن ریزی

علاوه بر آزمون توانایی فرد برای تولید، تحویل و یا بتن ریزی، مزایای واقعی SCC در برابر بتن معمولی را می توان در این زمان ارزیابی کرد. زمان مورد نیاز برای بچینگ، ترکیب، بتن ریزی و پرداخت تماماً می تواند اندازه گیری شود. زمانی که الزامات منابع انسانی برای بتن ریزی و پرداخت محسوس می باشد، سایر مزایا از قبیل زیبایی شناسی مطلوب که منجر به کاهش وصله کاری و مصالح می شود می تواند تعیین گردد. بنابر توصیه مولف، تولید کننده یا پیمانکار، آنالیز مزایا را در طول مرحله مدل آزمایشی (آزمایش ماکت برابر) اجرا کند و سپس به بررسی مجدد آن در طی تولید واقعی بپردازد تا تعیین کند که آیا بازدهی وجود داشته و میزان آن چقدر بوده است.

باید تفکر دقیق و توجهات بیشتری در مورد فرآیند مدل آزمایشی اعمال گردد. پیش از آزمایش، جلسه ای با مسئولان کنترل کیفیت، تولید و بتن ریزی سازماندهی شود. هر عملکرد باید از وظایف ارزیابی خاص جهت اجرا برخوردار باشد و وردی حاصل از تمام طرفین بررسی گردد. فرآیند عملیات از آزمون آزمایشگاهی تا محیط تولید باید طی شود و مسئولان بتن ریزی وحدت نظر ایجاد کنند. اگر یک کارگر بتن ریزی اطلاعات کافی در این زمینه نداشته باشد و آموزش حداقلی در بتن ریزی با SCC را کسب نکرده باشند، چگونه می توان تعیین کرد که آیا یک پرداخت سطح غیرقابل قبول ناشی از ترکیب ضعیف، تکنیک بتن ریزی ضعیف یا هر دو بوده است؟ متخصص باید در موقعیتی قرار داشته باشد که به وضوح متغیرها را برای پاسخ به این سوال تفکیک کند.

شناسایی یک ترکیب SCC شامل تست آزمایشگاهی ویزگی های سخت شدگی و ، آزمون قدرتمندی و آزمایش های مدل آزمایش تولید یا آزمایش بتن ریزی می گردد. این فرآیند ارتباطی میان تئوری و عمل بوده و یک متخصص می تواند مطالب بیشتری در رابطه با ترکیبات SCC و کاربرد آن بیاموزد. ساماندهی زمان سرمایه گذاری منابع تا جایی افزایش می یابد که متخصص به ساخت مدل های آزمایشی و تست بتن ریزی می پردازد زیرا در حال حاضر حجم بتن و تعداد افراد دخیل رو به افزایش است. همان طور که در اکثر فعالیت ها می بینیم، موفقیت فرآیند شناسایی به سرمایه گذاری های زمانی و آماده سازی قبل از اجرا بستگی دارد.

نکاتی که در کالیبراسیون بلین باید در نظر گرفت:

۱. برای کالیبره کردن دستگاه باید از نمونه استاندارد استفاده شود و دمای نمونه سیمان مورد آزمایش باید برابر با دمای محیط باشد.

۲. کالیبراسیون دستگاه بلین باید به وسیله همان شخصی صورت گیرد که آزمایش تعیین نرمی را انجام می دهد.

۳. نمونه استانداردی را که یک بار به کار رفته است می توان با به هم زدن ذرات چسبیده آن دوباره به کار برد به شرط اینکه نمونه ها به حالت خشک نگه داشته شوند و کلیه آزمایش ها به فاصله چهار ساعت پس از باز شدن درب محتوی نمونه استاندارد انجام شود.

۴. می توان نمونه ای غیر از نمونه سیمان استاندارد برای تعیین حجم بستر سیمان استفاده نمود.

۵. دستگاه باید در مواقع زیر دوباره کالیبره شود.

در فواصل زمانی به منظور تصحیح سایشی که روی جداره محفظه و یا سمبه ایجاد می شود:

۱. اگر مقداری از مایع لوله از بین برود.
۲. اگر تغییراتی روی جنس و نوع کاغذ صافی مصرفی پیدا شود.

دستورالعمل کالیبراسیون دستگاه بلین:

دو قطعه کاغذ صافی را داخل محفظه قرار دهید و به وسیله میله ای که قطر آن کمی کوچکتر از قطر داخلی استوانه باشد کاغذ ها را به طرف پایین فشار دهید تا روی صفحه مشبک قرار گیرند بعد استوانه را با جیوه پر کنید و حباب های هوا را از جداره محفظه خارج کنید و جابه جا کردن محفظه را به وسیله انبرکی انجام دهید. اگر جنس فلز استوانه طوری است که ممکن است با جیوه ملقه دهد قبل از پر کردن جیوه جدار داخل استوانه را با یک لایه بسیار نازک و روغن اندود کنید و مقدار اضافی جیوه را از سطح استوانه به وسیله یک تیغه شیشه ای پاک کنید و سپس جیوه را داخل ظرفی بریزید و آن را وزن نمایید. سپس یکی از کاغذ های صافی را از محفظه خارج سازید. ۲,۸۰ گرم از سیمان را پس از توزین داخل استوانه بریزید و آن را با قرار دادن یک کاغذ صافی در زیر و یکی در روی بستر سیمان فشرده سازید و حجم خالی بالای بستر را به وسیله جیوه پر کنید و زیادی جیوه را به وسیله صفحه شیشه ای از سطح استوانه پاک کنید سپس جیوه را در ظرفی خالی کنید و آن را وزن کنید و وزن آن رایادداشت کنید.

حجم بستر سیمان باید حداقل دوبار به روش فوق تعیین گردد.

$$V = (WA - WB)/D$$

حجم بستر سیمان به سانتیمتر مکعب= V

مقدار جیوه لازم برای پر کردن استوانه بدون سیمان= WA

مقدار جیوه لازم برای پر کردن قسمتی از استوانه که به وسیله سیمان اشغال نشده است= WB

وزن مخصوص جیوه در درجه حرارت محیط آزمایش بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب= D

تعیین وزن نمونه:

وزن نمونه ای که برای کالیبره دستگاه بلین از فرمول زیر استفاده می شود:

$$(w = \rho V (1-\varepsilon$$

وزن نمونه مورد نیاز= W

دانسیته نمونه که برای سیمان پرتلند ۳,۱۵ می باشد= ρ

حجم بستر سیمان که طبق روش بالا تعیین گردید به مانند بتن= V

تخلخل دلخواه بستر سیمان= $(\varepsilon = (0.05 \pm 0.05$

تهیه بستر سیمان:

صفحه مشبک را در داخل محفظه قرار داده و یک کاغذ صافی در داخل محفظه بگذارید و با کمک مداد یا میله نازکی آن را روی صفحه مشبک فشار دهید. مقدار معینی سیمان با دقت ۰,۰۰۱ گرم توزین کنید و در محفظه بریزد آنگاه سطح سیمان را با ضربه های ملایمی که به اطراف محفظه می زنید صاف کنید. یک کاغذ صافی روی سطح سیمان قرار دهید و سمبه را به آرامی وارد محفظه نموده و تا جایی که کلاهک آن به سطح استوانه برسد بستر سیمان را فشار داده و سپس سمبه را به آرامی از محفظه خارج کنید.

تعیین نرمی سیمان:

محفظه را روی لوله U قرار دهید و مطمئن شوید محفظه روی لوله به خوبی آب بندی شده است. از گریس سیلیکون برای آب بندی می توانید استفاده نمایید. دقت کنید به بستر سیمان اختلالی وارد نشود. هوای موجود در لوله U را به آهستگی تخلیه کنید تا محلول به بالاترین نشانه لوله برسد در این موقع شیر را ببندید و وقتی محلول به نشانه دوم لوله رسید کرنومتر را به کار اندازید و موقعی که به نشانه سوم لوله رسید آن را متوقف سازید و فاصله زمانی بین این دو نشانه را به ثانیه و حرارت محیط آزمایش را بر حسب درجه سانتیگراد یادداشت کنید

بتن الیافی Fiber Concrete

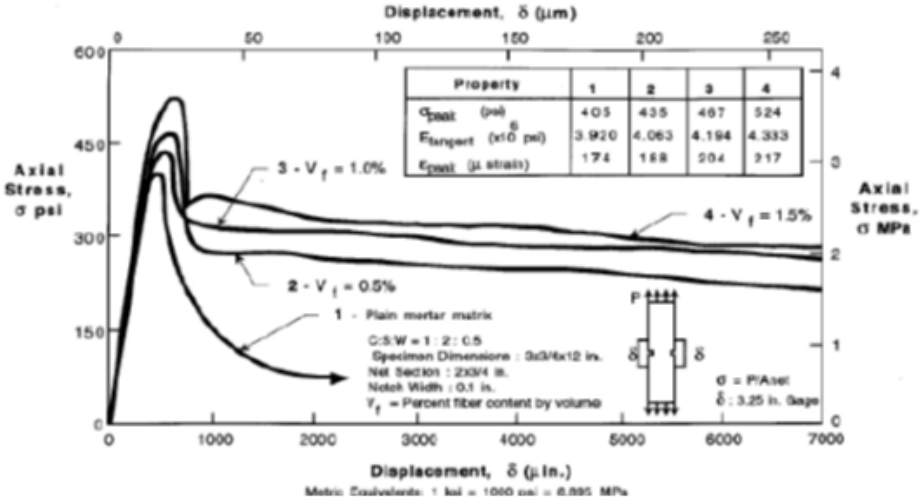
چکیده : بتن ساخته شده از سیمان هیدرولیکی، آب، شن و ماسه و الیاف تفکیک شده و مجزا، بتن الیافی نامیده می شود. الیاف در شکلها و انداز ههای متفاوت و از جنس فولاد، شیشه، مواد مصنوعی و مواد طبیعی مورد استفاده قرار م یگیرد.

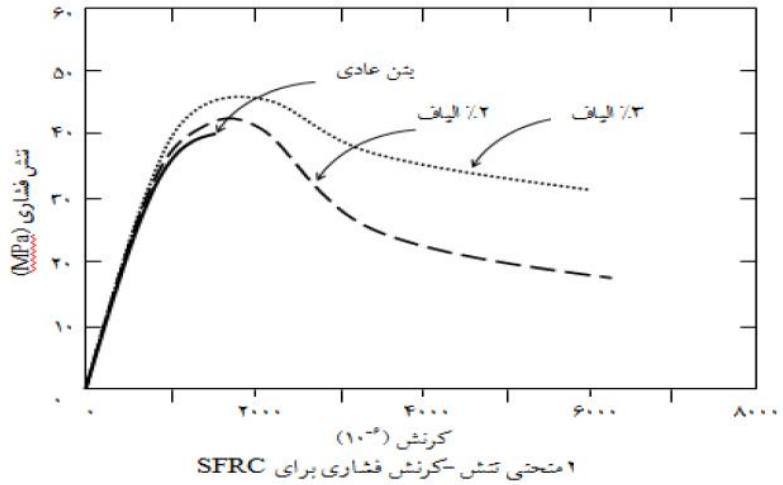
با این وجود، در بیشتر اعضای ساز های و غیرسازه ای، الیاف فولادی بیشتر از انواع دیگر الیاف استفاده م یشود.

بتن معمولی، دارای تعداد زیادی تر کهای مویین است که به دلیل توسعه سریع تر کهای مویین تحت تن شهای اعمال شده، مقاومت کششی بتن کم است. در ابتدا فرض می شد که با به کاربردن الیاف در فواصل نزدیک به یکدیگر، از توسعه تر کهای مویین جلوگیری شده و درنتیجه، مقاوم تهای کششی و خمشی بتن به میزان زیادی افزایش می یابد.

همچنین الیاف، شروع تر کهای کششی را به تأخیر انداخته و درنتیجه باعث افزایش مقاومت کششی بتن م یشود.

اما مطالعات نشان داده اند که استفاده از الیاف با حجم و اندازه های مختلف در ملات یا بتن باعث افزایش مقاومت آنها، ب همیزان زیاد نم یگردد. بااین وجود، پژوهشگران، بهبود زیادی را در رفتار بت نهای الیافی، در مرحلهٔ پس از تر کخوردگی پیدا کرده اند. به عبارت دیگر، علی رغم آنکه مقاومت نهایی کششی به میزان زیادی افزایش نم یابد، اما کرنش کششی درهنگام گسیختگی افزایش می یابد .درنتیجه، در مقایسه با بتن ساده، بت نهای الیافی سخ تترند و درمقابل ضربه مقاومت بیشتری دارند.





۲ منحنی تنش -کرنش فشاری برای SFRC

مکانیزم و ضرورت استفاده از الیاف در بتن

بتن الیافی، بعد از ایجاد اولین ترک در خمیر سیمان، بار وارده را تحمل م یکند، به شرط آنکه مقاومت الیاف در برابر بیرون کشیده شدن آنها در اولین ترک، بیش از بار در هنگام وقوع اولین ترک باشد. در مقطع ترک خورده، خمیر سیمان هیچ کششی را تحمل نمی کند و الیاف، تمام بار وارد بر مقطع مرکب را تحمل می کند. با افزایش بار بر روی مقطع مرکب، الیاف تمایل دارند که تن شهای اضافی را از طریق تن شهای پیوستگی به خمیر سیمان منتقل کنند.اگر این تن شهای پیوستگی از مقاومت پیوستگی بیشتر نگردد، در خمیر سیمان تر کهای دیگری نیز به وجود می آید. این روند ترک خوردگی تا آنجا ادامه می یابد که الیاف شکسته شوند و یا اینکه به علت ازبی نرفتن پیوستگی، الیاف از درون بتن بیرون کشیده شوند.

ترک در بتن، بدلائل مختلف)سازه ای یا غیر سازه ای(، عمدتًا ناشی از ضعف ذاتی بتن در کشش. الیاف از گسترش ترک جلوگیری می کند. یکپارچگی و شکل پذیری قابل توجهی فراهم می کند.آرماتور فقط در یک جهت خاص با نیروهای کششی مقابله می کند. در موارد متعددی جهت نیروهای کششی بطور دقیق معلوم نیست. الیاف در تمام بتن و در جهات مختلف با ایجاد کشش مقابله می کند.الیاف بطور تصادفی در بتن پخش می شوند.کاربرد الیاف در بتن بطور فراگیر از اوایل ۱۹۶۰ آغاز شد).در کشورهای صنعتی پیشرفته (در این دهه های اخیر، جنس و شکل الیاف و نحوه ساخت بتن الیافی بهبود یافته و کاربردهای آن فزونی یافته است. هم اکنون الیاف به عنوان مصالح ساختمانی به همراه بتن در اکثر کشورها به نحو چشمگیری استفاده می شود.

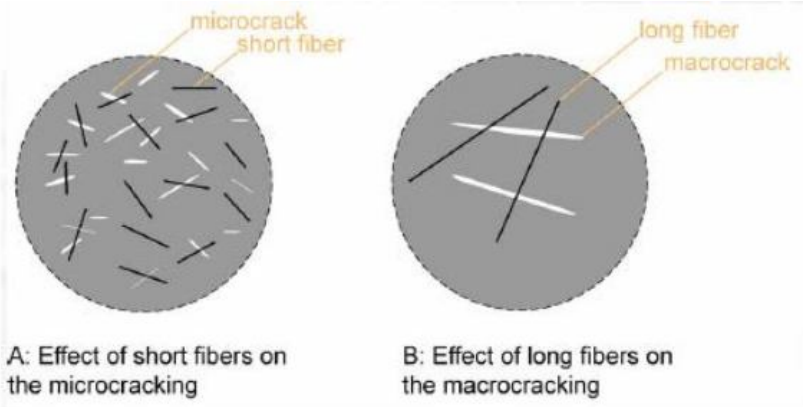
بهینه سازی الیاف

از نقطه نظر مواد و سازه ای، نقطه تعادل ظریفی در بهینه سازی پیوستگی بین الیاف و خمیر سیمان وجود دارد.

در صورتی که پیوستگی بین الیاف و خمیر سیمان ضعیف باشد، الیاف در نیروهای پایین بیرون کشیده شده و تاثیر چندانی در پرکردن فاصله بین ترکها نخواهند داشت، لذا سختی سیستم افزایش پیدا نخواهد کرد. اگر پیوستگی بین الیاف و خمیر سیمان بیش از حد قوی باشد، ممکن است عمده الیاف قبل از آنکه انرژی زیادی را مستهلک کنند، می شکنند. در حالت دوم الیاف مانند مواد اضافی غیر فعالی عمل می کنند که تاثیر قابل ملاحظه ای در بهبود خواص مکانیکی ندارند. برای پرکردن فضای بین ریز ترکها در مجموعه تحت بار و برای جلوگیری از تمرکز تنش بالا، لازم است تعداد زیادی الیاف کوتاه داشته باشیم. توزیع یکنواخت الیاف کوتاه می تواند مقاومت و شکل پذیری مجموعه را افزایش دهد.

اما الیاف بلند برای پرکردن فضای بین ترکهای بزرگ منفصل در نیروهای بالا لازم هستند.

با این وجود، درصد حجمی الیاف بلند می تواند بسیار کمتر از الیاف کوتاه باشد.



یکی از انواع طبقه بندی بتن الیافی بر مبنای نسبت الیاف در داخل بتن است:

–حجم کم :حجم الیاف در داخل بتن کمتر از ٪ ۱ است.

–حجم متوسط :حجم الیاف در داخل بتن بین ٪ ۱ و ٪ ۲ است.

–حجم بالا :حجم الیاف در داخل بتن بیش از ٪ ۲ است.

بتن با الیاف کم

در بتن با حجم کم الیاف که معمولا در دالها و روسازی بکار می روند، الیاف عموما به منظور کاهش جمع شدگی استفاده می شوند.
الیاف پراکنده مزیتهای عمده ای نسبت به آرماتور فلزی دارد:
الیاف به طور یکنواختی در سه بعد پخش شده و موجب توزیع متناسب باربری می شوند.
الیاف در مقایسه با آرماتور حساسیت کمتری نسبت به خوردگی دارند.
استفاده از الیاف می تواند هزینه های اجرایی مربوط به آرماتورگذاری را کاهش دهد.

بتن با الیاف متوسط

کاربرد این مقدار از الیاف موجب افزایش مدول گسیختگی، سختی، و مقاومت ضربه ای بتن می شود.
این نوع از بتن ها در انواع مختلف سیستمهای ساخت نظیر شات کریت کاربرد دارند.
کاربرد این نوع بتن در سازه هایی که نیاز به قابلیت جذب انرژی بالا، افزایش ظرفیت در برابر بیرون پریدگی بتن و افزایش مقاومت خستگی دارند کاربرد دارد.

بتن با الیاف بالا

کاربرد حجم زیادی از الیاف منجر به سختی کرنشی مجموعه می شود. به خاطر این بهبود رفتار، معمولا این ترکیبات به عنوان بتن مسلح الیافی توانمند (High-Performance Fiber-Reinforced Composites) شناخته می شوند.
در دهه گذشته و به واسطه پیشرفتهای به وجود آمده، نسل جدیدی از این مواد با عنوان بتن مسلح الیافی فوق توانمند شناخته می شوند. (Ultra-High-Performance Fiber-Reinforced Composites)

انواع الیاف

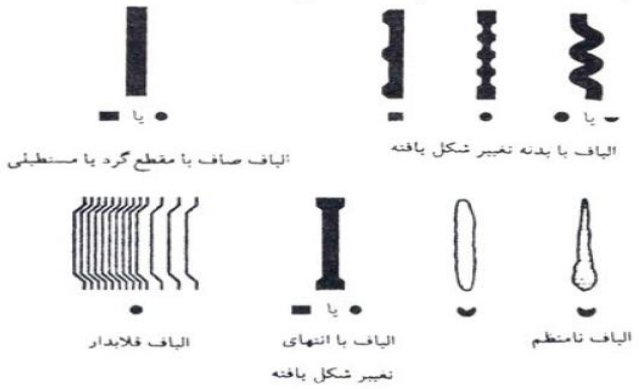
انواع بسیار متنوعی از الیاف در ساخت بتن الیافی در سطح آزمایشگاهی و تجاری به کار می روند که دسته بندی اصلی آنها به شرح زیر است:

- الیاف فولادی(SFRC)
- الیاف شیشه ای(GFRC)
- الیاف مصنوعی مثل ریون ، نایلون،پلی استر،پلیپروپیلن (SNFRC)
- الیاف طبیعی(NFRC)
  - الیاف کربن
  - الیاف ازبست
  - الیاف گیاهی
  - الیاف پشمهای معدنی مثل پشم کوهی ،سنگ و شیشه

انواع الیاف

نوع الیاف	مقاومت کششی (MPa)	مدول یانگ (10^3MPa)	افزایش طول نهایی (٪)	چگالی (gr/cm^3)
آکریلیک	۴۲۰ - ۲۱۰	۱/۲	۴۵ - ۲۴	۱/۱
آزبست	۹۸۰ – ۵۶۰	۱۴۰ - ۸۴	~۰/۶	۳/۲
کتان	۷۰۰ – ۴۲۰	۴/۹	۱۰ – ۳	۱/۵
شیشه	۳۸۵۰ – ۱۰۵۰	۷۰	۳/۵ – ۱/۵	۲/۵
نایلون (سختی زیاد)	۸۴۰ – ۷۷۰	۴/۲	۲۰ – ۱۶	۱/۱
پلی‌استر (سختی زیاد)	۸۷۵ – ۷۳۵	۸/۴	۱۳ – ۱۱	۱/۴
پلی‌اتیلن	~۷۰۰	۰/۴۲ – ۰/۱۴	~۱۰	۰/۹۵
پلی‌پروپیلن	۷۷۰ – ۵۶۰	۳/۵	~۲۵	۰/۹۰
ابریشم مصنوعی (ریون)	۶۳۰ – ۴۲۰	۷	۲۵ – ۱۰	۱/۵
پشم سنگ	۷۷۰ – ۴۶۰	۱۱۹ – ۷۰	~۰/۶	۲/۷
فولاد	۲۸۰۰ – ۲۸۰	۲۰۳	۳۵ - ۰/۵	۷/۸

Fiber Types	وزن مخصوص gr/cm^3	حداکثر تغییر طول (درصد)	مدول یانگ $kg/cm^2\ 10^3$	مقاومت کششی kg/cm^2	نوع الیاف
Acrylic	1.1	24-45	21.09	2110-4220	اکریلیک
Asbestos	3.2	0.6	843.7-1406.2	5625-9843	آزبست
Cotton	1.5	3-10	49.22	4219-7031	کتان
Glass	2.5	1.5-3.5	703.1	10547-38670	شیشه
Nylon (high tenacity)	1.1	16-20	42.2	7734-8437	نایلون خیلی سفت
Polyester (high tenacity)	1.4	11-13	84.37	7383-8789	پلی استر خیلی سفت
Polyethylene	0.95	10	1.41-4.22	7031	پلی اتیلن
Polypropylene	0.90	25	35.16	5625-7734	پلی پروپلین
Rayon (high tenacity)	1.5	10-25	70.31	4219-6328	ریون خیلی سفت
Rock wool	2.7	0.6	703.1-1195.3	4922-7734	پشم کوهی
Steel	7.8	0.5-35	2039	2812-28120	فولاد



نحوه ساخت الیاف فولادی

۱- کشیدن و بریدن سیم های فولادی

-الیاف سیمی

۲- نورد و برش ورق های فولادی

-الیاف برشی یا نواری

۳- با استفاده از مواد مذاب

-الیاف ریخته گری

۴-تراشیدن سطح ورق های فولادی با استفاده از دستگاه صفحه تراش

-الیاف ماشینی

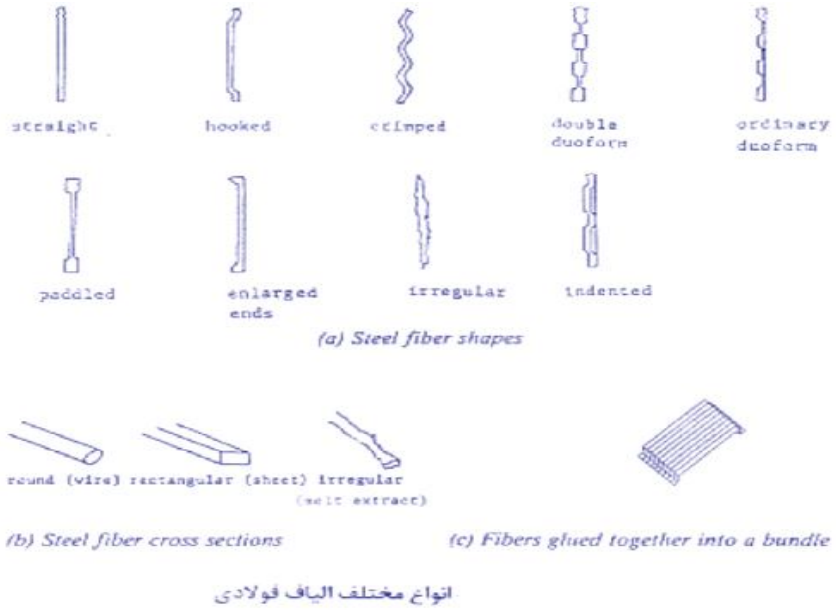
بیشترین کاربرد را الیاف فولادی دارند بدلائل:

(۱بیشترین افزایش مقاومت

(۲بیشترین افزایش شکل پذیری

(۳قابلیت تولید در اشکال گوناگون

(۴سهولت اختلاط با دیگر مواد بتن



انواع مختلف الیاف فولادی

بتن مسلح به الیاف شیشه:

پاشیدنی ماسه، سیمان، الیاف و آب و روان ساز و زودگیر قابل تنظیم توسط نازل 3- 6 mmضخامت مخلوط شده از قبل با سیمان، ماسه، الیاف و آب ملات ساخته می شود و سپس ریختن، قالب ریزی با فشار، اکسترود کردن یا با قالب لغزان محصول نهایی بدست می آید معمو لا تا 5% حجمی الیاف شیشه استفاده می شود .از روان ساز استفاده بعمل می آید.

بتن مسلح به الیاف پلی پروپلین پاشیدنی تا 6 درصد

مخلوط تا 11 درصد، استفاده از نسبت آب به سیمان بالا و سپس خارج کردن آب اضافی با مکش و فشار**(بتن مسلح به الیاف کربن:**

-بصورت تصادفی با الیاف بریده شده تکی.

-نیاز به مخلوط کن های ویژه بصورت دسته ای در جهت های خاص.

بتن مسلح به الیاف گیاهی:

–مخلوط کردن الیاف با ماتریس با آب نسبتًا زیاد، سپس خارج کردن آب اضافی با فشار

خواص بتن الیافی

جنس و شکل الیاف :الیاف با مقاومت بالاتر و الیاف غیرمستقیم فولادی بهبود بیشتری در رفتار بتن ایجاد می کنند

درصد الیاف :بستگی به جنس و نسبت طول به قطر دارد

نسبت طول به قطر معادل الیاف: بین 50 تا100

مقاومت زمینه بتن: مقاومت بالاتر بهبود بیشتر در رفتار بتن

اندازه، شکل و نحوه تهیه نمونه ها

اندازه و شکل مصالح سنگدانه ای

الیاف قبل از آغاز ترک خوردگی بتن تأثیر ناچیزی روی خواص مکانیکی دارند و تنش کمی به آنها وارد می شود.

الیاف هنگام شروع ترک خوردگی بتن تنش عمده ای تحمل می کنند و با ترک خوردن زمینه تنش، تنش بطور فزاینده ای به الیاف انتقال می یابد.

بطور کلی کیفیت بتن الیافی به عوامل زیر بستگی دارد:

-نسبت های مخلوط بتن

- مشخصات هندسی الیاف فولادی

- نسبت طول به قطر الیاف

-مهار مکانیکی و زبری سطح الیاف

- مشخصات فیزیکی و جنس الیاف فولادی

می توان گفت که تأثیر عمدهٔ الیاف، نه بر روی مقاومت بتن، بلکه بر روی طاقت خمشی آن است.

اساساً مزیت عمده بتن الیافی، بهبود طاقت خمشی(کل انرژی جذ بشده در هنگام شکست نمونه، در خمش)است.

به دلیل افزایش طاقت خمشی، مقاومت دربرابر خستگی و مقاومت دربرابر ضربه نیز به مقدار قاب لملاحظه ای افزایش می یابند.

مشخص شده است که حتی الیاف با مدول کم مانند نایلون و پلی پروپیلن در تولید اعضای بتنی پی شساخته در معرض ضربه شدید، بسیار مؤثر بود هاند، هر چند تعیین کمّی میزان افزایش مقاومت ضرب های انجام نشده است

درخصوص مقاومت، نشان داده شده است که افزودن الیاف به تیرهای بتن آرمه معمولی، عمر آن را دربرابر خستگی افزایش می دهد و تحت بارگذاری خستگی، عرض ترک کاهش می یابد. به طورکلی، مقاومت خستگی یک تیر مسلح به الیاف، درحدود ٪ ۹۰ مقاومت استاتیکی همان تیر تحت بارهای چرخه ای، با ۲ * ۱۰۶ دور بارگذاری می باشد، مشروط بر آنکه جهت اعمال بار چرخه ای تغییر نکند. اگر جهت اعمال بار چرخه ای کاملاً تغییر کند، مقاومت خستگی در حدود

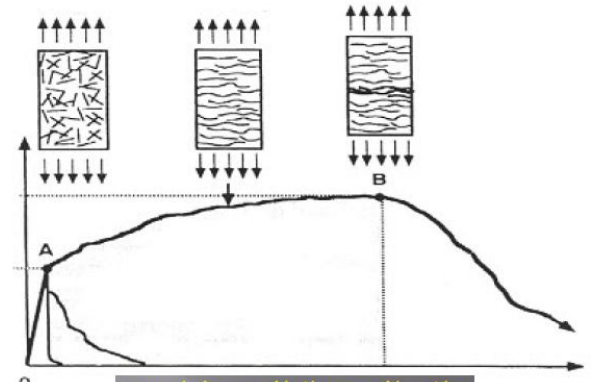
٪ ۷۰مقاومت استاتیکی تحت با چرخه ای، با همان تعداد دور بارگذاری خواهد بود.

کارآیی بتن مسلح به الیاف، از هر نوعی که باشد، تابع حجم الیاف در بتن است.

افزودن هر نوع الیاف به بتن ساده، از کارآیی آن می کاهد. ازآنجاکه وجود الیاف در بتن، پایداری توده بتن تازه را ب همیزان زیادی افزایش می دهد، لذا استفاده از آزمایش اسلامپ، برای تعیین کارآیی بتن الیافی مناسب نیست.

برای مثال، اگر به یک بتن با اسلامپ ۲۰۰ میلیمتر، به میزان ٪ ۱/۵ حجم آن، الیاف فولادی یا شیشه ای افزوده شود، اسلامپ مخلوط کاهش یافته و به حدود mm۲۵ می رسد. اما بااین حال، جای دادن و متراکم کردن بتن ازطریق ویبره کردن، می تواند رضایت بخش باشد، بنابراین، آزمایش و یبی (Vebe) برای سنجش کارآیی بتن الیافی مناس بتر است.

افزودن الیاف فولادی به بتن، اثر ناچیزی بر روی مدول ارتجاعی، جمع شدگی ناشی از خشک شدن و خزش فشاری داد. خزش کششی تاحدی کاهش می یابد، ولی اگر از الیاف کربنی خیلی قوی استفاده شود، خزش خمشی به مقدار زیادی کاهش می یابد. بااین وجود، در اکثر تحقیقات، الیاف، به دلیل حجم کم آن، فقط ب هعنوان یک مادۀ صلب درون خمیر عمل کرده است بدون آنکه اثر مهمی در پایداری ابعادی ماده مرکب داشته باشد. معمولاً بتن مسلح به الیاف، با مقدار زیاد سیمان و نسبت کم آب به سیمان ساخته می شود. اگر بتن حاوی الیاف فولادی به طور مطلوبی متراکم شده و عمل آوری شود، تا زمانی که الیاف توسط خمیر سیمان محافظت می شود، از دوام عالی برخوردار خواهد بود. در اکثر شرایط محیطی، به خصوص در محیط هایی که کلرید وجود دارد، امکان زنگ زدگی الیاف واقع در حوالی سطح بتن وجود دارد، اما الیاف واقع در بخش درونی بتن بدون خوردگی باقی می مانند به دلیل تهاجم شیمیایی قلیایی موجود در خمیر سیمان، الیاف شیشه ای معمولی را نم یتوان در بتن یا ملات با سیمان پرتلند استفاده کرد. زیرکُنیا و دیگر الیاف شیشه ای مقاوم دربرابر قلیا از دوام بهتری در محیط قلیایی برخوردارند، اما دیده شده است که حتی این نوع الیاف نیز به مرور زمان دچار آسیب تدریجی م یشوند. ب ههمین ترتیب، اکثر الیاف طبیعی، مانند کتان و پشم و بسیاری از پلیمرهای مصنوعی، در محیط قلیایی خمیر سیمان پرتلند دوام ندارند. از آنجا که بتن معمولا مقید است، ترک خوردگی در آن طبیعی است، اما وجود الیاف تاثیرات مختلفی در ترک خوردگی دارد: امکان تعدد ترک خوردگی(تعداد ترک ها بیشتر می شود) امکان انتقال تنش کششی در سطح ترکها وجود دارد، لذا مقاومت کششی بتن به محض ترک خوردگی از بین نمی رود. امکان انتقال تنش در مدت زمان طولانی وجود دارد، لذا امکان پرشدن/ترمیم ترک وجود دارد. یکی از تاثیرات مهم حضور الیاف در بتن این است که با وجودی که به کاهش جمع شدگی کمک زیادی نمی کنند، اما تعداد ترکهای بوجود آمده در اثرتنشهای کششی را افزایش می دهند.افزایش تعداد این ترکها به کاهش عرض متوسط آنها منجر می شود که از لحاظ دوام پدیده ای مطلوب است.



تاثیر افزودن الیاف بر رفتار بتن

مزایای بتن با الیاف فولادی

-مقاومت در مقابل تورق، سایش و هوازدگی سطح

- مقاومت زیاد در مقابل تنش های خستگی

- مقاومت بسیار عالی در مقابل ضربه

- قابلیت کششی خوب (ظرفیت زیاد کرنش کششی)

-قابلیت باربری زیاد بعد از ترک خوردگی

-مقاومت کششی، خمشی و برشی زیاد

مقاومت های خمشی متفاوتی حداقل ۲ تا ۳ برابر بدست می آید

بهبود خصوصیات بتن در اثر استفاده از الیاف شامل رفتارهای :

1) **فشاری**
2) **کششی**
3) **خمشی شدن**
4) **برشی ضربه**
5) **مقاومت سایش، فرسایش و کاویتاسیون**
6) **مقاومت خستگی**
7) **خزش و جمع شدگی**
8) **مقاومت در برابر یخ زدن و آب**
9) **عملکرد تحت بار دینامیکی و**
10) **دوام**

از مزایای دیگر بتن الیافی مقاومت در برابر بارهای ضربه ای وانفجاری ، سایش، افزایش طاقت و مدول الاستیسیته بتن و مقاومت در وضعیتهای پیچیده تنش می باشد.

رفتار فشاری

افزایش مقاومت بین ۰ تا ۴۰ درصد، افزایش کمتر با الیاف مستقیم فولادی، افزایش قابل توجه با الیاف غیرمستقیم.

شکل پذیری بسیار بیشتر.

قابلیت جذب انرژی بیسار بیشتر تحت بارهای استاتیکی و دینامیکی.

جلوگیری از شکست ترد ، ناگهانی و انفجار آمیز به ویژه در بتن با مقاومت بالا.

رفتار کششی

افزایش مقاومت کششی بتن الیافی فولادی

تا ۴۰ درصد در کشش مستقیم و تا ۱۰۰ درصد در کشش برزیلی.

- قابلیت جذب انرژی چندین برابر بتن ساده.

-۷۰درصد افزایش در مقاومت کششی بتن الیافی کربنی با پخش تصادفی الیاف.

-۴۰۰درصد افزایش در مقاومت کششی بتن الیافی کربنی با الیاف جهت داده شده.

رفتار خمشی

-تأثیر بیشتر الیاف روی رفتار خمشی بتن در مقایسه با فشار و کشش.

–افزایش تا ۱۰۰ درصد در مقاومت خمشی

مقاومت سایش، فرسایش و کاویتاسیون

بتن الیافی فولادی، دارای مقاومت بالا در برابر فرسایش و نیروهای ایجاد کننده کاویتاسیون و سایش از ضربه یا جریان آب با سرعت بالا توسط نخاله های تند روی معلق در آب.

مقاومت خستگی

- افزایش عمر خستگی بتن در حضور الیاف و کاهش عرض ترک.
- کاهش تغییر مکان

خزش و جمع شدگی

- کاهش تعداد ترکهای بزرگ و مخرب، و عرض ترک ناشی از خزش.
- کاهش قابل ملاحظه در کرنش جمع شدگی و عرض ترکها و کنترل خوردگی آرماتور.

مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن

الیاف تأثیر کم دارند، بهترین روش استفاده از حباب هوا است

عملکرد تحت بار دینامیکی و ضربه

- ضربه ناشی از موشکها و پرتابه ها ، تندبادها ، زمین لرزه ، وزنه های افتادن و ارتعاش ناشی از ماشین آلات.

–سطح زیر منحنی بار -تغییر مکان قابل توجه (قابلیت جذب انرژی بالا).

–افزایش مقاومت ضربه ای.

–جلوگیری از پراکنده شدن کامپوزیت به قطعات کوچکتر پس از ضربه.

دوام

بتن با دوام بتنی است که به نحو مقتضی اختلاط آن طراحی، ریخته، متراکم و بعمل آورده شده است.

–عدم خوردگی الیاف فولادی :تاکنون گزارشی در رابطه با شکست عضو سازه ای یا کاهش عمده در باربری آن ناشی از خوردگی فولاد ارائه نشده است.

–جلوگیری از خوردگی میلگرد فولادی به دلیل کاهش قابل توجه عرض ترک.

–الیاف شیشه را معمو لا مقاوم در برابر محیط های قلیایی است لیکن مقاومت و نرمی بتن مسلح به الیاف شیشه در طی زمان در محیط قلیایی کاهش می یابد و پس از یک زمان مشخص تقریبا ثابت می ماند.

تأثیر جهت الیاف

-جهت دهی الیاف فولادی با استفاده از یک میدان مغناطیسی در زمان ویبره کردن کامپوزیت در حالت پلاستیک، افزایش مقاومت خمشی در یک یا چند جهت خاص.

–عمدتًا الیاف شیشه و کربن در یک یا چند جهت خاص در کامپوزیت بتن شکل داده می شود.

–الیاف فولادی و پلی پروپیلن و گیاهی اساسًا بصورت تصادفی پخش می شوند.

تاثیر استفاده از الیاف در تیرها:

–**خمش:** افزایش چند درصد در مقاومت خمشی تیرهای مسلح به آرماتور در حضور الیاف فولادی و یا هرگونه الیاف دیگر.

–**اتصالات تیر -ستون:** افزایش قابل توجه در قابلیت جذب انرژی و نرمی.

–**برش**: از الیاف فولادی می توان در تیرهای بتن مسلح به آرماتور به جای خاموتهای قائم برشی در مناطق غیر لرزه خیز استفاده کرد.

–**برش پانچ در دالها:** الیاف مقاومت برشی پانچ را تا 42 درصد افزایش می دهند.

–**کلید برشی:** افزایش قابل توجه در مقاومت و بویژه شکل پذیری .برای مثال با 1 درصد الیاف فولادی مقدار مقاومت و قابلیت جذب انرژی به ترتیب 40 درصد و 1100 درصد افزایش می یابند.

دوام خواص بتن الیافی

همه تمهیدات لازم برای افزایش دوام بتن معمولی در مورد بتن الیافی نیز صادق است.

هوازایی به منظور افزایش دوام در برابر چرخه های یخ زدن/آب شدن ضروری است.

نتایج تحقیقات نشان می دهد در صورتی که مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن بیش از ۲۱ مگاپاسکال بوده و ملاحظات مربوط به حداکثر نسبت آب به سیمان و تراکم بتن رعایت شده باشد، زنگ زدگی الیاف به سطح رویین بتن

محدود می شود و از عمق ۲/۵ میلیمتر فراتر نمی رود(بتن بدون ترک) اما اگر بتن الیافی ترک خورده باشد، قرارگیری در محیطهای حاوی یون کلراید می تواند منجر به خوردگی الیاف فلزی شود. با این وجود، ترک های با عرض کمتر از ۰/۱ میلیمتر موجب خوردگی الیاف فلزی نمی شود. عمده تحقیقات انجام شده بر روی خوردگی الیاف فلزی در محیهای اشباع شده با یون کلر(آزمایشگاه یا محیطهای دریایی)انجام شده و عملکرد بتن الیافی در سایر محیطها با غلظت کمتر نیاز به بررسی دارد.

طرح اختلاط بتن الیافی

بتن مسلح به الیاف فولادی معمولاً با مقدار مقاومت و الیاف مشخص گردد. غالباً، در صورت استفاده از این نوع بتن ها در دال کف، مقاومت خمشی و درصورت استفاده از آنها ب هعنوان بتن ساز های، مقاومت فشاری آنها مشخص م یشود.

معمولاً، یا مقاومت خمشی نمونهٔ ۲۸ روزهٔ این نوع بتن ها در حدود ۵ تا۱۰ مگاپاسکال و یا مقاومت فشاری نمونهٔ ۲۸ روزهٔ آنها در حدود حدود ۳۴ تا۴۸ مگاپاسکال در مشخصات قید می شود. میزان مصرف الیاف در بتن با وزن معمولی، که در مشخصات تعیین شده است، بین(kg/m۳۳۰ یا ٪ ۰/۳۸ حجمی)، تا(kg/m۳۲۲۰ یا ٪ ۲ حجمی)متغیر

است. توصیه شده است که از سنگدانه های بزرگ تر از ۱۹ میلیمتر برای ساخت بتن مسلح به الیاف فولادی استفاده نگردد، هر چند که کاربرد الیاف در بتنی با حداکثر اندازه سنگدانه ۳۸ میلیمتر نیز گزارش شده است. برای آنکه کارآیی مناسب بتن های الیافی ب هدست آید، می توان از مواد افزودنی روان کننده، حباب زا و یا از میزان سیمان بیشتر(با پوزولان یا بدون آن)

استفاده

طرح اختلاط بتن الیافی

مصالح	ملات	حداکثر اندازه سنگدانه ۹/۵mm	حداکثر اندازه سنگدانه ۱۹mm
سیمان (kg/m^3)	۷۱۰-۴۱۵	۵۹۰-۳۵۵	۵۳۵-۲۹۵
نسبت آب به سیمان	۰/۴۵ – ۰/۳۰	۰/۴۵ – ۰/۳۵	۰/۵۰ – ۰/۴۰
درصد ریزدانه به درشت‌دانه	۱۰۰	۶۰ - ۴۵	۵۵ - ۴۵
درصد هوا با ماده حباب زا	۱۰ – ۷	۷ – ۴	۶ - ۴
درصد حجمی الیاف			
الیاف فولادی آجدار	۱ – ۰/۵	۰/۹ – ۰/۴	۰/۸ – ۰/۳
الیاف فولادی صاف	۲ – ۱	۱/۸ – ۰/۹	۱/۶ – ۰/۸
الیاف شیشه	۵ – ۲	۱/۲ – ۰/۳	-

ساخت بتن الیافی

بتن الیافی فولادی - درصد بهینه الیاف بین ۰.۵ تا ۲ درصد حجمی با توجه به مقاومت، نرمی و کارآیی بتن پاشی با الیاف فولادی بصورت تر یا خشک تا ۲ درصد حجمی الیاف. روش ساخت بتن مسلح به الیاف فولادی، همانند بتن معمولی است.

۱- جلوگیری از گلوله ای شدن. ۲- پخش یکنواخت الیاف. ۳- ایجاد مخلوط کارا جهت ریختن، تراکم و پرداخت.

احتمال گلوله ای شدن در بتن الیافی پلی پروپلین، شیشه و کربن بیش از فولاد است.
پخش شدن یکنواخت الیاف فولادی در داخل مخلوط بتن از اهمیت زیادی برخوردار است.
این عمل می تواند در حین توزین اجزای بتن و یا حین مخلوط کردن بتن انجام شود.
شیوه های متعددی در عمل پیاده شده اند که دو مورد کاربرد بیشتری دارند:

۱- اضافه کردن الیاف به بتن در حین اختلاط ۲ - اضافه کردن الیاف به سنگدانه

در روش اول، بعد از آنکه همه اجزا بتن مخلوط شدند، الیاف به بتن اضافه می شود.
اضافه شدن باید با نرخ ۴۵ کیلوگرم بر دقیقه و در حالی که مخلوط کن با حداکثر سرعت در حال دوران است انجام شود.
الیاف نباید به صورت به هم چسبیده اضافه شوند.
بعد از اضافه شدن کل الیاف، دور مخلوط کن کند شده و برای ۴۰ تا۵۰ دوران دیگر ادامه پیدا کند.
در روش دوم، الیاف به سنگدانه ها اضافه می شود.
این اضافه شدن می تواند پیش از ورود سنگدانه ها به داخل مخلوط کن و یا بعد از توزین آنها انجام شود.
اضافه کردن الیاف می تواند به صورت دستی و یا از طریق تسمه نقاله انجام شود.
جریان طبیعی سنگدانه ها به بیرون از ترازوی توزین موجب پخش شدن الیاف می شود.

کاربردهای بتن الیافی

-دالها، عرشه پلها ، روسازی پارکینگها ، روکشها ، محیطهای در معرض کاویتاسیون و فرسایش
- دالهای روی بستر /جهت جلوگیری از شکستهای ناشی از بارهای دینامیکی و متمرکز و ترکهای ناشی از بار و غیر آن) حرارت و جمع شدگی (، جایگزین دالهای مسلح به آرماتور در اکثر موارد.

- روسازی های جاده ها، پیاده روها، فرودگاه و بویژه سالنهای صنعتی.
- مناسب برای عبور و مرور اتوبوسهای سنگین، ماشین های با چرخ های فولالادی.
- مناسب برای دندانه های فولادی تانک یا محل احتمالی وزنه های افتان.

-60درصد نسبت به دالهای بتنی غیر مسلح – - .ضخامت حدود75
-75درصد نسبت به دالهای بتنی مسلح به میلگرد – - .ضخامت حدود85
–روسازی های نازکتر در فرودگاهها ، حدود 25 تا 40 درصد کمتر از بتن غیر مسلح و با فاصله درزهای اجرایی بیشتر

- تعمیرات
- صنایع نظامی
- سازه های هیدرولیکی
- بتن پاشیدنی یا شاتکریت

بتن ساخته شده از سیمان هیدرولیکی، آب، شن و ماسه و الیاف تفکیک شده و مجزا، بتن الیافی نامیده میشود.
الیاف در شکل ها و اندازه های متفاوت و از جنس فولاد، شیشه، مواد مصنوعی و مواد طبیعی مورد استفاده قرار می گیرد.با این وجود، در بیشتر اعضای سازه ای و غیرسازه ای، الیاف فولادی بیشتر از انواع دیگر الیاف استفاده می شود.
بتن معمولی، دارای تعداد زیادی تر ک های مویین است که به دلیل توسعه سریع ترک های مویین تحت تنش های اعمال شده، مقاومت کششی بتن کم است. در ابتدا فرض می شد که با به کاربردن الیاف در فواصل نزدیک به یکدیگر، از توسعه ترک های مویین جلوگیری شده و درنتیجه، مقاومت های کششی و خمشی بتن به میزان زیادی افزایش می یابد.
همچنین الیاف، شروع ترک هایی کششی را به تأخیر انداخته و درنتیجه باعث افزایش مقاومت کششی بتن میشود.
اما مطالعات نشان داده اند که استفاده از الیاف با حجم و اندازه های مختلف در ملات یا بتن باعث افزایش مقاومت آنها، به میزان زیاد نمی گردد. با این وجود، پژوهشگران، بهبود زیادی را در رفتار بتن های الیافی، در مرحله پس از ترک خوردگی پیدا کرده اند.

به عبارت دیگر، علی رغم آنکه مقاومت نهایی کششی به میزان زیادی افزایش نمی یابد، اما کرنش کششی درهنگام گسیختگی افزایش می یابد. درنتیجه، در مقایسه با بتن ساده، بتن های الیافی سخت ترند و درمقابل ضربه مقاومت بیشتری دارند.

- مکانیزم عمل
- بهینه سازی الیاف
- طبقه بندی
- بتن با الیاف کم
- بتن با الیاف متوسط
- بتن با الیاف بالا
- انواع الیاف
- خواص بتن الیافی
- دوام خواص بتن الیافی
- طرح اختلاط بتن الیافی

بتن ساخته‌شده از سیمان هیدرولیکی، آب، شن و ماسه و الیاف تفکیک شده و مجزا، بتن الیافی نامیده می‌شود. الیاف در شکل‌ها و اندازه‌های متفاوت و از جنس فولاد، شیشه، مواد مصنوعی و مواد طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این‌وجود، در بیشتر اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای، الیاف فولادی بیشتر از انواع دیگر الیاف استفاده می‌شود. بتن معمولی، دارای تعداد زیادی ترک‌های مویین است که به‌دلیل توسعه سریع ترک‌های مویین تحت تنش‌های اعمال‌شده، مقاومت کششی بتن کم است. در ابتدا فرض می‌شد که با به‌کاربردن الیاف در فواصل نزدیک به یکدیگر، از توسعه ترک‌های مویین جلوگیری شده و در نتیجه، مقاومت‌های کششی و خمشی بتن به‌میزان زیادی افزایش می‌یابد. همچنین الیاف، شروع ترک‌های کششی را به تأخیر انداخته و در نتیجه باعث افزایش مقاومت کششی بتن می‌شود. اما مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از الیاف با حجم و اندازه‌های مختلف در ملات یا بتن باعث افزایش مقاومت آن‌ها، به‌میزان زیاد نمی‌گردد. با این وجود، پژوهشگران، بهبود زیادی را در رفتار بتن‌های الیافی، در مرحله پس از ترک‌خوردگی پیدا کرده‌اند. به عبارت دیگر، علی‌رغم آنکه مقاومت نهایی کششی به میزان زیادی افزایش نمی‌یابد، اما کرنش کششی در هنگام گسیختگی افزایش می‌یابد. در نتیجه، در مقایسه با بتن ساده، بتن‌های الیافی سخت‌ترند و در مقابل ضربه مقاومت بیشتری دارند.

مکانیزم عمل

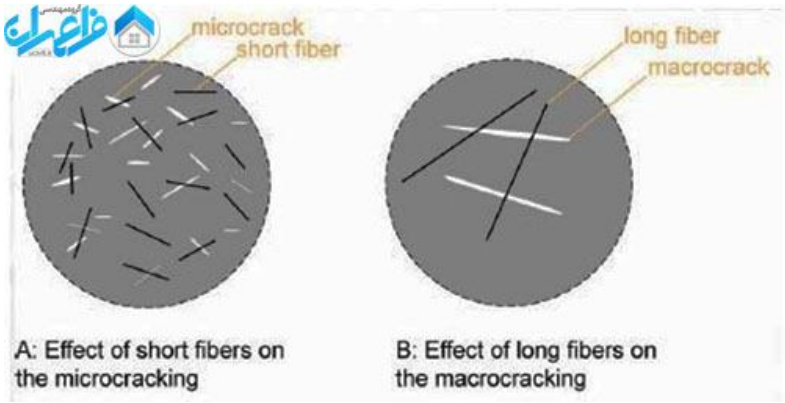
بتن الیافی ، بعد از ایجاد اولین ترک در خمیر سیمان، بار وارده را تحمل می‌کند، به‌شرط آنکه مقاومت الیاف در برابر بیرون کشیده‌شدن آن‌ها در اولین ترک، بیش از بار در هنگام وقوع اولین ترک باشد. در مقطع ترک‌خورده، خمیر سیمان هیچ کششی را تحمل نمی‌کند و الیاف، تمام بار وارد بر مقطع مرکب را تحمل می‌کند. با افزایش بار بر روی مقطع مرکب، الیاف تمایل دارند که تنش‌های اضافی را از طریق تنش‌های پیوستگی به خمیر سیمان منتقل کنند. اگر این تنش‌های پیوستگی از مقاومت پیوستگی بیشتر نگردد، در خمیر سیمان ترک‌های دیگری نیز به وجود می‌آید. این روند ترک‌خوردگی تا آنجا ادامه می‌یابد که الیاف شکسته شوند و یا اینکه به علت از بین رفتن پیوستگی، الیاف از درون بتن بیرون کشیده می شوند.

شکل ۲ – بتن الیافی

بهینه سازی الیاف

از نقطه نظر مواد و سازه‌ای، نقطه تعادل ظریفی در بهینه سازی پیوستگی بین الیاف و خمیر سیمان وجود دارد. در صورتی که پیوستگی بین الیاف و خمیر سیمان ضعیف باشد، الیاف در نیرو های پایین بیرون کشیده شده و تاثیر چندانی در پرکردن فاصله بین ترک‌ها نخواهند داشت، لذا سختی سیستم افزایش پیدا نخواهد کرد. اگر پیوستگی بین الیاف و خمیر سیمان بیش از حد قوی باشد، ممکن است عمده الیاف قبل از آنکه انرژی زیادی را مستهلک کنند، می‌شکنند.

در حالت دوم الیاف مانند مواد اضافی غیر فعالی عمل می‌کنند که تاثیر قابل ملاحظه‌ای در بهبود خواص مکانیکی ندارند. برای پرکردن فضای بین ریز ترک‌ها در مجموعه تحت بار و برای جلوگیری از تمرکز تنش بالا، لازم است تعداد زیادی الیاف کوتاه داشته باشیم. توزیع یکنواخت الیاف کوتاه می‌تواند مقاومت و شکل پذیری مجموعه را افزایش دهد. اما الیاف بلند برای پرکردن فضای بین ترک های بزرگ منفصل در نیروهای بالا لازم هستند. با این وجود، درصد حجمی الیاف بلند می‌تواند بسیار کمتر از الیاف کوتاه باشد.



شکل ۳ – تاثیر الیاف ها بر ترک های میکروسکوپیک و ماکروسکوپیک

انواع بتن الیافی

یکی از انواع طبقه بندی بتن الیافی بر مبنای نسبت الیاف در داخل بتن است:

–حجم کم: حجم الیاف در داخل بتن کمتر از ٪۱ است.

–حجم متوسط: حجم الیاف در داخل بتن بین ٪۱ و ٪۲ است.

–حجم بالا: حجم الیاف در داخل بتن بیش از ٪۲ است.

بتن با الیاف کم

در بتن با حجم کم الیاف، که معمولا در دال‌ها و روسازی بکار می‌روند، الیاف عموما به منظور کاهش جمع شدگی استفاده می‌شوند. الیاف پراکنده مزیت های عمده‌ای نسبت به آرماتور فلزی دارد:

- الیاف به طور یکنواختی در سه بعد پخش شده و موجب توزیع متناسب باربری می‌شوند.
- الیاف در مقایسه با آرماتور حساسیت کمتری نسبت به خوردگی دارند.
- استفاده از الیاف می‌تواند هزینه‌های اجرایی مربوط به آرماتورگذاری را کاهش دهد.

بتن با الیاف متوسط

کاربرد این مقدار از الیاف موجب افزایش مدول گسیختگی، سختی، و مقاومت ضربه‌ای بتن می‌شود. این نوع از بتن‌ها در انواع مختلف سیستم های ساخت نظیر شات کریت کاربرد دارند. کاربرد این نوع بتن الیافی ، در سازه‌هایی که نیاز به قابلیت جذب انرژی بالا، افزایش ظرفیت در برابر بیرون پریدگی بتن و افزایش مقاومت خستگی دارند کاربرد دارد.

بتن با الیاف بالا

کاربرد حجم زیادی از الیاف منجر به سختی کرنشی مجموعه می‌شود. به خاطر این بهبود رفتار، معمولا این ترکیبات به عنوان بتن مسلح الیافی توانمند (High-Performance Fiber-Reinforced Composites) شناخته می‌شوند. در دهه گذشته و به واسطه پیشرفت های به وجود آمده، نسل جدیدی از این مواد با عنوان بتن مسلح الیافی فوق توانمند شناخته می‌شوند . (Ultra-High-Performance Fiber-Reinforced Composites)

خواص بتن الیافی

می‌توان گفت که تأثیر عمده الیاف، نه بر روی مقاومت بتن، بلکه بر روی طاقت خمشی آن است. اساساً مزیت عمده بتن الیافی، بهبود طاقت خمشی (کل انرژی جذب‌شده در هنگام شکست نمونه، در خمش) است. به دلیل افزایش طاقت خمشی، مقاومت در برابر خستگی و مقاومت در برابر ضربه نیز به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابند. مشخص شده است که حتی الیاف با مدول کم مانند نایلون و پلی پروپیلن در تولید اعضای بتنی پیش‌ساخته در معرض ضربه شدید، بسیار مؤثر بوده‌اند، هر چند تعیین کمّی میزان افزایش مقاومت ضربه‌ای انجام نشده است. درخصوص مقاومت، نشان داده شده است که افزودن الیاف به تیرهای بتن‌آرمه معمولی، عمر آن را در برابر خستگی افزایش می‌دهد و تحت بارگذاری خستگی، عرض ترک کاهش می‌یابد. اگر جهت اعمال بار چرخه‌ای کاملاً تغییر کند، مقاومت خستگی در حدود ٪۷۰ مقاومت استاتیکی تحت بار چرخه‌ای، با همان تعداد دور بارگذاری خواهد بود. کارآیی بتن مسلح به الیاف، از هر نوعی که باشد، تابع حجم الیاف در بتن است. افزودن هر نوع الیاف به بتن ساده، از کارآیی آن می‌کاهد. از آنجا که وجود الیاف در بتن، پایداری توده بتن تازه را به میزان زیادی افزایش می‌دهد، لذا استفاده از آزمایش اسلامپ، برای تعیین کارآیی بتن الیافی مناسب نیست. برای مثال، اگر به یک بتن با اسلامپ ۲۰۰میلی‌متر، به میزان ٪۱/۵حجم آن، الیاف فولادی یا شیشه‌ای افزوده شود، اسلامپ مخلوط کاهش‌یافته و به حدود ۲۵ mmمی‌رسد. اما با این حال، جای دادن و متراکم کردن بتن از طریق ویبره کردن، می‌تواند رضایت‌بخش باشد، بنابراین، آزمایش وی‌بی (Vebe) برای سنجش کارآیی بتن الیافی مناسب‌تر است.افزودن الیاف فولادی به بتن، اثر ناچیزی بر روی مدول ارتجاعی، جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن و خزش فشاری داد. خزش کششی تا حدی کاهش می‌یابد، ولی اگر از الیاف کربنی خیلی قوی استفاده شود، خزش خمشی به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. با این وجود، در اکثر تحقیقات، الیاف، به دلیل حجم کم آن، فقط به عنوان یک ماده صلب درون خمیر عمل کرده است بدون آن که اثر مهمی در پایداری ابعادی ماده مرکب داشته باشد.معمولاً بتن مسلح به الیاف، با مقدار زیاد سیمان و نسبت کم آب به سیمان ساخته می‌شود. اگر بتن حاوی الیاف فولادی به طور مطلوبی متراکم شده و عمل آوری شود، تا زمانی که الیاف توسط خمیر سیمان محافظت می‌شود، از دوام عالی برخوردار خواهد بود. در اکثر شرایط محیطی، به خصوص در محیط‌هایی که کلرید وجود دارد، امکان زنگ‌زدگی الیاف واقع در حوالی سطح بتن وجود دارد، اما الیاف واقع در بخش درونی بتن بدون خوردگی باقی می‌مانند. به دلیل تهاجم شیمیایی قلیایی موجود در خمیر سیمان، الیاف شیشه‌ای معمولی را نمی‌توان در بتن

یا ملات با سیمان پرتلند استفاده کرد. زیرکُنیا و دیگر الیاف شیشه‌ای مقاوم در برابر قلیا از دوام بهتری در محیط قلیایی برخوردارند، اما دیده شده است که حتی این نوع الیاف نیز به مرور زمان دچار آسیب تدریجی می‌شوند. به همین ترتیب، اکثر الیاف طبیعی، مانند کتان و پشم و بسیاری از پلیمرهای مصنوعی، در محیط قلیایی خمیر سیمان پرتلند دوام ندارند. از آنجا که بتن معمولا مقید است، ترک خوردگی در آن طبیعی است، اما وجود الیاف تاثیرات مختلفی در ترک خوردگی دارد:

–امکان تعدد ترک خوردگی (تعداد ترک‌ها بیشتر می‌شود –(امکان انتقال تنش کششی در سطح ترک‌ها وجود دارد، لذا مقاومت کششی بتن به محض ترک خوردگی از بین نمی‌رود. –امکان انتقال تنش در مدت زمان طولانی وجود دارد، لذا امکان پرشدن/ترمیم ترک وجود دارد. یکی از تاثیرات مهم حضور الیاف در بتن این است که با وجودی که به کاهش جمع شدگی کمک زیادی نمی‌کنند، اما تعداد ترک های بوجود آمده در اثر تنش های کششی را افزایش می‌دهند. افزایش تعداد این ترک‌ها به کاهش عرض متوسط آن‌ها منجر می‌شود که از لحاظ دوام پدیده‌ای مطلوب است.

ساخت بتن الیافی

پخش شدن یکنواخت الیاف فولادی در داخل مخلوط بتن از اهمیت زیادی برخوردار است. این عمل می‌تواند در حین توزین اجزای بتن و یا حین مخلوط کردن بتن انجام شود. شیوه‌های متعددی در عمل پیاده شده‌اند که دو مورد کاربرد بیشتری دارند:

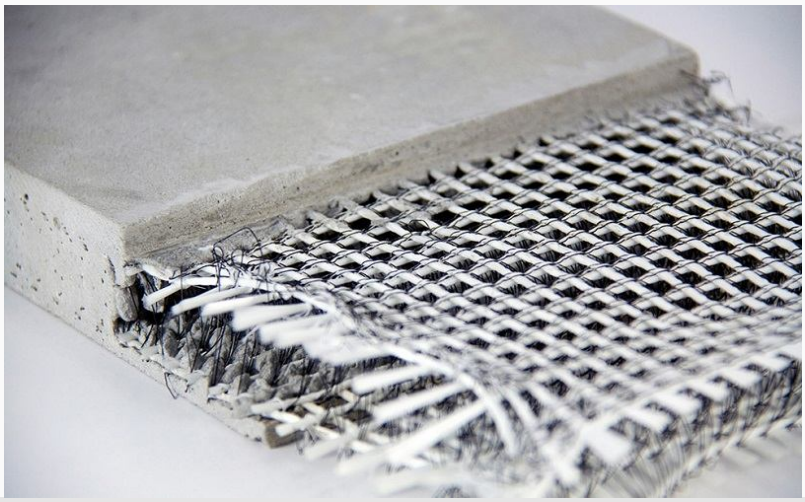
–اضافه کردن الیاف به بتن در حین اختلاط

–اضافه کردن الیاف به سنگدانه

در روش اول، بعد از آنکه همه اجزا بتن مخلوط شدند، الیاف به بتن اضافه می‌شود. اضافه شدن باید با نرخ ۴۵ کیلوگرم بر دقیقه و در حالی که مخلوط کن با حداکثر سرعت در حال دوران است انجام شود. الیاف نباید به صورت به هم چسبیده اضافه شوند. بعد از اضافه شدن کل الیاف، دور مخلوط کن کند شده و برای ۴۰ تا ۵۰ دوران دیگر ادامه پیدا کند.

در روش دوم، الیاف به سنگدانه‌ها اضافه می‌شود. این اضافه شدن می‌تواند پیش از ورود سنگدانه‌ها به داخل مخلوط کن و یا بعد از توزین آن‌ها انجام شود. اضافه کردن الیاف می‌تواند به صورت دستی و یا از طریق تسمه نقاله انجام شود. جریان طبیعی سنگدانه‌ها به بیرون از ترازوی توزین موجب پخش شدن الیاف می‌شود.

در زمان‌های گذشته، از الیاف جهت تقویت ملات‌های ترد و شکننده استفاده می‌شد که مشهورترین و پرطرفدارترین به علت ارزانی‌کاه است. برای تقویت آجرهای خشتی و ملات کاهگل در اندودها در قبال ترک خوردگی که بعد از خشک شدن به وجود می‌آید، به کار رفته و در حال حاضر نیز ارزانترین نوع ملات در مناطق روستایی کشور است. استفاده از کاه و مخصوصاً موی دم اسب یا بز در بناهای قدیمی ایران به خصوص گنبدها سابقه طولانی و تاریخی دارد. کاربرد الیاف فولادی از اواسط قرن اخیر آغاز شده و تاریخ دقیقی در مورد استفاده از این روش در دسترس نیست ولی افراد مختلف با استفاده از روش‌های متفاوتی نظیر کاربرد تکه‌های سیم یا بریده‌های فلز در داخل بتن، امتیاز این نوع روش را به نام خود به ثبت رسانده‌اند.



بتن الیافی

بتن الیافی در حقیقت نوعی کامپوزیت است که با به کارگیری الیاف تقویت کننده داخل مخلوط بتن، مقاومت کششی و فشاری آن، فوق‌العاده افزایش می‌یابد. این ترکیب کامپوزیتی، یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده از بتن به عنوان یک ماده شکل پذیر جهت تولید سطوح مقاوم پرانحنا را فراهم می‌آورد. بتن الیافی از قابلیت جذب انرژی بالایی نیز برخوردار است و تحت اثر بارهای ضربه‌ای به راحتی از هم پاشیده نمی‌شود. شاهد تاریخی این فناوری، کاربرد کاهگل در بنای ساختمان است. در واقع بتن الیافی نوع پیشرفته این تکنولوژی است که الیاف طبیعی و مصنوعی جدید، جانشین کاه و سیمان جانشین گل به کار رفته در ترکیب کاهگل شده‌اند. به طور مثال در ساخت کف سالن‌های صنعتی، می‌توان از این نوع بتن به جای بتن آرماتوری متداول سود جست این نوع بتن از بهترین مصالح مورد استفاده در ساخت بناهای مقاوم به ضربه، همچون سازه پناهگاه‌ها و انبارهای نگهداری مواد منفجره به شمار می‌رود و بنای شکل گرفته از بتن، قابلیت فوق العاده‌ای در جذب انرژی ضربه دارد.

نقش الیاف در بتن

مزایا و نقش مهم الیاف در بتن الیافی باعث شده که مورد علاقه اکثر مهندسین و طراحان قرار بگیرد. امکان بکارگیری در اکثر مناطق جغرافیایی، استفاده از متریال طبیعی و ارزان، دارای هزینه کم در مقایسه با حجم زیاد عملیات و شکل پذیری آن با توجه به اشکال هندسی طرح و کارایی مناسب و مقاومت بسیار بالا و مقاوم در برابر نیروهای فشاری و کششی و قابلیت جذب انرژی و پایداری در برابر ترک خوردن، از ویژگی‌های بارز این نوع بتن است.

طبقه بندی کاربردی بتن الیافی

- با الیاف کم جهت کاهش میزان جمع شدگی در بتن (٪۱> حجم الیاف)
- با الیاف متوسط یا بتن الیافی معمولی جهت اصلاح خواص سازه‌ای نظیر برش، عرض ترک و رفتار خمشی (بیشتر در کف صنعتی به کار می‌روند)

این نوع از بتن‌ها خود به چندین دسته تقسیم می‌شوند.

- بر پایه مصالح شیمیایی
- بتن‌های حریره الیافی
- مواد مرکب مهندسی بر پایه مصالح سیمانی (بتن‌های الیافی شکل پذیر)

مزایا

مزایای این نوع بتن در مقایسه با بتن معمولی را می‌توان بطور خلاصه به شرح ذیل بیان داشت.

- مقاومت زیاد در مقابل تنش‌های خستگی
- مقاومت بسیار عالی در مقابل ضربه
- قابلیت کششی خوب (ظرفیت زیاد کرنش)
- قابلیت باربری زیاد بعد از ترک خوردگی
- مقاومت کششی، خمشی و برشی زیاد طاقت خیلی زیاد
- این مصالح بر خلاف بتن معمولی قادر به تحمل تنش‌ها و کرنش‌ها کششی قابل ملاحظه در بارهای کششی است و می‌توان از آن در
  طراحی استفاده کرد. در این مواد، ترک خوردگی از حالت ترک‌های متمرکز خارج شده و بصورت ترک‌های متعدد ظاهر شده است. این رفتار در افزایش شکل پذیری اعضا و مهمتر از آن در پایانی سازه‌های بتنی تأثیرات چشمگیری دارد.
- با اتکا بر ظرفیت کرنش پذیری این مصالح در فشار می‌توان از میزان آرماتورهای محصور کننده در نواحی فشاری کاست.
- مقاومت برشی در این بتن‌ها و رفتار آنها به گونه‌ای است که می‌توان آرماتورهای برشی را حذف نمود.
- از دیگر مزایای استفاده این مواد شکل پذیری در اعضای لرزه بر، افزایش میزان تغییر شکل‌های غیر الاستیک، عدم افت مقاومت و حفظ یکپارچگی در این تغییر شکل‌ها است که منجر به دست یابی به رفتار آسیب مدار می‌شود.

عامل‌های کیفیت

به طور کلی کیفیت بتن الیافی می‌تواند به عامل‌های عمده زیر بستگی داشته باشد.

- نسبت‌های مخلوط بتن
- مشخصات هندسی الیاف فولادی
- نسبت طول به قطر الیاف
- مهار مکانیکی و زبری سطح الیاف
- مشخصات فیزیکی و جنس الیاف فولادی

الیاف شیشه

اضافه کردن الیاف شیشه به بتن به شدت بر کاهش کارایی بتن تازه تأثیر می‌گذارد. بنابراین باید از روانسازهای مناسب استفاده کرد و شیوه مناسب
اختلاط را نیز تجربه کرد. همچنین الیاف شیشه‌ای به شدت تمایل دارند که در بتن تازه به یکدیگر چسبیده و گلوله شوند که به این پدیده گلوله شدن الیاف می‌گویند. واضح است که در صورت وقوع این پدیده، توزیع الیاف دیگر یکنداخت نبوده و بنابراین برای برطرف کردن آن باید چاره اندیشی کرد.

الیاف فولادی

الیاف فولادی به منظور بهبود بخشیدن به خواص بتن، کاربرد وسیعی را در سازه‌های بتنی و بتن مسلح پیدا کرده است. یکی از مهمترین نقش‌های الیاف فولادی در بتن افزایش مقاومت کششی بتن بوسیله کاهش ایجاد ریزترک‌های حاصله از بارگذاری خارجی است.

الیاف پلی پروپیلن

کاربرد الیاف پلی پروپیلن از ترک خوردگی و جمع شدگی بتن بخصوص در سنین اولیه آن جلوگیری می‌کند. تولید بتنی شکل پذیر با الیاف پلی پروپیلن در بتن الیافی دارای شکل پذیری بسیار زیادی است و هرگز خرد نمی‌شود. الیاف پلی پروپیلن آب گریز است و درصد جذب آب آن صفر است. بنابراین هرگز نباید از افزودن آب اضافی جهت افزایش روانی بتن استفاده کرد.

الیاف آرامید (کولار)

پلیمرهای آرامید دارای خصوصیاتی چون نقطه ذوب بالا و پایداری حرارتی عالی ومقاومت در برابر شعله و غیر قابل حل بودن در بسیاری از حلال‌های آلی شناخته شده‌اند. دانسیسته آن بین ۱۲ -۶/۱۴ کیلو نیوتن بر متر مکعب است. دارای خواصی چون مقاوت در برابر ضربه عدم حساسیت به شکاف خواص الکتریک- خود خاموش کنی از خصوصیات آن ماست. الیاف آرامید در شکل‌های مختلف وجود دارند و همانند الیاف شیشه و کربن می‌توانند در ساخت کامپوزیت‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

الیاف کربن

دانسیسته آن ۷/۲۲ کیلو نیوتن برمتر مکعب بوده و شکل آن بلوری و ضخامت آن نازکتر از موی انسان و دارای قطر ۶ -۱۰ میکرو متر است. مزایایی اصلی آن، استحکام بالای خستگی، مقاومت در برابر خوردگی و ضریب انبساط حرارتی پایین است. معایبالیاف کربن قیمت بالا، کرنش در شکست، هادی الکتریکی است.

موارد کاربرد بتن الیافی

- تسطیح اضافی، جهت افزایش مقاومت بتن مسلح به منظور کاهش ترک خوردگی و افزایش قدرت جذب انرژی تحت اثر بارهای ضربه‌ای، موج‌های انفجاری، وضعیت‌های پیچیده تنش
- جانشین شدن به جای بتن آرمه معمولی به منظور کاهش هزینه دستمزد قطعات پیش ساخته بتنی، تثبیت و پایدارسازی شیب‌های سنگی و دیوارهای ریزشی، خاکبرداری‌ها در مناطق مهم، تسطیح منحصر به فرد و خاصیت یکنواخت و ایزوتوپ در نتیجه توزیع همگن الیاف در جسم بتن.

محدودیت‌های کاربرد

از آنجا که نحوه قرار گرفتن الیاف داخل بتن، کاملاً تصادفی است، از این بتن معمولاً نمی‌توان به نحو مطلوبی در ساخت تیرها و ستون‌ها بهره گرفت و در این نوع سازه‌ها استفاده از روش سنتی و شبکه بندی فولادی به صرفه‌تر و مناسب‌تر است.

استفاده از بتن الیافی در همه موارد از بتن سنتی به صرفه تر منیست. اما بر اساس برآوردهایی که توسط بعضی از متخصصین کشور انجام گرفته، در جاهایی که سرعت اجرای بالا مدنظر است یا نیاز به پاشش بتن (شاتکریت) روی سطوح ویژه‌ای است، استفاده از این نوع بتن توصیه میشود.

استفاده و کاربرد بتن الیافی در ایران

استفاده از بتن الیافی می‌تواند تحول چشمگیری در کم و کیف سازه‌های در دست اجرا یا طرح‌های آینده کشور داشته باشد. با اتکا بر ظرفیت کرنش پذیری بتن الیافی در فشار می‌توان از میزان آرماتورهای محصور کننده در نواحی فشار کاست. مقاومت فشاری در بتن‌های الیافی به گونه‌ای است که می‌توان آرماتورهای برشی را حذف کرد. مصالح بتن الیافی بر خلاف بتن معمولی قادر به تحمل تنش‌های کششی قابل ملاحظه‌ای در بارهای کششی است. مقاومت کششی بتن در صورت استفاده از الیاف بعد از ترک خوردن افزایش می‌یابد اما این افزایش نمی‌تواند با افزایشی که آرماتوربندی معمولی ایجاد می‌کند. در پایان امید است متخصصان امر در جاهایی که استفاده از این بتن از لحاظ فنی اجرایی منطقی به نظر می‌رسد از این روش جدید پیروی نمایند زیرا هم به نحو چشمگیری باعث تقلیل هزینه‌های اجرایی شده و هم در زمان کوتاه‌تری سازه‌ها به بهره‌برداری خواهند رسید.

خواص بتن الیافی

مقاومت استاتیکی

الیاف فولادی، مقاومت خمشی نخستین ترک بتون الیافی را تا چندین برابر مقاومت نخستین ترک بتون معمولی افزایش می‌دهد. اضافه کردن الیاف به بتن علاوه بر اینکه از نظر افزایش مقاومت‌های استاتیکی بتن مؤثر است، در ایزوتروپی و همگنی جسم بتن نیز تأثیر بسزائی دارد. تأثیر الیاف فولادی در مقاومت استاتیکی بتن شامل مقاومت خمشی، فشاری، برشی و شکافتگی است.

مقاومت خمشی

خاصیت مهم بتن الیافی مقاومت خمشی زیاد و مقاومت در مقابل ترک خوردگی است که این خاصیت راه حل مناسبی برای کاهش خاصیت تردی و شکنندگی بتن خالص است.

مقاومت برشی

الیاف فولادی می‌تواند جایگزین خاموت‌ها در تیرهای بتنی شود، بدون اینکه در ظرفیت نهائی برشی، کاهشی به وجود آید. الیاف فولادی علاوه بر اینکه مقاومت برشی بتن را افزایش می‌دهد، تیرهای بتن آرمه را در مقابل گسیختگی ناگهانی در ناحیه کششی تقویت می‌کند. این مزیت عمده الیاف فولادی در افزایش مقاومت برشی بتن است که باعث می‌شود از کاربرد خاموت به عنوان آرماتور برشی صرف نظر شود.

مقاومت پیچشی

مقاومت پیچشی بتن الیافی را ۵/۱ تا ۲ برابر بتن خالص است.

مقاومت ترک خوردگی

الیاف نه تنها بر روی مقاومت بتن خالص تأثیر بسیار مثبتی دارد بلکه به عنوان یک عامل باز دارنده ترک نیز عمل می‌کند. بدین معنی که با شروع ترک خوردگی، الیاف نقش خود را در دوختن ترک و محدود کردن اندازه ترک بازی کرده و از ادامه ترک خوردگی حتی با ادامه بارگذاری جلوگیری بعمل می‌آورد.

پوسیدگی و زنگ زدگی الیاف فولادی

مطالعات اخیر نشان می‌دهد که اثر خوردگی و پوسیدگی آب شور روی ملات سیمانی (سیمان پرتلند) مسلح به ۲ درصد حجمی الیاف فولادی ناچیز بوده، به طوریکه بعد از ۹۲ روز قرار گرفتن در داخل و خارج آب نمک اشباع شده، هیچ تغییری در مقاومت خمشی بتن الیافی مشاهده نشد.

قابلیت هدایت حرارتی

الیاف فولادی ضریب هدایت حرارتی بتن را ۲۰ تا ۲ درصد افزایش می‌دهند. همچنین این الیاف باعث افزایش مقاومت بتن در تغییرات ناگهانی و زیاد درجه حرارت می‌شود.

رفتار بتن الیافی در برابر نیروها

اگر بتن از جمع شدن باز داشته شود، تنش‌های کششی ایجاد شده در آن باعث ترک خوردگی مقطع می‌شوند. در بتن استاندارد با نسبت آب به سیمان بالاتر از ۴۰ درصد جمع شدگی ناشی از خشک شدن به عنوان مهمترین دلیل ایجاد ترک در سنین اولیه توصیف شده است. در بتن خود متراکم در سنین اولیه به دلیل چسبندگی بالای مواد ریز موجود، جمع شدگی و خزش بیشتری نسبت به بتن استاندارد مشاهده می‌شود ولی در مرحله سخت شدن تاخیری در شروع جمع شدگی بتن خود تراکم به وجود می‌آید که به دلیل پایین بودن سرعت تبخیر از سطح خارجی اعضاء بتنی است. جمع شدگی ناشی از خشک شدن از همان ابتدا یعنی زمان‌های اولیه بتن ریزی و حتی قبل از افزایش ظرفیت مکانیکی بتن آغاز می‌شود که بستگی به خواص بتن (طرح اختلاط، طریقه‌ی بتن ریزی و روش‌های عمل آوری،شکل و چگونگی اعضاء بتنی و شرایط محیطی (دما، رطوبت مربوطه، سرعت باد) دارد. چون جمع شدگی به دلیل کمبود آب درون بتن به سطح اعضاء تحمیل می‌شود، کرنش در این قسمت از اعضاء ایجاد شده و ترک‌هائی با منشاء خشک کردن انقباض از نواحی سطحی که در تماس با محیط هستند آغاز می‌شود، در نتیجه اعضاء با سطح خارجی بالا(مانند دال‌ها و پانل‌های پیش ساخته) در تماس با یک محیط مهاجم بیشترین آسیب را در اثر به وجود

آمدن ترک‌ها می‌بینند و این امر با عبور هوا از روی نمونه‌های تازه تشدید می‌یابد اما از نتایج آزمایش‌ها مشاهده می‌شود که با استفاده از مقادیر مناسب الیاف جمع شدگی و به تبع آن ترک‌ها به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابند.

بتن بدون الیاف بتن با الیاف

در صورتی که با توزیع اتفاقی الیاف در فواصل بسیار کوچکتر از فاصله بین آرماتورها اندازه ترک‌ها کوچکتر شده و باعث کاهش نفوذپذیری و پایداری بتن در محیط‌های مهاجم می‌شود. در حالت کلی توزیع اتفاقی الیاف در فواصل بسیار کوچکتر از فاصله بین آرماتورها باعث پخش و کوچکتر شدن اندازه ترک‌ها شده و پس از ترک خوردن، مقاومت کششی و خمشی به دلیل خاصیت دوزندگی الیاف بالا رفته و یکپارچگی بتن تا تغییر شکل‌های زیاد حفظ می‌شود.

نوآروی‌ها در بتن الیافی

بتن و فولاد دو نوع مصالحی هستند که امروزه بیشتر از سایر مصالح در ساختمان انواع بناها از قبیل ساختمان ، پل‌ها، ساختمان سدها، ساختمان متروها، ساختمان فرودگاه‌ها و ساختمان بناهای مسکونی و اداری و غیره به کار برده می‌شود. شاید به جرات می‌توان گفت که بدون این دو پیشرفت جوامع بشری به شکل کنونی میسر نیست.

روسازی بتن الیافی

یکی از مصالحی که می‌تواند جایگزین میلگرد حرارتی در بتن‌های مسلح شود الیاف است. مسلح کردن بتن با الیاف به جای میلگرد حرارتی سبب کاهش وزن بتن شده و آسیب‌های ناشی از خوردگی و فرسایش فولاد را به طور کامل حذف می‌نماید. امورزه کاربرد بتن الیافی به دلیلی مزایایی آن نسبت به بتن نرمال گسترش فراوانی یافته است. از جمله مزایا می‌توان میزان جذب انرژی بالا، بهبود رفتار بتن در ناحیه بعد از اولین ترک و جلوگیری از پیدایش و گسترش ترک‌های ناشی از جمع شدگی را نام برد. از طرفی مسلح سازی سازه‌های بتنی با الیاف یکی از روش‌های اصلاح خواص مکانیکی و بهبود عملکرد خمشی و کششی بوده که به واسطه آن مخلوط های شکننده تا حدی رفتار الاستیک از خود نشان می‌دهند.

پارکینگ‌های از جمله کاربری‌هایی هستند که امروزه و با توجه به افزایش سرانه مالکیت خودرو نیاز به آن‌ها بیش از بیش احساس می‌شود. شرایط به گونه‌ای است که پارکینگ‌های عمومی در کمتر از ساعتی از شبانه روز بدون استفاده می‌مانند. بنابراین روسازی این سوطح باید به نحوی باشد که دور عمر بهره برداری طولانی مدت با حداقل بهسازی در دوره خدمت‌دهی داشته باشد. دو نو روسازی متداول که در این سطوح به کار می‌رود شامل روسازی‌های آسفالتی و بتنی می‌شوند. نشت احتمالی سوخت و روغن از خودروهای متوقف در پارکینگ باعث از بین رفتن روسازی‌های آسفالتی و در پی آن هزینه‌های بالای تعمیر و نگهداری و عدم امکان بهره‌برداری در طول مدت بهسازی را به دنبال دارد.

بنابراین گرایش به استفاده از سطوح بتنی در این چنین مکان‌هایی در حال افزایش است. اصول روسازی بتنی پارکینگ تا حد زیادی مشابه طراحی معابر شریانی و سطوح فرودگاهی است و فلسفه آن پخش بار در سطوح بسیار بزرگتر نسبت به روسازی‌های آسفالتی است. در چنین سطوحی از روسازی بتنی غیر مسلح استفاده می‌شود.

جایگزینی الیاف با آرماتورهای حرارتی مزایایی فنی و اقتصادی زیادی دارد و موجب افزایش سرعت اجرا، کاهش هزینه‌های اجرا و دستمزد، کاهش عرض ترک‌های ناشی از جمع شدگی و کنترل عرض ترک‌های انقباضی و انبساطی افزایش مقاومت روسازی در برابر ضربه، خستگی و کاهش اثرات نخرب عوامل جوی خواهد شد. بتن معمولی که در روسازی‌ها به کار می‌رود یک ماده ترد و شکننده است در حالی که روسازی بتن الیافی به لحاظ مقاومت زیادتر و خاصیت کاهش جلوگیری از احتمال بروز ترک، نسبت به بتن معمولی برتری دارد.

قابلیت انعطاف پذیری بتن الیافی همانند خواص مواد پلاستیکی باعث می‌شود که بتن الیافی گسیختگی ناگهانی نداشته باشد. از آنجا که فولادی در جسم بتن به طور سخه بعدی و به بیانی بهتر چند بعدی پراکنده می‌شوند. در صورت تشکیل ترک الیاف در جهات محتلف اتصالاتی را به وجود آورده و از گسترش ترک جلوگیری می‌نماید. بنابراین رشته‌های الیاف به طور فعال در محدود کردن عرض ترک‌ها وارد عمل شده و با تشکیل ریز ترک‌های زیاد همکاری می‌نماید.

توجیه اقتصادی بتن الیافی
استفاده از بتن الیافی در همه موارد از بتن سنتی به صرفه‌تر نیست. اما بر اساس برآوردهایی که توسط بعضی از متخصصین کشور انجام گرفته است در جاهایی که سرعت اجرای بالا مد نظر است یا نیاز به پاشش بتن (شات کریت) روی سطوحی ویژه‌ای است، استفاده از این نوع تبن توصیه می‌شود. بتن الیافی خواص مناسبی همچون شکل پذیری بالا، مقاومت فوق العاده، قابلیت جذب انرژی و پایداری در برابر ترک خوردن را دارا است. که متناسب با آنها می‌توان موارد کاربرد فراوانی برای آن یافت. به طور مثال در ساخت کف سالن‌های صنعتی، میتوان از این نوع بتن به جای بتن آرماتوری متداول سود برد.
این نوع بتن از بهترین مصالح ساختمانی مورد استفاده در ساخت بناهای مقاوم به ضربه، همچون سازه پناهگاه‌ها و انبارهای مواد منفجره به شمار می‌رود. و بنای شکل گرفته از بن قابلیت فوق العاده‌ای در جذب انرژی دارد. به کار گیری این بتن در بنای سک سازه علاوه بر موارد یاد شده از مزایایی همچون عایق بودن سازه در برابر صدا و سرعت بالای اجرا نیز برخوردار است. نخست آنکه هزینه استفاده از یک تکنولوژی کاملاً وابسته به سطحی از آن تکنولوژی است که نسبت به کسب و انتقال آن اقدام می‌شود.

مواد تشکیل دهنده بتن

سنگدانه ها در بتن تقریبا سه چهارم آن را تشکیل می دهند و ملات سیمان و آب یک چهارم

سیمان :سیمان پرتلند از مخلوط و آسیاب کردن سنگ آهک و خاک رس به نسبا ۳ به ۱ و پختن گرد همگن و یکنواخت زیر دمای ۱۰۰۰ درجه، تا CO2 از سنگ آهک و آب شیمیایی از خاک رس جدا شوند. در گرمای بالای ۱۲۰۰ درجه رویه دانه های گرد داغ شده و ضمن عرق گردن به هم می چسبند و به صورت کلوخ های کینگر در می آیند.

آب :(water) کیفیت آب در بتن از آن جهت حائز اهمیت است که ناخالصی های موجود در آن ممکن است در گیرش سیمان اثر گذاشتهرو سبب بروز لکه هایی در سطح بتن و حتی زنگ زدن آرماتور بشود. در اکثر اختلاط ها آب مناسب برای بتن آبی است کهربرای نوشیدن مناسب باشد.

افزودنی ها فابیر(adnixtures)

ماده افزودنی بتن فابیر یا مکمل بتن (concrete_additive) یا (admixtures) ماده ای است به غیر از سیمان پرتلند، سنگدانه و آب که به صورت گرد یا مایع به عنوان یکی از مواد تشکیل دهنده بتن و برای اصلاح خواص بتن کمی قبل از اختلاط یا در حین اختلاط به آن افزوده می شود.

انواع معمول مواد افزودنی بتن در جزوه آشنای با انواع بتن به شرح زیر است:

شتاب دهنده سرعت هیدراتاسیون بتن (سخت شده) کاهش دهنده سرعت گیرش بتن.

افزودنی های حباب زا باعث ایجاد حبابهای با هندسه کروی و بسیار ریز درون بتن می شوند.

زوان ساز بتن که به منظور کاهش دهنده مقدار آب بتن استفاده می گردد.

مواد افزودنی که شامل رنگدانه ها که می تواند برای تغییر رنگ بتن و زیبایی استفاده گردد.

زد یخ بتن، چسب بتن، سفت کننده بتن

بتن مکر در جزوه آشنایی با انواع بتن

بتن مگر یا بتن نظافت یا همان بتن رگلاژ کف قالب بندی فوندانسیون در واقع یک بتن یا عیار سیمان کم (بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلو گرم سیمان بر متر مکعب) است که به منظور آماده سازی بستر خاکبرداری شده است آرماتوربندی و صفحه گذاری اجر می گردد.

موارد مورد استفاده بتن مگر به شرح زیر می باشد:

- جلوگیری از نفوذ سیمان به خاک

- جلوگیری از جذب آب بتن توسط خاک
- آماده سازی بستر خاک برای پی ریزی
- صاف تراز و همگن کردن فوندانسیون اگر خاک برداری بیش از حد لازم انجام شود برای تراز کردن کف و پی و پر کردن فضای خالی از بتن مگر استفاده می شود.

بتن مسلح به الیاف فولادی

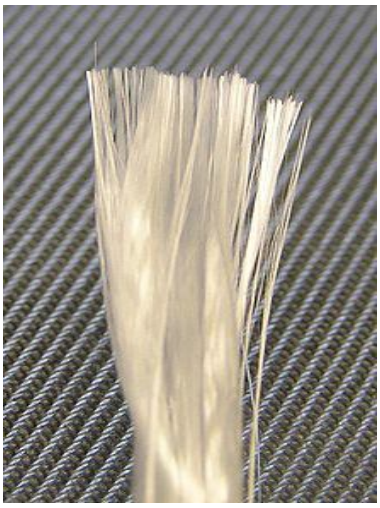
به طور کلی وجود الیاف فولادی در خم بتن باعث افزایش مقاومت می شود. انواع بتن مسلح به الیاف فولادی در جزوه آشنایی با انواع بتن به شرح زی بیان شده است:

مقاومت خمشی :خاصیت مهم آن مقاومت خمشی زیاد و مقاومت در مقابل ترک خوردگی است که این خاصیت راه حل مناسبی برای کاهش خاصیت تردی و شکنندگی بتن خالص است.

مقاومت برشی :الیاف فولادی علاوه بر اینکه مقاومت برش بتن را افزایش می دهد. تیرهای بتن آرنه را در مقابل گسیختگی ناگهانی در ناحیه کششی تقویت می کند.

مقاومت پیچشی :در رابطه با مقاومت پیچشی آن تحقیقات خاصی صورت نگرفته است. در یک مورد خاص بررسی هایی که توسط شرکت Bekaert در بلژیک انجام یافته، مقاوما پیچشی آن را ۱و۵ تا ۲ برابر بتن خالص ذکر کرده است.

بتن الیافی



الیاف شیشه

۷. در ساخت این نوع بتن از کامپوزیت‌ها به عنوان یک فناوری نوین در صنعت ساخت و ساز استفاده می‌شود. از جمله مواد جدیدی که جایگاه ویژه‌ای در ساخت وساز به خود اختصاص داده، افزودنی‌های بتن و الیاف تقویت‌کننده می‌باشد. این مواد باعث بهبود خواص مطلوب بتن، همچون مقاومت آن می‌گردد و در بعضی موارد با کاهش وزن بتن، مصالح بسیار سبکی را فرا راه مهندسین بنا قرار می‌دهد.[۱] از سال ۱۹۶۰ میلادی به بعد نوع جدیدی از این بتن وارد عرصه صنعتی شد. در این راه این نوع بتن جدا از هم با توزیع تصادفی به عنوان فاز جدیدی علاوه بر فازهای بتن معمولی به کار گرفته شده‌است. مقاومت کششی و برشی بتن الیافی نسبت به بتن معمولی بیشتر می‌باشد.[۲] ضخامت نهایی بتن الیافی علاوه بر کفایت در برابر بارهای استاتیکی و دینامیکی ضریب اطمینان بسیار بالایی در اجرا ایجاد می‌کند. در سازه‌های زیرزمینی که در معرض آب و رطوبت و خوردگی بیشتر قرار دارند اهمیت بالاتری دارد. علاوه بر این موارد بتن‌های الیافی در برابر بارهای دینامیکی مانند زلزله، و ضربه به دلیل خصوصیات جذب انرژی مناسب، عملکرد بسیار مناسب تری از خودشان نشان می‌دهند.[۳] بکارگیری بتن غیر مسلح به علت تردی آن بغیر از سازه‌های وزنی عملاً کاربرد چندانی ندارد.

این عیب عمده بتن در عمل با مسلح کردن آن به وسیلهٔ میلگردهای فولادی یا آرماتور برطرف می‌گردد. اما از آنجا که آرماتور منحصراً بخش کوچکی از مقطع را تشکیل می‌دهد تصور اینکه مقطع بتن یک مقطع ایزو تروپ و هموژن است چندان صحیح نخواهد بود. به منظور ایجاد شرایط ایزوتروپی و نیز کاهش ضعف شکنندگی و تردی جسم بتن تا حد ممکن در چند دهه اخیر از رشته‌های نازک و نسبتاً دراز که در تمام حجم بتن به‌طور همگن و درهم پراکنده می‌گردد استفاده می‌شود. کاربرد اینگونه رشته‌ها یا الیاف در بتن و به‌طور کلی در ملات‌های سیمانی که مورد استفاده است، می‌تواند الیاف شیشه‌ای، پلی اتیلنی، فولادی، آزبست یا نایلونی باشد.

تاریخچه الیاف

در زمان‌های گذشته، از الیاف جهت تقویت ملات‌های ترد و شکننده استفاده می‌شد که مشهورترین و پرطرفدارترین آن که به علت ارزانی قابل دسترسی بوده و هست، کاه می‌باشد که برای تقویت آجرهای خشتی و ملات کاهگل در اندودها در قبال ترک خوردگی که بعد از خشک شدن به وجود می‌آید، به کار رفته و در حال حاضر نیز ارزانترین نوع ملات در مناطق روستایی کشور است.
استفاده از کاه و مخصوصاً موی دم اسب یا بز در بناهای قدیمی ایران به خصوص گنبدها سابقه طولانی و تاریخی دارد که بصیرت و اطلاع صاحبان فن را در مورد الیاف نشان می‌دهد. کاربرد الیاف فولادی از اواسط قرن اخیر آغاز گردیده و تاریخ دقیقی در مورد استفاده از این روش در دسترس نیست ولی افراد مختلف با استفاده از روش‌های متفاوتی نظیر کاربرد تکه‌های سیم یا بریده‌های فلز در داخل بتن، امتیاز این نوع روش را به نام خود به ثبت رسانده‌اند

طبقه‌بندی کاربردی

با الیاف کم جهت کاهش میزان جمع شدگی در بتن (۱٪> حجم الیاف)

- با الیاف متوسط یا بتن الیافی معمولی جهت اصلاح خواص سازه‌ای نظیر برش، عرض ترک و رفتار خمشی (بیشتر در کف صنعتی به کار می‌روند)
- توانمند به عنوان نسل پیشرفته، این نوع از بتن‌ها خود به چندین دسته تقسیم می‌شوند که عبادتند:
  - بر پایه مصالح شیمیایی
  - بتن‌های حریره الیافی
  - مواد مرکب مهندسی بر پایهمصالح سیمانی (بتن‌های الیافی شکل پذیر)

مزایا

مزایای این نوع بتن در مقایسه با بتن معمولی را می‌توان به‌طور خلاصه به شرح ذیل بیان داشت:

- مقاومت در مقابل تورق، سایش و هوازدگی سطح
- مقاومت زیاد در مقابل تنش‌های خستگی
- مقاومت بسیار عالی در مقابل ضربه
- قابلیت کششی خوب (ظرفیت زیاد کرنش)
- قابلیت باربری زیاد بعد از ترک خوردگی
- مقاومت کششی، خمشی و برشی زیاد
- طاقت خیلی زیاد[
- این مصالح بر خلاف بتن معمولی قادر به تحمل تنش‌ها و کرنش‌های کششی قابل ملاحظه در بارهای کششی می‌باشد و می‌توان از آن در طراحی استفاده کرد.
- در این مواد، ترک خوردگی از حالت ترک‌های متمرکز خارج شده و به صورت ترک‌های متعدد ظاهر شده‌است. این رفتار در افزایش شکل پذیری اعضا و مهمتر از آن در پایایی سازه‌های بتنی تأثیرات چشمگیری دارد.

- با اتکا بر ظرفیت کرنش پذیری این مصالح در فشار می‌توان از میزان آرماتورهای محصورکننده در نواحی فشاری کاست.
- مقاومت برشی در این بتن‌ها و رفتار آن‌ها به گونه‌ای است که می‌توان آرماتورهای برشی را حذف نمود.
- از دیگر مزایای استفاده این مواد شکل پذیری در اعضای لرزه بر، افزایش میزان تغییر شکل‌های غیر الاستیک، عدم افت مقاومت و حفظ یکپارچگی در این تغییر شکل‌ها است که منجر به دست یابی به رفتار آسیب مدار می‌شود.
- این مواد پتانسیل زیادی جهت استفاده در المانهای جاذب انرژی به عنوان کنترل غیرفعال در بهسازی لرزه‌ای ساختمان را دارند.
- یک مزیت بارز بتن الیافی ظرفیت کاری زیاد آن است. ظرفیت کاری در این متن به مفهوم ظرفیت یک جسم به منظور تبدیل کار خارجی به :الف) انرژی کرنشی ذخیره شده قابل تغییر ب) کار داخلی با تشکیل ترک‌های جدید با رها شدن و تغییر شکل الیاف یا تولید حرارت می‌باشد. قابلیت انعطافی بتن الیافی همانند خواص مواد پلاستیکی باعث می‌شود که بتن الیافی گسیختگی ناگهانی نداشته باشد. از آنجا که الیاف فولادی در جسم بتن به‌طور سه بعدی و به بیانی بهتر چند بعدی پراکنده می‌شود در صورت تشکیل یک ترک که معمولاً انتظار تغییر شکل می‌رود در جهات مختلف الیاف اتصالاتی را به وجود آورده و از گسترش ترک جلوگیری می‌نماید؛ بنابراین رشته‌های الیاف به‌طور فعال در محدود کردن عرض ترک‌ها نقش داشته و در نتیجه با تشکیل ریزترک‌های زیاد قابلیت بهره‌برداری بتن را افزایش می‌دهد.

عاملهای کیفیت

به‌طور کلی کیفیت بتن الیافی می‌تواند به عامل‌های عمده زیر بستگی داشته باشد:

- نسبت‌های مخلوط بتن
- مشخصات هندسی الیاف فولادی
- نسبت طول به قطر الیاف
- مهار مکانیکی و زبری سطح الیاف
- مشخصات فیزیکی و جنس الیاف فولادی

الیاف شیشه

اضافه کردن الیاف شیشه به بتن به شدت بر کاهش کارایی بتن تازه تأثیر می‌گذارد، بنابراین باید از روانسازهای مناسب استفاده کرد و شیوه مناسب اختلاط را نیز تجربه کرد. همچنین الیاف شیشه‌ای به شدت تمایل دارند که در بتن تازه به یکدیگر چسبیده و گلوله شوند که به این پدیده گلوله شدن الیاف می‌گویند. واضح است که در صورت وقوع این پدیده، توزیع الیاف دیگر یکنواخت نبوده و بنابراین برای برطرف کردن آن باید چاره اندیشی کرد. الیاف شیشه‌ای مخصوص (تارهای بریده شده) دارای قطرهایی بین ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۱۵ میلی‌متر هستند که این نوع الیاف ممکن است در تولید عناصری با الیاف شیشه‌ای به یکدیگر اتصال یابند که در این صورت قطر الیاف اتصال یافته به ۰/۰۱۳ تا ۱/۳ میلی‌متر می‌رسد.

الیاف فولادی

نوشتار اصلی: بتن مسلح به الیاف فولادی

الیاف فولادی به منظور بهبود بخشیدن به خواص بتن، کاربرد وسیعی را در سازه‌های بتنی و بتن مسلح پیدا کرده‌است یکی از مهم‌ترین نقش‌های الیاف فولادی در بتن افزایش مقاومت کششی بتن به وسیلهٔ کاهش ایجاد ریزترک‌های حاصله از بارگذاری خارجی است.

الیاف پلی پروپیلن

کاربرد الیاف پلی پروپیلن از ترک خوردگی و جمع شدگی بتن بخصوص در سنین اولیه آن جلوگیری می‌کند. تولید بتنی شکل پذیر با الیاف پلی پروپیلن در بتن الیافی دارای شکل پذیری بسیار زیادی می‌باشد و هرگز خرد نمی‌شود. الیاف پلی پروپیلن آب گریز است و درصد جذب آب آن صفر می‌باشد؛ بنابراین هرگز نباید از افزودن آب اضافی جهت افزایش روانی بتن استفاده کرد.

الیاف آرامید (کولار)

پلیمرهای آرامید دارای خصوصیاتی چون نقطه ذوب بالا و پایداری حرارتی عالی ومقاومت در برابر شعله وغیر قابل حل بودن در بسیاری از حلال‌های آلی شناخته شده‌اند دانسیته آن بین ۱۲–۱۴/۶ کیلو نیوتن بر متر مکعب می‌باشد دارای خواصی چون مقاوت در برابر ضربه عدم حساسیت به شکاف خواص الکتریک- خود خاموش کنی از خصوصیات آن می‌باشد. الیاف آرامید در شکل‌های مختلف وجود دارند و همانند الیاف شیشه و کربن می‌توانند در ساخت کامپوزیتها مورد استفاده قرار گیرند. الیاف آرامید به دلیل سبکی، پایداری حرارتی خوب و چقرمگی عالی، مورد توجه قرار گرفته‌اند. الیاف کولار از زنجیرهای مولکولی طولانی پلی پارافتیلن ترفنال آمید، تولید شده‌اند. آرایش یافتگی بالای زنجیرها به همراه اتصال خوب بین آنها، تلفیق منحصربه‌فردی از خواص را ایجاد می‌نماید که برخی از آن‌ها عبارت اند از:

- استحکام کششی بالا و وزن کم
- ازدیاد طول کم در پارگی
- چقرمگی خوب
- مدول بالا

الیاف کربن

دانسیته آن ۲۲/۷ کیلو نیوتن برمتر مکعب می‌باشد وشکل مختلف آن بلوری می‌باشد وضخامت آن نازکتر از موی انسان می‌باشد و دارای قطر ۶–۱۰میکرو متر می‌باشد. مزایایی اصلی آن:استحکام بالای خستگی-مقاومت در برابر خوردگی- ضریب انبساط حرارتی پایینند. معایب: قیمت بالا -کرنش در شکست-هادی الکتریکی

روش و میزان مصرف

الیاف را می‌توان در هر زمان به میکسر اضافه نمود. همچنین می‌توان الیاف را در انتها به آب طرح اختلاط اضافه نمود و داخل میکسر ریخت که در این صورت باید برای رسیدن به مخلوط یکنواخت، ۳ تا ۴ دقیقه دیگر هم زدن ادامه یابد. در صورت استفاده از بتن آماده، می‌توان الیاف را به تدریج داخل تراک میکسر ریخت و هم زدن در دور تند باید به قدری ادامه داشته باشد که از پخش کامل الیاف داخل بتن مطمئن شد. مقدار مصرف الیاف با توجه به عملکرد مورد نظر، از ۰/۶ تا ۳ کیلوگرم در مترمکعب متغیر است

موارد کاربرد

- تسطیح اضافی، جهت افزایش مقاومت بتن مسلح به منظور کاهش ترک خوردگی و افزایش قدرت جذب انرژی تحت اثر.
- بارهای ضربه‌ای
- موج‌های انفجاری
- وضعیت‌های پیچیده تنش
- جانشین شدن به جای بتن آرمه معمولی به منظور:
  - کاهش هزینه دستمزد قطعات پیش ساخته بتنی
  - تثبیت و پایدارسازی شیب‌های سنگی و دیوارهای ریزشی
- خاکبرداری‌ها در مناطق مهم
- تسطیح منحصربه‌فرد و خاصیت یکنواخت و ایزوتوپ در نتیجه توزیع همگن الیاف در جسم بتن.
- به منظور بهبود در در معیارهای تکنولوژیکی بتن، الیاف را می‌توان با بتن آرمه معمولی و با بتن پیش تنیده نیز بکار گرفت. این موارد عبارتند از:
  - فنداسیون موتورها و ماشین آلات صنعتی بزرگ توربین‌ها، پرس‌های بزرگ، ژنراتورهای دیزلی و...)
  - دیوارهای حفاظتی، پناهگاه‌ها و آشیانه هواپیما
  - ساختمان رآکتورهای اتمی

- قطعات مربوط به تونلسازی و حفاری معادن
- تیرهای پیش تنیده بتنی
- شمع‌های ضربه گیر
- قطعات نسوز با الیاف فولادی اعلا

محدودیت‌های کاربرد

- از آنجا که نحوه قرار گرفتن الیاف داخل بتن، کاملاً تصادفی می‌باشد، از این بتن معمولاً نمی‌توان به نحو مطلوبی در ساخت تیرها و ستونها بهره گرفت و در این نوع سازه‌ها استفاده از روش سنتی و شبکه بندی فولادی به صرفه تر و مناسب تر می‌باشد.
- استفاده از بتن الیافی در همه موارد از بتن سنتی به صرفه تر نمی‌باشد. اما بر اساس برآوردهایی که توسط بعضی از متخصصین کشور انجام گرفته‌است، در جاهایی که سرعت اجرای بالا مدنظر است یا نیاز به پاشش بتن (شاتکریت) روی سطوح ویژه‌ای است، استفاده از این نوع بتن توصیه می‌گردد.<

منابع

۱. ↑ ACI544.1R-96, "State of The Art Report on The Fiber Reinforced Concrete
۲. ↑ Victor C Li, Shuxin Wang and Chynthia Wu,200L "Tensile Strain Hardening of PV-ECC". ACI Material Journal
۳. ↑ کیوانی، عبداله، "بتن الیاقی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی"، کارگاه‌های تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه ۸۴
۴. ↑:آرام، مهرداد، میسمی، حسین، «مقایسه مقاومتی بتن‌های الیاف برای تولید ورق‌های بتنی با مقاومت بالا»، مجله تحقیقات بتن، تابستان ۸۹، ص ۵۹-۵۱
۵. ↑ لطفی، امین، پورقلی، مهران، «بررسی خواص بتن الیافی»، اولین کنفرانس بین‌المللی بتن‌های ناتراوامخازن ذخیره آب شرب، (۱۳۸۹)، گیلان، ایران
۶. ↑ کیوانی، عبداله، «بتن الیاقی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاه‌های تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه ۸۴
۷. ↑ لطفی، امین، پورقلی، مهران، «بررسی خواص بتن الیاقی»، اولین کنفرانس بین‌المللی بتن‌های ناتراوامخازن ذخیره آب شرب، (۱۳۸۹)، گیلان، ایران
۸. ↑ کیوانی، عبداله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاه‌های تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه ۸۴
۹. ↑ مستوفی نژاد، داود، «بررسی تجربی خواص بتن مسلح به الیاف شیشه»، استقلال، سال ۲۰، شماره ۱، شهریور ۱۳۸۰،
۱۰. ↑ کیوانی، عبداله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاه‌های تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه ۱۳۸۴
۱۱. ↑ پورمقدم، امیر، تقدس، حسین، محمودزاده، فتح اله، «بررسی پخش و جهت گیری الیاف فلزی در بتن مسلح الیافی»، نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۹، شماره ۳، شهریور ۱۳۸۴.
۱۲. ↑ زمانی فرادینه، علیرضا، علیقلی زاده مقدم، بهداد، «بررسی بتن مسلح به الیاف فولادی»، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، دی ماه ۱۳۸۳
۱۳. لایتراکان بتن انتقال دهنده نور یا بتن شفاف با نام تجاری Litracon،(به انگلیسی: light transmitting concrete) محصول نسبتا جدیدی است که در سال ۲۰۰۴ توسط یک معمار ۲۷ ساله مجارستانی به نام آرن لوسونزی ابداع گردید. این محصول با ترکیب ۹۶٪ بتن معمولی و ۴٪ فیبرهای نوری محصولی منحصر به فرد را برای هزاره جدید به ارمغان آورده‌است. بتن عبور دهنده نور، امروزه به عنوان یک متریال ساختمانی جدید با قابلیت استفاده بالا مطرح است. این متریال می‌تواند به عنوان بلوک‌ها یا پانل‌های پیش ساخته ساختمانی مورد استفاده قرار گیرد.

۱۴. هم اکنون بتن لیتراکن با دانسیته ۲۴۰۰-۲۱۰۰ کیلو گرم بر متر مکعب، مقاومت فشاری ۵۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع و مقاومت کششی ۷ نیوتن بر میلی‌متر مربع در سه رنگ خاکستری، سیاه یا سفید، با ابعاد استاندارد ۳۰۰*۶۰۰ میلی‌متر و با ضخامت ۵۰۰-۲۵ میلی‌متر تولید می‌گردد

بتن پلیمریPolymer Concrete

بتن پولیمری (PC) یا بتن رزینی شامل یک چسباننده ی پلیمری که ممکن است ترمو – پلاستیکها باشند اما غالبا" بیشتر یک پولیمر ترموست می باشد و یک پرکننده ی معدنی مانند شن وماسه ، شن ، و یا سنگ گسسته است PC ها مقاومت بالاتر ، مقاومت بیشتر در برابر مواد شیمیایی و خورنده ها ، جذب آب کمتر و پایداری بالاتر در مقابل پدیده یخ زدگی – ذوب نسبت به بتن سیمان پرتلند رایج دارند توسعه در مهندسی عمران و صنایع در حال رشد ، معلول نیازهای پی در پی برای ساخت مصالح با تناسبات اجرایی جدید و بهینه می باشد .بتن پلمیری ترکیب جدیدی است که از سال 1950 برای اولین بار در ایالت متحده ساخته شده است .یکی از مهمترین علل توسعه بتن پلمیری را می توان در ضعف بتن های پرتلند معمولی جستجو کرد .مهمترین نقاط ضعف بتن های پرتلند را می توان به موارد زیر دسته بندی نمود. 1-ترک خوردگی 2-قلیائیت -3-نفوذ پذیری) نمک های محلول، آب و(...

-4-خوردگی فولاد در بتن -5-مقاومت پایین در مقابل سیکل های گرم شدن و سرد شدن -6-مقاومت پایین کششی

البته روشهای بسیار زیادی برای اصلاح این نقاط ضعف وجود دارد مانند استفاده از روکشهاموارد 3 و 5 و حفاظت کاتدی مورد 4 و غیره که هرکدام از این روشها می تواند فقط یکی از این نقاط را برطرف نماید .در بعضی از نقاط که بتن مورد هجوم اکثر موارد فوق قرار می گیرد مثل پایه های پل موجب به بار آمدن خسارات بسیار زیادی می شود که هیچکدام از روشهای موجود نمی تواند در دراز مدت مدت طرح، روش خوبی تلقی شوند. بتن های پلیمری علاوه بر بهبود خواص مکانیکی بتن به مقد ار بسیار زیادی باعث افزایش مقاومت سایشی، استحکام در برابر محلول های اسیدی، بازی و شیمیایی و همچنین پایداری در مقابل سیکل های یخ زدن و ذوب شدن می شود، این بتن ها باعث کاهش قابل توجه مصالح نیز می شوند . یکی از مهمترین دلایلی که باعث بهبود زیاد اکثر خواص مکانیکی بتن پلیمری نسبت به بتن معمولی می شود، را .می توان در مکانیزم شکست این نوع بتن ها جستجو کرد و آن این است که در بتن معمولی شکست ماتریس بتنی به علت از بین رفتن پیوندهای سیمان هیدراته می باشد . اما در این نوع بتن ها به علت پیوندهای کوالانسی بسیار قوی تقریباً در اکثر مواقع این شکست در سنگدانه ها رخ می دهد . به همین دلیل در بتن های پلیمری از سنگدانه های پر مقاومت کوارتز و بازالت و گرانیت استفاده می گردد. از دیگر جنبه های مهم و قابل بررسی بتن پلیمری خزش و دمای سرویس دهی آن می باشد که شناخت و درک واقعی رفتاری و همچنین بهینه سازی این نوع بتن را لازم می نماید. بتن پلیمری ترکیبی از مصالح است که در آن سنگدانه ها در یک محیط متراکم، به کمک یک چسب پلیمری به یکدیگر چسبانده شده اند .بتن های پلیمری فاقد سیمان هیدراته شده هستند هرچند که میتوان از سیمان پرتلند به عنوان سنگدانه یا پرکننده در ساخت آنها استفاده کرد .خواص بتن پلیمری عمدتاً به خواص و مقدار پلیمر به کار رفته بستگی دارد، سنگدانه ها و مصالح پرکننده نیز تا حدودی روی خواص بتن های پلیمری تاثیر می گذارند.

1-پلیمرها:

پلیمر مولکول بسیار بزرگی است که از به هم پیوستن بسیار ی از مولکول های کوچک، که مونومر یا تکپاره نامیده می شوند، پدید میآید .با تغییر اندازه مولکول، ویژگی های آن نیز تغییر می کند .با تغییر طول زنجیر مولکولی، خواص مواد حاصل تغییر می کند . با افزایش اندازه مولکول و افزایش جرم مولکولی، ترکیبات از حالت گازی به سمت حالت جامد سخت و محکم حرکت می کنند.

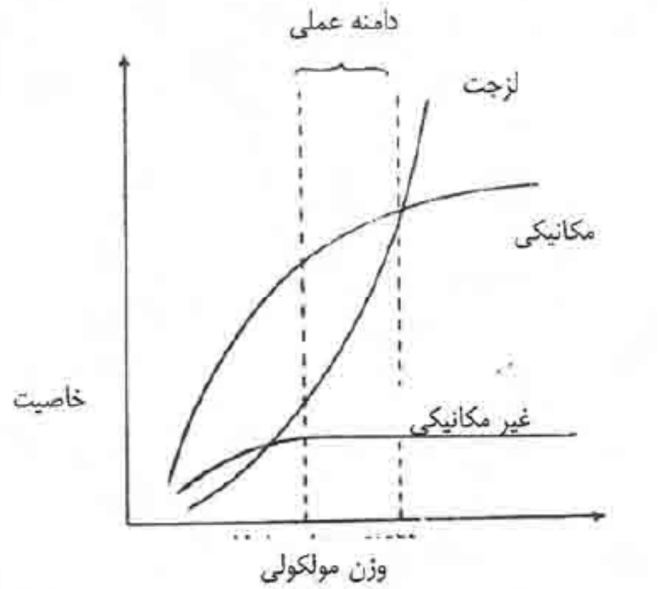
1-1-ساختار پلیمر:

از نظر ساختاری، پلیمرها را می توان به دو دسته کلی گرما نرم و گرما سخت تقسیم کرد . تمایز بنیادی این دو دسته، در رابطه بین مولکولی آنها نهفته است .نیروی پیوند دهنده بین زنجیرهای پلیمری در پلیمرهای گرما نرم از نوع نیروهای جاذبه ثانویه بین

مولکولی) مانند پیوندهای واندروالس (می باشد .این دسته پلیمرها معمولاً در یک حلال مناسب حل میشوند و مولکول های حلال سبب جدایی زنجیرهای پلیمری و تشکیل محلول میشوند .از دست دادن حلال موجب بازگشت این دسته پلیمرها به حالت نخستین میشود .در پلیمرهای گرما سخت، زنجیرهای پلیمری با یکدیگر واکنش شیمیایی نشان میدهند و بین آنها پیوندهای شیمیایی اولیه به نام پیوندهای عرضی پدید می آید به گونه ای که ساختار کلی پلیمر به صورت شبکه های سه بعدی و فضایی می باشد .نیروی پیوندی در پیوندهای عرضی مشابه نیروی پیوندی بین مونومرها در زنجیره پلیمری است و لذا این دسته از پلیمرها را پس از ایجاد پیوندهای
عرضی، میتوان مانند یک مولکول غول پیکر سه بعدی در نظر گرفت .این دسته پلیمرها از پایایی خوب در برابر حلال ها برخوردارند .وجود پیوندهای عرضی موجب محدود شدن حرکت زنجیرهای پلیمری نسبت به یکدیگر میشود و این دسته پلیمرها به میزان قابل توجهی حالت جامد بودن خود را حفظ می کنند.

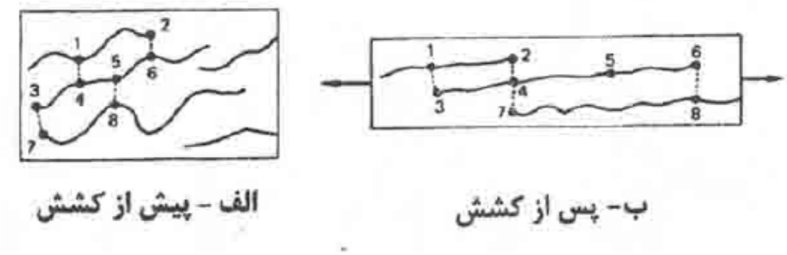
2-1-خواص پلیمرها:

خواص پلیمرها به جرم مولکولی و ساختار شیمیایی آنها بستگی دارد .وابستگی خواص پلیمر به جرم مولکولی آن برای یک پلیمر فرضی در شکل (1) نشان داده شده است.



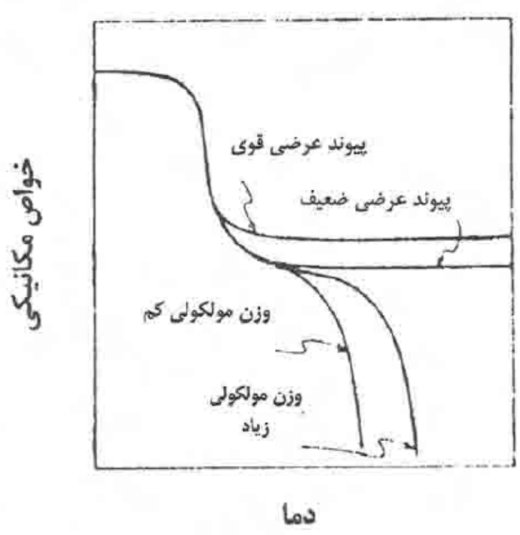
شکل : (1) وابستگی خواص پلیمر به جرم مولکولی برای یک پلیمر فرضی

وجود پیوندهای عرضی در بین زنجیرهای پلیمری موجب بهبود خواص مکانیکی پلیمر می شود. در پلیمرهای گرمانرم که فاقد پیوندهای عرضی می باشند، زنجیرهای پلیمری در اثر نیرو و یا حرارت به راحتی روی یکدیگر می لغزند و نیروهای جاذبه واندروالسی بین آنها از بین می رود . پس از انجام حرکت، نیروهای جاذبه بین مولکولی دوباره برقرار می شوند . بازگشت پلیمرهای گرمانرم به حالت نخستین شان به طور ضعیفی انجام می گیرد . این پدیده در شکل (2) نشان داده شده است



شکل (2) اثر دما بر خواص مکانیکی پلیمرها

در پلیمرهای سرما سخت، وجود پیوندهای عرضی از حرکت نسبی زنجیرهای پلیمری تا حدود زیادی جلوگیری می کند و می توان چنین انگاشت که تغییر شکل این دسته از پلیمرها تحت اثر نیرو مانند تغییر شکل یک شبکه سه بعدی در اثر نیرو می باشد .در پلیمرهای گرما سخت، زنجیرهای پلیمری در اثر بار یا حرارت نسبت به یکدیگر اندکی جابه جایی پیدا میکنند ولی پیوندهای عرضی بین آنها گسیخته نمیشود)مگر در بار نهایی .(گرما موجب جابه جایی زنجیرها و یا بخشی از زنجیرها در پل یمرهای گرمانرم می شود و موجب می شود که این زنجیرها بر روی یکدیگر بلغزند و پلیمر حالت جامد خود را از دست بدهد .در پلیمرهای گرماسخت، وجود پیوندهای عرضی از حرکت بیش از اندازه زنجیرهای پلیمری جلوگیری به عمل می آورد .بنابراین می توان انتظار داشت که خواص مکانیکی پلیمرهای گرماسخت، در اثر گرما کاهش یابد .ولی از آنجا که پیوندهای عرضی گسسته نمی شوند، این پلیمرها خواص مکانیکی خود را کاملاً از دست نمی دهند .اثر دما بر روی خواص مکانیکی پلیمرها به طور نمادین در شکل (3) نشان داده شده است.



شکل (3) اثر دما بر خواص مکانیکی پلیمرها

موارد متشکله بتن پلیمری:

بتن پلیمری، همچنان که گفته شد از دو جزء اصلی (1 سنگدانه و (2 عامل چسباننده پلیمری تشکیل شده است.

3-1-سنگدانه:

سنگدانه مصرفی در بتن پلیمری باید دارای کیفیت بسیار بالایی باشد . سنگدانه هایی از جنس سیلیس،کوارتز، گرانیت، سنگ آهک با کیفیت و دیگر سنگدانه های دارای کیفیت خوب، برای کاربرد در بتن پلیمری مناسب هستند .سنگدانههای مصرفی باید خشک یا دارای رطوبت بسیار کمی باشند، ولی در حالت، سطح آنها باید کاملاً خشک باشد مگر آنکه چسباننده پلیمری مورد استفاده، قابلیت چسبندگی با سطوح مرطوب داشته باشد .وجود رطوبت، گرد و خاک، یا هر آلودگی دیگر بر سطح سنگدانه موجب کاهش چسبندگی سنگدانه و چسباننده پلیمری می شود .بزرگترین اندازه سنگدانه مصرفی، مشابه بتن سیمان پرتلندی به ابعاد عضو، فشردگی آرماتوربندی و به ضخامت ناحیه تعمیری بستگی دارد .بزرگترین اندازه سنگدانه نبایستی از یک سوم عمق ناحیه تعمیری بزرگتر باشد. دانه بندی سنگدانه باید به گونهای انتخاب شود که سنگدانه خشک کوبیده شده، کمترین فضای خالی ممکن را داشته باشد .این موضوع سبب کاهش مقدار چسباننده پلیمری مورد نیاز برای چسباندن تمام دانه های سنگی و صرفه جویی اقتصادی میشود.

3-2-چسباننده پلیمری:

با توجه به تعریف بتن پلیمری، هرگونه مواد چسباننده پلیمری را می توان به عنوان چسب پلیمری در بتن پلیمری به کار برد .ولی با توجه به خواص مورد انتظار از بتن پلیمری، معمولاً از پلیمرهای گرماسخت به عنوان چسباننده پلیمری استفاده میشود .برای ایجاد پیوندهای عرضی در این پلیمرها یا رزین ها از یک ماده آغازگر واکنش استفاده میکنند که در هنگام استفاده به رزین اضافه میشود .بتن پلیمری با استفاده از رزین- ساخته می (MMA) - ها و مونومرهای گوناگونی مانند اپوکسی، پلی استر، آکریلیک و متیل متاکریلیت شوند .این پلیمرها معمولاً از مقاومت خوبی در برابر آب و مواد شیمیایی برخوردارند، ولی مقاومت شیمیایی آنها با افزایش دما کاهش می یابد .ویژگی های مشخصه این پلیمرها در زیر مورد بررسی قرار گرفته اند.

3-2-1-اپوکسی:

اپوکسی ها معمولاً از یک رزین، یک سخت کننده، تاخیر اندازه های واکنش و در برخی موارد پرکننده های معدنی و مواد تیکسوتروپیک کننده تشکیل شدهاند .اپوکسیها متداول ترین چسباننده‌های مورد استفاده دربتن پلیمری هستند .ویژگی های اپوکسی را می توان به شرح زیر دسته بندی کرد:

الف (اپوکسی ها به خاطر جمع شدگی نسبتاً کم در حین پخت و به خاطر خواص کشش سطحی و مولکولی که چسبندگی آنها را به زمینه های گوناگون افزایش می دهند، عموماً چسبندگی خیلی خوبی به اغلب مصالح دارند.

ب (اپوکسی ها از پایداری خیلی خوبی در برابر محیط قلیایی بتن برخوردارند.

پ (اپوکسی ها را می توان به گونه ای فرموله کرد که در دمای - 18 در جه سانتیگراد پخت شوند یا دارای زمان کارکرد و اجرا کافی برای استفاده در دمای 38 درجه سانتیگراد باشند. ت (برخی از اپوکسی ها به سطوح خیس و مرطوب می چسبند و حتی برخی از آنها در زیر آب عمل می آیند. ث (اپوکسی ها در محدوده ی وسیعی از دماهای بهره برداری دارای مقاومت و مدول مناسبی هستند. ج(اپوکسی ها از مقاومت شیمیایی بسیار خوبی برخوردارند.

3-2-2-پلی استر :

ویژگی های پلی استر به شرح زیر است:

الف (جمع شدگی در حین عمل آمدن پلی استرها نسبتاً زیاد است.

ب (پلی استرها چسبندگی خوبی به سطوح مرطوب و خیس ندارند .البته تحقیقات اخیر نشان داده اند وینیل استر، که نوعی پلی استر است را می توان برای سطوح مرطوب به کار برد.

پ (برخی از پلی استرها مقاومت ضعیفی در برابر قلیایی ها و حلال ها دارند.

پلی استرها عموماً در دمای حدود 38 درجه سانتیگراد قابل اشتعال هستند . آغازگر) سخت کننده (مورداستفاده برای پلی استرها در دماهای بالاتر از 32 درجه سانتیگراد به سرعت تجزیه می شوند و ممکن است باعث آتش سوزی یا انفجار شوند .به همین علت نباید جزء سخت کننده پلی استرها را برای مدت طولانی درانبار نگهداری کرد .به عبارت دیگر، پلی استرها از زمان قابل نگهداری کمتری نسبت به اپوکسی هابرخوردارند.

3-2-3-آکریلیک ها

خواص آکریلیک ها) متیل متاکریلیت ها (خیلی شبیه به خواص پلی استرها است.

1-مقایسه ی ویژگی های بتن پلیمری با بتن سیمان پرتلندی:

همانگونه که قبلاً نیز گفته شد، خواص بتن پلیمری تا حد بسیار زیادی به خواص و مقدار پلیمر به کار رفته در آن بستگی دارد .بتن های پلیمری عموماً از مقاومت فشاری، خمشی، کششی و ضریب انبساط حرارتی بالاتری نسبت به بتن سیمان پرتلندی برخوردارند در حالیکه مدول ارتجاعی بتن های پلیمری کوچک تر از بتن سیمان پرتلندی است .در زیر به مقایسه و بررسی این خواص می پردازیم.

4-1-مقاومت مکانیکی:

بتن های پلیمری عموماً از مقاومت فشاری، خمشی، و کشش زیادتری نسبت به بتن سیمان پرتلندی برخوردارند . مقاومت چسبندگی بتن های پلیمری به سطوح بتن ی و فولادی نیز بیشتر از مقاومت چسبندگی بتن معمولی است.در بتن سیمان پرتلندی عامل چسباننده سنگدانه ها عبارت از خمیر سیمان و ذرات ریز سنگدانه است .این عامل چسباننده علاوه بر ناهمگنی و غیر ایزوترپ بودن از مقاومت کششی بسیار ضعیفی در مقایسه بامقاومت فشاری آن برخوردار است .به دلیل همین پایین بودن مقاومت کششی است که شکست بتن دراثر بار معمولاً با ایجاد و گسترش ترک)به دلیل ضعف مقاومت کششی (در این عامل چسباننده شروع می شود .از طرف دیگر، مقاومت بتن سیمان پرتلندی علاوه بر مقاومت عامل چسباننده ی سیمانی به ویژگی های محل اتصال خمیر و سنگدانه) ناحیه انتقال (نیز بستگی دارد .غیر از بتن های حاوی پوزولان، در بقیه بتن های معمولی عموماً ناحیه انتقال یک ناحیه ضعیف است که بر روی مد شکست و مقادیر قاومت بتن تاثیر دارد.

مقاومت های مکانیکی بتن های پلیمری به دلیل:

الف (همگن تر بودن و ایزوترپ بودن و نیز مقاومت کششی زیاد عامل چسباننده و...

ب (چسبندگی بسیار خوب پلیمرها به سنگدانه ها و حذف ناحیه انتقال

بیشتر از بتن سیمان پرتلندی است.

4-2-ازدیاد طول:

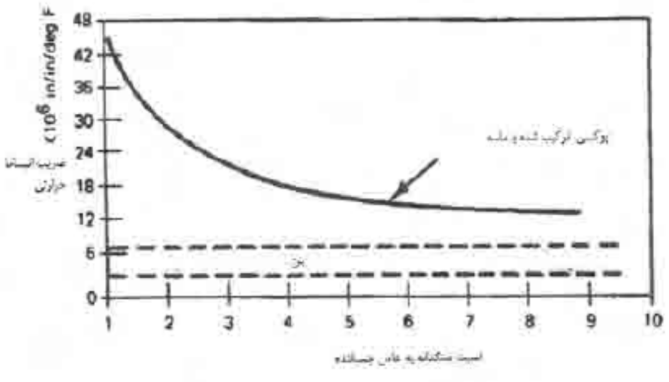
بتن یک ماده ترد و شکننده است که شکست آن آنی بوده و در لحظه شکست ازدیاد طولی پیدا نمی کند .بتن های پلیمری به دلیل امکان جابه جایی محدود زنجیره های پلیمری نسبت به یکدیگر) این حرکت توسط پیوندهای عرضی محدود می شود(، در اثر وارد شدن بار رفتاری نسبتاً شکل پذیر از خود نشان می دهند.

4-3-مدول ارتجاعی:

مدول ارتجاعی بتن پلیمری عموماً کمتر از بتن سیمان پرتلندی است .چون مدول ارتجاعی پلیمرها عموماً کمتر از سنگدانه است، لذا مدول ارتجاعی بتن پلیمری تا حدود بسیار زیادی تحت تاثیر مدول ارتجاعی پلیمر است ولی در بتن سیمان پرتلندی به علت کاهش اختلاف بین مدول ارتجاعی سنگدانه و عامل چسباننده) خمیر سیمان (و نیز وجود ناحیه انتقال، مدول ارتجاعی تحت تاثیر توام سنگدانه و خمیر سیمان می باشد.

4-4-ضریب انبساط حرارتی:

ضریب انبساط حرارتی بتن پلیمری تقریباً دو برابر ضریب انبساط حرارتی بتن سیمان پرتلندی است. ضریب انبساط حرارتی بتن پلیمری که تحت تاثیر توام ضرایب انبساط حرارتی پلیمر و سنگدانه است، با)افزایش نسبت سنگدانه به چسب پلیمری، کاهش می یابد) شکل4



شکل :(4) تاثیر تغییر نسبت سنگدانه به چسب بر ضریب انبساط حرارتی بتن پلیمری) پایه اپوکسی(

-5-4-نفوذ پذیری: نفوذ پذیری بتن های پلیمری به علت ناتراوا بودن محیط چسباننده پلیمری و ساختار متراکم پلیمر، کمتر از بتن سیمان پرتلندی است.

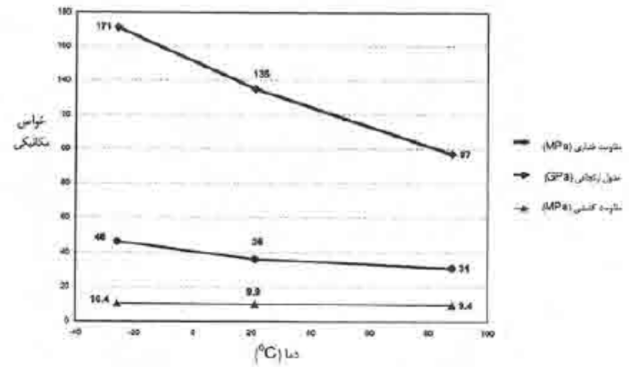
-6-4-مقاومت شیمیایی:

مقاومت شیمیایی بتن های پلیمری به دلیل : الف (مقاومت شیمیایی بالای پلیمرها و ب (ساختار متراکم عامل چسباننده ی پلیمری و کاهش نفوذ پذیری، بیشتر از بتن سیمان پرتلندی است.

4-7-کسب مقاومت: روند کسب مقاومت و عمل آوری بتن های پلیمری بسیار بیشتر از بتن های سیمان پرتلندی است . این نوع بتن ها معمولاً در چند ساعت اول، مقاومت مکانیکی نهایی خود را به دست می آورند.

- 1تاثیر دما بر خواص بتن پلیمری:

افزایش دما موجب کاهش خواص بتن پلیمری می شود .این موضوع از آنجا ناشی می شود که خواص پلیمرها تحت تاثیر دما قرار دارد) به شکل 3 مراجعه شود .(تاثیر دما روی خواص مکانیکی یک نوع بتن پلیمری در شکل 5 نشان داده شده است.



شکل (5) تاثیر دما بر خواص بتن پلیمری با پلیمر متیل متاکریلیت(MMA)

- 2عملکرد سیستم مرکب بتن پلیمری و بتن سیمان پرتلندی:

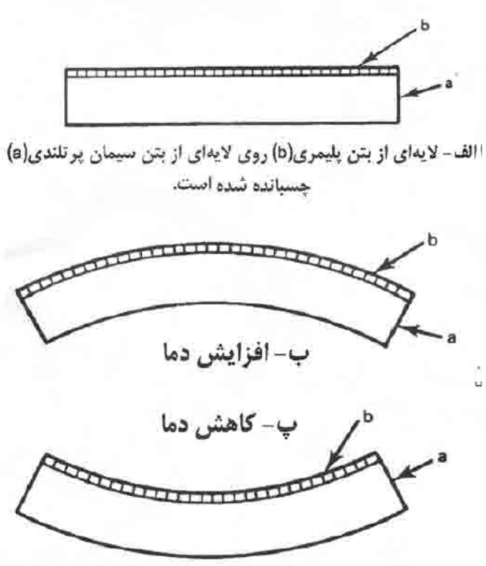
به دلیل اختلاف بین ضریب انبساط حرارتی و مدول ارتجاعی بتن پلیمری و بتن سیمان پرتلندی، عملکرد سیستم مرکب این دو بتن باید با دقت بیشتری بررسی شود.

1-6-عملکرد حرارتی

مدل ساده نشان داده در شکل -6 الف را در نظر بگیرید که در آن لایه ای از بتن پلیمری قرار گرفته است .از آنجا که ضریب انبساط حرارتی بتن پلیمری بزرگتر از (a) روی بتن سیمان پرتلندی بتن سیمان پرتلندی است، افزایش دما موجب افزایش طول بیشتری در آن می شود) شکل -6 ب (و برعکس، کاهش دما کاهش طول بیشتری در آن پدید می آورد) شکل -6 پ .(این موضوع موجب، پدید آمدن تنش های برشی در فصل مشترک دو نوع بتن می شود و بسته نسبت به مقاومت بتن ها و

شرایط دمایی هنگام اجرا می تواند منجر به جداشدگی فصل مشترک، خرابی بتن زیرین، و یا ترک خوردن بتن پلیمری شود. این موضوع، به ویژه در مناطقی که تحت تاثیر اختلاف دمای زیادی قرار دارند از اهمیت بالایی)برخوردار است .در بازدیدی که توسط کارشناسان انجمن بتن از سر ریز سد شهید عباسپور) کارون1 در زمستان 1380 به عمل آمد در ملات اپوکسی مورد استفاده برای تعمیر و لکه گیری سطح سر ریز ترکهای چند ضلعی مشاهده شد .در بررسی به عمل آمده، مشخص شد که این ترکها به دلیل اختلاف دمای هنگام اجرای تعمیرات و دمای زمان بهره برداری به وجود می آیند . به بیان دیگر، تعمیرات در فصل کم آب)تابستان (که سطح آب دریاچه سد پایین است انجام می گیرد که دمای هوا بیش از40 درجه سانتیگراد است ولی در فصل زمستان، دمای محیط به کمتر از 10 درجه سانتیگراد می رسد. بنابراین، در هنگام اجرا دمای بتن زیرین و ملات اپوکسی بالا است ولی در فصل سرد، ملات اپوکسی به دلیل ضریب انبساط حرارتی بالاترش، بیشتر از بتن زیرین منقبض می شود و در نتیجه ترک

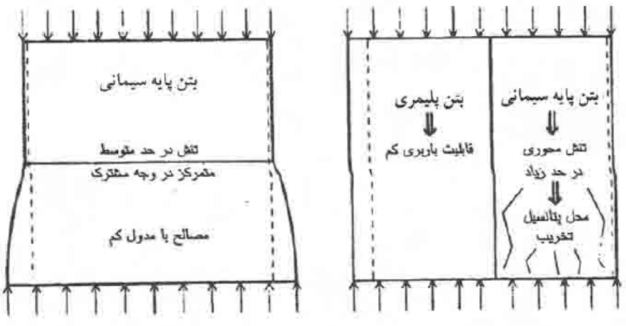
می خورد. راهکار اصلی برای چنین نواحی با اختلاف دمای بالا، اجرای بتن پلیمری در فصول سردتر و یا استفاده از ملات پایه سیمانی اصلاح شده با پلیمر است.



شکل :(6)تاثیر افزایش و کاهش دما بر رفتار سیستم مرکب بتن پلیمری و بتن سیمان پرتلندی

2-6-عملکرد تحت بارگذاری:

تحت بار یکسان، ماده با مدول ارتجاعی کمتر) بتن پلیمری (نسبت به ماده با مدول بالاتر) بتن سیمان پرتلندی (، تغییر شکل بیشتری دارد .چنانچه دو ماده دارای مدول ارتجاعی متفاوت باشند، در زمانی که بار خارجی) فشاری یا کششی (به موازات سطح چسبندگی وارد شود بخش عمده بار توسط ماده با مدول بالاتر تحمل می شود و تنش بیشتری به آن وارد می شود .این موضوع بسته به مقاومت چسبندگی دو ماده یا مقاومت ماده با مدول بالاتر، می تواند به گسیختگی فصل مشترک یا شکست ماده سخت تر بیانجامد .در مواردیکه بار خارجی عمود بر فصل مشترک وارد شود، چنانچه بار فشاری باشد اختلاف سختی می تواند منجر به گسیختگی سطح مشترک شود .از طرف دیگر، ماده یا مدول ارتجاعی بالاتر برای انقباظ جانبی ماده با مدول پایین تر، قید ایجاد می کند و در ماده با مدول کمتر و در نزدیکی فصل مشترک دو ماده تنش های بزرگی ایجاد می کند که می تواند منجر به گسیختگی فصل مشترک شود. تاثیر ناسازگاری مدول ارتجاعی برای دو حالت در شکل 7 نشان داده شده است.



شکل -7 تاثیر اختلاف مدول ارتجاعی بتن پلیمری و بتن پایه سیمانی
الف (بار خارجی موازی فصل مشترک ب (بار خارجی عمود بر فصل مشترک

-بتن پلیمری اصلاح شده

بتن های اصلاح شده پلیمری را می توان به دو دسته تقسیم کرد:

الف (بتن های تزریقی ب (بتن پلیمر – سیمان) سیمان پلیمری(

الف (بتن پلیمر تزریقی:

به وسیله تزریق یک منومر با ویسکوزیته پایین) به فرم گازی یا مایع (در یک بتن سیمان پرتلند پیش ساخته ی سخت شده تولید می شود، که این منومرهای تزریق شده تحت تاثیر عوامل فیزیکی) تابش نور فرابنفش یا گرما (یا شیمیایی) کاتالیزورها (به پلیمر جامد تبدیل می شوند .بتن پلیمری تزریقی از بتن معمولی به صورت زیر تولید می شود :ابتدا هوا را از یک منافذ باز خارج می کنند) به وسیله خلاء مکش یا منومرهای جایگزین و فشار (سپس منافذ باز را به وسیله انتشار یک منومر با ویسکوزیته پایین یا یک ترکیبی از پلیمرهای منومری (1اشباع میکنند و درج منومر یا ترکیبی از پری پلیمر، منومر، پلیمریزه X10-2P.AS 10 یا Cps)ویسکوزیته میکنند که این عمل را با استفاده از روشهای اقتصادی و معمولی انجام می دهد)تابش، گرما، شیمیایی.(عارضه مهم این مواد این است که نسبت بزرگی از حجم حفرهها از پلیمرهایی پر شده اند که تشکیل یک شبکه پیوسته ی تقویتی دادهاند .این سازه بتنی ممکن است در لایههای) اعماق (گوناگون یا فقط در یک لایه ی سطحی تزریق بشوند که این بستگی به مقاومت یا دوامی که از سازه طلب می کنند ، دارد .مهمترین عامل نامناسب برای استفاده از این فرآوردهها قیمت نسبتاً زیاد آنهاست به طوری که منومر استفاده شده درآنها گران قیمت می باشند و فرآیند تولید نیز پیچیده تر از بتن اصلاح نشده می باشد. نتیجه تزریق بتن بهبود قابل ملاحظه ای در مقاومت کششی، فشاری و ضربه ای، تقویت دوام و کاهش نفوذپذیری در مقابل آب و محلول های نمک آبی از قبیل سولفات ها و کلریدها ایجاد میکند .مقاومت فشاری 140افزایش پیدا کند .جذب آهن هم کاهش می یابد . همچنین مقاومت در 35 Mpa میتواند تا Mpa از مقابل پدیدهی یخ -ذوب) ذوب مجدد (به طور چشمگیری تقویت میشود .لازم به ذکر است که می توانیم با تزریق بخار در بتن) اتوکلاو شده (به مقاومت بیشتری هم برسیم .که این مواد یک نسبت مقاومت فشاری به چگالی، نزدیک 3 برابر فولاد دارد .اگرچه مدل الاستیسیته به طور متوسط بزرگتر از بتنهای تزریقی پلیمری بخار داده شده است، اما کرنش ماکزیمم در شکست بالاتر است. منومرهایی که بیشتر به طور گسترده در تزریق بتن استفاده می شوند از نوع وینیل هستند از قبیل متیل استیرن، اکریلونیترین، وتی -بوتیل استیرن دونیل استات .سیستمهای منومری ، (.M.M.A)متاکریلیت اکریلیک از قبیل متیل متاکریلیت با ترکیبات آن با اکریلونیتریل ها برای تزریق ترجیح داده می شوند، زیرا دارای ویسکوزیته پایین، خواص رطوبتی خوب، واکنش پذیری بالا، قیمت نسبتاً پایین می باشد در نتیجه محصولاتی با خواص بهتر و کارآیی بیشتر خواهند بود. در صورت استفاده از تزریق منومرهای بی فانکشنال و پلی فانکشنال) افزودنی کراس -لینک، یک شبکه کراس لینک در منافذ ایجاد می شود در نتیجه مقاومت مکانیکی، گرمایی ، (.M.M.A) به ضمیمه و شیمیایی به طور زیادی افزایش می یابد .البته بهبود این محصولات بستگی به درجه ی کراس -لینک دارد. استفاده می شود . منومرهای (.M.M.A) یک افزودنی کراس -لینک عموماً با یک منومر وینیل از قبیل ترموست) گرما سخت (پلیمرها نیز برای تولید بتن های پلیمری تزریقی با افزایش زیاد پایداری حرارتی)مقاومت در مقابل فرسودگی ناشی از حرارت (استفاده می شود .اینها نیز شامل پری پلیمرهای اپوکسی و پلی استر ، استیرن غیر اشباع می شود .این منومرها و پری پلیمرها نسبتاً ویسکوزند) لزجت دارند (بنابراین استفاده از آنها موجب کاهش تزریق می شود . البته می توان با ترکیب کردن آنها با منومرهایی با ویسکوزیته پایین ویسکوزیته را کاهش داد .کاربری های بتن تزریقی در عمق ساختمان ها و کارهای (.M.M.A) مثل ساختمانی شامل سقف های سازه ای، سازه های با عملکرد بالا، لوله های فاضلاب رو، تانک های ذخیره آب دریا، تاسیسات نمک زدایی و آب مقطر، سازه های دریایی، پانل های پیش ساخته دیوار، جداربند تونل ها، مقاطع پیش ساخته تونل و استخر شنا می شوند .بتن های تزریقی به طور جزیی برای محافظت از پل ها و سازه های بتنی در مقابل زوال و فرسودگی استفاده می شوند .همچنین در مرمت فرسودگی سازه های ساختمانی از قبیل پانل های سقف پوش و کف گاراژهای زیرزمینی و کف پله ها استفاده می شود (polymer cement concrete) : .ب (بتن پلیمر -سیمان 10درصد وزن آن (سیمان چسباننده آن با پلیمرهای - یک بتن اصلاح شده است که قسمتی از15 %) مصنوعی جایگزین شده است .این فرآورده از ترکیب کردن یک منومر، پری پلیمر، منومر با یک شیره ی پلیمری داخل یک بتن سیمانی تولید می شود .

پلیمریزاسیون منومرها و پری پلیمر - منومر نیز در اثر اضافه کردن یک کاتالیزور به مخلوط انجام می شود. تکنولوژی این فرآیند

خیلی شبیه به بتن معمولی است .بنابراین بتن پلیمر - سیمان را می توان در کاربری خواسته شده در جا ریخت .لازم به ذکر است که بتن پلیمر تزریقی معمولاً به صورت سازه های پیش ساخته استفاده می شوند. خواص بتن پلیمر -سیمان تولید شده به وسیله بتن اصلاح شده با پلیمرهای گوناگون از سست تا کاملاً مساعد تغییر می کند .خواص سست محصولات در ناسازگاری بین بیشتر پلیمرها و منومرها با قسمتی از جز ترکیبی بتن آنها نسبت داده می شود .خواص بهتر نیز به وسیله ی استفاده از پری پلیمرهایی مثل پلی استر غیر اشباع کراس -لینک شده با استیرن یا اپوکسی تولید می شوند .برای دستیابی به اصلاح واقعی و اساسی بیشتر، از بتن اصلاح نشده، نسبت کاملاً زیادی از پلیمرها نیاز است که این اصلاح و بهبودی با افزایش قیمت توجیه پذیر نیست. نتیجه ی اصلاح بتن با شیوه پلیمری) تعلیق کولوئیدی ذرات پلیمر در آب (بهبود زیاد خواص در محدوده ی یک هزینه معقول است. بنابراین گونه های زیادی از شیره ها) لاتکس (در حال حاضر برای استفاده در فرآورده های بتنی پلیمر- سیمان و ملاتها وجود دارند .بیشتر شیره های لاتکس معمولی بر پایه ی پلی) متیل متاکلریلیت (که لاتکسهای اکریلیکی نامیده می شوند .مانند پلی) وینیل استات (وینیل کلراید کوپولیمر، پلاستیک های نیتریل، پلاستیک های طبیعی استوار شدهاند و هرکدام از فرآورده های پلیمرها صفت های فیزیکی اختصاص به خود را دارند. مثلاً شیره آکریلیت یک ضد آب خوب پیوسته بین پلیمر اصلاح شده و اجزا بتن فراهم می کند، در حالیکه نتیجه ی استفاده از شیره استیرن یک مقاومت فشاری بالاست .عمل آوری شیره ی بتن پلیمر - سیمان با بتن معمولی متفاوت می باشد، به دلیل اینکه پلیمریک غشا نازک روی سطح فرآورده ها تشکیل می دهد قسمتی ازرطوبت داخلی نگهداری میشود که برای ادامه هیدراتاسیون سیمان مورد نیاز است و به دلیل همین غشا نازک تشکیل یافته، عمل آوری با آب برای این محصولات عموماً کمتر از بتن معمولی است .عموماً بتنهای پلیمر -سیمان ساخته شده از شیره پلیمر، پیوستگی) پیوستن (عالی با آرماتورهای فولادی و بتن های کهنه ازخود نشان می دهند .شکل پذیری خوب، مقاومت در برابر نفوذ آب و محلول های نمک آبی، مقاومت در برابر پدیده یخ - ذوب از دیگر خواص آنها می باشد .مقا.مت خمشی و استحکام) چقرمگی (آنها نیز معمولا از بتنهای اصلاح نشده بیشتر است .مدل الاستیسیتهی آنها نیز می تواند بیشتر باشد) نه الزاماً (چرا که بستگی به شیرهی پلیمر مصرفی دارد . به طور کلی چون خزش) وارفتگی (غالباً بیشتر از بتن ساده می باشد می توان آن را با استفاده ی یکی از شیره ه ای پلیمری پیشنهادی زیر کاهش داد : پلی اکریلیک، استیرن، بوتادین، کرپلیمر، پلی وینیلیدن کلراید. جمع شدگی ناشی از خشک شدن بتن پلیمر -سیمان نیز غالباً کمتر از بتن معمولی است .متوسط جمع شدگی بستگی به نسبت آب به سیمان، مقدار سیمان، مقدار پلیمر و شرایط عمل آوری دارد .همچنین حساسیت آنها در مقابل دماهای بالا از بتن های معمولی بیشتر است .برای مثال خزش)وارفتگی (در دمایی با اندازه بزرگتر از بتن سیمان معمولی افزایش می یابد .در حالیکه مقاومت خمشی، مدل خمشی و مدل الاستیسیته کاهش مییابد .این تاثیرات در موارد ساخته شده از شیره های الاستومتریک) استیرن - بوتادین (بیشتر و بزرگتر است، از مواد ساخته شده از پلیمرهای ترموپلاستیک) اکریلیک.(به طور نمونه بتن پلیمر -سیمان ساخته شده با شیره های ترموپلاستیک در دمای حدود 45 درجه سانتیگراد تنها تقریباً 50 % از مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته خود را نگه می دارد . عمده کاربری بتن های پلیمر- سیمان حاوی شیره ها در موارد زیر می باشد: سطح سقف ها، چون آنها بدون گرد و خاک و به نسبت ارزان می باشند .به دلیل جمع شدگی کم، مقاومت خوب در مقابل نفوذ مایعات گوناگون از قبیل آب و محلول های نمکی و خاصیت پیوستگی خوب با بتن- (25روکش کف پل های بتنی، روکشهای ضد زنگ، (mm های کهنه مخصوصاً برای کف سازی نازک مرمتهای بتنی و در وصله گذاری مناسب می باشند.

- 4کاربرد بتن پلیمری: در موارد زیر استفاده می شود:

-موارد تعمیراتی -روکش پلها -کفسازی صنعتی و پوشش های محافظ بتن -قطعات پیش ساخته

بتن پلیمری می تواند به عنوان یک ماده تعمیراتی با خاصیت عمل آوری سریع و مقاومت اولیه و نهایی زیاد برای تعمیر سازه های بتنی به کار رود . در اوایل بسیاری از این نوع بتن ها برای تعمیر سطوح بزرگراهها، که زمان توقف ترافیک آنها محدود است، طراحی شده بودند ولی به تدریج کاربرد آنها در سایر سازه های بتنی نیز رواج پیدا کرد .یکی از مهمترین مزایای بتن های پلیمری در تعمیر سازه ها، که به دلیل چسبندگی بسیار خوب آنها به بتن زیرین است، امکان اجرای آنها در لایه های نازک بر روی

سطح بتن است .مواد تعمیراتی پلیمری به صورت خمیر)بتونه (دو جزیی یا ملات سه جزیی از پیش بسته بندی شده ارایه می شوند. بتن پلیمری به دلیل نفوذ پذیری کم و مقاومت شیمیایی بالا، هنگامی که به عنوان روکش پلها و کفسازیهای صنعتی به کار می رود یک لایه محافظ بر روی سطح بتن پدید می آورد که از خوردگی جلوگیری میکند. استفاده از بتن پلیمری برای تولید قطعات پیش ساخته در حال حاضر محدود به اعضای نماسازی و قطعات صنعتی است .یکی از مزایای مهم بتن پلیمری برای تولید قطعات پیش ساخته، عدم نیاز به سیستم راهکارهای کاربرد سازه ای بتن پلیمری را ارایه داده AC1548.6R عمل آوری است .اگر چه آیین نامه است ولی در حال حاضر، کاربرد آن برای تولید قطعات پیش ساخته سازه ای به دلیل قیمت بسیار بالا و تغییر شدید ویژگی های آن با تغییر دما، محدود است. بتن های اصلاح شده پلیمری را می توان به دو دسته تقسیم کرد:

الف) بتن های پلیمری تزریقی ب) بتن پلیمر – سیمان

نوع اول با تزریق کردن یک نوع منومر در بتن سیمان پرتلند پیش ساخته سخت شده به دست می آید که بعدا" به پلیمر جامد تبدیل می شود . برای تولید نوع دوم قسمتی از سیمان چسباننده مخلوط بتن با پلیمر جلوگیری می شود . هر دو نوع در مقایسه با بتن معمولی ، دارای مقاومت بیشتر در مقابل پدیده یخ زدگی – ذوب هستند . بتن ساخته شده با سیمان پرتلند اگرچه به خاطر خواص خوب فیزیکی و به همین نسبت قیمت پایین تر از پر مصرفترین مصالح ساختمانی بشمار می آید لیکن دارای معایب زیادی از جمله مقاومت خمشی کم ، کرنش گسیختگی کم ، احتمال آسیب دیدگی بر اثر یخبندان و مقاومت شیمیایی کم می باشد در موارد خاص این نقاط ضعف بتن را می توان با به کار بردن پلیمرهای آلی یا رزین به صورت جایگزین یا به همراه و کمک سیمان پرتلند برطرف کرد . این مواد دارای محاسن بسیاری از جمله : مقاومت بیشتر ، دوام بیشتر ، مقاومت بیشتر در برابر خوردگی ، نفوذ پذیری آب کمتر و مقاومت بیشتر در مقابل پدیده ی یخ زدگی – ذوب های متوالی می باشد . سه گونه ی اصلی مصالح مرکب پلیمری وجود دارد : الف) پلیمر تزریقی ب) بتن پلیمر – سیمان ج) بتن پلیمری تفاوت این سه دسته برای مهندس طراح مهم می باشد تا بتواند ماده ی مناسب برای کاربری داده شده را انتخاب کند . الف) بتن پلیمر تزریقی به وسیله تزریق یک منومر با ویسکوزیته پایین در یک بتن سیمان پرتلند پیش ساخته ی سخت شده تولید می شود ، که این منومر های تزریق شده تحت تاثیر عوامل فیزیکی (تابش نور فرابنفش یا گاما) یا شیمیایی به پلیمر جامد تبدیل می شوند . بتن پلیمری تزریقی از بتن معمولی به صورت زیر تولید می شود: ابتدا هوا را از منافذ باز خارج می کنند سپس منافذ باز را به وسیله ی انتشار یک منومر با ویسکوزیته پایین اشباع می کنند و درجا منومر یا ترکیبی از پلیمر – منومر ، پلیمریزه می کنند که این عمل را با استفاده از روشهای اقتصادی و معمولی انجام می دهند . عارضه مهم این مواد این است که نسبت بزرگی از حجم حفره ها از پلیمر هایی پر شده اند که تشکیل یک شبکه پیوسته تقویتی داده اند این سازه بتنی ممکن است در لایه های گوناگون یا فقط در یک لایه سطحی تزرق بشوند که این بستگی به مقاومت یا دوامی که از سازه طلب می کنند دارد . مهمترین عامل نا مناسب برای استفاده از این فر آورده ها قیمت نسبتا" زیاد آنهاست به طوری که منومر استفاده شده در آنها گران قیمت می باشد و فرآیند تولید نیز پیچیده تر از بتن اصلاح نشده می باشد . نتیجه تزریق بتن بهبود قابل ملاحظه ای در مقاومت کششی ، فشاری و ضربه ای ، تقویت دوام و کاهش نفوذپذیری در مقابل آب و محلولهای نمک آبی از قبیل سولفاتها و کلرید ها ایجاد می کند مقاومت فشاری از ۳۵ MPaمی تواند تا ۱۴۰ MPa ، افزایش پیدا کند . جذب آب هم کاهش می یابد . همچنین مقاومت در مقابل پدیده یخ _ ذوب بطور چشمگیری تقویت می شود . لازم بذکر است که می توانیم با تزریق بخار در بتن به مقاومت بیشتری هم برسیم که این مواد یک نسبت مقاومت فشاری به چگالی ، نزدیک سه برابر فولاد دارد اگرچه مدل الاستیسیته به طور متوسط بزرگتر از بتن های تزریقی پلیمری بخار داده شده است ، اما کرنش ماکزیمم در شکست بالاتر است منومر هایی که بیشتر بطور گسترده در تزریق بتن استفاده می شوند از نوع وینیلها هستند از قبیل متیل متاکیلیت ، استرین اکریلونیترین و تی – بوتیل استرین دونیل استات . سیستم های منومری اکریلیک از قبیل متیل متاکریلیت با ترکیبات آن با اکریلوینتریل ها برای تزریق ترجیح داده می شوند زیرا دارای ویسکوزیته پایین ، خواص رطوبتی خوب ، واکنش پذیری بالا ، قیمت نسبتا" پایین می باشد . در نتیجه محصولاتی با خواص بهتر و کارایی بیشتر خواهد بود. در صورت استفاده از تزریق منومرهای بی فانکشنال به ضمیمه ی یک شبکه کراس لینک در منافذ

ایجاد می شود در نتیجه مقاومت مکانیکی ، گرمایی و شیمیایی بطور زیادی افزایش می یابد . کاربردهای بتن تزریقی در عمل ساختمانها و کارهای ساختمانی شامل سقف های سازه ای ، سازه هایی با عملکرد بالا ، لوله های فاضلاب رو ، تانکرهای ذخیره آب دریا ، تاسیسات نمک زدایی و آب مقطر ، سازه های دریایی ، پانل های پیش ساخته دیوار ، جداربند تونلها ، مقاطع پیش ساخته تونل و استخر شنا می شوند . بتن های تزریقی بطور جزئی برای محافظت از پلها و سازه های بتنی در مقابل زوال و فرسودگی استفاده می شوند . همچنین در مرمت فرسودگی سازه های ساختمانی از قبیل پانلهای سقف پوشی و کف گاراژ های زیر زمینی و کف پلها استفاده می شوند. ب) بتن پلیمر – سیمان یک بتن اصلاح شده است که قسمتی از سیمان چسباننده آن با پلیمرهای مصنوعی جایگزین شده است این فرآورده از ترکیب کردن یک منومر ، پری پلیمر – منومر با یک شیره ی پلیمری داخل یک بتن سیمانی تولید می شود . پلیمریزاسیون منومر ها و پری پلیمر – منومر نیز در اثر اضافه کردن یک کاتالیزور به مخلوط انجام می شود تکنولوژی این فرآیند خیلی شبیه به بتن معمولی است . بنابراین بتن پلیمر – سیمان را می توان در کاربری خواسته شده درجا ریخت لازم بذکر است که بتن پلیمر تزریقی معمولا" بصورت سازه های پیش ساخته استفاده می شوند . خواص بتن پلیمر – سیمان تولید شده به وسیله بتن اصلاح شده با پلیمرهای گوناگون از سست تا کاملا" مساعد تغییر می کند . خواص سست محصولات در ناسازگاری بین بیشتر پلیمرها و منومرها با قسمتی از جزء ترکیبی بتن آنها نسبت داده می شود . خواص بهتر نیز به وسیله استفاده از پری پلیمرهایی مثل پلی استر غیر اشباع کراس لینک شده با استیرن یا اپوکسی ها تولید می شوند. برای دستیابی به اصلاح واقعی و اساسی بیشتر ، از بتن اصلاح نشده نسبت کاملا" زیادی از پلیمر ها نیاز است که این اصلاح و بهبودی با افزایش قیمت توجیه پذیر نیست . نتیجه اصلاح بتن با شیوه پلیمری بهبود زیاد خواص در محدوده یک هزینه معقول است .
بنابراین گونه های زیادی از شیره ها در حال حاضر برای استفاده در فرآورده های بتنی پلیمر – سیمان و ملاتها وجود دارد. عمل آوری شیره ی بتن پلیمر – سیمان با بتن معمولی متفاوت می باشد ، به دلیل اینکه پلیمر یک غشاء نازک روی سطح فرآورده ها تشکیل می دهد قسمتی از رطوبت داخلی نگهداری می شود که برای ادامه ی هیدراسیون سیمان مورد نیاز است و به دلیل همین غشاء نازک تشکیل یافته ، عمل آوری با آب برای این محصولات عموما" کمتر از بتن معمولی است . عموما" بتن های پلیمر – سیمان ساخته شده از شیره پلیمر ، پیوستگی عالی با آرماتور های فولادی و بتن های کهنه از خود نشان می دهند . شکل پذیری خوب ، مقاومت در برابر نفوذ آب و محلولهای نمک آبی ، مقاومت در برابر پدیده یخ – ذوب از دیگر خواص آنها می باشد ، مقاومت خمشی و استحکام (چغرمگی) آنها نیز معمولا" از بتن های اصلاح نشده بیشتر است مدل الاستیسیته آنها نیز می تواند بیشتر باشد جمع شدگی ناشی از خشک شدن بتن پلیمر – سیمان نیز غالبا" کمتر از بتن معمولی است . متوسط جمع شدگی بستگی به نسبت آب به سیمان ، مقدار سیمان ، مقدار پلیمر و شرایط عمل آوری دارد . عمده کاربرد بتن پلیمر – سیمان حاوی شیره ها در موارد زیر می باشد: سطح سقفها ، چون آنها بدون گرد و خاک و به نسبت ارزان می باشند . به دلیل جمع شدگی کم ، مقاومت در مقابل نفوذ مایعات گوناگون از قبیل آب و محلولهای نمکی و خاصیت پیوستگی خوب با بتن های کهنه مخصوصا" برای کف سازی نازک ۲۵ سانتیمتر ، روکش کف پلهای بتنی ، روکشهای ضد زنگ ، مرمتهای بتنی و در وصله گذاری مناسب می باشند . ج) بتن پلیمری بتن رزینی شامل یک چسباننده پلیمری که ممکن است ترمو – پلاستیکها باشند اما غالبا" بیشتر یک پولیمرترموست می باشد و یک پرکننده معدنی مانند شن و ماسه ، شن و یا سنگ گسسته است ، مقاومت بالاتر ، مقاومت بیشتر در برابر مواد شیمیایی و خورنده ها ، جذب آب کمتر و پایداری بالاتر در مقابل پدیده یخ زدگی – ذوب نسبت به بتن سیمان پرتلند رایج دارند PC . ها مواد مرکبی هستند که چسباننده آنها تماما" شامل پلیمرهای مصنوعی می باشد ، که اشکال متفاوتی از آنها مانند بتن رزینهای مصنوعی ، بتن رزین پلاستیک یا بتن ساده رزینی شناخته شده اند. به دلیل استفاده از پلیمر به جای سیمان پرتلند افزایش واقعی قیمت وجود خواهد داشت لذا پلیمرها فقط باید در مواردی مصرف شوند که بتوان خواص فوق العاده آنها ، هزینه دستمزد کمتر در عمل آوری و جابجایی را با قیمت بالای آنها توجیه کرد . بنابراین مهم است که یک طراح و مهندس آگاهی کافی از قابلیت PC ها داشته باشد و با توجه به کارا بودن و اقتصادی بودن محصول برای کاربری و محدودیت های ویژه یکی را انتخاب کند. بتن پلیمری شامل یک پرکننده معدنی و یک چسباننده پلیمری می باشد البته وقتی که به عنوان یک

پرکننده استفاده شود ، ترکیب مورد نظر را به ملات پلیمری نسبت می دهند . پرکننده های دیگر هم شامل موارد زیر می باشد : سنگهای شکسته ، شن ، سنگ آهک ، گچ ، نرمه سیلیس ، گرانیت ، کوارتز ، رس ، کف شیشه ، سنگدانه فلزی و به طور کلی هر ماده خشک ، ضد آب و جامدی می تواند به عنوان پرکننده استفاده شود . در تولید PC ها یک منومر یا سخت کننده و یک کاتالیزور با پرکننده ها مخلوط می شوند . دیگر مواد متشکله اضافه شده به مخلوط شامل پلاستی سایزرها و ضد آتشها و گاهی اوقات افزودنی های مضاعف کننده ی سیلان نیز برای افزایش مقاومت پیوستگی بین ملات پلیمر و پرکننده ها می باشد .جهت دستیابی به پتانسیل کامل محصولات بتن پلیمری برای کاربری های خاص ، الیاف تقویتی گوناگون استغاده می شود . این آرماتور ها شامل : الیاف شیشه ، پشم شیشه ، الیاف فلزی و شبکه های سیمی می باشد . زمان گیرش و زمان افزایش مقاومت ماکزیمم را در PC ها به آسانی می توان از چند دقیقه تا چندین ساعت به وسیله یک تغییر کوچک در دما و یا سیستم کاتالیزور تغییر داد.
ترکیب بتن پلیمری بطور کلی دارای خواص زیر می باشد:
مقاومت خوب در برابر حمله شیمیایی و دیگر خورنده ها ، خاصیت جذب آب پایین ، مقاومت خوب در برابر ساییدگی و ثبات و پایداری در مقابل پدیده یخ زدگی – ذوب ، همچنین مقاومت بالای بتن پلیمری در مقایسه با بتن سیمان پرتلند اجازه مصرف تا بالای ۵۰٪ کمتر از مواد را به ما می دهند . این شرایط باعث می شوند که بتن پلیمری در یک سطح قابل رقابت با بتن سیمان پرتلند در کاربری های ویژه قرار بگیرد. پلیمرهایی که اخیرا" بیشتر استفاده می شوند به چهار دسته تقسیم شده اند : الف) متیل متاکریلیت ب) پلی استر پری پلیمر – استیرن ج) سخت کننده پری پلیمر اپوکساید د) فورفوریل الکل بتن پلیمری به طور زیادی مقاومتشان در برابر مواد شیمیایی از قبیل اسید هیدرولیک و محلولهای قلیایی و سولفاته که در محیط های صنعتی یافت می شوند ، بهبود داده می شوند . بتن پلیمری و پلی استر مقاومت اسیدی بیشتر نسبت به بتن پلیمر اپوکسی دارد در حالیکه مقاومت کمتری در مقابل محلولهای قلیایی نسبت به اپوکسی دارد.

- 5نتیجه گیری:

-خواص بتن پلیمری عموماً بهتر از بتن پایه سیمانی است. -ویژگی های مکانیکی، فیزیکی، و شیمیایی بتن های پلیمری به دما بستگی دارند و با افزایش دما، کاهش می یابند .بنابراین در هنگام استفاده از بتن پلیمری باید دمای بهره برداری در نظر گرفته شود و بر مبنای آن نوع بتن پلیمری تعیین شود. -به دلیل ضریب انبساط حرارتی بیشتر بتن پلیمری نسبت به بتن پایه سیمانی، دمای هنگام اجراء باید در نظر گرفته شود .لکه گیری سطوح بتنی در فصول گرم با استفاده از بتن پلیمری میتواند منجر به گسیختگی و خرابی تعمیر انجام شده در فصول سرد شود. -به دلیل مدول ارتجاعی کمتر بتن پلیمری نسبت به بتن پایه سیمانی و نیز افت شدید مقاومت های مکانیکی آن در گرما، به هنگام کاربرد آن در مقاصد سازه ای و تقویتی باید دقت بسیار زیادی کرد. -بتن پلیمری به دلیل پخت و به عمل آمدن سریع، کاربرد گسترده ای در تعمیر سطوح بزرگرهها و روکش پلها دارد. -چسبندگی بتن پلیمری به سطح زیرین بسیار زیاد است ولی باید توجه داشت که انواع خاصی از آنها به سطوح مرطوب می چسبند و عموماً هنگام اجرای آنها، سطح زیرین باید خشک باشد. -بتن های پلیمری عموماً به شکل از پیش بسته بندی شده عرضه می شوند و از این رو بسیاری از خواص آنها از پیش تعیین شده است .بر خلاف بتن پایه سیمانی که دست کاربر در انتخاب، اصلاح و تغییر خواص در طول کار و با توجه به شرایط وجود دارد . در این نوع بتن آزادی عمل بسیار محدود است.

10-مراجع:

1-قدوسی، پرویز تعمیر سازه های بتنی،1380
-2-امیر خیزی، محمد حسن آمیزه کاری در صنایع پلیمری، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان،1373
-3-شکروی، عباس و خزایی، اردشیر شیمی پلیمر انتشارات دانشگاه تربیت معلم1376
4- ACI 503 R, use of epoxy compound with concrete
5- ACI 548.1 R, Guide for the use of polymer in concrete
6- ACI 548.5 R, Guide for polymer concrete overlays
7- ACI 548.6 R, polymer concrete – structural application

8- Depuy G.W. , concrete polymer materials in the united states__

بتن گوگردی Sulfur concrete

تکنولوژی تولید بتن گوگردی و ساخت

●با توجه به تولید کنونی سالیانه ۳۳ میلیون تن سیمان در کشور و پیش بینی تولید سالیانه ۷۰ میلیون تن در برنامه چهارم توسعه دولت (تا پایان سال ۱۳۸۸)، و همچنین علاقمندی تولید کنندگان سیمان به صادرات آن به کشورهای همسایه، به نظر می رسد علاوه بر ظرفیت سازی در این صنعت، تنظیم میزان مصرف و شیوه های بهینه کردن آن از راهکارهای اساسی برون رفت از بحران در این صنعت است.

●با توجه باینکه کشور ما دارای معادن گوگرد فراوان بوده و همچنین حجم بسیار زیادی گوگرد نیز از تصفیه گازهای ترش بدست می آید، میتوان از سیمان گوگردی استفاده نمود. تکنولوژی تولید این سیمان چند دهه است که بدست کشورهائی مانند آمریکا و کانادا می باشد.

●تمامی مواد لازم جهت تولید این سیمان و همچنین قطعات لازم جهت ساخت ماشین آلات آن در داخل کشور تهیه می گردد.

●سیمان گوگردی سیمانی است که از ترکیب گوگرد و مواد مضاف در یک فرآیند حرارتی بدست می آید.

●در صورت تولید سیمان گوگردی و مصرف آن در کارهای آبی خصوصا" سدسازی، لوله های فاضلاب، کانالهای آبیاری، شمعهای بتنی، اسکله ها و دیوارهای ساحلی و...، سهم بیشتری از تولیدات سیمان کشور صرف کارهای ساختمانی شده و از هزینه های احداث کارخانه های سیمان کاسته خواهد شد. براساس محاسبات انجام شده سرمایه گذاری کارخانه های سیمان گوگردی کمتر از ۱۰ درصد سرمایه گذاری کارخانه های سیمان معمولی است و مدت زمان لازم برای ساخت و بهره برداری آن نیز یک چهارم ساخت کارخانه های سیمان معمولی است که البته باید گیرایی سریع و مقاومت بالای آن در مقابل فشار را نیز به مزایای آن افزود.

●طبق گزارشات کارشناسان سیمان، برای تولید هر تن سیمان معمولی ۱۲۵ کیلو وات ساعت انرژی برقی لازم است. اگر میزان مصرف برق روزانه یک واحد مسکونی ۵ کیلو وات ساعت در نظر گرفته شود، میزان برق روزانه مصرفی یک کارخانه سیمان به ظرفیت ۳۰۰۰ تن در روز، معادل مصرف برق روزانه بیش از ۷۵۰۰۰ واحد مسکونی می باشد. در صورتی که برای تولید سیمان گوگردی از هر نوع سوختی می توان استفاده نمود و بنابراین استفاده از انرژی الکتریکی که برای کارخانه های سیمان ضروری است حذف شده و می توان آن را برای مصارف دیگری مورد استفاده قرار داد. در صورت عدم تمایل به سرمایه گذاری جهت تاسیس کارخانه های بزرگ، می توان این محصول را در کارگاههای کوچک نیز تولید نمود.

●برای تولید سیمان گوگردی لازم است افزودنی های را به گوگرد اضافه کرد و آن را به عمل آورد تا بتوان به صورت سیمان گوگردی استفاده کرد و انجام این عملیات به هر ظرفیت و در هر کارگاهی امکان پذیر است . برای مصرف سیمان گوگردی در داخل بتن دو راه وجود دارد: روش اول این است که ابتدا سیمان را گرم کرده و پس از رسیدن به حالت مذاب آن را به داخل مخلوط شن و ماسه گرم شده می افزائیم و در روش دوم آن را به صورت پودر جامد درآورده و پس از گرم کردن شن و ماسه در داخل بتونیر، آن را به مخلوط گرم شده می افزائیم تا پس از دریافت حرارت لازم از مخلوط و رسیدن به درجه حرارت معین به صورت مذاب درآمده و به تشکیل مخلوط بتن گوگردی منجر شود.

●به علت خاصیت چسبندگی سریع و بادوام این سیمان به فلزات و غیر فلزات می توان آن را برای پوشش خارجی فلزات و غیر فلزات به کار برد و مانع از پوسیدگی و یا زنگ زدن آنها در برابر عوامل جوی شد. به کارگیری سیمان گوگردی با توجه به مزایای گوناگون آن خصوصا" در مناطق ساحلی با ماسه بادی فراوان و یا مناطقی که دچار کم آبی هستند، ضروری است.

خواص فیزیکی بتن گوگردی:

❑۱. مقاومت زیاد در برابر خوردگی در محیط های نمکی و اسیدی

❑۲. سر عت فوق العاده در حصول مقاو مت نهایی
❑۳. مقاومت زیاد در برابر خستگی
❑۴. دوام خوب و خاصیت ارتجاعی
❑۵. عدم نفوذ آب به داخل سطح نهائی

سطح نهائی بتن گوگردی

عوامل موثر در خواص مکانیکی بتن گوگردی:

❑الف: در صد گوگرد مصرفی
❑ب: ماده مضاف جهت عمل آوری گوگرد(Modifier)
❑ج: کیفیت مصالح سنگی استفاده شده در تهیه بتن
❑ه : ویبره

فرمولاسیون سیمان های گوگردی

بتن گوگردی محصول جدیدی است که با وجود این که ظاهری نهایی مانند بتن حاصل از سیمان پرتلند دارد،اما طرز تولید، نگهداری و استفاده از آن متفاوت است. بتن های گوگردی یک عنوان کلی است که برای مجموعه ای از محصولات استفاده می شود که از نظرنوع ونسبت تر کیبات استفاده شده متفاوت می باشند . این مواد کلاً جزء دسته مواد ترموپلاستیک بوده که ازترکیبات گرمایی نوع خاصی از گوگرد، ترکیبات معدنی و افزودنی های مورد نیاز بدست می آید و بطور کلی شامل اجزاء ذیل است:

- solfurسولفور
- Aggregates مواد متراکم ریزدانه و درشت دانه
- Filler مواد پرکننده
- Additives مواد افزودنی
- مخلوط اولیه شامل حدود ۲۵ - ۱۵ درصد سولفور، حدود ۴۵- ۲۵ درصد مواد متراکم ریزدانه و حدود ۱۰- ۱۵ درصد نیز مواد افزودنی و fillerبه آن اضافه می کنند. نوع، شکل و درجه بندی مواد متراکم موجود در فرمولاسیون باید بنحوی انتخاب گردد تا بتوان حداقل فضای خالی void content در سیستم را ایجاد نمود.
- بعد از انتخاب مواد متراکم، پرکننده های معدنی و مواد افزودنی برای یک فرمولاسیون موردنظر لازم است که میزان بهینه سولفور در فرمولاسیون تعیین گردد . روش بدین منوال است که نسبت حجمی پرکننده معدنی (f) به سولفور (s) یعنی f/s مشخصی را در نظر قرارگرفته و سپس با طراحی آزمایشات تجربی میزان سولفور جهت فرمولاسیون را بدست می آوریم.
- برای کار در محیط های خورنده آزمایش تغییر وزن مواد متراکم ریزدانه و مواد متراکم درشت دانه موجود درفرمولاسیون در تماس مستقیم محیط موردنظر در درجه حرارت کار واقعی انجام می پذیرد . دستورعمل و حد مجاز برای حداکثر کاهش وزن مواد متراکم ریز دانه و مواد متراکم درشت دانه در مدت ۷ روز غوطه وری درمحیط مایع موردنظر در جدول شماره ۱ به ترتیب داده شده است:

- انتخاب هر کدام از مواد متراکم، پرکننده و خصوصاً مواد افزودنی و نسبت این مواد در فرمولاسیون باید به نحوی صورت گیرد تا محصول نهایی از قابلیت مناسب برخوردار بوده و دارای خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی خاص جهت کاربرد موردنظر باشد.

نقش مواد مضاف (Modifier)

این مواد برای اصلاح خواص گوگرد(تمایل گوگرد به بازگشت سریع به حالت پایدار که شکننده میبا شد)بکار میرود. این مواد از جنس پلیمر هیدروکربن اولفینی می باشند. نوع ایرانی این مواد **SMZ** است که اختراع سید محمد ضرغامی مخترع ایرانی می باشد. نوع خارجی این مواد SRX است که اختراع Vroom.H.A مخترع کانادایی می باشد.

بتن گوگردی اصلاح شده

تولید بتن های خاص جهت مصارف ویژه از مباحث موردتوجه از جنبه های علمی و کاربردی بوده و از ارزش اقتصادی قابل توجه برخوردار است . اصلاح بتن مبتنی بر اصلاح ساختار سیمان بوده بنحوی که با استفاده از مواد افزودنی خاص در حین اختلاط بتوان خواص مورد نظر را در محصول نهایی ارتقاء بخشید.بتن های گوگردی به تنهایی و بدون افزودنی هایی که به منظور بهبود خواص آن در فرمولاسیون منظور می گردد از کارایی چندانی خصوصاً بعنوان ماده مقاوم در محیطهای اسیدی و نمکهای شیمیایی برخوردار نبوده لذا در فرمولاسیون نهایی انواع افزودنی وجود دارد که عمدتاً در راستای پایداری آن در سیستم های فرساینده اضافه می گردد . افزودنی دیگری در راستای کاهش انباشتگی حین فشار انقباض حرارتی که در اثنای سفت شدن بتن وجود دارد، در فرمولاسیون منظور می گردد . همچنین در راستای حفاظت بتن حین سیکل های متوالی انجماد – ذوب (Thow- Freeze) استفاده از ماده افرودنی مناسب از جمله تمهیدات خاصی است که در ساخت بتنهای گوگردی اعمال می گردد. با استفاده از تکنولوژی آرمه های الیافی ویژه (Reinforocement) بتن های گوگردی از قابلیت تقویت به منظور ارتقاء سختی و بهبود قابلیت جلوگیری از پیشرفت شکاف در بدنه بتنی برخوردار می باشد . در بسیاری از کاربردها تقویت با آرمه های الیافی استفاده گردیده و از شبکه های فلزی که خوردگی سیستم بتنی در محیط های سولفوره را تسریع می نمایند بی نیاز می سازد.

- منابع ذخیره اسید
- تیرهای پیش ساخته و قطعات بتنی
- ساخت و یا ترمیم سکوهای بتنی
- ترمیم جدولهای کنار خیابان
- خط کشی خیابانها
- دیوارهای پیش ساخته
- حوضچه های فاضلاب
- فونداسیون پیش ساخته از بتن گوگردی
- ساخت و ترمیم سازه های آبی
- ساخت و یا ترمیم پلهای هوائی
- روکش لوله های فاضلاب
- ساخت و ترمیم اسکله ها

دستگاه تولید سیمان گوگردی

❑۱. علیرغم سیمان معمولی هیچگونه نیازی به آب ،جهت ساخت بتن ندارد.
❑۲. سرعت گیرش بتن گوگردی حدود یک ساعت می باشد در حالیکه سیمان معمولی ۲۸ روز به طول می انجامد .
❑۳. کلیه دستگاهها و تجهیزات در داخل کشور تولید شده و نیازی به خروج ارز ندارد .
❑۴. حدود ۳۰ سال است که این سیمان در دنیا استفاده می شود (آمریکا ، کانادا و...) و دارای استاندارد ACI می باشد
❑۵. امکان بازیافت مجدد بتن گوگردی (علیرغم بتنن های معمولی) وجود دارد.
❑۶. کلیه مواد اولیه و افزودنی ها ، همگی در داخل کشور تهیه می گردد

❑**۷.** این صنعت در واقع **صنعت پاک** و غیر آلاینده محسوب می شود و از مواد زائد صنعت نفت استفاده می نماید ، در حال حاضر مقادیر زیادی گوگرد در پالایشگاهها انباشته شده که بسیار مضر برای محیط زیست می باشد .

❑**۸. گیرایی** بسیار سریع موجب **تسریع** اجرای کارهای عمرانی و کاهش هزینه می شود.

❑**۹.** امکان استفاده از **همه نوع مصالح موجود در منطقه** جهت تولید این بتن (علیرغم بتن معمولی) وجود دارد.

❑**۱۰.** با توجه به چسبندگی این بتن به بتن معمولی و دوام آن در مقابل خوردگی امکان **استفاده وترکیب مشترک** وجود دارد که سبب پایداری بتن می گردد

❑**۱۱.** مقاومت بالا در مقابل بسیاری از **خوردگی ها** خصوصا" **اسیدها** را دارا می باشد.

❑**۱۲.** مقاومت فشاری حدود **دو برابر** سیمان معمولی (به مقیاس مگا پاسگال) است.

❑**۱۳.** مقاومت کششی و ضریب گسیختگی حدود **۳ برابر** سیمان معمولی می باشد.

❑۱۴.ضریب الاستیسیته **بالاتر** از سیمان معمولی است.

❑**۱۵.** هدایت حرارتی **پایین تر** از سیمان معمولی می باشد.

❑**۱۶.** تا دمای ۸۰ درجه سانتی گراد کاملا" مقاوم می باشد ، بنابراین در فضای آزاد مشکلی نخواهد داشت ، البته با پوششی از بتن معمولی می توان مقاومت حرارتی آن را **معادل** بتن معمولی ساخت .

❑**۱۷.** کاربرد بسیار وسیعی در **کارهای آبی** خصوصا" سازه های دریائی ، اسکله ، سد و دیوار ساحلی دارد .

❑**۱۸.** هزینه احداث کارخانه با ظرفیت مشابه کارخانجات سیمان معمولی حدود **یک دهم** می باشد .

❑۱۹. انرژی برق مصرفی کارخانجات سیمان گوگردی **حدود یک صدم کارخانجات سیمان معمولی** بوده و بیشتر از سوختهای فسیلی ، عمدتا" گاز (که مزیت نسبی کشور محسوب می شود) استفاده می گردد .

❑**۲۰.** لازم به ذکر است که این بتن نه تنها معارض سیمان معمولی نمی باشد بلکه به دلیل مصرف زیاد سیمان در کشور می تواند بعنوان **مکمل** سیمان معمولی در بازار مورد استفاده قرار گیرد .

❑**۲۱.** کلیه آزمایشات **استاندارد** مربوطه به این بتن در داخل کشور انجام شده و نمونه های کاربردی و دستگاههای **پروتوتایپ** تولید این بتن نیز ساخته شده است .

❑**۲۲.** در مناطقی که استفاده از قیر امکان پذیر نمی باشد می توان برای **جاده سازی** از این بتن استفاده نمود (نظیر سایر نقاط دنیا) .

❑**۲۳.** بعلت چسبندگی بسیار بالای این بتن به فلزات ، می توان از آن به عنوان **روکش پلهای فلزی** استفاده نمود (آسفالتهای معمولی در مقابل حرارت و کشش مقاومت چندانی ندارند).

❑۲۴. با توجه به عایق بودن در مقابل رطوبت ، می توان از آن به عنوان **ایزولاسیون** استفاده نمود .

نتایج آزمایش فیزیکی **بتن** گوگردی

- ضریب انبساط خطی برابر
- چسبندگی به **بتن** بسیار بالاتر
- چسبندگی با آرماتور بالاتر
- خزش پائین تر
- ضریب ارتجاعی بالاتر
- ایجاد ترک کششی بالاتر
- خاصیت ارتجاعی بالاتر

●مقاومت فشاری بالاتر

مقایسه **بتن گوگردی** با **بتن** معمولی

●مقاومت دربرابر سایش بسیار بالاتر

●نفوذ پذیری بسیار کمتر

●مقاومت در برابر خستگی بسیار بالاتر

●مقاومت در برابر آتش اندکی پائین تر

●مقاومت در برابر خوردگی بسیار بالاتر

●دوام در چرخه حرارتی برابر یا بالاتر

●هدایت حرارت پائین تر

●۱. آیا برای بتن گوگردی استاندارد وجود دارد؟

آری برای بتن گوگردی استاندارد ACI وجود دارد.

●۲. میزان مصرف سیمان گوگردی در بتن گوگردی چه مقدار است؟

بین ۲۵ تا ۳۰ درصد بستگی به دانه بندی مصالح مصرف شده در بتن گوگردی دارد. درشت دانه کمتر و ریزدانه بیشتر.

●۳. چه کشورهائی میتوانند بتن گوگردی مصرف کنند؟

هر کشوری که دارای معادن گوگرد و یا تولید گوگرد از گازهای ترش باشد و یا بتواند گوگرد ارزان به کشور خودش وارد کند میتواند آن را بعنوان سیمان گوگردی مصرف نماید و در کارهای عمرانی بکار بگیرد.

●۴. ساخت کارخانه سیمان گوگردی ارزان تر است یا کارخانه سیمان معمولی؟

ساخت کارخانه سیمان گوگردی بمنظور تولید سیمان گوگردی ارزان تر از کارخانه سیمان معمولی تمام میشود ولی برای ساخت کارخانه سیمان گوگردی لازم است که گوگرد لازم برای تولید سیمان گوگردی در محل وجود داشته باشد و یا هزینه حمل آن از لحاظ اقتصادی مناسب باشد تا قیمت سیمان گوگردی تولید شده قابل رقابت با سیمان معمولی باشد و یا قیمت واردات آن نسبت به قیمت سیمان وارداتی اختلاف مناسبی داشته باشد.

●۵. آیا در معادنی که گوگرد وجود دارد میتوانیم علاوه بر استفاده از گوگرد ، مصالح موجود در آن را نیز در تولید بتن گوگردی استفاده نموده و بعنوان مصالح ساختمانی آن را مورد استفاده قرار دهیم؟

اگر میزان گوگرد موجود در معدن بین ۲۵ تا ۳۰ درصد باشد میتوانیم آن را برای تولید مصالح بکار بگیریم و اگر کمتر باشد باید به آن گوگرد اضافه کنیم تا بتوانیم بعنوان مصالح مورد استفاده قرار دهیم و لی اگر میزان گوگرد موجود در معدن بیش از ۳۰ درصد باشد میتوانیم مازاد آن را بیرون آورده و بصورت سیمان گوگردی تبدیل نموده در جای دیگر مصرف کنیم. نوع مصالح موجود در معدن مثل شن و ماسه و خاک و نوع و درصد هریک از آنها در مصالح معدن لازم است مورد بررسی قرار گیرد تا کاربرد مصالح ساخته شده مشخص شود.

●۶.آیا در سیمان گوگردی از سیمان معمولی هم استفاده میشود؟

در تهیه سیمان گوگردی از سیمان معمولی استفاده نمیشود.

●۷. آیا برای تولید بتن گوگردی از آب استفاده میشود؟

برای تولید بتن گوگردی از سیمان گوگردی و مصالح بتنی استفاده میشود و نیازی به اضافه کردن آب در این نوع بتن نمیباشد زیرا این بتن از طریق گرم کردن مصالح بتنی و سیمان گوگردی و مخلوط کردن آنها با یکدیگر بدست می آید.

●۸. نحوه تولید بتن گوگردی به چه صورت است

در این نوع بتن گرم کردن سیمان گوگردی سبب میشود که گوگرد در درجه حرارت ۱۲۰ درجه بصورت مذاب در آمده و سبب خمیری شکل شدن مصالح بتنی شود و پس از اختلاط کامل آن را در قالب میریزند تا پس از سرد شدن محکم شده و شکل قالب را بخود بگیرد.

●۹. آیا غیر از شن و ماسه که در بتن مصرف میشود میتوانیم از مصالح دیگری که در یک منطقه موجود است استفاده کنیم

در ساخت بتن گوگردی میتوان از مصالحی نظیر ماسه بادی، پوکه، خاک سنگ، خاک رس، سنگ لاشه، خرده سنگ، ذغال سنگ و خرده چوب و نظایر آن استفاده نمود ولی مشخصات بتن گوگردی تولید شده نظیر مقاومت، میزان نفوذ آب، وزن، رنگ و غیره با توجه به مصالح مصرفی تفاوت میکند. با توجه به شرایط هر پروژه ، نوع مصالح مصرفی جهت تولید بتن گوگردی قابل تغییر میباشد.

●۱۰. از کجا میتوان دریافت که مصالح تولید شده توسط بتن گوگردی را میتوان جایگزین مصالح تولید شده توسط بتن معمولی :

استاندارد تهیه شده برای این بتن مقایسه کامل بین بتن معمولی و بتن گوگردی را انجام داده که لازم است به آن استاندارد مراجعه شود.

●۱۱. تاثیر حرارت روی بتن گوگردی :

در صورت گرم کردن بتن گوگردی این بتن در درجه حرارت ۸۰ درجه سانتیگراد به بالا بتدریج مقاومت خود را از دست میدهد و در درجه حرارت ۱۲۰ درجه خمیری شکل میشود. بهمین دلیل چنانچه بخواهند آن را برای ساختمان بکار گیرند لازم است یک پوشش از بتن معمولی یا گچ و یا سنگ روی آن بعنوان عایق کشیده شود.

بتن گوگردی

ایمان الیاسیان- کارشناس ارشد عمران سازه- i.elyasian@gmail.com
حسین کربلائی فرجی- کارشناس ارشد عمران سازه- مهندسین مشاور فراز آب

چکیده

بتن گوگردی طی اختلاط گوگرد مذاب به همراه مواد پرکننده و جامد شدن مخلوط بدست می آید. مخلوط در زمان کوتاهی به نهایت مقاومت خود می رسد همچنین دارای خواص فرسودگی و مقاومت در برابر اسیدها، نمکها و بسیاری ترکیبات دیگر می باشد. به خوبی کار کرده و به راحتی مواد آن قابل تعمیر و جایگزینی می باشد.

واژگان کلیدی: بتن گوگردی، ماده مضاف، ایزولاسیون، فرمولاسیون

۱- مقدمه

افزایش تولید سولفور و در دسترس قرار داشتن آن از منابع مختلف نظیر پالایش نفت خام حاوی سولفور، شیرین سازی گازهای ترش و صنایع دیگر باعث رونق هر چه بیشتر فعالیت های توسعه ای و کاربردی در راستای استفاده هر چه بیشتر از آن گردیده است. میزان تولید سولفور در سالهای بعد از ۲۰۰۰ با سرعت بیشتر ادامه داشته است و چون بازار سولفور از محدودیت برخوردار است، لذا افزایش در عرضه آن باعث مشکلات اقتصادی و زیست محیطی می گردد. با توجه به اهمیت صرفه جویی در مصرف انرژی که بشر در قرن حاضر به آن توجه خاص دارد، نظرها بیش از پیش معطوف به استفاده از سولفور درصنایع انرژی بر (Inergy Intestive) و پرحجم گردیده است. یکی از پر پتانسیل ترین موارد استفاده از سولفور در فرمولاسیون ساخت مصالح ساختمانی

است. مطالعات، مبین اقتصادی بودن و عملی بودن ایده های اولیه بوده و نشان داده شده که محصولات حاوی سولفور در بسیاری از موارد از قابلیت های خاص و خواص برتر نسبت به جایگزینی های اولیه، برخوردار می باشند.

۲- فرمولاسیون بتن های گوگردی

بتن گوگردی محصول جدیدی است که با وجود این که ظاهری نهایی مانند بتن حاصل از سیمان پرتلند دارد، اما طرز تولید، نگهداری و استفاده از آن متفاوت است. بتن های گوگردی یک عنوان کلی است که برای مجموعه ای از محصولات استفاده می شود که از نظر نوع و نسبت ترکیبات استفاده شده متفاوت می باشند. این مواد کلاً جزء دسته مواد ترموپلاستیک بوده که از ترکیبات گرمایی نوع خاصی از گوگرد، ترکیبات معدنی و افزودنی های مورد نیاز بدست می آید و بطور کلی شامل اجزاء ذیل است:

- سولفورSulfur
- مواد متراکم ریزدانه و درشت دانهAggregates
- مواد پرکنندهFiller
- مواد افزودنیAdditives

مخلوط اولیه شامل حدود ۱۵-۲۵ درصد سولفور، ۲۵-۳۵ درصد مواد متراکم ریزدانه و حدود ۴۰-۴۵ درصد مواد متراکم درشت دانه بوده که حدود ۱۰-۱۵ درصد نیز مواد افزودنی و Filler به ان اضافه می گردد. نوع، شکل و درجه بندی مواد متراکم موجود در فرمولاسیون باید بنحوی انتخاب گردد تا بتوان حداقل فضای خالی Void Content در سیستم را ایجاد نمود.

۳- طرز تهیه سیمان و بتن گوگردی

برای تولید سیمان گوگردی لازم است افزودنی هایی را به گوگرد اضافه کرد و آن را در یک فرآیند حرارتی به عمل آورد تا بتوان به صورت سیمان گوگردی استفاده نمود و انجام این عملیات به هر ظرفیت و در هر کارگاهی امکان پذیر است. برای مصرف سیمان

را گرم کرده و پس از رسیدن به حالت مذاب آن را به
ت پودر جامد درآورده و پس از گرم کردن شن و ماسه
رت لازم از مخلوط و رسیدن به درجه حرارت معین به

شکل۱- دستگاه تولید سیمان گوگردی

۴- مشخصات و ویژگیهای بتن گوگردی

- علیرغم بتن معمولی هیچگونه نیازی به آب، جهت ساخت بتن ندارد.

- سرعت گیرش بتن گوگردی حدود یک ساعت می باشد در حالیکه بتن معمولی ۲۸ روز به طول می انجامد.
- مقاومت فشاری حدود دو برابر بتن معمولی (به مقیاس مگا پاسگال) است.
- مقاومت بالا در مقابل بسیاری از خوردگی ها خصوصا اسیدها را دارا می باشد.
- مقاومت کششی و ضریب گسیختگی حدود ۳ برابر بتن معمولی می باشد.
- امکان استفاده از همه نوع مصالح موجود در منطقه جهت تولید این بتن (علیرغم بتن معمولی) وجود دارد.
- ضریب الاستیسیته بالاتر از بتن معمولی است.
- هدایت حرارتی پایین تر از بتن معمولی می باشد.
- بعلت چسبندگی بسیار بالای این بتن به فلزات، می توان از آن به عنوان روکش پلهای فلزی استفاده نمود (آسفالتهای معمولی در مقابل حرارت و کشش مقاومت چندانی ندارند).
- امکان بازیافت مجدد بتن گوگردی (علیرغم بتن های معمولی) وجود دارد.
- با توجه به چسبندگی این بتن به بتن معمولی و دوام آن در مقابل خوردگی امکان استفاده و ترکیب مشترک وجود دارد که سبب پایداری بتن می گردد.
- با توجه به عایق بودن در مقابل رطوبت، می توان از آن به عنوان ایزولاسیون استفاده نمود.
- در صورت گرم کردن بتن گوگردی این بتن در درجه حرارت ۸۰ درجه سانتیگراد به بالا بتدریج مقاومت خود را از دست می دهد و در درجه حرارت ۱۲۰ درجه خمیری شکل می شود. به همین دلیل چنانچه بخواهند آن را برای ساختمان بکار گیرند لازم است یک پوشش از بتن معمولی یا گچ و یا سنگ روی آن بعنوان عایق

شکل۳- مقایسه بتن گوگردی و بتن معمولی در محیط اسیدی

۵- عوامل موثر در خواص مکانیک بتن گوگردی

الف: درصد گوگرد مصرفی ب: ماده مضاف جهت عمل آوری گوگرد(Modifier)

ج: کیفیت مصالح سنگی استفاده شده در تهیه بتن د: ویبره

لازم بذکر است که ماده مضاف برای اصلاح خواص گوگرد(تمایل گوگرد به بازگشت سریع به حالت پایدار که شکننده می با شد) بکار می رود. این مواد از جنس پلیمر هیدروکربن اولفینی می باشند.

۶- کاربردهای بتن گوگردی

شکل۴- کانالهای عبور آب

شکل۵- فونداسیون دستگاههای صنعتی

شکل ۶- صفحات بتنی زیر ریلهای راه آهن

شکل ۷- منابع ذخیره اسید

شکل ۸- ساخت و یا ترمیم سکوهای بتنی

شکل ۹- حوضچه های فاضلاب

شکل ۱۰- ساخت سکوهای استخراج نفت

شکل ۱۱- روکش لوله های فاضلاب

شکل ۱۲- ساخت و ترمیم سازه های آبی

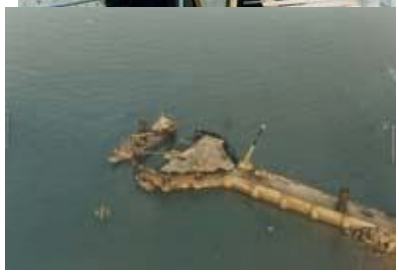
۷-کاربردهای بتن گوگردی در ایران

الف- طرح اجرای دیوار ساحلی در سواحل شمال کشور

ب- فونداسیون دکل های برق فشار قوی در شالیزارهای شمال کشور

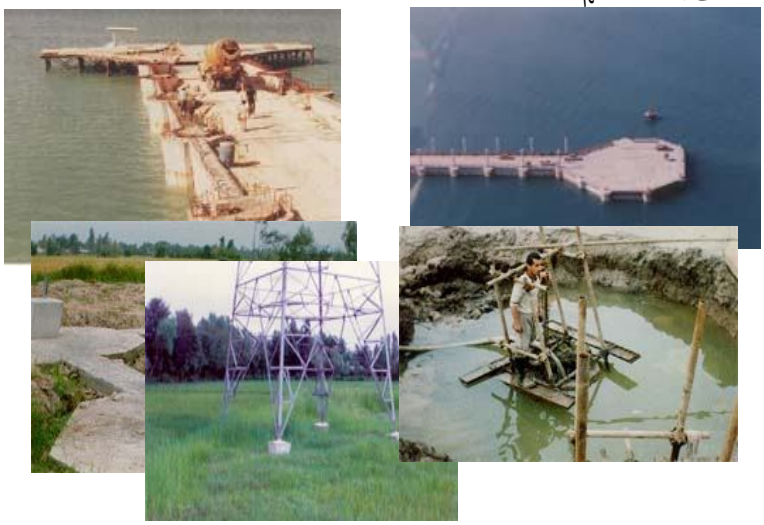
ج- اسکله قشم

در شرائط فعلی، حمل و نقل دریائی به ندرت در دریای خزر انجام می‌شود و خطر حملات دریا به تاسیسات ساحلی مانع احداث هرگونه تاسیسات برای امور بازرگانی و یا مسکونی می‌شود. با اجرای طرح دیوار ساحلی با عرض حدود ۱۲ متر و با ارتفاع ۶ متر با استفاده از کیسون‌های ته باز به ابعاد تقریبی ۴*۳ متر در سواحل قبلی ماسه‌ای که اکنون در آب قرار دارند، تاثیر به سزایی در رونق این منطقه داشته، سبب توسعه اسکله‌سازی و بندر سازی خواهد شد. برای کاستن از هزینه های ساخت این دیوار با استفاده از ماسه بادی ساحلی که در سواحل این دریا فراوان است و با استفاده از گوگردی که در منطقه خانگیران که نزدیک این منطقه می باشد و به کمک بتن گوگردی کیسون های ته باز با ارتفاع ۶ متر که ۲ متر آن در بستر دریا و ۲ متر برای عمق آب و ۲ متر بالاتر از سطح آب قرار دارد، ساخته خواهد شد و از آرماتور تولیدی داخلی و یا آرماتورهای وارداتی از کشورهای همسایه شمالی استفاده خواهد گردید.



ل جهت ا شمالی کشور

شکل ۱۴- مراحل ساخت اسکله قشم



شکل ۱۵-مراحل ساخت و استقرار پایه های دکل برق در شالیزار

۸- خواص فیزیکی بتن گوگردی

۱. مقاومت زیاد در برابر خوردگی در محیط های نمکی و اسیدی
۲. سر عت فوق العاده در حصول مقاو مت نهایی
۳. مقاومت زیاد در برابر خستگی
۴. دوام خوب و خاصیت ارتجاعی
۵. عدم نفوذ آب به داخل سطح نهائی

۸- نتیجه گیری

- بکار گرفتن سیمان گوگردی برای کارهای عمرانی سبب شتاب دادن به سرعت عملیات عمرانی و زیر بنائی، بخصوص در کارهای کشاورزی و سد سازی و همچنین سبب ایجاد اشتغال در مناطق مختلف کشور خواهد شد.

- این صنعت در واقع صنعت پاک و غیر آلاینده محسوب می شود و از مواد زائد صنعت نفت استفاده می نماید، در حال حاضر مقادیر زیادی گوگرد در پالایشگاهها انباشته شده که بسیار مضر برای محیط زیست می باشد.

- انرژی برق مصرفی کارخانجات سیمان گوگردی حدود یک صدم کارخانجات سیمان معمولی بوده و بیشتر از سوختهای فسیلی ، عمدتا" گاز (که مزیت نسبی کشور محسوب می شود) استفاده می گردد.

- هزینه احداث کارخانه با ظرفیت مشابه کارخانجات سیمان معمولی حدود یک دهم می باشد.

- در مناطقی که استفاده از قیر امکان پذیر نمی باشد می توان برای جاده سازی از این بتن استفاده نمود (نظیر سایر نقاط دنیا).

- از مزایای عمده این بتن مقاومت خوبی است که با ماسه بادی از خود نشان می دهد و این امر به ما کمک می کند تا در مناطق محروم کشور که کمبود آب داریم و ماسه بادی هم اغلب فراوان است امکان احداث سازه های بتنی را بوجود آوریم و یا با استفاده از ماسه بادی جاده سازی را رونق بخشیم.

- از مزایای مهم این بتن همکاری دوجانبه ای است که با بتن معمولی می تواند داشته باشد باین معنی که با ترکیب این دو بتن خیلی از مشکلات را می توان حل کرد. برای نمونه در صورت کشیدن بتن گوگردی یا سیمان گوگردی بر روی بتن معمولی میتوانیم از نفوذ آبهای شور به داخل بتن که سبب تخریب آن می شود بکاهیم.
- گیرایی بسیار سریع موجب تسریع اجرای کارهای عمرانی و کاهش هزینه می شود.
- کلیه دستگاهها، تجهیزات، مواد اولیه و افزودنی ها در داخل کشور تولید شده و نیازی به خروج ارز ندارد.

- حدود ۳۰ سال است که این سیمان در دنیا استفاده می شود (آمریکا، کانادا و...) و دارای استاندارد ACI می باشد.
- مقاومت فشاری حدود دو برابر سیمان معمولی (به مقیاس مگا پاسگال) است
- مقاومت کششی و ضریب گسیختگی حدود ۳ برابر سیمان معمولی می باشد
- ضریب الاستیسیته بالاتر از سیمان معمولی است.
- هدایت حرارتی پایین تر از سیمان معمولی می باشد
- تا دمای ۸۰ درجه سانتی گراد کاملا" مقاوم می باشد ، بنابراین در فضای آزاد مشکلی نخواهد داشت
- کاربرد بسیار وسیعی در کارهای آبی خصوصا" سازه های دریائی ، اسکله ، سد و دیوار ساحلی دارد
- هزینه احداث کارخانه با ظرفیت مشابه کارخانجات سیمان معمولی حدود یک دهم می باشد .

۹- مراجع

۱- اکبر نژاد،م، کاربرد بتن های گوگردی

۲-ACI 548.2R.88

۳- سایت شرکت آبسازه

۴- پایگاه اطلاعات کارآفرینی صنعت نفت

۵-ایران سازه، وبسایت تخصصی مهندسی عمران