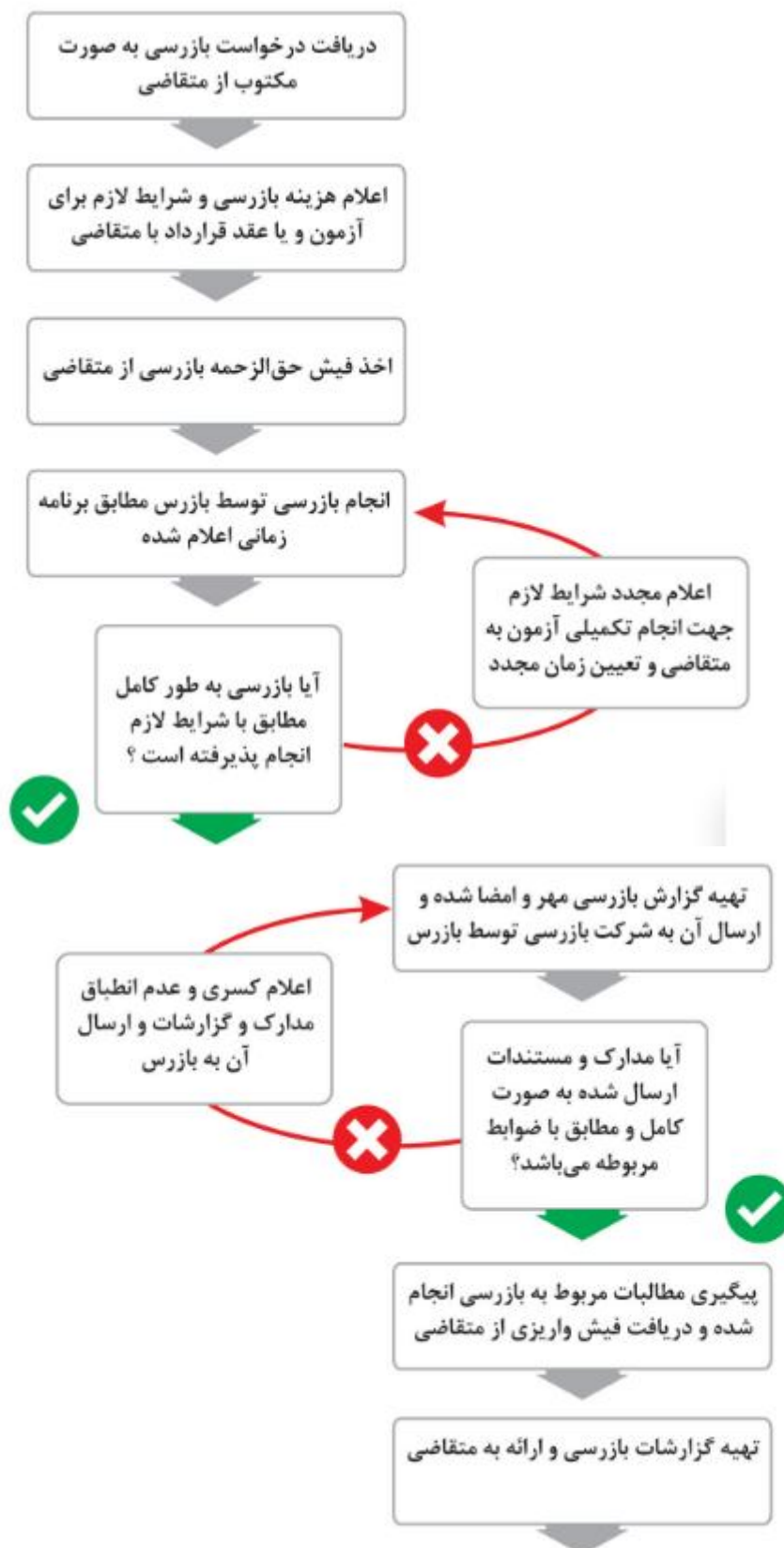


بازرسی سازه های بتنی - ایمان الیاسیان - کارشناس ارشد عمران سازه



چکلیست بازرسی چشمی بتنی شامل آیتم‌هایی است که بر دوام و عملکرد بتن تأثیرگذار هستند. به این چکلیست می‌توان عوامل مؤثر دیگر را هم اضافه کرد. چکلیست به بازرس کمک می‌کند که فرآیند بازرسی را به‌طور مناسب و کامل انجام دهد. بازرسی چشمی فرایند بررسی سطوح بتنی به‌منظور تعیین شرایط مختلف بتن است که ممکن است در طول عمر سازه خود را نشان دهند. بازرسی چشمی موجب می‌شود که فرسودگی بتن در مراحل اولیه مشخص شود و از این‌رو می‌توان اقدام به ترمیم عضو آسیب‌دیده قبل از اینکه نیاز به جایگزینی آن باشد، کرد.

آیتم‌های بازرسی چشمی

شرح سازه

- نام، موقعیت، نوع و اندازه
- مالک، مهندس پروژه، پیمانکار و تاریخ ساخت
- تصاویر کلی و تصاویر حاوی جزئیات شرایط ناحیه موردنظر
- تعیین مناطق آفتاب‌گیر و مناطقی با زهکشی خوب با ضعیف

شرایط محیطی

- بررسی محیط به لحاظ صنعتی بودن، وجود آب شیرین، قرارگیری سازه در سواحل، خشک و بایر بودن و نیمه حاره بودن
- بررسی شرایط ذوب و انجماد، مرطوب و خشک شدن در هوای خشک
- بررسی عوامل خوردگی و حملات شیمیایی: سولفات‌ها، اسیدها، کلرید و گازها
- بررسی محیط به لحاظ سایش، فرسایش، ضربات و حفرات
- بررسی محیط به لحاظ رسانایی الکتریکی
- بررسی ذوب شدن مواد شیمیایی حاوی یون کلرید
- بررسی وجود گرما از منابع مجاور

زهکشی

- بررسی درزگیرها، سوراخ‌های زهکش، درز یا اتصالات در فلاشینگ

شرایط بارگذاری

- بار مرده
- بار زنده
- بار ضربه‌ای
- بار ترافیک
- بار لرزه‌ای
- دیگر انواع بارها

خاک (شرایط فونداسیون)

- خاک‌های منبسط شونده
- خاک‌های تراکم پذیر (نشست)

شاخص‌های خرابی

- ترک خوردگی
- لکه‌دار شدن
- تراوش
- نشست

ظاهر سازه

- نشست

- خیز
- انبساط و انقباض
- شرایط کلی سطوح بتنی
- خوب، رضایت‌بخش، ضعیف
- سطوح بتنی پرداخت‌شده
- بررسی سطوح به لحاظ صاف بودن، حفره‌های معمولی، رگه‌های ماسه و شن، حفره‌های لانه‌زنبوری، درز سرد
- ترک‌خوردگی
- موقعیت و تعدد ترک‌ها
- نقشه ترک‌ها
- الگو و عرض ترک‌ها
- آرماتورهای فولادی
- خوردگی
- فرسایش
- ساییدگی و تشکیل حفره
- روکش‌های سطح
- نوع و ضخامت
- شرایط
- درزگیرهای نفوذی
- نوع، اثربخشی

۱- آزمایش مغز گیری از بتن:

یکی از ساده ترین روش‌های تست و بازرسی بتن و تشخیص نا همگنی های داخلی بتن، روش مغزه گیری (کرگیری) می باشد. این روش همانطور که در تصویر مشاهده می شود، با استفاده از دستگاه مغزه گیر از نقطه مورد نظر نمونه برداری می شود. مقاومت نمونه مورد نظر با استفاده از آزمایش فشاری بتن ارزیابی می شود و می توان با دقت بالایی مقاومت عضو مورد نظر در آن نقطه را تخمین زد. این آزمایش از دسته آزمایشات مخرب است زیرا به عضو آسیب وارد کرده و محل قطعه حفاری شده در صورت عدم تخریب عضو حتی پس از ترمیم آن باعث تمرکز تنش می شود.

۲- آزمایش چکش اشمیت:

چکش اشمیت روشی است که بر اساس تحلیل نیروی برگشت ضربه، از سطح جسم مورد نظر استوار است. این روش از دسته آزمایشات غیر مخرب محسوب می شود و به عضو آسیبی وارد نمی کند اما از دقت کافی برخوردار نمی باشد و درصد خطا در این روش از روشهای دیگر بیشتر است.

۳- آزمایش اولتراسونیک بتن:

برترین آزمایش و دارای استاندارد جهانی توصیه‌های ACI برای ضوابط بازرسی بتن

۱- مسئولیت بازرسی باید با معمار-مهندسی باشد.

۲- بازرسان باید با کیفیت بوده و به نحو مناسب سرپرستی و نظارت شوند.

۳- انواع بازرسی‌هایی که باید انجام گیرد، عبارتند از:

الف) بازرسی و تأیید امکانات مربوط به پیمانانه کردن و مخلوط کردن.

ب) بازرسی، آزمایش و تأیید مصالح.

ج) بازرسی قالب‌ها، آرماتورها، شمع‌ها، مهارها، اقلام تعبیه شده، درزها و غیره.

د) بازرسی تجهیزات مربوط به حمل و جا دادن بتن از جمله سطل‌ها (باکت‌ها)، واریزها، دمپرها (ارابه‌ها)، قیف‌ها، متراکم‌کننده‌ها، و پمپ‌ها.

ه) بازرسی حمل، جا دادن، تراکم، پرداخت، عمل‌آوری، حفاظت، و تعمیر یا لکه‌گیری بتن.

و) بازرسی در کارخانه اقلام پیش ساخته شامل قطعات پیش تنیده از نظر مقاومت، ابعاد و خواص ویژه.

ز) بازرسی قالب‌های نواری و برداشتن شمع‌ها.

ح) آماده‌سازی و آزمایش نمونه‌های بتنی، آزمایش روانی، هوای محبوس، وزن مخصوص.

ط) تهیه گزارش روزانه از کلیه این موارد.

بازرسی محل تولید بتن

یک ضابطه حیاتی برای کنترل بتن، بازرسی مرحله پیمانان کرد شامل آزمایش‌های مربوط به دانه‌بندی و مقدار رطوبت سنگ‌دانه‌هاست.

به طور خلاصه، وظایف عادی معمول بازرسی مرکز تهیه بتن عبارت از مشاهده اندازه‌گیری و توزین کلیه مصالح تشکیل دهنده شامل سیمان، سنگ‌دانه‌ها، آب و مواد افزودنی در صورت وجود و کنترل سنگ‌دانه‌ها از حیث اندازه و مقدار رطوبت است. تصحیح وزن سنگ‌دانه‌ها و مقدار آب اضافه شده برای جبرال رطوبت آزاد در سنگ‌دانه‌ها بخش مهمی از کنترل ذکر شده است. مقیاس‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری باید به طور دوره‌ای طبق استانداردهای ارائه شده توسط دایره ملی استانداردها [1] به منظور حفظ دقت لازم کالیبره گردند.

مرکز تهیه باید به گونه‌ای تجهیز شود که بتوان سیمان را با یک مقیاس کاملاً جداگانه از سنگ‌دانه‌ها توزین نمود.

سنگ‌دانه‌های با اندازه‌های مختلف را می‌توان در یک قیف با مقیاس واحد براساس وزن تجمعی توزین نمود. جزییات مراکز تهیه بتن در بخش پنجم این کتاب ارائه شده است. میزان دقتی که باید در اندازه‌گیری اجزای مختلف اعمال شود، در جدول زیر آمده است.

میزان لازم برای اندازه‌گیری اجزای بتن در مرکز تهیه بتن

تعیین رطوبت سنگ‌دانه‌های بتن

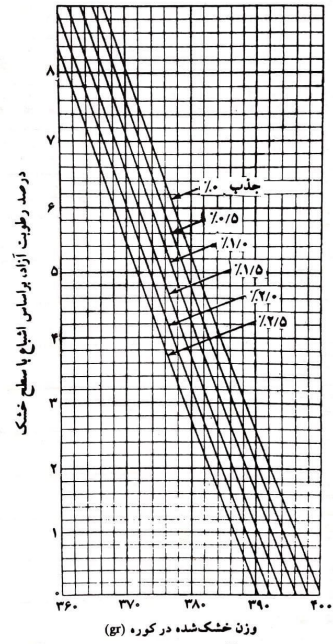
یکی از موارد مهم بازرسی سنگ‌دانه‌ها در مرکز تهیه بتن حصول اطمینان از تصحیح مقدار رطوبت است. در این مورد چندین روش وجود دارد^۳.

۱- نمونه در کوره یا ورق داغ خشک می‌شود. نمونه کاملاً خشک می‌شود و تصحیح برای جذب محاسبه مقدار رطوبت آزاد انجام می‌گیرد. یک رابطه تقریبی با دقت کافی به صورت زیر ارائه می‌شود:

$$\text{درصد جذب} = 100 \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}}$$

برای راحتی شکل را نیز می‌توان مورد استفاده قرار داد 400 gr. نمونه خشک و توزین شده است. درصد رطوبت از تقاطع با خط مربوط به درصد جذب به دست می‌آید.

۲- روش مناسب برای رطوبت آزاد ماسه براساس پیشنهاد مؤسسه آمریکایی تعیین اصلاح و تعدیل جهت استفاده یا جدول زیر نیز وجود دارد. وزن مخصوص نیز باید معلوم باشد.



تعیین مقدار رطوبت سنگدانه‌ها (۳). (۱) gr 400 (نمونه‌تر را استفاده کنید؛ (۲) در کوره خشک نمایید؛ (۳) نقطه‌ی مربوط به وزن خشک را روی محور افقی یافته، نقطه‌ی متناظر آن را از تقاطع خطوط جذب بیابید و درصد رطوبت را روی محور قائم بخوانید.

$$\%M = 1 + X \times \frac{400 - A(1+X)}{A(1+X)}$$

که در آن:

A = وزن خشک شده در کوره

X = جذب (بیان شده به صورت اعشاری)

توده ویژه حجمی، براساس S.S.D																				V	
۲/۷۵	۲/۷۲	۲/۷۳	۲/۷۴	۲/۷۱	۲/۷۰	۲/۶۹	۲/۶۸	۲/۶۷	۲/۶۶	۲/۶۵	۲/۶۴	۲/۶۳	۲/۶۲	۲/۶۱	۲/۶۰	۲/۵۹	۲/۵۸	۲/۵۷	۲/۵۶	۲/۵۵	V
۰/۱																					۳۸۲
۰/۲	۰/۲																				۳۸۳
۰/۳	۰/۵	۰/۳	۰/۱																		۳۸۴
۱/۰	۰/۸	۰/۶	۰/۲																		۳۸۵
۱/۳	۱/۱	۰/۹	۰/۷	۰/۵	۰/۳	*															۳۸۶
۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱/۰	۰/۸	۰/۶	۰/۲	۰/۱														۳۸۷
۲/۰	۱/۸	۱/۶	۱/۲	۱/۱	۰/۹	۰/۷	۰/۲	۰/۱													۳۸۸
۲/۳	۲/۱	۱/۹	۱/۷	۱/۵	۱/۰	۰/۸	۰/۵	۰/۳	۰/۱												۳۸۹
۲/۶	۲/۲	۲/۲	۲/۰	۱/۸	۱/۶	۱/۳	۱/۱	۰/۹	۰/۶	۰/۲	*										۳۹۰
۳/۰	۲/۷	۲/۵	۲/۳	۲/۱	۱/۹	۱/۷	۱/۲	۱/۲	۱/۰	۰/۷	۰/۵	۰/۳	*								۳۹۱
۳/۳	۳/۱	۲/۸	۲/۶	۲/۵	۲/۲	۲/۰	۱/۸	۱/۵	۱/۳	۱/۱	۰/۸	۰/۶	۰/۲	۰/۱	*						۳۹۲
۳/۷	۳/۲	۳/۲	۳/۰	۲/۸	۲/۶	۲/۳	۲/۱	۱/۹	۱/۶	۱/۲	۱/۲	۱/۰	۰/۷	۰/۵	۰/۳	*					۳۹۳
۴/۰	۳/۸	۳/۵	۳/۳	۳/۱	۲/۹	۲/۷	۲/۲	۲/۲	۲/۰	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱/۰	۰/۸	۰/۶	۰/۲	*				۳۹۴
۴/۳	۴/۱	۳/۹	۳/۷	۳/۲	۳/۳	۳/۰	۲/۸	۲/۵	۲/۳	۲/۱	۱/۸	۱/۶	۱/۲	۱/۱	۰/۹	۰/۶	۰/۲	*			۳۹۵
۴/۷	۴/۲	۴/۲	۴/۰	۳/۸	۳/۶	۳/۳	۳/۱	۲/۹	۲/۶	۲/۲	۲/۲	۲/۰	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱/۰	۰/۸	۰/۶	۰/۲	*	۳۹۶
۵/۰	۴/۸	۴/۶	۴/۳	۴/۱	۳/۰	۳/۷	۳/۵	۳/۲	۳/۰	۲/۷	۲/۵	۲/۳	۲/۰	۱/۸	۱/۵	۱/۳	۱/۰	۰/۸	۰/۶	۰/۲	۳۹۷
۵/۳	۵/۱	۴/۹	۴/۷	۴/۵	۴/۳	۴/۱	۳/۸	۳/۶	۳/۳	۳/۱	۲/۸	۲/۶	۲/۲	۲/۱	۱/۹	۱/۶	۱/۴	۱/۱	۰/۸	۰/۶	۳۹۸
۵/۷	۵/۵	۵/۳	۵/۰	۴/۸	۴/۶	۴/۳	۴/۲	۴/۱	۳/۹	۳/۷	۳/۴	۳/۲	۳/۰	۲/۹	۲/۷	۲/۵	۲/۲	۲/۰	۱/۸	۱/۶	۳۹۹
۶/۱	۵/۸	۵/۶	۵/۳	۵/۲	۴/۹	۴/۷	۴/۵	۴/۳	۴/۰	۳/۸	۳/۶	۳/۳	۳/۰	۲/۸	۲/۶	۲/۳	۲/۱	۱/۸	۱/۶	۱/۴	۴۰۰
۶/۲	۶/۲	۶/۰	۵/۸	۵/۵	۵/۳	۵/۱	۴/۸	۴/۶	۴/۳	۴/۱	۳/۹	۳/۷	۳/۴	۳/۱	۲/۹	۲/۶	۲/۳	۲/۱	۱/۸	۱/۶	۴۰۱
۶/۸	۶/۵	۶/۳	۶/۱	۵/۹	۵/۷	۵/۵	۵/۲	۵/۰	۴/۷	۴/۵	۴/۳	۴/۰	۳/۸	۳/۵	۳/۲	۳/۰	۲/۸	۲/۶	۲/۳	۲/۱	۴۰۲
۷/۱	۶/۹	۶/۷	۶/۵	۶/۲	۶/۰	۵/۸	۵/۶	۵/۳	۵/۱	۴/۸	۴/۶	۴/۳	۴/۰	۳/۹	۳/۷	۳/۴	۳/۱	۲/۸	۲/۶	۲/۳	۴۰۳
۷/۵	۷/۳	۷/۰	۶/۸	۶/۶	۶/۳	۶/۲	۶/۰	۵/۹	۵/۷	۵/۴	۵/۲	۴/۹	۴/۷	۴/۵	۴/۲	۴/۰	۳/۸	۳/۵	۳/۳	۳/۰	۴۰۴
۷/۰	۷/۷	۷/۴	۷/۲	۷/۰	۶/۷	۶/۵	۶/۳	۶/۰	۵/۸	۵/۵	۵/۳	۵/۱	۴/۸	۴/۶	۴/۳	۴/۰	۳/۸	۳/۵	۳/۳	۳/۰	۴۰۵
۸/۲	۸/۰	۷/۸	۷/۵	۷/۳	۷/۱	۶/۹	۶/۶	۶/۴	۶/۱	۵/۹	۵/۷	۵/۴	۵/۲	۴/۹	۴/۷	۴/۴	۴/۱	۳/۸	۳/۵	۳/۳	۴۰۶

۸/۶	۸/۲	۸/۱	۷/۹	۷/۷	۷/۵	۷/۲	۷/۰	۶/۷	۶/۶	۶/۳	۶/۰	۵/۸	۵/۵	۵/۳	۵/۰	۴/۸	۴/۵	۴/۲	۴/۰	۳/۸	۳/۷	۳/۰	۲/۷
۸/۷	۸/۵	۸/۳	۸/۱	۷/۸	۷/۶	۷/۳	۷/۱	۶/۹	۶/۷	۶/۲	۶/۱	۵/۹	۵/۶	۵/۴	۵/۱	۴/۹	۴/۷	۴/۴	۴/۳	۴/۱	۳/۸	۳/۷	۳/۰
۹/۰	۹/۱	۸/۹	۸/۶	۸/۴	۸/۲	۸/۰	۷/۷	۷/۵	۷/۳	۷/۰	۶/۸	۶/۵	۶/۳	۶/۰	۵/۸	۵/۵	۵/۳	۵/۰	۴/۸	۴/۵	۴/۳	۴/۱	۳/۸
		۹/۰																					
			۹/۲																				
				۹/۲																			
					۹/۱																		
						۹/۲																	
							۹/۰																
								۸/۷															
									۹/۱														
										۹/۵													
											۹/۲												
												۹/۲											
													۹/۱										
														۹/۲									
															۹/۲								
																۹/۲							
																	۹/۲						
																		۹/۲					
																			۹/۲				
																				۹/۲			
																					۹/۲		
																						۹/۲	
																							۹/۲

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{V - (50 \cdot s) - 200}{200 + 50 \cdot V}$$

که در آن:

$V =$ قرات فلاسک

$s =$ توده ویژه حجمی براساس SSD

منبع: مرجع ۳

تجهیزات: فلاسک حجمی از نوع چپمن به ظرفیت ۵۰۰ میلی‌متر و دقت ۰/۱۵ میلی‌لیتر، تراز و با ظرفیت ۲ کیلوگرم و دقت ۰/۱ گرم، و پیپت، لوله شیشه‌ای به قطر ۶/۲۵ میلی‌متد با طول کافی که قادر به تعدیل تراز آب باشد.

روش: فلاسک را با آب در دمای اتاق تا علامت 200 mL پر کنید. برای تعدیل تراز آب (بخش پایینی تقعر) در 200 mL از پیپت استفاده کنید 500 gr. نمونه ماسه را در فلاسک بریزید. برگردانید تا هوای محبوس خارج شود. کفها را از بین ببرید. یک یا دو قطره اثر، الکل یا مواد تر تجارتي این عمل را راحت‌تر انجام می‌دهد. تکان دادن با یک سیم نازک، گرچه معمولاً روش موفقیت‌آمیزی است، ولی خسته کننده و وقت‌گیر است. حجم ترکیب آب و سنگ‌دانه ریز را مستقیماً از روی مقیاس مدرج بخوانید. درصد آب آزاد را می‌توان مستقیماً از جدول استخراج نمود.

گروت چیست؟

گروت متشکل از آب، سیمان و ماسه ریز است و معمولاً برای صفحه ستون روی پی، پر کردن فضای خالی در سازه یا ترک عمیق و بزرگ از آن استفاده می‌شود. این مخلوط که به صورت پودری تولید می‌شود، به دلیل خواص ویژه‌اش، پوسته نشده و لایه لایه نیز نمی‌شود و برای استفاده و اجرای آن، لازم است مقداری آب به آن اضافه شود.

در بعضی گروت‌ها بنا بر نیاز، افزودنی‌های سیمانی مثل الیاف نیز اضافه می‌شود. هدف از استفاده از گروت، انتقال نیرو از سطح بارگذاری به لایه بعدی است؛ معمولاً فنداسیون سازه آخرین قسمت سازه است و حدفصل زمین و جسم روی آن، باید توسط یک سیستم قوی پر شود.



شکل ظاهری گروت پس از اختلاط با آب

انواع گروت

گروت ماده‌ای آماده شده با مصالح سنگی ریزدانه و نهایتاً در حد سائز ماسه و سیمان است که با اضافه کردن آب قابل استفاده می‌باشد. ساختار اصلی همه گروت‌ها سیمان، ماسه و آب است که اضافه شدن مواد دیگر به آن، گروه‌های متفاوت گروت را تشکیل می‌دهد.

عموماً گروت برای پر کردن نواحی غیر قابل دسترسی مستقیم یا آب‌بندی و ترمیم به کار می‌رود. این مواد از لحاظ ظاهری نسبتاً خشک، یا سیال و خمیری هستند و معمولاً در دو شکل پایه سیمانی یا اپوکسی وجود دارند. اپوکسی یا همان پلی‌اکسید، پلیمری گرمازا است و با اختلاط مواد دیگر آغازگر فرآیند پلیمریزاسیون است. شناخت خواص انواع گروت بسیار مهم است. آشنایی با گروت‌های مختلف، به نحوه صحیح انتخاب و مصرف کمک خواهد کرد. برای مثال در مکانی که فضای محدود برای گروت‌ریزی وجود دارد، استفاده از گروت خشک یا نسبتاً سفت کاربرد خوبی ندارد. استفاده از گروت ریزدانه نیز نسبت به درشت‌دانه در مکان محدود بهتر است. در واقع در مکان‌هایی با ضخامت کم، باید به تورم گروت منبسط شونده توجه ویژه‌ای داشت، زیرا با گذشت زمان امکان بر هم زدن نظم و تعادل سازه توسط این ماده وجود خواهد داشت.

گروت اپوکسی

این گروت به نوعی گروت پلیمری قوی با سه قسمت مجزا محسوب می‌شود. الیاف، رزین و هاردنر اپوکسی برای تقویت گروت به کار می‌رود. اپوکسی از فرآیند بین اپی کلرو هیدرین و مواد با پایه فنول تولید می‌شود.

این مواد در برابر آب و اشعه فرابنفش مقاوم هستند. به همین دلیل دوام این مواد بسیار زیاد است. اپوکسی حلال در آب یک ماده زیست تخریب‌پذیر بوده و نسبت به سایر اپوکسی‌ها خطرزایی ندارد.

بعضاً موادی نظیر سیلیس نیز با دانه‌بندی مناسب برای افزایش روانی اضافه می‌شود. این گروت مقاومت خمشی و کششی بیشتری نسبت به حالت عادی دارد و به دلیل ساختار خود در برابر عوامل محیطی بسیار مقاوم است.

گروت سیمانی منبسط شونده

گروت سیمانی منبسط شونده، علاوه بر مشخصات گروت گروه سیمانی، ویژگی دیگری نیز دارد. انبساط این مواد پس از افزودن آب بسیار شدید است. در مواردی که نیاز به پرکنندگی باشد، این مواد بسیار مناسب هستند.

گروت ریزدانه

گروت ریزدانه بسیار روان است. این ماده برای درزگیری در مکان غیر قابل دسترسی بسیار مناسب است، زیرا افزودنی‌های موجود در این گروت، مانع از جمع شدگی می‌شوند. این ماده بر اساس استاندارد ASTM C1107 تولید شده است.

گروت درشت‌دانه

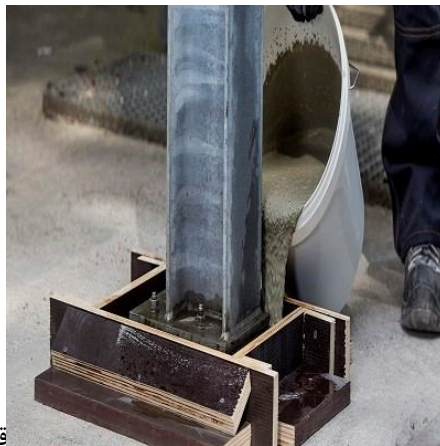
گروت درشت‌دانه به دلیل ساختار مناسبش ته‌نشین نمی‌شود و معمولاً برای مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که دانه‌بندی مناسبی وجود نداشته باشد. استفاده از مواد و مصالح موجود در محل، موجب ایجاد مخلوطی با دانه‌بندی مناسب نخواهد شد.

گروت پلیمری

این ملات سیمانی شامل دو قسمت، رزین پلیمری و مخلوط سیمانی با مقاومت بالا و دانه‌بندی منظم به همراه ماسه سیلیسی شگری است و روانی بسیار مناسبی برای اجرا دارد.

کاربرد انواع گروت

گروت جهت انتقال مناسب نیرو به کار می‌رود و توزیع مناسب تنش و خاصیت پرکنندگی آن، یکی از کاربردهای مهم گروت است. برای مثال: پر کردن درز بین دو قطعه بتنی نظیر موزاییک و تحکیم خاک از کاربردهای گروت است. به نوعی می‌توان گفت این ساختار و جنس گروت است که کاربرد آن را تعیین می‌کند.



قالب گیری صفحه ستون توسط گروت

کاربرد گروت اپوکسی

نصب تجهیزات صنعتی با این گروت انجام می‌شود. بیشتر ریل‌ها را با این مواد سر جای خود نصب می‌کنند. بیس پلیتی که قرار باشد بار زیادی تحمل کند توسط این ماده جای گذاری می‌شود. از این گروت در مکانی که نیاز به بهره برداری سریع باشد نیز استفاده می‌شود.

استفاده از گروت اپوکسی به دلیل تخلخل کم در محیط تر مثل حمام و آشپزخانه بسیار مناسب است. این مواد به دلیل ساختار خود اسید و چربی را بسیار مناسب دفع می‌کنند. چسبندگی بالای اپوکسی قابل رقابت با کلیه ملات‌های موجود برای نصب کاشی و سایر اجزای سازه‌ای دیگر است.

استفاده از گروت در زیر قطعات صنعتی سنگین

کاربرد گروت سیمانی منبسط شونده

به دلیل وجود مواد مستعد حجیم شدن از این گروت برای پرکردن یک ناحیه استفاده می‌شود. این گروت برای انتقال بار ضربه‌ای و لرزه‌ای مناسب نیست. بیشترین استفاده از گروت منبسط شونده در نواحی وجود فشار سیالات می‌باشد. این گروت در صورت اختلاط با آب افزایش حجم خواهد داشت. یک دلیل گرایش کاربران به این نوع گروت حفظ خاصیت انبساطی در طول زمان است. یعنی با گذشت زمان فضای پوشش داده شده توسط این گروت در برابر نشت عملکرد موثرتری خواهد داشت.

کاربرد گروت ریزدانه

برای بیس پلیت یا صفحه ستون بسیار مناسب هستند. برای پرکردن فضای اطراف آرماتور و انکر بولت نیز موثر هستند. برای پی ریزی ماشین آلات سنگین مناسب هستند. برای پرکردن حفره و شکاف و کلیه کارهای ترمیمی از این گروت می‌توان استفاده کرد. این گروت به دلیل قیمت مناسب یکی از پرمصرف‌ترین گروت‌های موجود است.

استفاده از گروت در ساخت تونل و پرکردن فضای خالی پشت قطعات و چسباندن قطعات به هم

کاربرد گروت درشت دانه

این گروت قابلیت مصرف به صورت خمیری و روان را دارد. به دلیل بزرگتر بودن ذرات قابلیت اجرا در نواحی سخت و غیر مستقیم را ندارد. در این موارد استفاده از سایر گروت‌ها بهتر است. توجه به روانی مخلوط در این مورد اهمیت بالایی دارد.

کاربرد گروت پلیمری

به دلیل بالا بودن مقاومت خمشی و کششی این گروت در نواحی شکل پذیر کاربرد دارد. استفاده از این گروت در آب بند کردن یک ناحیه نیز رواج دارد. این خاصیت نفوذناپذیری سبب استفاده از این مواد در سازه‌های مجاور آب شده است. از این گروت برای تعمیر لوله بتنی انتقال آب نیز استفاده می‌شود. این ملات به دلیل روانی نهایتاً تا شیب ۴۵ درجه قابل استفاده است.

مزایای استفاده از گروت

سرعت اجرا و تهیه این مواد نسبت به نمونه‌های دیگر نظیر مخلوط سیمانی و بتن بیشتر است. تهیه یک مخلوط سیمانی مخصوص در محل بعضی اوقات به دلیل نبود مصالح سنگی با دانه بندی معین یکی از مشکلات موجود در زمینه نیازهای مخلوط سیمانی است. ولی در صورت استفاده از گروت فقط با افزودن اندکی آب می‌توان به یک مخلوط مناسب و کاربردی دست یافت.

گروت ریزی انکر بولت برای تحکیم در برابر نیروهای وارده

مزایای گروت اپوکسی

این ملات از سه قسمت تشکیل شده است. رزین اپوکسی و هاردنر در کنار مصالح سنگی قوی یک ترکیب مقاوم در برابر عوامل و تنش‌های گوناگون را تشکیل می‌دهد. محدودیت‌هایی برای مصرف این ماده در مجاورت فشار آب به دلیل وجود تخلخل وجود دارد. در واقع این گروت آب بند مناسبی نیست. روانی این محصول عالی است. مدت روان ماندن پس از اختلاط آب نسبت به سایر گروت‌ها بیشتر است.

مزایای گروت سیمانی منبسط شونده

این گروت در برابر کشش و خمش از سایر موارد ذکر شده مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهد. در این گروت زنگ زدگی به دلیل نبودن ذرات فلزی وجود نخواهد داشت. این گروت در هنگام افزودن آب اندکی انبساط داشته و با گذشت زمان و در هنگام گیرش انبساط ثانویه شروع شده و حجم بسیار زیادی را پوشش خواهد داد.

مزایای گروت ریزدانه

این مواد در برابر بارهای خیلی سنگین مقاومت خوبی دارند. بعد از خشک شدن و سفت شدن ترک نمی‌خورند. این ماده به راحتی با آب ترکیب شده و قابلیت اجرا دارد. سرعت گیرش و سفت شدن این گروت نسبتاً زیاد است. پس امکان بهره برداری و بارگذاری سریع وجود دارد.

مزایای گروت درشت دانه

یکی از اصلی ترین موارد تعیین استفاده از انواع مصالح قیمت تمام شده آن است. در بین گروت‌ها نوع پایه سیمانی ارزان ترین است. البته این ارزانی دلیلی بر کیفیت پایین این مواد نیست. چون این گروت نیز مقاومت فشاری بالایی دارد. جمع شدگی این گروت بسیار کم و حتی قابل چشم پوشی است. ترک خوردگی این نوع از گروت در مقایسه با سایرین تقریباً برابر صفر است.

مزایای گروت پلیمری

گروت پلیمری به دلیل وجود مواد آب گریز برای استفاده در نواحی آب بند کاربرد دارد. از این ملات به دلیل خاصیت چسبندگی زیاد برای ترمیم بتن پلیمری استفاده می‌شود. این مواد برای ساخت لایه رویه کوره به دلیل مقاومت در برابر گازهای سمی و هم باکتری ناشی از سوزاندن زباله بسیار مفید و کاربردی هستند. این گروت نیاز به پرایمر ندارد. از خوردگی میلگرد در بتن جلوگیری می‌کند. مقاومت مکانیکی اولیه این گروت بالا می‌باشد.

روش مصرف انواع گروت

برای استفاده از گروت، بتن زیر پی باید اندکی گیرش خود را آغاز کرده باشد. به همین علت نیز توصیه کارشناسان به گروت ریزی پس از گذشت هفت روز از سن بتن زیر کار است. برای مصرف گروت در ابعاد بالا بهتر است نواحی با قالب به قطعات کوچک تقسیم بندی شود. دمای محیط در گروت ریزی بسیار موثر بوده و دمای بین ۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد در حین کار پیشنهاد می‌شود.

در حمل و نقل گروت امکان ته نشینی مواد وجود دارد. قبل از مصرف کردن این ملات باید در یک ظرف مجزا ریخته شده و هم زده شود. برای اصلاح ملات حاوی دیرگیر یا زودگیر مجاز به اضافه کردن افزودنی دیگری نیستیم. به دلیل مشکل عدم پخش یکنواخت بهتر است کل محصول را در یک نوبت مصرف کرد. دلیل این موضوع امکان عدم پخش مناسب مصالح تشکیل دهنده گروت است. در صورت مصرف قسمتی از محصول امکان مشاهده تغییرات در ظاهر و حتی مشخصات نهایی گروت وجود دارد.

سرعت هم زدن مخلوط نباید زیاد باشد. با بالا رفتن سرعت اختلاط هوا به داخل مخلوط وارد می‌شود. این موضوع بر خلاف هدف اصلی استفاده از گروت است. کاهش چسبندگی بین پی و صفحه ستون یکی از ایرادات این موضوع است. در صورت بروز مشکل می‌توان اندکی از هواگیری و ننتیلاتر بهره برد. ولی بهترین روش ریختن آب در ظرف و روشن کردن همزن با دور کند و افزودن اندک اندک گروت به آب و سپس اضافه کردن بقیه آب و رسیدن به مخلوط استاندارد است.

روش مصرف گروت اپوکسی

این ملات قیمت نسبتاً بالایی دارد. توجه به دستورالعمل ساخت در این مورد از اهمیت بالایی برخوردار است. برخی به ساخت نمونه کوچکی از ملات و شناخت رفتار و ظاهر گروت آماده مصرف توصیه کرده‌اند. قیمت بسیار بالای این گروت کاربران و استفاده کنندگان را به دقت در مصرف وادار می‌کند.

روش مصرف گروت سیمانی منبسط شونده

همانند سایر گروت‌ها این ماده نیز برای پر کردن فضای خالی بین دو عضو سازه‌ای به کار می‌رود. ولی انبساط آزاد این گروت باید در نظر گرفته شود. در واقع این خاصیت برای مقابله با جمع شدگی سیمان است. این افزایش حجم هم در ابتدای ترکیب با آب و هم در ادامه روند گیرش خواهد بود. با در نظر گرفتن افزایش حجم باید ظرفی برای این گروت انتخاب شده تا در هنگام اختلاط سرریز نشود.

روش مصرف گروت ریزدانه

برای استفاده از گروت باید سطح گروت ریزی آماده سازی شود. کلیه سطوح باید از مواد سست زدوده شود. برای جلوگیری از کشیدن آب گروت سطح باید مرطوب باشد. جمع شدن آب نیز به دلیل حل شدن در گروت مجاز نیست. در هنگام گروت ریزی باید تابش نور آفتاب شدید و وزش باد کنترل شود. اگر امکان برقراری شرایط مساعد نباشد، بهتر است گروت ریزی به زمانی دیگر موکول شود. این گروت تا نیم ساعت پس از اختلاط با آب قابل استفاده است. پس برای کار کردن امکان تهیه حجم بزرگی از گروت و مصرف اندک وجود نخواهد داشت. گروت به هیچ وجه پس از اختلاط با آب و ریختن در قالب نباید ویبره شود. برای هر بسته بندی گروت میزان آب لازم تعیین و درج شده است.

روش مصرف گروت درشت دانه

در استفاده از این گروت به سطح زیر کار باید توجه داشت. زبر بودن بیش از حد سطح زیرین از پخش شدن مناسب گروت جلوگیری می‌کند. ذرات این گروت باید کوچکتر از ۱۲ میلی‌متر باشند. بهتر است که فاصله بین دو قطعه در این گروت حداقل ۱۰ سانتی‌متر باشد. البته در صورت عمق بیش از حد گروت باید لایه‌ای اجرا شود.

روش مصرف گروت پلیمری

نوع گروت پلیمری و خشک یا روان بودن آن تعیین کننده روش مصرف آن است. نوع خشک این گروت باید توسط دستگاه متراکم کننده به مصرف برسد. ولی گروت سیال توسط وزن خود متراکم شده و نیازی به تراکم ندارد. این گروت باید در حین هم زدن ظرف حاوی آب اندک اندک به ظرف اضافه شود.

مقدار مصرف انواع گروت

برای گروت ریزی دو عامل تعیین کننده مقدار لازم هستند. عمق لایه گروت ریزی که بر حسب سانتی متر یا میلی متر بیان می شود. دیگری سطح گروت ریزی بوده که بر حسب متر مربع بیان می شود. برای هر متر مربع با ضخامت یک سانتی متر حدود ۲۰ الی ۲۵ کیلوگرم گروت لازم است. حدودا برای هر بسته ۲۵ کیلوگرمی گروت حدود ۳ تا ۴ لیتر آب تمیز و ترجیحا خوراکی لازم است. بیشتر از این مقدار آب از مقاومت گروت می کاهد. مصرف گروت به سطح زیر کار نیز بستگی دارد. سطح زیر کار باید مرطوب باشد. کشیدن آب گروت توسط لایه زیرین این ملات را سفت کرده و از حالت عادی گروت بیشتری استفاده می شود. در صورت صاف نبودن سطح زیر کار نیز مصرف گروت بیشتر خواهد شد.



درز گیری و بند کشی توسط گروت

برای اطمینان از ترکیب همه مواد به صورت یکنواخت بهتر است نیمی از آب درون مخلوط کن ریخته شود. سپس گروت را به آن اضافه کرد. در نهایت نیز تمامی آب مورد نیاز اضافه شود. فعال شدن مواد گروت نیاز به اندکی زمان دارد. دلیل افزودن آب در چند مرحله نیز همین موضوع است. میزان افزودن آب به شرایط نخالی بستگی دارد. ولی بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ سی سی آب مقطر برای یک کیلوگرم گروت مناسب است.

مشخصات انواع گروت

گروت ریز دانه به صورت پودر تولید می شود. وزن مخصوص این ماده ۲,۳ گرم بر سانتی متر مکعب است. یون کلر این گروت باید بر اساس استاندارد EN 1015-17:2000 تایید شود. مقاومت فشاری هفت روزه این ماده ۳۵ مگا پاسکال و مقاومت فشاری ۲۸ روزه نیز ۵۰ مگا پاسکال است. مقاومت خمشی نمونه ۲۸ روزه نیز باید حداقل ۱۰ مگا پاسکال باشد. طبیعتا قیمت بالای ملات پلیمری نسبت به سایر گروت های موجود یک محدودیت برای این مواد به حساب می آید. این گروت به دلیل داشتن مواد پایه نفتی برای محیط زیست یک ماده خطرناک به شمار می رود. برای رسیدن به حداکثر مقاومت گروت باید تا ۳ روز مرطوب نگه داشته شود.

اجرای پیوسته گروت امری بسیار مهم است. اگر گروت برای ایجاد لایه محافظ استفاده شود. وجود درز سرد این خاصیت را از بین خواهد برد. گروت در ضخامت بالا قابلیت اجرا ندارد. نحوه گروت ریزی ضخیم به صورت لایه لایه است.

نسل دیگری از انواع گروت پیش تنیده و پس تنیده است. از این مخلوط بیشتر برای کاشت کابل استفاده می شود. پوزولان ها و روان کننده ها به همراه مواد ویژه معدنی ساختار عالی برای گروت ریزی تشکیل می دهند. استاندارد ASTM C1107 به طور کامل حدود مشخصات گروت پیش تنیده را تعیین کرده است. چسبندگی بالای این گروت به فلزات ویژگی اصلی این گروت است.

گروت ها معمولا خطرزایی خاصی برای انسان و طبیعت ندارند. ولی به دلیل وجود مواد شیمیایی مثل سیمان و سایر پلیمرها در صورت برخورد با پوست یا چشم سریعا با آب شست و شو داده شود. مراجعه به پزشک نیز پس از رخداد توصیه می شود.

قیمت گروت

گروت یک مخلوط است. قیمت یک مخلوط را مواد تشکیل دهنده آن تعیین می‌کند. گروت از مواد اصلی سیمان و سنگدانه تولید می‌شود. طبیعتاً این دو ماده برای عموم افراد شناخته شده و قیمت آن نیز معلوم شده است. تفاوت اصلی در مواد اضافه بر این موارد بوده که تغییرات قیمت را رقم می‌زند.

قیمت تمام شده گروت معمولاً حدود قیمت ساخت بتن یا یک ملات معمولی است. انواع گران اپوکسی و پلیمری این مواد قیمتی در حدود ده الی پانزده برابر بتن معمولی دارند. وقتی گروت حاوی مواد معدنی نظیر ماسه باشد، قیمت خیلی کمی خواهد داشت. ولی مواد شیمیایی چون خودشان قیمت گرانی دارند. با اضافه شدن به هر مخلوطی قیمت کلی آن را افزایش خواهند داد.

الیاف بتن

چون بتن یک ماده بسیار پرمصرف در دنیا است. شناخت بتن به یک موضوع پرطرفدار تبدیل شده است. در شناسایی صورت گرفته و تحت آزمایش‌های متعدد معایب بتن آشکار می‌شود. معایب بتن خود به خود رفع نمی‌شوند. پس باید چاره‌ای اندیشید. یکی از مشکلات اصلی بتن کمبود مقاومت کششی است. در اثر افزایش مقاومت کششی بتن توسط افزودن الیاف به بتن، شکل‌پذیری بتن زیاد می‌شود.

یکپارچگی بتن افزایش یافته و اندکی از وزن بتن کاهش می‌یابد. استفاده از الیاف در طول تاریخ هم توسط بشر استفاده شده است. ساختن سازه‌های گلی با مشکلاتی روبرو شده که برای اولین بار در آن از گاه استفاده و بسیاری از مشکلات سازه گلی رفع شد. استفاده از گاه سازه را در بار ضربه‌ای و پوسته شدن گل مقاوم کرد.

تست نمونه بتن الیافی که مقاومت آن نسبت به نمونه معمولی افزایش یافته است راه اصلی و شناخته شده در تمام دنیا برای اصلاح بتن استفاده از افزودنی‌های مختلف بتن است. این افزودنی هم مقاومت بتن و جذب انرژی و پایداری و دوام بتن را بالا می‌برد.

الیاف در بتن

در کف مکانی که به بتن بادوام و قوی نیاز است الیاف بتن به کار می‌رود.

بتن دارای **دانه‌بندی مناسب**، برای اضافه کردن الیاف بتن خیلی عالی است. در اثر افزودن این مواد مقاومت بسیار بالایی در بتن ایجاد می‌شود. نقش این الیاف در بارگذاری دینامیکی و به خصوص هنگام **زلزله** پدیدار می‌شود. استفاده از بتن الیافی در برخی موارد **جایگزین** سازه بتن آرمه به خصوص در سازه‌های دوبعدی سطحی نظیر کف سازی گسترده همانند جاده مثل **باند فرودگاه** و یا **کف سوله‌های عظیم** شده است.



ساخت باند فرودگاه با بتن الیافی

از این نوع الیاف در بتن در پدافند غیرعامل همانند سازه پناهگاه و یا انبارهای نظامی هم به دلیل مقاومت در برابر بار ضربه‌ای مثل انفجار استفاده می‌شود. این مواد در صنعت بتن پیش ساخته هم ورود پیدا کرده و ساخت پانل بتنی و قطعات پیش ساخته بتنی الیافی بسیار رواج پیدا کرده است.

انواع الیاف بتن

الیاف جمع کلمه لیف به معنی رشته است. مجموعه مولکول‌های تشکیل دهنده این رشته‌ها خطی و اکثرا موازی یک محور اصلی است. وزن مولکولی این مواد بسیار بالا است. ویژگی این مواد انعطاف‌پذیری و دارا بودن نسبت زیاد طول به قطر است. الیاف به طور کلی در دو دسته طبیعی و مصنوعی قرار می‌گیرد.

الیاف طبیعی از طبیعت و بدون تغییر در ساختار شیمیایی در سه گروه گیاهی، حیوانی و معدنی وجود دارند. دسته گیاهی این مواد به صورت دانه‌ای همانند پنبه و ساقه‌ای مثل کتان و کنف تولید می‌شود.

الیاف مصنوعی توسط روش‌های خاص تولید و وجود مواد طبیعی در ساختار این مواد دور از انتظار نیست. نمودار زیر برای شناخت انواع الیاف ارایه شده است.

۱. طبیعی:

- گیاهی: الف) دانه ای: پنبه ب) ساقه ای: کتان و کنف
- حیوانی: پشم حیوانات و ابریشم
- معدنی: آزبست و پنبه نسوز

۲. مصنوعی:

- ریون
- نایلون
- پلی استر
- اکریلیک

الیاف پلی پروپیلن

این مواد حدودا یک رشته ۱۲ یا ۱۸ میلی‌متری برای جلوگیری از ترک خوردن بتن به آن اضافه می‌شوند. نمونه‌های تولیدی برای ملات در ابعاد حدودا ۶ میلی‌متر وجود دارند. منظور از ترک در این مورد ترک ریز ناشی از انقباض سریع یا خشک شدن مخلوط سیمانی است نه ترک سازه‌ای. رنگ این الیاف معمولا سفید و یا سیاه است.



نمونه بسته بندی الیاف پلی پروپیلن

وزن مخصوص این مواد حدود ۹۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. در هنگام استفاده یون اسیدی و قلیایی از خود آزاد نمی‌کنند. هوازایی قابل توجهی ندارند. فاقد یون کلراید و سولفات هستند. استفاده بیش از حد این مواد سبب کاهش روانی بتن و افزایش چسبندگی آن می‌شود؛ که خود این موضوع اجرا و کار با مخلوط سیمانی را بسیار دشوار خواهد ساخت. بدلیل خاصیت پلاستیکی این مواد در اثر وارد شدن نیرو ۸۰٪ افزایش طول دارند. قطر این الیاف هم در حدود ۲۵ تا ۳۵ میکرومتر است.

الیاف پلی استر

مواد اولیه الیاف پلی استر دی متیل ترفتالات و اتیلن گلیکول است. از سنتز و پلیمری شدن این مواد در دمای بالا اتیل استات تولید می‌شود. این الیاف ابتدا برای افزایش مقاومت ثانویه بتن استفاده شدند. به دلیل خاصیت ذاتی که در این الیاف وجود دارد؛ برای جلوگیری از ترک خوردگی ناشی از آب انداختن و با طراحی صحیح و اجرای مناسب طرح اختلاط تقریباً جایگزین میلگرد هستند.

این مواد بسیار در حفظ آب مخلوط بتنی و اصطلاحاً عدم خروج شیره بتن موثر هستند. همین موضوع افزایش قوام سبب کاهش روانی بتن شده است. در نهایت بتن تولیدی با این الیاف مقاومت بیش‌تری به بتن داده و الیاسیته بتن افزایش نسبی خواهد داشت. استفاده این مواد به زیر یک درصد حجمی بتن محدود شده است.

برای بتن ریزی عمیق این الیاف سفید رنگ نسبت آب به بتن را در کل عمق نمونه ثابت نگه می‌دارند. مقاومت سایشی سطح بتن در نهایت افزایش یافته و دوام بتن بالا می‌رود. به دور از رطوبت خود این مواد تا چندین سال قابل استفاده هستند. هزینه این مواد در مقایسه با میلگرد بسیار پایین‌تر است. اجرای آن هم بسیار راحت است. این مواد با ۵ دقیقه اختلاط در بتن یک مخلوط تقریباً یکنواخت و تایید شده، قابل استفاده تحویل می‌دهد.

الیاف شیشه



الیاف شیشه با طول حدوداً ۱۲ میلی متر

الیاف شیشه استحکام و سختی بالایی دارد. در دمای بالا و پایین خواص خود را حفظ می‌کند. مقاومت در برابر رطوبت و خوردگی و قیمت پایین آن از دیگر ویژگی‌های الیاف شیشه است. این مواد بسیار زیاد تولید شده و برای عموم به راحتی قابل دسترس است. از این مواد برای تعمیر و ترمیم سازه بسیار استفاده می‌شود.

استفاده از بتن الیافی در ترمیم سازه بتنی

الیاف آرامید

الیاف آروماتیک پلی آمید که به صورت آرامید معروف هستند، در دهه ۱۹۶۰ به صنعت بتن معرفی شدند. این الیاف مقاومت حرارتی بسیار بالایی دارند. این مواد به نوعی جایگزین پنبه نسوز شدند. ساختار شیمیایی این مواد متشکل از دو حلقه آروماتیک متصل به زنجیره بلند پلی آمید سینتتیک است، که یک ماده فیبری تشکیل می‌دهند. پارا آمیدها آرنکا و تواران و کولار را شامل می‌شوند. متا آرامیدها نومکس، کنکس و دورت و اپیپال را شامل می‌شوند. الیاف کولار از الیاف کربنی و شیشه‌ای سبک‌تر هستند. نسبت به وزن در میان الیاف‌های موجود در بازار بسیار مقاومت کششی و برشی بالایی دارند. از کولار در ساخت جلیقه ضدگلوله استفاده می‌شود. این الیاف مقاومت شیمیایی بالا دارند. پس در مواد حلال شیمیایی و شرایط محیطی شدید دوام خوبی را برای بتن فراهم می‌کنند. معمولاً الیاف کولار زرد رنگ هستند. هزینه نسبی این مواد به دیگر الیاف بسیار زیاد و الیافی گران به شمار می‌روند.

الیاف فلز

الیاف فلزی بتن یا الیاف فولادی بتن برای مسلح کردن استفاده می‌شوند. به کاربردن این مواد افزایش مقاومت بتن، کاهش جمع شدگی، کنترل ترک خوردگی سطحی و عمقی بتن را بهبود می‌بخشد. این الیاف را در مواردی طراحی به جای آرماتور بتن به کار می‌برند. این مواد مقاومت بتن را در اثر افزایش خاصیت جذب انرژی، برابر بار ضربه‌ای و تکانه‌ای بسیار افزایش می‌دهد. این الیاف به صورت میله با طول ۳ تا ۶ سانتی‌متر و قطر ۰٫۷ تا ۱٫۲ میلی‌متر تولید می‌شوند.

انواع الیاف فلز:

۱. سیم سرد نورد شده کشیده شده
۲. ورق برش خورده
۳. سیم ذوب شده
۴. اصلاح شده

هندسده مقطع این الیاف به صورت استوانه و یا مستطیلی است. آلیاژ و سطح زبری این الیاف بسیار در نوع بتن مورد استفاده تعیین کننده است.

تقویت دال با الیاف فولادی بسیار پرکاربرد است.

الیاف کربن

از الیاف پرکاربرد در همه صنایع و مورد استفاده در تولید کامپوزیت‌ها است. ضریب الاستیک این مواد نسبت به کولار و الیاف شیشه بیش‌تر است. قطر این الیاف بسیار کم و در حد چند میکرومتر است. چگالی نوعی از این الیاف در حدود ۲ گرم بر مترمکعب است. یعنی یک اتاق خواب را با فقط چند گرم از این مواد می‌توان پر کرد. نسبت به وزن کمی که دارند، مقاومت بسیار بالایی دارند. مثلاً در مقایسه با فولاد حدود یک سوم وزن و ۵ الی ۱۰ برابر مقاومت کششی دارند. در برابر خستگی و خوردگی بسیار مقاوم هستند. این الیاف ترد و شکننده هستند. پس مقاومت ضربه به تنهایی ندارند. با توجه به مصرف بالا و تولید فراوان هنوز هم این مواد بسیار گران هستند. نگهداری این مواد شرایط ویژه دارد. مقاومت شیمیایی این الیاف به ماده خام اولیه و دمای تولید بستگی دارد. این مواد بر دو اساس و پایه مصنوعی و قیری تولید می‌شوند. به گروه‌های زیر تقسیم می‌شوند:

- الیاف و فیبر کربن با پایه شیمیایی اکریلیک
- قیر صنعتی با پایه قیر مزوفاز
- الیاف ویسکوز ریون (یا ابریشم مصنوعی)
- فیبر کربن با پایه فاز گازی

الیاف کربن سه مرحله تولید دارد: ۱. پایداری اکسیداسیون ۲. کربونیزاسیون ۳. گرافیتاسیون اگر این مواد ۹۰ درصد کربن داشته باشند، الیاف کربن هستند. اگر با روش اصلاحی این مواد تولید و خلوص کربن به ۹۹ درصد و بالاتر برسد، الیاف گرافیتی نامیده می‌شود.

نوعی نانوالیاف کربنی (تصویر بزرگی‌نمایی شده و قطر این لوله‌ها چند میکرومتر است)

الیاف ماکروستنتیک

الیاف پلاستیک یا ماکروستنتیک برای افزایش مقاومت بتن و جلوگیری از ترک خوردگی آن استفاده می‌شود. این الیاف به صورت آجدار تولید شده تا با بتن درگیر و یک جسم دارای دوام و پیوسته را بسازد. از پلیمر خالص پلی‌الفین و پلی‌پروپیلن تهیه و تولید شده است. این مواد در برخی منابع الیاف مصنوعی سازه‌ای نام دارند.

نقش الیاف بتنی در شاتکریت برای ایجاد پیوستگی و چسبندگی

از این مواد برای شاتکریت برای جایگزینی الیاف فلزی و بتن غلطکی بسیار استفاده می‌شود. برای ترمیم و تعمیر سازه بتنی هم کاربرد دارند. به دلیل مقاومت در برابر حملات شیمیایی در سازه‌های هیدرولیکی و دریایی بسیار کاربردی هستند.

بتن الیافی در سازه‌های هیدرولیکی و کانال آب
 بنابر هر پروژه میزان مصرف متفاوت است. ولی اگر در یک مترمکعب بتن بیش از دو کیلوگرم نیاز شود، توصیه به مصرف روان کننده برای اختلاط و پخش یکنواخت الیاف شده است. بهتر است در مرحله ساخت به مواد خشک اضافه شود.
 در قطعات نازک پیش ساخته بتنی برای افزایش مقاومت کششی و خمشی استفاده می‌شوند. رنگ این مواد معمولا سفید و خاکستری هستند. در اندازه ۳ و ۴ و ۵ سانتی متری معمولا تولید می‌شوند. جذب آب این الیاف در حد صفر است.

مزایای الیاف بتن

۱. افزایش مقاومت در برابر پوسته‌ای شدن و سایش بتن
 ۲. مقاومت در برابر تنش خستگی
 ۳. مقاومت در برابر بار ضربه ای
 ۴. ایجاد مقاومت کششی در بتن
 ۵. افزایش جذب انرژی
 ۶. جلوگیری از ترک ناشی از انقباض و جمع شدگی
 ۷. پایداری بعد از ترک خوردن
 ۸. افزایش کرنش و در نتیجه افزایش جذب انرژی
 ۹. کاهش نفوذپذیری بتن
 ۱۰. کاهش هزینه اجرای بتن
 ۱۱. بعضا کاهش نیروی لازم برای تسطیح و بتن ریزی
- پرداخت بتن الیافی شبیه بتن بدون الیاف است.
۱۲. شکل پذیری بتن بسیار بالا می‌رود



دستگاه تست شکل پذیری بتن

۱۳. ضدحریق سازی سازه بتنی

۱۴. ساخت ورق سیمانی با نام تجاری ایرانیت

معایب الیاف بتن

نحوه پخش الیاف بتن یک امر قطعی نیست. عدم یکنواختی حتی پس از اختلاط مناسب محدودیت استفاده در ابعاد کم، نظیر تیر و ستون و امثال آن را دارد. سازه بتن آرمه در این موارد بهتر جواب می‌دهد.
 در بعضی موارد این مواد نسبت به بتن معمولی هزینه بیشتری دارند و اصلا توجیه اقتصادی ندارند.

الیاف فولادی و فلزی بتن به دلیل حضور آب زنگ می‌زند. در برخی موارد واکنش با سیمان داده و کیفیت بتن را کم می‌کند. مقدار و میزان مصرف الیاف در بتن



افزودن الیاف به کامیون حمل بتن

مقدار مصرف الیاف در بتن با توجه به طرح اختلاط و نوع پروژة متفاوت و بین ۰٫۵ تا ۳ کیلوگرم در مترمکعب است. این مواد جذب آب نداشته و هنگام اضافه کردن نباید برای اختلاط بهتر و حفظ میزان آب به سیمان، به بتن آب افزود.

روش استفاده و مصرف الیاف در بتن

الیاف بتن را می‌توان در هنگام ساخت با مواد خشک قاطی کرد. این بهترین روش برای اختلاط الیاف بتن است.

افزودن الیاف به کامیون حمل بتن قبل از ریختن بتن

پس از ساخت بتن نیز امکان افزودن الیاف وجود دارد. روان کردن بتن توسط روان کننده یک راه مناسب برای اطمینان از اختلاط و پخش یکنواخت در بتن است. برای دال حدود یک کیلوگرم و قطعات پیش ساخته اندکی بیش تر برای افزایش مقاومت خمشی از الیاف بتن استفاده می‌شود.

خواص و تاثیر الیاف در بتن



نحوه قرارگیری الیاف در شکست بتن

مهم ترین خاصیت الیاف در بتن ایجاد مقاومت کششی است. در طراحی معمول توسط مهندسان و نرم افزارهای طراحی مقداری برای کشش بتن در نظر گرفته نمی‌شود. ایجاد پیوستگی در بتن و افزایش مقاومت آن توسط رشته‌های الیاف ایجاد می‌شود.

این مواد به دلیل جذب سیمان سبب ته نشینی و لخته سازی نمی‌شوند. معمولاً در اثر استفاده از الیاف سبک نظیر پلی پروپیلن وزن کلی سازه سبک می‌شود.

عملکرد الیاف در بتن

نحوه عملکرد خود الیاف در شکست و کشیدگی و حفظ بتن از ترک خوردگی (مکانیزم رفتار الیاف در بتن)

کاربرد الیاف در بتن (بتن الیافی)

۱. ساخت سالن صنعتی و نیاز به بتن مستحکم در کف مثل انبار
۲. ساخت پل بتنی
۳. ساخت بتن با مقاومت کششی
۴. ساخت انبار مهمات و پناهگاه جنگی
۵. ساخت سازه های پیش ساخته بتنی
۶. لاینینگ تونل



کاربرد بتن الیافی در تونل سازی

۷. سازه های با دوام دریایی و هیدرولیکی

خرید و قیمت الیاف بتن

الیاف بتن جزو مواد جدید در صنعت بتن سازی نیستند. کاربرد برخی الیاف به صدسال قبل بازمی گردد. ولی الیافی هم مثل کربن و پلی پروپیلن نسل جدید این مواد هستند. برای خرید این مواد باید به شرکت های سازنده مواد شیمیایی مواد ساختمانی مراجعه کرد.

استفاده از اینترنت و آشنایی با خواص و انواع این مواد و فروشندگان آنان زمینه ساز یک تصمیم درست برای استفاده و خرید این مواد هستند.

کارشناسان و متخصصان این مجموعه مشاوره دهنده شما برای تهیه و خرید هستند. شماره تماس: ۰۲۵۳۸۲۰۳۶۷۱ و ۰۹۳۳۴۳۰۳۰۰۳

ملاحظات استفاده از الیاف بتن

این مواد عموماً خطرزایی خاصی ندارند. ولی رعایت اصول ایمنی استفاده از مواد شیمیایی برای این مواد هم صدق می کند. استفاده از ماسک و دستکش در هنگام اختلاط الیاف برای حفظ سلامتی توصیه می شود.

اگر در بتن از افزودنی خاصی استفاده شده قبل از ترکیب الیاف بهتر است از موارد منع مصرف و خطرهای حاصل آگاه بود. برای جلوگیری از خطرات احتمالی با کارشناسان این زمینه مشورت کنید.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی الیاف بتن

همان طور که از اسم این مواد پیداست. این مواد حالت جامد داشته و به صورت رشته های در حدود چند سانتی متر و قطر چند میکرومتر تا چند میلی متر موجود است.

عموماً ساختار الیاف بتن مواد پلیمری است. برخی از انواع دیگر نظیر کربن و فلزات مثل آهن هم استفاده می شود.

حفاظت و ایمنی الیاف در بتن

برخی از این مواد آتش زا هستند. پس حتماً دمای نگهداری طوری تنظیم شود که خودبه خود منجر به آتش سوزی نشوند. استعمال دخانیات نیز ممنوع است.

ساختار این مواد برای بدن مضر است. پس در هنگام استفاده این مواد از خوردن و آشامیدن مجاز نیست.

استاندارد های الیاف بتن

استاندارد ACI 544.4R-18 به طور مفصل در مورد الیاف بتن توضیحاتی را ارائه داده است.

آیین نامه بتن ایران هم محدودیت استفاده از این مواد را تعیین کرده و در استاندارد ملی ایران هم در شماره ۲۹۳۰ مورد بحث قرار گرفته است.

به طور کلی استاندارد یک ماده برای حفظ کیفیت خود آن و مواد تولید شده از آن ساختار اولیه به کار می‌رود. با وجود استاندارد یک معیار برای اندازه‌گیری سطح بهره‌وری فراهم می‌شود.

انبارداری الیاف بتن

الیاف بتن را در محیط خنک و به دور از رطوبت نگهداری می‌کنند. باید در یک محیط سرپوشیده و یا حداقل دور از تابش مستقیم آفتاب قرار گیرند. در شرایط ایده آل نگهداری تا ۲۴ ماه قابلیت استفاده بهینه دارند. بهتر است انبار دارای یک تهویه و یا بدون دیوار باشد که جریان هوا به راحتی عبور کند. مسیر دسترسی و امکان اطفای حریق وجود داشته باشد.

روان کننده بتن (PLASTICIZER) چیست؟

بتن مخلوطی شامل آب، سیمان و سنگدانه است و به طور معمول، ۲۰ درصد آب، ۵۰ درصد سیمان و ۳۰ درصد از حجم آن را سنگدانه تشکیل می‌دهد. نقش آب در این مخلوط، ترکیب با سیمان، شرکت در واکنش شیمیایی با سیمان و روان کردن بتن است.

برای ایجاد بتنی با خاصیت خمیری بالا، آب بیشتری نیاز است، ولی در مصرف آب و نسبت آب مصرفی به سیمان در بتن استانداردهایی وجود دارد.

در گذشته هنگامی که هوا گرم بود و بتن کارپذیری خود را از دست می‌داد، تنها راه ممکن برای برطرف کردن مشکل و ایجاد بتن روان، افزودن آب بود. با اینکه بکارگیری درصد آب بیشتر در مخلوط بتن مضر بود، ولی چاره‌ای جز این روش وجود نداشت و گروه بتن‌ریز مجبور به افزودن آب به مخلوط بتنی بودند. هیچ توجیهی برای افزودن آب وجود نداشت، زیرا بلافاصله پس از افزودن آب، دانه‌های بتن از خمیر سیمان جدا می‌شدند. همین موضوع باعث افت کیفی بتن می‌شد. این موضوع به ویژه در بتن آماده و در میکسر بتن مشاهده می‌شد. دانشمندان در حدود سال ۱۹۳۰ میلادی، طی بررسی و آزمایش‌های فراوان، همزمان با کاهش آب بتن به فرمول شیمیایی مناسبی دست یافتند که با افزودن ماده حاصل شده از آن به بتن، بتنی روان‌تر به دست آید. ابتدا این مواد، **کاهنده آب بتن** نامگذاری شدند.

برخی دیگر روان‌ساز بتن را هم به این مواد نسبت دادند. با ساخت و کشف این ماده، مشکل بزرگی از صنعت بتن رفع شد. در پی تولید انبوه روان کننده بتن، بتن‌ریزی در هوای گرم، بتن‌ریزی در مکان‌های دشوار و بتن‌ریزی حجیم رواج بیشتری پیدا کرد. همین گستردگی و راحتی مصرف بتن، باعث پیشرفت صنعت بتن شد تا جایی که امروزه **بتن جزو پر مصرف ترین مواد دنیاست.**

نیمی از بتن را سیمان تشکیل می‌دهد. تولید سیمان یک فرآیند مخرب زیست محیطی است و هر چه در مصرف این ماده صرفه‌جویی شود، محیط زیست سالم‌تری وجود خواهد داشت. قوام بتن باید به حدی باشد تا در زمان کم، بتن را متراکم کرد. **شکل‌پذیری بتن**، عاملی بسیار مهم در هنگام کار با آن است. هنگامی که بتن کارایی لازم را دارد، پیشروی کار مناسب بوده و مشکلات جانبی بتن‌ریزی پدیدار نمی‌شود.



روان کننده بتن

انواع روان کننده بتن

انجمن مواد و آزمایشات امریکا (ASTM) سه گروه از انواع افزودنی بتن را برای روان کننده بتن در نظر گرفته است که این موضوع در ایران هم تأیید شده است:

۱. روان کننده بتن کند (دیر) گیر D

۲. روان کننده بتن معمولی A

۳. روان کننده بتن تند (زود) گیر E

روان کننده کندگیر حین کاهش میزان آب لازم، کارایی بتن را افزایش داده و زمان گیرش اولیه سیمان را به تأخیر می‌اندازد. میزان آب در بتن تقریباً ۴۰ درصد میزان سیمان و یا ۲۰ درصد حجم کل بتن است. هر چه این مقدار آب کمتر باشد، مشکلات ثانویه اجرای بتن کمتر می‌شود.

تبخیر این آب و سفت شدن بتن، یکی از این موارد است. همین تأخیر اولیه در گیرش سیمان سبب استفاده این نوع روان کننده در هوای گرم تابستان شده است. در اثر استفاده از این روان کننده، بتن انقباض پیدا نمی‌کند. در هنگام پمپاژ نیازی به افزودن آب در مخلوط بتنی نیست. نکته دیگر اینکه این روان کننده برای بتن‌ریزی ستون و دیوار برشی مناسب است. روان کننده تندگیر مدت زمان گیرش بتن را کاهش می‌دهد. پس مورد استفاده این نوع برعکس دسته قبل در هوای سرد زمستانی است. از این نوع روان کننده برای پرداخت بهتر بتن استفاده می‌شود. در عین حال که به علت سردی هوا کاهش سرعت هیدراتاسیون رخ می‌دهد، این مسأله نیز توسط همین روان کننده برطرف می‌شود. در آخر، روان کننده معمولی است که در هوای معتدل برای افزایش کارایی بتن به کار می‌رود.

بیشتر بخوانید: راهنمای خرید انواع روان کننده بتن

در همین دسته‌بندی، افزودنی‌ها بر اساس پایه شیمیایی خود نیز دسته‌بندی می‌شوند:

۱. روان کننده پایه نفتالینی که عموماً فوق روان کننده‌ها را شامل می‌شود.

۲. روان کننده پایه لیگنوسولفوناتی

گروه اول این مواد در هوای گرم استفاده می‌شوند. بتن در هوای گرم به دلیل تبخیر آب زودتر می‌گیرد. دسته A کاهش دهنده آب بتن هستند.

اگر در زمان گیرش تأخیر ایجاد شود، این مواد در گروه D قرار می‌گیرند. اگر کاهنده آب همراه با تسریع در زمان گیرش رخ دهد، این مواد در گروه E جای می‌گیرند.

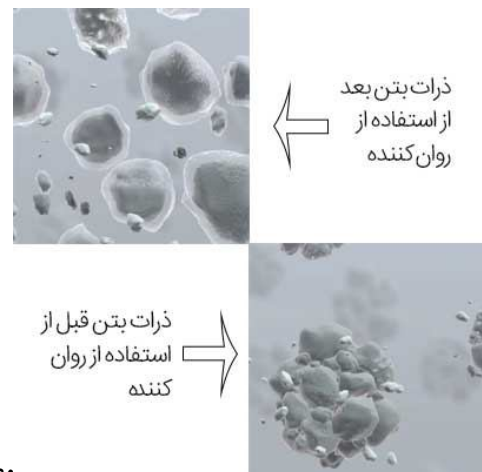
توجه داشته باشید استفاده از روان کننده‌های ملات یا همان خمیر سیمان در بتن مجاز نمی‌باشد، مگر اینکه توسط تولید کننده یا ناظر محدودیت این مورد برداشته شود. نیاز به بتن روان در منطقه با تراکم بالای میلگرد

مزایای روان کننده بتن

یکی از اصلی ترین کاربردهای روان کننده بتن، کاهش آب مورد نیاز برای روانی و کارایی بتن است. سازگاری این مواد با انواع بتن و بعضی افزودنی های دیگر نظیر حباب سازها، مصرف این مواد را برای شرکت های تولید بتن آسان کرده است. بعضی از خواص روان کننده بتن به شرح زیر می باشد:

۱. کاهش میزان آب به سیمان
۲. افزایش مقاومت بتن
۳. حفظ کارایی بتن در هوای گرم
۴. کاهش میزان سیمان مصرفی
۵. روان کردن بتن
۶. قابلیت بتن ریزی طولانی مدت در هوای گرم (بالای ۴۰ درجه سانتی گراد)
۷. حفظ اسلامپ و کارایی بتن در مدت طولانی تر

دانشمندان زیادی به بررسی موارد اشاره شده پرداخته اند. چنان که تحقیق آقای **ILKER** مهر تأییدی بر مزایای ذکر شده می باشد.



وضعیت ذرات بتن قبل و بعد از استفاده از روان کننده ی بتن

کاربرد روان کننده بتن

این ماده به دلیل خاصیت قطبی که دارد، هنگام چسبیدن به ذرات سیمان، یک ذره دو قطبی ایجاد می کند. در نتیجه، آب به راحتی از میان سیمان عبور می نماید و نیاز آبی مخلوط بتنی با روان کننده بتن کاهش می یابد. زمانی که فضای بین ذرات باز شود، آب با سطح بیشتری از سیمان در ارتباط بوده و در نتیجه، فرآیند هیدراتاسیون بهبود می یابد.

اگر نیاز به بتن کم آب باشد، استفاده از روان کننده بتن امری ضروری است. یکی از زمان هایی که لازم است روان کننده به بتن اضافه شود، هوای گرم است. در دمای هوای بیش از ۴۰ درجه سانتیگراد، آب بتن با سرعت بیشتری تبخیر می شود و بتن سفت تر از حالت معمول خود می گردد.

در صورت استفاده از روان کننده بتن، کارایی و روانی بتن افزایش می یابد و پمپاژ و کارایی آن بیشتر می شود. کاربرد دیگر این محصول، استفاده از آن برای بتن با مقاومت نهایی بالا و بتن نفوذناپذیر در برابر آب است.

بیشتر بخوانید: کاربرد روان کننده بتن در ژل میکروسیلیس

استفاده از روان کننده، زمان گیرش را حدوداً ۹۰ دقیقه نسبت به بتن بدون روان کننده به تأخیر می اندازد. همین موضوع در بتن ریزی طولانی یا دیر رسیدن بتن مورد نیاز به محل پروژه از درز سرد بتن جلوگیری می کند.

خواص و اثرات روان کننده بتن

خاصیت اصلی روان کننده، پراکنده کردن ذرات سیمان است. این پراکندگی از طریق بردار کردن ذرات انجام می‌شود. در پی این اثر، سرعت گیرش سیمان کمتر می‌شود. پس شاهد کاهش مقاومت ۲۴ ساعته و ۴۸ ساعته خواهیم بود. در این مدت، لازم است بیشتر عمل آوری بتن مورد توجه قرار گیرد.

به طور کلی لازم است میزان تأثیر روان کننده بتن بر بتن طی طولانی مدت در نظر گرفته شود. نیاز استفاده این مواد، نتایج نهایی تأثیر روان کننده بر بتن است، نه مشاهدات یک یا دو روزه عملکرد بتن.



افزایش چسبندگی بتن به میلگرد

این مواد باید بتوانند به سرعت مخلوط یکنواختی با بتن تولید کنند تا در صورت نیاز بتوانند عملکرد مناسبی از خود نشان دهند. بهترین زمان اضافه شدن افزودنی بتن در انتهای طرح اختلاط و قبل از ریختن بتن است. البته اگر از اختلاط کامل این مواد با بتن اطمینان حاصل شود، حداقل زمان اختلاط ۵ دقیقه‌ای بعد از افزودن روان کننده پیشنهاد شده است. از جمله خواص روان کننده‌ها:

۱. امکان تراکم بالا و کاهش نفوذپذیری بتن
۲. جلوگیری از درز سرد بتن در فاصله افتادن زمان بتن‌ریزی
۳. کاهش مصرف سیمان و به دنبال آن، کاهش حرارت هیدراتاسیون
۴. کاهش جداشدگی دانه بتن
۵. افزایش چسبندگی بتن به میلگرد

استفاده از این مواد، منجر به کاهش مصرف سیمان می‌شود. تولید سیمان و پخت کلینکر سیمان فرآیندی گرمازا است و در زمینه زیست محیطی، عاملی مخرب در گرم شدن کره زمین محسوب می‌شود. پس با استفاده از روان کننده بتن، می‌توان به طور مستقیم به محیط زیست کمک نمود.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی روان کننده بتن

بتن در معنای عام، مخلوطی با عملکرد سیمانی شدن است. این سیمان، عمده نتایج و هزینه را بر تمامی آزمایش‌های بتن می‌گذارد. برای بهبود بتن، افزودنی اضافه می‌شود. دانستن خواص فیزیکی و شیمیایی بتن و افزودنی‌های آن برای رسیدن به طرح اختلاط بهینه الزامی است.

این مواد حاوی یون کلراید نیستند، پس مشکلی برای استفاده در هنگام وجود میلگرد وجود ندارد. عموماً به صورت مایع قهوه‌ای رنگ وجود دارند، ولی بعضی شرکت‌ها پودر آن را هم تولید می‌کنند. از لحاظ قلیایی خنثی هستند (PH=6_8) و در صورت نفوذ به اطراف، مشکل زیست محیطی ایجاد نمی‌کنند.

وزن مخصوص یا همان چگالی روان کننده بتن، نزدیک به آب و حدوداً ۱۱۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است. قابلیت حل شدن در آب و محلول‌های آبی را دارد.



اگر روان کننده از نوع دیرگیر کننده باشد، قابل افزودن به مواد خشک است.

روش مصرف روان کننده بتن

موضوع مهم در مصرف روان کننده بتن، سازگاری این ماده با دیگر افزودنی‌ها است. این اطلاعات توسط شرکت تولید کننده ارائه می‌شود.

اگر روان کننده از نوع دیرگیر کننده باشد، قابلیت افزودن به مواد خشک را دارد. از آنجا که مایع این افزودنی در آب حل می‌شود، بهتر است یک حجم از افزودنی را در دو حجم از آب ریخته و مخلوط کنیم و سپس به خمیر بتنی اضافه نماییم. همین مسأله باعث کاهش زمان اختلاط بتن بعد از افزودن روان کننده خواهد شد. وقتی هوا بسیار گرم باشد، سرعت کار بتن‌ریزی اهمیت دوچندانی پیدا می‌کند. چون تبخیر شدن آب با سرعت بالاتر رخ می‌دهد. از دست رفتن آب بتن به دلیل گذر زمان، پرداخت آن را دچار مشکل می‌کند.

در حالت کلی، نسبت آب به سیمان در بتن ۴۰٪ در نظر گرفته می‌شود. این میزان آب با مقاومت نهایی بتن رابطه عکس دارد. کم کردن آب مورد نیاز بتن، از اهداف اصلی استفاده از روان کننده بتن است، چون مقاومت نهایی و دیگر پارامترهای بتن بهبود می‌یابد.

استفاده صحیح و به کار بردن نیروی متخصص در امر استفاده از افزودنی بتن، ضمن مشاوره پیوسته با کارشناسان در این زمینه بسیار مفید است.

بیشتر بخوانید: راهنمای مصرف روان کننده بتن

میزان مصرف روان کننده بتن

میزان مصرف روان کننده بتن باید دقیق باشد؛ به عنوان مثال اگر به بتن موجود در یک تراک میکسر، به جای ۱۰ کیلو روان کننده، ۲۰ کیلو اضافه شود، کل بتن غیرقابل استفاده خواهد بود. استفاده بیش از حد از روان کننده، زمان گیرش را تغییر می‌دهد و در ادامه بتن دچار آب انداختگی شده، هوای بتن افزایش می‌یابد و دیگر مشکلات را در پی خواهد داشت. پس بهترین روش استفاده از روان کننده بتن، افزودن مرحله‌ای و کنترل شده است.

به طور کلی میزان مصرف روان کننده بتن باید از ۰٫۵ تا ۱٫۵ درصد وزن سیمان باشد. در تحقیقی **Mehran Khan** و **Majid Ali** به بررسی میزان مصرف روان کننده‌های بتن پرداختند. آنها نیز تأییدی بر میزان معرفی شرکت‌های تولید کننده افزودنی‌ها و استانداردهای موجود گذاشتند و میزان ۱٪ مصرف روان کننده را برای طرح اختلاط خود مناسب معرفی کردند که معمول‌ترین و رایج‌ترین اندازه مصرف روان کننده در بتن است.



عامل تعیین کننده هزینه نهایی روان کننده برابر با مقدار حجمی مورد

استفاده آن در نمونه کار است.

خرید روان کننده بتن

اخیراً خرید اینترنتی مواد شیمیایی ساختمان رشد بسیاری داشته است. خریدهای اینترنتی به قدری مزایا و محبوبیت دارند که رقیب بسیار سرسختی برای فروش سنتی شده‌اند. بسیاری از محصولات خاص و کمیاب که در بازار وجود ندارند، به راحتی در سایت‌های فروش کالا در دسترس قرار گرفته‌اند.

خرید این مواد امری تخصصی است. فردی که مسئولیت تهیه این مواد را بر عهده دارد، باید شناخت کاملی از این مواد و بازار آن پیدا کند. مطالعه بروشورها و مقالات شرکت‌های تهیه و توزیع روان کننده بتن، یکی از راه‌های آشنایی کامل با این مواد است.

همانند دیگر مواد افزودنی بتن، این دست مواد قابل دسترس در شرکت‌های تولید و فروش مواد شیمیایی ساختمانی هستند. امروزه به دلیل افزایش دغدغه افراد و کمبود زمان و راحت شدن فرآیند تهیه، خرید اینترنتی روان کننده بتن رواج زیادی داشته است. این مواد توسط متخصصان داخلی تهیه و تولید شده است و به سراسر ایران ارسال می‌شود.

قیمت روان کننده بتن

روان کننده بتن جزو ارزان ترین افزودنی‌های بتن است. البته این مسأله نباید مصرف کنندگان را به اشتباه بیندازد و آنها را به مصرف اشتباه این افزودنی سوق دهد. پس پیش از استفاده و مصرف این ماده، اطلاعات لازم را کسب کرده و با متخصصان این امر مشاوره کنید.

توجه داشته باشید میزان غلظت روان کننده بتن امری بسیار ضروری است و حجمی که از آن برای نمونه کار استفاده می‌شود، تعیین کننده هزینه نهایی و تصمیم‌گیری برای خرید است.

نوع محصول	بسته‌بندی	بگیرید
روان کننده بتن رلیکس RELIX	گالن ۲۰ کیلوگرمی	بگیرید
روان کننده بتن فانتوم PHANTOM	گالن ۲۰ کیلوگرمی	بگیرید

استانداردهای روان کننده بتن

استفاده از تمامی افزودنی‌های بتن باید توسط ناظر پروژه تأیید شود. این قابلیت روان کننده باید توسط شرکت تولید کننده آزمایش شده و نتایج آن به اطلاع مصرف کنندگان برسد.

این مواد کاملاً مطابق با استانداردهای روز دنیا است، از جمله:

۱. ASTM C494

۲. ISIRI 2930

۳. ACI 212.3r

بخش دوم این مجموعه ISIRI همان استاندارد ملی ایران در مورد افزودنی‌های بتن، ملات و دوغاب است. بخش اول، الزامات مشترک و قسمت آخر در نمونه‌برداری، کنترل و ارزیابی تطبیق برای کنترل افزودنی بتن به کار برده می‌شود. از جمله استانداردهای دیگری که در این زمینه کاربرد دارد، **استاندارد ملی ایران ۳۲۰۳ و ۳۲۰۶ و ۸۱۱۷** است که بیشتر به بررسی خواص بتن و آزمایش‌های بتن پرداخته‌اند.

حضور متخصصان بتن در محل تولید افزودنی‌های بتن و انجام آزمایش‌های متعدد و بررسی نتایج این آزمایش‌ها، اطمینان خاطر لازم را برای مصرف‌کنندگان این مواد فراهم کرده است. با بررسی این منابع، سه فاکتور اصلی باید کنترل شود:

۱. کاهش آب

۲. مقاومت فشاری ۷ روزه و ۲۹ روزه

۳. مقدار هوای بتن تازه (حداکثر دو درصد حجمی)

لازم است این موارد با بتن نمونه ساخته شده تحت استاندارد ۸۱۱۷ مطابقت داده شود. نمونه‌برداری و شرایط استاندارد در استاندارد ۶-۲۹۳۰ توضیح داده شده است.

مواد تولیدی شرکت نیز توسط آزمون‌های منظم بررسی می‌گردند. این آزمون‌ها شامل بررسی **PH و یکنواختی محلول و میزان کلر هم** هستند.



روان کننده بتن آتش‌زا نیست، اما برای حفظ کیفیت، باید از یخ‌زدگی

آن جلوگیری شود.

انبارداری روان کننده بتن

لازم است این مواد همانند دیگر مواد شیمیایی در مکان سرپوشیده قرار گیرد تا از نور مستقیم آفتاب در امان باشد. برای تأمین روشنایی از لامپ و سیستم برق مناسب استفاده شود. در صورت مراقبت لازم از روان کننده، می‌توان یکسال در انبار بدون مشکل و کاهش کیفیت استفاده کرد. این ماده آتش‌زا نیست، اما برای حفظ کیفیت، باید از یخ‌زدگی آن جلوگیری شود. انبارداری این مواد به دو دسته بزرگ و کوچک تقسیم می‌شود. در انبارهای بزرگ که بالای ۱۰۰ متر مربع فضا دارند، باید حدود ۱۵ الی ۲۰ درصد ظرفیت انبار را جهت جابجایی آسان محموله خالی در نظر گرفت.

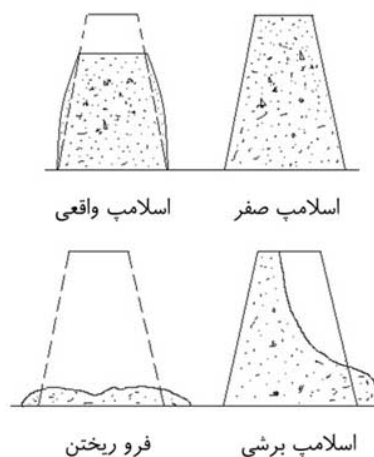
بهتر است محل انبارهای بزرگ نزدیک اماکن مسکونی نباشد. وجود شیب و رمپ برای جلوگیری از خروج مواد شیمیایی الزامی است. ایجاد سیستم هواکشی مناسب، تعبیه راهرو و بلوک‌بندی و نگهداری هر گروه از مواد در جای خود، امری ضروری است.

انبار کردن و ایجاد مخزن برای نگهداری بیش از حد این مواد در انبارهای کوچک ممنوع است. با اینکه خود این مواد آتش‌زا نیستند، ولی بسته‌بندی آنها در معرض خطر است و به همین دلیل در دیوار و سقف و سرپناه انبار نباید مواد قابل اشتعال، مثل: چوب و پلاستیک به کار رفته باشد.

لازم است هنگام حضور افراد در انبار از استعمال دخانیات و خوردن و آشامیدن پرهیز شود. استفاده از ماسک و دستکش و چکمه در انبار حائز اهمیت است. برگه ثبت ورود و خروج کالا نیز در انبارداری مواد شیمیایی اهمیت زیادی دارد و محصولات اولیه باید به صورتی چیده شوند که قابلیت خروج زودتر از دیگر مواد را داشته باشند.

عملکرد روان کننده بتن

هر افزودنی بتن شامل عملکرد اصلی و فرعی است. عملکرد اصلی همان هدف اصلی ماده است. عملکرد اصلی روان کننده بتن، **افزایش کارایی و کاهش اسلامپ** برای سهولت در امر بتن‌ریزی و پرداخت است. منتها در کنار این موضوع، شاهد عملکردهای فرعی نیز خواهید بود. افزایش مقاومت نهایی بتن و تراکم و زمان گیرش سیمان از عملکردهای فرعی روان کننده بتن محسوب می‌شود.



میزان اسلامپ بتن حاوی روان کننده

افزودن روان کننده بتن، در واکنش سیمان با آب و گیرش آن تغییراتی به وجود می‌آورد، ولی در خواص نهایی مورد نظر و کیفیت بتن تغییرات مضر ایجاد نمی‌کند. این مواد فاصله لازم را بین فاز مایع و جامد برقرار می‌کند. در هنگام نیاز به افزودن این ماده، باید شناخت کافی از بتن مصرفی داشته باشید. این مواد با سیمان‌های پرتلند، سیمان پراآلومین و سیمان پوزولانی سازگاری دارد، ولی **بیشترین اثر را روی سیمان پوزولانی** دارد. بنابر تحقیقات **Aliabdo** و همکارانش، آب اضافی بتن کارایی را ۲۰۰ درصد افزایش می‌دهد، ولی سایر خصوصیات بتن، مثل: مقاومت و مدول الاستیسیته و جذب آب و تخلخل را ۲۷ درصد کاهش می‌دهد. اگر از مواد روان کننده بتن استفاده شود با همان نسبت افزایش کارایی میزان کمتری در کاهش خواص مفید بتن مثل مقاومت را شاهد خواهید بود. در این تحقیق بیان شده اگر میزان کنترل شده از روان کننده به بتن اضافه شود، بعضی خواص بتن بهبود پیدا می‌کند.

بیشتر بخوانید: تفاوت روان کننده بتن با فوق روان کننده بتن و ابر روان کننده بتن چیست؟!

ملاحظات ایمنی روان کننده بتن

ملاحظات ایمنی روان کننده بتن از چند جهت قابل بررسی است:

۱. ترکیبات (مواد تشکیل دهنده): بر اساس استاندارد ۲۰۱۲ OSHA Hazard Communication Standard، این مواد در محدوده مواد خطرناک و مضر برای سلامتی و محیط زیست طبقه‌بندی نمی‌شود.
۲. اقدامات کمک‌های اولیه:
 - i. لباس‌های آلوده را در بیاورید.
 - ii. اگر استنشاق کردید، مصدوم را آرام کنید و هوای تازه به او برسانید (بهتر است او را به بیرون از فضای کار منتقل کنید).
 - iii. در صورت ورود به چشم، چشم‌های آسیب دیده را به مدت حداقل ۱۵ دقیقه زیر آب با پلک‌های باز بشویید.

- iv. در صورت بلعیدن، دهان را کاملاً بشویید و سپس مقدار زیادی آب بنوشید.
۳. اقدامات اطفاء حریق: روان کننده‌های بتن جزو مواد آتش‌زا نیستند.
۴. شرایط نگهداری: در بسته‌بندی اولیه و در مکان خنک، خشک با تهویه مناسب و دور از منابع احتراق، گرما یا شعله نگهداری شود و در معرض نور مستقیم خورشید نباشد.
۵. تجهیزات حفاظت شخصی در هنگام کار با روان کننده‌ها:
- i. در صورت ناکافی بودن تهویه از ماسک فیلتردار استفاده کنید.
 - ii. از دستکش‌های محافظ مقاوم در برابر مواد شیمیایی استفاده نمایید.
 - iii. عینک‌های ایمنی با حفاظ جانبی استفاده کنید.
 - iv. از لباس کار مناسب جلو بسته استفاده نمایید.
 - v. از استنشاق گازها، بخارات و آئروسول‌ها خودداری کنید. از تماس مواد روان کننده با پوست، چشم‌ها و لباس اجتناب نمایید. از نوشیدن یا سیگار کشیدن در این محیط خودداری کنید. دست‌ها و صورت خود را در پایان شیفت کاملاً تمیز کنید.



بسته‌بندی دبه ۲۰ کیلوگرمی روان کننده بتن

بسته‌بندی و نگهداری روان کننده بتن

این مواد باید در بسته‌بندی پلاستیکی نگهداری شوند و نمونه‌های آن در محصولات رامکا در گالن‌های ۲۰ و مخازن ۱۱۰۰ کیلوگرمی موجود هستند.

در مشخصات بسته‌بندی، لازم است موارد ذیل درج شده باشد:

- نام شیمیایی و تجاری محصول
- میزان حجم واحد و تاریخ تولید و انقضاء

و در آخر، مقاومت بسته‌بندی این مواد باید به گونه‌ای باشد که بتواند از آن محافظت کند.

منابع:

The effect of cement type and plasticizer addition on concrete properties
Effect of super plasticizer on the properties of medium strength concrete prepared with
coconut fiber
İlker Bekir Topçu, Özgün Ateşin, Effect of high dosage lignosulphonate and naphthalene
sulphonate based plasticizer usage on micro concrete properties, Construction and Building
Materials, Volume 120, 2016, Pages 189-197, ISSN 0950-0618.

قهرمانی، علی. ۱۳۹۲. تأثیر روان کننده‌ها و فوق روان کننده‌ها بر ویژگی‌های بتن، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری، تبریز

مقیم، م و دیگران. ۱۳۸۹. بررسی تجربی تأثیر استفاده از میکروسیلیس و فوق روان کننده بر بعضی خواص مکانیکی بتن بازیافتی ساخته شده از خرده بتن، مهندسی عمران (دانشکده مهندسی)، ۲۱ (۲)، ۱۵۳-۱۶۲.

فوق روان کننده بتن SUPER PLASTICIZERS چیست؟

در دوره اخیر برای بهبود خواص بتن و کاهش ضعف‌های آن، به تدریج مواد افزودنی مختلفی به صنعت بتن معرفی شده که مجهول ماندن آنها باعث ناشناخته ماندن فواید مهم این مواد و کاهش بهره‌وری بتن است. استفاده درست از این مواد، نتایج دلخواه را به مصرف‌کنندگان می‌دهد. در غیر این صورت شرایط معمولی وخیم‌تر شده و مزایای استفاده از افزودنی‌های بتن، قابل درک برای استفاده‌کنندگان نخواهد بود.

یکی از مشکلات اصلی بتن، **گرانروی** آن است. گرانروی به زبان ساده، همان **غلظت بتن** است. برای برطرف کردن این مشکل و سهولت در بتن‌ریزی، افزودنی جدیدی به نام **انواع روان کننده بتن** و **فوق روان کننده بتن** به جامعه معرفی گردید که بعضاً این مواد با نام **کاهنده آب بتن** نیز نام‌گذاری شدند.



افزایش اسلامپ بتن با استفاده از فوق روان کننده بتن

استفاده از این مواد اجباری نیست، ولی در صورت بهره بردن از این مواد در وقت و هزینه تمام شده پروژه صرفه‌جویی می‌شود. حدوداً ۳۰٪ آب مخلوط سیمانی در واکنش با سیمان شرکت می‌کند و بقیه آب موجود مخلوط را روان می‌کند. حال اگر ماده افزودنی به بتن اضافه شود که میزان آب لازم را کاهش دهد، بسیاری از خواص بتن حفظ شده و قابلیت‌های جدیدی را نیز کسب می‌کند.

انواع فوق روان کننده، بتن سفت با اسلامپ (آزمایش اندازه‌گیری غلظت بتن) کم را به راحتی به بتن روان و قابل ریختن تبدیل می‌کند. این مواد می‌تواند موجب **کارایی، گیرش بتن، افزایش مقاومت نهایی، محافظت سیمان بتن و کاهش انقباض و ترک‌خوردگی** شود و بتن را از ترک‌خوردگی حرارتی بهبود بخشد.

با این حال، به دلیل تاریخچه نه چندان طولانی این مواد، ابهاماتی در مورد مصرف آن وجود دارد و هر روزه شاهد ترکیبات جدید و روش‌های مصرف نوین برای ایجاد حداکثر بهره‌وری به جامعه هدف هستیم.

شناخت رفتارشناسی فوق روان کننده بتن در هنگام اختلاط با سیمان، چه در هنگام ساخت بتن تازه و چه بتن سفت شده، امری ضروری است. اخیراً سازمان‌های حفاظت محیط زیست به طور جدی وارد حوزه‌های بتن شده‌اند، چرا که اثبات شده یکی از روش‌های جلوگیری از تخریب محیط زیست، استفاده از بتن بازیافتی یا همان خرده بتن است. از این رو، استفاده از فوق روان کننده‌ها در ساخت چنین بتن‌هایی توصیه شده است.



در سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۶۵ میلادی کاهنده‌های قوی آب در نواحی

گرمسیری کاربرد بیشتری یافتند.

انواع فوق روان کننده بتن

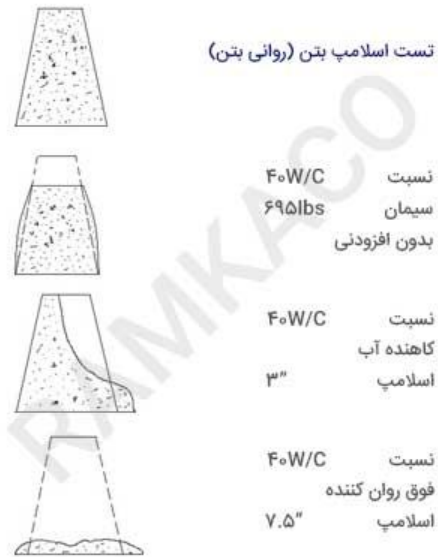
در بدو امر موادی بر پایه مونومرهای لیگنوسولفونات تولید شد و در حدود دهه **1930 میلادی** به بازار معرفی گشت. این روان کننده‌ها همان **دیرگیر بتن** بود که کمک فراوانی به صنعت بتن نمود و یکی از بزرگ‌ترین مشکلات بتن را رفع کرد. در محدوده سال‌های **1960 تا ۱۹۶۵ میلادی**، فعالان صنعت بتن، باز هم نیاز جدید در عرصه ساخت را با موادی بر پایه مونومرهای ملامین سولفونات ملامین و نفتالین برطرف کردند؛ موادی که به **کاهنده‌های قوی آب** بتن معروف شدند. این مواد در نواحی گرمسیری کاربرد بسیاری پیدا کردند و حتی در بعضی منابع، ایران جزو مشتریان ابتدایی این مواد شناخته شده است. مواد مذکور نسبت به مواد قدیمی‌تر خود حباب‌زایی کمتری دارند و کمتر به صورت پودری و عمدتاً به صورت مایع در بازار یافت می‌شوند.

در نظر داشته باشید به دلیل تنوع محصولات و کاربردهای متفاوت، دسته‌بندی کلی وجود ندارد؛ به همین دلیل تعدادی از معروف‌ترین انواع فوق روان کننده بتن در ذیل معرفی شده است:

- فرمالدهید ملامین سولفوناته فشرده
- فرمالدهید نفتالین سولفوناته فشرده
- آمینو اسیدها و مشتقات آنها

از اواخر دهه ۷۰ میلادی، استفاده از نسل جدیدی از افزودنی‌های شیمیایی در بخش‌های مختلف صنعت بتن افزایش یافت. این افزودنی‌ها برای افزایش اسلامپ بتن، بدون نیاز به افزایش آب یا برای کاهش قابل ملاحظه آب طرح اختلاط بدون از دست رفتن اسلامپ استفاده شدند.

این افزودنی‌ها که به آنها نام فوق روان کننده بتن اطلاق می‌شود، بر پایه‌ی ملامین، نفتالین و پلی کربوکسیلات اتر تقسیم شده‌اند. الزامات مربوط به افزودنی‌های تیپ F یا G استاندارد ASTM C494 و یا الزامات مربوط به افزودنی‌های تیپ ۱ یا ۲ استاندارد ASTM C1017 را تأمین کرده و به درستی به عنوان افزودنی‌های قوی کاهنده آب نیز شناخته می‌شوند.



تأثیر افزودنی روان کننده و فوق روان کننده بر اسلامپ بتن برای تأمین الزامات مربوط به ASTM C494، این افزودنی‌ها باید قادر باشند تا مقدار آب مورد نیاز را نسبت به نمونه شاهد در روانی ثابت به میزان ۱۲٪ کاهش دهند. همان‌طور که از این الزام برمی‌آید، قدرت کاهندگی آب این افزودنی‌ها بسیار بیشتر از افزودنی‌های کاهنده آب است و در مقدار یکسان استفاده از این دو افزودنی، بتن حاوی افزودنی فوق روان کننده، روانی بسیار بیشتری خواهد داشت.

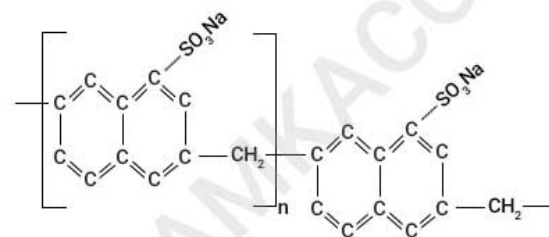
این افزودنی‌ها که ابتدا در اواخر دهه ۶۰ میلادی در آلمان و ژاپن عرضه شدند، در آغاز بر پایه ترکیبات نفتالین و ملامین سولفوتاته تغلیظ شده بودند. در آغاز دهه ۸۰ میلادی، اقداماتی در جهت ساخت این افزودنی‌ها بر پایه ترکیبات پلی‌آکریلات انجام شد.

همچنین به دلیل قیمت مناسب ترکیبات با پایه لیگنوسولفونات، تلاش‌های بسیاری در زمینه تولید افزودنی‌های فوق روان کننده بتن با پایه این ترکیب شیمیایی انجام شد. این تلاش‌ها به ساخت افزودنی‌هایی با پایه لیگنوسولفونات اصلاح شده منجر گشت و در حال حاضر، این ترکیبات در کنار سایر ترکیبات با پایه پلی‌کربوکسیلات استفاده می‌شود. این نگرانی منجر به توسعه محصولات جدیدی شد که توانایی حفظ کارایی بتن در مدت زمان بیشتری را داشتند. در دهه ۸۰ میلادی افزودنی‌های فوق روان کننده با خاصیت حفظ کارایی طولانی که بسته به طرح اختلاط بتن و شرایط محیطی توانایی نگه داشتن کارایی بتن تا ۲ ساعت را دارا بودند، توسعه یافتند.

این پیشرفت امکان آن را فراهم کرد که به جای اضافه کردن افزودنی فوق روان کننده بتن در پای کار، این افزودنی در محل ساخت به بتن اضافه شود. این امر خود می‌توانست باعث کاهش فرسودگی تراک و برطرف کردن نیاز به تجهیزات فرعی، مانند مخازن افزودنی متصل به تراک و سیستم‌های توزیع کننده افزودنی در تراک شود. نتیجه تمام این پیشرفت‌ها، افزایش استفاده از افزودنی‌های فوق روان کننده در تمام زمینه‌های موجود در صنعت بتن بود.

ترکیبات افزودنی‌های فوق روان کننده بتن

افزودنی‌های فوق روان کننده بتن بر پایه ترکیبات شیمیایی مختلفی ساخته می‌شوند. در ادامه مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی استفاده شده در ساخت این افزودنی‌ها بررسی خواهد شد.



پلیمر نفتالین فرمالدهید سولفوناته تغلیظ شده

نفتالین فرمالدهید سولفوناته تغلیظ شده

این ماده از اولین مواد خامی بود که از دهه ۱۹۷۰ به عنوان یک عامل کاهنده آب با عملکرد گسترده در ترکیبات افزودنی‌ها مورد استفاده قرار گرفت. این ترکیب که با عنوان پلی نفتالین سولفونات (PNS) نیز شناخته می‌شود، از صنایع شیمیایی به دست می‌آید.

مشتقات نفت یا نفتالین زغال سنگ با استفاده از اسید سولفوریک غلیظ در دمای زیاد سولفوناته شده و سپس با فرمالدهید پلیمریزه شده و در مرحله بعد به نمک‌های سدیم و کلسیم تبدیل می‌شود.

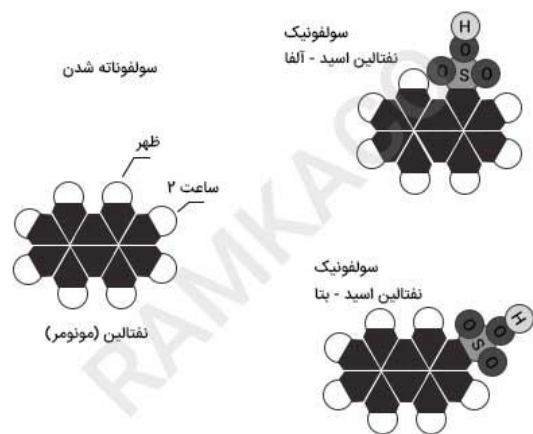
این پلیمرها دارای **وزن مولکولی** نسبتاً کمی بوده و تعداد واحدهای نفتالین سولفوناته شده آنها بین ۲ تا ۱۰ می‌باشد. بدین ترتیب وزن مولکولی این پلیمرها در حدود ۵۰۰ تا ۲۵۰۰ خواهد بود.

معمولاً با افزایش وزن مولکولی، خواص ایجاد شده بهتر خواهد بود. در شکل بالا نمونه‌ای از پلیمر نفتالین فرمالدهید سولفوناته نشان داده شده است. مطابق شکل، زنجیره‌های پلیمر به وسیله گروه CH_2 به یکدیگر متصل شده‌اند.

این زنجیره خطی بوده و امکان دوران حول گروه CH_2 را دارا است. بدین ترتیب، SO_3Na می‌تواند بالا یا پایین محور این زنجیره قرار گیرد. در نفتالین فرمالدهید سولفوناته گروه سولفوناتی SO_3 باید در موقعیت B روی حلقه بنزنی قرار گیرد. موقعیت‌های اتصال A و B در شکل زیر نشان داده شده است. در محیط محلول، مانند لیگنوسولفونات، SO_3^- به SO_3Na و Na^+ تجزیه می‌شود. بارهای منفی روی $-\text{SO}_3^-$ عامل جذب شدن افزودنی روی ذرات سیمان و پراکنده کردن این ذرات از طریق نیروی دافعه الکتروستاتیک می‌باشد.

درصد وزنی مواد جامد محلول در آب محصولات تجاری معمولاً در حدود ۲۵ تا ۴۵ درصد می‌باشد. در این حالت افزودنی مورد نیاز در حالت محلول برای تولید بتن با ویژگی‌های تقریباً تراکم‌پذیر و روان، در حدود ۱ تا ۳ درصد وزن سیمان است.

بیشتر بخوانید: تأثیر فوق روان کننده بتن بر بتن سخت شده



موقعیت A و B گروه سولفوناتی

ملامین فرمالدهید سولفوناته تغلیظ شده

این محصول شیمیایی در ابتدا در دهه ۵۰ میلادی به عنوان یک عامل پخش کننده در صنایع مختلف گسترش پیدا کرد، اما تا ۱۰ سال بعد از آن هم، امکان استفاده از آن در بتن شناخته شده نبود. این ماده با استفاده از روش های معمول رزین شده بر اساس فرایندهای نشان داده شده در شکل زیر تولید می شود. فرایند معمول تولید، منجر به تولید محصولی با مشخصات ارائه شده در جدول زیر می شود.

مفیدترین حالت زمانی است که وزن مولکولی متوسط حدود 30000 باشد. طول زمان پلیمریزاسیون بر وزن مولکولی مؤثر است. این ماده (ملامین فرمالدهید سولفونات) معمولاً به صورت منفرد یا در ترکیب با نفتالین فرمالدهید سولفوناته استفاده می شود.

زمانی که به طور منفرد استفاده می شود، کمترین تأثیر را روی هوای وارد شده و زمان گیرش دارد. اسیدهای هیدروکسی کربوکسیلیک در بعضی از ترکیب ها وارد می شوند و باعث کاهش افت اسلامپ می گردند. ساختار محصول نهایی، مشابه نفتالین فرمالدهید سولفوناته خواهد بود؛ جز اینکه یک حلقه ملامینی جایگزین حلقه دوتایی نفتالین شده و وزن مولکولی آن نیز بیشتر است. این ترکیبات تنها به صورت نمک های سدیم در دسترس هستند.

نسبت مواد جامد (%) (W/W)	۲۰
لزجت (cP) در ۲۰ درجه سلسیوس	۱۰
pH	۸.۵
وزن مخصوص در ۲۰ درجه سلسیوس	۱.۱۲
وضعیت ظاهری	آب تمیز - محلول سفید

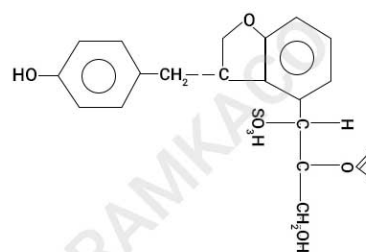
مشخصات معمول یک رزین آنیون ملامین فرمالدهید

لیگنوسولفونات های اصلاح شده

افزودنی های با پایه لیگنوسولفونات به طور گسترده به عنوان افزودنی های کاهنده آب استفاده می شوند. استفاده از مقادیر معمول این افزودنی ها مقدار آب اختلاط را به میزان ۶ تا ۱۰ درصد کاهش می دهد. در مقادیری بیش از این، تأخیر بیشتر در زمان گیرش رخ داده و مقادیر بیشتری از حباب هوا ایجاد می شود و به همین دلیل است که نمی توان از این افزودنی ها به

عنوان افزودنی‌های فوق روان کننده استفاده کرد. به دلیل هزینه کم استفاده از افزودنی‌های با پایه لیگنوسولفونات، همواره تمایل به ساخت افزودنی‌های فوق روان کننده با پایه این ترکیبات شیمیایی وجود داشته است. لیگنوسولفونات‌ها ترکیباتی هستند که از سولفوناتاسیون مولکول لیگنین (که یک پلیمر بزرگ است) با پایه فنیل پروپان روی کربن a (اولین کربن متصل به گروه بنزنی) به دست می‌آید. واحد ساختمانی مولکول لیگنوسولفونات، بیشتر کمپلکس فنیل پروپان است که گروه‌های جایگزین شونده ممکن است فنولی یا کربوکسیلیک باشند. ساختار شیمیایی یک فوق روان کننده لیگنوسولفوناتی در شکل ذیل نشان داده شده است.

نتایج آزمایش‌های انجام شده نشان می‌دهد افزایش وزن مولکولی لیگنوسولفونات‌ها، سبب افزایش روانی، تأخیر در زمان گیرش و کاهش جزئی مقاومت ۲۴ ساعته می‌شود.



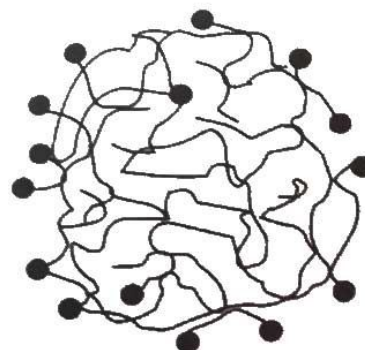
فرمول فوق روان کننده لیگنوسولفوناتی

افزایش سولفوناتاسیون تأثیری بر کارایی و هوای وارد شده نداشته، اما زمان گیرش را کاهش می‌دهد. به طور کلی افزایش شکر در لیگنوسولفونات‌ها باعث افزایش زمان گیرش می‌گردد. برای بهتر شدن خواص روان‌کنندگی بتن، در مواردی که از نظر سایر خواص مکانیکی مجاز باشد، از درصد جزئی CO₂ به همراه لیگنوسولفونات‌ها استفاده می‌شود. این پلیمر نوعاً وزن مولکولی متوسطی حدود ۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ دارد. ساختار شماتیک ماکرومولکول لیگنوسولفونات در شکل بالا نشان داده شده است. مطابق شکل مولکول لیگنوسولفونات به صورت کره‌ای است که در آن بارهای الکتریکی ناشی از گروه‌های سولفوناتی فعال، غالباً در سطح خارجی کره و گروه‌های کربوکسیل و سولفونات یونیزه نشده در داخل آن قرار دارند. لیگنوسولفونات‌های تجاری عمدتاً از نوع نمک سدیم یا کلسیم بوده و دارای حدود ۱ تا ۳۰ درصد ترکیبات هیدروکربنی هستند.

بیشتر بخوانید: خواص فوق روان کننده و تأثیر آن بر بتن تازه

پلی کربوکسیلات‌ها

این ترکیبات که PCs یا پلیمرهای شانه‌ای نیز نامیده می‌شوند، جدیدترین انواع افزودنی‌های فوق روان کننده بتن بوده و برعکس نفتالین و ملامین فرمالدهید سولفوناته که عمدتاً از یک ساختار واحد تشکیل شده‌اند، خانواده‌ای از محصولات با ساختارهای شیمیایی متفاوت هستند.



گروه‌های سولفاناتی فعال

میکروژل لیگنوسولفات، کوچک‌تر از یک هزارم قطر ذرات سیمان

شاکله پلیمری تشکیل‌دهنده این ترکیبات بر پایه پلیمریزاسیون آکریلیک اسید بوده که می‌تواند با گروه‌های مونومری دیگر جایگزین شده و به این ترتیب موجب اصلاح تعداد گروه‌های کربوکسیلاتی روی شاکله پلیمری گردد. گروه کربوکسیلاتی با تشکیل نمک سدیم خنثی شده و با تجزیه Na^+ در محیط محلول، بار منفی به خود می‌گیرد؛ باری که نقطه اتصالی برای جذب افزودنی بر سطح ذرات سیمان می‌شود.

می‌توان از سایر پلی‌اترها یا ترکیبی از آنها نیز استفاده کرد و با تغییر n ، معمولاً در محدوده ۲۰ تا ۸۰، وزن مولکولی را تغییر داد. این اقدامات در کنار تغییر تعداد گروه‌های پلی‌اتری جایگزین شده در امتداد زنجیره اصلی و تغییر طول این زنجیره، امکان ایجاد محدوده بزرگی از خواص را فراهم می‌کند. بدین ترتیب کوپلیمر پایه می‌تواند برای ایجاد خواص متعددی همچون افزایش مقاومت کوتاه‌مدت برای صنایع پیش ساختگی یا نگه داشتن زمان کارپذیری در ساخت بتن آماده تنظیم گردد.

پلی‌اتر وظیفه پراکنده کردن ذرات سیمان را بر عهده داشته و این کار را از طریق ایجاد ممانعت فضایی انجام می‌دهد. مکانیزم غالب در عملکرد افزودنی‌های پلی کربوکسیلاتی برای پراکنده کردن ذرات سیمان از طریق ممانعت فضایی بوده، در حالی که در افزودنی‌های با پایه ملامین و نفتالین سولفوناته و همچنین لیگنوسولفونات اصلاح شده، این عملکرد از طریق نیروهای دافعه الکتروستاتیکی صورت می‌گیرد. در ادامه مکانیزم عملکرد انواع این افزودنی‌ها بررسی می‌شود.

مزایای فوق روان کننده بتن

افزودن فوق روان کننده بتن، تغییرات کلی را در عمل آوری بتن به وجود می‌آورد. در ضمن این تغییرات، نتایج عملکردی آزمایش‌های معروف بتن را شاهد خواهیم بود. **آزمایش مقاومت، الاستیسیته و زمان گیرش** از معروف‌ترین این آزمایش‌ها است که در جدول ذیل به اختصار به چند مورد از موارد اصلی آن اشاره شده است.

بتن مخصوصاً در کاهش نفوذپذیری در	افزایش الاستیسیته بتن و در پی آن افزایش مقاومت نهایی بتن	بهبود کارایی بتن با حفظ اسلامپ آن
چسبندگی به آرماتورها و فولاد	تولید میکروسیلیس بتن	افزایش مقاومت در برابر نمک‌های زیان‌آور و محیط‌های کلریدی
انقباض و خزش	دوام بیشتر	مقاومت بهتر در برابر کریناسیون
هزینه نسبت به ابر روان کننده	افزایش قابلیت پمپاژ بتن	بهبود زمان گیرش بتن

با گسترش علوم و افزایش آگاهی، مردم جامعه متوجه این موضوع شدند که مقاومت فشاری نهایی بتن، دیگر تنها هدف ساخت بتن نیست، ولی یکی از عوامل اصلی **شناخت بتن با کیفیت مقاومت آن** است.

کاربرد فوق روان کننده بتن

در هنگام بتن‌ریزی توسط شرکت‌های پیمانکاری و اجرایی پروژه، استفاده از افزودنی بسیار پر کاربرد شده، طوری که ما دیگر بتن بدون افزودنی نخواهیم یافت.

انواع فوق روان کننده بتن اخیراً به یکی از مواد اصلی شرکت‌های مرتبط با صنعت بتن تبدیل شده است؛ به حدی که پیمانکاران و مجریان خبره طرح‌های بتنی، همیشه این افزودنی بتن را در مجموعه خود دارند، تا در صورت بروز هر گونه مشکل مربوط به گرانی بتن به جای افزودن آب به مخلوط بتنی از این ماده بهره ببرند. مهم‌ترین کاربردهای فوق روان کننده بتن به شرح ذیل است:



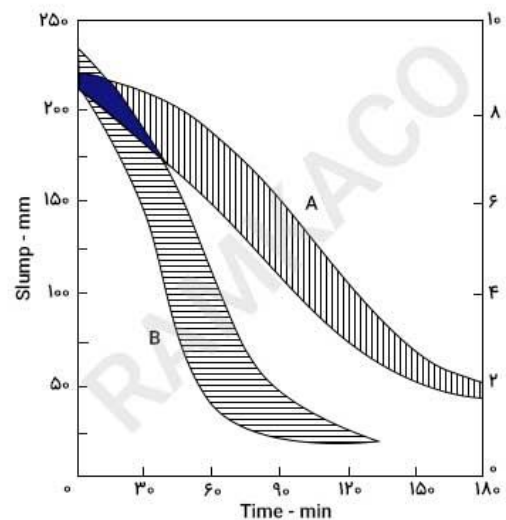
جرای بتن کفسازی در هوای گرم با استفاده از روان کننده‌ی رلیکس

- وجود آرماتور بسیار زیاد
 - محدود بودن فاصله آرماتور تا قالب و عدم امکان افزایش فاصله
 - پمپاژ بتن با کیف و لوله (ترمی)
 - عملیات بتن‌ریزی زیر آب
 - **نمای بهتر بتن‌ریزی (expose concrete)**
 - ارائه بتن‌های خود تراز شونده (نیازمند بتن با اسلامپ بالا)
 - ساخت بتن‌های پر مقاومت و توانمند
 - **آب‌بندی با بتن (درزگیری با بتن)**
 - **ساخت قطعات پیش‌ساخته بتنی**
 - استفاده برای شمع‌های عمیق و نیلینگ و انکراژ در پایدارسازی گودها
- استفاده از انواع فوق روان کننده بتن اهدافی در پی دارد. یکی از آن‌ها رسیدن به کارایی مورد نظر با کاهش سیمان مصرفی است که موجب کاهش حرارت هیدراتاسیون می‌شود. حرارت هیدراتاسیون در پی واکنش آب و سیمان رخ می‌دهد که دلیل اصلی آن، وجود آهک سیمان است. البته این مقدار کاهش سیمان باید توسط طراح و دستگاه نظارتی صورت پذیرد و ملزم به رعایت نکات اختلاط بتن می‌باشد.
- هنگامی از این ماده استفاده می‌شود که بتن‌ریزی در مناطق پر آرماتور صورت گیرد؛ مناطقی که نیاز به بتن بسیار روان دارند. مهم‌ترین اثر فوق روان کننده‌ها از طریق کاهش نسبت آب به سیمان با حفظ اسلامپ است که منجر به افزایش مقاومت و کاهش نفوذپذیری می‌شود.
- خواص و اثرات فوق روان کننده بتن**
- با استفاده از روان کننده‌ها می‌توان در مناطق حساس سازه جهت افزایش ضریب اطمینان کلی کار از انواع فوق روان کننده بتن استفاده نمود. برای بررسی آزمایشگاهی تأثیر این مواد بر بتن، نیاز به ساخت دو نمونه بتن است؛ به این صورت که، در نمونه اول، با کاهش عیار (وزن سیمان در مخلوط بتنی) سیمان و استفاده از فوق روان کننده و در نمونه دوم با تثبیت عیار سیمان و افزودن فوق روان کننده بتن، نسبت آب به سیمان را کاهش می‌دهند.



تراکم آرماتور و لزوم استفاده از فوق روان کننده در بتن

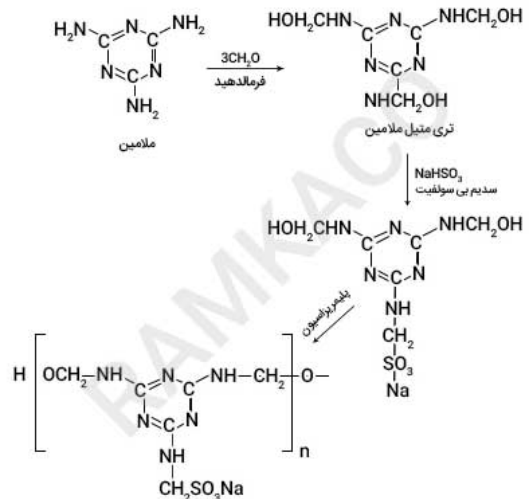
در ادامه نمودار نتایج استفاده از فوق روان کننده بتن را مشاهده می‌نمایید که در آن اسلامپ نمونه‌ها بررسی گردیده است: همان طور که در نمودار بالا مشاهده می‌فرمایید، تغییرات اسلامپ نمونه A بتن معمولی و نمونه B بتن، با استفاده از روان کننده است که شاهد کاهش اسلامپ بتن در صورت استفاده از فوق روان کننده‌ها خواهید بود. استفاده از انواع فوق روان کننده بتن، موجب کاهش تغییر شکل کلی سازه می‌شود. همین پایداری نسبی، افزایش ضریب ایمنی سازه در برابر بارهای وارده مثل زلزله را دارد. دلیل اصلی این موارد، کاربرد بیشتر فولاد در بتن است. بتن روان‌تر، قابلیت مصرف آرماتور را بالاتر می‌برد. میزان هوای موجود در بتن تازه در صورت استفاده از افزودنی‌های بتن می‌تواند حداکثر دو درصد حجمی بیش از مخلوط کنترل (شاهد) باشد. مخلوط شاهد، همان نمونه اصلی و بدون مواد اضافی بتن است.



تغییر اسلامپ بتن دارای فوق روان کننده در زمان

مشخصات فیزیکی و شیمیایی فوق روان کننده بتن

فوق روان کننده بتن به شکل مایع قهوه‌ای تا زرد رنگ با چگالی حدوداً ۱۱۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب وجود دارد. این افزودنی فاقد یون کلر است و منعی در استفاده از آن در سازه‌های بتن آرمه وجود نخواهد داشت. از لحاظ قلیائیت محلول بافر (خنثی) است و تغییری در ماده اصلی ایجاد نمی‌کند. محلول‌های خنثی سازگار با محیط زیست هم هستند. این مواد بر پایه ملامین سولفونات و فرمالدهید نفتالین می‌باشند. با توجه به خواص شیمیایی این گروه‌ها و ترکیب با سیمان، بار منفی اطراف ذرات سیمان افزایش می‌یابد. این بار منفی سطح ذرات، باعث دافعه آنها از هم می‌شود. فوق روان کننده بتن این فاصله را حفظ کرده و باعث حرکت بیشتر ذرات آب مابین ذرات سیمان می‌گردد.



ساختار شیمیایی فوق روان کننده بتن

در شکل زیر زنجیره ملامین و روش ترکیب آن با فرمالدهید و در نهایت، پلیمری شدن را مشاهده می‌فرمایید. نتایج آزمایشات نشان می‌دهد افزایش وزن لیگنوسولفونیت‌ها سبب افزایش روانی مخلوط بتن و اندک کاهش مقاومت یک روزه بتن می‌گردد. پس بهتر است عمل‌آوری بتن تحت شرایط استاندارد صورت پذیرد تا شاهد بروز مشکل در پی گیرش بتن نباشیم. به علت وجود ترکیبات فعال این افزودنی به هنگام استفاده و اختلاط با بتن، باید از استفاده دیگر افزودنی‌ها خودداری شود؛ مگر اینکه این فرایند با نظر تخصصی کارشناسان شرکت صورت پذیرد.

روش مصرف فوق روان کننده بتن

از فوق روان کننده‌ها می‌توان به سه روش استفاده کرد:

۱. **بچینگ (محل ساخت بتن):** روشی معمول برای افزودن روان کننده‌ها است و باید با توجه به پروژه و نوع بتن مورد نیاز مورد استفاده قرار گیرد.
۲. **در محل پروژه:** برای رسیدن به روانی بیشتر، این مواد در محل پروژه و پیش از بتن‌ریزی به مخلوط بتن اضافه می‌شود.



افزودن فوق روان کننده به تراک میکسر

۳. **ترکیبی از بچینگ و محل (ریدوز):** در موارد خاص به علت تغییر روانی بتن در مسیر یا تغییر شرایط و روانی بتن، علاوه بر بچینگ، در محل نیز از مواد فوق روان کننده بتن استفاده می‌شود. این روش به دلیل ترکیب در چند مرحله و امکان تغییر در میزان افزودنی، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

لازم است از توزیع یکنواخت ماده افزودنی در مواد پایه سیمانی اطمینان حاصل شود. پس اختلاط فوق روان کننده بتن با آب مصرفی، راه‌حلی اساسی برای رسیدن به این مهم است. در صورت امکان، لازم است پنجاه درصد آب به مخلوط اضافه شده و

فوق روان کننده بتن به بقیه آب مخلوط اضافه شود. این میزان توسط شرکت‌ها بین ۰,۳ تا ۱,۴ لیتر به ازای هر ۱۰۰ کیلو گرم سیمان مصرفی است.

ایجاد بتن روان و خود تراز شونده بدون افزایش آب، بدون کاهش سیمان و در پی آن، حفظ مقاومت مورد نیاز بتن با استفاده از این مواد از اهداف استفاده از فوق روان کننده‌ها است. توصیه می‌شود این مواد، بخصوص نمونه پودری را به مخلوط خشک اضافه نکنید تا نتیجه بهتری را مشاهده بفرمایید.

بیشتر بخوانید: روش مصرف و میزان مصرف فوق روان کننده بتن



فوق روان کننده‌ی بتن

میزان مصرف فوق روان کننده بتن

لازم است آزمون‌های تعیین میزان مصرف مواد فوق روان کننده بتن، توسط شرکت ارائه‌دهنده آن بررسی شود و بر حسب درصد وزنی بتن اعلام شود. استفاده بیش از حد فوق روان کننده بتن، سبب آب انداختگی بتن می‌شود؛ زمان گیرش اولیه سیمان را حتی تا ۴۸ ساعت به تأخیر می‌اندازد و در نتیجه، کسب مقاومت فشاری مورد نیاز به تعویق می‌افتد.

در این صورت، با تبخیر آب بتن، شاهد ترک خوردگی در سطح بتن خواهیم بود. در پی این رخداد، مشکلات اجرایی فراوان، از جمله: **تغییر شکل خمیری بتن و کاهش کیفیت بتن** به وجود می‌آید.

خرید فوق روان کننده بتن

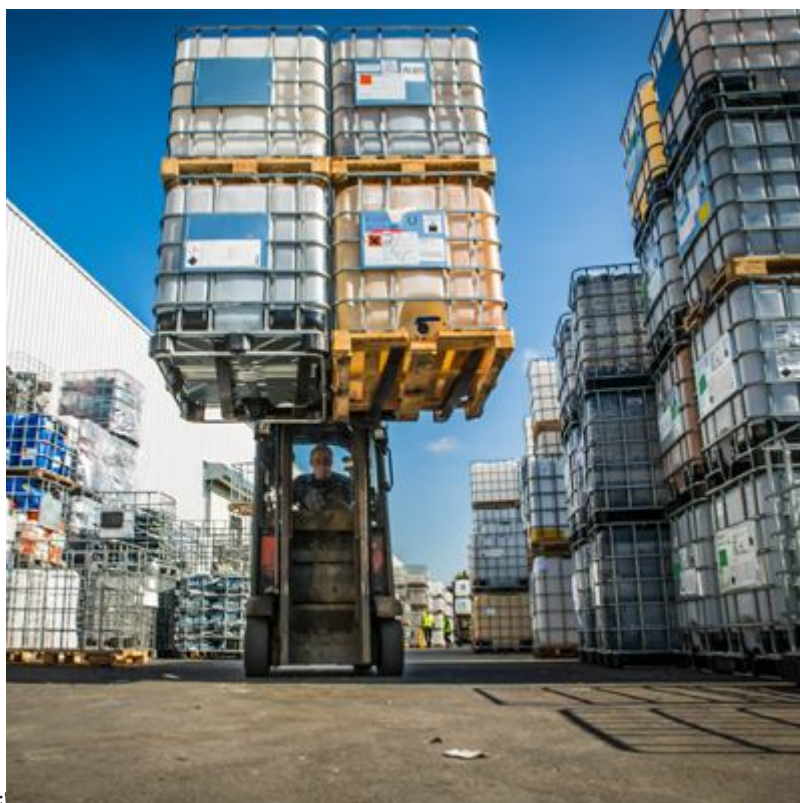
امروزه با توجه به افزایش مشغولیت‌های افراد و کمبود زمان، خریدهای اینترنتی بسیار رایج شده و با مطالعه و آگاهی از محصولات شرکت‌های مختلف، امکان تهیه ملزومات فراهم شده است. در این راستا تهیه بتن و افزودنی‌های آن نیز توسط شرکت‌ها صورت می‌پذیرد. در صورت نیاز به خرید و مشاوره تخصصی فوق روان کننده بتن، می‌توانید با کارشناسان تخصصی رامکا تماس حاصل فرمایید تا در اسرع وقت نیاز شما برطرف شود.

استانداردهای فوق روان کننده بتن

استفاده و رعایت تمامی نکات استاندارد شماره ۲۹۳۰ قسمت اول و دوم، امری لازم در زمینه استفاده از مواد افزودنی بتن است. استفاده از انواع روان کننده بتن در این استاندارد، باید مقاومت بتن را با توجه به نیاز پروژه و رسیدن به استاندارد از پیش تعیین شده تأمین کند.

در هنگام استفاده از فوق روان کننده بتن، باید از سازگاری سیمان مصرفی و ماده افزودنی با یکدیگر اطمینان حاصل شود. بررسی اسلامپ یکی از این آزمایش‌های معمول است. مقررات ملی ساختمان، محدودیتی برای اسلامپ پس از مصرف افزودنی در نظر نگرفته است، ولی ممکن است طراحان یا ناظرین پروژه، محدودیت خاصی برای آن تعریف نمایند.

بیشتر بخوانید: تفاوت روان کننده، فوق روان کننده و ابر روان کننده بتن



انبارداری فوق روان کننده بتن

انبارداری فوق روان کننده بتن

تولیدکننده متعهد لازم است به ثبت مشخصات فوق روان کننده بتن، از قبیل: نام محصول، محدوده وزن پیشنهادی مصرف به نسبت حجم بتن مصرفی، زمان تولید و تاریخ مصرف روی بسته محصول بپردازد.

این مواد باید در انبارهای سرپوشیده نگهداری شود و در معرض نور مستقیم آفتاب و رطوبت قرار نگیرد؛ چون **حفظ و نگهداری بسته بندی محصول**، همان حفاظت از ماده افزودنی است.

گذشته از این، لازم است از یخ زدگی محصول جلوگیری شود. در صورت یخ زدن، به هیچ عنوان آن را حرارت ندهید، چون محصول واکنش پذیر است و خواص خود را از دست می دهد.

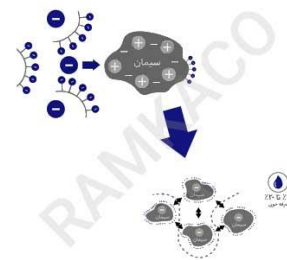
این گروه از افزودنی های بتن، به دلیل نداشتن ترکیبات مخرب مشکل زیست محیطی ندارند و در صورت تماس با دست، شست و شوی دست ها با آب و صابون کافی است.

عملکرد فوق روان کننده بتن

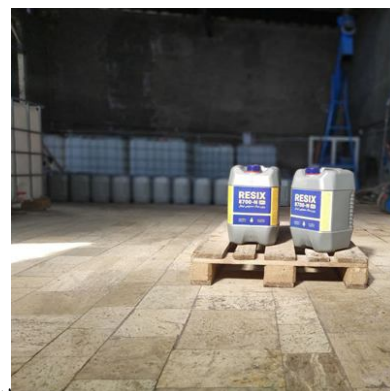
بررسی حفظ و مداومت روانی بتن و مقاومت فشاری بتن و مقدار هوای بتن تازه و زمان گیرش اولیه، در کنار بررسی کاهش میزان آب مصرفی به هنگام استفاده از مواد افزودنی بتن لازم است.

آب اضافی بتن که در واکنش با سیمان شرکت نمی کند، حدود **هفتاد درصد** آن است. این آب اضافی مقاومت بتن را پایین می آورد و این کاهش مقاومت، سبب کاهش دوام و پایداری بتن می شود.

بنابر مقررات ملی ساختمان مبحث نهم، در طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه - همان گونه که در صفحه ۵۲۲ ویرایش سال ۱۳۹۹ ذکر شده- پس از افزودن روان کننده، محدودیتی در مورد حداکثر اسلامپ وجود ندارد؛ مگر اینکه در طرح اختلاط در اجرای پروژه، استاندارد خاصی از قبل تعریف شده باشد.



اصلی ترین عملکرد انواع روان کننده‌ها باردار کردن ذرات الکترواستاتیکی سیمان است. باردار کردن ذرات الکترواستاتیکی سیمان، واکنش اصلی انواع روان کننده بتن است. استفاده از فوق روان کننده‌ها فضای میان ذرات سیمان را گسترش می‌دهد و به دلیل عبور آسان تر آب از میان ذرات سیمانی، معمولاً بین ۱۰ تا ۲۵ درصد از نیاز آبی مخلوط بتن را می‌کاهد. نشست مواد فوق روان کننده بتن روی ذرات سیمانی، موجب فرآیند واکنش شیمیایی غیر قابل برگشت می‌شود. بنا بر نتایج آزمایش تحقیقات، جذب مواد فوق روان کننده توسط سیمان‌های مختلف متفاوت است. بدین ترتیب که سیمان تیپ سه، جذب بالاتر از تیپ یک و تیپ دو دارد. هر چه سیمان نرم تر باشد، میزان جذب مواد افزودنی آن بیشتر می‌شود. این مواد پس از اضافه شدن به صورت محلول مجزا در مخلوط باقی نمی‌ماند، ولی ترکیبات کاهنده آب آن به میزان بسیار کمی در شرایط سخت اختلاط غیر قابل حل شدن در محلول آبی هستند.



بسته بندی فوق روان کننده

بسته بندی و نگهداری فوق روان کننده بتن

به طور کلی این افزودنی‌های اصلاح شده نسل اول روان سازها را در ظروف پلی اتیلنی چگال نگهداری می‌کنند؛ چرا که نگهداری آن‌ها در بسته بندی‌های فلزی امکان ایجاد واکنش شیمیایی با ظرف و در نتیجه تغییر در عملکرد ماده را خواهد داشت.

انواع فوق روان کننده بتن، کاربرد رایج تری در صنعت بتن سازی دارد و معمولاً جهت استفاده های متفاوت، مثل: ساختمان سازی عادی، پل سازی و تونل سازی از دبه های ۲۰ تا ۲۵ کیلوگرمی آن استفاده می‌شود.

منابع ±:

قهرمانی، علی، (1392)، تأثیر روان کننده‌ها و فوق روان کننده‌ها بر ویژگی‌های بتن، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری، تبریز.

پیرصاحب، هیوا و افشین، حسن، (1392)، بررسی نقش فوق روان کننده‌ها در مشخصات مکانیکی و دوام بتن و تأثیر استفاده از آن‌ها در هزینه و رفتار سازه ساختمان‌های بتنی، پنجمین کنفرانس ملی بتن ایران، تهران.

ابر روان کننده بتن چیست؟

برای آشنایی بیشتر با ابر روان کننده‌های بتن، بهتر است در بدو امر با بتن و ساختار آن آشنا شوید. بتن گونه‌ای از مصالح ساختمانی است که از آب، سیمان و سنگدانه (شن و ماسه) تشکیل شده و در ساخت ساختمان‌ها، پل‌ها، سدها، تونل‌ها و... مورد استفاده قرار می‌گیرد. موارد استفاده‌ی متنوع بتن، آن را به یکی از پرمصرف‌ترین مصالح ساختمانی تبدیل کرده است. دوام و مقاومت بتن، از جمله موضوعات مهمی است که در حوزه ساخت اهمیت زیادی دارد. میزان مواد تشکیل‌دهنده‌ی بتن و مهم‌تر از آن، نوع افزودنی‌هایی که به بتن اضافه می‌شوند، مقاومت آن را تعیین می‌کنند؛ برای مثال هنگام اضافه کردن افزودنی‌هایی مانند ابر روان کننده بتن، رعایت استانداردها و دستورالعمل‌ها اهمیت زیادی دارد.

در عصر امروز، شرکت‌های تولیدکننده و عرضه‌کننده‌ی انواع افزودنی‌های بتن وجود دارند که توضیحات کافی درباره‌ی محصولات خود ارائه می‌کنند تا بتن استاندارد، آماده و استفاده شود.

ابر روان کننده‌های بتن، مواد پلیمری هستند که بر پایه پلی کربوکسیلات اتر تولید می‌شوند و باعث افزایش روانی و کارایی بتن می‌گردند. ابر روان کننده‌ها جدیدترین نسل روان کننده‌های بتن هستند.

ابر روان کننده بتن، ماده‌ای پلیمری است که با پایه‌ی پلیمریزاسیون اکریلیک اسید تولید شده است. افزودنی ابر روان کننده، جدیدترین نوع روان کننده است. برخلاف نفتالین و ملامین فرمالدهید سولفونه که از ساختاری واحد تشکیل شده، ابر روان کننده خانواده‌ای از محصولات با ساختارهای شیمیایی متفاوت است.

مکانیزم عملکردی ابر روان کننده، کاهش آب درون بتن است. از این رو، اگر دو بتن با روانی ثابت داشته باشید، بتنی که ابر روان کننده به آن اضافه شده است، آب کمتری در بافت خود خواهد داشت.

اسلامپ بیانگر روانی بتن است. هر قدر عدد اسلامپ بالاتر باشد، بتن روان‌تر است. میزان اسلامپ را می‌توان بر اساس پیوستار عددی مشخص کرد که از صفر تا بیست متغیر است.

کار ابر روان کننده، افزایش اسلامپ است. اگر اسلامپ بتن، به خودی خود ۱۰ باشد، افزودن یک کیلوگرم ابر روان کننده می‌تواند این عدد را به ۲۰ برساند.

مکانیزم عملکردی ابر روان کننده به این صورت است که ذرات سیمان را از طریق ممانعت فضایی پراکنده می‌کند. در نسل فوق روان کننده‌ها، مکانیزم پراکندگی ذرات سیمان از طریق نیروهای دافعه‌ی الکتروستاتیکی صورت می‌گیرد، حال آنکه در ابر روان کننده بتن، هر دو مکانیزم ممانعت فضایی و دافعه‌ی الکتروستاتیکی برای پراکندگی ذرات سیمان استفاده می‌شود. در واقع، کلوخه‌های بزرگی از ذرات سیمان که از طریق میکروسکوپ قابل مشاهده‌اند، توسط ابر روان کننده‌ها باز می‌شوند.



افزودن ابر روان کننده، با ایجاد بارهای همنام، موجب دفع ذرات مجاور یکدیگر می‌شود.

ابر روان کننده‌های بتن، جذب ذرات سیمان می‌شوند و با باز کردن کلوخه‌های ایجاد شده، آب به تله افتاده در کلوخه‌ها را آزاد می‌کنند و روانی مخلوط را افزایش می‌دهند. این امر موجب می‌شود استفاده‌ی بهینه‌تری از سیمان صورت گیرد، زیرا زمانی که تمام سطح ذرات سیمان احاطه شود، واکنش‌های هیدراتاسیون به شکل مناسب‌تری انجام خواهد شد.

مکانیزم عملکردی دیگر آن، دافعه‌ی الکتروستاتیکی است. افزودن ابر روان کننده، با ایجاد بارهای همنام، موجب دفع ذرات مجاور یکدیگر می‌شود و کاری می‌کند تا دانه‌های سیمان امکان حرکت به صورت جدا از هم را داشته باشند. تأثیری که افزودنی فوق روان کننده و ابر روان کننده روی تغییر بار الکتریکی دانه‌های سیمان می‌گذارند، متفاوت است و تفاوت قدرت روانی نسل ۱ و ۲ روان کننده‌ها با توجه به این معیار تعیین می‌شود.

تفاوت دیگر فوق روان کننده‌ها با ابر روان کننده‌های بتن در میزان مصرف آنهاست. برای فهم بیشتر این موضوع، به مثال زیر توجه کنید.

در نظر بگیرید برای افزایش اسلامپ بتن از ۱۰ به ۲۰، نیاز به یک کیلوگرم ابر روان کننده بتن دارید، حال آنکه در صورت استفاده از فوق روان کننده، نیاز به دو کیلوگرم فوق روان کننده بتن خواهید داشت.

نکته‌ی مهم در میزان مصرف ابر روان کننده است، چرا که **استفاده‌ی زیاد و نامتناسب با حجم بتن، موجب آب‌انداختگی و جداسدگی بتن می‌شود** و دوام بتن را از بین خواهد برد. در بخش مصرف ابر روان کننده‌های بتن، به طور کامل به میزان مصرف صحیح ابر روان کننده‌ها پرداخته شده تا با طرح اختلاط و با فرمولی دقیق از جداسدگی بتن جلوگیری شود. ابر روان کننده‌ها با کاهش مقدار آب اختلاط بتن، مقاومت بتن را افزایش می‌دهند. این مقاومت تنها مقاومت فشاری نیست، بلکه موجب سایر انواع مقاومت، از جمله مقاومت خمشی، سایشی، مقاومت در برابر ضربه، مقاومت در برابر یون‌های مخرب و... می‌شود.

استفاده از فوق روان کننده‌ها از اوایل دهه‌ی هشتاد میلادی گسترش یافت. این افزودنی‌ها برای **افزایش اسلامپ بتن بدون افزودن آب یا کاهش آب بتن بدون کاهش اسلامپ** مورد استفاده قرار گرفتند. ابر روان کننده‌ها بر اساس استاندارد ASTM C494، تیپ F یا G یا استاندارد ASTM C1017، تیپ ۱ یا ۲ تولید می‌شوند و باید الزامات مربوط به این استانداردها را تأمین کنند.

طبق استاندارد ASTM C494، این ابر روان کننده‌ها باید بتوانند **مقدار آب مورد نیاز بتن را نسبت به نمونه شاهد در روانی ثابت، حداقل به میزان 12 درصد** کاهش دهند. این عدد در ابر روان کننده‌های پایه پلی کربوکسیلات تا ۴۰ درصد هم افزایش خواهد داشت.

بدیهی است قدرت کاهندگی آب ابر روان کننده‌ها بسیار بیشتر از فوق روان کننده‌ها و روان کننده‌ها است و در مقدار یکسان استفاده از این سه افزودنی، بتن حاوی افزودنی ابر روان کننده، روانی بسیار بیشتری خواهد داشت. **تأثیر افزودنی ابر روان کننده بر اسلامپ بتن**

به طور کلی در طرح اختلاط ثابت، افزودن ابر روان کننده باعث افزایش روانی بتن می‌شود. میزان افزایش اسلامپ بتن با توجه به نوع نیاز و کاربرد بتن متفاوت است؛ برای مثال می‌توان بتنی با روانی بالا تولید کرد که خود متراکم بوده و برای تراکم به انرژی و ویبره کمی نیاز داشته باشد. از سویی ممکن است به خاطر دانه‌بندی نامناسب نتوان بتن را بیش از حد روان کرد. پس در این حالت، از مقدار کمی ابر روان کننده استفاده نموده و روانی کمتری از بتن می‌گیریم. استفاده از بتن با اسلامپ زیاد در تولید **بتن آماده، ساخت قطعات پیش‌ساخته و همچنین بتن پیش‌تنیده** بسیار مفید است.

قابلیت حرکت یا همان قابلیت جریان بتن، بخصوص در مواردی با **تراکم آرماتور بالا و بتن‌ریزی قطعات عمیق** بسیار مفید است و تراکم بتن را آسان‌تر می‌کند. استفاده از بتن‌های روان در بتن‌ریزی دال و پی نیز نه تنها موجب افزایش قابل توجه سرعت بتن‌ریزی شده، بلکه باعث کاهش هزینه ناشی از ویبره، نیروی انسانی و... می‌شود. حال در این بخش، به بررسی روان کننده‌های بتن و انواع آن خواهیم پرداخت.

روان کننده‌های بتن

بدیهی است که روان کننده‌ها، بتن را روان می‌کنند و تغییری در مقاومت بتن ایجاد نمی‌کنند. در صورتی که مقاومت بتن، مسأله‌ی مهمی است و هر قدر آب درون بتن کمتر باشد، مقاومت آن بیشتر می‌شود. البته بسیار مهم است به این موضوع توجه شود که آب کم درون بتن، باعث خشکی آن می‌شود و استفاده از آن را سخت می‌کند. بنابراین سؤال مهمی که مطرح می‌شود این است که میزان آب درون بتن چقدر باید باشد تا در عین آسانی استفاده از آن، مقاوم هم باشد؟

پاسخ این است که بتن بایستی سیال لزجی باشد که همانند عسل غلیظ است. برای دستیابی به چنین بتنی، نیاز به روان کننده بتن وجود دارد تا در عین اینکه از آب کمتری استفاده شود، بتن روان‌تری حاصل گردد.

انواع روان کننده‌های بتن

روان کننده‌های بتن در سه نسل عرضه شده‌اند که عبارتند از:

- نسل روان کننده یا پلاستی سائزر که قدرت روان کنندگی معمولی دارند.
- نسل فوق روان کننده که قدرت بالاتری نسبت به روان کننده دارند.
- نسل ابر روان کننده.

تفاوت این سه نسل روان کننده (تفاوت روان کننده بتن و فوق روان کننده بتن و ابر روان کننده بتن) در ساختار شیمیایی آنهاست. تغییر در ساختار شیمیایی روان کننده‌ها، در قدرت آنها تغییر ایجاد می‌کند. روان کننده‌ی نسل اول با پایه‌ی لیگنوسولفونات کلسیم است. نسل دوم یا همان فوق روان کننده‌ها با پایه‌ی نفتالین فرمالدهید و ملامین است و ابر روان کننده‌های بتن یا همان نسل سوم، بر پایه‌ی پلی کربکسیلات یا پلی کربکسیلات اتر است. برای آنکه تفاوت نسل‌های متفاوت روان کننده‌ها مشخص شود، ابتدا به توضیح هر نسل از روان کننده‌های بتن می‌پردازیم.

بیشتر بخوانید: راهنمای خرید انواع روان کننده بتن



فوق روان کننده‌ها باعث کاهش سه یا چهار برابری آب در بتن می‌شوند.

روان کننده‌ها

افزودنی‌هایی که به عنوان روان کننده به بتن اضافه می‌شوند، اگر با پایه‌ی لیگنوسولفات باشند، به عنوان افزودنی‌های کاهنده‌ی آب محسوب می‌شوند. بدین ترتیب، اگر از مقادیر معمول این افزودنی استفاده شود، ۶ تا ۱۰٪ اختلاط را کاهش می‌دهد. اگر بیش از مقادیر معمول استفاده شود، موجب تأخیر در زمان گیرش شده و حباب هوا ایجاد می‌کند و همین موضوع باعث می‌شود که نتوان از آن به عنوان فوق روان کننده استفاده کرد.

فوق روان کننده‌ها

فوق روان کننده‌ها به کاهنده‌های قوی آب معروف هستند. قدرت سه یا چهار برابری کاهش آب در بتن توسط فوق روان کننده‌ها، باعث شده که از آنها به عنوان کاهنده‌های قوی آب یاد شود. از ۱۹۷۰ تا کنون، فوق روان کننده‌ها در صنعت ساختمان‌سازی جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده‌اند.

مواد تشکیل‌دهنده‌ی آنها ترسازهای آنیونی زنجیر بلند با تعداد زیادی از گروه‌های قطبی در زنجیر هیدروکربنی هستند که وزن مولکولی زیاد ۲۰/۰۰۰ تا ۳۰/۰۰۰ دارند. با جذب فوق روان کننده‌ها در ذرات سیمان، بار منفی قوی توسط ترساز ایجاد می‌شود که کشش سطحی آب اطراف را کاهش می‌دهد و به مقدار زیادی موجب افزایش روانی سیستم می‌شود. اگر قرار باشد مقایسه‌ای بین مواد افزودنی کاهنده‌ی آب معمولی با فوق روان کننده‌ها صورت گیرد، باید گفت مواد فوق روان کننده را می‌توان تا ۱ درصد وزن سیمان با روانی ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر اسلامپ (روانی) به مخلوط‌های بتنی اضافه کرد، بدون آنکه نگران آب انداختن یا تأخیر بیش از اندازه در گیرش آن بود.

احتمالاً اندازه‌ی کلوییدی ذرات زنجیر بلند مخلوط است که کانال‌های جریان آب را مسدود کرده و از آب انداختگی در بتن جلوگیری می‌کند. بر همین اساس، ویژگی بتن‌هایی که دارای فوق روان کننده هستند آن است که جداسدگی در آنها اتفاق نمی‌افتد. هنگامی که پراکندگی ذرات سیمان در آب به نحوی عالی ایجاد شود، موجب تسریع هیدراتاسیون می‌شود و در نتیجه، به ندرت شاهد کندگیری در بتن‌هایی که حاوی فوق روان کننده هستند، خواهید بود. به طور معمول، سرعت در گیرش و سخت‌شدگی در این نوع بتن‌ها وجود دارد. نسل اول فوق روان کننده‌ها شهرت آنچنانی ندارند، زیرا روانی یا اسلامپ خود را به سرعت از دست می‌دهند.

از دیگر ویژگی‌های فوق روان کننده‌ها، درصد کاهش آب در بتن است. درصد کاهش آب در فوق روان کننده‌ها ۲۰ تا ۲۵ درصد است، در حالی که این میزان در روان کننده‌های معمولی ۵ تا ۱۰ درصد است. فوق روان کننده‌ها به دلیل بهبود خواص مکانیکی بتن، از جمله افزایش مقاومت فشاری و مقاومت خمشی، توجه طرفداران زیادی را در صنعت ساختمان به خود جلب کرده است؛ بخصوص در صنعت بتن پیش ساخته که نیاز به مقاومت‌های اولیه‌ی زیادی برای گردش کار سریع‌تر قالب‌ها وجود دارد. در نظر داشته باشید استفاده از فوق روان کننده‌ها در بتن، مقاومت‌های فشاری زیادتری را نسبت به سایر بتن‌ها با همان نسبت آب نشان می‌دهد.



مکانیزم عملکردی ممانعت فضایی باعث تفاوت عملکرد ابر روان کننده‌ها

می‌شود.

ابر روان کننده‌ها

از آنجا که مشکلاتی از قبیل افت اسلامپ نسبت به حالت معمول در فوق روان کننده‌ها و همچنین نیاز به اضافه کردن مجدد افزودنی پای کار وجود داشت، محدودیت استفاده از فوق روان کننده‌ها ایجاد شد و پس از تحقیق و توسعه، محصول جدیدی تحت عنوان ابر روان کننده بتن معرفی شد که با حفظ کارایی طولانی، با توجه به طرح اختلاط و شرایط محیطی بتواند کارایی بتن را بیش از دو ساعت حفظ کند.

ابر روان کننده‌ها قادر هستند برای مدت زمان بیشتری کارایی بتن را حفظ کنند، زیرا مکانیزم عملکردی ممانعت فضایی که در ادامه بیان شده، باعث تفاوت عملکرد ابر روان کننده‌ها می‌شود.

در ادامه توضیحات بیشتری از انواع ابر روان کننده‌های بتن و مزایای آنها ارائه خواهد شد.

انواع ابر روان کننده بتن

در طول فرآیند پولاریزاسیون ابر روان کننده بتن، دو نوع ابر روان کننده ایجاد می‌شود که عبارتند از:

۱. کاهنده‌ی آب

۲. حافظ اسلامپی

نوع سومی که به بازار عرضه شده است، ترکیبی از این دو قابلیت است که کاهندگی آب در کنار حفظ اسلامپ را دارد. برای آنکه تفاوت دو نوع ابر روان کننده مشخص شود، توضیحات کامل آنها ارائه شده است. ابر روان کننده کاهنده‌ی آب به مقدار زیادی آب درون بتن را کاهش می‌دهد، ولیکن روانی ایجاد شده را به مدت طولانی نگه نمی‌دارد و پس از گذشت ۳۰ دقیقه، بتن مجدداً سفت می‌شود.

تمرکز این نوع ابر روان کننده روی کاهندگی آب است و حفظ روانی بتن در درجه‌ی دوم اهمیت قرار دارد. از این رو این نوع ابر روان کننده برای زمان‌هایی کاربرد دارد که مکان بتن‌ریزی نزدیک باشد و نیاز به حمل بتن توسط تراک میکسر وجود نداشته باشد.

ابر روان کننده‌های کاهنده‌ی آب به دو صورت مصرف می‌شوند:

۱. در کارخانه، تولید و همانجا بتن‌ریزی انجام می‌شود؛ یعنی طی مدت زمان کوتاهی، بتن ریخته می‌شود و قابل استفاده است.

۲. مقداری از ابر روان کننده در خط تولید بتن استفاده می‌شود و مقداری از آن در مکانی که قرار است بتن مورد استفاده قرار گیرد، اضافه می‌شود که به آن ریدوز گفته می‌شود. ریدوز باعث می‌شود بتنی که سفت شده است، مجدد روان شود. برای مثال اگر قرار باشد یک کیلوگرم ابر روان کننده پالادیوم که متناسب با ریدوز کردن فرموله شده است استفاده شود، نیم کیلوگرم از آن در خط تولید بتن و نیم کیلوگرم از آن در هنگام بتن‌ریزی اضافه می‌شود.

نوع دوم ابر روان کننده، به ابر روان کننده حافظ سلامپی معروف است. این نوع ابر روان کننده بتن قادر است اسلامپ را تا یک ساعت حفظ کند. برای مثال اگر شما با استفاده از ابر روان کننده، اسلامپ بتن را از ۱۰ به ۲۰ برسانید، پس از گذشت یک ساعت، اسلامپ تا عدد ۱۸ کاهش پیدا می‌کند، اما هنوز کارایی و روانی دارد و قابل استفاده است. این نوع ابر روان کننده، مقدار کاهندگی آب کمی دارد. به همین علت، هنگام افزودن یک کیلوگرم ابر روان کننده کاهنده‌ی آب به یک کیلومتر مربع بتن برای افزایش اسلامپ از عدد ۱۰ به ۲۰، بایستی ۱/۲ ابر روان کننده حافظ سلامپی را اضافه کنید تا به این عدد دست یابید.



بر روان کننده‌ی حافظ سلامپی در فصل تابستان کاربرد خوبی از خود به نمایش

می‌گذارد.

به عبارت دیگر، این دو نوع ابر روان کننده مکمل یکدیگر هستند. نوع اول، قدرت کاهندگی و روان‌کنندگی خوبی دارد، ولی قادر به حفظ روانی در مدت زمان طولانی نیست، حال آنکه ابر روان کننده حافظ سلامپی، می‌تواند روانی را به مدت طولانی‌تری نگه دارد.

اگر قرار باشد بتن در کارخانه ساخته شود و سپس با تراک میکسر حمل شده و به محل پروژه برسد، باید از ابر روان کننده حافظ سلامپی استفاده شود تا هنگام بتن‌ریزی، روانی آن از دست نرفته باشد.

ابر روان کننده‌های زنون، کوانتوم و پالادیوم، در دسته‌ی اول ابر روان کننده بتن، یعنی ابر روان کننده کاهنده‌ی آب قرار می‌گیرند و ابر روان کننده رادون، ابر روان کننده حافظ سلامپی است که در فصل تابستان کاربرد دارد. از آنجا که هر چه هوا گرم‌تر شود، بتن زودتر سفت می‌شود، ابر روان کننده‌های حافظ سلامپی می‌توانند در هوای گرم استفاده شده و کاربرد خوبی از خود به نمایش بگذارند.

ابر روان کننده‌ی زنون قابلیت هر دو نوع ابر روان کننده را در خود دارد؛ یعنی هم کاهنده‌ی آب خوبی است و هم حافظ سلامپی است. گرچه تمرکز ابر روان کننده‌ی زنون روی کاهندگی آب است، ولیکن اسلامپ بتن را حفظ می‌کند و می‌تواند به عنوان یک ابر روان کننده‌ی کاربردی استفاده شود.

مزایای ابر روان کننده

ابر روان کننده‌های بتن مزایای بسیاری دارند که از جمله آن می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- قدرت بالا و میزان مصرف کمی دارند. اگر مقدار ابر روان کننده‌ای که قرار است اضافه شود کم باشد، حمل آن آسان‌تر است و به راحتی می‌تواند به بتن اضافه شود. حال آنکه اگر از فوق روان کننده‌ها استفاده شود، مقدار بیشتری باید مورد استفاده قرار گیرد که علاوه بر قدرت کم، حمل آن سخت است.
- مزیت دیگر ابر روان کننده آن است که مقاومت ۳ روزه و ۷ روزه ایجاد می‌کند. بتنی که حاوی ابر روان کننده است، مقاومت فشاری ۳ روزه و ۷ روزه بالاتری دارد.
- کاهش میزان استفاده از سیمان از دیگر مزایای ابر روان کننده‌ها است. استفاده‌ی زیاد از سیمان، علاوه بر آنکه از نظر هزینه‌ای مقرون به صرفه نیست، بلکه با ویژگی حرارت‌زایی که دارد، موجب ایجاد ترک در بتن خواهد شد.
- از دیگر مزایای استفاده از ابر روان کننده‌ها این است که دانه‌بندی و سنگدانه‌های نامناسب و کاهش مقاومت ناشی از دانه‌بندی نامناسب را می‌توان با ابر روان کننده جبران کرد.
- ابر روان کننده، انسجام و قوام زیادی به بتن می‌دهد، گرانروی بتن را افزایش داده و پمپ‌پذیری آن را تسهیل می‌کند. قابلیت پمپ‌پذیری آسان زمانی اهمیت پیدا می‌کند که مسیر پمپ طولانی باشد.
- بتن حاوی ابر روان کننده، بهتر در قالب متراکم می‌شود. از طرفی بعضی قالب‌ها نازک و با تراکم بالای آرماتور و میلگرد هستند و ابر روان کننده، کمک خواهد کرد بتن راحت‌تر از بین میلگردهای متراکم عبور کند.
- از دیگر مزایای ابر روان کننده‌ها، افزایش دوام بتن و انواع مقاومت در بتن است. همچنین از پدیده‌ی جمع‌شدگی بتن جلوگیری می‌کند.
- استفاده از ابر روان کننده‌ها، باعث کاهش یا حتی حذف هزینه‌های ناشی از ویبره‌ی بتن در پروژه‌های بتن‌ریزی می‌شوند و دیگر هزینه‌هایی مثل اجاره‌ی دستگاه ویبره و هزینه‌ی سوخت به وجود نخواهد آمد و یا کمتر خواهد شد.



عبور بتن حاوی ابر روان کننده از بین میلگردها

کاربردهای ابر روان کننده بتن

- کاربردهای ابر روان کننده بتن متعدد است و در ادامه به انواع کاربرد آن پرداخته خواهد شد.
- زمانی که نیاز به روانی بسیار بالای بتن وجود دارد و بایستی میزان آب به سیمان در بتن کاهش یابد، پای ابر روان کننده به میان می‌آید.
- هنگام ساخت بتن‌های پیش‌ساخته‌ای که باید از طریق ویبره و میز ویبره در قالب جای‌گذاری شوند، می‌توان از ابر روان کننده‌ها استفاده کرد. از جمله قطعات پیش‌ساخته، می‌توان به دیوارهای پیش‌ساخته‌ی بتنی، داکت‌های پیش‌ساخته‌ی بتنی، موزاییک‌ها و سمنت پلاست‌ها اشاره کرد. کمک بزرگی که ابر روان کننده‌ها در ساخت بتن‌های پیش‌ساخته می‌کنند آن است که قالب‌ها را به خوبی پر می‌کنند.
- هنگامی که مقاطع پُر آرماتور هستند و به دلیل تنیدگی و فشردگی، بتن به راحتی عبور نمی‌کند، ابر روان کننده به راحتی بتن را از مقاطع عبور می‌دهد و قالب را پر می‌کند.

- ابر روان کننده بتن زمانی کاربرد دارد که به بتن با دوام نیاز است و باید با کاهش نسبت آب به سیمان، دوام بتن افزایش یابد. در سازه‌هایی مانند پارکینگ و پل‌ها که نیاز به تراکم و مقاومت و دوام دارند، حتماً باید از ابرروان کننده استفاده شود.
 - در مواقعی که درجه‌ی حرارت هوا بالاست و هوا گرم است، بتن حجیم قابل استفاده نیست و به دلیل حرارت‌زایی سیمان نمی‌توان از سیمان زیاد استفاده کرد، باید میزان سیمان کاهش یابد و از ابر روان کننده استفاده شود تا حرارت‌زایی سیمان باعث ایجاد ترک روی بتن نشود. به عبارت دیگر با استفاده از ابر روان کننده و کاهش سیمان، مشکلات ناشی از حرارت هیدراتاسیون سیمان کاهش داده می‌شود، ولی بتن مقاومتی برابر با همان مقدار سیمان اولیه را دارد.
 - از دیگر کاربردهای ابر روان کننده بتن آن است که زمانی که پای پروژه بتن سفت تحویل گرفته می‌شود، می‌توان با افزودن ابر روان کننده به تراک میکسر، بتن را روان کرد و ۵ کیلوگرم ابر روان کننده به راحتی قادر است بتن درون تراک میکسر ۶ متری را روان کرده و با افزایش اسلامپ بتن، آن را قابل استفاده کند.
 - بتن‌های پر مقاومت حتماً نیاز به ابر روان کننده دارند. هر اندازه که سیمان بتن اضافه شود، بیش از ۳۰ مگاپاسکال بر مقاومت بتن افزوده نمی‌شود، حال آنکه استفاده از ابر روان کننده، مقاومت بتن را به ۳۵ الی ۶۰ مگاپاسکال می‌رساند.
 - ابر روان کننده بتن در بتن‌های اکسپوز یا تزئینی کاربرد دارد؛ برای مثال بتن‌های حرم حضرت معصومه (سلام الله علیها)، از نوع بتن‌های اکسپوز سفید است که در واقع بتن‌های خودمتراکمی هستند که درون آنها حتماً از ابر روان کننده استفاده شده است. بتن‌های خودمتراکم، بتن‌هایی هستند که وقتی درون قالب ریخته می‌شوند، نیاز به ویبره یا ضربه زدن به قالب وجود ندارد.
- سؤالی که ممکن است ایجاد شود آن است که چرا از روان کننده‌ها یا فوق روان کننده‌ها استفاده نمی‌شود؟ پاسخ به مکانیزم عملکردی ابر روان کننده بتن بر می‌گردد؛ زیرا خاصیت ایجاد ممانعت فضایی، نوعی روانی در بتن ایجاد می‌کند که باعث حرکت و پراکندگی آن می‌شود و در بتن‌های خودمتراکم فقط نوع ابر روان کننده کاربرد دارد.



در صورت استفاده از ابر روان کننده بر روی بتن سخت، مقاومت بتن

حدود ۳۰ تا ۴۰٪ افزایش می‌یابد.

خواص و اثرات ابر روان کننده

اثرات روان کننده بتن به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

- تأثیراتی که ابر روان کننده روی بتن تازه دارد.
- تأثیراتی که ابر روان کننده روی بتن سخت شده دارد.

تأثیرات ابر روان کننده روی بتن تازه آن است که اسلامپ بتن را افزایش می‌دهد و باعث روانی آن می‌شود. از سوی دیگر باعث کاهش آب مصرفی می‌شود و میزان آب به سیمان را کاهش می‌دهد. تأثیرات جانبی حاصل از این عملکرد ابر روان کننده

این است که پمپ‌پذیری بتن را تسهیل می‌کند. در نتیجه، کارایی بتن افزایش می‌یابد و استفاده از آن به آسانی امکان‌پذیر می‌شود.

تأثیرات ابر روان کننده بتن روی بتن سخت شده بر مقاومت آن تأثیر می‌گذارد، به نحوی که مقاومت را ۳۰ تا ۴۰٪ افزایش می‌دهد. این مقاومت در ابعاد مختلف، از جمله مقاومت خمشی بتن که تابعی از مقاومت فشاری است، مقاومت سایشی بتن و مقاومت در برابر ضربه ایجاد می‌شود. مقاومت سنین اولیه‌ی بتن افزایش می‌یابد.

همچنین بتن را در برابر آب و یون‌های مخرب نفوذپذیر می‌کند و کاری می‌کند تا پایایی بتن در برابر چرخه‌ی ذوب و یخ افزایش یابد.

کاهش سیمان و بالطبع آن کاهش حرارت‌زایی سیمان، از دیگر خواص ابر روان کننده است که پیش از این شرح داده شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی ابر روان کننده بتن

ابر روان کننده بتن، مایعی غلیظ و بی‌رنگ است. منظور از شفاف بودن ابر روان کننده، عبور نور از آن است و در زبان انگلیسی به وایت ترنسپرننت معروف است. پایه‌ی شیمیایی ابر روان کننده‌ها، پلی‌کربکسیلات اتر است. یون کلر به هیچ وجه در ابر روان کننده به کار نرفته است، زیرا وجود یون کلر درون افزودنی‌های بتن بسیار مضر است و بتن و آرماتور بتن را خراب خواهد کرد. در صورت استفاده از میلگرد یا فلز داخل بتن، وجود یون کلر در ابر روان کننده می‌تواند باعث خرابی فلز شود. ساختار شیمیایی ابر روان کننده در جدول زیر ارائه شده است:

میزان افزایش هوا	و مطابق با استاندارد
دمای انجماد	جه
مقدار pH	ر معمول ۳ تا ۷
وزن مخصوص و چگالی	۱/۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب



اندازه گیری مشخصات فیزیکی ابر روان کننده بتن

روش مصرف ابر روان کننده بتن

ابر روان کننده به دو صورت استفاده می‌شود:

- هنگام بچینگ و خط تولید بتن
- محل استفاده از بتن

بهترین زمان افزودن ابر روان کننده بتن، زمانی است که سیمان اضافه شده است. ابر روان کننده با سیمان واکنش می‌دهد؛ به همین دلیل بعد از افزودن سیمان بایستی اضافه شود. در صورتی که بعد از سنگدانه (شن و ماسه) اضافه شود، ابر روان کننده جذب سنگدانه‌ها می‌شود و خاصیتی نخواهد داشت.

قرار نیست ابر روان کننده با سنگدانه‌ها واکنش دهد. بنابراین بهترین زمان افزودن ابر روان کننده زمانی است که سیمان داخل میکسر ریخته شده باشد.

نکته‌ی مهم در مصرف ابر روان کننده بتن این است که آن را با بخشی از آبی که قرار است در بتن استفاده شود، رقیق کرد. این کار باعث می‌شود ابر روان کننده به خوبی پراکنده شود و بهتر به ذرات سیمان بچسبد و در نتیجه عملکرد بهتری داشته باشد.

ترتیب اختلاط یا اضافه کردن مواد به شرح زیر است:

- در ابتدا سنگدانه (شن و ماسه) ریخته می‌شود.
- سپس مقداری آب ریخته می‌شود تا جذب شن و ماسه شود.
- پس از آن، سیمان ریخته می‌شود.
- مقداری از آب با ابر روان کننده مخلوط گشته و ابر روان کننده رقیق شده در این مرحله اضافه می‌شود.
- در صورت نیاز به رقیق‌تر شدن، آب باقی مانده اضافه می‌شود.

حالت دوم مصرف ابر روان کننده بتن، زمانی است که بتن پای کار استفاده شود. بتن تحویل گرفته شده سفت است، از میکسر خارج نمی‌شود، قابل میکس شدن نیست و در نتیجه نیاز به ابر روان کننده را ضروری می‌کند. در حالت دوم، بایستی ابتدا اسلامپ بتن اندازه گرفته شود. برای مثال اسلامپ ۵، بیانگر آن است که بتن سفت است و نمی‌توان از آن استفاده کرد.

بیشتر بخوانید: راهنمای استفاده از ابر روان کننده

اندازه‌گیری اسلامپ بتن، به دو روش انجام می‌شود. روش اول که نیازمند مهارت فرد اندازه گیرنده است، به طور چشمی تخمین زده می‌شود و روش دوم، آزمایش اسلامپ است.

سنجش اسلامپ اولیه، چنانچه بر اساس تجربه یا نظر کارشناس تخمین زده شود، مشخص می‌کند چه میزان ابر روان کننده لازم است که بتن از هم نپاشد. برای مثال ابر روان کننده پالادیوم، ابر روان کننده پای کاری است و اگر بتن با اسلامپ ۵ پای کار برسد، با افزودن یک کیلوگرم ابر روان کننده پالادیوم به ازای هر متر مکعب بتن، اسلامپ بتن ۱۰ واحد افزایش می‌یابد و به ۱۵ می‌رسد.

نکته‌ی مهم هنگام استفاده از ابر روان کننده پای پروژه این است که وقتی ابر روان کننده از بالا به تراک میکسر اضافه می‌شود، پرهایی که ابر روان کننده روی آن ریخته می‌شود با شلنگ فشار قوی شست‌وشو شود تا ذره‌ای از ابر روان کننده روی پرها باقی نماند.

نکته‌ی مهم دیگر آن است که از راننده خواسته شود، بتن را به سر میکسر انتقال دهد و ابر روان کننده مستقیم روی بتن ریخته شود تا به پرها نچسبد و پرتی آن به حداقل برسد.



بسته به میزان کیفیت ابر روان کننده، میزان مصرف آن در بتن از ۰/۱ درصد وزن

سیمان تا ۱/۲ درصد وزن سیمان متغیر است.

میزان مصرف ابر روان کننده

میزان مصرف ابر روان کننده بتن از ۰/۱ درصد وزن سیمان تا ۱/۲ درصد وزن سیمان متغیر است و به کیفیت ابر روان کننده بستگی دارد. میزان مصرف افزودنی‌های بتن، درصدی از وزن سیمان است. اگر صد کیلوگرم سیمان در بتن استفاده می‌شود، می‌توان از ۱۰۰ گرم تا ۱۲۰۰ گرم ابر روان کننده داخل آن استفاده نمود.

چرا میزان مصرف ابر روان کننده بتن مهم است و کمتر یا بیشتر از مقدار تعیین شده نباید باشد؟

کمتر از مقدار لازم، تأثیری در روانی بتن ندارد و استفاده‌ی بیش از حد، موجب بروز دو مشکل خواهد شد که عبارتند از:

- میزان حباب هوای زیادی را داخل بتن ایجاد می‌کند. به طور کلی ابر روان کننده‌ها، حباب هوا ایجاد می‌کنند. حباب هوایی که ناخواسته باعث کاهش مقاومت بتن می‌شود. اگر ابر روان کننده بیشتر از ۱/۲ درصد اضافه شود، باعث ایجاد حباب هوای خیلی زیاد می‌شود و کاهش مقاومت داخل بتن محسوس خواهد بود.
- جداسدگی و آب انداختگی در بتن را ایجاد می‌کند. به طور معمول شرکت‌های تولیدکننده‌ی بتن بازه‌ی میزان مصرف ابر روان کننده را مشخص می‌کنند تا از آوردن بتن جلوگیری کنند. این بازه، ۰/۱ تا ۰/۱٪ وزن سیمان است و بهتر است برای تعیین میزان مصرف ابر روان کننده بتن، به توصیه‌ی شرکت تولیدکننده عمل شود.

سؤالی که درباره‌ی میزان مصرف ابر روان کننده وجود دارد این است که مصرف کننده از چه طریقی متوجه شود چند

درصد از وزن سیمان را ابر روان کننده استفاده کند؟

پاسخ آن است که مصرف کننده با توجه به نیازی که دارد، میزان روان کننده را مشخص کند. اگر مصرف کننده به دنبال روانی زیاد نیست و می‌خواهد ۳ واحد اسلامپ را افزایش دهد، نیازی نیست یک درصد وزن سیمان، ابر روان کننده استفاده کند و با همان ۰/۱ درصد وزن سیمان، مشکل خود را حل خواهد کرد. ولی در بتن‌های خودمترکم نیاز است از ابر روان کننده بیشتری استفاده شود تا اسلامپ افزایش یابد و در اینجا باید بالاتر از ۰/۶ الی ۰/۷ درصد وزن سیمان استفاده شود، زیرا با ۰/۱ درصد وزن سیمان، بتن خودمترکم شکل نمی‌گیرد. نوع پروژه و کاربرد بتن، میزان مصرف ابر روان کننده بتن را مشخص خواهد کرد.

قیمت ابر روان کننده بتن

قیمت ابر روان کننده در مقایسه با روان کننده و فوق روان کننده‌ها بالاتر است، ولی موضوع مهم آن است که میزان دوز مصرف آن هم کمتر است. قیمت آن بر مبنای فرمولاسیون شرکت‌های تولید کننده تعیین می‌شود. قیمت‌های ابر روان کننده با کیفیت آن رابطه‌ی مستقیم دارد و کیفیت ابر روان کننده، تعیین کننده‌ی قیمت آن خواهد بود. توصیه می‌شود قبل از خرید ابر روان کننده، قیمت‌های مختلف بررسی شود، نمونه‌های مختلف از تولیدکننده‌های مختلف گرفته شود و پس از انجام تست و محاسبه‌ی قیمت تمام شده برای بتن، تصمیم به خرید ابر روان کننده گرفته شود. برای مثال اگر ابر روان کننده بتن با قیمت پایین خریداری شود، ولیکن به دلیل پایین بودن کیفیت مجبور به استفاده از میزان بیشتری از ابر روان کننده باشد، بهتر است ابر روان کننده‌ای با قیمت مناسب‌تر خریداری شود تا کارایی بهتری داشته باشد.

استانداردهای ابر روان کننده

استانداردهای مختلفی برای ابر روان کننده بتن وجود دارد که یکی از آنها استاندارد ایران است که به نام ایزیری ۲۹۰۱ معروف است. استانداردهای ASTM C494 و EN 934-2، برای افزودنی‌های بتن به کار می‌رود و الزامات آن متفاوت است. برای مثال درصد هوای بتن در استاندارد EN 934-2 کنترل و بیان می‌شود، حال آنکه در استاندارد ASTM ضریب دوام نسبی، جمع‌شدگی و مقاومت خمشی نیز محاسبه و کنترل می‌شود. استاندارد ACI، مربوط به انجمن بتن آمریکا است که شماره‌ی آن ۲۱۲ است و الزاماتی را برای ابر روان کننده‌های بتن تعیین کرده است.

استانداردهایی که نام برده شد در رابطه با ابر روان کننده بتن، قابل استناد هستند و ابر روان کننده‌های بتن باید طبق این استانداردها و بر مبنای این استانداردها تولید شوند.



مهم‌ترین ویژگی ابر روان کننده، توانایی این افزودنی در پراکنده کردن ذرات

سیمان و روانی بتن است.

انبارداری ابر روان کننده‌ها

ابر روان کننده‌های بتن معمولاً در گالن نگهداری می‌شوند و بایستی طوری انبار شوند که گالن‌ها آسیب نبینند و نشتی پیدا نکنند. گالن‌های حاوی ابر روان کننده نباید زیر نور مستقیم خورشید نگهداری شود، زیرا ممکن است آسیب ببینند و نشتی پیدا کند.

فضای نگهداری گالن‌ها نباید خیلی سرد یا خیلی گرم باشد و معمولاً دمای بین ۱۰ تا ۳۰ درجه می‌تواند برای نگهداری ابر روان کننده مناسب باشد. تاریخ انقضای ابر روان کننده بتن، یکسال پس از تولید است. البته لازم به ذکر است پس از گذشت یکسال فاسد نمی‌شود، بلکه کیفیت آن افت خواهد کرد و نیاز به دوز مصرف بالاتری برای کارایی بهتر را دارد. چنانچه یکسال از انقضای آن گذشته است، بایستی حباب‌زایی آن بررسی شود تا مطمئن شد حباب‌ها، آسیبی به بتن وارد نمی‌کند و درصد هوای غیرمجاز را وارد بتن نکند.

عملکرد ابر روان کننده بتن

مهم‌ترین ویژگی ابر روان کننده، توانایی این افزودنی در پراکنده کردن ذرات سیمان و در نتیجه روان کردن بتن است. وقتی کلوخه‌های سیمان تشکیل می‌شود، آب درون کلوخه‌های سیمان به تله می‌افتد و باعث می‌شود کارایی و اسلامپ بتن کاهش یابد. ولی وقتی دانه‌های سیمان از هم جدا شوند، باعث ایجاد روانی در بتن می‌شود.

عملکرد اصلی ابر روان کننده بتن هم این است که دانه‌های سیمان را از هم جدا می‌کند و باعث می‌شود دانه‌های سیمان، کلوخه نشوند و آب در داخل آنها به تله نیفتد.

عملکرد ابر روان کننده به دو بخش تقسیم می‌شود:

ایجاد دافعه الکترواستاتیکی

زمانی که ذرات پلیمری ابر روان کننده به سیمان متصل می‌شود، شاخه‌های پلیمری دارای بارهای منفی هستند و این بارهای منفی دور تا دور دانه‌های سیمان را احاطه می‌کنند. وقتی دور تا دور دانه‌های سیمان احاطه و دارای بار منفی شد، تمام ذرات سیمان از بیرون دارای بار منفی هستند و باعث می‌شود ذرات سیمان که دارای بار منفی هستند از یکدیگر فرار کنند. بارهای همنام همیشه یکدیگر را دفع می‌کنند. این دفع شدن باعث می‌شود که ذرات سیمان از یکدیگر باز شوند و در بتن روانی ایجاد شود.

میزان بار منفی که داخل ذرات سیمان ایجاد می‌شود را پتانسیل زتا می‌نامند. پتانسیل زتا تعیین خواهد کرد چه میزان

بار منفی دور تا دور ذرات سیمان ایجاد شده است.

ایجاد ممانعت فضایی

ممانعت فضایی در عملکرد ابر روان کننده‌ها، مکانیزم اصلی محسوب می‌شود و این مکانیزم در روان کننده‌ها و فوق روان کننده‌ها وجود ندارد. گروه‌های مولکولی پلی اتری طولیل به سمت خارج دانه‌های سیمان جهت‌گیری می‌کنند و از لحاظ فیزیکی از نزدیک شدن ذرات سیمان مجاور به یکدیگر ممانعت می‌کنند. از این رو، دانه‌های سیمان از یکدیگر جدا می‌شوند و به راحتی به یکدیگر نزدیک نخواهند شد و در نتیجه روانی بتن حاصل می‌شود.

بسته‌بندی و نگهداری ابر روان کننده

ابر روان کننده معمولاً در گالن‌های **20 یا ۲۲ کیلوگرمی** بسته‌بندی می‌شود. بشکه‌های ۲۰۰ یا ۲۲۰ کیلوگرمی و مخازن ۱۰۰۰ و ۱۱۰۰ کیلوگرمی ابر روان کننده بتن وجود دارد که به آنها مخازن IBC می‌گویند. **ابر روان کننده آتش‌زا نیست**، ولیکن نگهداری آن شرایطی دارد که در ادامه به آن اشاره خواهد شد:

- به تاریخ انقضای ابر روان کننده‌ها توجه شود؛ تاریخ انقضا معمولاً یک سال پس از تولید است.
- ابر روان کننده باید در ظرف دربسته به دور از نور مستقیم خورشید نگهداری شود.
- در دمای منفی سه درجه و پایین‌تر قرار نگیرد، زیرا احتمال یخ‌زدگی وجود دارد.
- در دمای ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شود.
- از تماس ابر روان کننده با پوست و چشم‌ها خودداری شود. در صورت برخورد آن با پوست یا چشم، لازم است فوراً با آب شسته شود.

ابر روان کننده بر پایه پلی کربوکسیلات اتر و افزودنی مایعی است که به بتن اضافه می‌شود. کاهندگی بسیار قوی آب از ویژگی‌های آن محسوب می‌شود تا با افزایش کارایی بتن، عملکرد آن را بهبود بخشد. ابر روان کننده، نقش ویژه‌ای در پراکندگی ذرات سیمانی ایفا خواهد کرد.

در ساخت بتن‌های خودمتراکم و بتن‌هایی که استانداردها الزام به کاهش نسبت آب به سیمان نموده‌اند یا در شرایطی که افزایش اسلامپ با استفاده از سایر روان کننده‌ها انجام نمی‌شود، مصرف ابر روان کننده ضروری می‌شود. ابر روان کننده با کاهش چشمگیر نسبت آب به سیمان، نفوذپذیری بتن و مقاومت آن را افزایش می‌دهد و بتنی با دوام و پایا را ایجاد می‌کند و به عنوان قوی‌ترین و کاراترین روان کننده در صنعت ساخت و ساز کاربرد دارد. در این مقاله به تمامی ابعاد ابر روان کننده بتن پرداخته شد و ساختار فیزیکی و شیمیایی، مکانیزم‌های عملکردی، نگهداری، بسته‌بندی و... توضیح داده شد.

ضد یخ بتن چیست؟

بتن ستون فقرات ساخت و ساز مدرن در مهندسی عمران است که باید مطابق روش ملی طرح مخلوط بتن و آیین‌نامه بتن ایران (آبا) ساخته شود. از این رو مشخصات مواد افزودنی برای اضافه شدن در بتن، باید با الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۳۰-ISIRI-مطابقت داشته باشد. شرایط آب و هوایی سرد برای بتن، **72 ساعت مداومت دمای زیر ۵ درجه سانتی‌گراد** است. در صورت قرار گرفتن بتن در چنین هوایی، لازم است **ضد یخ بتن** به مخلوط بتن اضافه شود. این ماده متشکل از مواد معدنی طبیعی و شیمیایی آلی بر پایه نیترات، فرمات و... است. ضد یخ‌هایی که حاوی **یون کلر** هستند، معمولاً

با نام ضد یخ ملات در بازار عرضه می‌شوند و برای بتن مسلح مضر هستند، چرا که باعث خوردگی میلگرد در بتن می‌گردند.



استفاده از ضد یخ‌ها باعث پیوستگی اجرای بتن در هوای سرد می‌شود.

مزایای ضد یخ بتن

استفاده از ضد یخ‌ها باعث پیوستگی اجرای بتن در هوای سرد با رعایت استانداردهای موجود و مقاومت کافی می‌شود. اگر بتن یخ بزند، 50 درصد مقاومت خود را از دست می‌دهد و در صورت تکرار سیکل یخ‌زدگی، احتمال تخریب بتن وجود خواهد داشت. ضد یخ بتن، عامل تعدیل‌کننده اثرات مخرب شرایط جوی بر بتن است. ضد یخ‌ها با کاهش نسبی دمای انجماد آب متناسب با میزان آب در بتن، نقش تسریع‌کنندگی گیرش در بتن با دمای زیر صفر درجه را دارند. بتنی که از یخ‌زدگی محافظت شود تا مقاومت فشاری ۵ مگاپاسکال کسب کند، دیگر به خاطر قرار گرفتن در معرض یخ‌زدگی دچار مشکل نمی‌شود. استفاده از ضد یخ بتن، شما را در به سرعت رسیدن به این شرایط کمک می‌کند. از جمله اصلی‌ترین دلایل استفاده از ضد یخ بتن در فصل سرد، می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- کاهش دوره مورد نیاز برای عمل آوری و محافظت از بتن
- کاهش هزینه
- افزایش سرعت ساخت و ساز



ضد یخ بتن برخلاف ضد یخ ملات، فاقد یون کلرید است.

معایب ضد یخ بتن

از جمله مشکلات ضد یخ‌ها، خوردگی میلگرد به دلیل رساندن یون کلرید به نزدیکی محدوده آرماتور است. مشکل رایج دیگر، استفاده نوع نامناسب ضد یخ و عوامل اجرایی ضعیف و کم تجربه می‌باشد. بعضاً مشاهده کردید بعضی شرکت‌های

تولیدکننده و عرضه‌کننده ضد یخ، مشخصات فنی ناقصی را روی بسته‌بندی درج می‌کنند که همین مسأله باعث استفاده نادرست از ضد یخ بتن در زمینه کاری می‌شود.

مقدار مصرف ضد یخ در بتن

لازم است بر اساس آزمون‌های انجام شده، محدوده مصرف ماده افزودنی بتن بر حسب درصد وزنی سیمان، توسط تولیدکننده ارائه شود. در آزمایش افزودنی‌ها، آزمایش‌هایی نظیر: **تأثیر بر زمان گیرش، کارایی و مشخصات مکانیکی مطابق با مجموعه استانداردهای ملی ایران تحت شماره ۲۹۳۰** انجام می‌شود. بیشینه مقدار مصرف ضد یخ بتن برای رسیدن به مقاومت نهایی لازم در آیین‌نامه‌ها، ۵ درصد وزنی بتن توصیه شده است. در جدول ذیل، میزان مصرف ضد یخ بتن به طور تجربی و توسط شرکت‌های ارائه‌دهنده پیشنهاد شده است:

وزنی ضد یخ	عیار سیمان	دمای محیط (درجه سانتی‌گراد)
	300	
1	350	0 تا ۵
	400	
2	300	
	350	۰ تا ۵-
1	400	
3	300	
	350	۵- تا 10-
	400	
	300	
	350	۱۰- تا 15-
	400	

روش مصرف ضد یخ بتن

جهت مصرف ضد یخ بتن، لازم است از **پخش یکنواخت آن در مواد پایه سیمانی** اطمینان حاصل شود، بدین منظور توصیه می‌گردد بعضی از انواع این مواد، ابتدا در آب مخلوط شده و سپس به مخلوط اضافه شود. در صورت محدودیت اختلاط، می‌توان آن پیش از پمپاژ بتن در تراک میکسر اضافه نمود که میزان اضافه کردن و نحوه اختلاط برای هر نوع، روی بسته‌بندی توضیح داده شده است. **بیشتر بخوانید: راهنمای استفاده از ضد یخ بتن**

خواص و اثرات ضد یخ بتن

واکنش هیدراتاسیون سیمان گرمازا است. این واکنش در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد روند طبیعی خود را طی کرده و منجر به کسب مقاومت بتن در ۱۲ ساعت می‌شود. ضد یخ‌های بتن تأثیرات مختلفی از خود روی بتن بر جای می‌گذارند که از جمله آن می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- تسریع در انجام واکنش هیدراتاسیون
- افزایش دمای گیرش بتن (در دماهای پایین‌تر، این روند طولانی‌تر شده و در دماهای پایین‌تر از ۴ درجه سانتی‌گراد به دلیل یخ زدن آب متوقف می‌شود).

• **پایین آوردن نقطه انجماد آب**

• **رشد مقاومت سنین اولیه بتن**

ضد یخی برای بتن مناسب است که علاوه بر کاهش نسبی نقطه انجماد، آب اضافی داخل بتن به عنوان یک تسریع‌کننده در گیرش و رشد مقاومت سنین اولیه بتن عمل نماید.



عملکرد اصلی ضد یخ بتن، پایین آوردن نسبی دمای انجماد بتن و تسریع

گیرش بتن است.

عملکرد ضد یخ بتن

استفاده از ضد یخ در بتن، باعث تراکم مناسب بتن در دمای پایین و جلوگیری از ترک خوردگی آن می‌شود. در واقع عملکرد اصلی ضد یخ بتن، پایین آوردن نسبی دمای انجماد بتن و تسریع گیرش بتن در ۳ الی ۵ ساعت ابتدایی است که بدین وسیله، گستره دمایی کاربرد بتن بیشتر شده و عملیات ساختمانی به دلیل سرما متوقف نخواهد شد.

کاربرد ضد یخ بتن

استفاده از بتن در شرایط دمایی زیر صفر درجه، باعث به وجود آمدن مشکلات مختلفی در ساختمان‌سازی می‌شود. چهار فصل بودن کشور ایران و نیاز به بتن‌ریزی در تمام فصول، به ویژه در هوای سرد، باعث استفاده از ضد یخ در بتن‌ریزی می‌شود. هدف

استفاده از ضد یخ بتن، کمک به کسب حداقل مقاومت لازم برای مواجهه با اولین سیکل یخبندان و تنش ناشی از

آن است. گذشته از این از دیگر کاربردهای ضد یخ می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

• امکان ساخت، حمل و اجرای بتن و ملات در زمستان تا -15 درجه سانتیگراد

• افزایش دمای بتن و ملات

• افزایش مقاومت بتن و ملات در سنین اولیه

• کاهش زمان گیرش بتن و ملات و افزایش سرعت سفت شدن بتن و ملات

• امکان انجام قالب‌برداری در زمان کوتاه‌تر (حدوداً نصف زمان معمول)

• انجام کارهای ترمیمی که نیاز به کسب مقاومت سریع بتن دارد؛ مانند جایی که فشار آب به بتن یا ملات وارد

می‌شود.



افزودنی‌های دارای نمک‌های غیرآلی محلول، منجر به کاهش زمان گیرش سیمان

پرتلند می‌شوند.

ملاحظات استفاده از ضد یخ بتن

در پروژه‌هایی که در زمان بهره‌برداری، امکان خوردگی وجود دارد یا بتن‌هایی که پیش تنیده هستند و یا در آنها از آلومینیوم و گالوانیزه استفاده شده است و یا بتن‌هایی که در تماس با آب یا خاک سولفاته هستند و یا بتن‌هایی که سنگدانه آنها مستعد واکنش قلیایی هستند، به هیچ وجه نباید از **ضد یخ‌های کلردار** استفاده نمود. در این موارد، استفاده از **ضد یخ‌های بر پایه نیترات** توصیه می‌شود. اسلامپ بتن در دو نمونه بتن با ضد یخ و بدون ضد یخ، باید یکسان و در حدود ۱۰ سانتی‌متر باقی بماند.

مشخصات فنی فیزیکی و شیمیایی ضد یخ بتن

افزودنی‌های زودگیر کننده در ۴ گروه طبقه‌بندی می‌شوند. افزودنی‌های شامل: **نمک‌های غیر آلی محلول، افزودنی‌های دارای ترکیبات آلی محلول، افزودنی‌های با گیرش سریع و افزودنی‌های جامد گوناگون** که در ذیل به شرح آن خواهیم پرداخت. **نمک‌های غیر آلی محلول:** مطالعات نشان داده است که نمک‌های غیرآلی محلول گوناگونی از قبیل کلراید، برومید، فلوراید، کربنات، تیوسیانات، نیتريت، نیترات، تیوسولفات، سیلیکات، آلومینات و آلکالی هیدروکسیدها، منجر به کاهش زمان گیرش سیمان پرتلند می‌شوند. در میان این نمک‌ها، کلسیم کلراید به دلیل توجیه اقتصادی، بیش از بقیه به عنوان ضد یخ مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحقیقات نشان داده است این دسته از افزودنی‌ها عمدتاً سبب **افزایش هیدراتاسیون تری کلسیم سیلیکات (C3S)** می‌شود. در صورت استفاده از افزودنی‌های تندگیر کننده بر پایه کلسیم کلراید، باید الزامات مطرح شده در ASTM D98 رعایت شود. **ترکیبات آلی محلول:** افزودنی‌های تندگیر کننده رایج در این دسته بر پایه تری اتانول آمین و کلسیم فرمات هستند که به منظور جبران کردن تأخیر ناشی در استفاده از افزودنی‌های کاهنده آب و یا فراهم کردن خاصیت تندگیری بدون ایجاد اثرات خوردندگی به کار می‌روند. میزان تأثیر افزودنی‌های بر پایه کلسیم فرمات، تابعی از نسبت‌ترتری کلسیم آلومینات (C3A) به سولفور تری اکسید موجود در سیمان است. در سیمان‌های با مقدار سولفات پایین، افزودنی‌های ضد یخ کلسیم فرمات بیشترین تأثیر در افزایش کسب مقاومت در سنین اولیه (۳ و ۷ روزه) را دارد. تولید



اترینگایت در بتن‌های حاوی کلسیم فرمات بیشتر از سایر موارد است. افزودنی‌های

گیرش آنی برای تولید ملات آب‌بند یا بتن پاششی استفاده می‌شوند. خاصیت تندگیر کنندگی برای بعضی از نمک‌های اسید

کربکسیلات، نظیر: استات، پروپیونیت و بوتیرات گزارش شده است. مطالعات نشان داده است که تری اتانول آمین، سبب افزایش هیدراتاسیون تری کلسیم آمونیوم شده، اما هیدراتاسیون تری کلسیم سیلیکات (C_3S) را به تأخیر می‌اندازد. پس نتیجه می‌شود که تری اتانول آمین، باعث به تأخیر افتادن هیدراتاسیون سیمان در مقادیر زیاد یا در دمای پایین می‌گردد. تعدادی ترکیبات آلی دیگر نیز که دارای خاصیت تندگیر کنندگی گیرش سیمان پرتلند در نسبت آب به سیمان کم هستند، یافت شده است. ترکیبات آلی که به عنوان تندگیر کننده شناخته شده‌اند، شامل: **اوره، اکسالیک اسید، ترکیبات حلقه‌ای متنوع و ترکیبات تغلیظ شده‌ای از آمین و فرمالدهید** می‌باشند. هر چند در صورت استفاده در مقادیر زیاد، امکان تأخیر در گیرش به دلیل تأخیر در هیدراتاسیون تری کلسیم سیلیکات (C_3S) همانند استفاده از تری اتانول آمین

می‌باشد. **افزودنی‌های گیرش آنی**: این دسته از افزودنی‌ها برای تولید ملات یا بتن با گیرش آنی و سریع که برای بتن پاششی یا ملات آب‌بندی در مقابل فشار آب هیدرواستاتیکی مناسب است، استفاده می‌شوند. عملکرد این دسته از افزودنی‌ها بر اساس تسریع گیرش آنی تری کلسیم آلومینات (C_3A) می‌باشد. نمک‌های دارای ترکیبات آهن (فریک)، سدیم فلورید، آلومینیوم کلرید، سدیم آلومینات و پتاسیم کربنات، به عنوان ترکیبات دارای خاصیت تندگیر کننده گیرش گزارش شده‌اند. افزودنی‌های تندگیر کننده گیرش، برای بتن پاششی در هر دو نوع **خشک و تر** استفاده می‌شود. به این منظور از افزودنی‌های بر پایه آلومینات محلول، کربنات و سیلیکات استفاده می‌شود. این مواد دارای خاصیت سوزش‌آور بوده و استفاده از آنها باید با ملاحظات ویژه‌ای انجام شود (به برگه‌های اطلاعات ایمنی این مواد باید مراجعه شود). اخیراً افزودنی‌هایی با اسیدیته (PH) خنثی و بدون کلرید بر پایه ترکیبات قند و اسید برای از بین بردن ایرادهای موجود به بازار معرفی شده‌اند. به طور کلی در اجرای بتن پاششی و شاتکریت به روش تر، **بتن زودتر سفت شده و دستیابی به گیرش اولیه سریع‌تر اتفاق می‌افتد.**



ریز پرکننده‌های ژل سیلیکا و آمونیوم سیلیکات به دلیل افزایش سرعت

هیدراتاسیون تری کلسیم سیلیکات، به عنوان تند گیر کننده‌های مقاومت شناخته می‌شوند. همچنین گیرش نهایی در ۶۰ دقیقه انجام می‌شود. گیرش اولیه که توسط استفاده از افزودنی‌های تندگیر کننده ایجاد می‌شود، سبب تسهیل در استفاده از بتن در اجرای قطعات قائم مانند اجرای بتن پاششی در سقف تونل‌ها می‌شود. در صورت اجرای بتن پاششی به روش خشک و استفاده از سیمان و افزودنی‌های تندگیر کننده سازگار، **زمان گیرش اولیه به ۱ دقیقه و گیرش نهایی به ۴۵ دقیقه کاهش می‌یابد.** همچنین با استفاده از این دسته از افزودنی‌ها به عنوان زود گیر شاتکریت، آهنگ دستیابی به مقاومت در بتن پاششی و شاتکریت به روش خشک بسیار افزایش پیدا می‌کند. در صورت استفاده از افزودنی‌های بدون خاصیت سوزش‌آور، افزایش مقاومت بیش از ۲۱ مگاپاسکال در ۸ ساعت اول پس از بتن‌ریزی و نیز در صورت استفاده از افزودنی‌های رایج، افزایش مقاومت ۱۴ مگاپاسکال قابل انتظار است. **افزودنی‌های جامد گوناگون**: در موارد خاص، سیمان هیدرولیکی به جای افزودنی‌های زودگیر کننده در بتن به کار می‌رود؛ به عنوان مثال، سیمان کلسیم آلومینات بسته به مقدار به کار رفته، سبب گیرش آنی سیمان پرتلند در بتن خواهد شد. سیلیکات‌های گوناگونی به عنوان زودگیر کننده شناخته شده‌اند. ریز پرکننده‌های ژل سیلیکا و آمونیوم سیلیکات چهار جزئی به دلیل افزایش سرعت هیدراتاسیون تری کلسیم سیلیکات (C_3S) به عنوان تندگیر کننده‌های مقاومت شناخته شده‌اند. با افزایش منیزیم کربنات یا کلسیم کربنات، زمان گیرش کاهش می‌یابد.

حفاظت و ایمنی ضد یخ بتن

با اینکه این ماده هیچ گونه منع زیست محیطی ندارد، ولی به منظور حفظ سلامتی لازم است تا قبل از استفاده، از داخل بسته‌بندی خارج نشود. استفاده از دستکش ایمنی به هنگام اختلاط توصیه می‌گردد، ولی در صورت تماس با پوست، شست و شو با آب و صابون کافی است. به هنگام اختلاط، استفاده از عینک ایمنی هم الزامی است، ولی در صورت نفوذ به داخل چشم یا ورود به دهان و بینی لازم است با آب گرم شسته شود و به سرعت به پزشک مراجعه گردد. در نظر داشته باشید به طور معمول، برای امنیت بیشتر **برگه ایمنی MSDS** روی بسته‌بندی درج می‌شود.



به هنگام اختلاط، استفاده از عینک ایمنی هم الزامی است.

روش استفاده از ضد یخ بتن

ضد یخ را می‌توان به دو روش مصرف نمود:

- **روش اول:** هنگام تولید، همراه با سایر مصالح به بتن اضافه شود که البته بهتر است با قسمتی از آب بتن ترکیب شده و سپس به بتن اضافه شود.
- **روش دوم:** می‌تواند در محل پروژه بتن‌ریزی به داخل تراک میکسر اضافه شود و بعد، بتن ۳ الی ۴ دقیقه (حداقل ۲۰ دور (با دور تند میکس شود).

در صورت یخ زدن، آن را حرارت ندهید. بهتر است با آب مخلوط شده و سپس به بتن افزوده شود. در صورت لزوم می‌توان آب را گرم کرد. باید توجه داشته باشید مصرف ضد یخ، اقدامی تکمیلی است و نباید تمهیدات بتن‌ریزی همانند کیورینگ و دیگر عوامل بتن‌ریزی در هوای سرد را نادیده گرفت. پیچیدن قالب توسط پتوهای پشم شیشه‌ای، روشی معمول است. **گرم نگه داشتن محیط و قطعات بتن‌ریزی** نیز، روش مؤثر دیگری در بتن‌ریزی در هوای سرد می‌باشد.

انواع ضد یخ بتن

ضد یخ بتن پودری

ضد یخ پودری، مواد پودری شکل بسیار ارزانی هستند که با قیمت‌های حدود نمک طعام صنعتی عرضه می‌شوند و به طور معمول، رنگ آنها سفید است. چگالی آن در حدود ۱۹۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب است. این مواد از لحاظ قلیایی خنثی هستند

و خطری در حین ترکیب با بتن نخواهند داشت. تقویت مکانیکی سریع از ویژگی‌های بارز این نوع ضد یخ می‌باشد.



ضد یخ بتن پودری

ضد یخ بتن بدون کلراید

مصرف این نوع ضد یخ‌ها در بتن بدون فولاد مجاز است و حداکثر مقدار استفاده از آن ۵ درصد وزنی سیمان است. بنابراین محصول مورد نظر، گزینه اصلی استفاده در سازه‌های بتن آرمه و بتن‌های پاششی شاتکریت‌ها، گود برداری‌ها و تونل‌ها می‌باشد. استفاده از این محصول، توسط طراحان و شرکت‌های پیمانکاری توصیه شده است.

ضد یخ بتن مایع

معمولاً رنگ این ضد یخ، سفید شفاف است. چگالی آن کمی بیشتر از آب و در حدود ۱۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مکعب است. این ضد یخ، اسلایم و هوازایی بتن را حفظ می‌کند و میزان آب مصرفی بتن را کاهش می‌دهد و به سبب همین امر، احتمال یخ‌زدگی کاهش می‌یابد. پیش از بتن‌ریزی، باید برف و یخ قالب‌بندی بتن کاملاً زدوده شود تا میزان نسبت آب به سیمان از میزان استاندارد فراتر نرود. دانستن هوای ۱۲ ساعت ابتدایی بتن‌ریزی به نحوه و میزان مصرف این ضد یخ کمک می‌کند. **بیشتر بخوانید: انواع ضد یخ بتن**

فرمول ضد یخ بتن

گروهی از ضد یخ‌ها دارای سدیم نیترات، سدیم کلرید (نمک طعام)، پلی هیدروکسی آمین، هیدروآکسی آمین، الکترولیت‌های ضعیف (مثل محلول آبی آمونیاک) و ترکیبات معدنی غیرالکترولیتی همچون الکل‌های با وزن مولکولی بالا و کاربامید بوده که نقطه انجماد آب در بتن را پایین می‌آورد و به عنوان یکی از تسریع‌کننده‌های ضعیف در گیرش و سخت‌شدگی عمل می‌کند. گروه دیگر، سیستم‌های افزودنی دوگانه یا سه‌گانه هستند که حاوی پوتاش، افزودنی‌های کلسیم کلریدی (CC)، مخلوطی از CC با سدیم کلرید (SC)، سدیم نیترات (SN)، کلسیم نیتريت نیترات (CNN)، کلسیم نیتريت-نیترات اوره (CNN+U) و دیگر مواد شیمیایی هستند که فعالیت ضد یخ مؤثری را تأمین نموده و به طرز محسوسی



۲۰ لیتری ضد یخ

فرآیند گیرش و سخت‌شدگی را تسریع می‌نمایند
بتن

تأثیر ضد یخ بر مقاومت بتن

حباب‌های غیر عمدی در هوا با کنار هم قرار گرفتن، تشکیل حباب بزرگی را می‌دهند. این حباب‌ها در مجاورت آب، از آب پر می‌شوند و در اثر یخبندان، حجم آب زیاد شده و موجب متلاشی شدن قطعه بتنی می‌شوند. عملکرد **حباب‌های ریز عمدی** وارد شده در بتن این است که امکان جداشدگی دانه‌ها را کاهش می‌دهند. بتن‌های هوا دار مقدار بسیار جزئی مقاومت کمتری از بتن عادی دارند. به طور کلی سیمان تا ۲۹ روز در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ۹۵ درصد مقاومت فشاری نهایی می‌رسد.

بسته‌بندی ضد یخ بتن

ضد یخ استاندارد بتن به صورت فله یا در گالن‌های **20 کیلوگرمی** و بعضاً **220 کیلوگرمی** بنا به درخواست مشتری پالت‌های یک تنی یا **1000 کیلوگرمی** قابل تحویل می‌باشد.

استانداردهای ضد یخ بتن

استاندارد ملی ایران **2930** افزودنی‌های بتن، توسط مؤسسه ملی استاندارد ایران تهیه و تنظیم شده است. در این بخش، الزامات افزودنی‌های مورد استفاده در بتن آماده و بتن مسلح، از جمله: انواع روان کننده بتن و مواد حباب‌زا، تندگیر کننده‌ها، کند گیر کننده‌ها و ضد یخ‌ها تعیین شده است. استانداردهای معتبر دنیا برای تولید ضد یخ **ASTM C 494 TYPE** : **C** و **ASTM C 827 ACI 212.3r-16** و **ACI 306r-16** و **ISO 19596** است.

انبارداری ضد یخ بتن

در بسته‌بندی اولیه مدت نگهداری ضد یخ‌ها، **6 ماه** برآورد شده است و اینکه باید در دمای **۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد** و دور از نور مستقیم خورشید نگهداری شود.

دیرگیر بتن چیست؟

بتن تازه، ماده‌ای شکل‌پذیر با مقاومت برشی و فشاری صفر است که با گذشت زمان سفت می‌شود؛ جسمی جامد که به سختی سنگ و استواری فولاد می‌رسد.

اگر در روند گیرش سیمان بتن تأخیر ایجاد کرده و زمان سفت شدن را به هر شکلی با اضافه کردن ماده‌ای جدید به بتن طولانی کنیم، دیرگیری در بتن ایجاد کرده‌ایم. عموماً این مواد در دو گروه روان کننده که به صورت غیرمستقیم در گیرش تأخیر ایجاد کرده و کندگیر کننده یا دیرگیر کننده که مستقیماً زمان گیرش را به عقب می‌اندازد، دسته‌بندی می‌شوند. بتن تازه با گیرش سیمان در طول زمان به یک جسم سخت تبدیل می‌شود. هر ماده‌ای که به بتن اضافه شود و زمان گیرش سیمان را به تأخیر بیندازد، دیرگیر بتن نام دارد. مثلاً در هوای گرم با افزایش دما، سرعت واکنش سیمان و آب بالا رفته و بتن زودتر از حالت عادی سفت می‌شود. برای مقابله با سرعت باید واکنش را به تأخیر انداخت تا بتن قابل استفاده باشد.

از دیرگیر بتن برای تأخیر در زمان گیرش سیمان استفاده می‌شود.

در حالت دیگری که باید فرصت کافی را مهیا کرد تا بتن سفت نشود، **جابجایی پمپ یا دیر رسیدن کامیون حمل**

بتن است. در این مواقع، باید در گیرش سیمان خلل ایجاد کرد تا بتن نرمی خود را از دست ندهد.

در متون علمی بازدارندگی سیمان را به اصطلاح **خواب رفتن سیمان توسط دیرگیر** می‌نامند و این همان بلایی است که دیرگیر سر بتن می‌آورد.

کشف این مواد، بتن‌ریزی در شرایط یا مکان‌های بسیار دشوار را ممکن کرده؛ به گونه‌ای که نیازی به تأخیر انداختن در بتن‌ریزی یا تعطیلی پروژه نیست. در نظر داشته باشید **جلوگیری از سفت شدن بتن با استفاده از دیرگیر کننده‌های بتن**، به صنعت بتن و ساخت پروژه‌های خاص کمک شایانی کرده است.



دیرگیر بتن، افزودنی مطلوبی است که علاوه بر عناصر اصلی بتن می‌توان به

مخلوط آن اضافه کرد.

انواع دیرگیر بتن

بعضی از انواع سیمان، واکنش آهسته‌تری با آب انجام داده و زمان گیرش آنها بسیار زیادتر از حالت معمولی است. ولی به طور کلی دیرگیر بتن، افزودنی مطلوبی است که علاوه بر عناصر اصلی بتن می‌توان به مخلوط آن اضافه کرد.

موادی بر پایه شیمیایی لیگنوسولفونات‌ها، اسیدهای هیدروکسی کربوکسیلیک، نمک‌های آن و فسفونات‌ها و قندها جزو دیرگیرهای بتن هستند. مواد معدنی نظیر: نمک قلع، سرب و فسفات نیز به عنوان دیرگیر بتن به کار می‌روند. بعضی از کندگیر یا دیرگیر کننده‌های رایج بتن به شرح ذیل است:

- دیرگیر کننده بتن با اثر مستقیم
- دیرگیر کننده بتن با اثر جانبی، مثل: فوق روان کننده بتن
- نمک‌ها و مشتقات اسید لیگنوسولفونیک و لیگنوسولفونات
- کربوهیدرات‌ها، پلی ساکاریدها و مواد قندی دیگر
- نمک آلی فسفونات‌ها
- نمک بعضی فلزات سنگین

کاربرد دیرگیر بتن

عموماً در هر جا که نیاز به وقت بیشتر برای تازه و نرم ماندن بتن وجود دارد، کاربرد دیرگیر بتن احساس می‌شود. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید، پرداخت و تسطیح بتن در مقاطعی، کار بسیار دشوار و زمان‌بری است. هنگام ورود بتن به ناحیه الاستیک، انرژی بسیار زیادی برای پرداخت و تسطیح بتن مورد نیاز است. از این رو استفاده از دیرگیر بتن در برهه‌های زمانی ذیل ضروری است:

افزایش زمان حالت خمیری ماندن بتن و حفظ کارایی در شرایط دشوار

- در بتن‌ریزی با حجم زیاد، مثل سدسازی و حجم متوسط، مثل شالوده بزرگ
- بتن غلطکی در روسازی راه بتنی
- افزایش پمپ‌پذیری بتن
- در شرایط بد جوی که روان کننده بتن به تنهایی پاسخگوی پروژه بتن‌ریزی نباشد.
- افزایش زمان بهره‌وری بتن تازه

مزایای دیرگیر بتن

۱. در بتن‌ریزی حجیم و گسترده، دمای داخل بتن به دلیل واکنش گرمازای سیمان با دمای سطح بتن تازه متفاوت است. همین موضوع سبب ایجاد ترک سطحی در بتن می‌شود. دیرگیر بتن با تأخیر در واکنش و کاهش حرارت‌زایی، سبب یکنواختی پخش حرارت و جلوگیری از ترک بتن می‌شود.

۲. استفاده از دیرگیر بتن، روند کسب مقاومت بتن را اصلاح کرده و زمان سفت شدن را به آرامی طی کرده و در نتیجه، مقاومت نهایی بتن را بالا می‌برد.
۳. در مکانی که امکان ساخت بتن در محل وجود ندارد و پروژه باید در مسیر ناهموار، مثل کوهستان انجام شود، نیاز به افزودنی دیرگیر بتن است تا زمان گیرش به تأخیر افتد.
۴. زمانی که یک پروژه نیاز به ساخت نمای بتنی دارد، هر چه بتن دیرتر سفت شود، کار کردن و پرداخت بتن راحت‌تر انجام می‌شود. در نتیجه کار قالب‌گیری با کیفیت بالا انجام می‌گیرد.

روش مصرف دیرگیر بتن

در هنگام ساخت بتن، لازم است افزودنی دیرگیر بتن با آب رقیق شده و به بتن اضافه شود. این روش کاربردی و مورد تأیید ناظران بتن است. امکان اضافه کردن مستقیم به بتن نیز وجود دارد، ولی باید از پخش یکنواخت آن در بتن اطمینان یافت.



حتماً از تشکیل بتن یکنواخت پس از افزودن دیرگیر بتن اطمینان حاصل

فرمایید.

پس این افزودنی هم در **بچینگ** و هم در **محل پروژه**، قابلیت اضافه شدن به بتن را دارد. برای استفاده این مواد، پیش از مصرف به دقت آن را وزن کنید و هرگز این ماده مایع را با سیمان خشک مخلوط نکنید. برای استفاده از این افزودنی در حضور دیگر مواد افزودنی بتن، حتماً با گروه تخصصی مشاورین ارتباط برقرار فرمایید؛ چرا که دیرگیر بتن امکان بر هم زدن طرح اختلاط بتن را دارد. حتماً از تشکیل **بتن یکنواخت** پس از افزودن دیرگیر بتن اطمینان حاصل فرمایید. اگر در بتنی این ماده در قسمتی از بتن پخش نشده باشد. با گذشت زمان، آن قسمت سفت و بقیه بتن که حاوی دیرگیر است، با تأخیر سفت خواهد شد. همین اختلاف زمانی، سبب دوگانگی رفتار در یک مرز بتن و کاهش شدید مقاومت نهایی بتن می‌شود.

میزان مصرف دیرگیر بتن

میزان مصرف دیرگیر بتن، بین **0.1 تا 0.8 درصد وزن سیمان** متغیر است و به عوامل زیر بستگی دارد:

- دمای محیط
- دمای بتن
- عیار سیمان
- تیپ سیمان و میزان C_3A که هر چه کمتر باشد، گیرش دیرتر رخ خواهد داد.
- مدت زمان لازم برای تأخیر در گیرش سیمان

در رعایت حد بالای مصرف این مواد توجه کنید، زیرا استفاده بیش از حد، سبب عدم گیرش بتن می‌شود. این موضوع طراحی قالب‌بندی و سیستم نگهداری بتن تازه را بسیار تحت تأثیر قرار می‌دهد. اندازه‌گیری دقیق دیرگیر بتن، پیش از افزودن به مخلوط سیمانی

در مورد دیرگیر بتن پودری باید حد مجاز کلر رعایت شده باشد. استفاده از یون کلر در مجاورت فلزات مجاز نیست، چون با فلزات واکنش داده و به مرور زمان، استحکام سازه بتن آرمه را کم می‌کند. خواص و تأثیر دیرگیر بتن

هر ماده افزودنی که به بتن اضافه شود، هم روی بتن تازه اثر دارد و هم در بتن سفت شده نتیجه آن مشخص خواهد شد. موارد زیر را در صورت استفاده از این افزودنی در بتن مشاهده می‌کنید:

- تأخیر در گیرش سیمان
- امکان بتن‌ریزی در هوای گرم
- امکان حمل بتن در مسیرهای طولانی و زمان‌بر
- افزایش مدت زمان تسطیح بتن
- کاهش زمان و انرژی و بیره بتن
- افزایش مقاومت نهایی بتن
- سازگاری با انواع تیپ‌های سیمان
- جلوگیری از درز سرد بتن، به دلیل فاصله افتادن در بتن‌ریزی
- کاهش انقباض بتن و جلوگیری از ترک خوردن سطحی

قیمت دیرگیر بتن

مواردی در قیمت دیرگیر بتن حائز اهمیت هستند؛ مثل: غلظت و میزان مواد جامد دیرگیر کننده یا مواد آلی تشکیل دهنده و مقدار کلراید و میزان قلیائیت که نقش اصلی در تعیین قیمت دارند.

در حالت کلی، قیمت دیرگیر بتن موجود در بازار، چون از مواد معدنی مثل فسفات تشکیل شده، هزینه تهیه و تولید کمی دارد و اگر به تولید انبوه برسد، بسیار ارزان خواهد بود. پس بیشتر هزینه، صرف بسته‌بندی، حفظ کیفیت و حمل محصول می‌شود.

خرید دیرگیر بتن

استفاده از دیرگیر کننده بتنی که در آزمایشات قبل نتایج مطلوبی داشته، در شرایط مختلف کارگاهی چک شده و اطلاعات و مشخصات آن توسط تولیدکننده به صورت کامل روی بسته‌بندی درج شده، بهترین گزینه برای خرید است.

خرید دیرگیر بتن هم مانند دیگر ملزومات بتن، امری تخصصی است و توسط افراد خبره صورت می‌پذیرد. این افراد با مطالعه مقالات موجود در سایت تولیدکنندگان این مواد، آگاهی لازم و دقیق در مورد نوع مورد نیاز و نحوه اثر افزودنی خرید خود را انجام می‌دهند.

سایت فروش دیرگیر بتن باید اطلاعات جامع و دقیق در مورد خود محصول و نتایج دقیق محصول بر بتن و نحوه خرید و نگهداری آن برای اطلاع مصرف‌کننده ارائه دهد. برای اطمینان از کیفیت محصول تولیدی شرکت‌ها، امکان ارسال نمونه دیرگیر بتن و تست تأثیرات دیرگیر بتن توسط مجری فراهم شده است. این روش، اطمینان کافی را به مصرف‌کننده، بخصوص در خرید اول خواهد داد.



دیرگیر پودری بتن به رنگ سفید است.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی دیرگیر بتن

این مواد اکثراً مایع و در رنگ قهوه‌ای تولید می‌شوند. چگالی این افزودنی بتن **1.1 گرم بر سانتی متر مکعب** است. میزان یون کلر دیرگیر بتن، از حد استاندارد کمتر است. مواد پودری کندگیر کننده بتن هم با رنگ سفید تولید می‌شود. این مواد قابلیت اضافه شدن به مصالح خشک بتن را دارند. اگر امکان افزودن آن از ابتدا به بتن وجود نداشت، لازم است در آب حل شده و سپس مصرف شود. عملکرد دیرگیر بتن

این افزودنی تأثیر خود را مستقیماً بر سیمان بتن می‌گذارد. مدت زمان اولیه هیدراتاسیون یون آلومینات و کلسیم که بالاترین حل شدگی را دارند، به تأخیر می‌اندازد. همین عملکرد دیرگیر بتن، سبب افزایش زمان گیرش سیمان می‌شود. اگر زمان قالب‌برداری و برداشتن پایه اطمینان ۳۰ روز است، به دلیل گرم بودن هوا زودتر از این موعد قالب‌برداری نکنید؛ زیرا استفاده از دیرگیر بتن، زمان گیرش اولیه و نهایی را به تأخیر می‌اندازد. در مرحله اول، این افزودنی روی سطح ذرات سیمان جذب شده و از واکنش سیمان با آب جلوگیری می‌کند. این موضوع خاصیت پلاستیک بتن تازه را حفظ می‌کند. افزودن دیرگیر بتن، 60 تا ۱۰۰ میلی‌متر اسلامپ را زیاد می‌کند. در نتیجه، هر چه دیرگیر بتن قوی‌تر باشد، این جذب سطحی زمان طولانی‌تری حفظ خواهد شد. حفاظت و ایمنی دیرگیر بتن

این مواد در زمره مواد مخرب محیط زیست قرار ندارد و به دلیل ترکیبات حلال در آب آتش‌زا نیست. برای آشنایی با دستورالعمل ایمنی به برگه حفاظت روی بسته‌بندی مراجعه فرمایید. استفاده از لوازم حفاظت شخصی در هنگام کار با دیرگیر و رعایت نکات ایمنی ضامن سلامتی است. در بعضی از تحقیقات دانشمندان، مشاهده شده استفاده از نمک‌های دارای فلزات سنگین در منابع آب، تأثیر مستقیمی در آب این منابع گذاشته است. از این رو، استفاده از متراکم کننده قوی و آب‌بندها یکی از روش‌های پیشگیری است. افرادی که مرتب با این مواد کار می‌کنند، همانند اپراتور پمپ بتن که بسیار با این مواد شیمیایی سر و کار دارد، باید از ماسک و دستکش استفاده کنند. ارتباط زیاد این مواد با پوست و استنشام بخار گاز این مواد برای کاربر مضر بوده و در بلند مدت فرد را دچار مشکلاتی مثل حساسیت می‌کند.

بسته‌بندی و نگهداری دیرگیر بتن

دیرگیرهای بتن در گالن‌های ۲۰ کیلوگرمی و بزرگ‌تر در بازار موجود هستند و در بسته‌بندی پلیمری تا ۱ سال با کیفیت بالا قابل استفاده هستند.

این مواد را به گونه‌ای در انبار نگهداری کنید که در معرض نور مستقیم خورشید و یخ‌زدگی نباشند. در حمل و نقل و چینش این مواد در انبار، به ترتیب ورود و خروج و سالم بودن گالن توجه کنید. کف انبار باید طوری باشد تا در صورت نشت دیرگیر بتن، این مواد به خارج انبار راه پیدا نکند.

ترکیبات و مواد تشکیل دهنده دیرگیر بتن

زنجیره لیگنوسولفونات به همراه مواد قندی پایه این ترکیبات هستند. نمک کلسیم و سدیم مواد ذکر شده هم در تولیدات بعضی از انواع دیرگیر کننده بتن مشاهده می‌شود. بالا بردن خلوص این ترکیبات لیگنو، قند موجود در این مواد را اصلاح و حتی حذف می‌کند.

گروه پلی هیدروکسی کربوکسیلات، دارای گروه عاملی **هیدروکسیل و کربوکسیل** هستند. ترکیبات آلفا هیدروکسی کربوکسیلات اسیدی، قوی‌ترین و بهترین دیرگیر یا کندگیر کننده شناخته شده تا به امروز هستند.

این افزودنی در گروه آلومینات سیمان، سبب کاهش سرعت هیدراتاسیون می‌شود. **استفاده تا ۳٪ درصد وزن سیمان، گیرش را تا ۳ شبانه‌روز به تأخیر می‌اندازد**، اما خطای کاربر در توزین این افزودنی و مصرف بیش از ۶٪ آن، روند کار را عوض کرده و در نتیجه، سیمان کمتر از یک ساعت سفت می‌شود.



دیرگیرهای کربوهیدراتی به دلیل داشتن گروه عاملی آلدئید و هیدروکسیل

به دو صورت کاهنده و غیر کاهنده عمل می‌کنند.

گروه دیگر دیرگیر بتن، **کربوهیدرات** است که با نام قند شناخته می‌شود. فندها گروه عاملی کتون یا آلدئید و هیدروکسیل دارند و به دو صورت **کاهنده و غیر کاهنده** نمود یافته‌اند.

کاهنده‌ها مواد کندگیر ضعیفی هستند و غیر کاهنده‌ها برای بعضی سیمان‌ها کندگیر قوی به شمار می‌روند؛ برای مثال شکر غیر کاهنده است که در حدود ۰,۱ درصد سیمان از ۳ الی ۱۲ ساعت تأخیر در گیرش ایجاد می‌کند. مواد قندی، جذب سطحی با ذرات سیمان دارند و یا با یون کلسیم ترکیب شده و در روند گیرش تغییر ایجاد می‌کنند.

در گروه مواد معدنی، فسفات یک دیرگیر تجاری و شناخته شده در صنعت بتن است. بقیه مواد تقریباً صرفه اقتصادی ندارند و یا برای محیط زیست و انسان خطرناک هستند. روند کار به این صورت است که فسفات با کلسیم واکنش نشان می‌دهد. کلسیم فسفات روی کلینکر سیمان جمع شده و جلوی واکنش سیمان و آب را می‌گیرد. در اثر این واکنش و ایجاد یک لایه رسوبی روی ذرات سیمان، واکنش به تأخیر می‌افتد.

بیشتر بخوانید: روش اندازه‌گیری کارایی بتن

استانداردهای دیرگیر بتن

استانداردهای موجود در مورد این افزودنی **ASTM C494/ C494 M TYPE B و EN 934 و ISIRI**

2930 هستند.

استفاده از دیرگیر بتن در بتن **هوازایی ناخواسته** ایجاد می‌کند. یکی از محدودیت‌های ایجاد شده در استانداردهای دیرگیر بتن، تعیین حداکثر هوای ایجاد شده است که باید زیر ۲٪ باشد. **روش حجمی و وزنی** برای تعیین هوا، بسیار مناسب و **روش مقاومت فشاری**، تکمیل کننده این روش‌ها است.

منابع:

نورزاد شاهمراد محله، ابوالفضل و رحمت مدندوست (1397). تأثیر تأخیر زمانی در انتقال بتن حاوی کندگیرکننده و فوق روان کننده بر روی مقاومت بتن. پنجمین کنفرانس ملی دستاوردهای اخیر در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، تهران. برنجیان، جواد و یاسمن روحی نامقی (1399). بررسی تأثیر افزودنی دیرگیر کننده در خواص کارایی و مکانیکی بتن. بیست و سومین همایش ملی سالیانه بتن و زلزله مرکز تحقیقات بتن (متب)، تهران.

در گزارش انجمن بتن آمریکا، افزودنی حباب هوا ساز بتن به این صورت تعریف شده است: «افزودنی‌هایی که باعث توسعه سیستم حباب‌های هوای میکروسکوپی در بتن، ملات و خمیر سیمان در طول اختلاط می‌شوند».

آیین‌نامه بتن ایران (آبا) نیز افزودنی حباب هوا ساز را به این صورت تعریف کرده است: «موادی هستند که سبب تشکیل حباب‌های بسیار ریز هوا که به طور یکنواخت در حجم بتن یا ملات توزیع شده‌اند می‌گردند. این حباب‌ها باید پس از سخت شدن بتن یا ملات در آن باقی بمانند.»

تاریخچه افزودنی حباب هوا ساز بتن

در اوایل دهه‌ی ۱۹۳۰ در آمریکا، عوامل حباب هوا ساز امروزی به طور تصادفی کشف شدند. در آن زمان پس از اجرای یک جاده با استفاده از روسازی بتنی مشاهده کردند که بتن بعضی از بخش‌های جاده در مقابل سرما و یخبندان مقاوم است، در حالی که بخش‌های دیگر روسازی بتنی در مقابل سرما و یخبندان بسیار آسیب دیده‌اند.

پس از بررسی‌های بیشتر دریافتند که سیمان مورد استفاده در محدوده‌هایی که بتن آن دوام خوبی در برابر یخبندان دارد، از آسیاب‌هایی به دست آمده که قبلاً در صنعت شمع‌سازی، برای خرد کردن چربی گاو استفاده می‌شد. بنابراین دریافتند که چربی گاو به عنوان حباب ساز عمل کرده و دوام بتن را افزایش داده است.

بعد از آن استفاده از عوامل حباب هوا ساز بتن به صورت آگاهانه رواج یافت. در آن زمان، بیشتر افزودنی‌های حباب ساز بر اساس نمک‌های رزین چوب بودند. این مواد محصول جانبی فرآیند بازیافت حلال‌های متنوع و کلیوفون از تنه‌ی درخت کاج بودند.

آن‌ها در ابتدا در بازار با نام وینسول و بعدها با نام تجاری وینسول رزین ارائه شدند. تا پنجاه سال بعد، یعنی تا سال ۱۹۸۰ از وینسول رزین خنثی شده برای حباب سازی استفاده می‌شد تا اینکه افزودنی‌های دیگری با منشأهای متفاوت وارد بازار شدند، زیرا منابع وینسول رزین محدود بود.

امروزه افزودنی‌های حباب هوا ساز بتن بسیار رایج شده‌اند؛ به طوری که بیش از ۸۰ درصد بتن‌های سیمان پرتلند مورد استفاده در روسازی آمریکا دارای افزودنی حباب هوا سازند.



افزودنی‌های حباب هوا ساز به دو دسته مواد جامد و محلول در آب تقسیم

می‌شوند.

انواع افزودنی‌های حباب هوا ساز بتن

در حالت کلی موادی که برای افزایش مقاومت بتن در برابر سرما و یخبندان به کار می‌رود، به دو دسته کلی **مواد جامد و افزودنی محلول در آب** تقسیم می‌شوند.

مواد جامد حباب ساز بتن

گرچه این مواد در دسته‌ی انواع افزودنی بتن مثل افزودنی‌های حباب هوا ساز بتن قرار نمی‌گیرند، اما می‌توانند همانند افزودنی‌های حباب ساز، دوام بتن را در برابر چرخه ذوب - یخ افزایش دهند؛ زیرا این مواد، ذرات جامدی‌اند که دارای سیستم تخلخل مناسب می‌باشند و می‌توانند نقش حفرات هوا را در بتن ایفا کنند. این مواد می‌توانند **گوی‌های پلاستیکی توخالی**، **آجر خرد شده**، **رس یا شیل منبسط شده** و... باشند.

تجربیات قبل نشان داده است که وقتی از مواد غیر آلی استفاده می‌شود، اندازه‌ی حفره‌های ذرات باید ۱,۱۸ میلی‌متر تا ۳۰۰ میکرومتر (الک نمره ۱۶ تا ۵۰) باشد و تخلخل کلی مواد باید حداقل ۳۰ درصد و اندازه‌ی ذرات باید ۰,۰۵ میکرومتر تا ۳ میکرومتر باشد.

این مواد در بعضی کاربردها نسبت به افزودنی‌های حباب ساز محلول برتری دارد، زیرا عواملی چون **افزودنی‌های دیگر، دما، پرداخت، مواد مکمل سیمانی** بر این گونه سیستم حفرات هوا تأثیر نمی‌گذارد.

از سوی دیگر کاربرد این مواد در همه بتن‌ها امکان‌پذیر نیست، زیرا ساختار داخلی این مواد با ماتریس سیمان یکسان نبوده و باعث ناهمگنی بتن می‌شود. در مجموع کاربرد این مواد در مقایسه با افزودنی‌های حباب ساز بسیار محدودتر است. در ادامه این فصل، صرفاً کاربرد مواد افزودنی حباب هوا ساز بتن برای بهبود مقاومت بتن در برابر سرما و یخبندان بررسی می‌شود.

ترکیبات محلول در آب حباب هوا ساز بتن

این مواد متعلق به گروهی از مواد شیمیایی به نام «**عوامل فعال ساز سطحی**» یا «**سورفکتانت**» هستند که در یک سر خود، زنجیره‌ی بلند هیدروکربنی و در سر دیگر خود، جزو قطبی دارند.

یک سر قطبی تمایل دارد تا در آب قرار گیرد، اما سر دیگر (غیرقطبی) تمایل دارد در هوا قرار گیرد. سورفکتانت‌ها در سر قطبی شامل یک نمک هستند که پس از حل شدن در آب، آن سر قطبی تجزیه شده و بر اساس نوع گروه قطبی مؤثر در این مواد، یکی از اجزای نمک در عملکرد سورفکتانت اثرگذار خواهد بود.

عوامل فعال سطحی نیز می‌توانند بر اساس انواع گروه‌های قطبی به دسته‌های زیر تقسیم شوند. منظور از عوامل فعال سطحی، نوع **یون مؤثر در نمک سر قطبی سورفکتانت‌ها** می‌باشد.

۱. **عوامل آنیونی**: بیشترین نوع آنیون‌های مورد استفاده در این گروه، سولفات است که می‌تواند شامل ترکیبات هیدروکربن‌های سولفانات، استرهای سولفونات و کربوکسیلات‌ها باشد. رایج‌ترین یون‌های مثبت مورد استفاده در نمک سورفکتانت، گروه آنیونی سدیم، آمونیوم، تری اتانول آمونیوم و $\text{NH}^+(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})$ است. رزین‌های وینسول خنثی شده نیز در این دسته قرار می‌گیرند.

۲. **عوامل کاتیونی**: رایج‌ترین نمک‌های مورد استفاده در سری عوامل کاتیونی، **گروه‌های آمینی و آلکیلی** هستند. به عنوان مثال می‌توان به آلکیل آمین هیدروکلریدها $\text{RNH}_3^+ \text{Cl}^-$ و آلکیل تری متیل آمونیوم برومید $\text{RN}(\text{CH}_3)_3^+ \text{Br}^-$ که R در آنها گروه آلکیل است، اشاره کرد.

۳. **عوامل غیر یونی**: این گروه از عوامل فعال سطحی، بدون بار الکتریکی تلقی می‌شوند، اما پیوندهای واندروالس که در بین مولکول‌های تشکیل‌دهنده این عامل وجود دارد، باعث به وجود آمدن مقدار جزئی بار الکتریکی در مولکول‌های تشکیل‌دهنده عامل شده و در نهایت، منجر به جهت‌گیری قطبی آن خواهد شد. رایج‌ترین عوامل فعال سطحی غیر یونی، **آلکانول آمیدها و پلیمرهای آلکیلن اکسید** هستند؛ مثل: پلی اتیلن گلاکول استرها $\text{RCO}(\text{OC}_2\text{H}_4)_n\text{OH}$ ، دی آلکانول آمید $\text{RCON}(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{OH})_2$

۴. **عوامل آمفوتری**: منظور از این گروه از عوامل فعال سطحی، ترکیباتی هستند که در سر قطبی خود از ترکیب اسید و باز تشکیل شده‌اند. این دسته می‌تواند بر پایه اسید و بازهای قوی یا ضعیف باشد. در این گروه از عوامل فعال

سطحی، اسید سر منفی و باز سر مثبت، گروه قطبی را تشکیل می‌دهند. چهار گروه رایج این دسته، کربوکسیلات‌ها با پایه ضعیف، کربوکسیلات‌ها با پایه قوی، سولفونات‌ها با پایه ضعیف و سولفونات‌ها با پایه قوی هستند.

در ادامه می‌توان سورفکتانت‌ها را به طور کلی بر اساس نمک‌های تشکیل‌دهنده آنها به صورت زیر دسته‌بندی نمود.

- نمک‌های رزین چوب (آنیونی)
- پاک‌کننده‌های مصنوعی (آنیونی، غیر یونی)
- نمک‌های لیگنین سولفوناته شده (آنیونی)
- نمک‌های اسیدهای نفت خام (آنیونی، غیر یونی و کاتیونی)
- نمک‌های مواد پروتئین‌دار (آنیونی، کاتیونی)
- اسیدهای چرب و صمغی و نمک‌های آنها (آنیونی)
- نمک‌های آلی هیدروکربن‌های سولفوناته (آنیونی)

در این دسته‌بندی، منظور از کلمات آنیونی، کاتیونی و غیر یونی، نوع گروه قطبی در سورفکتانت می‌باشد. فعال‌های سطحی آنیونی نسبت به دیگر عوامل فعال سطحی، کاربرد بیشتری دارند، زیرا حباب‌های ایجاد شده توسط آنها در بتن بیشتر پایدار است.

سختی و خصوصیات عملکردی افزودنی‌های رایج حباب هوا ساز بتن

نوع افزودنی	تعریف شیمیایی	طبقه‌بندی
سختی بتن	نمک قلیایی با آلکانول آمین	نمک‌های اسیدی حاصل از چوب
سختی بتن	مخلوطی از اسیدهای سه حلقه‌ای، فنول‌ها و ترپن‌ها	وینسول رزین
سختی بتن	اسیدهای سه حلقه‌ای - جزء اصلی تشکیل‌دهنده اسیدهای سه حلقه‌ای - جزء فرعی تشکیل‌دهنده	رزین چوب
سختی بتن	اسیدهای چرب - جزء اصلی تشکیل‌دهنده اسیدهای سه حلقه‌ای - جزء فرعی تشکیل‌دهنده	روغن تال
سختی بتن	اسیدهای چرب نارگیل، نمک‌های آلکانول آمین	اسیدهای چرب گیاهی

متر افزودنی‌ها سازگار است.
تشکیل سریع حباب می‌شود.
لانی شدن زمان هم‌زدن میزان کمتری حباب از دست می‌رود.

های با اندازه‌ی بزرگ ایجاد می‌کند. افزودنی‌های فوق روان کننده ناسازگار است. برای ساخت بتن سبک کافی استفاده شود.	آلکیل – آریل اتوکسیلات‌ها	پاک‌کننده‌های مصنوعی
لا در ملات‌های بنایی استفاده می‌شود.	نمک قلیایی آلکانول آمین لیگنوسولفات	مواد افزودنی مصنوعی بهبوددهنده کارپذیری
حاضر این مواد به ندرت برای ایجاد بتن دارای هوای اضافه استفاده می‌شوند. مواد پروتئین‌دار چربی حیوانات	باقی‌مانده نفتی اکسیژن‌دار متفرقه	

افزودنی‌های حباب ساز محلول در آب، از مواد اولیه و پیچیده‌ای تولید می‌شوند. بنابراین منابعی که این افزودنی‌ها از آن به دست می‌آیند و روش تولید آنها بسیار متفاوت است. در ادامه دو گونه رایج و پرکاربرد افزودنی‌های حباب هوا ساز بتن با جزئیات بیشتری بررسی خواهد شد.

مشتقات حاصل از چوب: در چند دهه‌ی اول بعد از معرفی عوامل حباب هوا ساز بتن، یکی از پرمصرف‌ترین تولیدات، رزین

وینسول خنثی شده بود. این ماده از محصولات فرعی فرآیند بازیافت حلال‌های متنوع و صمغ‌های چوب کاج است. بعد از فرآیند عصاره‌گیری با هیدروکربن‌ها، پس‌مانده‌ای نامحلول باقی می‌ماند. این رزین پیچیده از ۶۰ درصد ترکیب‌های فنول، ۱۵ درصد موم و اسید رزین تشکیل شده است. برای اینکه به عنوان افزودنی در بتن عمل کند، ابتدا باید توسط سدیم هیدروکسید خنثی شده و به حالت محلول تبدیل شود تا صابون سدیم محلول تشکیل گردد. این خنثی شدن به افزودنی اجازه می‌دهد بلافاصله بعد از اضافه شدن و مخلوط شدن با مخلوط بتن به شکل قشر نازکی اطراف حباب‌ها درآید و دیگر نیازی به واکنش اضافه با مواد قلیایی تولید شده ناشی از هیدراتاسیون سیمان نداشته باشد. حباب‌های هوای ایجاد شده در بتن، دارای افزودنی‌های حباب ساز بر پایه‌ای غیر از وینسول رزین، در مقایسه با حباب‌های تولید شده توسط سایر گروه‌های عوامل حباب ساز اندازه‌ی متوسطی دارند. محصولات دیگر که معمولاً محصول فرعی فرآیندهایی روی چوب هستند، از لحاظ شیمیایی مشابه افزودنی‌های حباب هوا ساز بتن بر پایه‌ای غیر از وینسول رزین می‌باشند، در حالی که مشتقات چوب (مانند اسیدهای سه حلقه‌ای) عمدتاً جزو اصلی سازنده این مواد هستند. گروه دیگر مواد که از فرآیندهای انجام شده روی چوب به دست می‌آید، روغن تال هستند. این مواد شامل اسیدهای چربند که توسط زنجیره‌ی بلند هیدروکربنی که با گروه کربوکسیلیک (-COOH) پایان می‌یابند. این مواد شامل اسید اولئیک غیر اشباع و اسیدهای اشباع با دنباله‌ی کربنی ۸ تا ۱۸ اتم کربن، مثل اسید کابریک (C9) می‌باشند و حباب را بسیار آهسته‌تر از افزودنی‌های حباب ساز بر پایه‌ای غیر از وینسول رزین ایجاد می‌کنند. حباب‌های هوا ممکن است با طولانی شدن اختلاط زیاد شوند و به همین صورت اسیدهای بیشتری با مواد قلیایی تولید شده در طول هیدراتاسیون سیمان واکنش دهند. در نظر داشته باشید **حباب تولید شده توسط این افزودنی‌ها در مقایسه با سایر افزودنی‌های رایج کوچک‌تر است.**

پاک‌کننده‌های مصنوعی: در فرآیندهای صنعتی که به منظور تولید روغن‌های موتور و نفت سفید انجام می‌شود، اسیدهای سولفونیک معطر به عنوان محصول فرعی این فرآیند تولید شده و این مواد خواص پاک‌کنندگی خوبی از خود نشان می‌دهد. این گروه به طور کلی شامل **آریل – آلکیل سولفونات** است.

سولفونات‌ها را می‌توان معمولاً با سود سوزآور خنثی کرد تا به شکل سدیم سولفات محلول در آب درآیند. ترکیباتی از این دست که برای تولید افزودنی حباب هوا ساز بتن استفاده شده‌اند، شامل: **ارتو و پراسدیم دو دسیل بنزن سولفونات و سدیم دو دسیل سولفات** می‌باشند.

هنگامی که پاک‌کننده‌های مصنوعی سبب تولید سریع حباب‌های هوا در بتن می‌شوند، حباب تولید شده توسط پاک‌کننده‌های مصنوعی، درشت‌تر از حباب‌هایی است که با استفاده از مشتقات چوب تولید شده‌اند. کاربرد اصلی این مواد تولید کف است. بعضی نیز به عنوان افزودنی‌های حباب ساز استفاده می‌شوند. پاک‌کننده‌های مصنوعی را می‌توان با افزودنی‌های کاهنده‌ی آب مخلوط کرد تا افزودنی کاهنده‌ی آب و حباب ساز ایجاد شود. مکانیزم تولید هوا توسط افزودنی‌های حباب هوا ساز بتن

هوای ایجاد شده در بتن به طور کلی با هوای محبوس شده در بتن متفاوت است. هوای محبوس شده در بتن به صورت اتفاقی در بتن پایدار شده و اندازه‌ی آنها حدود ۱ میلی‌متر تا ۳ میلی‌متر است، اما حباب‌های موجود در بتن که توسط افزودنی‌های حباب ساز ایجاد می‌شوند، به صورت عمدی در بتن پایدار شده‌اند و اندازه‌ی آنها در حدود ۰,۰۵ میلی‌متر تا ۰,۲ میلی‌متر است.

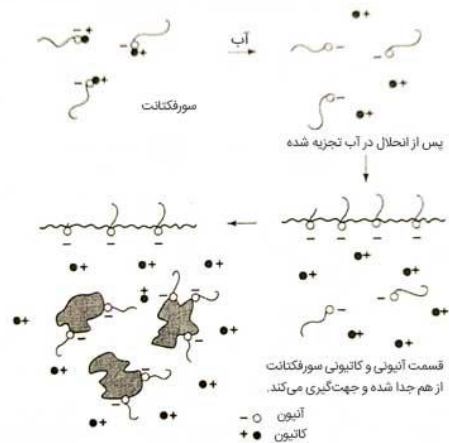


نمای شماتیک سورفکتانت‌ها

نکته‌ی مهم این است که افزودنی حباب هوا ساز بتن در مخلوط بتن حباب تولید نمی‌کند، بلکه حباب‌هایی که در طول فرآیند اختلاط وارد بتن می‌شود را پایدار می‌کند. این فرآیند کاملاً با فرآیند تولید گاز توسط افزودنی‌های گازساز متفاوت است و هر یک کاربردهای متفاوتی دارند.

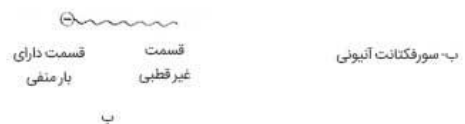
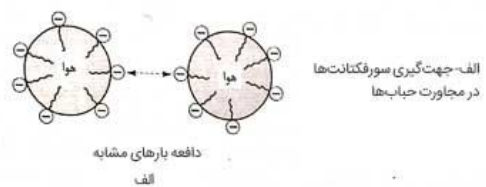
افزودنی‌های گازساز و کاربردهای آن در فصل ششم بررسی شده است. به طور کلی افزودنی‌های حباب هوا ساز بتن از عوامل فعال سطحی که به سورفکتانت‌ها مشهور هستند، تشکیل شده‌اند. سورفکتانت‌ها شامل دو قسمت **آب‌گریز (قسمت بدون بار) و آب‌دوست (قسمت باردار)** هستند.

در شکل زیر مراحل انحلال افزودنی‌های حباب هوا ساز بتن در آب و به دنبال آن، جدا شدن آنیون از کاتیون و ایجاد جاذبه بین آنیون‌ها در خمیر سیمان نشان داده شده است. سرقطبی افزودنی‌های حباب ساز پس از انحلال در آب تجزیه شده و قسمت آنیونی (سورفکتانت‌ها) از قسمت کاتیونی جدا می‌شود.



مراحل تجزیه و انحلال سورفکتانتها در آب

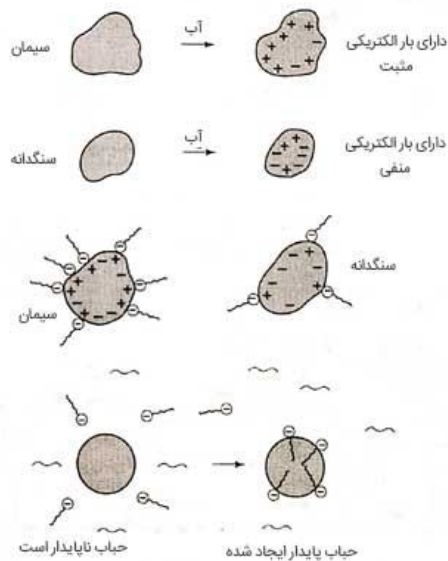
گروه قطبی سورفکتانتها به سمت آب جهت گیری می کند، در حالی که زنجیره هیدروکربنی آنها به سمت هوا جهت گیری می کند و در داخل حباب قرار می گیرد. بدین ترتیب، کشش سطحی آب کم می شود.



نحوه جهت گیری سورفکتانتها در آب

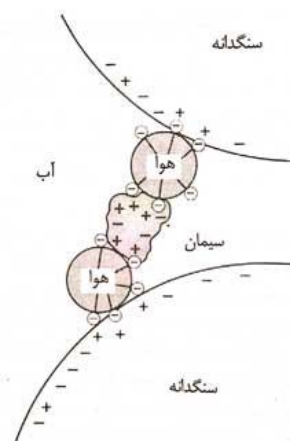
کشش سطحی کم، حبابها را در برابر تغییر شکل و گسیختگی مکانیکی پایدار می کند. این امر باعث می شود حبابها راحت تر تشکیل شده و با قطره های نسبتاً کوچک تر پایدار شوند. در نبود افزودنی حباب هوا ساز بتن، فشار داخلی حبابهای موجود در بتن زیاد خواهد بود.

بنابراین، قطر حبابهای موجود در بتن سخت شده که از افزودنی های حباب ساز استفاده نشده است، معمولاً بزرگ تر از ۰,۱ میلی متر است؛ زیرا با کاهش قطر حبابها، فشار داخلی حباب بیشتر می شود. بنابراین حبابهای با قطر کمتر از ۰,۱ میلی متر، تمایل پیدا می کنند در آب اختلاط حل شوند.



جهت گیری سورفکتانتها در مخلوط بتن

با توجه به آنچه گفته شد، با اضافه کردن افزودنی حباب هوا ساز بتن به مخلوط بتن، سخت شدن طیف گسترده‌ای از حباب‌ها (با اندازه‌ی قطر بین ۰,۰۰۱ میلی‌متر تا ۱ میلی‌متر) به وجود می‌آید که به صورت تصادفی در بتن پخش شده‌اند.



مکانیزمی که به وسیله‌ی آن حباب هوا در بتن پایدار می‌ماند.

این حباب‌ها بیشتر تمایل دارند اطراف سنگدانه‌ها جمع شوند. این امر باعث کاهش مقاومت بتن می‌شود، اما می‌توان با رعایت شرایطی این تأثیر منفی را کاهش داد.

خنثی کردن افزودنی‌های حباب ساز بتن

در بعضی پروژه‌ها ممکن است به صورت تصادفی، افزودنی حباب هوا ساز بتن بیش از اندازه‌ی مورد نیاز در بتن ریخته شود.

برای جلوگیری از تولید هوای اضافه، می‌توان از مواد ضدکف برای خنثی‌سازی افزودنی‌های حباب ساز استفاده کرد.

از جمله مواد ضدکف، می‌توان تری بوتیل فسفات، دی بوتیل فسفات، اکتیل الکل، استرهای نامحلول کرینیک اسید، بوریک اسید و سیلیکون‌ها را نام برد. مقدار کمی از این مواد، مشکل را برطرف می‌کند. استفاده بیش از اندازه این مواد، ممکن است بر خصوصیات بتن نتیجه‌ی عکس بگذارد.

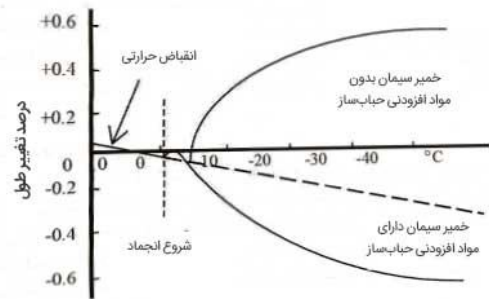
بیشتر بخوانید: افزودنی‌های کاهنده آب و دیرگیر بتن

عملکرد حباب هوا ساز بتن در شرایط سرما و یخبندان

دوام بتن در برابر چرخه‌های ذوب-یخ، در حضور حباب هوا ساز بتن

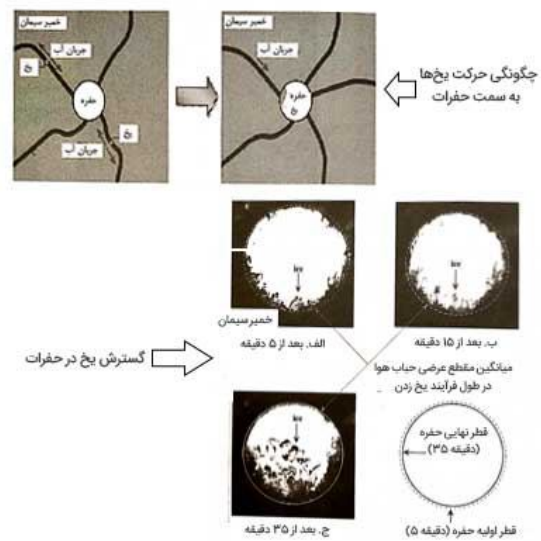
مهم‌ترین دلیل استفاده از افزودنی‌های حباب ساز، دستیابی به **دوام و پایداری مطلوب** در برابر چرخه‌ی ذوب - یخ است. به طور کلی تمام بتن‌ها دارای ترک‌های مویی‌اند که داخل آنها رطوبت جمع می‌شود. وقتی بتن‌ها در معرض چرخه‌ی ذوب - یخ قرار بگیرند، به دلیل یخ زدن آب موجود در داخل حفره‌های مویینه و افزایش حجم آن به سرعت تخریب می‌شوند. یخبندان باعث ایجاد دو نوع فشار داخلی در بتن می‌شود: **فشار هیدرولیکی و فشار اسمزی**.

فشار هیدرولیکی: فشارهای هیدرولیکی در بتن از انبساط ناشی از یخ زدن آب داخل حفرات ایجاد می‌شود. برخلاف تصور، وقتی دمای بتن به صفر می‌رسد، تنها بخشی از آب درون حفره یخ می‌زند؛ زیرا درجه منجمد شدن آب حفره‌ای به قطر حفرات بستگی دارد و از آنجا که بتن شامل طیف وسیعی از حفره‌ها از لحاظ اندازه است، انجماد آب حفره‌ای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد است.



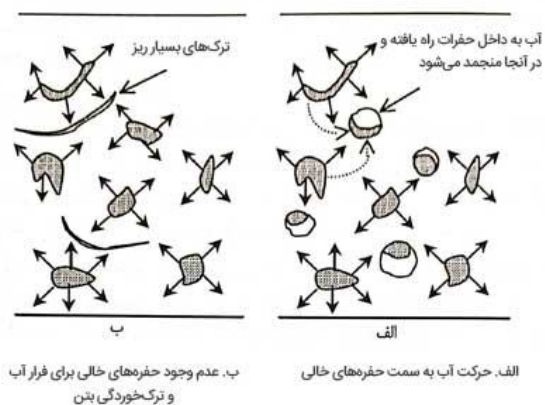
تأثیر کاهش دما بر حجم بتن

آب در داخل حفره‌هایی به قطر ۱۰ نانومتر تا دمای ۵- درجه سانتی‌گراد و همچنین در حفره‌هایی به قطر ۳,۵ نانومتر تا دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد نخواهد شد. با توجه به اینکه اندازه‌ی حفرات مویینه بسیار ریز است، با پایین آمدن دما، آب از روزنه‌های ژله‌ای به سمت حفرات مویینه که بعضی از آنها ممکن است شامل مقداری یخ باشند، فرار می‌کند و در آنجا منجمد می‌شود.



چگونگی حرکت یخ‌ها

افزایش حجم آب ناشی از انجماد سبب می‌شود آب باقیمانده در حفرات فشرده شود (لازم به ذکر است وقتی فشار ناشی از انبساط یخ به دیواره‌ی حفره وارد می‌شود که حداقل ۹۰ درصد حفره از آب پر باشد)، در این زمان اگر آب بتواند از حفره‌های مویی به طرف فضای خالی که هنوز در آنها یخ تشکیل نشده فرار کند، این فشار آزاد می‌شود و صدمه‌ی چندانی به بتن وارد نمی‌شود، اما اگر فضایی برای فرار وجود نداشته باشد، مواد اطراف حفره‌ها تحت فشار قرار می‌گیرند و سرانجام این فشار از مقاومت کششی خمیر بتن فراتر می‌رود و باعث گسیختگی و فرسایش بتن می‌شود.



چگونگی ایجاد فشار هیدرولیکی

برای افزایش دوام بتن در برابر سرما یخبندان، می‌توان حباب‌های ریزی در بتن ایجاد نمود که در صورت یخ زدن، آب بتواند به داخل این حفره‌ها نفوذ کند و از فشار ناشی از یخ زدن کاسته شود. این فضای خالی و حفرات که باعث کاهش فشار می‌شوند را می‌توان توسط مواد حباب ساز ایجاد کرد. در شکل زیر می‌توان مقاومت یک بتن حباب سازی شده را در مقایسه با بتن حباب سازی نشده در شرایط یخبندان مقایسه نمود.



مقایسه‌ی دوام بتن حباب‌سازی شده و حباب‌سازی نشده

در شرایط یخبندان (نمونه‌های بالا دارای مواد افزودنی حباب‌ساز بوده و نمونه‌های پایین بدون مواد افزودنی حباب‌ساز می‌باشند).

بیشتر بخوانید: دوام بتن چیست؟

برای اینکه تأثیر وجود حفره‌ها بر پایداری بتن در شرایط سرما و یخبندان بهتر درک شود، مثالی بررسی خواهد شد. اگر بطری در بسته‌ی پر از آبی منجمد شود، افزایش حجم ناشی از یخ زدن آب داخل بطری باعث ترکیدن بطری می‌شود، اما اگر در بطری باز باشد، یخ فضای لازم برای افزایش حجم را دارد و بطری دیگر نمی‌شکند.

حفاظت حباب‌ها از بتن در مقابل یخبندان، همانند مثال بالا عمل می‌کند. وجود حفرات هوای اضافی در بتن، باعث خنثی شدن افزایش حجم ناشی از منجمد شدن آب می‌شود. بنابراین به بتن آسیبی نمی‌رسد.

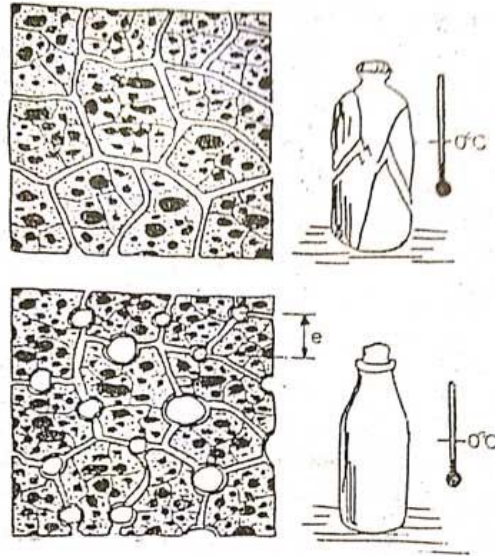
در ادامه‌ی فرآیند با افزایش مجدد دما، یخ شروع به آب شدن می‌کند. این آب به علت وجود خاصیت مویینگی و فشار ناشی از دیواره‌های حفره‌ها به درزهایی مویینه برمی‌گردد. بنابراین حفرات برای محافظت بتن در مقابل چرخه‌ی بعدی ذوب - یخ آماده می‌شوند. به زبان ساده، حباب‌ها به عنوان شیر اطمینان عمل می‌کنند.

فشار اسمزی: دومین عاملی که باعث تخریب بتن بر اثر سرما و یخبندان می‌گردد، فشار اسمزی است. فشارهای اسمزی به خاطر تغییر غلظت محلول قلیایی در خمیر سیمان گسترش می‌یابند. وقتی آب منجمد می‌شود، غلظت قلیایی آب مجاور (آب موجود در حفره که هنوز منجمد نشده) افزایش می‌یابد، بنابراین در آب موجود در بتن اختلاف غلظت به وجود می‌آید.

طبق فرآیند اسمزی، محلول قلیایی قوی‌تر، آب را از محلول قلیایی ضعیف‌تر موجود در حفره‌ها بیرون می‌کشد. این جابجایی آب تا وقتی که تعادل در غلظت مایع‌های قلیایی به دست آید، ادامه می‌یابد.

به طور کلی تأثیر فشارهای اسمزی نسبت به فشارهای هیدرولیکی در فرآیند یخبندان کمتر است، معمولاً فشار اسمزی در پدیده‌ی پوسته‌شدگی ناشی از استفاده ضد یخ‌ها تأثیرگذارتر است.

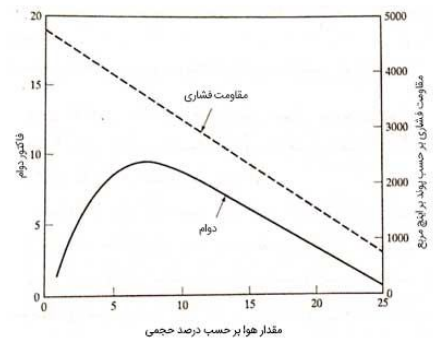
توجه به این نکته ضروری است که ضد یخ‌هایی که برای اجرای بتن در هوای سرد استفاده می‌شود، نه تنها مقاومت بتن سخت شده را در برابر سرما و یخبندان افزایش نمی‌دهد، بلکه دوام درازمدت بتن در برابر چرخه ذوب - یخ را به مخاطره می‌اندازد.



عملکرد حباب‌های اضافی در بتن در برابر فشارهای هیدرولیکی

هر چند مشخصات سیستم حفرات هوا بر مقاومت یخبندان بتن تأثیرگذار است، اما میزان هوای بهینه موجود در بتن، مهم‌ترین عامل مؤثر بر دوام بتن در برابر شرایط یخبندان است.

در بتنی که سنگدانه‌های آن کوچک‌تر از ۵ میلی‌متر است، میزان هوا باید در حدود ۱۹ درصد باشد (یعنی در حدود ۱۸ درصد حجم خیر بتن) و برای بتنی که حداکثر اندازه سنگدانه‌هایش ۲۰ میلی‌متر است، میزان هوای بهینه باید در حدود ۶ درصد باشد، زیرا وقتی سنگدانه‌ها درشت‌تر می‌شوند، حجم خمیر بتن کم می‌شود. اضافه کردن مقدار حباب بیش از مقدار بهینه، به شدت از مقاومت مکانیکی و دوام در برابر یخ‌زدگی خواهد کاست.



اثر درصد حباب بر مقاومت و پایداری بتن (در همه نمونه‌ها نسبت آب به سیمان،

اسلامپ و درصد ماسه ثابت هستند).

++ بتن قبل از یخ زدن فقط باید گاهی در معرض رطوبت باشد و تحت تأثیر مواد شیمیایی یخ‌زدا نباشد، مانند: تیرها، دیوارهای خارجی و ...

+ بتن قبل از یخ زدن، باید به طور مداوم در معرض رطوبت باشد و یا در معرض مواد شیمیایی یخ‌زدا نباشد، مانند: رویه بتنی، عرشه پل، مخازن آب و ...

* منظور از بتن رده ۱ و ۲ به ترتیب، بتنی با حداکثر مقاومت فشاری ۲۸ روزه ۳۵ و ۳۲ مگاپاسکال و حداکثر نسبت آب به مصالح سیمانی ۰,۴۰ و ۰,۴۵ است.

** از گروه ۱ برای بتن در معرض چرخه ذوب و یخ و از گروه ۲ برای بتنی که در معرض ذوب و یخ قرار نمی‌گیرد، استفاده می‌شود.

میزان هوای توصیه شده در بتن در شرایط محیطی

حداکثر اندازه‌ی سنگدانه‌ها	نمونه کنترل	
	شدید (+)	متوسط (++)
9.5	7.5	6
12.5	6	5.5
19	6	5
25	6	4.5
37	5.5	4.5
50	5	-
75	4.5	-

9

هوای توصیه شده در بتن توسط کمیته ACI212

محدوده مقدار هوای موجود در بتن با در نظر گرفتن حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌ها

رده بتن	10 میلی‌متر	14 – 20 میلی‌متر	28 – 40 میلی‌متر
1	6 تا 9	5 تا 8	4 تا 7
2	5 تا 8	4 تا 7	3 تا 6

از سوی دیگر با استفاده از مواد حباب ساز می‌توان در اسلامپ ثابت نسبت آب به سیمان را کاهش داد که این امر مقاومت مکانیکی را زیاد و نفوذپذیری بتن را کم می‌کند و باعث بالا رفتن دوام بتن در برابر پدیده‌ی ذوب – یخ می‌شود. برای مقدار ثابت حباب، چنانچه نسبت آب به سیمان زیاد شود، فاصله‌ی حباب‌ها و اندازه‌ی حباب‌ها زیاد می‌گردد. بنابراین برای رسیدن به دوام مورد نظر، باید حباب بیشتری ایجاد کرد. رابطه میان نسبت آب به سیمان و حجم هوا مورد نیاز در بتن سخت شده در ذیل نشان داده شده است.

نسبت سیمان و فاکتور فاصله

نسبت آب به سیمان	حجم هوا (%)	فاکتور فاصله (mm)	مسطح خطی برای یک چرخه ذوب و یخ (%)
0.35	4.8	0.11	0.00004
0.45	0.7	0.14	0.00014
0.55	5.2	0.15	0.00021
0.65	4.9	0.18	0.00026
0.75	5.3	0.23	0.00036

پایداری بتن در برابر یخبندان به عوامل زیادی وابسته است که باید تمام این موارد در پایایی بتن در نظر گرفته شود. قابلیت نفوذپذیری بتن، درجه اشباع بتن، مقدار آب قابل انجماد و نرخ نادیده گرفته شدن، ممکن است در نتیجه‌ی نهایی آزمایش تأثیر بگذارد.

دوام بتن در برابر نمک‌های یخ‌زدا

ضد یخ‌های شیمیایی که برای ذوب کردن برف و یخ سطح راه‌ها استفاده می‌شود، می‌تواند باعث تشدید پوسته‌شدگی سطحی بتن شود. این تخریب عمدتاً یک عمل فیزیکی است. دلیل این عمل را می‌توان ایجاد فشار اسمزی در بتن دانست. اگر این فشار به حالت بحرانی برسد، بتن تخریب خواهد شد؛ اما اگر حباب‌ها در سطح داخلی بتن وجود داشته باشند، این فشارها کمتر خواهند شد.

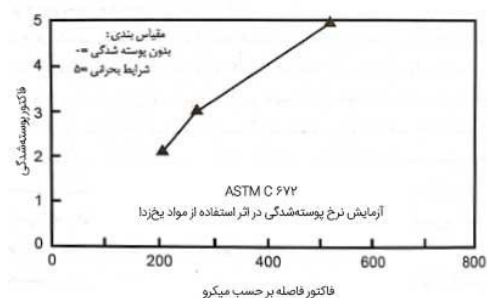
علاوه بر این مورد، نمک‌های ضد یخ به روش‌های دیگر نیز بر دوام بتن تأثیر منفی می‌گذارند. نمک‌های ضد یخ دارای خصوصیت جاذب رطوبتی هستند و این امر باعث می‌شود آب را به خود جذب کنند و بتن اشباع‌تر بماند. بنابراین پتانسیل تخریب در برابر پدیده‌ی ذوب – یخ افزایش می‌یابد. مطالعات نشان داده است که در غیاب یخبندان هم، تشکیل کریستال‌های نمک در بتن (از منابع خارجی کلریدها، سولفات‌ها و دیگر نمک‌ها) ممکن است باعث پوسته‌شدگی بتن شود.

حضور حفره‌های هوا در بتن، فضای خالی برای رشد کریستال‌ها را فراهم می‌کند، بنابراین تنش داخلی بتن کاهش می‌یابد (این راه‌حل همانند راه‌حل محافظت بتن در مقابل یخبندان است). از این رو، بتن در مقابل این گونه تخریب‌ها محافظت می‌شود.

نوع ضد یخ بتن در شدت تخریب بتن بسیار حائز اهمیت است؛ برای مثال نمک‌های آمونیوم و سولفات نباید روی سطح بتن مصرف شوند، اما سدیم کلرید، کلسیم کلرید و اوره برای ذوب کردن برف و یخ تشکیل شده روی بتن‌های غیر مسلح مناسب هستند. این مواد تأثیر شیمیایی کمتری بر بتن دارند. البته آزمایش‌ها نشان داده است کلسیم کلرید غلیظ می‌تواند باعث حمله شیمیایی به بتن شود.

ضد یخ‌های منیزیم کلرید نیز وجود دارند، اما این مواد باعث تشدید بیشتر پوسته‌شدگی می‌شوند. وسعت پوسته‌شدگی علاوه بر نوع ضد یخ، به میزان آن و تکرار کاربرد آن نیز وابسته است. کلاً در سطوحی که زه‌کشی مناسبی ندارند، **تخریب و پوسته‌شدگی ناشی از ضد یخ‌ها شدیدتر است**، زیرا ضد یخ‌ها برای مدت زمان قابل ملاحظه‌ای همان‌جا خواهند ماند. برای محافظت بتن در مقابل ضد یخ‌ها، در بتنی که حداکثر قطر سنگدانه‌ها ۳۸ میلی‌متر است، نفوذ هوا باید ۵ تا ۶ درصد باشد و اگر قطر سنگدانه‌ها بین ۱۹ تا ۲۵ میلی‌متر باشد، نفوذ هوا باید ۶ تا ۷ درصد باشد. مطابق با استاندارد کارایی CSA 23.1، فاکتور فاصله باید حداکثر **200 تا ۲۳۰ میکرومتر** باشد.

وابستگی فاکتور فاصله و پوسته‌شدگی ناشی از ضد یخ در شکل زیر نشان داده شده است. هر چند بتن حباب‌دار در برابر نمک‌های یخ‌زدا می‌تواند مقاومت کند، اما بهتر است تا یکسال اول بتن در معرض نمک‌های یخ‌زدا قرار نگیرد. همچنین در مورد بتن مسلح باید در نوع نمک‌های یخ‌زدا دقت بیشتری کرد، زیرا کلر موجود در نمک‌های یخ‌زدا باعث تسریع خوردگی آرماتورهای بتن می‌شود.

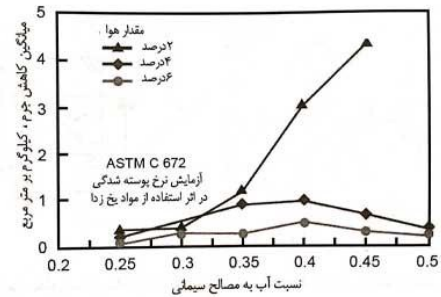


رابطه‌ی فاکتور فاصله و پوسته‌شدگی

هر چند با کم کردن نسبت آب به سیمان می‌توان مقاومت در برابر پوسته‌شدگی را کاهش داد، اما برای رسیدن به اسلامپ مورد نظر، باید افزودنی‌های حباب ساز (یا فوق روان کننده بتن) به بتن اضافه کرد. افزودنی‌های حباب ساز به نوبه خود باعث کاهش تخریب ناشی از نمک‌های یخ‌زدا می‌شود.

در شرایط بسیار بد جوی و در صورت استفاده از نمک‌های یخ‌زدا، نسبت آب به سیمان، حتی باید کمتر از ۰,۴ و میزان اسلامپ کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر باشد؛ مگر اینکه برای تأمین روانی بتن از افزودنی روان کننده بتن استفاده شود.

مقررات ACI 318 اجازه می‌دهد، حداکثر **10% دوده سیلیس**، **۲۵% خاکستر بادی**، **۵۰% روباره آهن‌گذاری** در بتن‌هایی که در معرض نمک‌های یخ‌زدا قرار دارند، استفاده شود. اضافه کردن افزودنی‌های معدنی در محدوده‌ی ذکر شده، تأثیری بر مقاومت پوسته‌شدگی بتنی که خوب طراحی، اجرا و عمل‌آوری شده باشد ندارد. البته در این مواقع، **حتماً باید مقاومت در برابر پوسته‌شدگی توسط آزمایشگاه تأیید شود**.



رابطه‌ی نسبت آب به سیمان و دوام در برابر پوسته‌شدگی در برابر ۴۰ چرخه

ذوب و یخ

بیشتر بخوانید: مقاومت بتن

مشخصات سیستم حفرات مناسب در بتن سخت شده

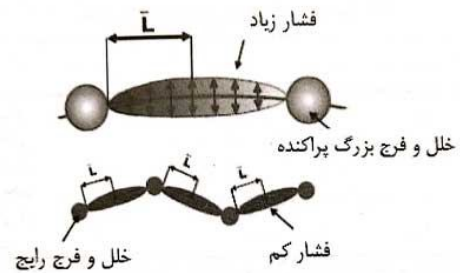
برای محافظت بتن در مقابل چرخه‌ی ذوب - یخ تنها وجود هوا یا دانستن میزان آن در بتن کافی نیست، بلکه باید خصوصیات دیگر سیستم حفرات هوا نیز در محدوده‌ی مجاز باشند؛ برای مثال حباب‌ها باید به طور یکسان در تمام حجم بتن پخش شده باشند تا آب موجود در منافذ مویینه بتواند قبل از انجماد، خود را به حفرات برساند.

این خصوصیات توسط پارامتری به نام فاکتور فاصله بیان می‌شود. فاکتور فاصله (L) به صورت میانگین فاصله‌ای که آب باید حرکت کند تا به فضای خالی برسد، تعریف می‌شود.

میزان پوزولان‌ها و پوسته‌شدگی

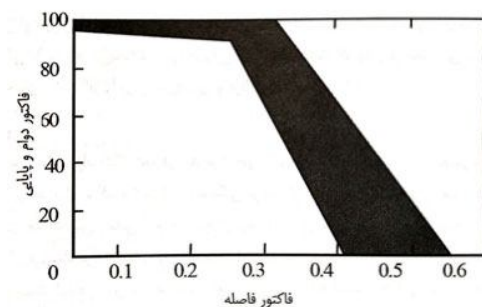
مخلوط	نمونه کنترل	دارای خاکستر بادی (گروه F)	دارای روباره	دارای شیل آهکی	شدگی روانی (%)
درصد جایگزینی بر حسب وزن سیمان	0	15	40	15	25
نرخ پوسته‌شدگی در چرخه بیست و پنجم	1	1	1	1	1
نرخ پوسته‌شدگی در چرخه پنجاهم	2	2	1	2	1

بتن دارای ۳۳۵ کیلوگرم مصالح سیمانی، سیمان نوع یک، نسبت آب به مصالح سیمانی ۰٫۵۰، اسلامپ برابر ۷۵ میلی‌متر و مقدار هوا برابر ۶٪ است. روش آزمایش بر اساس ASTM C672 می‌باشد. در این مقیاس، عدد ۱ نشان‌دهنده مقدار ناچیز پوسته‌شدگی بدون پیدا شدن سنگدانه‌ها و عدد ۲ نشان‌دهنده شرایط متوسط پوسته‌شدگی است. نتایج آزمایشگاهی نشان داده‌اند که فاکتور فاصله نباید خیلی بزرگ باشد تا فشار هیدرولیکی بتواند آزاد شود. همان‌طور که در شکل زیر نشان داده شده است، هر قدر فاصله میان حفرات هوا بیشتر باشد، فشار داخلی ناشی از سرما و یخبندان نیز افزایش می‌یابد. بدین ترتیب احتمال ترک‌خوردگی در بتن افزایش یافته و دوام بتن در شرایط سرما و یخبندان کاهش می‌یابد.



حباب هوای تولید شده توسط افزودنی حباب‌ساز

با مشخص بودن درصد حباب‌های هوا در بتن و میانگین فاکتور فاصله‌ی حباب‌ها، می‌توان تجسمی از پخش شدگی حباب‌ها در بتن به دست آورد. بنابراین برای دستیابی به بتنی که در مقابل سرما و یخبندان مقاومت خوبی از خود نشان دهد، باید هم درصد حباب‌های هوا و هم میانگین فاکتور فاصله در محدوده‌ی مجاز باشد.



رابطه‌ی فاکتور فاصله و دوام بتن

میانگین فاکتور فاصله باید کمتر از ۰,۲۳ میلی‌متر و هر فاکتور فاصله به تنهایی کمتر از ۰,۲۶ میلی‌متر باشند) این معیار پذیرفته شده‌ی میزان هوا در بتن سخت شده است و نباید با میزان هوای مورد نیاز مشخص شده در استاندارد CSA A23.1 برای بتن تازه اشتباه گرفته شود).

برای بتن‌های توانمند، با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰,۳۶، میانگین فاکتور فاصله نباید بیشتر از ۰,۲۵ میلی‌متر باشد.

همچنین هیچ یک به تنهایی نباید بزرگ‌تر از ۰,۳ میلی‌متر باشند) مطابق با استاندارد CSA A23.100).

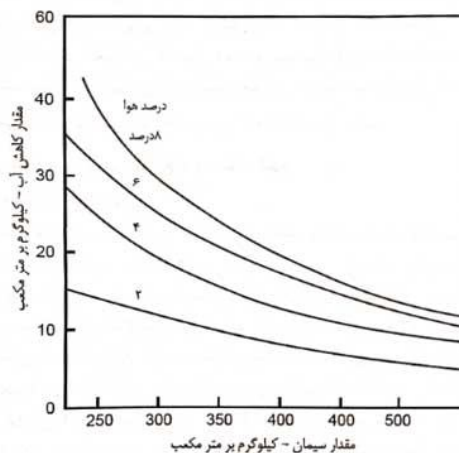
از دیگر متغیرهایی که نشان‌دهنده‌ی سیستم حفرات مناسب است، **سطح مخصوص حباب‌ها (نسبت سطح به حجم)** می‌باشد. سطح مخصوص حباب‌ها نباید کمتر از ۲۵ میلی‌متر مکعب بر میلی‌متر مربع باشد. فرکانس حباب‌ها نیز باید بین ۰,۳ تا ۰,۶ باشد.

تأثیر حباب‌سازی بر بتن تازه و سخت شده

تأثیر بر خصوصیات بتن تازه

با استفاده از مواد افزودنی حباب‌ساز در بتن، مخلوط بتن خمیری‌تری به دست خواهد آمد. با استفاده از این مواد در بتن، آب انداختگی و جداسازی بتن کاهش یافته و در نتیجه پایداری آن افزایش می‌یابد. بنابراین به طور کلی، کارپذیری بتن را افزایش می‌دهد؛ بخصوص در بتن کم‌مایه (بتن با میزان مواد سیمانی کم). حباب‌های میکروسکوپی هوا به عنوان

ساقمه‌های هوا عمل می‌کند که باعث کاهش اصطکاک بین ذرات سیمان و سنگدانه می‌شود. در نتیجه کارپذیری مخلوط افزایش می‌یابد. افزایش ۰,۵ تا ۱ درصدی هوا می‌تواند اسلامپ را ۳ سانتی‌متر افزایش دهد.



میزان کاهش آب در صورت اضافه کردن افزودنی حباب‌ساز در مخلوط

بتنی با اسلامپ ثابت

با افزودن ۴ درصد هوا، می‌توان ۱۲ تا ۲۵ کیلوگرم در متر مکعب از آب مصرفی کاست؛ بدون اینکه اسلامپ بتن کم شود. بنابراین با افزایش هوای ایجاد شده توسط مواد افزودنی حباب‌ساز، می‌توان از میزان آب مورد نیاز کاست. از سوی دیگر، افزودن مواد حباب‌ساز به بتن چسبندگی را بهبود می‌بخشد، زیرا افزودن این مواد باعث افزایش لزجت بتن می‌شود. در نظر داشته باشید ممکن است افزایش چسبندگی، کار را برای بتن‌ریزی و پرداخت دشوارتر کند.

مقاومت بتن

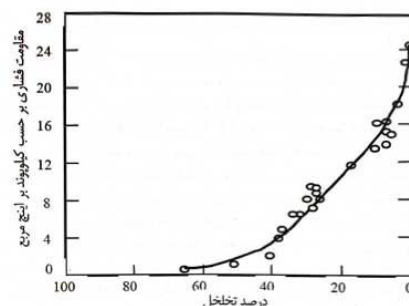
بتن همانند دیگر مواد شکننده، فرآیند ترک‌خوردگی و گسیختگی، شامل سه مرحله است: **ترک خوردن اولیه، رشد آرام ترک و انتشار دینامیکی ترک** که منجر به گسیختگی ماده می‌شود. انتشار این ترک‌ها در ملات بتن زمانی که حباب‌های ریز به صورت پراکنده قرار داشته باشند، به تعویق می‌افتد، زیرا لازم است ترک حباب را دور بزند. این فرآیند در دیگر مواد شکننده‌ی همگن به خوبی شناخته شده است، اما در بتن به صورت دقیق بررسی نشده است. فاکتور اصلی که مقاومت مواد شکننده را کنترل می‌کند، تخلخل است.

مدل‌های زیادی رابطه‌ی بین تخلخل و مقاومت را پیشنهاد کردند که بهترین این روابط، رابطه‌ی زیر است:

$$e^{-kxp} \times S = S_0$$

که در آن S مقاومت، S_0 مقاومت اولیه، p تخلخل و k ثابتی است که به شرایط وابسته است. رابطه مذکور، رابطه‌ای کلی است و نشان می‌دهد که با افزایش تخلخل مخلوطه بتنی، مقاومت آن کاهش می‌یابد.

بنابراین افزودن حباب به بتن، باعث کاهش مقاومت فشاری، خمشی و مدول الاستیسیته می‌شود. همان‌طور که در شکل زیر با استفاده از نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های بتنی نشان داده شده است، با کاهش میزان تخلخل، مقاومت فشاری به صورت نمایی افزایش یافته است.



رابطه‌ی تخلخل و مقاومت فشاری

کاهش مقاومت فشاری بتن به خاطر استفاده از حباب سازها با وجود بعضی شرایط، از جمله: **دمای زیاد، افزایش نسبت آب به سیمان، استفاده از سنگدانه‌های گرد به جای گوشه‌دار و افزایش میزان قلیایی بودن سیمان** بیشتر می‌شود، زیرا این عوامل باعث انباشتگی بیشتر حباب‌های اطراف سنگدانه‌های درشت می‌شوند و بتن از همین نقاط شکسته می‌شود. این مشکل که جمع‌شدگی حباب‌های هوا نامیده می‌شود، پدیده‌ای است که به طور تصادفی در بتن پراکنده شده و سبب کاهش قابل توجه در مقاومت فشاری بتن می‌گردد. در این پدیده، حباب‌های هوا اطراف درشت دانه‌ها تجمع پیدا کرده و در قسمت سطح تماس خمیر با سنگدانه، ناحیه‌ی متمرکز ضعیفی را تشکیل می‌دهد. بنابراین بارهای وارده بین خمیر سیمان و سنگدانه به دلیل وجود این ناحیه ضعیف به خوبی منتقل نشده و سبب کاهش مقاومت می‌شود.



نشان‌دهنده نرخ متفاوت از تجمع حباب هوا اطراف درشت دانه

این پدیده در شکل بالا نشان داده شده است. این پدیده را می‌توان بر اساس معیار چشمی دسته‌بندی کرد. مقیاس «صفر» نشان‌دهنده عدم وجود حباب هوای اطراف درشت دانه است. عدد «1» نشان‌دهنده وجود حباب هوا و تجمع کم و ناپیوسته آن اطراف درشت دانه می‌باشد.

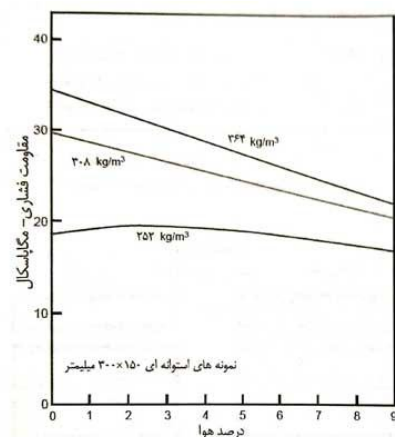
مقیاس «2»، نشان‌دهنده این است که اکثر یا همه سنگدانه‌ها توسط لایه‌ای از حباب هوا محاصره شده‌اند و در آخر مقیاس «3»، نشان‌دهنده وجود چندین لایه حباب هوا اطراف سنگدانه‌ها است.

هنگامی که در بتن از مواد حباب ساز استفاده شود، دسترسی به مقاومت‌های زیاد دشوار خواهد شد. بعضی از این قبیل کاهش مقاومت‌ها در مقابل دیگر منافع افزودنی‌های حباب ساز مانند افزایش کارپذیری، افزایش مقاومت در مقابل یخبندان قابل چشم‌پوشی است. افزایش ۱ درصدی هوا، باعث کاهش ۳ تا ۵ درصدی مقاومت فشاری می‌شود (در محدوده‌ی ۲۱ تا ۳۰ مگاپاسکال).

هر چه مقاومت اولیه بتن بیشتر باشد، این افت مقاومت نیز بیشتر است؛ حتی در بعضی مواقع تا ۹ درصد از مقاومت بتن می‌کاهد. در روسازی‌های بتنی ممکن است صفر تا ۲۰ درصد از مقاومت فشاری کم شود.

با اضافه شدن هر درصد هوا به بتن، مقاومت خمشی نسبت به مقاومت فشاری افت کمتری دارد؛ یعنی به ازای ۱ درصد هوا، مقاومت خمشی ۲ تا ۴ درصد کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است، وقتی از افزودنی‌های حباب ساز بر پایه‌ای غیر از وینسول رزین استفاده می‌شود، مقاومت فشاری و خمشی نسبت به زمانی که وینسول رزین استفاده می‌شود، کاهش بیشتری می‌یابد. از طرفی استفاده از مواد افزودنی حباب ساز بر مدول الاستیسیته بتن نیز مؤثر است. با اضافه شدن یک درصد هوا به بتن، مدول الاستیسیته ۲,۵ تا ۶ درصد کم می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که **افزایش هوا در بتن**، باعث بهبود ویژگی‌های بتن تازه و تأثیر منفی بر بتن سخت شده خواهد شد که این تأثیر منفی بر مقاومت فشاری بیشتر از مقاومت خمشی می‌باشد.

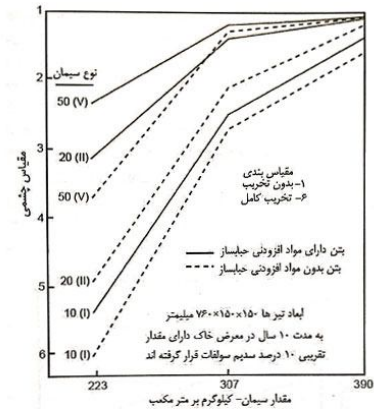
بیشتر بخوانید: ساختار بتن



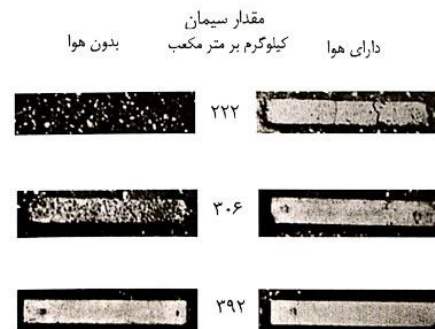
رابطه‌ی میزان هوا و مقاومت فشاری با توجه به محدوده مقاومت

مقاومت بتن در برابر حملات سولفاتی

مقاومت سولفاتی با استفاده از مواد حباب ساز، به طور غیرمستقیم افزایش می‌یابد، زیرا وقتی به بتن مواد حباب ساز اضافه می‌شود، می‌توان در اسلامپ ثابت نسبت آب به سیمان را کاهش داد. در نتیجه دوام بتن در برابر خاک‌ها و آب‌های سولفاتی بالا می‌رود.



رابطه‌ی حباب‌سازی و میزان سیمان در مقابل حمله‌ی خاک‌های سولفاتی



تأثیر حباب‌سازی بر مقاومت سولفاتی

مقاومت در برابر واکنش قلیایی - سیلیکاتی

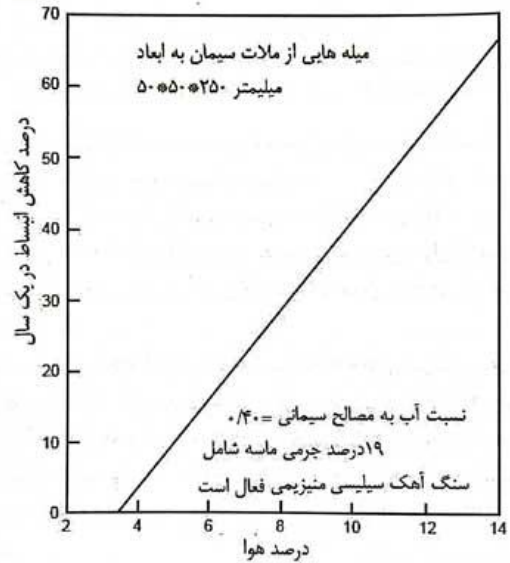
در صورت استفاده از سنگدانه‌های سیلیسی برای ساخت بتن، هیدروکسیدهای قلیایی حاصل از واکنش هیدراتاسیون با سیلیس سنگدانه‌ها واکنش می‌دهد و واکنش انبساطی ایجاد می‌شود که باعث شکسته شدن بتن می‌شود؛ اما با استفاده از افزودنی حباب هوا ساز بتن، مخلوط بتن در مقابل این پدیده مقاوم‌تر می‌شود.

عوامل مؤثر بر حباب‌سازی در افزودنی حباب ساز بتن

میزان هوای تولید شده، توزیع آن در ساختار بتن و نیز پایداری حباب‌ها در مراحل مختلف از هنگام ساخت بتن تا اجرای آن، به عوامل مختلف بستگی دارد. این عوامل در ادامه بررسی شده‌اند:

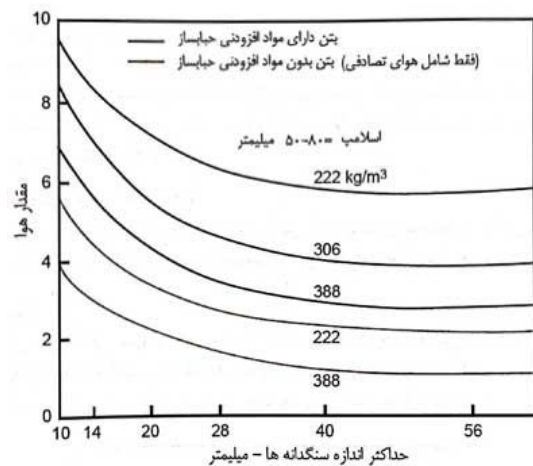
نوع سیمان

سیمان منبع اصلی یون‌های کلسیم است که به دیواره‌های حباب‌ها می‌چسبد و بار سطحی ذرات سیمان، فرصت مناسبی برای تشکیل حباب‌های هوا فراهم می‌کند. از طرفی سیمان معمولاً لزجت خمیر را افزایش می‌دهد و در نتیجه، می‌تواند به پایداری حباب‌ها کمک کند.



تأثیر حباب‌سازی بر مقاومت در برابر واکنش قلیایی - سیلیکاتی

از آن‌جا که ذرات سیمان باردار هستند، می‌توانند سر آب‌دوست سورفکتانت‌ها را قبل از تشکیل حباب‌ها جذب کنند. بنابراین هر چه سیمان بیشتر یا ریز دانه‌تر باشد، سر آب‌دوست سورفکتانت‌های بیشتری را جذب می‌کند و در نتیجه، حباب کمتری تولید می‌شود. با زیاد شدن سیمان از ۲۴۰ کیلوگرم تا ۳۶۰ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب بتن، میزان افزودنی حباب ساز باید دو برابر شود تا میزان هوا ثابت بماند.



رابطه میان میزان هوای تولید شده با اندازه سنگدانه‌ها و مقدار

سیمان (در این بررسی مقدار افزودنی حباب‌ساز به کار رفته به ازای هر واحد سیمان ثابت نگه داشته شده است). محتوای قلیایی سیمان (Na_2O) وقتی که در آب اختلاط محلول می‌شود، بر فرآیند حباب‌سازی تأثیر می‌گذارد. بدین ترتیب که به ازای مقدار مشخص افزودنی‌های حباب‌ساز، میزان هوا با زیاد شدن میزان قلیایی سیمان زیاد می‌شود. سیمان‌هایی که میزان قلیایی آنها کم است، ممکن است ۲۰ تا ۴۰ درصد (بعضی اوقات بیش از ۷۰ درصد) افزودنی حباب‌ساز بیشتری نسبت به سیمان با خاصیت قلیایی زیاد لازم داشته باشد تا بتواند میزان هوای یکسانی تولید کند.

رابطه بین اندازه ذرات سیمان و میزان هوای خمیر

اندازه ذرات سیمان
(شماره الک طبق استاندارد BS)

درصد هوا بر حسب حجم خمیر

44.1	52 – 20
32	100 – 52
24.8	200 – 140
21	بالاتر از ۲۰۰

دلیل این امر این است که افزایش غلظت قلیایی در محلول غلظت یون‌های کلسیم را کم می‌کند و از آن‌جا که سورفکتانت‌ها در حضور یون کلسیم ته‌نشین می‌شوند، کم شدن غلظت یون کلسیم باعث می‌شود سورفکتانت‌های بیشتری در محلول باقی بماند که باعث کشش سطحی کمتر و در نتیجه، ایجاد حباب‌های هوای بیشتر می‌شود. حضور سیمان به طور غیرمستقیم نیز بر میزان هوای بتن مؤثر است، مثلاً وجود روغن‌ها و رزین‌هایی که از زمان فرآیند تولید سیمان در آن باقی می‌ماند، ممکن است باعث ایجاد هوا در بتن شود.

سنگدانه‌ها

سنگدانه‌های مختلف به خاطر تفاوت عمده در منبع و فرآیند تولید، تأثیرات متفاوتی بر میزان هوا می‌گذارند. با این وجود با بررسی آزمایش‌های متفاوت، نتایج کلی به دست آمده که در ادامه بیان خواهد شد. از مهم‌ترین خصوصیات سنگدانه‌ها که بر میزان هوا در بتن تأثیر می‌گذارد، **دانه‌بندی سنگدانه‌ها** است. افزایش سنگدانه‌های درشت دانه باعث کاهش میزان هوای بتن می‌شود، زیرا میزان ملات در واحد حجم بتن کم می‌شود. افزایش میزان ریز دانه ماسه (الک نمره‌ی ۳۰ تا ۱۰۰) در دانه‌بندی، میزان هوای نهایی موجود در بتن را زیاد می‌کند، زیرا ماسه‌های موجود در بتن با زندانی کردن حباب‌های هوا در فضای خالی بین دانه‌ها باعث ایجاد حباب هوا می‌شوند. در نظر داشته باشید در ماسه‌های بسیار ریز (کوچک‌تر از الک ۱۰۰) این تأثیر کم می‌شود، زیرا اندازه‌ی این بخش از ماسه به اندازه‌ی بزرگ‌ترین حباب‌ها می‌رسد.

البته تأثیر دانه‌بندی ماسه نیز در ملات‌های پرماسه مهم است؛ مثلاً در بتن معمولی که میزان ماسه کمتر از ۵۰ درصد کل سنگدانه است، این تأثیر به چشم نمی‌آید.

علاوه بر اندازه‌ی سنگدانه‌ها، گردگوشه بودن یا تیزگوشه بودن سنگدانه نیز بر میزان هوا مؤثر است، در حالت کلی سنگدانه‌های شکسته هوای کمتری نسبت به سنگدانه‌های دیگر ایجاد می‌کنند. هوای محبوس شده در حفرات سنگدانه‌ها که در طول فرآیند جذب آب در سنگدانه محبوس شده‌اند، زمان بتن‌ریزی و گیرش از سنگدانه‌ها خارج می‌شوند و باعث ایجاد حباب در بتن می‌شوند.

وقتی از سنگدانه‌هایی که اشباع جزئی هستند در بتن استفاده می‌شود، حباب‌های هوایی که حدود ۱۰۰ میکرومتر قطر دارند، در سطح سنگدانه‌های درشت دانه تشکیل می‌شوند و کاهش مقاومت قابل توجهی را در بتن ایجاد می‌کنند.

مواد سیمانی مکمل

خاکستر بادی: خاکستر بادی از سیمان ریز دانه‌تر است. بنابراین با اضافه شدن خاکستر بادی به بتن، مساحت سطح بیشتر شده و در نتیجه، میزان افزودنی حباب ساز بیشتری برای رسیدن به میزان حباب یکسان نیاز است؛ هر چند حباب‌های ایجاد شده نسبتاً پایدارترند.



خاکستر بادی

کربن موجود در خاکستر بادی نیز باعث کاهش میزان هوا می‌شود، زیرا می‌تواند سورفکتانت‌ها را به خود جذب کند. بنابراین هر چه میزان کربن خاکستر بادی بیشتر باشد، میزان حباب در بتن کاهش می‌یابد. خاکستر بادی که افت ناشی از احتراق کمتری دارد، لزوماً میزان کربن واکنش‌پذیری کمتری نیز دارد. هر چند بعضی از خاکسترهای بادی با میزان افت ناشی از احتراق بالا لزوماً شامل میزان قابل توجه کربن فعال نیستند، این امر احتمالاً به خاطر فازهای کربن است که در طول سرد شدن در محفظه‌ای شیشه‌ای حبس می‌شوند و از جذب شدن سورفکتانت‌ها توسط کربن‌ها جلوگیری می‌کنند.

روباره کوره آهن‌گذاری: این مواد همانند خاکسترهای بادی بسیار ریز دانه‌تر از ذرات سیمان هستند. بنابراین استفاده‌ی بیش از ۵۰ درصد این مواد در بتن، باعث کاهش قابل توجه حباب ایجاد شده در بتن می‌شود؛ به طوری که برای رسیدن به سیستم هوای مورد نظر، باید تا دو برابر افزودنی حباب ساز بیشتری مصرف کرد. از طرفی این مواد برخلاف خاکستر بادی دارای کربن نیستند و در نتیجه، از این طریق بر میزان حباب‌ها تأثیر نمی‌گذارند.

دوده سیلیس: این مواد تنها به خاطر اینکه ریز دانه‌تر از سیمان هستند، ممکن است باعث کاهش میزان حباب ایجاد شده شوند و از آنجا که از این مواد در حدود ۵ تا ۱۰ درصد وزنی سیمان در بتن استفاده می‌شود، تأثیر بیشتری بر پایداری حباب‌های هوا ندارند.

افزودنی‌های شیمیایی و عوامل رنگ‌ساز

با توجه به اینکه افزودنی‌های شیمیایی انواع بسیار گوناگونی دارند، باید در استفاده‌ی این مواد به همراه افزودنی حباب ساز دقت مضاعف شود، زیرا بسته به نوع این مواد و زمان اضافه شدن ممکن است میزان هوا کم یا زیاد شود.



میزان هوا با توجه به فرمول‌بندی فوق

روان کننده مورد استفاده و مقدار اسلامپ بتن، می‌تواند کم یا زیاد شود.

برای مثال استفاده از فوق روان کننده‌ها با توجه به فرمول‌بندی آنها و میزان اسلامپ بتن، می‌تواند میزان هوا را کم یا زیاد کند. فوق روان کننده‌های بر پایه نفتالین میزان هوا را زیاد و فوق روان کننده‌های بر پایه ملامین، میزان هوا را کم می‌کنند و یا بی‌تأثیرند.

وقتی که از افزودنی‌های کاهنده‌ی آب بر پایه‌ی لیگنوسولفونات استفاده می‌شود، افزودنی حباب هوا ساز بتن کمتری مورد نیاز است، زیرا لیگنوسولفونات خود تا حدی باعث ایجاد حباب هوا می‌شود؛ هر چند به تنهایی به عنوان عامل حباب ساز عمل نمی‌کند.

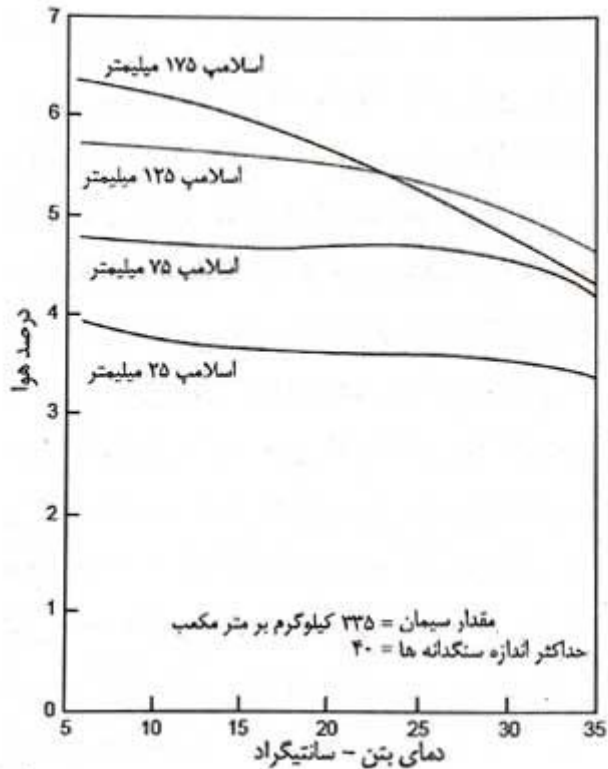
از سوی دیگر، اگر مقاومت در برابر یخبندان بتن‌های حباب سازی شده که حاوی فوق روان کننده‌ها هم هستند بررسی شود، مشخص خواهد شد که این بتن‌ها، مقاومت خوبی در برابر یخبندان دارند، حتی اگر فاکتور فاصله‌ی بزرگی هم داشته باشند. استفاده‌ی مقدار کمی کلسیم کلرید که در هوای سرد برای زودگیر شدن بتن استفاده می‌شود، تأثیر کمی بر سیستم حفرات هوا دارد، اما اگر همزمان با افزودنی‌های حباب ساز مصرف شود، ممکن است با سورفکتانت‌ها واکنش دهد و از میزان حباب‌های هوا بکاهد.

بنابراین بهتر است این گونه مواد شیمیایی بعد از پایدار شدن حباب‌ها به بتن اضافه شود. استفاده از مواد رنگ‌ساز از جمله موادی که دارای کربن سیاه هستند، میزان حباب‌ها را کاهش خواهد داد.

فرایند ساختن بتن با حضور حباب ساز بتن

پایدار شدن حباب‌های هوا از شروع فرآیند اختلاط بتن آغاز می‌شود و با تغییر شرایط، نظیر تغییر نوع دستگاه‌ها و تغییر شرایط محیطی، میزان هوا نیز دستخوش تغییر می‌شود. نحوه‌ی اختلاط و شرایط بتن در هنگام مخلوط شدن بر میزان هوای بتن مؤثر است. در ادامه، تأثیر بعضی از این عوامل بر میزان هوای بتن بررسی شده است:

نوع مخلوط کن: اگر تیغه‌های مخلوط‌کن که برای اختلاط بتن استفاده می‌شود، ساییده شده باشد و یا بتن به آن چسبیده باشد، میزان هوای کمتری در بتن ایجاد می‌شود. همچنین برای به دست آوردن میزان هوای بیشتر، بهتر است بتن کمتر از ظرفیت دستگاه پر شود.

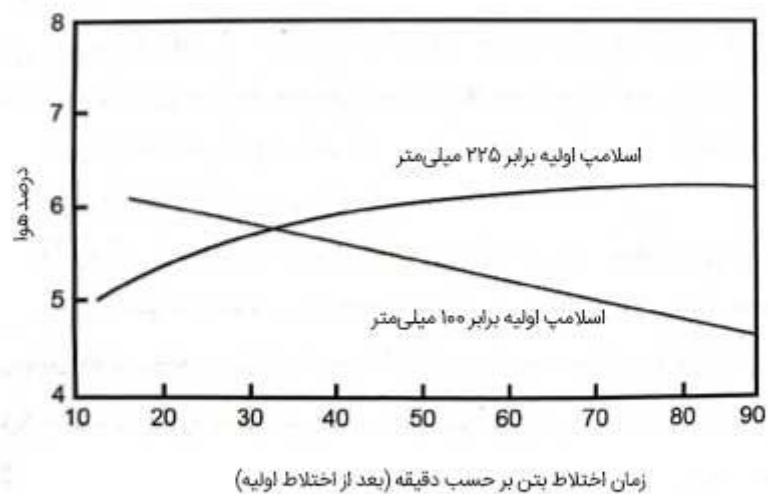


رابطه‌ی بین دمای، میزان اسلامپ و میزان

هوا

دما: شکل زیر میزان هوای بتن نسبت به دمای بتن در زمان اختلاط را نشان می‌دهد. وقتی دما زیاد می‌شود، هیدراتاسیون تسریع می‌شود. بنابراین آب کمتری در اختیار خواهد بود تا حباب‌ها تشکیل شوند. اما می‌توان گفت دما در میزان فاکتور فاصله نهایی تأثیر کمی دارد. همچنین دمای بالا در زمان بتن‌ریزی به هنگام استفاده از بعضی حباب سازها باعث چسبیدن و جمع شدن حباب‌ها به سطح ذرات سنگدانه‌ها می‌شود و باعث کاهش مقاومت بتن می‌گردد. علاوه بر اینها، افزودنی‌های متفاوت در دماهای مختلف عملکرد متفاوتی دارند. بعضی در آب سرد و بعضی در آب گرم و بعضی در تمام دماها نتیجه‌ی مطلوب دارند.

روانی بتن: افزایش اسلامپ تا ۱۵۰ میلی‌متر میزان هوا را زیاد می‌کند، اما بتن با اسلامپ بیشتر از ۱۵۰ میلی‌متر میزان هوای کمتری دارد، زیرا در بتن با روانی زیاد پایداری حباب‌ها کاهش می‌یابد.



رابطه بین زمان اختلاط، اسلامپ و میزان

هوای بتن

زمان اختلاط: حجم هوا در اوایل زمان اختلاط زیاد می‌شود، اما به تدریج با طولانی شدن اختلاط کاهش می‌یابد. در بعضی موارد ممکن است مدتی بعد از پایان اختلاط، دوباره به بتن آب اضافه شود و بتن مجدداً مخلوط گردد. در این فرآیند معمولاً با افزایش میزان هوا مواجه خواهیم بود.

حمل و نقل و بتن‌ریزی در حضور حباب هوا ساز بتن

یکی دیگر از عوامل که تأثیر زیادی بر میزان هوای بتن دارد، **حمل و نقل بتن، روش اجرا و جای‌دهی بتن** است. در ذیل، تأثیر این عوامل بر میزان هوای بتن به اجمال بررسی خواهد شد.

حمل و نقل: به طور کلی، ۱ تا ۲ درصد از میزان هوا در طول تخلیه از مخلوط‌کن و حمل به محل اجرای پروژه از دست می‌رود. البته این امر به کیفیت پایداری حباب‌ها در بتن که به اجزای بتن، مدت زمان حمل، میزان تکان خوردن در زمان حمل، دما و اسلامپ بتن وابسته است، بستگی دارد. اگر بتن در محل ساخته شود، میزان کمتری از هوای بتن از دست می‌رود.

بتن‌ریزی: به طور کلی دو روش برای اجرای بتن وجود دارد: مکانیزم سقوط آزاد و پمپ کردن با فشار. در روش اول با کاهش میزان هوا رو به رو هستیم، زیرا حباب‌های هوا بسیار شکننده و سبک هستند. بنابراین زمانی که به بتن ضربه ناگهانی وارد شود یا از ارتفاع بیشتر از دو متر ریخته شود، ممکن است که حباب‌ها به سطح بتن بیایند و از بین بروند. در این فرآیند، بیشتر حباب‌های درشت‌تر از بین می‌روند. اما در مورد روش دوم، در فشار زیاد حباب‌ها ممکن است آنقدر فشرده شوند که در آب حل شوند. هر چه حباب‌ها ریزتر باشند و کشش سطحی کمتر باشد، برای انحلال در آب مساعدتر هستند. بنابراین هر چه میزان فشار کمتر باشد، میزان از دست رفتگی حباب‌های هوا کمتر خواهد بود.

لرزاندن بتن: حتی ۱۵ ثانیه لرزاندن بتن، میزان هوا را به اندازه‌ی قابل ملاحظه‌ای کم می‌کند. هر چه اسلامپ بیشتر یا زمان لرزاندن بیشتر باشد، هوای بیشتری از دست می‌رود. هر چه فرکانس لرزاندن بالاتر باشد، میزان از دست رفتگی هوا نیز بیشتر می‌شود و در نهایت، هر چه حجم بتنی که تحت تأثیر لرزاندن مشخص قرار دارد بیشتر باشد، تأثیر لرزاندن به سیستم حفرات هوا کمتر می‌شود.

پرداخت سطح بتن: استفاده از شمشه‌های لرزاننده که تنها سطح بتن را می‌لرزاند، برخلاف ویبراتوره‌های معمولی دارای فرکانس کمتری هستند و معمولاً حباب‌های درشت‌تر را تحت‌تأثیر می‌گذارند. در حین پرداخت، ترکیدن حباب‌های سطح بتن کاملاً مشهود است.

البته گرمای ناشی اصطکاک فرآیند پرداخت نیز باعث از دست رفتن حباب‌ها در سطح بتن می‌شود. پرداخت بیش از حد، باعث پدیده‌ی آب انداختگی در لایه‌های سطحی بتن شده و به دنبال آن، نفوذپذیری بتن زیاد شده و بتن در مقابل فرآیند یخبندان آسیب‌پذیرتر می‌شود.

در جدول ذیل به صورت خلاصه، عوامل مؤثر بر سیستم حباب‌های هوا و راه‌های کنترل آن بیان خواهد شد.

تأثیر طرح اختلاط و مواد تشکیل دهنده‌ی بتن بر فرآیند حباب سازی

مشخصات / مواد	اثرها	راهنمایی
	میزان هوا با افزایش میزان قلیایی سیمان افزایش می‌یابد.	اگر میزان قلیایی سیمان یا منبع سیمان عوض شد، درصد افزودنی حباب ساز اصلاح شود.
میزان قلیایی سیمان	برای سیمان‌هایی با خاصیت قلیایی زیاد، افزودنی حباب ساز کمتری نیاز است.	برای سیمان‌های با خاصیت قلیایی بالا، درصد افزودنی حباب ساز تا ۴۰ درصد کاهش یابد.
	ممکن است سیستم حباب‌های هوا در بعضی از ترکیب‌های تراز قلیایی سیمان و افزودنی حباب ساز ناپایدار باشد.	
سیمان پرتلند	میزان هوا با افزایش میزان نرمی سیمان کاهش می‌یابد.	اگر میزان نرمی یا منبع سیمان عوض شد، درصد افزودنی حباب ساز اصلاح شود. برای سیمان‌های بسیار نرم تیپ III، میزان افزودنی حباب ساز دو برابر شود.
میزان سیمان در بتن	میزان هوا با افزایش میزان سیمان کاهش می‌یابد. با افزایش میزان سیمان، حباب‌ها ریزتر و تعدادشان بیشتر می‌شود.	اگر میزان سیمان بتن افزایش یافت، میزان افزودنی حباب ساز نیز افزایش یابد.
آلودگی سیمان	میزان حباب هوا در بتن می‌تواند به علت وجود روغن در سیمان (ناشی از دستگاه آسیاب سیمان) تغییر کند.	بررسی کنید که سیمان محدودیت‌های (ASTM C150) در مورد میزان حباب‌های روی ملات سیمان برآورده می‌سازد یا خیر.
	میزان هوا با افزایش میزان افت ناشی از احتراق (میزان کربن) کاهش می‌یابد.	اگر میزان افت ناشی از احتراق یا منبع خاکستر بادی عوض شد، درصد افزودنی حباب ساز اصلاح شود.
مواد سیمانی مکمل	خاکستر بادی ممکن است سیستم حباب‌های هوا در بعضی از ترکیب‌های خاکستر بادی، سیمان و افزودنی حباب ساز ناپایدار باشد.	انجام آزمایش شاخص کف برای تخمین میزان افزایش درصد افزودنی حباب ساز. مخلوط‌های آزمایشی برای تخمین میزان حباب‌های هوا ساخته شود.
روباره کوره آهنگدازی	میزان هوا با افزایش میزان نرمی روباره کوره آهنگدازی کاهش می‌یابد.	برای روباره آهنگدازی بسیار نرم، میزان افزودنی حباب ساز دو برابر شود.

	دوده سیلیس	میزان هوا با افزایش میزان دوده سیلیس کاهش می‌یابد.	به ازای ۱۰ درصد دوده سیلیس، میزان افزودنی حباب ساز دو برابر شود.
	متاکائولن	تأثیر قابل توجهی ندارد.	اگر نیاز بود اصلاحات لازم در میزان افزودنی حباب ساز انجام شود.
	کاهنده‌ی آب	وقتی از افزودنی‌های کاهنده‌ی آب استفاده شود، ممکن است فاکتور فاصله افزایش یابد.	مخلوط‌های آزمایشی برای تخمین میزان فاکتور فاصله‌ی سیستم حباب‌های هوا ساخت شود.
	کندگیر کننده‌ها	تأثیری مشابه افزودنی‌های کاهنده آب دارد.	درصد افزودنی حباب ساز اصلاح شود.
افزودنی‌های شیمیایی	تندگیر کننده‌ها	تأثیر کمی بر میزان حباب‌های هوا دارد.	نیازی به اصلاح افزودنی حباب ساز نیست.
	فوق روان کننده‌ها	اگر از افزودنی‌های فوق روان کننده بر پایه‌ی لیگنوسولفونات استفاده شود، میزان هوا به طور محدود افزایش می‌یابد.	درصد افزودنی حباب ساز اصلاح شود.
		با استفاده از فوق روان کننده‌ها در بتن فاکتور فاصله افزایش می‌یابد.	
	اندازه بزرگ‌ترین سنگدانه	میزان حباب هوای مورد نیاز، با بزرگ شدن حداکثر اندازه‌ی سنگدانه کمتر می‌شود.	میزان هوای مورد نیاز کاهش یابد.
	سنگدانه	میزان هوا با افزایش میزان ماسه آهنگدازی افزایش می‌یابد.	در مخلوط‌هایی که میزان ماسه زیادی دارند، میزان افزودنی حباب ساز کاهش داده شود.
		اگر ماسه دارای شکستگی متوسط باشد، فرآیند حباب سازی بهتر صورت می‌گیرد.	میزان شکستگی ماسه را مشخص کرده و مطابق با آن درصد افزودنی حباب ساز اصلاح گردد.
	خواص شیمیایی آب	آب‌های سخت موجب کاهش میزان حباب می‌شود.	میزان افزودنی حباب ساز را افزایش دهیم.
میزان آب مخلوط و اسلامپ	نسبت آب به مصالح سیمانی	میزان هوا با افزایش میزان نسبت آب به سیمان افزایش می‌یابد.	با افزایش نسبت آب به سیمان، میزان افزودنی حباب ساز کاهش یابد.
	اسلامپ	میزان هوا در اسلامپ‌های حدود میلی‌متر افزایش می‌یابد.	متناسب با اسلامپ مورد نظر، میزان افزودنی حباب ساز اصلاح شود.

		از ریختن آب اضافی در بتن، برای رسیدن به اسلامپ در بتن‌هایی با اسلامپ‌های بسیار زیاد، میزان هوا بیشتر اجتناب شود. کاهش می‌یابد.
		افزودنی حباب ساز بیشتری استفاده شود؛ تا ۱۰ برابر در بتن‌هایی با اسلامپ کم، ایجاد حباب‌های هوا حالت معمول. مشکل است.
	ترتیب اختلاط	افزودنی حباب ساز را به آب اولیه ماسه اضافه کنیم. اگر اختلاط کلیه اجزای بتن همزمان انجام شود، میزان هوا کاهش می‌یابد.
	ظرفیت هم‌زن	گر سیمان ابتدا ریخته شود، سبب افزایش مقدار هوای بتن می‌شود. با افزایش ظرفیت هم‌زن، مقدار حباب ایجاد شده در بتن افزایش می‌یابد. مخزن بیش از ظرفیتش پر نشود.
		استفاده از سیستم مخلوط‌کن مرکزی، در صورت اختلاط بتن تا زمان ۹۰ ثانیه، سبب افزایش مقدار هوای بتن می‌شود. برای هر مخزن مدت زمان بهینه برای هم‌زدن تخمین زده شود.
فرآیند ساخت	مدت هم‌زدن	در صورت استفاده از کامیون مخلوط‌کن میزان هوا افزایش می‌یابد. مخلوط را بیش از حد هم‌زن‌نید.
		مخلوط کردن کوتاه مدت (حدود ۳۰ ثانیه) سبب کاهش میزان هوا شده و تأثیر نامطلوب بر سیستم هوا - تخلخل خواهد داشت. مدت زمان بهینه برای هم‌زدن تخمین زده شده (حدود ۶۰ ثانیه).
	سرعت هم‌زن	میزان حباب هوا در هم‌زن‌هایی با سرعتی در حدود ۲۰ دور در دقیقه به تدریج افزایش می‌یابد. مطابق با راهنمای هم‌زن عمل شود.
		ممکن است میزان حباب هوا در هم‌زن‌هایی با سرعت بیشتر از ۲۰ دور در دقیقه کاهش یابد. تا حد امکان از هم‌زن تمیز استفاده شود.
	اندازه‌گیری میزان افزودنی	دقت در اندازه‌گیری میزان افزودنی حباب ساز قطعاً بر سیستم حفرات حباب تأثیرگذار است. از توزین و توزیع افزودنی به صورت دستی خودداری شود.
	حمل و نقل	۱ تا ۲ درصد از حباب‌ها معمولاً در مدت زمان انتقال از بین می‌روند. اضافه کردن کمی آب و دوباره هم‌زدن مخلوط، می‌تواند کاهش اسلامپ و حباب‌ها را جبران کند.
	حمل و نقل	در صورت نیاز، مقداری افزودنی حباب ساز نیز اضافه میزان از دست‌رفتگی حباب‌ها در وسایل نقلیه بدون هم‌زن، سریع‌تر است. شود.

<p>زمان حمل و نقل</p>	<p>مدت انتقال طولانی و بدون هم زدن موجب کاهش میزان حبابها می‌شود. در هوای گرم از دست رفتگی حبابها بیشتر است.</p>	<p>افت شدید میزان حبابها ممکن است علتی غیر از حمل و نقل داشته باشد. مدت زمان انتقال بتن تا حد امکان کم باشد. دمای بتن در طول انتقال محدوده‌ی تعیین شده باشد.</p>
	<p>2 تا ۳ درصد از میزان حباب هوا کاسته می‌شود.</p>	<p>طرح اختلاط مناسب موجب پایداری بیشتر حبابها می‌شود.</p>
<p>پمپ کردن</p>	<p>تأثیر زیادی بر سیستم حبابهای هوا نمی‌گذارد.</p>	<p>از ساخت بتن با اسلامپ زیاد و میزان حباب هوای زیاد اجتناب شود.</p>
<p>روش‌های بتن‌ریزی</p>	<p>تأثیر ناچیزی بر دوام بتن در برابر یخبندان دارد.</p>	<p>میزان فشار پمپ تا حد امکان کم باشد.</p>
<p>شاتکریت</p>	<p>به طور کلی، شاتکریت مرطوب موجب کاهش میزان حباب بتن می‌شود.</p>	<p>میزان حباب هوا به اندازه‌ی بیشترین حد محدوده‌ی مجاز باشد.</p>
<p>لرزاندن دروانی</p>	<p>لرزاندن بتن برای مدت زمان طولانی و با فرکانس بالا موجب از دست رفتن حباب موجود در بتن می‌شود.</p>	<p>بتن بیش از حد لرزانده نشود. از استفاده‌ی لرزاننده‌هایی با فرکانس بیشتر از ۱۰۰۰ لرزش بر دقیقه خودداری شود.</p>
<p>لرزاندن دروانی</p>	<p>لرزاندن بتن در حد مناسب بر سیستم حباب هوا تأثیر ندارد.</p>	
<p>پرداخت سطح بتن و شرایط محیطی</p>	<p>پرداخت سطح بتن برای مدت زیاد موجب از دست رفتن حباب‌های لایه‌های سطحی بتن می‌شود.</p>	<p>تا زمانی که آب انداختگی روی سطح بتن وجود دارد از پرداخت آن خودداری کنید.</p>
<p>پرداخت سطح بتن و شرایط محیطی</p>	<p>میزان حباب‌های هوا با افزایش دما کاهش می‌یابد.</p>	<p>از آب‌پاشی بتن، قبل از پرداخت آن خودداری شود. از مال‌های فلزی برای سطح خارجی دال‌ها استفاده نکنید.</p>
<p>دمای محیط</p>	<p>تغییرات دما تأثیر قابل توجهی بر فاکتور فاصله نمی‌گذارد.</p>	<p>با افزایش دمای محیط، افزودنی حباب ساز را نیز افزایش دهید.</p>

روش‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری میزان هوای موجود در حالت تازه یا سخت شده بتن در دسترس است که تعدادی از آنها در ادامه بررسی خواهد شد.

روش‌هایی برای اندازه‌گیری میزان هوا در بتن

روش وزنی

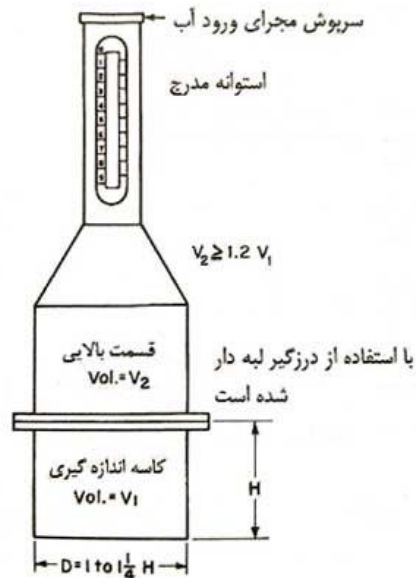
میزان هوای موجود در بتن تازه را می‌توان از اندازه‌گیری وزن مخصوص بتن و اندازه‌گیری وزن و چگالی مواد

تشکیل‌دهنده‌ی آن به دست آورد. این فرآیند توسط ASTM-C138 استاندارد شده است.

این روش بسیار دقیق است، اما به شرطی که چگالی اجزای بتن به دقت اندازه‌گیری شده باشد. زمان مورد نیاز برای اندازه‌گیری متغیر است و بسته به اینکه آیا وزن مخصوص دقیق اجزا در دسترس است یا نیاز به اندازه‌گیری دارد، ممکن است در حدود ۴۵ دقیقه تا ۲ ساعت متغیر باشد.

روش حجمی (مستقیم)

روش حجمی یا مستقیم بر اساس اندازه‌گیری میزان هوای بتن تازه توسط خارج کردن هوا از حجم اندازه‌گیری شده بتن است و اندازه‌گیری مستقیم حجم هوا می‌باشد. این روش توسط پیرسون ابداع شد و توسط منزل تکمیل گشت و در ASTM C173 تشریح شده است.



نمایش شماتیک دستگاه مورد استفاده در روش حجمی

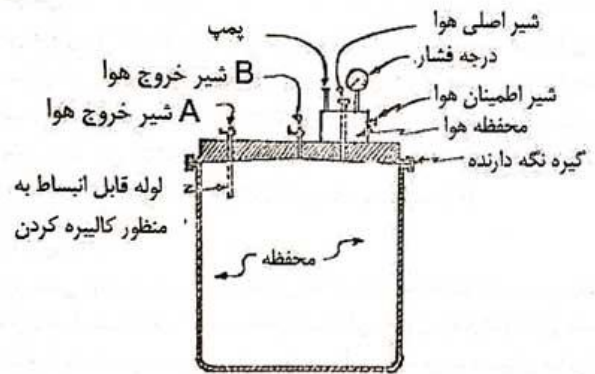
این روش شامل اختلاط حجم بتن با حجم مشابه آب در محفظه بسته است و به گونه‌ای طراحی شده که به عنوان پیکومتر عمل کند. در ابتدا حجم‌های مجرای بتن و آب محفظه را پر می‌کنند، اما بعد از اختلاط، با لرزیدن و چرخیدن محفظه، هوای داخل بتن آزاد می‌شود و در قسمت درجه‌بندی شده‌ی بالای محفظه جمع می‌شود.

آن قسمت از کل هوا که در حفرات سنگدانه نگه داشته شده است، اساساً توسط دانه‌ها نگه داشته می‌شوند. زمان مورد نیاز برای اندازه‌گیری دقیق میزان هوا حدود ۴۵ دقیقه است.

روش فشار

این روش توسط ولکر و کلین در ۱۹۴۶ ارائه شد. این روش بر اساس قانون بویلزاستوار است: در دمای مشخص حجم جرم مشخص هوا با فشار مؤثر وارد بر هوا به نسبت معکوس تغییر می‌کند، مشروط بر اینکه فشار بیشتر از ۱ اتمسفر نباشد؛ زیرا هوا تنها جزو بتن است که به طور محسوس تراکم‌پذیر است.

هر گونه کاهش حجم در نمونه‌ی بتن تازه به علت افزایش فشار خارجی به هوای داخل نمونه نسبت داده می‌شود. با افزایش فشار بر نمونه در محفظه بسته شده و اندازه‌گیری نتیجه‌ی کاهش حجم، میزان هوا در نمونه قابل محاسبه است.



نمایش شماتیک دستگاه مورد استفاده در روش فشار

هر هوای محبوس شده در حفره‌ها در داخل ذره سنگ‌های نفوذپذیر در میزان محاسبه شده حساب می‌شود. از آن جا که هوایی که اینچنین واقع شده مورد نظر موضوع کنترل فرآیند نیست، مقدار ناخالص تحت ضریب تصحیح قرار می‌گیرد. برای به دست آوردن ضریب تصحیح، باید نمونه‌ی سنگدانه‌های اشباع شده را همانند بتن مورد آزمایش قرار داد. بنابراین میزان هوای ذرات تشکیل‌دهنده‌ی سنگدانه به دست می‌آید.

استفاده از نمونه‌ای که در گرمکن خشک شده، برای مثال، حتی بعد از خیساندن طولانی، ممکن است شامل مقدار متفاوت میزان هوا نسبت به انجام مواد یکسان به دست آمده از معدن باشد. برای این روش، استاندارد ASTM C231 مشخص شده است.

روش فشار زیاد

این روش توسط لیندی معرفی شده است. روش فشار زیاد، معمولاً برای بتن سخت شده قابل استفاده می‌باشد. این روش شامل فشردن کردن هوا به وسیله‌ی فشار هیدرولیکی در نمونه خشک شده در گرم‌کن و پیش مرطوب شده است، اما به جای استفاده از فشار ۱۰ psi همانند فشار برای بتن تازه، فشار ۵۰۰۰ psi استفاده می‌شود. بعد از به کار بردن ضریب تصحیح اندازه‌ی میزان هوا به دست می‌آید. در نظر داشته باشید این روش استفاده‌ی وسیعی ندارد.

روش برش عرضی

روش برش عرضی به اندازه‌گیری میزان هوا در بتن سخت شده مربوط است. این روش شامل: برش نمونه، صیقل دادن سطح برش و اندازه‌گیری شکاف‌های کلی سطحی که توسط حباب‌های هوا ایجاد شده است. با استفاده از این روش، اطلاعات مهمی درباره‌ی خصوصیات حفره‌های هوای نمونه مشخص خواهد شد. این اطلاعات شامل اندازه‌ی حباب‌های هوا، توزیع، فاصله‌بندی و میزان کل هوا است. این روش در استاندارد ASTM C457 شرح داده شده است.

روش اندازه‌گیری نقاط

روش اندازه‌گیری نقاط، روشی برای مشخص کردن میزان هوا در بتن سخت شده است. در ابتدا باید برش عرضی مسطح صاف از نمونه تهیه کرد. شبکه‌ای مستطیلی روی سطح نمونه قرار داد و نقطه‌های تقاطع شبکه که در داخل حفره‌های هوا می‌افتد شمرد.



تصویر دستگاه مورد نیاز برای روش برش عرضی و روش اندازه‌گیری نقاط

میزان هوا برابر تعداد این انطباق‌ها با حفره‌ها، تقسیم بر تعداد کلی نقاط تقاطع شبکه است. در عمل، شبکه توسط نور ایجاد می‌شود، در این حالت میکروسکوپی روی پایه‌های غلتان قرار داده می‌شود تا بتوان با کمک آن تمام سطح بتن را مشاهده کرد.

برای مثال، میکروسکوپ را روی پایه‌ای با گام‌های مساوی ۰,۵ اینچ، در فاصله‌ی حداقل ۵ اینچ حرکت می‌دهند. با شمردن تعداد کل گام‌ها و تعداد دفعاتی که نقطه‌ی شاخص در داخل یکی از حفرات برش افتاده است، می‌توان میزان حباب‌های هوا را به دست آورد.

این گونه پیمودن در خطوط موازی به فاصله‌ی ۰,۲ اینچ تکرار می‌شود تا شبکه کامل شود. برای این روش، استاندارد ASTM C457 مشخص شده است.

فهرست استانداردهای مربوط به فزودنی حباب هوا ساز بتن

استانداردهای مورد استفاده برای کاربرد مواد فزودنی حباب ساز در بهبود پایانی بتن در شرایط ذوب - یخ، در جدول زیر ذکر شده است:

اردها

	موضوع	ASTM ¹	AASHTO ²	BSI	CI
مشخصات	سیمان پرتلند	C150			
مشخصات	مواد فزودنی شیمیایی	C494	M 194	BS 5075,PART1	
مشخصات	مواد فزودنی حباب ساز	C260	M 154		
مشخصات	عوامل کفزا	C869			
مشخصات	مواد فزودنی شیمیایی برای بتن سیال	C1017			
مشخصات	مواد رنگی برای بتن	C979	M 144		
مشخصات	کلسیم کلرید	D98	T 143		

آزمایش	مواد افزودنی حباب ساز	C233	T 121	
آزمایش	وزن مخصوص، بازدهی و مقدار هوای بتن تازه (روش وزنی)	C138	T 196	BS 1881,PARTS
آزمایش	مقدار هوای بتن تازه (روش حجمی)	C173	T 152	
آزمایش	مقدار هوای بتن تازه (روش فشاری)	C231		
آزمایش	تعیین میکروسکوپی سیستم حباب‌های هوا	C457		
آزمایش	مقاومت در برابر یخ زدن – آب شدن سریع	C666		
آزمایش	اتساع بحرانی در اثر یخبندان	C671		
آزمایش	مقاومت پوسته شدن بتن در برابر مواد شیمیایی یخ‌زدا	C672		

منابع:

۱. آیین‌نامه بتن ایران (آبا). (۱۳۸۰). معاونت امور فنی، دفتر امور فنی تدوین معیارها – تجدیدنظر اول (ویرایش سوم)، تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات.
۲. ضوابط عمومی طراحی سازه‌های آبی بتنی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی. تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، نشریه ۳۱۲.
۳. aci education bulletin e4-03, (2003), chemical admixtures for concrete, American concrete institute, Farmington hills.
۴. nchrp web-only document 101(appendixes a through c to contractor,s final report for nchrp project 18-10 submitted January 2006), procedures for evaluating air entraining admixtures for highway concrete.
۵. nchrp rept 578, evaluating air-entraining admixtures for highway concrete, mohamad a. nagipaul a. okamoto.
۶. Aci 212. 3r-04, chemical admixtures for concrete, American concrete institule, farmington hills.
۷. fhwa-nj-2002-025, effects of synthetic air entraining agents on compressive strength of Portland cement concrete-mechanism of interaction and remediation strategy, submittedby farhad ansari & zhijun zhang.
۸. aci 212. 3r-91, admixtures for concrete, American concrete institute, farminfton hills.
۹. Whiting, d., and nagi, m. a., (1998), manual on control of air content in concrete, eb 116, Portland cement association, Skokie, il 1., 42 pp.
۱۰. Mehta, p.k., and monteiro, p.j. m., (1993), concrete, microstructure, properties and materials, third edition, mcgraw-hill.
۱۱. Rodney m. edmeades, and peter c. Hewlett, cement admixtures.
۱۲. Dodson, v., (1990), air-entraining admixtures, concrete admixtures, van nostrand reinhold, new York, new York, ch 6,pp. 129-158.
۱۳. whiting, d., and stark, d., (1983), control of air content in concrete, national cooperative highway research program reoport no. 258 and addendum, transportation research board and national research council, washington, d.c.

14. piltnera. R, monteiro. Paulo j.m., (2000) stress analysis of expansive reactions in concrete, journal of cement and concrete research, vol. 3, pp. 843-848.
15. david j., maria c.g. juengerb, monteiroc. Paulo j.m, bastackyd, j, (2004), investigating entrained air voids and Portland cement hydration with low temperature scanning electron microscopy, journal of cement and concrete composite, vol. 26, pp. 1007-1012.
16. Ronald l. kozikowski jr., air-void clustering: a rare problem explained, ctl group, inc.
17. rixom, r., mailvaganam, n., (1999), chemical admixture for concrete, third edition, ch3.
18. gebler, s. h., and klieger, p., (1983), effect of fly ash on the air void stability of concrete, research and development bulletin rdo85, Portland cement association.
19. gebler, steven h., and klieger, paul, (1986), effect of fly ash on durability of air-entrained concrete, research and development bulletin rd090, portland cement association.
20. saucier, f., pigeon, m. and Cameron, g., (1991), air-void stability, part v: temperature, general analysis and performance index, aci materials journal, 88, no. 1, pp. 25-36

ژل میکروسیلیس (Microsilica Gel)

یک افزودنی پیشرفته و مدرن بتن که شامل فوق روان کننده بتن و پودر میکروسیلیس و الیاف پلیمری است. این مواد عمدتاً نقش آب‌بندی بتن را دارند. ژل میکروسیلیس در زمان اختلاط با بتن خواص افزودنی‌های درون خود را به بتن می‌دهد. یک بتن روان با نفوذپذیری کم و مقاومت خمشی بالا محصول این ژل است. بتن به دلیل یکپارچگی در تحمل نیرو و بار و دوام کاربرد فراوانی دارد. ژل میکروسیلیس بتن با تقویت خواص مکانیکی بتن و کاهش خلل و فرج بتن به دلیل سیلیس موجود در آن گستره استفاده از بتن را افزایش داده است. در سازه‌هایی که با محیط مخرب خود بتن را به تدریج فرسوده می‌کنند. این افزودنی پایداری بتن را در برابر آب و رطوبت و یون‌های فعال مثل کلر سولفات را حفظ می‌کند. اندازه یک نمونه میکروسیلیس باید کمتر از یک میکرومتر باشد. به طور دقیق ۹۹٪ از ۰.۵ میکرومتر و ۹۵٪ از ۰.۲ میکرومتر باید کوچک‌تر باشد. بنابر تعریف نانو مواد چون اکثر این مواد از ۱۰۰ نانومتر ریزتر هستند. این مواد جزو نانوذرات هستند. پس این مواد بسیار پوزولانی هستند. سطح ویژه این مواد در حدود ۲۰ مترمربع بر گرم است. این مواد به دلیل ریز بودن آب مورد نیاز بتن را افزایش داده و برای رفع این مشکل باید از روان کننده برای جبران سفتی بتن استفاده کرد.



شکل ظاهری و رنگ یک نمونه ژل میکروسیلیس

ژل میکروسیلیس چیست؟

یک افزودنی ترکیبی بتن برای بهره بردن از چند خاصیت مفید افزودنی بتن است. مواد تشکیل دهنده این مواد پوزولان و ترکیبات نفتالین یا ملامین و پلی کربوکسیلات و الیاف پلیمری و مواد دیرگیر بتن هستند. بنابر پروژه و شرایط محیطی میزان مصرف و نوع ژل مورد نیاز تعیین می شود. ترکیبات اولیه هر ژل میکروسیلیس قابل تنظیم است. در پروژه های که بتن بسیار روان مورد نیاز است. از ترکیبات ابر روان کننده دار استفاده می شود. وقتی نیاز به مقاومت خمشی یا کششی وجود داشته باشد. استفاده از الیاف در این افزودنی بسیار به مقاومت بتن کمک می کند. اگر هدف از ساخت بتن دوام و آب بندی باشد نوع سیلیس و میزان مواد پرکننده افزودنی بسیار تأثیرگذار است. بتن ساخته شده با ژل میکروسیلیس دارای روانی مناسب فرمول و اجزاء ژل میکروسیلیس

فرمول ژل میکروسیلیس بتن همان طور که از نامش پیدا است. از دوده سیلیس به عنوان ماده اصلی و ترکیبات روان کننده ها به عنوان مکمل استفاده شده است. مشکلات و محدودیت سیستم دو جزئی سیلیس و روان کننده در این ماده برطرف شده است. در محیط مرطوب مثل دریا و یا خاک فعال مثل کویلر بتن باید به شدت غیر قابل نفوذ باشد. ورود عوامل مخرب به بتن با خوردن میلگرد شروع شده و در نهایت کل سازه تخریب خواهد شد. اجزا ژل میکروسیلیس سبب جلوگیری از نفوذ مواد مضر به بتن و حفظ درازمدت سازه می شوند. در پروژه های که نیاز به چسبندگی و پیوستگی بتن به همراه مقاومت در برابر ضربه وجود دارد. استفاده از ژل میکروسیلیس الیافی بسیار توصیه می شود. مصرف این ژل در کشورهای پیشرفته به دلیل خواص بسیار عالی رو به گسترش است. وجود الیاف پلی پروپیلن سبب ایجاد نیروی کششی در بتن و افزایش جذب انرژی خواهد شد. سازه با انرژی جذب بالا در صنایع دفاعی و پدافند غیرعامل بسیار مورد توجه است. به طور دقیق بین ۴۰ تا ۵۰ درصد ژل میکروسیلیس از دوده سیلیس یا سلیکا تشکیل شده است. روان کننده های بتن و الیاف و مواد پلیمری آب بند کننده به مقدار لازم برای هر نوع از این مواد به کار می رود. در این ترکیبات از آب به عنوان حلال و مواد آنتی باکتریال برای گندزدایی استفاده می شود. برخی از افزودنی های دیگر که در زمان گیرش مؤثر هستند نیز به این مواد اضافه می شود. با توضیحات بالا متوجه می شوید دسته بندی ژل میکروسیلیس بتن بسیار گسترده و متنوع است. با اندکی تغییر در میزان مصالح تشکیل دهنده می توان نوعی خاص از این ژل را تولید کرد.

انواع ژل میکروسیلیس (شرح انواع ژل میکروسیلیس های رامکا)

سوپر ژل میکروسیلیس پرو: Pro این ماده خواص رئولوژیک بتن در حالت خمیری را بهبود می بخشد. در بتن خشک شده ساخته شده با این ژل نیز تمامی نتایج آزمایشات کیفی بتن افزایش چشم گیری دارد. دوام و پایداری بتن را افزایش و نفوذپذیری بتن را کاهش می دهد. وجود فوق روان کننده نفتالینی و ملامینی در این افزودنی باعث روانی و تراکم بتن شده و از آن در برابر عوامل مخرب کلر سولفات محافظت می کند. در این ژل از دوده سیلیسی هم استفاده شده است. الیاف پروپیلن نیز در این ژل برای افزایش مقاومت خمشی بتن بنابر نیاز استفاده شده است. استفاده از این ژل در بتن در حدود ۵ الی ۱۰



درصد وزن سیمان توصیه شده است

پاور ژل میکروسیلیس اولترا بر پایه پلی کربوکسیلات اتر است و برای استفاده در انواع بتن آب بند و خودمتراکم مناسب می باشد. پاور ژل میکروسیلیس اولترا بر پایه پلی کربوکسیلات اتر و مناسب برای استفاده در انواع بتن آب بند و خودمتراکم است. به دلیل وجود مواد پوزولانی میکروسیلیس و فوق روان کننده بتن در بتن سفت شده مقاومت فشاری و خمشی بسیار

بهبود پیدا می‌کند. در اثر ساخت بتن با این ژل نفوذپذیری کاهش پیدا می‌کند. این افزودنی دارای مقادیر زیاد سیلیس آمورف است. ساختار غیر کریستالی این ژل با آهک موجود واکنش داده و سیلیکات کلسیم مستحکم‌ی ایجاد می‌کند. پرکنندگی خاصیت ذرات میکروسیلیس سبب پر شدن فضای خالی بتن و کاهش نفوذپذیری آن می‌شود. این افزودنی بتن در حدود ۳ الی ۶ درصد وزن سیمان به بتن اضافه می‌شود. دوغاب میکروسیلیس میکرو برای دوام و پایایی بتن به کار می‌رود. با تراکم بالای بتن نفوذپذیری آن کاهش یافته و در برابر عوامل شدید محیطی ثابت پیدا می‌کند. دوغاب میکروسیلیس یک محلول آبی بوده و مشکلات کلوخه شدن میکروسیلیس به هنگام افزودن به بتن را ندارد. این ماده قابلیت اضافه شدن به کامیون حمل بتن را نیز دارد. این افزودنی در بتن اندکی **هدایت الکتریکی** ایجاد می‌کند. ماده اصلی روان کننده بتن در این ژل بر پایه لیگنوسولفونات است. حدوداً ۳ الی ۱۶ درصد وزن سیمان بتن برای این ژل مقدار مصرف خوبی است. مکمل بتن پلاس همانند دیگر ژل‌های شرکت حالت **خمیری** بتن را بهبود بخشیده و در نتیجه نفوذپذیری آن را کاهش می‌دهد. الیاف پلی‌پروپیلن در این محصول از ترک خوردن ریز بتن جلوگیری می‌کند. مقاومت سایشی بتن را هم به شدت بالا برده تا حدی که بتن کف کانال ساخته شده با این افزودنی هرگز تخریب نمی‌شود. از این ماده در صنایع سنگ مصنوعی نیز استفاده می‌شود. نوع ماده روان کننده بتن در این محصول بر پایه کربوکسیلات اتر با غلظت کمتر از نوع پاور ژل است. این ماده بسیار از لحاظ هزینه به صرفه و جایگزین مناسب پاور ژل است. استفاده از این ماده بر اساس درصد



وزنی سیمان حدود ۳ الی ۶ درصد است

ساخت سازه بتنی آب‌بند با ژل میکروسیلیس

کاربرد ژل میکروسیلیس در بتن

۱. ساخت بتن آب‌بند و بادوام
۲. ساخت بتن با مقاومت بالا
۳. مناسب برای ساخت سازه‌های هیدرولیکی و دریایی
۴. مقاوم در برابر سیکل یخبندان
۵. ساخت پل
۶. نیاز به بتن روان
۷. کاهش وزن سازه
۸. نیاز به مقاومت در برابر ضربه و زلزله
۹. افزایش عمر مفید سازه بتنی و کاهش هزینه تعمیر و نگهداری
۱۰. وجود بتن‌ریزی در مقاطع نازک
۱۱. شاتکریت
۱۲. روسازی بتنی و کفسازی صنعتی

مزایا ژل میکروسیلیس در بتن

ژل میکروسیلیس بتن از چند ماده تشکیل شده است. هر کدام از این مواد مزایای خود را دارند. طراحان مواد شیمیایی میزان هر یک از این مواد را به شکل بهینه اثرگذاری تنظیم کرده‌اند. سازگاری این مواد با هم سبب تکمیل روند قدرت و استحکام بتن خواهد شد. مثلاً سیلیس به تنهایی بسیار روش مصرف و نگهداری دشواری دارد. این ماده به خوبی در بتن حل نمی‌شود. مصرف آب بتن هم در اثر جذب آب دوده افزایش پیدا می‌کند. مشکلات تنفسی برای کاربران و زیستی برای محیط ایجاد می‌کند. هدر رفت این ماده به هنگام مصرف تنها بسیار زیاد است. ولی وقتی این ماده با روان کننده و آب و روغن‌های دیگر ترکیب شود. همه مشکلات اجرایی این ماده تبدیل به مزایای مفید در بتن تازه و خشک شده می‌شود. بتن‌ریزی در مقاطع نازک حاوی ژل میکروسیلیس با خاصیت چسبندگی و عدم انقباض و ترک

۱. جلوگیری از خوردگی فولاد و میلگرد داخل بتن
۲. کاهش ابعاد سازه
۳. بهبود پمپاژ بتن
۴. افزایش چسبندگی بتن و فولاد
۵. میکروسیلیکا حدود ۵ تا ۱۵ درصد جایگزین سیمان می‌شود. (کاهش حرارت‌زایی سیمان)
۶. کاهش ترک خوردگی بتن در هوای گرم
۷. تأخیر یا تسریع زمان گیرش بتن

معایب ژل میکروسیلیس در بتن

معایب ژل میکروسیلیس در بتن برای هر نوع از ژل متفاوت است. در ادامه برخی از معایب موردی را مشاهده کنید:

۱. عدم توانایی برای تأمین بتن با روانی بالا مثل بتن خودمترکم
۲. محدودیت استفاده هم‌زمان چند افزودنی در بتن
۳. قیمت بالای این مواد سبب دل‌سردی نسبت به استفاده از این مواد شده
۴. عدم شناخت کافی مجریان و بتن از ماده ژل میکروسیلیس و اثرات آن بر بتن
۵. گران بودن ژل با ترکیبات پلی‌کربوکسیلاتی افراد را به استفاده از این مواد در پروژه‌های معمولی سوق نمی‌دهد.
۶. تأخیر در گیرش و دشواری کار قالب برداری
۷. عدم امکان استفاده پودر سلیکا به صورت مستقیم در بتن به دلیل وزن مخصوص کم و برداشت اشتباه مجریان و کاربران نسبت به این موضوع در ژل
۸. در سازه بتنی مجاور آب مشاهدات نشان داده آلاینده آب به دلیل وجود سلیسیم تغییرات بیشتری از خود نشان می‌دهد.

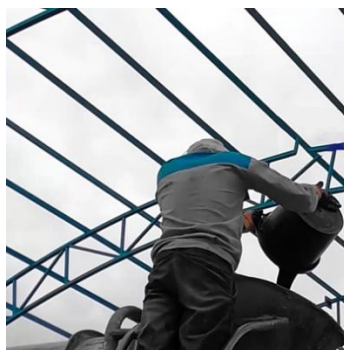


افزایش آلاینده آب در مجاورت سازه بتنی حاوی ژل میکروسیلیس

خواص و تأثیر ژل میکروسیلیس در بتن

میکروسیلیس یک ماده پوزولانی است. هیدرات سیلیکات کلسیم نتیجه واکنش پوزولان و آب و هیدروکسید کلسیم است. با این واکنش سیلیکا تقریباً کل CH را مصرف می‌کند. در ادامه تولید C-S-H حفرات مویینه را پر می‌کند. همین موضوع سبب پر شدن خلل و فرج بتن است. جلوگیری از واکنش CH با یون‌های دیگر از تولید محصولات مضر جلوگیری می‌کند. این ماده از واکنش **سنگدانه قلیایی** و یون کلر در بتن جلوگیری می‌کند.

۱. کاهش نسبت آب به سیمان
۲. افزایش روانی
۳. تأمین کارایی طولانی مدت بتن
۴. پمپاژ راحت بتن
۵. کاهش مصرف سیمان با حفظ مقاومت نمونه بتن
۶. سازگاری با مصالح مختلف بتن و انواع سیمان
۷. کاهش هزینه پروژه در معرض حملات شیمیایی و بارگذاری دینامیکی
۸. کاهش نفوذپذیری و جذب آب بتن
۹. کاهش جدا شدن دانه بتن و آب انداختگی بتن
۱۰. جلوگیری از لب پر شدن قطعات پیش‌ساخته بتنی مثل سنگ مصنوعی
۱۱. جبران کاهش کیفیت سیمان به دلایل مختلف
۱۲. کاهش ترک در اثر از دست دادن آب
۱۳. چسبندگی بتن و آرماتور افزایش می‌یابد.
۱۴. جلوگیری از ترک و انقباض و جمع‌شدگی



در صورت اضافه کردن ژل میکروسیلیس به بتن پس از ساخت، لازم است بتن در تراک میکسر به مدت ۵ دقیقه میکس شود.

مقدار و روش مصرف ژل میکروسیلیس در بتن

میزان مصرف ژل میکروسیلیس در بتن از ۵ تا ۲۰ درصد وزن بتن متغیر است. برای کم و زیاد کردن این میزان با کارشناسان تخصصی افزودنی بتن مشورت فرمایید. ژل میکروسیلیس بتن را می‌توان پس از اختلاط کامل بتن به آن اضافه کرد. امکان قاطی کردن ژل با آب و افزودن به مصالح اولیه بتن هم وجود دارد. در هر دو روش از اختلاط کامل و ایجاد بتن یکنواخت باید اطمینان پیدا کرد. اگر پس از ساخت بتن به کامیون اضافه شود. لازم است به مدت ۵ دقیقه به بتن اضافه شود. یک روش مصرف رایج دیگر هم مخلوط کردن ژل با آب و سیمان و نهایتاً افزودن به بتن است. استفاده **دقیق** از محصول در بتن سبب **تقویت** خواص آن می‌شود. ولی وقتی این ژل به میزان لازم به بتن افزوده نشود. اسلایپ بتن کم نشده و گیرش به سرعت انجام می‌شود. توان جذب آهک در مدت زمان کم خیلی ضعیف بوده و قابلیت و ویژگی نهایی بتن تحت تأثیر قرار می‌گیرد. این محصول در حالت سکون شبیه ژله است. قبل از مصرف باید خوب هم زده شود تا حالت مایع به دست آورد.

مکانیزم اثر ژل میکروسیلیس در بتن

در جدول زیر که نتایج آزمایشات تجربی است در سازه‌های گوناگون میزان کاهش مصرف سیمان بررسی شده است. در کل تغییرات مشاهده شده به دلیل تغییر سایز هوا در بتن و ریز کردن هر حباب است. یعنی تغییری در کل حجم هوا به وجود نمی‌آید ولی هر ذره هوا کوچک‌تر می‌شود.

مقدار مصرف ژل میکروسیلیس	سازه مورد مطالعه	سیمان مصرفی	سیمان بعد از استفاده ژل میکروسیلیس
5%	استخرها و تصفیه‌خانه آب	تیپ ۱ تیپ ۲ یا ۵	5% 8%
6%	تصفیه‌خانه بزرگ آب	تیپ ۱ تیپ ۲ یا ۵	5% 8%
7%	سد بتنی	تیپ ۲ یا ۵	5%
8%	سازه انتقال آب (مخزن و مسیر)	تیپ ۲ یا ۵	8%
9%	پل و سازه نگهدارنده	تیپ ۱ تیپ ۵	5% 8%

مثلاً در مطالعه موردی روی یک نمونه ژل مشخص شد یک نمونه بتن با عیار ۳۵۰ و ۱۰٪ ژل سیلیکا مقاومت ۱۰ روزه بالاتری نسبت به بتن معمولی بدون افزودنی با عیار ۴۰۰ دارد. در مورد اثر ژل میکروسیلیس در بتن مقاومت فشاری ۵۵٪ افزایش پیدا می‌کند. نفوذپذیری بتن نیز در اثر ترکیب این افزودنی ۲۵٪ کاهش پیدا می‌کند. در نمونه قوی ژل مصرف شده عمق نفوذ آب حتی تا ۲۰٪ عمق بدون افزودنی کاهش می‌یابد



ترمیم بتن با ترکیبات ژل میکروسیلیس

قیمت و خرید ژل میکروسیلیس

برای خرید ژل میکروسیلیس بتن به راحتی از طریق سایت‌های فروش مواد شیمیایی ساختمان یا افزودنی بتن می‌توان اقدام کرد. این روش در زمان و هزینه صرفه‌جویی می‌کند. بهترین انتخاب در کمترین زمان ممکن صورت می‌گیرد. استفاده از نوع مرغوب ژل میکروسیلیس شاید هزینه بیشتری نسبت به نمونه عادی داشته باشد. ولی در نهایت تأثیر بسیار مفید بر نتایج بتن خشک شده خواهد داشت. قیمت مواد ژل بر مبنای ساختار آن تعیین می‌شود. نوع الیاف‌دار هزینه بیشتری نسبت به نمونه عادی دارد. در ژلی که ابر روان کننده بتن وجود دارد هزینه بسیار بالاتر از مواد لیگنوسولفوناتی است. از این ماده معمولاً در پروژه‌های عمومی با مسئولیت تعمیر و نگهداری استفاده می‌شود. پس هزینه اولیه خرید مقداری ژل میکروسیلیس در آینده از هزینه‌های جانبی آینده می‌کاهد. در کل هنگام خرید دلیلی برای خرید یک برند خاص با قیمت سرسام‌آور وجود ندارد. وقتی ژلی دارای ۵۰٪ دوده سیلیسی باشد. تمامی استانداردها رعایت شود. امکان دریافت نمونه از شرکت برای تست آن وجود

داشته باشد. بهترین گزینه برای خرید است. صرفه‌جویی در قیمت تمام شده به خصوص بتن که یک ماده بسیار پرمصرف است امری بسیار مهم است.

مشخصات فنی ژل میکروسیلیس

به صورت یک دوغاب غلیظ تهیه و تولید می‌شود. رنگ آن خاکستری است. یون کلر و مخاطرات زیست محیطی ندارد. چگالی آن ۱,۴ تا ۱,۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. **خلوص دوده سیلیس** این ژل بیشتر از ۹۰٪ است. این ماده قابلیت حل شدن در آب را دارد. در برخی از ترکیبات ژل میکروسیلیس اسید چرب هیدروفوبیک وجود دارد. به دلیل ریز بودن سیلیکا و نرمی زیاد این ماده بتن ساخته شده با این افزودنی حالت خمیری بسیار مناسبی دارد. این ماده با جذب آهک آزاد و تغییر آن به سیلیکات کلسیم باعث زیاد شدن بازدهی و کیفیت بتن خواهد شد. استفاده از دستکش و ماسک در زمان استفاده از ژل میکروسیلیس الزامی است.

حفاظت و ایمنی ژل میکروسیلیس

میکروسیلیس یک ماده سرطان‌زا است. به همین علت استفاده از ژل میکروسیلیس به دلیل عدم بروز مشکل در تماس با پوست رواج پیدا کرده است. چون جذب ژل روی پوست کم و ناچیز است. این مواد خطرناک و مضر برای سلامت انسان نیستند. ولی در صورت تماس با پوست و چشم باید سریعاً با آب سرد شسته شود. برای ترکیب این ماده با بتن توجه به خاصیت اسیدی و بازی آب مصرفی در بتن اهمیت ویژه‌ای دارد. در ساخت این مواد یون کلر به کار نرفته و مناسب سازه‌های بتن آرمه هستند. به دلیل وجود آب در ژل نقطه انجماد صفر درجه سلسیوس است. استفاده از دستکش و ماسک در زمان استفاده این ژل الزامی است. این مواد از طریق پوست جذب شده و مضرات زیادی از جمله سرطان را در پی خواهد داشت. بسته‌بندی و نگهداری ژل میکروسیلیس

در سطل ۲۵ کیلوگرمی یک سال امکان نگهداری وجود دارد. بهتر است دمای نگهداری از ۵ درجه سلسیوس کمتر نشود. ولی در صورت یخ زدن به هیچ وجه با حرارت دادن یخ زدایی نشود. در انبارداری این ماده چینش ظروف و مراقبت از بسته‌بندی امر مهمی است. ترتیب ورود و خروج کالا به انبار باید رعایت شود. نور مستقیم خورشید این مواد را تحت تأثیر قرار داده و در طولانی مدت سبب ایجاد **لخته** در آن می‌شود.

استانداردهای ژل میکروسیلیس

یکی از استانداردهای بین‌المللی که ویژگی‌های ژل میکروسیلیس و بتن ساخته شده با این ژل را مورد بررسی قرار داده ASTM C1240 است. استاندارد BS 5075 به بررسی میزان مجاز یون کلر در افزودنی بتن می‌پردازد و برای آن محدودیت لازم را تعیین کرده است. در استاندارد BS EN 13263-1 به طور مفصل در مورد ژل میکروسیلیس بتن پرداخته شده است. در تمامی استانداردهای موجود ترکیب ژل میکروسیلیس با دیگر افزودنی‌های بتن منع شده است. این کار فقط باید تحت دستگاه نظارتی انجام شود. منابع: رضوان دوست، محمد حسین و فخاریور، مهسا، ۱۳۹۴، تأثیر ژل میکروسیلیس بر کارایی و مقاومت فشاری بتن و مقایسه با نانو سیلیس، سومین همایش ملی مصالح ساختمانی و فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان، میبد، <https://civilica.com/doc/543438> مطالعه آزمایشگاهی تأثیر فرآورده میکروسیلیس بر روی خواص بتن سخت شده، احمد ملکی و فردین اسماعیلی، بهار ۱۳۹۵، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد مراغه، ایران

✓ مواد ترمیم کننده بتن

از انواع روش های ترمیم کننده بتن می توان به ابعاد منطقه ترمیم، مقاومت شیمیایی مورد نیاز، ضخامت ترمیم، سازه ای بودن یا غیر سازه ای بودن بتن و ... اشاره کرد.

✓ انواع مصالح ترمیم بتن

۱. ملات های ترمیم کننده پلیمری

۲. ملات های ترمیم کننده نیمه پلیمری

۳. ملات های ترمیم کننده پایه سیمانی اصلاح شده با پلیمر و الیاف

۴. چسب های لاتکس

۵. چسب های اپوکسی

۶. رزین های تزریقی

ترمیم بتن به روش ملات سیمانی

✓ ملات های ترمیمی سیمانی

ترمیم بتن به روش ملات سیمانی، زمانی که بر پایه سیمان باشد و آماده مصرف باشد پس از افزودن مقدار آب مورد نیاز خمیر تعمیراتی دارای الیاف و با مقاومت بالایی بوجود می آید. همچنین ملاتی است که بدون انقباض است و از نفوذ پذیری و کم دوام و طولانی برخوردار است. ملات های ترمیمی سیمانی فاقد **گرانول های فلزی** است و عاری از یون کلر است. اینگونه ملات ها به جهت استفاده توسط سیستم **ماله کشی** طراحی شده و در یک مرحله اجرا می تواند تا ضخامت ۵۰ میلی متری را به وجود می آورند.

✓ ملات های ترمیم کننده اپوکسی

ملات های تعمیراتی بتن (ترمیم کننده بتن) اپوکسی دارای سه جز است و بدون حلال و بر پایه **رزین های اپوکسی** به همراه مصالح معدنی کم وزن است. اینگونه ملات های سه جزئی است و به منظور کار در سطوح افقی، عمودی و بالاسری مناسب است. این ملات ها علاوه بر **مقاومت مکانیکی بالا**، در برابر خیلی از مواد شیمیایی و اسیدها مقاوم است. از کاربردهای ملات اپوکسی به استفاده برای **بستر سازی** و تعمیرات سازه ای بتن جهت مقاصد ترمیم، تقویت و مقاوم سازی ساختمان ها اشاره کرد.

✓ چسب های پلیمری بتن

مورد استفاده چسب های پلیمری پس از استفاده از بتن است چرا که بتن را **سخت و مقاوم** می نماید و **مانع از نفوذ آب** و دیگر املاح به داخل آن می شود.

موارد کاربرد چسب های پلیمری بتن

۱. کفپوش های بتنی

۲. دوغاب کاشی کاری

۳. اتصال و ضد آب سازی پوشش های گچی

۴. ملات هایی بر پایه سیمان و آهک

۵. پوشش برای تراشه ها و لایه های سیمانی

و ...

✓ پودر ترمیم کننده بتن

پودر ترمیم کننده بتن مختص ملاتی است که یک جزء آن پایه سیمانی است که با **الیاف پلی پروپیلن**، رزین های پودری محلول در آب و لاتکس تقویت شده و از محصولات **کلینیک بتن ایران** است فقط کافیست در زمان مصرف به آن آب اضافه گردد. ملات به دست آمده **قدرت چسبندگی** فوق العاده زیادی دارد و همچنین در برابر ترک خوردگی، حملات شیمیایی، نمک ها و سیکل های گرما و سرما مقاوم است. شما عزیزان می توانید برای دریافت قیمت **پودر ترمیم کننده بتن** به وب سایت کلینیک بتن ایران مراجعه کنید.

مبحث نهم - طرح و اجرای ساختمانهای بتن آرمه

فهرست مندرجات: ۹ - ۱ - سازه های بتن آرمه

1 - 1 - 9 کلیات

1 - 1 - 1 - 9 گستره

2 - 1 - 2 - 9 تعاریف

- 9-1-2-1 - یمنی، یکپارچگی، قابلیت بهره‌برداری و پایایی
- 9-1-3-1 - طرح و محاسبه
- 9-1-3-1-1 - بارهای محاسباتی
- 9-1-3-2-1 - ترکیب بارها
- 9-1-3-3-1 - واژگونی - لغزش و بالارانش
- 9-1-3-4-1 - مبانی تحلیل سازه‌های بتن آرمه
- 9-1-3-5-1 - مبانی طراحی
- 9-1-4-1 - مقررات کلی ارائه و تصویب طرح و نظارت بر اجرا
- 9-1-4-1-1 - نقشه‌ها و سایر مدارک فنی
- 9-1-4-2-1 - نظارت و بازرسی
- 9-1-5-1 - مصالح بتن
- 9-1-5-1-1 - انتخاب و تأیید مصالح
- 9-1-5-2-1 - آزمایشهای مصالح
- 9-1-5-3-1 - سیمان
- 9-1-5-4-1 - سگدانه‌ها
- 9-1-5-5-1 - آب اختلاط
- 9-1-5-6-1 - مواد افزودنی
- 9-1-5-7-1 - انبار کردن و نگهداری مصالح بتن
- 9-1-6-1 - بتن
- 9-1-6-1-1 - کلیات
- 9-1-6-2-1 - رده‌بندی بتن
- 9-1-6-3-1 - مقاومت فشاری مشخصه Fck
- 9-1-6-4-1 - تعیین نسبت‌های اختلاط بتن
- 9-1-6-5-1 - ارزیابی مقاومت و پذیرش بتن
- 9-1-6-6-1 - ضوابط کنترل روش عمل آوردن و محافظت بتن
- 9-1-6-7-1 - نمونه‌های آگاهی
- 9-1-6-8-1 - پایایی بتن و عوامل مؤثر بر آن
- 9-1-7-1 - فولاد
- 9-1-7-1-1 - کلیات
- 9-1-7-2-1 - انواع فولاد
- 9-1-7-3-1 - قطر اسمی
- 9-1-7-4-1 - مشخصات مکانیکی
- 9-1-7-5-1 - تغییر شکلها
- 9-1-7-6-1 - شکل پذیری
- 9-1-7-7-1 - جوش پذیری
- 9-1-7-8-1 - انبار کردن و نگهداری میلگردها
- 9-1-8-1 - استانداردهای آزمایشهای مصالح
- 9-1-9-1 - اختلاط بتن و بتن‌ریزی
- 9-1-9-2-1 - اختلاط بتن و انتقال بتن

- 9-3-1-9-1- بتن ریزی
- 9-4-1-9-1- عمل آوردن بتن
- 9-5-1-9-1- بتن ریزی در هوای گرم
- 9-6-1-9-1- بتن ریزی در هوای سرد
- 9-10-1-1- جزئیات آرماتوربندی
- 9-10-1-1- حمل و انبار کردن میلگردها
- 9-10-2-1- بریدن میلگردها
- 9-10-3-1- خم کردن میلگردها
- 9-10-4-1- شرایط رویه میلگردها
- 9-10-5-1- جاگذاری و بستن آرماتور
- 9-10-6-1- مهار میلگردها
- 9-10-7-1- وصله میلگردها
- 9-10-8-1- محدودیت‌های فاصله میلگردها
- 9-10-9-1- پوشش بتنی روی میلگردها
- 9-11-1-1- ضوابط قالب‌بندی، لوله‌ها و مجراهای مدفون در بتن و درزهای اجرایی
- 9-11-1-1- تعاریف
- 9-11-2-1- مصالح قالب
- 9-11-3-1- طراحی قالب
- 9-11-4-1- اجرای قالب‌بندی
- 9-11-5-1- تنظیم مجموعه قالب‌بندی
- 9-11-6-1- رواداریها
- 9-11-7-1- قالب‌برداری
- 9-11-8-1- لوله‌ها و مجراهای مدفون در بتن
- 9-11-9-1- درزهای اجرایی (سطوح واریز)

۱. تعیین ابعاد هندسی سازه‌ها و مقاطع آنها. این داده‌ها برای انجام محاسبات تأیید ضروری هستند. برای یک متخصص با تجربه، گاهی اوقات، ارزیابی بصری ابعاد آشکارا ناکافی ساختار کافی است.
۲. مقایسه ابعاد واقعی سازه‌ها با ابعاد طراحی. ابعاد واقعی سازه‌ها نقش بسیار مهمی دارند ابعاد به طور مستقیم با محاسبات مرتبط است **ظرفیت تحمل**... یکی از وظایف طراحان بهینه‌سازی ابعاد است تا از هدر رفتن زیاد جلوگیری شود **مصالح ساختمانی**، و بر این اساس، افزایش هزینه ساخت و ساز. این افسانه که طراحان چندین فاکتور ایمنی را در محاسبات خود لحاظ می‌کنند در واقع یک افسانه است. فاکتورهای ایمنی و عوامل ایمنی البته در محاسبات وجود دارند، اما مطابق با **SNiP** برای طراحی ۱،۱-۱،۱۵-۱،۳ هستند. آن‌ها نه چندان
۳. مطابقت طرح استاتیکی واقعی کار سازه‌ها که در محاسبه اتخاذ شده است؛ طرح واقعی بارهای سازه‌ها نیز بسیار مهم است، زیرا در صورت رعایت نکردن ابعاد طراحی به دلیل عیوب ساختمانی، بارهای اضافی و گشتاورهای خمشی در سازه‌ها و مجموعه‌ها ممکن است ایجاد شود که ظرفیت باربری سازه را به شدت کاهش می‌دهد.
۴. وجود ترک، پوسته شدن و تخریب؛ وجود ترک، پوسته پوسته شدن و تخریب نشان دهنده عملکرد نامطلوب سازه‌ها و یا نشان دهنده کیفیت پایین کار ساختمانی است.

۵. محل، ماهیت ترک ها و عرض دهانه آنها. متخصص با توجه به محل ترک ها، ماهیت و عرض دهانه آنها می تواند علت احتمالی بروز آنها را تعیین کند. برخی از انواع ترک ها **SNiP** در سازه های بتن مسلح مجاز هستند، برخی دیگر ممکن است نشان دهنده کاهش ظرفیت باربری سازه ساختمان باشد.
۶. وضعیت پوشش های محافظ؛ پوشش های محافظ به این دلیل نامیده می شوند که باید سازه های ساختمان را از تأثیرات نامطلوب و تهاجمی محافظت کنند. **عوامل خارجی**... البته نقض پوشش های محافظ منجر به تخریب آبی سازه ساختمان نمی شود، اما بر دوام آن تأثیر می گذارد.
۷. انحراف و تغییر شکل سازه ها؛ وجود انحرافات و تغییر شکل ها می تواند به متخصص این فرصت را بدهد که عملکرد یک سازه ساختمان را ارزیابی کند. برخی از محاسبات ظرفیت باربری **سازه های ساختمانی** توجه به حداکثر انحرافات مجاز انجام می شود.
۸. علائم نقض چسبندگی آرماتور به بتن؛ چسبندگی آرماتور به بتن بسیار مهم است زیرا بتن در خمش کار نمی کند، بلکه فقط در فشرده سازی کار می کند. خمکاری در سازه های بتن آرمه توسط آرماتور انجام می شود که پیش تنیده است. عدم چسبندگی آرماتور به بتن نشان می دهد که ظرفیت باربری سازه بتن مسلح برای خمش کاهش یافته است.
۹. وجود شکست در تقویت؛ پارگی های آرماتور نشان دهنده کاهش ظرفیت باربری تا زده اضطراری است.
۱۰. حالت لنگر آرماتور طولی و عرضی؛ لنگر انداختن آرماتورهای طولی و عرضی عملکرد صحیح سازه ساختمان بتن آرمه را تضمین می کند. نقض لنگر می تواند منجر به یک وضعیت اضطراری شود.
۱۱. درجه خوردگی بتن و آرماتور. خوردگی بتن و آرماتور باعث کاهش ظرفیت باربری سازه بتن مسلح می شود، زیرا کاهش ضخامت بتن و قطر آرماتور به دلیل خوردگی. ضخامت بتن و قطر آرماتور یکی از مقادیر مهم در محاسبه ظرفیت باربری سازه بتن مسلح است

- بعد هندسی سازه ها و مقاطع آنها.
 - وجود ترک، پوسته شدن و تخریب؛
 - وضعیت پوشش های محافظ (رنگ و لاک، گچ، **صفحه نمایش های محافظ** غیره)؛
 - انحراف و تغییر شکل سازه ها؛
 - نقض چسبندگی آرماتور به بتن.
 - وجود پارگی آرماتور؛
 - حالت لنگر آرماتور طولی و عرضی؛
 - درجه خوردگی بتن و آرماتور.
- مقدار برگشت ضربه زنده از سطح بتن (یا ضربه زنده به آن فشار داده شده است).
 - پارامتر ضربه شوک (انرژی ضربه)؛
 - ابعاد فرورفتگی روی بتن (قطر، عمق) یا نسبت قطر فرورفتگی های روی بتن و نمونه مرجع در هنگام ضربه زدن به فرورفتگی یا فشار دادن فرورفتگی به سطح بتن.
 - مقدار تنش مورد نیاز برای تخریب موضعی بتن هنگام جدا کردن یک دیسک فلزی چسبانده شده به آن، برابر با نیروی کشش تقسیم بر ناحیه طرح ریزی سطح پارگی بتن بر روی صفحه دیسک.
 - ارزش تلاش مورد نیاز برای برش دادن قسمتی از بتن در لبه سازه؛
 - مقدار نیروی تخریب موضعی بتن هنگام بیرون کشیدن دستگاه لنگر از آن

- مطابقت ابعاد واقعی سازه ها با مقادیر طراحی آنها.
 - وجود تخریب و ترک، محل آنها، ماهیت و دلایل ظهور آنها.
 - وجود تغییر شکل های آشکار و پنهان سازه ها.
 - وضعیت آرماتور برای نقض چسبندگی آن به بتن، وجود پارگی در آن و تجلی فرآیند خوردگی.
- یک نظر ارزیابی در مورد وضعیت فنی سازه ها، که بر اساس میزان آسیب آنها، ویژگی های عیوب شناسایی شده تعیین می شود.
- عبارات معیوب، جداول، توضیحات، نتایج تست های ابزاری و آزمایشگاهی نمونه های گرفته شده در طول معاینه؛
 - جدید **گواهی فنی** یک سند قدیمی به روز شده برای یک ساختمان، سازه؛
 - نتیجه گیری در مورد علل احتمالی آسیب به سازه های ساخته شده از بتن، بتن مسلح (در صورت یافتن)؛
 - نتیجه گیری در مورد امکان بهره برداری از ساختمان، ساختار بیشتر؛
 - توصیه هایی برای از بین بردن نقص (در صورت امکان) در چندین نسخه (ترمیم، تقویت سازه ها).
- ارامترهای هندسی سازه ها و بخش های آنها، ابعاد آسیب های خارجی، عیوب اندازه گیری می شود.
- عیوب شناسایی شده با علائم ویژگی های مشخصه، مکان، عرض و عمق آسیب ثبت می شوند.
 - استحکام، تغییر شکل های مشخصه بتن، آرماتور با روش آزمایش ابزاری یا آزمایشگاهی بررسی می شود.
 - محاسبات انجام می شود؛
 - سازه ها برای استحکام با بار آزمایش می شوند (در صورت لزوم).

بازرسی غیرمخرب بتن در تمام مراحل چرخه حیات

کنترل کیفیت در طول مرحله ساخت

با استفاده از آزمون غیرمخرب بتن می توان همزمان شرایط واقعی درمورد جزییات اجرایی مانند همگنی و کیفیت را بررسی نمود. این موجب می شود بتوان از عملکرد درست ساخت در طول مرحله طراحی اطمینان حاصل نمود. در صورت مشاهده نقص یا فقدان کیفیت در طول مرحله ساخت، میتوان برای جلوگیری از هزینه های تعمیر گران قیمت در مرحله بعد آن را اصلاح نمود.

عموما به کیفیت سازه های بتنی طراحی شده اطمینان دارند اما تجربه نشان داده است این همیشه درست نیست. برخی از مشکلات متداول عبارتند از:

- تزریق معیوب در لوله های موجدار
 - پرکردن اتصالات و تزریق ناکافی زیر عناصر
 - حفره های بزرگ
 - تغییر شرایط آرماتور در مقایسه با آنچه طراحی شده
- شرایط ساختاری و تحلیل شکست در طول مرحله عملیات
- بازرسی چشمی فقط برای سطوح قابل استفاده است. در حالی که آزمون های غیرمخرب می توانند شرایط سازه های بتنی را ارزیابی کنند. این آزمایشات اطلاعاتی در مورد ویژگی های مضر پنهان مانند حفره ها، لایه لایه شدگی، خوردگی، آرماتور و ... ارائه می دهند. این اطلاعات هنگام تعیین علت آسیب و یا ارزیابی شرایط سازه در هنگام تخمین دوام و بازسازی حیاتی است. اطلاعات بیشتر به انتخاب روش صحیح اصلاح و یا افزایش دوام پذیری کمک می کند.

تست غیرمخرب بتن در مرحله بازسازی

در طول نوسازی یا بهبود تاسیسات، داشتن اطلاعات دقیق در مورد چگونگی ساخت ضروریست. تنها با دانستن شرایط واقعی، ارزیابی توانایی سازه‌ها برای حمل بار اضافی قابل انجام است. همچنین با این اطلاعات می‌توان تضمین کرد که حفاری در بتن به آرماتورهای حیاتی یا کابل‌های پیش تنیده آسیب نمی‌رساند.

با اطلاعات دقیق در مورد استحکامات، ضخامت آن و قراردادن آرماتور، میتوان از اشتباه ساختاری جلوگیری کرد. همچنین میتوان مانع از دست‌دادن ظرفیت تحمل بار و پایداری در صورت آسیب دیدن آرماتورهای حیاتی شد. در برخی موارد، عدم دانش ممکن است منجر به فروپاشی یک سازه در حین انجام بازسازی شود.

متخصصان تست غیرمخرب بتن

در طول نوسازی یا بهبود تاسیسات، داشتن اطلاعات دقیق در مورد چگونگی ساخت ضروریست. تنها با دانستن شرایط واقعی، ارزیابی توانایی سازه‌ها برای حمل بار اضافی قابل انجام است. همچنین با این اطلاعات می‌توان تضمین کرد که حفاری در بتن به آرماتورهای حیاتی یا کابل‌های پیش تنیده آسیب نمی‌رساند.

با اطلاعات دقیق در مورد استحکامات، ضخامت آن و قراردادن آرماتور، میتوان از اشتباه ساختاری جلوگیری کرد. همچنین میتوان مانع از دست‌دادن ظرفیت تحمل بار و پایداری در صورت آسیب دیدن آرماتورهای حیاتی شد. در برخی موارد، عدم دانش ممکن است منجر به فروپاشی یک سازه در حین انجام بازسازی شود.

برخی از کاربردهای بازرسی غیرمخرب بتن

- مهمترین فعالیتهای غیرمخرب بتن شرکت جوشکاوان به شرح ذیل می باشد:
- انواع تقویت کننده ها به عنوان مثال پوشش، توزیع، قرار دادن و جلوگیری از فرسایش
- قرار دادن و میزان تزریق کابل‌های تحت فشار و لوله‌های چین‌دار
- کنترل کیفیت تزریق زیر عناصر، پر کردن و تقویت اتصالات
- ضخامت ساختار، لایه لایه شدگی، جیب‌ها و حفره‌های صخره‌ها
- استحکام بتن و ارزیابی همگنی
- استحکام ساختار و ارزیابی مناطق تجزیه شده: واکنش قلیایی سنگدانه‌ها (ASR)، حملات سولفات و آتش
- چسبندگی بین لایه‌های مختلف مانند دیورهای نما، کاشی، غشا و لایه‌های پوشاننده کف
- اندازه‌گیری عرض و عمق ترک
- طول پیل و عمق بی‌قاعدگی‌ها مانند تغییر عرض بخش عرضی و زیر سطوح
- تانک‌ها، لوله‌ها، کابل‌ها زیرسطح خرابی جاده‌ها و سازه‌های بتونی.

اصول نگهداری و ترمیم سازه های بتنی

به جهت کنترل واکنش های مخرب در بتن می بایست مقدار رطوبت بتن را در یک محدوده مشخص نمود که در این حالت بتن اجازه خشک شدن داشته و از افزایش رطوبت آن جلوگیری شود.

اصول نگهداری و ترمیم سازه های بتنی اغلب برای کنترل واکنش قلیایی سیلیسی، تهاجم سولفاتی یا تخریب بر اثر سیکل یخ زدن ذوب شدن به کار می رود.

برای کنترل رطوبت ۵ روش قابل استفاده هستند سه روش اول، اشباع آبگریز، اشباع سازی پوشش پیش تر برای اصل ۱ تشریح شده‌اند و دو روش دیگر ساخت صفحات خارجی و راهکارهای الکتروشیمیایی می باشند.

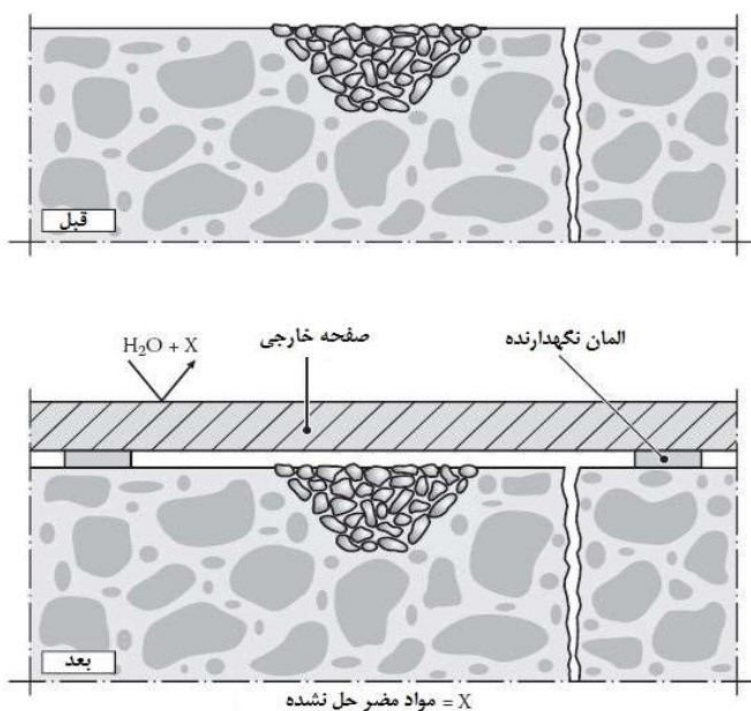
در رابطه با خوردگی بتن، باید توجه شود که اثر خشک شدن بتن نیازمند اندکی زمان است. به ویژه زمانی که بتن بسیار خیس است، ممکن است ماه ها و یا حتی سال‌ها طول بکشد تا سرعت خوردگی برای جلوگیری از آسیب ها به حد کافی کاهش یابد. این حقیقت که خوردگی برای زمان ویژه ادامه پیدا خواهد کرد را باید در طراحی اقدامات ترمیم بتن مدنظر قرارداد. اگر

خوردگی تا زمانی ادامه داشته که حالت ها حدی مانند ترک خوردگی بحرانی در شرف وقوع باشد، ممکن است برای استفاده از روش کنترل رطوبت، بسیار دیر شده باشد و روش‌های جایگزین که بی درنگ خوردگی را متوقف می‌کند باید به کار گرفته شود.

اشباع آبگریز در استاندارد EN1504

در استاندارد EN1504، ضریب نرخ خشک شدن که سرعت تبخیر آب از بتن از طریق لایه آب‌گریز را توصیف می‌کند در این روش دارای اهمیت می‌باشد هنگامی که هدف خشک شدن سریع می‌باشد، ضریب نرخ خشک شدن باید نزدیک به ۱ باشد. این بدین معناست که با وجود لایه آب‌گریز، مانعی برای تبخیر وجود ندارد و در کنار این ضوابط باید توجه شود که آیا ممکن است آب از وجه‌های دیگر به المان بتن نفوذ کند؟ به عنوان نمونه، مکش مویی از خاک یا از منابع دیگر اگر این اتفاق رخ دهد و نتوان از آن جلوگیری کرد باید روش‌هایی غیر از اشباع آب‌گریز انتخاب شود.

برای کنترل فرآیند خوردگی بتن توسط رطوبت، لازم است که راهکار آب‌گریزی در تمام طول عمر سرویس دهی باقیمانده سازه اثر بخش باشد. بنابراین به بازرسی و نگهداری نیاز است برای تعیین اثر بخشی اشباع آب‌گریز، معمولاً جذب آب بتن پس از اجرا در محل کارگاه یا بر روی مغزه‌های حفاری شده اندازه‌گیری می‌شود.



اشباع سازی

کنترل دقیق رطوبت در بتن می‌تواند از طریق سیستم اشباع سازی بتن صورت پذیرد و همچنین پر کردن ترک‌ها در صورتی که ترک‌ها عمیق نباشد از طریق جایگزینی ملات در ترک‌ها صورت پذیرد.

پوشش

سامانه‌های پوششی همچنین می‌توانند برای کنترل رطوبت استفاده شوند. در صورت نیاز به عنوان آماده‌سازی سطح بتن، عملیات تعویض بتن و پر کردن ترک می‌تواند اجرا شود برتری روش پوشش در مقایسه با روش‌های یاد شده این است که این پوشش‌ها قابلیت پل‌زدن بر روی ترک‌ها را دارند.

پوشش پیشنهادی ما برای آب‌بند نمودن سطح بتن محصولات **آب‌بند پلیمری ABAFLEX-FCW** و **آب‌بند**

پلیمری ABAFLEX-ECO و همچنین محصولات پایه اپوکسی نظیر **رنگ اپوکسی ABADUR-280** می‌باشد.

ساخت صفحات خارجی

صفحات خارجی می توانند برای کاهش مقدار آب بتن بر روی سطوح بتنی درست شوند. چنین سامانه هایی می توانند برای بهبود عملکرد عایق های حرارتی و ظاهر ساختمان مورد استفاده قرار گیرند. برای اجرا بر روی سطح عمودی مثل نماهای خارجی تامین الزامات آب بندی بسیار آسان تر از سطوح افقی مانند کفپوش ها می باشند. در نماها آب باران به سمت پایین سرازیر می شود و به ندرت زمانی که سطح در تماس با آب قرار می گیرند محدود می شوند. در موارد خاص باید یک سامانه صفحه ای خارجی مانند سقف های محافظ در نظر گرفته شود. برای استفاده از صفحات خارجی می توانید از محصولات FRP شرکت آبادگران استفاده نمایید.

راهکار های الکتروشیمیایی

در سال های اخیر از روش های الکتروشیمیایی مانند پالس الکترواسمزی برای خشک کردن بتن استفاده شده است. هرچند تردید زیادی وجود دارد که آیا این روش ها قادر به خشک کردن کامل بتن هستند یا خیر؟ تا زمانی که هیچ گزارش علمی در دسترس نباشد نمی توان از این روش با دقت استفاده نمود.

بازسازی بتن

۱- ملات دستی

ترمیم بتن به روش ملات دستی می تواند برای ترمیم ناحیه های نسبتاً کوچک مورد استفاده یا پاشش ملات مطابق با روش استاندارد EN1504 قرار گیرد. برای ناحیه های بزرگ قالب بندی مطابق با روش پاشش بتن صورت می پذیرد. همان طور که اشاره شد هدف این روش تنها جایگزین کردن بتن با کیفیت پایین با بتن یا ملات جدید، بدون مقاوم سازی سازه است.

به جهت به سازی و بالا بردن کیفیت ملات دستی می توانید از **چسب بتن E.M.BOND** استفاده نمایید.



معمولاً برای ستون های کرمو یا شن نما که ناحیه های معیوب دارد با ملات جایگزین می شوند روشن است که هیچ الزاماتی در خصوص شکل ظاهری ترمیم های موضعی وجود نداشته است. اغلب سطح بتن پس از تعمیر موضعی به عنوان اقدام پیشگیرانه برای کاهش میزان کربناته شدن بتن، به طور کامل پوشش داده می شود. در صورتی که کیفیت و ضخامت پوشش بتن پس از اعمال ملات ترمیم موضعی کافی باشد از نظر فنی نیازی به اجرای پوشش نمی باشد. باید به این نکته اشاره نمود که معمولاً تنظیم دقیق ملات ترمیمی با ظاهر بتن کنونی امکان پذیر نیست و تفاوت های بعدی را نمی توان از بین برد، حتی زمانی که از مواد یکسان استفاده بشود.

۲- اجرای دوباره با بتن یا ملات

اجرای مجدد ناحیه های دارای عیب با بتن یا ملات، به عنوان جایگزینی برای اعمال بتن با دست یا از طریق پاشش استفاده می شود. به طور کلی برای جایگزین نمودن سازه طبق تمامی قواعد همانند با بتن ریزی جدید در نظر گرفته می شود. در هر مورد، باید سازگاری با بتن کنونی و همچنین انتقال نیرو از طریق ناحیه انتقال بین بتن قدیم و جدید باید در نظر گرفته شود. به منظور بهبود ترمیم سازه های بتنی می توانید از محصولات ترمیم شامل:

- **ترمیم کننده بتن ویژه E.M.SUPER REPAIR**

- **ترمیم کننده پر مقاومت ABARIPAIR-F**



۳- پاشش بتن یا ملات

در سطوح عمودی یا سقفها پاشش بتن یا ملات روش بسیار مناسبی می باشد. چون پاشش بر تراکم تأثیر می گذارد، کیفیت بتن یا ملات پاشیده شده به طور کلی بالاتر می شود.

توصیه های بیشتر در خصوص پاشش بتن یا ملات در استاندارد (DIN) EN 14487-1: 2006
ارایه شده است.

پیش از پاشش، باید از استحکام کششی سطح بتن زیرآیند اطمینان یافت. در بیش تر استاندارد ها کمترین مقدار 1 N/MM^2 و مقدار متوسط $1/5 \text{ N/MM}^2$ الزام شده است.

به جهت استفاده از ملات های پاششی و گیرش سریع و اجرا در ضخامت های بالا می توانید از افزودنی های

زودگیر نظیر **زودگیر شاتکریت مایع ABAQUICK-AFL** و **زودگیر شاتکریت پودری ABAQUICK-**

AFP استفاده نمایید.



۴- جایگزینی المان ها

این روش ممکن است شامل موادی غیر از بتن مسلح باشد. البته باید پیامد های سازه ای در زمان جایگزینی و پس از آن در نظر گرفته شود. همچنین این موضوع در اصل ۴ استاندارد EN1504 به صورت کامل توضیح داده شده است.

تعمیر و نگهداری از بتن

لیست زیر اطلاعاتی کامل در خصوص دوام سازه های بتنی را ارائه می دهد:

- ۱- یک برآورد تخمینی از طول عمر باقی مانده سازه بتنی.
- ۲- شناسایی بخشی که انتظار می رود طول عمر طراحی آن از طول عمر سرویس آن در سازه بتنی کمتر باشد.
- ۳- تعیین نمودن تاریخی که هر کدام از بخش های بیان شده باید بازرسی و آزمایش شوند.
- ۴- استفاده از سیستمی برای بازرسی که نتایج چگونه ثبت شوند و همچنین چگونگی تصمیم گیری در مورد تعیین تاریخ بازرسی.
- ۵- یک شرح برای ترمیم پایدار (اگر موردی نیاز باشد) به عنوان نمونه محافظت کاتدی.

استراتژی تعمیر و نگهداری واکنشی تنها زمانی که وضعیت واقعی سازه به حالت حدی خود می رسد و نه پیش از رسیدن آن، تعمیرات را اعمال می نماید و پس از رسیدن به وضعیت ساختاری موردنظر در زمان مدنظر، فرایند دوباره شروع می شود. حالت حدی معمولاً براساس رخداد علامت های قابل دیدن **خوردگی بتن**، همچون ترک ها یا پوسته پوسته شدن و یا به علت **خوردگی میلگرد** همچون علامت های زنگ زدگی برروی سطح بتن، تعیین می شوند. برنامه تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، تعمیرات سازه را بدون علامت های قابل دیدن تخریب اعمال می نمایند همچون تجدید سامانه حفاظت سطحی پس از ۲ الی ۳۴ سال با وجود این که سامانه حفاظتی سطح ممکن است که احتیاجات سازه را برآورده کند.

فایده این راهبرد این است که سازه ممکن است از آسیب زیاد به دور مانده و طول عمر کل سازه تا مقدار بسیار زیادی افزایش یابد همچنین با به کارگیری برنامه تعمیر و نگهداری پیشرفته، هزینه های پیش بینی نشده ناشی از عدم امکان کاربری را کاهش داد، هزینه هایی مانند کف پارکینگ.

همچنین ترکیب هر دو راهبرد می تواند ممکن باشد، به عنوان نمونه اگر طول عمر سازه پس از اولین تعمیر کاهش یابد و بنابراین تلاش پس از اولین تعمیر و نگهداری برای بازگشت کارکرد می بایست کاهش یابد. براساس شرایط زمانی سازه، مقدار کار نگهداری نباید محدود شود.

یکی از عناصر کلیدی در یک مفهوم تعمیر و نگهداری، پایش پیوسته شرایط سازه می باشد.

اجرای سامانه های پایش بر پایه حسگر

یک اندازه گیری منظم از وضعیت یک سازه می تواند توسط روش های بیان شده انجام گیرد. در ناحیه هایی که به ویژه دسترسی به آنها بسیار سخت می باشد، امکان کاربری حسگرهایی که می توانند به طور پیوسته مواد یا ویژگی های سازه را تعیین کنند و اطلاعات دقیق از شرایط سازه بدهند همچنین نصب حسگرها ثبت پیوسته پارامترهای مربوطه را بدون تأثیر عوامل انسانی میسر می سازد.

پایش رفتار سازه ای

رفتار سازه ای معمولاً براساس تغییرات طول، ازدیاد طولی در المان های سازه ای یا تغییرات در رفتار باربری استاتیکی و دینامیکی اندازه گیری می شوند. تغییرات طول یک تیر یا هر نوع المان سازه ای دیگر را می توان با استفاده از اندازه گیری های کرنش اندازه گیری کرد.

حس گرهای کرنش همچنین می توانند بر روی سطح سازه و یا به صورت جایگذاری در سازه به کار برده شوند و هر دو حسگر بر اساس تغییرات در مقاومت الکتریکی خود حس گر کرنش را محاسبه می کنند.

پایش شاخص های مرتبط بتنی

در کنار ظرفیت باربری، شاخص های بتنی زیر، دوام سازه را تحت تاثیر قرار می دهند:

-مقدار آب

-مقدار pH

-مقدار کلرید

مقدار آب بتن را می توان با استفاده از الکتروود های چند حلقه ای به روشی که پیش تر شرح داده شد اندازه گیری کرد که مبنای اندازه گیری آن مقاومت بتن و بر اساس منحنی های اسنجی محاسبه می شود.

پایش رفتار خوردگی میلگرد ها

حس گرهای جدید این امکان را به ما می دهند که میزان خوردگی را در میلگرد های فولادی پایش کنیم. مشخصه های مهم در این راستا که می بایست پس از **ترمیم سازه بتنی** آسیب دیده از خوردگی میلگرد مورد پایش قرار گیرد، پتانسیل میلگرد و سرعت خوردگی می باشد. به منظور پایش اینکه میلگرد ها پس از انجام ترمیم باقی می مانند یا خیر. کاتدی از جنس فلزی بی اثرتر از میلگرد به آن متصل شده و در سازه جاسازی می شود سپس جریان بین کاتد و آند اندازه گیری می شود. اگر میزان جریان بالا باقی بماند می توان برداشت کرد که میلگرد انفعالی باید به کار گرفته شود. خود حسگر ها معمولاً به منظور کاهش خطر ناشی از کاستی ها و همچنین آسیب های کاتد در طول نصب، در درون ملات جاسازی می شوند همچنین میزان اتصال الکترولیتی بین حسگر و بتن می تواند با استفاده از ملات و در شرایط آزمایشگاهی تضمین شود.

منابع:

اصول و روشهای طراحی برپایه EN1504

*اصل ۲: کنترل رطوبت

*اصل ۳: بازسازی بتن

*فصل ۸: نگهداری و ترمیم سازه های بتنی

عوامل موثر در عدم پمپ پذیری بتن و نحوه رفع آن

بتن پمپ پذیر چیست؟

بتن پمپ پذیر نوعی بتن است که از طریق لوله ها به ارتفاع قابل توجهی منتقل می شود و در مواقعی که نیاز به بتن ریزی با حجم بالا است مورد استفاده قرار می گیرد.

عوامل موثر بر پمپاژ بتن چیست؟

قابلیت پمپاژ بتن تحت تأثیر عوامل متعددی مانند مواد سیمانی، خصوصیات سنگدانه ها، مواد افزودنی و بچینگ و اختلاط اجزای بتن است.

مواد سیمانی مختلف مانند خاکستر بادی و دوده سیلیسی تأثیر مثبتی بر بتن پمپ شده دارند. بنابراین حداکثر اندازه سنگدانه نباید از یک چهارم قطر لوله پمپاژ تجاوز کند و قبل از استفاده از سنگدانه سبک و سنگین در بتن باید اقدامات احتیاطی انجام شود.

علاوه بر این بچینگ و اختلاط باید به طور دقیق و کافی انجام شود. در غیر این صورت احتمال بروز مشکلات ناشی از پمپاژ بتن وجود دارد.

1. مواد سیمانی

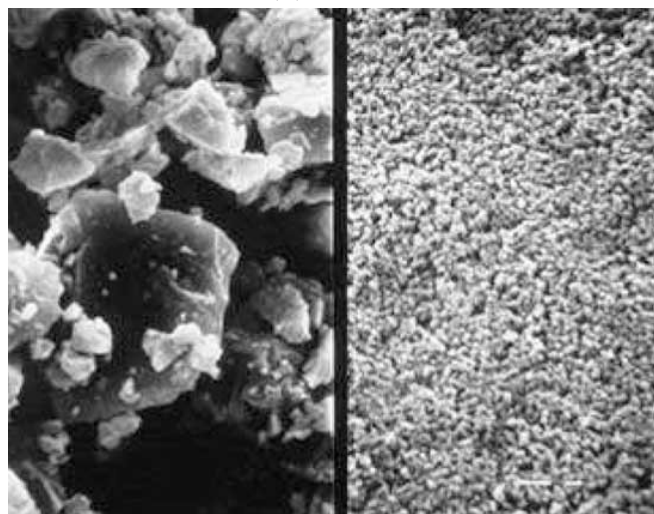
به طور کلی، آب انداختگی بتن پمپ شده مشکل عمده ای است که باید از آن اجتناب کرد و برای رفع آن از سیمان ریز استفاده می شود. بنابراین هرچه سیمان ریزتر باشد بهتر است. استفاده از خاکستر بادی به طور قابل توجهی برای بتن پمپ شده سودمند است زیرا ذرات کروی و بافت شیشه ای آن انسجام مخلوط را بهبود می بخشد و مقدار آب مورد نیاز برای مخلوط را کاهش می دهد.

شکل-۱: ذرات خاکستر بادی پودر شده قابلیت پمپاژ بتن را بهبود می بخشد



دوده سیلیس یکی دیگر از مواد افزودنی است که می تواند برای افزایش قابلیت پمپاژ بتن استفاده شود. علاوه بر این، انسجام مخلوط بتن را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد.

شکل-۲: ذرات میکروسیلیس (سمت راست)، ذرات سیمان (سمت چپ)



علاوه بر این، سرباره کوره دمشی آسیاب شده ممکن است کمی قابلیت پمپاژ بتن را بهبود بخشد زیرا شکل و بافت ذرات آن شبیه سیمان پرتلند است.

از طرف دیگر اگر مقدار زیادی از سرباره کوره دمشی آسیاب شده در مخلوطی که حاوی سنگدانه های سنگین است استفاده شود، جداسازی بتن اتفاق می افتد. علاوه بر این افزودن سرباره کوره دمشی زمینی زمان گیرش بتن را به تعویق می اندازد که گاهی اوقات می تواند مفید باشد.

شکل-۳: سرباره کوره دمشی زمینی



مانند سرباره کوره دمشی زمینی، متاکائولین به طور واضح و موثر بر قابلیت پمپاژ بتن تأثیر نمی گذارد، اما در بتن با چسبندگی کم به کار می رود.

شکل-۴: متاکائولین



ویژگی های کل.2

تأثیر ویژگی های مختلف سنگدانه ها مانند شکل، اندازه و چگالی بر قابلیت پمپاژ بتن در بخش های زیر توضیح داده خواهد شد:

اندازه کل 2.1

معمولاً حداکثر اندازه سنگدانه مورد استفاده برای تولید بتن پمپ پذیر نباید بزرگتر از حداقل قطر لوله پمپاژ تقسیم بر چهار باشد. این به این دلیل است که اگر حداکثر اندازه سنگدانه از یک چهارم حداقل قطر لوله بیشتر شود، امکان جداسازی افزایش می یابد.

بنابراین لازم است اندازه سنگدانه را با احتیاط انتخاب کرد تا مخلوط بتن با انسجام لازم داشته باشد.

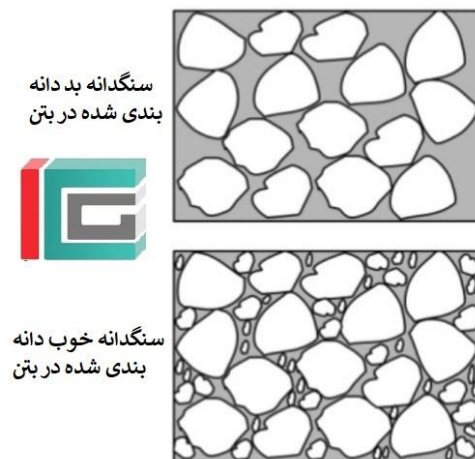
شکل-۵: اندازه های مختلف مصالح



2.2 درجه بندی کل

اگر سنگدانه ها به خوبی دانه بندی شوند، می توان یک مخلوط بتن پمپ پذیر خوب تولید کرد. این نوع درجه بندی امکان حرکت آب و مواد ریز را به سمت سطح مشترک بتن و لوله فراهم می کند. با این حال سنگدانه با درجه بندی درشت برای بتن پمپ پذیر مناسب نیست، زیرا مخلوط ممکن است دچار تفکیک شدید شود. سنگدانه های با دانه بندی خوب که معمولاً برای تولید بتن پمپ پذیر قابل قبول است، می توانند با مخلوط کردن سنگدانه درشت و شن و ماسه با مواد ریز به اندازه کافی به دست آیند. این نوع درجه بندی یک منحنی صاف را فراهم می کند و به شرایط تئوری بسته بندی ذرات می رسد. استانداردهایی برای اختلاط سنگدانه ها وجود دارد که می تواند به طور قابل توجهی برای بهینه سازی مواد و به دست آوردن سنگدانه های درجه بندی شده مفید باشد. در نهایت، لازم به ذکر است که حفظ یکنواختی پس از مشخص شدن درجه بندی مصالح حائز اهمیت است.

شکل-۶: درجه بندی کل



2.3 شکل کل

به طور کلی اکثر اشکال سنگدانه ها برای بتن پمپ پذیر مناسب هستند اگر حداقل نسبت خالی ممکن حفظ شود. استفاده از سنگدانه های گرد برای بتن پمپ پذیر مطلوب است زیرا شن های گرد نیروی اصطکاک در داخل لوله ایجاد نمی کنند. در نتیجه آنها می توانند به راحتی از طریق لوله ها حرکت کنند به خصوص در گوشه ها و مکان های مخروطی یک سیستم پمپاژ.

سنگدانه های زاویه دار نباید به طور کامل کنار گذاشته شوند زیرا نسبت فضای خالی اشکال زاویه ای را می توان کاهش داد و در نهایت می توان بتن پمپ پذیر ساخت.
در نهایت اگر شکل سنگدانه ها بد و نامطلوب است، توصیه می شود به نسبت ماسه توجه شود.

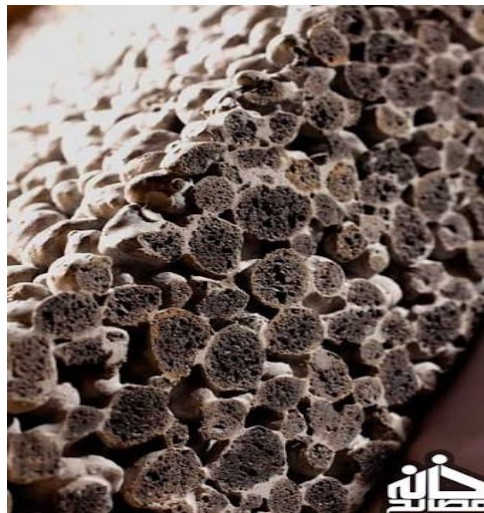
شکل-۷: محدوده شکل سنگدانه



چگالی سنگدانه 2.4

اگر چگالی اندازه های مختلف ذرات در مخلوط بتن متفاوت باشد، آب انداختگی و جدا شدن بتن پمپ شده را تشدید می کند. علاوه بر این زمانی که بتن سبک با وزن نامناسب تولید می شود، سنگدانه های سبک ممکن است به بیرون شناور شوند و مطمئناً باعث ایجاد موانعی در هنگام بتن ریزی می شوند.
سنگدانه سبک متخلخل است و مقدار قابل توجهی آب را در بتن تحت فشار پمپاژ جذب می کند. در نهایت انسداد خط لوله رخ خواهد داد. علاوه بر این پس از برداشتن فشار پمپ، آب جذب شده از سنگدانه خارج شده و منجر به آب انداختگی به خصوص در هنگام قرار دادن دال بتنی می شود.
بنابراین لازم است اقداماتی مانند خیساندن سنگدانه های سبک از قبل یا وارد کردن مواد افزودنی برای جلوگیری از نفوذ آب به سنگدانه ها در نظر گرفته شود.

شکل-۸: اندازه های مختلف مصالح سبک



به طور کلی، بتن ساخته شده با سنگدانه های سبک را نمی توان برای مسافت های طولانی و ارتفاعات قابل توجه پمپ کرد. در مقایسه سنگدانه های سنگین ممکن است به وارونه لوله های پمپاژ افقی فرو رفته و باعث انسداد شوند.
پس از بتن ریزی لوله ها باید برچیده و تمیز شوند. قطر لوله باید کمی بیشتر از حداکثر اندازه سنگدانه مخلوط باشد تا از انسداد احتمالی ناشی از سنگدانه ها جلوگیری شود.

علاوه بر این بتن سخت شده گیر کرده در لوله، مشکلات بیشتری را برای عملیات پمپاژ بعدی ایجاد می کند زیرا بتن در لوله شل شده و لوله را مسدود می کند.

3. مواد افزودنی

به طور کلی افزودنی ها در بیشتر کاربردها استفاده می شوند و مطمئناً بر قابلیت پمپاژ بتن تأثیر می گذارند. به عنوان مثال افزودنی های کاهنده آب و افزودنی های کاهنده آب قوی بسیار مفید هستند زیرا با کاهش محتوای آب آزاد از نفوذپذیری بیش از حد جلوگیری می کنند و از استفاده از سیمان بی ضرر جلوگیری می کنند.

شکل-۹: افزودنی کاهنده آب



افزودنی حباب هوا ساز (E.M. AIR) انسجام مخلوط بتن را افزایش می دهد و قابلیت پمپاژ بتن را بهبود می بخشد. با این وجود اگر محتوای سیمان مخلوط بالا باشد ارائه یک عامل هوادهی هیچ مزیتی ندارد.

شکل-۱۰: افزودنی حباب هوا ساز



افزودنی دیرگیر کننده (به طور مثال افزودنی های بر پایه لیگنو سولفونات) در محیط های گرم و موقعیت هایی که تأخیرهای پیش بینی نشده ایجاد می شوند سودمند در نظر گرفته می شود. می تواند کارایی بتن را افزایش دهد و از این رو زمان بیشتری را برای قرار دادن بتن فراهم کند.

4. بچینگ و مخلوط کردن مواد

بتن پمپ پذیر به طور قابل توجهی تحت تأثیر خطاهای بچینگ، مقدار آب اختلاط و سایر خطاهای احتمالی است که ممکن است در طول بچینگ مواد رخ دهد. بنابراین لازم است بچینگ بتن با دقت انجام شود. برای اختلاط مواد بتن پمپ پذیر، باید به اندازه کافی مخلوط شود و ماشین آلات مورد استفاده برای این منظور باید بر اساس توصیه سازنده استفاده شود. در نهایت توصیه می شود قبل از بارگیری بتن آماده در پمپ، آن را دوباره مخلوط کنید.

شکل-۱۱: کارخانه بتن آماده



عوامل موثر بر پمپ پذیری بتن چیست؟

قابلیت پمپاژ بتن تحت تأثیر عوامل متعددی مانند مواد سیمانی، خصوصیات سنگدانه ها، مواد افزودنی و بچینگ و اختلاط اجزای بتن است.

دلایلی که استفاده از پمپ های بتن را اجباری می کند چیست؟

عواملی که پمپ های بتن را ملزم می کند عبارتند از: صرفه جویی در زمان و نیروی کار، برنامه ریزی افزایش یافته، کاهش آماده سازی محل، کنترل با کیفیت بالا و تطبیق پذیری در قرار دادن آسان بتن.

پمپ بتن تا کجا می رسد؟

بسته به نوع و قدرت دستگاه پمپ های بتن، ارتفاع و طول پمپاژ بتن متفاوت است. با توجه به ماشین آلات داخلی، پمپاژ بتن به صورت افقی می تواند تا ۱۵۰ الی ۲۰۰ متر برسد. از نظر پمپاژ در ارتفاع با توجه به قدرت دستگاه های پمپاژ موجود در داخل کشور، تا ارتفاع حدود ۶۵ متر امکان پمپ بتن وجود دارد.

مشکلات عمده در کارهای پمپاژ بتن وجود دارد و چگونه از آنها اجتناب کنیم؟

مشکلات عمده ای که هنگام پمپاژ بتن با آن مواجه می شویم، انسداد خط لوله و جدا شدن و آب انداختگی مخلوط بتن است. انسداد عبارت است از عدم خروج بتن در انتهای خط لوله، مشخصه آن افزایش فشار است که بر روی گیج فشار مشاهده می شود.

انسداد می تواند به دلیل انتخاب نادرست تجهیزات پمپاژ مانند استفاده از یک موتور کم توان، اتصال یک لوله با قطر کوچک با یک لوله با قطر بزرگ و اتصال خم های گسترده یا تیز در خط لوله ایجاد شود. نیروی کار غیر ماهر، نگهداری نادرست تجهیزات پمپاژ و حمل و نقل نامناسب بتن نیز برخی از عوامل حیاتی هستند که منجر به انسداد می شوند.

علاوه بر این، آب انداختگی و جدایی در بتن به دلیل طراحی نادرست مخلوط و مواد بی کیفیت ایجاد می شود. این مشکل را می توان با افزایش محتوای سیمان یا افزودن مواد افزودنی برای افزایش انسجام مخلوط حل کرد. بعلاوه استفاده از سنگدانه ها با دانه بندی خوب در مخلوط، به پمپ پذیری بتن کمک زیادی می کند.

در طول فرآیند پمپاژ، فشار پمپ باید بر اصطکاک بین بتن و لوله غلبه کند تا بتن را از طریق خط لوله عبور دهد. استفاده از ملات در ابتدای لوله، دیواره های داخلی آن را روغن کاری کرده و به پمپ برای غلبه بر نیروی اصطکاک کمک می کند.

مشکلات عمده در کارهای پمپاژ بتن

1. انسداد شدن پمپ بتن

انسداد می‌تواند به دلیل خم‌های متعدد در خط لوله، پیچ‌های خیلی تیز یا بسیار گسترده، سنگدانه‌های دارای شکاف و عدم تمیز کردن و نگهداری خط لوله پس از هر کار بتن‌ریزی اتفاق بیفتند. نسبت آب به سیمان بالا و زمان انتظار طولانی در محل ساخت و ساز که طی آن بتن قابلیت پمپاژ خود را از دست می‌دهد نیز می‌تواند منجر به انسداد شود.

شکل-۱۲: پمپاژ بتن



2. جداسازی و آب انداختگی در مخلوط بتن

جداسازی عبارت است از جدا شدن خمیر سیمان و سنگدانه در حین جابجایی و بتن ریزی می‌باشد. جداسازی زمانی اتفاق می‌افتد که فشار پمپاژ بر نیروی چسبندگی در مخلوط بتن غلبه کند. آب‌انداختگی، خروج آب از مخلوط بتن است. این به دلیل تناسب نامناسب مخلوط بتن رخ می‌دهد. استفاده از سنگدانه با درجه بندی نامناسب دلیل اصلی آب‌انداختگی در حین عملیات پمپاژ است.

شکل-۱۳: جداسازی و آب‌انداختگی



چگونه از مشکلات پمپاژ بتن جلوگیری کنیم؟

1. مخلوط بتن

اگر مخلوط بتن نتواند به مقدار کافی آب و حالت خمیری خود را حفظ کند، احتمال مسدود شدن پمپ بتن زیاد است. سنگدانه های دانه بندی نشده به آب اجازه می دهد تا از طریق کانال های مویین که به دلیل حفره ها ایجاد شده اند، جریان پیدا کند که در ادامه ممکن است منجر به انسداد شود. بنابراین باید دانه بندی سنگدانه ها در طرح اختلاط با نسبت مناسبی تعیین شود.

در مقابل، استفاده از سنگدانه های درجه بندی شده به خوبی باعث کاهش احتمال خروج آب از مخلوط می شود. همچنین باعث می شود بتن تازه دارای نیروی چسبندگی بیشتر از فشار پمپاژ باشد که در غیر این صورت باعث جدا شدن بتن تحت فشار پمپاژ می شود.

اگر محتوای ریز زیاد باشد، لوله ممکن است مقاومت اصطکاکی زیادی ایجاد کند و احتمالاً باعث انسداد شود. بنابراین متناسب بودن اجزای بتن ساده ترین راه برای جلوگیری از مشکلات مخلوط بتن است که ممکن است در طول فرآیند پمپاژ ایجاد شود. نسبت سیمان به سنگدانه نباید بیشتر از ۱,۶ باشد و نسبت W/C باید بین ۰,۵ تا ۰,۶۵ باشد. از حداکثر اندازه سنگدانه ۲۰ میلی متر استفاده کنید و محتوای بهینه سنگدانه باید بین ۳۵ تا ۴۰ درصد باشد. مقدار بهینه سنگدانه ریز باید بین ۳۵ تا ۴۰ درصد باشد و برای مواد ریزتر از ۳۰۰ میکرون باید بین ۱۵ تا ۲۰ درصد باشد. مقدار سیمان و سایر ذرات زیر اندازه ۰,۲۵ میلی متر باید بین ۳۵۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم باشد.



2. جابجایی بتن

اختلاط نامناسب اجزای بتن منجر به جدایی در مخلوط و در نتیجه پمپاژ ناموفق بتن می شود. اختلاط کافی اجزای بتن تضمین می کند که سنگدانه ها دارای یک پوشش کامل از دوغاب سیمان برای روانکاری مخلوط در حین پمپاژ هستند. هنگامی که مخلوط بتن برای مدت طولانی تری در هوای گرم باقی بماند، بتن سفت شده و قابلیت پمپاژ خود را تا حد زیادی از دست می دهد.

3. مهارت های کار

خطاهای کارگر غیر ماهر ممکن است عملکرد تجهیزات را محدود کند و احتمالاً باعث انسداد شود. حمل نادرست شیلنگ پمپ ممکن است پیچ خوردگی هایی ایجاد کند که از جاری شدن مخلوط بتن جلوگیری می کند. شیلنگ پمپ ممکن است در موقعیت های پیچ خوردگی پاره شود. یک اپراتور پمپ ماهر می داند که چگونه پمپ را راه اندازی کند و نیاز به اضافه کردن شیلنگ بیشتر در طول فرآیند پمپاژ را برطرف کند.

4. انتخاب تجهیزات پمپاژ

انتخاب تجهیزات پمپ نامناسب برای کار مورد نظر نیز می تواند باعث انسداد شود. به عنوان مثال اتصال یک شیلنگ با قطر بزرگ به یک شلنگ با قطر کوچک می تواند باعث انسداد شود. بعلاوه انتخاب یک موتور کم توان برای یک کار بتن خاص نمی تواند سرعت پمپ کافی برای فشار دادن مخلوط بتن از طریق سیستم خط لوله ایجاد کند که منجر به انسداد می شود.

قطر لوله باید برای اطمینان از کاربرد آن برای کار مورد نظر ارزیابی شود. باید از خم‌های زیاد، خم‌های خیلی تیز و خیلی عریض اجتناب کرد. در غیر این صورت، فشار پمپ بالاتری برای پمپاژ بتن مورد نیاز است. هر چه فشار پمپ مورد نیاز بیشتر باشد، اسب بخار مورد نیاز موتور نیز بیشتر می‌شود. برای جلوگیری از خطر انسداد در نزدیکی نقاط خم، استفاده از لوله‌هایی با قطر حداقل سه برابر حداکثر اندازه سنگدانه را در نظر بگیرید. از استفاده از لوله‌های آلومینیومی جلوگیری کنید زیرا با مواد قلیایی موجود در سیمان واکنش می‌دهد و گاز هیدروژن ایجاد می‌کند که باعث ایجاد حفره در بتن و کاهش راندمان پمپ می‌شود.

شکل-۱۴: تجهیزات پمپاژ بتن



5. استفاده از مواد بی کیفیت

یکی دیگر از دلایل مشکل در پمپاژ بتن استفاده از مصالح بی کیفیت است. مواد با کیفیت پایین بتن‌هایی را تولید می‌کنند که برای قرار دادن با استفاده از تجهیزات پمپاژ مناسب نیستند، زیرا بتن پمپاژ ناموفق ممکن است ارزش اسلامپ خیلی کوچک یا خیلی زیاد داشته باشد.

در نتیجه وقوع انسداد بسیار محتمل است. با این حال استفاده از نسبت آب به سیمان صحیح اصطکاک بین لوله‌های درشت سنگدانه و پمپ را کاهش می‌دهد.

6. انتخاب مواد افزودنی نامناسب برای بتن

استفاده از افزودنی‌های نامناسب مانند دیرگیر کننده‌ها، مواد پمپاژ، مواد پرکننده نیز می‌تواند دلیل انسداد در فرآیند پمپاژ باشد.

7. عدم نگهداری از خط لوله پمپ

اگر خط لوله تجهیزات پمپاژ به درستی تمیز و نگهداری نشود، بتن باقی مانده در داخل لوله‌ها گیر کرده و جریان بتن تازه را مسدود کرده و در نهایت باعث مسدود شدن خط لوله می‌شود. واشرهای فرسوده، کوبلینگ‌ها و یقه‌های جوش باید تعویض شوند تا از بین رفتن دوغاب جلوگیری شود. توصیه می‌شود به جای رفع گرفتگی‌های بتنی، کارهای تعمیر و نگهداری منظم انجام شود.

جایگاه افزودنی در پمپاژ راحت تر بتن

توسعه روز افزون دامنه کاربرد بتن در صنعت ساختمان و افزایش انتظارات طراحان و مجریان از بتن (در نقش سازه‌ای و دکوراتیو) اهمیت و جایگاه ویژه‌ای را به افزودنی‌های بتن به دلیل داشتن تاثیر همزمان بر روی خواص بتن تازه و سخت شده داده است. بر اساس آیین‌نامه ACI 212.3R (گزارشی بر افزودنی‌های شیمیایی بتن) افزودنی‌های شیمیایی بتن به منظور تنظیم و اصلاح خواص بتن تازه و سخت شده استفاده می‌شوند.

بر اساس همین آیین‌نامه، مزایای استفاده از افزودنی‌ها در بتن شرح زیر است:

- افزایش کارایی بتن بدون نیاز به افزایش آب، یا کاهش مقدار آب بتن بدون تغییر کارایی آن؛
- افزایش کارپذیری یا جریان روانی بدون افزودن آب اضافی؛
- افزایش یا کاهش مدت زمان گیرش بتن؛
- کاهش نشست و جمع‌شدگی یا ایجاد انبساط کنترل شده؛
- رفع خطر آب انداختگی بتن؛
- جلوگیری از جداشدگی؛
- بهبود قابلیت پرداخت؛
- بهبود قابلیت پمپاژ؛
- اصلاح ویژگی‌های ظاهری؛
- کاهش نرخ افت روانی (اسلامپ) یا به عبارت دیگر افزایش مدت زمان کارپذیری بتن؛
- افزایش سرعت جابدهی و تراکم دهی بتن.

همچنین مزایای استفاده از افزودنی‌ها در بتن به شرح زیر است:

- کاهش نرخ گرمایی در ساعات اولیه واکنش هیدراسیون؛
- افزایش سرعت کسب مقاومت در سنین اولیه؛
- افزایش مقاومت‌های مکانیکی (فشاری، خمشی، کششی)؛
- استحکام بخشی به بتن در برابر سیکل‌های یخ‌زدن و آب شدن؛
- کاهش پوسته‌شدگی ناشی از نمک‌های یخ‌زدا؛
- کاهش نفوذپذیری؛
- جلوگیری از بروز و پیشرفت واکنش قلیایی سنگدانه؛
- افزایش چسبندگی بتن تازه به مقاطع آرمه سازه بتنی؛
- بهبود مقاومت در برابر ضربه و سایش؛
- بالا رفتن استحکام بتن در برابر پدیده خوردگی؛
- تولید بتن یا ملات رنگی؛
- کاهش جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن و پیچش.

بتن دارای افزودنی در مقایسه با بتن فاقد مواد افزودنی بر اساس نوع بتن‌ریزی و شرایط محیطی دارای ویژگی‌های ذیل می‌باشند:

انواع بتن، شرایط تولید و اجرای بتن	امکان بتن ریزی بدون افزودنی	ارتقا دوام و استحکام همراه با افزودنی	اجرای آسانتر همراه با افزودنی	اجرای سریع تر و اقتصادی تر همراه با افزودنی	عدم امکان بتن ریزی بدون افزودنی
قطعات پیش ساخته	+	+	+	+	
بتن‌های خودتراکم		+		+	+
بتن‌ریزی در مقاطع باریک و پرآرماتور		+	+	+	+
بتن‌های نفوذناپذیر		+		+	+

+			+		بتن های توانمند
+	+		+		بتن های پر مقاومت
+	+		+		بتن ریزی با قالب لغزنده
			+	+	بتن های غلتکی
			+	+	بتن آماده
+	+	+	+		بتن ریزی در گرما
	+	+	+		بتن ریزی در سرما
+	+		+		بتن های دارای کسری فیلر و خشن
		+	+		ساخت بتن با مصالح سنگی شکسته و با اندازه اسمی بزرگ
+	+		+		ساخت بتن در شرایط محیطی شدید و فوق العاده شدید
+	+		+		سازه های دریایی
+	+		+		سدها
+	+		+		کانال ها و تونل های انتقال آب
+	+		+		تصفیه خانه های آب و فاضلاب
+	+		+		افزایش مقاومت خمشی و کششی بتن
+	+		+		افزایش مقاومت فشاری در سنین کم
		+	+		بتن ریزی به روش پمپی
+			+		حمل بتن در مسافت های طولانی
+	+	+	+		بتن ریزی حجیم

محصولات مناسب شرکت آبادگران جهت جلوگیری از مشکلات پمپاژ بتن افزودنی های پایه پلی کربکسیلات فوق کاهنده آب مانند [POWERPLASR-RM](#) , [REUNET](#) , [POWERPLAST-ES](#) , [ABAPLAST STR-2912](#) , [ABAPLAST WR-4610](#) , [POWERPLASR- PM](#) می باشد.

در متن آیین نامه های زیر به استفاده از افزودنی های بتن اشاره شده است:

مطابق با [ACI 201.2R](#) (راهنمای بتن با دوام) یکی از راهکارهای کنترل واکنش فلیائی سنگدانه ها (A-A-R) استفاده از افزودنی های بتن می باشد. به عنوان مثال افزودنی های روانساز به واسطه کاهش مقدار نفوذپذیری در این زمینه عملکرد دارند. آیین نامه [ACI 201.2R](#) استفاده از افزودنی های حباب هوازای بتن را برای افزایش مقاومت بتن در برابر چرخه های یخ و ذوب توصیه می نماید.

بر اساس آیین نامه [ACI 207.1R](#) (راهنمای بتن ریزی حجیم) به کارگیری افزودنی‌های بتن مزایای زیادی در بتن‌های حجیم دارد. بر طبق این آیین‌نامه مهمترین افزودنی‌ها در بتن ریزی حجیم، افزودنی‌های حباب هوازای بتن، کاهنده آب بتن و کنترل‌کننده زمان گیرش (دیرگیرکننده‌ها) هستند.

آیین‌نامه [ACI 207.5R](#) (گزارش بتن غلتکی حجیم) نیز به استفاده از افزودنی‌های کاهنده آب و کاهنده آب/دیرگیرکننده تأکید دارد.

در آیین‌نامه [ACI 211.4R](#) (راهنمای انتخاب نسبت‌های اختلاط بتن پرمقاومت حاوی سیمان و سایر مواد سیمانی) استفاده از دوده سیلیسی برای دستیابی به مقاومت‌های بالا اشاره شده است. این آیین‌نامه برای جلوگیری از افزایش نسبت W/C ناشی از مصرف دوده سیلیسی، استفاده از افزودنی‌های کاهنده و فوق کاهنده آب را لازم می‌داند.

بر اساس گزارش آیین‌نامه [ACI 211.4R](#)، به طور کلی ضرورت استفاده از افزودنی‌ها و سایر مواد سیمانی، برای تولید و جایدهی بتن با نسبت‌های W/C پایین اثبات شده است.

مطابق با بند ۶-۱-۳-۲-۷ آیین‌نامه [ACI 211.4R](#) (راهنمای انتخاب نسبت‌های اختلاط بتن پرمقاومت حاوی سیمان و سایر مواد سیمانی)، در هنگام طراحی و تعیین نسبت‌های اختلاط گاهی ممکن است با مقدار حداکثر W/C مجاز، قادر به دستیابی به کارایی مطلوب جهت اجرا نباشیم. در چنین مواردی باید با استفاده از افزودنی‌های شیمیایی به کارایی مورد نظر دست یافت.

آیین‌نامه [ACI 212.3R](#) (گزارشی بر افزودنی‌های شیمیایی بتن) استفاده از افزودنی‌های فوق کاهنده آب را به عنوان جزئی ضروری در ساخت بتن‌های مقرون به صرفه و توانمند الزامی می‌داند. بر اساس این آیین‌نامه با استفاده از فوق روان‌کننده‌ها و دیرگیرکننده‌ها می‌توان حجم زیادی از بتن را در یک بازه زمانی محدود اجرا نمود، و همچنین نیاز به قالب و تجهیزات مرتبط را کاهش داد.

علاوه بر بندهای اشاره شده در بالا، موارد مشابه دیگری نیز در استانداردها و آیین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی مطرح گردیده که همگی لزوم بهره‌گیری از افزودنی‌های شیمیایی در بتن را اثبات می‌نمایند. در عین حال ابتکار عمل مهندسين در کاربرد مواد افزودنی شیمیایی بتن و تولید بتن‌های خاص با ویژگی‌های کاربردی متفاوت عامل انگیزاننده تدوین‌گران آیین‌نامه‌ها و استانداردها با هدف نشر دانش و کاربردی سازی آن بوده است.

اصول و نکات لازم برای اجرای کف سازی سیمانی

در بسیاری از محوطه‌های ساختمانی و کارگاهی برای کف سازی محوطه با استفاده از مواد سیمانی با روش‌های غیر اصولی و سنتی انجام می‌شود. برای اجرای این روش از نخاله ساختمانی برای فراهم کردن یک بستر مسطح و مناسب برای سیمان‌کاری اقدام می‌شود. متأسفانه در این حالت مقدار رطوبت منطقه و خاک آن در نظر گرفته نمی‌شود و با توجه به اینکه از مواد نامناسب از قبیل نخاله‌های ساختمانی برای بسترسازی استفاده می‌شود به مرور زمان بتن ریخته شده دچار آسیب خواهد شد و در نهایت دوام بسیار کمی خواهند داشت.

همانطور که در بالا ذکر شد کف سازی و ماندگاری کف به رطوبت و جنس زمین بستگی دارد. کف سازی با سیمان اغلب به جنس، نوع و رطوبت موجود در خاک و منطقه بستگی دارد و براساس آن نحوه اجرا و حتی نوع سیمان نیز متفاوت خواهد بود و استاندارد متفاوتی دارد. در زیر به بررسی و نحوه اجرای کف سازی در زمین‌های خشک و مرطوب می‌پردازیم.



کف سازی در زمین‌های خشک

از مهم ترین مسائل برای شروع عملیاتی کف سازی با سیمان صاف و متراکم بودن سطح کف سازی می باشد. در اکثر پروژه‌ها به علت رفت و آمد مکرر ماشین‌آلات سنگین، زمین دچار تراکم شده و سطح زیرین (خاک) به عملیات خاصی جهت متراکم کردن خاک نیاز پیدا نمی کند.

پس از صاف و متراکم سازی سطح، باید نسبت به اجرای یک لایه نازک بتن با عیار ۲۰۰ کیلوگرم (۲۰۰ کیلوگرم سیمان در هر مترمکعب) به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر اجرا کرد که در اصطلاح به این عمل بتن مگر گفته می‌شود. برای بالا بردن کیفیت عملیات انجام شده می‌توان از عملیات متراکم سازی بتن مگر با استفاده از ویبراتور و سپس صاف نمودن سطح سیمان با استفاده از تخته ماله مخصوص استفاده کرد.

حال در این مرحله پس از اجرای لایه ی بتن مگر در این مرحله از کف سازی زمین‌های خشک، می‌توان به اجرای یک لایه از ملات ماسه و سیمان اقدام کرد.



کف سازی در زمین‌های مرطوب

در این روش با توجه به رطوبت موجود در زمین و خاک شیوه سیمان کاری مقداری متفاوت از روش کف سازی در زمین های خشک می باشد. در این روش ابتدا باید نسبت به متراکم کردن زمین و رسیدن تراکم آن به مقادیری برابر با ۸۵ تا ۹۰ درصد اقدام کرد. در مرحله بعد که مهم ترین مرحله می باشد برای جلوگیری از ورود رطوبت به سطح بتن مانعی قرار داد. حال برای بهتر انجام شد این کار می توان از یک لایه قلوه سنگ درشت به ضخامت حداقل ۲۵ سانتی‌متری استفاده کرد. برای مسطح

سازی سطح این لایه متشکل از قلوه سنگ ها می توان از شن و ماسه های درشت استفاده کرد تا فضای خالی بین قلوه ها کاملاً پوشیده و یک سطح صاف و یکنواخت به دست آید.

در مرحله بعد همانند مرحله آخر کف سازی در زمین های خشک باید نسبت به اجرای یک لایه بین ۷ تا ۱۰ سانتی متر بتن با عیار ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در هر مترمکعب بتن و سپس صاف کردن آن با استفاده از تخته ماله مخصوص اقدام کرد.



مسطح بودن سطح

در روش ارائه شده در استاندارد BS 8204-1 به طور کلی برای اکثر کاربری های کف سازی ، طراح باید یکی از روش های مورد تأیید را مشخص نماید.

اغلب در زمین هایی که درصد رطوبت در آنها بالا باشد، قلوه سنگ نمی تواند لایه ی خوبی بعنوان مانع در برابر رطوبت باشد و حتماً به اقدامات دیگری نیاز داریم. در این صورت باید نسبت به اجرای ملات سیمانی لیسه ای با عیار ۳۵۰ کیلوگرم با ضخامت یک سانتی متر اقدام کرد. سیمان لیسه ای از مخلوط کردن ماسه نرم و سیمان با عیار ۳۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب به دست می آید.

حال برای ایجاد یک لایه عایق مناسب نسبت به اجرای قیر و گونی روی ملات ماسه و سیمان لیسه ای اقدام می شود. مجدداً به منظور محافظت از عایق کاری انجام شده باید نسبت به اجرای ملات ماسه و سیمان لیسه ای با عیار ۳۵۰ کیلوگرم سیمان در مترمکعب ملات و حداقل به ضخامت یک سانتی متر اقدام کرد. بعد از خشک شدن کامل این لایه حفاظتی می توان نسبت به اجرای لایه سیمانی نهایی اقدام کرد.

حال می خواهیم به مزایای کف سازی با استفاده از سیمان پپردازیم

به مهمترین نکته ای که می توان در کف سازی با استفاده از سیمان اشاره کرد هزینه پایین و سرعت اجرای عملیات می باشد. از دیگر مزایای استفاده از کف سازی سیمانی سرعت زمان بالا برای اجرا در مقیاس بزرگ، هزینه ی پایین آن ، ماندگاری طولانی مدت و و همچنین مقاومت بالای آن (در صورتی که بطور اصولی اجرا شود)، سطح کاملاً یکنواخت عاری از هر گونه درز، روش ساده در ترمیم و نگهداری آن از مهم ترین مزایای کف سازی سیمانی می باشد.



بر اساس استاندارد BS 8204 استفاده از استاندارد بالاتر از حد مجاز منجر به هزینه های غیر ضروری می گردد. هنگام انتخاب یک کلاس برای کفسازی سطح باید کاملاً صاف و تمیز باشد و عاری از هر گونه فراز و نشیب گردد.

ظاهر سطحی

منظم بودن سطح و آزمایش تسطیح سطح را نباید تا زمانی که تمام لکه‌کشی‌ها کامل شده بررسی کرد. و همچنین برای کفسازی باید حداقل ۲۴ ساعت قبل از اجرا باید سطح کاملاً تمیز و صاف گردد.

کانال

کانال هایی باید در کفپوش تعبیه شود تا مایعاتی مانند نشت و آب شستشو از آن منتقل شود. زهکشی یکی از عوامل مهمی است که از نفوذ آب به سطح (بتن) جلوگیری می کند.



یکی از مهمترین مشکلات در اجرای کفپوش‌های آماده، کاشی، سرامیک و مفروش نمودن کف‌های اجرا شده در پروژه‌های عمرانی، وجود ناهمواری و تراز نبودن این سطوح می‌باشد. این معایب در بسیاری مواقع منجر به افزایش هزینه‌های اجرا و افت شدید کیفیت کف نهایی می‌شود. از آنجا که دقت بالا در نصب کاشی و سرامیک در سطوح با ابعاد بزرگ نیازمند سطح نهایی یکدست و هموار است، در همین راستا شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران با بهره‌گیری از دانش فنی، تجربه و تخصص و بسته به نوع کاربری، شرایط عبور و مرور و موقعیت اجرا راهکارهای مناسبی را به منظور رفع این نقیصه و ارتقای مقاومت‌های فشاری، مقاومت در برابر ضربه و مقاومت سایشی بتن اجرا شده ارائه می‌نماید.

ترازکننده‌های سیمانی ABATOP-FSL و ترازکننده‌های سیمانی ABATOP-SL مخلوط‌های آماده تک جزئی بر پایه سیمان با قابلیت پرکنندگی، روندگی زیاد و فاقد انقباض می‌باشند. این ترکیبات طبق تعاریف استانداردهای مختلف بین‌المللی همچون EN و BS، با توجه به پلیمرهای فعال شونده‌ای که در ساخت آنها به کار رفته از پیوستگی و چسبندگی قابل توجهی

به سطوح زیرکار برخوردار بوده و پس از سخت شدن نیروی فشاری زیادی را تحمل می‌نمایند. با توجه به محتویات پلیمری اصلاح‌شده در آن، این ترکیب در مقایسه با مواد مشابه غیرپلیمری، می‌تواند در لایه‌های با ضخامت نازک اجرا گردد. ABATOP-FSL تراز کننده سیمانی زودگیر بوده که با توجه به قابلیت خود تراز شونده‌گی بسیار مطلوب خود، برای تسطیح مقاطع ناهموار در زمان‌های کوتاه کاربرد دارد.

ترازکننده‌های سیمانی ABATOP-FSL و ABATOP-SL چسبندگی بسیار زیاد به سطوح بتنی داشته و سطوحی یکنواخت و صاف ایجاد می‌نمایند. جریان‌پذیری و پرکنندگی بسیار زیاد، عدم انقباض، هم رنگ بودن با بتن، انعطاف‌پذیری زیاد، مقاومت در مقابل سیکل‌های یخبندان و ذوب، مقاومت در برابر نفوذ آب، و قابلیت شستشو و نظافت آسان از دیگر مزایای ترازکننده‌های سیمانی می‌باشد. همچنین تک جزئی بودن این ترازکننده‌های سیمانی و قابلیت اختلاط با آب منجر به سهولت و سرعت اجرای آنها می‌شود.

با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد ترازکننده‌های سیمانی، به دو منظور در عملیات کفسازی از آنها استفاده می‌گردد: به عنوان کف نهایی (رویه) و یا به عنوان زیرآیند. در واقع از این ترکیبات می‌توان به عنوان کف نهایی در مکان‌هایی همچون انبارها، اتاق‌ها، سالن‌ها و کارگاه‌هایی که در آنها فعالیت سنگین انجام نمی‌شود، استفاده نمود. همچنین به منظور افزایش سهولت، کیفیت و دوام اجرای محصولات کفسازی نظیر پارکت، کاشی و سرامیک‌های با ابعاد بزرگ، کفپوش‌های چوبی و یا کفپوش‌های رزینی لازم است زیرسازی با کیفیت بسیار بالایی انجام شود. صرف‌نظر از مباحث فنی همواره زیرسازی مناسب به دلیل کاهش مصرف چسب و اجزای چسباننده به طور غیرمستقیم مباحث اقتصادی پروژه را نیز تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. محصولات ترازکننده سیمانی با توجه به سهولت، کیفیت اجرا و استحکام سطح تمام شده بهترین گزینه به عنوان لایه زیرآیند کفپوش‌های ساختمانی مورد اشاره و همچنین سطح زیرین نهایی انواع فرش و موکت می‌باشند.

منابع:

BS 8204

EN 13813

www.abadgarangroup.com

بررسی علت‌های ایجاد ترک در انواع مختلف سازه‌های بتنی و راهکار نوین برای اصلاح ترک‌ها
ترکه‌ای موجود در سازه‌های بتنی بسته به نوع و علت ایجاد می‌توانند گسترش یابند و سازه را در گذر زمان دچار مشکل نموده و عمر مفید بنا را کاهش دهند. روش‌های مختلفی برای رفتارنگاری و علل ایجاد ترک در مقاطع بتنی وجود دارد. در ترمیم ترک‌ها ابتدا باید علت به وجود آمدن آن ترک مشخص گردد و پس از آن اقدام به ترمیم ترک‌های ناشی از آن کرد. ایجاد ترک در مقطع، آرماتور را در معرض هوا و رطوبت قرار داده و موجب ایجاد خوردگی و گسترش آن و در نتیجه در طول زمان باعث تخریب بتن خواهد شد.

اگر ترک ناشی از عوامل سازه‌ای باشد، ابتدا باید آن دلایل را بررسی نمود و پس از آن اقدام به ترمیم نمود، اما اگر ترک ناشی از عوامل غیر سازه‌ای و سطحی باشد، بلافاصله می‌توان اقدام به رفع آن نمود.



ترک سازه ای



ترک غیرسازه ای

علل ایجاد ترک

ترک ممکن است به دلایل بسیار مختلفی رخ دهد اما به صورت کلی می توان مطابق با استاندارد [ACI RAP-1](#) موارد ذیل را از عمده علل این رویداد در نظر گرفت:

- جمع شدگی در حالت خشک شدن بتن
- انقباض و انبساط های متوالی حرارتی
- نشست مقطعی یا سازه ای
- عدم جانمایی درزهای کنترلی
- بار اضافی که باعث ایجاد ترک های کشش، خمش و یا برشی شود
- محدودیت حرکت

به صورت کلی ترک ها به دو دسته تقسیم میشوند:

۱. ترک های سازه ای

۲. ترک های غیر سازه ای و سطحی

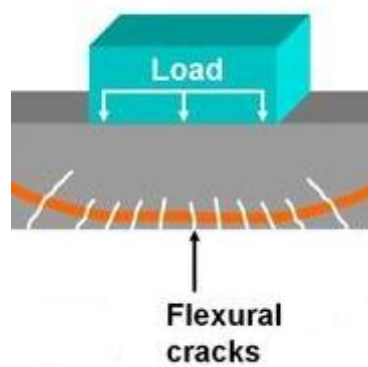
معمولا ترکه ای با عرض و عمق کم، ترکه ای غیر سازه ای هستند و از اهمیت زیادی به لحاظ تخریب ساختمان و خطرات جانی برخوردار نیستند ولی ترکهایی با عرض ۱,۵ تا ۲ میلیمتر و عمق ۱,۵ تا ۲ سانتیمتر ترکهای سازه ای هستند که به لحاظ اهمیت می بایست مورد توجه قرار گیرد. در شرایطی که ترک ماهیت سازه ای داشته باشد یا ترک باید به صورت صحیح اصلاح شود و یا در صورت عدم به صرفه بودن فرآیند اصلاحی تخریب صورت پذیرد. ترکهای سازه ای عمدتا در عضوهایی مثل تیر، ستون و دال که وظیفه تحمل انواع نیروها را دارند دیده میشود.

ماهیت ترک های سازه ای ایجاد شده در سازه بتنی را میتوان به صورت ذیل عنوان نمود:

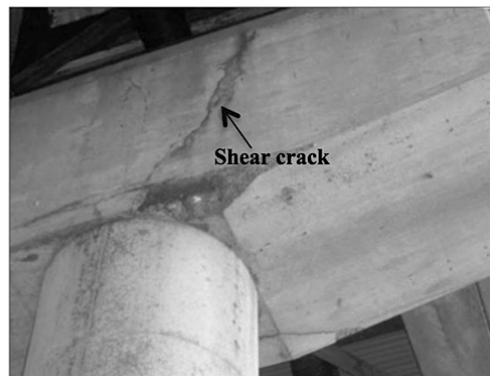
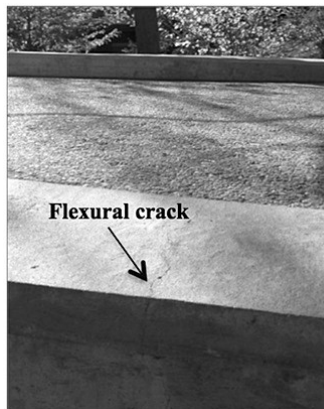
- ترک خمشی
- ترک برشی

- ترک پیچشی
- گسترش ترک در طول تیر
- ترک کششی
- ترک های ناشی از خوردگی
- ترک های جمع شدگی
- ترک ناشی از لغزش آرماتور ها بر روی هم

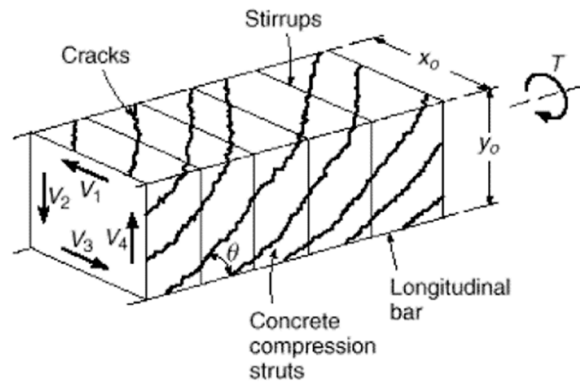
ترک خمشی: زمانی که مقاومت خمشی مقطع بتن پایین بوده و تار کششی بیشترین عرض را داشته و به سمت تارهای دیگر همگرا شده به تنهایی یا گروهی اتفاق میافتد.



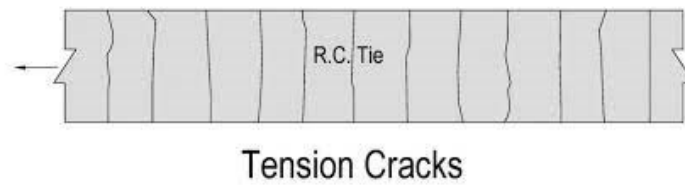
ترک برشی: زمانی که مقاومت برشی مقطع بتن پایین بوده و در ناحیه های با برش ماکزیمم به سمت بالا و پایین به تنهایی یا گروهی گسترش یافته، رخ میدهد و تاثیر زیادی در سالمی سازه دارد.



ترک پیچشی: در مقطع با مقاومت پیچشی پایین که عرض یکنواختی دارد، در فرم مارپیچ و به تنهایی رخ میدهد.



گسترش ترک در طول تیر: به دلیل نبود تکنیک کافی حین ساخت و مشکل در قالببندی اتفاق میافتد.
 ترک کششی: به دلیل نبود آرماتوربندی کافی در مقطع تحت کشش و پایین بودن کیفیت بتن اتفاق میافتد.



ترک های ناشی از خوردگی: به دلیل خوردگی آرماتورها، عدم پوشش کافی و کیفیت پایین بتن اتفاق میافتد.



ترک های جمع شدگی: به دلیل نسبت آب به سیمان زیاد در بتن، عمل آوری نامناسب و عدم مهار در گوشه ها اتفاق میافتد.



ترک ناشی از لغزش آرماتور ها بر روی هم : به دلیل انقطاع سریع میلگردها زمانی که مرز کافی در اتصال وجود ندارد، اتفاق میافتد.

ترک های سطحی یا غیر سازه ای نیز به چند دسته تقسیم می شوند که شامل ترک های خمیری، ترک های انقباضی، ترک های حرارتی سنین اولیه را نام برد.



راهکارهای اصلاح یا ترمیم ترک :

ترک های غیر سازه ای یا سطحی که اصولا دارای عمق و عرض زیادی نیست ابتدا به صورت V باز می شوند و کاملا تمیز می شوند تا هیچ آلودگی و سستی در درز باقی نماند سپس با توجه به شرایط و نوع کاربری مقطع (کف، دیوار، ستون) با استفاده از [ترمیم کننده ویژه E.M.SUPER REPAIR](#) یا محصولی از این خانواده ترمیم خواهند شد.

این ماده نوعی ملات ترمیمی اصلاح شده با پلیمر و فاقد انقباض می باشد که قابلیت شکل پذیری و چسبندگی بسیار زیاد به انواع مصالح بنایی را فراهم نموده و پس از سخت شدن منجر به نفوذناپذیری مقاطع مرمت شده می گردد.



اما گاهی ممکن است ترمیم در کف سوله یا فضایی باشد که عبور و مرور سنگین در آن اتفاق می افتد در چنین شرایطی باید از ملات اپوکسی ABADUR-MP استفاده شود تا نیازهای کاربری مذکور تامین گردد. این ماده به صورت دو جزئیبا بنیان رزین اپوکسی خود دارای ویژگی های بسیاری می باشد که از جمله آن می توان به چسبندگی بسیار زیاد به زیرآیند و همچنین مقاومت مکانیکی حتی فراتر از بتن را اشاره نمود که در کاربری های سنگین کاملاً مناسب می باشد.

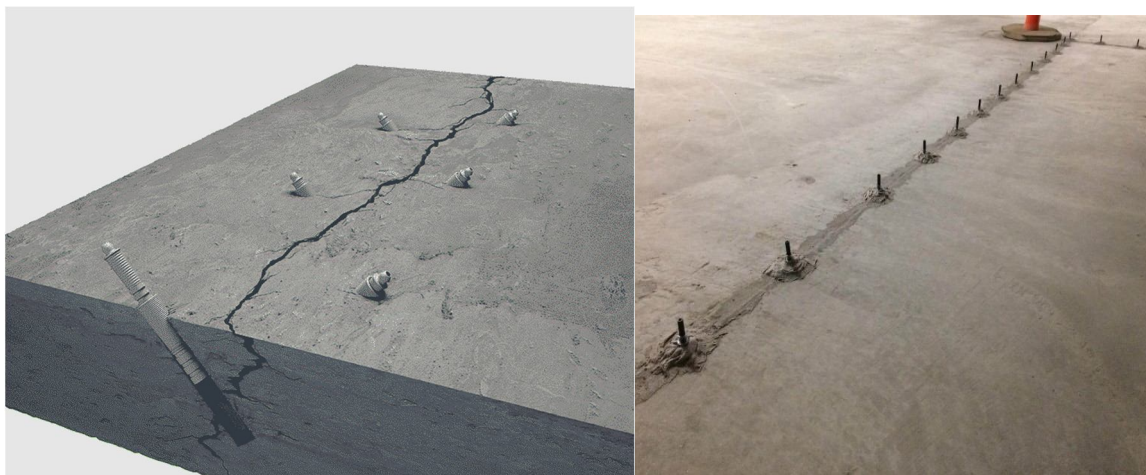


ترک های سازه ای فرآیند اجرایی به مراتب پیچیده تر از ترک های سطحی دارد. بدین صورت که ترک های عمیق و عریض در مراحل ابتدایی کاملاً مشابه ترک های سطحی به صورت V باز می شوند اما پس از آن با قراردادن پکرهای تزریق با فواصل ۲۰ سانتی متر فرآیند ادامه خواهد یافت.

انتخاب سایز پکرها بسته به ابعاد ترک متغیر خواهد بود. پس از قراردادن پکرها فضای بین پکرها با استفاده از ملات اپوکسی ABADUR-MP پر خواهد شد تا در حین تزریق و اعمال فشار مواد از فضای باز ترک ها خارج نشود. حال زمان اعمال چسب تزریق اپوکسی ABAINJECT EP-110 با استفاده از دستگاه مخصوص تزریق یا گریس پمپ (برای تزریق های کوچک) می باشد.

چسب تزریق اپوکسی ABAINJECT EP-110 مخلوطی دو جزئی و مایع می باشد که بر اساس الزامات استانداردهای ACI 503R، ACI-RAP-1 و EN 1504-5 طراحی شده و به راحتی به وسیله پمپ به درون ترک تزریق می گردد و به واسطه خاصیت روانی مناسب به درون خلل و فرج موجود در ترک نفوذ می کند. این ماده با توجه به اینکه

نیروی پیوستگی بیش از نیروی پیوستگی بتن دارا می باشد لذا در قسمتی که ترک ایجاد شده موجب اتصال دو قطعه بتنی جدا شده از هم میگردد.



در شرایطی مشاهده می شود که ترک ها در طول تیر رخ دهد یا میزان ترک های سازه ای آنقدر زیاد باشد که فرآیند تزریق راهگشا نباشد در چنین شرایطی تنها راهکار یا تخریب کامل مقطع می باشد یا انجام محاسبات دقیق و استفاده از [الیاف کربن ABA WRAP-C305](#) می باشد.

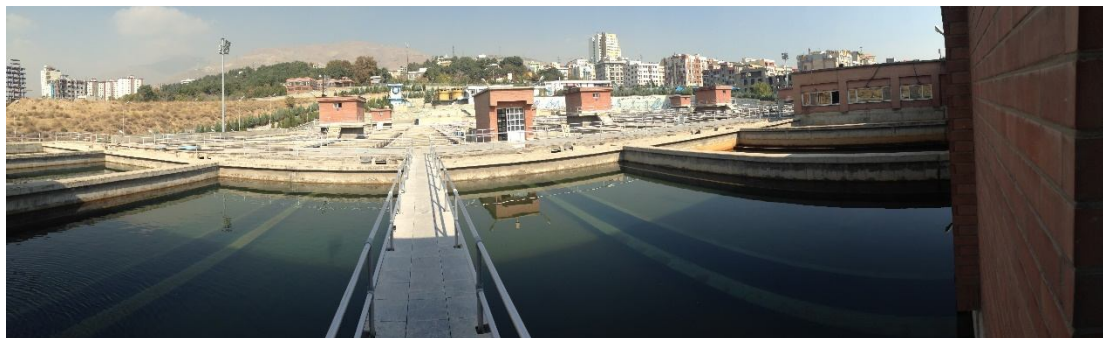
این محصول با ویژگی های فوق العاده و همچنین مدول الاستیسیته بالا قابلیت اصلاح کامل چنین مقطعی را دارا می باشد به نحوی که تا ۵۰ درصد ظرفیت باربری مقطع را افزایش خواهد داد. الیاف کربن با صلاحدید محاسب در تعداد لایه های مختلف و همچنین وزن های متفاوت پیشنهاد میگردد و سپس با توجه به محاسبات مطابق با نیاز پروژه الیاف با استفاده از [چسب کامپوزیت الیافی ABABOND FRP](#) به مقطع متصل یا دورپیچ می شود. الیاف کربن بر اساس استانداردهای [ISO3374](#), [ISO10119](#), [ISO10618](#), [ASTM D3039](#), [ASTM D695](#) قابل ارزیابی می باشد.



مشکلات آب بند سازی مخازن آب و فاضلاب

در تصفیه خانه های فاضلاب ، فسفین و سولفور با رطوبت موجود واکنش داده و اسید سولفوریک و اسید فسفریک رقیق تولید می کنند که این دو اسید در کنار سایر مواد شیمیایی مخرب موجود در تصفیه خانه های فاضلاب با سطح بتن در تماس قرار گرفته و به واسطه جریان سیال آشفته موجود در تماس با مقاطع بتنی منجر به انجام واکنش شیمیایی تولید نمک و نهایتاً

شسته شدن نمک از روی سطح در مدت زمان خیلی کوتاه و تداوم این سیکل منجر به سنگ نما شدن و از بین رفتن کاور بتنی و تشدید پدیده خوردگی آرماتورها می‌گردد.



از سوی دیگر باید توجه داشته باشیم در تمامی سازه های آبی علاوه بر لزوم دسترسی به مقاومت فشاری مد نظر طراح می - بایست استحکام در برابر نفوذ سیالات و کاهش جذب آب نیز حتما به عنوان شاخص های کیفی در طرح اختلاط بتن لحاظ نموده و حین اجرا مورد آزمون قرار بگیرد. لذا توصیه می شود بتن های این تصفیه خانه با استانداردهای [BSEN12390](#) و [BSEN 1881](#) تحت کنترل قرار بگیرند.

آببندی اولیه

در این مقاله می‌خواهیم تمامی عوامل اثرگذار بر عدم آببند شدن و نشت مخازن فاضلابی را مورد بحث قرار داده و راهکارهای نوین را ارائه بدهیم.



واتراستاپ

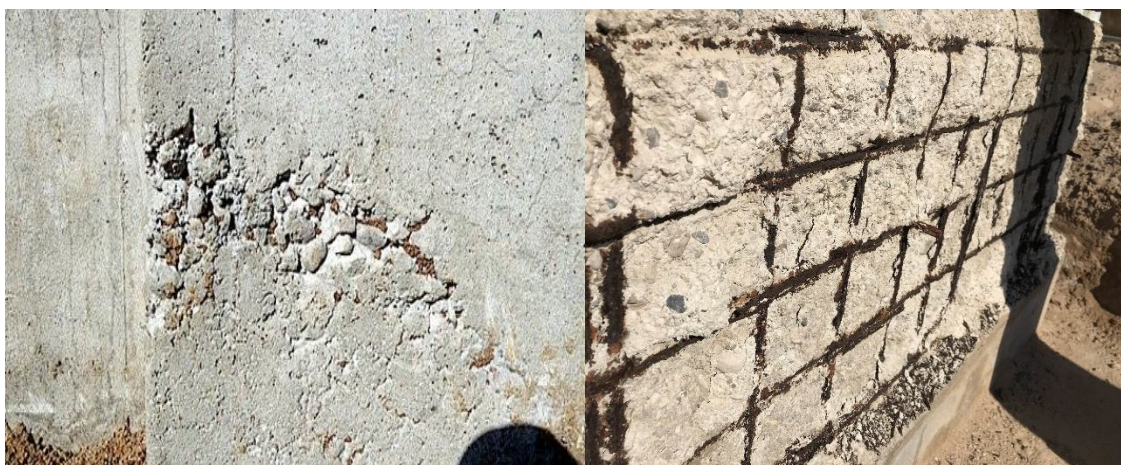
ضوابط اجرایی مرتبط با اجرای واتراستاپ ها در نشریات [۱۲۳](#) و [۱۲۴](#) دفتر امور فنی سازمان مدیریت و برنامه ریزی بیان گردیده است. که استفاده از نوارهای آببند از جنس PVC به منظور آببندی درزهای اجرایی، انبساطی و انقباضی الزام گردیده است. نوارهای آببند کننده واتراستاپ PVC باید با ابعاد و احجام سازه های بتنی و با پیچیده شدن نوع مقاطع و شرایط اجرا تغییر شکل داده و متناسب با ابعاد و اندازه های سازه از نظر ضخامت، پهنا، نوع آجها و تغییرات حفره و ... طراحی گردند.



شرکت آبادگران برای پاسخگویی به نیازهای طراحان و مجریان سازه‌های بتنی طیف متنوعی از نوارهای واتراستاپ پی‌وی‌سی را تحت کد واتراستاپ پی‌وی‌سی ABA WATERSTOP طراحی و تولید نموده همچنین قابلیت بازطراحی و متناسب‌سازی این نوارها را با خواسته‌های مخاطبین فنی و مهندسی خود دارد. تولید واتراستاپ‌ها بر اساس روش آزمون‌های متنوعی مورد تجزیه و تحلیل کیفیتی قرار می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به روش‌های استانداردهای CRD- C572 یا ISIRI 13277-1&2 و ... اشاره نمود.

طرح اختلاط بتن

از دلایل پایین بودن عمر سازه‌های بتنی می‌توان به شاخص‌های رایج در خصوص کیفیت بتن (به خصوص در ایران) اعم از مقاومت بالای بتن، کارایی مناسب در زمان ساخت و بتن ریزی اشاره نمود. همان‌طور که در تصویر ذیل مشخص می‌باشد این بتن دارای مقاومت بالا بوده ولی به دلیل متراکم نبودن بتن نفوذ از محل کرمو رخ خواهد داد و پس از چند سال به بالا ترین حد خوردگی می‌رسد. حال در ادامه به دلایل اصلی این اتفاق خواهیم پرداخت.



عوامل اصلی موثر بر نفوذ پذیری بتن

- بالابودن نسبت آب به سیمان

یکی از راهکارهای بالا بردن کارایی بتن (کارایی یا همان workability بتن عبارت است از قابلیت حمل، ریختن، جا انداختن، متراکم کردن و پرداخت بتن که به عواملی همچون روانی، شکل قالب، تراکم میلگردها و تجهیزات مورد استفاده بتن

ریزی وابسته است)، افزایش آب در طرح اختلاط اصلی می باشد که این امر باعث افزایش لوله های موئینی در بتن می گردد و عاملی نفوذ املاح مختلف خواهد شد و جزء چسباننده بتن که متشکل از آب و سیمان می باشد در زمان گیرش دچار جمع شدگی ناشی از تبخیر آب می گردد. جمع شدگی ناشی از تبخیر آب، منجر به ایجاد فضاهای موئینه ای خواهد شد که با بالا رفتن نسبت آب به سیمان به شدت افزایش می یابد و با بالا رفتن ۰,۱ در نسبت آب به سیمان نفوذپذیری بتن بیش از ۱۰۰ برابر بیشتر می شود. راه کار شرکت صنایع شیمی آبادگران استفاده از محصولات نوین با پایه پلی کربوکسیلات های می باشد که می توان توسط افزودنی های بتن ۲۰ تا ۳۰ درصد آب بتن را کاهش و با فوق کاهنده های آب جایگزین نمود.



• کسری فیلر سنگدانه ها

اکثراً طراحان اختلاط بتن، به دلیل ترس از وجود خاک رس، کاربرد دانه بندی با قطر ۰,۳ - ۰,۷۵ میلیمتر (که در حقیقت باقی مانده روی الک شماره ۲۰۰ می باشد) را حذف می نمایند و در فرآیند شستشو برای بالا بردن عدد هم ارز ماسه، ذرات ریز را به روش نا صحیح حذف می کنند این کار به دلیل عمده بتن ها در کشور دچار کسری فیلر می شوند. برای رفع این نقص افزایش مصرف سیمان گریز ناپذیر می باشد.

• بالا بردن مقدار مصرف سیمان

نقش اصلی سیمان در بتن چسبانندگی بتن سنگدانه ها می باشد در صورتیکه به واسطه کسری فیلر، ناگزیر به افزایش مقدار مصرف سیمان برای پر نمودن فضاهای خالی ریز بین سنگدانه باشیم، مقادیر اضافه شده سیمان با جذب آب از مخلوط بتنی باعث افت اسلامپ می گردند لذا برای حفظ کارایی مقدار آب بتن را افزایش می دهیم یا میزان مصرف افزودنی بتن را افزایش می دهیم که ممکن است از لحاظ اقتصادی به مرقون به صرفه نباشد. در نتیجه با افزایش مقدار سیمان، خمیر سیمان درصد فضای خالی در مخلوط بیشتر شده که این امر منجر به افزایش میزان نفوذ پذیری و کاهش دوام و مقاومت بتن می گردد.



• کمبود تراکم بتن

تراکم بتن به معنای فشرده سازی بتن تازه است تا در اطراف قالب ها و میلگردها دقیقاً شکل گرفته و دور آنها را بپوشاند. همچنین هوای محبوس در بتن نیز بتواند از آن خارج گردد. از عوارض کمبود تراکم بتن می توان به دور بودن ذرات جامد از یکدیگر و غیر یکنواختی بتن، کاهش مقاومت فشاری بالقوه طرح اختلاط، کرم شدن و افزایش نفوذ پذیری، ظاهر بد شکل مقاطع بتنی اشاره نمود. راهکار شرکت آبادگران به جهت افزایش کارایی و تراکم بتن استفاده از افزودنی های پلی کربوکسیلاتی می باشد که این ماده با افزایش کارایی در بتن تراکم بین دانه ها مصالح سنگی را کمتر کرده بتنی خودمتراکم را به وجود می آورد.



- عدم انجام عملیات کیورینگ با روش مناسب

طبق استاندارد ACI-214 چنانچه اختلاف دما بین مغزه بتن و سطح رویه آن به ۳۰ درجه سلیسیوس برسد، بتن دچار ترک خوردگی شده در نتیجه نفوذ پذیری بتن تا دو برابر افزایش خواهد یافت. کیورینگ یکی از مهمترین عوامل موثر در افزایش کیفیت نهایی بتن ساخته شده و کاهش نفوذپذیری آن می باشد. ABACURE با ایجاد فیلم غیر چرب بسیار نازک روی سطح بتن علاوه بر انعکاس بخش عمده ای از تابش نور خورشید و جلوگیری از بالارفتن دمای سطح بتن، از تبخیر سریع آب بتن جلوگیری به عمل می آورد. استانداردهای موبوط به ماده کیورینگ شامل [BS7542](#) , [ACI308](#) , [ASTM C309](#) می باشد.



- سرطان بتن (واکنش قلیایی سنگدانه ها)

یکی از جدی ترین مشکلات معمول برای بتن که براساس خوردگی یا زنگ زدن در فولاد در داخل بتن (میلگرد) به وجود می آید سرطان بتن نام دارد وجود سه عامل همزمان باعث بروز سرطان بتن می شود:

رطوبت: که می تواند به صورت آب موجود در ملات تازه باشد و یا آب و رطوبتی که به طور مستقیم از محیط خارج به داخل بتن نفوذ می کند.

محیط قلیایی: قلیایی بتن بیشتر توسط سیمان تامین می شود زیرا سیمان مواد قلیائی و ئیدروکسیدهای لازم جهت به وجود آمدن واکنش قلیائی سنگدانه ها را تامین می کند.

سنگدانه های واکنش زا: بیشتر سنگدانه های کربناتی، سیلیسی و سیلیکاتی مطرح می باشند.



یکی از عمومی ترین راهکارهای نقایص یادشده و ساخت بتن های نفوذناپذیر به ویژه در مناطق آب و هوایی مهاجم نظیر مناطق ساحلی، مناطق کویری و ... که عموماً بر بهره گیری از مواد افزودنی شیمیایی و معدنی بتن تکیه دارند مصرف همزمان ماده افزودنی میکروسیلیس برای ارتقاء کیفی جزء چسباننده به همراه مواد کاهنده آب بتن اشاره نمود.

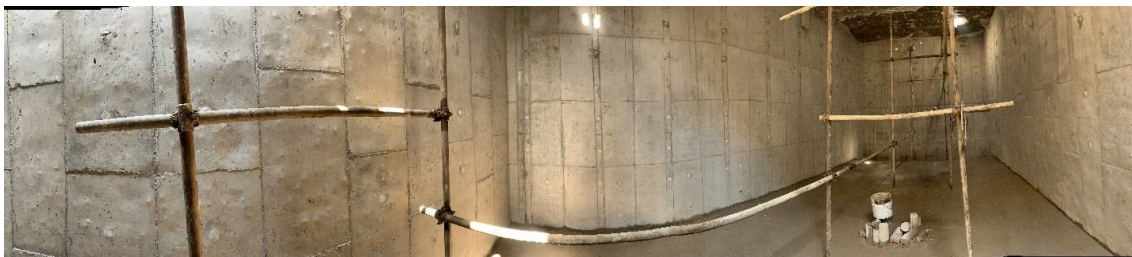
در اثر افزودن پودر میکروسیلیس به عنوان یکی از مواد جایگزین سیمان به مخلوط بتنی، SiO_2 فعال موجود در این ماده با محلول هیدروکسید کلسیم Ca(OH)_2 آزاد شده تحت واکنش هیدراسیون سیمان ترکیب و کریستال سیلیکات کلسیم نامحلول (C-S-H) تولید می گردد و در نهایت با متراکم شدن جزء چسباننده، در کنار بهبود مشخصه های مکانیکی از جمله استحکام فشاری، پارامترهای دوام بتن نیز به طور چشمگیری بهبود پیدا خواهد نمود. تنها نقص کاربردی مبحث یاد شده افت کارایی ناشی از افزودن یک ماده پودری به مخلوط بتنی می باشد که لازم است با بهره گیری از مواد کاهنده آب بتن یا به اصطلاح مواد روانساز برطرف گردد.

شرکت صنایع شیمی آبادگران برخی از تولیدات خود را که براساس نوع منطقه و میزان خوردگی توسط متخصصین بتن طراحی نموده را معرفی می نماید:



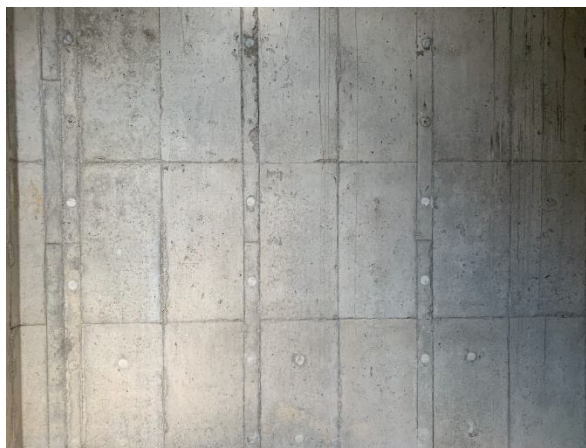
• انتخاب نوع پوشش براساس نوع مواد در فرآیند مخازن

محافظت از بتن در برابر محیط های خورنده فاضلاب های صنعتی و شهری نیاز به یک لایه حفاظتی قوی دارد. رنگ آمیزی یا پوشش دادن سازه های بتنی به منظور حفظ دوام و زیبایی آن عموماً با بهره‌مندی از بنیان های شیمیایی، پلی یورتان و اپوکسی و پلی یوریا صورت می‌پذیرد که حسب نظر طراح بر اساس شرایط محیطی و اجرایی و الزامات زمان بهره برداری و بودجه تخصیص یافته انتخاب بنیان و ضخامت لایه محافظتی صورت می‌پذیرد.



• آماده سازی زیرآیند بتنی

به جهت اعمال هر پوششی بر روی سطح لازمه آن اخذ اطمینان از کیفیت سطوح بتن می باشد، سطح بتن می بایست بدون ترک و بدون خلل و فرج باشد همچنین حداقل مقاومت فشاری بتن باید 25 N/mm^2 و حداقل مقاومت pull off بتن باید $1/5 \text{ N/mm}^2$ باشد. تمامی سطوح باید تمیز، خشک و بدون هرگونه آلودگی نظیر گرد و غبار، روغن، گریس، رنگ، مواد عمل آوری و سخت کننده سطح بتن باشند. ترمیم بتن پیش از اجرای مواد باید مطابق با راهنمای [ICRI 310.2](#) انجام شود. آماده سازی سطوح بتنی، مطابق با استاندارد [SSPC-Guide 11](#) توصیه می‌شود. سطوح بتنی باید به صورت مکانیکی و به وسیله گرانیت ساب، اسکراچر یا سندبلاست آماده‌سازی شوند تا تمامی ذرات و قسمت‌های سست از بین رفته و عیوب بتن مانند حباب‌ها و سوراخ‌ها به طور کامل نمایان گردد. ذرات گرد و غبار به وسیله جارو و مکش از روی سطح پاک شود. در صورت وجود برجستگی و عوارض، سطح بتن در حین فرآیند ساب زدن باید صاف و یکنواخت گردد. ترک‌های عمیق تخلیه و نواحی سست خارج شود. ترک‌های سطح باید به وسیله ماده مناسب از خانواده ABADUR نظیر ملات اپوکسی پر شده و گوشه ها و کناره های موجود به وسیله [ملات اپوکسی ABADUR MP-5-25](#) به صورت اریب زاویه دار شده و حباب و خلل و فرج سطوح پر گردد تا سطحی کاملاً صلب و محکم حاصل گردد.



• اجرای پوشش هدف

به منظور حل تمامی مشکلات یاد شده، می توان از یک پوشش حفاظتی چند منظوره با بنیان اپوکسی فاقد حلال استفاده نمود که از لایه محافظتی توانمند بر پایه رزین اپوکسی و هاردنرهای آلیفاتیک تشکیل شده و طراحی فرمولاسیون آن با در نظر گرفتن شاخص های حصول مقاومت شیمیایی عالی، مقاومت در برابر خوردگی و ثبات نسبی در برابر شرایط جوی انجام شود. این نوع از رنگ قابل استفاده در محیط های داخلی و خارجی می باشد و به راحتی در سطوح افقی و عمودی اجرا می گردد. مقاومت شیمیایی این پوشش ها در محیط های خورنده و شیمیایی عالی است و جهت استفاده در مخازن مواد شیمیایی، سوخت و فاضلاب توصیه می گردد.



[رنگ اپوکسی بدون حلال ABADUR-280](#)

پوششی است که تمامی خواص بالا را داشته و این ماده ثبت اختراع شرکت آبادگران می باشد یکی از مهمترین دلایل استفاده از رزین های اپوکسی اصلاح شده در ساختار این رنگ، امکان سرویس دهی در محیط های در معرض جو نیز وجود دارد.



• درزهای انبساطی و آببندی دور لوله ها

مهندسين طراح و مجريان متخصص تصفيه خانه هاي فاضلاب همواره به موضوع انتخاب مواد و مصالح مناسب براي پرمودن درزهاي انبساطي سازه توجه ويژه اي داشته اند و اين مهم را از چند بعد مد نظر قرار مي دهند.

مواردی نظیر:

۱. حصول اطمینان از عملکرد کاملاً متناسب و سازگار مواد پر کننده با رفتارهای سازه ای
۲. حصول اطمینان از آببندی کامل و نفوذناپذیر بودن درزها
۳. حفظ خواص بلندمدت در تماس با فاضلاب

درزگیر پلی‌یورتان یک جزئی ABAFLEX-LM گونه توانمندی از نسل جدید پرکننده‌ها برای درزهای انبساطی و سرد می‌باشد که پس از اجرا در محل درزهای انبساطی و ژوئن‌ها، پس از خشک شدن به حالت جامد انعطاف پذیر با خاصیت کشسانی بسیار بالا تبدیل شده که ماندگاری طولانی مدت بر روی سازه را دارد.

• آزمایش آبنندی مخازن دارای پوشش

مطابق نشریه ۱۲۴ پس از اتمام عملیات اجرایی و قبل از هرگونه خاکریزی در پشت دیوارهای جانبی و سقف، مخزن باید کاملاً تمیز شده و برای آبنندی مورد آزمایش قرار گیرد. برای آزمایش، مخزن با سرعت حداکثر یک متر در روز پر می‌شود. بعد از گذشت حداقل ۳ روز (زمان لازم برای جذب آب دیوار و کف)، سطح آب اندازه‌گیری می‌شود پس از گذشت ۷ روز مجدداً سطح آبناندازه‌گیری می‌شود. میزان افت سطح آب پس از اصلاح برای اتلافات ناشی از تبخیر یا اضافات ناشی از بارندگی، نباید از کوچکترین دو مقدار ۱۰ میلی‌متر آب تجاوز نماید. در صورتی که نتیجه آزمایش رضایت بخش نباشد، باید ترک و محل‌های احتمالی نشت آب مورد جستجو قرار گرفته و تعمیر گردند. پس از تعمیر، مجدداً آزمایش آبنندی باید انجام شود.

منابع:

ACI 515.2R – ACI 515.1R

آب بندی سازه‌های بتنی زیرزمینی

ساخت و ساز سازه‌های زیرزمینی به واسطه افزایش جمعیت، توسعه تکنولوژی، اقتصاد بهتر و کاهش هزینه‌ها در مقایسه با سازه‌های دیگر روز به روز در حال افزایش است. امروزه ساخت سازه‌های زیرزمینی در صنعت و استخراج معادن توسعه یافته است. طراحی و ساخت سازه‌های زیرزمینی یکی از پیچیده‌ترین سازه‌های مهندسی می‌باشد که طراحی و اجرای آنها دامنه بسیار وسیعی دارد. یکی از مهمترین و اساسی‌ترین اجزا جهت ساخت پروژه‌ها و سازه‌های زیرزمینی بتن می‌باشد که با توجه به تاثیر قابل توجه آن بر روی دوام و هزینه‌های یک پروژه، مالکان، طراحان و پیمانکاران با پیروی از دستورالعمل‌ها و استانداردها سازه‌های زیرزمینی با کیفیت بالا و هزینه پایین طراحی و اجرا می‌کنند. تأسیسات زیرزمینی بخشی جدایی‌ناپذیر از زیرساخت‌های جامعه مدرن هستند و برای طیف گسترده‌ای از کاربردها استفاده می‌شوند که می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- تونل‌های حمل و نقل
- متروها و قطارهای شهری زیرزمینی
- کانال‌های شهری
- مخازن آب آشامیدنی
- مخازن ذخیره سازی نفت و گاز
- نیروگاه‌های برقی و آبی

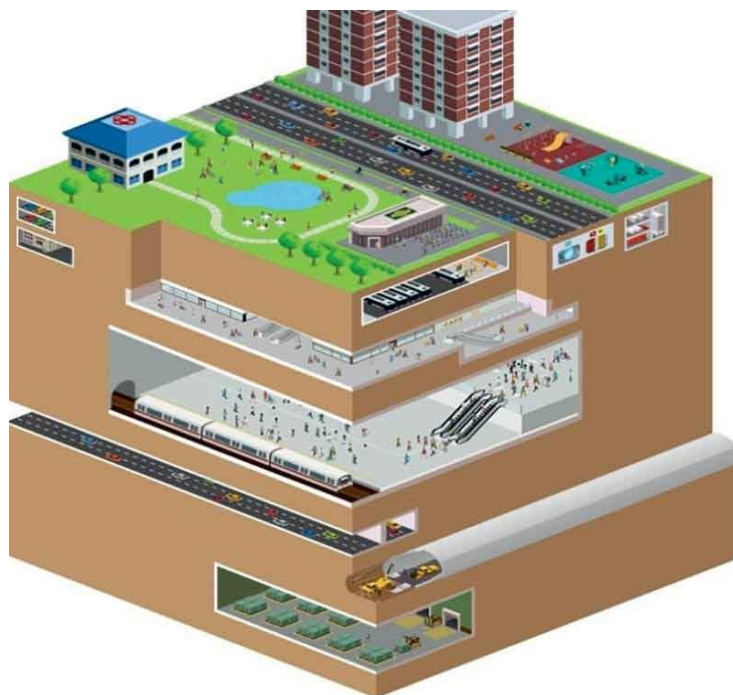
تأسیسات زیرزمینی ساخته شده در مناطقی که در معرض فعالیت زلزله قرار دارند باید هم بار لرزه‌ای و هم بارگذاری ساکن را تحمل کنند

تأثیر ساخت و سازهای زیرزمینی در محیط‌های شهری:

زیرساخت‌های زیرزمینی بخشی جدایی‌ناپذیر از شهرهای مدرن هستند. و برای مقابله با مشکلات تراکم سطحی و تخریب محیط‌زیست خدمت می‌کنند. مشکلات ارتعاشات زمین، نویز ناشی از ارتعاش و حرکات زمین، نفوذ آب که در حین ساخت و

بهره برداری از فعالیت های زیرزمینی ایجاد می شود، پارامترهایی هستند که باید در مرحله طراحی سازه های زیرزمینی دیده شوند.

سازه های زیرزمینی راهکارهایی برای سیستم های آب و فاضلاب و آب های زیر زمینی، حمل و نقل سریع و محافظت در برابر شرایط آب و هوایی نامطلوب و خطرات طبیعی را فراهم می کند. این فضا به طرق مختلف برای محیط های شهری مفید است زیرا فضای پارکینگ ماشین ها، امکانات تفریحی، موزه ها و آکواریوم ها، سازه های حفاظتی، سیستم های خط لوله، خطوط آب و غیره فراهم می کند. در تپه ها و کوه ها، تونل های زیرزمینی به عنوان گذرگاه عمل می کنند و از سازه ها در برابر رانش زمین و زلزله نیز محافظت می کنند.



سازه های زیر زمینی با توجه به نوع کاربری و محیط در برابر شرایط متفاوتی مانند حمله مواد شیمیایی سولفاتی و کلریدها، نفوذ آب از طریق خاک های مرطوب، تغییرات دمایی، نیروهای دینامیکی و استاتیکی قرار خواهند گرفت .

مشکلات رایج آب زیرزمینی در طول ساخت و ساز:

- زیرسازی ناپایدار
- حفاری ناپایدار و نشست آب
- تأخیر در ساخت و ساز و افزایش هزینه

مشکلات رایج آب زیرزمینی پس از ساخت:

- نشست آب، زیرزمین مرطوب و رشد کپک
- کف های ترک خورده و ناهموار
- دیوارهای ترک خورده و ناهموار
- شیب های ناپایدار و دیوارهای حائل
- تأخیر در حرکات پایه ها

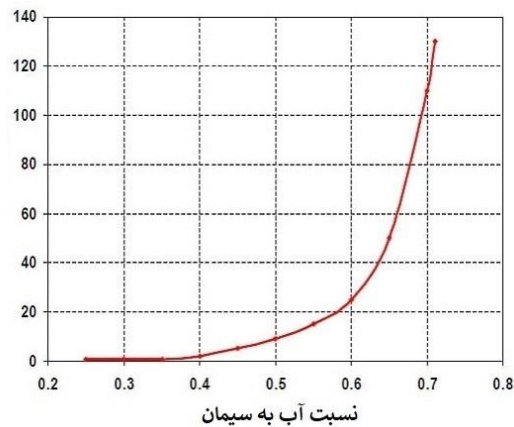


مشکلات موجود در سازه های بتنی زیر زمینی :

از مشکلات اصلی سازه های زیرزمینی نشت آب است. بسته به شدت و وسعت نشت آب، عمر سرویس سازه های زیرزمینی آسیب دیده ممکن است تحت تأثیر نامطلوب قرار گیرد و هزینه های تعمیر و نگهداری در طول عمر مفید بسیار بالاتر خواهد بود. دلایل احتمالی نشت آب سازه های زیرزمینی، عملکرد ضعیف اجرایی و ضعف ذاتی سیستم های عایق رطوبتی است. مهندسان مجربی که به بررسی نشت آب سازه های زیرزمینی می پردازند باید آگاهی کامل نسبت به موضوعات مختلفی مانند طراحی سازه و ساخت سازه های زیرزمینی، سیستم عایق رطوبتی، مواد و روش تعمیر، اصلاح لایه عایق رطوبتی را داشته باشند.

ساخت و سازه های زیر زمینی در کلان شهرها چالش های بزرگی را به همراه دارد. اکثر سیستم های حمل و نقل، منابع انرژی و آب، امکانات خرید و سایر نیازهای روزانه نیاز به فضاهای زیرزمینی دارند. با این حال، ساخت و ساز زیرزمینی در زمین نرم بسیار سخت و دشوار است و باید با دقت و توجه زیادی طراحی آن صورت پذیرد. تغییرات اخیر در روش کنترل آب های زیرزمینی چه در حین و چه پس از ساخت، به طور قابل توجهی بر نتایج به دست آمده در ساخت سازه های تونل ها، مترو و اداره حمل و نقل و... تأثیر گذاشته است. همچنین در مناطقی با سطح آب بالا، ساخت و ساز یک بتن نفوذناپذیر یک نیاز اولیه در استراتژی تعمیر و نگهداری است. یکی از بزرگترین مشکلات در ساخت و سازه های زیرزمینی، نفوذناپذیر بودن و حفاظت از سازه ها می باشد. به طور کلی، نفوذپذیری خاصیت ماده برای امکان عبور سیالات بدون تغییر ساختار آن است. برای نفوذپذیری، سطح باید دارای فضاهای خالی، منافذ و قابلیت جذب مایع باشند. منافذ همچنین به شبکه ای از شکاف ها متصل هستند که به مایع اجازه می دهد از ماده جامد عبور کند. برعکس، برای غیرقابل نفوذ بودن، سطح باید ساختاری متراکم و فشرده و عاری از شکاف های ارتباطی داشته باشند.

14- ضریب نفوذ پذیری 10 متر بر ثانیه



نفوذ ناپذیری بتن یکی از امتیازات ضروری برای دوام سازه ها در طول زمان است.

به دست آوردن بتن غیر قابل نفوذ

نفوذپذیری بتن ارتباط نزدیک با ریزساختارهای متخلخل سیمان سخت شده و نسبت آب به سیمان دارد. از نظر عملی، ابتدا باید نسبت آب به سیمان را به حداقل کاهش داده و همچنین از سنگدانه هایی با ماهیت و اندازه مناسب استفاده کرد. برای جلوگیری از ایجاد ترک های بیرونی و داخلی به دلیل انقباض، باید از خشک شدن سریع قالب ها و رسوب بتن جلوگیری کرد.

یکی از مشکلات عمده در سازه های زیر زمینی ورود آب و نشت آن به داخل سازه ها و گود می باشد :

-آب و رطوبت به تدریج و به کندی به داخل سازه نفوذ می کند و بهره وری سازه را با مشکل مواجه می کند.

-آب و رطوبت وارد شده به داخل بتن به تدریج باعث خوردگی آرماتور و بتن می گردد.

با توجه به موارد قید شده جلوگیری از نفوذ آب ، از الزامات طراحی سازه های بتنی می باشد از گذشته های دور روش های بسیاری برای آب بندی سازه های زیرزمینی مانند استفاده از قیر و گونی و ایزوگام وجود داشته است. اما با توجه به اینکه این محصولات با گذشت زمان و نشیبت های احتمالی و دچار آسیب شده اند محصولات نوین جایگزین آنها شده است .

روش های آب بندی سازه های بتنی زیر زمینی :

طراحی و اجرای سیستم زهکشی در سازه های بتنی زیر زمینی :

نفوذ آب در سازه ها می تواند باعث اختلالات عمده در کار ساخت و ساز سازه های زیرزمینی گردد و باعث کاهش طول عمر مفید آنها شود .

معمولاً سازه های بتنی برای مقاومت در برابر فشار آب طراحی نمیشوند بنابراین طراحی سیستم های زهکشی باید ظرفیت تخلیه مناسب را تحت حداکثر فشار فراهم نماید و در برابر بارهای وارده مقاوم باشد.

یک سیستم زهکشی موثر و قابل اعتماد از نفوذ آب و ایجاد فشار هیدرواستاتیک جلوگیری می کند .کانال های زهکشی کانال های عمودی/افقی موثر و سریعی را برای انتقال آب اضافی و دسترسی به سیستم دفع فاضلاب تشکیل می دهند.

پر واضح است که این روش ، سیستمی غیر ایمن بوده واز این رو در اکثر پروژه ها به عنوان روشی موقت و یا پوششی و تکمیلی در کنار سایر روش ها به کار می رود. چرا احتمال گرفتگی لوله های انتقال به مرور زمان و یا خراب شدن پمپ های پمپاژ می تواند منجر به مختل شدن فرآیند و نفوذ آب به درون سازه گردد.

لذا سیستم زهکش می تواند روشی بهینه در کنار استفاده از واتراستاپ های پی وی سی و ژئوممبرین ها برای پایین آوردن و کنترل آب برای اجرای سازه ها و فراهم کردن شرایط اجرای خاکبرداری و بتن ریزی باشد.



نوارهای آب بند کننده واتراستاپ PVC باید با ابعاد و احجام 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. شرکت آبادگران برای پاسخگویی به نیازهای طراحان و مجریان سازه های بتنی طیف متنوعی از نوارهای واتراستاپ پی وی سی را تحت کد واتراستاپ پی وی سی ABA WATERSTOP طراحی و تولید نموده همچنین قابلیت بازطراحی و متناسب سازی این نوارها را با خواسته های مخاطبین فنی و مهندسی خود دارد. این نوارها تماماً از جنس پی وی سی (PVC) و

با بهره‌گیری از مواد افزودنی ارتقا دهنده خواص فیزیکی و شیمیایی در طرح‌ها و اشکال گوناگون ساخته می‌شوند و طی فرآیند تولید بر اساس روش آزمون‌های متنوعی مورد تجزیه و تحلیل کیفیتی قرار می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به روش‌های استانداردهای CRD-C572 یا ISIRI 13277-1&2 و BS 8102:2009... اشاره نمود.



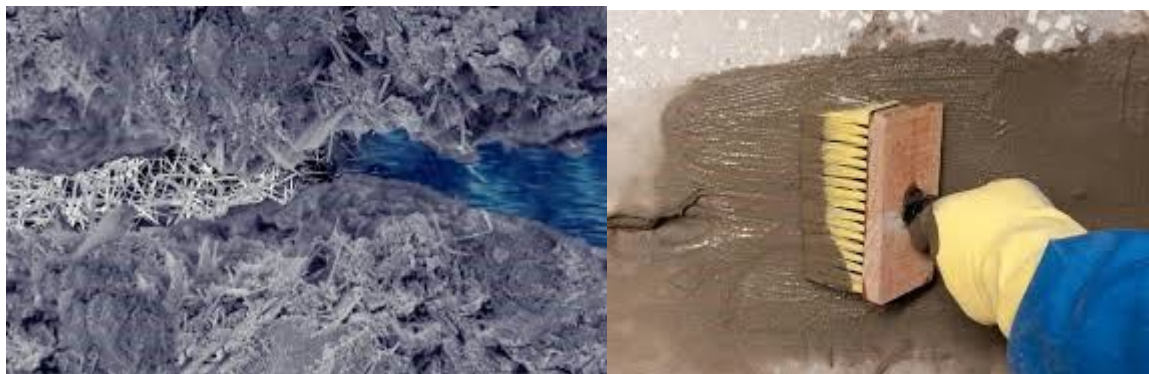
در صورتیکه سازه‌های زیرزمینی پایین‌تر از تراز آب‌های زیر زمینی اجرا شده باشند، آب و رطوبت به داخل بتن جریان یافته و دچار نقصان و نشت زدگی خواهند شد. این موضوع برای سازه‌هایی که بالاتر از تراز آب‌های زیرزمینی قرار دارند نیز به صورت فصلی و زمان‌هایی که آب‌های جاری و سطحی به پشت سازه می‌رسند از حالت نهم‌زدگی تا نشت کامل به چشم می‌خورد. در برخی موارد پس از آبیگری سازه‌های آبی، نشت‌هایی رخ می‌دهد که معمولاً این نشت‌ها از محل درزهای اجرایی و درزهای سرد یا از مقاطع کرمو و محل حفرة‌های میان بولت بروز می‌کند. در این صورت، بهترین راهکار و پیشنهاد شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران جهت جلوگیری از نفوذ آب و عملیات آب‌بندی استفاده از **ماده آبی‌گیر ABAPLUG** که یک ملات سیمانی توانمند با قابلیت سرعت گیرش بسیار زیاد است می‌باشد که پس از اختلاط با آب به شدت سخت شده و مقاطع دچار نشت را مسدود می‌کند.



سازه‌های زیر زمینی بتنی که از کیفیت پایینی برخوردار هستند، پس از مسدود نمودن محل خروج آب با استفاده از ماده آبی‌گیر، احتمال نفوذ آب از مقاطع مجاور موضع آب بندی شده وجود خواهد داشت. بنابراین در چنین مواردی توصیه شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران پیش از اجرای آبی‌گیر استفاده از **یودر نفوذگر بلورساز ABACRYSTASEAL** یا ملات آن ترمیم شده، سپس از ماده **ABAPLUG** برای رفع نشت استفاده گردد. ماده **ABACRYSTASEAL** یکی از پیشرفته‌ترین گونه‌ها از مواد آب‌بندکننده بلورساز با قدرت نفوذ بسیار زیاد به داخل لوله‌های موئین بتن می‌باشد که برای آب‌بندی و محافظت بتن در برابر نفوذ آب و مواد شیمیایی مخرب کاربرد دارد. ماده **ABACRYSTASEAL** از لحظه تماس با بتن طبق قانون لوله‌های موئین و با مکانیزم اسمزی به داخل بتن نفوذ نموده و

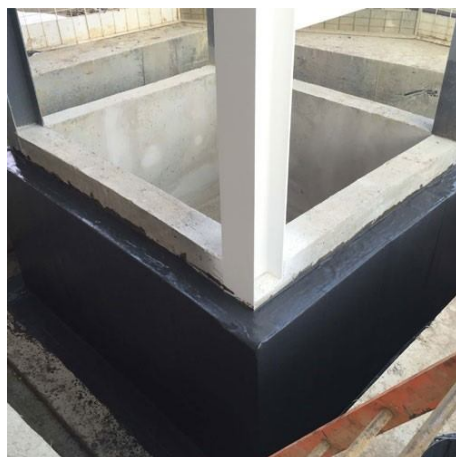
پس از انجام واکنش با آهک آزاد موجود در بتن کریستال‌های سوزنی شکلی تولید می‌نماید. این کریستال‌ها در لوله‌های موئین ایجاد شده ناشی از تبخیر آب بتن، با حالت سوزنی رشد

نموده و با انسداد تمامی منافذ، مانع نفوذ آب و سایر یون‌های مخرب شیمیایی به داخل بتن می‌گردند و در زمان کاربری سازه بتنی آن را نفوذناپذیر و آب بند نگه می‌دارند.



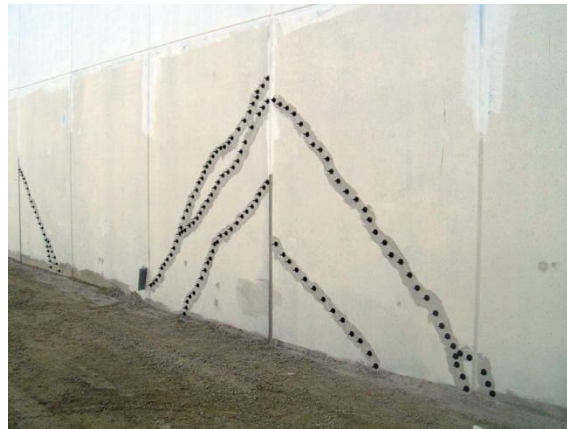
طی مراحل اجرا و ساخت یک سازه بتنی، غالباً بخش یا تمامی آن طی عملیات خاکریزی، نیمه مدفون یا مدفون می‌گردد. باید توجه داشت پس از بارندگی یا در برخی موارد، بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی در ماه‌های پرباران سال، یون‌های مخرب موجود در خاک (پیرامون مقاطع بتنی) با انحلال در آب از خاصیت جذب موئینه بتن استفاده نموده و بتن و مقاطع آرمه داخل آن را مورد تهاجم قرار می‌دهند. در چنین شرایطی بسته به شدت نفوذپذیری بتن و نوع یون‌ها انواع تخریب بروز می‌کند. این تخریب‌ها می‌تواند از نوع خوردگی یا اندرکنش با اجرای سازنده بتن نظیر حمله‌های سولفاتی و ... باشد در این زمان پیشنهاد شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران بهره‌گیری از پوشش‌های حفاظتی نظیر پوشش امولسیون (E.M.COAT-90) می‌باشد.

این پوشش ضمن سهولت اجرا، با ریز تخلخل‌های سطحی بتن به خوبی درگیر شده، پایه آب بودن آن فرصت نفوذ محدود به لوله‌های موئینه زیرآیند بتنی را فراهم آورده که به چسبندگی بیشتر کمک خواهد کرد. نکته مهم اینجاست که این پوشش پس از خشک شدن کاملاً آب‌گریز گشته، دیگر در آب حل نخواهد شد. یکپارچه و بدون درز بودن این پوشش بر مقاطع بتنی برجسته‌ترین ویژگی نسبت به سایر ممبرین‌ها است چرا که خطر عبور آب و املاح مخرب همراه با آنرا از مقاطع درز و اورلپ‌ها بر طرف می‌سازد.



تزریق فوم پلی یورتان :

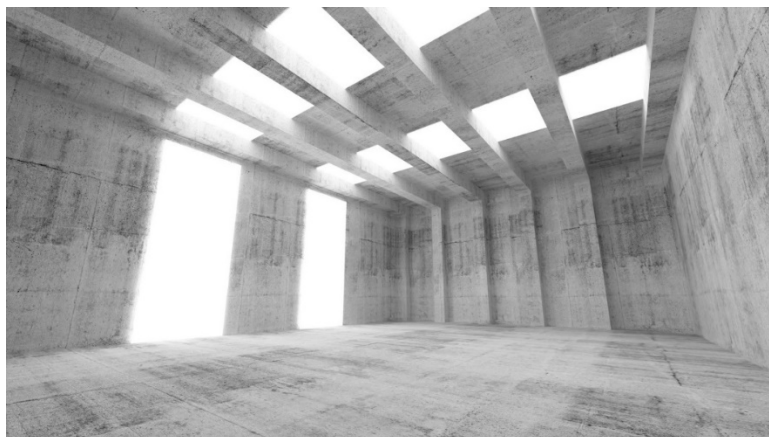
نشست آب ممکن است اثرات مخربی بر سازه های ساختمانی داشته باشد. نشستی ممکن است به عوامل متعددی مانند استفاده از سیستم عایق رطوبتی نامناسب، طراحی نامناسب، کیفیت ضعیف بتن و عملکرد ضعیف نسبت داده شود. طیف گسترده ای از تکنیک ها و محصولات برای کنترل نفوذ آب استفاده می شود، از جمله تزریق رزین، که یکی از روش های رایج برای رفع نشستی در سیستم های عایق رطوبتی است. سیستم های پلی یورتان نتیجه واکنش بین دو جزء شیمیایی ایزوسیانات و پلیول است که به عنوان یک آب بند و درزگیر در ترک های موجود در بتن به کار می رود که پس از تزریق، فوم منبسط می شود و در نتیجه یک سیستم عایق سفت و سخت و بادوام ایجاد می شود.



منابع:

Guidelines for Waterproofing of Underground Structures-ACI 515.2R-13-BS 8102:2009

مشکلات رایج در طرح اختلاط بتن های پرمقاومت و نحوه رفع آنها طبق دستورالعمل [ACI 363.2R](#) بتن پرمقاومت بتنی نامیده می شود که بدون وجود مواد یا تکنیک های اضافه مقاومت مشخصه ای به اندازه ۴۰ مگاپاسکال یا بیشتر داشته باشد. کلمه اضافه در اینجا به معنی بتن های خاص با مواد اضافه نظیر بتن های پلیمری، بتن اپوکسی یا بتن ساخته شده با سنگدانه های مصنوعی با وزن متوسط و بالا می باشد.



کنترل کیفیت بتن های پرمقاومت به طور کلی شامل کنترل کیفیت سنگدانه ها و کنترل کیفیت در حین ساخت، جایدهی و شرایط عمل آوری می شود. با توجه به اهمیت این نوع از بتن ها (که اغلب به منظور بتن ریزی سازه های خاص استفاده می

گردد)، انجام آزمون های کنترل کیفیت در تمامی مراحل ساخت تا انتقال و جابجایی و عمل آوری این نوع از بتن ها ضروری می باشد. کوچکترین تغییر در [طرح اختلاط](#) می تواند آثار منفی شدیدی بر روی این ویژگی های این نوع از بتن ها بگذارد. در این مقاله با توجه به شرایط خاص طرح اختلاط بتن های پرمقاومت، مشکلاتی که ممکن است در زمان ساخت این نوع از بتن ها به وجود آید بررسی و راهکار مطلوب ذکر گردیده است.

مشکلات موجود در طرح های اختلاط بتن های پرمقاومت:

در بتن های پرمقاومت، به منظور رسیدن به مقاومت مشخصه بسیار بالا، ممکن است طرح اختلاط این نوع از بتن ها دچار چالش های متنوعی گردد. کاهش [نسبت آب به سیمان](#) و افزایش میزان سیمان مصرفی، از جمله اقدامات اصلی به منظور حصول مقاومت های بسیار بالا از بتن های پرمقاومت است. همچنین افزایش سیمان مصرفی در این نوع از بتن ها می تواند ریسک ترک خوردن بتن در اثر حرارت زایی و نیز افزایش دمای بتن را ایجاد نماید. گاهی استفاده از [مصالح خشن](#) به منظور حصول مقاومت های فشاری بالاتر نیاز به فیلر در بتن و افزودنی های سازگار با این موضوع را یادآور می گردد. مقاومت کم در برابر [سیکل های ذوب و یخندان](#) ریسک بسیار بالایی در محل هایی که این نوع از بتن ها در معرض چرخه های دمایی هستند، محسوب می گردد.

افت کارایی در نسبت های پایین آب به سیمان:

کاهش نسبت آب به سیمان به منظور حصول مقاومت های فشاری و به طور کلی مکانیکی بسیار بالا، به صورت مستقیم [کارایی بتن](#) را کاهش می دهد. به منظور ارتقای کارایی بتن های پرمقاومتی که نسبت آب به سیمان نیز در آنها بسیار پایین است، می توان از افزودنی های کاهنده شدید آب استفاده نمود. [افزودنی های با پایه پلی کربوکسیلات](#) از جمله جدیدترین مواد افزودنی کاهنده آب بتن با قدرت کاهش آب بسیار زیاد بتن می تواند راهکاری بسیار موثر به منظور مقاومت مشخصه باشد.



مطابق با استاندارد [ASTM C125](#) ماده افزودنی بتن، ماده ای غیر از آب، سنگدانه، سیمان و الیاف تقویتی است که هنگام بچینگ و یا پای کار به بتن اضافه می شود. خواص فوق روان کننده بتن به گونه ایست که باعث کاهش هزینه های ساخت، اصلاح خصوصیات بتن سخت شده، افزایش کیفیت و دوام بتن، سهولت در حمل و نقل و بتن ریزی می شود. به فوق روان کننده ها، کاهنده های قوی آب نیز گفته می شود، زیرا در مقایسه با مواد افزودنی کاهنده آب/ روان کننده، قادر به کاهش آب بیشتری در مخلوط بتنی می شود. فوق روان کننده ها در دهه ۱۹۷۰ توسعه پیدا کردند و همین خواص فوق روان کننده ها باعث استفاده گسترده ای در صنعت ساختمان سازی شدند. به طور کلی کاهش آب در بتن در نسبت آب به سیمان ثابت باعث بهبود خواص مکانیکی بتن می گردد و همین خواص فوق روان کننده ها در بتن باعث افزایش مقاومت های فشاری نسبت به بتن های بدون افزودنی نیز می شود که این موضوع اهمیت خاصی در صنعت بتن دارد.

شرکت دانش بنیان آبادگران به عنوان یکی بزرگترین تولیدکنندگان ماده اولیه پلی کربوکسیلات در ایران، [متنوع ترین افزودنی های کاهنده آب](#) را به منظور ساخت بتن های پرمقاومت ارائه می دهد. سید محصولات کاهنده و فوق کاهنده آب بر پایه پلی کربوکسیلات شرکت آبادگران تمامی نیازهای مهندسان را در پروژه ها رفع می نماید.

ترک خوردگی ناشی از حرارت زایی سیمان:

یکی از رایج ترین کارها به منظور دستیابی به مقاومت های زیاد در بتن، اضافه کردن میزان سیمان مصرفی در طرح اختلاط می باشد. با افزودن میزان سیمان در بتن، حرارت زایی فرآیند هیدراسیون افزایش یافته و دمای هسته بتن زیاد می شود. این موضوع یکی از عمده ترین عوامل ایجاد ترک در بتن است که با اضافه نمودن افزودنی های حاوی دیرگیرکننده می توان مقدار حرارت زایی بتن را کاهش داد. این موضوع در بتن ریزی های حجیم با بتن پرمقاومت می تواند تاثیر عمده ای در کاهش حرارت زایی داشته باشد. اما باید به خاطر داشت استفاده بیش از اندازه نیز می تواند محدودیت ها و آسیب هایی را به دنبال داشته باشد. در این خصوص با بهره گیری از دستورالعمل های تولیدکنندگان این ماده می توان بهترین بهره را برد. دیرگیرکننده های پودری ABATARD-P و دیرگیرکننده های مایع ABATARD-L شرکت دانش بنیان آبادگران در کنار افزودنی های کاهنده آب حاوی این مواد می تواند انتخابی مناسب به منظور حصول بتن های با کارایی مناسب و حرارت زایی پایین باشد.



کسری فیلر بتن:

به منظور حصول قوام در بتن هایی که نسبت آب به سیمان آنها پایین است و میزان کارایی آنها بتن را در معرض جدایش قرار می دهد، همچنین استفاده از مصالح خشن به منظور ارتقای مقاومت فشاری موجب جدایش و کاهش قوام بتن می گردد

به منظور حصول قوام بیشتر بتن می توان از فیلرهایی نظیر پودرسنگ و فیلرهای میکرونیزه در صورت عدم دسترسی و محدودیت در اصلاح مصالح استفاده نمود.

همچنین وجود مقاطع متخلخل و ریزفضاها در بین مصالح سنگی، کسری فیلر سنگدانه ها و سایر اجزای سازنده بتن موجب بالا رفتن مقدار نفوذپذیری و افت کیفی آن می گردد. در صورتی که چنین بتنی در شرایط بهره برداری مستغرق یا در محیط های مخرب از لحاظ تهاجم یون های مضر قرار گیرد، کاهش دوام بتن و بروز خرابی های ناشی از آن در واکنش های شیمیایی بتن شدت خواهد یافت. در نتیجه استفاده از محصول واترپروف بتن پودری و مایع که یک فیلر میکرونیزه است که در شرکت آبادگران با نام واتر پروف بتن E.M. WATERPROOF عرضه گردیده، هوشمندانه ترین راهکار برای ساخت بتن و ملات های نفوذناپذیر (با دوام) خواهد بود. از ویژگی های محصول واترپروف بتن می توان به قابلیت آب گریزی شدید، جایگیری در

فضاهای خالی (و ایفای نقش به عنوان فیلر) و منافذ مویینه، آب‌بندی و جلوگیری از ورود یون‌های مخرب نظیر یون کلر به داخل بتن اشاره نمود.



دوام پایین بتن:

طراحی بر اساس مقاومت و عدم توجه به پایایی بتن‌های پرمقاومت، می‌تواند تمامی تلاش‌ها به منظور ساخت یک بتن با مقاومت زیاد را بیهوده سازد. در دراز مدت با نفوذ مواد شیمیایی خورنده به داخل بتن یا قرارگرفتن بتن در معرض چرخه‌های ذوب و یخبندان، بتن دچار خوردگی و تخریب خواهد شد. استفاده از میکروسیلیس می‌تواند در کنار ارتقای قوام بتن، نفوذناپذیری و دوام بیشتر بتن‌های پرمقاومت را تضمین نماید.

امروزه مصرف دوده‌های سیلیسی یا میکروسیلیس پودری به دلیل آسیب‌های زیست‌محیطی و دشواری استفاده کاهش یافته و ژل‌های میکروسیلیس جایگزین آن گردیده است. ژل میکروسیلیس نوعی از افزودنی‌های بتن توسعه یافته و محصولی شامل فوق‌روان‌کننده بتن و پودر میکروسیلیس و افزودنی‌های بتن پلیمری دفع‌کننده آب است که با اسم ژل میکروسیلیس الیاف دار هم‌شناخته می‌شود، به این صورت که با درجه‌ی بالایی از قدرت باعث افزایش نسبی مقاومت فشاری، خمشی و کششی، دوام و طول عمر بیشتر، نفوذناپذیری قابل توجه نسبت به بتن معمولی و اسلامپ بالاتر در جهت تهیه و تولید بتن‌هایی نفوذناپذیر، کاربردی مطلوب و فراوان دارد.

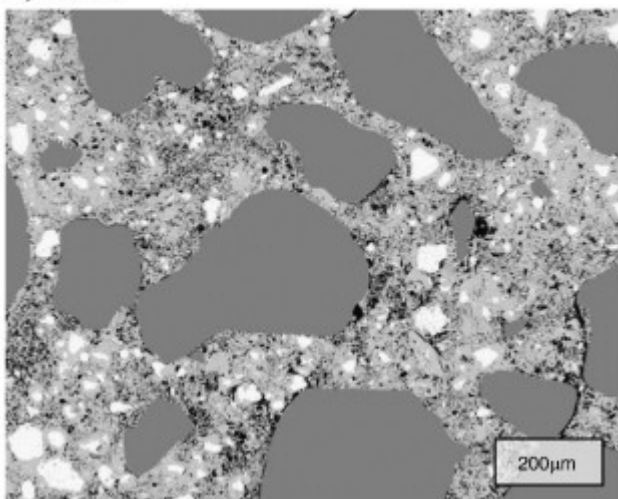


ژل میکروسیلیس در حین فرآیند اختلاط فضاهای خالی و خلل و فرج‌های موجود را پوشش داده و موجب کاهش نفوذ پذیری بتن به میزان چشم گیری می‌شود. ژل میکروسیلیس در واقع جایگزین مطلوبی برای انواع متعددی از افزودنی‌های بتن، از جمله انواع روان کننده‌ها، فوق روان کننده‌ها و آب بند کننده‌ها و ... می‌باشد. ژل میکروسیلیس در واکنش نهایی با جذب آهک آزاد و تبدیل آن به سیلیکات کلسیم با بازده ای موثر سبب بهبود ویژگی‌های بتن شما می‌شود. ماده میکروسیلیس ژل شده با از بین بردن خطرات زیست محیطی ناشی از استفاده از دوده‌های سیلیسی (به صورت پودری) و نیز به دلیل پخش یکنواخت تر در بتن، باعث بهبود خواص بتن سخت شده می‌گردد.

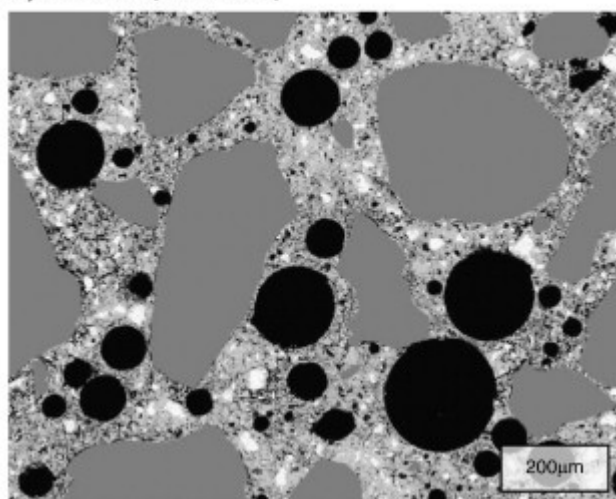
شرکت آبادگران با طراحی سبد وسیعی از ژل های میکروسیلیس، رسیدن به مقاومت های زیاد بتن را در کنار کاهش ریسک جداشدگی و کسری فیلر بتن را سهولت بخشیده است.

در سیکل های مداوم یخ زدگی و ذوب، افزایش حجم آب ناشی از یخ زدگی منجر به ایجاد ترک در بتن می‌گردد. این ترک‌ها نفوذپذیری بتن را افزایش داده و منجر به ایجاد فرسایش با عمق بیشتر می‌گردند. در چنین شرایطی ماده افزودنی حباب هواساز بتن برای کاهش نفوذپذیری و افزایش طول عمر بتن در برابر سیکل‌های تکراری انجماد و ذوب به بتن افزوده می‌شود. ماده افزودنی حباب هواساز بتن E.M. AIR شرکت آبادگران از جمله مواد مهم افزودنی بتن آبادگران به شمار می‌ورد و در ساخت روسازی‌های بتنی جاده‌ها، بزرگراه‌ها، باند فرودگاه‌ها و پیاده‌روها، ساخت بتن شبکه‌های آبیاری و زهکشی به‌ویژه در شرایط آب و هوای سرد، ساخت بتن سردخانه‌ها و اسکله‌ها، بتن‌ریزی در مناطق سردسیر و همچنین در ساخت قطعات پیش‌ساخته وجداول بتنی خیابان‌ها و بزرگراه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

a) C 0.5



b) C 0.5 L(4.4% air)



عوامل تاثیر گذار بر دوام بتن

در ساخت سازه ها ، دوام مصالح مورد استفاده مانند بتن از اهمیت زیادی برخوردار است. هر اندازه که این مصالح بادوام تر باشند، هزینه‌های تعمیر، نگهداری و بازسازی سازه‌ها در اثر آسیب‌دیدگی های مختلف، کم‌تر می‌شود.



دوام بتن

منظور از دوام یا پایداری بتن، مقاومت بتن در برابر عوامل مخرب می باشد. این عوامل مخرب مانند یون های کلر و سولفات ها میتواند امکان بهره برداری از آن سازه را از بین برده و یا طول عمر سازه را به شدت کاهش دهد. هر اندازه ای که این مشخصه بتن بهبود یابد، محدوده زمانی استفاده و بهره برداری از سازه بیش تر خواهد شد. استاندارد ACI پایداری و دوام بتن را اینگونه توضیح می دهد: سن و طول عمر بهره برداری بتن با توجه به شرایط محیطی آن مشخص می گردد لذا در شرایط محیطی متفاوت، دوام یا پایداری بتن تغییر می کند. دوام بتن، توانایی مقابله آن با عواملی مانند هوازگی، سایش، تهاجم شیمیایی و هر عامل آسیب زنده دیگر به بتن است. برای مثال پایداری بتن در مناطق سردسیر و گرمسیر به دلیل وجود شرایطی مانند یخ زدگی و ... با یکدیگر متفاوت می باشد؛ بنابراین استفاده از افزودنی های مناسب در فرآیند ساخت بتن و طرح اختلاط (کاهش نسبت آب به سیمان) آن می تواند منجر به کاهش نفوذ پذیری آن گردد.

سیستم های محافظ بتن در برابر تهاجم مواد شیمیایی استفاده شده و مانع یکپارچگی سازه می شود. این سیستم برای جلوگیری از ایجاد اثرات نامطلوب و لکه دار شدن یا محافظت از بتن در برابر نفوذ مایعات استفاده می شود.

عملکرد بتن بصورت کلی به کیفیت بتن در بخش های سطحی آن بستگی داشته و ویژگی های سیستم های محافظ را همین بخش های سطحی تعیین می نماید.



مشخصات سیستم محافظ مناسب

سیستم های حفاظت از بتن می بایست دارای ویژگی های زیر باشد:

- هنگامی که سیستم های محافظ در معرض مواد شیمیایی محیط قرار میگیرد، نباید دچار تورم، انحلال، ترک خوردن، یا شکنندگی شوند. همچنین، مواد شیمیایی نباید به درون این مواد نفوذ کرده و باعث از بین رفتن چسبندگی بین آن و بتن گردد؛
- مقاومت سایشی این مواد باید به اندازه ای باشد که در طول بازه ی بهره برداری مفید، دچار جداشدگی از سطح زیرکار نشود؛
- میزان مقاومت پیوستگی چسب با پایه ی غیر قیری اجرا شده در بتن باید حداقل برابر با مقاومت کششی بتن در سطح مورد نظر باشد.

سطح مشترک بتن و سیستم محافظ

مواد محافظ غیر قیری که به طور خاص برای استفاده روی بتن فرموله شده اند، به جهت ایجاد و حفظ استحکام بتن استفاده می شوند. برای استفاده از این مواد محافظ بتن، سطح باید عاری از ذرات سست، خاک، گرد و غبار، روغن، موم و سایر مواد شیمیایی که از چسبندگی جلوگیری می کند باشد. رطوبت درون بتن می تواند بر توانایی سیستم محافظ برای چسبیدن به سطح بتن تأثیر مستقیم بگذارد. اگر بخار آب منتشر شده از بتن در سطح مشترک بتن و سیستم محافظ، قبل از اینکه عایق فرصتی برای پخت پیدا کند، متراکم شود این سیستم از روی سطح جدا می شود.

شاید حیاتی ترین بخش یک سیستم محافظ، ۶ میلی متر (۱/۴ اینچ) اول بتن است. به طور کلی با توجه به اینکه مواد محافظ در یک لایه نازک بتن تا عمق ۱،۴ اینچ (۶ میلی متر) به سطح زیرین می چسبند، شکست بتن به این دلیل رخ میدهد که تنش های داخلی در ماده مانع از مقاومت کششی بتن در نزدیکی سطح مشترک بیشتر بوده است. این تنش ها از دو طریق ایجاد می شوند. اول انقباض و پلیمریزاسیون. این امر در تمام مواد پلیمری دو جزئی که توسط یک واکنش شیمیایی بین رزین و هاردنر پخت می شوند، مشترک است. عامل دوم، تغییر حجم دیفرانسیل در بتن و سیستم محافظ به دلیل اختلاف ضریب خطی انبساط حرارتی همراه با تغییر دما باعث ایجاد تنش های داخلی می شود. همه موانع پلیمری دارای مقدار زیادی ضریب خطی انبساط حرارتی بالاتر از بتن هستند. معمولاً یک پرکننده دانه ای به مواد مانع اضافه می شود که ضریب حرارتی آن به بتن نزدیکتر خواهد بود.



یک سیستم محافظ باید مدول الاستیسیته پایینی داشته باشد تا از بزرگتر شدن تنش ها از مقاومت کششی بتن در محدوده دمایی مورد انتظار برای استفاده از آن جلوگیری شود.

شدت مواد شیمیایی محیط	ضخامت اسمی کل دامنه	سیستم های مانع محافظ معمولی	استفاده های معمولی اما نه انحصاری از سیستم های حفاظتی براساس شدت خوردگی
خفیف	زیر ۴۰ میلیمتر (۱ میلی متر)	پلی وینیل بوتیرال، پلی اورتان، پوکسی، اکریلیک، آسفالت کوپلیمری استایرن-اکریلیک، قطران زغال سنگ، کلردار، لاستیک،	<ul style="list-style-type: none"> • محافظت در برابر نمک های یخ زدا • بهبود مقاومت در برابر انجماد و ذوب شدن • جلوگیری از لک شدن بتن • استفاده برای مواردی که آب با خلوص بالا نیاز باشد • از بتن در تماس با محلول های شیمیایی که PH آنها کمتر از ۴ است، بسته به آن محافظت کنید
متوسط	۱۲۵ تا ۳۷۵ میلی متر (۳ تا ۹ میلی متر)	پوکسی پر از شن، پلی استر پر شده با ماسه، پر شده با شن و ماسه پلی اورتان، مواد قیر	<ul style="list-style-type: none"> • محافظت از بتن در برابر سایش و قرار گرفتن متناوب چادر در معرض اسیدهای رقیق در مواد شیمیایی، لبنیات و کارخانه های فرآوری مواد غذایی
شدید	۲۰ تا ۲۵۰ میلی متر (۲،۱ تا ۶ میلی متر)	پوکسی تقویت شده با شیشه، پلی استر تقویت شده با شیشه،	<ul style="list-style-type: none"> • از مخازن و کف بتنی در هنگام قرار گرفتن مداوم در معرض مواد رقیق (pH برابر است زیر ۳)، اسیدهای آلی، محلول های نمک، قوی آکالی ها
شدید	۲۰ تا ۲۸۰ میلی متر (۲،۱ تا ۷ میلی متر) بیش از ۲۵۰ میلی متر (۶ میلی متر)	سیستم های ترکیبی: (الف) سیستم اپوکسی پر از شن و ماسه با پوشش سطحی a اپوکسی رنگدانه شده ما پر نشده (ب) غشای آسفالتی پوشیده شده با آجر ضد اسید استفاده از ملات مقاوم در برابر مواد شیمیایی	<ul style="list-style-type: none"> • حفاظت از مخازن بتنی در طول مداوم یا غوطه وری متناوب، قرار گرفتن در معرض آب، اسیدهای رقیق، قلیایی های قوی و محلول های نمکی • محافظت از بتن در برابر اسیدهای غلیظ یا ترکیبی از اسیدها و حلال ها

وجود آلودگی بر روی سطح بتن یا پخت نامناسب سیستم محافظ، ممکن است باعث ایجاد آسیب در بتن، به دلیل تنش های وارد بر آن حتی با وجود یک سیستم محافظ با مدول پایین شود. حذف مواد سست در سطح زیرآیند برای عملکرد رضایت بخش این سیستم های محافظ، ضروری است. دستور العمل اجرائی انجام کار در استاندارد [ACI 515.1R](#) آورده شده است.

سازه های بتنی

اگر بتن در معرض بارهای دینامیکی باشد، هر گونه ترک در بتن که قبل و بعد از اعمال سیستم محافظ رخ دهد، این سیستم محافظ، اثر بخشی خود را از دست می دهد؛ همچنین عواملی مانند تغییرات دما یا اعمال بار نیز تاثیرگذار است. عملکرد بتن به این صورت می تواند توانایی سیستم محافظ را از بین ببرد. حفاظت از بتن در یک دال بی کیفیت با نفوذپذیری بالا، امکان

نفوذ آب های سطحی و زیرزمینی به داخل آن را با سرعت بالا بدهد؛ به گونه ای که سطح آن هرگز به اندازه کافی خشک نشود تا در نتیجه سیستم محافظ بتواند چسبندگی بالایی داشته باشد.

شرایط لازم

از نظر ابعادی همانطور که قبلاً بحث شد، یک بیس یا پایه ناپایدار یا پایه ای که استحکام حمایتی کافی ندارد می تواند باعث ایجاد ترک هایی در بتن شود که برای سیستم محافظتی مضر است. استفاده از عایق آب در سطوح خارجی در مقاطعی مانند مخازن و یا تونل ها، با ایجاد یک لایه محافظتی، ورود آب به سطوح بتنی را به تاخیر می اندازد.



دسته بندی خدمات

با توجه به اینکه سیستم های بسیار زیادی در دسترس هستند، انتخاب یک سیستم عایق براساس ارائه عملکرد بهینه با کمترین هزینه پیچیده است. برای کمک به فرآیند انتخاب، سیستم های محافظ با توجه به شدت عوامل شیمیایی موجود در محیط به سه دسته کلی تقسیم می شوند: خفیف، متوسط و شدید.

عوامل مؤثر بر انتخاب

انتخاب یک سیستم محافظ برای حفاظت از بتن در یک شرایط محیطی شیمیایی خاص، نیاز به آگاهی از چندین شاخصه دارد. اول، سیستم محافظ باید در برابر زوال یا تخریب توسط مواد شیمیایی مقاوم باشد؛ که در دمای عملیاتی در معرض آن قرار خواهد گرفت. در مرحله دوم، سیستم محافظ باید در برابر نفوذ مواد شیمیایی، مقاومت کند. چسبندگی سیستم محافظ مواد روی سطح بتن می تواند تحت تأثیر نامطلوب قرار گیرد. این پدیده، به ویژه زمانی که مواد اسیدی باشد، دارای مقاومت شیمیایی بالا و همین طور مقاوم در برابر نفوذ می باشند. سوم، دمای مواد شیمیایی در تماس با سیستم های محافظ بر عملکرد مانع تأثیر می گذارد. هر ماده ای حداکثر دمای عملیاتی مشخصه خود را برای یک محیط شیمیایی دارد. شوک حرارتی ناشی از تغییرات سریع دما می تواند باعث ایجاد ترک در برخی از مواد سیستم محافظ شده و یا منجر به از بین رفتن پیوند بین سیستم محافظ و بتن می شود.

انتخاب و آزمایش سیستم محافظ

هیچ تضمینی وجود ندارد که مواد ساخته شده توسط تولید کنندگان مختلف، عملکرد مشابهی داشته باشد؛ حتی زمانی که به عنوان یک محصول با مشخصات عمومی طبقه بندی شود. نوع و مقدار مواد تشکیل دهنده آن ها متفاوت است، بنابراین عملکرد متفاوتی خواهند داشت. علاوه بر این، ویژگی هایی مانند سهولت استفاده از مواد، حساسیت سطح بتن به رطوبت، یا محدوده کاربری در دمای مشخص، بر کارایی تأثیر خواهد گذاشت.

ضخامت سیستم محافظ مورد نیاز به شرایط محیط بستگی دارد. انتخاب مانع باید بر اساس مواردی باشد که در آزمایش یا تجربه قبلی بدست آمده است. اگر قرار است آزمایشاتی انجام شود، کل سیستم مانع باید بر روی نمونه های بتنی اعمال شود. قبل از اینکه آنها را در معرض محیط واقعی یا محیطی قرار دهید این محیط را تا حد امکان شبیه سازی کنید. اگر انتخابی در نظر باشد، باید قبل از آزمون هایی با مدت زمان کافی انجام شود (مانند توافق شده بین سازنده و کاربر)، سپس باید از تامین کننده مانع خواسته شود تا تاریخچه پرونده های کاملاً مستندی را که سیستم محافظت کرده است، ارائه دهد. انتخاب یک سازنده و ابزار کاربردی مطمئن به اندازه انتخاب خود مانع مهم است.

رطوبت در بتن

قبل از اجرای سیستم محافظ، بتن باید خشک شود. نه تنها رطوبت سطحی مضر است، بلکه رطوبت داخل بتن نیز می تواند بر توانایی یک پوشش در چسبیدن به سطح زیرین تاثیرگذار باشد. هیچ راهنمای دقیقی وجود ندارد که نشان دهد چه زمانی رطوبت مشکل ساز خواهد بود. اگر آب نفوذ کرده در بتن به روی سطح منتقل شود، می تواند یک چسبندگی ضعیف بین سیستم محافظ با بتن ایجاد شود. همینطور رطوبت سطحی می تواند در حفره هایی در سیستم محافظ ایجاد کند که در نتیجه ی این رطوبت ایجاد حباب یا پوسته شدن پس از کیورینگ و تبدیل شدن به یک لایه سفت می باشد.



میزان انتقال بخار از طریق بتن

- میزان رطوبت باقی مانده در بتن در هر مرحله مشخص؛
- توانایی پوشش برای تنفس، و بنابراین عبور رطوبت از بتن. تفاوت دما بین سطح بتن و دمای هوای محیط در حین پوشش پخت؛ اگر دمای بتن کمتر از دمای سیستم محافظ باشد نقطه شبنم هوای اطراف، رطوبت روی سطح متراکم می شود؛
- توانایی مواد برای جابجایی رطوبت از سطح.

روش تست خشکی سطح

با توجه به توصیه ACI، آزمایش رطوبت کیفی برای برخی از سیستم های محافظ، در بتن معمولی، تاثیرگذار است. در این آزمایش همواره رطوبت بوجود آمده در سطح مشترک بین بتن و عایق در نظر گرفته شده و نتایج براساس آن اعلام میشود.

تاثیر شرایط محیطی بر چسبندگی

برای سطوح بتنی که در معرض نور خورشید قرار دارند، بین سطح بتنی و مواد مانع چسبندگی بهتری وجود دارد. قرار گرفتن در معرض آفتاب و هوا حداقل به مدت ۶ ساعت منجر به رطوبت سطح پایین تر می شود. یک مزیت ثانویه استفاده از یک ماده مانع در بعد از ظهر این است که سطح به طور معمول به سطح خود میرسد. به نحوی که حداکثر دما به طوری که دیگر هوا در داخل آن حبس نشود. منافذ بتن و خروج گاز رخ خواهد داد. وقتی مواد مانع را در حالی که در حال پخت است اعمال کنید، این امر تمایل به انبساط هوا برای ایجاد حباب را از بین می برد.

کپسوله سازی بتن

کپسوله شدن بتن مشکل خاصی است. این موضوع می تواند زمانی رخ دهد که یک دال بتنی از قسمت زیرین یک سیستم محافظ و متعاقباً در بالای آن، بخار دریافت کند. سیستم محافظ می تواند آب را در بتن به دام انداخته و باعث شود بیشتر در معرض آسیب ناشی از ذوب و یخ بندان قرار بگیرد. علاوه بر این، اگر بتن در طی یک دوره با شرایط دمایی خنک محصور شده

باشد و سپس تحت دمای محیطی بالاتر قرارگیرد، افزایش فشار بخار آب محبوس شده می تواند باعث از بین رفتن چسبندگی سیستم محافظ شود. استفاده از عایق تنفسی می تواند مشکل را به حداقل برساند.
منبع: ACI 201-2R

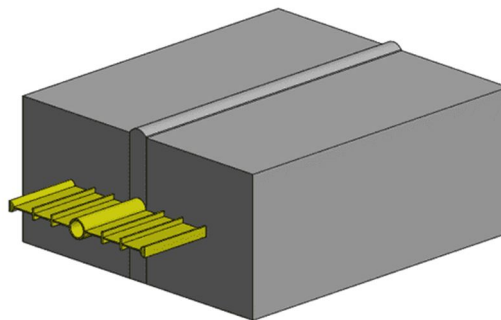
آب بندی انواع درزهای بتنی

سازه های بتنی همواره دچار انواع مشکلات و آسیب ها چه در زمان اجرا و پس از اجرا می باشند که نظر به اهمیت دوام و طول عمر این سازه ها ، به هیچ عنوان نمیتوان از کنار آن به آسانی گذشت. در همین راستا می توان به انواع حفرات و درزهای ایجاد شده در بتن اشاره نمود که برای هر یک با توجه به وضعیت موجود باید راهکاری در نظر گرفته شود.



اصلاح درزهای سرد یا درزهای اجرایی قبل از اجرا

موضوع قطع بتن در مقاطع پیش از اجرا باید مورد توجه قرار گیرند تا موجب آسیب و ایجاد نشتی به دلیل عدم پیوستگی در آن نقطه نگردد. این درزها به ویژه در سازه های آبی یا مقطعی که احتمال تهاجم یون های شیمیایی در آن ها زیاد است موجب شروع فرآیند خوردگی آمارتور شده و دوام سازه را به شدت کوتاه خواهد نمود.
نوارهای واتراستاپ [ABA WATERSTOP](#) با ابعاد و اشکال مختلف برای انواع درزها طراحی شده اند. این نوارها با بنیان گرانولی با خواص فیزیکی و شیمیایی مناسب، برای پاسخگویی به نیازهای پروژه تولید می شوند. استانداردهای -CRD 572 و [ISIRI 13277-1&2](#) از جمله استانداردهای معتبر جهت ارزیابی این محصولات در نظر گرفته می شود.
این نوارها با ثابت سازی در مکان مناسب (بین بتن قدیم و جدید) قبل از فرآیند بتن ریزی از خروج و نشتی آب در آن قسمت جلوگیری می نماید.



اصلاح درزها و حفرات اجرایی و آسیب های بتن (پس از اجرا)

گاهها ممکن است در زمان کار، اجرای واتر استاپ مورد غفلت قرار بگیرد. در چنین شرایطی به دلیل ایجاد فاصله زمانی بلند مدت بین لایه های بتن ریزی، زدرز سرد ایجاد خواهد شد. حفرات عمدی (میان بولت) یا غیر عمد و آسیب های ناشی از خراشیدگی در سطح بتن نیز از دسته موارد پس از اجرا می باشند که قطعاً در صورت عدم توجه آسیب جدی به سازه وارد خواهد کرد. در مواقعی که آسیب به صورت نشت منفی بروز می کند مؤثرترین و قطعی ترین روش، بهره گیری از ملات نفوذگر یا [ABACRYSTASEAL](#) می باشد. این ملات قدرت نفوذ بسیار زیادی به داخل لوله های موئین بتن دارد که برای آب بندی و محافظت بتن در برابر نفوذ آب و مواد شیمیایی مخرب کاربرد دارد که با ایجاد ماهیچه یا ملات با ضخامت مناسب در قسمت های درز یا حفره، با ایجاد کریستال ها در لوله های موئین ایجاد شده ناشی از تبخیر آب بتن، با حالت سوزنی رشد نموده و با انسداد تمامی منافذ، مانع نفوذ آب در بتن می گردند و در زمان کاربری سازه بتنی آن را نفوذناپذیر و آب بند نگه می دارند.



در شرایطی که نشت به صورت مثبت بوده یعنی نشت از داخل سازه به بیرون اتفاق خواهد افتاد بهترین روش استفاده از آبنده پلیمری [ABAFLEX-FCW](#) می باشد.

این ماده علاوه بر آب بندی، ویژگی محافظتی نیز دارد و به صورت دو جزئی متشکل از یک جزء سیمانی و جزء رزین الاستیک، طراحی شده است. اجرای مخلوط این دو جزء بر روی مقاطع بتنی و سیمانی منجر به ایجاد پوششی مستحکم و انعطاف پذیر می گردد که علاوه بر دوام، از چسبندگی بسیار زیاد به تمامی مقاطع برخوردار است.





درزهای انبساطی

برای چنین درزهایی با توجه به ماهیت حرکتی که دارند استفاده از مواد صلب قطعا جوابگو نمی باشد و بواسطه حرکت در این مقاطع ترک خوردگی ایجاد می شود. استفاده از ماستیک های پلی یورتان اولین پیشنهاد در موقعیت مذکور می باشد.

[ABAFLEX-LM](#) یک ماده الاستومر ترموست جهت درزهای انبساطی می باشد که پس از اجرا، به کمک هوا به حالت جامد انعطاف پذیر با خاصیت الاستیک بسیار زیاد تبدیل شده که ماندگاری و ثبات کیفی آن در شرایط سخت محیطی با طول عمر سازه بتنی برابر خواهد بود.

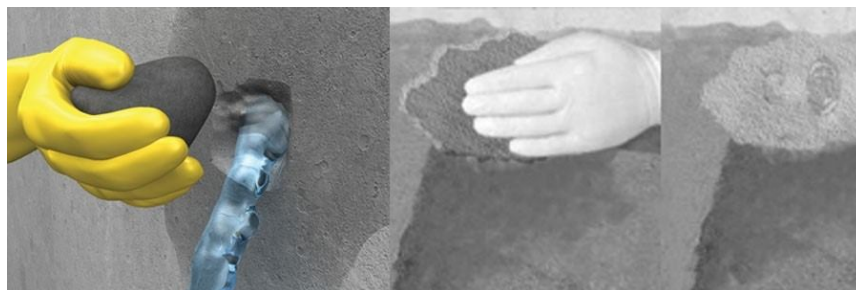
ABAFLEX-LM بر اساس استاندارد ASTM D2240 دارای سختی SHORE A در محدوده ۲۵-۳۵ می باشد که موجب می شود از خاصیت میرایی بالایی برخوردار شود و در اثر رانش های احتمالی با اتکا به خواص الاستیسیته ای که دارد همچنان مقاطع را آب بند نگه دارد. این ماده دارای میزان تغییر حرکتی ۲۵ درصد می باشد.



آب بندی درزها و حفرات با نشت منفی

در مواقعی سازه در شرایطی می باشد که در معرض آب های زیر زمینی یا به هر نحوی نشت منفی پیوسته می باشد در چنین شرایطی با توجه به فشار جریان آب باید تمهیدی بابت انسداد مسیر سیال در نظر گرفت.

در این دست موارد ، بهترین راهکار برای جلوگیری از نفوذ آب و عملیات آببندی استفاده آبی گیر [ABAPLUG](#) می باشد. [ABAPLUG](#) یک ملات سیمانی توانمند با سرعت گیرش بسیار زیاد می باشد که پس از اختلاط با آب به سرعت سخت شده و مقاطع دچار نشست را مسدود می کند. با توجه به این که این ماده بر پایه سیمان می باشد، بافت کاملاً یکنواختی با بتن تشکیل داده و به جهت برابری ضریب انبساطی با بتن، خواص آببندی خود را به اندازه عمر سازه حفظ خواهد نمود.



پیش ساخته سازی قطعات بتنی، موانع و راهکارها

در سالیان اخیر استفاده از بتن های پیش ساخته با سرعت در حال افزایش می باشد. این موضوع دارای مزایای زیادی نظیر افزایش سرعت ساخت، انتقال ریسک از کارگاه به کارخانه، زیبایی بیشتر و کاهش خطاهای ابعادی می باشد. طبق [استاندارد EN 13369](#) بتن پیش ساخته محصولی است که از بتن تشکیل شده و طبق معیارهای استاندارد نظیر این استاندارد در محلی به جز محلی که استفاده می گردد تولید شده و در مقابل شرایط محیطی مهاجم در حین تولید به دلیل استفاده از یک پروسه تولید صنعتی تحت یک سیستم کنترل کیفیت با امکان انتخاب در کارخانه، حفاظت شده است. به منظور حصول تمام ویژگی های مثبت سازه های بتنی پیش ساخته ، مهمترین موضوع در کارخانجات تولید این قطعات، کنترل کیفیت دقیق این قطعات می باشد. با توجه به اینکه در اکثر استانداردهای بین المللی بتن پیش ساخته به عنوان یک محصول تعریف شده است، بنابراین نحوه رفتار با آن می بایست مشابه یک محصول تولیدی در کارخانه بوده و فرآیند تولید آن برای رسیدن به یک سطح ظاهری زیبا و با دوام بالا می بایست به دقت رصد شود.



مشکلات موجود در پروسه تولید قطعات بتنی پیش ساخته

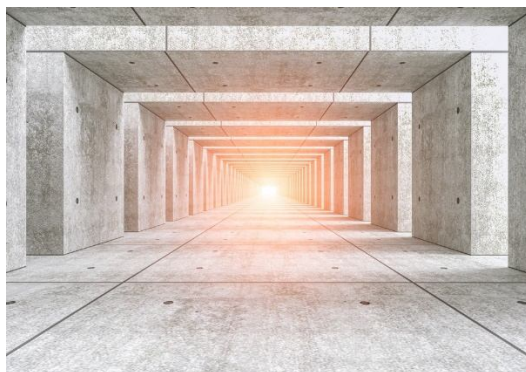
با وجود اهمیت بسیار بالای کنترل کیفیت در سازه های پیش ساخته ممکن است در مراحل مختلف ساخت و انتقال این نوع از بتن ها دچار آسیب شده و فرآیند آماده سازی آنها مختل گردد. این موارد می تواند مربوط به ظاهر بتن، دوام و مقاومت بتن و یا مشکلاتی در پروسه تولید این قطعات باشد.

ظاهر بتن

یکی از مهمترین جنبه های ارزیابی کیفیت سازه های پیش ساخته، کیفیت سطح بتن یا به عبارت دیگر زیبایی سطح بیرونی قطعات پیش ساخته می باشد. به صورت عمده در دو مرحله ممکن است ظاهر سازه های پیش ساخته تحت تاثیر قرار بگیرد. مرحله اول در زمان ساخت بتن پیش ساخته و مرحله دوم در زمان انتقال سازه پیش ساخته به کارگاه می باشد.

کیفیت ظاهر در زمان ساخت بتن. 1

در زمان ساخت بتن مهمترین عامل تاثیرگذار بر کیفیت ظاهری سازه های پیش ساخته، تلاش برای رسیدن به یک سطح بدون نقص و صیقلی کاملاً متناسب با نیازهای سازه ها می باشد که این موضوع همواره می تواند با اصلاح طرح اختلاط و استفاده از مواد مناسب به منظور رهاسازی قالب ها انجام گردد.



علاوه بر ممانعت از چسبیدن قالب به بتن به عنوان مهمترین هدف استفاده از روغن های قالب، در زمان استفاده از روغن قالب بتن به لحاظ اجرایی باید منجر به سهولت در جداسازی قالب ها از بتن، سهولت در تمیزکاری و جلوگیری از زنگ زدن آن ها شده تا به قالب ها نیز آسیبی وارد نگردد. به طور کلی استفاده از روغن سوخته و یا روغن های نامرغوب به عنوان روغن قالب، عمدتاً منجر به لکه شدن سطح نهایی بتن می گردد. علاوه بر آن این مواد با ورود به سطح بتن منجر به ایجاد یک سطح پودری شده که افت کیفیت سطح نهایی و کاهش دوام بتن را به دنبال خواهد داشت. معایب ذکر شده با استفاده بیش از اندازه روغن بر روی سطوح قالب ها تشدید خواهد شد. اما تنها وجود یک لایه بسیار نازک از روغن های قالب تخصصی طراحی شده در شرکت آبادگران مانع از پیوند قالب با بتن می شود.

محصولات روغن قالب آبادگران بر دو نوع **پایه آب AQUAFORM 230** و **پایه حلال MOULD OIL-O400** طراحی شده اند. روغن قالب پایه آب از مخلوط روغن، آب و امولسیفایر به منظور پایداری روغن در آب تشکیل شده است. بدلیل استفاده از آب در فرمولاسیون آن، این محصول نسبت به نوع روغنی، با محیط زیست سازگارتر بوده و اصطلاحاً به آنها جداکننده های دوستدار محیط زیست گفته می شود. در مقابل فرمولاسیون ویژه روغن قالب **MOULD OIL-O400** بر پایه روغن های فرآوری شده علاوه بر برآورده نمودن خواسته های آیین نامه بتن **ACI 301** پس از اسپری شدن بر روی سطح قالب، زمان کافی برای قالب گیری بتن بدست داده و ماده رهاساز با کمترین مقدار فراریت حتی با وجود منبع حرارتی بر روی سطح قالب ها باقی می ماند. اهمیت بسزای این ویژگی در خصوص ساخت قطعات بتنی در شرایطی است که دمای عمل آوری زیاد بوده و ماده رهاساز نباید در این شرایط از روی سطح قالب تبخیر شود. مکانیزم جداکنندگی این ماده ایجاد یک لایه ممانعت کننده بر روی سطح قالب بوده و واکنش شیمیایی با بتن انجام نمی دهد **MOULD OIL-O400**. حاوی افزودنی های ضد خوردگی بوده که منجر به دوام بیشتر قالب ها و جلوگیری از زنگ زدن آن ها خواهد شد. عدم وجود آب در ساختار شیمیایی این ماده باعث خواهد شد که در فصل زمستان در برابر یخ زدن مقاومت داشته باشد بدان معنا که شرایط نگهداری آن در پروژه های عمرانی و یا کارخانه تولید قطعات بتنی آسان است.



کیفیت ظاهر بتن در زمان حمل.2

در زمان حمل نیز، ممکن است بتن پیش ساخته در معرض آسیب و ترک قرار گیرد، همواره می توان با استفاده از سید مقاوم سازی شرکت آبادگران، نظیر مواد سیمانی و اپوکسی که با اهداف تخصصی ترمیم، تزریق و مقاوم سازی قطعات طراحی گردیده اند استفاده نمود.



دوام و مقاومت بتن پیش ساخته

طبق تعریف ACI 201، دوام بتن حاوی سیمان پرتلند به توانایی آن برای مقابله با عوامل هوازدگی، تهاجم شیمیایی، سایش و یا هر فرآیندی که به آسیب دیدگی می انجامد، گفته می شود. بنابراین بتن پایا به بتنی گفته می شود که تا حدود زیادی شکل اولیه و کیفیت و قابلیت خدمت رسانی خود را در شرایط محیطی حاکم حفظ نماید. نفوذناپذیری یک نقش بسیار مهم را در ارتقای دوام بتن های پیش ساخته ایفا می نماید. یک بتن با نفوذپذیری بسیار زیاد، به سیالات مختلف اجازه ورود به آن داده و تاثیر منفی آن در بتن مشاهده می گردد. رسیدن آب به میلگردها نیز موجب خوردگی و در نهایت آسیب به بتن می گردد. هر چه بتن نفوذناپذیرتر باشد، با دوام تر است. مقاومت فشاری بتن، به همراه نسبت آب به سیمان پایین، کمترین نفوذپذیری و بیشترین مقاومت را در برابر نفوذ سیالات خواهد داشت. مقاومت های فشاری زیاد به همراه نسبت های آب به سیمان پایین، بتنی متراکم با حداقل خلل و فرج را به دست می دهد.



به منظور دستیابی به بتنی با دوام و مقاومت بالاتر در کارخانجات قطعات پیش ساخته بدون استفاده از افزودنی، کار با بتن با حداقل نسبت آب به سیمان بسیار دشوار می باشد. بر اساس تعریف، مواد افزودنی بتن به موادی اطلاق می شود که به منظور تنظیم و اصلاح خواص بتن تازه و سخت شده استفاده می شوند. به طور کلی با استفاده مناسب از افزودنی ها می توان به بهبود شاخص های مکانیکی و دوام، سهولت و سرعت در اجرا و نهایتاً کاهش هزینه های تمام شده دست یافت. در بسیاری از استانداردها و آیین نامه های معتبر بین المللی نیز لزوم مصرف افزودنی بتن اثبات گردیده، به طوری که امروزه نقش افزودنی های بتن در راستای ارتقا کیفیت و کارایی بتن آشکار است. مصرف افزودنی بتن در پروژه های عمرانی براساس نوع و کاربرد افزودنی و شرایط محیطی و اجرایی بتن می تواند متغیر بوده و براساس استانداردهای داخلی و خارجی حداکثر درصد مواد افزودنی بتن مورد مصرف دارای محدودیت می باشد که این موضوع تولید افزودنی بتن با کیفیت و میزان مصرف آن را حائز اهمیت می کند.

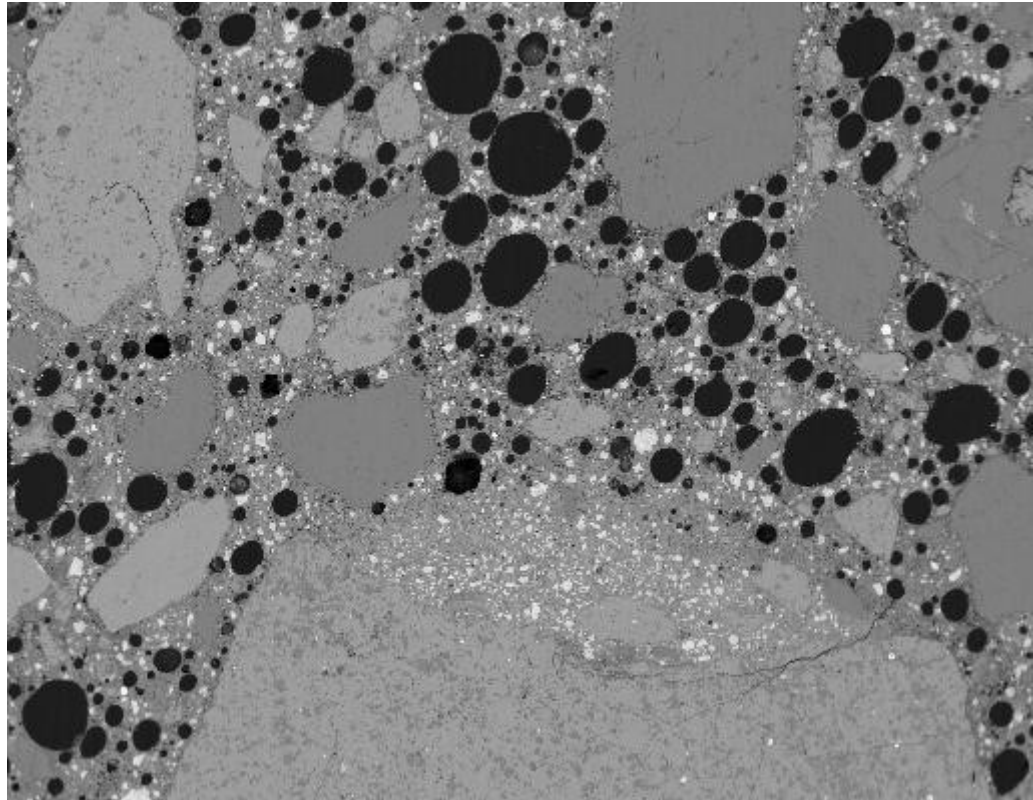
ژل میکروسیلیس نوعی از افزودنی های بتن توسعه یافته و محصولی شامل فوق روان کننده بتن و پودر میکروسیلیس و افزودنی های بتن پلیمری محافظ نفوذ آب است که با اسم ژل میکروسیلیس الیاف دار هم شناخته می شود، به این صورت که با درجه ی بالایی از قدرت باعث افزایش نسبی مقاومت فشاری، خمشی و کششی، دوام و طول عمر بیشتر، نفوذ ناپذیری قابل توجه نسبت به بتن معمولی و اسلامپ بالاتر در جهت تهیه و تولید بتن هایی نفوذ ناپذیر، کاربردی مطلوب و فراوان دارد.

ژل میکروسیلیس درحین فرآیند اختلاط فضاها ی خالی و خلل و فرج های موجود را پوشش داده و موجب کاهش نفوذ پذیری بتن به میزان چشم گیری می شود. ژل میکروسیلیس در واقع جایگزین مطلوبی برای انواع متعددی از افزودنی های بتن، از جمله انواع روان کننده ها، فوق روان کننده ها و آب بند کننده ها و ... می باشد. ژل میکروسیلیس در واکنش نهایی با جذب آهک آزاد و تبدیل آن به سیلیکات کلسیم با بازده ای موثر سبب بهبود ویژگی های بتن شما می شود. ماده میکروسیلیس ژل شده با از بین بردن خطرات زیست محیطی ناشی از استفاده از دوده های سیلیسی (به صورت پودری) و نیز به دلیل پخش یکنواخت تر در بتن، باعث بهبود خواص بتن سخت شده می گردد.

شرکت آبادگران با تولید سبد وسیعی از این مواد که می تواند در برگیرنده ژل های خالص میکروسیلیس نظیر ماده **PURE GEL** که البته استفاده از آن به همراه کاهنده های آب می تواند نسبت آب به سیمان مخلوط را نیز کاهش دهد، ژل های میکروسیلیس با کاهنده قوی آب نظیر ماده **POWER GEL** ژل های میکروسیلیس همراه با افزودنی کاهنده آب، فیلر، واترپروف و کاتالیزورهای واکنش هیدراسیون نظیر ماده **A.C.P**، همواره می تواند در ساخت بتن های با دوام با حداکثر مقاومت فشاری، کارخانجات تولید قطعات پیش ساخته را یاری نماید.



همچنین به منظور ارتقای مقاومت قطعات پیش ساخته در برابر سیکل های ذوب و یخبندان به خصوص در کارگاه های ساخت قطعات راهسازی، می توان از افزودنی های حباب هواساز استفاده نمود. افزودنی های هواساز باعث ایجاد حباب های کوچک پایدار هوا به طور یکنواخت در مخلوط بتن می شوند. قطر این حباب ها عمدتاً کمتر از ۱ میلی متر و عمدتاً در حدود ۰,۳ میلی متر هستند. در محصول [E.M.AIR](#) شرکت آبادگران حباب های کروی شکل و منظم به صورت پیوسته تشکیل می شوند. این حباب ها لوله های موئین تشکیل شده را از بین برده و با مسدود کردن آن ها مانع از عبور آب می شوند. در واقع این ماده از طریق کاهش پیوستگی لوله های موئین در ساختار بتن و ایجاد گسستگی در آن ها باعث افزایش نفوذپذیری و دوام بتن می گردد. از مزایای استفاده از افزودنی حباب هواساز در بتن می توان به افزایش مقاومت در برابر ذوب و یخ زدگی، افزایش انسجام و بهبود تراکم در مخلوط های با کارایی پایین اشاره کرد. در سیکل های مداوم یخ زدگی و ذوب، افزایش حجم آب ناشی از یخ زدگی منجر به ایجاد ترک در بتن می گردد. این ترک ها نفوذپذیری بتن را افزایش داده و منجر به ایجاد فرسایش با عمق بیشتر می گردند. در چنین شرایطی ماده افزودنی حباب هواساز بتن برای کاهش نفوذپذیری و افزایش طول عمر بتن در برابر سیکل های تکراری انجماد و ذوب به بتن افزوده می شود.



پروسه تولید

به طور کلی در پروسه تولید یک قطعه بتن پیش ساخته ممکن است عوامل مختلفی چالش هایی را برای کارخانجات بتن های پیش ساخته ایجاد نماید. همانگونه که در بخش های قبلی اشاره شد، به منظور سهولت رهاسازی قالب ها می توان از مواد رهاساز قالب شرکت آبادگران استفاده نمود. به منظور سرعت باز نمودن قالب ها و سرعت پروسه تولید نیز شرت آبادگران راهکار تخصصی ارائه داده است. در کنار کاهش آب به سیمان نیاز است تا ماده شیمیایی قدرتمندی در کنار ارتقا کارایی بتن، مقاومت فشاری زودرس را تامین نماید.

فوق روان کننده و کاهنده قوی آب یا ابر روان کننده [POWER PLAST-ES](#) افزودنی با خاصیت کاهندگی بسیار قوی آب و همچنین افزایشده بسیار قوی کارایی بتن با قابلیت حفظ زمان کارایی در حالت خمیری بوده و مقاومت فشاری زودرس نیز در بتن ایجاد می نماید. افزودنی دارای مقاومت فشاری زودرس گزینه بسیار مناسبی برای افزایش راندمان تولید در کارگاه های بتن پیش ساخته است.

علاوه بر این موضوع همواره ممکن است ضایعات بسیار زیادی در اثر جابه جایی قطعات در زمان آماده سازی در کارگاه، ممکن است آسیب هایی ببینند. به منظور ترمیم و مقاوم سازی قطعات می توان از مواد مقاومی نظیر ملات اپوکسی [ABADUR](#) [MP 25/45](#) شرکت آبادگران به منظور رفع ترمیم ترک های با عمق کم و آسیب های وارد شده به قطعات استفاده نمود. این ماده با سرعت گیرش و کسب مقاومت بسیار زیاد، در مدت زمان بسیار کم به مقاومت های خوب مکانیکی رسیده و سرعت زیاد در پروسه تولید را به ارمغان می آورد.

مشکلات رایج در طرح اختلاط بتن های آماده و نحوه رفع آنها

استفاده از بتن کارخانه های بتن آماده یکی از روش های بتن ریزی در سازه های مختلف می باشند که به صورت مخلوط شده و طرح اختلاط های مختلف مورد استفاده عرضه می گردد. به طور کلی در استاندارد ملی شماره ۶۰۴۴، بتن آماده (-ready mix concrete) به بتنی گفته می شود که در حالت خمیری و با روانی مشخص، توسط تولید کننده بتن در شرایط استاندارد، در کارخانه بتن آماده تولید گردیده و توسط تراک میکسرها به مصرف کننده تحویل داده می شود.



بتن از ترکیبات و مقادیر معین و حساب شده از مصالح ذیل تشکیل شده است:

- سیمان
- ماسه
- شن
- آب
- افزودنی های بتن

محصول نهایی کارخانه های بتن آماده ، جهت ارسال و مصرف در پروژه های عمرانی معمولا با مشکلات و چالش هایی مواجه است ، جهت غلبه بر آن ها می بایست الزامات و نکاتی را در نظر گرفت که در ادامه به این راه کارهای نوین اشاره خواهیم نمود.



مشکلات رایج در طرح اختلاط بتن

سیمان-1

سیمان مورد استفاده در زمان ساخت بتن های آماده ش امل دو دسته مکمل های سیمانی و سیمان هیدرولیکی تقسیم می شود.

سیمان های هیدرولیکی باید با استاندارد های ملی ایران تطابق داشته باشد و همچنین مکمل های سیمانی که شامل پوزولان ها با خواص هیدرولیکی می باشند مطابق با استاندارد ۱۲۲۸۴-۱ می باشد. به منظور بهبود ویژگی های معین با رسیدن به خواص خواسته شده در بتن، به کار می روند.



منظور از مکمل های سیمانی، پوزولان ها می باشند که به پوزولان های طبیعی و مصنوعی تقسیم می شوند. پر کاربردترین نوع پوزولان ها دوده های سیلیسی می باشند که مطابق با استاندارد ASTM C1240 مورد استفاده قرار می گیرند. لازم است در کارخانه های بتن آماده تست سیمان که شامل تست های مقاومتی در بتن و دوام و تست های شیمیایی می باشد می بایست به صورت روتین صورت پذیرد.

مکمل های سیمانی -2

در اثر افزودن پودر میکروسیلیس به عنوان یکی از مواد جایگزین سیمان به مخلوط بتنی، SiO_2 فعال موجود در این ماده با محلول هیدروکسید کلسیم Ca(OH)_2 آزاد شده تحت واکنش هیدراسیون سیمان ترکیب و کریستال سیلیکات کلسیم نامحلول (C-S-H) تولید می گردد و در نهایت با متراکم شدن جزء چسباننده، در کنار بهبود مشخصه های مکانیکی از جمله استحکام فشاری، پارامترهای دوام بتن نیز به طور چشمگیری بهبود پیدا خواهد نمود. تنها نقص کاربردی مبحث یاد شده افت کارایی ناشی از افزودن یک ماده پودری به مخلوط بتنی می باشد که لازم است با بهره گیری از مواد کاهنده آب بتن یا به اصطلاح مواد روانساز برطرف گردد. چون پوزولان های جایگزین مواد سیمانی دارای بلین بالا و سطح ویژه بیشتری می شوند و به همین سبب جذب آب بیشتر شده و استفاده از افزودنی های بتن الزامی می شود. شرکت آبادگران با توجه به لزوم تحقق بخشیدن به خواص کیفی مد نظر طراحان و سازندگان بتن مینی بر افزایش کارایی و مدت زمان کارپذیری موثر، همچنین کاهش مقادیر جذب آب و نفوذپذیری بتن ۴ گونه توانمند ژل حاوی میکروسیلیس و مواد کاهنده آب و روانساز بتن را طراحی و تولید نموده که شامل ژل های ذیل می باشد.

[-پاورژل POWER GEL](#)

[- میکروژل MICRO GEL](#)

[- پُمریت PUMKRET](#)

[-سوپرژل MS-5](#)



سنگدانه (شن و ماسه) -3

سنگدانه ها می بایست مطابق با استاندارد ملی ایران ۳۰۲، سبکدانه ها برای بتن سازه ای می بایست مطابق استاندارد ASTM C330 انجام شود و برای سنگدانه های سنگین باید با استاندارد ASTM C637 تطابق داشته باشند. در شرایطی که بتن های آماده از سنگدانه های تیز گوشه و شکسته استفاده کنند (بسته به نوع معدن و انتخاب سنگ شکن) باعث کاهش کارایی و افت اسلامپ شدیدی می شوند که در این شرایط می توانید از محصول **POWERPLAST-** **S.P.A.PLAST-401 SM** به جهت رفع این نقصان استفاده نمود.

از خواص فوق روان کننده دیرگیر می توان به مواردی همچون تولید و بتن ریزی در شرایط آب و هوایی گرم، به تاخیر انداختن گیرش اولیه بتن بدون تاثیر در مقاومت نهایی، حفظ اسلامپ به مدت طولانی جهت حمل بتن در مسافت های طولانی، کاهش نفوذپذیری ساختار بتن و در نهایت افزایش دوام و طول عمر مفید سازه بتنی، دستیابی به اسلامپ و کارایی بسیار بالا با زمان حفظ اسلامپ طولانی مدت و همچنین عدم ایجاد جداجدی و آب انداختگی بتن نیز اشاره نمود. میزان مصرف فوق روان کننده دیرگیر در بتن باید با توجه به آزمایشات دقیق کارگاهی و دمای هوا و نوع مصالح مصرفی تعیین شوند ولی به طور معمول میزان مصرف فوق روان کننده بتن دیرگیر توسط تولید کننده اعلام می گردد که مطابق بروشور فنی شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران در حدود ۰,۴۵ تا ۱,۲ درصد وزن سیمان و مواد جایگزین سیمان مصرفی در بتن می باشد. مصرف بیش از حد معمول محصول در بتن مجاز نبوده و می تواند اثرات زیان باری بر روی بتن از جمله تاخیر بیش از اندازه در زمان گیرش بتن داشته باشد. لذا پیشنهاد می شود قبل از استفاده این محصول با کارشناسان واحد پشتیبانی و فنی شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران مشاوره نمایید.

افزودنی های معدنی و شیمیایی -4

در زمان تولید بتن، پس از اختلاط اجزای بتن، آب و سیمان وارد واکنش هیدراسیون شده و ایجاد حرارت زایی می کند. در اثر این واکنش ماده ای ژله و چسبنده تشکیل شده که مصالح مختلف در مخلوط را به هم پیوند داده و پس از کسب مقاومت به شکلی سخت تبدیل می گردد.

از این بتن سخت و محکم در ساخت سازه های متعدد در صنعت ساختمان و پتروشیمی و پالایشگاه و سد سازی و... استفاده می شود قابل ذکر است که این بتن علاوه بر مقاومت فشاری بالا از خواص ویژه دیگری همچون دوام بتن برخوردار می باشد.



عمل ترکیب افزودنی در بتن ریزی پروژه های مختلف به طور کلی به دو صورت انجام می شود:

بهترین روش اضافه کردن افزودنی

اختلاط افزودنی در بچینگ -1

از مزایای استفاده از افزودنی های بتن در بچینگ می توان به صورت موردی به موارد ذیل اشاره نمود:

-کسب مقاومت های فشاری بالا

-افزایش دوام بتن های ساخته شده

-قوام و کارایی بالا در بتن(حفظ اسلامپ)

-نفوذ ناپذیر شدن بتن

-کاهش هزینه های تمام شده برای بتن



اختلاط افزودنی در محل پروژه (پای کار) -2

پس از ارسال بتن به پروژه در محل اجرا به دلیل کم نشدن مقاومت بتن و کسب روانی و کارایی بهتر بتن می بایست از افزودنی های بتن استفاده نمود از مهم ترین و پر کاربرد ترین آن ها می توان به فوق کاهنده آب **S.P.A PLAST-** **M4** تولیدی شرکت آبادگران با بنیان پلی کربوکسیلات اشاره نمود. در بتن های آماده به دلیل بالا بودن نسبت آب به سیمان می بایست از افزودنی های با بنیان پلی کربوکسیلات استفاده نمود از خواص فوق روان کننده نرمال در بتن به بهبود کارایی، تنظیم مدت زمان کارپذیری بتن براساس نیازهای اجرایی، بهبود تراکم بتن، کاهش نفوذپذیری بتن به واسطه کاهش نسبت آب به سیمان، افزایش دوام بتن و استحکام مکانیکی اشاره نمود. با توجه به بنیان شیمیایی مختلف در فوق روان کننده های نرمال، این محصولات در ساخت انواع بتن های خاص، بتن های پرمقاومت، بتن هایی با قابلیت پمپ پذیری بالا و ... کاربرد دارند و همچنین از دیگر خواص فوق روان کننده ها انجام بتن ریزی در تمامی مقاطع سازه از قبیل سقف، فونداسیون، دیوار و شمع می باشد. با توجه به ویژگی های ذکر شده، استفاده از فوق روان کننده نرمال در تمامی شرایط آب و هوایی امکان پذیر است.

حداقل دمای بتن در پای کار

کارخانه بتن می بایست بتن را در دمای حداکثر ۳۲ درجه سانتی گراد تحویل دهد. در برخی از فصول سال که دمای بتن به ۳۲ درجه سانتی گراد می رسد گیرش بتن(واکنش هیدراسیون) سریع اتفاق افتاده و بتن کارایی خود را از دست می دهد. توسعه روز افزودن دامنه کاربرد بتن در صنعت ساختمان و افزایش انتظارات طراحان و

مجربان از بتن (در نقش سازه‌ای و دکوراتیو) اهمیت و جایگاه ویژه‌ای را به افزودنی‌های بتن به دلیل داشتن تاثیر همزمان بر روی خواص بتن تازه و سخت شده داده است. بر اساس آیین‌نامه [ACI 212.3R](#) (گزارشی بر افزودنی‌های شیمیایی بتن) افزودنی‌های شیمیایی بتن به منظور تنظیم و اصلاح خواص بتن تازه و سخت شده استفاده می‌شوند. در این صورت ضوابط تولید و حمل بتن در هوای گرم طبق آیین‌نامه بتون ایران و یا مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باید مدنظر قرار گیرد. دمای بتون آماده، در محل تحویل می‌بایست مطابق با جدول زیر باشد.

اندازه کوچک ترین بعد مقطع mm	حداقل دما c
بیشتر از ۳۰۰	۱۳
۳۰۰-۹۰۰	۱۰
۹۰۰-۱۸۰۰	۷
کمتر از ۱۸۰۰	۵

همچنین مزایای استفاده از افزودنی‌ها در بتن، ملات سخت شده به شرح زیر است:

- کاهش نرخ گرمزایی در ساعات اولیه واکنش هیدراسیون
- افزایش سرعت کسب مقاومت در سنین اولیه
- افزایش مقاومت‌های مکانیکی (فشاری، خمشی، کششی)
- استحکام بخشی به بتن در برابر سیکل‌های یخ‌زدن و آب شدن
- کاهش پوسته‌شدگی ناشی از نمک‌های یخ‌زدا
- کاهش نفوذپذیری
- جلوگیری از بروز و پیشرفت واکنش قلیایی سنگدانه
- افزایش چسبندگی بتن تازه به مقاطع آرمه سازه بتنی
- بهبود مقاومت در برابر ضربه و سایش
- بالا رفتن استحکام بتن در برابر پدیده خوردگی
- تولید بتن یا ملات رنگی
- کاهش جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن و پیچش

افزودنی‌های بتن

افزودنی‌های نسل جدید که در بتن‌های آماده استفاده می‌شوند ماده کاهنده بسیار قوی آب و افزایشنده بسیار قوی کارایی بتن، با بنیان شیمیایی پلی‌کربکسیلیک می‌باشند که سیستم عملکرد شیمیایی آن‌ها کاملاً مشابه با سایر روانسازهای طبیعی یا شیمیایی موجود می‌باشد با این تفاوت که استفاده از پلی‌کربوکسیلات با تکنولوژی جدید و از طریق بهینه‌سازی طرح اختلاط بتن، امکان بالا بردن صرفه اقتصادی به وجود می‌آورد. این کار از طریق کاهش ۱۰ الی ۲۰ درصد از سیمان مصرفی امکان‌پذیر خواهد بود.



با توجه به ساختار شیمیایی افزودنی ها نوین با مقدار مصرف کمتری نسبت به پایه های دیگر نظیر نفتالین ها ملامین ها و لیگنو ها، امکان ساخت بتن خودتراکم، بتن های توانمند و پرمقاومت با نسبت آب به سیمانی در حدود ۰/۳۵ و کمتر با روانی زیاد و کارایی مناسب را فراهم می سازند در همین راستا به جهت کسب کارایی بالا و حصول مقاومت فشاری در مقایسه با نمونه های شاهد (فاقد افزودنی) شرکت آبادگران افزودنی های خود را بدین ترتیب معرفی می نماید:

[فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب POWERPLAST-RM](#)

[فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب POWERPLAST-ES](#)

[فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب POWERPLAST-PM](#)

[فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب ABAPLAST SRT-2912](#)

[فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب REONET](#)

فزودنی های بتن

با توسعه روز افزون دانش و فناوری، صنعت شیمی ساختمان نیز با نوآوری و پیشرفت در افزودنی های بتن همراه بوده و خرید مواد افزودنی بتن توسط طراحان و مجریان برای مقاصد سازه ای و دکوراتیو افزایش چشمگیری داشته است. بر همین اساس این مواد طراحی و تولید گشته تا با بهبود ویژگی ها و خواص بتن تازه و سخت شده به کاهش هزینه های ساخت و اجرا در پروژه های عمرانی کمک کند.

بر اساس تعریف، مواد افزودنی بتن به موادی اطلاق می شود که به منظور تنظیم و اصلاح خواص بتن تازه و سخت شده استفاده می شوند. به طور کلی با استفاده مناسب از افزودنی ها می توان به بهبود شاخص های مکانیکی و دوام، سهولت و سرعت در اجرا و نهایتا کاهش هزینه های تمام شده دست یافت. در بسیاری از استانداردها و آیین نامه های معتبر بین المللی نیز لزوم مصرف افزودنی بتن اثبات گردیده، به طوری که امروزه نقش افزودنی های بتن در راستای ارتقا کیفیت و کارایی بتن آشکار است. مصرف افزودنی بتن در پروژه های عمرانی براساس نوع و کاربرد افزودنی و شرایط محیطی و اجرایی بتن می تواند متغیر بوده و براساس استانداردهای داخلی و خارجی حداکثر درصد مواد افزودنی بتن مورد مصرف دارای محدودیت می باشد که این موضوع تولید افزودنی بتن با کیفیت و میزان مصرف آن را حائز اهمیت می کند.

فوق کاهنده های آب / فوق روان کننده های بتن

مطابق با استاندارد ASTM C125 ماده افزودنی بتن، ماده ای غیر از آب، سنگدانه، سیمان و الیاف تقویتی است که هنگام بچینگ و یا پای کار به بتن اضافه می شود. خواص فوق روان کننده بتن به گونه ایست که باعث کاهش هزینه های ساخت، اصلاح خصوصیات بتن سخت شده، افزایش کیفیت و دوام بتن، سهولت در حمل و نقل و بتن ریزی می شود. به فوق روان کننده ها، کاهنده های قوی آب نیز گفته می شود، زیرا در مقایسه با مواد افزودنی کاهنده آب / روان کننده، قادر به کاهش آب بیشتری در مخلوط بتنی می شود. فوق روان کننده ها در دهه ۱۹۷۰ توسعه پیدا کردند و همین خواص فوق روان کننده ها باعث استفاده گسترده ای در صنعت ساختمان سازی شدند. به طور کلی کاهش آب در بتن در نسبت آب به سیمان ثابت باعث بهبود خواص مکانیکی بتن می گردد و همین خواص فوق روان کننده ها در بتن باعث افزایش مقاومت های فشاری نسبت به بتن های بدون افزودنی نیز می شود که این موضوع اهمیت خاصی در صنعت بتن دارد. یکی از محصولات شیمی ساختمان

آبادگران به عنوان فوق روان کننده و کاهنده قوی آب استفاده می‌شود، محصول POWERPLAST-RM است که یکی از خواص آن، کاهندگی آب به مقدار بیشتر از ۲۰٪ می باشد.

خواص فوق روان کننده ها به خاطر تنوع ترکیبات شیمیایی موجود در آنها، با هم متفاوت است و در اکثر موارد عملکردهای متعددی در بتن دارند. هرچقدر میزان مصرف فوق روان کننده بتن بیشتر باشد، مقدار آب، کمتر و یا روانی بتن بیشتر می شود. اما میزان مصرف فوق روان کننده بتن مقدار مشخصی دارد که استاندارد INSO 2930-2 حداکثر ۵ درصد وزن سیمان را مجاز دانسته است. این موضوع به این دلیل است که با افزایش میزان مصرف فوق روان کننده بتن، کارایی افزایش یافته تا به حد اشباع برسد. فراتر از این مقدار اشباع، افزایش بیشتر میزان مصرف فوق روان کننده بتن، تاثیر کمی بر جریان دارد و باعث جداشدگی، آب انداختگی و تاخیر در زمان گیرش می‌شود.

فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب POWERPLAST- RM

فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب POWERPLAST- R

فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب POWERPLAST- SM

فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب POWER PLAST-ES

فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب REONET

فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب POWERPLAST-PM

فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب ABAPLAST WR-4610

فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب ABAPLAST SRT-2912

فوق روان کننده بتن و کاهنده قوی آب ABAPLAST WRL-4623

فوق روان کننده های بتن

مواد فوق روان کننده از جمله افزودنی‌هایی هستند که به منظور بهبود مقاومت در ترکیباتی نظیر دوغاب سیمان، ملات و بتن استفاده می‌شوند. این مواد عموماً پلیمرهایی هستند که می‌توانند علاوه بر نقش روان‌کنندگی در بتن به عنوان مواد دیسپرسنت عمل کنند که در این صورت باعث جدایش ذرات شن و ماسه نیز می‌شوند، بنابراین میزان مصرف فوق روان کننده نباید بیش از محدوده پذیرش استاندارد باشد چرا که می‌تواند منجر به جدایی ذرات شود.

در صنایع ساختمان‌سازی غالباً مواد فوق روان‌کننده رایج پلیمری شامل مشتقات پلی آمین سولفونات و لیگنین سولفونات هستند که عمدتاً مشکلاتی از قبیل اثر گذاری ضعیف در حفظ روانی بتن دارند. در شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران ترکیبات

فوق روان کننده نسبت به سایر فوق روان کننده از اثر پخش ذرات سیمان و حفظ کارایی بالاتری برخوردار هستند و این امر میزان آب مورد نیاز برای ترکیبات سیمانی را بدون تاثیر منفی بر کارایی مخلوط کاهش می دهد. مواد روان کننده رایج منجر به کاهش ۱۰ تا ۱۵ درصدی مصرف آب در تولید بتن می شوند، در حالی که با کمترین میزان مصرف فوق روان کننده بتن این مقدار به ۳۰ درصد کاهش می یابد. مکانیسم اثر مواد فوق روان کننده بر پایه جذب و پخش ذرات سیمان در سیستم های آب-سیمان است. از جمله مهم ترین خواص فوق روان کننده افزایش چشمگیر اسلامپ اولیه بتن می باشد، هرچند این اثر معمولاً موقتی است و بیش از ۳۰ تا ۶۰ دقیقه باقی نمی ماند. روش های متعددی جهت کنترل مقدار اسلامپ شامل افزایش میزان مصرف فوق روان کننده، افزودن دوز مصرفی مشخصی از فوق روان کننده در بازه های زمانی متعدد یا استفاده از برخی مواد دیرگیر در فرمولاسیون وجود دارد.

اهمیت تغییر پذیری جرم مولکولی و سازگاری پلیمرهای فوق روان کننده در شرایط مختلف در کشور ایران بسیار اهمیت دارد، زیرا مواد معدنی تشکیل دهنده سیمان در مناطق مختلف کشور به جهت وسعت خاک ایران متفاوت هستند. همچنین اختلاف دما در مناطق مختلف کشور در فصول سرد و گرم حدود ۲۵ درجه سانتیگراد می باشد که میزان کارپذیری بتن را دستخوش تغییرات می کند، به همین جهت مدت زمان کارپذیری بتن تحت تاثیر دما از جمله پارامترهای موثر دیگری است که میزان مصرف فوق روان کننده بتن را تحت تاثیر قرار می دهد و همواره باید مورد توجه قرار بگیرد. از جمله فاکتورهایی که میزان کاهش زمان حفظ کارپذیری را مشخص می کنند شامل اسلامپ اولیه، نوع و میزان مصرف فوق روان کننده بتن، نوع و مقدار سیمان، زمان اضافه شده فوق روان کننده، رطوبت، دما، روش اختلاط و حضور یا عدم حضور سایر افزودنی ها هستند. میزان مصرف فوق روان کننده بتن در مقادیر کمی نسبت به درصد وزنی سیمان است و غالباً بین ۰.۵ تا ۳ درصد وزنی سیمان بسته به سایر مواد افزودنی متغیر است. بررسی میزان تاثیرخواص فوق روان کننده بر روی ذرات سیمان بوسیله بررسی رفتار جریان ماده فوق روان کننده در یک فانل استاندارد (قیف) (marsh flow cone) و بر اساس استاندارد ISIRI 2930 اندازه گرفته می شود.

فوق روان کننده بتن دیر گیر S.P.A.PLAST-R

فوق روان کننده بتن دیر گیر S.P.A.PLAST-401

فوق روان کننده بتن نرمال S.P.A.PLAST-403

فوق روان کننده بتن دیر گیر S.P.A.PLAST-404

فوق روان کننده بتن زود گیر S.P.A.PLAST-A

فوق روان کننده بتن نرمال S.P.A.PLAST-M4

فوق روان کننده بتن نرمال MERQUA

روان کننده های بتن

روان کننده بتن که با نام کاهش دهنده آب بتن شناخته می شود و عمده اثر این افزودنی افزایش روانی و اسلامپ در مقدار ثابت آب و یا کاهش آب در مقدار روانی ثابت بتن است و یا هر دو اثر را به طور همزمان ایجاد می کند. افزودن روان کننده به بتن یکی از بهترین روش های بالا بردن کارایی و روانی بتن محسوب می شود به نحوی که بدون نیاز به افزایش نسبت آب به سیمان می توان در مصرف سیمان صرفه جویی نموده و عمل تراکم و اختلاط بتن را به سهولت اجرا کرد. نسبت آب به سیمان یکی از مهمترین عوامل موثر بر بهبود خواص مکانیکی بتن است. کاهش این نسبت باعث بهبود ویژگی های مکانیکی و افزایش مقاومت بتن و پایداری آن در برابر نفوذ آب می شود که با استفاده از روان کننده بتن، با حفظ نسبت آب به سیمان کارایی بتن، بالا برده می شود.

استفاده از افزودنی روان کننده در طرح اختلاط بتن موجب کاهش مقدار آب بتن در اسلامپ ثابت می گردد. کاهش مقدار آب اختلاط از آن جهت مطلوب است که موجب افزایش مقاومت بتن یا کاهش جمع شدگی و عیار سیمان می گردد. این مقدار کاهش آب اختلاط به عوامل مختلفی مانند نوع افزودنی بتن مورد استفاده، نحوه اضافه کردن افزودنی، میزان اسلامپ و نسبت آب به سیمان، نوع سیمان، عیار سیمان، نوع سنگدانه ها، نوع و میزان استفاده از افزودنه ها مانند روبره و خاکستر بادی و نیز مقدار هوا بستگی دارد.

مقدار روان کننده مورد نیاز برای افزایش عدد اسلامپ بتن، ارتباط مستقیم با درجه گرانی آن دارد. طبعاً برای هر بتنی که عدد اسلامپ اندکی دارد باید درصد روان کننده بالاتری را به کار ببریم. البته درصد گرانی بتن نیز ارتباط مستقیم با میزان مصرف سیمان در بتن دارد. طریقه استفاده از روان کننده بدین صورت است که در مقداری از آب اختلاط بتن مخلوط شده و در هنگام اختلاط نهایی و قبل از ریختن و یا پمپ کردن به مخلوط بتن اضافه شود. نتایج تجربی نشان داده است اگر روان کننده بتن در آب اختلاط مخلوط شده و به بتن اضافه شود تاثیر بیشتری بر روانی درد چرا که موجب توزیع همگن تر می شود.

از مضرات روان کننده بتن، افزودن مقدار زیاد روان کننده بتن که باعث تفکیک و از هم گسیختگی بیش از حد بتن خواهد شد لذا با این تفسیر استفاده بیش از حد روان کننده بتن توصیه نمی شود. بسته به ماده شیمیایی خاصی که مورد استفاده قرار می گیرد، استفاده از روان کننده بیش از حد مجاز ممکن است منجر به تأخیر در اثر آن در بتن شود. میزان مصرف ماده افزودنی بتن بر حسب درصد وزن سیمان (حداکثر ۵ درصد وزن سیمان) بیان شده توسط تولید کننده که الزامات استاندارد ۲-۲۹۳۰ را برآورده سازد. جهت دریافت قیمت افزودنی های روان کننده با نمایندگی های صنایع شیمی ساختمان آبادگران در مراکز استان ها تماس حاصل فرمایید.

روان کننده بتن P.A.PLAST-201

روان کننده بتن P.A.PLAST-203

روان کننده بتن P.A.PLAST-204

روان کننده بتن POZZOCRETE

کاهنده-فوق کاهنده آب چند منظوره P.A.PLAST-L1

کاهنده-فوق کاهنده آب چند منظوره P.A.PLAST-S4

ژل های میکرو سیلیس

ژل میکروسیلیس نوعی از افزودنی‌های بتن توسعه یافته و محصولی شامل فوق روان کننده بتن و پودر میکروسیلیس و افزودنی‌های بتن پلیمری دفع کننده آب است که با اسم ژل میکروسیلیس الیاف دار هم شناخته می‌شود، به این صورت که با درجه‌ی بالایی از قدرت باعث افزایش نسبی مقاومت فشاری، خمشی و کششی، دوام و طول عمر بیشتر، نفوذ ناپذیری قابل توجه نسبت به بتن معمولی و اسلامپ بالاتر در جهت تهیه و تولید بتن‌هایی نفوذ ناپذیر، کاربردی مطلوب و فراوان دارد. ژل میکروسیلیس درحین فرآیند اختلاط فضاهاى خالی و خلل و فرج‌های موجود را پوشش داده و موجب کاهش نفوذ پذیری بتن به میزان چشم گیری می‌شود. ژل میکروسیلیس در واقع جایگزین مطلوبی برای انواع متعددی از افزودنی‌های بتن، از جمله انواع روان کننده‌ها، فوق روان کننده‌ها و آب بند کننده‌ها و ... می‌باشد. ژل میکروسیلیس در واکنش نهایی با جذب آهک آزاد و تبدیل آن به سیلیکات کلسیم با بازده ای موثر سبب بهبود ویژگی‌های بتن شما می‌شود. ماده میکروسیلیس ژل شده با از بین بردن خطرات زیست محیطی ناشی از استفاده از دوده‌های سیلیسی (به صورت پودری) و نیز به دلیل پخش یکنواخت‌تر در بتن، باعث بهبود خواص بتن سخت شده می‌گردد.

مکمل بتن A.C.P

مکمل بتن الیافی A.C.P-F

پاور ژل POWER GEL

میکرو ژل MICRO GEL

میکروژل الیافی MICRO GEL-F

پُمرکرت PUMKRET

مکمل بتن دیرگیر A.C.P-R

میکروژل زودگیر MICRO GEL-A

میکروژل دیرگیر MICRO GEL-R

مکمل بتن زودگیر A.C.P-A

MS-5 سوپرژل

آبازل ABAGEL

MS-5-FP سوپرژل الیافی

سایر افزودنی ها

با وجود افزودنی‌های روان کننده، فوق روان کننده، کاهنده و فوق کاهنده آب و همچنین ژل‌های میکروسیلیس برای بتن، گاهی هدف تنها ایجاد خاصیت روانی و یا کاهندگی آب نبوده و نیاز به دیگر افزودنی‌ها مانند زودگیر و دیرگیر کننده‌های بتن، ضدیخ بتن و ملات، حباب هوا ساز، افزودنی‌های بتن پاششی (شاتکریت)، دوغاب‌های تزریق و منبسط کننده‌های بتن و ملات احساس می شود، که هر یک با توجه به خواص و ویژگی‌های نامبرده می‌توانند به تنهایی یا به همراه دیگر افزودنی‌های روان کننده و یا کاهنده آب مورد استفاده قرار گیرد.

به طور مثال افزودنی‌های زودگیر و دیرگیر کننده با تغییر زمان گیرش بتن یا ضدیخ‌ها با جلوگیری از یخ زدن بتن، امکان اجرای بتن در شرایط آب و هوایی مختلف را فراهم می‌سازد یا افزودنی‌های حباب هواساز با ایجاد حباب‌های هوای مفید در بتن می‌توانند به دوام و یا خاصیت خمیری بتن کمک کنند. برخی از این افزودنی‌ها بسته به نوع کاربرد می‌توانند به شکل پودری یا مایع عرضه گردند تا بسته به شرایط محیطی و روش‌های اجرایی و اختلاط بتن و ملات مورد استفاده قرار گیرند. در مجموع این افزودنی‌ها با اصلاح خواص و ویژگی‌های بتن تازه و سخت شده، باعث سهولت اجرا در مناطق مختلف آب و هوایی، ارتقا کیفیت بتن و کاهش هزینه‌های تمام شده ساخت و اجرا در پروژه‌های عمرانی می‌شوند.

میکروسیلیس ژل شده PURE GEL

ضدیخ بتن E.M.ANTIFREEZE-C

حباب هوا ساز بتن E.M.AIR

دوده سیلیسی E.M.MICROSILICA

ضد یخ ملات E.M.ANTIFREEZE-M

زودگیر شاتکریت پودری ABAQUICK-AFP

زودگیر شاتکریت مایع ABAQUICK-AFL

دیرگیر بتن پودری ABATARD-P

دیرگیر بتن مایع ABATARD-L

حفظ کننده قوی اسلامپ بتن ABA-RETENTION

منبسط کننده بتن و ملات E.M.GROUT-500

مزوکریت MEZUKRET

مکمل دوغاب تزریق ABABUILD-1100

رفع خوردگی در نواحی ساحلی در سازه های بتنی
علاقه به ساخت و ساز و توسعه سازه ها در مناطق ساحلی، مشکلات فرسایش و پدیده خوردگی در سازه ها را افزایش داده است. خوردگی تخریب یک ماده در اثر واکنش با محیط آن می باشد و یکی از عوامل اساسی تخریب سازه های بتن مسلح را تشکیل می دهد. با توجه به شدت پیامدهای زیست محیطی ساحلی بر یکپارچگی سازه های بتن مسلح، ارتقاء تحقیقات علمی در این مناطق خاص از اهمیت بالایی برخوردار شده است.
این امر منجر به تلاش های عمده برای مدیریت بحران مشکلات فرسایش و احیای ظرفیت ساحلی برای سازگاری با تغییرات کوتاه مدت و بلندمدت ناشی از فعالیت های انسانی، رویدادهای شدید و افزایش سطح دریا شده است. مشکل فرسایش، زمانی حاد می شود که اقدامات متقابل (یعنی گزینه های سازه ای سخت یا نرم) اعمال شده، طراحی، ساخت، یا نگهداری نامناسب باشند و اثرات آن در سواحل مجاور به دقت ارزیابی نشود.

سازه های در معرض محیط های ساحلی :

وجود یون های کلر و اکسیژن در نواحی ساحلی باعث تشدید شرایط تهاجمی در مناطق ساحلی به ویژه در مناطقی که در معرض پاشش آب دریا هستند می گردد.
سازه های بتنی با نفوذپذیری بسیار بالا، طراحی بسیار ضعیف و عیوب ساختمانی مانند عمق نامناسب پوشش، اجازه نفوذ نمک و رطوبت به بتن را می دهد و باعث تسریع خوردگی در سازه ها می گردد. بنابر دلایل ذکر شده و در جهت جلوگیری از خوردگی می بایست اقدامات لازم برای حفاظت از سازه های بتنی در مناطق ساحلی اندیشیده شود.



اثرات آب دریا بر روی بتن :

بتن عملکرد ساختاری و دوام بسیار خوبی دارد، اما زمانیکه یک سازه بتنی در معرض محیط های دریایی قرار می گیرد، تحت تأثیر و زوال شایع ترین علل خرابی و خوردگی آرماتورهای فولادی قرار خواهد گرفت بنابراین انتخاب مواد، طراحی اختلاط و جزئیات مناسب آرماتورها پارامترهای اساسی در تولید بتن سازه دریایی بادوام هستند. دوام بتن به طور کلی به عنوان توانایی و مقاومت آن در برابر تأثیرات محیطی و مواد شیمیایی مانند یون های کلرید، سدیم، منیزیم، کلسیم و پتاسیم در نظر گرفته خواهد شد.

تمام زیرساخت های بتنی که در محیط های دریایی یا نزدیک آن ها یافت می شوند، با کاهش طول عمر مواجه خواهند شد، مگر اینکه اقداماتی برای محافظت از آنها انجام شود. سازه ها به دلیل چرخه ثابت مرطوب - خشک - تر که آب را از طریق مجراهای مویرگی و ریز منافذ موجود در بتن وارد می کند، در خطر خوردگی بیشتری قرار دارند. هنگام اضافه کردن شرایط آب و هوایی شدید و سیکل ذوب و یخبندان که در محیط های ساحلی تجربه می شود، حفاظت از این سازه ها از اهمیت بالایی برخوردار می باشد.



میزان نفوذپذیری آب در بتن درصد زوال و خرابی بتن را تعیین می کند، برخی از مکانیسم های زوال که زیرساخت های بتن دریایی را تهدید می کند عبارتند از :

- خوردگی سازه های فولادی
 - حمله کلرید
 - حمله سولفات
- واکنش دانه های قلیایی (AAR)

- سیکل های انجماد/ ذوب

خوردگی آرماتورهای فولادی:

سه جزء اصلی جهت وقوع خوردگی در بتن مسلح عبارتند از :

- الکترولیت برای انتقال یون به عنوان مثال آب
- هادی برای انتقال الکترون
- اکسیژن

لازم به ذکر است حذف یکی از این اجزا باعث کاهش خسارات ناشی از خوردگی می شود. به همین دلیل در بتن خشک خوردگی وجود ندارد و همچنین داشتن بتن کم نفوذ برای جلوگیری از حرکت آب و مواد شیمیایی مضر موجود در محلول از رسیدن به آرماتورهای فولادی مهم است. به طور کلی، بتن به عنوان یک میزبان عالی برای میلگرد عمل می کند. و به دلیل خاصیت قلیایی بالای ماده اول، ماده دوم یک لایه غیرفعال ایجاد می کند که یک مانع محافظ برای فولاد ایجاد می کند. در این حالت، بتن به طور معمول محافظت در برابر خوردگی عالی را ارائه می دهد، اما لایه غیرفعال می تواند در طول زمان به دلیل دی اکسید کربن اتمسفر شکسته شود. این امر باعث کربناته شدن شده و باعث کاهش PH بتن و بی ثباتی لایه غیرفعال می گردد بتن بادوام با نفوذپذیری کم باعث کاهش سرعت کربناته شده و علاوه بر آن سرعت نفوذ آب لازم برای وقوع خوردگی را نیز کاهش می دهد.



بروز مشکلات رایج در سازه های بتنی

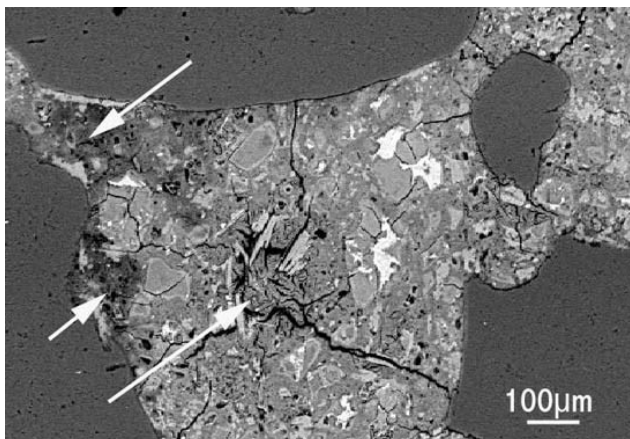
حمله کلرید

بتن بی کیفیت دارای منافذ متصل بیشتر و مویرگ های بزرگتر است. این امر پتانسیل ورود مواد مضر به بتن را افزایش می دهد. موادی مانند کلریدها می توانند از طریق شبکه منفذی وارد بتن شده که منجر به شکسته شدن لایه محافظ غیرفعال اطراف میلگرد می شود. در صورت عدم وجود لایه اکسید آهن غیرفعال که از فولاد محافظت می کند، خوردگی با سرعت بسیار بالاتری شروع می گردد.



حمله سولفات

رایج ترین نوع حمله سولفات از طریق راه های خارجی است که در آن آب حاوی سولفات در بتن نفوذ می کند. این معمولاً نتیجه خاک ها و آب های زیرزمینی با سولفات بالا است، اما می تواند ناشی از آلودگی اتمسفر یا آب صنعتی، باکتری های موجود در فاضلاب یا حتی فقط آب معمولی دریا باشد. حمله سولفات معمولاً ترکیب و ریزساختار بتن را تغییر می دهد و منجر به ترک خوردگی، انبساط و از بین رفتن پیوند بین خمیر سیمان و سنگدانه می شود.



واکنش قلیایی

گاهی اوقات، سنگدانه ها با هیدروکسیدهای قلیایی بتن واکنش داده و از طریق انبساط و ترک خوردگی باعث تخریب آهسته بتن می گردد. ترک های مویی که ایجاد می شوند دعوتی برای آب و ایجاد خوردگی میلگرد حتی در سازه های درجه بالاتر هستند.

دو شکل واکنش قلیایی-دانه وجود دارد:

- واکنش قلیایی سیلیس (ASR)
- واکنش قلیایی کربنات (ACR).

واکنش قلیایی سیلیسی نسبت به کربناتی نگران کننده تر است، زیرا یافتن سنگدانه های حاوی مواد سیلیسی واکنش پذیر رایج تر بوده و سیلیس موجود در این سنگدانه ها با هیدروکسید قلیایی موجود در بتن واکنش داده و ژلی را تشکیل می دهد که با جذب آب خمیر سیمان اطراف، یا هر آبی که به داخل بتن راه پیدا می کند، متورم میگردد.



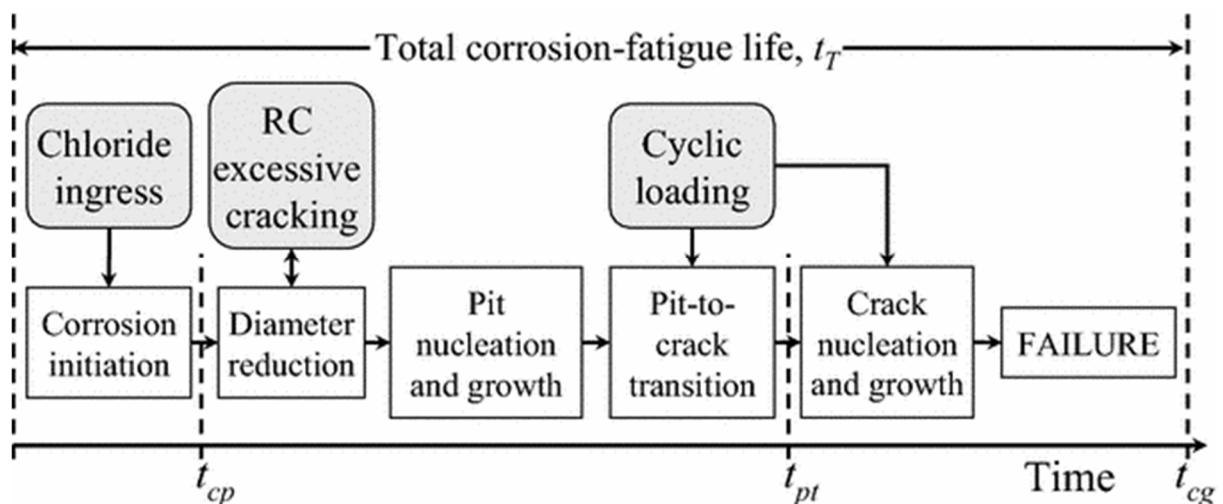
از آنجایی که ژل رطوبت بیشتری را جذب می‌کند با ایجاد فشار زیاد باعث آسیب طولانی مدت به بتن میگردد. ترک خوردگی اغلب نشان‌دهنده وجود AS می باشد و این ترک خوردگی اغلب در مناطقی با منبع آب یا رطوبت اتفاق خواهد افتاد.

سیکل های ذوب و یخبندان :

در سیکل های ذوب و یخبندان زمانیکه آب یخ می زند ، نه درصد حجم بیشتری را در بتن اشغال می کند . عدم فضای کافی برای این افزایش حجم یخ زدگی ، می تواند بتن را آزار داده و منجر به ترک های مویی شود . سپس ذوب اجازه می دهد تا آب از طریق شکاف ها نفوذ کند و با هر چرخه یخ زدگی/ذوب، تعداد و اندازه خطوط موافزایش یابد و در نتیجه آسیب بیشتری به بتن وارد شود. برخی از علائم قابل توجه آسیب یخ زدگی/ذوب عبارتند از: پوسته پوسته شدن و پوسته پوسته شدن سطح بتن، ترک موازی سطح، یا سنگدانه های در معرض دید.



قابلیت اطمینان سازه های بتنی مسلح در معرض خوردگی-خستگی و تغییرات آب و هوایی:



اثرات آب و هوای گرم بر روی بتن در مناطق ساحلی :

هوای گرم چیست :

عوامل محیطی، به ویژه شرایط آب و هوایی گرم، بر خواص بتن و عملیات ساختمانی اختلاط، حمل و جابجایی مصالح بتن تأثیر می‌گذارد. عملیات بتن ریزی هوای گرم، ترکیبی از سه حالت وجود رطوبت نسبی، سرعت نسبی وزش باد و گرمای هوا (دما در محل بتن ریزی بیش از ۳۲ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد که باعث کاهش کیفیت بتن تازه و یا سخت شده می‌گردد

اثرات هوای گرم بر بتن:

اکثر مشکلات بتن ریزی در هوای گرم، مربوط به سریع‌تر شدن فعل و انفعالات هیدراسیون سیمان درون بتن و افزایش میزان تبخیر از بتن تازه می‌باشد. زمانی که هیدراسیون سریع‌تر انجام می‌شود کریستالهای ایجاد شده اطراف سنگدانه‌ها سریع‌تر ایجاد شده ضعیف‌تر شده و در نهایت بتن از مقاومت کمتری برخوردار خواهد شد.



خواص بتن که در اثر گرمای زیاد محیط ممکن است تغییر یابد، به شرح ذیل می‌باشد:

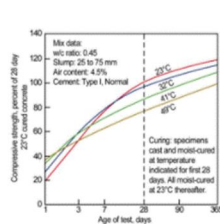
- سخت شدن بتن
- اسلامپ و کارایی بتن
- مقاومت فشاری بتن
- درجه حرارت بتن
- نمای ظاهری ضعیف بتن
- ترک های انقباضی
- ترک های حرارتی
-



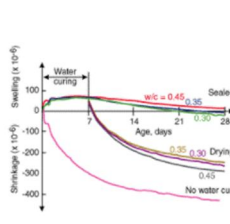
بر اساس آیین نامه [ACI 212.3R](#) افزودنی‌های شیمیایی بتن به منظور تنظیم و اصلاح خواص بتن تازه و سخت شده استفاده می‌شوند. مشکلات اصلی بتن تازه در شرایط آب و هوایی گرم عبارتند از:

- افزایش تقاضای آب که باعث کاهش نسبت آب به سیمان می‌شود.
 - زمان گیرش تسریع شده که باعث ایجاد مشکلاتی در حمل و نقل، فشرده سازی شده و خطر سرد شدن مفاصل را افزایش می‌دهد.
 - افزایش پتانسیل برای انقباض پلاستیک و ترک حرارتی، عمدتاً به دلیل تبخیر آب در سطح محل قرارگیری.
 - مشکل در کنترل محتوای هوا - بسته به سیستم سیمانی و بسته مواد افزودنی، ممکن است ژل تشکیل شود و باعث شکستن حباب‌های هوا و کاهش محتوای هوا شود .
 - نیاز به عمل آوری و برش سریع بتن بتنی که در سنین پایین در دماهای بالا عمل آوری می‌شود، در سنین بالاتر به اندازه بتنی که در دماهای مطلوب تر عمل آوری می‌شود، قوی نخواهد بود .
- مشکلات ناشی از بتن سخت شده در هوای گرم هرگز به طور کامل قابل اصلاح نبوده و به این ترتیب، کمبودهای بتن سخت شده اغلب عبارتند از:

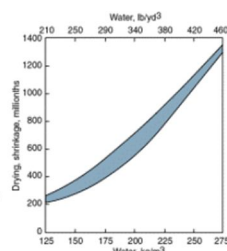
- پتانسیل افزایش یافته برای خشک شدن انقباض و ترک حرارتی تفاضلی ناشی از خنک شدن ساختار کلی یا اختلاف دما در سطح مقطع دال.
- کاهش مقاومت فشاری ناشی از تقاضای آب بیشتر.
- افزایش پتانسیل برای اتصالات سرد، تفاوت رنگ، یا سایر تغییرات در ظاهر سطح. این به دلیل نرخ‌های مختلف هیدراتاسیون یا نسبت‌های مختلف مواد آب به سیمان (w/cm) است.
- کاهش رطوبت و دوام به دلیل ترک خوردگی.



Impacts of temperature on compressive strength



Influence of curing on shrinkage



Shrinkage and Water content

طرح اختلاط بتن در هوای گرم :

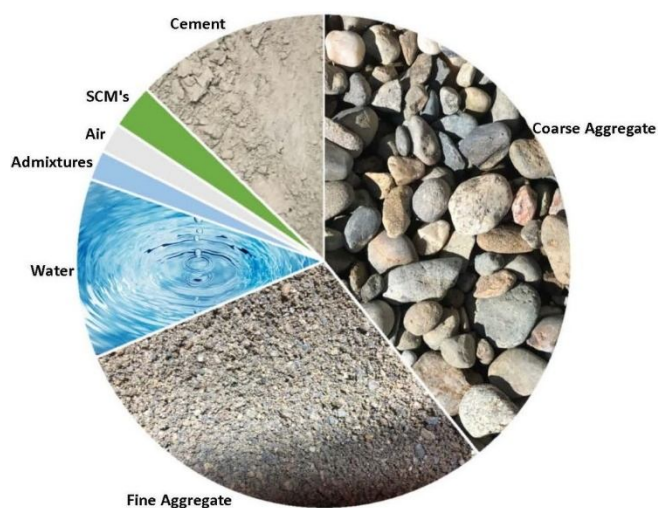
بتن ریزی در هوای گرم شرایطی را ایجاد می کند که نیاز به روش های خاصی برای اختلاط، قرار دادن، تکمیل و عمل آوری مناسب دارد. دمای بالای محیط، دمای بالای بتن، رسوبت نسبی کم و یا باد شدید کیفیت بتن تازه و یا سخت شده را مختل کرده و باعث کاهش اثرات آن می گردد.

جهت ساخت بتن در شرایط محیطی شدید و فوق شدید مطابق با "آیین نامه ملی پایایی بتن در نواحی خلیج فارس و دریای عمان" باید نسبت آب به مواد سیمانی کمتر از ۰/۴۵ و ۰/۴ باشد که در هر دو شرایط بتن ریزی بدون استفاده از افزودنی های روان کننده، فوق روان کننده و ابرروان کننده غیرممکن خواهد بود. همچنین جهت افزایش کارایی و جلوگیری از افت سریع اسلامپ باید از اضافه کردن آب خودداری گردد و در مواقع لازم با استفاده از مواد افزودنی مناسب خواص بتن را بهبود بخشید.

همچنین جهت جلوگیری از ایجاد ترکهای پلاستیک و افت سریع اسلامپ بتن لازم است دمای بتن تازه در حدود ۲۴ تا ۳۲ درجه سانتیگراد باشد.



اجزای تشکیل دهنده طرح اختلاط بتن در هوای گرم :



آب:

به طور کلی آبی که برای تهیه و عمل آوری بتن استفاده میشود باید دارای کیفیت آب آشامیدنی باشد. با توجه به اینکه در نواحی گرم آب دارای املاح زیادی است باید مقدار حداکثر این املاح محدود به مقادیر ذکر شده در مشخصات فنی طرح باشد

سیمان:

بطور کلی در نواحی که احتمال حمله سولفات‌ها وجود دارد باید از سیمان تیپ V استفاده کرد مگر اینکه میزان یونهای کلر (نمک) زیاد باشد که در این صورت باید جداً از مصرف سیمان تیپ V خودداری کرد. در این حالت استفاده از سیمان تیپ II با درصد بالائی از سرباره کوره بلند (حدود ۶۵ تا ۷۰ درصد وزنی) و یا سیمان نوع I با حدود ۳۰ درصد وزنی خاکستر بادی مناسبتر است. بطور کلی استفاده از سیمان تیپ II، سیمان سرباره و یا سیمان پوزولانی وضعیت گیرش بتن را جهت استفاده در مناطق گرم بهبود میبخشد. استفاده از مواد معدنی نظیر خاکستر بادی و سرباره کوره بلند و دوده سیلیسی تأثیر بسیار خوبی بر خواص بتن دارد.

سنگدانه ها:

- در مورد مصالح به کار رفته در طرح اختلاط بتن در هوای گرم رعایت نکات ذیل امری ضروری می باشد :
- مصالحی که دارای مقادیر زیادی نمک محلول و یا سولفات هستند به هیچ وجه برای کاربرد در بتن مناسب نیستند.
 - استفاده از مصالح خاکدار باعث میشود که مقدار آب زیادتری جهت حصول به اسلامپ مورد نظر لازم باشد که خود باعث بالا رفتن تخلخل و در نتیجه ضعف بتن میشود.
 - مصالحی که دچار هوازدگی و یا تخلخل زیاد بوده و یا جذب اب بالایی دارند قابل ستفاده در بتن نمی باشد.
 - از مصرف مصالحی که دارای دانه بندی مناسبی نیستند باید جداً احتراز شود. لازم است جهت حصول به کارآئی بهتر از سنگدانه های گرد گوشه و رودخانه های برای مصالح درشت دانه استفاده شود.
 - استفاده از مصالحی که دارای ضریب انبساط حرارتی کمتری هستند جهت استفاده در مناطق با هوای گرم مناسبتر میباشد.

مواد افزودنی :

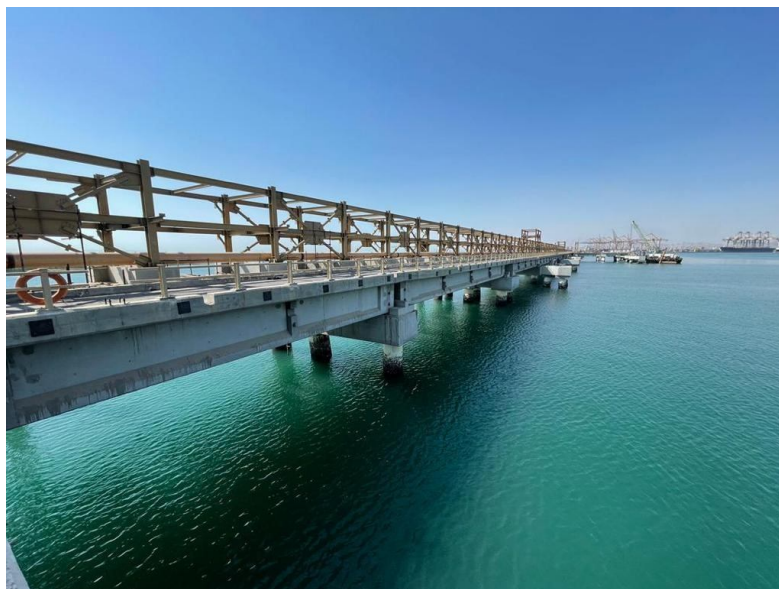
استفاده از مواد افزودنی مناسب و آزمایش شده برای بالا بردن کارآئی و کاهش نسبت آب به سیمان توصیه میشود. لازم به توضیح است که استفاده از مواد شیمیائی دیرگیر کننده تأثیر چندانی بر روی تداوم کارآئی ندارد در حالیکه استفاده از مواد دیرگیر کننده به همراه مواد کاهش دهنده مقدار آب و یا روان کننده ها تأثیرات مثبتی بر روی کارآئی بتن دارد. در نهایت باید ذکر کرد که قبل از استفاده از مواد افزودنی حتماً باید از تأثیر آن بر روی بتن اطلاعات کافی داشت و استفاده از این مواد باید قبلاً به تائید دستگاه نظارت رسیده باشد.

شرکت صنایع شیمیایی ساختمان آبادگران جهت ساخت یک بتن نفوذناپذیر در مناطق آب و هوایی ساحلی با توجه به لزوم تحقق بخشیدن به خواص کیفی مد نظر طراحان و سازندگان بتن مبنی بر افزایش کارایی و مدت زمان کارپذیری موثر، همچنین کاهش مقادیر جذب آب و نفوذپذیری بتن های توانمند [ژل حاوی میکروسیلیس](#) و [مواد کاهنده آب و روان ساز بتن](#) را طراحی و تولید نموده که بر حسب شرایط محیطی محل ساخت و بتن ریزی، نوع مصالح مصرفی و مشخصات بتن تازه و سخت شده باید انتخاب گردند.



حفاظت از سطوح بتنی

خوردگی عامل اصلی تخریب سازه های در معرض محیط های تهاجمی دریایی است. خراب شدن بتن با ترک، پوسته پوسته شدن، لایه برداری و زنگ زدگی مشهود است. با گذشت زمان، آسیب های ناشی از خوردگی بتن و فولاد می تواند به یک نگرانی ایمنی تبدیل شود و به افزایش هزینه های تعمیر و نگهداری و هزینه های سرمایه ای کمک کند. تخمین زده می شود که هزینه مستقیم و غیرمستقیم خوردگی برای اقتصاد یک ایالت ممکن است به ۳ تا ۶ درصد از تولید ناخالص داخلی برسد. بتن مسلح یکی از پرکاربردترین مصالح ساختمانی در جهان است. بنابراین با طراحی مناسب، کنترل کیفیت و نگهداری، سازه های بتنی می توانند دوام طولانی مدتی را حتی در تهاجمی ترین محیط ها از خود نشان دهند. محافظت از سازه ها در برابر این مکانیسم های زوال یکی از جنبه های کلیدی حفظ بتن است. تعمیراتی که علت خرابی را بررسی نمی کنند، محکوم به شکست در مدت زمان نسبتاً کوتاهی هستند. به عنوان مثال، بتن در معرض قرار گرفتن در معرض اسید باید با پوشش ها و پوشش هایی که برای محدوده pH خاصی طراحی شده اند، تعمیر و محافظت شود. هنگامی که یک سازه شروع به تخریب کرد، درک علت و میزان خرابی به بهبود استراتژی های تعمیر و حفاظتی کمک خواهد کرد و عمر سازه را افزایش داده و سازه ها را برای سال های آینده حتی در شرایط قرار گرفتن در معرض تهاجمی حفظ خواهد کرد.



یکی از بهترین روش های محافظت در برابر خوردگی و یا به تاخیر انداختن آن، استفاده از پوشش های محافظ می باشد. در این نوع پوشش های محافظ ماتریس رزینی فاز پیوسته پوشش را تشکیل داده و وظیفه نگهداری اجزای شیمیایی تشکیل دهنده پوشش و تامین چسبندگی به زیرآیند را بر عهده دارد.

گروه دانش بنیان آبادگران با توجه به نیاز پروژه ها و تحقیق و بررسی موفق به سنتز هاردنرهای فنالکامین با قابلیت پخت در زیر آب برای دستیابی به خواص ضد خوردگی گردیده است.

از آنجا که باید در انتخاب سیستم‌های پوششی به شرایط آب و هوایی، دما و رطوبت نسبی محیط توجه داشت، پوشش‌های زیر به منظور حفاظت انواع سطوح بتنی (مطابق استاندارد ASTM C881) به عنوان یک راه حل مطمئن و با پشتوانه علمی معرفی می‌گردند.

ABADUR-280

ABADUR-280 یک پوشش اپوکسی بدون حلال و چند منظوره جهت حفاظت سازه‌های بتنی و فلزی در برابر محیط‌های خورنده شیمیایی و دریایی می‌باشد. این محصول بر پایه رزین اپوکسی اصلاح شده و هاردنرهای ویژه طراحی شده و دارای مقاومت شیمیایی و خوردگی عالی و مقاومت جوی خوب می‌باشد. [ABADUR-280](#) قابل استفاده در محیط‌های داخلی و خارجی بوده و جهت استفاده در اسکله‌ها، مخازن مواد شیمیایی، سوخت و فاضلاب توصیه می‌گردد. این پوشش کاملاً بهداشتی بوده و در انواع مخازن آب آشامیدنی و تصفیه خانه‌ها قابل استفاده می‌باشد.



ABAZONE-290

شرکت دانش بنیان صنعتی آبادگران با بهره‌گیری از هاردنر فنالکامین با قابلیت پخت در زیر آب که توسط محققان این شرکت تولید و ثبت اختراع گردیده است، موفق به تولید پوشش اپوکسی با نام [ABAZONE-290](#) شده است. این پوشش که جهت رنگ آمیزی و حفاظت سازه‌های بتنی در نواحی جزر و مدی طراحی شده است، بر روی سطوح مرطوب چسبندگی عالی (بیشتر از نیروی پیوستگی بتن) داشته و پس از غرقاب شدن در آب شور و شیرین به واکنش پخت ادامه می‌دهد. این پوشش مانع از نفوذ آب و مواد شیمیایی به سطح بتن و میلگرد شده و از سازه در برابر پدیده خوردگی حفاظت می‌کند. مقاومت نوری این پوشش به عنوان یک سیستم حفاظتی مطلوب بوده و از دوام و عمر طولانی برخوردار می‌باشد. مقاومت ABAZONE-290 در برابر یون کلر و نمک‌های موجود در آب دریا عالی است و جهت حفاظت سازه‌های بتنی نواحی ساحلی و فرا ساحلی، نواحی جزر و مدی اسکله ها و کشتی ها، سدها و تصفیه خانه ها مناسب می‌باشد.



بر اساس بخش چهارم استاندارد NACE SP0108 به دلیل آنکه ناحیه جزر و مدی از نواحی اتمسفریک و زیرآب، خوردگی بیشتری دارد، جهت حفاظت این سطوح باید از پوشش اپوکسی با خواص سدگری استفاده شود. این استاندارد تاکید می‌کند در لایه رویه این پوشش نباید از پوشش پلی یورتان استفاده شود چراکه این پوشش مقاومت خوبی در برابر آب ندارد و نباید در نواحی جزر و مدی استفاده شود. بر اساس این استاندارد جهت حفاظت نواحی جزر و مدی باید از رنگ اپوکسی زیر آب با ضخامت ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میکرومتر استفاده گردد. این پوشش بر اساس فصل ۷ آیین‌نامه [ACI 503R](#) در انواع سطوح بتنی مرطوب که امکان خشک نمودن آن‌ها وجود ندارد نیز قابل استفاده است.

بررسی مشکلات موجود در حفاری و بتن ریزی تونل‌ها و نحوه رفع آنها
روش‌های حفر تونل موارد زیر می‌باشد:

1- حفر تونل به روش سنتی یا آتش باری (BLASTING) -

برای اینکه راندمان حفر تونل را بالا ببرند، در قسمت‌های میانی جبهه کار تعدادی چال نزدیک بهم و با زوایای مخصوص حفر می‌کنند و نقشه انفجار را طوری در نظر گرفته می‌شود که ابتدا این چال‌ها منفجر شده و یک جبهه کار آزاد برای سایر چال‌ها فراهم سازد.

2- حفر تونل به روش موازی

برش‌های موازی اغلب برای تونل‌های کوچک مقطع به کار می‌روند اما می‌توان برای حفر تونل‌های بزرگ مقطع نیز استفاده کرد. در برش موازی یک یا چند چال خالی به صورت افقی و با قطر زیاد (۶۵ تا ۱۷۵ میلی‌متر) موازی یکدیگر و عمود بر سینه کار حفر کرده و در اطراف آنها و به فاصله ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری چالهایی با قطر کم و نزدیک به یکدیگر و با خرج گذاری مناسب به وجود می‌آورند. چال‌های قطور که خرج گذاری نمی‌شوند، نقش سطح آزاد را برای چال‌های کوچک دارند و چال‌های کوچک با تاخیرهای ۲۰ تا ۳۰ میلی‌ثانیه آتش می‌شوند.

3- حفر تونل به روش غیر موازی (زاویه ای)

در برش غیر موازی حفره ای که در ابتدای انفجار و مرکز تونل وجود می‌آید شکل مخروط دارد و نتیجه انفجار چال‌هایی است که افقی اند، با امتداد تونل موازی نیستند و بر سینه کار تونل عمود نمی‌باشند. این برش را در جایی بکار می‌برند که سطح مقطع تونل زیاد باشد زیرا حفر چال در امتدادی غیر موازی با محور تونل مستلزم وجود فضای کافی برای استقرار دستگاه چال زنی می‌باشد.

4- حفر تونل به کمک ماشینهای تمام مقطع (TBM) -

با توجه به تنوع شرایط زمین شناسی و ترکیبات خاک و سنگ موجود در مسیر یک تونل بسته به شرایط انواع مختلفی از ماشین حفار تمام مقطع ساخته شده است. در سال ۱۹۸۰ I(SRM) تعریف انجمن بین المللی مکانیک سنگ :
در مورد سنگ سخت، مقاومت بیش از ۵۰ تا ۱۰۰ مگا پاسکال و در مورد سنگ‌های نرم کمتر از ۵۰ مگا پاسکال

5- حفر تونل به کمک ماشینهای بازویی (ROAD HEADER) -

6- حفر تونل به کمک سپر (SHIELD TUNNELING) -

حفر تونل در زمین‌های سست و ریزشی، معمولاً با استفاده از سپرهای فولادی انجام می‌گیرد. این سپرها غالباً مقطع دایره ای دارند و فضای تونل ممکن است طی شرایط هوای آزاد یا تحت تاثیر هوای فشرده باشد. وجود سپر سبب می‌شود که بتوان حفاری را در شرایط ایمن انجام داد و سیستم نگهداری اولیه را برپاساخت و نشست زمین را کنترل کرد.

7- حفر تونل به کمک کند و پوش (CUT and COVER) -

عمده بارهای وارد شده بر ساختار تونل، فشار آب های زیر زمینی و همچنین فشار توده سنگ های در برگیرنده است. از مشکلاتی که در عملیات حفاری تونل ها رخ می دهد موضوع ریزش دیواره هاست و برای رفع آن از روش های مختلفی استفاده می شود و یکی از رایج ترین آنها استفاده از مواد شاتکریت یا بتن پاششی است.



بتن پاششی (شاتکریت) به عنوان یک بتن یا ملاتی که از طریق شیلنگ های الاستیکی حمل می گردد متداول می باشد و با استفاده از هوای فشرده با سرعت بالا به سطح مورد نظر پاشیده میشود. در سال ۱۹۳۰ زمانیکه واژه شاتکریتاز طرف انجمن مهندسان راه آهن آمریکا مورد استفاده قرار گرفت و همچنان نیز استفاده می گردد. شاتکریت یا بتن پاششی در سرتاسر دنیا در دو نوع مخلوط تر و مخلوط خشک، تکنولوژی شناخته شده ای برای استقرار بتن می باشد. بیشترین کاربرد بتن پاششی (شاتکریت) در فضاهای زیرزمینی و برای پایدارسازی سنگ ها می باشد. بتن پاششی در حفاری های روباز نیز استفاده می شود. در یک تعریف کلی، بتن پاششی یا شاتکریت به بتنی اطلاق می شود که از ترکیب سیمان، شن و ماسه، سنگ و مقدار مشخصی از ماده تنظیم کننده زودگیر تشکیل شده است و توسط تجهیز پاشش مورد استفاده قرار می گیرد. این تجهیز از بخش هایی مانند لوله انتقال دهنده و دستگاه پنوماتیکی با سرعت بالا تشکیل شده که عمل پاشیدن مخلوط بتن پاششی را بر روی سنگ یا سطح مورد نظر انجام می دهد. ماده افزودنی زودگیر کننده باید به درستی به طرح اختلاط بتن پاششی اضافه شود تا در چند دقیقه، گیرش بتن اتفاق افتاده و دستیابی به مقاومت اولیه آن را بهبود بخشد. کیفیت عملیات شاتکریت نیز بستگی به نوع سیمان دارد و سیمان معمولی پرتلند می تواند به خوبی با ماده زودگیر کننده بتن پاششی سازگار باشد به همین دلیل، استفاده از آن بیشتر ترجیح داده می شود.



انواع بتن پاششی به لحاظ روش اجرا

بتن پاششی خشک - 1

در این روش سنگدانه ها با سیمان ترکیب شده (با حداکثر آب ۵ درصد برای جلوگیری از گردوخاک) و به وسیله دستگاهی موسوم به پمپ شاتکریت توسط هوای فشرده به داخل لوله های لاستیکی پمپ شده و از طریق افشانه به سطح موردنظر پاشیده می شود. دستگاه های اجرای این روش کوچک بوده و نیاز به کامیون های حمل و مخلوط بتن نمی باشد. یکی از معایب این روش استهلاک تجهیزات و تولید گرد و خاک می باشد.

بتن پاششی تر - 2

در این روش نخست مصالح مربوط به بتن پاششی و آب به وسیله مخلوط کن بچینگ با یدگیر اختلاط پیدا کرده و توسط کامیون مخلوط کن به محل اجرای آن منتقل می شود و توسط پمپ های ویژه روش تر روی سطح حفاری شده پاشیده می شود. سهولت کنترل کیفیت مخلوط، کم بودن آلودگی محیط و شدت جریان بالا از مزایای این روش می باشد. در افشانه، هوای فشرده با شدت جریان ۳ تا ۲۰ مترمکعب بر دقیقه و با فشار ۳ بار افزوده میشود. هوای فشرده باعث افزایش سرعت بتن شده و بتن را به خوبی به سطح می چسباند.

شتاب دهنده های بتن پاششی

از بین همه الزامات و شاخص های مطرح شده، شاخص تنظیم زمان گیرش در عملیات بتن پاششی یکی از اصلی ترین ملاک های انتخاب افزودنی شتاب دهنده می باشد و شتاب دهنده ها به طور فزایندهای در هر دو کاربرد بتن پاششی خشک و تر مورد استفاده قرار میگیرند. اما شتاب دهنده ها در فرایند خشک رایج تر هستند تا قدرت گیرش اولیه را افزایش دهند و گرد و غبار و ریزش مخلوط پاششی از سطح را کاهش دهند. اما در عملیات بتن پاششی تر تمرکز بیشتر بر گیرش اولیه می باشد.



از لحاظ شیمیایی، شتاب دهنده های بتن پاششی عموماً به دو دسته اصلی تقسیم شوند: سیلیکات ها و نمک های آلومینیومی. سیلیکاتها اولین نسل مورد استفاده بودند که عملکرد پایین تری نسبت به محصولات مبتنی بر آلومینیوم داشتند. استفاده از این بنیان در عملیات بتن پاششی برای اجرای لایه ضخیم محدودیت ایجاد میکند. با این حال، به صرفه بودن آن به لحاظ اقتصادی دلیل اصلی بالا بودن مصرف این بنیان در برخی از نقاط جهان (مانند چین) میباشد.

افزودنی های شتاب دهنده ساخته شده با بنیان نمکهای آلومینیم به دو دسته تقسیم میشوند: مواد بازی و مواد بدون باز (قلیا). مواد بازی به طور عمومی از نمک های آلومینیوم تهیه میشوند. آنها برای دستیابی مقاومت سریع در سنین پایین بتن پاششی بسیار مؤثر هستند، لیکن مقاومت آنها در درازمدت بسیار پایینتر است. شتابدهنده های بتن پاششی بازی ضعف های مهمی از نظر بهداشت و ایمنی دارند زیرا ممکن است هنگام تماس با پوست باعث سوختگی شدید شوند. از جدیدترین موارد هم میتوان به نابینا نمودن عوامل اجرایی در صورت تماس با چشم اشاره نمود.

شتاب دهنده های بدون باز، محلولهای اسیدی از نمکهای آلومینیوم هستند. اقبال بازار مصرف به این دسته مواد بسیار بیشتر است زیرا بدون عوارض سلامت و ایمنی در مقایسه با گونه بازی می باشند. از نگاه کیفیت و ویژگی ها باید به این موضوع توجه داشت که مواد افزودنی بتن پاششی بدون باز، منجر به کاهش مقاومت دراز مدت نخواهند شد. از نظر شیمیایی هم باید آگاه باشیم که غلظت بسیار زیاد محلول های آلومینیوم سولفات هرگز باعث بروز رسوب در آنها نمیشود زیرا با استفاده از مواد معدنی مؤثر و یا اسیدهای آلی پایدار میشوند. مطالعات اولیه شتاب دهنده های بتن پاششی نشان میدهد که تشکیل کریستال های اترینگایت حاصل شده از واکنش فاز آلومینیوم شتاب داده شده با سیمان موجب انقباض سریع سامانه سیستم مخلوط میشود، لیکن این امر تأثیر چندانی بر هیدراسیون فاز آلیت ندارد. برای رسیدن به زمان گیرش دلخواه، ماده شتاب دهنده باید دارای غلظت آلومینیوم زیادی باشد. بنابراین در فرموله کردن و تولید صنعتی گونه های با غلظت زیاد که دارای نمک های آلومینیوم هستند. به موضوع تشکیل رسوب در طول زمان توجه میشود. زیرا تشکل رسوب به روشنی از نظر عمر نگهداری ماده افزودنی ناخواسته است. برای تثبیت مخلوط های دارای غلظت آلومینیوم بالا، اسیدهای گوناگونی مورد استفاده قرار میگیرند. انتخاب درست این اسیدها میتواند به بهبود مقاومت کمک فراوانی نماید. اما انتخاب اشتباه هم به شدت در تخریب هیدراسیون آلیت اثر داشته و می تواند ثبات بتن پاششی را به مخاطره بیندازد.

الزامات بتن پاششی

در سال ۱۹۹۰ میلادی، کمیته ASTM تصمیم گرفت که این فناوری به اندازه کافی رشد کرده است که باید یک کمیته فرعی برای بتن پاششی با کد ASTM C09.46 سازماندهی شود. در آن زمان این کمیته به صورت مکمل کمیته موسسه بتن آمریکا با کد ۵۰۶ برای عملیات بتن پاششی در نظر گرفته شد.



اجزای تشکیل دهنده بتن پاششی

مواد تشکیل دهنده بتن پاششی شباهت زیادی به مواد تشکیل دهنده بتن معمولی دارد. سیمان، سنگدانه های شکسته و گردگوشه، آب، افزودنی ها و الیاف از مهمترین اجزای تشکیل دهنده بتن های پاششی محسوب میشوند. انتخاب هریک از مواد نام برده باید چنان باشد که الزامات فنی و ایمنی و بهداشت را برآورده نماید. ضمن اینکه همه ی مشخصات فنی مربوط به بتن پاششی مانند مقاومت های مورد نیاز به همراه ضخامت اجراء، شکل و سطح تمام شده اجرا (چگونگی پرداخت) باید بر اساس الزامات و نیاز پروژه به طور دقیق مشخص شود.

افزودنی های مورد استفاده رده بتن های پاششی بسته به نوع دستگاه پاشش و تجهیزات موجود، به دو نوع شاتکریت مایع و پودری و هریک به ۹ رده مختلف تقسیم می شود.

سیمان:

سیمان در بتن پاششی مانند سایر مخلوط های سیمانی، نقش جزء چسباننده را بازی می کند. بنابراین مقدار و نوع سیمان مصرفی بر روی ویژگی هایی چون زمان گیرش و مقاومت های مکانیکی تاثیر مستقیم دارد.

ض

آب:

آب آشامیدنی بهترین انتخاب به منظور ساخت بتن پاششی می باشد. در صورتی که از آب آشامیدنی در ساخت بتن پاششی استفاده شود، نیاز به انجام آزمون خاصی نمی باشد.

سنگدانه:

سنگدانه های ریز و درشت حدود ۷۵ درصد از حجم بتن پاششی را تشکیل می دهند. از این رو در بتن پاششی همانند بتن معمولی کیفیت مصالح سنگی از اهمیت بالایی برخوردار است. از مراجع دسته بندی سنگدانه ها، به استاندارد ملی ایران ، [ACI 506](#) و [ASTM C1436](#) می توان اشاره کرد.

به طور کلی موارد زیر را می توان به عنوان نقش سنگدانه ها در بتن پاششی برشمرد:

- تاثیر چشمگیر بر یکنواختی بتن پاششی
- یکی از شاخص های اولیه در تعیین آب موردنیاز
- نقش پرکنندگی اقتصادی
- تاثیر مستقیم بر مقاومت مکانیکی
- تاثیر به سزا در کارایی مخلوط تازه
- تاثیر به سزا در دوام سازه
- تاثیر مستقیم بر کیفیت اجرا و درصد برگشت مصالح

الیاف:

الیاف مطابق با آنچه در [ASTM C1116](#) تعریف شده است به منظور تامین خواص موردنظر به بتن پاششی اضافه می گردد. از مزایای آن می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- افزایش استحکام بتن
- بهبود چسبندگی به مقاطع صخره ای و سنگی
- بهبود پیوستگی و یکپارچگی بتن پاشیده شده
- کنترل ترک خوردگی ناشی از انقباض پلاستیک
- کنترل ترک خوردگی گرمایی
- بهبود استحکام در برابر سایش و ضربه
- بهبود مقاومت در برابر آتش
- بهبود شکل پذیری

از جمله انواع آنها می توان به الیاف فولادی، سنتزی، شیشه، طبیعی، میکرو و ماکرو اشاره کرد.

افزودنی های فیزیکی:

- دوده سیلیسی:

یکی از بهترین و موثرترین نمونه های افزونه ها دوده سیلیسی (میکروسیلیس) است که به عنوان یک فیلر معدنی (یا یک ماده پوزولانی فعال) شناخته می شود. عملکرد مثبت این ماده بیشتر بر روی ویژگی های رئولوژی، چگالی، مقاومت های فشاری و دوام نمایان است.

- **سرباره:**

از دیگر مواد پوزولانی، استفاده از افزونه هایی مانند سرباره بر اساس سوابق مصرف این ماده و احتمال افزایش برگشت مصالح توصیه نمی گردد.

- **رنگدانه ها:**

رنگدانه های معدنی در بتن پاششی برای کاربردهای معماری و نما استفاده می گردند.

افزودنی های شیمیایی:

افزودنی های شیمیایی مورد استفاده در بتن پاششی توسط دو استاندارد اروپایی EN 934-5 و آمریکایی [ASTM C1141](#) طبقه بندی و تعریف شده اند. استاندارد ملی ایران به شماره [ISIRI 2930-5](#) برگرفته از استاندارد اروپایی بوده و تمرکز بیشتری روی افزودنی های ویژه بتن پاششی دارد.

در میان تمامی موارد افزودنی بتن پاششی توسعه یافته در شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران، افزودنی های زودگیر بتن پاششی دسته ای از مواد افزودنی هستند که پس از اضافه شدن به بتن پاششی منجر به بهبود مقاومت فشاری، چسبندگی، پیوستگی، مقاومت در برابر یخزدگی بتن، سایش و کاهش پس زدن بتن پاشیده شده می شوند. این مواد در فرایند پاشش خشک منجر به کاهش میزان گرد و غبار و همچنین کاهش پس زده شدن مواد و افزایش مقاومت زودرس شده و در فرآیند پاشش تر نیز سبب گیرش سریع و مقاومت زودرس می گردند. شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران به عنوان یک واحد دانش بنیان شناخته شده در ابعاد ملی و بین المللی با تکیه بر تمامی سرمایه های علمی و تجربی خود در زمینه نوع آوری، تولید و توسعه این فناوری در آغاز سیر توسعه با مطالعه بروی افزودنی های زودگیر بتن پاششی موفق به ارائه و تکوین این افزودنی ها در بنیان قلیای محدود و کنترل شده با نام های [ABAQUICK-L](#) و [ABAQUICK-P](#) گردید. شیمی این مواد به نحوی طراحی شده تا از لحاظ عملکردی تمامی استانداردها، الزامات و مشخصات در نظر گرفته شده در آیین نامه های ملی و بین المللی در زمینه بتن پاششی را رعایت نموده و همزمان بتواند از لحاظ اقتصادی، مقرون به صرفه بوده و نیاز بازار داخلی و سفارشات مشتریان (CUSTOMIZED PRODUCTS) را برآورده سازد. مواد افزودنی زودگیر شاتکریت بر پایه غیرقلیایها و نمک های معدنی (مدرن) در دو حالت مایع و پودری با نام های به ترتیب [ABAQUICK-AFL](#) و [ABAQUICK-AFP](#) طراحی گردیده اند. به طور کلی انتخاب هر کدام از محصولات افزودنی پودری یا مایع، با توجه به شرایط کار، تجهیزات، فرآیند اجرا و تکنولوژی اجرا انجام می پذیرد. در طراحی محتویات شیمیایی این محصولات توجه به آیین نامه ملی ISIRI 2930-5 مورد توجه و اصل و اساس کار قرار گرفته است.

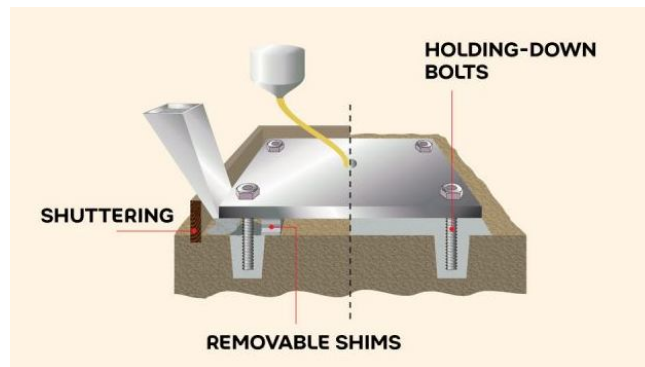
علل ایجاد ترک در گروت های اپوکسی و روش های ترمیم و پیشگیری از ترک ها

گروت اپوکسی بواسطه فرمولاسیون خاصی که دارد، کیفیت و مقاومت بیشتری نسبت به گروت سیمانی دارد. این نوع گروت را به دلیل سیال بودن، می توان در نقاط دور از دسترس به آسانی اجرا نمود. گروت اپوکسی از سیمان، سنگدانه، فیلرها، الیاف، رزین، هاردنر اپوکسی و افزودنی های دیگر ساخته شده اند و مقاومت بالایی در برابر فشار های دینامیکی و نیرو های خمشی برشی دارد. این نوع گروت عموماً در نصب و ثابت سازی ماشین آلات و تجهیزات سنگین که تحت فشارهای استاتیکی بالایی هستند و ماشین آلات دینامیکی و ایستا که در پالایشگاه ها، نیروگاه ها و پتروشیمی استفاده می شود، کاربرد دارد. جهت کنترل کیفیت و بررسی الزامات ضروری گروت های اپوکسی تولید شده میتوان به استانداردهای [ASTM-BS 6319](#) و [ASTM C307](#) اشاره کرد.

فرآیند پخت و به گیرش رسیدن این گروت همواره با حرارت زایی بالایی همراه است؛ لذا ممکن است اجرا در مقاطع بزرگ و یا ضخامت‌های زیاد، باعث ایجاد ترک‌هایی در گروت اپوکسی شود.

عوامل ایجاد ترک در گروت اپوکسی

عوامل ایجاد ترک در گروت های اپوکسی عبارت اند از : تنش های ناشی از حرارت و تنش های مکانیکی . ترک به معنای از دست دادن کارایی گروت نمی باشد ، بلکه در حقیقت به معنای کاهش انواع تنش های حرارتی و مکانیکی گروت می باشد، یا به بیان ساده تر، ترک جایی در گروت رخ می دهد که وجود درز انبساطی الزامی است.



ترک های ناشی از تنش های حرارتی

افت سریع دما، تأثیر جدی بر گروت اپوکسی پخت شده می تواند داشته باشد .گروت های اپوکسی، اگر در معرض اختلاف دمایی بیشتر از 10 درجه سانتی گراد قرار گیرند، می توانند در گروت ریزی های حجیم و گسترده، دچار پیشرفت ترک شوند .بدین صورت که اگر در یک چرخه فصلی، گروت در معرض اختلاف دمای بیش از 10 درجه سانتی گراد پایین تر از زمانی که گروت ریزی شده است، قرار گیرد احتمال ترک خوردن آن وجود دارد .در مناطق استوایی، این موضوع مشکلی ایجاد نمی کند، زیرا به ندرت تفاوت دمایی بین تابستان و زمستان بیشتر از 1 درجه سانتی گراد وجود دارد .با این حال، در اقلیم هایی که اختلاف دمای بالایی (تا 37 درجه سانتیگراد یا بیشتر (بین تابستان و زمستان رخ می دهد، ترک های حرارتی ایجاد می شوند، مگر اینکه اقدامات احتیاطی مناسب انجام شود.

ترک های ناشی از استرس مکانیکی

این ترک‌ها در نقاطی که بالاترین تمرکز تنش وجود دارد، می توانند ایجاد شوند، نظیر

- انکر بولت های بسته نشده
- گوشه های قالب ها
- یا پدهای جک اسکرو

ترک های ناشی از تنش مکانیکی نیز میتوانند در نتیجه تغییرات دمایی و اختلاف ضریب انبساط بین گروت اپوکسی و فولاد های تعبیه شده در گروت، رخ دهند.

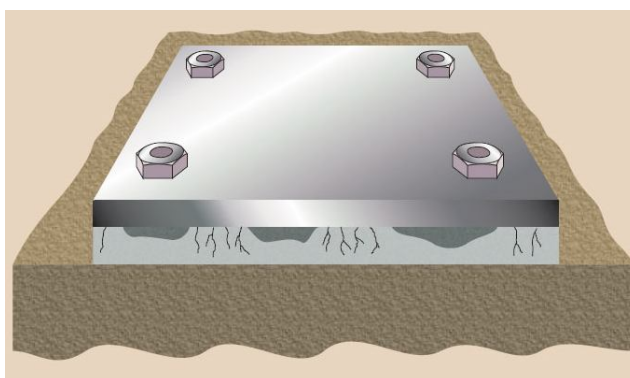
ترک های عمودی

این نوع ترک باید سریعاً آب بندی شوند تا از نفوذ روغن یا آلاینده ها به گروت، و در نتیجه رسیدن به بتن زیرین جلوگیری شود .انتخاب ماده آب بند، به نوع سرویس و همچنین شرایط محیطی که گروت در معرض آن قرار می گیرد، بستگی دارد .اگر آب بندی ترک زیاد باشد، برای جلوگیری از انباشته شدن آب و آسیب های یخ زدگی و ذوب، از آب بند های صنعتی یک جزئی مانند سیلیکون RTV استفاده می شود .اگر ناحیه ترک در مجاورت مداوم با روغن های روان کننده، سوخت ریخته شده یا سایر آلاینده ها قرار دارد، باید از درزگیر الاستومری مقاوم تر استفاده شود که [چسب تزریق اپوکسی - ABAINJECT EP-](#)

110 پیشنهاد می گردد. بیشتر تولید کنندگان گروت اپوکسی، چنین محصولی را ارائه میدهند تا بتوان درزهای انبساطی در گروت اپوکسی اجرا شده را آب بندی کرد. برای ترمیم ترک های عمودی، توجه به موارد زیر الزامی می باشد:

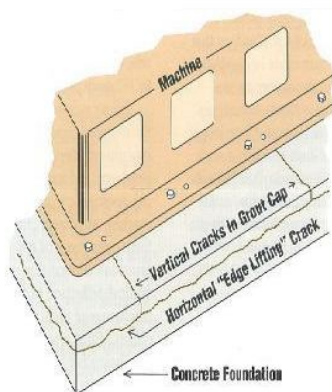
تراشه های آن. شکل برش داد شود و شکاف حدود ۱،۲۷ و ۰،۶۳ سانتی متر ایجاد کرد V قسمت بالای ترک را به صورت 1- را برداشته و گرد و غبار را با دمیدن هوای بدون روغن و آب، گرد گیری می کنند و آن را خشک نگه می دارند. شکل V مخلوط اپوکسی مایع می تواند در داخل ترک. استفاده کنید **ABAINJECT EP-110** از چسب تزریق اپوکسی 2- جریانی یابد و چندین اینچ در آن نفوذ کند و آن را پر کند.

اگر آب در شکاف وجود داشته باشد، با ریختن یک حلال با تبخیر سریع که چیزی از آن باقی نماند، مانند استون، متانول 3- این حلال ها آب را. یا الکل بدون آب وارد شکاف می کنند و به سرعت، عملیات حذف و خشک شدن آن را انجام می دهند. جذب خواهند کرد و در حین تبخیر آن را خارج می کنند.



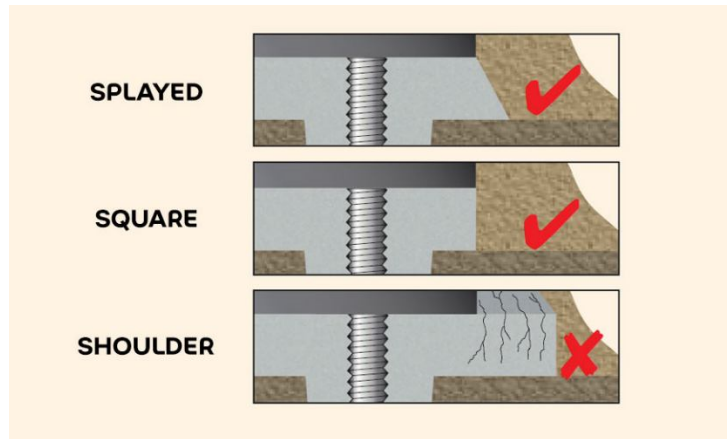
ترک های افقی

این گونه ترکها اغلب به عنوان ترکهای بلند شدگی لبه شناخته می شوند، که فقط در سطح مشترک گروت و بتن، یا کمی پایین تر از آن (معمولاً از 6 تا 13 میلیمتر) ظاهر می شوند. در برخی موارد، این نوع از ترک خوردگی به اندازه ترک های عمودی جدی در نظر گرفته نمی شود، زیرا به ندرت به زیر ماشین آلات مهاجرت می کند. با نزدیک شدن به پایه تجهیزات، پیوند گروت به بتن حفظ می شود زیرا گروت تحت فشار وزن ماشین آلات و انکر بولت های پیش بارگذاری شده، قرار دارد. بلند شدگی لبه همچنان باعث نگرانی ست، زیرا به نظر می رسد که کل پوشش گروت لایه لایه شده است. معمولاً این نوع ترک ها، هنگامی ظاهر می شوند که پوشش گروت 150 میلیمتر پهن تر از پایه ماشین آلات باشد. بلند شدگی لبه در گروت ریزی های حجیم بیشتر اتفاق می افتد از جمله هنگامی که از گروت اپوکسی به عنوان آب بند برای روی فونداسیون یا به دلایل زیبایی استفاده می شود. که در چنین مواردی می توان بدون در نظر گرفتن ترک عمودی، میزان جداسدگی واقعی پوشش گروت را تشخیص داد. جلوگیری از ترک افقی بسیار ساده تر و کم هزینه تر از ترمیم آن می باشد.



برخی از اقدامات پیشگیرانه به شرح زیر است:

- ۱- نصب داول های جانبی که به عنوان لنگر عمل می کنند و گروت را نگه می دارند.
- ۲- لبه بیرونی فونداسیون بتنی را با زاویه 45 درجه برش می دهند تا میلگرد دیده شود.
- ۳- عرض شانه گروت را بیش از دو برابر عمق محدود کنید.



در برخی موارد، به دلیل دسترسی ناکافی بین قالب و تجهیزات، رعایت کردن این ابعاد می تواند مشکل ایجاد کند. اگر ترک افقی فقط یک ترک مویی در امتداد ترک عمودی باشد بدون جدایی شدید، درز بندی ترک های عمودی و در نظر نگرفتن ترک های افقی در وجوه عمودی، قابل قبول می باشد. با این حال، اگر جدایی شدیدی است، باید آن را حذف کنید و دوباره آن منطقه را گروت ریزی کرد. اگر منطقه قابل دسترسی است، یک اره با یک تیغه سنگ تراشی می توانند برای برش اطراف ناحیه ترک خورده به منظور برداشتن پوشش گروت سست، استفاده کرد. بتن باید تمیز گردد و در آن ناحیه برای ترمیم کامل، مجدداً گروت ریخته شود. در بیشتر موارد، درزهای انبساط باید در محل درز سرد یا برای فاصله زمانی در حجم های بالای گروت اپوکسی با برش اره اجرا شوند. باید در وهله اول درز انبساطی قبل از گروت ریزی وجود داشته باشد. اگر قرار است پوشش جدا شده در جای خود باقی بماند، 9.5 تا 12.5 میلی متر دریل کنید. سوراخ هایی به صورت عمودی از پوشش گروت با مته های بنایی عبوری دهند و گروت تزریق اپوکسی را در قسمت جدا شده پمپ و یا می ریزند. بسته به ناحیه ای که باید پر شود، می توانید از یک گان دستی استفاده کرد. آن را در سوراخ های حفر شده قرار دهید و اپوکسی مایع را به داخل ترک پمپ کنید. راه دیگر این است که سوراخ هایی به اندازه 30 تا 35 سانتی متر در اطراف گروت جدا شده ایجاد کرد و از یک لوله مسی با قیف استفاده شود تا در آن گروت اپوکسی را بریزند. ابتدا باید از مرکز شروع کرد تا به سمت لبه های بیرونی رسید. از نوار چسب در امتداد ترک افقی برای نگه داشتن مایع اپوکسی استفاده می شود تا زمانی که در جای خود ثابت شود. این امکان وجود دارد که یک گروت اپوکسی را فرموله کرد که ترک نخورد. با این حال، چنین محصولی در حال حاضر استانداردهای مورد نیاز برای گروت ماشین آلات را ندارد. مدول بسیار کم می تواند باعث خزش مواد تحت بارگذاری پایدار شود. چنین تغییرات ابعادی می تواند بر هم ترازی چرخش بحرانی و رفت و برگشتی تجهیزات تاثیر بگذارد. وقتی صحبت از تزریق دقیق ماشین آلات به میان می آید، بهترین کار استفاده از یک گروت سفت تر با ویژگی های نگهدارندگی بهتر است، حتی اگر پتانسیل آن را داشته باشد که ترک ایجاد کند. ترک ها را می توان ترمیم کرد، اما گروتی که فشرده می شود تا جایی که تراز از بین می رود، دیر یا زود باید جایگزین شود. همه این روش ها و روش های دیگر، سال ها برای ترمیم هر دو نوع ترک عمودی و افقی مورد استفاده قرار گرفته اند. هنگامی که به درستی انجام شوند، نتایج حاصل شده از این ترمیم ها، افزایش طول عمر گروت و ماشین آلات را نشان می دهند.

منابع:

1. "Chockfast Machinery Grouting Manual," ITW Philadelphia Resins, Donald M. Harrison, 1991
2. Papers presented to the "Gas Compressor Short Course," Donald M. Harrison, 1992, 1993, 1994, and 1995
3. Papers presented to the "Process Plant Reliability Conference," Donald M. Harrison, November 1995 and October 1998

نفوذپذیری نمای سازه ها و نحوه رفع آن

یکی از دغدغه های سازندگان در شهرهای کج باران به ویژه استان های شمالی کشور، انتقال رطوبت ناشی از بارش باران به داخل ساختمان و آسیب رساندن به نمای سازه می باشد.

در بسیاری از شهرهای ایران همچنان نماسازی با استفاده از آجر یا سیمان شسته انجام می پذیرد.

به دلیل آلودگی هوای شهرها به انواع آلاینده ها به ویژه دوده و ایجاد لایه ای از این ذرات بر روی سطوح به مرور زمان در هنگام بارندگی این آلودگی به داخل مقاطع نما نفوذ کرده و باعث تغییر رنگ و ایجاد جلوه های نامطلوب روی نمای ساختمان می شوند، لذا استفاده از ماده محافظ نما علاوه بر آب بندی و جلوگیری از نفوذ آلوده کننده ها به داخل نما و حفظ زیبایی نمای ساختمان از تغییر رنگ نما نیز جلوگیری می کند.



در گذشته تصور می شد عوامل مخرب و خورنده فقط در محیط های مجاور دریایی رخ می دهد. حال آنکه با رشد و توسعه شهرها و افزایش مقادیر انتشار گازهای SO_2 و CO_2 و ... در جو و جابه جایی ناشی از وزش باد بارش باران های مخرب در تمامی نقاط کشور گزارش شده است. لذا سازه ها و مخصوصا نمای آنها همواره تحت تاثیر پدیده تخریب محیطی بوده و با رشد زندگی شهری اثرات مخرب این پدیده نیز گسترش پیدا می کند.

از دیگر عوامل محیطی که اثر کوتاه مدت و بلند مدت مخرب بر نماسازی دارند، می توان به رسوب آلاینده ها (نظیر دوده، گرد و غبار و ...) و بارش باران اشاره نمود که منجر به تغییرات ناهمگون رنگ مصالح نما و از بین رفتن زیبایی سازه می گردد. این عامل در کنار پدیده خوردگی ناشی از باران های اسیدی منجر به کاهش دوام نما و افت شدید جلوه های بصری شهری خواهد شد.



توجه داشته باشید بارش باران اسیدی فقط به شهرهای بزرگ یا مجاورت کارخانه‌ها و محیط‌های صنعتی محدود نمی‌گردد، بلکه ورود گازهای آلاینده به جو و انتقال آن تحت وزش باد منجر به بارش باران‌های اسیدی حتی در مناطقی بسیار دورتر می‌شود.

با توجه به توضیحات ارائه شده شرکت دانش بنیان صنایع شیمی ساختمان آبادگران محصولی نوین جهت محافظت از نمای ساختمان‌ها را تحت عنوان محافظ نما [E.M.SEAL](#) برای آب‌گریز نمودن و نفوذناپذیر شدن انواع مصالح ساختمانی و بنایی با دو بنیان متفاوت طراحی و تولید نموده است. این مواد علاوه بر آب‌بندی و جلوگیری از نفوذ آلاینده‌ها به داخل مصالح و حفظ زیبایی آنها از تغییر رنگ نمای ساختمان جلوگیری می‌کند. [E.M.SEAL](#) به دلیل مقاومت در برابر نفوذ آب در مصالح ساختمانی، روند خوردگی و تخریب نما در برابر باران‌های اسیدی را به شدت کاهش می‌دهد.



محافظ نما [E.M.SEAL](#)

ماده محافظ نما بر اساس مکانیزم عملکرد و نیاز مصالح انتخاب شده برای نما سازی با ۲ بنیان آب و حلال طراحی شده است:

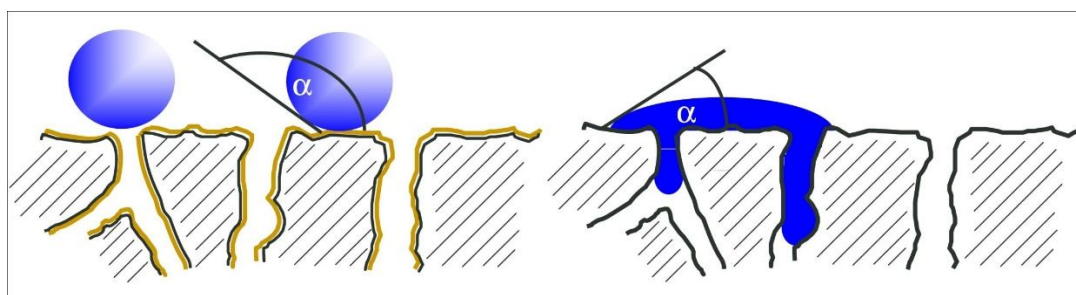
۱- [E.M.SEAL-S](#) ماده نفوذناپذیر کننده مصالح با بنیان شیمیایی سیلان سیلوکسان می‌باشد.

این ماده پس از اجرا روی سطح از خاصیت موینگی زیرآیند استفاده نموده و به درون لوله‌های موئین مقاطع مورد اجرا نفوذ می‌نماید و با از بین بردن جذب سطحی محل اجرا، آن‌ها را در مقابل نفوذ آب، گرد و غبار و گازهای جوی مقاوم می‌سازد. شاخص‌های متعددی در طراحی ماده [E.M.SEAL](#) مورد توجه قرار گرفته که به این ماده قابلیت نفوذ به عمق مناسبی از زیرآیند سطح را داده است، از این رو می‌تواند نفوذپذیرترین اجسام را به طور کامل آب‌گریز نماید. از دیگر نکات حائز اهمیت در مصرف مواد محافظتی [E.M.SEAL](#) باید به قدرت آب‌گریز نمودن مصالح و سطوح دارای ترک اشاره نمود.

۲- [E.M.SEAL-W](#) ماده نفوذناپذیرکننده مصالح با بنیان شیمیایی آکریلیک می‌باشد. این ماده پس از اجرا با تشکیل یک فیلم بسیار نازک و مقاوم بر روی سطوح، آن‌ها را در مقابل نفوذ آب، گردوغبار و گازهای جوی مقاوم می‌سازد.



در تصویر زیر ویژگی‌های مصالح پیش و پس از آب‌بندی با استفاده از E.M.S.EAL مقایسه شده است:



پس از بهره‌گیری از مواد محافظ	عدم بهره‌گیری از مواد محافظ
خواص ضد آب در عمق ترک‌ها	فقدان خاصیت ضد آب
بیشترین زاویه تماس	کمترین زاویه تماس
عدم خیس‌شدگی	خیس‌شدگی
مقطع بدون نفوذپذیری	مقطع با نفوذپذیری زیاد

جدول مقایسه خواص محافظ نمای پایه آب و پایه حلال:

عنوان	محافظ نمای پایه آب	محافظ نمای پایه حلال
ماهیت شیمیایی	اکریلیک	سیلان سیلوکسان
نحوه حفاظت	تشکیل فیلم	آبگریز نمودن سطح
قابلیت تنفس پذیری	ندارد	دارد
تغییر در جلوه زیرآیند	افزایش براقیت سطح	بدون ایجاد تغییر
قابلیت ایجاد قطره روی زیرآیند	ندارد	دارد
قابلیت نفوذ در زیرآیند	ندارد	محدود

هر ۲ بنیان ماده محافظ نما از ماندگاری طولانی در مقابل نور خورشید برخوردار بوده و کاملاً قابل شستشو می‌باشند و در نفوذ ناپذیر نمودن انواع مصالح ساختمانی نظیر آجر، سنگ، بتن، گچ و ... بسیار مؤثر هستند. از آن‌جا که ماده [E.M.SEAL](#) با انسداد کامل تمامی لوله‌های موئین سطوح مورد اجرا هرگونه نفوذپذیری و بروز نشت را از بین می‌برد، استفاده از این ماده برای حصول اطمینان کامل از رفع نفوذپذیری هر نوع مصالح ساختمانی توصیه می‌گردد.



در جدول زیر ویژگی‌های مصالح پیش و پس از آب‌بندی با استفاده از [E.M.SEAL](#) مقایسه شده است:

عدم بهره‌گیری از مواد محافظ	پس از بهره‌گیری از مواد محافظ
عدم آبگریزی مقطع	آبگریزی کامل مقطع
کمترین زاویه تماس با مقطع	بیشترین زاویه تماس با مقطع
خیس‌شدگی	عدم خیس‌شدگی
جذب زیاد	بدون جذب

در ذیل خواص مواد آب‌گریز کننده [E.M.SEAL](#) روی بتن معمولی، بتن سبک و آجر به تصویر کشیده شده است.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دو نوع ماده محافظ نما با بنیان آبی و حلالی در جدول زیر مقایسه شده است:

E.M.SEAL-S	E.M.SEAL-W	نوع محافظ نما
حلال	آب	بنیان
۰٫۱±۷۹٫۰۵	۱٫۰±۰٫۲۰۵	وزن مخصوص (g/cm ³)
مایع	مایع	حالت فیزیکی
بی‌رنگ	سفید	رنگ
ندارد	دارد	قابلیت انحلال در آب

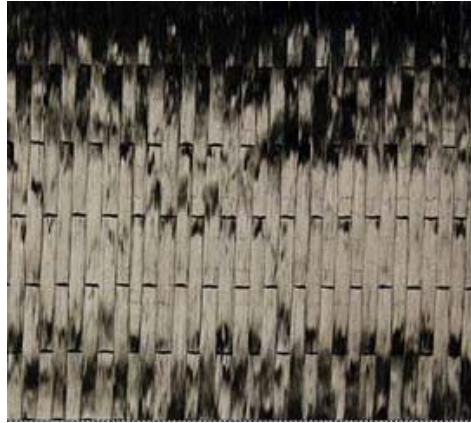
منابع:

[ASTMC672/C672M](#)
[DIN 53778-3](#)
[ASRM E514-05C](#)
[ASTM D6489-99](#)

روش های آزمون آن FRP

سیستم FRP یکی از مواد کامپوزیت تشکیل شده از دو بخش فیبر یا الیاف است که به وسیله یک ماتریس رزین از جنس پلیمر احاطه شده است. پروفیل ها و میلگردها به روش پالترژن (Pultrution) تولید می گردند که در این روش دسته های الیاف پس از آغشته شدن با رزین و پس از عبور از یک قالب در کنار هم قرار گرفته و یک پروفیل دارای مقطع ثابت را به وجود می آورد. محصولات پلیمری مورد استفاده در سازه ها به شکل ورق، میلگرد، مش و پروفیل های FRP وجود دارد. از این محصولات برای ساخت و تقویت سازه ها استفاده می شود.

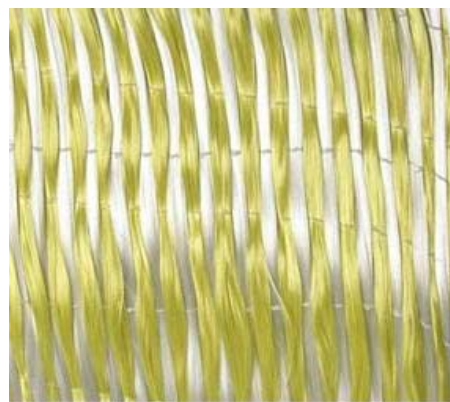
الیاف FRP اغلب از جنس شیشه، کربن یا کولار هستند، الیاف بازالت نیز اخیرا مورد توجه قرار گرفته است.



الیاف کربن



الیاف شیشه



الیاف بازالت



الیاف کولار

روش های آزمایش و ارزیابی های غیرمخرب

حال به روش هایی برای ارزیابی خواص مختلف الیاف FRP که به عنوان سیستم تقویت داخلی یا خارجی در سازه مورد استفاده قرار میگیرند می پردازیم.

روش های آزمایشی مختلفی در [استاندارد ASTM](#) برای الیاف FRP و تعیین خواص فیزیکی آن وجود دارد، مواردی مانند وزن مخصوص ، ضریب حرارتی انبساط و کسر حجم فیبر که در زیر به بررسی برخی از آنها می پردازیم.

خواص معمولی موجود در الیاف FRP

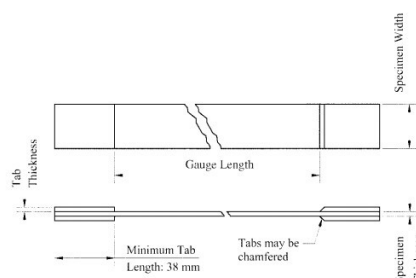
با توجه به پیشرفت فناوری در صنعت ، تولید و استفاده از الیاف FRP افزایش چشم گیری پیدا کرده است . همه محصولات FRP ، دارای خواص متفاوتی هستند.. بسته به فرمول خاص هر یک از انواع الیاف ، اجزاء و روش تولید خواص مواد FRP بسیار زیاد است و بستگی به کارایی آنها دارد. خارج از محور ویژگی ها به طور معمول تفاوت قابل توجهی با ویژگی های موجود در جهت فیبر، محصولات به طور معمول نمایش رفتار کشسانی خطی تا خرابی ، اما ترکیباتی مانند کربن و شیشه یا کربن و آرامید .

تست کشش FRP

تست کشش، مشخصات کششی از مواد کامپوزیت تقویت شده توسط الیاف با مدول بالا را مشخص می کند. اشکال مواد کامپوزیت محدود به الیاف پیوسته یا کامپوزیت های تقویت شده ناپیوسته هستند که در آنها لمینیت با توجه به جهت آزمون متعادل است.

یکی از روش های تست FRP ، تست کشش می باشد. از الزامات آماده سازی نمونه تک جهته و دو جهته خارجی را برای مقاوم سازی سازه های بتنی توصیف می کند. از این روش برای تعیین خواص های کششی و لمینت های مسطح استفاده می شود. در استاندارد [ASTM D3039](#) نیز با روش آزمون استاندارد برای مشخصات کششی مواد کامپوزیت ماتریس پلیمری، برای تعیین مشخصات مکانیکی الیاف FRP استفاده می کند.

اغلب این روش آزمون برای رسیدن به مقاومت کششی، مدول الاستیسیته و ازدیاد طول نهایی نمونه و برای استفاده در تست های آزمایشگاهی و صحرایی مورد استفاده قرار میگیرد که در آن متغیر اصلی، اندازه یا نوع لمینیت های FRP است. از مشخصات کششی بدست آمده می توان برای مشخصات مصالح، تحقیق و توسعه، کنترل و تضمین کیفیت و طراحی و تحلیل سازه استفاده کرد.



تست کشش FRP

این روش تست روی لیمینیت های FRP متمرکز است. پس، شکست در یک قسمت مهارى باید نادیده گرفته شود و خروجی های آزمون فقط باید بر اساس نمونه های آزمایشی باشد که در بخش گیج خراب می شوند. مشخصات کششی لیمینیت های FRP از فاکتورهای مهمی است که باید در طراحی لیمینیت های FRP به عنوان مقاوم سازی کننده سطحی بتن در نظر گرفته شود.

نواری نازک و تخت که مواد بر روی آن آغشته می شود و به شکل مقطع مستطیل شکل است در داخل دستگاه مکانیکی در قسمت چنگال آن نصب شده و بصورت اعمال بار، یکنواخت در کشش بارگذاری می شود. مقاومت نهایی ماده را می توان از حداکثر بار اعمال شده قبل از خرابی تعیین نمود. اگر کرنش با مبدل های کرنش یا جابجایی کنترل می گردد، می توان رفتار تنش-کرنش ماده را تعیین کرد که از آن مقاومت نهایی کششی، مدول الاستیسیته کششی، نسبت پواسون و کرنش انتقالی بدست می آید.

این روش برای ایجاد اطلاعات خصوصیات کششی برای مشخصات مواد، تحقیق و تضمین کیفیت توسعه و طراحی و تحلیل سازه، طراحی شده است. عواملی که بر رفتار کششی تأثیر می گذارند و بنابراین باید گزارش شوند شامل موارد زیر است: مصالح، روش های آماده سازی و چیدمان مصالح، تعداد لایه های روی هم، آماده سازی نمونه ها، محیط آزمایش، تراز نمونه ها، سرعت آزمایش، زمان در دمای مشخص، مقدار حفره ها و درصد آرماتورها خصوصیات است که از این روش آزمون بدست آید، شامل موارد زیر است: مقاومت کششی نهایی، کرنش نهایی کشش، مدول الاستیسیته کشش، نسبت پواسونریال کرنش انتقالی

تست مقاومت FRP

در مطالعه تجربی و تحلیلی ای که بر روی رفتار استوانه های بتنی استاندارد که بر روی سطح خارجی با کامپوزیت های پلیمری تقویت شده پیچیده شده اند، مورد بررسی قرار گرفته است. برای انجام این آزمایش از ۵۱ استوانه با ابعاد 150×300 میلی متر استفاده میشود که در آن از شن محلی و سیمان پرتلند و با مقاومت بالا (52.5 MPa) نیز استفاده می شود. استوانه های بتنی تحت فشار خالص (تراکم محوری) با نسبت های مختلف محصورکنندگی قرار می گیرند. پارامترهایی که در این آزمایش مورد بررسی قرار میگیرند در خصوص شکست ناشی از پارگی الیاف و خرد شدن بتن را نشان می دهد. مقاومت استوانه های بتنی محصور شده توسط کامپوزیت های (FRP) را در سه حالت مختلف بررسی می کند. ابتدا رابطه بین تعداد لایه های کامپوزیت و مقاومت استوانه بتنی محصور شده مورد آزمایش قرار می گیرد.

نتایج تجربی نشان می دهد که مقاومت استوانه بتنی محصور شده نسبت مستقیم با تعداد لایه های کامپوزیت افزایش می یابد. همچنین جهت الیاف یکی از پارامترهای مهمی است که بر مقاومت و شکل پذیری CFRP تعریف شده تأثیر می گذارد.

تست کشش Pull-off

این روش، الزامات آزمایش مقاومت چسبندگی کششی لیمینیت های FRP متصل به سطح یک عضو بتنی را برای تعیین مقاومت کششی بتن بستر یا هر دو مشخص می کند. روش آزمون استاندارد [ASTM-D4541](#) روشی برای تعیین مقاومت pull-off پوشش هایی است که از چسب های قابل حمل استفاده می کنند.



آزمون pull-off بر روی یک سطح ۲۵ تا ۴۰ میلی متر مربعی یا یک صفحه دایره ای چسبیده به سطح FRP یا بتن با چسب متصل کننده انجام می شود. پس از عمل آوری چسب، دستگاه مخصوصی به محل بارگذاری متصل شده و برای اعمال کشش عمود بر بتن تراز می شود. نمونه تا زمانی که دستگاه چسبندگی از سطح جدا شود، بارگذاری می شود. مقاومت pull-off بر اساس حداکثر بار نشان داده شده، اطلاعات کالیبراسیون دستگاه و سطح تحت تنش اصلی محاسبه می شود. جدا شدن صفحه چسبیده به FRP نشانه ای از آماده سازی نامناسب سطح یا چسب کم مقاومت است. شکل زیر تصویر شماتیک یک تست بر pull-off است.

این آزمون روشی ساده و راحت برای استفاده در محیط کارگاه و آزمایشگاه می باشد. با توجه به اینکه استفاده از لمینیت های FRP افزایش پیدا کرده است از این رو ارزیابی رفتار کشش الیاف نیز بیشتر مورد بررسی قرار میگیرد. از مشخصات اصلی مواد بدست آمده از این روش آزمون می توان در کنترل کیفیت چسب ها و روابط تئوری طراحی لمینیت های FRP به عنوان مقاوم سازی کننده خارجی برای مقاوم سازی سازه موجود استفاده کرد.

آماده سازی

طبق روش های توصیه شده سازنده، FRP روی سطح بتن اعمال شود. دستورالعمل های سازنده باید برای زمان سپری شده بین استفاده از FRP و آزمایش اجرا شود. برای اندازه گیری چسبندگی، روش زیر، هنگام رعایت دستورالعمل های سازنده، باید دنبال شود.

شرایط آزمایش

آزمایش در محیط آزمایشگاه استاندارد با دمای ۲۰-۲۶ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۴۰-۶۰٪، مگر اینکه محیط دیگری (مانند دما یا محلول قلیایی) به عنوان بخشی از آزمایش مشخص شود.

روش آزمایش

مطابق با برنامه زمان بندی، یک قسمت مسطح برای اندازه گیری انتخاب کنید. سطح FRP برای اتصال فیکسچر آماده شود. سطح FRP باید با حلال تمیز شود، با کاغذ سنباده متوسط زده شود، با حلال شستشو داده شده و اجازه داده شود تا سطح مربوطه خشک شود.



ایجاد حفره ای با مته یا برش مربعی از لمینیت FRP در بتن بستر، با توجه به اندازه و شکل دستگاه، با هسته الماس یا چرخ برش ایجاد شود. درون بتن به عمق ۶ تا ۱۲ میلی متر برش داده شود. چسب به سطح بستر و لمینیت اعمال شده و مطابق با دستورالعمل های سازنده لمینیت عمل آوری انجام شود. بارگذاری دستی یا مکانیکی اعمال می شود تا حرکتی مداوم با سرعت کمتر از ۱ مگاپاسکال بر ثانیه را تا زمان جداسدن به وجود آورد. حداکثر مقدار بار باید در کمتر از ۱۰۰ ثانیه بدست آید. سپس نیروی pull-off اندازه گیری می شود.

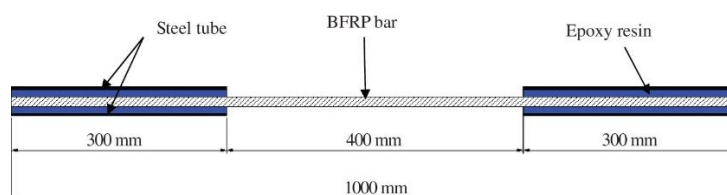
تست ازدیاد طول Pull-Off

این روش آزمون (ASTM D7205) برای ایجاد اطلاعات مقاومت کششی و ازدیاد طولی طراحی شده است. از یک تست کشش، داده های مختلفی بدست می آید که برای اهداف طراحی مورد نیاز است. عوامل مرتبط با مصالح که بر پاسخ کششی میلگردها تأثیر می گذارند و باید گزارش شوند شامل موارد زیر است: مواد تشکیل دهنده، میزان حفره ها، درصد حجمی آرماتورها و روش های ساخت.



به طور مشابه، عوامل آزمون مربوط به پاسخ کششی میلگردها شامل تهیه نمونه، شرایط نمونه، محیط آزمایش، تراز کردن نمونه و سرعت آزمایش می باشد. خصوصیتی که ممکن است از این روش بدست آید شامل موارد زیر است: مقاومت کششی نهایی، کرنش نهایی کششی، مدول الاستیک یال کششی، منحنی تنش - فشار این روش آزمون خصوصیات کششی شبه استاتیک و خواص کششی میلگردهای کامپوزیت ماتریس پلیمر مقاوم سازی شده با الیاف (FRP) را تعیین می کند که معمولاً به عنوان اعضای کششی در بتن مسلح، پیش تنیده یا پس کشیده استفاده می شود.

مولفه های خطی مورد استفاده برای مقاوم سازی بتن با سیمان پرتلند بسته به نوع کاربرد میلگرد یا تاندون گفته می شود. این روش آزمون در محدودیت های ذکر شده در روش برای کلیه این مدل از مقاوم سازی کننده ها قابل اجرا است. به طور کلی، میلگردها دارای مقطع عرضی توپر و الگوی منظمی از عاج های سطحی هستند که باعث ایجاد اتصال مکانیکی بین میلگرد و بتن می شود. مقادیر مقاومت ارائه شده توسط این روش نقاط مقاومت استاتیک کوتاه مدت هستند که برای بارگذاری استاتیک یا خستگی حساب نمی شوند.



روند ارزیابی بازرسی و بازدید شامل مصالح استفاده شده، مطابقت با برنامه طراحی مقاوم سازی و بازرسی محصول نهایی پس از اجرا برای شناسایی هرگونه نقص از جمله لایه لایه شدن، حباب های هوا، موج دار شدن الیاف و مقاومت چسبندگی است. ارزیابی نقص ها، در صورت وجود، براساس ضوابط پذیرش انجام می شود که بین انحرافات جزئی قابل قبول و نواقصی که نیاز به ترمیم های اصلاحی دارند، محدودیت هایی را تعیین می کند.

استاندارد ACI

ACI اظهار دارد که سیستم های FRP باید مطابق با نقشه ها و مشخصات طراحی ارزیابی و تایید یا رد شوند. مشخصات مصالح سیستم FRP، نصب و اجرا با تیرانس مشخص، وجود لایه لایه شدگی، عمل آوری رزین ها و چسبندگی به سطح بستر باید در ارزیابی لحاظ شود. تیرانس های اجرایی از جمله جهت الیاف، ضخامت عمل آوری شده، جهت لایه ها، عرض و فاصله، شعاع گوشه ها و طول وصله ها باید ارزیابی شوند. برای تایید رفتار عضو مقاوم سازی شده با FRP می توان از آزمایش بار ثابت در محل نیز استفاده کرد.

مجری پروژه موظف است تمامی مشخصات مواد و مصالح FRP را قبل از شروع پروژه ارائه دهد. آزمایش مصالح و الیاف FRP ممکن است شامل آزمون مقاومت در برابر کشش، آنالیز طیف مادون قرمز، دمای انتقال شیشه، زمان ژل شدن و مقاومت برشی چسب باشد. در صورتی که حداقل شرایط تعیین شده توسط متخصص طراحی مجاز را ندارند، باید رد شوند.

جهت الیاف یا لمینیت ها به صورت دقیق باید با بررسی بصری ارزیابی شود. عدم انطباق جهت گیری الیاف یا لمینیت ها بیش از ۵ درجه (۸۰ میلی متر بر متر) از مقدار مشخص شده باید برای ارزیابی و پذیرش به مهندس گزارش شود.

سیستم FRP عمل آوری شده باید از نظر لایه لایه شدن یا خالهای هوا بین چندین لایه یا بین سیستم های FRP و بتن ارزیابی شود. روش های بازدید باید بتواند لایه لایه شدن هایی به اندازه حداقل ۵ سانتی متر را تشخیص دهد و ممکن است شامل صدای آکوستیک (صدای چکش)، التراسونیک و ترموگرافی باشد. اندازه، محل و مقدار لایه لایه شدن نسبت به ناحیه کاربرد باید در ارزیابی در نظر گرفته شود.

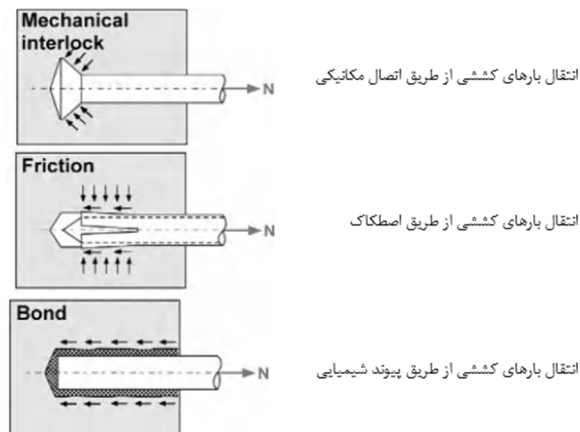
در شرکت آبادگران محصول FRP با نام ABABOND FRP-301 چسب دو جزئی بدون حلال بر پایه رزین اپوکسی و هاردنر پلی آمین اصلاح شده می باشد که برای اتصال انواع الیاف مقاوم سازی به زیرآیند بتنی طراحی شده است. این چسب دارای مقاومت مکانیکی و شیمیایی عالی و چسبندگی بسیار زیاد می باشد و با توجه به طراحی منحصر به فرد آن، بر روی سطوح خشک و مرطوب قابل اجرا است. همچنین به واسطه خواص رئولوژی ویژه آن، سطح الیاف به طور کامل اشباع شده و الیاف بدون لغزش بر روی سطح متصل میشوند.

منابع: ACI 440.2R-17 - ACI 440R-07

انواع سیستم های انکر، کاربرد ها و روش های نصب

امروزه استفاده از سیستم های بست، انکر (Anchor)، مهارکننده و یا بولت (Bolt) در سازه های بتنی و ساخت و سازها بسیار رایج شده است.

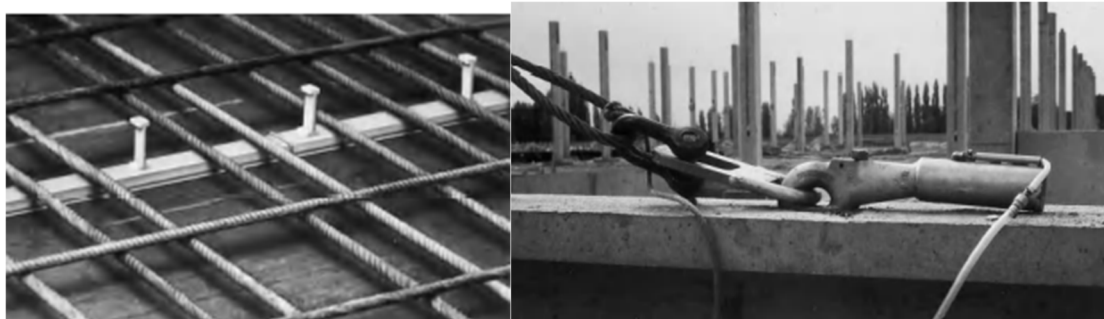
انکرها یا مهار کننده ها بارهای کششی را به طرق مختلف مانند اتصال مکانیکی، اصطکاک یا پیوند شیمیایی یا ترکیبی از چند روش به بتن یا پایه کار منتقل می کنند.



با توجه به اینکه هر انکر یا مهار کننده برای هدف خاصی طراحی شده، استفاده نادرست از آنها می تواند اثرات منفی برای سازه به همراه داشته باشد. لذا در انتخاب مهار کننده باید دقت شود تا حداکثر نتیجه مطلوب از عملکرد مهار کننده بدست آید. با استفاده از تجربه می توان مهار کننده مناسب را برای موارد کم اهمیت مانند نصب روشنایی و یا سیم کشی انتخاب نمود ولیکن در مواردی که استفاده از مهار کننده در ارتباط با جان افراد و ایمنی آنها است، نیاز به علم و تخصص در خصوص نحوه استفاده و انتخاب انکر یا مهار کننده می باشد.

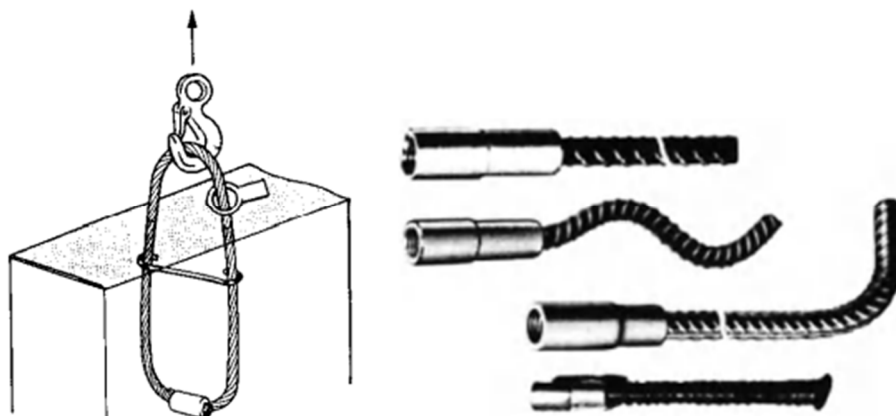
برای انتخاب اتصالاتی مانند انکرها الزاماتی چون؛ طراحی متناسب با کاربرد، میزان تحمل بار، دوام و توانایی تغییر شکل به مقدار لازم، باید در نظر قرار گرفته شود.

روش های مختلفی برای نصب ست ها، مهار کننده ها (انکرها) در بتن وجود دارد؛ نصب مهار کننده قبل یا در حین قالب گیری ، نصب به روش ایجاد حفره و یا نصب مستقیم با استفاده از فشار پنوماتیک.



قالب حمل قرار گرفته در قطعات از پیش ساخته شده یک نوع مهار کننده یا انکر است که در حین قالب گیری در بتن قرار داده می شود و می تواند از جنس یک کابل حلقه شده در بتن یا یک حلقه یا رزوه داخلی در انتهای میلگرد باشد. از جمله کاربردهای این نوع مهار کننده می توان به حمل بارهای دائمی قسمتی از سازه اشاره کرد.

هنگام استفاده از این نوع انکر نیاز به طراحی و برنامه ریزی بیشتری می باشد که این موضوع به عنوان ایراد این نوع انکرها شناخته شده است ولی در مقابل مشخص بودن محل قرارگیری بارهای کششی مزیت این انکرها می باشد.



ایجاد حفره با استفاده از مته یا دریل و قرار دادن انکر در داخل آن یکی دیگر از راه های نصب انکر یا مهارکننده یا بولت ها می باشد. در این روش مواردی چون هماهنگی بین مته و قطر حفره و قطر انکر بسیار حائز اهمیت است. مته هایی از جنس الماس یا کاربید به صورت ضربه ای-چرخشی با سایش بتن حفره را ایجاد می کنند. محل قرارگیری حفره ها از دیگر موارد مهم می باشد که موقعیت حفره نسبت به آرماتور و سطوح قطعه بتنی باید در نظر گرفته شود زیرا عدم دقت در تعیین موقعیت حفره می تواند منجر به کاهش استقامت بتن و ایجاد ترک در آن گردد. انکرها یا مهارکننده هایی که در حفره نصب می شوند به ۶ دسته قابل تقسیم می باشند؛

- انکرهای انبساطی یا بازشونده
- انکرهای ایجادکننده برش زیرین
- انکرهای پیوندی
- انکرهای پیچی
- انکرهای آویز سقفی
- انکرهای پلاستیکی

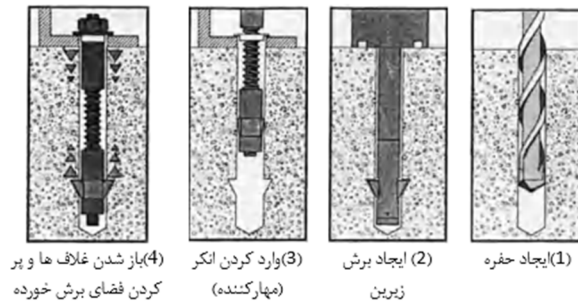
انکرهای انبساطی یا بازشونده؛

اغلب شامل یک بولت یا میله رزوه دار به همراه مهره، واشر، فاصله انداز، غلاف بازشونده و مخروط بازشونده می باشند. هنگامی که انکر در داخل حفره قرار می گیرد با اعمال نیروی گشتاور مناسب و کافی یا جابجایی محور انکر، بولت را به داخل بتن برده و غلاف باز شده و مخروط انتهای بولت به داخل بتن فرو می رود و به دلیل اینکه قسمت های بازشونده غلاف بر خلاف دیواره های حفره می باشند، مقاومت اصطکاک بوجود آمده سبب ایجاد بارهای کششی بر روی بولت می گردد و در نهایت انکر در محل حفره محکم می شود. در صورتی که قطر حفره بزرگتر از قطر انکر باشد یا قسمت های بازشونده به خوبی وارد عمل نشوند انکر به درستی تنظیم نمی شود و امکان چرخش در حفره پیش می آید. برای افزایش اصطکاک بین غلاف بازشونده انکر و بتن برخی از تولیدکننده های انکر، غلاف های بازشونده را شیاردار یا عاج دار می کنند. قطر رایج برای این گونه انکرها ۶ تا ۲۴ میلیمتر می باشد.



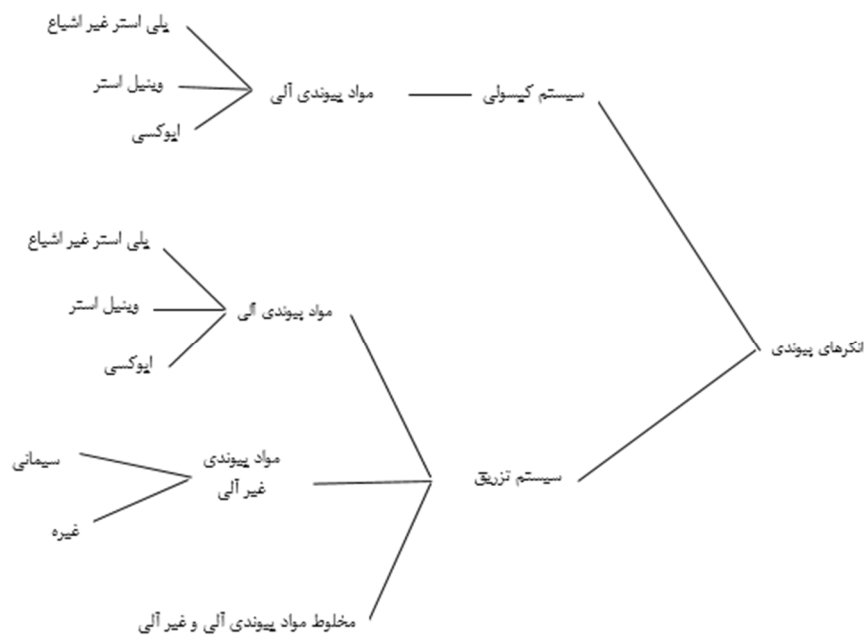
انکرهای ایجاد کننده برش زیرین؛

در این نوع از انکرها یک برش عرضی در انتهای حفره استوانه ای ایجاد می شود که سبب قرار گرفتن قسمت هایی از انکر و ایجاد اصطکاک بیشتر می شود. (پهنای برش زیرین می تواند به سمت سطح بتن یا داخل بتن باشد).



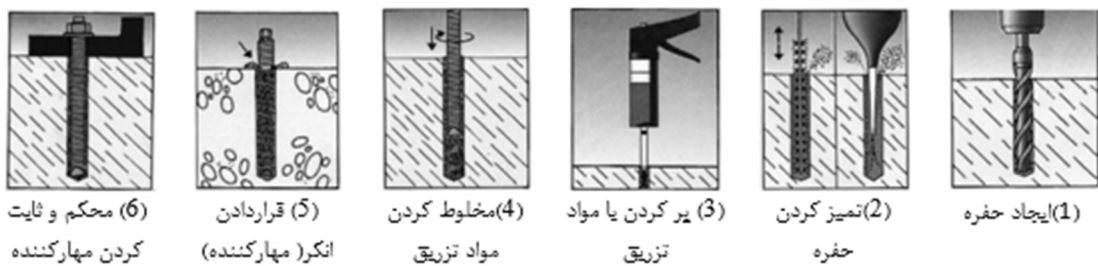
انکرهای پیوندی؛

انکرهای پیوندی به دو صورت سیستم کپسولی و یا سیستم تزریق می باشند که بسته به نوع مواد پیوندی به کار رفته طبقه بندی می شوند.



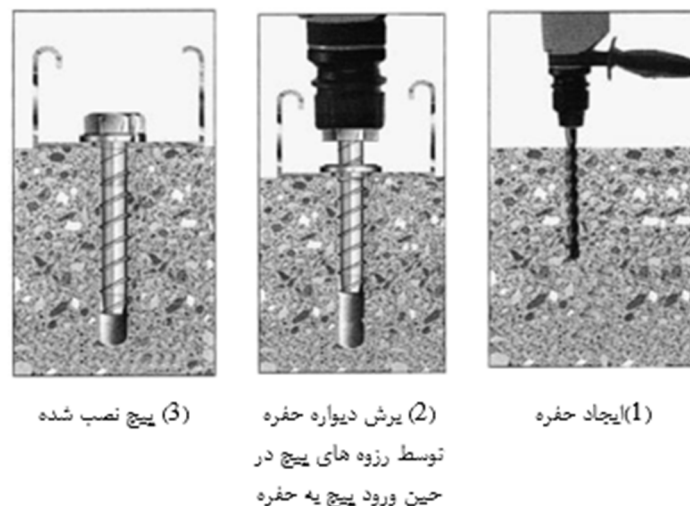
در سیستم های کپسولی، مجموعه میله رزوه دار، کپسول، مهره و واشر به داخل حفره وارد می شوند و با یک ابزار، طی یک عمل ضربه ای و چرخشی کپسول شیشه ای شکسته و مواد پلیمری رزین و هاردنر با یکدیگر مخلوط می شوند. باید دقت شود که حتماً از چرخش نیز حین وارد کردن انکر به داخل حفره استفاده شود زیرا چرخش سبب مخلوط شدن مواد پلیمری می شود.

در سیستم تزریق، اکثراً مواد پیوندی به صورت کارتريج یا فله عرضه می شود. حفره ایجاد شده را با مواد پیوندی پر کرده و مواد به خوبی مخلوط می شود (طراحی برخی از کارتريج ها این امکان را می دهد، مواد پیوندی در حین خروج از کارتريج مخلوط شوند). سپس میله انکر در داخل حفره قرار می گیرد. بیرون زدن مقداری ماده از حفره نشان از پر شدن حفره و احاطه کامل مواد پیوندی در اطراف رزوه های میله انکر می باشد. بسیار مهم است که تزریق مواد پیوندی از انتهای حفره انجام شود. در برخی موارد می توان سیستم تزریق را برای انکرهای برش زیرین و یا انبساطی نیز استفاده نمود.



انکرهای پیچی؛

انکرهای پیچی در واقع پیچ هایی با رزوه های تیز می باشند که رزوه ها مسئولیت برش دادن بتن را به عهده دارند. حفره ایجاد شده باید هم از نظر هندسی و هم از نظر قطر با انکر کاملاً مطابقت داشته باشد. معمولاً عمق سوراخ را کمی بیشتر از طول انکر پیچی در نظر می گیرند تا فضا برای بتن های خرد شده در حفره وجود داشته باشد.



آویزهای سقفی؛

با توجه به اینکه از انکرهای پیچی یا انبساطی مکانیکی نیز برای نصب چراغ ها و آویزهای سقفی استفاده می شود، ولیکن تعدادی انکر یا مهارکننده فقط برای آویزهای سقفی طراحی شده اند که می توان در نصب لوستر و آویزهای سقفی از آن ها استفاده کرد. در نصب این انکرها میله انکر تا هم سطح شدن حلقه با سطح بتن در داخل حفره قرار می گیرد و سپس انکر با

کشیده شدن حلقه باز می شود. در استفاده از این نوع انکرها نیز باید بین قطر حفره، قطر مته و قطر انکر هماهنگی بسیار خوبی وجود داشته باشد.



(3) کشیدن حلقه حفره و باز شدن غلاف مهارکننده



(2) قراردادن مهارکننده در حفره

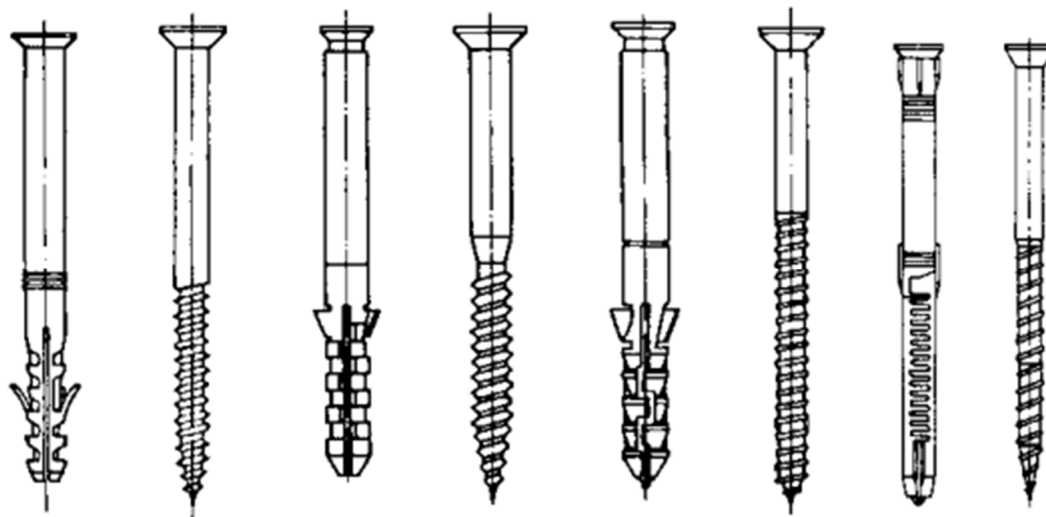


(1) ایجاد حفره

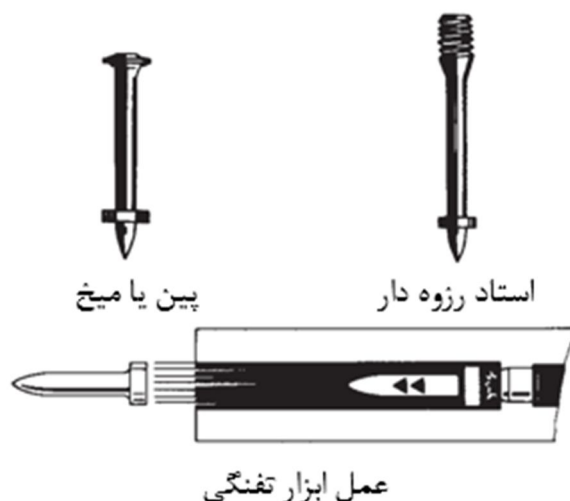
انکرهای پلاستیکی؛

به انکرها یا مهارکننده های پلاستیکی در اصطلاح پیچ و رول پلاک نیز گفته می شود. این نوع مهارکننده پس از قرارگیری در داخل حفره استوانه ای با ورود پیچ یک شکاف در بدنه انکر ایجاد شده و انکر تغییر شکل پیدا می کند. در برخی موارد گیره هایی در بدنه انکر وجود دارد که با ایجاد شکاف در انکر این گیره ها به داخل بتن فرو می روند و سبب افزایش اصطکاک بین انکر و بتن می شوند. برای قرارگیری و تنظیم درست پیچ باید بین هندسه مهارکننده (انکر) و روزه های پیچ هماهنگی وجود داشته باشد.

با توجه به اینکه جنس قسمتی از این نوع مهارکننده (رول پلاک ها) از مواد پلاستیکی می باشد، لذا برای جلوگیری از شکنندگی غلاف انکرهای پلاستیکی در هنگام نصب پیچ، نباید دما کمتر از صفر درجه سانتی گراد باشد.



روش دیگری که می توان انکر یا مهارکننده را در بتن نصب کرد، روش نصب مستقیم می باشد. معمولاً استاداها (Stud) یا پین ها (Pin) به این روش نصب می شوند. نصب مستقیم اصطلاحی است که بست از جنس استیل با مقاومت بالا توسط یک وسیله مانند پیستون یا فشار هوا به داخل بتن فرو می رود. ابزارآلاتی که برای ایجاد فشار استفاده می شوند همانند یک تفنگ عمل می کنند و انرژی جنبشی را به مهارکننده (پین یا استاد) منتقل کرده و باعث حرکت آن در داخل بتن می شود.



RCC آشنایی با بتن های غلتکی

مطابق [ACI207](#) موسسه بتن آمریکا بتن غلتکی (Roller Compacted Concrete) به بتنی گفته می شود که در حالت تازه امکان عبور غلتک را از روی سطح آن فراهم می سازد و در نهایت تبدیل به بتنی خودمتراکم شده که توسط غلتک اجرا می گردد.

بتن متراکم شده با غلتک (RCC)، بتنی است که با ارتعاش و لرزش ایجاد شده توسط ماشین آلات غلتکی سنگین مستحکم شده و اسلامپ ساخت آن صفر می باشد. در پروژه های عمرانی به طور کلی دو نوع از بتن های غلتکی ساخته می شود. بسته به حساسیت کاربری، این بتن در عیارهای سیمان پایین و بالا طراحی می گردد که نوع با عیار بالای آن برای پروژه های حساس تر نظیر روسازی بزرگراه هایی که مقاومت های بالای مکانیکی و سایشی مورد نیاز است، در نظر گرفته می شود. خصوصیات بتن غلتکی مشابه به بتن های روتین و معمولی می باشد با این تفاوت که می توان بتن غلتکی را ساخت که پس از سخت شدن خارج از محدوده تعریف شده برای بتن معمولی باشد.



کاربرد

بتن غلتکی برای هر قسمتی که بتوان بتن با اسلامپ پایین حمل و متراکم گردد، قابل استفاده می باشد. بتن های غلتکی در روسازی بزرگراه ها ، سد های بزرگ و اپرون ها و لایه های اساس برای بارگذاری های سنگین برای حفاظت از سد ها قابلیت استفاده دارد

مزایای بتن غلتکی (RCC)

این روش ساخت بتن، روشی نوین و رقابتی با دیگر عناصر سازه ای قابل کاربرد در روسازی های راه می باشد از مزیت های این روش می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

هزینه ها

تاریخچه استفاده از بتن غلتکی در برابر بتن های روتین نشان دهنده آن می باشد که هزینه های اجرایی در بتن های غلتکی پایین تر از بتن های معمولی می باشد. استفاده از بتن غلتکی حدوداً ۲۵ تا ۵۰ درصد کاهش هزینه را نسبت به بتن های معمولی به دلیل مصالح مصرفی، میزان سیمان مصرفی، سهولت و سادگی در روش اجرا به همراه دارد و همچنین از سرعت بالایی برخوردار می باشد.

اجرای سریع

استفاده از بتن غلتکی نسبت به بتن های روتین و معمولی روشی بسیار سریع می باشد این روش در هر متر مکتعب قیمت کمتری دارد و کاهش قیمت را به همراه دارد. کاهش زمان در اجرا از سال ها پیش سبب گشته که هزینه های اجرایی ناشی از توقف تجهیزات مرتبط و هزینه های مربوط به توقف های فصلی کار کاملاً حذف گردد. یکی دیگر از مزیت های استفاده از این روش مربوط به تامین نیازهای مقاومتی و دوام بتن می باشد و در واقع روشی است که دوستار محیط زیست بوده زیرا مصالح به کار رفته در آن کاملاً طبیعی و منابع آن فراوان و در دسترس می باشد.



بتن های غلتکی از مقاومت خمشی بالا و عددی مابین ۳٫۵ تا ۷٫۵ مگاپاسکال برخوردار بوده که قابلیت تحمل بارهای سنگین و متناوب را بدون گسیختگی حاصل می کنند. این نوع بتن دارای مقاومت فشاری بالا در برابر بارگذاری های عظیم و ضربه ای در کارخانه ها و مکان های پر تردد می باشد و همچنین مقاومت برشی مناسبی دارند که این مقاومت سازه را در برابر حرکت چرخ های ماشین آلات مقاوم می سازد.

بتن های RCC نیازی به قالب بندی و پرداخت شدن نداشته و سرعت ساخت را بسیار بالا می برند و در نهایت سطحی سخت و بادوام با رنگ روشن را حاصل می نمایند.

مواد تشکیل دهنده بتن RCC همان مصالح بتن معمولی بوده با این تفاوت که بتن غلتکی کاملاً خشک و در زمان اجرا نیاز به انرژی تراکمی بالایی دارد که در مورد بتن معمولی اینطور نیست.

بتن غلتکی معمولاً در اجرا با عیار 300 kg/m^3 با $W/C = 50.35$ طراحی می گردد که مقاومت سه روزه 40 N/mm^2 را می توان از این بتن دریافت نمود. این بتن تحت تأثیر ترک خوردگی های ناشی از جمع شدگی قرار نمی گیرد.

عموماً لایه های اجرا شده توسط بتن غلتکی در جاده ها و یا راه ها برای عبور نیمه سنگین و سنگین حداکثر ضخامتی برابر ۲۰ cm دارند. همانطور که اشاره گردید تامین همواری و صافی سطح توسط تزریق ملات صورت می گیرد. در استاندارد

کشور بلژیک BS30BSC20 جهت اجرای رویه راه ها با بتن غلتکی نیاز به حداقل عیار سیمان ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب داشته که در نهایت نیز با انجام تراکم صحیح متوسط مقاومت فشاری 30 N/mm^2 و ۲۰ باشد.

مصالح بازیافتی

منظور از مصالح بازیافتی سنگدانه هایی می باشد که در عملیات عمرانی کاربرد نداشته و یا حاصل فعالیت های صنعتی می باشند. این نوع سنگدانه ها از لحاظ فیزیکی و شیمیایی با هم متفاوت می باشند. از این نوع سنگدانه ها پس از انجام آزمایش ها و الزامات مربوطه می توان به جهت ساخت بتن غلتکی میتوان استفاده نمود.

روند اختلاط اجزا جهت ساخت نمونه های RCC در آزمایشگاه به صورت زیر می باشد:

- اختلاط سنگ دانه ها شن و ماسه

- افزایش زمان برای افزودن تمام سنگدانه ها

- افزودن سیمان و اختلاط

- افزودن آب و اختلاط

- ریختن بتن در قالب



دانه بندی مصالح بازیافتی کامل نمی باشد و استفاده از این نوع مصالح نیازمند بهینه نمودن این مخلوط می باشد. این موضوع بدین معناست که با بررسی آن مصالحی که در محدوده ساخت در طرح اختلاط وجود ندارد مصالح جدید با دانه بندی مورد نیاز استفاده شود. استاندارد بلژیک اعلام می کند در صورتیکه از مصالح بازیافتی استفاده می گردد حداقل عیار سیمان 250 Kg/m^3 باشد و تا حدود ۷۵٪ مصالح درشت دانه به آنها مصالح ماسه ای افزوده گردد.



طرح اختلاط

طرح اختلاط در زمان ساخت بتن غلتکی می بایست به صورتی باشد که رسیدن به مقاومت مشخصه را امکان پذیر نماید و قابلیت ها و نیازهای طرح را برآورده سازد. در طراحی اولیه باید بتنی طرح شود که کاملاً صرفه اقتصادی داشته و حداقل سیمان مصرف شود و بیشترین استفاده از مصالح انجام گیرد.

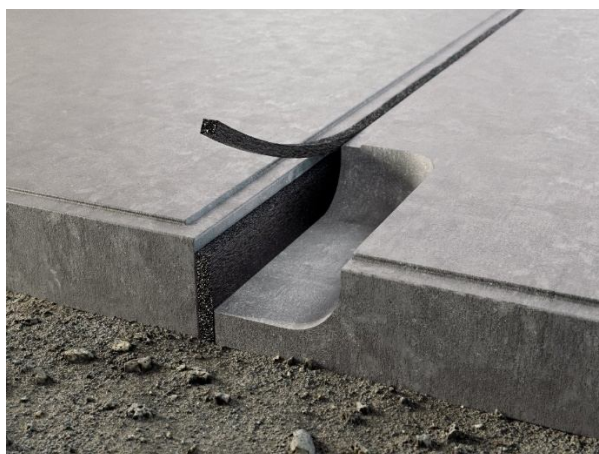
در ساخت بتن های غلتکی می بایست از افزودنی های بتنی استفاده نمود که در انجام فرایند بتن ریزی پس از ساخت و غلتک نمودن آن، کارایی لازم را در دیرگیر نمودن بتن فراهم سازد از این رو شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران محصول [S.P.A.PLAST401](#) را پیشنهاد می نماید.

تعیین نسبت های اختلاط براساس روش تراکم خاک و برقراری رابطه بین وزن واحد خشک و میزان رطوبت در یک محدود مشخص رطوبت است. بعد از انجام تراکم حداکثر وزن واحد خشک و در صد رطوبت بهینه تعیین می گردند تعیین این لوله طرح نسبت های اختلاط ضروری است. روش تراکم نیز با استفاده از آزمایش پروکتور اصلاح شده است که بدلیل کاهش امکان خرد شدگی مصالح انرژی تراکم را به حدود 1116Kj/m^3 کاهش داده می شود. انواع درز در ساختمان ها

تغییرات حجمی که بر اثر تغییرات در دما و رطوبت ایجاد می شود، می بایست در طراحی ساختمان های بتنی مسلح محاسبه گردد. بزرگی نیروها و مقدار جابه جایی که بر اثر این تغییرات حجمی ایجاد می شود، مستقیماً به طول سازه وابسته می باشد. درزهای انبساطی و انقباضی، بزرگی نیروها و جابه جایی ها و ترک هایی که بر اثر تغییر دما و یا رطوبت اتفاق می افتد را از طریق تقسیم ساختمان ها به بخش های مجزا، محدود می نمایند. درزها می توانند صفحات ضعیف برای کنترل محل های ترک بوده ([درزهای انقباضی](#)) یا خطوط جدایی بخش ها ([درزهای انبساطی یا ایزولاسیون](#)) باشند.

در حال حاضر، هیچ راهکار طراحی پذیرفته شده ای در دنیا برای در نظر گرفتن جابه جایی های ساختمان در اثر تغییر دما یا رطوبت وجود ندارد. بسیاری از طراحان از روش های تخمینی که حداکثر طول بین درزها را محدود می کند، استفاده می نمایند. علی رغم استفاده گسترده، روش های تخمینی بسیاری از متغیرها را در کنترل تغییر حجم سازه های بتنی مسلح را در نظر می گیرد. این شامل متغیرهایی است که روی جا به جایی القا شده توسط گرما اثر گذاشته و شامل درصد وجود آرماتور، قیدهایی که در فونداسیون وجود دارد، هندسه سازه، بزرگی ترک های میانی و الزامات عایق ها، سرمایش و گرمایش می باشد. علاوه بر این متغیرها، میزان جابه جایی به در ساختمان ها به مصالح و روش های اجرایی نیز وابستگی دارد. این موارد شامل نوع سنگدانه، سیمان، طرح اختلاط، افزودنی ها، رطوبت، بخش اجرایی و روش های عمل آوری می باشد.

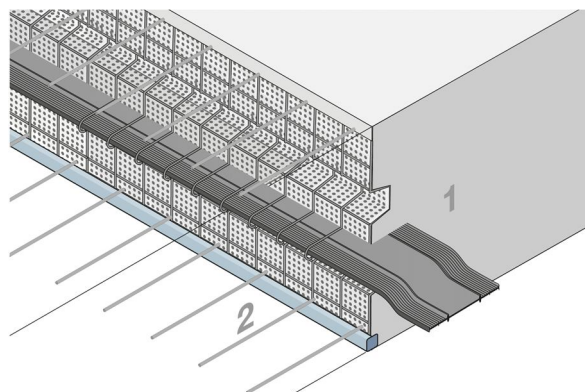
زمانی که موقعیت های درزها شناسایی گردید، درز می بایست با توجه به هدف موردنظر، ساخته شود. مقطع ضعیف شده در یک درز انقباضی می تواند با قالب لحاظ شده یا بریده شود که این مورد می تواند بدون آرماتور یا با حذف بخشی از آرماتورها امکان پذیر باشد. درز انبساطی یا درز ایزولاسیون یک جداسازی در هم آرماتورها و هم بتن می باشد. بنابراین یک درز انبساطی هم برای جلوگیری از جمع شدگی و هم اثر تغییرات دمایی مناسب است. هردوی این درزها می تواند به عنوان [درزهای اجرایی](#) لحاظ گردند.



درزهای اجرایی:

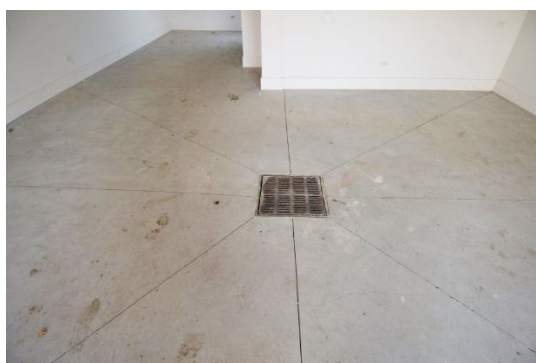
برای بسیاری از سازه ها، این غیرعملی است که بتن به صورت یک عملیات بدون توقف ریخته شود. درزهای اجرایی برای لحاظ بخش های اجرایی برای جایدهی بتن نیاز است. حجم بتنی که می توان در یک پارت ریخت، به ظرفیت بچینگ و اختلاط، اندازه

تجهیزات و نفرات و زمان وابسته است. درزهای اجرایی که به صورت اصولی مکان یابی و اجرا گردیده است، محدودیت هایی را برای پارت های بتن ریزی ایجاد می کند اما روی عملکرد سازه بی تاثیر است.



درزهای انقباضی:

جمع شدگی ناشی از خشک شدن و افت دما می تواند منجر به تنش کششی در بتنی شود که مقید گردیده است. ترک ها زمانی رخ می دهد که تنش کششی به مقاومت کششی بتن برسد. درزهای انقباضی شامل صفحات ضعیفی می شود که ترک ها در آن شکل می گیرند. در صورتی که سازه جزئیات معماری داشته باشد، می توان این درزها را در موقعیت های آنها قرار داد و از برش های ناخواسته در سازه جلوگیری نمود.



درزهای انبساطی یا ایزولاسیون:

تمامی سازه ها با استفاده از قیودی محدود می شوند. این قیود با تغییرات دمایی می تواند در سازه موجب تنش شود. تغییرات دمایی بسیار وسیع می تواند منجر به لحاظ نمودن این تنش ها در طراحی سازه گردد. تنش های ناشی از دما در سازه ها، می تواند به صورت مستقیم منجر به تغییر حجم در بین قیدها گردد. یک تخمین از تغییر طول یا انقباض ناشی از تغییر دما از طریق ضرب کردن ضریب انبساطی بتن در طول سازه در اندازه تغییر دما بدست می آید.

درزهای انبساطی به منظور محدود کردن نیرویی که از تغییر حجم ناشی از تغییر دما بوجود می آید، استفاده می گردد. این درزها اجازه می دهند تا قطعات سازه به صورت مجزا منبسط یا منقبض شده و اثر منفی روی سازه نداشته باشد. این درزها همچنین احتمال بروز ترک در سازه را کاهش می دهند.



درز در پل ها:

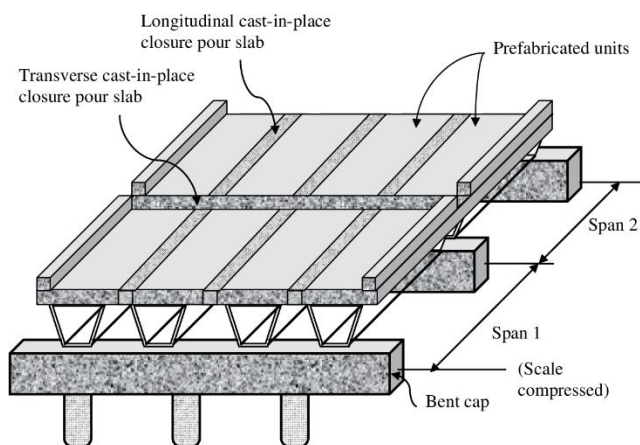
درزها به دو دلیل در پل ها استفاده می گردند. دلیل اول مهار جابه جایی های ناشی از انبساط و انقباض سازه می باشد. دلیل دوم روش های اجرایی است. در اینجا درزها به عنوان یک جداسدگی بین بتن قدیم و جدید حساب می شود. درزهای اجرایی عرضی به ویژه در پل های با دهانه کوتاه می توانند با درزهای انبساطی منطبق باشند. اگرچه اغلب درزهای اجرایی با درزهای انبساطی منطبق نمی گردند. درزهای اجرایی معمولاً بین عرضه و پایه جان پناه ها لحاظ می شود. درزهای طولی می تواند درز مانی که عرض پل به اندازه ای زیاد باشد که نتوان بتن آن را به صورت یکپارچه با تجهیزات معمول بتن ریزی نمود، اجرا می گردد. درزهای اجرایی عرضی زمانی اجرا می گردند که حجم بتن عرشه بسیار زیاد باشد. دو طبقه بندی عمده برای درزهای انبساطی پل ها وجود دارد که شامل [درزهای باز و درزهای بسته](#) می باشد. از سال ۱۹۳۰، شهرت درزهای اب بند یا بسته بیشتر شده است. البته در عمل ممکن است درزهای باز بیشتری وجود داشته باشد. البته الان رایج است که حداقل یک نوع درز آب بند در ساخت و سازهای جدید یا بازسازی ها لحاظ می گردد.



درزهای اجرایی پل ها:

درزهای اجرایی ممکن است در جان پناه ها، پیاده روها و عرشه ها پل ضروری باشد. روی [عرشه پل](#) همچنین می تواند هم درزهای اجرایی عرضی و هم درزهای اجرایی طولی مورد استفاده قرار گیرد. درزهای اجرایی طولی معمولاً به سمت بیرون قرار می گیرند و در صورت امکان باید با لبه های روسازی های نزدیک تراز شوند. این درزها نباید در داخل لبه های بیرونی روسازی قرار گیرند، مگر در عرشه های بسیار عریض که در آن درز اجرایی طولی در لبه یک خط ترافیک میانی قرار دارد. علاوه بر این، یک درز اجرایی طولی نباید از خط تیر عبور کند. ملاحظات ویژه باید به قرار دادن آرماتور دال طولی در ارتباط با درز اجرایی طولی لحاظ شود.

درزهای اجرایی عرضی زمانی استفاده می‌شوند که حجم بتن برای قالب بندی و پرداخت مناسب بیش از حد باشد. در این حالت بتن ابتدا در نواحی ممان مثبت قرار می‌گیرد. سپس پس از چند روز، بتن در نواحی ممان منفی ریخته می‌شود. یک درز اجرایی عرضی باید در نزدیکی نقطه مغایر بار مرده قرار داده شود و بتن ریزی یک روز معین در انتهای ناحیه ممان مثبت خاتمه یابد.



پل های با درز انبساط:

درزهای انبساط پل به گونه ای طراحی شده اند که حرکات روبنا را در خود جای داده و بارهای ضربه ای زیاد چرخ را حمل کنند در حالی که در معرض شرایط آب و هوایی غالب قرار دارند. درزهای انبساط آلوده به آب، خاک و زباله هایی هستند که روی سطح جاده جمع می‌شوند و در بسیاری از مناطق نیز در معرض نمک های یخ زدایی قرار می‌گیرند که می‌تواند منجر به خوردگی شود.



پل های بدون درز انبساط:

در سال های اخیر، حرکتی به سمت محدود کردن درزهای انبساط در سازه های پل صورت گرفته است. درزها فقط در صورتی که سازه بسیار طولانی باشد و سپس فقط در تکیه‌گاه‌ها مشخص می‌شوند.

دلایل این روند این است که خرید و نصب اتصالات نگهداری آن پرهزینه است. اتصالات ممکن است به آب و [نمک یخ](#) **زدا** اجازه نشت روی روبنا، درپوش پایه ها و فونداسیون زیر را بدهند که منجر به خراب شدن سازه می‌شود. حذف اتصالات در عرشه روبنا ممکن است تنها انتخاب در برخی از سیستم های پل سازه ای مانند پل های کابلی باشد.

روسازی راه با استفاده از بتن

طرح اختلاط و نسبت اجزا

زمانیکه کیفیت مواد اولیه مشخص و انتخاب می‌شوند، لازم است ضمن در نظر گرفتن شرایط اقتصادی پروژه، طرح اختلاطی که نیازهای بتن تازه و خشک شده را تامین می‌نماید تهیه شود. شاخصه مهم در بتن های تازه، کارایی بتن و در بتن سخت شده مقاومت و دوام بتن اهمیت می‌یابد. طرح اختلاط بتن های با کارایی بالا برای تولید بتن های با طول عمر زیاد

متمایز می گردند. در حالت ایده آل، این طرح ها شامل مصالح با کیفیت بالا با دوام و دانه بندی مناسب می باشند. درصد هوای ۶ الی ۸ درصد با فاصله ۰,۲ میلیمتر جهت افزایش خاصیت یخ زدایی و استفاده از سرباره خاکستر بادی برای کاهش نفوذپذیری با نسبت آب به سیمان ۰,۴ الی ۰,۴۳ از دیگر مشخصات این طرح اختلاط می باشد.



این تولیدکنندگان مراحل زیر را دنبال می کنند:

- **ترکیب نمودن اطلاعات موردنیاز شامل موارد زیر:**
 - اعداد مانده های روی الک برای مصالح ریز و درشت
 - وزن خشک مصالح درشت
 - وزن مخصوص مصالح ریز و درشت و درصد جذب آب آنها
 - ضخامت اسلب (در جایکه حداکثر سایز مصالح درشت دانه کمتر/مساوی از ۱/۳ حداقل ابعاد باشد)
 - مقاومت موردنیاز
 - شرایط محیط اطراف
- انتخاب میزان روانی – بصورت متداول ۲۵ الی ۷۵ میلیمتر برای روسازی (اعداد بالا برای روسازی های ثابت و کمتر برای روسازی های لغزنده)
- انتخاب حداکثر سایز مصالح (در اکثر محیط ها ۱۹ الی ۲۵ میلیمتر حداکثر سایز در دسترس خواهد بود)
- تخمین میزان آب اختلاط و مقدار هوای بتن. میزان آب کمتر برای بتن های روسازی مورد استفاده در بتن های ساختمانی). میزان هوای بتن نیز بر اساس حداکثر سایز مصالح در نظر گرفته می شود. [ACI 211.1](#) جدول دانه بندی مصالح را مشخص خواهد کرد که حداکثر سایز دانه بندی ۷۵ میلیمتر خواهد بود.
- مشخص نمودن میزان آب به سیمان بر اساس مقاومت و میزان دوام بتن مورد نیاز (هر یک کمتر باشد)
- محاسبه میزان سیمان بتن که با تقسیم میزان آب به سیمان مشخص خواهد شد. (با کاهش مقدار آب به سیمان میزان سیمان مورد نیاز نیز کاهش خواهد یافت که در این بین مقدار خاکستر بادی نیز تاثیرگذار خواهد بود)
- تخمین مقدار مصالح درشت و FM (پتانسیل روانسازی) شن. مصالح درشت تر میزان استفاده از آنرا افزایش خواهد داد زیرا این مقدار بیشتر جایگزین مصالح درشت دانه کوچکتر و ظریف تر و سیمان خواهد شد. با میزان کمتر مصالح نرم و ظریف، مقدار استفاده مصالح درشت را بالا خواهد برد زیرا روانسازی و کارایی بتن میبایست تامین گردد.
- تخمین میزان مصالح ظریف بتن که در این شرایط میبایست حجم آب، سیمان، مواد سیمانی بتن و مصالح درشت مشخص شده باشند.
- تنظیم نمودن میزان رطوبت مصالح، میزان آب اختلاط با در نظر گرفتن سطح خشک مصالح اشباع (SSD) تخمین زده می شود. چنانچه مصالح رطوبت داشته باشند، این رطوبت باعث اضافه شدن آب به بتن شده و مقدار نیاز به مصالح مرطوب را افزایش می دهد. اگر مصالح خشک و فاقد رطوبت باشد، باعث کاهش میزان آب اختلاط می شود.

- بیج آزمایشی بتن می بایست آماده سازی گردد. این طرح آزمایشی در آزمایشگاه زده میشود و لذا باید مقادیر آب و هوای بتن به درستی تنظیم شده که به اسلامپ و درصد هوای مورد نظر دست پیدا کنیم.

در بتن های مخصوص روسازی، مقدار آب به سیمان با هدف کاهش جمع شدگی، میبایست به حداقل مقدار برسد. ترجیحا مقدار کل آب مصرفی باید کمتر از 145 kg/m^3 و مقدار کل آب به سیمان باید کمتر از ۶۰٪ باشد (Hall et al. 2005: 22) لذا این مهم نیازمند استفاده از کاهنده های آب در طرح بتن است.

کارایی بتن

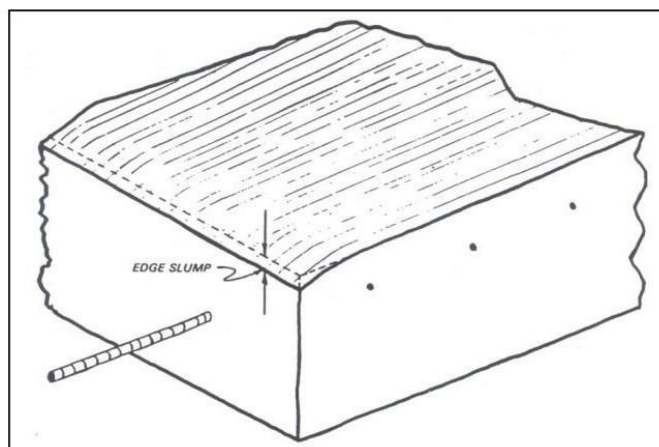
کارایی بتن به سهولت اجرا، تراکم و پرداخت سطح بتن تازه بدون جداشدگی برمی گردد. هر چند گاهی این شاخص با اندازه گیری اسلامپ بتن کنترل می شود اما این تست ساده، سریع و ارزان تمامی فاکتورهای مربوط به کارایی بتن رضایت بخش را مشخص نمی نماید. برای یک بتن لغزنده روسازی، کارایی شامل شاخص های زیر می شود:

- اجتناب از جداشدگی حین حمل و اجرای بتن
- سهولت تراکم
- لبه های روسازی با فرم اصلاح شده بدون افت لبه
- عدم نیاز به پرداخت سطح بتن یا به حداقل رساندن آن (Kohn and Tayabji 2003: 57)

اسلامپ مورد نیاز در شرایطی بدست خواهد آمد که بتوان میزان آب مصرفی را بر اساس بیج آزمایشی اضافه نموده و همچنین پروسه فوق الذکر را رعایت نمود. بتن لغزنده باید به حدی سفت باشد که بتواند بدون افت لبه روی وزن خود بایستد؛ لذا اسلامپ متداول این نوع بتن ها بین ۵۰-۲۵ میلیمتر میباشد.

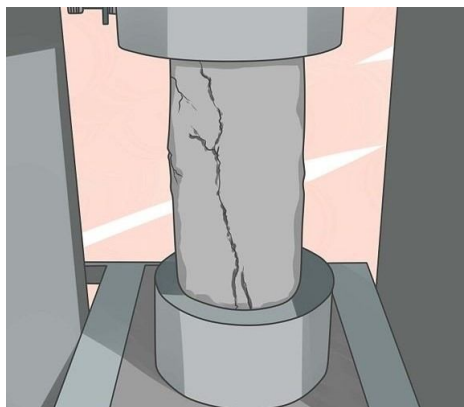
افت لبه روسازی بتنی همچنین میزان زیاد آب در بتن را نشان می دهد. گرچه میزان کارایی بتن اساسا به میزان آب بتن بر می گردد اما شاخص های زیر نیز در آن تاثیرگذار خواهند بود:

- میزان آب مورد نیاز بسته به شکل، اندازه و درجه مصالح
- میزان آب مورد نیاز بسته به میزان سیمان مصرفی
- میزان خاکستر بادی مصرفی
- مقدار کل آب مورد نیاز
- میزان هوای بتن



مقاومت بتن

[ACI 211.1](#) میزان مقاومت بتن را جهت مشخص کردن نسبت آب به سیمان طرح اختلاط، مورد نیاز می داند. بر اساس یک قانون کلی thumb، میزان مقاومت خمشی بتن می بایست ۱۰٪ مقاومت فشاری آن باشد. این میزان به طور نسبی با استفاده از مصالح شکسته که چسبندگی بهتری را فراهم می نمایند افزایش یافته و با مصالح گردگوشه کاهش می یابد. تاکید زیاد بر مقاومت بتن هرچند بطور قطع به داشتن بتن روسازی با کارایی بهتر منتج نخواهد شد. در واقع بسیاری از مشکلات روسازی بتنی در زمان اضافه شدن بیش از اندازه سیمان به بتن با هدف دستیابی به مقاومت بیشتر رخ خواهد داد.



روسازی های بتنی برای پدیده خستگی طراحی می شوند. خستگی زمانی اتفاق می افتد که مقاومت مواد در اثر بار کششی بکار رفته که کمتر از تنش تسلیم مواد است تنزل یابد. پدیده خستگی بسیار نگران کننده است زیرا متریکال بکار رفته برای مقاومت در برابر بارگذاری ایمن طراحی شده اند که این مشکل باعث عدم پذیرش آن می گردد. نتیجتاً این مشکل باعث ایجاد شدن ترک در بتن از نقطه ای که بیشترین میزان استرس و فشار را دارد می گردد که به مرور ترک ها بیشتر می شود. میزان عدد خستگی بر اساس عدد استرس (SR) مابین بار ترافیکی وارده به بتن و مقاومت خمشی آن مشخص می گردد.

$$SR = (\sigma/MOR)$$

σ میزان بار کششی وارده به بتن را نشان می دهد و MOR یا (modulus of rupture) میزان مقاومت خمشی بتن است.

دوام بتن

بتن های روسازی عمدتاً در معرض محیط بیرونی و شرایط سخت می باشند. بتن با دوام در معرض محیط با شرایط ثابتی قرار داشته و تجربه نشان داده است که کمترین میزان زوال بتن در برابر سیکل های ذوب و یخبندان زمانی بدست خواهد آمد که حداقل واکنش شیمیایی بین بتن و محیط اطرافش اتفاق بیفتد. دوام بتن مهمترین جنبه کارایی بتن های با طول عمر بالاست (Taylor et al., 2007 18). سیکل های ذوب و یخبندان و همچنین میزان یون کلر، مهمترین چالش برای نشان دادن دوام بتن می باشد. علاوه بر استفاده از مصالح با دوام، کاهش میزان آب به سیمان مصرفی نیز باعث افزایش دوام بتن می شود.



مبانی طرح

روسازی بتنی اغلب بر اساس ضخامت بتن موردنیاز طراحی می شود اما عناصر دیگری نیز در این طراحی تاثیرگذار خواهد بود. این عناصر شامل نوع و فضای درزها (درز عرضی و یا طولی) در تمامی انواع روسازی های بتنی می باشد. آنالیز تئوری روسازی های بتنی به طرز شگفت انگیزی وظیفه ای دلهره آور است. مشکلات ژئومتری و درزها، فاکتورهای جمع شدگی، تاثیرات محیطی بر ساختار بتن، مشخصات نامشخص مواد اولیه و مقاومت آنها، پیچیدگی های عکس العمل غیرخطی مواد، رفتار خستگی گسیج کننده، جابجایی بارها و ... همگی از عوامل این دلهره خواهند بود.

تقویت روسازی

تقویت روسازی به طور کلی عدد K را بسته به نوع خاک کاهش خواهد داد. عدد K بر اساس جدول Table 5.1 با درجه بندی خاک مشخص خواهد شد. جدول های Table 5.2 الی 5.5 نیز بر اساس مصالح عمل آوری نشده یا پایه تثبیت شده این عدد را مشخص می نمایند. بصورت سنتی عدد K کم برای طراحی ضخامت استفاده می شود تا مشخص نمودن فضای فاصله درزها. در نتیجه یک لایه زیرسازی سفت تثبیت شده مانند آسفالت در این حالت استفاده شده و عدد K بالاتر برای مشخص نمودن فضای درزها استفاده می شود.

Table 5.1 Recommended k-value ranges for various soil types					
k-value, MPa/m (psi/in)	CBR (%)	Dry density, kg/m ³ (lb/ft ³)	ASTM/USCS class	Description	AASHTO class
Coarse-grained soils					
81–122 (300–450)	60–80	2000– 2240 (125–140)	GW, GP	Gravel	A-1-a, well graded
81–108 (300–400)	35–60		1920–2080 (120–130)		A-1-a, poorly graded
54–108 (200–400)	20–40	1760– 2080 (110–130)	SW	Coarse sand	A-1-b
41–81 (150–300)	15–25	1680– 1920 (105–120)	SP	Fine sand	A-3
A-2 soils (granular material with high fines)					

81-136 (300-500)	40-80	2080- 2320 (130-145)	GM	Silty gravel	A-2-4, gravelly
Silty sandy gravel			A-2-5, gravelly		
81-108 (300-400)	20-40	1920- 2160 (120-135)	SM	Silty sand	A-2-4, sandy
Silty gravelly sand			A-2-5, sandy		
54-122 (200-450)	20-40	1920- 2240 (120-140)	GC	Clayey gravel	A-2-6, gravelly
Clayey sandy gravel			A-2-7, gravelly		
41-95 (150-350)	10-20	1680- 2080 (105-130)	SC	Clayey sand	A-2-6, sandy
Clayey gravelly sand			A-2-7, sandy		
Fine-grained soilsa					
7-45 (25-165)a	4-8	1440- 1680 (90-105)	ML, OL	Silt	A-4
11-60 (40-220)a	5-15		1600-2000 (100-125)	Silt/sand/gravel mixture	
7-51 (25-190)a	4-8	1280- 1600 (80-100)	MH	Poorly graded silt	A-5
7-69 (25-255)a	5-15	1600- 2000 (100-125)	CL	Plastic clay	A-6
7-58 (25-215)a	4-15	1440- 2000 (90-125)	CL, OL	Moderately plastic elastic clay	A-7-5
11-60 (40-220)a	3-5	1280- 1760 (80-110)	CH, OH	Highly plastic elastic clay	A-7-6
<p>Source: Adapted from Hall, K.T. et al. 1997. LTPP Data Analysis Phase I: Validation of Guidelines for k-Value Selection and Concrete Pavement Performance Prediction, FHWA-RD-96-198, p. 80, Washington, DC: Federal Highway Administration, United States Department of Transportation; American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 1998. Supplement to the AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, p. 6, Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.</p> <p>^a k-value of a fine-grained soil is highly dependent on degree of saturation.</p>					

در اکثر پروسه های روسازی ها، ضخامت بتن روسازی به عدد K حساس نمی باشد. این ضخامت در تضاد با انعطاف یا روسازی آسفالت بوده جاییکه ضخامت بستگی به سختی خاک دارد. بنابراین جنس زیر سطح اختصاصا برای تشخیص ضخامت روسازی مهم نمی باشد بلکه برای مشخص کردن قابلیت ساخت، پمپ پذیری و حساسیت به سرما اهمیت خواهد داشت.

Subbase thickness mm (in)				Subgrade k-value, MPa/m (psi/in)
300 mm (12 in)	225 mm (9 in)	150 mm (6 in)	100 mm (4 in)	
30 (110)	23 (85)	20 (75)	17.5 (65)	13.5 (50)
51 (190)	43 (160)	38 (140)	35 (130)	27 (100)
87 (320)	73 (270)	62 (230)	60 (220)	54 (200)
117 (430)	100 (370)	89 (330)	87 (320)	81 (300)

ترافیک

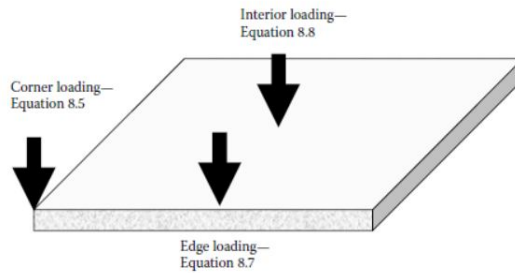
سه رویکرد برای تطابق نوع بتن روسازی با ترافیک وارده بر آن وجود دارد. ساده ترین رویکرد با اختلاف زیاد، این هست که در زمان طراحی، معیار این باشد که فقط یک مدل وسیله نقلیه روی آن تردد نماید. در حالت بعدی انواع وسیله نقلیه با یک طراحی محور روی سطح تردد نموده و حالت سوم شامل تمامی طراحی محورهای وسایل نقلیه می باشد.

طراحی بر اساس ترافیک تک وسیله نقلیه

در بعضی روسازی ها، خصوصا روسازی باند فرودگاه یا روسازی صنعتی، امکان اینکه بتوانیم مبنای طرح را بر روی تردد یک نوع وسیله نقلیه بر روی آن بگذاریم وجود دارد. در این روش، یک نوع وسیله نقلیه بر جریان ترافیکی تسلط خواهد داشت و مابقی بارهای وارده بر روسازی بسیار سبک بوده و حداقل آسیب را به روسازی وارد می نمایند. در این شرایط بارهای سبک ذکر شده از نظر وزنی ماکزیمم ۸۰٪ وزن وسیله نقلیه مورد نظر در طراحی را دارا خواهند بود. در حالت تک وسیله نقلیه، فشار خمشی وارده برای یک روسازی خمشی آزمایشی مشخص خواهد شد. سپس برای محاسبه SR ، عدد فشار خمشی بر مدول پارگی تقسیم شده و مدول خستگی عددی معادل $7/2$ تا $7/4$ در نظر گرفته خواهد شد. در این حالت می توان ضخامت روسازی بتنی را تنظیم و طراحی نمود تا طراحی حاصله پاسخگوی بارهای تکراری وارده به آن باشد.

طراحی بر اساس ترافیک انواع وسیله نقلیه

روسازی اکثر بزرگراه ها و فرودگاه ها بر مبنای تردد انواع وسیله نقلیه بر روی آن طراحی می شوند. این روش بر اساس تکیه بر PCA 1984 استوار است. پروسه طراحی شامل محاسبات آسیب های وارده بر روسازی بر اساس فشار ترافیکی وارده به وسیله هر نوع وسیله نقلیه ای شکل خواهد گرفت. در مرحله اول ضخامت آزمایشی روسازی فرض خواهد شد سپس آسیب حاصل شده از فشار ترافیکی هر نوع وسیله نقلیه محاسبه شده که این عدد بر مبنای تعداد تکرارپذیری بارهای وارده از هر نوع وسیله نقلیه و طول عمر روسازی تشخیص داده می شود.



میزان فشار و بار وارده بر لبه، وسط و گوشه های روسازی بر اساس فرمول های متداول محاسبه خواهند شد که در مقالات آتی به این موارد پرداخته می شود.

بطور کلی در سبد کالای آبادگران محصولات مرتبط با روسازی بتنی شامل انواع افزودنی های بتن، بعنوان کاهشده قوی آب، کیورینگ جهت عمل آوری بتن و همچنین ماستیک پلی یورتان در درزهای انبساطی مورد استفاده قرار می گیرند.

بتن ریزی در زیر آب

بتن ریزی در زیر آب معمولاً شامل عناصر غیر سازه ای نظیر محفظه های ضد آب یا کیسون های آب بند و عناصر سازه ای مانند اسکله ها و دیوار های اسکله و کف و ورودی مدخل آبیگری می باشد. بتن ریزی برای افزایش وزن و پایین آمدن مرکز ثقل تونل های پیش ساخته، اتصال بخش های تونل در محل نصب و یا ترمیم فرسایش و یا آسیب حفره ها در سازه های هیدرولیک از دیگر کاربرد های بتن ریزی در زیر آب می باشد (۱،۲).



هدف

توصیه های ارائه شده در این مقاله برای بتن ریزی در حجم های نسبتاً بزرگ ارائه شده است. با این وجود به طور کلی برای حجم های کم از قبیل پوشش های نازک و یا مکان های محصور عمیق هم قابل استفاده می باشند.

روش های موجود

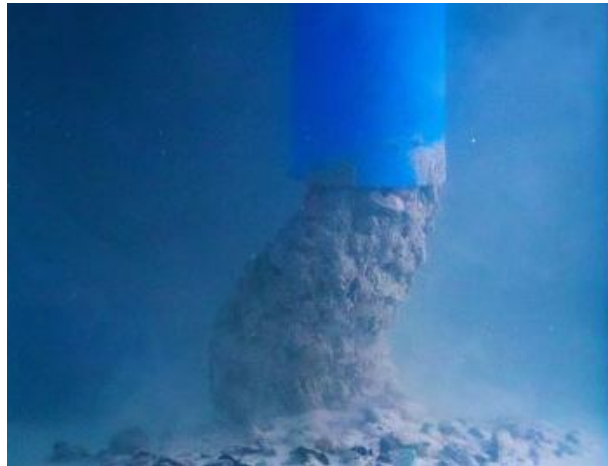
در حال حاضر روش ترمی، تنها تکنیکی است که بیشترین میزان استفاده در بتن ریزی زیر آب را دارد. علاوه بر این، بتن ریزی زیر آب با پمپ نیز در حال توسعه است. این دو روش بسیار شبیه هم هستند که در این مقاله به صورت مختصر شرح داده می شوند.

تکنیک های بنیادی

بتن ریزی زیر آب مستلزم جلوگیری از جریان آب موجود در محل بتن ریزی می باشد. هنگامی که جریان آب کنترل و متوقف شد، بوسیله روش های ترمی یا پمپ بتن ریزی انجام می شود. این عمل شامل سه مرحله زیر می باشد:

- در ابتدای بتن ریزی باید لوله ترمی پر از بتن شود، به منظور جلوگیری از تخلیه بتن از یک توپ در پایین و یا در بالای لوله یا از یک دهانه آب بند (کفشک لولادار) استفاده می شود.

۲. پس از پر شدن لوله ترمی از بتن، لوله ترمی کمی به سمت بالا کشیده می شود تا توپ خارج شود و یا دهانه آب بند(بست) بشکند. در نتیجه بتن از لوله ترمی خارج می شود و تپه ای در اطراف آن ایجاد می گردد. سپس لوله کمی پایین می آید تا اطراف آن توسط بتن پوشانده شود.
۳. هنگامی که اطراف لوله ترمی از بتن پوشیده شد، بتن تازه به بتن موجود تزریق می شود. مکانیسم دقیق جریانی که اتفاق می افتد دقیقا مشخص نیست، اما بخش زیادی از بتن در تماس مستقیم با آب نمی باشد(۲).



مواد

الزامات عمومی

مصالح بتنی باید دارای ویژگی ها و مشخصات مناسب باشند. علاوه بر این، مواد باید به گونه ای انتخاب شوند که در جهت بهبود ویژگی های روانی(جریان پذیری) بتن، مناسب باشند.

مواد و مصالح

حداکثر اندازه سنگدانه ها در بتن ریزی تقویت شده ی زیر آب معمولا 4.3 اینچ (19 میلیمتر) می باشد. از سنگدانه های بزرگتر 1 اینچ (25میلیمتر) نیز با توجه به در دسترس بودن، تقویت فاصله و حفظ کارایی بتن می توان استفاده کرد. حداکثر سنگدانه ها برای بتن ریزی تقویت نشده باید 1.5 اینچ س (38میلیمتر) باشد.

مواد افزودنی

اغلب جهت بهبود ویژگی های بتن تازه، به ویژه روانی (جریان پذیری) در بتن ریزی زیر آب از مواد افزودنی استفاده می شود.(۳) به عنوان مثال، مواد افزودنی حباب زا به دلیل افزایش کارایی در هنگام استفاده از آن مفید می باشند.

همچنین افزودنی های کاهنده آب معمولی یا کاهنده ی آب به همراه ریتاردر ، در کاهش نسبت آب به سیمان برای تهیه یک سیمان منسجم با اسلامپ بالا موثر می باشد.

ریتاردرها نیز برای به تاخیر انداختن گیرش بتن در حجم های بالا کارایی دارند . به دلیل اهمیت فوق العاده حفظ اسلامپ بالا ، تا آن جا که ممکن است استفاده از یک کاهنده آب با طیف بالا (HRWR) برای بتن ریزی های حجیم توصیه نمی شود، مگر اینکه تست افت اسلامپ نتایج منفی نشان نداده باشد . مصرف HRWR برای بتن ریزی با حجم کم به عنوان یک مشکل اساسی محسوب می شود، زیرا در آن ها فاصله ی جریان وجود ندارد.

مواد افزودنی نیز برای جلوگیری از شسته شدن مواد سیمانی و ریزدانه ها در آب وجود دارد که افزودنی ضد آب شستگی نام دارند.

نسبت اختلاط

پوزولان ها حدود 15% وزن مواد سیمانی، جهت بهبود ویژگی جریان پذیری (روانی) مورد استفاده قرار می گیرند. برای مخلوط نسبتاً غنی (356kg/m³) 600lb/yd³ مواد سیمانی، یا بیشتر، و یا حداکثر نسبت آب به سیمان 0.45 توصیه می شود. و برای درصد ریزدانه های 45 تا 55% حجمی مصالح و محتویات هوا تا حدود 5 درصد استفاده می شود. اسلامپ 6 تا 9 اینچ (150 تا 230 میلی متر) به طور کلی ضروری است. زمانی که بخش های تعبیه شده مانع از جریان می شوند یا جریان افقی طولانی مورد نیاز است، محدوده آن کمی بالاتر در نظر گرفته می شود.

انتخاب نهایی

در صورت امکان، انتخاب نهایی مخلوط بتن باید بر اساس آزمون بتن ریزی زیر آب صورت گیرد. تست بتن ریزی از نظر مسطح بودن سطح بتن، مقدار درصد شوری، کیفیت بتن در فاصله هایی با جریان شدید آب، و جریان در اطراف بخش های تعبیه شده در صورت لزوم نیز مورد بررسی قرار می گیرد.

تولید و آزمایش های بتن

نمونه گیری باید تا جایی که امکان دارد، نزدیک به دهانه قیف انجام شود تا اطمینان لازم حاصل شود که بتن با ویژگی های مناسب در حال رسیدن به لوله ترمی می باشد. هنگامی که مخلوط بتن از نظر کنترل اسلامپ، محتوای هوا، وزن واحد و آزمایش مقاومت فشاری به حد مورد نظر رسیده باشد، مورد تایید می باشد. به دلیل اهمیت زیاد روانی (جریان پذیری) بتن باید تست های اسلامپ و محتوای هوا، بیشتر از آنچه معمولاً برای بتن انجام می شود در بتن ریزی زیر آب مورد بررسی و آزمایش قرار گیرند. آزمایش های مقاومت فشاری در سنین اولیه ی نمونه ها، باید مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان زمان لازم جهت تعیین به مقاومت رسیدن بتن، برای آب بندی سازه را محاسبه نمود.

دمای بتن

دمای بتن باید به عنوان فاکتوری برای بهبود بتن ریزی و کیفیت ساخت، تا حد امکان پایین نگه داشته شود. بسته به حجم بتن ریزی و شرایط حرارتی پیش بینی شده ی محل بتن ریزی، معمولاً حداکثر درجه حرارت در محدوده 60 تا 90 درجه فارنهایت (۱۶ تا ۳۲ درجه سانتیگراد) تعیین شده است. بدیهی است که بتن ریزی زیر آب نمی تواند منجمد شود، در نتیجه حداقل دمای بتن باید در 40 درجه فارنهایت (۵درجه سانتیگراد) حفظ شود. از آنجایی که گرمای آب و سنگدانه ها باعث تغییر رفتار افت اسلامپ می شود، باید برای افزایش دمای بتن دقت بالایی صورت گیرد.

تجهیزات ترمی و روش بتن ریزی

لوله ترمی

ترمی باید از لوله های فولادی سنگین ساخته شود که بتواند در برابر تمامی تنش های پیش بینی شده مقاومت نماید. در بتن ریزی های عمیق، اگر از پلیت انتهایی برای آب بند اولیه ترمی استفاده شود، شناوری لوله می تواند یک مشکل و ایراد به حساب آید. استفاده از لوله با دیواره های ضخیم یا لوله های سنگین و وزن دار، می تواند بر این مشکلات شناوری غلبه کند. لوله های ترمی باید دارای قطر کافی باشند تا اطمینان لازم از عدم انسداد ناشی از تجمع حاصل شود. لوله ها در محدوده قطر 8 تا 12 اینچ (200 تا 300 میلی متر) برای محدوده سنگدانه های توصیه شده، مناسب است. برای بتن ریزی های عمیق، ترمی باید در بخش هایی با مفاصل و اتصال ساخته شود که در حین پیشرفت بتن ریزی، بخش های فوقانی جدا شوند. بخش ها می توانند توسط فلنج، اتصالات پیچی و گسکت (واشر) یا پیچ شدن به هم متصل شوند. هر تکنیکی که برای اتصال مفاصل بخش های ترمی انتخاب شود، باید کاملاً کیپ و محکم در برابر عبور آب باشد و قبل از شروع به کار، باید از نظر مقاومت در برابر عبور آب مورد آزمایش و بررسی قرار گیرد. لوله ترمی باید علامت گذاری شود، تا امکان تعیین فاصله از سطح آب تا دهانه ی ترمی وجود داشته باشد.



کیف ترمی باید برای سهولت انتقال بتن از دستگاه انتقال بتن به ترمی، دارای سایز مناسب باشد. همچنین پیشنهاد صنایع شیمی ساختمان آبادگران برای سهولت انتقال بتن در لوله های ترمی استفاده از ژل های میکرو سیلیس می باشد. جهت پشتیبانی ترمی در حین بتن ریزی باید سکوی ثابتی فراهم شود. باید توجه داشت که سکوهای شناور عموماً مناسب نیستند و باید قابلیت پشتیبانی ترمی، در حالی که بخش هایی از بالای قسمت انتهایی ترمی جدا می شود را داشته باشد.

روش های بتن ریزی

تمامی نقاط اتصال بین فولاد، چوب، یا بتن سخت شده و بتن تازه، باید کاملاً و بلافاصله قبل از بتن ریزی تمیز شوند.

فاصله لوله ها

فاصله لوله ها باید طبق دستور برای یک لوله در هر مساحتی 300 فوت مربع (۲۸متر مربع) یا لوله ها در مراکز تقریباً 15 فوت (4.5 متر) باشد . این فاصله ها توصیه شده است، اما بتن ریزی تا 70 فوتی (21متر) با نتایج عالی جریان یافته اند. برای اکثر بتن ریزی های حجیم، دستیابی به فاصله لوله های به اندازه 15 فوت (۵ متر) از مرکز عملی نخواهد بود، زیرا تامین بتن برای این تعداد ترمی یا پمپ غیر عملیاتی خواهد بود. فاصله واقعی لوله ها باید بر اساس ضخامت بتن ریزی، تراکم ناشی از شمع یا فولاد تقویت شده ، ظرفیت تولید بتن، ظرفیت انتقال بتن به ترمی ها مشخص شود. روش بتن ریزی انتخاب شده نیز برای حصول بهترین نتیجه، باید در نظر گرفته شود.

شروع بتن ریزی

هنگام شروع استفاده از تکنیک های پلیت انتهایی و لوله خشک، ترمی باید قبل از اینکه از انتها بلند شود، با بتن پر شود. سپس ترمی باید حداکثر 6 اینچ (150میلیمتر) برای آغاز جریان به سمت بالا کشیده شود . ترمی تا زمانی که تپه ای در اطراف دهانه ترمی ایجاد شود، نباید بیشتر به سمت بالا کشیده شود . بلند کردن اولیه باید به آرامی انجام گیرد تا اختلال و آشفستگی مواد اطراف دهانه ترمی به حداقل برسد.

زمان شروع استفاده از توپ، ترمی باید حداکثر 6 اینچ (150 میلیمتر) به سمت بالا کشیده شود تا آب خارج شود. بتن باید به آرامی به ترمی اضافه شود تا توپ را به سمت پایین بکشد . هنگامی که توپ به دهانه ترمی می رسد، ترمی باید به اندازه ای بلند شود که توپ خارج شود . پس از آن، ترمی نباید مجدداً بلند شود تا تپه ای اطراف دهانه ی ترمی ایجاد شود.

ترمی ها باید در بتن تازه به عمق 3 تا 5 فوت (1 تا 1.5 متر) تعبیه شوند. عمق تعبیه دقیق، بستگی به میزان بتن ریزی و موقعیت زمانی بتن ریزی دارد. تمامی حرکت های عمودی لوله ترمی باید به آرامی و با دقت برای جلوگیری از دست دادن بست (آب بند) انجام شود . اگر از دست دادن بست در ترمی اتفاق افتاد، بتن ریزی در همان لحظه باید متوقف شود . ترمی باید جابجا و برداشته شود و صفحه انتهایی باید تعویض شود و جریان باید مطابق توضیحات بالا مجدداً راه اندازی شود . برای جلوگیری از شسته شدن بتن از قبل ریخته شده، نباید توپ برای شروع مجدد ترمی بعد از دست دادن بست استفاده شود.

بتن ریزی

بتن ریزی باید تا جایی که ممکن است برای هر ترمی به صورت پیوسته انجام شود. تاخیر بیش از اندازه در بتن ریزی، می تواند باعث سفت شدن بتن و مقاومت جریان در هنگام از سر گیری بتن ریزی شود. وقفه کمتر از 30 دقیقه تا زمان گیرش اولیه بتن، باید با تخلیه و جابجایی و آب بندی و شروع مجدد ترمی انجام گیرد. وقفه های طولانی مدت و بیشتر از زمان گیرش اولیه بتن باید به عنوان یک درز اجرایی تلقی شود. اگر وقفه در بتن ریزی منجر به یک درز اجرایی افقی برنامه ریزی شده (یا برنامه ریزی نشده) شود، سطح بتن پس از آن که سبز شد باید برش سبز شود. برش سبز توسط غواصی دشوار است، اما می توان آن را در جایی انجام داد که هیچ جایگزین عملی برای نظافت وجود ندارد. بتن سطح باید بلافاصله قبل از بتن ریزی واتر جت شود. توصیه های مربوط به میزان افزایش بتن، بطور کلی در محدوده 1 تا 10 فوت در ساعت (0.3 تا 3 متر در ساعت) می باشد. محاسبه نرخ پیش بینی شده تا حدودی دشوار است، زیرا الگوی جریان دقیق بتن مشخص نیست. منطقی ترین روش، مقایسه تولید بتن با میزان کل بتنی است که در منطقه باید تامین شود. مانند فاصله لوله ها، دستیابی به مقادیر توصیه شده می تواند مشکل باشد. بتن با موفقیت در زیر آب ریخته شده میزان تقریباً 0.5 فوت (150 میلیمتر) در هر ساعت افزایش می یابد (۲). حجم بتن در محل باید در زمان بتن ریزی کنترل شود. مصرف کمتر از مقدار پیش بینی شده نشان دهنده از دست دادن بست ترمی است، زیرا سنگدانه های جدا شده و شسته شده حجم بیشتری را اشغال می کنند. مصرف (سرریز شدن بتن) بتن بیش از حد مقدار پیش بینی شده نشان دهنده از بین رفتن بتن در قالب هاست.

هنگام پیشروی بتن ریزی، اختلاف جریان و میزان افزایش را می توان محاسبه کرد. اگر فاصله جریان بیش از حد به نظر برسد یا میزان افزایش بتن بسیار پایین باشد، در مورد مناسب بودن دستگاه های موجود یا تقسیم بندی بتن ریزی به بخش های کوچکتر تصمیم گیری می شود.

انسداد ترمی در حین بتن ریزی، باید با دقت بسیار بالایی پاک و تمیز شود، تا از بین رفتن بست ترمی جلوگیری شود. اگر انسداد ایجاد شود، ترمی باید سریعاً 6 اینچ تا 2 فوت (150 تا 610 میلی متر) به بالا کشیده شود و پس از آن به منظور تلاش برای بیرون راندن انسداد، به سمت پایین می آید. در هنگام چنین تلاشهایی عمق لوله گذاری باید به دقت بررسی شود. اگر انسداد را نتوان به سرعت از بین برد، ترمی باید برداشته شود، پاک سازی شود، و مجدداً با بست بسته شود و دوباره راه اندازی شود.

توزیع افقی بتن

هنگامی که بتن در جریان است لوله انتقال بتن باید به صورت افقی ثابت بماند. حرکات افقی لوله، با ایجاد حباب اضافی و همچنین از دست دادن بست به سطح بتن آسیب خواهد رساند. توزیع افقی بتن توسط جریان بتن پس از خروج از لوله یا توقف بتن ریزی، جابجایی لوله، قرار دادن بست مجدد و از سرگیری مجدد بتن ریزی ایجاد می شود. معمولاً دو روش برای دستیابی به توزیع افقی بتن در بتن ریزی های حجیم استفاده می شود:

۱- روش لایه

در روش لایه افقی، کل بتن ریزی به طور همزمان با استفاده از تعدادی ترمی انجام می شود.

۲- روش پیشروی شیب

با روش شیب پیشروی، یک بخش از بتن ریزی به مقطع نهایی می رسد و سپس ترمی جا بجا می شود تا بخش های مجاور کم عمق را به مقطع نهایی برساند. که معمولاً از به انتها رسیدن یک سر بتن ریزی حجیم، پیشرفت می کند. شیب های بتن تقریباً از سطح 1:6 (عمودی به افقی) قابل انتظار است.

ارزیابی پس از بتن ریزی

برای ارزیابی بتن ریزی زیر آب، می توان از تکنیک های زیر استفاده کرد:

- اصلاح در مناطق با حداکثر جریان بتن یا در مناطق با کیفیت بتن مشکوک
- پس از خشک شدن آب، سطح بتن را برای ارزیابی کیفیت و قابلیت مخلوط بتن و طرح بتن ریزی دقیق بررسی می شود.
- پس از حذف قالب ها و ورق های شمع، سطح بیرونی بتن توسط غواص ها برای مشاهده ترک خوردگی یا حفره ها و یا لانه زنبوری بازرسی می شود.

پمپاژ مستقیم

تکنیک های بتن ریزی ترمی عموماً در مورد بتن ریزی با پمپ مستقیم در زیر آب کاربرد دارند.

با این حال، تفاوت های جزئی که قابل توجه است عبارت اند از:

- مکانیسم ایجاد جریان بتن از طریق خط لوله، فشار پمپ است نه گرانش.
- بتن علاوه بر مناسب بودن جهت پمپاژ، باید برای جریان هنگام خروج از لوله نیز متناسب باشد؛
- در این روش لوله ها معمولاً کوچکتر از لوله هایی هستند که در روش ترمی استفاده می شوند، و همیشه از بخشهای سخت تری برای تعبیه در بتن استفاده می شود.
- عمل پمپاژ می تواند باعث برخی حرکت های جانبی لوله ای که در بتن تازه تعبیه شده است، شود. این حرکت می تواند به تشکیل حباب (تاول زدگی) توسط کشیدن ذرات به سطح لوله بتن کمک کند؛ و
- یک شیر کمکی (دریچه هوا) می تواند در نزدیکی بالاترین نقطه، در خط لوله برای جلوگیری از ایجاد انسداد خلاء، مورد نیاز باشد.

ویژگی های بتن

اگر شرایط پخت عالی و جمع شدگی در بتن در حال خشک شدن حداقل باشد، می توان انتظار داشت که بتن ریخته شده در زیر آب، از کیفیت فوق العاده ای برخوردار است. مقاومت فشاری مخلوط های بتنی غنی مورد استفاده اغلب از 4000 تا 8000 psi (28 تا 55 مگاپاسکال) خواهد بود. هیچ شواهدی مبنی بر تفاوت سایر ویژگی های ساختاری از بتن های مشابه ریخته شده در خشکی وجود ندارد. وزن واحد در مکان، اغلب در بتن ریزی های حجیم، برای انحراف افزایش هیدرواستاتیک، نزدیک به مقدار اندازه گیری شده برای بتن تازه، قبل از بتن ریزی خواهد بود. اگر حباب در بتن وجود داشته باشد، واحد وزن می تواند به طور قابل توجهی کمتر از بتن تازه باشد. اگرچه اخیراً تلاش هایی برای تعیین اطمینان از کیفیت و همگن بودن بتن ریخته شده در زیر آب با استفاده از تکنیک های غیر مخرب صورت گرفته است (۴)، اصلاح کردن، هنوز تکنیک توصیه شده برای ارزیابی مناطق مشکوک می باشد.

اقدامات احتیاطی

اقدامات احتیاطی برای هر یک از بتن ریزی های ترمی یا پمپ به شرح زیر می باشد

بازرسی

بازرسی بتن ریزی در زیر آب دشوار است. آب در هنگام پیشروی بتن ریزی به طور فزاینده ای کدر خواهد شد و سطح بتن تازه وزن غواص را تحمل نمی کند. بنابراین، بازرسی قبل از بتن ریزی بسیار مهم می باشد و باید بر روی بررسی پیشنهادات، روش ها و تجهیزات و مخلوط بتن متمرکز شد. بازرسی در طول بتن ریزی محدود به مشاهده کلیه مراحل تولید، حمل و نقل بتن، و روشهای یتن ریزی خواهد بود. از آنجا که موفقیت بتن ریزی زیر آب تا حد زیادی به خود بتن بستگی دارد، نمونه برداری و آزمایش در طول بتن ریزی برای اطمینان از انطباق با مخلوط های تایید شده و ویژگی های بتن مورد نیاز (اسلامپ، محتوای هوا، دما) از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. یک برنامه بازرسی با جزئیات مکان ها و فرکانس صدا باید ایجاد شود، صدا باید به کل منطقه بتن ریزی به طور منظم برسد، مانند هر ساعت یا هر 200 yd³ (۷۵ متر مکعب). مکان هایی برای رسیدن صدا باید روی سازه مشخص شوند تا اطمینان حاصل شود همه صداها از یک مکان می آید. علاوه بر این، صداها باید به طور مکرر در مجاورت هر ترمی تعبیه شده، نظارت و بررسی شوند. داده های به دست آمده از صداها باید فوراً ترسیم شوند تا پیشرفت بتن ریزی توسط ناظرین کنترل گردد.

از دست دادن بست ترمی

شایع ترین علت از دست دادن بست، حرکت عمودی بیش از حد لوله ها می باشد که به منظور پاک کردن انسداد یا برداشتن بخشی از لوله اتفاق می افتد. در هر دو روش بتن ریزی، از دست دادن بست منجر به شستشو و جداسازی می شود. یک مشکل مرتبط و مشابه، عدم قرار دادن یک بست مناسب در ابتدای بتن ریزی می باشد.

توپ

استفاده از توپ به عنوان تکنیکی سنتی برای بست ترمی یا خطوط پمپ، مورد استفاده قرار می گیرد. اگرچه این تکنیک موثر است، اما آب قبل از توپ خارج شده از لوله می تواند مواد زیر ناحیه بتن ریزی را شستشو دهد. این شرایط را می توان با قرار دادن لایه ای از سنگ های درجه بندی شده، قبل از شروع بتن ریزی کاهش داد. هنگامی که یک لوله در حین بتن ریزی جابجا می شود، آبی که مجبور به خارج شدن است، بتنی که قبلاً ریخته شده را خواهد شست. این جریان منجر به جداسازی شدید، تشکیل حباب و ایجاد نواحی سنگدانه های بدون سیمان می شود. بنابراین، استفاده از توپ در ابتدای بتن ریزی قابل قبول است، اما برای راه اندازی مجدد خط ترمی یا پمپ در طول بتن ریزی قابل قبول نمی باشد.

حباب زایی

به دلیل اینکه به طور کامل جدا کردن بتن و آب از نظر فیزیکی غیرممکن است، مقدار معینی حباب تشکیل می شود. اگر بست از بین رفته باشد، یا اگر به هر طریقی بتن ریزی مختل شود، هنگام راه اندازی یا راه اندازی مجدد لوله ها، حباب اضافی ایجاد می شود. حباب جریان خواهد یافت و در هر ناحیه ی پایینی در سطح بتن جمع می شود. چنین تجمعی می تواند از پر شدن یک منطقه از بتن سالم جلوگیری کند و همچنین می تواند توسط جریان های بتنی بعدی پوشیده شود. در هر صورت، مناطق حباب دار، نفوذپذیری بیشتر و مقاومت کمتری خواهند داشت. از مشکلات مربوط به حباب های ایجاد شده می توان، با استفاده از پمپ ها یا ایرلیفت در حین بتن ریزی برای حذف مواد نامناسب که تجمع می کنند، جلوگیری کرد. یکی دیگر از راه های کاهش مشکلات ایجاد حباب فاصله گرفتن چند اینچ از بتن با قالب است. این را فقط در جایی که بالای قالب مطابق با بالای سطح بتن ریزی باشد می توان انجام داد.

ترک خوردگی

مشکلات مربوط به افزایش گرما و متعاقباً ترک خوردن در بتن ریزی های حجیم زیر آب، به طور کلی قابل حل شدن نیستند. با این حال، ویژگی های بتن ریزی زیر آب باید به شرح زیر در نظر گرفته شود.

میزان سیمان

برای مخلوط های بتنی زیر آب به طور سنتی از عیار سیمان بالا (650 lb/yd^3) [۳۸۵ کیلوگرم در متر مکعب] یا بیشتر استفاده می شود تا علاوه بر جبران سیمان شسته شده، بتن به مشخصات جریان مورد نیاز برسد. اندازه گیری های انجام شده در یک بتن ریزی حجیم نشان می دهد که حداکثر دمای داخلی بتن ۹۵ درجه فارنهایت (۳۵ درجه سانتی گراد) بالاتر از دمای بتن ریزی معمولی ۶۰ درجه فارنهایت (۱۶ درجه سانتیگراد) است (۲).

محیط بتن ریزی

بتن ترمی معمولاً در مکان هایی که به عنوان سینک حرارتی (گرماگیر) عالی عمل می کنند ریخته می شود. دمای آب اطراف بتن به طور طبیعی کمی تغییر می کند. بنابراین، جرم بیرونی بتن به سرعت سرد می شود، و افت شدید دما ایجاد می کند. در محل بتن ریزی همانطور که قبلاً ذکر شد، دمای بتن از ۱۵۰ درجه فارنهایت (۶۶ درجه سانتیگراد) به دمای آب ۵۵ درجه فارنهایت (۱۳ درجه سانتی گراد) فقط ۴۰ اینچ (۱ متر) تغییر می کند.

حجم

برای حذف آماده سازی اتصالات سازه در زیر آب، تمایل به بتن ریزی به صورت یکپارچه در بازه های زمانی کوتاه بیشتر است.

محدودیت

بتن ریزی در زیر آب اغلب روی سنگ یا شمع های زیادی از بتن که به عنوان کلاهک شمع عمل می کنند، انجام می شود. در هر صورت، از جمله محدودیت هایی که می تواند وجود داشته باشد می توان به روش های توصیه شده برای کنترل ترک خوردگی بتن، اصلاح مواد یا نسبت اختلاط اشاره کرد؛ که به نظر می رسد بیشترین پتانسیل را برای کاربرد در بتن ریزی زیر آب دارند. به ویژه، استفاده از سیمان با حرارت پایین، به عنوان جایگزین ۱۵ تا ۳۰ درصد سیمان با پوزولان مناسب و سنگدانه های سرد شده و آب توصیه شده است. سرمایه گذاری داخلی با استفاده از آب موجود در محل یا درج عایق در قالب های مورد استفاده در سازه های بتن ریزی میسر است، اما هنوز امتحان نشده است (۵،۶،۷).

جزئیات

بتن ریخته شده در زیر آب به سمت موقعیت نهایی، با گرانش خود، بدون ارتعاش و بازرسی حرکت می کند. بنابراین، تمام قالب، فولاد تقویت شده، و عناصر پیش ساخته ای که باید با بتن پر شوند باید با در نظر گرفتن بتن ریزی زیر آب تفکیک و به شرح زیر دنبال گردند.

۱. فولاد تقویت شده باید اندازه گیری شود و در جای خود قرار گیرد تا حداکثر میزان ممکن دهانه بین میله ها تعیین گردد به طوری که جریان بتن مانع نشود.
۲. قالب ها باید به اندازه کافی کیپ و آب بندی شوند تا از خارج شدن بتن یا ملات از آن جلوگیری شود؛ و
۳. قالب ها و فولاد تقویت شده نباید در مناطقی که قرار است با بتن پر شوند درگیر حباب شوند.

برنامه آماده سازی بتن ریزی زیر آب

بتن ریزی زیر آب به ندرت اتفاق می افتد و نمی توان آنها را فقط به عنوان یکی دیگر از عملیات های بتن مورد بررسی قرار داد. برنامه ریزی برای بتن ریزی زیر آب، باید به محض تصمیم گیری برای انجام پروژه، شروع شود. مواردی که پروسه بررسی آن ها نیاز به دقت و مدت زمان طولانی دارند شامل جزئیات فولاد تقویت شده (در صورت وجود)، جزئیات قالب ها، در نظر گرفتن حفاری بیش از حد محل بتن ریزی برای جلوگیری از جابجایی بتن می باشد. همچنین در صورت لزوم اگر بتن ریخته شده در زیر آب بالاتر از سطح نقشه باشد، در نظر گرفتن هماهنگی اعضای مورد نیاز برای حمایت ترمی در طرح آب بندی داخلی سد، باید بررسی شود. در نظر گرفتن موارد فوق، باید منجر به ایجاد یک طرح بتن ریزی شود که شامل فاصله لوله ها و مکان ها در طول مدت بتن ریزی می باشد. این طرح همچنین باید شامل مکان هایی باشد که برای جابجایی لوله ها در حین پیشروی بتن ریزی استفاده می شود.

پرسنل

از آنجا که بتن ریزی زیر آب نادر است، هر خطایی می تواند منجر به مشکلات حادی شود که اصلاح آنها بسیار دشوار و گران قیمت می باشد، همه بتن ریزی زیر آب، باید تحت نظارت مستقیم پرسنل مجرب و با تجربه انجام شود. یک فرد با تجربه باید برای تفسیر صداها و اتخاذ تصمیمات لازم در مورد لوله های بتن ریزی و پمپ های ایر لیفت، و مشاهده کلیه بتن ریزی در دسترس باشد.

کاربردهای ویژه

۱. قالب پارچه ای

قالب پارچه ای، مزایای منحصر به فردی را برای انواع تخصصی بتن ریزی زیر آب ارائه می دهد (۸، ۱۸). به طور معمول، یک ملات ماسه-سیمان، گاهی اوقات با افزودن ماسه نخودی، درون محفظه پارچه ای مناسب با شکل مورد نیاز پمپاژ می شود، این پارچه به عنوان جداکننده بین آب احاطه شده و بتن عمل می کند. پارچه ای با مقاومت بالا و نفوذپذیر در آب، ترجیح داده می شود. این پارچه معمولاً از نخهای نایلون یا پلی استر از طناب های لاستیکی صنعتی با وزن تقریباً ۲۰ یارن [1] در اینچ (۷۸۰ یارن در متر) بافته می شوند. استفاده از نخ های چند رشته ای بافت دار، پارچه ای پایدارتر تولید می کند و همچنین به عنوان یک فیلتر موثرتر است. این پارچه اجازه می دهد تا آب اضافی مخلوط بتن از آن خارج شود و در نتیجه میزان سفت شدن و استحکام و دوام طولانی مدت افزایش می یابد. (۸) قالب پارچه ای در کنترل فرسایش سازه هایی با پوشش های ساخته شده از ملات تزریقی به پاکت پارچه ای دو لایه کاربرد دارد و همچنین در ساخت رویه های بتنی برای بازسازی شمع های دریایی استفاده می شود. محفظه های پارچه ای بزرگ نیز برای قالب بلوک های بتنی به وزن ۱۵ تن (۱۴ میلی گرم) در ساخت موج شکن قابل استفاده می باشند، از مجموعه های پارچه ای با طراحی خاص جهت قالب برای وزن دار کردن خطوط لوله زیر آب استفاده می شود.



۱. ساخت دیوار دیافراگمی

در سازه دیوار دیافراگمی یا دوغابی، بتن در زیر آب یا زیر دوغاب بنتونیت در ترانشه ها، برای ساخت دیوار ریخته می شود. (۹،۱۶،۱۷) این بتن ریزی ها می تواند به عنوان دیوار حایل برای حفاری های باز به کار رود. یا به عنوان دیوارهای برشی برای توقف جریان که از میان یا زیر سازه های موجود، مانند سدها عبور می کند کاربرد دارد. از آنجا که در این دیوارها بتن ریزی محدود است، میزان افزایش بتن زیاد خواهد بود که نیاز به حذف مکرر بخشهای ترمی برای حفظ جریان دارد.



مواد افزودنی ضد آب شستگی

مواد افزودنی بهبود یافته ای هستند، که برای استفاده در بتن ریزی زیر آب مورد استفاده قرار می گیرند. (۱۰،۱۱) مواد افزودنی ضد آب شستگی، بتن را منسجم ترمی کنند. در نتیجه در حین بتن ریزی، امکان آب شستگی سیمان یا ریزدانه ها کمتر می شود. این مواد افزودنی برای شرایطی طراحی شده اند که امکان در معرض جریان آب قرار گرفتن بتن تازه، در حین بتن ریزی وجود دارد. همچنین استفاده از آن زمانی صورت می گیرد که بعد از بتن ریزی، ضخامت بتن برای تعبیه لوله ترمی کافی نمی باشد و یا جایی که آب شستگی سیمان، باعث بروز مشکلات زیست محیطی شود. گروهی از مهندسين روش آزمون (CRD- C61) را برای ارزیابی اثر بخشی این مواد بهبود یافته در نظر گرفته اند. (۱۴)

به دلیل ماهیت تیکسوتروپیک بتن بهبود یافته با این مواد افزودنی، برای بتن ریزی های حجیم باید با احتیاط استفاده شوند، زیرا پس از خارج شدن از لوله ترمی، بتن به یکباره در مسافت زیادی جاری می گردد. برای تایید این که بتن متناسب با مواد ضد آب شستگی، می تواند حفظ اسلامپ کافی داشته باشد یا در فاصله مورد نیاز جریان داشته باشد، باید آزمون بتن ریزی انجام شود. از جمله کاربردهای دیگر این افزودنی، سنگ فرش کانال های زیر آب (۱۲،۱۳) و سدهاست. (۱۵)

منابع

- Gerwick, B. C., 1964, "Placement of Tremie Concrete," Symposium on Concrete in Aqueous Environments, SP-8, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., pp. 9-20

- Gerwick, B. C.; Holland, T. C.; and Kommendant, G. J., 1981, "Tremie Concrete for Bridge Piers and Other Massive Underwater Placements," Report No. FHWA/RD-81/153, Federal Highway Administration, Washington, D.C., 203 pp
- Williams, J. Wayman, Jr., 1959, "Tremie Concrete Controlled with Admixtures," ACI JOURNAL, Proceedings, V. 55, No. 8, Feb., pp. 839-850
- Laine, E. F.; Dines, K. A.; Okada, J. T.; and Lytle, R. J., 1980, "Probing Concrete with Radio Waves," Proceedings ASCE, V. 106, GT7, pp. 759-76
- Carlson, R. W.; Houghton, D. L.; and Polivka, M., 1979, "Causes and Control of Cracking in Unreinforced Mass Concrete," ACI JOURNAL, Proceedings V. 76, No. 7, July, pp. 821-837
- Gerwick, B. C., and Holland, T. C., 1983, "Cracking of Mass Concrete Placed Under Water," Concrete International: Design and Construction, V. 5, No. 4, Apr., pp. 29-36
- ACI 224R
- Lamberton, B. A., 1980, "Fabric Forms for Erosion Control and Pile Jacketing," Concrete Construction, V. 25, No. 5, pp. 395-399
- Xanthakos, Petros P., 1979, Slurry Walls, McGraw-Hill Book Co., New York, 622 pp. (Nash 1974; Holland and Turner 1980)
- Saucier, K. L., and Neeley, B. D., 1987, "Antiwashout Admixtures in Underwater Concrete," Concrete International, V. 9, No. 5 May, pp. 42-47
- Khayat, K. H.; Gerwick, B. C.; and Hester, W. T., 1990, "High-Quality Tremie Concretes for Underwater Repairs," Proceedings, Paul Klieger Symposium on Performance of Concrete, SP-122, D. Whiting, ed., American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., pp. 125-138
- Kepler, W. F., 1990, "Underwater Placement of a Canal Lining," Concrete International, V. 12, No. 6, June, pp. 54-59
- Heavy & Klemens, T. L., 1991, "Who Says You Can't Pave Underwater?" Highway Construction, V. 134, No. 10, pp. 64-66
- Neeley, B. D., 1988, "Evaluation of Concrete Mixtures for Use in Underwater Repairs," Technical Report No. REMR-CS-18, U. S. Army Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., 124 pp
- Neeley, B. D., and Wickersham, J., 1989, "Repair of Red Rock Dam," Concrete International, V. 11, No. 10, Oct., pp. 36-39
- Nash, K. L., 1974, "Diaphragm Wall Construction Techniques," Proceedings ASCE, V. 100, C04, pp. 605-620
- Holland, T. C., and Turner, J. R., 1980, "Construction of Tremie Concrete Cutoff Wall, Wolf Creek Dam, Kentucky," Miscellaneous Paper No. SL-80-10, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., 85 pp
- Koerner, R. M., and Welsh, J. P., 1980, "Fabric Forms Conform to Any Shape," Concrete Construction, V. 25, No. 5, pp. 401-409

آشنایی با خواص بتن غلطکی

بتن غلتکی بتنی است که اسلامپ آن صفر می باشد، هرچه عدد اسلامپ بالا باشد روانی بتن بالا رفته و این یعنی نسبت آب به سیمان بتن بالا می باشد این در حالی است که عدد اسلامپ صفر یعنی روانی آن صفر بوده یا به عبارتی بتن ما خشک است. تراکم آن با ماشین آلات متراکم سازی انجام می شود، به همین دلیل این نوع بتن، خشک بودن همین موضوع می باشد

و در اجرای سازه های حجیم کاربرد دارد، برای اجرای آن از ماشین آلات راهسازی و عملیات خاکی استفاده می شود. بتن غلطکی بایستی آنقدر خشک باشد که بتواند تقریباً نظیر دانه های خاک به راحتی پخش شده و بوسیله ماشین آلات متراکم کننده نظیر غلتک، متراکم گردد.

به طور کل بتن RCC از ۱۰ درصد مواد سیمانی، ۱۳ درصد آب، ۳۵ درصد سنگدانه ریز، ۴۰،۵ درصد سمگدانه درشت و ۱،۵ درصد هوا تشکیل می شود. البته این درصدها با توجه به شرایط مختلف تغییر می کنند.

بتن غلتکی و یا بتن متراکم شده با غلتک در انجمن بتن آمریکا به بتنی گفته می شود که با حرکت بر روی آن در حالت سخت نشده، متراکم می گردد و در ادبیات فنی با نام رول کریت (Rollcrete) نیز نامیده می شود. این روش امروزه اغلب تحت عنوان بتن غلتکی یا به صورت خلاصه RCC به کار می رود.

دلایل بسیاری برای استفاده گسترده از RCC وجود دارند:

(الف) برای ساخت آنها نیاز به دستگاه خاصی نیست و روسازی های RCC را می توان با دستگاه هایی که معمولاً در دسترس هستند و برای مقاصد دیگر نیز به کار می روند، اجرا نمود.

(ب) علاوه بر این، ساده بودن عملیات ساخت، نیاز کمتر به نیروی انسانی و نرخ تولید بالا، منجر به صرفه جویی قابل توجهی در مقایسه با سایر انواع روسازی ها می گردد.

(پ) همچنین با در نظر گرفتن کاربرد RCC در مقاوم سازی روسازی های موجود، این روسازی ها به علت پایداری و استحکام ساختار مصالح سنگی پس از تراکم، امکان باز کردن سریع راه به روی ترافیک را فراهم می سازند.

بتن غلتکی (RCC) یا بتن نورد شده (رول بتن) ترکیب خاصی از بتن است که اساساً دارای همان مواد تشکیل دهنده بتن معمولی است اما در نسبت های متفاوت، و به طور فزاینده ای با جایگزینی جزئی خاکستر بادی به جای سیمان پرتلند یک جنبه مهم در ساخت سد RCC است، زیرا گرمای تولید شده توسط هیدراتاسیون خاکستر بادی به طور قابل توجهی کمتر از گرمای تولید شده توسط هیدراتاسیون سیمان پرتلند است. این به نوبه خود بارهای حرارتی روی سد را کاهش می دهد و پتانسیل ایجاد ترک حرارتی را کاهش می دهد.

برای کاربردهای سد، بخش های RCC به صورت بالابر به بالا در لایه های افقی متوالی ساخته می شوند که منجر به یک شیب پایین دست می شود که شبیه یک پلکان بتنی است. هنگامی که یک لایه قرار می گیرد، می تواند بلافاصله از تجهیزات حرکتی زمین برای قرار دادن لایه بعدی پشتیبانی کند. پس از اینکه RCC روی سطح بالابر رسوب کرد، بولدوزرهای کوچک معمولاً آن را در لایه هایی به ضخامت یک فوت (حدود ۳۰ سانتی متر) پخش می کنند.

در سالهای ۱۹۶۰ چند پروژه با اندیشه ترکیب مزایای سدهای بتنی و خاکی طراحی شدند این سدها مخلوط نتیجه مطالعات و نوآوری های مهندسی سازه و ژئوتکنیک بودند، متأسفانه به دلیل تخصصی بودن هر یک از این دو رشته، ارتباط محدودی بین پیشگامان اولیه برقرار بوده بر این اساس متخصصین هر یک از این دو رشته آگاهی محدودی نسبت به تلاشهای اولیه یکدیگر داشتند.



اولین سد RCC که در ایالات متحده ساخته شد، سد ویلو کریک بر روی ویلو کریک، شاخه‌ای در اورگان رودخانه کلمبیا بود. بین نوامبر ۱۹۸۱ و فوریه ۱۹۸۳ توسط سپاه مهندسی ارتش ساخته شد. ساخت و ساز به خوبی پیش رفت، در یک برنامه سریع و کمتر از بودجه (۵۰ میلیون دلار تخمین زده، ۳۵ میلیون دلار واقعی). با این حال، در پر کردن اولیه، مشخص شد که نشت بین لایه های فشرده در بدنه سد به طور غیرعادی زیاد است. این وضعیت با تزریق درمانی سنتی با هزینه ۲ میلیون دلاری درمان شد که در ابتدا نشت را تقریباً ۷۵ درصد کاهش داد. در طول سال ها، نشت از آن زمان به کمتر از ۱۰ درصد جریان اولیه کاهش یافته است. نگرانی در مورد ایمنی بلندمدت سد همچنان ادامه دارد، اگرچه فقط به طور غیرمستقیم به ساخت RCC مربوط می شود. طی چند سال پس از ساخت، مشکلاتی در قشر بندی آب مخزن، ناشی از آلودگی بالادست و تجزیه بدون اکسیژن، که گاز سولفید هیدروژن تولید می کرد، مشاهده شد. نگرانی هایی بیان شد که این امر به نوبه خود می تواند منجر به اسید سولفوریک شود و در نتیجه آسیب به بتن را تسریع کند. جنجال خود و همچنین رسیدگی به آن تا چند سال ادامه داشت. در سال ۲۰۰۴ یک نیروگاه هوادهی برای رسیدگی به علت اصلی در مخزن نصب شد، همانطور که ۱۸ سال قبل پیشنهاد شده بود. تا سال ۲۰۰۸ حدود ۳۵۰ سد RCC در سراسر جهان وجود داشت. در حال حاضر مرتفع ترین سد از این نوع، سد گیلگل گیبه در اتیوپی با ارتفاع ۲۵۰ متر و سد دیامر- بهشا پاکستانی با ارتفاع ۲۷۲ متر در دست ساخت است.

خواص بتن غلتکی :

۱- کارایی

این بتن ها باید ظرفیت تحمل وزن ماشین های متراکم سازی را داشته باشند. همچنین با توجه به اینکه اسلامپ این نوع از بتن ها صفر می باشد مسئله کاهش کارایی بتن بعد از ساخت و گیرش، مسائل مهمی است که می باید به آن توجه ویژه نمود.

۲- جداسدگی

جداسدگی از مسائل مهم برای پروژه هایی مانند سدسازی می باشد، به این دلیل که میزان سیمان مصرفی برای بتن غلتکی به علت کنترل حرارت ناشی از هیدراسیون کم می باشد و قطر ذرات بکار رفته برای بتن غلتکی بزرگتر از قطر ذرات بکار رفته برای بتن معمولی بکار رفته برای راهسازی است. لذا مشکل جداسدگی دانه ها برای بتن غلتکی سد پررنگ تر است.

آب انداختگی-۳

با توجه به کم بودن میزان آب مصرفی برای بتن غلتکی، مشکل آب انداختگی بطور قابل توجهی مطرح نیست

جرم حجمی و درجه تراکم-۴

با توجه کم بودن میزان آب بتن غلتکی جرم حجمی آن در صورت تراکم مناسب قدری بیشتر بتن معمولی است

۵- مقاومت فشاری

مقاومت فشاری و دوام بتن غلتکی مورد استفاده در روسازی بالاتر از مقاومت فشاری بتن بکار رفته در سد است زیرا که سیمان بتن غلتکی سد کمتر می باشد ولی بتن غلتکی روسازی با توجه به ضخامت کم آن و مسئله ساز نبودن بحث حرارت سیمان بیشتری دارد.

۶-مدول الاستیسیته

مدول الاستیسیته بتن غلتکی قدری بیشتر از بتن معمولی با مقدار سیمان مشابه است.

بتن RCCP از دهه های گذشته در کشورهای توسعه یافته مورد توجه قرار گرفت به دلیل مسائل زیست محیطی ناشی از آسفالت در کنار دوام اندک آن در برابر تغییرات جوی، ضربه پذیری و سایش، به نحوی که در حال حاضر بیش از ۸۰ درصد معابر ماشین رو در این کشورها با استفاده از بتن غلطکی اجرا شده است. بتن های غلتکی یا همان RCC در مقایسه با بتن های معمولی که به صورت روتین مورد استفاده قرار می گیرد مزیت هایی همچون سرعت بالا در اجرا و کاهش هزینه ها را به همراه دارد.

ملاحظات اساسی در انتخاب نسبت اختلاط مناسب بتن غلطکی عبارتند از :

- روانی مناسب (توجه به دانه بندی و درصد آب مناسب برای تراکم)
- مقاومت کافی (تامین خواص مکانیکی و چسبندگی درزها)
- آب بندی (کنترل تراوش)
- حرارت هیدراتاسیون کم (محدود نمودن پتانسیل ترک های حرارتی)

کاربرد بتن غلتکی در راهسازی :

بتن آسفالت یک ماده کامپوزیتی است که معمولاً برای روکش کردن جاده ها، پارکینگ ها استفاده می شود. فرودگاه ها و هسته سدهای خاکی. مخلوط آسفالت از اوایل قرن بیستم در ساخت و ساز روسازی استفاده شده است. این شامل سنگدانه های معدنی است که به همراه آسفالت چسبانده شده اند، در لایه ها چیده شده و متراکم شده اند. این فرآیند توسط مخترع بلژیکی - آمریکایی ادوارد دی اسمدت اصلاح و تقویت شد.

تاریخچه استفاده از بتن غلتکی در راهسازی :

اولین کاربرد واقعی و مهم RCCP در آمریکا احداث محوطه وسیع پارکینگ برای تانک ها و وسایل نقلیه نظامی سنگین در پایگاه هود در تگزاس در سال ۱۹۸۴ بوده است. پس از آن مهندسين ارتش امریکا از RCCP برای ساخت باند پرواز در فرودگاه واشنگتن در سال ۱۹۴۳ استفاده نمودند. این بتن یک تکنولوژی در حال پیشرفت است و حدود دو دهه است که پروژه های بسیار زیاد روسازی در آمریکا و کشورهای اروپایی نظیر فرانسه، اسپانیا، آلمان، استرالیا، هندوستان و ژاپن با بتن RCCP، اجرا شده است و استفاده از آن همچنان در حال گسترش است.



محاسن استفاده از بتن غلطکی (RCC) به جای آسفالت :

- با توجه به افزایش قیمت قیر طی سالهای اخیر و احتمال افزایش قیمت آن در آینده روسازی بتنی بسیار مقرون به صرفه تر از آسفالت میباشد.
- در صورتی که زیرسازی در لایه های زیراساس و اساس بیش از تراکم خوبی برخوردار باشد روسازی بتنی را میتوان بر روی هر کدام از این لایه ها اجرا کرد. (ضرورتی بر اجرای اساس نیست)
- استفاده از مشتقات نفتی از جمله قیر باعث آلودگی محیط زیست میگردد.
- نصب و جابجایی دستگاه بچینگ (بتن ساز) در مقایسه با کارخانه آسفالت آسان تر و کم هزینه تر است .
- حساسیت کم به روغن های ریخته شده مثل گازوییل و مواد خورنده در محوطه های صنعتی
- بزرگترین حسن این روسازی هزینه پایین آن در نگهداری و راهداری بعد از اجرا میباشد، که این هزینه تقریباً ده برابر کمتر از آسفالت میباشد.
- در معابر عمومی شهری که احتمال ایجاد برشهای متفاوت توسط سازمانهای مختلف از جمله آب ، برق ، گاز ، مخابرات ، فاضلاب و ... وجود دارد، در صورت استفاده از این روسازی بعد از اتمام عملیات اجرایی و حفاری آنان به سادگی قابل مرمت و بازسازی میباشد و احتمال نشست کردن و خرابی آن بسیار پایین میباشد.
- عمر مفید بتن حداقل ۲ تا ۳ برابر آسفالت است.
- با توجه به توضیحات مندرج در بالا و جمع بندی کلی آن کاملاً مشهود میباشد که هزینه های اجرای این روسازی نسبت به آسفالت به خصوص در مورد نگهداری و مراقبت بعد از اجرا بسیار پایین تر و مقرون به صرفه تر میباشد.
- نداشتن مشکلات ناشی از نشست



منابع:

[ACI 207](#)

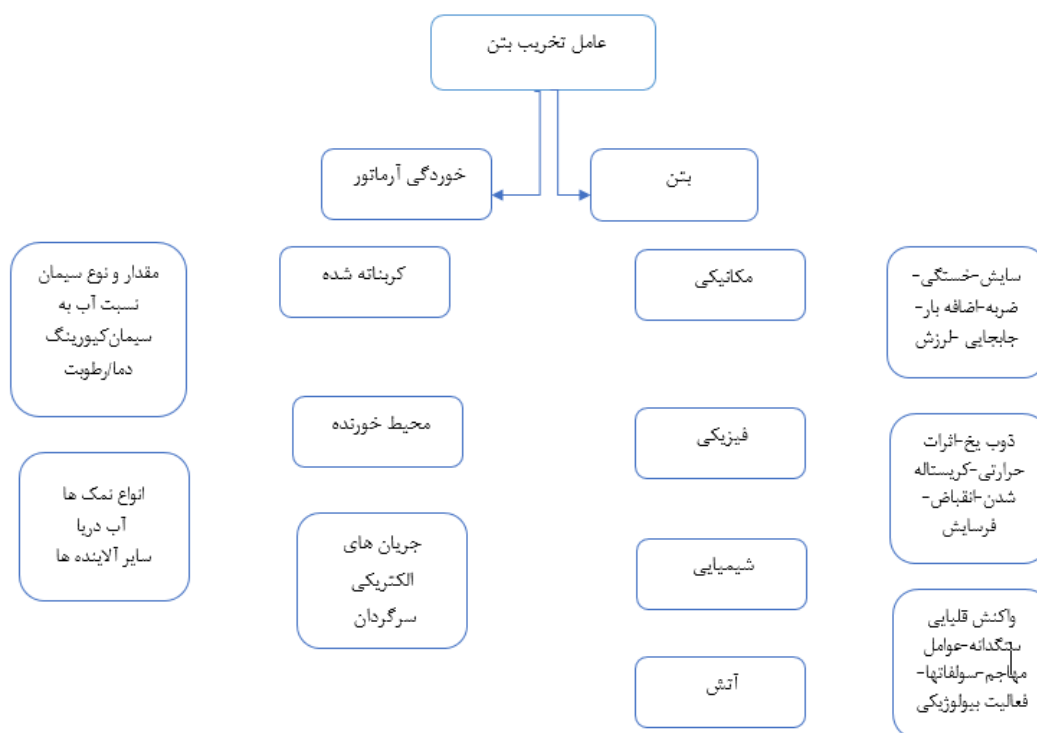
ترمیم بتن (سازه ای و غیر سازه ای)

ترمیم و بازسازی سازه های بتنی آسیب دیده به عنوان یکی از مهمترین فعالیت های ساختمانی در سطح جهان مطرح شده است. با توجه به اینکه هزینه ای پرداخت شده طی سال های اخیر جهت ترمیم سازه های آسیب دیده، بیش از هزینه های ساخت سازه های جدید است، توجه بسیاری از مهندسان و محققان سازه ای در زمینه تحقیق و توسعه تکنیک های سریع تعمیر و نگهداری را به خود جلب کرده است تا عملکرد اجزای سازه در برابر نیروهای وارد بر آن کاهش و بهبود یابد.

ترمیم بتن:

ترمیم بتن در اصل شامل جایگزینی و یا اصلاح و تعمیر عضو آسیب دیده و معیوب یک سازه می باشد و این امر باعث افزایش طول عمر مفید سازه و بهبود در عملکرد آن می باشد.

دلایل آسیب بتن طبق استاندارد [EN1504](#)



اصول ترمیم بتن بر اساس استاندارد EN1504:

ردیف	اصول ترمیم سازه های بتنی	روش های مرتبط
۱	بازسازی بتن (اصل ۳): بازسازی سازه بتنی از طریق جایگزینی بخشی از بتن سازه	۱-۳- اجرای ملات تعمیراتی با دست ۲-۳- قالب بندی و بتن ریزی مجدد در بخش آسیب دیده ۳-۳- پاشش بتن یا ملات (بتن پاششی یا شانکریت) ۴-۳- جایگزین نمودن اعضای سازه
۲	مقاوم سازی بتن (اصل ۴): افزایش یا بازیابی ظرفیت باربری قسمتی از سازه بتنی	۱-۴- اضافه نمودن آرماتورهای جدید یا جایگزینی آرماتورهای آسیب دیده با آرماتورهای جدید ۲-۴- کاشت و چسباندن آرماتورهای جدید ۳-۴- چسباندن صفحات تقویت کننده ۴-۴- اجرای یک لایه ملات یا بتن اضافه بر بخشی از سازه ۵-۴- تزریق در ترکها، حفرات و درزها ۶-۴- پر کردن ترکها، حفرات و درزها ۷-۴- پیش تنیدگی (پس کشیده)

<p>۱-۷-افزایش پوشش با اضافه کردن ملات یا بتن ۲-۷-جایگزینی بتن آلوده یا کربناته ۳-۷-۴ قلیایی نمودن مجدد بتن کربناته شده ۴-۷-استخراج الکتروشیمیایی کلرید ۵-۷-۶-پر کردن ترکها، حفره ها یا فاصله ها</p>	<p>بازیابی و حفظ آرماتورهای بتن در حالت غیرفعال (اصل ۷): ایجاد شرایطی که در آن سطح آرماتورها در وضعیت غیرفعال باقی مانده یا به این وضعیت برگردد و از پیشرفت خوردگی مصون بماند.</p>	<p>۳</p>
---	--	----------

شایع ترین ترک های بتن:

ترک های سوسماری:

ترک های بسیار ریزی مانند تار عنکبوت و یا پوست تمساح هستند که در اثر جمع شدن لایه های سطح و یا عمل آوری نامناسب در سطح بتن با عمق ۲ الی ۳ میلیمتر به وجود می آیند .



جمع شدگی بتن:

این ترک ها به دلیل کاهش حجم بتن و خشک شدن در تمامی سطح بتن به وجود می آید. در صورت مهار نمودن حرکت های بتن در سازه باعث ایجاد تنش های کششی شده و در صورت عدم مقاومت سازه در برابر این تنش ها ترک خوردگی اتفاق خواهد افتاد.

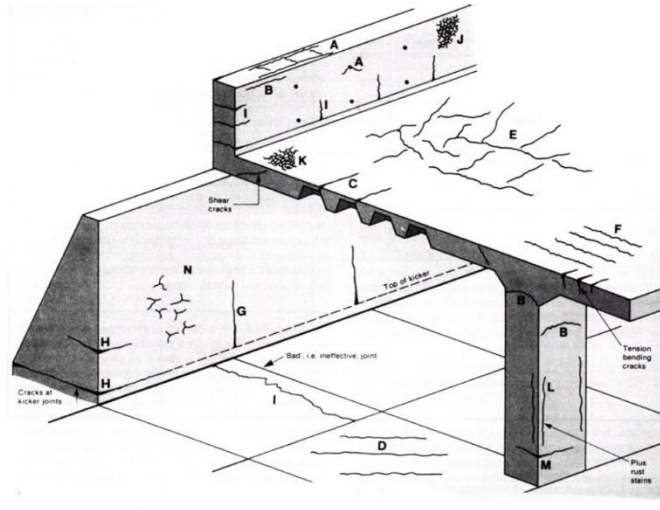


حفره های موجود در زیر میلگردها(ترک های موزاییکی)
این ترک ها به صورت موزای با میلگرد ها و در نزدیکی سطح بتن به وجود می آیند.

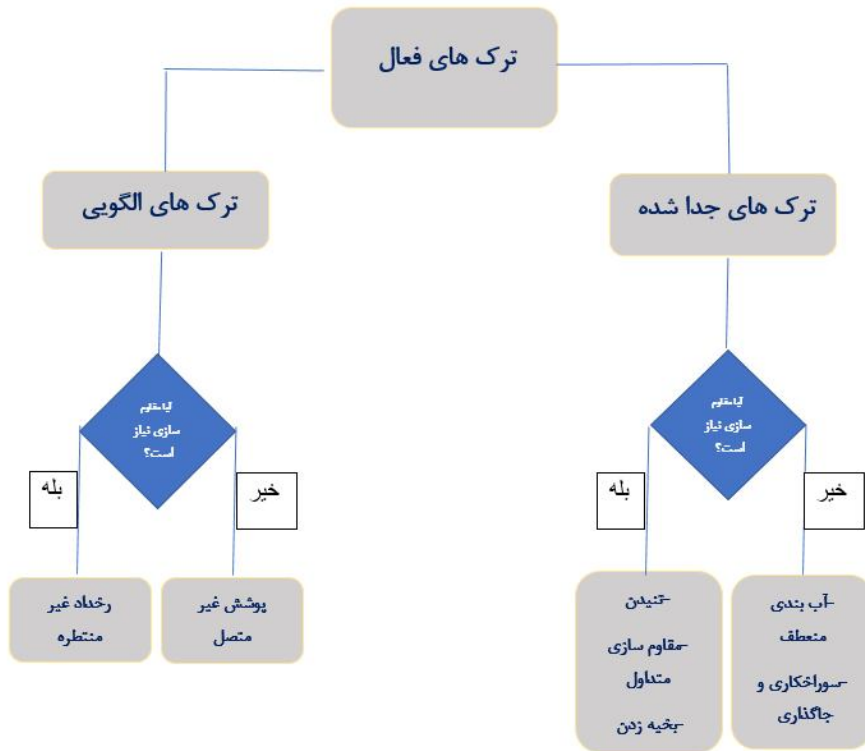


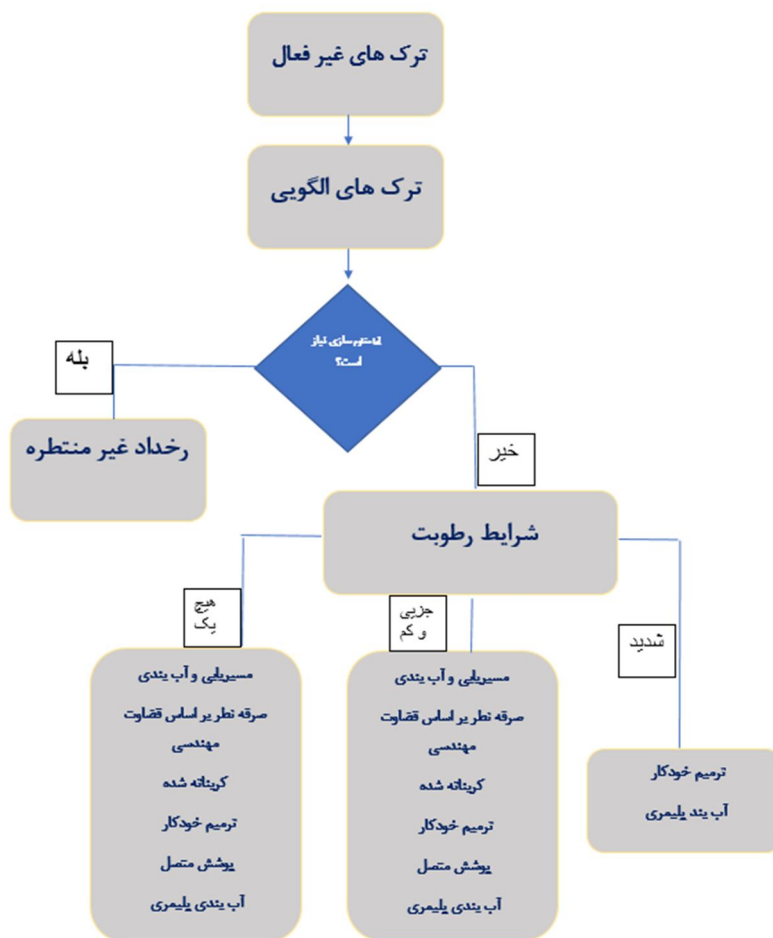
ترک های ناشی از بارهای خارجی:

این ترک ها در اثر بارهای کششی، کاهش مقاومت خمشی و یا کاهش مقاومت برشی در سطح بتن بوجود می آیند که بر سلامت و کارایی سازه تاثیر زیادی دارد .



روشهای ترمیم ترک در سازه های بتنی





بر اساس تعریف [P.H.Perkins](#) ترک ها به دلایل مختلفی در بتن ایجاد می شوند و در صورت نیاز به ترمیم و مقاوم سازی می توان آنها را به دو دسته اصلی تقسیم کرد:

ترک های غیر سازه ای (R1,R2):

این ترک ها به دلیل عدم رعایت نسبت آب به سیمان، تبخیر و یخزدگی آب، تغییرات شدید دما در محیط یا لایه های درونی بتن رخ می دهند. ترک های غیر سازه ای به دلیل ایجاد در ناحیه غیر بحرانی احتمال گسترش و پیشروی ندارند.

محصولات قابل استفاده جهت ترمیم ترک های غیر سازه ای :

مقاومت قابل استفاده حسب میلی متر	کاربرد	محصولات	مقاومت فشاری	رده مقاومتی
۰-۱	۱-لیسه ای و صیقلی نمودن سطوح نهایی ۲-زیرسازی سطوح، پیش از اجرای رنگ های ساختمانی	اسموزر SMOOTHER	$10 <$	R1
۱-۵	ترمیم سطوح مقاطع داخلی ساختمان	ترمیم کننده بتن E.M. REPAIR	$15 <$	R2

۰-۳	رمیم سطوح داخلی و خارجی ساختمان، بازه‌های آبی نظیر مخازن، برج‌های خنک کننده، تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب و ...	ترمیم‌کننده ABAREPAIR-ECO		
		بتن ویژه رمیم‌کننده E.M. SUPER REPAIR بتن ویژه		

ترک های سازه ای (R3,R4):

این ترک ها به دلیل مشکلات سازه ای و اجرایی بر روی سطح بتن ایجاد و به دلیل قرارگرفتن در معرض تنش های کششی و خمشی گسترش یافته و باعث ایجاد گسستگی در سطح بتن می گردد.

محصولات قابل استفاده جهت ترمیم ترک های سازه ای :

ضخامت قابل استفاده بر حسب میلی متر	کاربرد	محصولات	مقاومت فشاری	رده مقاومتی
۲-۵۰	رمیم مقاطعی که عمق خرابی ها زیاد یا به میلگردها رسیده باشد	رمیم‌کننده بتن ABAREPAIR-F پر مقاومت	۲۵ <	R3
۰-۳۰	۱- ترمیم مقاطع بتنی در لبه‌ها ۲- ترمیم و آماده نمودن سطوح بتنی ش از اجرای کفپوش، پوشش یا موارد شابه بر پایه رزین‌های واکنشگرا مانند اپوکسی و پلی‌یورتان	ملات ABADUR MP 25/45 اپوکسی لات اپوکسی ABADUR MP 5/25	۴۵ <	R4

آماده سازی سطح بتن:

طبق استاندارد [ACI 546 R](#) آماده سازی سطح بتن یکی از مهمترین و تاثیرگذارترین مرحله در تعمیر بتن می باشد و باعث برقراری پیوند مستحکم و با دوام بین محصولات مورد استفاده در تعمیر و بتن می گردد. مواد ترمیم بتن هنگام اعمال بر روی بتن می بایست به عنوان یک بخش جدایی ناپذیر از بتن تبدیل شود و سازه را به استحکام اولیه خود بازگرداند بنابراین ترک ها و جداسدگی های نزدیک سطح بتن باید از بین بروند و سطح از زبری کافی برخوردار شود.

مراحل آماده سازی سطح بتن عبارتند از :

- به جهت آماده سازی، سطح بتن می بایست عاری از گرد و غبار، ناخالصی و روغن و ... باشد
- تمامی لایه های نازک با مقاومت کم و سست از سطح بتن جدا گردد.
- در صورت وجود پوشش های قدیمی، بتن و ملات می بایست از روی سطح بتن جدا و حذف گردد.
- به جهت بالا بردن قدرت چسبندگی، سطح بتن می بایست عاری از زنگ زدگی باشد.

پرکردن ترک ها:

می بایست یکی از اهداف زیر را برآورده نماید: [EN 1504](#) پر کردن ترک های موجود بر روی سطح بتن طبق استاندارد

- قابلیت انتقال نیروی ترک های پر شده
- پر کردن شکل پذیر ترک ها
- تورم مناسب ترک های پر شده

لازم به ذکر است وضعیت ترک، تحرکات و حداقل ضخامت بر روی تعیین نوع مواد جهت پر کردن بسیار حائز اهمیت می باشد. در صورتیکه ترک ها در جریان دائمی اب و یا رطوبت قرار گیرند می توان برای ترمیم و پر کردن ترک ها از تزریق پلی یورتان ها استفاده کرد.



تزریق بتن:

بر اساس موارد مطرح شده در بخش پنجم استاندارد EN 1504 به عنوان روشی جهت محافظت در برابر نفوذ یون های مخرب، آبنندی و پر نمودن ترک ها مورد استفاده قرار می گیرد و باعث افزایش مقاومت سازه ای شده و در ترک ها، حفرات و یا درزها بدون فشار قابلیت اجرا دارد.

بنابراین تزریق در خلل و فرج بتن با هدف نیل به خواص ذیل انجام می گردد:

- ایجاد خاصیت نفوذناپذیری و در نتیجه ضد آب سازی
- جلوگیری از نفوذ عناصری که ممکن است منجر به خوردگی آرماتور فولادی گردد
- مقاوم سازی بتن

یکی از راهکار های موثر و بدون نیاز به تکرار جهت ترمیم ترک هایی که به دلیل جمع شدگی ، انبساط و انقباض حرارتی ، نشست، عدم اجرای صحیح اتصالات و درز ها، بارگذاری بیش از حد بوجود می آیند، مقام سازی و تزریق اپوکسی تحت فشار به داخل ترک ها می باشد که باعث ایجاد یک پیوند و اتصال قوی بین دو سطح می گردد.

روش تزریق:

تزریق رزین از یک نقطه آغاز و تا نقطه بعدی ادامه می یابد و از پر شدن تمامی خلل و فرج ها اطمینان حاصل می گردد. در صورتیکه ابتدا و انتهای ترک در یک سطح نباشند تزریق از پایین ترین نقطه آغاز و به بالاترین نقطه ختم می گردد.

در همین راستا شرکت آبادگران به جهت تزریق و مقاوم سازی سازه های بتنی **چسب تزریق بدون حلال ABAINJECT EP-110** و **چسب تزریق بدون حلال ABAINJECT EPW-210**، بر پایه رزین اپوکسی اصلاح شده و هاردنر های ویژه را طراحی نموده که ویسکوزیته این چسب به گونه ای تنظیم شده است که تزریق آن درون ترک به خوبی انجام می گیرد و موجب اتصال مجدد ترک و بازسازی بتن می گردد. این محصول مطابق با الزامات استاندارد EN 1504-5 و ASTM C881 و برای تزریق در ترک های با عرض بزرگتر از ۰,۳ میلیمتر طراحی شده است.



جایگزین بتن آسیب دیده:

با توجه به شرایط محیطی و جغرافیایی و مقدار خوردگی به وجود آمده در سطح بتن، قسمتی از بتن با مواد مناسب و کاربردی جهت ترمیم و تعمیر جایگزین می گردد.



مقاوم سازی سازه های بتنی، ترمیم و علاج بخشی آنها جهت تحمل بارهای مضاعف، افزایش شکل پذیری، ظرفیت باربری سازه بتنی و احیا آن می باشد. از این رو هرگاه نیاز به افزایش ضخامت یا مسلح سازی المان های مختلف یک سازه بتنی (فونداسیون، تیر، ستون یا دیوارهای برشی) از طریق برقراری ارتباط بین سازه بتنی موجود با لایه ها یا المان های بتنی مسلح خارجی باشد استفاده از انکرهای شیمیایی توسط **چسب کاشت میلگرد ABABOND RA-500** پیشنهاد می گردد. در نهایت توسط مواد پر کننده نظیر گروت های سیمانی و یا در شرایطی خاص گروت های اپوکسی مقاطع آسیب دیده ترمیم و مقاوم سازی خواهد شد.

به جهت اتصال و چسبندگی بهتر بین لایه ای در گروت ها یا بتن به سطح زیرکار استفاده از **چسب بتن اپوکسی ABABOND EP-20** الزامی باشد. این چسب با ایجاد پیوندی بسیار قویتر از استحکام کششی بتن، عالی ترین گزینه جهت اتصال بتن یا ملات تازه به بتن قدیمی و ایجاد مقاومتهای مکانیکی بسیار زیاد می باشد **ABABOND EP-20** دارای ویژگی هایی همچون قابلیت اجرا بر روی سطوح مرطوب، چسبندگی بسیار زیاد به سطوح بتنی، فلزی، آجری، موزاییک و سنگ، تاثیرناپذیری از رطوبت، مقاومت مکانیکی اولیه و نهایی زیاد، کارایی بسیار زیاد بر روی سطوح خشک و تر، طول عمری برابر با عمر سازه و اجرای آسان می باشد. جهت ترمیم بتن و اتصال بتن جدید و قدیمی، استفاده از چسب های بتن بر پایه اپوکسی، اکریک و وینیل استات در صنعت ساختمان رایج می باشد

ملات های سیمانی یا بتن پاششی:

این نوع بتن مناسب اجرا در ضخامت ۳۰ الی ۵۰ میلی متر می باشد. قابل استفاده برای سطح های عمودی و بالای سر می باشد ولی هرگز در سطح های افقی استفاده نگردد. برخلاف بتن قالبی، به قالب چهارچوب نیازی نداشته و به صورت یک مخلوط از پیش آماده بر روی سطح اسپری می شود. همچنین برای افزایش استحکام خمشی و کاهش خطر ترک های ناشی از جمع شدگی می توان بتن پاششی را به وسیله الیاف تقویت کرد. اجرای بتن پاششی شرایط اعمال خاص خود را دارد. در این روش، بتن تازه

یا اجزای خشک بتن پس از اختلاط، برای پاشش به تجهیزات خاصی انتقال داده می‌شوند. بتن یا ملات پاششی با استفاده از لوله و شلنگ‌های مقاوم به فشار بالا، به محل مورد نظر پاشیده شده و متراکم می‌شوند در همین راستا به جهت جایگزین نمودن سازه توسط مواد پاششی محصول **زودگیر شاتکریت مایع ABAQUICK-AFL** و محصول **زودگیر شاتکریت پودری ABAQUICK-AFP** می‌باشند.



ملات سیمانی و یا بتنی:

این نوع بتن مناسب اجرا در ضخامت ۲۰ الی ۴۰ میلی متر می باشد. معمولاً برای ایجاد لایه های نازک تر با لایه های بتنی به کار می‌روند و اعمال آنها با استفاده از اسپری و یا قالب می‌باشد. به جهت اتصال و چسبندگی بهتر بین لایه ای به سطح زیرکار استفاده از چسب بتن اپوکسی ABABOND EP-20 الزامی باشد



ملات سیمانی و یا بتن اصلاح شده با پلیمر:

این ملات با استفاده از دست و یا اسپری اجرا می گردد. دلایل استفاده از پلیمرها در برابر ملات ها عبارتند از:

- افزایش چسبندگی به سطح
- کارایی بیشتر
- افزایش حفظ آب
- افزایش مقاومت خمشی و کششی افزایش چسبندگی به سطح
- کارایی بیشتر
- افزایش حفظ آب

- افزایش مقاومت خمشی و کششی

ملات های پلیمری:

این نوع ملات دارای پلیمرهای واکنشگر هستند که در دمای محیط سخت و در شرایط قلیایی پایدار هستند و در لایه های بسیار نازک اجرا خواهند شد .

ملات های پلیمری تنها در شرایط زیر قابل استفاده هستند :

- مواد ترمیمی با خشک شدن سریع مورد نیاز باشد
- امکان هیچگونه عمل آوری وجود نداشته باشد
- لایه بسیار نازکی مورد نیاز باشد



منابع :

استاندارد EN1504 Repair, Protection – Failure-distress-and-repair-of-concrete-structures and Waterproofing of Concrete Structures

روسازی راه با استفاده از بتن

روسازی بتنی برای اتوبان ها، فرودگاه ها، خیابان، جاده ها، پارکینگ های بزرگ، کارخانجات و مراکز صنعتی و دیگر نوع زیرساخت ها استفاده می شود. زمانی که روسازی بتنی بدرستی طراحی شده و از مواد با دوام در آن استفاده شود، می تواند در دهه های متوالی بدون نیاز به تعمیر و نگهداری، خدمات رسانی نماید. بطور کلی روسازی بتن در مقایسه با روسازی آسفالت، گرانتر است ولی طول عمر و عمر مفید آن بیشتر بوده و هزینه تعمیر و نگهداری آن کمتر می باشد.

روسازی بتنی اولین مرتبه در ایالت اوهایو در سال ۱۹۸۱ میلادی توسط George Bartholomew طراحی و ساخته شد. او در خصوص تکنولوژی تولید سیمان در آلمان و تگزاس آموخته بود و منابع ضعیفی از مواد اولیه مورد نیاز و سنگ آهک و خاک رس در مرکز اوهایو پیدا کرده بود. از آنجایی که این اولین مرتبه ساخت روسازی بتنی بود شهرداری از ایشان ضمانت ۵۰۰۰ دلاری مبنی بر حداقل طول عمر ۵ ساله روسازی بتنی دریافت کرد در حالیکه بیش از ۱۰۰ سال دوام پیدا نمود. با توجه به توسعه روز به روز صنعت حمل و نقل کشور و نیاز به توسعه مستمر و پایدار، روسازی بتنی در الویت فرآیند راه سازی قرار می گیرد. بطور کلی روسازی بتنی به دو دسته انعطاف پذیر و صلب تقسیم می شود که روسازی بتنی در زمره روسازی صلب قرار میگیرد.

انواع روسازی بتنی

انواع مختلفی از روسازی بتنی در صنعت راه سازی مورد استفاده قرار می گیرد اما اغلب آنها دو ویژگی را میبایست داشته باشند: اول مقاومت آنها در برابر بارهای ترافیکی که با استفاده از خاصیت مقاومت خمشی بتن تامین می شود. این در شرایطی است

که بتن مقاوم سازی شده با هدف کنترل ترک در بتن طراحی شده باشد نه تحمل فشار. ویژگی دوم انقباض روسازی بتنی بدلیل جمع شدگی در زمان خشک شدن بتن و انقباض و انبساط های ناشی از اثرات حرارتی است که این موارد با استفاده از درزهای بتن، فولادهای تقویت کننده و یا هر دو برطرف می شود.

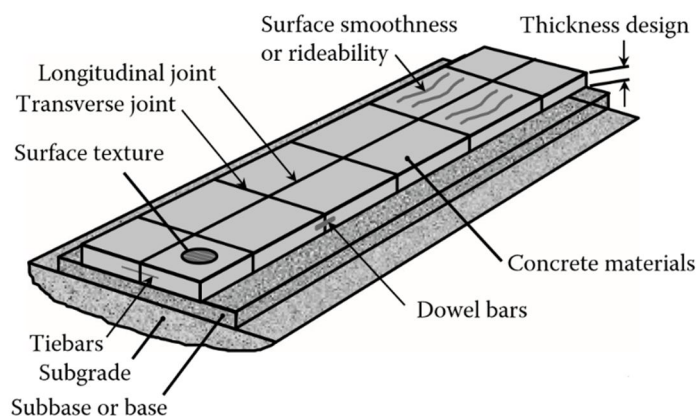
انواع دیگری از روسازی بتنی نظیر بتن روسازی از پیش ساخته شده یا از پیش بارگذاری شده نیز به عنوان روسازی های بتنی مرسوم وجود دارد اما به ندرت استفاده می شوند. بتن غلطکی و بتن متخلخل نیز نوع دیگری از روسازی بتنی است که در صنایع خاص یا پارکینگ ها استفاده می شوند.



روسازی بتنی ساده

روسازی بتنی ساده با کد اختصاصی JPCP، از اسلب های بتنی با طول ۳٫۶ الی ۶ متر (۱۲ تا ۲۰ فوت) با درزهای انقباضی عرضی بین اسلب ها تشکیل شده است. این درزها به اندازه ای نزدیک بهم بوده که در طول عمر بتن روسازی شده ترکی در بتن ایجاد نشده و تمامی انقباض و انبساط ها به درزها منتقل می شود.

نکته بسیار مهم در روسازی بتنی ساده، بار حمل و نقل وارده در مواجهه با درزهاست که چنانچه درزها اشتباها کارگذاری شده باشند، راننده با برجستگی هایی مواجه شده و رانندگی خشنی را تجربه می کند. دو روش برای مقابله با این مشکل وجود دارد یکی قفل بندی سنگدانه ها [1] (AGGREGATE INTERLOCK) و دیگری داول بار [2] (Dowel Bar).

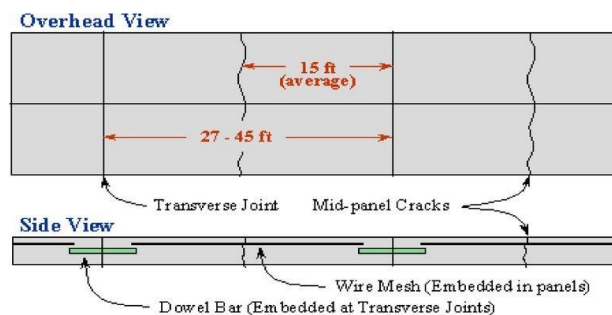


روسازی بتنی مسلح شده

روسازی بتنی مسلح شده با کد اختصاصی JRCP، با استفاده از اسلب های با طول بلندتر و آرماتوربندی سبک تر از روسازی بتنی ساده JPCP متمایز می شود. این میلگردها اغلب میلگردهای حرارتی بتن نامیده می شود. طول اسلب های بتنی JRCP معمولاً بین ۷٫۵ الی ۹ متر (۲۵ تا ۳۰ فوت) می باشد هرچند اسلب های بتنی با طول تا ۳۰ متر نیز استفاده می کردند. در چنین اسلب هایی با این طول میبایست درزها داول بار شده و درصد فلز مورد استفاده در اسلب ها میبایست بین ۰٫۱

الی ۰,۲۵ درصد در مقطع طولی و میزان کمتر در مقطع عرضی باشد. همچنین ممکن است از میله های تقویت کننده و یا پارچه و مش های فولادی نیز استفاده شود و این بدلیل این است که فولادی که در جهت محور خنثی یا مرکز اسلب ها قرار می گیرد تاثیری بر مقاومت خمشی بتن نداشته و فقط ترک ها را در کنار یکدیگر نگه می دارد. بطور کلی استفاده از JRCP در گذشته بیشتر متداول بود. تنها مزیت JRCP نسبت به JPCP استفاده از درزهای کمتر بدلیل طول بیشتر آن است.

JOINTED REINFORCED CONCRETE PAVEMENT



روسازی بتنی مسلح شده مداوم (مستمر)

روسازی بتنی مسلح شده مداوم با کد اختصاصی CRCP با استفاده از آرماتوربندی سنگین و عدم وجود درز به جز درزهای اجرایی شناخته میشود. مقدار بیشتر فولاد/میلگرد استفاده شده در CRCP نسبت به JRCP حدود ۰,۴ الی ۰,۸ درصد در جهت طولی است.

یک بتن CRCP با طراحی و ساخت عالی با درنظر گرفتن دو شاخص زیر انجام میشود:

- مشخص نمودن هزینه نگهداری درزها در طول عمر بتن روسازی شده، کمک به برآورده کردن انتظارات عمومی برای کاهش مناطق کاری و تاخیر مسافران مربوطه.
- برآورده کردن مداوم انتقال تنش برشی ناشی از بار سنگین چرخ ها که تاثیر آنرا در رانندگی با صدای کمتر و عدم توسعه ترک ها شاهد خواهیم بود.

انواع درزهای مرسوم در بتن روسازی شده:

- درز انقباض عرضی
- درز طولی
- درز اجرایی
- درز انبساطی



بتن روسازی از پیش ساخته و بارگذاری شده

بتن های روسازی شده به مقاومت خمشی و مقاومت آنها در برابر بارهای ترافیکی تکیه دارد. در کنار استفاده از تاندون های از پیش بارگذاری شده که بتواند یک مقاومت فشاری خالص را در مقطع روسازی وارد نماید، افزایش ضخامت مقاطع روسازی نیز امکان پذیر می باشد زیرا بارهای ترافیکی می بایست بر مقاومت فشاری پیش از القای بارهای کششی خستگی خمشی بر روسازی وارد آید.

دوام روسازی بتنی

افزایش دوام معادل با افزایش صرفه اقتصادی است که توسط American Society of Civil Engineers Code of Ethics (ASCE) در سال ۱۹۹۶ نوشته شده است. گفته آنها در این آئتم خلاصه می شود: "مهندسين می بایست در پی فرصتی برای ارائه خدماتی راهگشا در امور عمرانی بوده که بتواند ایمنی، سلامتی و مفید بودن انجمن آنها را به همراه داشته و حمایت از محیط زیست در عملکرد آنها مستتر باشد." ASCE دوام را به اینصورت تعریف می نماید که بتوان مجموعه ای از شرایط محیطی، اقتصادی و اجتماعی را فراهم نمود که کل جامعه ظرفیت و فرصت نگهداری و بهبود زندگی را دارا باشند. چند مورد از فواید دوام روسازی بتنی بشرح زیر میباشد:

- کاهش ۲,۴ الی ۳۰ درصدی انرژی مورد نیاز برای نگهداری و ساخت روسازی های انجام شده با ذخیره بیشتر برای ترافیک های سنگین تر اتوبان ها
- کاهش مصرف مصالح و اجزای دانه ای در ساختار روسازی بدلیل عدم نیاز به لایه های پایه



آنالیز چرخه طول عمر (LCCA)

بصورت مرسوم، موارد جایگزین حمل و نقل با هزینه های ساخت مقایسه می شوند. این مورد به اینصورت تشخیص داده میشود که آنالیز های اقتصادی پیچیده، ارزش هزینه های فعالیتی برای نگهداری و نوسازی را خاطر نشان می کرد؛ لذا موارد جایگزین مانند روسازی بتنی که هزینه بیشتری به نسبت ساخت دارد، هزینه های نگهداری و نوسازی آتی را کاهش می دهد.

طراحی یک روسازی بتنی با دوام

برای روسازی اتوبان‌ها روشی پیشنهاد می‌شود که مستقیماً ویژگی‌های طراحی‌های بر پایه دوام را تأمین می‌نماید. به عنوان مثال برای بافت سطح بتن نمی‌بایست فقط به مقاومت لغزشی و ایمنی توجه نمود بلکه تولید صدا علی‌الخصوص در مناطق شهری بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

یکی دیگر از مهمترین آیتم‌هایی که می‌بایست در زمان طراحی روسازی بتنی در نظر گرفته شود بحث طول عمر بالای آن در کنار به تعویق انداختن فرآیند نگهداری و نوسازی است. از ویژگی‌های عمومی روسازی‌های با دوام می‌توان به ضخامت کافی آن، مقاومت فرسایشی پایه‌ها و درزهای عرضی داوول بار شده اشاره نمود.

مواد مورد استفاده برای ساخت روسازی بتنی با دوام

ساخت جاده و فرودگاه و تولید بتن مورد نیاز آنها اثرات محیط زیستی بسیاری به همراه خواهد داشت. روسازی بتنی و آسفالت هر دو نیازمند استفاده از مقادیر زیادی مصالح هستند. تولید سیمان پرتلند بدلیل میزان انرژی زیاد مورد نیاز و خارج کردن CO₂ در اتمسفر تاثیر شدیدی بر روی محیط زیست می‌گذارد. بعنوان یکی از عوامل اصلی دنیای اقتصاد، صنعت تولید بتن مبیاست نقش بسیار اثرگذاری را در توسعه دوام سازه‌ها بازی کند. تکنولوژی‌های محدودی برای تولید سیمان پرتلند وجود دارد که میتواند انتشار CO₂ را کاهش دهد. یکی دیگر از عوامل مهم کاهش میزان تولید CO₂، کاهش خروجی کلینکر سیمان است. چهار استراتژی کاهش انتشار CO₂ عبارتند از: کاهش میزان انرژی مورد نیاز برای تولید کلینکر سیمان پرتلند، کاهش کلینکر سیمان، کاهش مصرف سیمان در طرح اختلاط بتن‌ها، استفاده از بتن با طرح اختلاط‌های خاص جهت افزایش دوام بتن.

کاهش میزان انرژی مورد نیاز برای تولید کلینکر سیمان پرتلند بستگی مستقیم به تجهیزات آسیاب و استفاده از کوره‌های کارآمد و استفاده از سوخت‌های جایگزین از قبیل لاستیک، BIOFUELS و مواد خطرناک در کوره هاست. مقدار مصرف کلینکر نیز به وسیله کاهش مصرف سنگ آهک یا سیمان مخلوط بجای سیمان پرتلند متداول میتواند کاسته شود. مقدار مصرف سیمان نیز به واسطه طراحی طرح اختلاط‌های اقتصادی با رعایت موارد کیفی مورد نظر در کنار استفاده از کاهنده‌های متناسب که منجر به کاهش آب مصرفی بتن نیز می‌شوند، کاسته می‌شود. در نتیجه طراحی بتن‌های با شرایط فوق، دوام بیشتری داشته و طول عمر بالاتری حاصل می‌گردد.

نهایتاً این موارد میتواند به پرداختن به طرح اختلاط، شرایط مورد نیاز برای اجرای این نوع روسازی بتن و ... نیز منجر شده که در مقالات آتی به آن پرداخته می‌شود.

بطور کلی در سبد کالای آبادگران محصولات مرتبط با روسازی بتنی شامل [انواع افزودنی‌های بتن](#)، بعنوان کاهنده قوی آب، [کیورینگ](#) جهت عمل‌آوری بتن و همچنین [ماستیک پلی‌یورتان](#) در درزهای انبساطی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

[1] Interlock Aggregate همیشه قفل شدن سنگدانه‌ها که یک مکانیزم برای ایجاد درز هست. نمای داخلی دوطرف

درز سنگدانه‌ها بیرون هستند و صیقلی نیست و گیرداری بین این سنگدانه‌ها باعث انتقال بار می‌شود

[2] در کف‌های بتنی، جایی که درز انبساط داریم، جهت اتصال دو بتن از میل‌گردهای اتصال که اصطلاحاً داوول

— dowel bar می‌گویند. این میلگردها از نوع ساده بوده و از یک سمت داخل غلاف‌های پلاستیکی قرار می‌گیرند تا در موقع انبساط و انقباض بتوانند حرکت کنند.

سیستم های آب بند سازی بتن

آب بندسازی یک روش بهبود خواص سطح یا سازه برای جلوگیری از نشت آب تحت فشار ناشی از آب می باشد. بتن با کیفیت بالا، استفاده از افزودنی های مناسب و نیز کم کردن فشار هیدرواستاتیک توسط زهکشی مشکلات نشت آب را رفع می نمایند ولی کافی نیست. آب بندسازی غشایی، قابل اعتمادترین نوع موانع به منظور جلوگیری از ورود آب مایع به درون یک سازه می باشد. سیستم های آب بند سازی، می توانند در وجه مثبت یا منفی (نشت مثبت یا نشت منفی) اجرا گردند. اساس آب بند سازی، چه در وجه مثبت چه در وجه منفی، بر پوشش دادن کل سطوح با استفاده از یک پوشش یکپارچه که دیوارها، کف، و سایر سطوح در تماس را پوشش می دهد، می باشد. هدف از این کار جلوگیری کامل از نشت آب به داخل یک فضای مورد استفاده یا نشت آب از سازه های نگهداری آب می باشد. در این مقاله به شرح این سیستم ها بر اساس انجمن بتن آمریکا ACI 515.1 پرداخته می شود.

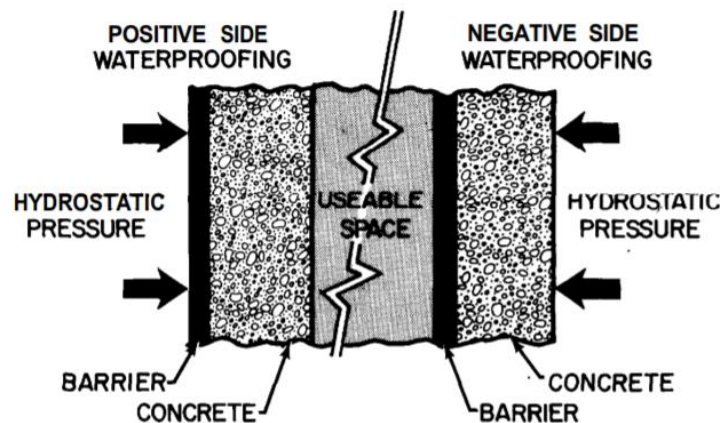


سیستم های آب بندسازی بتن در وجه مثبت (نشت مثبت)

این سیستم ها در همان سمتی که فشار هیدرواستاتیک اعمال می گردد، قرار داده می شوند.

سیستم های آب بند سازی بتن در وجه منفی (نشت منفی)

این سیستم ها در سمت مخالف سطحی که فشار هیدرواستاتیک به آن وارد می شود، قرار داده می شوند.



عوامل موثر بر انتخاب سیستم های آب بندسازی بتن

معمولا آب بندسازی برای جلوگیری از نشت آب از داخل، میان و بیرون بتن تحت فشار هیدرواستاتیک، استفاده می گردد. اگر شرایط ذوب و یخبندان موجود باشد یا آب حامل مواد شیمیایی خورنده ای باشد که به بتن یا آرماتورها صدمه وارد می کنند، در این حالت مانع آب بندساز، برای جلوگیری از ورود آب به داخل بتن استفاده می گردد. زمانی که یک سطح خشک برای

اعمال پوشش‌ها نیاز باشد، سیستم آب بندسازی در این حالت می‌تواند برای جلوگیری از خروج رطوبت بتن استفاده گردد. آب بندسازی همچنین برای حداقل کردن کربناته شدن یا شوره زدن ناخوشایند در بتن استفاده می‌گردد.

○ نشت بتن به داخل و یا از میان بتن
آب ممکن است تحت نیروهای هیدرواستاتیک، گرادیان بخار آب، عمل موپینگی، باران‌های تحت باد و یا ترکیبی از این موارد به داخل بتن وارد گردد. این جابه‌جایی با وجود بتن متخلخل، ترک‌ها و نواقص سازه‌ای، یا درزهایی که به خوبی طراحی یا نصب نگردیده‌اند، شدت می‌یابد. نشت آب از سازه‌ها می‌تواند موجب آسیب سازه‌ای و همواره موجب آسیب به المان‌های سازه‌ها گردد. نشت آب از سازه‌های نگهداری آب، ممکن است موجب خرابی سازه‌ای یا خرابی تاسیسات مجاور این سازه‌ها گردد. غشاهای آب‌بند ساز در وهله اول مانع از خروج آب در حالت مایع می‌گردند. آنها همچنین بسته به نوعشان در درجه بندی متفاوتی خروج بخار آب را هم به تاخیر می‌اندازند.

○ نشت آب از بیرون بتن
برای جلوگیری از خروج رطوبت از سمت بتن و آمدن به سمت مواد حساس به رطوبت، موانع آب بندسازی می‌بایست در سمت موادی که به رطوبت حساس هستند اجرا گردد. این می‌تواند از لایه لایه شدن، تاول و خراب شدن رنگهای حساس به رطوبت، پوشش دیوار و کف و چسب‌ها جلوگیری کند.

○ حداقل کردن شوره زدگی
شوره زدگی انباشت نمک‌هاست که معمولاً سفید بوده و روی سطح شکل می‌گیرند و به صورت محلول از بتن خارج شده و در اثر بخار آب، انباشت می‌شوند، می‌باشد. همچنین می‌تواند نمک‌های قابل حل باشد، نظیر سولفات‌ها، که از طرف خاک یا محیط به همراه آب به داخل بتن حمل می‌شود. این نمک‌ها بعدها به همراه رطوبت خود بتن به سطح اکسپوز آمده و خود را نشان می‌دهند. سیستم‌های آب بندساز از بروز این اتفاق روی سطح بتن جلوگیری می‌کنند.

عوامل موثر بر عملکرد سیستم‌های آب بند سازی بتن

○ آماده سازی زیرآیند
یک فاکتور مهم در عملکرد سیستم‌های آب بند سازی، کیفیت بتن زیرآیند می‌باشد. یک سطح صیقلی که از کرموشدگی، فرورفتگی، شیار، سوراخها، پستی‌ها، ذرات سست و کثیف، روغن و سایر آلودگی‌های سطح‌عاری باشد، نیاز است تا پیوستگی ماده عایق و چسبندگی خوب آن به زیرآیند را تضمین نماید.



○ مشخصات فنی

فاکتور دیگر تاثیرگذار بر عملکرد یک سیستم آب بندسازی، توسعه مشخصات فنی برای تعریف سیستم موردنیاز و کیفیت سیستم نصب شده می باشد. مشخصات فنی پروژه، ابزاری ارزشمند را در اختیار کارفرما، طراح، مدیر ساخت، کاربر و بازرس قرار خواهد داد تا با یکدیگر تعامل موثرتری در مراحل کار داشته باشند.

سیستم های نشت مثبت

سیستم های نشت مثبت در همان سمتی که فشار هیدرواستاتیک اعمال می گردد، اجرا می شوند. روش های کاربرد، به دو دسته سیستم های گرم اجرا و سیستم های سرد اجرا، تقسیم می شوند.

اگرچه سیستم های گرم اجرا از استفاده گسترده ای برخوردارند، شرایط میدانی، تجربه، نوع پیمانکار، ایمنی و ترجیحات شخصی ممکن است سایر سیستم های آب بندسازی را دیکته کند. سیستم های سرد اجرا ممکن است به صورت قیری یا سیستم های الاستومری دیگری باشند که به عنوان یک رول یا ورق جامد یا به عنوان مایع کاربرد دارند.

سیستم های سرد اجرا زمانی که شرایط آتش سوزی یا ایجاد دود برای سازه مضر باشد، بسیار مفید بوده و کاربرد خواهند داشت. در زمان کار در ارتفاع، با توجه به سختی انتقال ابزار سیستم های گرم اجرا، استفاده از سیستم های سرد اجرا اقتصادی تر خواهد بود. اجرای سیستم های سرد اجرا بر روی سطوحی که اشکال نامنظم و پستی بلندی دارد، بسیار ساده تر از سیستم های گرم اجرا نظیر ایزوگام می باشد. سیستم های الاستومری مایع سرد اجرا، معمولا پس از سخت شدن یک در دماهای معتدل خاصیت کشسانی خوبی از خود نشان می دهند.

سیستم های نشت مثبت سرد اجرا و الزامات اجرایی آنها

○ سیستم های قیری سرد اجرا

سیستم های قیری سرد اجرا معمولا از مواد قیری یا الاستومری یا ترکیبی از هر دو تشکیل شده و روش اجرایی مشابه سیستم های گرم اجرا دارند به نحوی که یا مایعی هستند که سخت می شوند یا به صورت ورقه هایی هستند که چسبانده می شوند. سیستم های سرد اجرای قیری عمدتا به صورت امولسیون اجرا گردیده و معمولا به منظور پوشش دهی سازه ها در زمانی که با خاک مرطوب در تماس هستند پیشنهاد می گردد. پس از سخت شدن به هیچ وجه در آب حل نمی شوند.



○ سیستم های الاستومری با اجرای مایع

مواد الاستومری مایعاتی هستند که با استفاده از قلم مو، غلتک، برس، ماله یا اسپری استفاده می شوند. هنگامی که سخت می شوند، یک فیلم تشکیل می دهند که در برابر آب و بسیاری از مواد شیمیایی دیگر مقاوم است. در [ASTM D1566](#) یک الاستومر به عنوان یک "ماده درشت مولکولی که پس از تغییر شکل اساسی در اثر تنش ضعیف و رهایی تنش به سرعت به ابعاد و شکل اولیه باز می گردد." تعریف شده است.

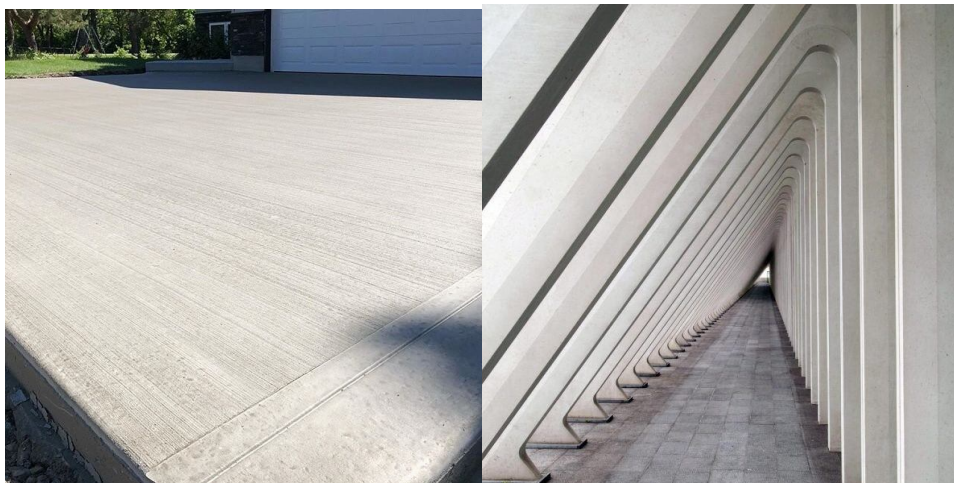
هر کدام از این سیستم ها دستورالعمل اجرایی خاصی دارد که مختص همان سیستم می باشد. برخی از این مواد نیازمند یک مش یا الیاف به منظور تقویت نیاز دارند. برخی نیز فقط در ترک ها نیازمند تقویت با مش و الیاف می باشند. کاربر همواره می بایست از دستورالعمل های تامین کننده به منظور اجرا پیروی نماید. در هر موقعیتی نیز اگر شرایط اجرای ماده روشن نباشد، می بایست این مورد از طریق تولیدکننده پیگیری گردد. اما دستورالعمل اجرایی آماده سازی زیرآیند در [بخش سوم ACI 515.1](#) آمده است.

شرایط محیطی نظیر دمای محیط، بارش و رطوبت می تواند کیفیت اجرا و در نهایت عملکرد سیستم را تحت تاثیر قرار دهد. زیر یک دمای معین بسیاری از مواد برای تشکیل یک لایه با ضخامت صحیح بسیار ویسکوز شده و چسبندگی به زیرآیند نیز کاهش می یابد. همچنین رشد مشخصات مکانیکی نیز به درستی صورت نمی پذیرد. همچنین بار می تواند ماده را از سطح شستشو دهد. تولیدکننده ماده حتما می بایست تمهیدات لازم و شرایط محیطی را در دستورالعمل های خود قید نماید. پس از پوشش دهی درزهای انبساطی طبق [ACI 504](#) درزبندی می شوند.



عوامل موثر بر نفوذپذیری بتن

عمده سازه های ساخته شده و در حال ساخت کشور ایران، اعم از پروژه های مسکونی که به عنوان بزرگترین بازار فعالیت های عمرانی به شمار می آید تا پروژه های صنعتی، نفتی و... با استفاده از بتن اجرا می شوند. همانطور که میدانیم موضوع دوام یکی از مسائل مهم قابل تامل در ساخت و اجرای این ماده می باشد، لذا دقت در میزان نفوذپذیری بتن و عوامل موثر بر آن به عنوان بارزترین گزینه تاثیرگذار در دوام بتن برای دستیابی به استانداردهای جهانی امری ضروری می باشد. با تمام مطالعاتی که در خصوص دوام بتن صورت پذیرفته آسیب های بتن معضل بزرگی است که عمر مفید سازه های بتنی را کاهش میدهد لذا صنعت بتن در راستای توسعه پایدار بایستی به طراحی دوام محور بتن توجه نماید کاهش دوام بتن در اثر عوامل خارجی یا داخلی می باشد عوامل خارجی شامل هوازدگی، حرارت، ساییش و کنشهای الکترولیتی و حملات مایعات و گازهای طبیعی یا صنعتی می باشد. عوامل داخلی عبارتند از واکنشهای قلیایی سنگدانه ها، تغییرات حجمی در اثر اختلاف بین خواص حرارتی سنگدانه ها و خمیر سیمان و بیش از همه نفوذ پذیری بتن می باشد. نفوذ پذیری عمدتاً تعیین کننده خسارت پذیری بتن در برابر عوامل خارجی می باشد بطوریکه بتن با دوام همان بتن نسبتاً غیر قابل نفوذ می باشد.



تفاوت جذب آب و نفوذ پذیری آب در بتن :

حجم منافذ داخل بتن را می توان بصورت مجزا از نفوذ پذیری آن به وسیله آب سنجید و این دو کمیت الزاما با یکدیگر برابر نیستند . معمولا جذب آب بوسیله خشک نمودن نمونه تا یک وزن ثابت و سپس غوطه ور نمودن در آب و اندازه گیری افزایش وزن آن بصورت در صدی از وزن خشک بدست می آید بسته به اینکه چه روشی و چه مدتی برای خشک نمودن نمونه بتن بکار ببریم نتایج متفاوتی برای جذب بدست خواهد آمد به هر حال اغلب بتن های خوب دارای جذب آب کمتر از ۱۰٪ می باشد. نفوذ پذیری بتن فقط تابع ساده ای از تخلخل آن نمی باشد بلکه علاوه بر تخلخل، بستگی به اندازه و توزیع و پیوستگی منافذ دارد. منافذ بین ذرات جامد خمیر سخت شده سیمان بی اندازه کوچک ولی زیاد می باشد ولی در سنگها تعداد منافذ کمتر اما اندازه آنها خیلی بزرگتر بوده و سبب نفوذ پذیری بیشتر می شود و به همین دلیل است که عبور آب از منافذ موئین خیلی آسانتر از عبور آن از میان منافذ بسیار ریز ژل سیمان صورت می گیرد بطوریکه خمیر سیمان ۱۰۰ تا ۲۰ برابر خود ژل سیمان نفوذ پذیرتر است.

عوامل موثر در نفوذ پذیری در بتن:

نفوذ پذیری خمیر سیمان:

از آنجاییکه در ساخت بتن با کارایی مناسب معمولا سنگدانه ها به وسیله خمیر سیمان احاطه می شوند لذا میزان نفوذ پذیری خمیر سیمان نقش اساسی در تعیین نفوذ پذیری بتن خواهد داشت نفوذپذیری خمیر سیمان با پیشرفت درجه هیدراسیون تغییر می کند. با پیشرفت هیدراسیون، نفوذ پذیری بسرعت کاهش می یابد. در خمیر سیمان بلوغ یافته نفوذ پذیری بستگی به اندازه و شکل و غلظت ژل و چگونگی ارتباط شبکه لوله های موئین دارد. منافذ موئین فضاهایی هستند که توسط سیمان یا محصولات هیدراسیون پر نمیشوند بر اساس تحقیقات صورت گرفته مقادیر نفوذ پذیری در عمرهای مختلف برای خمیر سیمان با نسبت آب به سیمان ۰,۷ برابر با جدول ذیل است.

عمر خمیر سیمان به روز	مقدار نفوذپذیری به متر بر ثانیه	عمر خمیر سیمان به روز	مقدار نفوذپذیری به متر بر ثانیه
تازه	$10^{-6} * 2$	۶	$10^{-10} * 1$
۵	$10^{-10} * 4$	۸	$10^{-11} * 4$
۱۳	$10^{-12} * 5$	۲۴	$10^{-12} * 1$
نهایی	$10^{-13} * 6$		

کاهش نفوذ پذیری خمیر سیمان با نسبت آب به سیمان ۰,۷ در نتیجه پیشرفت هیدراسیون

عیار سیمان یا نسبت آب به سیمان :

طی بررسی های صورت پذیرفته برای خمیر سیمان هایی که به یک اندازه هیدراته شده اند هر چقدر مقدار سیمان خمیر بیشتر باشد (نسبت آب به سیمان کمتر باشد) نفوذ پذیری خمیر سیمان کمتر خواهد بود و در نتیجه نفوذ پذیری بتن بیشتر خواهد شد در اکثر نظرات ارائه شده از نسبت آب به سیمان به عنوان اصلی ترین عامل نفوذ پذیری بتن یاد شده است. عموماً ۱۰۰ سانتی متر مکعب سیمان پس از هیدراسیون کامل ۲۰۰ سانتی متر مکعب محصولات واکنش خواهد داشت با این حساب در صورت هیدراسیون کامل خمیر سیمانهای با نسبتهای مختلف آب به سیمان بدلیل اینکه خمیر سیمان دارای بیشترین میزان آب دارای بزرگترین فضای کل در دسترس خواهد بود در نتیجه حجم فضای مویینه در خمیر سیمان دارای بیشترین نسبت آب به سیمان بیشتر شده و نفوذ پذیری افزایش خواهد یافت.



میزان نرمی سیمان خمیر:

با توجه با اینکه دانه های سیمان بر روند واکنش هیدراسیون اثر دارد لذا سیمان با دانه درشت تمایل به ایجاد خمیری با نفوذ پذیری بیشتر از سیمان ریز دانه دارد. بطور کلی هر چقدر مقاومت خمیر سیمان بیشتر باشد نفوذ پذیری آن کمتر خواهد بود.



جمع شدگی ناشی از خشک شدن خمیر سیمان و جمع شدگی حرارتی :

با خشک شدن خمیر سیمان نفوذ پذیری آن را افزایش می یابد زیرا با خشک شدن خمیر و وقوع جمع شدگی امکان شکست ژلهای موجود بین لوله های مویینه و ایجاد مجاری جریان آب بوجود می آید.



نفوذ پذیری سنگدانه ها:

اختلاف بین نفوذپذیری خمیر سیمان و بتن حاوی همان خمیر با همان نسبت آب به سیمان از اینجا سر چشمه میگیرد که نفوذپذیری سنگدانه ها بر عملکرد بتن تاثیر میگذارد به صورت تئوریک اگر چنانکه نفوذپذیری سنگدانه ها خیلی کم باشد وجود این نوع مواد در بتن باعث کاهش سطح موثر جریان آب و بدلیل دور زدن سنگدانه ها توسط جریان طول مسیر جریان افزایش یافته و نهایتا بدلیل قطع جریان داخل شبکه مویینه خمیر سیمان اثر سنگدانه ها در کاهش نفوذ پذیری بتن چشمگیر خواهد بود.

اندازه سنگدانه:

از آنجاییکه اندازه سنگدانه ها و دانه بندی آن بر روی مشخصات آب انداختگی مخلوط بتن تاثیر می گذارد که این نیز به نوبه خود روی مقاومت ناحیه انتقال تاثیر می گذارد در طی دوره های هیدراسیون اولیه بدلیل تفاوت بین کرنشهای خمیر سیمان و سنگدانه ، ناحیه انتقال ضعیف بوده و در برابر ترک خوردگی آسیب پذیری می شود به همین دلیل ابعاد سنگدانه ها بر روی نفوذپذیری بتن تاثیر گذار خواهد بود.

تراکم و نحوه عمل آوری :

با توجه به مدت و نحوه عمل آوری بتن نفوذ پذیری آن متفاوت خواهد بود. طوریکه با افزایش دوره نگهداری مرطوب به علت تکمیل شدن واکنش هیدراسیون مقدار نفوذ پذیری کاهش میابد.



مواد افزودنی هوازا :

از آنجاییکه حبابهای هوای عمدی بصورت میکرونیزه بوده و باعث افزایش کارایی بتن می شود لذا با مقدار اسلامپ ثابت مقدار آب در بتن هوادار کمتر بوده و در نتیجه مقدار جمع شدگی بتن و آب انداختن کاهش خواهد یافت و بنابر این روی هم رفته حباب های هوای عمدی باعث کاهش نفوذ پذیری بتن می شود.

مواد افزودنی پوزولانی:

استفاده از مواد پوزولانی نظیر خاکستر بادی، متاکائولن و به خصوص میکروسیلیس به عنوان مصالحی با خاصیت سیمانی در مجاورت آهک و سیمان پرتلند و جایگزین سیمان در مخلوطهای بتنی جایگاه ویژه ای در صنعت بتن دارد. کاربرد این مواد علاوه بر ابعاد اقتصادی و محیط زیستی از نظر دوام بتن و افزایش عمر مفید بتن دارای اهمیت است. مصرف پوزولان باعث کاهش

حرارت هیدراسیون و در نتیجه با کنترل مسایل حرارتی مانع ترک در بتن شده و مقاومت دراز مدت را افزایش می دهد. مهمترین خاصیت پوزولان ها به عنوان جایگزین سیمان توانایی قابل ملاحظه آن در کاهش منافذ بزرگ و نفوذ پذیری بتن است. میکروسیلیس ژل شده با انجام واکنش آهک و میکروسیلیس بحث کریستال سازی در منافذ مویین اتفاق خواهد افتاد. آزمون های نفوذپذیری بتن

مقدمه

آب به دو صورت مایع و بخار می تواند از طریق لوله های مویینه وارد بتن متخلخل شود. این نفوذ می تواند در اثر فشار صورت پذیرد. همچنین حرکت آب از میان جسم ممکن است اثرات اسمزی نیز داشته باشد. منظور از جذب، روندی است که طی آن بتن آب را به درون منافذ و لول هاهی مویینه می کشاند. نفوذ پذیری بتن در مقابل آب یا بخار خاصیتی است که اجازه ی عبور سیال یا بخار را از میان بتن می دهد.



عوامل موثر بر نفوذپذیری

عوامل موثر بر نفوذپذیری بتن عبارتند از مصالح، نسبت های اختلاط، جایگیری و عمل آوری، درزهای اجرایی و نفوذ پذیری هوا و گاز که در زیر به بررسی تک به تک این موارد می پردازیم:

مصالح

نفوذپذیری خمیرهای سیمان بر پایه سیمان های پرتلند با ترکیبات شیمیایی متفاوت که نسبت آب به سیمان اولیه (اصلاح شده برای آب انداختن) یکسان و بخش های سیمان هیدراته شده مساوی دارند، مشابه خواهند بود. اما برای سن مشخص و نسبت آب به سیمان یکسان، نفوذ پذیری خمیرهای شامل سیمان های کندگیر نسبت به سیمان های زودگیر بیشتری می باشد. میزان ریزی سیمان نیز تاثیر به سزایی در نفوذپذیری دارد و افزایش آن نفوذپذیری را کاهش می دهد.

نسبت آب به سیمان علاوه بر مقاومت بر روی نفوذ پذیری هم تاثیر گذار است. هنگامی که نسبت وزنی آب به سیمان از ۰,۶۵ بیشتر می شود ، نفوذپذیری بتن با یک نرخ سریع رو به افزایش است. برای مصالح و شرایط مشخص ، افزایش نسبت آب به سیمان از ۰,۴ تا ۰,۸ می تواند نفوذپذیری را ۱۰۰ برابر افزایش دهد.

نفوذپذیری با افزایش حداکثر اندازه سنگدانه ها به ازای نسبت آب به سیمان مشخص، بیشتر می شود. به احتمال زیاد دلیل این است که با افزایش حداکثر اندازه ی سنگدانه ها حفره های آبی که در زیر سنگدانه های درست وجود دارند افزایش می یابد. سنگدانه های متراکم با تخلخل کم و دانه بندی صحیح نقش عمده ای در کاهش نفوذپذیری بتن دارند. برای اینکه از جا دادن بتن بدون کرمو شدگی اطمینان لازم حاصل شود باید در مخلوط، مقدار کافی سنگدانه ریز استفاده نمود.

هوای عمدی در بتن در حالت کلی به دلیل افزایش کارایی، کاهش آب انداختن و تاپیر حفرات مجرزا در تغییر ساختار لوله های مویینه باعث کاهش نفوذپذیری می شود. جایگزینی خاکستر بادی به جای بخشی از سیمان پرتلند معمولا باعث کاهش نفوذپذیری بتن می شود.



نسبت های اختلاط

دانه بندی و شکل ذرات سنگدانه، شرایط جا دادن بتن و مختصات نفوذپذیری مطلوب به طور مستقیم بر نسبت های اختلاط صحیح بتن تاثیر می گذارند. مقدار صحیح آب باید محاسبه شده و مورد استفاده قرار گیرد. مصرف زیاد آب باعث کاهش دانسیته و افزایش روانی می شود. اجرای مخلوط بتنی خشک باعث به وجود روزه های سوزنی و راه های نفوذ بزرگ مخصوصا در مخلوط های کم مایه می گردد. معمولا یک مقدار جزئی آب اضافی قابلیت نفوذ کمتری نسبت به حالت فوق ایجاد می نماید. برای بتن های متراکم شده با وایبراتور، مقادیر اسلامپ از ۱,۲۵ تا ۵ سانتی متر را غالبا می توان به طور موثر به منظور ساخت بتن با نفوذپذیری کم استفاده نمود.

جا دادن و عمل آوری

حمل، جا دادن و تراکم مناسب بتن در قالب ها یکی از مراحل مهم در جریان تولید بتن آب بند است. برای جلوگیری از بروز جدایی که می تواند موجب کرموشدگی و یا ساختار متخلخل گردد، باید تلاش های لازم به عمل آید. عمل آوری طی سنین اولیه بتن تاثیر بسیار زیادی در کاهش نفوذپذیری دارد.



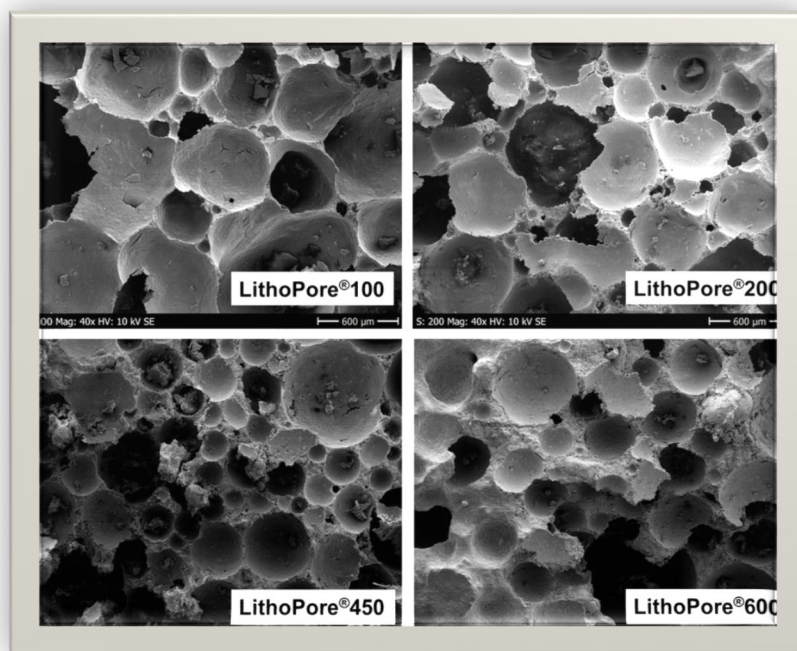
درزهای اجرایی

به این دلیل که درزهای اجرایی موضعی هستند که غالبا نفوذ آب از آنها صورت میگیرد، لذا باید تا جاییکه امکان دارد از آنها اجتناب شود. در سازه های بتنی حجیم، هنگامی که درزهای انبساط در نظر گرفته می شود، بتن ریزی بین درزها باید به صورت پیوسته اجرا گردد. در صورت نیاز به درزهای انبساط، پیش بینی ها و احتیاطات لازم جهت اطمینان به حصول چسبندگی خوب بین بتن جدید و قدیم باید مدنظر باشد. به منظور جلوگیری از تشکیل لایه ی ضعیف و متخلخل بر روی سطح بتن قدیم که باعث چسبندگی ضعیف با لایه ی بعدی می گردد، استفاده از مخلوط یا نسبت های اختلاط مناسب و حداقل آب انداختن ضروری است.

نفوذپذیری هوا و گاز

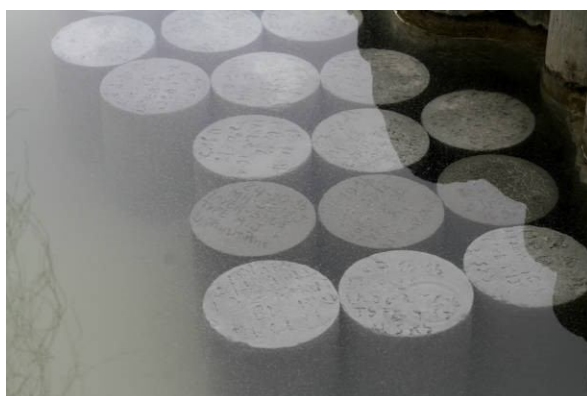
نفوذپذیری بتن در مقابل هوا و گاز در انواع مختلف تانک ها و مخازن تحت فشار دارای اهمیت است. جریان هوا و بخار آب بستگی به فشار هوا یا بخار، شخامت بتن، خواص بتن و خواص هوا، گاز یا بخار دارد. بتن ساخته شده با نسبت آب به سیمان پایین، سنگدانه های خوب دانه بندی شده با یک افزودنی پوزولانی و عمل آوری صحیح به مدت کافی نسبتا در مقابل جریان هوا، گاهها یا بخار آب نفوذناپذیر خواهد بود. خشک شدن شدید باعث افزایش نفوذپذیری هوا می گردد (احتمالا به علت تشکیل

ترک های انقباضی) ولی ظاهرا نفوذپذیری بخار افزایش نمی یابد. به نظر می رسد، رابطه ی مهمی بینم نفوذپذیری هوا و گاز با نفوذپذیری آب در بتن وجود نداشته باشد.



روش های آزمایش

آزمایش های جذب توسط غوطه ور نمودن بتن در آب به مدت ۴۸ ساعت، وزن کردن آن پس از خشک کردن سطح، خشک کردن در کوره و مجددا وزن کردن انجام می شود. سپس جذب را می توان از تقسیم مقدار افت وزن به وزن خشک شده در کوره به دست آورد. در بعضی موارد ممکن است بتن را به مدت ۵ ساعت جوشاند و سپس خشک نمود. اگر نرخ جذب مد نظر باشد، می تواند وزن نمونه پس از دوره های زمانی کوتاه غوطه وری، مثلا ۳۰ دقیقه را با وزن آن پس از دوره کامل ۲۴ یا ۴۸ مقایسه نمود. میزان جذب کل معیاری برای دوام بتن در نظر گرفته می شود ولی معمولا ارتباط بین آنها خیلی رضایت بخش نیست و به نظر می رسد نرخ جذب ارتباط بهتری را برقرار نماید.



هدف اصلی از آزمایش های نفوذپذیری تعیین ویژگی های نفوذپذیری بتن است ولی به دلیل وجود ترک ها و اتصالات ضعیف، آزمایش ها ممکن است ارتباط مستقیم کمی با نفوذ ناپذیری سازه ی ساخته شده با بتن داشته باشد. به هر حال آزمایش ها علاوه بر ارائه بر اطلاعاتی پیرامون خواص نفوذپذیری بتن، جهت محاسبه ی اثرات خوردگی آب های نفوذ کرده که آهک آزاد

را شسته و به خارج هدایت می کنند و به تدریج به آهک موجود در سه کلسیم سیلیکات حمله می نمایند، نیز مفید است. آزمایش ها همچنین اطلاعاتی در خصوص بازدهی نسبی سیمان ها، استفاده از عوامل آب بندکننده ی سطحی و حجمی ساختار منفذی اساسی بتن که با خواص دیگر از جمله جذب، مویینگی، بالازدگی، مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن و غیره مرتبط است، را فراهم می نمایند.

عوامل دیگری بر روی نتایج آزمایش های نفوذپذیری تاثیر می گذارند. آب نفوذی مهاجم نفوذپذیری ناشی از آب شستگی آهک سیمان افزایش می دهد. آب نفوذی که شامل مواد رسوبی یا باکتری باشد، باعث بستن منافذ و کاهش نفوذپذیری می گردد. جهت جریان آب از میان بت در رابطه با جهت قرارگیری نمونه به دلیل تمرکز ملات و خمیر نزدیک سطوح مهم است. نتیجتاً نمونه های کوتاه نسبت به نمونه های بلند در ازای واحد طول نفوذپذیری کمتری دارند.



آزمایش های انجام شده بر روی بتن حجیم سد بولدر یا درشت دانه به اندازه $22,5\text{cm}$ و 5 کیسه سیمان کم حرارت زا در هر مترمکعب بتن نشان داد که نسبتاً نفوذناپذیر بوده جریان از میان ساختار منفذی آن ناچیز است.

آزمایش های نفوذپذیری بتن در برابر آب و گارهای مختلف و حتی برخی سیال های خاص دیگر انجام می شود. آزمایش های نفوذپذیری بتن در برابر آب، از گذشته براساس رابطه داری انجام میشده است که برای تعیین ضریب نفوذپذیری (K) نمونه های مکعبی و استوانه ای شکل بتن اشاره نمود. در آزمایش های نفوذپذیری بتن با گاز بویژه اکسیژن، نمونه قرصی شکل بتن در محفظه ای با تیوب دورگیر تحت فشار قرار گرفته و در فشار های مختلف اعمالی، دبی عبوری گاز، بدست آمده و با رابطه اصلاح شده داری برای سیال تراکم پذیر، ضریب نفوذپذیری محاسبه می گردد.

نتیجه این روش آزمایش به درصد رطوبت نمونه بسیار وابسته می باشد. به همین دلیل، در روش پیشنهادی این آزمایش، دو رژیم نمونه کاملاً خشک و نمونه با درصد رطوبت مشخص پیشنهاد شده است.





آب تحت فشار روی سطح بتن سخت شده اعمال می شود. سپس نمونه شکسته شده و عمق نفوذ آب نما اندازه گیری می شود. از آنجا که دوام سازه های بتنی به طور قابل ملاحظه ای به نفوذپذیری آنها بستگی دارد، در این تحقیق، نفوذپذیری نمونه های بتنی با نسبت های آب به سیمان و سن های مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد. در استانداردهای موجود برای اندازه گیری نفوذپذیری بتن، مانند [EN BS 12390-8](#) و [DIN 1048](#)، مقدار فشار و زمان اعمالی به مقدار ثابتی محدود شده است (۵ بار و ۷۲ ساعت). در صورتی که در واقعیت مقدار فشار و زمان اعمال آن ثابت نیستند. برای مثال ارتفاع آب در پشت سدهای بتنی در فصل های مختلف متغیر است و در نتیجه، فشار اعمالی نیز متفاوت خواهد بود. در این تحقیق، اثر مقدار فشار و مدت زمان اعمال در جهت های بتن ریزی و عمود بر آن و رابطه آنها با پارامترهای به دست آورده شده با استفاده از آزمایش نفوذپذیری ارزیابی شده است. برای اندازه گیری نفوذپذیری از روش محفظه استوانه ای استفاده گردیده است. از مزایای این روش میتوان به هزینه ناچیز انجام آزمایش، دقت بالا و امکان انجام آزمایش در محل نام برد. همچنین برای ارزیابی مقاومت نمونه ها از روش ابداعی "پیچش استفاده گردیده و با استفاده از نتایج حاصله، رابطه بین نفوذپذیری و مقاومت نمونه ها بررسی شده است.

تجهیزات آزمایشگاهی

محفظه استوانه ای اندازه گیری نفوذپذیری با روش های مرسوم نیاز به صرف زمان زیاد و تجهیزات گوناگون و با حجم بالا است. همچنین به دلیل زمان بر بودن انجام این آزمایش ها، هزینه انجام آنها نیز زیاد است. از طرفی اکثر آزمایش های موجود تنها در شرایط آزمایشگاهی قابل اعمال بوده و قابلیت انجام به صورت درجا را ندارند. در این پژوهش بررسی نفوذپذیری با استفاده از دستگاه "محفظه استوانه ای" که روشی نوین برای اندازه گیری نفوذپذیری است، انجام شده است. این روشی دقیق با کاربردی گسترده در تعیین میزان نفوذپذیری بتن و سایر مصالح ساختمان چه در محیط آزمایشگاه و چه در محل پروژه است. این دستگاه به نام دستگاه "سیلندریکال چمبر" یا "محفظه استوانه ای" در دنیا شناخته شده است. این دستگاه قابلیت آزمایش بر روی اتصالات بتنی و ژئوممبرانها با امکان انجام آزمایش قبل و بعد از نصب آنها در صنعت راه سازی را دارد.

در ابتدای آزمایش یک صفحه فلزی زیر سری به کمک چسب اپوکسی بر روی سطح بتن چسبانده شده و چسب اضافه از روی سطح نمونه برداشته میشود. در ادامه، قسمت فوقانی که شامل محفظه فشار به همراه گیج اندازه گیری فشار و میکرومتر است، بر روی صفحه زیرسری به کمک پیچاندن آن بر صفحه زیرسری محکم میشود. سپس درون محفظه کامل با آب پر میشود. به منظور خروج هوای احتمالی موجود در محفظه یک شیر تخلیه هوا در دستگاه تعبیه شده است. با چرخاندن دسته تنظیم فشار، فشار به مقدار دلخواه مورد نظر تنظیم میگردد. با گذشت زمان از شروع آزمایش، به دلیل وجود اصطکاک داخلی با منافذ بتن و لزجت آب از مقدار فشار اعمالی کاسته میشود. فشار دستگاه را میتوان به کمک چرخاندن مجدد دسته تنظیم فشار ثابت نگه داشت. با چرخاندن دسته تنظیم فشار، پیستون فشار به سمت پایین حرکت میکند. حرکت به سمت پایین پیستون توسط میکرومتر قابل قرائت است. در فواصل زمانی دلخواه از شروع آزمایش عدد میکرومتر قرائت میشود. با داشتن قرائت میکرومتر و سطح اعمال فشار سطح داخلی صفحه زیرسری، حجم آب نفوذ کرده به بتن و نرخ نفوذ آب در زمان قرائت میکرومتر توسط روابط $Q=dv/dt$ و $V=H*A$ محاسبه میشود.

پس از انجام آزمایش بلافاصله نمونه توسط جک فشاری به دو قسمت تقسیم شده و پس از مدت کوتاهی که بیشینه عمق نفوذ قابل تشخیص باشد، از سطح مقطع تر شده توسط آب عکس گرفته شده تا با استفاده از برنامه آنالیز عکس مقدار بیشینه عمق نفوذ در مقطع تعیین شود. این آزمایش قابلیت انجام روی سطوح افقی (دالها و عرشه پل) و عمودی (ستونها) را دارد.

روش پیچش Twist-Off

در این روش که در سال ۲۰۰۵ ابداع گردید، ابتدا سطح نمونه توسط برس سیمی زیر شده و آلودگی ها از سطح نمونه زدوده میشود. سپس صفحات فلزی با ابعاد مشخص توسط چسب اپوکسی بر روی سطح نمونه چسبانده میشود و پس از کسب مقاومت کافی توسط چسب، با استفاده از یک دستگاه پیچش سنج، لنگر پیچشی لازم جهت جدا کردن صفحه فلزی از سطح نمونه اندازه گیری میشود. پس از جدا شدن صفحه، باید به طور چشمی محل جدا شدن صفحه از نمونه را بررسی کرد تا اطمینان حاصل شود که جدا شدگی از سطح بتن باشد. در صورتیکه جدا شدگی از سطح چسب باشد، نتایج آزمایش نامعتبر خواهد بود. از این روش نیز میتوان در محل استفاده کرد. همچنین خرابی جزئی به وجود آمده پس از جدا شدن صفحه فلزی به سادگی با استفاده از ملات قابل ترمیم است. بر اساس تحقیق انجام شده، رابطه خطی بین گشتاور پیچشی (یا تنش برشی حاصل از پیچش) به دست آمده با استفاده از این آزمایش و مقاومت فشاری نمونه وجود دارد و با داشتن مقدار گشتاور پیچشی میتوان مقاومت فشاری را محاسبه کرد. در نتیجه با استفاده از منحنی های از پیش رسم شده به وسیله نتایج به دست آمده با استفاده از روش پیچش که رابطه بین تنش برشی ناشی از پیچش و مقاومت فشاری را نشان میدهد، میتوان مقاومت فشاری را در محل تخمین زد. هدف از انجام این آزمایش در این تحقیق بررسی رابطه بین تنش برشی به دست آمده ناشی از پیچش با استفاده از این روش و نفوذپذیری نمونه ها است.

نفوذپذیری، مقاومت فشاری و لنگر پیچشی الزم برای جدا کردن صفحه های فلزی از سطح نمونه های بتنی ۲۸،۷ و ۹۱ روزه با نسبت های آب به سیمان برابر با ۰،۴، ۰،۵، ۰،۶ و ۰،۶ مورد ارزیابی قرار گرفته است. ۰،۴، ۰،۵، ۰،۶ مقادیر معمول برای نسبت آب به سیمان برای بتن های ساخته شده با استفاده از سیمان پرتلند می باشند. سیمان مورد استفاده، سیمان پرتلند تیپ ۲ با نرمی برابر با ۳۰۸۱ cm²/gr است. PH آب مصرفی ۷،۵، سختی کل ۲۴۱ میلیگرم بر لیتر، مقدار کلرید ۲۱،۶۰ میلیگرم بر لیتر و مقدار سولفات ۸۴،۷۵ میلیگرم بر لیتر است که در محدوده مقادیر مجاز ذکر شده در استاندارد BS EN 1008 قرار دارند. برای انجام آزمایش ها از نمونه های مکعبی با ابعاد ۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰ میلیمتر که در آب-آهک عمل آوری شده بودند، استفاده گردید. از سنگدانه های خشک برای ساخت نمونه ها استفاده گردید. جهت خشک کردن سنگدانه ها، آنها را در کنار سیستم گرمایشی محیط آزمایشگاه پهن کرده و جرم آنها در فواصل زمانی ۲۴ ساعت اندازه گیری میگردید و این عمل تا زمانی ادامه می یافت که تفاوتی بین دو جرم اندازه گیری شده مشاهده نمی گردید. جهت انجام آزمایش نفوذپذیری از حداقل ۲ نمونه برای هر طرح اختلاط استفاده گردید. آزمایش مقاومت فشاری و "پیچش" نیز بر روی حداقل ۳ نمونه برای هر طرح اختلاط انجام گرفت.

شرکت آبادگران برای نفوذ ناپذیر کردن بتن ها یکسری ژل ها و همچنین مواد واتر پروف هست که در حین اجرای بتن و قبل از بتن ریزی باید به داخل بتن آماده اضافه شوند .

مواد افزودنی دارای ژل بهبود دهنده خواص رئولوژیک در حالت خمیری و ارتقاء دهنده کیفیت بتن سخت شده به لحاظ افزایش مقاومت فشاری و کاهش مقادیر جذب آب و نفوذپذیری می باشد. افزایش مدت زمان کارپذیری بتن در حالت خمیری از مشخصات ویژه این ماده است .مواد اصلی سازنده ژل ها به دو دسته دوده سیلیسی و کاهنده قوی آب بتن با بنیان پلی کربوکسیالت می باشند.

مواد **واتر پروف** نوعی ماده آبیند کننده می باشد که تمام مقطع بتن را به جسمی آبریز تبدیل مینماید. واتر پروف بتن با دو حالت فیزیکی مایع و پودری عرضه میگردد .نوع مایع آن افزودنی مناسبی برای آبیندی و نفوذناپذیر ساختن انواع مالتهای بنایی و دوغاب کاری میباشد. نوع پودری واترپروف با سایز ذرات میکرونیزه، فیلر ضد آب موثری برای پر نمودن فضاهای خالی ناشی از کسری فیلر سنگدانه ها میباشد. با به کارگیری این فیلر مناسب علاوه بر دانه بندی مصالح، خواص رئولوژی مخلوط بتن تازه نیز بهبود پیدا می نماید.

منابع:

دستنامه ی اجرای بتن دکتر علی اکبر رمضانپور

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

INSO 1608-8 (BS EN 12390-8)

DIN 1048

BS EN 1008

INSO 1608-122 (BS 1881-122)

آزمون های مخرب و غیرمخرب بتن

آزمایش های بتن تازه

۱. مقاومت فشاری بتن که مهمترین آزمایش بتن تلقی می شود. (نمونه استوانه ای و مکعبی)
۲. مقاومت کششی و خمشی (تست برزیلی)
۳. درصد هوای موجود در بتن (کپسول)
۴. اسلامپ (روانی)



آزمایش های بتن سخت شده

۱. چکش اشمیت

۲. کرگیری (مغزه گیری)

۳. اشعه نگاری

۴. اولتراسونیک بتن یا امواج ماورای صوت (تشخیص خلل و فرج در بتن و میزان یکنواختی بتن، وجود ترک ها و گاه مقاومت فشاری بتن)

انواع آزمایش های بتن سخت شده، جهت تعیین مقاومت فشاری بتن

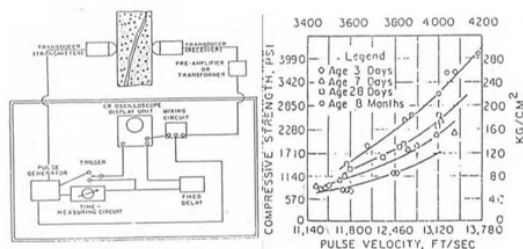
آزمایش های غیرمخرب

در آزمایش های مخرب، نمونه آزمایش پس از اجرای آزمایش تخریب می شود و دیگر نمی توان آن را مورد استفاده قرار داد. آزمایش مقاومت فشاری و کششی از این دسته اند. در آزمایش های غیرمخرب می توان بتن را در محل آزمایش کرد. آزمایش اولتراسونیک و چکش اشمیت از این دسته اند. باید توجه داشت که طبق استانداردهای ارائه شده بعضی از آزمایش های غیرمخرب هیچ گاه نمی توانند مبنای رد یا قبولی بتن باشند ولی از نظر ارزیابی، مقایسه بتن های اجرا شده و همچنین کنترل و آگاهی از روند رشد مقاومت فشاری مفید می باشد.

آزمایش سرعت امواج ماوراء صوت (اولتراسونیک بتن) براساس استاندارد ASTM C 297

آزمایش های استاندارد مقاومت بتن دارای محدودیت هایی از قبیل نحوه تهیه، ساخت و عمل آوری و زمان آزمایش و همچنین در حد تراکم بتن در سازه و غیره می باشد و نمونه های تهیه شده در این روش معرف واقعی بتن در سازه نبوده و امکان بررسی دقیق خواص واقعی بتن در سازه از این طریق امکان پذیر نیست. با توجه به اینکه روش های تهیه خساراتی به سازه وارد ساخته و هزینه زیادی را متحمل می شود تلاش های زیادی صورت گرفته که بتوان به صورتی بدون تخریب، خواص فیزیکی بتن که به مقاومت ارتباط دارد اندازه گیری نمود. مطالعاتی که تاکنون به عمل آمده هیچگونه رابطه واحدی بین سرعت و مقاومت بتن بدست نداده، ضمن اینکه تحت شرایط مشخصی این دو کمیت توسط عامل مشترک وزن مخصوص بتن به هم مربوط می شوند. نتایج نشان می دهد که هرگونه تغییر در وزن مخصوص منجر به تغییر در سرعت پالس در بتن می شود. کاهش در اثر وزن مخصوص و افزایش نسبت آب به سیمان که مقاومت فشاری بتن و هم سرعت پالس را کاهش می دهد. سرعت های بسیار بالا بیانگر یک بتن بسیار خوب و سرعت های بسیار کم بیانگر یک بتن ضعیف می باشد. این دستگاه به صورت شماتیک در شکل زیر آمده است.





این دستگاه تولید پالس هایی با فرکانس کوتاه می کند و زمان برگشت موج در بتن را روی صفحه دیجیتال نمایش می دهد. دستگاه اولتراسونیک وسیله ای است کاملاً سبک و قابل حمل و نقل، برای ارزیابی کیفیت بتن در این دستگاه پالس های ماورا صوت به وسیله یک تغییر سریع در پتانسیل از یک فرستنده محرک به یک کریستال مدل پیزوالکتریک که ارتعاشاتی با فرکانس طبیعی خود ایجاد می کنند حاصل می شود. مبدل را در تماس مستقیم با بتن قرار می دهیم به صورتی که ارتعاشات آن از بتن عبور کرده و توسط مبدل گیرنده که در تماس با سطح مقابل نمونه مورد آزمایش است گرفته می شود. بیشترین امتیاز این روش نسبت به سایر آزمایشات غیرمخرب این است که پالس ها از میان ضخامت کامل بتن عبور کرده و چون از تمام ذرات عبور می کند عیب عمده کار مشخص می شود.

چکش اشمیت بر اساس استاندارد ASTM C 805

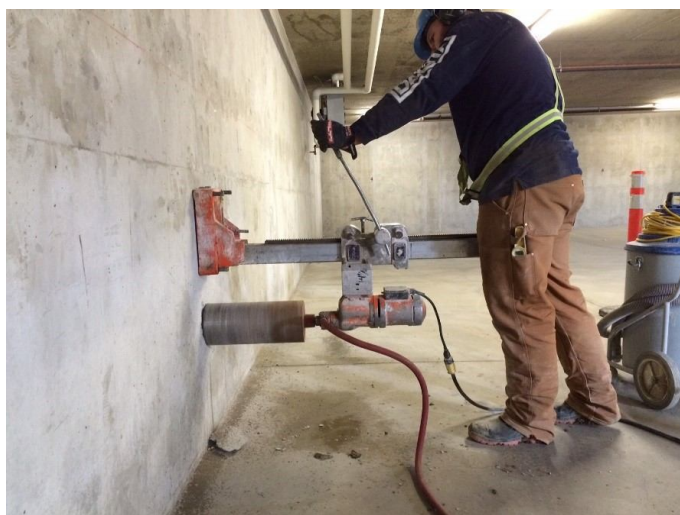
این آزمایش به نام های چکش بازتاب، چکش ضربه ای یا آزمایش سنجش سختی شناخته می شود و یک روش غیر مخرب برای آزمایش بتن می باشد. آزمایش براساس این اصل است که بازتاب یک جرم ارتجائی به سختی سطح در مقابل جرمی که به آن برخورد می کند وابسته است. در چکش اشمیت جرم متصل شده به فنر وجود دارد که با کشیدن فنر تا نقطه 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. مطالعات نشان داده است که سختی سنگ ها با مقاومت فشاری تک محوری و مدول کشسانی سنگ ها در ارتباط است در واقع سختی یکی از مفاهیم رایج است که برای توصیف رفتاری سنگ ها به کار می رود. سختی تابعی از عوامل ذاتی چون نوع کانی ها، ابعاد دانه ها، چسبندگی مرزی کانی ها، مقاومت و رفتار الاستیک و پلاستیک سنگ می باشد. ترکیب و اندرکنش این عوامل تعیین کننده سختی یک سنگ است. روش های متعددی برای تعیین سختی سنگ پیشنهاد شده است که یکی از این روش ها بکارگیری وسیله ای به نام چکش اشمیت است که معروف به آزمایش های واجهشی یا دینامیکی است. در این دسته از آزمایش ها از یک چکش یا وزنه برای ضربه زدن به سطح سنگ استفاده می شود و ارتفاع واجهش وزنه مقیاسی برای سنجش سختی است. هر گونه رفتار پلاستیک یا تغییر شکل بر اثر ضربه، انرژی الاستیک واجهش چکش را کاهش می دهد.



این آزمایش برای تعیین سختی سنگ و بتن با استفاده از چکش اشمیت در صحرا و یا آزمایشگاه بکار می رود. با استفاده از این سختی می توان خصوصیات دیگر سنگ و بتن را مانند مقاومت فشاری آن تخمین زد. این روش که توسط انجمن بین المللی مکانیک سنگ ISRM به صورت استاندارد درآمده است در مورد سنگ های خیلی نرم یا خیلی سخت دارای محدودیت هایی بوده است و نتایج قابل اطمینانی ارائه نمی دهد. چکش های اشمیتی که جهت تخمین مقاومت فشاری بتن بکار می رود انرژی ضربه فنر در حدود 2.207 ژول دارند که برای سازه های بتنی که مقاومتی بین ۱۰ تا ۷۰ مگاپاسکال دارند مناسب است.

آزمایش مخرب مغزه گیری از بتن سخت شده براساس استاندارد ASTM C42 دستگاه مغزه گیری (core) برای نمونه های استوانه ای

برای تهیه نمونه هایی که عمود بر سطوح افقی و با مته کردن رو به پائین تهیه می شود از مته های ضربه ای (shot drill) می توان استفاده کرد. برای نمونه هایی که در جهات دیگری غیر از جهت قائم تهیه می شود و با نمونه هایی که قطر آنها به علت لزوم محاسبات دقیق تر مقاومت فشاری باید به دقت بیشتری تعیین گردد از مته های الماسی باید استفاده کرد.



معیارهای نمونه گیری

الف) از بتن هنگامی می توان نمونه گرفت که بتن به اندازه کافی سخت شده باشد که تهیه نمونه زبانی به چسبیدگی دانه ها و خمیر سیمان وارد نکند به طور کلی بتن باید حداقل ۱۴ روز عمر داشته باشد. از نمونه هایی که دارای نواقص غیر عادی بوده و یا نمونه هایی که در حین نمونه برداری صدمه دیده باشند نباید استفاده کرد.

ب) نمونه هایی که برای تعیین مقاومت فشاری بکار رفته و میله آهن (میلگرد) در داخل داشته باشند ممکن است که مقاومت بیشتر یا کمتری از نمونه های بدون آهن بدهند. در صورت امکان باید از استفاده از این نمونه ها حذر کرده و یا اینکه نمونه را تراشید تا آهن حذف گردد. بشرط آنکه نسبت طول به قطر نمونه حاصله از یک کمتر نشود.

نمونه مغزه گیری (core)

الف) نمونه های استوانه ای که عمود بر سطوح افقی گرفته می شوند باید طوری باشند که در صورت امکان محور استوانه عمود بر سطوح اولیه ریختگی بتن و نزدیک اتصالات و لبه های واحدهای بتن ریزی نباشد. نمونه هایی که عمود بر سطوح قائم گرفته می شوند حتی الامکان باید از لبه ها و کناره های واحدهای بتن ریزی دور باشند.

ب) اخذ حداقل یک نمونه از هر قسمت سازه با قطر ۱۵ سانتی متر و ارتفاع ۳۰ سانتی متر و برای سایر مغزه های کوچکتر از ۱۵ سانتیمتر اخذ حداقل ۳ نمونه.



تعیین مقاومت فشاری

الف) نمونه آزمایش: قطر نمونه برای تعیین مقاومت فشاری باید حداقل سه برابر حداکثر قطر دانه های درشت مصرف شده در بتن و یا حداقل دو برابر حداکثر دانه های درشت مجاز باشد. بهتر است که حتی الامکان طول نمونه بعد از اندود capped سطوح انتهایی (سر و ته) تا حد امکان دو برابر قطر بوده باشد. نمونه ای که طول آن قبل از پوشش سطوح انتهایی از ۹۵ درصد قطر و بعد از پوشش سطوح انتهایی از قطر کمتر باشد قابل قبول نیست.

ب) پوشش سطوح انتهایی (سروته): این سطوح باید مسطح و عمود به محور طولی استوانه بوده و دارای قطر مساوی قطر بدنه باشند، در صورت لزوم باید سطوح انتهایی را اهر کرده و یا تراشکاری کرد تا مشخصات مورد لزوم زیر بدست آید.

پ) برآمدگی سطوح: برآمدگی روی سطوح انتهایی نباید بیش از ۵ میلیمتر از سطوح انتهایی باشد.

ث) زاویه سطوح انتهایی با صفحه عمود بر محور طولی نباید بیش از ۵ درجه باشد.

ج) اقطار سطوح انتهایی نباید بیش از ۰,۱ اینچ و یا ۲,۵ میلیمتر با قطر متوسط نمونه اختلاف داشته باشند.



اندود (capping)

- قبل از آزمایش مقاومت فشاری، سطوح سر و ته باید بر اساس روش ASTM C617 اندود گردد. برای انجام این کار از مخلوط گوگرد و ماسه که در دمای مناسب ذوب شده استفاده می شود.
- سطوح اندود شده باید مسطح بوده و مشخصات ASTM C192 را تامین کند.

عمل آوری نمونه ها

- الف) نمونه ها را قبل از آزمایش باید در آب اشباع با آهک (۳ گرم آهک شکفته در هر لیتر آب) در حرارت $73,4+3$ فارنهایت ($1,7+23$ سانتیگراد) برای ۴۰ ساعت غوطه ور کرد.
- ب) نمونه باید سریعاً بعد از بیرون آوردن از آب مورد آزمایش قرار گیرد. در فاصله بیرون آوردن نمونه از آب و آزمایش، نمونه باید با پارچه خیس از جنس کرباس و یا هر پارچه مناسب دیگری پوشیده شود.
- پ) در صورتیکه متقاضی آزمایش، شرایط آزمایش را به نحو دیگری غیر از غوطه ور کردن در آب به مدت ۴۰ ساعت توصیه کند، نمونه ها را می توان بر آن اساس آزمایش کرد.
- ت) تصحیح لازم برای نسبت طول به قطر برای نمونه های خشک به مقدار قابل توجهی، با مقادیر نظیر نمونه های غوطه ور شده در آب متفاوت به نظر می رسد.
- ث) این تصحیحات برای نمونه های خشک کاملاً روشن نشده و از این رو توصیه می گردد که در مورد نمونه های خشک طول نمونه دو برابر قطر آن باشد که در این صورت به ضریب تصحیح نیازی نخواهد بود.

اندازه گیری

- الف) قبل از آزمایش، طول نمونه اندود شده باید با دقت $0,1$ اینچ یا $2,5$ میلیمتر اندازه گیری شود. متوسط قطر نمونه با مغزه گیری قطر حدود وسط نمونه و دو اندازه گیری که یکی با دیگری 90 درجه زاویه داشته باشد، باید تعیین گردد این اندازه باید در صورت امکان با دقت $0,1$ اینچ ($2,5$ میلیمتر) باشد ولی به هر صورت باید دقت کمتر از $0,1$ اینچ نباشد.
- ب) بیشتر نمونه هایی که با مته های ضربه ای تهیه شده اند سطوح کاملاً صیقلی نداشته و دقت بیش از $0,1$ اینچ در تعیین قطر نمونه ندارد.



آزمایش مقاومت فشاری

آزمایش باید بر اساس متد ASTM C39 برای آزمایش مقاومت فشاری نمونه های سیلندری انجام گیرد.



محاسبات

الف) مقاومت فشاری هر نمونه براساس سطح متوسط اندازه گیری شده (که در بالا توضیح داده شده) محاسبه می گردد. اگر نسبت طول به ارتفاع نمونه ها بیشتر از ۲,۱ باشد باید در طول آن کاهش داد بطوریکه طول به قطر L/D در داخل محدوده ۱,۹۴ تا ۲,۱ قرار گیرد که در اینصورت نیازی به تصحیح مقاومت فشاری نیست، هرگاه نسبت طول به قطر نمونه از ۱,۹۴ کمتر باشد مقاومت فشاری محاسبه شده در ضریب تصحیح جدول (۱) ضرب می گردد.

نمونه‌های تعیین ضریب تصحیح مقاومت فشاری نمونه‌های برگرفته شده بتن که نسبت ارتفاع به قطر آنها بین ۱ تا ۲ باشد

1.00	0.870	1.34	0.943	1.68	0.974
1.01	0.875	1.35	0.944	1.69	0.975
1.02	0.879	1.36	0.945	1.70	0.976
1.03	0.882	1.37	0.947	1.71	0.977
1.04	0.885	1.38	0.948	1.72	0.978
1.05	0.888	1.39	0.949	1.73	0.978
1.06	0.891	1.40	0.950	1.74	0.979
1.07	0.893	1.41	0.951	1.75	0.980
1.08	0.895	1.42	0.952	1.76	0.981
1.09	0.898	1.43	0.953	1.77	0.982
1.10	0.901	1.44	0.954	1.78	0.982
1.11	0.903	1.45	0.955	1.79	0.983
1.12	0.905	1.46	0.956	1.80	0.984
1.13	0.907	1.47	0.957	1.81	0.985
1.14	0.909	1.48	0.958	1.82	0.986
1.15	0.911	1.49	0.959	1.83	0.986
1.18	0.914	1.50	0.960	1.84	0.987
1.17	0.916	1.51	0.961	1.85	0.988
1.18	0.918	1.52	0.962	1.86	0.989
1.19	0.920	1.53	0.963	1.87	0.989
1.20	0.921	1.54	0.964	1.88	0.990
1.21	0.923	1.55	0.964	1.89	0.991
1.22	0.925	1.56	0.965	1.90	0.992
1.23	0.927	1.57	0.966	1.91	0.993
1.24	0.929	1.58	0.967	1.92	0.993
1.25	0.930	1.59	0.968	1.93	0.994
1.26	0.932	1.60	0.968	1.94	0.995
1.27	0.933	1.61	0.969	1.95	0.996
1.28	0.935	1.62	0.970	1.96	0.997
1.29	0.936	1.63	0.971	1.97	0.998
1.30	0.937	1.64	0.971	1.98	0.998
1.31	0.939	1.65	0.972	1.99	0.999
1.32	0.940	1.66	0.973	2.00	1.000
1.33	0.942	1.67	0.974	طبق آاس-تی ۱۹۸۳	

جدول تعیین ضریب تصحیح مقاومت فشاری نمونه‌های برگرفته شده بتن که

نسبت ارتفاع به قطر آنها ۱ به ۲ می باشد.

۱۸۰

جدول - تعیین ضریب تصحیح مقاومت فشاری نمونه‌های برگرفته شده بتن که نسبت ارتفاع به قطر ۱ به ۲ می باشد

(ب) این ضرایب را می توان در بتن های سبک وزن بین ۱۶۰۰ تا ۱۹۲۰ کیلوگرم در مترمکعب و بتن های معمولی به کار برد.

ضریب اصلاح میلگرد

وجود میلگرد عرضی در بتن باعث کاهش مقاومت بتن می گردد و بایستی مطابق فرمول زیر اصلاح گردد.

مقاومت اصلاحی = مقاومت $\times (1 + 1.5 (\sum D_i h_i / D_c h_c))$ که در آن $D_i h_i$ به ترتیب فاصله محور آرماتور تا نزدیک ترین انتهای مغزه و قطر آرماتور و $D_c h_c$ به ترتیب ارتفاع و قطر مغزه میباشد.

معیار پذیرش مقاومت فشاری مغزه بتن بر طبق آیین نامه آبا

(الف) مقاومت فشاری هیچ کدام از مغزه ها به تنهایی نبایستی از ۷۵ درصد مقاومت مشخصه کمتر باشد.

(ب) میانگین مقاومت فشاری ۳ مغزه نبایستی از ۸۵ درصد مقاومت مشخصه کمتر باشد.

نتیجه گیری:

۱. گرفتن مغزه (کرگیری) از بتن سخت شده توسط دستگاه مغزه گیری و تعیین مقاومت فشاری آن با دستگاه جک بتن شکن یکی از مطمئن ترین روشهای تعیین مقاومت فشاری بتن می باشد که در آیین نامه آبا هم به آن اشاره شده است.

۲. آزمایش اولتراسونیک بتن و چکش اشmitt از جمله آزمایش های غیر مخرب بتن هستند که با سرعت بالا و دقت مناسب جهت ارزیابی و مقایسه بتن های اجرا شده و همچنین کنترل و آگاهی از روند رشد مقاومت فشاری بتن مفید می باشند. باید توجه داشت که طبق استانداردهای ارائه شده آزمایش چکش اشmitt به تنهایی نمی تواند مبنای رد یا قبولی بتن باشد.

۳. در آزمایش اولتراسونیک بتن با توجه به اینکه امواج ماورای صوت از تمام ضخامت بتن عبور می نماید نتایج بهتری نسبت به چکش اشmitt که محدود به بتن سطحی می باشد ارائه می دهد.

۴. هزینه آزمایش های غیر مخرب بتن به مراتب پایین تر از هزینه آزمایشات مخرب بتن (مغزه گیری) می باشد.

۵. دستگاه آزمایش های غیر مخرب بتن غالباً کم و به راحتی قابل جابجایی هستند

مراجع:

۱. تکنولوژی بتن انتشارات علم و صنعت

۲. استانداردها و دستورالعمل های آزمایشات مکانیک خاک وزارت راه و ترابری مطابق با استاندارد های ASTM, BS, AASHTO

۳. مجموعه استانداردهای ترجمه شده شرکت مادر تخصصی آزمایشگاه مکانیک خاک

۴. آیین نامه بتن ایران (آبا)

۵. استاندارد آزمایش چکش اشmitt ASTM C 805

آزمون های مخرب و غیرمخرب بتن

آزمایش های بتن تازه

۱. مقاومت فشاری بتن که مهمترین آزمایش بتن تلقی می شود. (نمونه استوانه ای و مکعبی)

۲. مقاومت کششی و خمشی (تست برزلی)

۳. درصد هوای موجود در بتن (کپسول)

۴. اسلامپ (روانی)



آزمایش های بتن سخت شده

۱. چکش اشmitt

۲. کرگیری (مغزه گیری)

۳. اشعه نگاری

۴. اولتراسونیک بتن یا امواج ماورای صوت (تشخیص خلل و فرج در بتن و میزان یکنواختی بتن، وجود ترک ها و گاه مقاومت فشاری بتن)

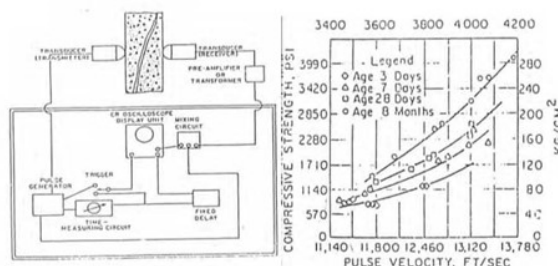
انواع آزمایش های بتن سخت شده، جهت تعیین مقاومت فشاری بتن

آزمایش های غیرمخرب

در آزمایش های مخرب، نمونه آزمایش پس از اجرای آزمایش تخریب می شود و دیگر نمی توان آن را مورد استفاده قرار داد. آزمایش مقاومت فشاری و کششی از این دسته اند. در آزمایش های غیرمخرب می توان بتن را در محل آزمایش کرد. آزمایش اولتراسونیک و چکش اشمیت از این دسته اند. باید توجه داشت که طبق استانداردهای ارائه شده بعضی از آزمایش های غیرمخرب هیچ گاه نمی توانند مبنای رد یا قبولی بتن باشند ولی از نظر ارزیابی، مقایسه بتن های اجرا شده و همچنین کنترل و آگاهی از روند رشد مقاومت فشاری مفید می باشد.

آزمایش سرعت امواج ماوراء صوت (اولتراسونیک بتن) براساس استاندارد ASTM C 297

آزمایش های استاندارد مقاومت بتن دارای محدودیت هایی از قبیل نحوه تهیه، ساخت و عمل آوری و زمان آزمایش و همچنین در حد تراکم بتن در سازه و گیره می باشد و نمونه های تهیه شده در این روش معرف واقعی بتن در سازه نبوده و امکان بررسی دقیق خواص واقعی بتن در سازه از این طریق امکان پذیر نیست. با توجه به اینکه روش های تهیه خساراتی به سازه وارد ساخته و هزینه زیادی را متحمل می شود تلاش های زیادی صورت گرفته که بتوان به صورتی بدون تخریب، خواص فیزیکی بتن که به مقاومت ارتباط دارد اندازه گیری نمود. مطالعاتی که تاکنون به عمل آمده هیچگونه رابطه واحدی بین سرعت و مقاومت بتن بدست نداده، ضمن اینکه تحت شرایط مشخصی این دو کمیت توسط عامل مشترک وزن مخصوص بتن به هم مربوط می شوند. نتایج نشان می دهد که هرگونه تغییر در وزن مخصوص منجر به تغییر در سرعت پالس در بتن می شود. کاهش در اثر وزن مخصوص و افزایش نسبت آب به سیمان که مقاومت فشاری بتن و هم سرعت پالس را کاهش می دهد. سرعت های بسیار بالا بیانگر یک بتن بسیار خوب و سرعت های بسیار کم بیانگر یک بتن ضعیف می باشد. این دستگاه به صورت شماتیک در شکل زیر آمده است.



این دستگاه تولید پالس هایی با فرکانس کوتاه می کند و زمان برگشت موج در بتن را روی صفحه دیجیتال نمایش می دهد. دستگاه اولتراسونیک وسیله ای است کاملاً سبک و قابل حمل و نقل، برای ارزیابی کیفیت بتن در این دستگاه پالس های ماورا صوت به وسیله یک تغییر سریع در پتانسیل از یک فرستنده محرک به یک کریستال مدل پیزوالکتریک که ارتعاشاتی با فرکانس طبیعی خود ایجاد می کنند حاصل می شود. مبدل را در تماس مستقیم با بتن قرار می دهیم به صورتی که ارتعاشات آن از بتن عبور کرده و توسط مبدل گیرنده که در تماس با سطح مقابل نمونه مورد آزمایش است گرفته می شود. بیشترین امتیاز این روش نسبت به سایر آزمایشات غیرمخرب این است که پالس ها از میان ضخامت کامل بتن عبور کرده و چون از تمام ذرات عبور می کند عیوب عمده کار مشخص می شود.

چکش اشمیت بر اساس استاندارد ASTM C 805

این آزمایش به نام های چکش بازتاب، چکش ضربه ای یا آزمایش سنجش سختی شناخته می شود و یک روش غیر مخرب برای آزمایش بتن می باشد. آزمایش براساس این اصل است که بازتاب یک جرم ارتجائی 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. مطالعات نشان داده است که سختی سنگ ها با مقاومت فشاری تک محوری و مدول کشسانی سنگ ها در ارتباط است در واقع سختی یکی از مفاهیم رایج است که برای توصیف رفتاری سنگ ها به کار می رود. سختی تابعی از عوامل ذاتی چون نوع کانی ها، ابعاد دانه ها، چسبندگی مرزی کانی ها، مقاومت و رفتار الاستیک و پلاستیک سنگ می باشد. ترکیب و اندرکنش این عوامل تعیین کننده سختی یک سنگ است. روش های متعددی برای تعیین سختی سنگ پیشنهاد شده است که یکی از این روش ها بکارگیری وسیله ای به نام چکش اشمیت است که معروف به آزمایش های واجهشی یا دینامیکی است. در این دسته از آزمایش ها از یک چکش یا وزنه برای ضربه زدن به سطح سنگ استفاده می شود و ارتفاع واجهش وزنه مقیاسی برای سنجش سختی است. هر گونه رفتار پلاستیک یا تغییر شکل بر اثر ضربه، انرژی الاستیک واجهش چکش را کاهش می دهد.



این آزمایش برای تعیین سختی سنگ و بتن با استفاده از چکش اشمیت در صحرا و یا آزمایشگاه بکار می رود. با استفاده از این سختی می توان خصوصیات دیگر سنگ و بتن را مانند مقاومت فشاری آن تخمین زد. این روش که توسط انجمن بین المللی مکانیک سنگ ISRM به صورت استاندارد درآمده است در مورد سنگ های خیلی نرم یا خیلی سخت دارای محدودیت هایی

بوده است و نتایج قابل اطمینانی ارائه نمی دهد. چکش های اشمیتی که جهت تخمین مقاومت فشاری بتن بکار می رود انرژی ضربه فنر در حدود 2.207 ژول دارند که برای سازه های بتنی که مقاومتی بین ۱۰ تا ۷۰ مگاپاسکال دارند مناسب است.

آزمایش مخرب مغزه گیری از بتن سخت شده براساس استاندارد ASTM C42

دستگاه مغزه گیری (core) برای نمونه های استوانه ای

برای تهیه نمونه هایی که عمود بر سطوح افقی و با مته کردن رو به پائین تهیه می شود از مته های ضربه ای (shot drill) می توان استفاده کرد. برای نمونه هایی که در جهات دیگری غیر از جهت قائم تهیه می شود و با نمونه هایی که قطر آنها به علت لزوم محاسبات دقیق تر مقاومت فشاری باید به دقت بیشتری تعیین گردد از مته های الماسی باید استفاده کرد.



معیارهای نمونه گیری

الف) از بتن هنگامی می توان نمونه گرفت که بتن به اندازه کافی سخت شده باشد که تهیه نمونه زبانی به چسبیدگی دانه ها و خمیر سیمان وارد نکند به طور کلی بتن باید حداقل ۱۴ روز عمر داشته باشد. از نمونه هایی که دارای نواقص غیر عادی بوده و یا نمونه هایی که در حین نمونه برداری صدمه دیده باشند نباید استفاده کرد.

ب) نمونه هایی که برای تعیین مقاومت فشاری بکار رفته و میله آهن (میلگرد) در داخل داشته باشند ممکن است که مقاومت بیشتر یا کمتری از نمونه های بدون آهن بدهند. در صورت امکان باید از استفاده از این نمونه ها حذر کرده و یا اینکه نمونه را تراشید تا آهن حذف گردد. بشرط آنکه نسبت طول به قطر نمونه حاصله از یک کمتر نشود.

نمونه مغزه گیری (core)

الف) نمونه های استوانه ای که عمود بر سطوح افقی گرفته می شوند باید طوری باشند که در صورت امکان محور استوانه عمود بر سطوح اولیه ریختگی بتن و نزدیک اتصالات و لبه های واحدهای بتن ریزی نباشد. نمونه هایی که عمود بر سطوح قائم گرفته می شوند حتی الامکان باید از لبه ها و کناره های واحدهای بتن ریزی دور باشند.

ب) اخذ حداقل یک نمونه از هر قسمت سازه با قطر ۱۵ سانتی متر و ارتفاع ۳۰ سانتی متر و برای سایر مغزه های کوچکتر از ۱۵ سانتیمتر اخذ حداقل ۳ نمونه.



تعیین مقاومت فشاری

الف) نمونه آزمایش: قطر نمونه برای تعیین مقاومت فشاری باید حداقل سه برابر حداکثر قطر دانه های درشت مصرف شده در بتن و یا حداقل دو برابر حداکثر دانه های درشت مجاز باشد. بهتر است که حتی الامکان طول نمونه بعد از اندود capped سطوح انتهایی (سر و ته) تا حد امکان دو برابر قطر بوده باشد. نمونه ای که طول آن قبل از پوشش سطوح انتهایی از ۹۵ درصد قطر و بعد از پوشش سطوح انتهایی از قطر کمتر باشد قابل قبول نیست.

ب) پوشش سطوح انتهایی (سروته): این سطوح باید مسطح و عمود بر محور طولی استوانه بوده و دارای قطر مساوی قطر بدنه باشند، در صورت لزوم باید سطوح انتهایی را اهر کرده و یا تراشکاری کرد تا مشخصات مورد لزوم زیر بدست آید.

پ) برآمدگی سطوح: برآمدگی روی سطوح انتهایی نباید بیش از ۵ میلیمتر از سطوح انتهایی باشد.

ث) زاویه سطوح انتهایی با صفحه عمود بر محور طولی نباید بیش از ۵ درجه باشد.

ج) اقطار سطوح انتهایی نباید بیش از ۰٫۱ اینچ و ۲٫۵ میلیمتر با قطر متوسط نمونه اختلاف داشته باشند.



اندود (capping)

- قبل از آزمایش مقاومت فشاری، سطوح سر و ته باید بر اساس روش ASTM C617 اندود گردد. برای انجام این کار از مخلوط گوگرد و ماسه که در دمای مناسب ذوب شده استفاده می شود.
- سطوح اندود شده باید مسطح بوده و مشخصات ASTM C192 را تامین کند.

عمل آوری نمونه ها

الف) نمونه ها را قبل از آزمایش باید در آب اشباع با آهک (۳ گرم آهک شکفته در هر لیتر آب) در حرارت $73,4+3$ فارنهایت ($1,7+23$ سانتیگراد) برای ۴۰ ساعت غوطه ور کرد.

ب) نمونه باید سریعاً بعد از بیرون آوردن از آب مورد آزمایش قرار گیرد. در فاصله بیرون آوردن نمونه از آب و آزمایش، نمونه باید با پارچه خیس از جنس کرباس و یا هر پارچه مناسب دیگری پوشیده شود.

پ) در صورتیکه متقاضی آزمایش، شرایط آزمایش را به نحو دیگری غیر از غوطه ور کردن در آب به مدت ۴۰ ساعت توصیه کند، نمونه ها را می توان بر آن اساس آزمایش کرد.

ت) تصحیح لازم برای نسبت طول به قطر برای نمونه های خشک به مقدار قابل توجهی، با مقادیر نظیر نمونه های غوطه ور شده در آب متفاوت به نظر می رسد.

ث) این تصحیحات برای نمونه های خشک کاملاً روشن نشده و از این رو توصیه می گردد که در مورد نمونه های خشک طول نمونه دو برابر قطر آن باشد که در این صورت به ضریب تصحیح نیازی نخواهد بود.

اندازه گیری

الف) قبل از آزمایش، طول نمونه اندود شده باید با دقت $0,1$ اینچ و یا ($2,5$ میلیمتر) اندازه گیری شود. متوسط قطر نمونه با مغزه گیری قطر حدود وسط نمونه و دو اندازه گیری که یکی با دیگری 90 درجه زاویه داشته باشد، باید تعیین گردد این اندازه باید در صورت امکان با دقت $0,1$ اینچ ($2,5$ میلیمتر) باشد ولی به هر صورت باید دقت کمتر از $0,1$ اینچ نباشد.

ب) بیشتر نمونه هایی که با مته های ضربه ای تهیه شده اند سطوح کاملاً صیقلی نداشته و دقت بیش از $0,1$ اینچ در تعیین قطر نمونه ندارد.



آزمایش مقاومت فشاری

آزمایش باید بر اساس متد ASTM C39 برای آزمایش مقاومت فشاری نمونه های سیلندری انجام گیرد.

محاسبات

الف) مقاومت فشاری هر نمونه براساس سطح متوسط اندازه گیری شده (که در بالا توضیح داده شده) محاسبه می گردد. اگر نسبت طول به ارتفاع نمونه ها بیشتر از $2,1$ باشد باید در طول آن کاهش داد بطوریکه طول به قطر L/D در داخل محدوده $1,94$ تا $2,1$ قرار گیرد که در اینصورت نیازی به تصحیح مقاومت فشاری نیست، هرگاه نسبت طول به قطر نمونه از $1,94$ کمتر باشد مقاومت فشاری محاسبه شده در ضریب تصحیح جدول (۱) ضرب می گردد.

نمردار تعیین ضریب تصحیح مقاومت فشاری نمونه های برگرفته شده بتن که نسبت ارتفاع به قطر آنها بین ۱ تا ۲ باشد.

1.00	0.870	1.34	0.943	1.68	0.974
1.01	0.875	1.35	0.944	1.69	0.975
1.02	0.879	1.36	0.945	1.70	0.976
1.03	0.882	1.37	0.947	1.71	0.977
1.04	0.885	1.38	0.948	1.72	0.978
1.05	0.888	1.39	0.949	1.73	0.978
1.06	0.891	1.40	0.950	1.74	0.979
1.07	0.893	1.41	0.951	1.75	0.980
1.08	0.895	1.42	0.952	1.76	0.981
1.09	0.898	1.43	0.953	1.77	0.982
1.10	0.901	1.44	0.954	1.78	0.982
1.11	0.903	1.45	0.955	1.79	0.983
1.12	0.905	1.46	0.956	1.80	0.984
1.13	0.907	1.47	0.957	1.81	0.985
1.14	0.909	1.48	0.958	1.82	0.986
1.15	0.911	1.49	0.959	1.83	0.986
1.16	0.914	1.50	0.960	1.84	0.987
1.17	0.916	1.51	0.961	1.85	0.988
1.18	0.918	1.52	0.962	1.86	0.989
1.19	0.920	1.53	0.963	1.87	0.989
1.20	0.921	1.54	0.964	1.88	0.990
1.21	0.923	1.55	0.964	1.89	0.991
1.22	0.925	1.56	0.965	1.90	0.992
1.23	0.927	1.57	0.966	1.91	0.993
1.24	0.929	1.58	0.967	1.92	0.993
1.25	0.930	1.59	0.968	1.93	0.994
1.26	0.932	1.60	0.968	1.94	0.995
1.27	0.933	1.61	0.969	1.95	0.996
1.28	0.935	1.62	0.970	1.96	0.997
1.29	0.936	1.63	0.971	1.97	0.998
1.30	0.937	1.64	0.971	1.98	0.998
1.31	0.939	1.65	0.972	1.99	0.999
1.32	0.940	1.66	0.973	2.00	1.000
1.33	0.942	1.67	0.974		

جدول تعیین ضریب تصحیح مقاومت فشاری نمونه های برگرفته شده بتن که نسبت ارتفاع به قطر آنها ۱ به ۲ می باشد.

جدول - تعیین ضریب تصحیح مقاومت فشاری نمونه های برگرفته شده بتن که نسبت ارتفاع به قطر ۱ به ۲ می باشد

(ب) این ضرایب را می توان در بتن های سبک وزن بین ۱۶۰۰ تا ۱۹۲۰ کیلوگرم در مترمکعب و بتن های معمولی به کار برد.

ضریب اصلاح میلگرد

وجود میلگرد عرضی در بتن باعث کاهش مقاومت بتن می گردد و بایستی مطابق فرمول زیر اصلاح گردد.
مقاومت اصلاحی = مقاومت $\times (1 + 1.5 (\sum D_i h_i / D_c h_c))$ که در آن $D_i h_i$ به ترتیب فاصله محور آرماتور تا نزدیک ترین انتهای مغزه و قطر آرماتور و $D_c h_c$ به ترتیب ارتفاع و قطر مغزه میباشد.

معیار پذیرش مقاومت فشاری مغزه بتن بر طبق آیین نامه آبا

(الف) مقاومت فشاری هیچ کدام از مغزه ها به تنهایی نبایستی از ۷۵ درصد مقاومت مشخصه کمتر باشد.

(ب) میانگین مقاومت فشاری ۳ مغزه نبایستی از ۸۵ درصد مقاومت مشخصه کمتر باشد.

نتیجه گیری:

۱. گرفتن مغزه (کرگیری) از بتن سخت شده توسط دستگاه مغزه گیری و تعیین مقاومت فشاری آن با دستگاه جک بتن شکن یکی از مطمئن ترین روشهای تعیین مقاومت فشاری بتن می باشد که در آیین نامه آبا هم به آن اشاره شده است.
۲. آزمایش اولتراسونیک بتن و چکش اشمیت از جمله آزمایش های غیر مخرب بتن هستند که با سرعت بالا و دقت مناسب جهت ارزیابی و مقایسه بتن های اجرا شده و همچنین کنترل و آگاهی از روند رشد مقاومت فشاری بتن مفید می باشند. باید توجه داشت که طبق استانداردهای ارائه شده آزمایش چکش اشمیت به تنهایی نمی تواند مبنای رد یا قبولی بتن باشد.
۳. در آزمایش اولتراسونیک بتن با توجه به اینکه امواج ماورای صوت از تمام ضخامت بتن عبور می نماید نتایج بهتری نسبت به چکش اشمیت که محدود به بتن سطحی می باشد ارائه می دهد.
۴. هزینه آزمایش های غیر مخرب بتن به مراتب پایین تر از هزینه آزمایشات مخرب بتن (مغزه گیری) می باشد.
۵. دستگاه آزمایش های غیر مخرب بتن غالبا کم و به راحتی قابل جابجایی هستند

مراجع:

۱. تکنولوژی بتن انتشارات علم و صنعت
۲. استانداردها و دستورالعمل های آزمایشات مکانیک خاک وزارت راه و ترابری مطابق با استاندارد های ASTM, BS, AASHTO
۳. مجموعه استانداردهای ترجمه شده شرکت مادر تخصصی آزمایشگاه مکانیک خاک
۴. آیین نامه بتن ایران (آبا)
۵. استاندارد آزمایش چکش اشمیت ASTM C 805

آزمون های بتن تازه و سخت شده

کارایی بتن تازه

از آنجا که خواص بتن سخت شده نظیر مقاومت، پایداری حجمی و پایداری به خواص بتن تازه وابسته است، لازم است که کارایی و روانی بتن تازه به صورتی باشد که بتوان آنرا کاملا متراکم نمود. بعلاوه بتوان آنرا به آسانی و بدون خطر جدایی ذرات از یکدیگر حمل نموده و در قالبها ریخته و پرداخت نمود. مهم ترین مسئله در بتن تازه، میزان کارایی آن می باشد عوامل مختلفی از جمله میزان آب، نوع سنگدانه ها و دانه بندی آنها، وجود مواد افزودنی و ذرات سیمان بر کارایی بتن تازه تاثیر دارد. مهمترین عامل، میزان آب است که با افزایش آن، کارایی افزایش می یابد. سنگدانه های سبک تمایل به پایین آوردن کارایی بتن دارند. در واقع کارایی تحت تاثیر نسبت های حجمی ذرات با اندازه های مختلف قرار می گیرد.



کنترل کیفیت بتن

برای دست یابی به ویژگی های مطلوب بتن ، می بایست کنترل کیفی اجزا تشکیل دهنده بتن از مرحله تولید، حمل، انبار کردن و همچنین کنترل کیفی بتن ساخته شده در مرحله اختلاط ، حمل، ریختن، تراکم و عمل آوری آن مدنظر قرار گیرد. کنترل کیفی بتن معمولاً در سه مرحله انجام می شود:

۱- کنترل کیفی بتن خمیری تازه

۲- کنترل کیفی بتن سخت شده (نمونه گیری در محل و عمل آوری شده در آزمایشگاه)

۳- کنترل کیفی بتن سخت شده درون قطعه (نظیر نمونه های مغزه در محل)

معمول ترین روش های کنترل کیفی بتن تازه ، شامل انجام آزمایش روانی (اسلامپ)، تعیین دمای بتن تازه و گاه وزن حد حجم بتن و درصد هوای آن می باشد.

نمونه گیری از بتن تازه

نمونه گیری از بتن برای انجام آزمایش ها بر روی بتن تازه یا سخت شده انجام می شود. اولین گام نمونه گیری یا نمونه برداری از بتن تازه می باشد. استانداردهای معتبر دنیا، دستورالعمل های مشخصی را برای نمونه برداری از بتن تازه ارائه داده اند. نمونه برداری باید بصورت تصادفی (غیرگزینشی) صورت گیرد. معمولاً کنترل کیفی بتن تازه در آخرین مراحل اجرائی و قبل از مصرف- قبل از ریختن در سازه- باید انجام شود. مطابق استاندارد [ASTM C172](#)، حداقل حجم نمونه برداری بتن تازه جهت انجام آزمایش های مقاومتی، ۲۸ لیتر می باشد. در استاندارد [BS EN 12350-1](#)، این مقدار به حداقل ۱،۵ برابر میزان نمونه تخمین زده شده برای انجام آزمایش ها اشاره شده است.



در مراحل نمونه برداری و آماده سازی نمونه ها یا آزمونه ها، حتی الامکان شرایط محیطی نباید تاثیرچندانی بر نمونه باقی گذارد. نمونه ها باید بلافاصله به محل آزمایشگاه یا قالب گیری حمل گردد تا از تاثیر باد و آفتاب و تبخیر مصون بماند. گذشت زمان بر خواص بتن اثر گذرا است. بنابراین لازم است برای بسیاری از آزمایش ها، آزمونه ها در فاصله زمانی خاص تهیه و یا طی زمان خاصی، آماده سازی آنها انجام گردد تا کار قضاوت در مورد آن ها با سهولت بیشتری به انجام رسد در این رابطه انجام آزمایش های اسلامپ، دمای بتن و درصد هوای بتن باید حداکثر ۵ دقیقه پس از آخرین بخش نمونه گیری شروع شود. برای قالب گیری بتن و انجام عمل آوری و آزمایش های بتن سخت شده، شروع آن حداکثر ۱۵ دقیقه پس از اختلاط بخش های مختلف نمونه برداری خواهد بود. در استاندارد [BS EN 12350-1](#) هر چند تاثیر شرایط محیطی بر خواص بتن تازه و لزوم در نظر گرفتن زمان انجام آزمایش یا تهیه نمونه ها یادآوری گردیده، لیکن به محدوده زمانی خاصی اشاره نگردیده است. روش های مورد استفاده در نمونه برداری، باید شامل بکارگیری کلیه دقت های لازم جهت دستیابی به نمونه های معرف و وضعیت کلی بتن باشد.

نمونه برداری از تراک میکسر یا مخلوط کن های چرخشی کامیون ها

نمونه های بتنی در ابتدا با جمع آوری ۲ یا چند بخش در فواصل منظم در حین تخلیه از بخش میانی و از طریق عبور دادن یک ظرف به طور مکرر از درون جریان تخلیه شده و یا انحراف کامل پیمانته (ناوه تراک میکسر) و تخلیه آن به درون یک ظرف (از بخش اول و آخر پیمانته تخلیه شده نمونه برداری نشود)، صورت می پذیرد. بلافاصله بخش های مختلف نمونه برداری شده باید با یکدیگر به خوبی مخلوط شود و سپس نمونه آزمایشی از آن اخذ گردد. فاصله زمانی بین اولین و آخرین بخش نمونه گیری، نباید از ۱۵ دقیقه تجاوز کند.



نمونه برداری از بتونیر (نظیر مخلوط کن های راهسازی)

پس از تخلیه بتونیر، حداقل از ۵ نقطه دپوی بتن، ۵ بخش مساوی برداشته و با یکدیگر مخلوط می شود. سطحی که بتن بروی آن تخلیه می شود، نباید جاذب باشد و مواد مضر و گل و لای را به داخل بتن وارد کند. به منظور اختلاط بخش های اخذ شده، باید بتن ها در یک ظرف بزرگ (مانند تشت یا فرغون) ریخته و بخوبی با بیلچه و سرتاس، مخلوط شود. رعایت حداکثر فاصله زمانی بین بخش اول و آخر نمونه برداری ضروری است.



نمونه برداری بتن از مخلوط کن های ثابت (بچینگ)

به منظور دستیابی به نمونه های یکنواخت، از ۱۰ درصد ابتدائی و انتهای بتن خروجی از پیمانانه بچینگ، نباید نمونه گرفت. از قسمت های میانی در فواصل منظم زمانی، در هنگام تخلیه بتن، دو یا چند بخش، نمونه بتن تهیه می شود و سپس آنها را با هم بخوبی مخلوط می نمایند. باید از تمام جریان بتن خروجی، نمونه برداری شود. رعایت حداکثر فاصله زمانی ۱۵ دقیقه بین بخش اول و آخر نمونه برداری ضروری است.

آماده سازی نمونه

در همه روش های نمونه برداری، اختلاط بخش های نمونه اخذ شده، در یک ظرف بزرگ ضرورت دارد. این کار با یک بیل یا بیلچه در یک تشت یا فرغون انجام می شود به نحوی که بتوان در موعد مقرر آزمایش های تعیین اسلامپ، دما و هوای بتن را شروع نمود. زیرا نتایج این آزمایش ها متأثر از گذشت زمان در شرایط محیطی حاکم بر بتن خواهد بود و لازم است در طول این عملیات، بتن در معرض باد، تابش مستقیم خورشید و تبخیر شدید قرار نداشته باشد.

نحوه نمونه گیری از بتن تازه

آزمایش مقاومت فشاری در روش [ASTM](#) روی نمونه های استوانه ای ۱۵۰×۳۰۰ میلی متری (۱۲×۶ اینچ) و در روش BS روی نمونه های مکعبی ۱۵۰ میلی متری (۶ اینچ) انجام می شود. قالب های نوع اول معمولاً فولاد، چدن، برنج و انواع پلاستیک ساخته می شوند. در حالی که قالب های نوع دوم ممکن است از صفحات فلزی، پلاستیک، محصولات کاغذی ضد آب و یا سایر موادی که خواص فیزیکی خواسته شده نظیر غیر قابل نفوذ بودن و عدم جذب آب و عدم تغییر طول را تامین می کنند ساخته می شوند. به منظور جلوگیری از چسبیدگی بتن به جدار قالب، باید جداره های داخلی قالب با یک لایه ی نازک [روغن معدنی](#) آغشته گردد؛ سپس بتن در چند لایه داخل قالب ریخته شود. تراکم بتن های با اسلامپ بالا در به لایه و با زدن ۲۵ ضربه به هر لایه توسط یک میله ی گرد به قطر ۱۶ میلی متر انجام می شود. تراکم بتن های با اسلامپ پایین در دو لایه و با ویبره های داخلی و خارجی انجام می شود. سطح بالای استوانه بتنی که توسط ماله صاف می گردد، معمولاً جهت انجام آزمایش به اندازه ی کافی یکنواخت نیست و باید اقدامات دیگری بر روی آن انجام گیرد. استاندارد، تغییرات تا ۰,۰۵ میلی متر را در سطوح بالا و پایین مجاز می داند. بدین منظور دو روش سایش و پوشش سطح، برای ایجاد سطوح صاف به کار می روند.



روش اول روشی مناسب ولی گران است. در روش دوم که پوششی روی سطح گذاشته می شود. سه نوع ماده قابل استفاده است: خمیر سیمان سخت شده، که روی بتن تازه گذاشته می شود، مخروطی از گوگرد و مصالح دانه ای (نظیر رس حرارت دیده)، و یا یک پوشش گچی با مقاومت بالا که روی بتن سخت شده به کار می روند. پوشش باید نازک و به ضخامت ۱،۵ تا ۳ میلی متر و دارای مقاومتی نظیر مقاومت بتن آزمایش شونده باشد. احتمالاً بهترین ماده، مخلوط گوگرد و رس می باشد که برای بتن هایی تا مقاومت ۱۰۰ مگاپاسکال مناسب است. به علت ایجاد گازهای سمی لازم است این عمل در زیر اتاق های جذب دود آزمایشگاه صورت گیرد. علاوه بر صاف بودن سطوح دو سر استوانه، این دو سطح نیز باید عمود بر محور استوانه باشند. این امر در واقع نشان دهنده ی موازی بودن سطوح دو سر استوانه نیز می باشد.

آزمایش های بتن تازه

آزمایش های بتن تازه که معمولاً در پروژه های عمرانی می تواند کاربرد داشته باشد، عبارتند از:

- آزمایش های کارائی، بویژه اسلامپ
- آزمایش تعیین دمای بتن تازه
- آزمایش درصد هوای بتن تازه
- آزمایش تجزیه بتن
- آزمایش وزن واحد حجم بتن تازه

آزمایش اسلامپ

پرکاربردترین آزمایش کارایی، آزمایش روانی (اسلامپ) بتن می باشد. آزمایش اسلامپ، عمدتاً روانی یا شلی و سفتی بتن را می سنجد و نمی تواند همه ابعاد و وجوه کارائی را به تصویر بکشد. یک هدف مهم از تعیین کارایی (اسلامپ) می تواند کنترل سریع و غیر مستقیم نسبت آب به سیمان برای بتنی باشد که اسلامپ آن در هنگام تهیه طرح مخلوط، مشخص شده است. هدف دیگر از تعیین کارایی یا (اسلامپ) صرفاً برای تشخیص مناسب بودن آن جهت حمل و ریختن با وسایل مختلف پمپ، لوله ترمی، ناوه و غیره می باشد. هدف دیگر از تعیین اسلامپ، مقایسه نتایج برای تشخیص یکنواختی مخلوط بتن است. در ایران و اروپا اسلامپ بتن ها، رده بندی شده است که در جدول ذیل مشاهده می شود:

محدوده نتایج آزمایش روانی - میلی متر	رده روانی (اسلامپ)
کمتر از ۱۰ میلی متر (نیاز به آزمایش وی بی وجود دارد)	S0*
۴۰-۱۰	S1

۹۰-۵۰	S2
۱۵۰-۱۰۰	S3
۲۱۰-۱۶۰	S4*
بیش از ۲۲۰ میلی‌متر (نیاز به آزمایش‌های بتن خود تراکم وجود دارد)	S5*
*در استاندارد ۳۵۱۹ ایران این طبقه بندی ها وجود ندارد.	

مجموعه تجهیزات اسلامپ از وسایل زیر تشکیل شده است :

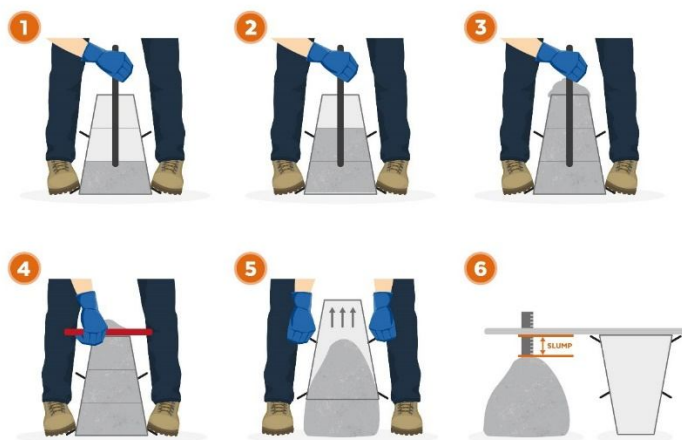
۱. مخروط اسلامپ
۲. میله تراکم
۳. خط کش فلزی
۴. صفحه زیر
۵. قیف



پس از تهیه نمونه، آزمایش اسلامپ باید طی مدت حداکثر ۵ دقیقه شروع شود. داخل قیف اسلامپ باید نمودار شود و در محل مسطح غیر جاذب قرار گرفته و با گذاشتن دو پا روی دسته آن محکم نگه داشته شود (طبق [ASTM C143](#)، لایه اول تا حدود ۶۷ میلی‌متر و لایه دوم تا حدود ۱۵۵ میلی‌متر ریخته می‌شود)

پس از ریختن بتن در مخروط ناقص اسلامپ (به قطر بالایی حدود ۱۰ سانتی‌متر، قطر تقریبی پایینی ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع تقریبی ۳۰ سانتی‌متر) و تراکم آن در سه لایه مجزا توسط میله با ۲۵ ضربه، قالب اسلامپ با دقت، بصورت قائم و بدون حرکت جانبی و چرخش بالا کشیده می‌شود و سپس میزان افت (فرونشست) بتن از قالب تا بالاترین نقطه بتن اندازه گیری می‌شود طبق [استاندارد 3203 ایران](#) و [EN12350-2](#) در استاندارد ایران، زمان بالا کشیدن قالب، ۵ تا ۱۰ ثانیه است و هر لایه، یک

سوم ارتفاع است. این درحالیست که این مدت زمان در استاندارد ASTM در محدوده ۳ تا ۸ ثانیه و در BS EN طی مدت ۲ تا ۵ ثانیه می‌باشد.



توجه گردد، در استاندارد 3203 ایران، اندازه‌گیری از بالاترین نقطه نمونه و در استاندارد [ASTMC143](#)، این اندازه‌گیری در وسط قسمت فوقانی بتن انجام می‌شود. حداکثر زمان آزمایش از شروع تا بالا کشیدن مخروط ۲,۵ دقیقه می‌باشد. در تراکم بتن ضربات با میله ای به قطر ۱۶ میلی‌متر و به طول ۶۰ سانتی‌متر (مطابق با استاندارد BS EN و در استاندارد ASTM بین ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر) به تعداد ۲۵ ضربه (نیمی در پیرامون و نیمی دیگر در بخش‌های میانی) زده می‌شود و میله در لایه زیرین به میزان تقریبی ۲,۵ سانتی‌متر (مطابق با استاندارد ASTM و در استاندارد BS EN، میله تراکم تنها در همان لایه نفوذ می‌کند)، فرو می‌رود.

نتیجه آزمایش مطابق با [ASTM C143](#) با تقریب ۵ میلی‌متر و طبق با تقریب ۵ میلی‌متر و طبق [BSEN 12350-2](#) آزمون اسلامپ برای تعیین روانی بتن هایی که اسلامپ آنها بین ۱۰ و ۲۱۰ میلی متر می باشد، مناسب است. لازم است فاصله زمانی آزمایش تا خاتمه عمل اختلاط بتن گزارش شود. زیرا روانی بتن، تابع گذشت زمان است. بدیهی است در طرح مخلوط بتن نیز، فاصله زمانی اختلاط تا آزمایش روانی بتن، تابع گذشت زمان می باشد. در طول مدت آزمایش اسلامپ، بتن باید از تابش آفتاب و وزش باد مستقیم مصون باشد. در گزارش نتیجه اسلامپ معمولاً بهتر است به شکل نمونه در آزمایش اشاره شود.

آزمایش تعیین دمای بتن تازه

دمای بتن در هنگام بتن ریزی نباید از ۳۲ درجه سانتیگراد برای بتن معمولی و ۱۵ درجه سانتیگراد برای بتن‌های حجیم بیشتر باشد و حداقل دمای بتن تازه در هنگام اختلاط و ریختن نیز بستگی به دمای محیط و ابعاد قطعه و یا مقطع بتن ریزی دارد که در آبا به آن اشاره شده است. برای مقایسه دمای بتن با حداکثر و حداقل مجاز در آئین نامه و مشخصات فنی پروژه، لازم است دمای بتن تازه در هنگام ریختن آن در مقطع مشخص گردد. گاه محدودیتی را در پایان اختلاط ارائه می دهند و لازم است در این مرحله نیز دمای بتن را اندازه گیری نمود. در استاندارد [ASTM C1064](#)، روش تعیین دما ارائه شده است. دماسنج با حداکثر دمای ۵۰ درجه سانتیگراد و دقت ۰,۵ درجه سانتیگراد لازم است. نوک میله دماسنج باید تا عمق حداقل ۷۵ میلی‌متر فرو برده شود.



و از هر طرف نیز حداقل ۷۵ میلیمتر بتن وجود داشته باشد. حداقل فاصله مزبور سه برابر حداکثر اندازه سنگدانه می باشد. دماسنج باید ۲ دقیقه در بتن بماند تا به وضعیت ثابتی برسد. خاتمه اندازه گیری بیش از ۵ دقیقه پس از نمونه گیری نباشد. دقت گزارش نتیجه نیز ۰.۵ درجه سانتیگراد می باشد.

آزمایش تعیین درصد هوای بتن

یکی از مشکلات عمده استفاده از بتن در برخی قطعات سازه های بتنی (پایه های پل، پی های سازه، روسازی های بتنی، مخازن بتنی و...) در مناطق سردسیر، دوام بتن در برابر چرخه های یخ زدن و ذوب شدن پایین می باشد. به طور متعارف آب بر اثر یخ زدن، حدود ۹ درصد افزایش حجم پیدا می کند که این افزایش حجم در صورت خنثی نشدن می تواند موجب افزایش تنش های درونی بتن و در نتیجه ترک خوردن و تخریب بتن شود. وجود حباب های آب ریز و منظم هوا (با بکارگیری مواد افزودنی حباب زا) در توده بتن، ضمن افزایش کارایی بتن تازه، موجب می شود که افزایش حجم ناشی از یخ زدن آب خنثی شده و در نتیجه با کاهش تنش درونی بتن، خطر ترک خوردن آن کاهش می یابد. هدف از انجام این آزمایش، نحوه تعیین درصد هوای بتن تازه به منظور تخمین میزان بهینه مصرف مواد افزودنی حباب زا و درصد هوای موجود و یا لازم در بتن می باشد. این آزمایش معمولاً در مواردی انجام می شود که از مواد حبابزا برای تولید حباب ریز هوا در بتن (هوای عمدی) استفاده شده است. هر چند در سایر موارد نیز می توان برای تعیین درصد هوای غیر عمدی ناخواسته اقدام کرد. گاه این آزمایش برای کنترل یکنواختی بتن انجام می شود.



در ایران معمولاً از روش فشاری استفاده می‌گردد و استاندارد [ASTM C231](#) یا ISIRI 3520 کاربرد دارد که در آن با استفاده از دستگاه مخصوص و براساس اصل کاهش حجم گازها بر اثر افزایش فشار، مقداری از مخلوط بتن تازه در محفظه اصلی دستگاه ریخته شده و با اعمال فشار گاز یا مایع بر سطح فوقانی محفظه، مقدار تغییر حجم که بر اثر تراکم حباب‌های هوا، حاصل شده، اندازه‌گیری می‌شود. این آزمایش بر روی مصالح رد شده ۱،۵ اینچ انجام می‌شود. نمونه بتن تهیه شده در لایه‌های مساوی در ظرف اندازه‌گیری ریخته می‌شود. هر لایه بوسیله میله (در سه لایه با میله اسلایپ) یا از طریق لرزاندن (در دو لایه مساوی) متراکم نموده و لایه متراکم شده آخر را صاف کنید. برای بتنی که اسلایپ آن بیش از ۳ اینچ (۷۶ میلی‌متر) است، نباید از لرزاندن استفاده نمود.

آزمایش تجزیه بتن تازه

یکی از آزمایش‌های بتن تازه، آزمایش تجزیه بتن است. هدف از این آزمایش تجزیه بتن و تعیین مقادیر وزنی هر جزء از اجزاء اصلی بتن است. اغلب در کارهای اجرایی لازم است از ترکیب یک بتن ساخته شده تجزیه به عمل آید و مقدار هر جزء اصلی تشکیل دهنده بتن را کنترل نمود. این عمل را می‌توان قبل از زمان گیرش نهایی خمیر سیمان انجام داد. همان‌طور که بیان

گردید، هدف در این آزمایش تعیین مقادیر وزنی شن، ماسه، سیمان و آب موجود در بتن جهت اطمینان از طرح اختلاط، مقدار سیمان و اندازه بزرگترین دانه سنگ است.

آزمایش زمان گیرش بتن تازه

یکی از آزمایش های بتن تازه، آزمایش زمان گیرش است. گیرش بتن از خواص مهم بتن تازه در سنین اولیه محسوب می شود که بر رفتار آن در دراز مدت اثر می گذارد. آزمایش های استاندارد تعیین زمان گیرش بتن تازه، تنها بر روی خمیر سیمان و ملات قابل انجام هستند و مستقیماً بروی بتن انجام نمی شوند. در ارتباط با اهمیت این آزمایش، با توجه به اینکه قبل از زمان گیرش اولیه سیمان، میزان گیرش سیمان غیرقابل ملاحظه است، پس کلیه عملیات ساخت، حمل، ریختن، تراکم و پرداخت بتن لازم است در این محدوده زمانی صورت گیرد. در غیر این صورت هرگونه حرکت بتن در زمانی که بتن در حال سخت شدن است، باعث کاهش پایایی و مقاومت فشاری بتن می گردد. این موضوع در مواقعی که فاصله بین محل ساخت و مصرف بتن زیاد است و یا این که عملیات بتن ریزی با مشکلاتی روبرو می گردد، حائز اهمیت است. دقت شود که در هر صورت لازم است قبل از زمان گیرش اولیه سیمان، بتن در محل نهایی خود قرار گیرد. به عنوان مثال زمان گیرش اولیه سیمان دیرگیر بیش از سیمان زودگیر یا معمولی در شرایط یکسان می باشد، که مسلماً لازم است برای آن نمونه، نخست آزمایش تعیین غلظت نرمال انجام گیرد. همچنین این آزمایش جهت بررسی کیفیت سیمان های مصرفی در کارگاه قابل استفاده است، زیرا سیمان های فاسد شده دارای زمان گیرش بیش از حد متعارف می باشند.

آزمایش تعیین وزن واحد حجم (دانسیته) بتن تازه

این آزمایش برای کنترل صحت طرح مخلوط و یا کنترل یکنواختی بتن تازه انجام می شود که نیاز به پیمانانه مخصوص دارد. این آزمایش طبق استاندارد [ASTMC138](#) و [ISIRI3521](#) انجام می گردد که با یکدیگر تفاوت هایی دارند. در استاندارد ایران، حداقل قطر پیمانانه، چهار برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه و حداقل ۱۵۰ میلی متر و گنجایش حداقل ۵ لیتر است. در حالیکه در استاندارد [ASTMC138](#)، برای حداکثر اندازه اسمی سنگدانه ۲۵ میلی متر، حداقل حجم ظرف حدود ۵٫۵ لیتر و برای حداکثر اندازه اسمی ۳۸ میلی متری، حداقل حجم ظرف در حدود ۱۱ لیتر می باشد. حجم ظرف باید با پر کردن آب مقطر در ظرف و توزین آن با دقت بدست آید. سطح فوقانی باید با گذاشتن شیشه در بالای ظرف (پیمانانه) تنظیم شود که خالی نماند یا آب اضافی نداشته باشد. با کنترل دمای آب مقطر و داشتن چگالی آب مقطر در این دما، حجم آب مقطر داخل ظرف بدست می آید. بتن را در قالب های کوچکتر از ۱۴ لیتر باید در سه لایه با ارتفاع تقریباً مساوی ریخت و با میله یا ویراتور متراکم نمود. برای اسلایپ کمتر از ۲۵ میلی متر، ویراتور خرطومی یا میز ویره ضرورت دارد.



اما برای بتن های خشک، روش کار متفاوت است و بکارگیری انرژی زیاد به همراه فشار ضروری است. برای اسلامپ ۲۵ تا ۷۵ میلیمتر، بکارگیری میله یا ویراتور امکان پذیر است و برای اسلامپ بیشتر از ۷۵ میلی متر، صرفاً از میله به قطر ۱۶ میلی متر و طول ۶۰ سانتیمتر استفاده می شود. در هر لایه ۲۵ ضربه زده می شود. پس از تراکم هر لایه با چکش لاستیکی یا وسیله مناسب دیگر ۱۰ تا ۱۵ بار به بدنه قالب حاوی بتن، ضربه زده می شود و سپس لایه بعدی متراکم می گردد. هر لایه با زدن میله به نحوی که حدود ۲۵ میلیمتر در لایه زیرین فرو رود متراکم می شود. بتن آخرین لایه باید چنان ریخته شود که پس از تراکم، کمبود بتن وجود نداشته باشد و بتن اضافی با خط کش سرزن برداشته شود و سطح مزبور صاف شود. بتن اضافی نباید از ۵ میلیمتر تجاوز نماید.

تهیه نمونه تازه و عمل آوری آنها برای کنترل کیفی بتن سخت شده

تهیه نمونه های بتن و آزمایش بر روی بتن سخت شده حاصل از این نمونه ها، با اهداف مختلف و روش های متفاوت انجام میگردد. معمولاً آزمایش های متفاوتی همچون مقاومت فشاری، مقاومت کششی، مقاومت خمشی، ضریب ارتجاعی و ضریب پواسون، نفوذ پذیری و دوام، سرعت عبور پالس، دانسیته، جذب آب و تخلخل به دلایل گوناگون بر روی بتن سخت شده انجام می شود. اما معمولاً تعیین مقاومت فشاری، کاربرد بیشتری دارد.

ساخت نمونه های استوانه ای در کارگاه (مطابق استاندارد ASTM C31)

در این روش صرفاً تهیه قالب استوانه ای مدنظر است و برای قالب مکعبی قابل کاربرد نیست. قالب های نمونه باید روی سطح تراز (شیب کمتر از ۲ درصد) و صلب و حتی الامکان نزدیک به محل نگه داری اولیه قرار داده شود. بتن باید بوسیله سرتاس یا بیلچه یا کمچه بصورت پر به نحوی که بتن هر سرتاس نماینده یا معرف بتن اصلی باشد در قالب ریخته شود. اگر بتن دچار جداسازی است باید مجدداً به خوبی مخلوط شود.

با میله تراکم یا وسایل لرزشی می توان بتن درون قالب را متراکم نمود. اگر اسلامپ بتن بیش از ۷۵ میلیمتر باشد، روش تراکم با میله کفایت می کند. برای اسلامپ ۲۵ تا ۷۵ میلیمتر، روش تراکم با میله یا لرزش بکار می رود و برای اسلامپ کمتر از ۲۵ میلیمتر از لرزش استفاده می گردد. میله تراکم برای قالب استوانه ای به قطر ۱۵ سانتیمتر، دارای قطر ۱۶ میلیمتر و طول ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر است. برای قالب های استوانه ای با قطر ۱۰ سانتی متر و کمتر، قطر میله ۱۰ میلیمتر و طول آن ۳۰۰ میلیمتر می باشد. اگر از تراکم با میله استفاده شود، بتن تازه در ۳ لایه (هر کدام حدود ۱۰ سانتیمتر) ریخته شده و در هر لایه مجزا با ۲۵ ضربه متراکم می گردد.



آخرین لایه باید چنان ریخته شود که در انتهای کار کمبود بتن در قالب احساس نگردد (در حین کار در صورت لزوم بتن به آن اضافه گردد) و بتن اضافی نیز بسیار کم باشد که لازم است مقدراً اضافی برداشته شود و سطح بتن با ماله یا کمچه کاملاً صاف گردد. پس از هر بار تراکم یک لایه، لازم است ۱۰ تا ۱۵ ضربه با یک چکش لاستیکی و با ملایمت به بدنه خارجی قالب زده شود تا هوای مجاور و چسبیده به قسمت درونی قالب خارج شود.

ساخت نمونه مکعبی در کارگاه مطابق با استاندارد BS EN 12390-2

ضمن رعایت نکاتی که در بالا برای ساخت نمونه های استوانه ای ذکر شد، در صورتی که تهیه نمونه مکعبی مدنظر باشد، لازم است نکات زیر رعایت گردد:

برای قالب مکعبی از کوبه فولادی با سطح مقطع ۲۵*۲۵ میلیمتر و طول ۳۰۰ میلیمتر استفاده شود و بتن در حداقل ۲ لایه و هر لایه حداکثر ۱۰۰ میلیمتر ریخته و متراکم گردد. تعداد ضربات در روش تراکم با میله یا کوبه به روانی بتن مربوط می شود و حداقل ۲۵ ضربه در هر لایه است و اعمال ضربات به بدنه قالب برای خروج هوا نیز ضروری است.

عمل آوری آزمونه های بتن BS EN12390-2

آزمونه بتن حداقل ۱۶ ساعت و حداکثر ۳ روز در شرایط استاندارد می تواند داخل قالب باشد و سپس باید آزمونه از قالب با احتیاط خارج شود و قبل 20 ± 5 درجه سانتیگراد قرار داشته باشد.

برای عمل آوری استاندارد آزمایشگاهی، آزمونه ها پس از خروج از قالب باید در اسرع وقت به داخل آب با دمای 20 ± 2 درجه سانتیگراد یا اتاق مرطوب با همین دما و حداق رطوبت ۹۵ درصد منتقل گردند. در حمل و نقل بتن باید جلوی تبخیر گرفته شود و محیط انعطاف پذیر و نرمی (ماسه تر یا خاک اره) در اطراف آن وجود داشته باشد.

روش آزمایش مقاومت فشاری بتن

دستگاه آزمایش مقاومت فشاری باید منطبق با استاندارد [BS EN12390-3](#) باشد. حداقل ضخامت صفحات بارگذاری ۲۵ میلیمتر است و قطر صفحات صرفا باید مساوی یا بزرگتر از آزمونه باشد. انحراف مرکز آزمونه از مرکز صفحه ۱ درصد قطر یا بعد آزمونه است. سرعت بارگذاری بصورت ثابت و در محدوده $0.4 - 0.8 \text{ mpa/s}$ یا $24 - 48 \text{ mpa/min}$ می باشد. در حین آزمایش رواداری ۱۰ درصد در سرعت اعمال بار مجاز است. سرعت های پایین برای بتن های کم مقاومت و سرعت های بالا برای بتن های پرمقاومت توصیه شده است.



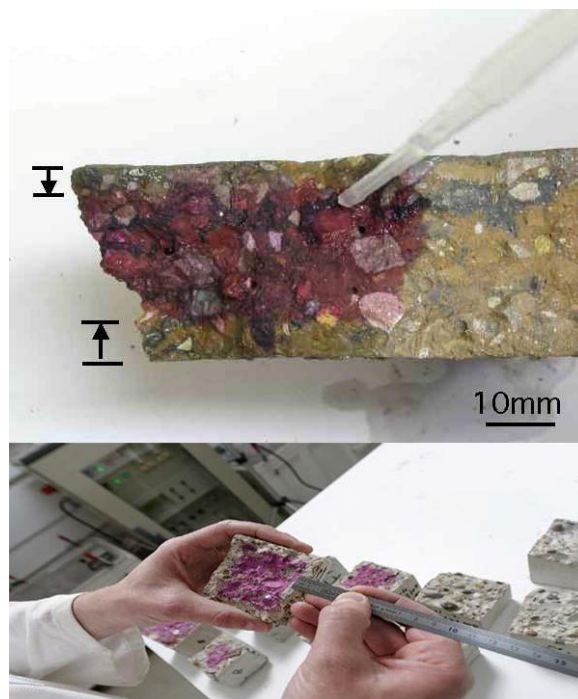
آزمایش کربناسیون

در این آزمایش مطابق با استاندارد [BS EN14630](#)، عمق بتن کربناته شده با محلول فنل فتالین به عنوان یک معرف اندازه گیری می شود. معمولا این آزمایش بر روی بتن سخت شده در شرایط محیطی واقعی اندازه گیری می شود.

بطور معمول، در شرایط آب و هوایی مرطوب (رطوبتی بین ۵۰ تا ۷۰ درصد)، گاز کربن دی اکسید موجود در هوا به داخل بتن نفوذ کرده، در آب حفره های موجود در بتن حل شده و باعث می شود تا آب حفره ای خاصیت اسیدی پیدا کند. در این حالت کربن دی اکسید با کلسیم هیدروکسید که حاصل هیدراسیون سیمان می باشد، واکنش داده و ضمن تشکیل کلسیم کربنات از میزان قلیائیت آب حفره ای در بتن می کاهد.

به این فرآیند در اصطلاح کربناسیون گفته می شود. چنانچه بتن به هر دلیلی کربناته شود (PH بتن احاطه کننده میلگرد به مقدار کمتری از ۱۰ برسد)، از میزان قلیائیت بتن کاسته شده و آرماتور در معرض خوردگی قرار خواهد گرفت. برای بیان اینکه آیا ضخامت کافی بتن غیر کربناته برای محافظت از آرماتور در باقی مانده عمر سازه وجود دارد، باید ضخامت کل پوشش و عمق کربناسیون تعیین شود. ضخامت کل پوشش می تواند با اندازه گیری فیزیکی یا با استفاده از سنجش پوشش تعیین شود.

در این روش استاندارد، عمق کربناسیون با استفاده از شناساگر فنل فتالین اندازه گیری می شود. مقادیر PH تقریباً بزرگتر از ۹، شناساگر اسپری شده روی سطح بتن، ارغوانی رنگ می شود. فقط بتنی رنگی می شود که به اندازه کافی قلیایی و محیطی امن برای آرماتور فولادی ایجاد کند.



آزمون انبساط ناشی از واکنش قلیایی سیمان با سنگدانه های بتن

پدیده واکنش قلیایی سیلیسی بر اثر واکنش بین هیدروکسید قلیا در سیمان و مواد معدنی سیلیسی موجود در سنگدانه ها رخ می دهد که در نتیجه ژل سیلیکاتی قلیایی حاصل می گردد و واکنش قلیایی سیلیسی اغلب بعد از ۵ الی ۱۵ سال بصورت ترک های ریز و بهم نزدیک در سطح بتن ظاهر می شود. این واکنش یکی از عوامل مخرب بتن می باشد که از داخل بتن شروع می گردد و بدین لحاظ کنترل و یا جلوگیری از وقوع آن مشکل و حتی در بسیاری از موارد غیر ممکن است. در اکثر موارد، این پدیده پس از شروع تا تخریب کامل سازه، به طور مستمر ادامه پیدا می کند. بررسی خسارات ناشی از واکنش قلیایی بر روی سازه های بتنی، دلیل اطلاق واژه (سرطان بتن) به این پدیده را روشن می سازد. عدم رعایت کیفیت در انتخاب مصالح سنگی (بکارگیری مصالح سیلیسی واکنش زا) به همراه سیمان های با قابلیت زیاد و در مجاورت گرما و رطوبت نسبی زیاد منجر به بروز چنین واکنشی می شود که در دراز مدت می تواند موجب انبساط غیر عادی و ترک خوردگی ریز سطحی در بتن شود.

کاهش مصرف سنگدانه های واکنش زا و یا محدود کردن معادل قلیایی سیمان در حد ۰.۶ درصد و همچنین استفاده از برخی از مواد جایگزین سیمان (پوزولان ها و میکروسیلیس) خرابی را به حداقل می رساند.

منابع و مراجع مورد استفاده

۱- تکنولوژی بتن ترجمه دکتر علی اکبر رضانیان پور

۲- بتن شناسی ترجمه دکتر هرمز فامیلی

۳- آئین نامه بتن ایران، نشریه 120 سازمان مدیریت و برنامه ریزی

۴- مشخصات فنی عمومی راه، نشریه 101 سازمان مدیریت و برنامه ریزی

۵- مبحث 10 مقررات ملی ساختمان

۶- استانداردهای ملی ایران

۷- ACI آیین نامه بتن آمریکا

۸- BS EN ASTM-8 استاندارد های

۸- نشریه ۵۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

نکات اجرایی گروت-۱

جایگذاری و نصب صحیح تجهیزات (Base Plate) بر روی فونداسیون در سازه های فولادی و ماشین آلات ایستا یا نیمه مرتعش یکی از مراحل حساس و دقیق اجرایی می باشد. توجه و محاسبات ویژه در خصوص تکیه گاه و حصول اطمینان از استحکام و تناسب عملکرد تکیه گاه با نیازهای تمامی سازه های صنعتی، ماشین آلات و تجهیزات و ساختمان ها همواره مد نظر طراحان و مجریان پروژه های عمرانی و صنعتی بوده است. با توجه به شرایط محیطی و دمایی می بایست نکات اجرایی به جهت آماده سازی سطح به جهت پر نمودن فضای خالی بین بیس پلیت و فونداسیون رعایت نمود.

پارامتر های اثرگذار در اجرای گروت

۱- روانی



روانای مورد نیاز برای گروت ریزی ارتباط مستقیم با فاصله بین فونداسیون و انکر بولت ها دارد. میزان آب یا روانی گروت های سیمانی نباید بیش از حداکثر یا حداقل تعیین شده از آزمایش های صلاحیت یا توصیه شده توسط سازنده باشد. شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران با توجه به تجربیات خود در پروژه های صنعتی میزان آب را برای هر کیلوگرم گروت های سیمانی حداقل ۱۱۰ بین گرم تا ۱۳۰ گرم بسته دمای هوا و روانی مدنظر تعیین نموده است.

واکنش سخت شدن گروت اپوکسی از نوع گرمازا می‌باشد که از لحظه اختلاط اجزا آغاز می‌گردد. با پیشرفت این واکنش اجزاء، کارایی مخلوط تدریجاً کاهش پیدا می‌کند و گروت اپوکسی سخت می‌شود. لذا همیشه آن مقدار از اجزا را با هم مخلوط نمایید که در همان دقایق ابتدایی پس از اختلاط، عملیات اجرای آن صورت پذیرد.



۲-۵ دما

دمای محیط، دمای گروت به هنگام ساخت مخلوط و دمای فونداسیون و بیس پلیت همگی بر قابلیت کارپذیری، زمان گیرش، مقاومت، آب انداختن و خصوصیات حجمی گروت تأثیر می‌گذارند.



شرایط لازم برای گروت ریزی می‌بایست در دمای بین $+10$ تا $+30$ درجه در نظر گرفته شود تا در عملکرد و کارایی گروت ریزی اختلالی ایجاد نگردد (شرایط نگهداری پودر گروت در بسته بندی اولیه باید کاملاً مطابق کاتالوگ رعایت گردد: دور از رطوبت و تابش نور مستقیم خورشید، دمای $+10$ تا $+30$ درجه سانتی‌گراد و در صورت قرارگیری در نور خورشید باید از طریق ایجاد سایبان محافظت گردد)

در شرایط دمایی گرم می‌توان با خنک نمودن آب مورد استفاده در گروت‌های سیمانی درجه حرارت مخلوط آماده شده را کاهش داد تا به دمای استاندارد بین $+25$ تا $+28$ درجه سانتی‌گراد برسد.



در شرایط سرما، می‌توان با استفاده از پتوهای گرم کننده یا محفظه‌های گرم شده، دمای محیط، صفحه و فونداسیون را افزایش داد.

گروت‌های اپوکسی

در صورتی که دمای اجزای گروت‌های اپوکسی خارج از بازه دمایی $+10$ تا $+30$ درجه سانتی‌گراد باشد لازم است که اجزای گروت اپوکسی توسط یخ یا با گرم کردن به دمای استاندارد برسد.

همچنین برخی از گروت‌های اپوکسی در فصول سرما خاصیت زودگیری دارد این ماده به نام [E.M.EPOXY GROUT 1000](#) عرضه می‌گردد.

اختلاط گروت‌های سیمانی

۱- در زمان اختلاط پودر را به آب اضافه کنید.

۲- مقدار آب اختلاط مناسب با توجه به شرایط جوی موجود باید بین 2750 گرم تا 3500 گرم به هر کیسه 25 کیلوگرمی باشد.



۳- عمل اختلاط با استفاده از همزن برقی یا میکسر بتن انجام پذیرد.

۴- مادامی‌که همزن برقی یا میکسر بتن روشن است پودر را به آب اضافه نمایید و تا حصول مخلوطی همگن عمل اختلاط را ادامه دهید.

توجه: اضافه نمودن هرگونه مواد افزودنی، سیمان یا دانه بندی شن و ماسه و ... به مخلوط گروت مجاز نمی‌باشد.

۵- همیشه آن مقدار گروت را با آب مخلوط نمایید که در مدت زمان کمتر از 20 دقیقه مورد استفاده قرار گیرد.

توجه: آب مورد استفاده برای اختلاط گروت باید کاملاً تمیز و فاقد املاح مخرب باشد.

گروت اپوکسی

گروت‌های اپوکسی شامل سه جز می‌باشد در ابتدا جز رزین و هاردنر توسط همزن برقی (دریل و پروانه) با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه مخلوط نمایید و در نهایت جز پودری به آرامی به دو جز مخلوط شده اضافه گردد تا کاملاً همگن شود. مدت زمان اختلاط ۳ تا ۵ دقیقه زمان خواهد برد.

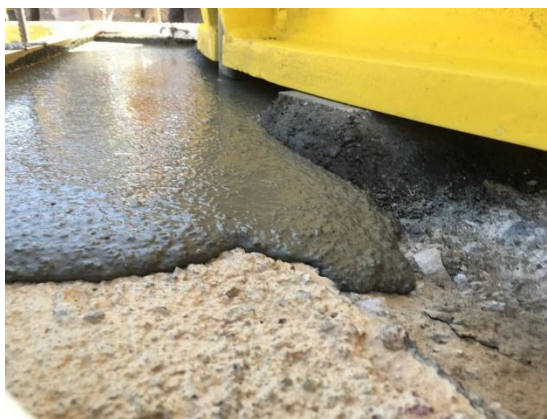


نکته: هیچ ماده ای اعم از آب، حلال، ریزدانه، سیمان و ... را به مخلوط گروت اپوکسی اضافه نشود.
نکته: در صورت نیاز به استفاده از حجم کمتری از اجزا، نسبت‌های وزنی را رعایت نمایید.
نکته: ظرفی که عمل اختلاط در آن صورت می‌پذیرد باید کاملاً تمیز و خشک باشد.

اجرا

پس از قالب بندی و اختلاط گروت می‌بایست اجرا از یک طرف بیس پلیت شروع شده و تا زمانی که گروت از پایین صفحه به زیر بیس پلیت برسد ادامه پیدا کند.

ضخامت اجرا در یک مرحله بستگی به دمای هوا، میزان حرارت‌زایی گروت، حجم و ابعاد گروت ریزی و دانه بندی دارد. معمولاً ضخامت در نظر گرفته برای گروت‌های سیمانی بین ۱ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد.



در زمان گروت ریزی بهتر است که گروت از یک نقطه اجرا گردد زیرا حرکت گروت قابل کنترل نیست و هوای اضافی می‌تواند به راحتی حبس شود. به همین دلیل، گروت نباید از چند نقطه به سمت مرکز اجرا شود.

برای پیش بردن جریان گروت، می‌توان نوارهای باریک فولادی را به صورت مورب یا طولی قرار داده و به جلو و عقب منتقل کرد تا هوای اضافی خارج گردد و زیر بیس پلیت به درستی پر شود.

نکته: از زنجیر استفاده نکنید زیرا حباب‌های هوا ایجاد می‌شود.

نکته: عوامل جوی نظیر وزش باد و تابش شدید نور خورشید تبخیر آب سطح گروت را تشدید می‌کند لذا بی‌دقتی در نگهداری و عمل‌آوری احتمال بروز ترک‌های سطحی و افت کیفیت را تشدید می‌کند.

اگر پس از گروت ریزی، بارندگی رخ دهد، مدت زمان کافی برای حصول حداقل مقاومت بستگی به عوامل و شرایط محیطی محل اجرا دارد. بدیهی است که گیرش سطحی گروت باید در حدی باشد که ریزش باران بر روی آن منجر به شسته شدگی نشود. در صورت شسته شدگی افت کیفی و کاهش مقاومت رخ می‌دهد. در صورتی که گروت هنوز گیرش نکرده باشد، باید با استفاده از پوشش مناسب از ریزش قطرات باران بر روی آن جلوگیری نمود.



در همین راستا گروت‌های موجود در سبد کالایی شرکت آبادگران به شرح ذیل می‌باشند:

گروت‌های سیمانی

[گروت آماده ویژه E.M.GROUT-C](#)

[گروت سیمانی آماده ریزدانه E.M.GROUT-CM](#)

[گروت سیمانی آماده درشت دانه E.M.GROUT-CL](#)

[گروت سیمانی آماده منبسط شونده E.M.GROUT-CE](#)

[گروت سیمانی توانمند ABAGROUT-HP](#)

[گروت سیمانی آماده ABAGROUT-C2](#)

[گروت مقاوم حرارتی ABAGROUT-HR200](#)

گروت‌های اپوکسی

[گروت اپوکسی کم حرارت ABADUR-G3LE](#)

[گروت اپوکسی E.M.EPOXY GROUT-1000](#)

[گروت اپوکسی ABADUR-G30](#)

[گروت اپوکسی ABADUR-G3](#)

منابع:

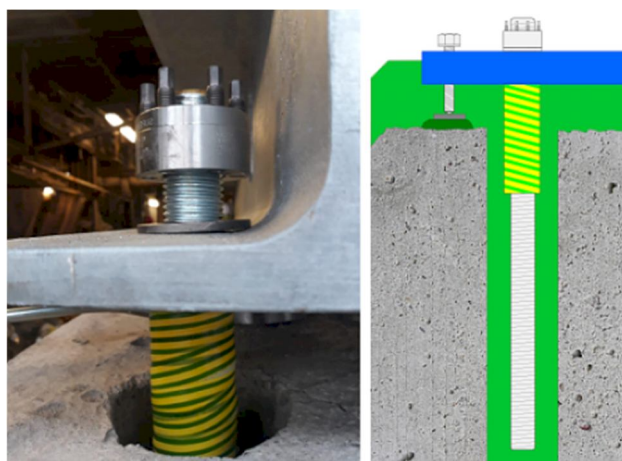
[ACI3511R](#)

نکات اجرایی گروت-۲

در این مقاله در خصوص آماده سازی سطوح و قالب‌ها برای گروت ریزی فونداسیون ماشین آلات و صفحات ستون سخن گفته خواهد شد. تولیدکنندگان گروت‌های اپوکسی ممکن است این مطالب را اصلاح یا تکمیل نمایند. پیمانکاران نصب نیز می‌بایست مجهز به میکسرها، تجهیزات جایدهی و همچنین نیروی انسانی متناسب با حجم گروت ریزی بسته به زمان اجرا و براساس دمای محیط، تجهیزات و مواد باشند.

غلاف‌های انکربولت، حفره‌های کلیدی برش و سایر حفرات:

قبل از گروت ریزی تمامی حفرات نظیر غلاف‌های انکربولت، حفره‌های کلیدی برش و سایر حفرات مشابه می‌بایست از هر گونه گرد و غبار، روغن و آب با استفاده از فشار هوا یا جارو برقی، خالی گردد. در برخی اوقات غلاف‌ها برای تامین طول کشش انکر بولت‌های کششی می‌بایست خالی باشند که به این نکته باید توجه نمود. در صورت وجود بتن در حفرات، می‌بایست به مدت ۲۴ ساعت اشباع گردیده و آب اضافی پیش از اجرای گروت‌های سیمانی برداشته شود. در زمان اجرای گروت‌های اپوکسی تمامی حفرات می‌بایست طبق دستورالعمل تولیدکننده به صورت کامل خشک و عاری از رطوبت باشند. غلاف‌های انکربولتی که قرار است پر شوند می‌بایست قبل از گروت ریزی زیر صفحات انجام گردد. دلیل این موضوع این است که در صورت گروت ریزی یکپارچه حبس هوا موجب نشست گروت و فاصله آن از صفحه و در نتیجه عدم پیوستگی گروت می‌شود.



آماده سازی سطح بتن:

در زمان اجرای گروت اپوکسی، طبق توصیه API 686RP-09 سطح بتن پس از جدا کردن ذرات سست، می‌بایست با استفاده از چکش میخی یا قلمی به اندازه یک اینچ (۲۵ میلیمتر) چپینگ صورت گیرد. در زمان اجرای گروت سیمانی این مقدار به $\frac{1}{4}$ اینچ (۶ میلی‌متر) می‌رسد. دلیل این موضوع اختلاف بسیار زیادتر ضریب انبساط بین گروت اپوکسی و بتن می‌باشد.



علاوه بر این لایه سطحی بتن تا آشکار شدن و شکستن سنگدانه‌ها می‌بایست برداشته شود. این کار به منظور چک کردن چشمی اتصال خمیر سیمان به سنگدانه‌ها در بتن فونداسیون می‌باشد. در صورتی که سطح چپینگ شده باشد، فقط ابزار دستی کوچک یا چکش پنوماتیکی کوچک برای این کار کافی می‌باشد. به دلیل احتمال ایجاد ترک از ابزارهایی که در نوک آن‌ها میخ وجود دارد نباید استفاده گردد. پس از این کار سطح باید از تمامی ذرات پاکسازی گردد. ضمناً ترک‌ها باید به صورت V شکل باز شده و توسط مواد مقاوم سازی پر شوند.

در زمان اجرای گروت‌های سیمانی، سطح بتن می‌بایست به صورت مداوم و به مدت حداقل ۲۴ ساعت اشباع گردد. این موضوع از جذب آب گروت توسط زیرآیند جلوگیری می‌نماید. جذب سریع آب موجب جمع شدگی و ترک در گروت‌ها خواهد شد. برای گروت‌های اپوکسی سطح بتن می‌بایست کاملاً خشک باشد.

آماده سازی سطح فلز:

در هنگام گروت ریزی اپوکسی‌ها، سطوح فلزی در تماس با گروت می‌بایست تا رسیدن به یک سطح براق سندبلاست شوند. اگر گروت ریزی به مدت ۱ تا ۲ ماه تاخیر داشته باشد، برای جلوگیری از خوردگی اجرای یک پرایمر اپوکسی ([ABAPRIME](#)) (11) به منظور حفاظت از سطح نیاز است. چسبندگی زیاد گروت به پرایمر یکی از دلایل استفاده از این ماده می‌باشد. دستورالعمل‌های [SSPC-SP-5](#) یا [NACE-2](#) مشخصات رسیدن به یک سطح براق را نشان داده اند.



سطوح فلزی در تماس با گروت‌های سیمانی، از رنگ، روغن، گریس، غبار سست و سایر مواد خارجی باید عاری باشد. این موضوع با ابزار دستی یا مکانیکی می‌تواند برطرف گردد. دستورالعمل [SSPC-SP-2](#) برای آماده سازی دستی و [SSPC-SP-3](#) برای آماده سازی برقی توصیه می‌شود.

قالب بندی:

طراحی قالب برای گروت‌های اپوکسی می‌بایست بسته به نوع گروت، قوام گروت، روش جایدگی و فاصله ای که گروت می‌بایست طی بکند، انجام شود.

قالب‌ها برای تمام انواع گروت باید صلب، به حد کافی محکم و برای جلوگیری از نشستی آب بند شده باشد. همچنین ارتفاع آن‌ها می‌بایست حداقل ۱ اینچ (۲۵ میلی‌متر) بالاتر از بالاترین نقطه ای که گروت ریزی انجام می‌شود، باشد تا گروت به صورت پیوسته و مستمر به صورت دقیق ریخته شود. در زمان گروت ریزی اپوکسی، استفاده از موم یا نایلون به منظور آسان تر رها شدن قالب‌ها توصیه می‌گردد. در زمان گروت ریزی سیمانی استفاده از روغن قالب می‌تواند عملیات رهاسازی قالب‌ها را آسان تر نماید.

• قالب بندی گروت‌های سیمانی خودتراکم:

زمانی که گروت می‌بایست از یک سمت ریخته شده و از سمت دیگر خارج گردد، قالب‌ها می‌بایست ارتفاع مناسبی داشته باشند تا گروت بتواند مسیر زیر صفحات را طی نماید. قالب‌ها باید به گونه ای باشند که کمترین حبس هوا در مقطع اتفاق بیفتد. ایجاد هدباکس می‌تواند به هدایت بهتر گروت کمک نماید.

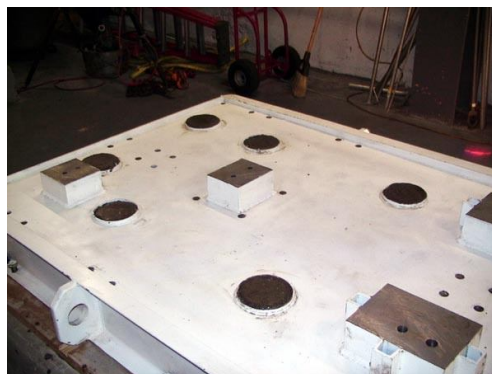


- **قالب بندی گروت های اپوکسی:**

در قالب های گروت اپوکسی، برای رفع تیزی گوشه ها، می بایست در هر گوشه افقی داخلی یک محفظه ۴۵ درجه ای داشته باشند. تمامی کنج های عمودی بیرونی نیز بهتر است با نصف یک لوله پلاستیکی یا پی وی سی به صورت گرد در بیایند. در این مورد نیز همانند گروت های سیمانی قالب بندی می بایست انجام گردیده و برای گروت ریزی می توان از هدباکس استفاده نمود.



برای مکان هایی که گروت از طریق سوراخ های روی بیس پلیت پمپ می شود، قالب ها باید از هر طرف حداقل ۴ اینچ (۱۰۰ میلی متر) خارج از بیس پلیت جای گذاری شوند و همچنین حداقل ۱ اینچ (۲۵ میلی متر) بالاتر سطح گروت باشد. به جهت جلوگیری از ریختن بیش از حد گروت به روی بیس پلیت می توانید سطح فلز را به روغن آغشته نمایید تا به راحتی تمیز گردد.



منابع:

۱. دستورالعمل گروت ریزی ACI 355.1

برای دریافت اطلاعات بیشتر پیرامون این موضوع می توانید به مقالات ذیل رجوع کنید:

نکات اجرایی گروت-۱

گروت های سیمانی: معرفی، خواص، الزامات و آزمون ها

کاربرد گروت های پایه سیمانی و اپوکسی در فونداسیون تجهیزات و ماشین آلات

گروت و نکات مربوط به گروت ریزی

مشکلات موجود در کف سازی پارکینگ ها و روش های رفع آن

کف سازی یکی از مهمترین مباحث در زمینه اجرای ابنیه صنعتی است که با توجه به اهمیت آن می بایست به طور جدی و تخصصی به تحلیل و ارائه راهکارهای مناسب در این خصوص اقدام گردد، سالانه هزینه بسیار هنگفتی صرف تعمیر و بازسازی کف سازی سالن ها می گردد علاوه بر این، زمان یکی از پارامترهای بسیار قابل توجه است که می بایست صرف تعمیرات و بعضاً تعطیلی و ... گردد. از طرفی با توجه به اینکه فضاهای مربوط به سالن های تولید و انبارها در معرض خوردگی با مواد شیمیایی، اصابت اجسام تیزگوشه و نفوذ آب می باشد.

سطوح بتنی کف پارکینگ های عمومی، به دلیل قرار گرفتن در معرض عوامل محیطی فرساینده، تنش ها و فشارهای وارد بر کف نظیر بارهای دینامیک (پویا) و مکانیکی، سایش مکانیکی، نفوذ آب و مواد شیمیایی و روغن موتور (روغن های هیدرولیکی) به مرور زمان دچار افت کیفیت و یا تخریب می شوند. بتن برای مناطق مختلف اهداف خاص علاوه بر مقاومت و تحمل بارها، پایداری، ماندگاری و دوام بتن نیز مورد توجه قرار می گیرد. امروزه با اضافه کردن مواد افزودنی بتن و تغییرات در طرح اختلاط بتن، در پروژه های مختلف تحقیقاتی و پژوهشی توانسته اند انواع مختلفی از بتن ویژه، را تولید کنند. از طرف دیگر بررسی کاربرد این بتن ها در پروژه های مختلف عمرانی دارای اهمیت خاص می باشد. به خاطر این که برخی از این بتن ها برای اهداف خاص طراحی شده اند و امکان دارد در بقیه المان های سازه ای و غیر سازه ای پروژه های عمرانی نیز مفید و اقتصادی باشند.

1. بتن آسیب دیده

با توجه به شرایط بتن سازه و همچنین نوع آسیب و آلودگی که در آن ایجاد شده است، عموماً حدی از بتن به دلیل پدیده خوردگی بتن یا آسیب میلگردها جهت تعمیر برداشته می شود که مطابق با نوع آسیب می بایست از مواد مناسبی برای تعمیر آن استفاده نمود.

• نفوذ آب و مواد شیمیایی



با توجه به آن که سولفات ها، وقتی توانایی کنش در بتن را دارند که محلول در آب باشند. در نتیجه یک راه مقابله با سولفات ها کاهش مقدار آب محیط است.

ماستیک کاری و درز بندی با استفاده از ماده درزگیر پلی یورتان یک جزئی ABAFLEX-LM انجام می پذیرد. تمام درزهای انبساطی با استفاده از ماده درزگیر پلی یورتان تزریق می شوند تا رفتار سازه ای در این مقاطع به درستی صورت پذیرد. همچنین جلوه زیبای کف تامین گردد.

• بتن سطح بی کیفیت

عیب و حفره های داخل بتن بیانگر آن است که بتن به خوبی متراکم نشده است. با استفاده از افزودنی های بتن از جمله روان کننده ها و ژل ها، کاهش نفوذپذیری و دوام، ارتقاء کارایی و بهبود مشخصات مکانیکی حاصل می گردد. روش و میزان مصرف این مواد بسته به طرح اختلاط و شرایط اجرایی تعیین می گردد. این محصولات می توانند در

بچینگ و زمان آماده کردن بتن و هم در محل بتن ریزی به بتن اضافه کردند. علاوه بر اختلاط نامناسب عوامل دیگری نظیر کیفیت ناخواسته اجرا و تغییر شرایط محیطی باعث میشوند که مقاومت سازه‌ها به اندازه کافی بالا نباشد. این موارد به بتن آسیب می‌زنند و باید از سطح آن برداشته و توسط ملات یا بتن مناسب جایگزین شوند.



همچنین برای اجرا در دماهای بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد و در محیط‌های گرم و خشک، همچنین در هنگام وزش باد، استفاده از ماده [کیورینگ ABA CURE](#) برای عمل‌آوری بهتر سطوح اجرا شده توصیه می‌گردد. استفاده از [سخت‌کننده سطح بتن ABA HARDTOP](#)، پس از اتمام بتن ریزی و پس از نیمه خشک شدن سطح بتن، به منظور حصول سطح نهایی صاف، یکپارچه و مقاوم در برابر سایش و ضربه پیشنهاد می‌گردد.

• سطح بتن کنده شده و شکسته



اگر کیفیت سطح بتن خیلی پایین باشد، افزودن یک لایه بتن جدید باعث افزایش مقاومت مکانیکی آن می‌گردد. جهت بالا بردن مقاومت سایشی و ضربه می‌بایست از ملات‌ها و یا بتن‌های پر مقاومت استفاده نمود. اجرای گروت اپوکسی در کف پارکینگ‌ها دستیابی به مقاومت فشاری 100 MPa را مقدور می‌سازد که این امر سبب می‌شود تا در آینده تحت تاثیر عبور خودروهای سنگین شاهد شکستگی نباشیم.

ملات سیمانی برای ترمیم لایه‌های با ضخامت کم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ملات اپوکسی به عنوان یک چسب سازه‌ای به منظور چسباندن سطوح بتنی عمل می‌کند و برای ترمیم بتن در سطوح افقی استفاده می‌گردد. این ماده به صورت لایه نازک اجرا می‌شود و برای اجراهای ضخیم

آن بهتر است توسط قالب بندی انجام گیرد [\(ABAD\)UR MP-5/25](#)

چسب بتن اپوکسی، نیز جهت اتصال بین بتن تازه و همچنین ملات‌های تعمیراتی، به بتن خشک و نیز ترمیم‌های سازه‌ای مصرف می‌شود.

- در حالتی که بتن قدیمی باشد

هنگامی که بتن قدیمی است تقویت و آماده‌سازی بتن زیرآیند توسط پرایمر نفوذگر ایوکسی ABAPENODUR صورت می‌گیرد. این ماده به دلیل گرانش پایین و توانایی نفوذ مطابق قانون لوله‌های مویین و با مکانیزم اسمزی درون بتن نفوذ کرده و با به وجود آوردن یک اتصال، سطح بتن زیرین را به سیستم کفپوش سهولت بخشیده و نیز منجر به پیوند و بازسازی بتن زیرآیند می‌گردد.



- خوردگی آرماتور



مطابق استاندارد EN 1504 خوردگی میلگرد ها بر اثر کربناته شدن و ترکیبات خورنده مانند کلریدها و جریان های آزاد به وجود می آید. و آنچه که در انتخاب روش مناسب برای تعمیر و بهبود مهم می باشد، شناخت سازوکار خوردگی می باشد. و تخریب میلگرد زمانی آغاز می شود که لایه انفعالی سطح میلگرد توسط کربناته شدن یا کلرید ها از بین برود. پدیده خوردگی تا رسیدن به حدی از خرابی ادامه دارد که در این حالت نیاز به ترمیم سازه می باشد. و با گذشت زمان نشانه هایی از ترک خوردگی و پوسته شدن در سطح بتن ظاهر می گردد. در اغلب این موارد اقدامات مربوط به مقاوم سازی نیاز می باشد. چسب کاشت میلگرد ABABOND RA-500 مقاومت های چسبندگی و مکانیکی را بسیار افزایش می دهد و کاشت میلگرد در بتن و محافظت از آنها در برابر خوردگی و زنگ زدگی را ممکن می نماید. این چسب تحمل بارگذاری بسیار زیادی دارد و در عملیات سنگین مهندسی مورد استفاده قرار می گیرد. یک آسیب متداول بتن در پارکینگ ها، خوردگی پای ستون ها و دیوار ها به دلیل جذب آب درای نمک های یخ ردا در توسط بتن می باشد. که برای ترمیم آن ها باید ظرفیت باربری ستون ها را در نظر گرفت. اغلب خارج کردن کل بتن آسیب دیده مقدر نمی باشد

با توجه به اصول ترمیم، پیش از ترمیم بتن باید از پوشش های حفاظتی روی میلگرد ها اعمال گردد. که میتوان پوشش های اپوکسی یا مواد سیمانی باشند که رزین های اپوکسی به دلیل اینکه پوشش غیر فعالی هستند که کاملاً اطراف میلگرد را پوشانند توصیه نمی شوند زیرا نمی توان به آسانی از چنین شرایطی اطمینان کامل حاصل نمود.

پوشش ضد خوردگی پایه سیمانی عموماً با پرایمر مخلوط می شود و بدن هیچ محدودیتی مورد استفاده قرار می گیرند. زیرا مواد قلیایی از فولاد محافظت می کنند و نیازمند ایجاد سدی یکپارچه حول فولاد مانند اپوکسی ها نیستند.

2. ناترازی سطح

در مواقعی که سطح بتن نا هموار و خشن است لایه هم تراز کننده اعمال می گردد که این لایه وظیفه تراز کردن سطح بتن و همچنین بستن خلل و فرج ها و نقص های کوچک سطح بتن را به عهده دارد. بیشترین ضخامت این لایه می تواند ۳ میلیمتر باشد. از جمله راهکارهای رفع آن افزودن ملات سیمانی به سطح بتن و تراز کننده سیمانیهای زیر می باشد.

در حالتی که بتن کف جدید ولی دارای ناترازی تا ۵ سانتیمتر است در این حالت ناترازی های موجود با استفاده از کفپوش سیمانی **FLOCEM** شرکت آبادگران تراز می گردند.

به منظور اتصال هرچه بیشتر کفپوش سیمانی به سطح زیرآیند از **چسب بتن اپوکسی- ABABOND EP** استفاده می گردد

در حالتی که بتن دارای ناترازی تا حد ۵ میلی متر است در این حالت ناترازی های موجود با استفاده از **تراز کننده- سیمانی ABATOP-SL** و **تراز کننده سیمانی زودگیر ABATOP-FSL** شرکت آبادگران تراز می گردند



3. ترک

ترک ها موجب می شوند که مواد مهاجم مانند آب و مواد شیمیایی و قلیایی به طور مستقیم و بسیار سریع در بتن نفوذ نمایند این امر سبب خوردگی سریع و وسیع میلگردها و آرماتور می گردد. در نتیجه از پر کردن ترک ها و شکاف ها جهت کنترل موضعی رطوبت به منظور جلوگیری از آسیب خوردگی بتن به دلیل نفوذ آب و سایر مایعات خورنده به داخل بتن و همچنین حفاظت بتن در برابر مواد شیمیایی اسیدی، قلیایی، سوختی (هیدروکربن ها) استفاده می شود. استفاده از ملات (بتونه) اپوکسی (**ABADUR MP**)، جهت ترمیم تمامی ترک ها و درزهای باز شده، مقاطع ساب زده شده و چپینگ شده پیشنهاد می گردد. مواد پرکننده سیمانی با هدف بازگرداندن ظرفیت باربری یک سازه به کار می روند. استفاده از ملات (بتونه) اپوکسی (**ABADUR MP**)، جهت ترمیم تمامی ترک ها و درزهای باز شده، مقاطع ساب زده شده و چپینگ شده پیشنهاد می گردد

روش استاندارد برای مقاوم سازی ترک ها و حفره های کف پارکینگ ها تزریق با مواد پرکننده ای مثل رزین های اپوکسی ABAINJECT EP-110، ملات های پایه سیمانی ست که قابلیت انتقال بار را داشته باشند.



زیبایی و بهداشت.4

با توجه به این موضوع که دستیابی به وضعیت بهداشتی بهتر برای قابلیت شستشوی کف نیز یکی از مسائل مهم در کف می باشد. کفپوش اپوکسی یا کفپوش بدون درز نوعی از کفپوش های مدرن بوده که به صورت یک مایع یکپارچه و با ضخامت ۰.۵ تا ۵ میلیمتر بر روی کف های بتنی سیمانی، سنگی، فلزی و موزائیکی قابل اجرا می باشد. براساس راهنمای فنی SSPC-TR 5/ICRI 03741/NACE Publication 02203 با موضوع طراحی، اجرا و نگهداری سیستم های کفپوش پلیمری حفاظتی برای بتن، از جمله مزایای استفاده از کفپوش اپوکسی می توان به موارد رفع انتشار غبار در محیط از سطوح بتنی و انعکاس بیشتر نور و جلوگیری از تخریب و افزایش عمر مقاطع پوشش یافته می باشد.



جهت زیرسازی کفپوش اپوکسی ابتدا تمامی ترک ها و درزهای باز شده، مقاطع ساب زده شده و چپینگ شده می بایست به وسیله ملات (بتونه) اپوکسی ABADUR MP-25/45 ترمیم گردد. مقاطع آسیب دیده و تخریب شده کنار کانال های کف با استفاده از گروت اپوکسی ABADUR-G3 قالب بندی و ترمیم و بازسازی می گردد. پس از بتونه کشی و آماده سازی زیرآیند، مراحل اجرا به ترتیب انجام می گردد.

اولین لایه از سیستم کفپوش اپوکسی، لایه پرایمر می باشد. این ماده با بهره گیری از قانون جذب موئینه، به تمام لوله های موئین بتن نفوذ نموده ضمن تقویت استحکام بتن و پر نمودن خلل و فرج های ریز سطح بستر بسیار چسبنده و تمیزی را برای کف اجرای کفپوش به دست می دهد ABAPENODUR و ABAPRIME-12

لایه میانی سیستم کفپوش آبادگران دارای استحکام مکانیکی و شیمیایی بسیار زیادی است و نقش پشتیبانی از لایه رویه و دفاع از بستر بتنی را بر عهده دارد کفپوش اپوکسی میانی ABAFLOOR-21 لایه نهایی تامین مقاومت های برتر شیمیایی، استحکام در برابر سایش و جلوگیری از خوردگی را تامین می کند ضمن اینکه فام مدنظر را به دست می دهد کفپوش اپوکسی رویه ABAFLOOR-31

در نهایت عملیات درزبندی صورت می گیرد و تمام درزهای ژوئن با استفاده از ماده درزگیر پلی یورتان تزریق می شوند. تا رفتار سازه ای در این مقاطع به درستی صورت پذیرد. همچنین جلوه زیبای کف تامین گردد درزگیر پلی یورتان یک جزئی ABAFLEX-LM

منابع

۱. بررسی انواع بتن ویژه در اجرای کف سازی صنعتی مقاوم در برابر خوردگی شیمیایی، نفوذ آب و ضربه. فرهنگ، عبدالوهاب

۲. BS EN 196 - Methods of testing cement

۳. BS EN 1504 - Products and systems for the protection

بررسی مشکلات موجود در کفسازی محیط های رسانا و نحوه رفع آنها

موضوع کفسازی در سالن های صنعتی موضوعی بسیار با اهمیت از حیث افزایش طول عمر سازه و بهره برداری دراز مدت از آن است زیرا این سطوح با گذشت زمان در معرض عوامل فرسایشی بسیار از قبیل ضربات و بارهای مکانیکی بوده میبایست با روش ها و راه حل های مدرن از آن محافظت نمود از جمله این محصولات می توان به پلیمری مانند کفپوش های اپوکسی اشاره نمود. با عنایت به موارد ذکر شده جهت دسترسی به سطحی با مقاومت بالا و قابل شستشو، می توان از خاصیت کفپوش های اپوکسی که فاقد درز می باشد استفاده نمود. ضمناً این سیستم کفسازی از جمله بروزترین و مدرن ترین سیستم های کفسازی است که بصورت یک کفسازی یکپارچه با ضخامت حدودی ۰,۵ الی ۵ میلیمتر (بسته به نوع کاربری کف) استفاده می شود.

ساختار تشکیل دهنده کفپوش های اپوکسی

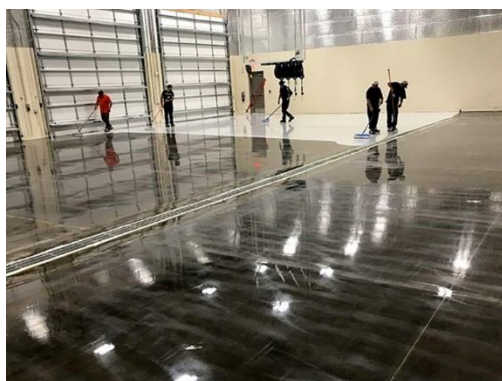
مواد اپوکسی از جمله کفپوش ها، نوعی مواد پلیمری هستند که پایه و ساختار شیمیایی آنها تشکیل شده از اتم های اکسیژن و کربن است. به طور کلی مواد با پایه اپوکسی، به مواد شیمیایی در حالت مایع اطلاق می شود که اجزای تشکیل دهنده آن شامل دو جزء رزین و هاردنر (جز فعال ساز) می باشند و این ماده بدون استفاده از هاردنر به گیرش نرسیده و سخت نمی شود. سیستم کفپوش اپوکسی چسبندگی عالی به سطح زیرآیند داشته و در برابر عوامل مختلفی مانند رطوبت، شرایط جوی گوناگون (بجز نور خورشید)، بارهای وارده، ضربه و ... مقاومت بالایی دارد. نکته قابل توجه در این سیستم ها این است که علی رغم قابل شستشو بودن این مواد، نباید رطوبت و آب به سطح زیر آن نفوذ نموده و همچنین نباید روی سطوح مرطوب اجرا شود. لذا به همین دلیل سطح زیرآیند بتنی می بایست به سن ۲۸ روزه رسیده و همچنین پیش از اجرا، میبایست کاملاً خشک باشد.

از مزایای کفپوش های اپوکسی میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

- چسبندگی زیاد به سطح زیرآیند
- تنوع رنگ
- مقاومت شیمیایی و مکانیکی عالی
- جمع شدگی ناچیز
- سخت شدن سریع
- مقاومت در برابر رطوبت

انواع کفپوش اپوکسی

- کفپوش اپوکسی هیبرید
- کفپوش آنتی الکترواستاتیک
- کفپوش سه بعدی



کفپوش آنتی الکترواستاتیک و علت نیاز به آن

بارهای الکتریکی جاری در محیط های صنعتی می تواند عواقب و حوادث فاجعه آمیزی موجب شود که نتیجه آن در کنار خطرات انسانی، می تواند آسیب زدن به تجهیزات الکترونیکی حساس به بارهای الکتریکی و سایر تجهیزات دارویی و بهداشتی را به دنبال داشته باشد. کفپوش های آنتی الکترواستاتیک گونه ای خاص از کفپوش های اپوکسی هستند که خاصیت هدایت جریان الکتریسیته موجود در سطح به سمت چاه تخلیه یا Earth را دارا می باشند.

این نوع کفپوش های آنتی الکتریسیته ساکن، اغلب دربرگیرنده مواد رسانا هستند که بارهای الکتریسیته ساکن را با هدف تخلیه یا از بین بردن آنها، جمع آوری نموده و میبایست به زمین متصل باشند.



از جمله قطعات حساس به الکتریسیته ساکن میتوان به تجهیزاتی مانند کامپیوتر، ترانزیستور، تلفن همراه، دیوهای لیزری، تبلت و تلویزیون، کارت های گرافیکی و دیوهای دارای تابش نور آبی.چ اشاره نمود.

نکته قابل توجه در مورد عملکرد کفپوش آنتی الکترواستاتیک این است که این مواد به هنگام کار با مواد قابل اشتعال موجود در گازها و مایعات خاص، می توانند خطر خسارت های سنگین به تجهیزات را کاهش داده و ایمنی پرسنل را افزایش دهند.

علاوه بر روش یاد شده، می توان از راه حل های دیگری مانند استفاده از مواد آنتی الکتریسیته ساکن، تسمه های الکترواستاتیک، کیسه های آنتی الکترواستاتیک، مواد آنتی الکتریسیته ساکن و پوشاک آنتی الکتریسیته ساکن جهت حفاظت از تجهیزات و تخلیه بارهای الکتریکی جاری بر روی سطح استفاده نمود.

استفاده از کفپوش های آنتی الکترواستاتیک به عنوان یک راه حل کاربردی جهت کنترل بارهای الکتریکی جاری، در سطوح صنعتی و مکان هایی مانند اتاق عمل بیمارستان ها یا سالن های تولید کارخانجات که مجهز به تجهیزات الکترونیکی پیشرفته و گران می باشند، یک اجبار می باشد.



ساختار کفپوش آنتی الکترواستاتیک

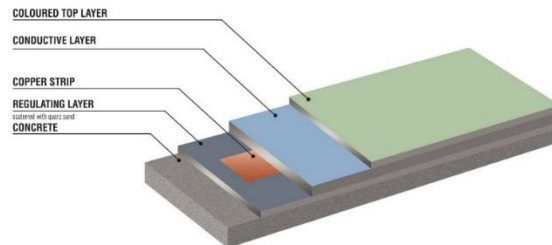
کفپوش آنتی الکترواستاتیک نوعی پلیمر مدرن بوده که از ساختاری چند لایه تشکیل شده است. لایه اول همان لایه ماسه سیمان یا بتن پایه می باشد. سپس لایه پرایمر یا آغازگر اپوکسی، به نوار مسی چسبیده - جمع کننده ای وصل می گردد. شبکه مسی در حقیقت نواری مسی به ضخامت 0.05 میلی متر و عرض حدودی 1 الی 2 سانتی متر است که در فواصل آن بسته به مقاومت الکترمی مدنظر معمولاً 0.5 الی 1 متر می باشد. مسلماً ضخامت این لایه هرچه کمتر باشد، از لحاظ بصری و زیبایی بهتر خواهد بود. شبکه یاد شده به وسیله چسب دو طرفه روی سطح اپوکسی کاملاً صاف چسبانده شده و انتهای آن به سیم مسی متصل به چاه Earth وصل می شود.

لایه میانی لایه ای رسانا با پایه اپوکسی با گرافیت پرکننده رسانا است که هیچگونه مقاومتی در برابر بارهای الکتریکی ندارد. لذا با توجه به این نکته که سطح مذکور کاملاً رسانا شده اما لایه مقاومت مکانیکی کمی دارد و در اثر بارهای ترافیکی وارده بر روی آن، تخریب می شود. بنابراین روی آن کفپوش اپوکسی با مقاومت بالایی اجرا و اعمال می گردد اما بدلیل عایق بودن خود اپوکسی میبایست در ساختار آن از الیاف کربن و پیگمنت های خاصی استفاده شود که بتوان اتصال میان عمق و سطح کفپوش برقرار گردد. نتیجتاً هر گونه الکتریسیته جمع شده توسط این الیاف از سر به عمق کفپوش منتقل شده و کفپوش آنتی الکترواستاتیک مانع از تجمع بار روی سطح می شود. لایه اپوکسی رویه نیز به عنوان یک لایه تزئینی و مقاوم شیمیایی بعنوان لایه نهایی بر روی لایه های قبلی اعمال شده و نهایتاً فرآیند کفسازی به اتمام می رسد.

کفپوش های اپوکسی آبادگران با ساختار پلیمری خاص می توانند بعنوان لایه های تشکیل دهنده کفسازی به همراه ادوات لازم مانند نوار مسی و گرافیت های پرکننده استفاده شده و نهایتاً سطحی با مقاومت بالا در برابر انواع بارهای شیمیایی، فیزیکی و استاتیکی را به کاربر بدهند. لایه پرایمر با کد تجاری [ABAPENODUR](#) ماده نفوذکننده با بنیان اپوکسی آب دوست برای بتن های تخریب شده است که این ماده کاملاً منطبق و سازگار با ماهیت بتن طراحی شده و می تواند به واسطه ویسکوزیته کمی که دارد، طبق قانون لوله های موئین و با مکانیزم اسمزی به داخل بتن نفوذ کرده و باعث افزایش مقاومت بتن شده و تمامی اجزای سست اطرافش را به یکدیگر پیوند دهد. این ماده ماهیت آب دوست داشته و عملاً رطوبت و یا خیس بودن بتن زیرآیند، منع اجرائی را ایجاد نمی کند. این ماده قابلیت تنفس به بتن می دهد که رطوبت های محتمل موجود در زیرآیند و کف بتنی بدون مانع خارج شود. در حالت عادی با استفاده از این ماده انتظار داریم در بدترین حالت، مقاومت فشاری بتن زیرآیند 15% افزایش پیدا کند.

از سری محصولات آبادگران می توان لایه میانی با کد [ABAFLOOR-21/22](#) را بعنوان یک پوشش میانی کف بر پایه ی رزین اپوکسی و هاردنر پلی آمین اصلاح شده با مقاومت مکانیکی و شیمیایی بسیار خوب معرفی نمود. این پوشش با هدف محافظت از کف بتنی سالن های صنعتی در صنایع مختلف از جمله صنایع غذایی، انبارهای صنعتی و مواد شیمیایی، نیروگاه های برق و تمامی مکانهایی که لایه رویه سطوح کف میبایست هموار و صیقلی، قابل شستشو و مناسب جهت امور سنگین باشد، قابل استفاده می باشد. این لایه با هدف ایجاد سطح نهائی صیقلی، صاف و براق در رنگ های مختلف طراحی شده، بر روی لایه های

زیرین اجرا شده و خاصیت خورنازشوندگی دارد. این پوشش تمامی الزامات مندرج در استاندارد [EN 1504](#) را تامین می نماید. انواع کفپوش رویه آبادگران با کد تجاری [ABAFLOOR-31/32](#) بر پایه ی رزین اپوکسی و هاردنر پلی آمین اصلاح شده طراحی و فرمول شده و بدون حلال می باشد و از مقاومت مکانیکی، شیمیایی عالی برخوردار است.



مزایای کفپوش آنتی الکترواستاتیک

- مقاومت عالی در برابر آلاینده های شیمیایی
- تمیز کردن و نگهداری آسان
- این سطح، سطحی بهداشتی و بدون درز بوده و همه اتصالات مناسب با همه پوشش های رسانای کف که الزامات استاندارد آلمانی [DIN IEC 61340-5-1](#) را برآورده می کند

گروت های سیمانی: معرفی، خواص، الزامات و آزمون ها

معرفی گروت های سیمانی:

طبق تعریف [ACI](#) گروت سیمانی ، یک مخلوط متشکل از مواد سیمانی و آب، با یا بدون سنگدانه که به صورتی تولید و نسبت بندی شده است که مخلوطی با قوام و بدون جداسدگی را به دست بدهد. این قوام می تواند شامل اجزای دیگری (همانند پلیمرها) اما با همان قوام باشد.

محل کاربرد [گروت های سیمانی](#)، در هنگام جایگذاری و نصب صحیح [صفحات تکیه گاه Base Plate](#) بر روی فونداسیون در سازه های فولادی و ماشین آلات ایستا می باشد. الزامات و محدودیت های اجرایی یا وجود برخی نواقص کیفیتی در سطوح بتنی تکیه گاه ماشین آلات منجر به بروز مشکلاتی در تراز نمودن تجهیزات و تحمل بارهای وارده می گردد. بنابراین اعمال دقت زیاد در تراز نمودن تکیه گاه [Base Plate](#) تجهیزات و ماشین آلات نیازمند تامین تمهیدات خاصی می باشد. به همین دلیل صفحات تکیه گاهی یا بالشتک ها را با استفاده از لایه گذاری یا سایر روش های اجرایی مرتبط با دقت تراز نموده و سپس فضای خالی باقیمانده مابین صفحات و فونداسیون با استفاده از مواد مهندسی جهت انتقال بار پر می شود.



خواص گروت های سیمانی:

گروت های سیمانی در حالت خمیری و سخت شده خواصی دارند که می تواند آنها را برای کاربردهای خیلی زیاد مناسب سازد. این گروت ها برای انتقال بارهای استاتیکی بسیار بزرگی مناسب می باشند. همچنین این گروت ها برای پر کردن فضاهایی

که زیر دستگاه‌هایی است که هم بار افقی و هم بار عمودی را به طور همزمان وارد می‌نمایند (همانند کمپرسورهای گاز) مناسب نمی‌باشد.

جای‌دهی:

روانی و کارپذیری گروت باید به حدی باشد که جای‌دهی آن در زیر تکیه گاه Base Plate به آسانی صورت پذیرد. این خاصیت ابتدا به قوام و قدرت جریان پذیری و حفظ اسلامپ گروت مربوط می‌شود.



تغییر حجم:

مهمترین الزامی که برای انتقال بار بین بیس پلیت و فونداسیون باید در نظر گرفته شود ویژگی افزایش کنترل شده حجم گروت می‌باشد (در مواردی هدف فاقد جمع شدگی بودن گروت است) که منجر به پر شدن تمام فضاهای خالی می‌شود. پرکننده‌های سیمانی (تحت عنوان گروت) که شامل آب، سیمان و سنگدانه می‌باشند می‌توانند بین صفحات قرار بگیرند و به مقاومت کافی برسند اما چون ویژگی تغییر حجم را ندارد، به علت نشست، جمع شدگی و آب انداختگی قادر به پر کردن کامل فضاهای خالی نخواهد بود. بنابراین در طراحی و تولید انواع گروت سیمانی از مواد افزودنی با مکانیزم افزایش حجم استفاده می‌شود تا کاهش حجم ذاتی ناشی از واکنش هیدراسیون سیمان در گروت جبران شود. بسته به میزان و نوع ماده افزودنی منبسط کننده مورد استفاده در طراحی گروت، این محصولات می‌توانند در رده فاقد جمع‌شدگی یا منبسط شونده قرار گیرند.

مقاومت فشاری:

به منظور انتقال بارهای وارده به فونداسیون، گروت باید از مقاومت کافی برخوردار باشد. نیروی فشاری بر گروت تحت اثر وزن ماشین آلات و همچنین بخاطر تنش‌های نیروهای استاتیکی و دینامیکی تجهیزات به وجود می‌آید.



خواص الاستیک و غیر الاستیک در گروت سیمانی:

مدول الاستیسیته گروت سیمانی معمولاً بیشتر از بتن فونداسیون است. این عدد تقریباً بین ۲۰ تا ۳۵ گیگاپاسکال می‌باشد. خزش گروت تقریباً مشابه بتن است. به دلیل ناچیز بودن نسبت ضخامت مقطع گروت به فونداسیون، تغییر شکل آن در مقایسه با بتن، قابل توجه نیست.

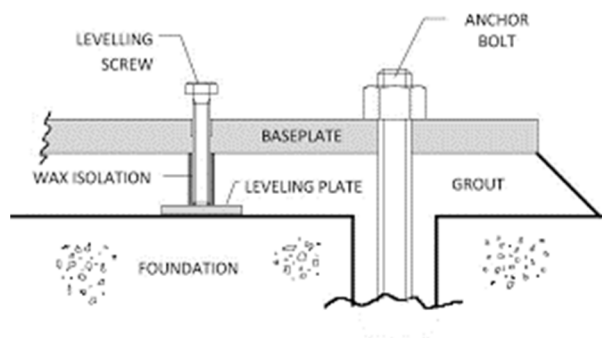
دوام گروت سیمانی:

عمده گروت‌های سیمانی به دلیل مقاومت مکانیکی بالا و نفوذ ناپذیری، در برابر ذوب و انجماد استحکام و دوام کافی دارند. مقاومت آن‌ها در برابر مواد شیمیایی معمولاً مشابه بتن است. در صورتی که مقاطع مختلفی از بتن نظیر فونداسیون، ستون‌ها و کف‌ها در معرض تهاجم عوامل شیمیایی قرار گیرد، مقاطع گروت‌ریزی شده نیز دقیقاً باید مانند این مقاطع بتنی، در برابر این تهاجم محافظت شوند. به دلیل محصور شدن گروت بین فونداسیون و صفحه تکیه‌گاه، در طراحی گروت‌های سیمانی نیازی به هوازایی نیست.

الزامات و آزمون‌های گروت‌های سیمانی:

مطابق با آیین‌نامه ACI 351.1R-12 گروت باید الزامات ذیل را برآورده نماید:

- سطح اولیه (قبلی) خود را به طور دائم حفظ کند تا انتقال بار امکان‌پذیر باشد.
- گروت و بالشتک با هم در انتقال بار عمل نمایند.
- فراهم آوردن تکیه‌گاه پایدار و حفاظت از بالشتک‌ها یا سایر دستگاه‌ها در برابر خوردگی.

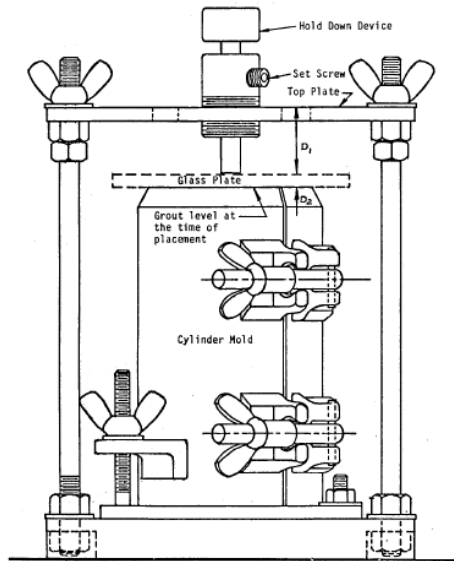


به منظور تحقق این الزامات به طور عمده از آزمون‌های مختلفی نظیر اندازه‌گیری تغییر حجم و مقاومت فشاری گروت‌های سیمانی استفاده می‌شود.

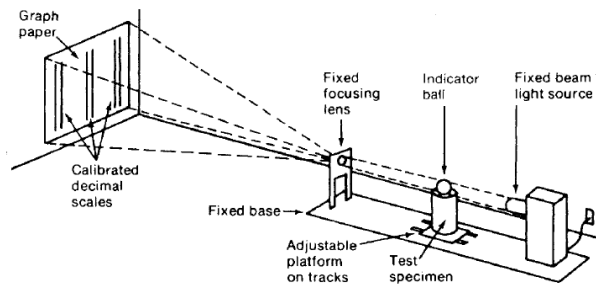
مقدار تغییر حجم گروت‌های سیمانی در حالت خمیری و سخت شده را به ترتیب مطابق با استانداردهای [ASTM](#)

[C827/C827M](#) (تغییر ارتفاع نمونه استوانه‌ای مخلوط‌های گروت سیمان هیدرولیکی در سنین کم) و [ASTM](#)

[C1090/C1090M](#) (تغییر ارتفاع آزمون‌های استوانه‌ای گروت سیمان هیدرولیکی) اندازه‌گیری می‌نمایند.



دستگاه سنجش تغییر حجم - ASTM C 1090



دستگاه سنجش تغییر حجم - ASTM C 827

طبق الزامات استاندارد ASTM C1107/1107M (استاندارد ویژگی‌ها برای گروت‌های آماده سیمانی) برای اندازه‌گیری مقاومت فشاری گروت از روش آزمون ASTM C109/C109M استفاده می‌شود.





گروت‌های سیمانی شرکت آبادگران :

بر اساس توضیحات فوق، گروه "دانش بنیان صنایع شیمی ساختمان آبادگران" با تجزیه و تحلیل شاخص‌های مد نظر طراحان و لحاظ نمودن موارد دیگری نظیر محدودیت‌ها و عوامل محیطی و اجرایی اقدام به طراحی دامنه متنوعی از گروت‌ها با بنیان‌های مختلف سیمانی نموده است.

عمدتاً انتخاب گروت سیمانی پس از بررسی ویژگی‌های فنی و بارگذاری، بر اساس ابعاد و ضخامت مقطع و مقدار انبساط مد نظر طراح صورت می‌پذیرد. بنابراین سبد کالای **گروت آبادگران** مواد متنوع زیر را ارائه نموده است:

۱- **گروت سیمانی ریز دانه CM** به منظور پر نمودن فضاهای با ضخامت بسیار کم

۲- **گروت سیمانی آماده C2** و گروت سیمانی آماده ویژه C با مقاومت‌های فشاری بسیار زیاد

۳- **گروت سیمانی آماده منبسط شونده CE** با قابلیت انبساط کنترل شده

۴- **گروت سیمانی درشت دانه CL** برای گروت ریزی در ضخامت‌های بالای ۱۰۰ میلی‌متر

۵- **گروت سیمانی توانمند HP** با مقاومت‌های فشاری و خمشی بسیار زیاد

۶- **گروت سیمانی مقاوم حرارتی HR200** با مقاومت مکانیکی و حرارتی بسیار بالا

کاربرد گروت‌های پایه سیمانی و اپوکسی در فونداسیون تجهیزات و ماشین آلات

تعریف فونداسیون :

کلمه فونداسیون از واژه فرانسوی (Foundation) به معنی بنیاد، اساس و پی می‌باشد. در واقع فونداسیون یک عامل انتقالی بین روسازه و زمین است، بخش زیرین سازه (شامل المان‌ها و خاک زیر آن) نیروها و لنگرهای ناشی از روی سازه را به خاک یا سنگ بستر زیرین منتقل می‌نماید و این باعث می‌گردد تا تنش‌ها در خاک در محدوده ای قرار گیرند که نه تسلیم رخ دهد و نه نشست سازه بیش از میزان مجاز گردد. به طور خلاصه وظیفه فونداسیون انتقال بارهای بخش‌های فوقانی به خاک یا سنگ بستر زیر آن می‌باشد به نحوی که تنش‌های بیش از حد و نیز نشست‌های اضافی ایجاد نگردد. همچنین فونداسیون‌ها قادر به جذب کشش‌ها (تغییر شکل‌های نسبی) و تکان‌های معمولی می‌باشند که ممکن است در حین عملیات‌های مختلف به فونداسیون انتقال پیدا کنند.

نیروها و ارتعاشات تولید شده توسط ماشین آلات و تجهیزات صنعتی، لوله و تجهیزات ساختمانی از طریق بیس پلیت "کف ستون" به فونداسیون منتقل شده و از آنجا به زمین انتقال یافته و به حداقل می‌رسند. نصب فونداسیون تجهیزات و ماشین آلات با استفاده از گروت‌های سیمانی و اپوکسی در زیر بیس پلیت‌ها باعث می‌گردد تا صفحه ستون‌ها به بهترین وجه هم تراز و ارتعاشات تولید شده توسط دستگاه‌ها به حداقل ممکن برسد و کمتر دچار ترک خوردگی و خرابی شود.



در ادامه با استناد به استاندارد [ACI 351.1R](#) به لزوم استفاده از گروت‌های سیمانی و اپوکسی و همچنین تاثیر آن‌ها بر کارایی و دوام فونداسیون‌ها و بیس پلیت‌ها می‌پردازیم.

در یک رفتار استاندارد و تعریف شده، [گروت‌های پایه سیمانی و اپوکسی](#) تنها عامل موثر در انتقال نیروهای فشاری و عامل مکمل انتقال نیروهای برشی توسط عملکرد اصطکاکی بولت‌ها، بین صفحات فولادی پایه و فونداسیون محسوب می‌گردند. از این رو توجه و اهتمام کافی به منظور انتخاب گروت مناسب و اجرای صحیح گروت ریزی و نگهداری از آن در یک دوره مشخص الزامی است.

عملکردهای قابل انتظار از گروت پس از گروت ریزی در فضای بین ماشین یا پایه تجهیزات و فونداسیون طبق استاندارد ACI 351:

1. و سایر (shim) سطح و تراز اصلی ماشین آلات یا تجهیزات را به طور دائمی حفظ کرده و هنگام برداشتن لاتون‌ها.
2. دستگاه‌های تثبیت موقعیت موقتی کلیه بارها را به پایه منتقل کند.
3. با استفاده از لاتون‌ها یا سایر دستگاه‌های هم تراز در انتقال بارها به فونداسیون شرکت کند.
3. تکیه گاه جانبی یا محافظت در برابر خوردگی برای لاتون‌ها یا سایر دستگاه‌های ترازبندی که برای انتقال کلیه بارها به فونداسیون طراحی شده اند، فراهم شود.

انواع گروت‌ها :

گروت پایه سیمانی.1:

گروت‌های پایه سیمانی محصولات تک جزئی پودری هستند که با اضافه شدن میزان مشخصی آب آماده مصرف می‌گردند. این محصولات از ترکیب سیمان هیدراته، سنگدانه با دانه بندی مشخص و مواد افزودنی ساخته می‌شوند.

از گروت‌های پایه سیمانی می‌توان جهت انتقال بارهای فشاری استاتیکی بزرگ و همچنین انتقال بارهای ضربه ای و دینامیکی استفاده نمود. استثنا آنکه استفاده از این محصولات در پایه فولادی ماشین آلات دینامیکی که تواما نیروهای ارتعاشی افقی و قائم منتقل می‌نمایند (مانند کمپرسورهای گاز رفت و برگشتی) مجاز نمی‌باشد.

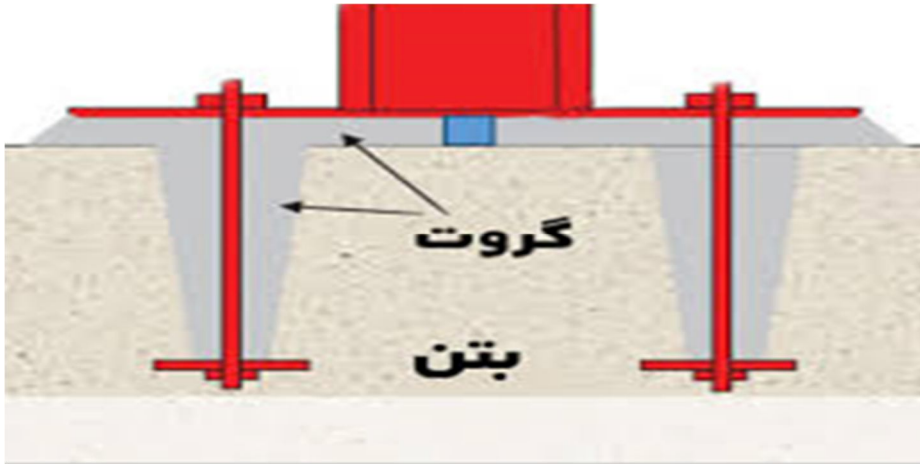
ویژگی‌های مورد نیاز گروت پایه سیمانی:

1-1. تغییر حجم در گروت پایه سیمانی :

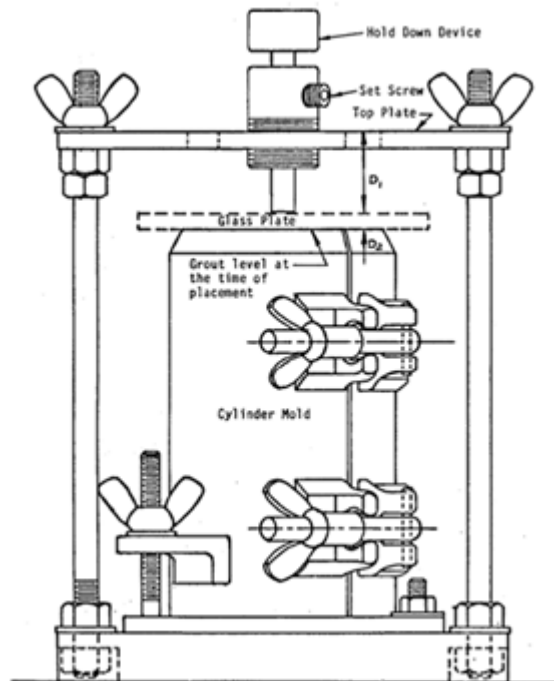
تغییر حجم منجر به پر شدن کامل و دائمی فضای بین ماشین آلات، پایه تجهیزات و فونداسیون می‌گردد. برای اکثر کاربردها، فضای بین فونداسیون و تجهیزات با ریختن گروت پر می‌شود. لازم است برای حفظ تماس دائمی با صفحه، گروت با استفاده از مواد افزودنی مخصوص با سیستم [گروت سیمانی](#) پر شود.

۱-۲. وادی که باعث افزایش حجم گروت‌های سیمانی می‌شوند:

۱. گروت با پودر آلومینیوم:
۲. گروت‌هایی با سنگ آهن اکسید کننده
۳. گروت ساخته شد که از کربن ریز فرآوری شده (سیستم هوا گیری)
۴. گروت با سیمان‌های انبساطی (با مکانیزم تولید اترینگت)



از متداول ترین روشهای مورد استفاده جهت ارزیابی خصوصیات تغییر حجم یک گروت سیمانی ، روش پل میکرومتر طبق استاندارد ASTM C 1090 و روش نوری طبق استاندارد ASTM C827 می‌باشد که هر دو با اندازه گیری تغییر ارتفاع ارزیابی می‌گردد. گروت‌هایی با انبساط کمی (بین ۰ تا ۳٪) ، عملکرد خوب و بالایی دارند.

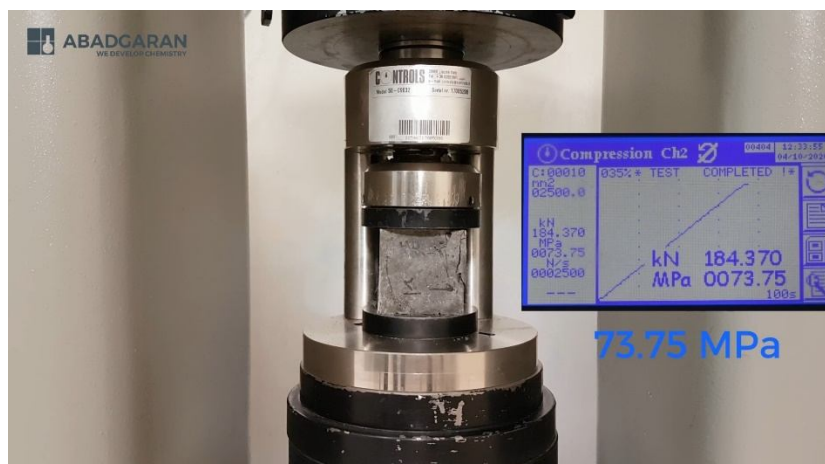


۱-۳. **کارایی گروت سیمانی** : کارایی گروت‌های سیمانی در حالت خمیری، به منظور گروت ریزی زیر صفحات بسیار حائز اهمیت می‌باشد. این ویژگی به پارامترهایی مانند غلظت گروت، قابلیت جریان و در عین حال حفظ این قابلیت در بازه زمانی **گروت ریزی** وابسته است. عدم جداشدگی سنگدانه‌ها در خمیر گروت یک مشخصه بسیار مهم در این خصوص محسوب

می‌گردد. کارایی و روانی گروت سیمان با استفاده از یکی از دستگاه‌های میز جریان، مخلوط جریان، مخلوط اسلامپ و آب انداختن تعیین می‌گردد.

۴-۱. مقاومت گروت سیمانی : جهت انتقال کلیه بارها (بارهای استاتیکی و دینامیکی) مقاومت ۲۸ روزه گروت‌های سیمانی باید بین ۳۵ تا ۵۵ مگاپاسکال و مدول الاستیسیته بالاتر از بتن و در حدود ۲۰ تا ۳۵ مگاپاسکال باشد. مقاومت فشاری گروت‌های سیمانی با استفاده از نمونه‌های مکعب ۲ اینچ (۵۰ میلی متر) تعیین می‌شود.

ویدیو تست مقاومت فشاری گروت سیمانی شرکت آبادگران



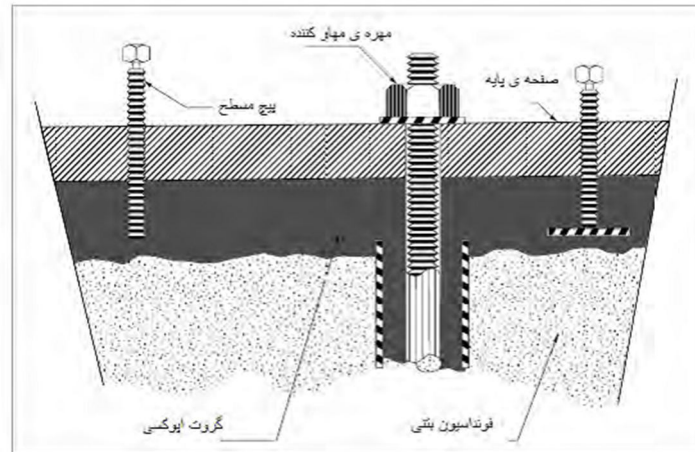
۵-۱. پایایی (دوام) گروت : گروت‌های پایه سیمانی در برابر یخ زدگی و ذوب شدن مقاومت بالا و نفوذپذیری کمی دارند. بنابراین در برابر عوامل شیمیایی خورنده، شرایط مشابه بتن از خود نشان می‌دهند و در صورت وجود شرایط خورنده، اندیشیدن تمهیدات لازم جهت محافظت از گروت، همانند بتن فونداسیون، الزامی است.

۲- گروت پایه اپوکسی :

گروت‌های پایه اپوکسی : گروت‌های اپوکسی معمولاً از ترکیب دو جز اپوکسی و سنگدانه ساخته می‌شوند. اغلب در مواردی که به ویژگی‌های خاص مانند مقاومت شیمیایی زیاد، مقاومت زودرس یا مقاومت در برابر ضربه نیاز باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. هنگامی که گروت‌های اپوکسی تحت تاثیر درجه حرارت بالا قرار می‌گیرند، ممکن است خصوصیات آنها به طور قابل توجهی تغییر کند.

تغییرات در مشخصات مکانیکی **گروت‌های پایه اپوکسی** تحت دمای بالا قابل توجه است. معمولاً از گروت‌های پایه اپوکسی، در گروت ریزی زیر صفحات فولادی پایه تجهیزات و ماشین آلات مکانیکی که بارهای ارتعاشی و ضربه ای وارد می‌نمایند، استفاده می‌گردد.

ارزیابی گروت‌های اپوکسی باید شامل آزمایش مقاومت و ارزیابی خزش، تغییر حجم، کارپذیری و قوام باشد. ارزیابی را می‌توان با آزمایش، مشاهده بصری برنامه‌های کاربردی درست یا تجربه دیگر انجام داد.



۱-۲. **تغییر حجم گروت پایه اپوکسی** : انقباض در گروت‌های پایه اپوکسی (ترکیب رزین اپوکسی وهاردنر) بسیار قابل توجه می‌باشد. بخش عمده انقباض در گروت‌های اپوکسی در حالت روانی رخ می‌دهد .

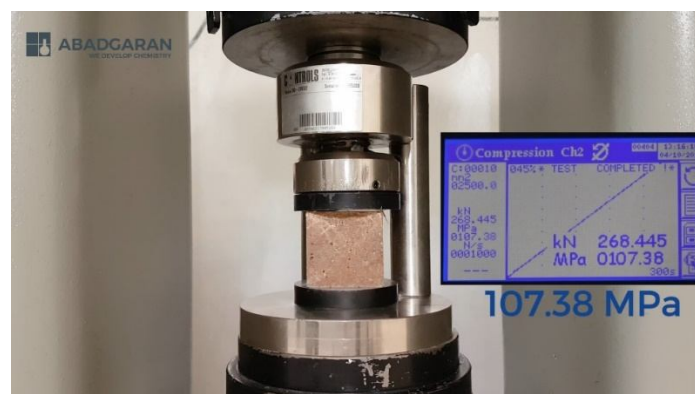
با توجه به اینکه انقباض حرارتی در گروت‌های پایه اپوکسی خالص محتمل است از این رو با افت دما پس از اتمام واکنش باعث ایجاد تنش و ترک خواهد شد. گروت پایه اپوکسی مورد استفاده در صفحات پایه ماشین آلات، معمولا از ترکیب مقدار مشخصی سنگدانه و اپوکسی تولید می‌گردد. وجود سنگدانه سبب کاهش یا حذف انقباض گروت پایه اپوکسی در حالت خمیری می‌شود. علاوه بر این، در صورت استفاده از سنگدانه، بدلیل کاهش حجم رزین اپوکسی در واحد حجم گروت، حرارت تولید شده حین واکنش اپوکسی کاهش یافته و این سبب کاهش انقباض گروت پایه اپوکسی خواهد شد. در هر صورت جهت حصول شرایط مدنظر در طراحی، رعایت ضوابط پیشنهاد شده توسط سازنده الزامی است.

هیچ روش یا روش ASTM پذیرفته شده عمومی برای آزمایش حجم یا خصوصیات تغییر ارتفاع گروت اپوکسی وجود ندارد.

۲-۲. **مقاومت فشاری** : معمولا **مقاومت فشاری گروت پایه اپوکسی** در حدود ۵۰ تا ۱۰۰ درصد بیشتر از گروت پایه سیمانی است. همچنین زمان حصول مقاومت نهایی در گروت پایه اپوکسی بسیار کوتاه تر است. به گونه ای که در شرایط دمایی نرمال، گروت پایه اپوکسی در کمتر از ۲۴ ساعت به مقاومت نهایی خود می‌رسد. مقاومت بالا و مدول الاستیسیته پایین تر گروت پایه اپوکسی در قیاس با گروت پایه سیمانی، امکان جذب انرژی بیشتر تحت بارهای ضربه ای را نتیجه می‌دهد. گروت‌های اپوکسی مقاومت کششی و پیوستگی بالایی با فولاد و سطوح بتونی تمیز و خشن دارند.

آزمایش مقاومت فشاری گروت‌های اپوکسی را می‌توان با استفاده از مکعب‌های ۲ اینچ (۵۰ میلی متر) یا سیلندرها ۱ در ۱ اینچ (۲۵ در ۲۵ میلی متر) انجام داد. نمونه‌ها مطابق با [ASTM C 579](#) ساخته و آزمایش می‌شوند، در صورتی که دمای پیش بینی شده و در دمای کار بسیار پایین تر یا بیشتر از دمای طبیعی باشد، باید آزمایشات ویژه ای در آن دما انجام شود.

[ویدیو تست مقاومت فشاری گروت اپوکسی شرکت آبادگران](#)



۳-۲. دوام گروت اپوکسی : گروت‌های اپوکسی نسبت به گروت‌های سیمان هیدرولیکی مقاومت ضربه ای و شیمیایی بیشتری دارند. پس از سخت شدن تحت تأثیر رطوبت قرار نمی‌گیرند. اگرچه اپوکسی‌ها در برابر بسیاری از مواد شیمیایی مقاوم هستند اما در معرض حمله کتون‌ها و سایر مواد شیمیایی آلی مقاومت کمی دارند. سختی و دوام گروت‌های اپوکسی در دمای بیش از دمای انتقال کاهش می‌یابد. این دما در حدود ۱۲۰ درجه فارنهایت (۵۰ درجه سانتیگراد) است.

۴-۲. روانی گروت اپوکسی : روانی گروت‌های اپوکسی به طور معمول با استفاده از میز جریان یا مخروط جریان گروت سیمان هیدرولیک اندازه گیری نمی‌شود. سازنده معمولاً نسبت‌های دقیقی را برای استفاده در گروت‌های اپوکسی ارائه می‌دهد.

۵-۲. خزش در گروت اپوکسی - ASTM C 1181 روش پذیرفته شده برای آزمایش خواص خزش بلند مدت گروت اپوکسی است. تولید کننده باید اطلاعات خزش را مطابق با این روش ارائه دهد.

منبع: استاندارد ACI 351.1R

گروت و نکات مربوط به گروت ریزی

نصب ماشین آلات و ایمن سازی سازه های فولادی نصب شده در محل اتصال به پایه ستون ها فرآیندی است که در ابتدا ساده و راحت به نظر می‌رسد ، ولی در عمل کار به این راحتی نیست و نکاتی هستند که حتما باید مورد توجه قرار بگیرند. مثلاً محل نصب یک ماشین یا تجهیز ممکن است نیاز به بالا بردن یا پایین رفتن داشته باشد تا با سایر ماشین آلات تراز شود. یا اینکه بستر کار ممکن است ناهموار باشد به این معنی که دارای برجستگی یا فرو رفتگی باشد و باعث توزیع ناهموار بار سازه شود. هدف استفاده از گروت و بطور کلی عملیات ثابت سازی این است که فاصله ها را پر کنیم و اجازه ندهیم تجهیزات و یا ستون ها و ... بصورت غیر ایمن و یا تثبیت نشده باقی بمانند. در این مقاله مروری خواهیم داشت به مطالب ، مفاهیم و دانش ابتدایی مورد نیاز برای اجرای پروژه های ثابت سازی و گروت ریزی :

گروت ماده ای است که پس از ترکیب با آب شکل دوغابی و سیال پیدا میکند. شکل سیال ان این امکان را میدهد تا در فضا های خالی جریان پیدا کرده و فاصله ها رو پر کند. پس از مدتی ماده دوغابی شکل ، حالت جامد به خود گرفته و به استحکام و مقاومت بالایی میرسد. قبل از اینکه وارد مسایل فنی مربوط به گروت و گروت ریزی شویم لازم است درک درستی از پژوه و کاری که قرار است انجام بگیرد داشته باشیم. مثلاً اینکه انتخاب یک نوع گروت برای تمام انواع ثابت سازی ها روش صحیحی نیست. واضح است که وقتی میزان بار و به طبع ریسک کار کمتر است میتوانیم از انواع ارزانتر گروت استفاده کنیم تا مسایل اقتصادی را هم لحاظ کرده باشیم و یا به عکس هنگامی که قرار است یک ماشین توربین گاز چند میلیون دلاری را نصب کنیم، انتخاب بهترین گروت هدف بوده، حتی اگر باعث افزایش هزینه شود. تولید کنندگان گروت طیف متنوعی از انواع گروت را تولید میکنند تا مصرف کننده بتواند با توجه بعضی ملاحظات که هنگام انتخاب نوع گروت باید مورد توجه به نوع کار، گروت مورد نیاز را به درستی انتخاب نماید :

قرار بگیرد میتواند شامل نکات ذیل باشد

(EBA) سطح اتکای موثر :

یکی از دلایل اصلی گروت ریزی این است که ماشین ، ستون و یا تجهیز نصب شده بتواند وزن و فشار را از طریق بیس پلیت به تمام مساحت زیر خود منتقل نماید. دسترسی به سطح اتکای ۱۰۰ درصد بسیار مطلوب است که گروت باید به شکلی انتخاب شود تا قابلیت جریان پذیری مطلوب در زیر سطح نصب شده را داشته باشد تا بتواند حداکثر سطح اتکا را ایجاد نماید

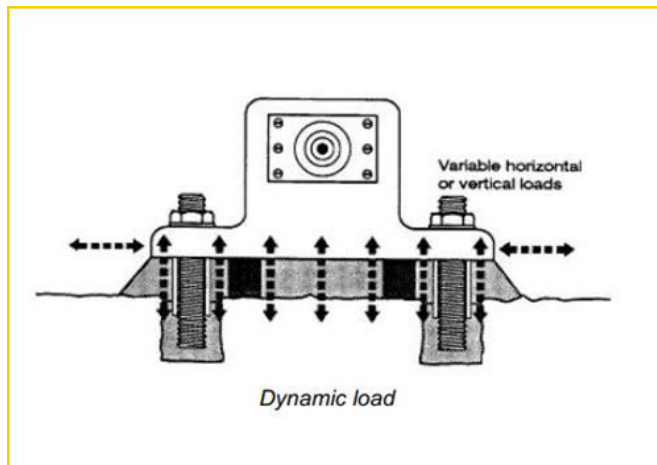


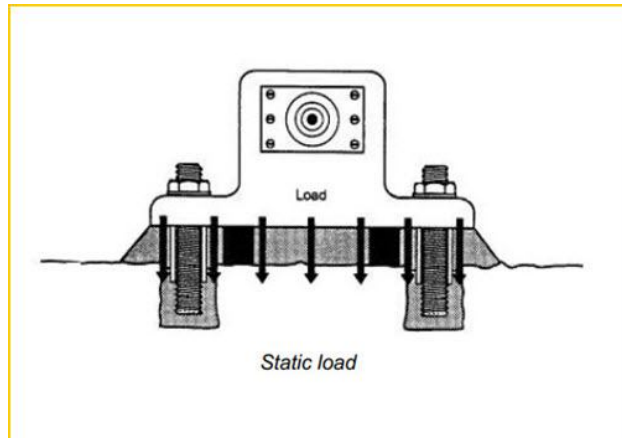
چروک خوردگی یا جمع شدگی

این مساله معمولاً بعد از اجرای کار اتفاق می‌افتد و در صورتی که قبلاً ملاحظات مورد نیاز انجام نشده باشد میتواند باعث جدایی و ایجاد فاصله بین گروت اجرا شده و بیس پلیت و یا ایجاد ترک در کار شود که در نهایت هر دو به کیفیت نهایی کار بسیار لطمه می‌زنند.

مقاومت

یکی از حیاتی ترین پارامترها مقاومت است. مقاومت را به دو گونه تقسیم میکنیم ، مقاومت فشاری توانایی است که گروت میتواند به واسطه آن وزن تجهیز و یا ستون را منتقل نماید و مقاومت کششی خاصیتی است که باعث میشود اجزای گروت بعد از خشک شدن در برار نیرو های وارده بخصوص نیروهایی که در اثر لرزش ماشین آلات وارد میشود به خوبی مقاومت نماید. گروت های سیمانی مقاومت فشاری بالایی دارند ولی در صورتی که مقاومت کششی بیشتر مد نظر باشد باید از گروت های اپوکسی استفاده نماییم ولی باید دقت بیشتری در هنگام اجرای آن به خرج دهیم.





روش کار

انتخاب گروت مناسب

شرایط کاری مختلف و ملاحظات گوناگون که هنگام کار پیش می آید باعث میشود روش های مختلفی برای اجرا در نظر بگیریم. مثلا هنگامی که سطح اجرا مساحت زیادی دارد باید به میزان جریان پذیری و سیالیت گروت بیشتر توجه کنیم ولی در هنگام کار با سطح کوچک نظیر یک صفحه ستون این مساله خیلی درد سر ساز نیست. بحث دیگر، مساله مقاومت شیمیایی است. با در نظر گرفتن شرایط کارگاه یا کاربری نهایی پروژه حتما باید این مساله مقاومت حرارتی مساله دیگر. لحاظ شود. معمولا گروت های اپوکسی انتخاب بهتری برای محیط های شیمیایی هستند است. در صورتی که در محل پروژه یا کاربری نهایی پروژه شرایطی وجود دارد که دمای زیادی ایجاد نماید باید در انتخاب گروت دقت بیشتری کنیم. بطور کلی گروت های اپوکسی برای دمای بیشتر از ۷۰ درجه سانتیگراد مناسب نیستند ولی گروت های سیمانی تا دمای ۲۵۰ درجه سانتیگراد میتوانند تحمل کنند.

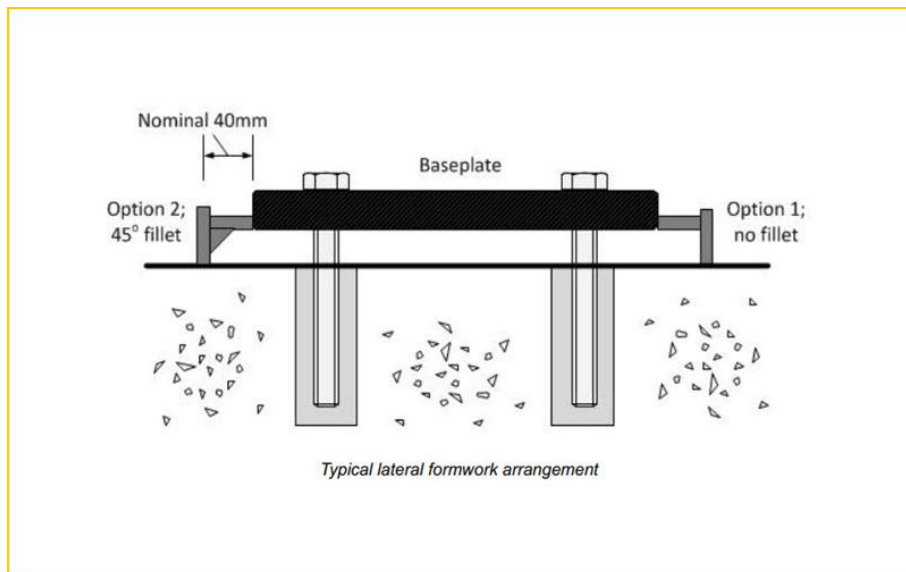
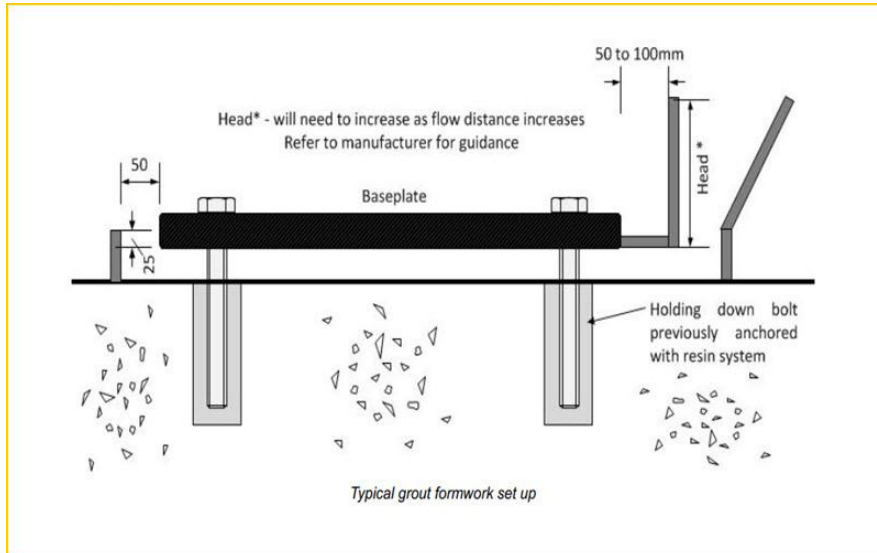
آماده سازی بستر کار

پایه ستون یا بستری که قرار است گروت ریزی شود احتمالا از چند هفته قبل آماده شده است. این فاصله زمانی باعث میشود بتن تا حد ممکن انقباض و جمع شدگی خود را بروز دهد و به مقاومت لازم برای تحمل بار برسد. به شکل معمول باید ۴ هفته زمان بین بتن ریزی بستر و انجام عملیات گروت ریزی در نظر گرفت. خیلی مهم است که قبل از گروت ریزی لایه سست و نازک روی سطح بتن را از بین ببریم. معمولا به روش هایی نظیر استفاده از صفحه ساب و یا این لایه ضعیف میتواند اتصال قوی و مطمئن بیس پلیت و پایه. شستشو با فشار آب زیاد این کار امکان پذیر است ستون را تحت تاثیر قرار دهد. بخصوص هنگامی که بار های دینامیک وجود دارد و یا قرار است از گروت اپوکسی استفاده نماییم. این پوسته سست باید بدون آسیب زدن به قسمت اصلی بتن حذف شود. در نهایت باید به سطحی نکته ای که هنگام کار با گروت های سیمانی بسیار اهمیت دارد و معمولا بدون آلودگی و هر گونه گرد و غبار برسیم نادیده گرفته میشود، خیس کردن سطح کار است. این کار باعث چسبندگی بهتر گروت به سطح بتن زیرین میشود. در هنگام کار با گروت های اپوکسی این کار نباید انجام شود.

قالب بندی

قالب بندی معمولا به صورتی اجرا میشود که جهت جلوگیری از نشت دوغاب گروت و نیز آلوده شدن دوغاب به سایر مصالح موجود در کارگاه، اطراف بیس پلیت را با یک چهار چوب مهار میکنیم. با استفاده از ماله، دوغاب گروت را در سراسر قالب بصورت یکنواخت پخش میکنیم. این روش برای گروت های سیمانی معمولا به شکل خوبی جواب میدهد. نکته مهم جنس قالب است که باید بصورتی انتخاب شود که گروت بعد از سفت شدن براحتی از آن جدا شود.

این مساله بخصوص در مورد گروت های سیمانی بسیار اهمیت دارد. هنگام جدا کردن قالب از گروت های سیمانی ، هنگام استفاده از .هنگامی که گروت هنوز به حداقل مقاومت لازم نرسیده است امکان ایجاد آسیب و ترک وجود دارد گروت های اپوکسی نیاز است از انواع موجود موم یا واکس جهت اطمینان از سهولت و امنیت جدا شدن قالب و گروت استفاده نماییم



ترکیب

ترکیب صحیح گروت بسیار قابل اهمیت است. نیروی انسانی کارآمد و آموزش دیده و تجهیزات مناسب نیز بسیار الزامی است.

در هنگام میکس گروت نکات زیر قابل توجه است

ملاحظات دمایی

تمام گروت ها باید در شرایط دمایی مناسب بین ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد نگهداری شوند. بهترین حالت ۲۳ درجه سانتیگراد است. این شرایط نه تنها باعث افزایش طول عمر انبارداری گروت میشود بلکه باعث افزایش کیفیت اختلاط

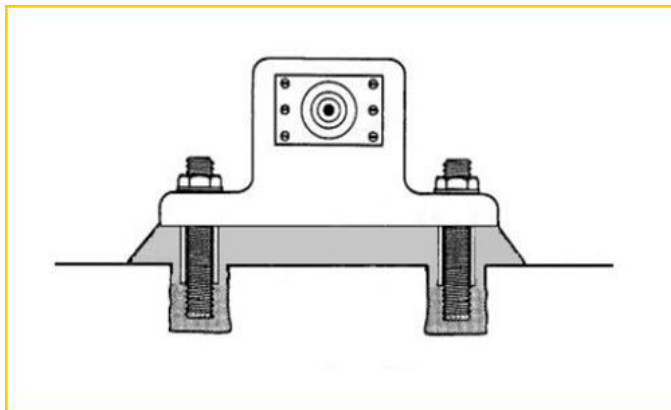
و اجرا نیز میگردد. در محل پروژه حفظ شرایط دمایی سخت است بخصوص اگر در جغرافیایی با آب و هوای گرم باشیم. معمولا به گروت های سیمانی برای کاهش دمای مخلوط، آب سرد اضافه میکنند. بهتر است بعد از مخلوط در صورتی که در آب و هوای سرد شدن، ادامه کار در یک فضای سایه برای جلوگیری از افزایش دما صورت بگیرد سیر قرار داریم بهتر است گروت های اپوکسی در فضایی گرم نگهداری شوند. این کار خواص میکس و جریان پذیری به شکل کلی آب و هوای گرم کار را سخت تر میکند و نیاز به ملاحظات بیشتری وجود خواهد. گروت را ارتقا میدهد داشت. اگر گروت اپوکسی خیلی گرم باشد و یا در فضای خیلی گرم اجرا شود به سرعت خواص جریان پذیری خود را از دست میدهد، همچنین امکان ایجاد آسیب و ترک پس از اتمام کار بسیار بالاست

ملاحظات هنگام میکس گروت سیمانی

نسبت آب به سیمان برای رسیدن به حداکثر مقاومت نهایی بسیار اهمیت دارد. آب باید با کیفیت آب نوشیدنی باشد و بسیار با دقت به میزان توصیه شده تولید کننده اندازه گیری شود. هیچ وقت بیش از مقدار توصیه شده آب اضافه نکنید. ابتدا آب باید داخل ظرف اضافه شود و بعد در حالی که همزن کار میکند سیمان را به آهستگی اضافه زمان میکس باید با دقت با کورنومتر اندازه گیری شود تا اطمینان پیدا کنیم زمان کافی در اختیار مخلوط قرار. نماییم داده شده است. معمولا زمانی بین ۳ تا ۵ دقیقه نیاز است تا تمام گروت را به مخلوط اضافه کنیم

ملاحظات هنگام میکس گروت اپوکسی

یکی از حیاتی ترین جنبه ها در هنگام میکس گروت اپوکسی رعایت نسبت میان اجزاست. بر خلاف گروت های سیمانی که با تغییر نسبت آب میزان مقاومت تغییر میکند گروت های اپوکسی باید دقیقا بر اساس نسبت توصیه شده جزء اول و دوم با یکدیگر ترکیب شوند. باید تمام رزین پایه با تمام هاردنر ترکیب شود. نکته قابل توجه دیگر این است که اطمینان پیدا کنیم که ترکیب اپوکسی در سرار مخلوط یکنواخت و یکسان است. عدم میکس یکنواخت، باعث ایجاد تکه های مخلوط نشده در محصول نهایی شده و باعث میشود تا استحکام و سایر خواص در انتهای کار تحت تاثیر قرار بگیرد. ساده ترین روش برای اجرای گروت سیمانی در مساحت محدود به این شکل است که بعد از میکس مطلوب گروت ان را زیر بیس پلیت قرار دهیم و بعد لبه های ان را درست کنیم. معمولا لبه ها یک زاویه ۴۵ درجه از پایین به بالا خواهد بود. گروت نباید دچار فرو رفتگی یا تغییر شکل بشود. ایجاد زاویه ۴۵ درجه باعث میشود تا کار تمیز تر به نظر برسد و هم انباشت مایعات بر روی پایه ستون جلوگیری میکند در ضمن خطر آسیب به لبه ها نیز کاهش پیدا میکند.



هنگامی که گروت در فضای باز اجرا می شود بخصوص در ایام گرم سال لازم است یک سایه بان موقت به شکلی ایجاد شود که محل اجرا از نور مستقیم خورشید حفظ شود. تابش مستقیم خورشید باعث افزایش دمای بیسپلیت و افزایش دمای گروت میشود

: گروت های پایه سیمانی

نظیر تمام محصولات با پایه سیمان بسیار ضروری است که گروت تازه اجرا شده در مقابل از دست دادن آب زیاد محافظت بشود. این پدیده باعث ایجاد چروک و ترک در ساختار گروت و کاهش مقاومت نهایی کار خواهد شد. مراقبت در برابر از دست دادن رطوبت در یک هفته اول بسیار اهمیت دارد. بیس پلیت نیز همانند گروت باید از تغییرات شدید دمایی محافظت بشود. داغ شدن بیش از حد در اثر تابش خورشید تا سرد شدن خیلی زیاد هر دو میتواند باعث ایجاد آسیب در گروت کار شده بشود

: گروت های اپوکسی

همانند گروت های سیمانی گروت اپوکسی نیز باید در چند روز نخست از تغییرات شدید آب و هوایی محافظت بشود. مخصوصا زمانی که مساحت کار یا حجم گروت ریخته شده زیاد است و واکنش های شیمیایی اپوکسی خود میتواند به شکل محسوسی دما را بالا ببرد. در مناطق گرم و یا خیلی گرم در صورتی که قرار است حجم زیادی گروت اپوکسی کار شود بهتر است ساعات بعد از غروب خورشید در نظر گرفته شود تا از ساعاتی از شبانه روز که خنک تر است بهره ببرید

کاربرد گروت های پایه سیمانی و اپوکسی در فونداسیون تجهیزات و ماشین آلات

: تعریف فونداسیون

کلمه فونداسیون از واژه فرانسوی (Foundation) به معنی بنیاد، اساس و پی می باشد. در واقع فونداسیون یک عامل انتقالی بین روسازه و زمین است، بخش زیرین سازه (شامل المان ها و خاک زیر آن) نیروها و لنگرهای ناشی از روی سازه را به خاک یا سنگ بستر زیرین منتقل می نماید و این باعث می گردد تا تنش ها در خاک در محدوده ای قرار گیرند که نه تسلیم رخ دهد و نه نشست سازه بیش از میزان مجاز گردد. به طور خلاصه وظیفه فونداسیون انتقال بارهای بخش های فوقانی به خاک یا سنگ بستر زیر آن می باشد به نحوی که تنش های بیش از حد و نیز نشست های اضافی ایجاد نگردد.

همچنین فونداسیون ها قادر به جذب کشش ها (تغییر شکل های نسبی) و تکان های معمولی می باشند که ممکن است در حین عملیات های مختلف به فونداسیون انتقال پیدا کنند.

نیروها و ارتعاشات تولید شده توسط ماشین آلات و تجهیزات صنعتی، لوله و تجهیزات ساختمانی از طریق بیس پلیت "کف ستون" به فونداسیون منتقل شده و از آنجا به زمین انتقال یافته و به حداقل می رسند. نصب فونداسیون تجهیزات و ماشین آلات با استفاده از گروت های سیمانی و اپوکسی در زیر بیس پلیت ها باعث می گردد تا صفحه ستون ها به بهترین وجه هم تراز و ارتعاشات تولید شده توسط دستگاه ها به حداقل ممکن برسد و کمتر دچار ترک خوردگی و خرابی شود.



در ادامه با استناد به استاندارد **ACI 351.1R** به لزوم استفاده از گروت‌های سیمانی و اپوکسی و همچنین تاثیر آن‌ها بر کارایی و دوام فونداسیون‌ها و بیس پلیت‌ها می‌پردازیم.

در یک رفتار استاندارد و تعریف شده، **گروت‌های پایه سیمانی و اپوکسی** تنها عامل موثر در انتقال نیروهای فشاری و عامل مکمل انتقال نیروهای برشی توسط عملکرد اصطکاکی بولت‌ها، بین صفحات فولادی پایه و فونداسیون محسوب می‌گردند. از این رو توجه و اهتمام کافی به منظور انتخاب گروت مناسب و اجرای صحیح گروت ریزی و نگهداری از آن در یک دوره مشخص الزامی است.

عملکردهای قابل انتظار از گروت پس از گروت ریزی در فضای بین ماشین یا پایه تجهیزات و فونداسیون طبق استاندارد ACI 351:

1. و سایر دستگاه‌های (shim) سطح و تراز اصلی ماشین آلات یا تجهیزات را به طور دائمی حفظ کرده و هنگام برداشتن لاتون‌ها تثبیت موقعیت موقتی کلیه بارها را به پایه منتقل کند.
2. با استفاده از لاتون‌ها یا سایر دستگاه‌های هم تراز در انتقال بارها به فونداسیون شرکت کند.
3. تکیه گاه جانبی یا محافظت در برابر خوردگی برای لاتون‌ها یا سایر دستگاه‌های ترازبندی که برای انتقال کلیه بارها به فونداسیون طراحی شده اند، فراهم شود.

انواع گروت‌ها :

: گروت پایه سیمانی. 1

گروت‌های پایه سیمانی محصولات تک جزئی پودری هستند که با اضافه شدن میزان مشخصی آب آماده مصرف می‌گردند. این محصولات از ترکیب سیمان هیدراته، سنگدانه با دانه بندی مشخص و مواد افزودنی ساخته می‌شوند. از گروت‌های پایه سیمانی می‌توان جهت انتقال بارهای فشاری استاتیکی بزرگ و همچنین انتقال بارهای ضربه ای و دینامیکی استفاده نمود. استثنا آنکه استفاده از این محصولات در پایه فولادی ماشین آلات دینامیکی که تواما نیروهای ارتعاشی افقی و قائم منتقل می‌نمایند (مانند کمپرسورهای گاز رفت و برگشتی) مجاز نمی‌باشد.

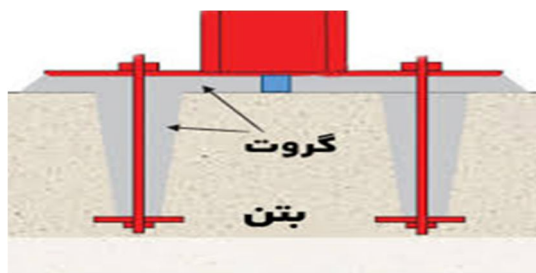
ویژگی‌های مورد نیاز گروت پایه سیمانی:

۱-۱. تغییر حجم در گروت پایه سیمانی :

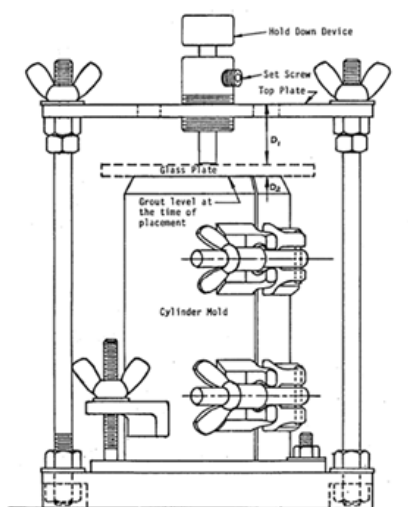
تغییر حجم منجر به پر شدن کامل و دائمی فضای بین ماشین آلات، پایه تجهیزات و فونداسیون می‌گردد. برای اکثر کاربردها، فضای بین فونداسیون و تجهیزات با ریختن گروت پر می‌شود. لازم است برای حفظ تماس دائمی با صفحه، گروت با استفاده از مواد افزودنی مخصوص با سیستم **گروت سیمانی** پر شود.

۲-۱. وادی که باعث افزایش حجم گروت‌های سیمانی می‌شوند:

۱. گروت با پودر آلومینیوم:
۲. گروت‌هایی با سنگ آهن اکسید کننده
۳. گروت ساخته شد که از کربن ریز فرآوری شده (سیستم هوا گیری)
۴. گروت با سیمان‌های انبساطی (با مکانیزم تولید اتریگت)



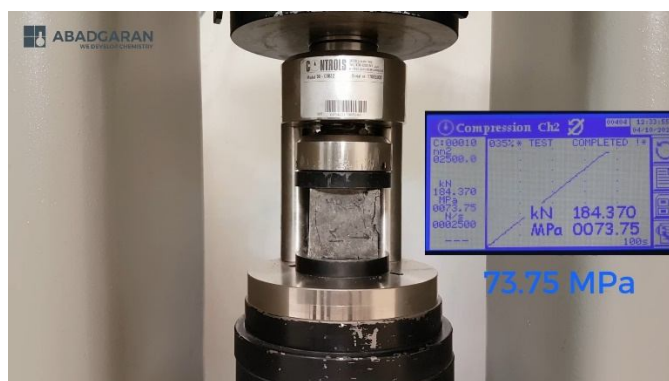
از متداول ترین روشهای مورد استفاده جهت ارزیابی خصوصیات تغییر حجم یک گروت سیمانی ، روش پل میکرومتر طبق استاندارد ASTM C 1090 و روش نوری طبق استاندارد ASTM C827 می باشد که هر دو با اندازه گیری تغییر ارتفاع ارزیابی می گردد. گروت هایی با انبساط کمی (بین ۰ تا ۰.۳٪) ، عملکرد خوب و بالایی دارند.



۳-۱- کارایی گروت سیمانی : کارایی گروت های سیمانی در حالت خمیری، به منظور گروت ریزی زیر صفحات بسیار حائز اهمیت می باشد. این ویژگی به پارامترهایی مانند غلظت گروت، قابلیت جریان و در عین حال حفظ این قابلیت در بازه زمانی **گروت ریزی** وابسته است. عدم جداشدگی سنگدانه ها در خمیر گروت یک مشخصه بسیار مهم در این خصوص محسوب می گردد. کارایی و روانی گروت سیمان با استفاده از یکی از دستگاه های میز جریان، مخلوط جریان، مخروط اسلامپ و آب انداختن تعیین می گردد.

۴-۱- مقاومت گروت سیمانی : جهت انتقال کلیه بارها (بارهای استاتیکی و دینامیکی) مقاومت ۲۸ روزه گروت های سیمانی باید بین ۳۵ تا ۵۵ مگاپاسکال و مدول الاستیسیته بالاتر از بتن و در حدود ۲۰ تا ۳۵ مگاپاسکال باشد. مقاومت فشاری گروت های سیمانی با استفاده از نمونه های مکعب ۲ اینچ (۵۰ میلی متر) تعیین می شود.

ویدیو تست مقاومت فشاری گروت سیمانی شرکت آبادگران



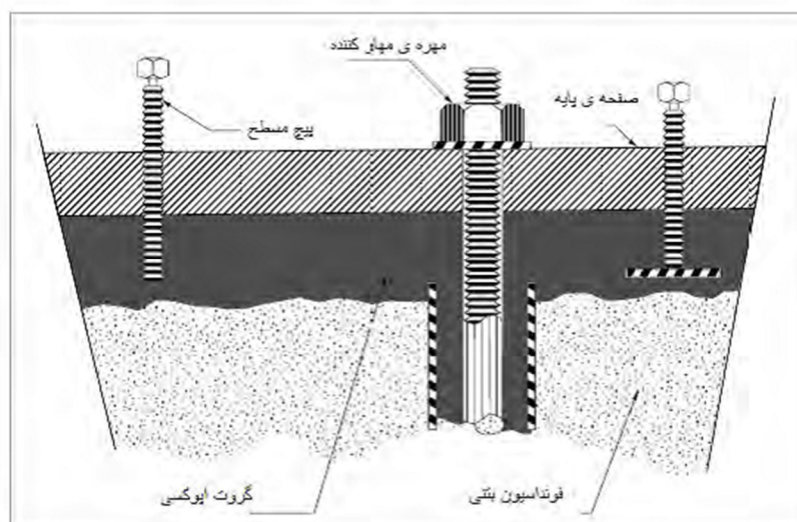
۵-۱. پایایی (دوام) گروت : گروت‌های پایه سیمانی در برابر یخ زدگی و ذوب شدن مقاومت بالا و نفوذپذیری کمی دارند. بنابراین در برابر عوامل شیمیایی خورنده، شرایط مشابه بتن از خود نشان می‌دهند و در صورت وجود شرایط خورنده، اندیشیدن تمهیدات لازم جهت محافظت از گروت، همانند بتن فونداسیون، الزامی است.

۲- گروت پایه اپوکسی :

گروت‌های پایه اپوکسی : گروت‌های اپوکسی معمولاً از ترکیب دو جز اپوکسی و سنگدانه ساخته می‌شوند. اغلب در مواردی که به ویژگی‌های خاص مانند مقاومت شیمیایی زیاد، مقاومت زودرس یا مقاومت در برابر ضربه نیاز باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. هنگامی که گروت‌های اپوکسی تحت تاثیر درجه حرارت بالا قرار می‌گیرند، ممکن است خصوصیات آنها به طور قابل توجهی تغییر کند.

تغییرات در مشخصات مکانیکی **گروت‌های پایه اپوکسی** تحت دمای بالا قابل توجه است. معمولاً از گروت‌های پایه اپوکسی، در گروت ریزی زیر صفحات فولادی پایه تجهیزات و ماشین آلات مکانیکی که بارهای ارتعاشی و ضربه ای وارد می‌نمایند، استفاده می‌گردد.

ارزیابی گروت‌های اپوکسی باید شامل آزمایش مقاومت و ارزیابی خزش، تغییر حجم، کارپذیری و قوام باشد. ارزیابی را می‌توان با آزمایش، مشاهده بصری برنامه‌های کاربردی درست یا تجربه دیگر انجام داد.



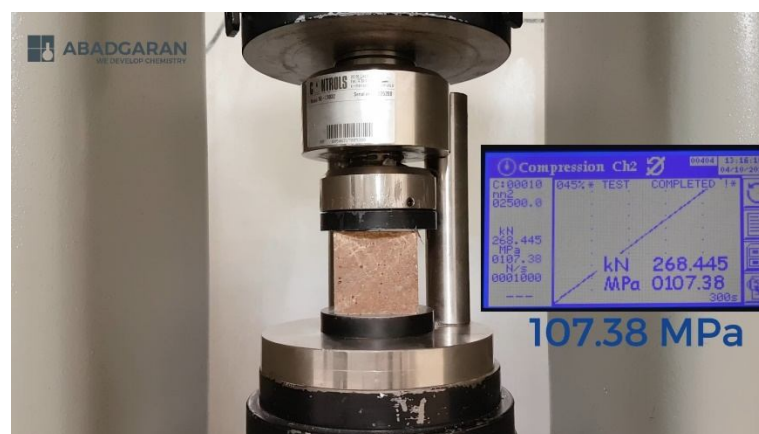
۱-۲. تغییر حجم گروت پایه اپوکسی : انقباض در گروت‌های پایه اپوکسی (ترکیب رزین اپوکسی و هاردنر) بسیار قابل توجه می‌باشد. بخش عمده انقباض در گروت‌های اپوکسی در حالت روانی رخ می‌دهد.

با توجه به اینکه انقباض حرارتی در گروت‌های پایه اپوکسی خالص محتمل است از این رو با افت دما پس از اتمام واکنش باعث ایجاد تنش و ترک خواهد شد. گروت پایه اپوکسی مورد استفاده در صفحات پایه ماشین آلات، معمولاً از ترکیب مقدار مشخصی سنگدانه و اپوکسی تولید می‌گردد. وجود سنگدانه سبب کاهش یا حذف انقباض گروت پایه اپوکسی در حالت خمیری می‌شود. علاوه بر این، در صورت استفاده از سنگدانه، بدلیل کاهش حجم رزین اپوکسی در واحد حجم گروت، حرارت تولید شده حین واکنش اپوکسی کاهش یافته و این سبب کاهش انقباض گروت پایه اپوکسی خواهد شد. در هر صورت جهت حصول شرایط مدنظر در طراحی، رعایت ضوابط پیشنهاد شده توسط سازنده الزامی است.

هیچ روش یا روش ASTM پذیرفته شده عمومی برای آزمایش حجم یا خصوصیات تغییر ارتفاع گروت اپوکسی وجود ندارد. **۲-۲. مقاومت فشاری :** معمولاً مقاومت فشاری گروت پایه اپوکسی در حدود ۵۰ تا ۱۰۰ درصد بیشتر از گروت پایه سیمانی است. همچنین زمان حصول مقاومت نهایی در گروت پایه اپوکسی بسیار کوتاه تر است. به گونه ای که در شرایط دمایی نرمال، گروت پایه اپوکسی در کمتر از ۲۴ ساعت به مقاومت نهایی خود می‌رسد. مقاومت بالا و مدول الاستیسیته پایین تر گروت پایه اپوکسی در قیاس با گروت پایه سیمانی، امکان جذب انرژی بیشتر تحت بارهای ضربه ای را نتیجه می‌دهد. گروت‌های اپوکسی مقاومت کششی و پیوستگی بالایی با فولاد و سطوح بتونی تمیز و خشن دارند.

آزمایش مقاومت فشاری گروت‌های اپوکسی را می‌توان با استفاده از مکعب‌های ۲ اینچ (۵۰ میلی متر) یا سیلندرهای ۱ در ۱ اینچ (۲۵ در ۲۵ میلی متر) انجام داد. نمونه‌ها مطابق با ASTM C 579 ساخته و آزمایش می‌شوند، در صورتی که دمای پیش بینی شده و در دمای کار بسیار پایین تر یا بیشتر از دمای طبیعی باشد، باید آزمایشات ویژه ای در آن دما انجام شود.

ویدیو تست مقاومت فشاری گروت اپوکسی شرکت آبادگران



۲-۳. دوام گروت اپوکسی : گروت‌های اپوکسی نسبت به گروت‌های سیمان هیدرولیکی مقاومت ضربه ای و شیمیایی بیشتری دارند. پس از سخت شدن تحت تأثیر رطوبت قرار نمی‌گیرند. اگرچه اپوکسی‌ها در برابر بسیاری از مواد شیمیایی مقاوم هستند اما در معرض حمله کتون‌ها و سایر مواد شیمیایی آلی مقاومت کمی دارند. سختی و دوام گروت‌های اپوکسی در دمای بیش از دمای انتقال کاهش می‌یابد. این دما در حدود ۱۲۰ درجه فارنهایت (۵۰ درجه سانتیگراد) است.

۲-۴. روانی گروت اپوکسی : روانی گروت‌های اپوکسی به طور معمول با استفاده از میز جریان یا مخروط جریان گروت سیمان هیدرولیک اندازه گیری نمی‌شود. سازنده معمولاً نسبت‌های دقیقی را برای استفاده در گروت‌های اپوکسی ارائه می‌دهد.

۲-۵. خزش در گروت اپوکسی - ASTM C 1181 روش پذیرفته شده برای آزمایش خواص خزش بلند مدت گروت اپوکسی است. تولید کننده باید اطلاعات خزش را مطابق با این روش ارائه دهد.

منبع: **ACI 351.1R** استاندارد

ثابت سازی

جایگذاری و نصب صحیح صفحات تکیه‌گاه (Base Plate) بر روی فونداسیون در سازه‌های فولادی و ماشین‌آلات ایستا یا مرتعش یکی از مراحل حساس و دقیق اجرایی می‌باشد. الزامات و محدودیت‌های اجرایی یا وجود برخی نواقص کیفیتی در سطوح بتنی تکیه‌گاه ماشین‌آلات منجر به بروز مشکلاتی در تراز نمودن تجهیزات و تحمل بارهای وارده می‌گردد. بنابراین اعمال دقت زیاد در تراز نمودن تکیه‌گاه تجهیزات و ماشین‌آلات نیازمند تامین تمهیدات خاصی می‌باشد. به همین دلیل صفحات تکیه‌گاهی (بیس پلیت) یا بالشتک‌ها را با استفاده از لایه‌گذاری یا سایر روش‌های اجرایی مرتبط با دقت تراز نموده و سپس فضای خالی باقیمانده مابین صفحات و فونداسیون با استفاده از مواد مهندسی جهت انتقال بار پر می‌شود. آیین‌نامه‌های بین‌المللی بر اساس گزارش‌ها و داده‌های تولیدکنندگان و تجربه علمی نمایندگان فنی و کاربران، لزوم به‌کارگیری انواع گروت را برای عملیات نصب و ثابت‌سازی تبیین می‌نمایند. بر اساس تعاریف این آیین‌نامه‌ها عمده مواد قابل استفاده برای انتقال بارهای وارده به فونداسیون، گروت‌های توانمند سیمانی و گروت‌های اپوکسی می‌باشند.

گروت‌های سیمانی

گروت ماده‌ای مشابه ملات است که از آن برای پر کردن و تعمیر فضاهای خالی و ترک‌های خیلی عمیق ناشی از خرد شدن بتن استفاده می‌شود. این ماده از سیلیس، سیمان، آب و سایر افزودنی‌ها تولید شده و ماده‌ای مهم در صنعت ساختمان و بتن به شمار می‌رود. مهم‌ترین مزایای گروت‌ها این است که مکانی که در آن گروت ریخته می‌شود را کامل پر می‌کند. جایگذاری و نصب صحیح صفحه ستون (base plate) بر روی فونداسیون در سازه‌های فولادی و ماشین‌آلات ایستا یا مرتعش یکی از مراحل حساس و دقیق اجرایی می‌باشد. بدین منظور برای تحمل بارهای استاتیکی یا با ارتعاش ناچیز که بر فونداسیون وارد می‌شود از خانواده گروت‌ها استفاده می‌شود. وظیفه این دسته از محصولات این است که ضمن تحمل و مستهلک نمودن بارهای وارده آن را به فونداسیون انتقال دهد. گروت‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که توان جذب نیروهای وارد و انتقال آن‌ها را به بخش زیرکار را دارند برای مثال در هنگام نصب انواع ماشین‌آلات نیروهای وارده از آن‌ها توسط گروت به فونداسیون بتنی منتقل می‌شود. همچنین گروت‌ها باعث مقاومت‌های مطلوب و مطمئن و همچنین اتصال پایدار بین گروت و سازه‌ها می‌شود. از موارد کاربرد گروت می‌توان به پر کردن فضای خالی زیر صفحه ستون‌ها و بیس پلیت‌ها (گروت زیر صفحه ستون)، پر کردن انواع حفره‌ها و شکاف‌ها، ترک‌های عمیق کف و دیوار و فضای اطراف آرماتورها، اجرای زیرسازی صفحات فولادی و فونداسیون ماشین‌آلات سنگین و نصب آن‌ها و همچنین زیرپایه‌های دکل‌های برق و دستگاه‌های صنعتی اشاره نمود. در خرید گروت سیمانی باید به این نکته توجه کنیم که محصول را بر اساس دستورالعمل‌هایی که توسط تولیدکننده بر روی محصول مشخص شده است استفاده کنیم تا بهترین نتیجه در پروژه‌ها کسب شود. **طریقه مصرف گروت سیمانی** بدین صورت است که مقدار مورد نیاز از پودر را با توجه به حجم مصرف محل در مخلوط کن با میزان آب کافی ریخته و مادامی که همزن برقی (دریل+پره) روشن است پودر را به آب اضافه نمایید تا ترکیبات گروت و مواد تشکیل دهنده گروت کاملاً مخلوط گردیده و ترکیبی همگن و یکنواخت بدست آید. در هنگام استفاده از گروت، اضافه نمودن هرگونه مواد افزودنی دیگر، آب و یا دانه بندی سیلیس مجاز نمی‌باشد. گروت ریخته شده باید تا ۷ روز مرطوب نگهداشته شود و از تابش مستقیم نور خورشید محافظت گردد این کار را می‌توان با آبپاشی مستمر یا استفاده از گونی مرطوب انجام داد. جهت دریافت اطلاعات فنی و قیمت گروت‌های سیمانی می‌توانید با نمایندگی‌های شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران در مراکز استان‌ها تماس حاصل فرمایید.

گروت سیمانی آماده ویژه E.M.GROUT-C

گروت سیمانی آماده ریزدانه E.M.GROUT-CM

گروت سیمانی آماده درشت دانه E.M.GROUT-CL

گروت سیمانی توانمند ABAGROUT-HP

گروت سیمانی آماده ABAGROUT-C2

گروت سیمانی آماده ویژه - منبسط شونده E.M.GROUT-CE

گروت مقاوم حرارتی ABAGROUT-HR200

گروت های اپوکسی

استحکام، مقاومت و دوام تکیه‌گاه‌ها در تمامی سازه‌های صنعتی، ماشین‌آلات و ساختمان‌ها همواره از اهمیت بالایی برخوردار است. ابعاد سازه‌ها هرچه پیچیده‌تر و بزرگتر باشند، انتخاب مواد و مصالح کاربردی برای اطمینان از افزایش عمر مفید و دوام سازه از حساسیت بالاتری خواهد یافت. در این راستا مشخصه‌هایی نظیر مقاومت مکانیکی، نحوه اجرا، تراکم، حفظ پیوستگی و ... همواره مد نظر متخصصین قرار گرفته است.

گروت اپوکسی سه جزئی، ماده مهندسی ویژه جهت انتقال نیرو و بار سازه به فونداسیون و جلوگیری از اعمال فشار به محل اتصال در سطح می‌باشد. به عنوان مهم‌ترین کاربرد گروت اپوکسی می‌توان به جایگذاری و نصب صفحات تکیه‌گاه (Base Plate)، اجرای فونداسیون ماشین‌آلات و دستگاه‌های صنعتی، زیرسازی‌های فولادی و ثابت‌سازی ستون‌های پیش‌ساخته، پرمودن فضای اطراف آرماتورها و انکربولت‌ها و ثابت‌سازی ریل جرثقیل‌ها اشاره کرد.

از جمله خواص منحصر به فرد گروت اپوکسی سه جزئی، می‌توان به کارپذیری (روانی) بالا برای پرکردن فضاهای خالی، مقاومت مکانیکی بسیار عالی و عدم تغییر ابعادی (انقباض) پس از عمل‌آوری گروت برای جلوگیری از تشکیل فضای خالی اشاره کرد؛ که این امر بسیاری از الزامات و محدودیت‌های اجرایی و عملکردی سازه‌ها را حل می‌کند.

گروت‌های اپوکسی به صورت محصول سه جزئی شامل رزین اپوکسی (جز A)، جز سخت‌کننده یا در اصطلاح هاردنر (جز B) و جز پودری (جز C) ارائه می‌شود. مقاومت گروت اپوکسی در برابر مواد شیمیایی نیز مانند مقاومت گروت اپوکسی در برابر بارهای مکانیکی بسیار عالی می‌باشد.

گروت اپوکسی ۱۰۰۰ (E.M.EPOXY GROUT-1000)

گروت اپوکسی کم حرارت زا ABADUR-G3 LE

گروت اپوکسی ABADUR-G30

خواص افزودنی‌های شیمیایی و تاثیرات آن بر روی بتن

در گذشته روم باستان از شیر و خون به جهت بالا بردن کیفیت مشخصات مصالح ساختمانی خود استفاده می کردند. استفاده از این مواد عمدتاً برای بهبود کارایی و افزایش مقاومت مصالح بوده و علاوه بر آن خون به دلیل داشتن هموگلوبین می توانست تولید حباب‌های هوا کند که دوام مصالح ساختمانی را بالا ببرد. چینی‌ها از خمیر برنج، روغن تانگ و ملاس برای بهبود خواص مصالح استفاده می کردند. در ایران نیز از تخم مرغ، خاکستر کوره حمام، پشم حیوانات و مواد مشابه برای ساخت ساروج و بهبود ویژگی‌های مصالح در ساخت و ساز استفاده می‌شده که معماران قدیمی با استفاده از این مواد شاهکارهایی در دوره‌های مختلف تاریخی بنا کرده‌اند.

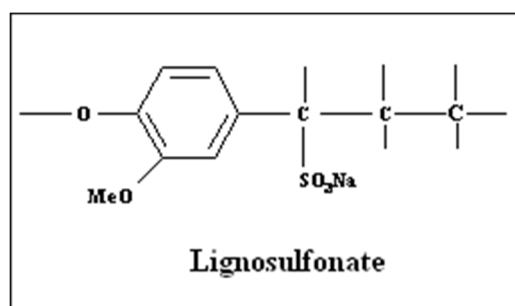
اندیشه تحقیق و مطالعه درباره افزودنی‌ها بعد از تولید صنعتی سیمان در نیمه دوم قرن نوزدهم و شناخت ترکیبات و فرایند هیدراسیون بتن، ابتدا در مراکز علمی و آکادمیک مورد بررسی قرار گرفت و به تدریج کاربرد آن‌ها در صنعت رواج پیدا کرد. روان کننده‌ها، زودگیر کننده‌ها، کندگیر کننده‌ها و حباب سازها به عنوان افزودنی‌های شیمیایی متداول در نخستین سال‌های دهه سوم قرن بیستم اختراع شدند انتشار گزارش‌های علمی و مقالات پژوهشی در مورد افزودنی‌های شیمیایی در سال‌های دهه ۴۰ میلادی آغاز شد که از میان آن‌ها می توان به نخستین گزارش تفصیلی کمیته فنی شماره ۲۱۲ موسسه ACI در سال ۱۹۴۴ و اولین سمپوزیم ASTM با عنوان اثر افزودنی‌های کاهنده آب و کنترل گیرش بتن در سال ۱۹۵۹ اشاره نمود. استفاده از مواد افزودنی شیمیایی در ایران به دهه ۱۳۵۰ برمی‌گردد. کاربرد افزودنی‌ها در دهه ۱۳۶۰ استقبال آنچنانی نشد. از دهه ۱۳۷۰ به بعد به طور مشخص در ساخت سازه‌های بزرگ مانند سدهای بتنی روان کننده‌ها و مواد حباب ساز به کار رفته اند.

دسته بندی افزودنی‌های شیمیایی

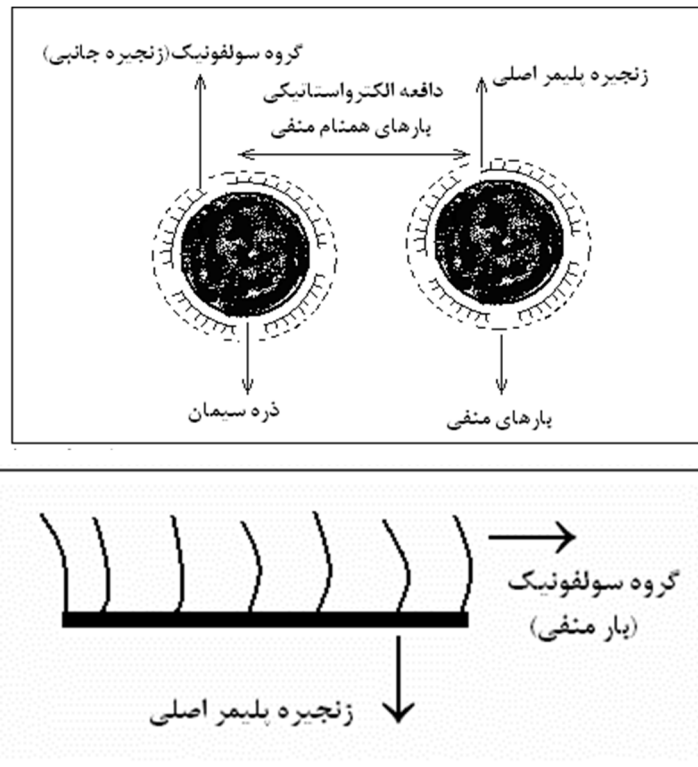
۱. ملامین سولفونات
۲. نفتالین سولفونات
۳. لیگنو سولفونات
۴. اسیدهای پلی کربوکسیلات

اولین نسل روان کننده‌ها

روان سازهای بتن بر پایه ی مونومرهای لیگنوسولفونات تولید شدند و در اوایل دهه ۱۹۳۰ میلادی به طور عمده مورد مصرف قرار گرفتند. یکی از خواص لیگنو سولفونات‌ها، کاهش محسوس آب مصرفی در بتن و حفظ کارایی بتن بود که به دلیل ماهیت مونومرهای استفاده شده و عملکرد آن‌ها در فرآیند آبیگری سیمان، به روان کننده‌های دیرگیر معروف شدند. از مهمترین معایب روان سازهای نسل اول می‌توان به میزان مصرف بسیار زیاد در هر متر مکعب بتن (در مقایسه با روان سازهای نسل بعد)، محدودیت استفاده در شرایط سرما، هوازایی و در برخی موارد کاهش مقاومت بتن اشاره نمود.



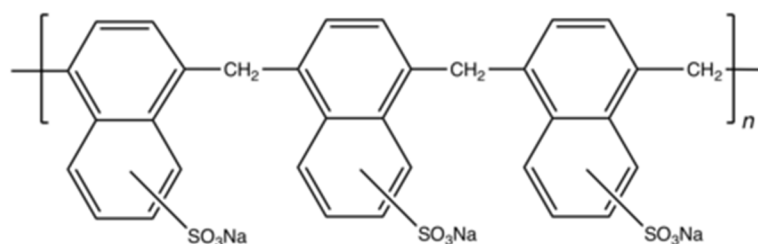
تاثیر اصلی و ساختار این فوق روان کننده‌ها با افزایش بار منفی ذرات سیمان اتفاق می‌افتد که بر اثر دافعه الکترواستاتیکی همدیگر را دفع می‌کنند و باعث پراکندگی ذرات سیمان می‌گردند. این پراکندگی فاصله ذرات بسیار ریز سیمان را از یکدیگر بیشتر می‌کند و سطح بیشتری از ذرات را در معرض رطوبت و آب موجود در مخلوط قرار می‌دهد.



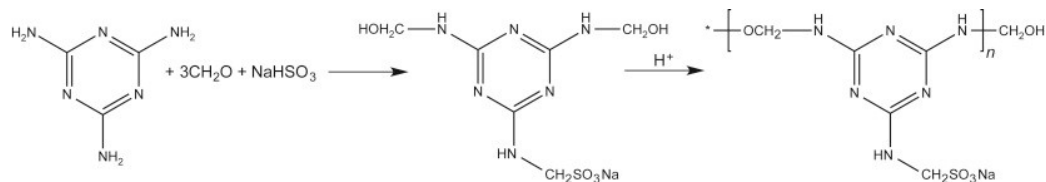
بدین ترتیب آب موجود در مخلوط به صورت بهینه استفاده می‌گردد و ذرات بهتر روی یکدیگر می‌لغزند و باعث افزایش روانی و کارایی بتن می‌گردد. در اینجا عامل اصلی دور نگه داشتن ذرات سیمان زنجیره SO_3Na است. در این نوع روان کننده هم جرم مولکولی و اندازه پلیمرها بسیار حائز اهمیت است. از آنجا که لیگنوسولفونات از صنایع چوب و مواد قند دار تولید می‌شوند کمی خاصیت دیرگیری دارند و در حالت عادی نسبت به بدون افزودن هیچ ماده دیرگیر یا زودگیر به آن از بقیه نوع فوق روان کننده‌ها دیرگیرتر نشان داده اند، اضافه نمودن مواد دیرگیر به این نوع روان کننده‌ها تنظیم زمان گیرش را مشکل می‌سازد بدین ترتیب حساسیت این نوع فوق روان کننده‌ها در برابر افزودن مواد دیرگیر بیشتر از بقیه انواع فوق روان کننده‌ها است که اگر احتیاط و محاسبه لازم را در اضافه کردن این گونه مواد نشود ممکن است گیرش بتن تا ساعت‌ها به طول انجامد. مقدار مواد جامد این نوع روان کننده‌ها ۳۵ تا ۴۲ درصد است. حداکثر میزان کاهش آب این نوع روان کننده‌ها نسبت به نمونه شاهد در یک روانی برابر حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد است.

نسل دوم روان کننده‌ها

دومین نسل از روان سازها در اواسط دهه ی ۱۹۶۰ میلادی که به فوق روان کننده‌ها و یا کاهنده‌های قوی آب نیز شناخته می‌شوند، اغلب بر پایه ی مونومرهای ملامین سولفونات‌ها و نفتالین سولفونات‌ها تولید شدند. میزان مصرف بالای آن‌ها برای دست یابی به یک روانی مناسب و همچنین عدم حفظ کارایی برای مدت زمان‌های طولانی و عدم کاربرد در شرایط آب و هوایی گرم از محدودیت‌های این نسل از روان کننده‌ها به شمار می‌رود.

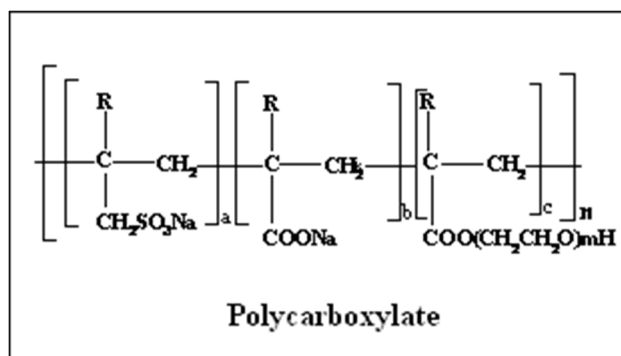


عامل پراکندگی و دور نگه داشته شدن ذرات سیمان از یکدیگر زنجیره SO_3Na در ساختار ملکولی این روان کننده است. SO_3Na با خاصیت قطبی که دارد باعث بار دار کردن منفی ذرات سیمان می‌گردد مکانیزم قابل توجه جذب سطحی قسمت آنیونی افزودنی و سطح تماس آب با آب است که هر چه سطح تماس آن‌ها بیشتر باشد مساحت سطح بیشتری از ذرات سیمان مرطوب و خیس می‌گردد که خود این عامل وابسته به جرم ملکولی پلیمر و طول زنجیره‌های جانبی آن است. مقدار مواد جامد موجود در این نوع فوق روان کننده‌های بتن باید بیشتر از ۳۵ درصد باشد تا کارایی و اثر بخشی خود را به خوبی نشان دهند البته می‌توان مقدار فوق مواد جامد این نوع روان کننده را در شرایطی به ۴۰ درصد و حتی کمی بیشتر رساند که می‌بایست صرفه اقتصادی در نظر گرفته شود. فوق روان کننده نفتالینی از نظر زمان گیرش داتا نرمال است و تاثیر کمی بر روی روند کند شدن گیرش سیمان دارد. دیرگیرها و زودگیرها با فوق روان کننده نفتالینی هم خوانی خوبی نشان می‌دهند. حداکثر میزان کاهش آب این نوع فوق روان کننده نسبت به نمونه شاهد در یک روانی برابر حدود ۲۵ درصد می‌باشد. فوق روان کننده‌های **ملامینی** با توجه به اینکه پلیمر با جرم ملکولی بالا و گروه‌های قطبی است و همپنین دارای زنجیره $\text{NH}-\text{CH}_2-\text{SO}_3\text{Na}$ که به صورت متناوب تکرار می‌گردد و بیشترین واکنش را با قسمت C_3A سیمان می‌دهند هستند. این زنجیره عامل اصلی واکنش به ذرات سیمان و پراکندگی آن‌هاست و تاثیر اصلی و مکانیسم اساسی این فوق روان کننده‌ها با افزایش بار منفی ذرات سیمان اتفاق می‌افتد که بر اثر دافعه الکترواستاتیکی همدیگر را دفع می‌کنند و باعث پراکندگی سیمان می‌گردند. این پراکندگی فاصله ذرات بسیار ریز سیمان را از یکدیگر بیشتر می‌کند و سطح بیشتری از ذرات را در معرض رطوبت و آب موجود در مخلوط قرار می‌دهد. بدین ترتیب از آب موجود در مخلوط استفاده بهینه تری می‌گردد و ذرات بهتر روی هم می‌لغزند و باعث افزایش روانی و کارایی بتن می‌گردد.



نسل سوم روان کننده‌ها

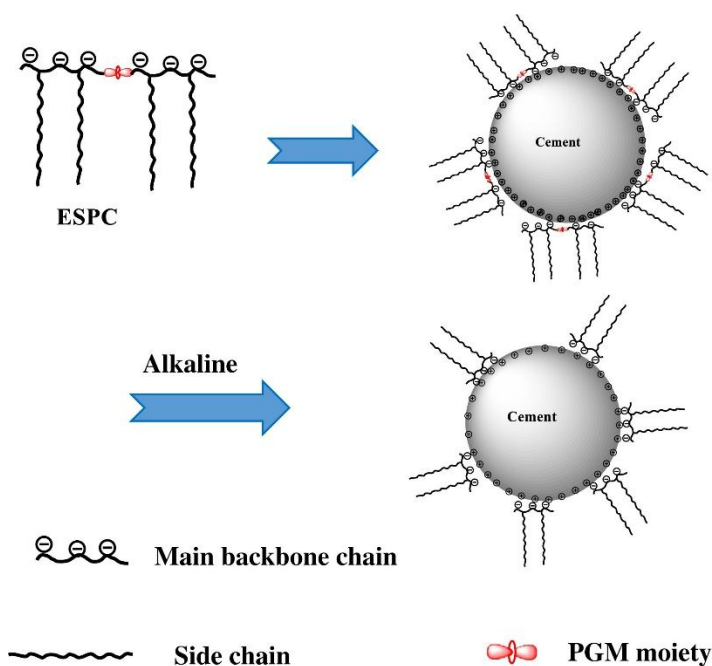
سومین نسل از روان سازهای بتن، فوق روان کننده‌ها و یا ابر روان کننده‌هایی هستند که بر پایه ی **پلی کربوکسیلات اتر** تولید شدند، آنها به دلیل مزایای فراوانی که داشتند به زودی پا به عرصه ی رقابت نهاده و با استقبال فراوانی در صنعت تکنولوژی بتن مواجه شدند. از مهمترین ویژگی‌های آنها می‌توان به کاهش شدید آب مصرفی بتن و حفظ کارایی بتن برای مدت زمانی مناسب اشاره نمود، سوپر پلاست که در کنار قیمت مقرون به صرفه تر و حباب زایی کمتر (در مقایسه با روان کننده‌های نسل اول) توانستند به محبوب ترین و رایج ترین افزودنی بتن در سراسر دنیا تبدیل شوند.



ساختار مولکولی این نوع فوق روان کننده با مواد قبلی به طور واضحی تفاوت‌های زیادی دارد. در این جا بر روی زنجیره پلیمر اصلی علاوه بر گروه‌های کربوکسیل، زنجیره ای بلند جانبی نیز وجود دارد که بعد از پراکندگی ذرات سیمان از یکدیگر مانع

بسیار خوبی برای دور نگه داشتن آنها از یکدیگر و در نتیجه سطح بیشتری از ذرات را در معرض آب موجود در محیط قرار می دهند. در اینجا مکانیسم عمل تفاوت‌هایی با حالت‌های قبل دارد. فوق روان کننده‌های پلی کربوکسیلاته مانند فوق روان کننده نفتالینه در هنگام مخلوط شدن در سطح ذرات سیمان جذب می‌شوند و عامل باردار کردن ذرات این جذب شدن در هنگام هیدراسیون صورت می‌گیرد در اینجا گروه‌های کربوکسیل عامل باردار کردن ذرات سیمان و پراکندگی آن‌ها می‌گردند. تفاوت اصلی این نوع فوق روان کننده بتن به دلیل وجود زنجیره‌های جانبی بلند می‌باشد که کارایی بالایی این ترکیبات در حضور کربوکسیلات‌ها حاصل می‌شود.

به طور کلی کاهش بسیار زیاد آب مورد نیاز و سیالات بسیار بالای بتن‌های حاوی فوق روان کننده پلی کربوکسیلات به جذب پلی کربوکسیلات‌ها به داخل سطوحی از سیمان هیدراته شده نسبت داده می‌شود. حداکثر میزان کاهش آب این نوع فوق روان کننده‌های بتن نسبت به بتن شاهد در یک روانی برابر حدوداً ۳۰ درصد می‌باشد.



روان کننده‌ها از جنبه‌های زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- بنیان ماده

۲- قدرت روانسازی یا کاهندگی آب

۳- حفظ کارایی

۴- زمان گیرش

طبقه بندی روان کننده‌ها(شرکت آبادگران)

بنیان	نام محصول	درصد مصرف
لیگنو سولفونات	روان کننده بتن P.A.PLAST-201	0.5-1.5%
نفتالین	روان کننده بتن P.A.PLAST-203	0.5-1.5%
پلی کربوکسیلات	روان کننده بتن P.A.PLAST-204	0.5-1.5%

0.5-1.5%	روان کننده بتن P.A.PLAST-S	پلی کربوکسیلات
----------	--	----------------

مقایسه قدرت روانسازی:

P.A.PLAST-203 \approx P.A.PLAST-201 < P.A.PLAST-S4 < P.A.PLAST-204

افزایش قدرت روانسازی یا کاهش کاهندگی

مقایسه قابلیت حفظ کارایی:

P.A.PLAST-203 < P.A.PLAST-S4 < P.A.PLAST-204 < P.A.PLAST-

حفظ کارایی بهتر در محدوده اسلامپ و در مقدار مصرف حداکثر

مقایسه زمان گیرش بتن:

P.A.PLAST S4 \approx P.A.PLAST-204 \approx P.A.PLAST-203 < P.A.PLAST-201

زمان گیرش طولانی تر

فوق روان کننده ها از جنبه های زیر طبقه بندی می شوند:

۱- بنیان ماده

۲- قدرت روانسازی یا کاهش کاهندگی آب

۳- حفظ کارایی

۴- زمان گیرش

درصد مصرف	نام محصول	بنیان
0.45-1.2%	فوق روان کننده بتن S.P.A.PLAST-401	لیگنو سولفونات
0.45-1.2%	فوق روان کننده بتن S.P.A.PLAST-403	نفتالین
0.45-1.2%	فوق روان کننده بتن MERQUA	نفتالین- لیگنو سولفونات
0.45-1.0%	فوق روان کننده بتن S.P.A.PLAST-404	لیگنوسولفونات- پلی کربوکسیلات
0.45-1.0%	فوق روان کننده S.P.A.PLAST M4	پلی کربوکسیلات
0.45-1.0%	فوق روان کننده REONET OS	پلی کربوکسیلات

مقایسه قدرت روانسازی:

S.P.A.PLAST-403 ≈ MERQUA < S.P.A.PLAST-401 < S.P.A.PLAST-404 < REONET
OS < M4

افزایش قدرت روانسازی یا کاهندگی

مقایسه قابلیت حفظ کارایی:

S.P.A.PLAST-403 ≈ MERQUA < S.P.A.PLAST-401 < S.P.A.PLAST-404 < REONET
OS < M4

حفظ کارایی بهتر در محدوده اسلامپ و روانی برابر

مقایسه زمان گیرش بتن:

S.P.A.PLAST-403 ≈ MERQUA < S.P.A.PLAST-401 < S.P.A.PLAST-404 < REONET
OS < M4

زمان گیرش طولانی تر

فوق کاهنده (ابروان کننده‌ها) از جنبه‌های زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- بنیان ماده

۲- قدرت روانسازی یا کاهندگی آب

۳- حفظ کارایی

۴- زمان گیرش

ویژگی اصلی	درصد مصرف	نام محصول	بنیان
حفظ روانی و کارایی	0.3-1.0%	ابروان کننده بتن POWERPLAST-R	پلی کربوکسیلات
حفظ روانی و کارایی	0.3-0.9%	روان کننده ابر ABAPLAT SRT 2912	پلی کربوکسیلات
حفظ روانی و کارایی بویژه با مصالح خشن	0.4-0.8%	روان کننده بتن ابر POWERPLAST-SM	لیگنوسولفونات- پلی کربوکسیلات
مصارف عمومی (General Purpose)	0.1-1.2%	ابروان کننده بتن REONET	پلی کربوکسیلات
کاهش آب و حفظ کارایی زیاد	0.3-0.9%	روان کننده بتن ابر POWERPLAST-RM	پلی کربوکسیلات
کاهش آب شدید	0.3-0.8%	روان کننده بتن ابر POWERPLAST-PM	پلی کربوکسیلات
مقاومت زودرس چشمگیر	0.3-0.9%	ابروان کننده بتن POWERPLAST-ES	پلی کربوکسیلات

مقایسه قدرت روانسازی یا کاهش آب:

POWERPLAST-R < POWERPLAST-SM < REONET < POWERPLAST-RM < ABAPLAT
SRT 2912 < POWERPLAST-ES \approx POWERPLAST-PM

افزایش قدرت روانسازی یا کاهش آب

مقایسه قابلیت حفظ کارایی (محدوده اسلامپ):

POWERPLAST-ES < POWERPLAST-PM \approx REONET < POWERPLAST-RM < ABAPLAT
SRT 2912 < POWERPLAST-R \approx POWERPLAST-SM

افزایش توانایی حفظ کارایی

مقایسه زمان گیرش بتن:

POWERPLAST-ES < POWERPLAST-PM \approx REONET < POWERPLAST-RM < ABAPLAT
SRT 2912 < POWERPLAST-R \approx POWERPLAST-SM

افزایش زمان گیرش

عوامل اصلی مؤثر بر انتخاب نوع و درصد مصرف روان سازها:

- الزامات آیین نامه ای و انتظارات موجود از ویژگی های بتن بر اساس نیاز هر پروژه مقاومت های مکانیکی، پارامترهای دوام، روانی مورد نیاز، مدت زمان حفظ کارایی مورد نیاز (مجموع زمان حمل و جابجایی بتن)
- ویژگی های منطقه آب و هوایی پروژه (گرمسیری - سردسیری - رطوبت نسبی - وزش باد)
- ویژگی های سنگدانه های مصرفی
- دقت کارگاه (توزین و تخصص افراد)
- نحوه پرداخت هزینه به پیمانکار (نوع قرارداد)
- اقتصادی شدن طرح اختلاط بتن

برای آشنایی با سایر افزودنی های بتن میتوانید به مقاله ذیل رجوع نمایید:
[میکروسیلیس و ژل میکروسیلیس چیست و نحوه اثرگذاری آن در بتن چگونه است؟](#)

منابع:

[Effect of reactant ration on gel point of sulphonated melamine-formaldehyde superplasticizer](#)

میکروسیلیس و ژل میکروسیلیس چیست و نحوه اثرگذاری آن در بتن چگونه است؟
امروزه با پیشرفت سریع و همه جانبه علم و صنعت، انسان بیش از گذشته نیاز به شناخت دقیق مواد و مصالح اطراف خود و در نتیجه استفاده صحیح، درست و بهینه از آن را احساس می کند و حتی الامکان می کوشد تا با تغییراتی در بعضی از پارامترهای مواد، کارایی و اثرگذاری آن را بالا ببرد در این بین، بتن به دلیل خواص ویژه ای از جمله کار پذیری، حمل و نقل

راحت، انعطاف پذیری قابل قبول، ارزان و در دسترس بودن و قابلیت دامنه تغییرات گسترده متناسب با نیاز و به عنوان پر مصرفترین مصالح در دنیا به حساب می‌آید.

انتخاب مناسب اجزاء، ساخت صحیح و کنترل کیفیت از عوامل موثر در کاربرد بتن بوده که بدیهی است اگر انتخاب مصالح، اختلاط، حمل، اجرا و نگهداری بتن بطور صحیح انجام نشود و بتن برای شرایط محیطی مشخص طراحی نشده باشد هرگز ویژگی‌های اصلی آن بدست نخواهد آمد.

در ساخت و سازه‌های معمولی، غالباً تنها معیار پذیرش بتن، مقاومت فشاری آن است شاید این مسئله از آنجا ناشی می‌شود که بتنی با مقاومت فشاری رضایت بخش، غالباً دیگر فقط ویژگی‌ها را در حد متوسط خواهد داشت. در سال‌های اخیر کارشناسان با بررسی سازه‌های بتنی به ویژه در محیط‌های خورنده، متوجه شدند که مقاومت فشاری بتن نمی‌تواند به تنهایی پاسخگوی کلیه انتظارات از بتن باشد و لازم است در طراحی بتن برای اهداف مختلف علاوه بر مسئله مقاومت و تحمل بارها، بر خواص دیگر بتن به ویژه پایداری و دوام آن نیز توجه کافی شود.

میکروسیلیس :

میکروسیلیس یا دوده سیلیسی ماده پوزولانی بسیار ریزی است که ذرات آن ۵۰ تا ۱۰۰ برابر از ذرات سیمان کوچکتر و چسبندگی بین سیمان و سنگدانه را تا حد قابل قبولی افزایش می‌دهد. میکروسیلیس ماده‌ای بسیار نرم و به شکل پودر می‌باشد و حاوی مواد غیربلوری با قطرهای بین ۲,۰ تا ۵,۰ میکرون است همچنین میزان سیلیس در این ماده بستگی به نوع محصول کوره و کارخانه سیلیس دارد.

میکروسیلیس در ساخت بتن با مقاومت بالا کاربرد دارد، میکروسیلیس از فلز سیلیس به میزان ۸۰ تا ۸۵ درصد و سایر آلیاژها مانند آلومینیوم اکسید، کلسیم اکسید و منیزیم اکسید تشکیل شده و معمولاً به رنگ سفید یا خاکستری می‌باشد بیش از ۹۵ درصد ذرات میکروسیلیس از $1\ \mu\text{m}$ کوچک‌ترند که این ریزی ذرات و درصد سیلیس بالا از میکروسیلیس یک ماده پوزولانی بسیار موثر ساخته است. میکروسیلیس سبب بهبود خواص مکانیکی بتن می‌گردد.



ژل میکروسیلیس :

استنشاق پودر میکروسیلیس توسط نیروهای انسانی که در فرآیند ساخت بتن فعالیت می‌کنند همواره از دغدغه‌های زیست محیطی و ایمنی کارخانه‌های ساخت بتن بوده، مضاف بر اینکه تعدد مواد افزودنی بتن و حفظ نسبت و زمان صحیح افزودن آن‌ها به بتن نیز باید تحت کنترل نگه‌داشته شود همچنین عدم اطمینان از اختلاط یکنواخت و واکنش میکروسیلیس به این گزینه‌ها افزوده می‌شود.



موارد یاد شده عموماً طراحان و سازندگان بتن را با مشکلات متعددی مواجه ساخته است. لذا برای رفع نقایص یاد شده، ایده ساخت ترکیبات دوغابی و ارتقاء سطح کیفی آن‌ها با بهره‌گیری از دانش شیمی مطرح گشت در نتیجه جهت تحقق بخشیدن به خواص کیفی مد نظر طراحان و سازندگان مبنی بر افزایش کارایی و مدت زمان کارپذیری موثر بتن، همچنین کاهش مقادیر جذب آب و نفوذپذیری بتن محصولاتی تحت عنوان **ژل میکروسیلیس** طراحی و تولید گردید. اجزای اصلی تشکیل دهنده ژل‌های میکروسیلیس عبارتند از:

- نسل جدید **کاهنده‌های قوی آب بتن**

- دوده سیلیسی (میکروسیلیس)

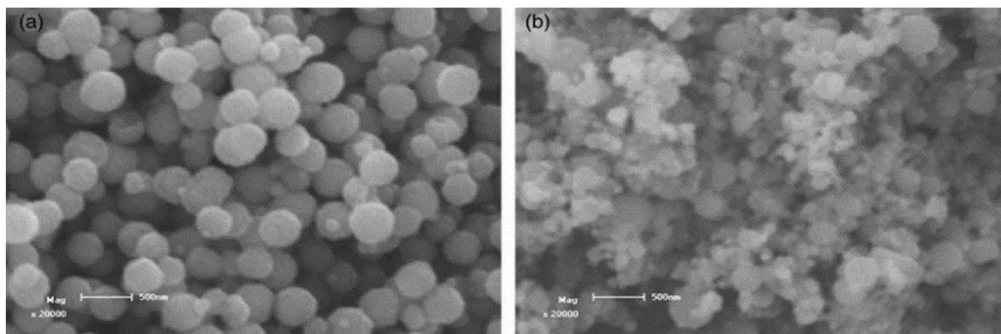
- کاتالیزور

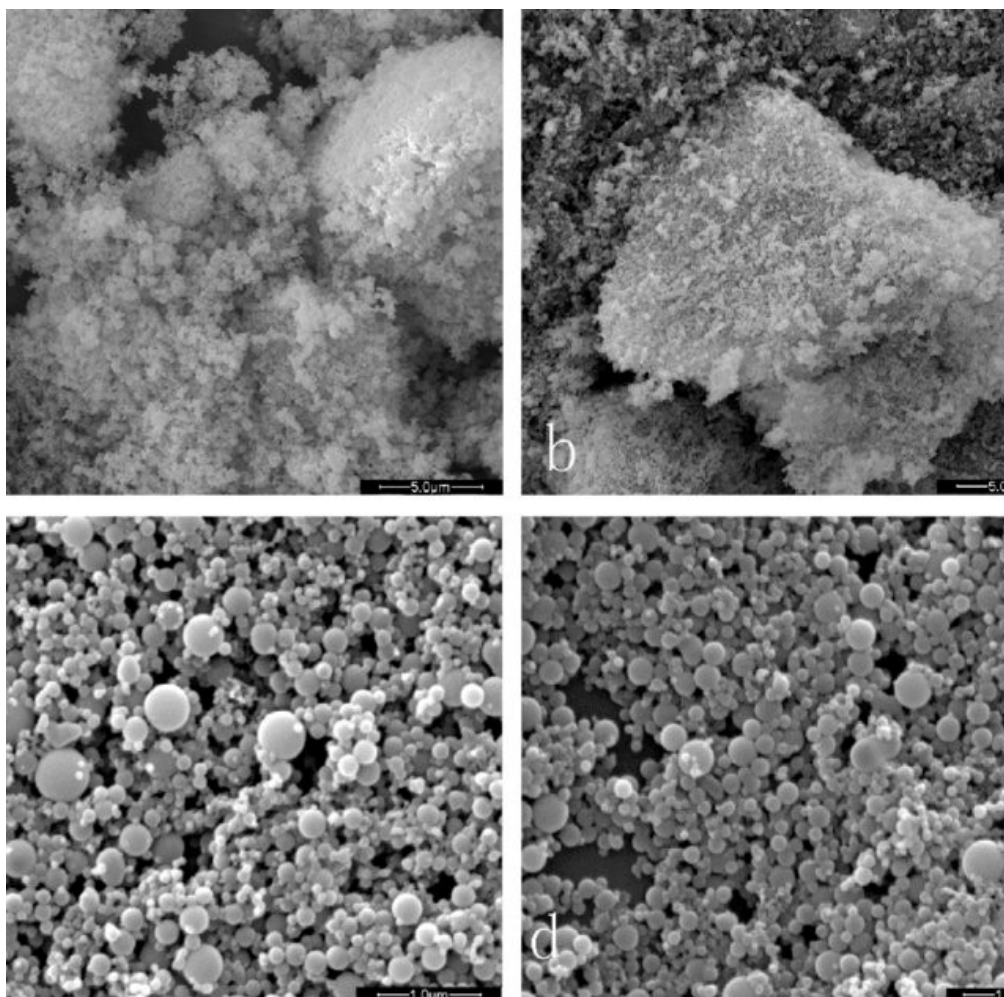
- بهبود دهنده‌های رئولوژی

که تمامی موارد در قالب یک محصول قابل استفاده در بتن می‌باشد.

نحوه اثرگذاری ژل میکروسیلیس در مقاومت بتن :

مقاومت بتن معمولاً مهمترین معیار برای ارزیابی کیفیت بتن به کار برده می‌شود افزایش مقاومت به مرور زمان بر اساس تداوم آبگیری سیمان و کاهش درصد تخلخل و فضای خالی بین مواد متشکله در مرحله ایجاد چسبندگی می‌باشد. میکروسیلیس موجود در بتن که یک ماده پوزولانی محسوب می‌شود، با هیدروکسید کلسیم ناشی از هیدراسیون سیمان ترکیب شده و ترکیبی ژل مانند می‌سازد. این ترکیب، عامل اصلی افزایش مقاومت بتن و کاهش تخلخل ذرات تشکیل دهنده در بتن می‌باشد کریستال‌های بزرگ هیدروکسید کلسیم در فصل مشترک سنگدانه و خمیر، مانع افزایش مقاومت می‌شود که میکروسیلیس تحت واکنش پوزولانی با هیدروکسید کلسیم آن را به اجزاء مقاومی به نام سیلیکات کلسیم هیدراته تبدیل می‌کند و بدین ترتیب باعث افزایش مقاومت فشاری بتن می‌شود همچنین به واسطه افزایش چگالی و کم شدن بسیار زیاد تخلخل بتن و در نتیجه کاهش محسوس نفوذپذیری بتن سطح دوام و پایایی بتن نیز ارتقا خواهد یافت.





دلایل فنی و اقتصادی استفاده از ژل‌های میکروسیلیس:

شاید این سوال پیش بیاید که به چه دلیل باید از ژل میکروسیلیس استفاده نمود و جایگزین آن می‌توان تمام افزودنی‌ها را به صورت مجزا در بتن استفاده نمود.

در پاسخ به این سوال می‌توان به چند مورد اشاره نمود. اولین گزینه که در تمام پروژه‌ها همواره مد نظر بوده است بحث اقتصاد پروژه می‌باشد حتی طراحان نیز به این مورد توجه زیادی دارند. با توجه به هزینه‌های حمل و نقل، نفرساعت مصرفی و قیمت تمام شده مواد به صورت استفاده مجزا، مصرف ژل میکروسیلیس به عنوان یک ماده ترکیبی و تک محصول که تمام نیازهای مقاومت و دوام بتن را تامین میکند عاقلانه تر به نظر می‌رسد.

در خصوص مباحث فنی در قسمت قبل صحبت شد اما شایان ذکر است که استفاده چند ماده افزودنی فارغ از مباحث اقتصادی ضریب اشتباه اپراتور را افزایش داده که این امر موجب آسیب در کیفیت بتن خواهد شد.

میزان مصرف ژل‌های میکروسیلیس:

با توجه به متفاوت بودن شرایط بتن و همچنین تنوع ژل‌های میکروسیلیس به واسطه نسبت ترکیب مواد، میزان دقیق مصرف فقط از طریق آزمایشات کارگاهی قابل ارزیابی می‌باشد ولی به صورت حدودی بین ۱ تا ۱۰ درصد وزن سیمان متغیر می‌باشد. این میزان مصرف بسته به نیازهای خاص و کنترل دقیق شرایط و انجام آزمون‌های کیفی بتن قابل تغییر می‌باشد.

معرفی و کاربرد انواع ژل‌های میکروسیلیس:

۴ گونه توانمند ژل میکروسیلیس و مواد کاهنده آب و روان‌ساز بتن که بر حسب شرایط محیطی محل ساخت و بتن‌ریزی، نوع مصالح مصرفی و مشخصات بتن تازه و سخت شده مورد مصرف قرار می‌گیرند.

- ۱- پاورژل
- ۲- میکروژل
- ۳- مزوکریت
- ۴- سوپرژل



موارد مصرفی و شرایط اجرایی برای این ژل‌ها با اشاره به نکات فنی در قالب جدول به صورت ذیل ارائه شده است:

- دسترسی به حداکثر مدت زمان کارپذیری بتن صرفاً بر اساس حداکثر مقدار مصرف هر ماده افزودنی در نظر گرفته شده است.
- به صورت پیش فرض مقدار سیمان در محدوده ۳۲۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب در نظر گرفته شده است.
- با حداقل مقدار مصرف مواد افزودنی و حداقل آب اختلاط مقدار کارپذیری محدوده بین ۱۲ تا ۱۸ سانتی‌متر خواهد بود.

کد محصول				ویژگی، نوع و شرایط کاربرد
MS-5	MEZCERETE	MICRO GEL	POWER GEL	
* هنگام ساخت بتن در بچینگ * * بتن‌های آماده در محل اجرا *	* هنگام ساخت بتن در بچینگ * * بتن‌های آماده در محل اجرا *	* هنگام ساخت بتن در بچینگ *	* هنگام ساخت بتن در بچینگ *	محل اضافه نمودن مواد افزودنی
***	****	***	*	مصالح سنگی شکسته
***	**	***	****	شرایط محیطی فوق‌العاده شدید، بسیار شدید و شدید
****	****	****	****	شرایط محیطی متوسط و ملایم
***	**	***	****	قدرت کاهش نفوذ پذیری و کاهش جذب آب
***	****	***	***	بتن‌های پمپی
***	**	***	****	ساخت سازه‌های آبی
۳ تا ۱۰	۴ تا ۹	۳ تا ۸	۱ تا ۳	مقدار مصرف برحسب درصد وزنی سیمان مصرفی
۰/۴۲ تا ۰/۳۸	۰/۴۲ تا ۰/۳۸	۰/۴۲ تا ۰/۳۸	۰/۴۰ تا ۰/۳۲	محدوده توصیه‌ای آب به سیمان

۳۰ تا ۴۵	۳۰ تا ۴۵	۳۰ تا ۶۰	۴۵ تا ۹۰	مدت کارپذیری بر اساس حداقل مقدار مصرف (دقیقه)
۴۵ تا ۶۰	۴۵ تا ۶۰	۶۰ تا ۹۰	۹۰ تا ۱۵۰	مدت کارپذیری بر اساس حداکثر مقدار مصرف (دقیقه)
<p>***اولین افزودنی پیشنهادی</p> <p>***دومین افزودنی پیشنهادی</p> <p>***سومین افزودنی پیشنهادی</p> <p>***چهارمین افزودنی پیشنهادی</p> <p>• تعریف شرایط محیطی (مطابق بند ۸-۲-۹ آیین نامه بتن ایران):</p> <p>• ملايم: به شرایطی اطلاق می شود که در آن هیچ نوع عامل مهاجم از قبیل رطوبت، تعریق، تر و خشک شدن، یخ زدن و آب شدن، سرد و گرم شدن متناوب، تماس با خاک مهاجم یا غیر مهاجم، مواد خورنده، فرسایش شدید، عبور وسایل نقلیه یا ضربه موجود نباشد، یا قطعه در مقابل این گونه عوامل مهاجم بنحوی مطلوب محافظت شده باشد.</p> <p>• متوسط: به شرایطی اطلاق می شود که در آن قطعات بتنی، در معرض رطوبت و گاهی تعریق قرار می گیرند. قطعاتی که بطور دائم با خاک های غیر مهاجم یا آب تماس دارند یا زیر آب با pH بزرگتر از ۵ قرار می گیرند، دارای شرایط محیطی متوسط تلقی می شوند.</p> <p>• شدید: به شرایطی اطلاق می شود که در آن قطعات بتنی، در معرض رطوبت یا تعریق شدید یا تر و خشک شدن متناوب یا یخ زدن و آب شدن و سرد و گرم شدن متناوب نه چندان شدید قرار می گیرند. قطعاتی که در معرض ترشح آب دریا باشند یا در آب غوطه ور شوند طوری که یک وجه آنها در تماس با هوا قرار گیرد. قطعات واقع در هوای دارای نمک و نیز قطعاتی که سطح آنها در معرض خوردگی ناشی از مصرف مواد یخ زدا قرار می گیرد دارای شرایط محیطی شدید محسوب می شوند.</p> <p>• بسیار شدید: به شرایطی اطلاق می شود که در آن قطعات بتنی در معرض گازها، آب و فاضلاب ساکن با pH حداکثر ۵، مواد خورنده، یا رطوبت همراه با یخ زدن و آب شدن شدید قرار می گیرند، از قبیل نمونه های ذکر شده در مورد شرایط محیطی شدید، در صورتی که عوامل مذکور حادث تر باشند.</p> <p>• فوق العاده شدید: به شرایطی اطلاق می شود که در آن قطعات بتنی در معرض فرسایش شدید، عبور وسایل نقلیه، یا آب و فاضلاب جاری با pH حداکثر ۵ قرار می گیرند. رویه بتنی محافظت نشده پارکینگ ها و قطعات موجود در آبی که اجسام صلبی را با خود جابجا می کند، دارای شرایط محیطی فوق العاده شدید تلقی می شوند. شرایط محیطی جزایر و حاشیه خلیج فارس و دریای عمان بطور عمده جزو این شرایط محیطی قرار می گیرند.</p>				

ویژگی های بتن خود متراکم

با افزایش استفاده از بتن ویژگی هایی همچون دوام، کیفیت، تراکم و بهینه سازی آن از اهمیت ویژه ای برخوردار می شوند. بتن خود متراکم (SCC) بتنی بسیار سیال و روان و مخلوطی همگن است که بسیاری از مشکلات بتن معمولی نظیر جداشدگی، آب انداختن، جذب آب، نفوذناپذیری و غیره را مرتفع نموده و علاوه بر آن بدون نیاز به هیچ لرزاننده ای (ویبره) داخلی یا ویبره بدنه قالب، تحت اثر وزن خود متراکم می شود. این ویژگی کمک شایانی به اجرای اعضا با فشردگی زیاد آرماتور خواهد نمود. استفاده از بتن خود متراکم اجازه می دهد در محل هایی که امکان تراکم کافی به دلیل آرماتور زیاد وجود ندارد یا دسترسی به محل بتن ریزی مشکل است بتن ریزی بدون نیاز به تراکم انجام پذیرد و مقدار هوای تصادفی در بتن به حداقل برسد. بکارگیری بتن خود متراکم می تواند یک راه حل مناسب برای کاهش دخالت نیروی انسانی باشد و مانا کاهش نیاز به کارگر ماهر در ساختمان ها و سازه های بتن آرمه گاهی برای کاهش خطاهای انسانی و دستیابی به پایداری و قوام مناسب و افزایش کیفیت و سرعت کار سازه ای خواهد شد.

بتن SCC چیست؟

بتنی دارای سیالیتی باشد که باعث خود متراکمی بدون نیاز به انرژی خارجی شود. در حین و پس از اتمام بتن ریزی بصورت یکپارچه باقی بماند و براحتی در خلال آرماتورها حرکت کند. SCC بتنی است که مثل عسل جریان می‌یابد و پس از قرارگیری، سطحی نزدیک به افق می‌سازد. در اصل خواص SCC تازه و سخت شده به طرح اختلاط بستگی دارد.



مواد تشکیل دهنده:

این بتن نیز از اجزائی مشابه بتن معمولی که با ویبراسیون متراکم می‌شود نظیر سیمان، سنگدانه، آب به همراه چند ماده افزودنی دیگر تشکیل شده است. مواد سازنده SCC باید شرایط پیش بینی شده در برخی آیین نامه‌ها را برآورده نمایند.

مقایسه بتن معمولی با بتن خود متراکم:

اجزای بتن خود متراکم و بتن معمولی را موادی همچون سیمان، سنگدانه، آب و مواد افزودنی تشکیل می‌دهند ولی عمده تفاوت بتن معمولی با بتن خود متراکم را موارد زیر تشکیل می‌دهد:

الف) محدودیت مقدار سنگ دانه‌ها: در بتن SCC با کاهش فاصله نسبی بین ذرات سنگ دانه می‌توان تکرار برخورد و تماس بین ذرات را افزایش داد که نتیجه آن افزایش تنش داخلی و در نهایت افزایش شکل پذیری بتن می‌شود.

ب) استفاده از فوق روان کننده: بتن در موقع عبور از میان موانع نیازمند حالت خمیری با ویسکوزیته بالا می‌باشد (یعنی بتن زمانی شکل پذیر می‌شود که خمیر با ویسکوزیته بالا از افزایش تمرکز داخلی، ناشی از نزدیکی ذرات سنگدانه‌های درشت جلوگیری می‌نمایند) در نتیجه امکان شکل پذیری زیاد در بتن SCC فقط با مصرف فوق روان کننده امکان پذیر است. زمان آزاد (free time): زمانی که SCC بتواند خواص روانی خود را حفظ نماید. زمان آزاد می‌تواند با استفاده مناسب از فوق روان کننده‌ها، کندگیر کننده‌ها و ... متناسب با نوع سیمان مصرفی به منظور حفظ قابلیت روانی و کارایی در انتقال و قالب ریزی بتن تغییر نماید.

ج) نسبت پایین درصد آب به مواد سیمانی: در بتن SCC از نسبت‌های آب به مواد سیمانی پایین تر استفاده می‌شود.

د) عدم نیاز بتن SCC به ویبره: با توجه به اینکه ویبره زدن نیاز به رعایت دقیق بسیاری از نکات فنی از جمله عمود نگهداشتن شیلنگ ویژه، رعایت عمق ویبراسیون در محدوده نیم متر تا یک متر و زمان نگهداشتن ویبره در داخل بتن دارد، لذا نیاز به کارگر ماهر و دقت فراوان و زمان کافی دارد، کاملاً محسوس می‌باشد معمولاً تجمیع این عوامل جهت بهبود کیفیت بتن، کمتر میسر است. ویبره زدن بتن به دلایل زیر می‌تواند باعث بروز برخی از مشکلات شود:

۱- جداشدن دانه‌ها در بتن بخاطر ویبره زیاد

۲- تراکم ناهمگن در نقاط مختلف بتن و ایجاد مقاومت‌های فشاری متفاوت در هر قسمت

۳- گیر کردن شیلنگ ویبره در بین میلگردهای متراکم

۴- کرم شدن برخی از مناطق بتن به دلیل غیر قابل دسترس بودن

۵- فرار شیره بتن به دلیل ویبره بیش از حد

۶- آب انداختن در سطح بتن

۷- ضعیف شدن فاز ناحیه انتقال در سه قسمت (مجاورت دانه‌ها، مجاورت میلگردها و مجاورت قالب‌ها)
بر این اساس استفاده از بتن خودتراکم به دلیل عدم استفاده از وایبره، کیفیت و دوام و مقاومت بهتری در مقایسه با بتن معمولی ایجاد خواهد کرد.

مزایای بتن خودتراکم:

- کاهش زمان ساخت و ساز
- صرفه جویی اقتصادی در بعضی از شرایط
- بالا رفتن کیفیت نهایی
- اطمینان از تراکم مناسب و کامل
- قرار گرفتن راحت‌تر در قالب
- سطح تمام شده بهتر بخصوص در بتن نمایان
- کاهش نیروی انسانی و کاهش خطای انسانی در بتن ریزی
- اجرای سریع‌تر بخصوص در ستون‌ها و دیوارها
- آزادی عمل بیشتر در طراحی مقاطع سازه ای
- کاهش آلودگی صوتی در کارگاه به دلیل عدم استفاده از وایبراتور



مشخصات مکانیکی:

وجود هوای تصادفی ناشی از عدم تراکم کافی موجب ضعف مشخصات مکانیکی بتن می‌شود به طوری که هر ۱ درصد هوا تقریباً ۵ درصد افت مقاومت فشاری را به عهده دارد.

از نظر مقاومت فشاری دو محدوده زیر برای بتن خود تراکم منظور می‌گردد:

- مقاومت فشاری ۲۸ روزه حدود ۶۰۰-۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع
- مقاومت فشاری اولیه برای بتن‌های مصرفی در خانه سازی حدود ۲۰۰-۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در ۱۵-۱۲ ساعت اوایه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد

استانداردهای پذیرش مواد تشکیل دهنده بر اساس آیین نامه:

مواد تشکیل دهنده SCC باید بصورت عمومی با شرایط [EN206](#) مطابقت داشته باشند، این مواد باید برای کاربردهای در نظر گرفته شده مناسب بوده و نباید شامل مواد مضر به مقداری باشند که به کیفیت یا قوام بتن آسیب برساند یا باعث خوردگی میلگردهای مسلح شوند. علاوه بر شرایط عمومی فوق هر یک از مواد تشکیل دهنده به تنهایی باید مورد بررسی قرار بگیرند تا با آیین نامه‌های مربوط به خود مطابقت نمایند. استانداردهای مورد استفاده تحت آیین نامه انگلستان عبارتند از:

EN1197	سیمان (ترکیبات، خصوصیات، معیارهای انطباقی)
EN1008	افزودن آب به بتن

EN206	بتن (ویژگی‌ها، اجرا، ساخت، انطباق)
EN12350-1	آزمایش بتن تازه، قسمت اول: نمونه گیری
EN12350-2	آزمایش بتن تازه، قسمت دوم: آزمایش اسلامپ
EN12620	سنگدانه برای بتن
EN9001	سیستم مدیریت کیفیت (شرایط)

افزودنی‌ها:

	الف- افزودنی‌های نوع اول (پر کننده‌ها: تقریباً خنثی)
EN12878	۱. اجزا سنگی پر کننده
EN12878	۲- رنگدانه برای رنگ آمیزی مصالح ساختمانی با اساس سیمانی
	ب- افزودنی‌های نوع دوم (پر کننده‌ها: پوزولانی یا هیدرولیکی نهفته)
EN450	۱- خاکستر بادی برای بتن
PREN13263	۲- میکروسیلیس
BS6699	۳- ذرات سرباره کوره آهن گدازی

روش‌های آزمون بتن SCC:

پیش از آغاز اختلاط بتن کلیه اجزای تشکیل دهنده SCC باید تحت آزمایش‌های مختلف قرار گرفته و نتایج به دست آمده با حدود و استانداردهایی که در آیین نامه‌های مربوط به هر ماده قابل دسترسی است کنترل شود. برای تعیین اینکه اساساً بتن خودتراکم است یا خیر و پس از اثبات خودتراکمی بتن، اینکه بعد از لحاظ تغییر شکل پذیری، لزجت و پرکنندگی در وضعیت مطلوبی به سر می‌برد، باید آزمایش‌های مخصوصی برای SCC در نظر گرفت. هیچ روشی به تنهایی یا ترکیبی از روش‌ها نمی‌تواند بطور جامع خواص SCC را پوشش دهد و هر یک، توابع خاص خود را دارد. به بیانی دیگر هیچ روش آزمایشی به تنهایی یافت نشده که تمام جنبه‌های کارایی مناسب را تأیید نماید. پس هر طرح اختلاط باید با بیش از یک روش آزمایش کنترل شود تا با پارامترهای مختلف کارایی مورد بررسی قرار گیرد. روش‌های مختلف پیشنهادی آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- روشهای سنجش خواص کارایی

ردیف	روش	ویژگی مورد سنجش
۱	جریان اسلامپ	قابلیت پرکنندگی
۲	جریان اسلامپ T50cm	قابلیت پرکنندگی
۳	حلقه J	قابلیت گذرندگی
۴	قیف V	قابلیت پرکنندگی
۵	قیف V T5min	مقاومت در برابر جداشدگی
۶	جعبه L	قابلیت گذرندگی
۷	جعبه U	قابلیت گذرندگی
۸	جعبه Fill	قابلیت گذرندگی
۹	غربال سنجش پایداری GTM	مقاومت در برابر جداشدگی
۱۰	ارمیت	قابلیت پرکنندگی



ضوابط پذیرش آزمایش‌ها:

شرایط و حدود مشخص شده برای نتایج آزمایش‌ها چه در زمان اجرا باید در محدوده‌ی استاندارد قرار گیرد. برای مثال تغییر کارایی در زمان حمل و نقل باید در محاسبات طرح اختلاط لحاظ شود. اصلی‌ترین ضوابط پذیرش SCC با دهانه‌هایی کوچکتر از ۲۰ میلی‌متر در جدول ۳ آورده شده است.

شرایطی که در مقابل هر آزمایش آورده شده است، بر اساس اطلاعات و علم جاری و موجود و تجربه بنا نهاده شده است. پیشرفت‌های آینده ممکن است به شرایط و ضوابط متفاوتی ختم شود. مقادیری هم که خارج از این حدود باشند هم ممکن است مورد پذیرش قرار گیرند و این در صورتی است که سازنده بتواند کارایی رضایت بخش آن را در شرایط ویژه اثبات نماید. مثلا فاصله زیاد بین میلگردهای مسلح کننده، ضخامت کمتر از ۵۰۰ میلی متر در لایه‌ها، فاصله کوتاه محل جریان یابی از نقطه تخلیه، انسدادهای بسیار کوچک برای عبور کردن در قالب، شکل ساده طرح قالب بندی و غیره.

ردیف	حدود تغییرات اندازه‌ها		واحد	روش آزمایش
	حداکثر	حداقل		
۱	800	650	mm	جریان اسلامپ
۲	5	2	Sec	جریان اسلامپ T50cm
۳	10	0	Mm	حلقه J
۴	12	6	Sec	قیف V
۵	+3	0	Sec	قیف V T5min
۶	1	0.8	(h2/h1)	جعبه L
۷	30	0	(h2-g1)mm	جعبه U
۸	100	90	%	جعبه Fill
۹	15	0	%	غربال سنجش پایداری GTM
۱۰	5	0	sec	ارمیت

افزودنی‌های بتن خودمتراکم :

بر اساس آیین‌نامه [ACI 212.3R](#) (گزارشی بر افزودنی‌های شیمیایی بتن) افزودنی‌های شیمیایی بتن به منظور تنظیم و اصلاح خواص بتن تازه و سخت شده استفاده می‌شوند. برای ساخت بتن خود متراکم استفاده از افزودنی یا به طور دقیقتر فوق روان کننده‌های بتن امری کاملا ضروری می‌باشد که با انتخاب صحیح در بین آن‌ها تمامی ضوابط و معیارهای پذیرش تایید خواهد شد.

بر همین اساس تعدادی از فوق روان کننده‌هایی که برای ساخت بتن‌های خود متراکم گزینه مناسبی می‌باشند عبارتند از:

۱. [POWERPLAST-RM](#)
۲. [POWERPLAST-SM](#)
۳. [POWERPLAST-PM](#)
۴. [POWERPLAST-ES](#)

که به واسطه بنیان ارتقا یافته خود قابلیت روانی بتن در قالب استانداردهای بتن SCC را دارا می‌باشند .



POWER PLAST SM	POWER PLAST ES	POWER PLAST RM	POWER PLAST PM	
۹۰-۶۰	۱۰۵-۶۰	۱۵۰-۶۰	۱۸۰-۶۰	بیت حفظ کارایی بتن بسته به ان مصرف و روانی اولیه در بود (دقیق)
۰,۵ تا ۰,۳۵	۰,۴ تا ۰,۲۸	۰,۴ تا ۰,۳	۰,۴ تا ۰,۳	ان ساخت بتن در محدوده بت‌های آب به سیمان
۲۴ ساعت	۸ تا ۱۲ ساعت	۲۴ ساعت	۱۸ تا ۲۲ ساعت	ان باز نمودن قالب‌ها
متوسط	عالی	خوب	خوب	اد مقاومت فشاری زودرس بتن
۰,۸ تا ۰,۴	۰,۹ تا ۰,۳	۰,۹ تا ۰,۳	۰,۳ تا ۰,۱	ار مصرف
+	+	+	+	قابلیت کاربرد همزمان با کروسیلیس، خاکستر بادی و سایر مواد پوزولانی
مایع	مایع	مایع	مایع	شکل ظاهری
$\pm 18/10/05$	$1,09 \pm 0/05$	$\pm 1,110,05$	$\pm 1,010,05$	وزن مخصوص (g/cm ³)
حفظ کننده قوی کارایی بتن	کاهش آب بسیار زیاد و مقاومت زودرس	کاهش آب بسیار زیاد و حفظ کارایی بالا	کاهش آب بسیار زیاد	ویژگی اصلی

بتن ریزی در شرایط آب و هوای سرد

کمبود فضاهای شهری و تلاش برای افزایش عمر ساختمان باعث شده است، دستیابی به فناوری‌های جدید و استفاده از مواد افزودنی شیمیایی و ترکیبی در مصالح ساختمانی به امری متداول تبدیل شود. بتن یکی از مصالح پرکاربرد ساختمانی است که تحت تاثیر شرایط محیطی مانند دما می‌باشد و استفاده از بتن در شرایط دمایی زیر صفر درجه باعث بوجود آمدن مشکلات مختلفی در ساختمان سازی می‌شود.

چهار فصل بودن کشور ایران و نیاز به بتن ریزی در تمام فصول به‌ویژه در هوای سرد باعث استفاده از **ضد یخ بتن** و ملات در بتن ریزی‌ها شده است به همین سبب آگاهی از دانش کاربردی اثر ضد یخ‌ها بر بتن یک ضرورت علمی در ساختمان سازی در شرایط آب و هوایی سرد می‌باشد. در این مقاله به بررسی اجمالی مبانی ضد یخ‌های بتنی و ویژگی‌های مهم آن بر اساس استانداردها می‌پردازیم .

ضد یخ بتن:

بتن پرکاربردترین و ستون فقرات ساخت و ساز مدرن در مهندسی عمران به شمار می‌رود و باید طبق روش ملی طرح مخلوط بتن و آیین نامه بتن ایران (آبا) ساخته شود.

ضد یخ بتن یا زودگیر کننده‌ی بتن، افزودنی‌هایی هستند که می‌توانند سبب افزایش سرعت هیدراسیون سیمان، کاهش زمان گیرش و زودگیری در سیمان شوند. این افزودنی‌ها روند کسب مقاومت بتن را نیز افزایش می‌دهند. ضد یخ بتن جهت جلوگیری از یخ زدن بتن در شرایط آب و هوایی سرد و اجتناب از توقف بتن ریزی در مخلوط‌های بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این محصول می‌بایست الزامات موجود در استاندارد ASTM C494 را برای نوع C افزودنی‌های تندگیر کننده یا نوع E افزودنی‌های کاهنده آب و تندگیر کننده تامین کنند.

خواص و اثرات ضد یخ بتن:

- باعث تسریع در انجام واکنش هیدراسیون می‌گردد.
- جهت جلوگیری از توقف در واکنش، دمای نقطه انجماد آب را پایین می‌آورد.
- باعث رشد در مقاومت سنین اولیه بتن می‌گردد.

کاربرد ضد یخ بتن:

استفاده از بتن در شرایط دمایی زیر صفر درجه باعث بوجود آمدن مشکلات مختلفی در ساختمان سازی می‌شود. چهار فصل بودن کشور ایران و نیاز به بتن ریزی در تمام فصول به ویژه در هوای سرد باعث استفاده از ضد یخ در بتن ریزی می‌شود. هدف استفاده از ضد یخ بتن، کمک به کسب حداقل مقاومت لازم برای مواجهه با اولین سیکل ذوب و یخبندان و تنش ناشی از آن می‌باشد.

- امکان ساخت، حمل و اجرای بتن و ملات در زمستان تا منفی ۱۵ درجه سانتیگراد
- افزایش دمای بتن و ملات
- افزایش مقاومت بتن و ملات در سنین اولیه
- کاهش زمان گیرش بتن و ملات و افزایش سرعت سفت شدن بتن و ملات
- امکان انجام قالب برداری در زمان کوتاه تر (حدوداً نصف زمان معمول)
- کارهای ترمیمی که نیاز به کسب مقاومت سریع بتن دارد مانند جایی که فشار آب به بتن یا ملات وارد می‌شود

مزایای ضد یخ بتن:

استفاده از ضد یخ‌ها باعث پیوستگی اجرای بتن در هوای سرد با رعایت استانداردهای موجود و مقاومت کافی می‌گردد. اگر بتن یخ بزند ۵۰ درصد مقاومت خود را از دست می‌دهد و در صورت تکرار سیکل یخ زدگی احتمال تخریب بتن نیز وجود دارد. ضد یخ یک عامل تعدیل کننده اثرات مخرب شرایط جوی بر بتن می‌باشد و با کاهش نسبی دمای انجماد، آب متناسب در بتن، نقش تسریع کنندگی گیرش در بتن در دمای زیر صفر درجه را دارد.

- کاهش دوره مورد نیاز برای محافظت و عمل آوری بتن
- کاهش هزینه
- افزایش سرعت ساخت و ساز

از اصلی ترین دلایل استفاده از ضد یخ بتن در فصل سرد اجرای عملیات ساختمانی می‌باشد.

انواع ضد یخ :

(۱) ضد یخ مایع:

در تولید ضد یخ‌های بتن مایع از کلسیم و نیترات‌های سدیم استفاده می‌شود که باعث افزایش گرمایی فرایند هیدراسیون شده و به شدت دمای انجماد بتن را کاهش می‌دهد. از مهم ترین مزیت‌های استفاده از ضد یخ بتن می‌توان به سازگاری با انواع بتن و همچنین استفاده از بتن‌های مسلح اشاره کرد.

۲) ضد یخ پودری:

در تولید این نوع از ضد یخ‌ها از موادی مانند کلسیم کلراید و نمک‌های معدنی استفاده می‌شود که این نوع ضد یخ باعث افزایش گرمایی در بتن شده و سبب کاهش دمای یخ زدگی بتن نیز خواهد شد. توجه داشته باشید که استفاده از این نوع ضد یخ برای بتن مسلح مجاز نمی‌باشد چرا که دارای یون کلراید بوده و مهندسیین استفاده از آن را در این گونه بتن‌ها توصیه نمی‌کنند.

تعریف هوای سرد:

طبق تعریف آیین نامه بتن ایران "آبا" هوای سرد به وضعیتی اطلاق میگردد که برای سه روز متوالی، هردو شرایط زیر برقرار باشد:

۱) دمای متوسط روزانه هوا در شبانه روز کمتر از ۵ درجه سیلسیوس باشد. (دمای متوسط روزانه، میانگین حداکثر و حداقل دمای هوا در فاصله زمانی نیمه شب تا نیمه روز است).

۲) دمای هوا برای بیشتر از نصف روز از ۱۰ درجه سیلسیوس بیشتر نباشد.

برای کنترل شرایط فوق، دمای بتن در طول مدت بتن ریزی و حداقل دوبار در شبانه روز باید کنترل و ثبت شود تا از وضعیت نگهداری بتن اطمینان حاصل گردد.

لازم به ذکر است گوشه‌ها و لبه‌های بتن در مقابل یخ زدن آسیب پذیر بوده و می‌بایست به دمای این نقاط توجه بیشتری شود.

بتن ریزی در هوای سرد: (طبق نشریه ۳۲۷):

"طبق نشریه ۳۲۷" مقاومت و میزان سخت شدن بتن با کاهش دمای بتن کاسته می‌شود و در دمای زیر نقطه انجماد، روند شیمیایی سخت شدن بتن متوقف می‌گردد. در صورتی که دمای محیط به کمتر از ۵ درجه سانتی گراد برسد، نباید بتن ریزی بدون اعمال تمهیدات لازم انجام شود.

به طور کلی در دمای‌های پایین، آهنگ کسب مقاومت بتن کاهش می‌یابد و بتن تازه می‌بایست در مقابل آثار مخرب یخبندان محافظت گردد. در مواردی که بتن در چند ساعت اول، بعد از بتن ریزی و یا قبل از رسیدن به مقاومت لازم، در معرض یخ بندان قرار گیرد، مقاومت نهایی بتن تا ۵۰ درصد کاهش یافته و دچار آسیب دیدگی جدی میگردد.

در صورتی که بتن در دمایی کمتر از ۵+ قرار گیرد فرایند هیدراسیون بسیار کند شده و روند کسب مقاومت بتن عملاً متوقف میگردد. آب خالص در صفر درجه یخ می‌زند، اما آب در داخل بتن به علت وجود املاح مختلف، دارای نقطه انجماد کمتری بوده و زمانی که آب در بتن یخ می‌زند، حجم آن حدود ۹ درصد افزایش می‌یابد. از آنجا که انجماد بتن فرایندی تدریجی می‌باشد، مقداری از آب در منافذ مویین باقی مانده که به علت افزایش حجم یخ، تحت فشار هیدرولیک قرار می‌گیرد و در صورت آزاد نشدن فشار باعث تنش کشش داخلی شده و در نتیجه سبب ترک خوردگی بتن و خرابی آن می‌گردد. با افزایش تعداد سیکل‌های ذوب و یخبندان، شدت خرابی بتن اضافه می‌گردد.

در صورتی که شرایط هوای سرد طبق تعریف آیین نامه و مقررات ملی در کارگاه حاکم گردد، عملیات ساخت و ریختن بتن باید متوقف گردد مگر این که تمهیدات لازم انجام گردد.



نکات مربوط به بتن ریزی در هوای سرد:

نکته ۱: در هوای سرد مسئله‌ی تامین رطوبت تقریباً منتفی بوده و سیله‌ی اصلی تامین دمای مناسب برای بتن است.

نکته ۲: از آنجا که واکنش‌های هیدراسیون بتن حرارت زا است، مهم‌ترین مسئله در مراقبت از بتن در هوای سرد جلوگیری از بیرون رفتن حرارت بتن است، به طوری که سطح بتن در طول دوره‌ی مراقبت از +۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، سردتر نشود. این مورد به کمک پوشش عایق بتن تامین می‌شود. به طوری که استفاده از عایق مناسب در دمای سرد، ممکن است دمای سطح بتن را ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای محیط بالاتر نگه دارد.

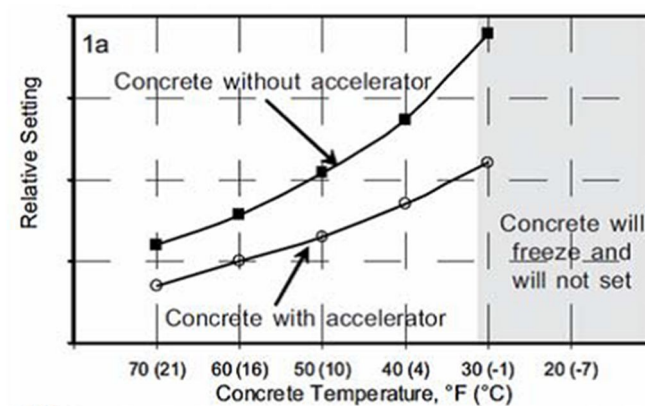
نکته ۳: در فصل سرما و اصولاً هر زمانی که احتمال داده می‌شود در سردترین ساعت نیمه شب، دمای سطح بتن از +۵ درجه سانتی‌گراد کمتر نشود، لازم است اطراف ستون‌ها (چه در قالب و چه پس از باز شدن قالب) در طول دوره‌ی مراقبت از بتن (مثلاً در ۷ روز اول) با عایق بتن پوشانده شود. اگر درموردی به دلیل وجود مهارهای جانبی پوشاندن کامل توسط عایق امکان پذیر نباشد لازم است ضمن پوشش با عایق در حد امکان با روشن کردن بخاری در نزدیکی ستون و محبوس کردن فضای پیرامونی حداقل دمای لازم برای سطح بتن کنترل شود.

تاثیر هوای سرد بر بتن تازه و سخت شده:

۱) تاثیر هوای سرد بر بتن تازه:

الف- افزایش زمان گیرش

ب- یخ زدگی بتن در حالت تازه بودن

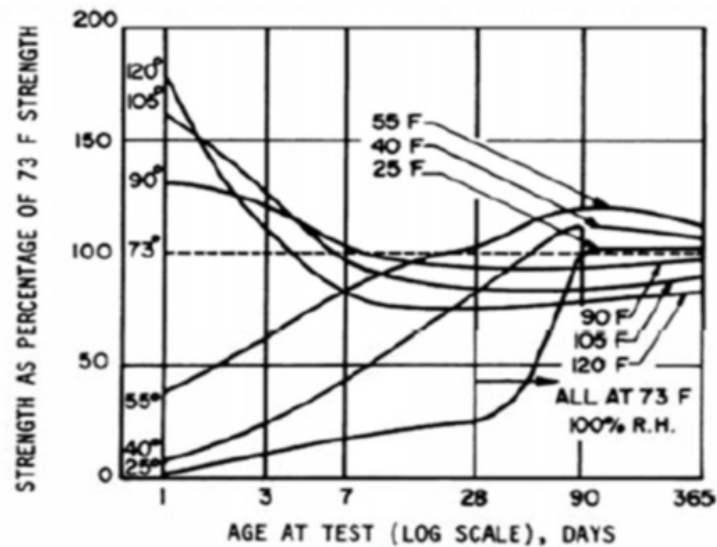


۲) تاثیر هوای سرد بر بتن سخت شده:

الف - احتمال یخ زدن و تاخیر در سخت شدن

ب - کاهش سرعت کسب مقاومت در کوتاه مدت

ج - ترک خوردگی بتن



برای بتن ریزی در هوای سرد چه باید کرد؟

- ۱- محافظت در برابر یخ زدن
- ۲- کسب مقاومت اولیه بعد از دوره محافظت
- ۳- استفاده از شرایط عمل آوری مناسب برای کسب مقاومت با سرعت نرمال
- ۴- تحمل سیکل ذوب و یخ بعد از دوره عمل آوری
- ۵- جلوگیری از ترک خوردگی بتن
- ۶- کسب مقاومت لازم برای قالب برداری ایمن
- ۷- کسب مقاومت کافی برای تحمل بارگذاری در دوره اجرا

مراحل تهیه بتن در شرایط آب و هوای سرد :

الف) انتخاب مواد و مصالح :

سیمان:

- i. می توان از سیمان زود گیر پرتلند نوع سه به جای سیمان معمولی استفاده نمود.
 - استفاده از سیمان های آمیخته ، به ویژه سیمان های پوزولانی و روباره ای در بتن ریزی در هوای سرد توصیه نمی شود.
 - در صورت عدم وجود مشکل ترک خوردگی ، می توان از سیمان با مقاومت اولیه زیاد استفاده کرد.
 - سیمان نباید به طور مستقیم حرارت داده شود و برای گرمایش بتن تنها آب و سنگدانه گرم شوند



سنگدانه

-سنگدانه‌ها نباید آغشته به یخ و برف باشند و در شرایطی ذخیره شوند که امکان یخ زدن یا ورود یخ در آن‌ها نباشد چون توده یخ بزرگتر از ۷۵ میلی‌متر، اغلب در زمان اختلاط و حمل بتن، ذوب نمی‌شود و در بتن باقی می‌مانند.

-معمولا ماسه از شن مرطوب تر و احتمال وجود یخ در آن بیشتر است بنابراین اغلب گرم کردن ماسه ضرورت پیدا می‌کند و سنگدانه باید به صورت یکنواخت و به گونه ای گرم شود که این فرآیند باعث خشک شدن آن‌ها نشود.



-زمانی که برف و توده‌های یخ زده در سنگدانه وجود ندارد و هوای محیط معتدل است، لازم نیست مصالح سنگی گرم شوند.

-حداکثر جذب آب سنگ دانه مصرفی در بتن، بر اساس دت ۲۱۰ و دت ۲۱۱ برای سنگدانه‌های درشت به ۲,۵ درصد و برای سنگدانه‌های ریز به ۳ درصد محدود شود.

-اگر دمای هوا زیر ۴ - درجه سانتی‌گراد باشد و دمای آب تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد گرم شود ، معمولا لازم است که مصالح سنگی تا دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد گرم شوند.

آب :

-می‌توان از آب گرم برای رساندن بتن به دمای مطلوب استفاده نمود.
-بهتر است آب و سنگدانه در ابتدا مخلوط شوند بطوری که دمای مخلوط آن‌ها برابر یا کمتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد شود.
-از تماس مستقیم آب گرم با دمای بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد و سیمان جلوگیری شود و این موضوع در نحوه ریختن مصالح در مخلوط کن رعایت شود.

مواد افزودنی

-استفاده از مواد حباب ساز هوا و ساخت بتن با حباب هوا برای بتن‌هایی که در معرض رطوبت و یخ زدن و آب شدن‌های متوالی قرار می‌گیرند الزامی است.
-موادی مانند مواد ضد یخ بتن و مواد مقاوم در برابر سرما که مشخصات آن‌ها در استاندارد موجود نیست ، در صورتی قابل استفاده است که کیفیت آن‌ها به طور کامل مورد بررسی و تایید قرار گرفته باشد.
- استفاده از مواد کاهنده آب برای کاهش نسبت آب به سیمان برای مقاومت در برابر یخ زدن می‌تواند مفید باشد.
- مواد افزودنی مختلف مانند مواد ضد یخ بتن و ملات، مواد مقاوم در برابر یخ زدگی، تسریع کننده گیرش، حباب هواساز، مواد کاهنده آب می‌توانند برای بتن ریزی در هوای سرد انتخاب شوند.



ب) طرح اختلاط بتن برای بتن ریزی در سرما:

-برای جلوگیری از آسیب ناشی از یخ زدن اولیه بتن و همچنین کاهش میزان آب انداختن ، مقدار آب بتن باید تا حد امکان برای حفظ کارایی کاهش یابد؛ بنابراین برای تامین کارایی لازم می‌توان از مواد افزودنی خمیری کننده و روان کننده استفاده نمود.
-نسبت آب به سیمان نباید بیش از ۵۰ درصد باشد بنابراین لازم است قبل از شروع بتن ریزی تدابیر لازم برای کسب مقاومت بتن صورت گیرد.
-در صورتی که از مواد افزودنی روان کننده استفاده نمی‌شود اسلامپ بتن نباید بیش از ۵۰ میلی‌متر انتخاب گردد.
-درصد حباب هوای مورد نیاز در طرح اختلاط باید مطابق قوانین طرح اختلاط بتن آبا انتخاب شود

ردیف	شرح	دمای محیط (درجه سلسیوس)	ابعاد اعضا و قطعات (به میلی متر)		
			کمتر از ۳۰۰	۳۰۰ تا ۹۰۰	۹۰۰ تا ۱۸۰۰
۱	حداقل دمای بتن هنگام اختلاط	بیش از ۱-	۱۶	۱۳	۱۰
۲		۱- تا ۱۸-	۱۸	۱۶	۱۳
۳		کمتر از ۱۸-	۲۱	۱۸	۱۶
۴	حداقل دمای بتن هنگام ریختن و نگهداری	به هر میزان	۱۳	۱۰	۷
۵	حداکثر مجاز افت تدریجی دمای بتن در ۲۴ ساعت اولیه پس از خاتمه عمل آوری از بتن	به هر میزان	۲۸	۲۲	۱۷

ج) اجرای بتن در آب و هوای سرد :

-قبل از بتن ریزی باید میله گردها ، قالب ، سطح بتن سخت شده قبلی و زمین از هر نوع یخ زدگی زدوده شود و این کار می تواند با اسپری آب یا بخار روی بدنه قالب و حایلها انجام شود چون یخ زدگی باعث میشود دمای بتن به سرعت افت کند و همچنین ممکن است زمین یخ زده ذوب شود بطوری که بتن نشت کند.

-دمای سطح بتن در تماس با زمین یا قالب، نباید ۵ درجه سانتی گراد بیشتر یا ۸ درجه سانتی گراد کمتر از توده بتن باشد.

-با توجه به این که دمای پایین بتن باعث افزایش فشار جانبی قالب می شود ، لازم است توجه کافی در سرعت بتن ریزی و ارتفاع بتن صورت پذیرد.



د) محافظت از بتن :

روش های مختلف محافظت بتن، پس از جایدهی شامل پوشش مناسب یا حرارت دادن در فضای مسدود است. اعضای نازک بتن، نیاز به محافظت طولانی مدتی دارند، اما بتن های حجیم به خصوص در سن اولیه نیاز به محافظت ندارند به شرطی که دمای هیدراتاسیون جبران کننده دمای بتن باشد.

در هنگام هوای سرد باید از عمل آوری با آب اجتناب و به روش عایقی (استفاده از پوشش برای جلوگیری از تبخیر آب) اکتفا کرد. در عمل آوری حرارتی (پروراندن) نباید خشک شدگی موضعی حاصل شود و گازهای حاصل از سوزاندن مواد مختلف در تماس با بتن جوان قرار گیرد. استفاده از بخار آب در عمل آوری حرارتی امکان رطوبت رسانی را فراهم می آورد.

عموماً بتنی که یخ زده باشد، در ظاهر آن ترک‌هایی قابل توجه دیده می‌شود که بخاطر ازدیاد حجم آب در اثر سرما و در نتیجه ترک در بتن ایجاد می‌شود. نیز موجب کاهش پایایی و کسب مقاومت بتن شده و عملاً آن انتظاری که از بتن به عنوان ماده همگن و با مقاومت فشاری بالا (که اکنون بتن خرد شده) را داریم کم‌رنگ‌تر خواهد شد.

مهم‌ترین نشانه‌های ظاهری یخ زدگی بتن در ابتدا پوسته‌پوسته شدن رویه آن و جمع شدن لایه‌های رویی با کمی فشار مثلاً فشار با نوک کفش است. ضمناً در نقاطی که بتن دارای قشر کمتر است نظیر روی بلوک‌های سقف، نظیر یونولیت‌ها (پلی استایرن) به راحتی عدم گیرایی و انعطاف پذیر بودن بتن را با کمی فشار احساس خواهید کرد.

برای بتن‌های خیس، عمل یخ زدگی یک عامل تخریب است، چون آب به هنگام یخ زدن ازدیاد حجم پیدا کرده و باعث تولید تنش‌های مخرب درونی شده و لذا بتن ترک می‌خورد. ترک‌ها و درزهایی که نتیجه یخ زدگی و ذوب متناوب هستند، باعث می‌شوند سطح بتن به صورت پولکی درآمده و بر اثر فرسایش، خرابی عمق بیشتری پیدا کند. بنابراین عمل یخ زدگی بتن و میزان تخریب حاصله، بستگی به درجه تخلخل و نفوذپذیری بتن دارد.

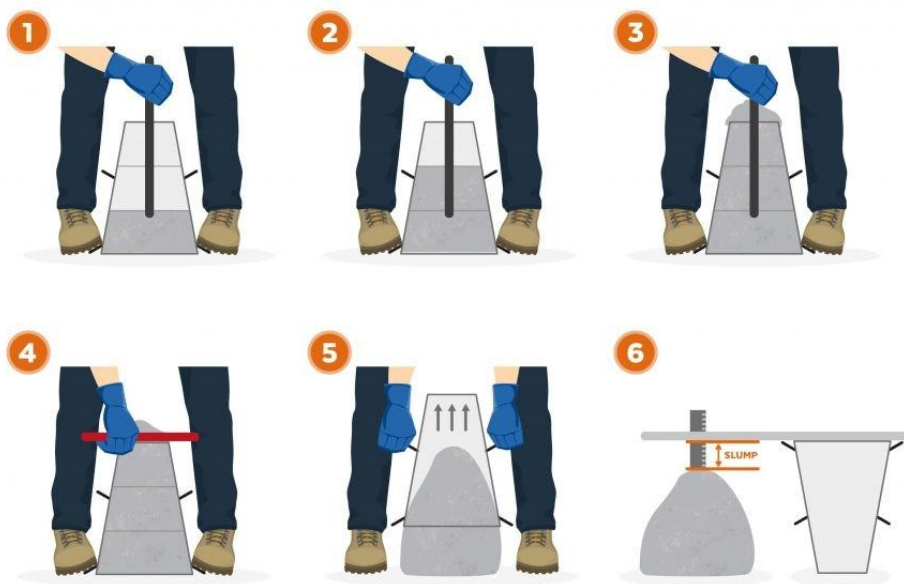
منابع-ASTM C494 / C494M: نشریه شماره ۳۲۷-آیین نامه بتن ایران (آبا)

اسلامپ بتن و تاثیرات افزودنی بر آن

بتن از جمله مصالح پودری مهم و حساس در فرایند ساخت سازه‌های بتنی بوده که در ستون، پی‌ها، سقف‌ها، دیوارها و سایر بخش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از آزمایش‌های مهم در بتن تست آزمایش اسلامپ می‌باشد. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در [استاندارد ۳۲۰۳](#) به این موضوع پرداخته و هدف از تدوین آن را تعیین روانی بتن تازه معرفی کرده است.

اسلامپ بتن :

یکی از ارکان اصلی و مهم در بتن ریزی توجه به کارایی بتن می‌باشد. برای تعیین میزان کارایی بتن از آزمایش اسلامپ بتن استفاده می‌شود. اسلامپ بتن (Concrete slump test) آزمایشی است که در آن میزان روانی بتن مشخص می‌گردد. مقدار آب موجود در بتن عامل کاهش یا افزایش کارایی بتن محسوب می‌گردد.



هدف از آزمایش اسلامپ چیست؟

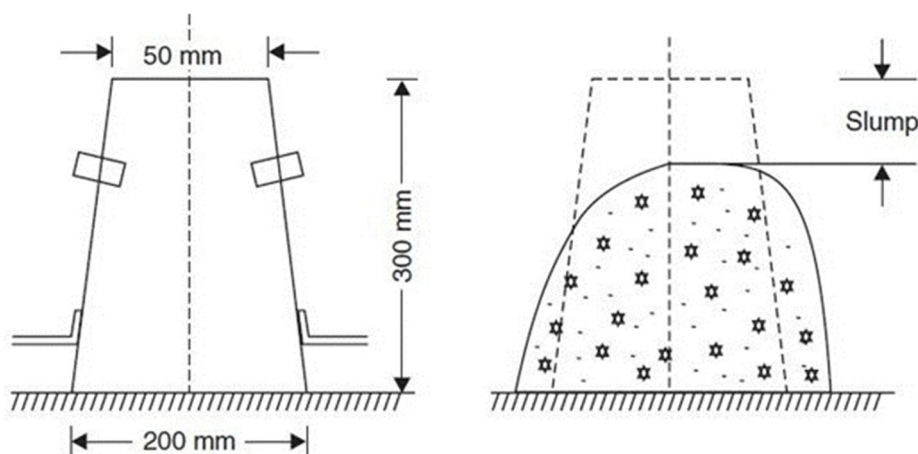
با توجه به تعریف استاندارد [ACI](#) منظور از روانی بتن همان قابلیت بتن یا ملات تازه به جهت پمپ کردن و کارایی می‌باشد. کارایی بتن به معنای سهولت در اجرا، قابلیت تراکم و مقاومت در برابر جداسدگی می‌باشد. لازم به ذکر است هیچ آزمایشی مبنی بر

اندازه گیری کارایی مستقیم بتن بیان نشده است اما اندازه گیری کارایی بتن با بعضی از خصوصیات فیزیکی آسان تر شده است. یکی از مهمترین آزمایش‌ها، آزمایش اسلامپ بتن می‌باشد. مطابق آیین نامه [ASTM C 125-93](#) روانی بتن، تعیین کننده مدت زمان کارایی بتن تازه با حداقل کاهش می‌باشد. همچنین طبق آیین نامه ACI 116R-90 کارایی بتن خاصیتی برای تعیین سهولت اجرا و یکنواختی در بتن می‌باشد.

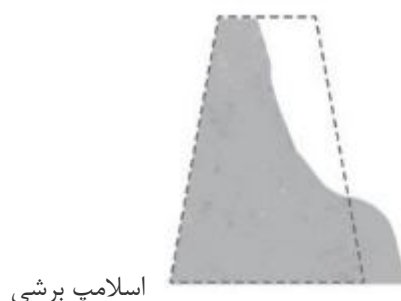
آزمایش اسلامپ بتن

آزمایش اسلامپ بر اساس استاندارد [ASTM C ۱۴۳-۷۸](#) بدین صورت تعریف شده است:

آزمایش اسلامپ از مخروط ناقص فلزی به ارتفاع ۳۰۵ میلی متر و قطر قائده بزرگ ۲۰۳ میلی متر و قطر قائده کوچک در بالا با اندازه ۱۰۲ میلی متر استفاده می‌شود. مخروط فوق در ۳ لایه از بتن پر شده و هر لایه توسط میله فلزی به قطر ۱۶ میلی متر با انتهای گرد شده با ۲۵ ضربه متراکم می‌گردد. بتن اضافی در بالا با غلط دادن میله فوق روی مخروط سطح آن صاف می‌شود. مخروط فوق که روی صفحه فلزی قرار می‌گیرد باید در سراسر آزمایش بدون حرکت بماند که این با قراردادن دو پا روی پایه‌های پایین آن تامین می‌شود. بلافاصله بعد از پر کردن مخروط به آرامی و بصورت قائم بالا کشیده می‌شود و بتن داخل آن افت می‌کند. افت بتن و ارتفاع کم شده با خط کش از وسط قاعده ی بالا اندازه گیری و با دقت ۵ میلی متر یادداشت می‌شود. برای دقت بیشتر و کاهش اثر اصطکاک بتن، جداره مخروط قبل از انجام هر آزمایش اسلامپ جداره داخلی مخروط و صفحه زیر آن مرطوب می‌شود و قبل از بالا کشیدن مخروط، بتن ریخته شده بر روی صفحه از کناره‌های مخروط پاک می‌شود.



معمولاً در آزمایش اسلامپ برای بتن‌های خشن نتیجه بصورت برش اتفاق می‌افتد که نشان دهنده چسبندگی مخلوط می‌باشد.



استاندارد آمریکا:

در آیین‌نامه آمریکا، آزمایش اسلامپ در آیین‌نامه‌های ASTM و AASHTO توضیح داده شده است و در آن به سختی مخروط و ابعاد آن (ارتفاع ۳۰۰، قطر پایین ۲۰۰ و قطر بالای ۱۰۰ میلی‌متر) اشاره شده است و همچنین بیان می‌کند که در حین فرآیند، هنگام برداشتن مخروط، این کار باید عمودی انجام گیرد و نباید هیچ گونه حرکت چرخشی اتفاق بیفتد. توضیحات این آزمایش تحت عنوان “روش استاندارد آزمایش اسلامپ بتن ساخته شده با سیمان هیدرولیکی” در آیین‌نامه‌های [ASTM C 143](#) و [AASHTO T 119](#) آمده است.

استاندارد بریتانیا:

در استاندارد بریتانیا، ارتفاع مخروط ۳۰۰، قطر پایینی آن ۲۰۰ و قطر بالایی آن ۱۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است. در این استاندارد به صورت مستقیم اشاره نمی‌کنند که مخروط باید به صورت قائم برداشته شود. آزمایش اسلامپ در آیین‌نامه‌ی بریتانیا ابتدا در [BS 1881-102](#) توضیح داده شده بود ولی اکنون استاندارد اروپایی [BS EN 12350-2](#) جایگزین آن شده است. آزمایش باید با پر کردن مخروط در سه مرحله و وارد کردن ۲۵ ضربه به هر لایه انجام گیرد.

انواع آزمایش‌های ارزیابی اسلامپ:

آزمایش‌های دیگری نیز برای ارزیابی اسلامپ بتن وجود دارند. برای مثال آزمایش میز جریان، این آزمایش اصولاً در آزمایشگاه انجام می‌شود، نشان دهنده کیفیت بتن به لحاظ قوام و ثبات، چسبندگی و تمایل آن به پخش شدگی است. در این آزمایش میزان پخش شدگی که عددی مرتبط با کارایی بتن است، اندازه‌گیری می‌شود. این آزمایش بهترین روش برای سنجش کارایی بتن‌هایی است که در آنها از فوق روان کننده استفاده شده است.

آزمون K-Slump به منظور اجرای سریع سنجش اسلامپ بتن، از تجهیزات جدیدی با عنوان «K Slump Tester» استفاده می‌شود. این دستگاه می‌تواند در یک دقیقه بعد از وارد کردن آن به درون بتن تازه عدد اسلامپ را اندازه‌گیری کند. به علاوه، کارایی نسبی بتن نیز به کمک این دستگاه قابل محاسبه است که در [ASTM International C1362-09](#) به آن اشاره شده است.

روش دیگر مشخص کردن اسلامپ، استفاده از یک وسیله‌ی اتوماتیک برای اندازه‌گیری اسلامپ است. سنسورها و کنترل‌ها امکان اندازه‌گیری و نمایش اسلامپ را می‌دهند. قابل اطمینان بودن آن‌ها باعث پذیرش آن‌ها در آیین‌نامه‌های مختلف مانند [ASTM International](#) شده است.

مخلوط‌های با روانی بسیار کم و سفت، معمولاً اسلامپی برابر صفر دارند و لذا در مخلوط‌های نسبتاً خشک تغییرات کارایی را نمی‌توان با آزمایش اسلامپ بررسی نمود. اما در مخلوط‌های پر عیار تغییرات کارایی با آزمایش اسلامپ قابل اندازه‌گیری است. به هر حال در مخلوط‌های کم عیار و نسبتاً زبر، اسلامپ صحیح به آسانی به اسلامپ برشی و حتی فروریختگی تبدیل می‌شود و از یک مخلوط نتایج بسیار متفاوتی حاصل می‌شود که آزمایش اسلامپ را برای این چنین مخلوط‌هایی غیر قابل اعتماد می‌سازد. آزمایش اسلامپ، آزمایشی است که اغلب در کارگاه مورد استفاده بوده و به آسانی تغییرات مصالح را که ممکن است ساعت به ساعت یا روز به روز در کارگاه اتفاق بیافتد نشان می‌دهد. برای مثال افزایش اسلامپ ممکن است ناشی از افزایش غیر منتظره رطوبت سنگدانه‌ها در کارگاه باشد.

طبقه بندی روانی بتن تازه، بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۳۵۱۹

اسلامپ (میلی متر)	طبقه بندی	
۱۰ تا ۴۰	سفت	S1
۵۰ تا ۹۰	خمیری	S2
۱۰۰ تا ۱۵۰	روان	S3
بزرگتر یا مساوی ۱۶۰	خیلی روان (سیال)	S4

عوامل موثر بر روانی و اسلامپ بتن

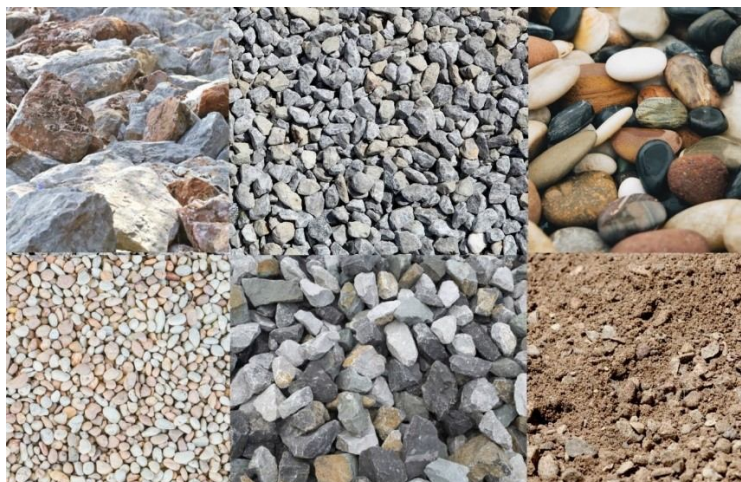
نسبت آب به سیمان و میزان آب اختلاط، شکل و نوع سنگدانه‌ها، نسبت سنگدانه به سیمان، افزودنی‌ها، دما، زمان

آب بتن

با اضافه کردن آب، میزان کارایی بتن افزایش پیدا می‌کند. آب باعث می‌شود که دانه‌ها و ذرات، همچون ساچمه در مخلوط عمل کنند و بین آنها اصطکاک کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه نسبت آب به سیمان مهمترین عامل تاثیرگذار در مقاومت و سایر مسائل مربوط به دوام بتن است، لذا اضافه کردن بی رویه آب به منظور افزایش کارایی بتن اثر نامطلوبی بر کیفیت بتن می‌گذارد.

شکل و نوع سنگدانه‌ها

دانه‌های سنگی به دو دسته دانه‌های درشت یا شن و دانه‌های ریز یا ماسه تقسیم می‌شوند. مصالح سنگی در مجموع حدود $3/2$ تا $4/3$ حجم بتن را اشغال می‌کنند. 60 تا 70 درصد از کل دانه‌ها شن و 30 الی 40 درصد دانه‌ها را ماسه تشکیل می‌دهد. از این رو کیفیت آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. سنگدانه‌های ریز به آب بیشتری جهت تر نمودن سطح خود نیاز دارند. همچنین دانه‌های با شکل نامنظم و زاویه دار با بافت خشن، نسبت به دانه‌های نسبتاً گرد، به آب بیشتری نیاز دارند. تخلخل و جذب آب مصالح سنگی نیز در کارایی اهمیت دارد و می‌تواند با جذب قسمتی از آب مخلوط، کارایی بتن را پایین آورد.



نسبت سنگدانه‌ها

برای یک نسبت آب به سیمان ثابت، کارایی با کاهش نسبت سنگدانه به سیمان افزایش می‌یابد و این به دلیل افزایش میزان آب نسبت به کل سطح ذرات جامد مخلوط می‌باشد. نسبت حجمی سنگدانه‌های درشت به ریز، باعث جدایی دانه‌ها و کاهش کارایی شده و مخلوط به دست آمده خشن، و پرداخت آن مشکل می‌باشد. برعکس، زیاد شدن مصالح ریزدانه در مخلوط، سبب افزایش کارایی می‌شود.

افزودنی بتن:

با افزودن ماده کاهنده آب و ثابت نگهداشتن مقدار آب، می‌توان روانی بتن را افزایش داد. مواد هوازا، میزان آب لازم برای رسیدن به کارایی معینی را کاهش می‌دهند و در صورت ثابت بودن مقدار آب، با افزودن **ماده حباب هوازا** می‌توان روانی را افزایش داد. مخلوط‌های پوزولانی تمایل به بهبود چسبندگی بتن دارند و کاربرد نوع خاص خاکستر بادی با ذرات گردگوشه، سبب افزایش کارایی مخلوط‌های بتنی شده است.



زمان و دما

بتن تازه با گذشت زمان سخت و سفت می‌شود، بنابراین این امر می‌بایست از گیرش سیمان متمایز گردد. مقداری از آب مخلوط توسط دانه‌ها جذب می‌شود، مقداری دیگر بخار می‌شود (به خصوص اگر بتن در معرض باد و اشعه خورشید قرار گیرد) و مقداری نیز در اثر فعل و انفعالات شیمیایی اولیه خارج می‌گردد. سفت شدن بتن درحقیقت با کم شدن کارایی در طی زمان، اندازه گیری و ارزیابی می‌شود. افزایش درجه حرارت با کاهش کارایی اسلامپ همراه است.



تاثیرات افزودنی بر روی اسلامپ

آزمایش اسلامپ بتن یک روش ساده و کلیدی برای ارزیابی یکنواختی کیفیت بتن از نظر روانی و کارایی بتن می‌باشد. این معیار نشان می‌دهد که بتن در صورت شناور شدن در فضای ساخت و ساز شما تا چه اندازه قابلیت هموار شدن دارد و برای آنکه بتوان یک شرایط ایده آل برای سطح قوام بتن مطرح ساخت، عدد اسلامپ بتن می‌تواند به ما کمک کند. عدد اسلامپ بتن بطور کلی معرف سطح روان بودن بتن می‌باشد. عدد اسلامپ بتن بزرگ خبر از یک بتن روان دارد (عدد زیاد نشان دهنده یک بتن با درصد آب بالا است). بدین ترتیب با استفاده از [افزودنی](#) باعث افزایش قوام بتن می‌شویم. بطور کل حدود ۰,۲ تا ۲ درصد از وزن سیمان به کار رفته در ساخت بتن برای انتخاب مقدار وزن روان کننده بتن کفایت خواهد کرد. در این بین موارد دیگر از قبیل مصرف بتن، دمای محیط کار، فاصله حمل از محل ساخت تا پروژه و اندازه سنگدانه نیز در انتخاب مقدار روان کننده بتن تاثیر بسزایی دارند.



تأثیرات دما و محیط بر روی بتن و اسلامپ

شرایط محیطی تأثیرات بسزایی بر روی اسلامپ و در نتیجه بر روی بتن دارد. بتن ریزی در شرایط آب و هوای گرم می‌تواند به بروز مشکلاتی در بتن تازه کمک نماید و معمولاً به کاهش کیفیت بتن تازه منجر می‌شود. در چنین شرایطی باید بتن ریزی متوقف گردد و در صورت نیاز به انجام عملیات بتن ریزی باید تدابیر خاصی اندیشیده شود تا خسارت‌های وارده به حداقل برسد. شناخت شرایط هوای گرم، اثر خسارت بار این شرایط، اثر عوامل تشدید کننده این خسارت‌ها، راه‌های فرار از حصول این شرایط با توجه به نوع مصالح مصرفی، نسبت آب به سیمان و کاهش دمای بتن، سعی در کنترل کاهش اسلامپ دارد.

منابع: تکنولوژی بتن دکتر علی اکبر رمضانپور / دستنامه ی اجرای بتن دکتر علی اکبر رمضانپور / ISIRI 3203-2 / مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران / ASTM C143 / [AASHTO T 119](#) / [ASTM C94/C94M](#) / [BS EN 12350-2](#)

نکات اولیه در مورد بتن ریزی در هوای سرد

قبل از هر چیز باید دید منظور از هوای سرد چیست؟ در واقع هوای سرد هنگامی است که دمای هوا به ۴ درجه سانتیگراد کاهش پیدا می‌کند و یا انتظار می‌رود کاهش دما به زیر ۴ درجه فارنهایت در دوره محافظت بتن برسد. برای جلوگیری از آسیب دیدن بتن در هوای سرد، طی یک دوره زمانی، از بتن در مقابل هوای سرد، محافظت می‌شود، که به آن دوره حفاظت گفته می‌شود. اگر در هوای سرد اقدامات مناسب جهت تولید، بتن ریزی و محافظت از بتن انجام گیرد می‌توان شاهد بتنی با مقاومت و دوام کافی بود. برای این منظور باید ابتدا برنامه ریزی صورت گیرد. پیمانکار بتن ریزی، سازنده بتن، تامین کننده **افزودنی های بتن**، مهندس پروژه طی یک جلسه ای قبل از بتن ریزی از روش هایی که برای بتن ریزی در نظر دارند صحبت کنند. یادآور می‌شود در دوره هایی که به عنوان هوای سرد محسوب نمی‌شود نیز در ۲۴ ساعت اول، بتن نیاز به محافظت دارد تا از انجمادهای غیرمنتظره و صدمات یخ زدگی در سنین پایین جلوگیری شود.



به اختصار به چند مورد می‌پردازیم؛

- تعیین گردد در نظر گرفته شود که ASTM C1064/C1064M دمای بتن ریزی مطابق استاندارد **دمای بتن ریزی** - هر چه حجم بتن ریزی بیشتر باشد، سرعت کاهش دمای بتن آهسته تر است. برای اطمینان از کارایی و مقاومت بتن می توان از نمونه های آزمایشی که تولید و عمل آوری آنها تحت شرایط محیطی مورد انتظار است، استفاده شود
 - برای جبران افت دما در فاصله بین مخلوط کردن بتن و بتن ریزی در محل پروژه، در هنگام اختلاط، **دمای مخلوط بتن** - دمای بتن افزایش داده شود. برای این منظور می توان از اختلاط با آب گرم استفاده کرد. دمای مخلوط به راحتی با اضافه کردن آب گرم یا سرد قابل تنظیم می باشد. باید دقت شود مقدار آبی که برای تنظیم دما استفاده می شود مقدار کمی باشد تا از نوسانات دمای بتن از یک بچ به بچ دیگر جلوگیری شود
 - هنگامی که دمای هوا به زیر ۴- درجه سانتی گراد برسد، گرم کردن سنگدانه ضروری است، زیرا **سنگدانه های مخلوط** - سنگدانه ها باید عاری از یخ زدگی باشند.
- نکته مهم: بین اجزای اختلاط نباید اختلاف دمایی زیادی وجود داشته باشد، لذا در صورتیکه آب اختلاط تا ۶۰ درجه سانتی گراد گرم شده باشد، سنگدانه ها نیز باید تا ۶۰ درجه سانتی گراد گرم شوند.



بستر و سطوح در تماس با بتن ریزی: قبل از بتن ریزی بستر کار باید از برف و یخ پاک شود و دمای بستر به بالای 0 درجه سانتی گراد رسیده باشد. که این کار را با پوشاندن سطوح توسط عایق یا حرارت دادن می توان انجام داد. در ضمن قالب ها، اسکلت ها و دیگر سطوحی که در تماس با بتن تازه قرار می گیرند نیز باید گرم شوند.

پس از بتن ریزی در هوای سرد از جمله کارهایی که می توان برای حفاظت بتن انجام داد عبارتند از؛

-درج سوابق دمایی: برای نظارت و ثبت دمای بتن موارد زیر باید در نظر گرفته شود.

۱. لبه ها و گوشه های بتن در برابر یخ زدگی آسیب پذیری بیشتری دارند. بنابراین نگهداری از آنها در دمای لازم دشوار است.

۲. دمای داخلی بتن برای جلوگیری از دمای بیش از حد، توسط ترموکوپل ها یا ترمومترهای تعبیه شده در بتن کنترل شود

۳. پرسنل در بازرسی ها باید تاریخ، زمان، دمای محیط، دمای بتن و شرایط جوی را ثبت کنند. حداقل فاصله بین دوره های بازرسی باید کمتر از ۱۲ ساعت باشد.

-استفاده از محفظه های گرم: از محفظه هایی جهت جلوگیری از باد و آب می توان استفاده کرد. بخاری ها نیز می توانند گرما را ایجاد کنند ولیکن باید مراقب گرم شدن مستقیم یا خشک شدن بتن بود. در هنگام استفاده از بخاری ها اقدامات لازم جهت جلوگیری از آتش سوزی باید در نظر گرفته شود زیرا آتش سوزی به بتن، در هر سنی می تواند آسیب بزند اما صدمات آتش سوزی در سنین اولیه بتن، بسیار بیشتر است.

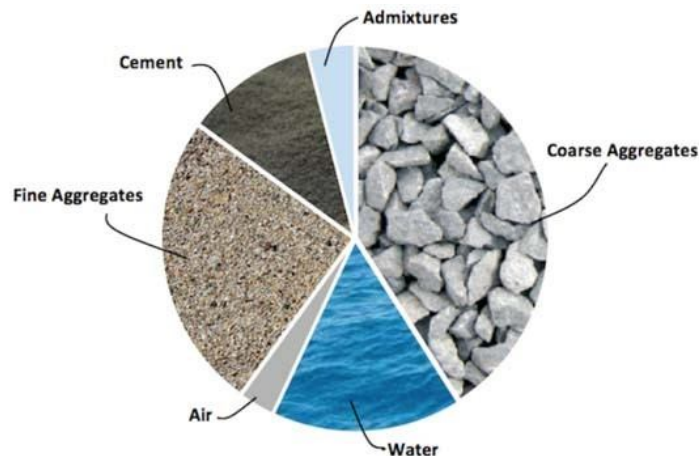
-باید نسبت اختلاط بتن به گونه ای تنظیم شود که آب انداختن بتن به حداقل برسد، در صورتیکه تعریق در بتن اتفاق افتاد برای جلوگیری از یخ زدن آب تعرق، باید آب اضافی را قبل از ماله کشی با طناب یا شیلنگ از بین برد.



نکات اجرایی در خصوص بتن ریزی حجیم
در این مقاله بطور گزیده و مختصر به نکات حائز اهمیت در خصوص بتن ریزی‌های حجیم و نکات اجرایی در این خصوص پرداخته شده است. اساس این مقاله، به نکاتی حائز اهمیت در خصوص کنترل گرمزایی فرآیند هیدراسیون بخصوص در بتن ریزی‌های حجیم و راهکارهای کنترل گرمزایی در بتن ریزی‌های حجیم است.
مقاله جاری، گزیده ای از "[آئین نامه سازه‌های بتنی حجیم](#)" تنظیم شده در سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور می‌باشد که سعی شده در این مقاله به دو موضوع با اهمیت اختلاط بتن و بتن ریزی و همچنین نکات اجرایی در بتن ریزی بطور متمرکز بپردازیم .



بتن حجیم، به عنوان یک بتن در سازه بزرگ (مانند یک تیر، ستون پایه، یا سد) تعریف شده است. در این شرایط نیاز به تدابیر و امکانات خاص برای مقابله با افزایش دما در بتن داریم. شناسایی و درک این مطلب از سوی کارشناسان و مجریان پروژه بسیار حائز اهمیت است. عوامل گوناگون از جمله مصالح و نسبت‌های اختلاط بتن، نوع سیمان، مواد افزودنی بتن، سنگدانه، روش اجرایی در روند بتن ریزی بخصوص بتن ریزی حجیم، عایق کاری و فرآوری بتن ریزی، عوامل موثر بر روی کنترل دمای بتن می‌باشند.



استفاده از سیمان نوع ۴ بجای نوع یک، از جمله عوامل مهمی است که بطور تقریبی ۱۳ درجه سانتیگراد در کاهش دمای بتن تاثیر دارد.

به منظور کاهش دما در زمینه کنترل مواد مورد استفاده در بتن، استفاده از [افزودنی‌های کاهنده آب](#)، با تنظیم میزان آب کافی مورد نیاز بتن، تاثیر بسزایی در تنظیم طرح اختلاط و بهینه کردن طرح خواهد داشت. همچنین استفاده از پوزولان‌ها و سرباره در طرح اختلاط، به عنوان جایگزین بخشی از سیمان پرتلند، به عنوان بخشی از عامل کاهش دما در بتن ریزی حجیم خواهند بود.



در خصوص نکات اجرایی هنگام بتن ریزی حجیم، عوامل گوناگونی از جمله رعایت نسبت آب به سیمان، استفاده از [افزودنی‌های بتن](#) مناسب جهت حصول خاصیت روانی کافی و پخش شدگی مناسب بتن، دپوی سیمان و مصالح در مکانی به دور از تابش نور آفتاب، کنترل میزان آب موجود در سنگدانه، بتن ریزی در شب، پرهیز از اختلاط سیمان گرم که از کارخانه به محل پروژه ارسال شده، کنترل دمای آب مورد استفاده در بتن ریزی، کاهش میزان سیمان مورد استفاده در طرح اختلاط بتن، کاهش آب آزاد بتن، افزایش حداکثری اندازه سنگ دانه‌ها، بکارگیری مواد [افزودنی حباب زا](#)، استفاده از سیمان بیات (۱۵ تا ۳۰ روز پس از تولید سیمان)، دمیدن هوای خنک بر سطح سنگدانه‌ها، غرقاب کردن سنگدانه‌ها در آب خنک، خنک کردن آب با ریختن یخ در آب دپو شده و یا افزودن یخ داخل میکسر که البته به میزان حجم یخی که اضافه می‌گردد و به همان میزان باید آب کمتری مصرف گردد، ایجاد سرعت در بتن ریزی و پخش بتن به منظور خنک شدن بتن در حالت خمیری، طراحی طرح اختلاط بتن برای حداقل مقاومت مورد نیاز، کاهش اسلامپ بتن تا جایی که فرآیند جایدهی و پخش بتن را دچار اختلال نکند از جمله عوامل موثری است که به کنترل دمای بتن هنگام بتن ریزی بخصوص بتن ریزی‌های حجیم می‌انجامد.

با توجه به اینکه بتن ریزی حجیم، قالباً برای پروژه‌های با نیاز به دوام و طول عمر بالا سازه می‌باشد و از سوی دیگر متراکم بودن بتن نکته بسیار مهم برای رسیدن به بتن با طول عمر بالا و خاصیت نفوذناپذیری می‌باشد، از اینرو استفاده از پوزولان‌هایی مانند [میکرو سیلیس و انواع ژل شده آن](#)، با فرآورده‌های هیدراسیون سیمان واکنش شیمیایی انجام داده و موجب تشکیل شبکه‌های سیلیکاتی در بتن می‌گردد که حفرات مویینه موجود در بتن را پوشش داده موجب پر شدن این حفرات و نفوذناپذیری

هر چه بیشتر بتن می‌گردد که در نتیجه متراکم شدن هرچه بیشتر بتن، منجر به نفوذ پذیری کمتر و طول عمر هرچه بیشتر بتن می‌گردد.

از مطالب مورد توجه در بتن ریزی‌های حجیم، بحث زمان بندی و اتصال و پیوستگی بتن ریزی، برای اجتناب از ایجاد درز سرد در بتن به واسطه متوقف شدن بتن ریزی برای زمان طولانی و عدم چسبندگی بتن جدید به قدیم می‌باشد. با توجه به اینکه متراکم بودن شبکه‌های آرماتور در سازه‌هایی که نیاز به بتن ریزی حجیم دارند رایج است و همچنین پخش یکنواخت بتن در تمامی قسمت‌های مورد جایدهی بتن مورد توجه است و از سوی دیگر دغدغه مهندسين در بتن ریزی‌های حجیم، پیوستگی بتن ریزی و باز بودن دست عوامل پروژه در تاخیر گیرش بتن به منظور ادامه بتن ریزی، پیش از گیرش بتن و ایجاد درز سرد بواسطه تاخیر در مراحل بتن ریزی است. در پایان خاطر نشان می‌گردد، استفاده از افزودنی‌های گوناگون از قبیل روان کننده‌ها، پوزولان‌ها، دیرگیر کننده‌ها نقش بسزایی در کاهش دما در فرآیند بتن ریزی، پخش و روانی بتن، دوام و مانایی بتن، و همچنین پیشگیری از انقطاع بتن و ایجاد درز سرد را بر عهده دارند.

ماخذ:

آئین نامه سازه‌های بتنی حجیم – سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

ویژگی های مصالح مورد استفاده در بتن و خواص آن
انتخاب و تائید مصالح

مصالح مصرفی در ساخت بتن باید طوری انتخاب شوند که ضوابط طراحی از نظر ایمنی، عملکرد سازه ای، پایایی و شکل ظاهری سازه با توجه کافی به شرایط محیطی تامین شوند، در نتیجه **انتخاب صحیح مصالح بتن** از موارد حائز اهمیت در ساخت آن می‌باشد. درصد مواد زیان آور در **مواد تشکیل دهنده بتن** نباید از مقادیر تعیین شده به عنوان حداکثر مجاز تجاوز کنند.



سیمان:

سیمان مصرفی در ساخت قطعات باربر باید با یکی از مشخصات مشروح زیر مطابقت داشته باشد:

1. انواع سیمان پرتلند

سیمان پرتلند نوعی سیمان هیدرولیک است که از پودر کردن کلینکری که عمدتاً از اکسیدهای سیلیسی، آلومینیومی و آهنی که عامل تشکیل ترکیبات سیلیکاتی و آلومیناتی سیمان پرتلند می‌باشند بدست می‌آید. گرچه استفاده از سیمان (هیدرولیک و غیرهیدرولیک) به چندین هزار سال پیش بازمی‌گردد، اما نخستین بار در سال ۱۸۲۴ میلادی ژوزف اسپین معمار بریتانیایی طرح اصلاحی خود را برای آهک هیدرولیک تحت عنوان سیمان پرتلند به ثبت رساند، وی نام پرتلند را به علت تشابه سیمان حاصل با رنگ کانسارهای آهکی جزیره پرتلند در انگلستان انتخاب کرد.

2. سیمان های پرتلند آمیخته روباره ای

3. سیمان های پورتلند آمیخته پزولانی

سیمان پوزولان یا طبیعی ماده اصلی این سیمان خاکسترها و پوک‌های آتش فشانی است که سیلیس آن‌ها به علت زود سرد شدن به صورت پوک و غیر بلوری در آمده است. سیمان طبیعی از مخلوط کردن سیمان پرتلند با آهک شکفته با پوک‌های معدنی به دست می‌آید. این سیمان‌ها در شهر رم و مناطق ایتالیا به نام (پوزولان) و در شمال اروپا به نام (تراس) نامیده می‌شود. با مخلوط کردن نسبت وزنی ۱ به ۴ این سیمان با مواد مناسب بهترین مقاومت به دست می‌آید. این سیمان هنگام هیدراته شدن حرارت کمتری آزاد می‌کند؛ از این رو در بتن ریزی‌های حجیم و جاهایی که بتن مورد هجوم سولفات هاست مصرف می‌شود. طبق استاندارد ملی ایران سیمان‌های پوزولانی به دسته سیمان پرتلند پوزولانی و سیمان پرتلند پوزولانی ویژه طبقه بندی می‌شوند. در سیمان پرتلند پوزولانی، ماده پوزولانی حداقل ۵٪ و حداکثر ۱۵٪ وزنی سیمان را تشکیل می‌دهد و این سیمان با نشانه پ. پ. عرضه می‌گردد. در سیمان پرتلند پوزولانی ویژه، ماده پوزولانی حداقل ۱۵٪ و حداکثر ۴۰٪ سیمان را تشکیل داده و این سیمان با نشانه پ. پ. و. عرضه می‌گردد.

4. سیمان پرتلند آمیخته آهکی



سنگدانه ها:

1. سنگدانه‌های مصرفی در بتن، باید دارای چنان کیفیتی باشند که بتوان با آنها بتنی مقاوم و پایا ساخت.
2. بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه های درشت نباید از هیچ یک از مقادیر زیر بیشتر باشد:

الف- یک پنجم کوچکترین بعد داخلی قالب بتن

ب- یک سوم ضخامت دال

پ- سه چهارم حداقل فاصله آزاد بین میلگردها

ت- سه چهارم ضخامت پوشش روی میلگرد

لازم به ذکر است اندازه کوچکترین الکی که حداکثر ده درصد وزنی سنگدانه روی آن باقی بماند، اندازه اسمی سنگدانه نامیده می‌شود.

همچنین به کار بردن سنگدانه‌های درشت تر از ۳۸ میلیمتر در ساخت بتن آرمه توصیه نمی‌شود، ولی در هیچ حالت اندازه سنگدانه هانباید از ۶۳ میلی‌متر تجاوز کند.



مواد زیان آور در سنگدانه های ریز

مقدار مواد زیان آور موجود در سنگدانه‌های ریز بتن نباید از مقادیر حداکثر مجاز داده شده در جدول تجاوز کند و روش آزمایش برای هر یک از مواد زیان آور باید مطابق این جدول باشد. همچنین ارزش ماسه ای سنگدانه‌های ریز بتن نباید کمتر از ۷۵ درصد باشد.

نوع ماده زیان آور	روش آزمایش	حداکثر درصد وزنی مجاز در کل نمونه
کلوخه های رسی و دانه های سست	دت ۲۲۱	۳
دانه های گذشته از الک شماره ۲۰۰ (۰/۰۷۵ میلیمتر) بتن تحت سایش - سایر بتن‌ها	دت ۲۱۸	۳* ۵*
زغال سنک، لیگنیت یا سایر مصالح سبک: هنگامی که نمای ظاهری - بتن حائز اهمیت است سایر بتن‌ها	دت ۲۱۹	۰,۵ ۱
میکا	--	1
(SO ₃ ..) سولفات‌ها بر حسب	دت ۲۳۰	۰,۴**
(CF) کلریدها بر حسب	دت ۲۳۱	0.04+

* در مورد ماسه شکسته، اگر دانه های گذشته از الک ۲۰۰ متشکل از پودر سنگ و عاری از رس می‌باشند، میتوان این مقادیر را به ترتیب به ۵ و ۷ درصد افزایش داد. این درصدها بر اساس دانه بندی ماسه گذشته از الک ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴) محاسبه می‌شوند.

** مقدار کل سولفات قابل حل در آب بر حسب SO₃.. در مخلوط بتن و با احتساب SO₃.. موجود در سیمان نباید از ۴ درصد بیشتر باشد و به هر حال مقدار کل سولفات موجود نباید از ۵ درصد وزن سیمان تجاوز کند.
+ مقدار کلرید قابل حل در آب در مخلوط بتن، بر حسب درصد وزن سیمان، نباید از مقادیر حداکثر مجاز داده شده در جدول ۳-۳-۶ تجاوز کند.

مواد زیان آور موجود در سنگدانه های درشت

مواد زیان آور موجود در سنگدانه‌های درشت بتن نباید از مقادیر حداکثر مجاز داده شده در جدول تجاوز کند و روش آزمایش برای هر یک از مواد زیان آور باید مطابق جدول باشد.

نوع ماده زیان آور	روش آزمایش	حداکثر درصد وزنی مجاز در کل نمونه
کلوخه های رسی	دت ۲۲۱	۰,۲۵
دانه های نرم*	دت ۲۲۳	۵
چرب به صورت ناخالصی**		۱ ۳

<ul style="list-style-type: none"> • در معرض شرایط محیطی شدید • در معرض شرایط محیطی متوسط • در معرض شرایط محیطی ملایم 		۵
دانه های گذشته از الک شماره ۲۰۰ (۰,۰۷۵ میلیمتر)	دت ۲۱۸	+۱
زغال سنگ، لیگنیت یا سایر مصالح سبک: <ul style="list-style-type: none"> • هنگامی که نمای ظاهری بتن حائز اهمیت است • سایر بتن‌ها 	دت ۲۱۹	۰,۵ ۱
دانه های سست شامل مجموع کلوخه های رسی، دانه های نرم، چرت هوازده، گل‌سنگ (شیل) و شیشه‌های متورق هوازده: <ul style="list-style-type: none"> • بتن نمایان • بتن تحت سایش • سایر بتن‌ها 	--	۳ ۵ ۷
سولفات‌ها (SO ₃ ..)	دت ۲۳۰	+۰,۴
کلریدها (cr)	دت ۲۳۱	+۰,۲

* این محدودیت فقط در مواردی حاکم است که نرمی هر یک از دانه های درشت به تنهایی با توجه به تنهایی با توجه به عملکرد بتن جنبه بحرانی دارد، از قبیل کفهای پر تردد یا سایر مواردی که سختی سطح اهمیت ویژه دارد.

** این گونه چرت در ۵ سیکل در آزمایش سلامت یا ۵۰ سیکل در آزمایش یخ زدن و آب شدن (صفر تا ۴ درجه سلسیوس) از هم می‌پاشد، یا چگالی آن در حالت اشباع با سطح خشک، ۲/۳۵ کمتر است. از هم پاشیدن به شکسته یا تکه شدن واقعی بر اساس آزمایشهای عینی اطلاق می‌شود. این محدودیت هافقط در مورد سنگدانه هایی حاکم اند که چرت به عنوان ناخالصی آنها تلقی شود و در مورد شنهایی که بیشتر از چرت تشکیل یافته اند قابل اعمال نیست.

محدودیت‌های مربوط به سلامت سنگدانه هاباید بر سوابق بهره برداری از آنها در محیط مورد نظر استوار باشد. برای ملاحظه طبقه بندی شرایط محیطی به بند ۸-۲-۹-۲ رجوع شود.

+ در مورد دانه های شکسته، اگر دانه های گذشته از الک شماره ۲۰۰ متشکل از پودر سنگ و عاری از رس باشند، می‌توان این درصد را به ۱/۵ افزایش داد.

++ مقدار کل سولفات قابل حل در آب بر حسب SO₃.. در مخلوط بتن و با احتساب SO₃.. موجود در سیمان، نباید از ۴ درصد بیشتر باشد و بهر حال مقدار کل سولفات موجود نباید از ۵ درصد وزن سیمان تجاوز کند.

+++ مقدار کلرید قابل حل در آب در مخلوط بتن، بر حسب درصد وزن سیمان، نباید از مقادیر حداکثر مجاز داده شده در جدول ۶-۳-۳-۶ تجاوز کند.

سنگدانه های پولکی و سوزنی

درصد دانه های پولکی و سوزنی در سنگدانه های درشت نباید از مقادیر داده شده در جدول ذیل تجاوز کند.

نوع سنگدانه	روش آزمایش	حداکثر درصد وزنی مجاز
دانه های پولکی: سنگدانه های مانده روی الک ۶,۳ میلیمتر (۴,۱ اینچ)	دت ۲۲۰	۰,۲۵
دانه های سوزنی: سنگدانه های با حداکثر اندازه ۶۳ و یا ۵۰ میلیمتر (۴,۱ اینچ)	دت ۲۲۰	۳۵
سنگدانه های با حداکثر اندازه ۳۸ و یا ۲۵ و یا ۱۹ میلیمتر (۴,۱ اینچ)	دت ۲۲۰	۴۰
سنگدانه های با حداکثر اندازه ۱۲,۵ و یا ۹,۵ میلیمتر	دت ۲۲۰	۴۵

آب

1. آب مصرفی برای شستشوی سنگدانه ها، ساخت و عمل آوری بتن باید تمیز و صاف باشد. باید از مصرف آب حاوی مقادیر زیاد از هر نوع ماده از قبیل روغن ها، اسیدها، قلیائی ها، املاح، مواد قندی و مواد آلی که قادر به صدمه زدن به بتن یا میلگرد باشد خودداری کرد. بطور کلی آب آشامیدنی برای مصرف در ساخت و عمل آوری بتن رضایت بخش تلقی می شود.
2. مواد زیان آور در آب مصرفی در بتن نباید از مقادیر حداکثر مجاز داده شده در جدول ذیل تجاوز کند و روش آزمایش برای هر نوع ماده زیان آور باید مطابق همین جدول باشد.



نوع ماده زیان آور	شرح	روش آزمایش	حداکثر درصد وزنی مجاز در کل نمونه
ذرات جامد معلق	<ul style="list-style-type: none"> - بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بتن پیش تنیده - بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم و بتن بدون آرماتور 	دت ۳۰۵	۱۰۰۰
			۲۰۰۰
مواد محلول	<ul style="list-style-type: none"> - بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بتن پیش تنیده - بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم - بتن بدون آرماتور و بدون اقلام فلزی مدفون 	دت ۳۰۵	۱۰۰۰
			۲۰۰۰
کلرید (Cl)	<ul style="list-style-type: none"> - بتن آرمه در شرایط محیطی شدید، بتن پیش تنیده و بتن عرشه پلها - سایر موارد بتن آرمه در شرایط مرطوب، یا دارای مواد آلومینیومی یا فلزات غیر مشابه، یا دارای قالبهای گالوانیزه دائمی - بتن بدون آرماتور و بدون اقلام فلزی مدفون 	دت ۳۰۶	*۵۰۰
			*۱۰۰۰
			*۱۰۰۰۰
سولفات (SO ₃ ..)	<ul style="list-style-type: none"> - بتن آرمه و بتن پیش تنیده - بتن بدون آرماتور و بدون اقلام فلزی مدفون 	دت ۳۰۷	*۱۰۰۰
			*۳۰۰۰
قلیائیهها	(Na ₂ O+0.658K ₂ O)	دت ۳۰۴	۶۰۰

* مقدار کل یون کلرید قابل حل در آب در مخلوط بتن، بر حسب درصد وزن سیمان نباید از مقادیر حداکثر مجاز داده شده در جدول ۶-۳-۳-۶ تجاوز کند.

** مقدار کل سولفات قابل حل در آب بر حسب SO_3 در مخلوط بتن و با احتساب SO_3 موجود در سیمان، نباید از ۴ درصد بیشتر باشد و بهر حال مقدار کل سولفات موجود نباید از ۵ درصد وزن سیمان تجاوز کند. به جدولهای ۳-۳-۳-۶ در مورد بتن در معرض سولفاتهدر شرایط گوناگون محیطی رجوع شود.

3. مقاومت‌های ۷ و ۲۸ روزه آزمون‌های ملات ساخته شده با آب غیر آشامیدنی باید حداقل معادل ۹۰ درصد مقاومت‌های نظیر آزمون‌های مشابه ساخته شده با آب مقطر باشند.
4. مقدار pH آب مصرفی در بتن نباید از ۵ کمتر و از ۸/۵ بیشتر باشد.

مواد افزودنی بتن

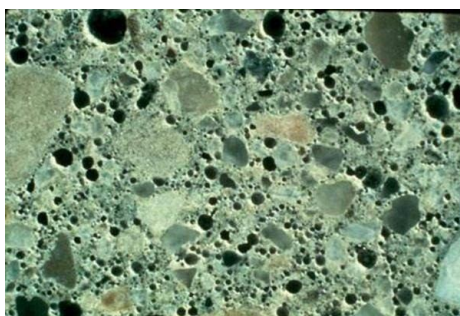
ماده افزودنی بتن ماده ای است به غیر از سیمان پرتلند، سنگدانه و آب که به صورت گرد یا مایع به عنوان یکی از مواد تشکیل دهنده بتن و برای اصلاح خواص بتن، کمی قبل از اختلاط یا در حین اختلاط به آن افزوده می‌شود. مواد افزودنی به دو گروه مواد افزودنی شیمیایی و مواد افزودنی معدنی تقسیم می‌شوند.



افزودنی های شیمیایی

1. مواد افزودنی حباب ساز

مواد افزودنی حباب ساز موادی هستند که سبب تشکیل حباب های بسیار ریز هوا که بطور یکنواخت در حجم بتن یا ملات توزیع شده اند می‌گردند. این حباب ها باید پس از سخت شدن بتن یا ملات در آن باقی بمانند.



مواد افزودنی کاهنده آب. 2.

ماده افزودنی کاهنده آب به منظور تقلیل مقدار آب مصرفی در شرایط یکسان روانی بتن یا افزایش روانی بتن در شرایط یکسان میزان آب مصرفی به کار می‌رود. این مواد به دو نوع کاهنده معمولی و کاهنده قوی تقسیم می‌شوند.

مواد افزودنی کندگیر کننده.3

ماده افزودنی کندگیر کننده به منظور به تاخیر انداختن گیرش بتن به کار می‌رود و به سه نوع کندگیر کننده و کاهنده معمولی آب و کندگیر کننده و کاهنده قوی آب تقسیم می‌شود.

مواد افزودنی تسریع کننده.4

ماده افزودنی تسریع کننده به منظور تسریع در گیرش بتن، یا تسریع در کسب مقاومت بتن در سن کمتر یا به هر دو منظور به کار می‌رود و به دو نوع تسریع کننده و تسریع کننده و کاهنده معمولی آب تقسیم می‌شود.

های معدنی افزودنی.5

این مواد به شکل ذرات ریز معدنی موجب بهبود برخی از خواص و یا تامین خواص ویژه ای در بتن می‌شوند. افزودنی های معدنی می‌توانند کارآیی و انسجام بتن تازه و همچنین مقاومت و نفوذپذیری بتن سخت شده را بهبود بخشیده و رنگ بتن را نیز تغییر دهند. این مواد به سه دسته تقسیم می‌شوند

های معدنی خنثی و رنگدانه هافزودنی -

این مواد مانند کوارتز آسیاب شده معمولاً از طریق واکنش شیمیایی موجب افزایش مقاومت بتن نمی‌شوند. مصرف این افزودنی‌ها موجب بهبود کارآیی و چسبندگی بتن‌هایی می‌شوند که کمبود مواد ریزدانه دارند. این مواد در بسیاری از موارد الزامات سنگدانه های بتن را تامین کرده و از آنها به عنوان سنگدانه در بتن استفاده می‌شود

هاپوزولان -

هاعبارتند از مواد سیسیلی یا س سیسیلی و آلومینی که خود به تنهایی فاقد ارزش چسبانندگی بوده و یا دارای ارزش - چسبانندگی کم هستند، اما به شکل ذرات بسیار ریز در مجاورت رطوبت طی واکنش شیمیایی با هیدروکسید کلسیم در دمای معمولی ترکیب‌هایی با خاصیت سیمانی به وجود می‌آورند.

راهکارهای مقاوم سازی ستون

روش های مقاوم سازی ستون مسلح شامل روکش بتنی ، روکش فولادی ، روکش FRP می باشد. در این بخش به بررسی راهکار FRP می پردازیم.

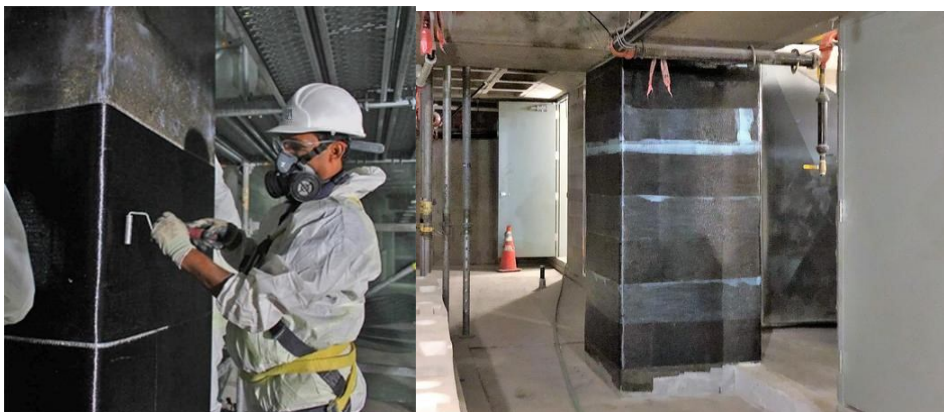


استفاده از الیاف مسلح پلاستیکی FRP

مقاوم سازی اعضای بتنی با مصالح کامپوزیتی FRP، روشی نسبتاً جدید به شمار می رود. مصالح FRP خواص فیزیکی مناسبی داشته که می توانند به مقاومت کششی بالا و ضخامت و وزن کم آنها اشاره نمود. در ستون های بتنی استفاده از FRP ضمن افزایش ظرفیت برشی ستون ، مد گسیختگی آن را از حالت برشی به خمشی تغییر داده و شکل پذیری را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد. جهت محصور کردن عضو بتنی ، لازم است راستای الیاف تا حد امکان عمود بر محور طولی عضو باشد. در این وضعیت، الیاف حلقوی مشابه تنگ های بسته یا خاموت های مارپیچی فولادی عمل می کند. از معایب این روش، هزینه بالای آن، رفتار تردشکن و مقاومت کم آن در برابر آتش سوزی است.

ضوابط طراحی ستون های بتنی مقاوم سازی شده با الیاف مسطح پلاستیکی FRP:

- مقاوم سازی ستون های گرد کوتاه تحت فشار خالص
- ستون های مستطیلی کوتاه تحت فشار خالص
- تقویت برشی برای اعضای فشاری
- محدودیت های مقاوم سازی برای ظرفیت بار محوری



در همین راستا شرکت آبادگران اقدام به طراحی و تولید چسب FRP با مشخصات منحصر به فرد و کد تجاری ABABOND FRP-301 نموده است. این ماده چسبی دو جزئی بدون حلال بر پایه رزین اپوکسی و هاردنر پلی آمین اصلاح شده می باشد که برای اتصال انواع الیاف مقاوم سازی به زیرآیند بتنی طراحی شده است. این چسب دارای مقاومت مکانیکی و شیمیایی عالی و چسبندگی بسیار زیاد می باشد و با توجه به طراحی منحصر به فرد آن، بر روی سطوح خشک و مرطوب قابل اجرا است. همچنین به واسطه خواص رئولوژی ویژه آن، سطح الیاف به طور کامل اشباع شده و الیاف بدون لغزش بر روی سطح متصل می شوند.

راهبرد های مقاوم سازی لرزه ای با استفاده از کاشت پیچ و میلگرد

امروزه مقاوم سازی سازه های بتنی موجود یا مرمت آنها به منظور تحمل بارهای مضاعف طراحی، بهبود نارسایی های ناشی از فرسایش، افزایش شکل پذیری سازه یا سایر موارد با استفاده از مصالح مناسب و شیوه های اجرایی صحیح بطور متعارف انجام می گردد.

با توجه به شرایط ویژه کشور، ساختمان های زیادی در نواحی لرزه ای قرار گرفته اند که بر اساس آیین نامه های لرزه ای موجود نامناسب هستند. مقاوم سازی لرزه ای ساختمان های موجود یکی از موثرترین روش های کاهش این خطرات است. تحقیقات زیادی در مورد روش های متفاوت مقاوم سازی برای رسیدن به عملکرد لرزه ای مناسب صورت گرفته است. عملکرد لرزه ای سازه ها در صورتی که روش مناسب مقاوم سازی انتخاب نشود، بهبود نخواهد یافت. بنابراین نیازهای اصلی بهسازی و تأثیر تکنیک های متفاوت بهسازی قبل از انتخاب طرح مقاوم سازی باید ملاحظه شود.

بر همین اساس مطابق با نشریه ۵۲۴ سازمان برنامه و بودجه روش های مقاوم سازی و اصلاح موضعی به طور کلی به صورت ذیل تقسیم بندی میشوند:

۱. روکش فولادی (Steel Jacketing)
۲. روکش بتنی (Concrete Jacketing)
۳. پوشش های الیافی FRP
۴. تزریق مواد پلیمری



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

اصلاح موضعی اجزا در موارد و شرایط مختلف به شیوه های متفاوتی صورت میپذیرد اما در مواردی برای تقویت عضو لازم است میلگرد یا پیچ در داخل بتن کاشته شود همچنین در اکثر موارد عمل کاشت باید طوری انجام پذیرد که مقاومت گیرایی بیش از مقاومت کششی میلگرد یا پیچ باشد.

کاشت پیچ و میلگرد

همانطور که عنوان شد یکی از پرکاربردترین راهکارهای اصلاح در روش های مقاوم سازی، کاشت آرماتور، انکر، پیچ یا میلگرد می باشد که به سه روش ذیل صورت می پذیرد :

۱. کاشت با استفاده از مواد پایه سیمانی
۲. کاشت با استفاده از مواد چسب اپوکسی (چسب کاشت میلگرد اپوکسی)
۳. کاشت با استفاده از مهار مکانیکی

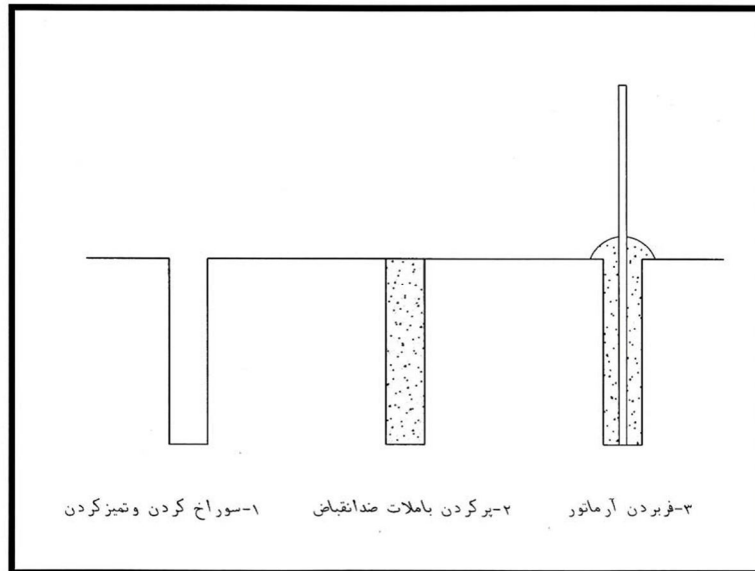


کاشت پیچ به وسیله مهار مکانیکی



کاشت با استفاده از مواد پایه سیمانی

یکی از روش های کاشت از طریق مواد پایه سیمانی صورت می پذیرد که این روش معمولا برای شرایط کاربری های سبک مورد استفاده قرار میگیرد و عمدتا استفاده از گروت ها در این قسمت نتایج مطلوبی را حاصل می نماید. از موارد عمده کاشت با استفاده مواد پایه سیمانی در مقاطع مصالح بنایی می باشد.



کاشت با استفاده از چسب کاشت اپوکسی

این مواد به صورت دو جزئی با قابلیت تحمل بارگذاری بسیار زیاد، مقاومت شیمیایی عالی، گیرش سریع، چسبندگی بسیار زیاد و سهولت در اجرا برای مقاوم سازی های سنگین مورد استفاده قرار میگیرد. روش کار مشابه کاشت با گروت میباشد اما بدیهی است به علت چسبندگی فوق العاده زیاد، قطر سوراخ و طول مهاری کوچکتر خواهد شد.



مراحل کاشت به شرح زیر است:

۱. محاسبه ابعاد حفره مطابق با استاندارد (ACI 355.4) مطابق با جدول ارائه شده در صورت شرایط استاندارد)
۲. ایجاد حفره به وسیله ابزار مناسب.
۳. تمیز نمودن گرد و غبار ناشی از حفاری با استفاده از فشار هوا مناسب.
۴. جدا نمودن ذرات سست دیواره با استفاده از فرچه سیمی لوله ای .
۵. تمیز نمودن مجدد گرد و غبار ناشی از فرچه زنی با استفاده از فشار هوا .
۶. تزریق چسب تا میزان دو سوم حجم حفره از انتهای ترین قسمت حفره.
۷. فرو بردن میلگرد به صورت چرخشی داخل حفره و خروج مجدد جهت تخلیه هوای اضافی داخل حفره.
۸. تمیز نمودن مواد اضافی بیرون ریخته از دهانه حفره با کاردک و یا ابزار دیگر.

کاشت به کمک مهار مکانیکی

در این روش تقریباً مشابه روش های دیگر عمل می شود این پیچ ها در انتهای خود دارای پره های مخصوصی هستند که با پیچاندن پیچ باز می شوند و به جداره حفره می چسبند. پیچ تا حد ممکن سفت میگردد تا پره ها تا جایی که امکان دارد به دیوار بچسبند. در این روش نیز طول مهار بسیار کوتاه است. شاید برای بارهای دینامیکی مناسب نباشند، چون پره ها می توانند بتن محیطی خود را خرد نمایند ولی به هر حال در کارهای استاتیکی بسیار عالی هستند.



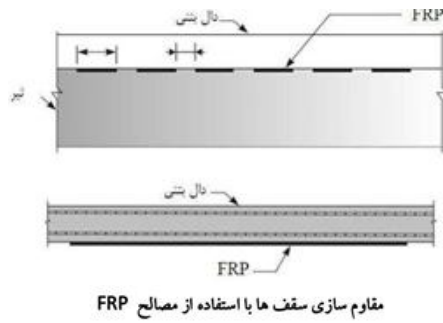
در تمامی موارد ذکر شده ،فاصله اجزا از یکدیگر و فاصله از لبه مقطع از اهمیت برخوردار می باشد و در مواردی که مقطع ضعیف باشد یا در نوع خاصی از موارد فاصله پیچ ها از یکدیگر کمتر از حداقل اعلام شده باشد ، ضریب کاهش مقاومت توسط کارخانه سازنده اعلام میگردد.

مقاوم سازی لرزه ای دال، تیر و ستون با استفاده از مصالح FRP

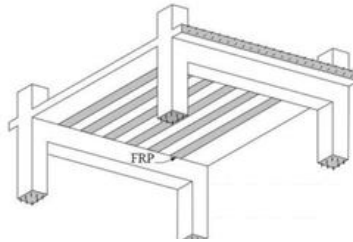
راهکارهای استخراج شده با استناد به [نشریه ۵۲۴](#) تهیه و تنظیم گردیده است.

راهکارهای مقاوم سازی دال

یکی از روش های مقاوم سازی و تقویت خمشی دال ها به شکل موضعی ، استفاده از مصالح FRP می باشد. این مصالح ضمن سبکی از مقاومت کششی بالایی برخوردار بوده و با وجود قیمت بالایی که دارند شکل اجرا و پیاده سازی بسیار ساده است. جهت مقاوم سازی دال ها (یک طرفه و دو طرفه)، مصالح مرکب FRP را می توان بصورت نوارها و یا صفحاتی مطابق شکل زیر بر روی سطوح تحت کشش اجرا نمود.



مقاوم سازی سقف ها با استفاده از مصالح FRP



در صورت وجود تکیه گاه گیردار در لبه های دال و ایجاد لنگر منفی در مقطع ، می توان از نوارهای FRP در وجه فوقانی دال استفاده نمود.

در دال هایی که بصورت طره ای به دیوار برشی متصل شده باشد، برای مهاربندی و مقاوم سازی اتصال دال به دیوار برشی می توان نوار یا صفحه FRP را تا قسمتی از سطح دیوار بالا برده تا به آن چسبانده شود.



راهکارهای مقاوم سازی تیر

مقاوم سازی اعضای بتنی با مصالح کامپوزیتی FRP روشی رایج به شمار می رود. مصالح FRP خواص فیزیکی مناسبی دارند که از جمله آنها می توان به مقاومت کششی بالا و ضخامت و وزن کم اشاره نمود. مصالح FRP را می توان برای افزایش مقاومت خمشی ، برشی و پیچشی تیر به کار برد. در هنگام استفاده از مصالح FRP باید سطح بتن و سطح FRP را آماده نمود.

آماده سازی سطح بتن:

جهت جلوگیری از کنده شدن صفحات FRP و چسب از روی بتن، می بایست تمام موارد ناصافی و ناهمواری از روی سطح بتن باید پاک شده و سطحی یکنواخت ایجاد نمود. زمانیکه یک لایه نازک FRP بر روی سطح ناهموار چسبانده شود ، قسمت های FRP که روی ناهمواری قرار گرفته دچار کشش شده و تمایل به صاف شدن دارند و این سبب ایجاد تنش های جداکننده می گردد. این تنش ها پس از رسیدن به حد معینی باعث از بین رفتن چسبندگی در این نقاط میگردد.



آماده سازی سطح FRP:

چنانچه سطح FRP به طور مناسب آماده نشده و از ذرات آلودگی و چربی پاک نشود، ممکن است اتصال نوار و چسب FRP دچار جداشدگی شود. چسب های FRP می بایست به اندازه ای قدرتمند باشد که مقاومت آنها بیشتر از مقاومت بتن باشد و به همین دلیل در اغلب حالات شکست در بتن رخ می دهد.

مقاوم سازی خمشی تیر با مصالح FRP:

در اینجا به نحوه محاسبه تقویت خمشی تیر با اضافه نمودن FRP میپردازیم. اتصال مصالح FRP به ناحیه کششی بتن به طوریکه راستای الیاف آن در جهت طولی یک عضو خمشی باشد، باعث افزایش مقاومت خمشی آن عضو می گردد. در طراحی این حالات می بایست رفتار قاب تقویت شده با در نظر گرفتن کاهش قابل توجه انحنای چرخش در قسمت های تقویت شده مورد بررسی قرار گیرد. همچنین باید تاثیر بارهای متناوب بر مصالح FRP نیز بررسی گردد.

مقاومت برشی مقطع:

هنگامیکه از مصالح FRP برای افزایش مقاومت خمشی عضوی استفاده شود، عضو باید بتواند نیروی برشی مربوط به افزایش ظرفیت خمشی مقطع را تحمل نماید.

کرنش لایه زیرین بتن موجود:

در صورتیکه پیش از نصب مصالح FRP، تمامی بارهای روی عضو شامل وزن آن یا نیروی پیش تنیدگی از روی عضو برداشته شود، باید کرنش اولیه موجود در سطح کششی بتن در نظر گرفته شود. این کرنش به عنوان کرنش اولیه بوده و باید از کرنش موجود در FRP جدا گردد. کرنش اولیه در لایه زیرین بتن میتواند با استفاده از تحلیل الاستیک عضو با در نظر گرفتن تمامی بارهای وارده در حین نصب FRP تعیین شود.

ضرایب جزئی ایمنی:

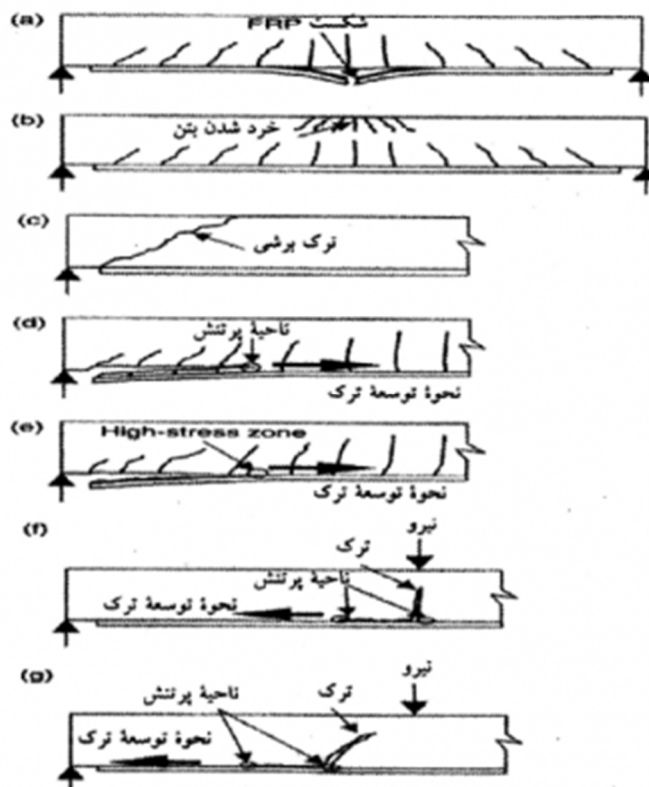
ضرایب جزئی ایمنی مصالح فولاد و بتن بر اساس ضوابط مندرج در آیین نامه بتن ایران "ابا" در نظر گرفته شود. ضریب جزئی ایمنی مصالح FRP، صرف نظر از نوع بارگذاری، به نوع آن و شرایط محیطی بستگی دارد. این مقدار از ضرب عدد ۰/۸۵ در مقادیر مندرج در جدول ۲-۵-۱ (بخش بهسازی ستون ها) که ضرایب کاهش محیطی نامیده میشود بدست می آید.

بررسی معایب مقاوم سازی خمشی تیرها با مصالح FRP:

در تمامی ارزیابی های انجام گرفته در رابطه با تقویت خمشی تیر با استفاده از ورقه ها و صفحات FRP، تیر تقویت شده، باربری نهایی بیشتری در مقایسه با حالت تقویت نشده نشان می دهد. با این وجود افزایش مشابه در بار تسلیم تیر نیز گزارش

نشده است. بطور کلی مود های گسیختگی عضو بتن مسلح تقویت شده در خمش با تقویت کننده های FRP چسبیده خارج از عضو، می تواند به روش های زیر تقسیم گردد:

1. شکست به علت گسیختگی FRP در اثر کشش ناشی از خمش (اگر دو انتهای صفحه FRP چسبانده شده بخوبی مهار شده باشد، ممکن است تیر وقتی تحت حداکثر خمش قابل تحمل خود قرار می گیرد دچار گسیختگی مصالح FRP شود و یا اینکه بتن قسمت فشاری مقطع تیر، خرد گردد).
2. شکست ترد به علت خرد شدن بتن فشاری تیر در اثر فشار ناشی از خمش در وجه فوقانی تیر (اگر دو انتهای صفحه FRP چسبانده شده بخوبی مهار شده باشد، ممکن است تیر وقتی تحت حداکثر خمش قابل تحمل خود قرار میگیرد دچار گسیختگی مصالح FRP شود - حالت ۱ و یا اینکه بتن قسمت فشاری مقطع تیر، خرد گردد - حالت ۲)
3. شکست برشی (تیر مقاوم سازی شده ممکن است بصورت ترد و ناگهانی در اثر برش دچار شکست شود. مقاوم سازی برشی تیرهای بتنی نیز باید به موازات مقاوم سازی خمشی انجام پذیرد تا شکست برشی مانع از ارائه حداکثر مقاومت خمشی تیر نگردد و تیر به حالت خمشی به نقطه شکست برسد).
4. جدا شدن پوشش بتن از تیر.
5. از بین رفتن مقاومت برشی چسب و جدا شدن FRP از چسب (این حالت متداول ترین حالت شکست زودرس است و اغلب بدلیل تمرکز تنش ها در انتهای صفحه مقاوم کننده رخ می دهد).
6. گسستن چسبندگی بصورت موضعی ناشی از بروز ترک های خمشی در میانه دهانه تیر و انتشار این روند.
7. از بین رفتن موضعی چسبندگی در سطح تماس FRP و بتن در اثر بروز ترک های مایل برشی در طول دهانه و انتشار این روند گسستگی.



در تمامی حالات نامبرده بجز حالات ۶ و ۷ که رشد و انتشار ترک خوردگی بتن و جدا شدن صفحه چسبانده شده از روی بتن بصورت تدریجی رخ می دهد، حالات شکست ترد و ناگهانی است. اینکه شکست مقاوم سازی در یک تیر طبق کدامیک از این

حالات رخ می دهد، به عوامل متعددی از جمله مشخصات فولاد خمشی و برشی داخل مقطع، ابعاد هندسی، خصوصیات مصالح مصرف شده و لایه چسب بکار رفته بستگی دارد.

کرنش در مصالح FRP:

مصالح FRP تا نقطه شکست رفتار الاستیک خطی دارند، لذا کرنش FRP مقدار تنش ایجاد شده در آن را نشان می دهد. حداکثر کرنشی که میتواند در مصالح FRP ایجاد گردد، از میزان کرنش FRP در نقطه ای که بتن فشاری دچار شکست می شود یا نقطه ای که FRP گسیخته می گردد، بدست می آید.

$$\varepsilon_{frp} = \varepsilon_{cu} \left(\frac{h-c}{c} \right) - \varepsilon_{bi}$$

تنش در مصالح FRP:

تنش موثر در مصالح FRP، حداکثر تنشی است که می تواند در FRP قبل از شکست خمشی ایجاد گردد. این تنش می تواند از سطح کرنش FRP با فرض رفتار الاستیک کامل محاسبه گردد.

$$f_{frp} = E_{frp} \cdot \varepsilon_{frp}$$

مقاوم سازی برشی:

در این روش به منظور افزایش مقاومت برشی مقاطع بتن آرمه، صفحات FRP به وجوه جانبی تیر چسبانده میشود بطوریکه راستای الیاف عمود بر محور طولی تیر یا مایل باشد. جهت داشتن رکاب خارجی U شکل، مصالح FRP بصورت ممتد روی دو وجه جانبی و زیر تیر نصب میشود که این امر باعث تقویت خمشی FRP نیز می گردد. از آنجاییکه طول موجود برای نصب رکابی های FRP به ارتفاع تیر محدود می شود، بتن موجود می بایست از کیفیت مناسبی برخوردار بوده و لذا سطح آن ترمیم گردد. به منظور پرهیز از گسیختگی رکابی های FRP در اثر تمرکز تنش در گوشه های مقطع تیر، این گوشه ها می بایست به شعاع ۳۵ میلیمتر گرد شوند.

افزایش مقاومت موضعی تیرهای دارای سوراخ:

یکی دیگر از کاربردهای FRP افزایش مقاومت موضعی تیرهای دارای سوراخ (معمولا تاسیساتی) می باشد. در این روش می توان اطراف سوراخ ها را بطور موضعی با FRP تقویت کرد.

راهکارهای اجرایی برای رفع معایب FRP

۱. اعمال سیستم مهاربندی در انتهای لایه FRP.
۲. اعمال سیستم پیش تنیدگی در لایه FRP (مزیت ها: افزایش سختی، کاهش عرض و توزیع ترک، بهبود مقاومت برشی و خمشی عضو، اجتناب از مودهای شکست ناشی از پوسته شدن در ناحیه ترک ها و انتهای لایه FRP، افزایش ظرفیت مقطع، افزایش بار تسلیم مقطع).

راهکارهای مقاوم سازی ستون

روش های مقاوم سازی ستون مسلح شامل روکش بتنی ، روکش فولادی ، روکش FRP می باشد. در این بخش به بررسی راهکار FRP می پردازیم.



استفاده از الیاف مسلح پلاستیکی FRP

مقاوم سازی اعضای بتنی با مصالح کامپوزیتی FRP، روشی نسبتاً جدید به شمار می رود. مصالح FRP خواص فیزیکی مناسبی داشته که می توانند به مقاومت کششی بالا و ضخامت و وزن کم آنها اشاره نمود. در ستون های بتنی استفاده از FRP ضمن افزایش ظرفیت برشی ستون ، مد گسیختگی آن را از حالت برشی به خمشی تغییر داده و شکل پذیری را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد.

جهت محصور کردن عضو بتنی ، لازم است راستای الیاف تا حد امکان عمود بر محور طولی عضو باشد. در این وضعیت، الیاف حلقوی مشابه تنگ های بسته یا خاموت های مارپیچی فولادی عمل می کند. از معایب این روش، هزینه بالای آن، رفتار تردشکن و مقاومت کم آن در برابر آتش سوزی است.

ضوابط طراحی ستون های بتنی مقاوم سازی شده با الیاف مسطح پلاستیکی FRP:

- مقاوم سازی ستون های گرد کوتاه تحت فشار خالص
- ستون های مستطیلی کوتاه تحت فشار خالص
- تقویت برشی برای اعضای فشاری
- محدودیت های مقاوم سازی برای ظرفیت بار محوری



در همین راستا شرکت آبادگران اقدام به طراحی و تولید چسب FRP با مشخصات منحصر به فرد و کد تجاری ABABOND FRP-301 نموده است. این ماده چسبی دو جزئی بدون حلال بر پایه رزین اپوکسی و هاردنر پلی آمین اصلاح شده می باشد که برای اتصال انواع الیاف مقاوم سازی به زیرآیند بتنی طراحی شده است. این چسب دارای مقاومت مکانیکی و شیمیایی عالی و چسبندگی بسیار زیاد می باشد و با توجه به طراحی منحصر به فرد آن، بر روی سطوح خشک و

مرطوب قابل اجرا است. همچنین به واسطه خواص رئولوژی ویژه آن، سطح الیاف به طور کامل اشباع شده و الیاف بدون لغزش بر روی سطح متصل می‌شوند.

عوامل موثر بر دوام بتن و راهکار افزایش آن

در شرایط کنونی با توجه به افزایش زیاد هزینه‌های ساخت بتن و اولویت مباحث اقتصادی و همچنین سرعت اجرا، کیفیت بتن چندان مورد توجه قرار نمی‌گیرد و این در صورتی است که کیفیت بتن در ساخت و سازها از اهمیت زیادی برخوردار است و عدم رعایت مباحث کیفی و عوامل موثر بر دوام بتن باعث بروز خسارات سنگینی خواهد شد. در همین راستا با استناد به [آیین نامه بتن ایران \(آبا\)](#) می‌توان مواردی که در کیفیت بتن تاثیر گذار می‌باشند را بررسی نمود.



دوام بتن :

دوام بتن ساخته شده به مقاومت آن در برابر عوامل جوی، حملات شیمیایی، سایش، فرسایش و فرآیندهای تخریبی دیگر گفته می‌شود و در واقع بتن پایا در شرایط محیطی مورد نظر شکل، کیفیت و قابلیت بهره برداری خود را حفظ می‌کند.

عوامل کاهنده دوام بتن

از عوامل کاهنده پایایی بتن می‌توان به یخبندان‌های متناوب، عوامل شیمیایی خورنده، سایش و فرسایش، سنگدانه‌های واکنش زا و خوردگی آرماتورها اشاره کرد که هر کدام بر مبنای شرایط خاصی که در بتن ایجاد می‌کنند باعث کاهش دوام بتن می‌گردند.

راه‌های افزایش دوام بتن

استفاده از مواد حباب ساز: با استفاده از [مواد افزودنی حباب ساز](#) می‌توان از بتن در شرایط ذوب و یخ متناوب به مقدار زیادی محافظت نمود.

مقدار درصد هوا* در شرایط محیطی		حداکثر اندازه اسمی سنگدانه (میلیمتر)
متوسط ++	شدید*	
۶	۷,۵	۹,۵
۵,۵	۷	۱۲,۵
۵	۶	۱۹
۴,۵	۶	۲۵
۴,۵	۵,۵	۳۸

مطابق با جدول بالا مقدار درصد هوا در بتن محاسبه می‌گردد. در صورت دستیابی به مقاومت فشاری مشخصه بتن بالاتر از ۳۵ مگاپاسکال اعداد جدول را تا ۱ درصد کاهش داد.

* رواداری مقدار هوا در محل مصرف $\pm 1/5$ درصد است.

+ مقصود از شرایط محیطی شدید آن است که بتن، قبل از یخ زدن در تماس تقریباً مداوم با رطوبت قرارگیرد یا تحت اثر مواد شیمیایی یخ زدا باشد مانند: رویه‌های بتنی، عرشه‌های پل، پیاده‌روها و مخازن آب.

** مقصود از شرایط محیطی متوسط آن است که بتن، قبل از یخ زدن در هوای سرد فقط گاهی در تماس با رطوبت قرارگیرد، یا تحت اثر مواد یخ زدا نباشد مانند بعضی تیرها و دیوارهای خارجی و نیز دالهایی که در تماس مستقیم با خاک نباشند.



نسبت آب به سیمان: یکی از عوامل بسیار مهم در دوام بتن نسبت آب به سیمان در بتن می‌باشد که مطابق با شرایط جدول ۲ مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

حداکثر نسبت آب به سیمان	حداقل مقاومت مشخصه (مگاپاسکال)	شرایط محیطی
۰,۵ ۰,۴۵	۲۵	بتن آب بند: الف- در معرض آب شیرین ب- در معرض آب شور یا آل دریا
۰,۴۵	۳۰	بتن در معرض یخ زدن و آب شدن در شرایط مرطوب، تر و خشک شدن مکرر یا مواد شیمیایی یخ زدا
۰,۴	۳۵	برای محافظت در برابر خوردگی در سازه‌های بتن آرمه ای که در معرض کلریدهای ناشی از مواد شیمیایی یخ زدا، نمک، آب شور، آب لبشور، آب دریا یا ترشح مواد مزبور قرار دارند.



موارد احتیاطی در محیط سولفاتی : در شرایط سولفاتی می‌بایست تدابیری در نظر گرفته شود و جانب احتیاط رعایت گردد این ضوابط در جدول شماره ۳ درج شده که در چنین شرایطی باید با موارد مندرج در این جدول مطابقت داشته باشد. بتن‌هایی در چنین شرایط باید مقاومت مناسب و حداقل نفوذپذیری را دارا باشند بنا براین برای ساخت چنین بتن‌هایی بهتر است از سیمان‌های پرتلند آمیخته با پوزولان‌ها استفاده شود و نسبت آب به سیمان با افزودنی‌های کاهش دانه شود. استفاده از میکروسلیس‌هایی که هنوز واکنش نداده و به صورت آمورف هستند و سیمان‌های نوع ۵ یکی دیگر از راه‌های افزایش پایداری در این موارد می‌باشد.

تدابیری احتیاطی توصیه شده*	رده بندی سولفات‌ها در شرایط گوناگون محیطی		
	SO ₃ در خاک		شرایط محیطی (۱) زیرزمینی (ppm)
	مقدار کل (%)	در عصاره ۲ به ۱** (g/l)	
شمع‌های بتنی درجا			
الف- اگر شمع‌ها به تمامی بالاتر از سفره آب قرار گیرند از سیمان نوع ۱ استفاده می‌شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵۵ تجاوز کند).	-	کمتر از ۰,۲	کمتر از ۳۰۰
ب- اگر شمع‌ها در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرند از سیمان نوع ۱ شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵۵ تجاوز کند).			
الف- اگر شمع‌ها به تمامی بالاتر از سفره آب قرار گیرند از سیمان نوع ۱ استفاده می‌شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵ تجاوز کند).		۰,۲ تا ۰,۵	۱۲۰۰ تا ۳۰۰
ب- اگر شمع‌ها در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرند از سیمان نوع ۱ شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۲۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵ تجاوز کند) یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵ تجاوز کند)			
الف- اگر شمع‌ها به تمامی بالاتر از سفره آب قرار گیرند از سیمان نوع ۱ استفاده می‌شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵ تجاوز کند) یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵ تجاوز کند)	۳,۱ تا ۱,۹	۰,۵ تا ۱	۲۵۰۰ تا ۱۲۰۰
ب- اگر شمع‌ها در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرند از سیمان نوع ۵ استفاده شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵ تجاوز کند) فقط در مورد شمع‌های باربر انتهایی قابل اعمال است.			
الف- اگر شمع‌ها به تمامی بالاتر از سفره آب قرار گیرند و خاک همواره از تراوش آب در امان باشد، از سیمان نوع ۱ استفاده می‌شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۴۵ تجاوز کند) یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود (۵,۶ تا ۳,۱	۲ تا ۱	۵۰۰۰ تا ۲۵۰۰

عیار سیمان نباید کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۴۵ تجاوز کند)				
ب- سولفات به مقدار ۳۰۰۰ قسمت در میلیون در آبهای زیرزمینی بسیار مهاجم تلقی می‌شود تدابیر احتیاطی ویژه ای لازم است برای مثال استفاده از سیمان آمیخته مناسب، یا محافظت جدار شمع‌های باربر انتهایی یا پوشش غشاساز نوع سیمان مصرفی بستگی به کاتیون‌ها دارد.				
الف- اگر شمع‌ها به تمامی بالاتر از سفره آب قرار گیرند و خاک همواره از تراوش آب در امان باشد، از سیمان نوع ۱ استفاده می‌شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۴۵ تجاوز کند) یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۴۵ تجاوز کند)	بیشتر از ۵,۶	بیشتر از ۲	بیشتر از ۵۰۰۰	فوق العاده شدید
ب- سولفات به مقدار ۳۰۰۰ قسمت در میلیون در آبهای زیرزمینی بسیار مهاجم تلقی می‌شود تدابیر احتیاطی ویژه ای لازم است برای مثال استفاده از سیمان آمیخته مناسب، یا محافظت جدار شمع‌های باربر انتهایی یا پوشش غشاساز نوع سیمان مصرفی بستگی به کاتیون‌ها دارد.				

تدابیری احتیاطی توصیه شده*	رده بندی سولفات‌ها در شرایط گوناگون محیطی		
	SO ₃ در خاک		شرایط محیطی (۱)
شالوده‌های بتنی حجیم (شامل سرشمع‌ها)	مقدار در عصاره ۲ کل (%)	مقدار در آبهای زیرزمینی (ppm)	شرایط محیطی (۱)
الف- اگر کل شالوده به تمامی بالاتر از سفره آب باشد تدابیر احتیاطی ویژه ای لازم نیست.			
ب- اگر شالوده در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرد از سیمان نوع ۱ شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵۵ تجاوز کند).	-	کمتر از ۰,۲	کمتر از ۳۰۰
الف- اگر کل شالوده بالاتر از سفره آب قرار گیرد از سیمان نوع ۱ استفاده می‌شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵ تجاوز کند).			
ب- اگر شالوده در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرد از سیمان نوع ۱ شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵ تجاوز کند) یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵ تجاوز کند)	-	۰,۲ تا ۰,۵	۳۰۰ تا ۱۲۰۰

الف- اگر کل شالوده بالاتر از سفره آب قرار گیرد از سیمان نوع ۱ استفاده می‌شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵ تجاوز کند) یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵ تجاوز کند)	۱ تا ۰,۵	۱,۹ تا ۳,۱	۱۲۰۰ تا ۲۵۰۰	شدید ***
ب- اگر شالوده در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرد از سیمان نوع ۵ استفاده شود(عیار سیمان نباید کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۵ تجاوز کند)				
الف- اگر کل شالوده بالاتر از سفره آب قرار گیرند و خاک همواره از تراوش آب در امان باشد، از سیمان نوع ۱ استفاده می‌شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۴۵ تجاوز کند) یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۴۵ تجاوز کند)	۱ تا ۲	۳,۱ تا ۵,۶	۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰	بسیار شدید
ب- اگر شالوده در تماس با سفره آب متغیر قرار گیرد تعیین کاتیون‌ها ضروری است تا به این وسیله تصمیم لازم از نظر استفاده از سیمان نوع ۵ یا سیمان آمیخته مناسب با روکش اتخاذ شود.				
الف- اگر کل شالوده بالاتر از سفره آب قرار گیرد از سیمان نوع ۱ استفاده شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۴ تجاوز کند) یا از سیمان نوع ۵ استفاده شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۴ تجاوز کند)	بیشتر از ۲	بیشتر از ۵,۶	بیشتر از ۵۰۰۰	فوق العاده شدید
ب- اگر شالوده در تماس با سفره آب قرار گیرد از سیمان آمیخته مناسب استفاده شود(عیار سیمان نباید کمتر از ۳۹۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰,۴ تجاوز کند) و نیز با استفاده از آسفالت یا قیرگونی یا روکشهای پلاستیکی محافظت‌های لازم به عمل آید				

*عیارهای سیمان توصیه شده در این جدول در مواردی مناسبند که کارایی بتن کم باشد (اسلامپ بین ۱۰ تا ۲۵ میلیمتر)
** منظور از عصاره ۲ به ۱، نسبت وزنی خاک به آب ۲ است.

*** سیمانهای پرتلند روباره ای یا سیمانهای پرتلند پوزولانی با کتر از ۲۵ درصد پوزولان را می‌توان جایگزین سیمان نوع ۵ دانست مشروط بر آن که مقدار SO_3 از ۱۲۰۰ قسمت در میلیون در آب (یا ۰/۵ درصد در خاک) تجاوز نکند. سیمانهای پرتلند پوزولانی با بیش از ۲۵ درصد پوزولان را تنها در صورتی می‌توان جایگزین سیمان نوع ۵ در نظر گرفت که مقدار SO_3 از ۲۵۰۰ قسمت در میلیون در آب (یا ۱ درصد در خاک) تجاوز نکند.

لازم به ذکر است برای قطعات بتنی پیش ساخته و بتن‌های نازک نیز جداولی در آیین نامه قرار داده شده که با توجه به اهمیت بیشتر شالوده‌های بتنی و شمع‌های بتنی این موارد قرار داده شده است.

شرایط محیطی خورنده بتن: در شرایطی که احتمال دارد بتن مسلح در معرض آب دریا، آب‌های شور یا نمک‌های یخ زدا قرار گیرد علاوه ضوابط احتیاطی ذکر شده باید موضوع حداقل پوشش مطابق با ضوابط ۸-۲-۹-۱ آیین نامه بتن ایران نیز رعایت گردد.

سولفات در بتن: میزان کل سولفات قابل حل در آب بتن نباید از ۴ درصد وزن سیمان مصرفی آن بیشتر باشد و مقدار کل سولفات نباید از ۵ درصد وزن سیمان تجاوز کند.

کلرید در بتن: برای جلوگیری از خوردگی میلگردها توجه به کلرید قابل حل در آب در بتن سخت شده بسیار حائز اهمیت می‌باشد که مقدار مجاز آن برای انواع مختلف بتن در جدول درج شده است.

نوع قطعه بتنی	حداکثر کلرید قابل حل در آب در بتن، درصد نسبت به وزن سیمان
بتن پیش تنیده	۰,۰۶
بتن آرمه ای که در زمان بهره برداری در معرض رطوبت و کلریدها قرار گیرد.	۰,۱۵
بتن آرمه ای که در زمان بهره برداری در حالت خشک باشد یا از رطوبت محافظت شود.	۱
سایر سازه‌های بتن آرمه	۰,۳۰

عمل آوری بتن: از جمله مواردی که در کیفیت نهایی بتن تاثیر بسزایی دارد عمل آوری بتن می‌باشد که با استفاده از روش‌های سنجش مقاومت روی آزمون‌های عمل آوری شده در شرایط کارگاهی صورت می‌پذیرد. در صورتی که عمل آوری درست صورت گرفته باشد نمونه کارگاهی حداقل ۸۵ درصد مقاومت نمونه‌های آزمایشگاهی را کسب خواهد کرد.



منابع :

آیین نامه بتن ایران (آبا) نشریه ۱۲۰ سازمان برنامه و بودجه

ACI 318-14

اصول نگهداری و ترمیم سازه های بتنی

به جهت کنترل واکنش های مخرب در بتن می بایست مقدار رطوبت بتن را در یک محدوده مشخص نمود که در این حالت بتن اجازه خشک شدن داشته و از افزایش رطوبت آن جلوگیری شود.

اصول نگهداری و ترمیم سازه های بتنی اغلب برای کنترل واکنش قلیایی سیلیسی، تهاجم سولفاتی یا تخریب بر اثر سیکل یخ زدن ذوب شدن به کار می رود.

برای کنترل رطوبت ۵ روش قابل استفاده هستند سه روش اول، اشباع آبگریز، اشباع سازی پوشش پیش تر برای اصل ۱ تشریح شده اند و دو روش دیگر ساخت صفحات خارجی و راهکارهای الکتروشیمیایی می باشند.

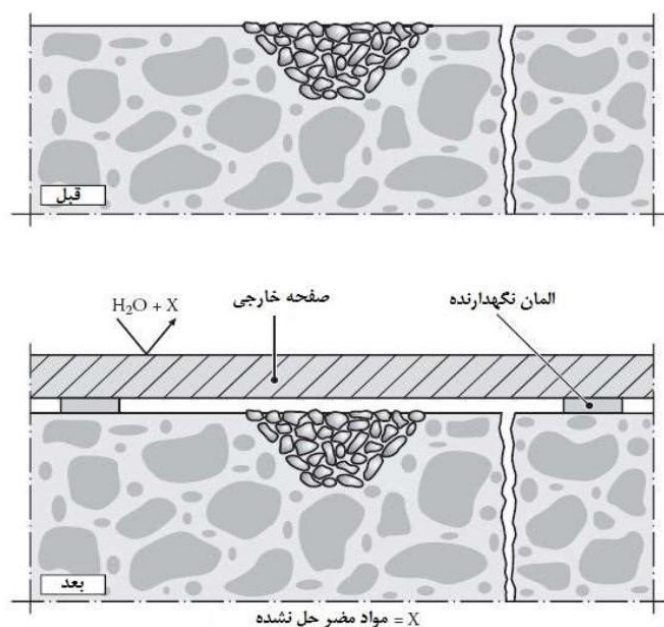
در رابطه با خوردگی بتن، باید توجه شود که اثر خشک شدن بتن نیازمند اندکی زمان است. به ویژه زمانی که بتن بسیار خیس است، ممکن است ماه ها و یا حتی سال ها طول بکشد تا سرعت خوردگی برای جلوگیری از آسیب ها به حد کافی کاهش یابد. این حقیقت که خوردگی برای زمان ویژه ادامه پیدا خواهد کرد را باید در طراحی اقدامات ترمیم بتن مدنظر قرارداد. اگر

خوردگی تا زمانی ادامه داشته که حالت ها حدی مانند ترک خوردگی بحرانی در شرف وقوع باشد، ممکن است برای استفاده از روش کنترل رطوبت، بسیار دیر شده باشد و روش‌های جایگزین که بی درنگ خوردگی را متوقف می‌کند باید به کار گرفته شود.

اشباع آب‌گریز در استاندارد EN1504

در استاندارد EN1504، ضریب نرخ خشک شدن که سرعت تبخیر آب از بتن از طریق لایه آب‌گریز را توصیف می‌کند در این روش دارای اهمیت می‌باشد هنگامی که هدف خشک شدن سریع می‌باشد، ضریب نرخ خشک شدن باید نزدیک به ۱ باشد. این بدین معناست که با وجود لایه آب‌گریز، مانعی برای تبخیر وجود ندارد و در کنار این ضوابط باید توجه شود که آیا ممکن است آب از وجه‌های دیگر به المان بتن نفوذ کند؟ به عنوان نمونه، مکش مویی از خاک یا از منابع دیگر اگر این اتفاق رخ دهد و نتوان از آن جلوگیری کرد باید روش‌هایی غیر از اشباع آب‌گریز انتخاب شود.

برای کنترل فرآیند خوردگی بتن توسط رطوبت، لازم است که راهکار آب‌گریزی در تمام طول عمر سرویس دهی باقیمانده سازه اثر بخش باشد. بنابراین به بازرسی و نگهداری نیاز است برای تعیین اثر بخشی اشباع آب‌گریز، معمولاً جذب آب بتن پس از اجرا در محل کارگاه یا بر روی مغزه‌های حفاری شده اندازه‌گیری می‌شود.



اشباع سازی

کنترل دقیق رطوبت در بتن می‌تواند از طریق سیستم اشباع سازی بتن صورت پذیرد و همچنین پر کردن ترک‌ها در صورتی که ترک‌ها عمیق نباشد از طریق جایگزینی ملات در ترک‌ها صورت پذیرد.

پوشش

سامانه‌های پوششی همچنین می‌توانند برای کنترل رطوبت استفاده شوند. در صورت نیاز به عنوان آماده‌سازی سطح بتن، عملیات تعویض بتن و پر کردن ترک می‌تواند اجرا شود برتری روش پوشش در مقایسه با روش‌های یاد شده این است که این پوشش‌ها قابلیت پل زدن بر روی ترک‌ها را دارند.

پوشش پیشنهادی ما برای آب‌بند نمودن سطح بتن محصولات **آب‌بند پلیمری ABAFLEX-FCW** و **آب‌بند پلیمری ABAFLEX-ECO** و همچنین محصولات پایه اپوکسی نظیر **رنگ اپوکسی ABADUR-280** می‌باشد.

ساخت صفحات خارجی

صفحات خارجی می توانند برای کاهش مقدار آب بتن بر روی سطوح بتنی درست شوند. چنین سامانه هایی می توانند برای بهبود عملکرد عایق های حرارتی و ظاهر ساختمان مورد استفاده قرار گیرند.

برای اجرا بر روی سطح عمودی مثل نماهای خارجی تامین الزامات آب بندی بسیار آسان تر از سطوح افقی مانند کفپوش ها می باشند. در نماها آب باران به سمت پایین سرازیر می شود و به ندرت زمانی که سطح در تماس با آب قرار می گیرند محدود می شوند. در موارد خاص باید یک سامانه صفحه ای خارجی مانند سقف های محافظ در نظر گرفته شود. برای استفاده از صفحات خارجی می توانید از محصولات FRP شرکت آبادگران استفاده نمایید.

راهکار های الکتروشیمیایی

در سال های اخیر از روش های الکتروشیمیایی مانند پالس الکترواسمزی برای خشک کردن بتن استفاده شده است. هرچند تردید زیادی وجود دارد که آیا این روش ها قادر به خشک کردن کامل بتن هستند یا خیر؟ تا زمانی که هیچ گزارش علمی در دسترس نباشد نمی توان از این روش با دقت استفاده نمود.

بازسازی بتن

۱- ملات دستی

ترمیم بتن به روش ملات دستی می تواند برای ترمیم ناحیه های نسبتاً کوچک مورد استفاده یا پاشش ملات مطابق با روش استاندارد EN1504 قرار گیرد. برای ناحیه های بزرگ قالب بندی مطابق با روش پاشش بتن صورت می پذیرد. همان طور که اشاره شد هدف این روش تنها جایگزین کردن بتن با کیفیت پایین با بتن یا ملات جدید، بدون مقاوم سازی سازه است.

به جهت به سازی و بالا بردن کیفیت ملات دستی می توانید از چسب بتن **E.M.BOND** استفاده نمایید.



معمولاً برای ستون های کرمو یا شن نما که ناحیه های معیوب دارد با ملات جایگزین می شوند روشن است که هیچ الزاماتی در خصوص شکل ظاهری ترمیم های موضعی وجود نداشته است. اغلب سطح بتن پس از تعمیر موضعی به عنوان اقدام پیشگیرانه برای کاهش میزان کربناته شدن بتن، به طور کامل پوشش داده می شود. در صورتی که کیفیت و ضخامت پوشش بتن پس از اعمال ملات ترمیم موضعی کافی باشد از نظر فنی نیازی به اجرای پوشش نمی باشد. باید به این نکته اشاره نمود که معمولاً تنظیم دقیق ملات ترمیمی با ظاهر بتن کنونی امکان پذیر نیست و تفاوت های بعدی را نمی توان از بین برد، حتی زمانی که از مواد یکسان استفاده بشود.

۲- اجرای دوباره با بتن یا ملات

اجرای مجدد ناحیه های دارای عیب با بتن یا ملات، به عنوان جایگزینی برای اعمال بتن با دست یا از طریق پاشش استفاده می شود. به طور کلی برای جایگزین نمودن سازه طبق تمامی قواعد همانند با بتن ریزی جدید در نظر گرفته می شود. در هر مورد، باید سازگاری با بتن کنونی و همچنین انتقال نیرو از طریق ناحیه انتقال بین بتن قدیم و جدید باید در نظر گرفته شود. به منظور بهبود ترمیم سازه های بتنی می توانید از محصولات ترمیم شامل:

ترمیم کننده بتن ویژه E.M.SUPER REPAIR

ترمیم کننده پر مقاومت ABARIPAIR-F



۳- پاشش بتن یا ملات

در سطوح عمودی یا سقف‌ها پاشش بتن یا ملات روش بسیار مناسبی می باشد. چون پاشش بر تراکم تأثیر می گذارد، کیفیت بتن یا ملات پاشیده شده به طور کلی بالاتر می شود.

توصیه‌های بیشتر در خصوص پاشش بتن یا ملات در استاندارد (DIN) EN 14487-1: 2006
ارایه شده است.

پیش از پاشش، باید از استحکام کششی سطح بتن زیرآیند اطمینان یافت. در بیش تر استاندارد ها کمترین مقدار 1 N/MM^2 و مقدار متوسط $1/5\text{ N/MM}^2$ الزام شده است.

به جهت استفاده از ملات های پاششی و گیرش سریع و اجرا در ضخامت های بالا می توانید از افزودنی های زودگیر نظیر زودگیر شاتکریت مایع ABAQUICK-AFL و زودگیر شاتکریت پودری ABAQUICK-AFP استفاده نمایید.



۴- جایگزینی المان ها

این روش ممکن است شامل موادی غیر از بتن مسلح باشد. البته باید پیامد های سازه ای در زمان جایگزینی و پس از آن در نظر گرفته شود. همچنین این موضوع در اصل ۴ استاندارد EN1504 به صورت کامل توضیح داده شده است.

تعمیر و نگهداری از بتن

لیست زیر اطلاعاتی کامل در خصوص دوام سازه های بتنی را ارایه می دهد:

- ۱- یک برآورد تخمینی از طول عمر باقی مانده سازه بتنی.
- ۲- شناسایی بخشی که انتظار می رود طول عمر طراحی آن از طول عمر سرویس آن در سازه بتنی کمتر باشد.
- ۳- تعیین نمودن تاریخی که هر کدام از بخش های بیان شده باید بازرسی و آزمایش شوند.
- ۴- استفاده از سیستمی برای بازرسی که نتایج چگونه ثبت شوند و همچنین چگونگی تصمیم گیری در مورد تعیین تاریخ بازرسی.

۵- یک شرح برای ترمیم پایدار (اگر موردی نیاز باشد) به عنوان نمونه محافظت کاتدی.

استراتژی تعمیر و نگهداری واکنشی تنها زمانی که وضعیت واقعی سازه به حالت حدی خود می رسد و نه پیش از رسیدن آن، تعمیرات را اعمال می نماید و پس از رسیدن به وضعیت ساختاری موردنظر در زمان مدنظر، فرایند دوباره شروع می شود. حالت حدی معمولاً براساس رخداد علامت های قابل دیدن **خوردگی بتن**، همچون ترک ها یا پوسته پوسته شدن و یا به علت **خوردگی میلگرد** همچون علامت های زنگ زدگی بر روی سطح بتن، تعیین می شوند.

برنامه تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، تعمیرات سازه را بدون علامت های قابل دیدن تخریب اعمال می نمایند همچون تجدید سامانه حفاظت سطحی پس از ۲ الی ۳ سال با وجود این که سامانه حفاظتی سطح ممکن است که احتیاجات سازه را برآورده کند.

فایده این راهبرد این است که سازه ممکن است از آسیب زیاد به دور مانده و طول عمر کل سازه تا مقدار بسیار زیادی افزایش یابد همچنین با به کارگیری برنامه تعمیر و نگهداری پیشرفته، هزینه های پیش بینی نشده ناشی از عدم امکان کاربری را کاهش داد، هزینه هایی مانند کف پارکینگ.

همچنین ترکیب هر دو راهبرد می تواند ممکن باشد، به عنوان نمونه اگر طول عمر سازه پس از اولین تعمیر کاهش یابد و بنابراین تلاش پس از اولین تعمیر و نگهداری برای بازگشت کارکرد می بایست کاهش یابد. براساس شرایط زمانی سازه، مقدار کار نگهداری نباید محدود شود.

یکی از عناصر کلیدی در یک مفهوم تعمیر و نگهداری، پایش پیوسته شرایط سازه می باشد.

اجرای سامانه های پایش بر پایه حسگر

یک اندازه گیری منظم از وضعیت یک سازه می تواند توسط روش های بیان شده انجام گیرد. در ناحیه هایی که به ویژه دسترسی به آنها بسیار سخت می باشد، امکان کاربری حسگرهایی که می توانند به طور پیوسته مواد یا ویژگی های سازه را تعیین کنند و اطلاعات دقیق از شرایط سازه بدهند همچنین نصب حسگرها ثبت پیوسته ی پارامترهای مربوطه را بدون تأثیر عوامل انسانی میسر می سازد.

پایش رفتار سازه ای

رفتار سازه ای معمولاً براساس تغییرات طول، ازدیاد طولی در المان های سازه ای یا تغییرات در رفتار باربری استاتیکی و دینامیکی اندازه گیری می شوند. تغییرات طول یک تیر یا هر نوع المان سازه ای دیگر را می توان با استفاده از اندازه گیرهای کرنش اندازه گیری کرد.

حس گرهای کرنش همچنین می توانند بر روی سطح سازه و یا به صورت جایگذاری در سازه به کار برده شوند و هر دو حسگر بر اساس تغییرات در مقاومت الکتریکی خود حس گر کرنش را محاسبه می کنند.

پایش شاخص های مرتبط بتنی

در کنار ظرفیت باربری، شاخص های بتنی زیر، دوام سازه را تحت تاثیر قرار می دهند:

-مقدار آب

-مقدار pH

-مقدار کلرید

مقدار آب بتن را می توان با استفاده از الکتروود های چند حلقه ای به روشی که پیش تر شرح داده شد اندازه گیری کرد که مبنای اندازه گیری آن مقاومت بتن و بر اساس منحنی های اسنجی محاسبه می شود.

پایش رفتار خوردگی میلگرد ها

حس گرهای جدید این امکان را به ما می دهند که میزان خوردگی را در میلگرد های فولادی پایش کنیم. مشخصه های مهم در این راستا که می بایست پس از ترمیم سازه بتنی آسیب دیده از خوردگی میلگرد مورد پایش قرار گیرد، پتانسیل میلگرد و سرعت خوردگی می باشد. به منظور پایش اینکه میلگرد ها پس از انجام ترمیم باقی می مانند یا خیر. کاتدی از جنس فلزی بی اثر تر از میلگرد به آن متصل شده و در سازه جاسازی می شود سپس جریان بین کاتد و آند اندازه گیری می شود. اگر میزان جریان بالا باقی بماند می توان برداشت کرد که میلگرد انفعالی باید به کار گرفته شود. خود حسگر ها معمولا به منظور کاهش خطر ناشی از کاستی ها و همچنین آسیب های کاتد در طول نصب، در درون ملات جاسازی می شوند همچنین میزان اتصال الکترولیتی بین حسگر و بتن می تواند با استفاده از ملات و در شرایط آزمایشگاهی تضمین شود.

منابع:

اصول و روشهای طراحی برپایه EN1504

*اصل ۲: کنترل رطوبت

*اصل ۳: بازسازی بتن

*فصل ۸: نگهداری و ترمیم سازه های بتنی

طرح اختلاط شاتکریت و روش های اجرای آن

بتن پاششی مانند بتن معمولی، متشکل از سیمان، آب، سنگدانه، مواد معدنی، افزودنی های پودری و افزودنی های شیمیایی است که به این لیست می توان انواع گوناگون از الیاف را نیز افزود. از این جهت بررسی طرح اختلاط بتن پاششی و روش های اجرایی مطابق با آیین نامه EFNARC حائز اهمیت می باشد.

مهم ترین انتظار از مخلوط بتن شاتکریت را می توان به طور خلاصه به شرح زیر برشمرد:

- مقاومت فشاری زودرس.
- مشخصات مناسب گیرش بتن (به طور معمول گیرش سریع مدنظر است).
- کارایی دلخواه و کار پسند، از نظر مشخصات اولیه و حفظ کارایی در مدت زمان مشخص (روش تر).
- قابلیت پمپاژ مناسب (روش تر).
- قابلیت پاشش مناسب.
- کم ترین نرخ برگشت مصالح.

مطابق با راهنمای روش ملی طرح اختلاط بتن برای بتن های پاششی نکات حائز اهمیتی که باید در طرح اختلاط پاششی به آن توجه شود به شرح ذیل می باشد:

- حداکثر اندازه سنگدانه بهتر است کم تر از ۱۹ میلیمتر باشد). حداکثر ۱۲,۵ میلیمتر و کم تر از آن ترجیح داده می شود)
- اسلامپ بتن پاششی بهتر است بین ۵۰ تا ۹۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.
- عیار سیمان برای حداکثر اندازه سنگدانه ۱۲,۵ میلیمتر در محدوده ۳۵۰ تا ۵۵۰ کیلوگرم در متر مکعب در نظر گرفته می شود که با کاهش حداکثر اندازه سنگدانه این مقادیر افزایش می یابد.
- مجموعه ذرات کوچکتر از ۳,۰ میلیمتر در بتن پاششی (با حداکثر اندازه سنگدانه ۱۲,۵ میلیمتر) بهتر است در بازه ۵۲۵ تا ۶۲۵ کیلوگرم در متر مکعب قرار گیرد (این مقادیر با کاهش اندازه سنگدانه افزایش می یابد). وجود ذرات

ریزدانه و اجزای چسباننده مانند پودرهای معدنی به مقدار کافی در بتن پاششی ضروری است. استفاده از پودر سنگ و ماسه‌های ریزدانه در طرح اختلاط می‌تواند بسیار مفید باشد.

- به طور معمول از مواد **زودگیر کننده** در بتن پاششی استفاده می‌شود همچنین برخی مواد **روان‌ساز** در ساخت این بتن (به طور عمده روش خشک) کاربرد دارند.
- **نسبت آب به مواد سیمانی** بتن پاششی به ۵,۰ محدود می‌شود. مگر در مواردی که کاربرد بتن پاششی سازه ای نبوده یا دوام آن دارای اهمیت نباشد.

ملاحظات طرح اختلاط بتن شاتکریت مطابق با آیین نامه EFNARC

1-سیمان

برای دستیابی به الزامات استحکام و دوام در طرح اختلاط بتن پاششی باید به نوع و مقدار سیمان توجه شود. **آیین نامه EFRANC** مقدار سیمان مصرفی را در بتن پاششی خشک $350-450 \text{ kg/m}^3$ و برای فرآیند بتن پاششی تر مقدار $400-500 \text{ kg/m}^3$ را توصیه می‌نماید.

همچنین مدت زمان گیرش اولیه باید تا حدی باشد که ضمن تامین کارایی مناسب، بتوان مطابق با طرح اختلاط بتن پاششی را به راحتی اجرا نمود. هر چند این زمان نباید بیش از حد طولانی شود. چرا که باید الزامات تکیه گاهی مطمئن و ایمن را برآورده نماید. به طور معمول زمان گیرش اولیه برای سیمان با نرمی بیش از 350 kg/m^2 در بازه ۱,۵ تا ۳,۵ ساعت خواهد بود.

بیشینه دمای سیمان در سیلوهای انبارش آن باید به ۷۰ درجه سلسیوس محدود شود. این دما در صورت اختلاط سیمان با سایر اجزای بتن پاششی نباید از ۵۰ درجه سلسیوس تجاوز نماید.

2-افزونه‌ها (افزودنی‌های پودری)

در زمان استفاده از افزونه‌ها لازم است سازگاری آن‌ها با سایر اجزای بتن پاششی به ویژه افزودنی‌های شیمیایی از جمله شتاب دهنده‌های واکنش هیدراسیون بررسی شود. افزونه‌هایی که با سیمان و فرآورده‌های واکنش سیمان و آب وارد واکنش می‌شوند را می‌توان تا اندازه ای جایگزین سیمان مصرفی نمود.

- **خاکستر بادی**: در خصوص استفاده از خاکستر بادی ضمن مشخص بودن منبع تامین این ماده لازم است مقدار مواد بازی آزاد آن بررسی شود تا بیش از اندازه نباشد.
- **سرباره کوره بلند**: کم ترین مقدار سطح ویژه (بلین) این ماده برای استفاده در بتن پاششی باید $450 \pm 25 \text{ kg/m}^2$ باشد.
- **دوده سیلیسی (میکرو سیلیس)**: دوده سیلیسی را می‌توان در دو حالت پودر یا دوغاب در بتن پاششی استفاده نمود مقدار معمول مصرف این ماده در **طرح اختلاط بتن پاششی** بین ۳ تا ۸ درصد وزن سیمان در هر متر کعب از بتن می‌باشد.

3-سنگدانه‌ها

به منظور کاهش نرخ برگشت مصالح در زمان پاشش و نیز نفوذ بیش تر بتن به زیر آیند توصیه می‌شود نسبت سنگدانه‌های درشت تر از ۸ میلیمتر حداکثر ۱۰ درصد کل مصالح سنگی باشد. مصرف سنگدانه‌های بزرگتر از ۱۲ میلیمتر به دلیل امکان ایجاد انسداد در افشانه و افزایش نرخ برگشت مصالح به هیچ وجه توصیه نمی‌شود. در انتخاب سنگدانه‌های شکسته باید احتیاط شود زیرا وجوه شکسته می‌تواند تاثیر منفی بر پمپ پذیری بتن تازه و نیز افزایش نرخ برگشت مصالح داشته باشد.

4-افزودنی‌ها

افزودنی‌ها را باید مطابق با دستور العمل و توصیه مصرف ارائه شده توسط تولید کننده آن‌ها استفاده نمود. شرایط انبارش و نگهداری آن‌ها نیز باید به همین ترتیب و بر اساس اظهارات تولید کننده باشد. چسب‌های پایه آب یا سایر مواد افزودنی که برای افزایش کیفیت پیوند الیاف فلزی به بتن استفاده می‌شوند نیز باید با سایر اجزای بتن پاششی از جمله افزودنی‌ها سازگاری داشته باشند.

اثرات مواد افزودنی بر سلامت اپراتورها، محیط زیست و ایمنی اجرا باید به درستی بررسی شود. مقدار پیشنهادی و محدوده دقیق مصرف افزودنی باید از تولد کننده آن‌ها به همراه سوابق مصرف اخذ شود.

دو نوع افزودنی رایج در بتن‌های پاششی شتاب دهنده‌های بازی و بدون باز هستند. بر اساس الزامات EFNARC،

محدوده قابل قبول	ویژگی
$1 \leq$ درصد جرمی	مقدار Na_2O
$8 \leq \text{PH} \leq 2.5$	PH

افزودنی‌های شتاب دهنده بدون باز باید دارای شرایط زیر باشند:

محدوده مصرف رایج	حالت شتاب دهند
4-8%	شتاب دهنده بدون باز-پودری
4-10%	شتاب دهنده بدون باز-مایع

مقدار مصرف معمول شتاب دهنده‌های بدون باز بر حسب درصد وزن سیمانی:

محدوده مصرف رایج	حالت شتاب دهند
4-8%	شتاب دهنده بدون باز-پودری
4-12%	شتاب دهنده بدون باز-مایع

مقدار مصرف رایج شتاب دهنده‌های بازی بر حسب درصد وزنی سیمانی:

بر اساس الزامات EFNARC مقدار افت مقاومت فشاری مخلوط بتن پاششی با گیرش تسریع شده با استفاده از افزودنی‌های شتاب دهنده مایع یا پودری در سن ۷ و ۲۸ روزه نباید از ۲۵ درصد تجاوز نماید.

در میان تمامی موارد افزودنی بتن پاششی توسعه یافته در شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران، **زودگیر شاتکریت پودری ABAQUICK-AFP** و **زودگیر شاتکریت مایع ABAQUICK-AFL** دسته ای از مواد افزودنی هستند که پس از اضافه شدن به بتن پاششی منجر به بهبود مقاومت فشاری، چسبندگی، پیوستگی، مقاومت در برابر یخ‌زدگی بتن، سایش و کاهش پس‌زدن بتن پاشیده شده می‌شوند.

به منظور حذف یا کاهش میلگرد در مخوط‌های بتن پاششی از الیاف استفاده می‌شود. نسبت مصرف الیاف بسته به جنس و شکل و بافت آن متغیر خواهد بود.

رایج ترین نوع الیاف در بتن پاششی، انواع فلزی آن بوده و پر کاربرد ترین دامنه الیاف فلزی ۲۵ تا ۳۵ میلی متر می‌باشد. به عنوان یک قانون به طور معمول طول الیاف نباید از ۵۰ میلی متر تجاوز نماید.

الیاف معمولاً در بچینگ و با استفاده از وسیله مناسب به صورت یکنواخت توزیع می‌شود. انواع کوتاه تر به راحتی به صورت یکنواخت توزیع، مخلوط و پاشیده می‌شوند. از سوی دیگر نرخ برگشت الیاف کوتاه تر کم تر است. الیاف با طول بلند تر معمولاً استحکام، سختی و همچنین مقاومت در برابر ترک خوردگی بیش تری را ایجاد می‌نمایند.

6-کارایی

کارایی بتن در پاشش به روش تر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و بر جنبه‌های گوناگون مخلوط از جمله پمپ پذیری آن تاثیر دارد. به طور معمول اسلامپ بتن برای پاشش به روش تر در محدوده ۸۰ تا ۲۰۰ میلی متر مطلوب می‌باشد. در بتن‌های پاششی از افزودنی‌های کاهنده یا فوق کاهنده آب برای کاهش نسبت آب به سیمان و افزایش قوام و کارایی بتن استفاده می‌شود. (بتن دارای مواد فوق کاهنده و آب آزاد کمتر از قوام و چسبندگی بالاتری برخوردار است) گروه دانش بنیان ابادگران به جهت افزایش و بهبود شاخص‌های مکانیکی و دوام، سهولت و سرعت در اجرا و نهایتاً کاهش هزینه‌های تمام شده بتن، گونه‌های مختلفی از افزودنی‌های بتن را طبق استانداردها و آیین‌نامه‌های معتبر ملی و بین‌المللی طراحی نموده است.

7-دمای اجرا

مطابق با الزام آیین نامه EFNARC دمای مخلوط باید بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سلسیوس باشد. و در صورتی که دمای مخلوط خارج از محدوده گفته شده باشد باید تدابیر ویژه ای مانند تغییر در شرایط نگهداری سنگدانه‌ها و سرمایش سنگدانه‌ها و آب مصرفی برای دستیابی به دمای مد نظر گرفته شود.

تجهیزات و سامانه‌های بتن شاتکریت:

به موازات توسعه فناوری مواد، پیشرفت نوآورانه در بخش تجهیزات به منظور ایجاد ماشین آلات مناسب صورت گرفته است. که نتیجه آن طیف گسترده ای از سامانه‌هایی است که همه کارهای پاشش بتن را پوشش می‌دهد. در ذیل به شرح مختصری از این تجهیزات می‌پردازیم:

سامانه شاتکریت مخلوط‌های خشک:

در این روش مخلوط داخل قیف پر می‌شود. همانطور که روتور چرخش می‌کند مخلوط به طور متناوب به وزن خود از طریق یک قیف خوراک دهی به یکی از بخش‌های روتور سقوط می‌کند. در حالی که یکی از بخش‌ها پر می‌شود هوای فشرده از بالا به درون محفظه نفوذ می‌کند. با باز کردن خروجی، مخلوط تخلیه می‌شود و در فشار ۳ تا ۶ بار از طریق خط لوله انتقال به افشانه پاشش جایی که آب به مخلوط افزوده می‌شود تحت فشار قرار می‌گیرد. مزیت اصلی این دستگاه عملکرد ساده، قدرت و سازگاری با شرایط خاص محل اجرا است.



ماشین روتور پاشش خشک

سامانه شاتکریت مخلوط‌های تر:

کارشناسان حرفه‌ای و خبره‌های اجرایی از سامانه‌هایی که از پیستون‌های دوتایی برای پرتاب کردن مواد به بیرون بهره می‌برند استفاده می‌کنند.

برای اطمینان از پاشش کامل آخرین بهبود تجهیزات با هدف تحقق انتقال بدون نوسان مخلوط تر از پمپ به افشانه صورت گرفته است. سامانه‌های کنترل فشار الکترونیکی که در تنظیمات خروجی یکپارچه شده اند موج جریان را کمینه می‌کنند. یک سامانه کنترلی قابل برنامه ریزی با حافظه یکپارچه نظارت هماهنگی و کنترل تمام وظایف دستگاه پی ال سی را بر عهده دارد.

از ویژگی‌های اصلی و مهم این سامانه می‌توان به:

- سه مدار مستقل فشار روغن که هر یک از آن‌ها توسط یک پمپ جداگانه تغذیه می‌شوند.
- شیر جدا کننده S شکل با سامانه کنترل ویژه فشار بالا
- برگشت پذیر بودن پیستون‌های تغذیه برای جلوگیری از گرفتگی (بسته شدن)
- ضربه زدن سیلندرهای هیدرولیک به صورت خودکار
- ارتباط سامانه فشار الکترونیکی با تنظیم خروجی مواد
- سامانه نظارت پی ال سی هماهنگی و کنترل تمام کارکردهای دستگاه



سامانه بتن پاششی مخلوط تر

انواع سامانه‌های شاتکریت مخلوط تر:

1- سامانه یکپارچه برای کاربردهای دستی:

این دستگاه برای کارهای گوناگون تونل زنی مانند تزریق، پر کردن، ترمیم و بازسازی، پردازش و آماده سازی ملات‌های آماده مصرف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این مدل دستگاه دارای یک پمپ با یک مخلوط کن یکپارچه می‌باشد که خروجی آن از ۵ تا ۴۰ لیتر بر دقیقه قابل تنظیم می‌باشد.

خروجی دستگاه در حدود ۶ متر مکعب در ساعت می‌باشد که شامل یک پمپ برای دوزینگ افزودنی شتاب دهنده می‌باشد.



سامانه یکپارچه برای کارهای دستی

2- سامانه پاشش ماشینی:

این سامانه برای استفاده در مواردی که مقدار زیادی بتن پاششی اعمال می‌شود مناسب است به ویژه در تونل‌ها و یا در ساختمان‌ها.

افشانه پاشش به به طور معمول شامل موارد زیر است:

- پایه نیزه ای با یک افشانه
- جعبه ابزار با بازوی محرک
- کنترل از راه دور
- دستگاه رانش
- کنسول یا آداپتور برای نسخه‌های گوناگون نصب

در این سامانه روباتیک نصب و راه اندازی پایه‌های نیزه ای شکل برای سر افشانه نازل اجازه هر گونه حرکتی را به جت می‌دهد و انواع پایه‌های نیزه ای شکل به طول‌های ۱، ۲، ۳ متر برای این سامانه‌ها در دسترس هستند. این پایه‌ها به سر افشانه پاشش متصل هستند و می‌توانند در همه جهت‌ها حرکت کنند و به وسیله یک سامانه کنترل از راه دور قابل کنترل می‌باشند.

مزایای پاشش ماشینی:

- کاهش چرخه پاشش به دلیل افزایش خروجی، حذف نصب و راه اندازی‌های وقت گیر، حذف داربست به ویژه در تونل‌هایی با مشخصات متغیر
- صرفه جویی در هزینه با کاهش نیروی انسانی و برگشت مواد
- بهبود شرایط کاری کاربر به لطف حفاظت از فرد در برابر حفاری، برگشت مواد، بهبود شتاب دهنده و گرد و غبار



سامانه پاشش ماشینی

منابع:

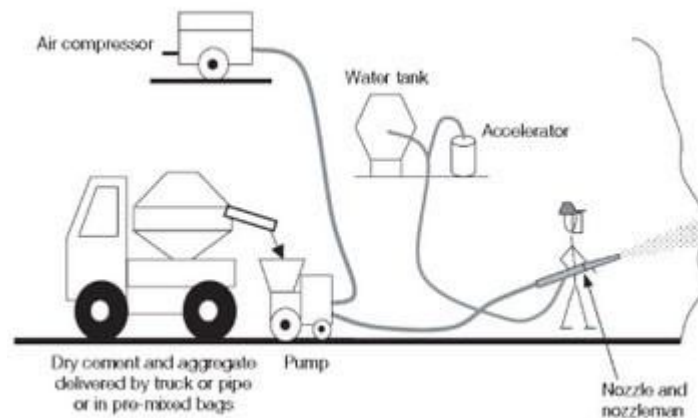
1- راهنمای بتن پاششی- گروه پژوهشی توسعه فناوری شیمیایی آبادگران-

2- [افزودنی‌های بتن پاششی-ویژگی‌ها](#): استاندارد ملی ایران شماره ۵-۲۹۳۰-

ASTM C1436-13 Standard Specification for Materials-3

ACI 506.IR-08 Guide to Fiber-Reinforced Shotcrete-4

روش های آزمون و الزامات بتن پاششی
 بتن پاششی عبارت است از ملات یا بتنی که به صورت ضربه‌ای و در سرعت بالا به سطح پاشیده می‌شود. در طی قرن گذشته و بلند مرتبه سازی بتن‌های پاششی کاربرد وسیعی یافته‌اند. به عنوان نمونه این روش UGC با رشد همزمان صنعت جایگزین روش‌های سنتی در لاینینگ تونل‌ها شده و از سوی دیگر به عنوان مهمترین گزینه برای پایدارسازی مقاطع حفاری شده به کار گرفته می‌شود. اهمیت این روش تا حدی است که امروزه اجرای یک تونل مدرن بدون استفاده از بتن پاششی غیر قابل تصور می‌باشد.
 با توجه به ماهیت بتن پاششی و برخی تفاوت‌های آن با بتن معمولی، برخی از ویژگی‌های آن را می‌توان با طراحی آزمون‌های گوناگونی اندازه‌گیری نمود.



صفحات آزمون و نمونه‌ها :

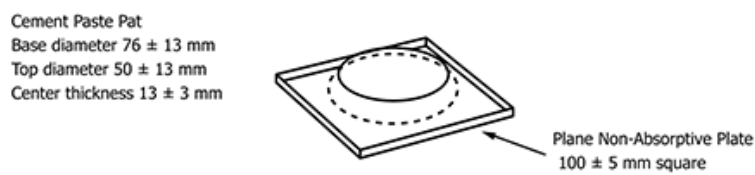
روش آزمون می‌بایست متناسب با اهداف انجام آزمون (کنترل کیفیت، تحقیقات، طراحی، ویژگی‌های مد نظر برای اندازه گیری و ...) انتخاب گردد.

نمونه‌ها بسته به فرایند اجرا و آزمون مد نظر از بتن تازه، سخت شده، مرحله پیش از پاشش، مقاطع پاشیده شده در محل اجرا و یا صفحات برداشته میشود.

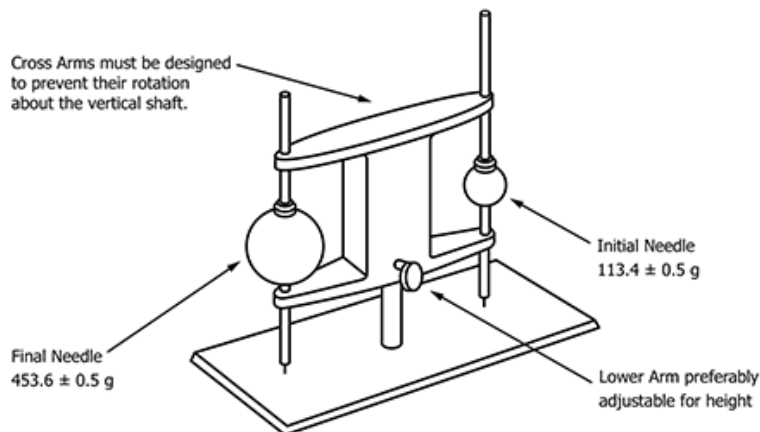
تعیین استحکام فشاری و چگالشی:

استحکام فشاری بتن‌های پاششی مطابق با استاندارد [EN12390-3](#) بر روی آزمون‌های مغزه‌گیری شده صورت می‌گیرد. طبق آیین‌نامه [EFNARC](#)، تعیین استحکام فشاری بتن پاششی در ساعات اولیه (۳۰ دقیقه تا ۱۲ ساعت) طبق روش آزمون‌های زیر انجام میشود:

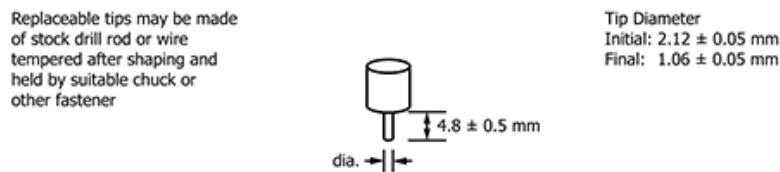
۱- روش نفوذ سوزن: دستگاهی متشکل از یک سوزن ۳ میلی‌متری به عمق ۱۵ میلی‌متر در بتن پاششی فشرده و نفوذ می‌کند. با استفاده از این روش می‌توان استحکام فشاری تا یک مگاپاسگال را محاسبه نمود.



(a) Pat with Top Surface Flattened for Determining Time of Setting by Gillmore Method

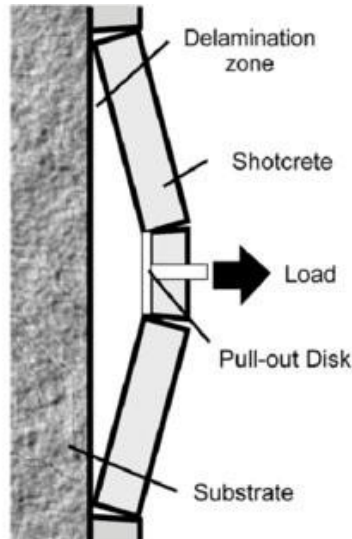


(b) Gillmore Apparatus



(c) Detail of Gillmore Apparatus Needle Tips

۲- روش کاشت پیچ: استحکام فشاری بین ۱ تا ۱۵ مگاپاسگال با استفاده از روش کاشت پیچ که به درون لایه‌های بتن پاششی هدایت شده است محاسبه می‌شود. میزان عمق نفوذ با توجه به منحنی کالیبراسیون دستگاه، استحکام فشاری را محاسبه می‌کند.



تعیین استحکام خمشی و پسماند:

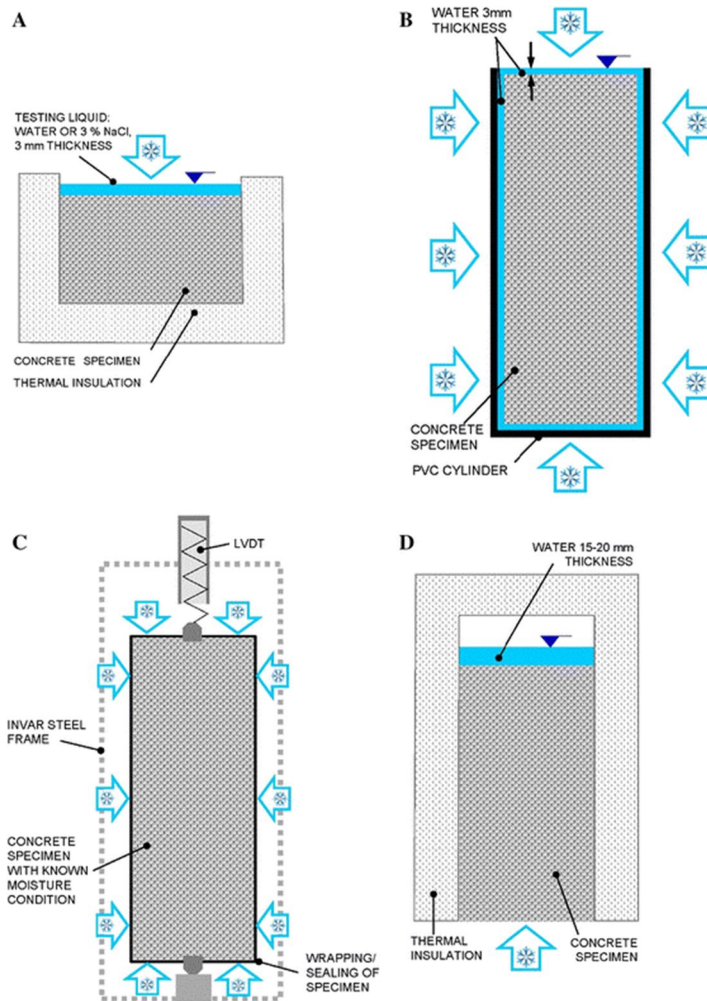
با توجه به کاربردهای بتن پاششی، این نوع بتن در مقاطع اجرا شده نیز در برابر نیروهای خمشی قرار می‌گیرد. بر اساس آیین نامه EFNARC حداقل ۲/۳ تیرهای مورد آزمون باید دارای تنش خمشی بیشتر یا برابر با کمترین تنش مشخص شده برای هر رده و کمتر از حداکثر خیز متناسب با آن رده تغییر شکل یابند و نتیجه آزمون تر سوم نیز نباید از حداقل مجاز برای رده پایینی کمتر شود.

نفوذپذیری:

مکانیزم انتقال در بتن با استفاده از آزمون های جذب مویینه، نفوذ و انتشار اندازه گیری می‌شوند. انتخاب ویژگی و آزمون به آب و هوا، شرایط محیطی، ساختار منافذ، درجه اشباع و عوامل مخرب احتمالی بستگی دارد. در صورتیکه بتن پاششی در برابر فشار بالای آب مانند سازه های نگهداری آب قرار گیرد، آزمون نفوذپذیری در برابر آب و در محیط هایی با فشار پایین (اتمسفر طبیعی) آزمون جذب مویینه بر اساس استاندارد EN13057 استفاده می‌گردد.

مقاومت در برابر یخ زدگی:

استاندارد سوئدی SS17244 آزمون بررسی پوسته شدگی است. در این آزمون سطوح نمونه های بتن پاششی آبد شده با پوشش لاستیکی در تماس با محلول ۳ درصد NaCl قرار گرفته و تا عمق ۳ میلیتر پوشیده می‌شود. در یک چرخه ۲۴ ساعته در دامنه دمایی ۱۶-۲۴ و ۱۴- و ۲۰- قرار گرفته سپس وزن مواد پوسته شده از نمونه و مقاومت در برابر یخ زدگی بر اساس افت وزنی طبقه بندی خواهد شد.



الزامات بتن پاششی:

بتن پاششی (شاتکریت) ترکیبی از سه ماده اصلی سیمان، سنگدانه، آب و مواد افزودنی است. اجزای تشکیل دهنده می‌بایست معیارهای عملکردی و بهداشتی و ایمنی را برآورده سازد:

سیمان: نوع سیمان مورد استفاده در بتن پاششی مطابق با الزامات تعیین شده مقاومت و دوام بتن می‌باشد. میزان سیمان برای عملیات بتن پاششی خشک بین ۳۵۰ تا ۴۵۰ کیلوگرم و عملیات بتن پاششی تر بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم در هر متر مکعب است.

سیمان در شاتکریت باید به سرعت هر چه تمام تر گیرش خود را آغاز نماید، این امر باعث چسبندگی خوب و مقاومت بالا در سنین اولیه خواهد شد. به طور معمول زمان گیرش اولیه برای سیمان بین ۱،۵ تا ۳،۵ ساعت می‌باشد.

در صورت احتمال حمله سولفاتی می‌توان از سیمان‌هایی با مقدار C3A کم جهت کاهش حمله شیمیایی استفاده نمود.

افزونه‌ها: نوع و مقدار افزونه‌ها (رنگدانه‌ها، خاکستر بادی و سرباره کوره آهن گدازی) در شاتکریت می‌بایست به دقت در آزمون‌های اولیه ارزیابی و با استانداردهای ملی و آیین‌نامه‌ها و مقررات معتبر در محل استفاده از بتن پاششی مطابقت داشته باشند.

سنگدانه‌ها: سنگدانه‌ها جز اصلی شاتکریت را تشکیل می‌دهند بنابراین کیفیت سنگدانه‌ها در ارتباط با عملکرد و کارپذیری بتن تازه و سخت شده، نسبت سنگدانه‌ها، تمیزی، درصد رطوبت و دمای سنگدانه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است.

افزودنی‌ها: افزودنی‌ها جهت بهبود و یا تغییر در مشخصات بتن به بتن اضافه می‌شوند. طبق استاندارد ملی ایران افزودنی بتن پاششی موادی هستند که پیش و یا در زمان فرایند پاشش به مقدار ۵ تا ۱۲ درصد وزن سیمان به مخلوط بتن اضافه می‌شوند. -افزودنی زودگیر کننده بتن پاششی که باعث گیرش آنی بتن پاششی می‌گردد.

- افزودنی زودگیر کننده بدون بازی بتن پاششی با مقدار بازی حداکثر ۱ درصد جرم افزودنی.

- افزودنی کنترل کننده روانی.

- افزودنی بهبود دهنده پیوند که باعث بهبود پیوند بین لایه های بتن پاششی و سطح بستر می گردد.

سازگاری مواد افزودنی شیمیایی (فوق روتن کننده ها، روان کننده ها، دیرگیر کننده ها، عوامل کنترل کننده هیدراسیون، تیکسوتروپیک و عمل آوری داخلی) با سیمان ها، مواد چسباننده و شتاب دهنده می بایست آزمایش در محل تایید شود .

الیاف: الیاف در بتن پاششی به منظور کاهش مقدار و فاصله میلگرد گذاری با روش متداول یا به طور کامل حذف آن استفاده می شود. الیاف ها از نظر جنس، طول و شکل متفاوت هستند که با توجه به دستورالعمل تامین کننده در محل اختلاط به وسیله یک پخش کننده مناسب به بتن اضافه و مخلوط می گردد.

مبانی و تاریخچه بتن پاششی

۱. توصیف و تاریخچه

بتن پاششی (شاتکریت) را می توان به عنوان بتن یا ملاتی که از طریق شیلنگ های الاستیکی حمل شده و با استفاده از هوای فشرده با سرعت زیاد به سطح موردنظر پاشیده می شود، تعریف کرد. در سال ۱۹۳۰ بود که واژه شاتکریت از طرف انجمن مهندسان راه آهن آمریکا مورد استفاده قرار گرفت و اکنون نیز استفاده می گردد.

بتن پاششی در تمام دنیا در دو نوع مخلوط خشک و تر فناوری شناخته شده ای برای استقرار بتن است. کاربردهای آن در فضاهای زیرزمینی و حفاری های روباز برای پایدارسازی خاک، برای دیوارها، سقف ها و گاهی به عنوان پوشش سازه ها مورد استفاده قرار می گیرد.



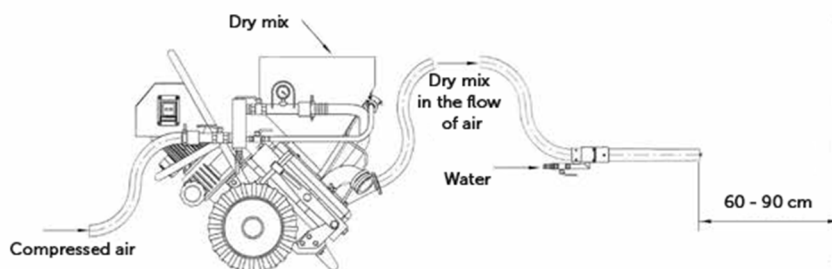
انواع بتن پاششی به لحاظ روش اجرا 1.

• بتن پاششی خشک

در این روش سنگدانه ها با سیمان ترکیب شده (با حداکثر آب ۵ درصد برای جلوگیری از گرد و خاک) و به وسیله دستگاهی موسوم به **پمپ شاتکریت** توسط هوای فشرده به داخل لوله های لاستیکی پمپ شده و از طریق افشانه به سطح موردنظر پاشیده می شود.

دستگاه های اجرای این روش کوچک بوده و نیاز به کامیون های حمل و مخلوط بتن نمی باشد. یکی از معایب این روش استهلاک تجهیزات و تولید گرد و خاک می باشد.

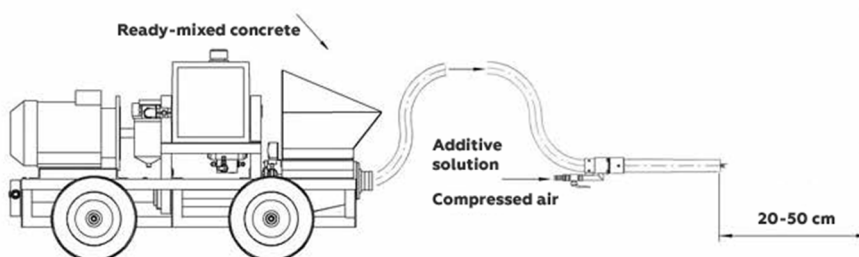
Dry shotcreting



- **بتن پاششی تر**

در این روش نخست مصالح بتن پاششی و آب به وسیله مخلوط کن بچینگ مخلوط شده و توسط کامیون مخلوط کن به محل اجرا منتقل و توسط پمپ های ویژه روی سطح پاشیده می شود. سهولت کنترل کیفیت مخلوط، کم بودن آلودگی محیط و شدت جریان بالا از مزایای این روش می باشد.

Wet shotcreting



۱. الزامات بتن پاششی

در سال ۱۹۹۰ میلادی، کمیته [ASTM](#) تصمیم گرفت که به دلیل این فناوری به اندازه کافی رشد کرده است، باید یک کمیته فرعی برای بتن پاششی با کد [ASTM C09.46](#) سازماندهی شود. در آن زمان این کمیته به صورت مکمل کمیته موسسه بتن آمریکا با کد ۵۰۶ برای عملیات بتن پاششی در نظر گرفته شد.

۱. شتاب دهنده های بتن پاششی

از بین همه الزامات و شاخص های مطرح شده، شاخص تنظیم زمان گیرش در عملیات بتن پاششی یکی از اصلی ترین ملاک های انتخاب افزودنی شتاب دهنده بتن می باشد و شتاب دهنده ها به طور فزاینده ای در هر دو روش اجرا مورد استفاده قرار می گیرند. از جمله مزیت های این شتاب دهنده های بتن، ارتقای زمان و قدرت گیرش، ارتقای مقاومت های مکانیکی و دوامی و اتصال آن به زیرآیند می باشد.



۱. اجزای تشکیل دهنده بتن پاششی

مواد تشکیل دهنده بتن پاششی شباهت زیادی به مواد تشکیل دهنده بتن معمولی دارد. سیمان، سنگدانه های شکسته و گردگوشه، آب، افزودنی ها و الیاف از جمله مهم ترین اجزای تشکیل دهنده بتن های پاششی می باشند. سیمان:

سیمان در بتن پاششی مانند سایر مخلوط های سیمانی، نقش جزء چسباننده را بازی می کند. بنابر این مقدار و نوع سیمان مصرفی بر روی ویژگی هایی چون زمان گیرش و مقاومت های مکانیکی تاثیر مستقیم دارد. آب:

آب آشامیدنی بهترین انتخاب به منظور ساخت بتن پاششی می باشد. در صورتی که از آب آشامیدنی در ساخت بتن پاششی استفاده شود، نیاز به انجام آزمون خاصی نمی باشد. سنگدانه:

سنگدانه های ریز و درشت حدود ۷۵ درصد از حجم بتن پاششی را تشکیل می دهند. از این رو در بتن پاششی همانند بتن معمولی کیفیت مصالح سنگی از اهمیت بالایی برخوردار است. از مراجع دسته بندی سنگدانه ها، به استاندارد ملی ایران ، ACI 506 و ASTM C1436 می توان اشاره کرد.

به طور کلی موارد زیر را می توان به عنوان نقش سنگدانه ها در بتن پاششی برشمرد:

- تاثیر چشمگیر بر یکنواختی بتن پاششی
- یکی از شاخص های اولیه در تعیین آب موردنیاز
- نقش پرکنندگی اقتصادی
- تاثیر مستقیم بر مقاومت مکانیکی
- تاثیر به سزا در کارایی مخلوط تازه
- تاثیر به سزا در دوام سازه
- تاثیر مستقیم بر کیفیت اجرا و درصد برگشت مصالح

تعریف شده است به منظور تامین خواص موردنظر به بتن پاششی اضافه ASTM C1116 الیاف مطابق با آنچه در می گردد. از مزایای آن می توان به موارد زیر اشاره نمود

- افزایش استحکام بتن

- بهبود چسبندگی به مقاطع صخره ای و سنگی
- بهبود پیوستگی و یکپارچگی بتن پاشیده شده
- کنترل ترک خوردگی ناشی از انقباض پلاستیک
- کنترل ترک خوردگی گرمایی
- بهبود استحکام در برابر سایش و ضربه
- بهبود مقاومت در برابر آتش
- بهبود شکل پذیری



از جمله انواع آنها می توان به الیاف فولادی، سنتزی، شیشه، طبیعی، میکرو و ماکرو اشاره کرد
افزونه های فیزیکی

- دوده سیلیسی

یکی از بهترین و موثرترین نمونه های افزونه ها دوده سیلیسی (میکروسیلیس) است که به عنوان یک فیلر معدنی (یا یک ماده پوزولانی فعال) شناخته می شود. عملکرد مثبت این ماده بیشتر بر روی ویژگی های رئولوژی، چگالی، مقاومت های فشاری و دوام نمایان است

- سرباره :

از دیگر مواد پوزولانی، استفاده از افزونه هایی مانند سرباره بر اساس سوابق مصرف این ماده و احتمال افزایش برگشت مصالح توصیه نمی گردد

- رنگدانه ها :

رنگدانه های معدنی در بتن پاششی برای کاربردهای معماری و نما استفاده می گردند

افزودنی های شیمیایی

ASTM و آمریکایی EN 934-5 افزودنی های شیمیایی مورد استفاده در بتن پاششی توسط دو استاندارد اروپایی برگرفته از استاندارد ISIRI 2930-5 طبقه بندی و تعریف شده اند. استاندارد ملی ایران به شماره C1141 اروپایی بوده و تمرکز بیشتری روی افزودنی های ویژه بتن پاششی دارد

افزودنی های شرکت آبادگران در زمینه بتن های پاششی

در میان تمامی موارد افزودنی بتن پاششی توسعه یافته در شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران، **افزودنی‌های زودگیر بتن پاششی** دسته ای از مواد افزودنی هستند که پس از اضافه شدن به بتن پاششی منجر به بهبود مقاومت فشاری، چسبندگی، پیوستگی، مقاومت در برابر یخ‌زدگی بتن، سایش و کاهش پس زدن بتن پاشیده شده می‌شوند. این مواد در فرایند پاشش خشک منجر به کاهش میزان گرد و غبار و همچنین کاهش پس زده شدن مواد و افزایش مقاومت زودرس شده و در فرآیند پاشش تر نیز سبب گیرش سریع و مقاومت زودرس می‌گردند. شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران به عنوان یک واحد دانش‌بنیان شناخته شده در ابعاد ملی و بین‌المللی با تکیه بر تمامی سرمایه‌های علمی و تجربی خود در زمینه نوع‌آوری، تولید و توسعه این فناوری در آغاز سیر توسعه با مطالعه بر روی افزودنی‌های زودگیر بتن پاششی موفق به ارائه و تکوین این افزودنی‌ها در بنیان قلیای محدود و کنترل شده با گردید. شیمی این مواد به نحوی طراحی شده تا از لحاظ **ABAQUICK-P** و **ABAQUICK-L** نام‌های عملکردی تمامی استانداردها، الزامات و مشخصات در نظر گرفته شده در آیین‌نامه‌های ملی و بین‌المللی در زمینه بتن پاششی را رعایت نموده و همزمان بتواند از لحاظ اقتصادی، مقرون به صرفه بوده و نیاز بازار داخلی و سفارشات را برآورده سازد (**CUSTOMIZED PRODUCTS**) مشتریان

مواد افزودنی **زودگیر شاتکریت** برپایه غیرقلیایها و نمک‌های معدنی (مدرن) در دو حالت مایع و پودری با نام‌های به **ABAQUICK-زودگیر شاتکریت پودری** و **ABAQUICK-AFL** ترتیب **زودگیر شاتکریت مایع** طراحی گردیده‌اند. به طور کلی انتخاب هر کدام از محصولات **افزودنی پودری** یا مایع، با توجه به شرایط **AFP** کار، تجهیزات، فرآیند اجرا و تکنولوژی اجرا انجام می‌پذیرد. در طراحی محتویات شیمیایی این محصولات توجه به مورد توجه و اصل و اساس کار قرار گرفته است **ISIRI 2930-5** بین‌نامه ملی

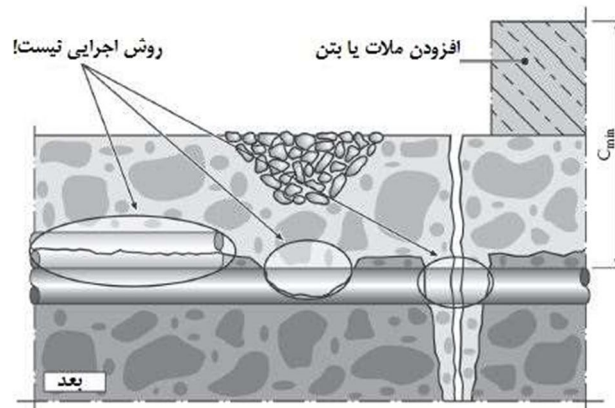
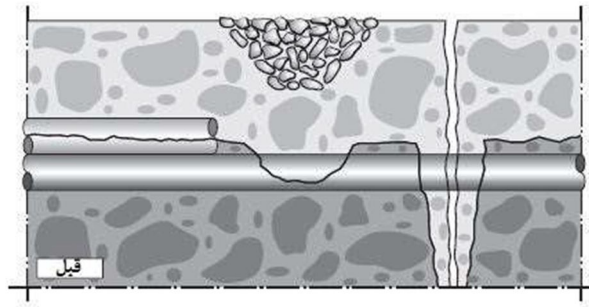
محافظت شیمیایی از میلگرد در بتن

به دلیل خسارات ناشی از خوردگی میلگردها و تاثیر آن بر دوام و عمر مفید سازه‌های بتن آرمه، روش‌های مختلفی برای کنترل و پایش خوردگی توسعه یافته و مورد ارزیابی قرار گرفته است. وقوع چنین واکنشی می‌تواند تهدید جدی برای دوام و ایمنی سازه باشد.

در همین راستا مطابق با استاندارد **EN1504-9** اصل هفتم با موضوع هدف ایجاد شرایط شیمیایی، سبب بازسازی یا حفظ حالت انفعالی لایه سطحی میلگرد می‌شود. این بدین معنی است که این روش می‌تواند به منظور حفاظت پیش‌گیرانه قبل از شروع خوردگی میلگرد یا برای ترمیم میلگرد تخریب شده به کار برده شود.

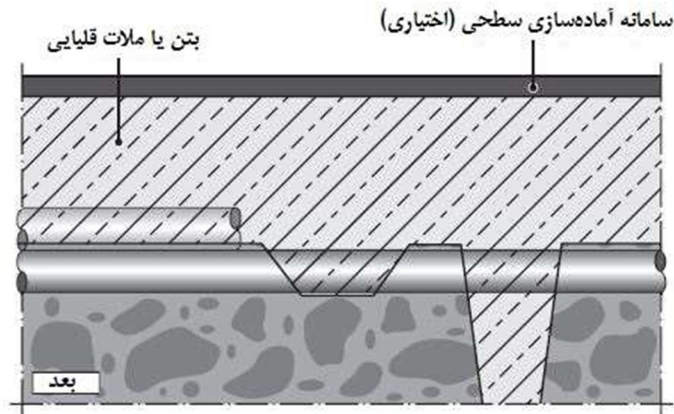
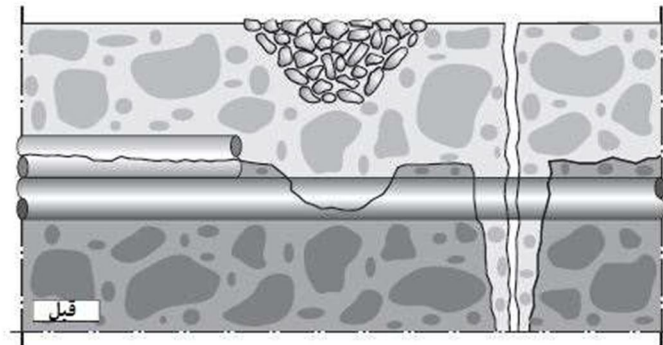
افزایش پوشش با افزودن ملات یا بتن

از طریق افزایش پوشش بتن پیش از آغاز خوردگی میلگرد، زمان آغاز خوردگی طولانی تر شده و در نتیجه مدت زمان و طول عمر باقیمانده افزایش می‌یابد. نکته مهم در این **افزایش پوشش بتن** این است که این روش برای زمانی که غیرانفعالی شدن بر اثر کیفیت یا ضخامت نامناسب پوشش بتن یا بروز ترک رخ داده است مناسب نیست.



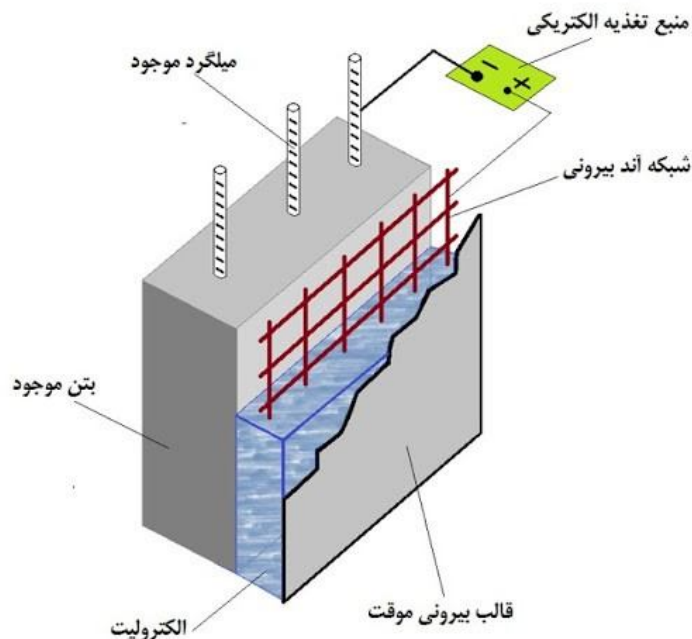
جایگزینی بتن آلوده یا کربناته شده

این روش یک استاندارد قدیمی برای ترمیم بتن مسلح می‌باشد. بدین صورت که تمامی بتن کربناته شده یا بتن دارای مقدار بحرانی کلرید را برداشته و میلگرد تمیز می‌شود و این ناحیه‌ها برداشته شده و دوباره با بتن پر می‌شود. pH بالای بتن، میلگرد را دوباره انفعالی کرده و در برابر خوردگی محافظت می‌کند. این روش با نام **انفعالی نمودن مجدد** به وسیله ملات یا بتن، قلیایی نامیده می‌شود.



قلیایی کردن دوباره بتن کربناته شده به روش الکتروشیمیایی

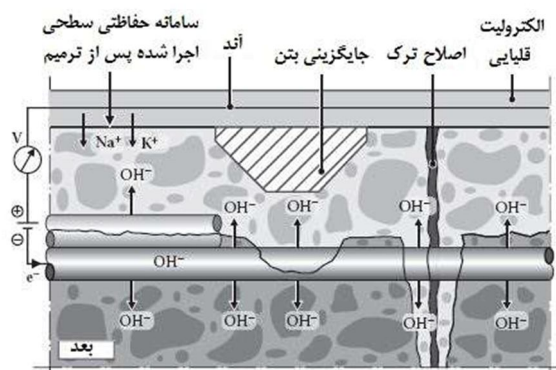
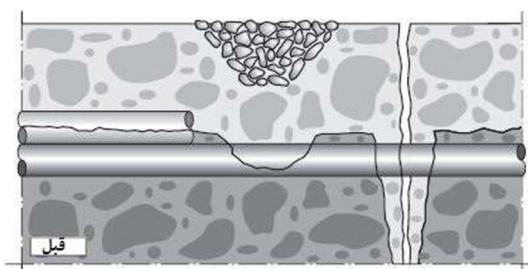
وقتی که میلگرد فعال یا غیر فعال است، از روش قلیایی بتن کردن با روش الکتروشیمیایی می‌توان به عنوان محافظت تکمیلی در برابر خوردگی استفاده شود به طوری که این عمل با افزایش قلیائیت بتن کربناته شده موجب انفعالی شدن میلگردها می‌شود. برای یک مدت معین، معمولاً چند روزه، یک آند موقت بر روی سطح بتن نصب می‌شود که اطراف آن **الکتروولیت قلیایی** وجود دارد. یک جریان الکتریکی مستقیم بین آند و میلگردها برقرار میشود که یک میدان الکتریکی ایجاد می‌نماید، به طوری که همه یون‌های با بار مثبت به سمت میلگرد مهاجرت می‌کنند. این امر موجب افزایش pH بتن در اطراف میلگردها می‌شود.



قلیایی کردن دوباره بتن کربناته شده به وسیله انتشار

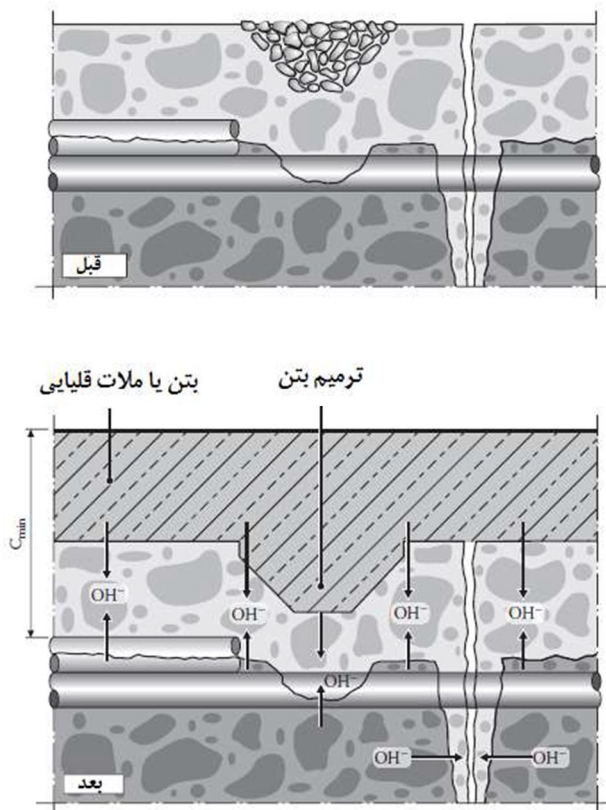
یک رویکرد شامل اعمال یک بتن یا ملات سیمانی با قللیت بالا بر روی سطح بتن کربناته شده است که اجازه قللیت شدن دوباره بتن را از طریق نفوذ از درون سطح می‌دهد. این روش با تکیه بر نگهداری بتن در یک شرایط رطوبتی است که اجازه انتشار مؤثر تا نزدیکی میلگرد در طول مدت ترمیم را میدهد، که ممکن است ماهها به طول انجامد.

رویکرد دیگر شامل اعمال یک پوشش نفوذناپذیر ([رنگ اپوکسی بدون حلال](#)) بر روی سطح بتن میباشد که بتن را در زیر پوشش اعمال شده از آب اشباع نگه دارد. قللیت‌ها در بتن کربناته نشده تا حدود بیش از یک سال به سمت پوشش انتشار یافته و موجب قللیت شدن دوباره بتن تا عمق میلگردها می‌شوند. بتن باید به وسیله آب‌های زیرزمینی، آب‌های ناشی از میعان و ... اشباع شود و نباید در معرض یخ‌زدگی قرار گیرد.



استخراج کلرید به روش الکتروشیمیایی

در جایی که میلگرد بر اثر نفوذ کلرید، انفعالی یا غیرانفعالی شده است، می‌توان برای محافظت تکمیلی در برابر خوردگی، به روش استخراج الکتروشیمیایی کلرید عمل نمود. این روش غلظت کلرید را در بتن اطراف میلگرد کاهش می‌دهد و در صورتی که مقدار زیادی از کلرید از سطح بتن خارج شود، منجر به غیرانفعالی شدن میلگردها می‌شود. برای ترمیم بتن کربناته شده، از نصب یک آند موقت در محیط الکترولیت قلیایی استفاده می‌شود. میلگرد همچنین جریان مستقیم DC اعمال شده بین آند و میلگرد به طور متناوب یک مدار الکتریکی ایجاد می‌کند.



رفرنس‌ها :

(DIN) EN 1504-9:2008. Products and Systems for the Protection and Repair of Concrete Structures—Definitions, Requirements, Quality Control and Evaluation of Conformity—Part 9: General Principles for the Use of Products and Systems. German version, EN 1504-

حفاظت بتن در برابر نفوذ EN1504 اصول و روش‌های طراحی برپایه عملکرد بتن در محیط‌های خورنده و چگونگی مکانیزم خرابی‌های بتن مبین این حقیقت است که نفوذپذیری بتن مهمترین عامل تعیین کننده دوام طولانی مدت آن می‌باشد. استاندارد [EN1504-9](#) شامل طراحی و انتخاب روش‌ها و محصولات متناسب برای حفاظت و بازسازی سازه‌ها در برای انواع خوردگی‌ها می‌باشد. حفاظت یا بازسازی بتن می‌بایست بر اساس دو عامل زیر انجام شود:

۱. تخریب ناشی از خوردگی بتن

۲. تخریب ناشی از خوردگی میلگرد

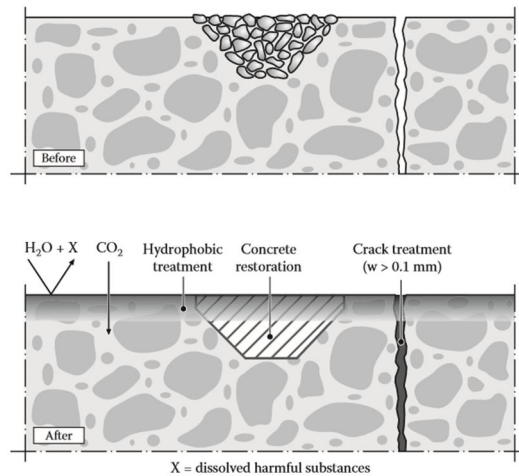
در این مقاله به تخریب ناشی از خوردگی بتن با اصل "حفاظت بتن در برابر نفوذ" می‌پردازیم.

اصل ۱: حفاظت بتن در برابر نفوذ

منظور از خوردگی، حفاظت بتن در برابر نفوذ، کاهش و یا جلوگیری از نفوذ عوامل مخرب از جمله آب و مایعات دیگر، گاز، مواد شیمیایی، عوامل بیولوژیکی و یا دیگر عوامل مضر متداول مثل CO_2 ، کلریدها یا سولفات‌ها است.

روش ۱-۱: اشباع آب گریز

در این روش ابتدا می‌بایست تمامی ترک‌های بتن با عرض بیشتر از ۰٫۱ میلی‌متر بسته و تمامی ناحیه‌های شن نما ترمیم شوند. محصولات مورد استفاده در این روش می‌توانند به سه روش پاشیدن، غلتک یا غرقاب نمودن موقت سطح اجرا شوند. بتن باید در مدت اجرا خشک باشد تا به عامل آب گریز کننده اجازه نفوذ عمیق به درون بتن را بدهد. تحقیقات نشان می‌دهند که بسته به ویژگی‌های بتن و عامل آب گریز کننده، عمق نفوذ چند میلی‌متری، عمدتاً در محدوده ۵ میلی‌متر، برای دستیابی به حفاظت بلندمدت لازم است. همانطور که در شکل زیر مشخص است، سطح بتن پس از اجرای عامل آب گریز کننده در برابر نفوذ مایعات حفاظت شده است. باید توجه داشت که عامل‌های آبگریز کننده نسبت به عبور گازها قابل نفوذ بوده و به بخار اجازه تبخیر شدن از بتن (تنفس) را می‌دهد ولی حفاظتی در برابر نفوذ CO_2 ایجاد نمی‌کند.



روش ۱-۲: اشباع سازی

هدف از این روش، پر کردن منافذ سطحی بتن برای جلوگیری از انتقال مایعات و گازها از سطح بتن می‌باشد. برای اشباع سازی مناسب سطح بتن ابتدا باید تمام ناحیه‌های بتن که دارای کیفیت نامناسب می‌باشند ترمیم ترک بتن نیز می‌بایست گرفته شوند. یکی از بزرگترین مشکلات اشباع کننده‌ها این است که انعطاف پذیر نیستند. بدین معنا که اگر عرض ترک‌ها در بتن افزایش یابد، مثلاً در زمستان و در اثر دماهای پایین، ماده اعمال شده قادر به پل زدن بر روی ترک‌ها نیست. بنابراین اشباع کننده‌ها تنها زمانی که جایجایی ترک‌ها مد نظر نباشد یا ترک‌ها بحرانی نباشند، کاربرد دارند.



روش ۱-۳: پوشش

پوشش‌ها برای **محافظت بتن در برابر نفوذ عوامل گوناگون** به کار می‌رود. در مقایسه با عمل آب‌گریز کننده یا اشباع‌سازی، پوشش‌ها می‌توانند در مواقعی که انتظار جایجایی‌های چشمگیر ترک‌ها را داریم، به کار روند. همچنین اغلب برای کاهش سرعت کربناته شدن به مقدارهای ناچیز به کار گرفته می‌شود. این یک اقدام پیشگیرانه جالب برای زمانی است که عمق کربناته شدن به میلگرد نرسیده است. مقاومت پوشش‌ها در برابر کربناته شدن بسیار بالاست.

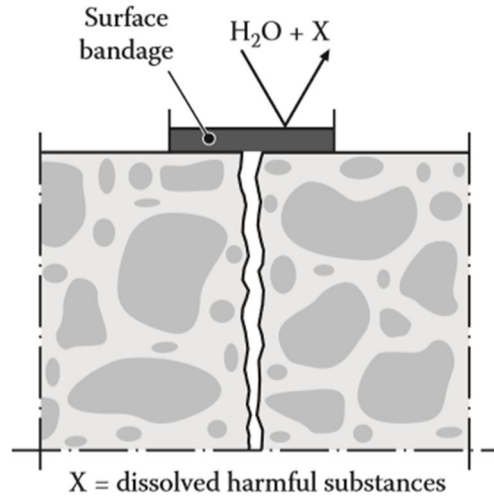


روش ۱-۴: بانداژ سطحی ترک‌ها

بانداژ سطحی ترک‌ها برای جلوگیری از نفوذ عوامل مخرب به درون ترک‌های بتن به کار می‌رود و به صورت منعطف و همانند یک پوشش موضعی، از ترک محافظت می‌کند.

این روش معمولاً برای ترمیم ترک‌های منفرد یا جایجایی‌های غیر طبیعی ترک که بر اساس روش ۱-۳ با پوشش‌ها غیر قابل اجرا باشد، اجرا می‌گردد.

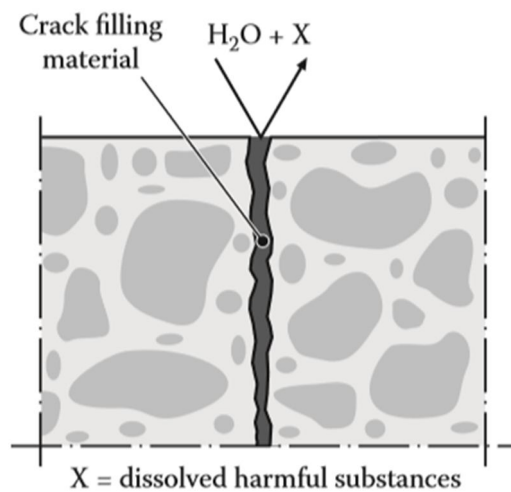
چنانچه تعداد ترک‌ها زیاد باشد، پوشش دادن پیوسته تمام سطح با روش پوشش اقتصادی تر است.



روش ۱-۵: پرکردن ترکها

این روش مکمل روشهای ۱-۴ و ۱-۶ برای جلوگیری از نفوذ عوامل مخرب به ترکهای بتن است. ترک میبایست به گونه ای پر شود که آب و مواد مخرب محلول در آن، نتواند به ترک یا از طریق ترک نفوذ کند. عمدتاً پر کردن ترک بتن می تواند تحت فشار از طریق تزریق یا بدون فشار با استفاده از قلم مو باشد. ترکهای آب بندی شده الزامات حفاظت بتن در برابر نفوذ را خواهند داشت.

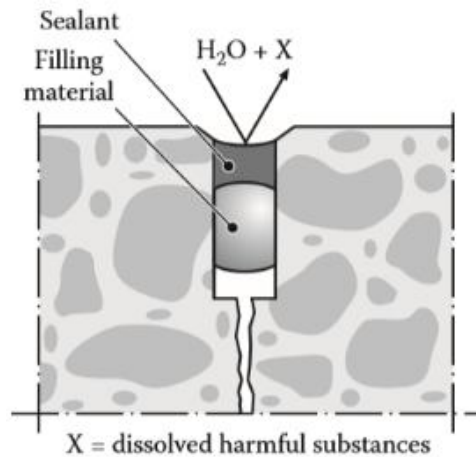
برای پر شدن کامل و تمیز، ترکها باید توسط فرز باز شود. ترک تا عمق مناسبی میبایست خشک باشد تا ماده پرکننده با قابلیت انعطاف ویژه اجازه نفوذ به عمق کافی را داشته باشد. دوام این روش معمولاً وابستگی زیادی به جابجایی واقعی ترکها دارد.



روش ۱-۶: تبدیل ترک به درز

این روش جایگزین سوم برای ترمیم ترکها با هدف از نفوذ عوامل مخرب می باشد. ترک با استفاده از فرز عریض تر شده و با ماده آب بند پر می شود تا درزها را آب بند نماید.

باید اطمینان داشت که برش ترک اثر نامطلوبی بر بروی رفتار سازه ای نداشته و میلگرد برش داده نشود.



روش ۱-۷: نصب صفحات خارجی

حفاظت بتن در برابر نفوذ عوامل مخرب با به کارگیری غشاها در مقایسه با روش قبل سخت نیستند اما انعطاف پذیر و اغلب شکل پذیر می‌باشند. برای افزایش مقاومت مکانیکی، غشاها را می‌توان با الیاف یا شبکه‌ها (توری) تقویت شوند. به عنوان حفاظت مکانیکی اغلب لایه‌های قیری یا سایر لایه‌های حفاظتی بر روی غشاها اعمال می‌شوند. ضخامت خشک شده این غشای ویژه بین ۳ و ۵ میلی متر است و حتی در دماهای منفی ۲۰ درجه سانتی گراد نیز نرم و شکل پذیر باقی مانده و قابلیت پل زدن بر روی ترک را دارد. پس از سخت شدن می‌توان روی آن پیاده روی کرد، اما برای کاربرد مورد نظر نیازمند یک لایه حفاظتی است. با ترکیب روش‌های اشباع سازی و لایه حفاظتی قیری، روش آب بندی جدید دارای ده‌ها سال طول عمر است.

روش های حفاظت بتن در برابر نفوذ

نام روش	هدف	کاربردهای متداول	طراحی	اجرا	کنترل کیفیت	دوام نگهداری
اشباع آب گریز	دستیابی به سطح بتنی آب گریز با قابلیت جذب آب کم از طریق به کارگیری یک عامل آب گریز کننده	سطوح عمودی و افقی مانده نمای خارجی، موقعیت هایی که نمای زیبای بتن باید محافظت شود.	جایه جایی محدود ترک، طول عمر نامعین	آماده سازی دقیق سطح، سطح بتن باید به حد کافی خشک باشد. عمق نفوذ بالا باید به دست آید.	عمق نفوذ، آب گریزی	بازرسی های منظم توصیه میشود.
اشباع سازی	بستن منافذ موجود در سطح بتن	کف ها ، سطوح افقی	عدم حفاظت هنگام جابجایی ترک ها یا ایجاد ترک های جدید ...	آماده سازی دقیق سطح، سطح بتن باید به حد کافی خشک باشد.	عمق نفوذ ، ضخامت لایه و غیره	ماندگاری زیاد، بسته به کاربرد.
پوشش	بازدارنده نفوذ عوامل مخرب	تمام انواع سازه های بتنی	بر اساس EN1504-2	آماده سازی دقیق سطح، سطح بتن باید دارای رطوبت مورد نیاز باشد. کم ترین ضخامت باید رعایت شود.	چسبندگی به بتن، ضخامت پوشش و ...	بسته به کاربرد، بازرسی توصیه میشود.
بنداز سطحی ترک ها	به کارگیری بنداز منعطف بر روی ترک که از نفوذ عوامل مخرب جلوگیری کند.	ترک های ساده یا ترک های با جابجایی های بزرگ	هرگونه پیش بینی جابجایی های ترک باید مشخص شود.	آماده سازی دقیق سطح، اجرای مشخص شده	چسبندگی به بتن، ضخامت بنداز و ...	بازرسی منظم توصیه میشود، بسته به مصرف
پر کردن ترک ها	پر کردن ترک ها با یک ماده آب بند	همه نوع ترک	فقط برای ترک های با جابجایی محدود کاربرد دارد.	پر کردن ترک ها به طور کامل تا حد امکان	کنترل درجه چسبندگی	بسته به نوع مصرف بازرسی های منظم توصیه میشود.
تبدیل ترک ها به درزها	تعریض ترک و آب بندی به مانند یک درز	ترک های ساده یا ترک های با جابجایی های بزرگ	عواقب سازه ای تعریض ترک ها	اجرای مشخص شده	چسبندگی آب بند به هر دو سمت بتن	بازرسی منظم و نگهداری لازم است.
نصب صفحات خارجی	نصب سامانه صفحه ای آب بند در جلوی یک سطح بتنی	بتنی که در معرض مواد مهاجم قرار گرفته.	بارهای اضافی، راه حل هایی برای جزئیات	اجرای مشخص شده	آب بندی و پایداری	بازرسی های نشت
به کارگیری غشاها	یک غشا که با هدف جلوگیری از نفوذ عوامل مخرب بر روی سطح بتن اعمال میشود.	تمام انواع سطوح بتنی	جابجایی ترک ها، راه حل برای درزها ، لایه های حفاظتی و ...	آماده سازی دقیق سطح، سطح بتن باید رطوبت کافی داشته باشد و حداقل ضخامت باید رعایت شود	چسبندگی به بتن، ضخامت غشا و ...	به سامانه و کاربرد بستگی دارد.

نتیجه گیری:

فصل ششم از کتاب **ترمیم بتن آبادگران** بر اساس **EN1504** به ۱۱ مورد از اصول و روش‌های طراحی پرداخته است که در این مقاله اولین اصل یعنی حفاظت سازه در برابر نفوذ به طور کامل در ۸ روش متفاوت توضیح داده شد.

منبع:

۱. صنایع شیمی ساختمان آبادگران، ترمیم بتن براساس EN1504 عیب یابی، طراحی، اصول و کاربرد

انواع ترک بتن و روش های ترمیم و مقاوم سازی ترک ها به دلایل گوناگونی در سازه ها رخ می دهند. از انواع ترک ها می توان به سوسماری شدن (در اثر جمع شدگی لایه سطحی بتن)، جمع شدگی ناشی از خشک شدن، ترک های موازی با میلگرد ها به دلیل حفره های زیر میلگرد، ترک هایی که به وسیله بارهای خمشی، برشی و محوری که در اثر بارگذاری بیش حد رخ می دهند و نیز ترک دو نیم شدن که به وسیله نیروی های فشاری به وجود می آید اشاره نمود. افزون بر انواع گوناگون ترک ها و منشا آنها، ترک ها می توانند دارای مقدارهای گوناگونی آب باشند.

نگاشت ترک:

نگاشت ترک ها عموماً برای یک سازه کامل به وسیله بازرسی چشمی انجام می شود. این نگاشت شامل موقعیت، جهت و عرض ترک است که تمام این اطلاعات به نقشه سازه منتقل می گردد. انتخاب دقیق مدل ترمیم ترک به شدت از عواملی چون عرض ترک، حرکت آن و نیز شرایط ترک مانند اینکه آیا ترک دارای آب هست یا خیر و یا اینکه عرض ترک در طی زمان تغییر می کند یا خیر، تاثیرپذیر است. بنابراین این اطلاعات می بایست همواره در اطلاعات مربوط به نگاشت ترک موجود باشد.

عمق ترک:

در رابطه با عمق ترک، آگاهی از اینکه آیا عمق ترک در تمام ضخامت عضو ساختمانی گسترش یافته است یا خیر اهمیت دارد. تعیین عمق ترک می تواند با روش های مخرب مانند مغزه گیری یا غیر مخرب مانند انعکاس ضربه و روش فراصوت صورت پذیرد.

حرکت ترک:

اطلاعات حرکتی ترک بسیار مهم است زیرا روش ترمیم ترک و نیز مواد مناسب برای تزریق، بسته به حرکت های ممکن ترک انتخاب می شود. نشانه گذاری با گچ یا ملات دو روش ارزان قیمت برای اندازه گیری ترک در بلند مدت می باشد. به عنوان جایگزین نشانه های پیش ساخته نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد. از سایر روش های متداول در ثبت حرکت های بلند مدت ترک عبارت است از ترانسفورماتورهای متغیر خطی (LDVTs) که پیوسته حرکت های ترک را ثبت می کند.

رزین های تزریق شرکت آبادگران:

چسب تزریق اپوکسی ABAINJECT EP-110 یک چسب تزریق بدون حلال، بر پایه رزین اپوکسی اصلاح شده و هاردنر های ویژه می باشد. ویسکوزیته این چسب به گونه ای تنظیم شده است که تزریق آن درون ترک به خوبی انجام میگیرد و موجب اتصال مجدد ترک و بازسازی بتن می شود. این محصول مطابق با الزامات استاندارد EN 1504-5 و ASTM C881 و برای تزریق در ترک های با عرض بزرگتر از ۰,۳ میلیمتر طراحی شده است.

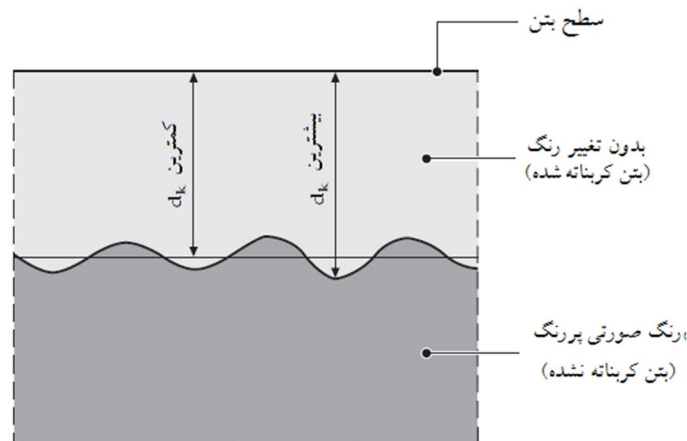
ABAINJECT EPW-210 چسب تزریق بدون حلال، بر پایه رزین اپوکسی اصلاح شده و هاردنر های ویژه میباشد. این محصول در سه ویسکوزیته زیاد، متوسط و کم تنظیم شده است که هر یک جهت تزریق در قسمت های مختلف ترک های خشک، مرطوب و یا پر از آب طراحی شده و موجب اتصال مجدد ترک و بازسازی بتن می شود. این محصول مطابق با الزامات استاندارد EN 1504-5 و ASTM C881 طراحی شده و مورد تایید می باشد. روش های تحلیلی تشخیص میزان خوردگی میلگرد ها در بتن: روش های زیر روش های تحلیلی برای تشخیص عوامل خوردگی میلگردها می باشد:

عمق کربناته شدن

- عمق کربناته شدن میتواند به روشهای بررسی گوناگونی تعیین شود. مانند:
- آزمون شناساگر فنل فتالین

- آزمون پراش پرتو X
- پرتوسنجی فرسرخ
- بازبینی تشخیص گرماسنجی
- تجزیه و تحلیل شیمیایی

متداولترین روش برای تعیین عمق کربناته شدن روش آزمون شناساگر فنل فتالئین میباشد که رنگ محلول فنل فتالئین در PH بالای ۹ از بیرنگ به صورتی تغییر میکند.



متداولترین روش برای تعیین عمق کربناته شدن روش آزمون شناساگر فنل فتالئین میباشد. اصول این روش بر این پایه استوار است که رنگ محلول فنل فتالئین در PH بالای ۹ از بی رنگ به صورتی تغییر می نماید. این مایع شناساگر بر روی سطح تازه شکسته شده بتن پاشیده شده و میزان استفاده آن بسته به میزان تخلخل بتن تغییر می نماید. مقدار محلول باید به قدری باشد که به طور خودکار پس از پاشیده شدن بر روی سطح بتن تازه شکسته شده که کربناته نشده یک رنگ صورتی پررنگ ایجاد نماید. نتیجتاً بتن کربناته شده به صورت بی رنگ باقی میماند. عمق کربناته شدن میتواند پس از تبخیر شدن حلال شد و خشک شدن سطح، به وسیله یک کولیس اندازه گیری شود.

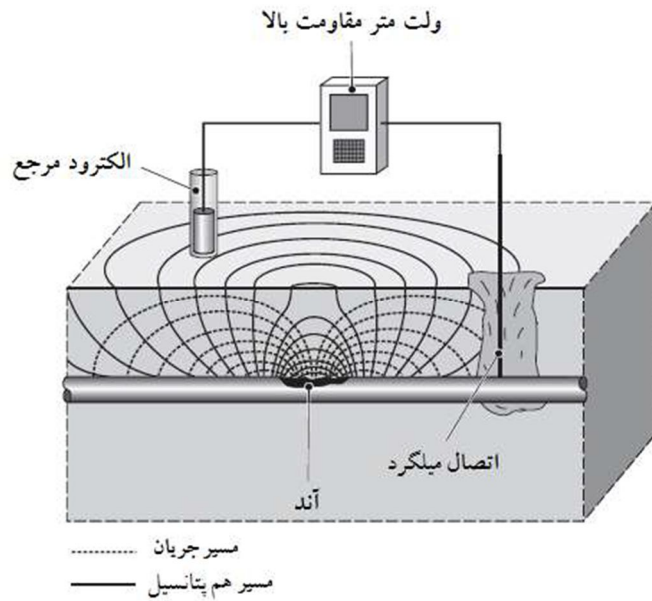
پروفیل کلرید

در این آزمون چگونگی توزیع کلرید و غلظت کلرید در پوشش بتن باید تعیین شود که در واقع مبنایست بر روی پودر بتن آزمون صورت پذیرد. پودر بتن به دو روش تهیه می گردد که روش اول مغزه بتنی از سازه گرفته شده سپس به قطعات کوچکی بریده شده و آسیاب میشود. در روش دوم تهیه پودر بتن به صورت مستقیم و با استفاده از یک دستگاه دریل است. معمولاً آزمونهای شیمیایی به روش تیتراسیون پتانسیومتری انجام میگردد، اما سایر روش ها مانند روش پتانسیومتری مستقیم یا روش فتومتری نیز میتوانند مورد استفاده قرار گیرند.

نکته قابل توجه این است که در رابطه با خوردگی میلگردهای فولاد، مقدار کل کلرید موجود در بتن لحاظ میشود و نه فقط مقدار کلریدهایی که قابل حل در آب هستند. مقدار کلریدهای قابل حل در آب به مراتب کمتر از مقدارهای کل کلریدهای بتن است و بنابراین خطر یک برآورد کم تر وجود دارد.

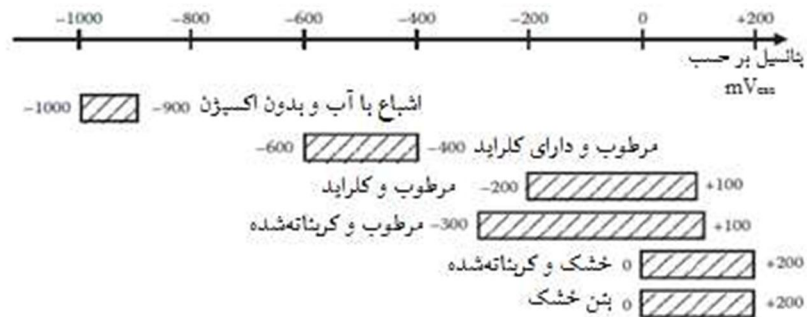
• نگاهت پتانسیل

نگاشت پتانسیل، روشی عملی به منظور دریافت سطوح گوناگون ریسک خوردگی فولاد در بتن مسلح میباشد. این روش برای خوردگی ناحیه های گسترده غیرانفعالی با افت پتانسیل کم ناشی از کربناته شدن پیشنهاد نمیشود. در این حفره ها، خوردگی منجر به پتانسیل منفی میلگرد در مقایسه با سطوح غیرانفعالی میشود که به وسیله نگاهت پتانسیل قابل شناسایی است.



چندین نوع الکتروود مرجع به صورت تجاری در دسترس است:

- مس اشباع یا مس سولفات
- جیوه سفید اشباع
- نقره یا نقره کلرید



پتانسیل میلگرد با افزایش مقدار کلرید و رطوبت بتن، کاهش مییابد. همچنین فرایندهای خوردگی در حال پیشرفت، پتانسیل الکتروشیمیایی میلگرد را کاهش میدهد. به طوری که تمامی فرایندها به جز کربناته شدن که خطر خوردگی میلگرد را افزایش میدهد. منجر به کاهش پتانسیل الکتروشیمیایی میشود. این افت پتانسیل الکتروشیمیایی با نگاشت پتانسیل قابل شناسایی می باشد. به منظور برنامه ریزی ترمیم کامل یک سازه بتنی علاوه بر نگاشت پتانسیل، روش های زیر نیز پیشنهاد میشود:

- بازرسی چشمی تمام سازه
- بازرسی حفره ها به منظور تعیین وضعیت خوردگی
- تعیین پوشش بتن
- تعیین عمق کربناته شدن
- تعیین پروفیل کلرید

مقاومت الکتریکی

مقاومت الکتریکی بتن بر اساس قابلیت انتقال بار یون ها در مایع نفوذکننده سنجیده میشود و مقاومت الکتریکی به دلایل زیر یک ویژگی مهم در بتن میباشد:

۱. مقاومت الکتریکی بتن اشباع شده با مقاومت در برابر نفوذ کلرید ارتباط دارد، بنابراین میتواند برای قضاوت در مورد ضریب انتشار کلرید استفاده شود.
۲. اگر میلگرد خورده شود، نرخ خوردگی به طور معکوس با مقاومت الکتریکی متناسب است.
۳. مقاومت الکتریکی را میتوان برای تعیین مقدار آب موجود در بتن استفاده نمود. در صورتی که داده های واسنجی شده از یک بتن ویژه موجود باشد.
۴. در زمان طراحی سامانه های حفاظت کاتدی، مقاومت الکتریکی بتن معمولاً به منظور انتخاب ملاتهای آند کافی و همچنین به منظور شبیه سازی توزیع جریان در بتن استفاده میشود.

میزان مقاومت الکتریکی بتن بر اساس قابلیت انتقال بار یونها در مایع نفوذکننده قابل تشخیص است. به دلیل تأثیر دو قطبی که در سطح تداخل بین الکترودها و بتن رخ میدهد، احتمال تأثیر بر مقدار به دست آمده وجود دارد. بنابراین، سنجش ها همواره باید با استفاده از جریان متناوب انجام شود. استفاده از سنجش فرکانس پایین تر از یک مقدار آستانه خاص یا استفاده از جریان مستقیم منجر به حصول بیش از حد مقاومت یا تفسیر غلط یا قرائت های بیپهوده شود.

مقدار جذب آب

مقدار آب قسمت های یک سازه ساختمانی، اطلاعات مهمی را در مورد وضعیت درزگیرها و همچنین انتقال آب به داخل سازه به دست میدهد. همچنین مقدار آب، اطلاعات ارزشمندی در مورد ریسک خوردگی و همچنین احتمال نفوذ کلریدها به دلیل انتقال آب میدهد. مقدار آب به طور مستقیم روی نمونه های گرفته شده از سازه و همچنین به طور غیرمستقیم با وسایل غیرمخرب قابل اندازه گیری است. (روش خشک و روش CM). تمام روش های غیرمخرب باید برای هر ماده ساختمانی به طور جداگانه واسنجی شود. همچنین جذب آب بر روی مغزه های گرفته شده از ساختمان و یا به طور غیرمخرب با استفاده از لوله های کارستن تعیین میشود.

روش خشک:

روش خشک، یک روش بررسی مخرب است که اجرای آن نسبتاً ساده است و مقدار دقیق آب ماده را به دست میدهد. به منظور تعیین مقدار دقیق آب موجود در یک ماده، نمونه ها باید از سازه استخراج شود. سپس نمونه ها توزین میشوند و پس از آن نمونه ها در دمای ۳۴۲ درجه سلسیوس تا رسیدن به یک وزن ثابت خشک میشوند. مقدار آب پس از فرایند خشک کردن با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$W_c = \frac{m_{wet} - m_{dry}}{m_{dry}}$$

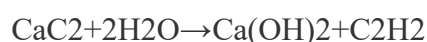
m_{dry}

m_{wet} : جرم نمونه بی درنگ پس از استخراج بر حسب گرم

m_{dry} : جرم نمونه بی درنگ پس از خشک کردن بر حسب گرم

روش CM:

روش CM، روش اندازه گیری ارزان و با اجرای ساده است که به طور معمول برای اندازه گیریهای درون کارگاهی استفاده میشود. ایده اولیه پشت این روش اندازه گیری این است که کربید و آب به سرعت با گاز استیلن واکنش میدهند؛ معادله شیمیایی زیر را ببینید:



مقدار گاز استیلن در طی واکنش شیمیایی با مقدار آب نمونه متناسب است. باید این نکته در نظر گرفته شود که در این آزمایش تنها مقدار آب آزاد سنجیده می شود و نه آب محصور شده از نظر شیمیایی. آزمون طی مرحله های زیر انجام میشود:

۱. شکستن نمونه و توزین مقدار تعریف شده از ماده شکسته شده، طی فرایند شکستن نباید رطوبت ماده تغییر کند.

۲. وارد کردن ماده شکسته شده و یک سرنگ به همراه گوی های فولادی را در یک بطری فولادی درپوش دار که هوا به داخل آن نفوذ نمی کند. بطری دارای یک نمایشگر فشار است.

۳. تکان دادن بطری برای حداقل ۱ بازه زمانی ۳ دقیقه ای به ازای هر ۲ دقیقه. پس از فرایند تکان دادن با استفاده از نمودارهایی که برای انواع گوناگون مواد ترسیم میشود، فشار داخل بطری و قابل ثبت است و رطوبت نیز قابل محاسبه است.

تجهیزات غیرمخرب:

روشهای آزمون غیرمخرب متنوعی در بازار موجود است که بر اساس اندازه گیری مقدار آب به طور غیرمستقیم، به عنوان نمونه از طریق اندازه گیری رسانایی یا ظرفیت مواد استوار است. رسانایی و همچنین ظرفیت معمولاً با یک دستگاه آنالوگ دو الکترودی به روش ونر اندازگیری میشوند. جریان الکتریکی معمولاً به وسیله دو الکتروود به ماده اعمال میشود و بر اساس منحنی های واسنجی از پیش ثبت شده، نمایشگر مقدار آب موجود در ماده را بر اساس مقاومت اندازه گیری شده نشان می دهد.

جذب آب

جذب آب مغزه های حفاری از طریق مستغرق نمودن کامل آنها در آب تعیین میشود و یا از طریق فروربردن مغزه ها از یک سطح (اصطلاحاً جذب آب اتمسفری) در آب و به ارتفاع یک سانتیمتر در امتداد وجه طولی مغزه ها (اصطلاحاً جذب آب موئینه) به منظور تعیین جذب آب، وزن مغزه ها باید در بازه های زمانی منظم تعیین شود و اختلاف جرم بدست آمده، میزان جذب آب را مشخص می نماید.

حس گر ها

به منظور اندازه گیری مقدار آب و همچنین توزیع آب در سطح مقطع یک المان سازه ای، از حس گرهایی میتوان استفاده نمود که به طور پیوسته مقاومت الکتریکی مواد را به جای مقدار آب موجود اندازه گیری محاسبه کنند. تعیین مقاومت الکتریکی با درستی بیشتری به نسبت اندازه گیری آب موجود در ماده انجام میشود. با استفاده از منحنی های واسنجی مناسب، مقاومت اندازه گیری شده به آب موجود در ماده قابل تعمیم است. روش های تحلیل سازه بتنی قبل از انجام عملیات مقاوم سازی اهمیت تحلیل سازه پیش از پردازش به موضوع مقاوم سازی آن بمنظور ارزیابی آسیب های احتمالی و نوع اقدام های بعدی، کاملاً واضح است. اندازه سازه و موقعیت جغرافیایی سازه، دو آیت اصلی در تعیین پیچیدگی مقاوم سازی بشمار می آید.

اصول کلی عیب یابی مطابق En 1504-9

۱. وضعیت ظاهری بتن
 ۲. آزمایش برای تعیین وضعیت سازه و میلگرد ها
 ۳. رویکرد طرح اصلی
 ۴. محیط زیست و آلودگی
 ۵. پیشینه سازه
 ۶. شرایط استفاده شده
 ۷. الزامات مورد نیاز برای استفاده در آینده
- برای یک بازرسی کامل، دو موضوع وضعیت سازه و هدف از ارزیابی دو امر ضروری است که می بایست مورد توجه ویژه قرار گیرد.

• رویه کلی و چارت ارزیابی سازه های بتنی از منظر خوردگی میلگرد به شرح تصویر زیر می باشد:



کیفیت بتن:

ظاهر بتن اگر در مقطع کاور بتن باشد و یا در هسته بتن، رفتار متفاوتی از آن مورد نظر مهندسین می‌باشد. محافظت از بتن و هسته بتن نقش بسزایی در تحمل مقاومت فشاری دارد.

معایب و حفره‌ها از جمله مواردی است که در معاینه و تعیین وضعیت بتن مورد بررسی قرار می‌گیرد و روش مشاهده چشمی و همچنین پالس امواج فراصوت به عنوان روش‌های رایج در این خصوص بشمار می‌آید. محاسبه فرمول‌ها و میزان کاهش واحد فرستنده و گیرنده صوتی، از جمله عوامل شناسایی وضعیت بتن بشمار می‌رود. شایان ذکر است روش‌های رایج با پالس امواج صوتی، در مواردی که دو طرف سازه از نظر چشمی قابل بررسی نیست، مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین با توجه به محدودیت‌های دسترسی، شیوه‌هایی از قبیل آندوسکوپ صلب با نور فلوروسنت و همچنین دستگاه انعکاس ضربه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

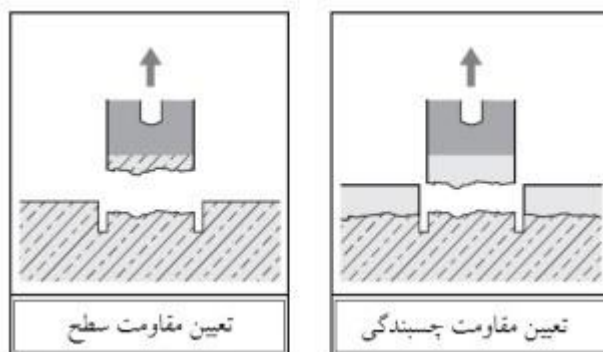
مقاومت فشاری:

مقاومت فشاری به عنوان اصلی‌ترین موضوع ظرفیت باربری در سازه مورد توجه می‌باشد. بررسی این پارامتر با مغزه‌گیری از بتن و تست مقاومت فشاری، براحتی قابل انجام است. همچنین شیوه‌های ۱- چکش ارتجاعی (DIN EN 12504-2:2012)، ۲- روش نیروی بیرون کشیدن (DIN) EN 12504-3:2005 ۳- سرعت پالس فراصوت (DIN)EN 12504-4:2004 به غیر از مغزه‌گیری و محاسبه مقاومت فشاری که روشی مستقیم بحساب می‌آید، روش چکش برجهنگی (چکش اشمیت) نیز روشی متداول (غیر مستقیم) برشمرده می‌شود. اجرای آزمون با چکش اشمیت در استاندارد (DIN) EN 12504-2:2002 تنظیم شده است. ایده ابتدایی این آزمون، اندازه‌گیری برجهنگی یک ضربه از یک جرم مشخص از سطح بتن می‌باشد.

روش مخرب دیگر، تعیین نیروی بیرون کشیدن پیچ‌های آهنی کاشته شده در سوراخ‌های حفاری شده در بتن می‌باشد که مطابق استاندارد (DIN) EN 12504-3: 2005 ارزیابی می‌گردد. رابطه نیروی بیرون کشیدن و مقاومت فشاری طبق (DIN) EN 13791:2008 بایستی انجام شود.

مقاومت سطح:

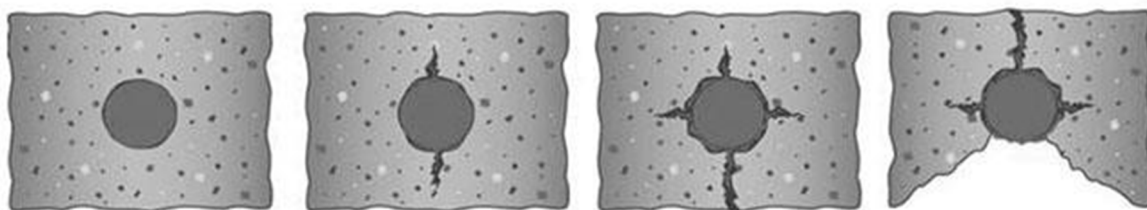
مقاومت سطح، یکی از مهمترین ویژگی های مواد در رابطه با سازه های بتنی موجود است که قادر به ارائه اطلاعات مناسبی درباره کیفیت ناحیه مرزی بتنی است. شکل زیر اختلاف بین مقاومت سطح بتن و مقاومت چسبندگی یک سامانه حفاظت سطحی با پوشش بر پایه ملات را بر روی بتن یا اجزای بنایی نشان می دهد. به بیان ساده در صورتی که گسیختگی در زیرآیند رخ بدهد، مقاومت چسبندگی پوشش اجرا شده بر روی بتن از مقاومت سطحی زیرآیند بتنی بیشتر می باشد.



عوامل موثر بر خوردگی میلگرد در سازه های بتنی

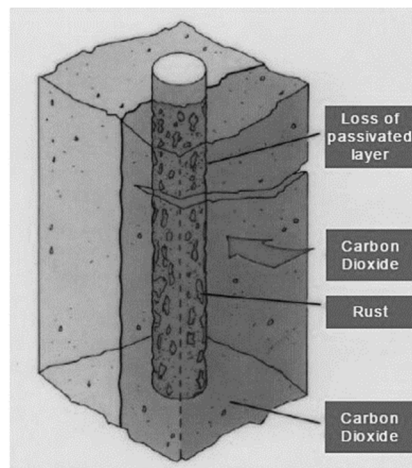
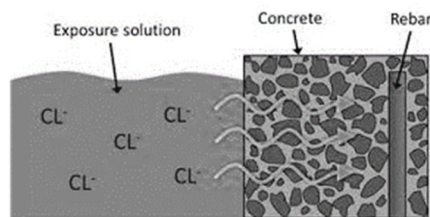
در ایران سالانه مخارج سنگینی جهت بازسازی سازه های بتن آرمه که در اثر نفوذ عوامل خوردنده صورت می گیرد هزینه می شود. خوردگی میلگرد های فولادی یکی از مهم ترین عوامل خرابی این سازه ها در مناطق خوردنده به شمار می آید. به دلیل تاثیرات منفی سولفات ها و یون های کلر، حفظ پایایی میلگرد ها دارای اهمیت خاصی است. افزایش حجم محصولات خوردگی نسبت به فولاد اولیه باعث ایجاد ترک در سازه شده و باعث تسریع کاهش عمر مفید سازه می شود. جهت کاهش این خسارت های جبران ناپذیر ناشی از پدیده خوردگی و افزایش دوام سازه ها باید تمهیداتی در نظر بگیریم تا مقاومت میلگرد ها را افزایش و تاثیرات عوامل خوردنده را کاهش دهیم.

به طور کلی به واکنش شیمیایی یا الکتروشیمیایی بین یک ماده، معمولاً یک فلز، و محیط اطراف آن خوردگی میگویند که به تغییر خواص ماده و فرسایش منجر خواهد شد. خوردگی میلگردها ممکن است بر اثر کربناته شدن، ترکیبات خوردنده مانند کلریدها یا جریانهای آزاد ایجاد شود.



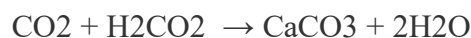
عوامل موثر بر خوردگی

عوامل موثر بر خوردگی میلگرد های فولادی در بتن آرمه را می توان به دو گروه تقسیم کرد. گروه اول عوامل بیرونی مانند دما، اکسیژن، حملات سولفات ها، رطوبت، قللیت و غلظت کلر را شامل می شود. گروه اول شرایط محیطی حاکم بر سازه بتن آرمه است. گروه دوم مربوط به عوامل درونی تاثیر گذار بر بتن و میلگردهای فولادی است. عواملی مانند مقاومت مخصوص بتن، کیفیت نامطلوب سیمان، ضخامت پوشش بتن روی میلگرد های فولادی، نسبت اختلاط اجزا بتن، افزودنی های بتن، عمل آوری و حمل بتن، نوع میلگرد های مصرفی و فاصله میلگرد تا سطح بتن در این گروه قرار می گیرند. به طور کلی دو علتی که سبب شروع فرآیند خوردگی میشود عبارتند از: ۱. اثر کربناسیون ۲. خوردگی کلرانه

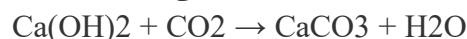


خوردگی ناشی از کربناته شدن بتن

بطور کلی در فرآیند کربناته شدن بتن گاز CO_2 از اتمسفر به داخل حفرات بتن نفوذ کرده و با ماتریس سیمانی وارد واکنش می‌گردد. در این واکنش گاز CO_2 از فاز گازی به کمک یک فاز آبی به فاز جامد تبدیل می‌شود:



بسیاری از محققین این فاز آبی را ملاک قرار نداده و واکنش کربناسیون را بصورت ذیل بیان می‌کنند:



همانطور که مشاهده می‌گردد در این فرآیند با تشکیل کربنات کلسیم (کلسیت) و ژل های غنی از سیلیس انتظار می رود مقدار pH بتن تا حدود ۸ پایین آید. از آنجائیکه لایه مقاوم بر روی میلگرد فولادی با کاهش pH بتن از بین خواهد رفت (معمولاً برای pH های زیر ۱۲ این لایه از بین خواهد رفت) بنابراین کربناسیون شرایط را برای خوردگی میلگردهای فولادی آماده یا تسریع می‌بخشد. بطور کلی پارامترهای موثر بر کربناسیون بتن عبارتند از: رطوبت نسبی، نوع سیمان، عمل آوری، غلظت گاز CO_2 ، دما، نوع و کیفیت بتن، نوع قرارگیری در معرض شرایط محیطی (شامل قرارگیری در معرض بارش یا قرارگیری در زیر سایبان)

براساس استاندارد EN 206-1 برای بتن ۴ رده رویارویی در نظر گرفته شده است که قرارگرفتن سازه بتنی در هر یک از این رده‌ها می تواند منجر به خوردگی ناشی از کربناسیون گردد.

- رده اول (XC1) عبارتست از مواجهه دائمی سطح بتن با شرایط کاملاً خشک (همچون سطوح داخلی ساختمان) یا کاملاً مرطوب و خیس (همچون قرارگیری در زیر آب)

- رده دوم (XC2) عبارتست از مواجهه سطح بتن با رطوبت برای مدت طولانی (همچون سیستم های زهکش آب باران)

- رده سوم (XC3) شامل مواجهه یا قرارگیری سطوح بتنی در آب و هوایی با رطوبت متوسط (بتن در سطوح خارجی قرارگرفته در زیر سایبان)

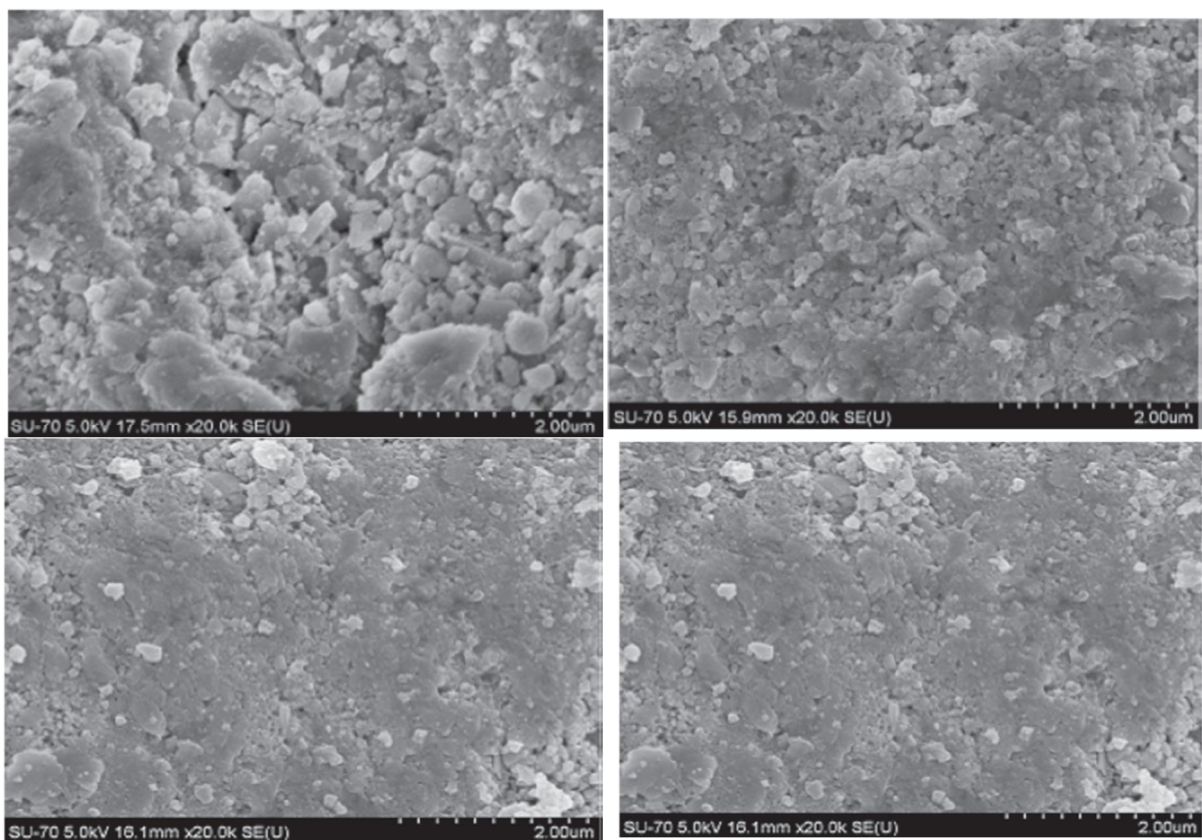
- رده چهارم (XC4) شامل مواجهه بتن یا سازه بتنی با سیکل های متناوب تر و خشک شدن (همچون سطوح بتنی خارجی در مواجهه با بارندگی)

بر اساس گزارش های موجود ناشی از تحقیقات گسترده درخصوص مشخصات مکانیکی و دوام بتن بعد از رخداد کربناسیون یادآوری شده است که کربناسیون موجب افزایش نفوذپذیری و انتشارپذیری، کاهش مشخصات مکانیکی، کاهش مقاومت

الکتریکی و افزایش نفوذ یون کلراید شده است. از طرفی کربناسیون موجب کاهش آستانه خوردگی و نهایتاً کاهش مقاومت در برابر خوردگی خواهد شد.

تاثیر کربناته شدن بر ریزساختار بتن

براساس مطالعات مختلف مشاهده شده است که در نتیجه کربناسیون خمیر سیمان، تخلخل خمیر سیمان دستخوش تغییراتی خواهد شد که مطالعات مختلف نشان داده این تغییرات یا در جهت کاهش تخلخل و کاهش اتصال و ارتباط میان حفرات خمیر سیمان خواهد بود (در خصوص خمیر سیمان پرتلند) و یا در جهت افزایش تخلخل کلی در مخلوط خمیر سیمان به همراه پوزولان خواهد بود (خمیر سیمان های آمیخته). بر اساس نتایج حاصل از تحقیقات موجود، مشخص شده است که گاز CO_2 قادر خواهد بود تا با پرتلندایت و ژل CSH واکنش داده و موجب کربناته شدن هر دو شود. در خصوص میزان مشارکت CSH در تشکیل کلسیت می توان مشاهده کرد که کربناته شدن CSH در مخلوط هایی که دارای CH اولیه کمتری هستند (همچون جایگزینی زیاد سرباره) بسیار بیشتر است.



تصاویر میکروسکوپ الکترونی از نمونه بتنی (a) کربناته نشده (b) کربناته شده تحت معرض گاز CO_2 با غلظت ۱۰ درصد (c) کربناته شده تحت معرض گاز CO_2 با غلظت ۲۰ درصد و (d) کربناته شده تحت معرض گاز CO_2 با غلظت ۵۰ درصد

خوردگی ناشی از کلرید

آب حاوی یون کلرید باعث جذب، انتشار و نفوذ کلر به داخل بتن میشود. هنگامی که بتن دائماً مستغرق است، کلریدها به میزان قابل توجهی در بتن نفوذ میکنند اما در غیاب اکسیژن، خوردگی صورت نمی گیرد. در مکانهایی که بتن در معرض تر و خشک شدن متوالی قرار دارد، کلریدها با روند رو به رشدی به داخل بتن نفوذ میکنند. بتن خشک آب شور را به خود جذب می کند و گاهی این عمل تا اشباع شدن کامل بتن ادامه پیدا می کند. همزمان با خشک شدن بتن جهت حرکت آب معکوس شده و آب از انتهای لوله های موئین تبخیر و به هوای محیط باز می گردد. نتیجه این فعل انفعالات تبخیر آب خالص و افزایش غلظت کلرید در آب باقی مانده در سطح بتن است. میزان تجمع نمک محلول در نزدیکی سطح بتن به مراتب بیشتر از داخل آن است. با توجه

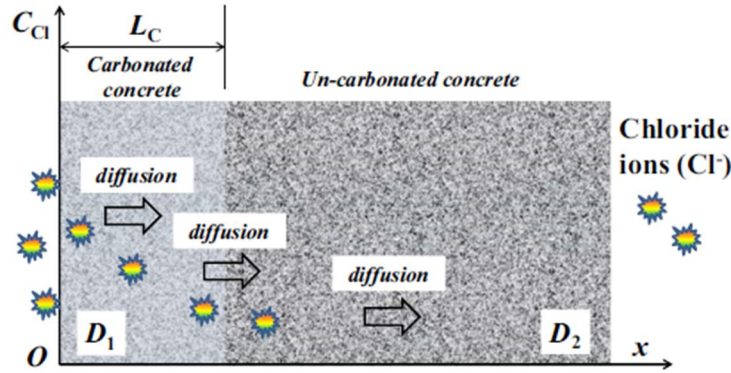
به رطوبت نسبی خارجی و طول دوره زمانی خشک شدن، ممکن است بخش زیادی از آب سطح بتن تبخیر شود به طوری که آب باقی مانده در داخل بتن اشباع شده و نمک اضافی به شکل بلوری رسوب کند. به این ترتیب مشاهده می‌شود که آب به خارج و نمک به سمت داخل بتن حرکت می‌کند.

شروع خوردگی و مقادیر آستانه یون کلرید

در چرخه بعدی که بتن مجدداً با آب حاوی یون کلرید تماس پیدا میکند، نمکهای محلول بیشتری از خلل و فرج موئینه به داخل بتن نفوذ میکند. میزان دقیق حرکت نمک در بتن به طول دوره تر و خشک شدن بستگی دارد. باید به خاطر داشت که فرآیند خیس شدن به سرعت صورت می‌پذیرد حال آنکه خشک شدن مستلزم صرف زمان بسیار بیشتری است و حتی گاهی بخشهای داخلی بتن هرگز خشک نمیشوند. همچنین باید توجه داشت که انتشار یونها در طول دورههای مرطوب بودن به نسب آهسته تر است.

بررسی تاثیر همزمان رخداد کربناسیون و نفوذ یون کلراید بر خوردگی سازه های بتنی

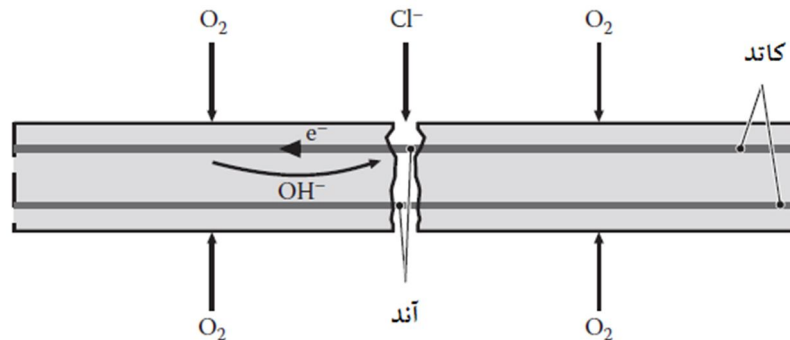
همواره برای برخی از سازه ها با شرایط خاص، همچون سازه هایی که در ناحیه اتمسفریک در محیط های دریایی واقع شده اند، کربناسیون و نفوذ یون کلراید به داخل بتن ممکن است بصورت همزمان یا متوالی صورت پذیرد. مطالعات مختلف نشان داده است که اصولاً این گونه سازه ها باید برای مکانیزم همزمان کربناته شدن و نفوذ یونهای کلراید بررسی و طراحی شوند زیرا که عملاً مطالعه مستقل هر یک از این پدیده ها منجر به نتایجی غیر دقیق خواهد شد. بطور کلی ترکیب کربناسیون و یون کلراید در عمل در دو حالت رویارویی مشاهده خواهد شد: (۱) یونهای کلراید موجود در هوا (سازه های در معرض یخبندان). در حالت اول قطرات آب واقع در محیط های دریایی) و (۲) رویارویی بتن با نمک های یخ زدا (سازه های در معرض یخبندان). در حالت اول قطرات آب آلوده به یون کلراید که از آب دریا یا منبع دیگری ناشی می شوند بر روی سطوح بتنی مواجه با محیط آلوده به گاز CO₂ قرار می گیرند. در حالت دوم منبع یون کلراید نمک های یخ زدا هستند که در فصول سرد سال بر روی سازه های بتنی درگیر با یخبندان ریخته می شوند و طبیعتاً سطح بتن در مواجهه همزمان با یون کلراید و گاز CO₂ موجود در اتمسفر قرار می گیرد. اگرچه گزارش نمودند که بتن در ناحیه جذر و مد، آنجا که بتن دارای رطوبت بالایی می باشد، همچنان در معرض نفوذ شدید یون کلراید و کربناسیون می باشد. شواهد مختلفی حاکی از آن است که همزمانی کربناسیون و نفوذ یون های کلراید منجر به تسریع خوردگی میلگردهای مدفون در سازه های بتنی خواهد شد. بطور کلی عملکرد بتن در برابر تهاجم همزمان یون های کلراید و کربناته شدن بتن بسیار پیچیده می باشد. کربناته شدن بتن به طرز قابل ملاحظه ای قادر خواهد بود تا نفوذ یون های کلراید موجود در هوا را تحت تاثیر قرار دهد. به همین دلیل بررسی تاثیر همزمان این دو پدیده از اهمیت بسزایی برخوردار خواهد بود. بر اساس مطالعات مختلفی اثبات شده است که استفاده از خاکستر بادی در سیمان و بتن منجر به افزایش تخلخل خمیر سیمان در سنین اولیه خواهد شد و همین مسئله منجر به کاهش مقاومت بتن در برابر نفوذ یون های کلراید و گاز CO₂ خواهد شد. براساس مطالعات بر روی مطالعه همزمان نفوذ یون های کلراید و کربناته شدن بتن گزارش شد که: (۱) کربناسیون بتن در حالت کلی به دلیل تاثیرات ترکیب شده ناشی از پر شدن حفرات موئینه، افزایش رطوبت در داخل حفرات و تغییر در جذب موئینه یون کلراید منجر به افزایش انتشارپذیری یون های کلراید به داخل بتن خواهد شد؛ (۲) تاثیر کربناسیون بر انتشارپذیری یون های کلراید برای شرایط رطوبتی متوسط و کم از حفرات موئینه تعیین کننده خواهد بود. با کربناته شدن بتن، کربنات کلسیم درون حفرات موئینه بتن رسوب کرده و تخلخل کلی کاهش می یابد اما موجب افزایش حفرات موئینه با اندازه بزرگتر خواهد شد و همین موجب افزایش نفوذ و انتشار اکسیژن و یون کلراید به داخل بتن کربناته شده خواهد شد. در این حالت هدایت الکتریکی کاهش یافته و نفوذپذیری در برابر گاز افزایش خواهد یافت. از طرف دیگر کربناسیون موجب کاهش ظرفیت جذب یون های کلراید خواهد شد زیرا در این حالت جاذب های یون کلراید به همراه ژل CSH و نمک فریدل مصرف خواهند شد. بنابراین با شروع کربناسیون از سطح بتن، یون های کلراید مقید شده آزاد شده و ایجاد یک گرادیان غلظتی در سطح بتن و نهایتاً افزایش نفوذ و انتشار یون ها به داخل بتن را در بر خواهند داشت. اگرچه در حین این فرآیند به واسطه کربناته شدن پرتلندایت و ژل CSH مقداری آب درون حفرات آزاد شده و میزان رطوبت درون حفرات بالا خواهد رفت. بنابراین مطابق شکل جهت مدل سازی همواره خصوصیات دولایه کربناته شده و کربناته نشده از یکدیگر تمیز داده شده و رفتار هر یک مستقلاً مورد مطالعه قرار می گیرد.



تصویر شماتیک از مکانیزم نفوذ و انتشار یونهای کلراید در بتن کربناته شده

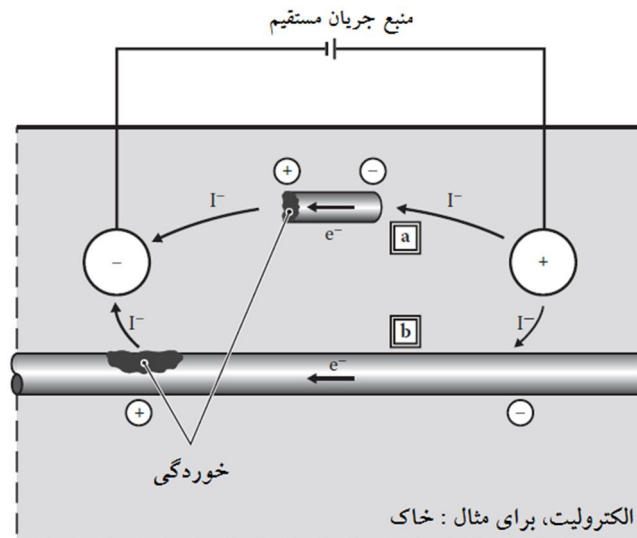
خوردگی در ترکها

مواد مهاجم مانند کلریدها میتوانند از طریق ترکها به طور مستقیم و بسیار سریع به داخل بتن نفوذ نمایند. تجربه نشان داده است که خوردگی میلگرد با سرعت زیاد و در ابعاد گستردهای شروع میشود، به ویژه وقتی که ترکهای عمیق به سطح میلگرد برسند یا از آن عبور کنند. به دلیل نبود لایه انفعالی روی میلگرد در محل ترک، اغلب ماکروسلهای بزرگ با آندهای کوچک در محل ترک و کاتدهای بزرگ در ناحیه هایی بین ترکها ایجاد می شوند.



خوردگی ناشی از جریانهای سرگردان

افزون بر کربناته شدن یا ورود کلرید، جریانهای سرگردان نیز ممکن است باعث ایجاد خوردگی شوند. این نوع خوردگی فقط در موارد بسیار استثنایی اتفاق می افتد، جایی که میدانهای جریان الکتریکی در زمین فعال بوده و اندازه گیری های معمول پایه برای جلوگیری از خوردگی جریان سرگردان، به صورت اشتباه یا ناقص انجام شده اند. جریانهای سرگردان همیشه تلاش می کنند تا مسیرهای کوتاه را به جای زمین، با استفاده از فلزات هادی (مانند میلگردهای فولادی) به دست آورند. ناحیه های که از آن جریان به فلز وارد می شود به صورت کاتدی محافظت شده است، اما ناحیه های که از آن جریان از فلز خارج شده و به زمین بازمی گردد به صورت آندی باردار شده و مستعد خوردگی است. هرگاه توضیح مشکلات خوردگی میلگرد در زمین دشوار است و وقتی منابع قوی جریان مستقیم یا متناوب وجود دارد، جریانهای سرگردان باید به عنوان دلیل خوردگی میلگرد بررسی شوند.



تعدادی از روش های محافظت از میلگردهای فولادی

روشهای مختلفی برای محافظت مستقیم میلگرد های فولادی از پدیده خوردگی وجود دارد که به دو گروه مکانیکی و الکتروشیمیایی تقسیم می شوند که در این تحقیق به تعدادی از آنها می پردازیم.

میلگرد با پوشش اپوکسی

یکی از روش های شناخته شده برای محافظت از میلگرد های فولادی استفاده از پوشش های اپوکسی است. پوشش اپوکسی مانند یک جدا کننده فیزیکی عمل می کند و مانع از نفوذ اکسیژن و کلریدها و دیگر عوامل خورنده به سطح میلگرد های فولاد می شود. میلگرد فولادی با پوشش اپوکسی نسبت به میلگرد های ضد زنگ ارزان تر هستند و در محیط های خورنده مقاومت بیشتری دارند. این میلگرد ها به دلیل داشتن پوشش فیزیکی در مقابل نمک های یخ زدا و آب دریا نیز مقاوم هستند، بنابراین در ساخت سازه های دریایی نیز کاربرد دارند.

میلگرد هایی با پوشش زینک ریچ

پوشش های زینک ریچ مانند لایه ای بر روی میلگرد قرار می گیرند. پوشش های زینک ریچ مانند سدی در برابر خوردگی هستند. زینک ریچ نسبت به پوشش های اپوکسی گران تر هستند ولی با توجه به مزایای آن نظیر مقاوم تر بودن نسبت به خوردگی و طول عمر و دوام بیشتر ارزش پرداخت هزینه بیشتر را دارند. بر عکس روش رنگ آمیزی که در کوتاه مدت کاربرد دارد، این روش برای بهره برداری های بلند مدت استفاده می شود. بهتر است که میلگرد های فولادی با پوشش زینک ریچ در محیط هایی با شرایط خوردگی شدید که احتمال ضربه و خراش وجود دارد استفاده نشود.

ترمیم بتن ، ملاحظات و راهکار ها

در اکثر روش های تعمیر و نگهداری اولین قدم ، آماده سازی سطح بتن می باشد. هدف اولیه از انجام آماده سازی برقراری پیوند مستحکم و بادوام بین مواد تعمیراتی و سطح بتن است. سطح بتن پس از عملیات آماده سازی باید سالم، تمیز، زیر و خشک باشد. آماده سازی سطح باید تا جایی ادامه پیدا کند که استحکام مورد نیاز سطح حاصل شود و از چسبندگی مناسب و بادوام بین مواد ترمیمی و سطح اطمینان یافت. حداقل استحکام سطح باید 10^{-2} N/mm^2 یا $1,5 \text{ N/mm}^2$ میانگین مقدار تمام نقاط باشد.

آماده سازی سطح بتن:

روش آماده سازی سطحاز مسائل حائز اهمیت در ترمیم سازه می باشد که با توجه به نوع آسیب ، محل قرار گیری و نوع المان انتخاب می شود تا بهترین عملکرد را داشته باشد.

از پرکاربردترین روش های آماده سازی که بر اساس استاندارد (2001) RL-SiB مورد استفاده قرار می گیرد می توان به ضربه مکانیکی، ساب زدن، شات بلاست و زدودن فرزکاری و... اشاره نمود.

بسته به شرایط محیطی مراحل آماده سازی سطح بتن به شرح ذیل می باشد:

- تمیز کردن سطح به صورت خشک (جاروب کردن سطح)

- حذف لایه های نازک که مقاومت ضعیفی دارند (مانند دوغاب های سیمانی)
- حذف بتن یا ملات
- حذف پوشش های قدیمی یا اشباع سازی
- حذف زنگ زدایی که بر روی استحکامات وجود دارند

آماده سازی سطح با هدف دستیابی به سطحی با ویژگی های زیر انجام می گیرد:

- عدم وجود شن، ماسه و گچ بر روی سطح
- عدم ذرات سست و کم مقاومت
- عدم وجود جدا شدگی و رشد ترک موازی روی سطح
- عاری بودن سطح از گروت (مگر توصیه شده از طرف طراح باشد استفاده از گروت مجاز است)
- دارا بودن سطح از زبری کافی
- عاری بودن از هر گونه مواد روغنی، گرد لاستیک، خزه و هر نوع پوشش گیاهی
- در نهایت حذف حفره ها و نقص هایی که به درستی ترمیم نمی شوند.

جایگزینی بتن آسیب دیده:

در زمان فرآیند ترمیم بسته به شرایط بتن سازه یا آلودگی آن به کلرید ها هم چنین عمق کربناته شدن که معمولا به دلیل خوردگی بتن یا میلگرد های آسیب دیده رخ می دهد، مقدار مشخصی از بتن برداشته می شود که این قسمت ها باید با مواد مناسبی جایگزین شوند.

قبل از جایگزینی قسمت های آسیب دیده با مواد ترمیمی پوشش های حفاظتی از خوردگی باید روی میلگرد ها اعمال شود. پوشش های حفاظت از خوردگی می تواند از رزین های اپوکسی و یا مواد سیمانی تشکیل شده باشند. مواد پایه اپوکسی چندان توصیه نمی شوند زیرا این سامانه ها محافظ های غیر فعالی هستند که باید اطراف میلگرد را کاملا بپوشانند که اطمینان از چنین شرایطی به آسانی ممکن نیست.

پوشش های ضد خوردگی پایه سیمانی معمولا با پرایمر ترکیب می شوند و بدون هیچ محدودیتی قابل استفاده می باشند. زیرا این مواد با ماهیت قلیایی خود از فولاد محافظت می کنند و نیازمند سدی یکپارچه در اطراف فولاد مانند سامانه های اپوکسی نیستند.

به طور کلی از مواد زیر می توان برای تعمیر بتن استفاده نمود:

- ملات سیمانی یا بتنی (CC)
- ملات سیمانی یا بتن پاششی (SPCC)
- ملات سیمانی یا بتن اصلاح شده با پلیمر (PCC)
- ملات های پلیمری (PC)

بتن و بتن پاششی:

اگر ضخامت بتن ترمیمی مورد نیاز زیاد باشد معمولا از بتن یا بتن پاششی برای ترمیم سازه های بتنی استفاده می شود. کمترین اندازه سنگ دانه در این روش 8 mm بوده و ضخامت لایه های اجرا شده حداقل 30 mm در بتن پاششی و 50 mm در بتن قالبی می باشد. بتن قالبی یا درجا در سطح های افقی (معمولا بدون استفاده از قالب) و سطح های عمودی (با استفاده از قالب) کاربرد دارد. از بتن قالبی نمی توان در سطح های بالاسری استفاده نمود در این مواقع از بتن پاششی برای ترمیم استفاده می شود. یکی از جنبه های بسیار مهم بتن ریزی در ادامه یک سازه موجود، وجود چسبندگی بین بتن جدید و قدیم است. چسبندگی مورد نظر از طریق ایجاد یک سطح زبر و خشن به وسیله شات بلاست، سایش ماشینی و هیدرو بلاست، و تعبیه نمودن میله های مهار اضافی بین بتن جدید و بتن قدیمی تامین می شود.

ملات سیمانی یا بتنی:

بیشینه اندازه ذرات برای ملات های سیمانی به ۴ میلیمتر محدود می شود. و لایه های اجرا شده ضخامتی بین ۲۰ تا ۴۰ میلیمتر دارند. ملات های سیمانی معمولاً برای ایجاد لایه های نازک تری در مقایسه با لایه های بتنی به کار می روند و اعمال آنها می تواند با استفاده از قالب یا اسپری انجام شود.

ملات های اصلاح شده با پلیمر PCC یا SPCC:

در صورتی که نیاز به اسپری ملات سیمانی باشد، پلیمرهایی به مخلوط خشک اضافه شده که به این ترکیب ملات سیمانی یا بتن اصلاح شده با پلیمر (SPCC) گفته می شود. این ملات ها می توانند با دست اجرا و یا حتی اسپری شوند که روش اجرا با در نظر گرفتن جهت سطح انتخاب می شود.

ملات های اصلاح شده با پلیمر به دو نوع:

۱- بتن سیمان پلیمری (PCC)

۲- بتن سیمانی قابل پاشش (SPCC)

سطح های افقی یا سطح هایی که شیب بسیار ملایمی دارند تنها به روش PCC ترمیم می شوند. و از SPCC نمی توان در این سطح ها استفاده شوند زیرا به دلیل استفاده از دستگاه پاشش مقدار مشخصی از ملات از سطح پس زده (برگشت مصالح) و موجب اتلاف آن می شود و نمی توان مصالح دور ریز را به ملات جهت استفاده برگرداند.

در سطوح عمودی یا سقف ها، اجرای SPCC روش عملی است زیرا برگشت مصالح همیشه رو به پایین بوده و به داخل ملات وارد نمی شود. معمولاً مقدار پلیمر در مخلوط خشک PCC بین ۰.۵ تا ۵ درصد می باشد. پلیمر ها معمولاً توسط سازنده به مخلوط خشک افزوده می شوند و در زمان فرآیند هیدراسیون، دیسپرسون خشک شده و یک شبکه پلیمری ایجاد می کنند که در تمام خلل و فرج ساختار بتن به صورت یکسان و همگن پخش می شود.

از دلایل اصلی برای استفاده از پلیمر در مقایسه با ملات های سیمانی خالص می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- افزایش چسبندگی به سطح
- کارایی بیشتر
- افزایش حفظ آب
- افزایش مقاومت مکانیکی و کاهش مدول یانگ (خطر جمع شدگی ترک ها و جداسازی را کاهش می دهد)

ملات های پلیمری (PC):

از مواد ترمیمی پلیمری زمانی استفاده می شود که نیاز به اجرای لایه ای بسیار نازک باشد و امکان هیچ گونه عمل آوری وجود نداشته باشد و مواد ترمیمی پس از اجرا سریعاً خشک شود.

نکته حائز اهمیت در ملات های پلیمری استفاده از پرایمر و ریزدانه پیش و پس از اجرای PCC می باشد. استفاده از پرایمر پیش از اجرای ملات پلیمری با هدف افزایش چسبندگی به سطح و همچنین بستن حفرات موجود در سطح برای محدود کردن جذب آب از ملات تازه صورت می پذیرد. همچنین اجرای ریز دانه پس از ترمیم با استفاده از ملات پلیمری دستیابی به یک سطح صاف می باشد. بررسی آسیب های بتن در اثر عوامل مهاجم مکانیکی، شیمیایی و فیزیکی سازه های بتنی در طول فرآیند بهره برداری و ساخت دچار آسیب و تخریب می شوند. با توجه به حجم بالا و انبوه ساخت و سازها در بخش های مختلف و سرمایه گذاری های عظیم در ساخت فراسازه ها و همچنین افزایش چشمگیر هزینه ها جهت ترمیم و محافظت از سازه های بتنی، توسعه گسترده روش ها و مواد نوین برای ترمیم و محافظت سازه ها باعث شده تا نیاز به استاندارد ها احساس گردد.

استاندارد EN1504 اصول و رهنمودهایی برای حفاظت از سازه های بتنی آسیب دیده و یا در معرض آسیب دیدگی را ارائه می دهد. طبق استاندارد EN1504-9 مراحل پروژه های تعمیراتی شامل ارزیابی، برنامه ریزی، طراحی و کنترل کیفیت می باشند. جهت حفاظت و ترمیم سازه ها و جلوگیری از پیشروی آنها عموماً می بایست به طور جداگانه خسارت ها، آسیب های بتن و همچنین خسارت ها و آسیب های ناشی از خوردگی میلگرد، با اهداف زیر ارزیابی گردند:

- شناسایی دلیل یا دلایل خرابی ها

- تشخیص اندازه خرابی ها
- تشخیص محلی که میتوان انتظار داشت خرابی ها در بخشی از سازه که در حال حاضر تحت تاثیر هستند، گسترش یابند.
- ارزیابی اثرات خرابی ها در امنیت ساختار
- شناسایی همه محل هایی که ممکن است نیاز به حفاظت یا تعمیر باشد.

بر اساس استاندارد EN1504 انواع خرابی ها و آسیب های بتن را می توان به سه گروه مکانیکی ، شیمیایی و فیزیکی تقسیم کرد :

۱-تهاجم مکانیکی:

تهاجم مکانیکی به سبب خوردگی، خستگی مواد و مصالح، نیروی اضافه بار، جابه جایی مانند نشست، از هم گسیختگی یا ارتعاش رخ می دهد. تهاجم مکانیکی در پروژه های کفسازی ها و راه ها، در اثر حرکت پیاده ها و وسایل نقلیه اتفاق می افتد. همچنین مخازن، سازه های آبراه یا راههای غلطک خورده نیز در معرض این حملات قرار می گیرند. مقاومت بتن در برابر تهاجم مکانیکی به طور عمده با اندازه و نوع سنگدانه ها ، همچنین کیفیت اجرا کنترل می شود.



۲-تهاجم شیمیایی:

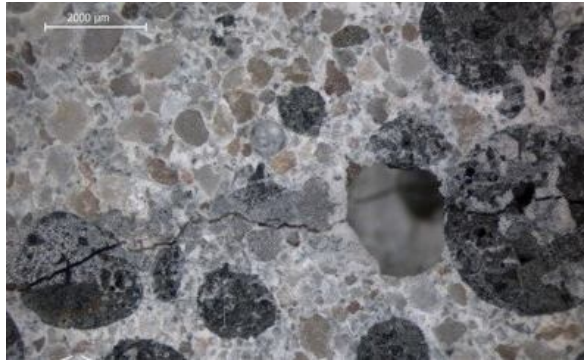
تهاجم شیمیایی در بتن به واسطه عوامل شیمیایی گوناگون ایجاد می شود ، جزء چسباننده بتن و یا سنگدانه ها مورد حمله و تهاجم مواد شیمیایی قرار می گیرند و باعث بروز مشکلات زیر خواهد شد:

۱-۲ تهاجم انحلالی:

تهاجم انحلالی به واسطه اسیدها در بتن ایجاد می شود ، اسید اجزای تشکیل دهنده بتن را حل می کند و با فرآورده های قابل انحلال تشکیل محلول می دهد، از این رو بتن از همان سطحی که با اسید واکنش داده است مقاومت خود را از دست می - دهد. ضخامت قطعه بتنی کاهش می یابد و با جدا شدن ماسه، سطح بتن به مرور زمان از بین می رود. سرعت خوردگی بتن به غلظت، مقدار اسید و همچنین کیفیت بتن بستگی دارد. اسیدها ممکن است به صورت اسید کربنیک یا اسید سولفوریک در سازه های بتنی صنایع شیمیایی، پساب ها یا در موارد خاص در آب طبیعی موجود باشند.

۲-۲ تهاجم انبساطی:

تهاجم انبساطی در اثر واکنش هایی در درون بتن انجام می شود که در نتیجه آنها، فرآورده های واکنش با حجم بالا تشکیل می شود که باعث تخریب بتن می گردد . این تخریب ها می تواند از نوع **تهاجم سولفاتی** که با نفوذ یون های کلر و سولفات به داخل بتن و انجام واکنش های شیمیایی صورت پذیرد که علاوه بر تخریب بتن با بروز پدیده خوردگی بر روی میلگردها ، اثرات منفی بر کیفیت، دوام و پایایی سازه ای بتنی بروز می دهند.



واکنش قلیایی-سیلیسی: در این واکنش در بین سنگدانه های سیلیکاتی و محلول های قلیایی در بتن رخ می دهد، ماسه و سنگدانه ها در بتن در برابر محیط های قلیایی با Ph های بالا به مقدار کافی پایدار نمی باشد و ذرات و مشتقات اسید سیلیسیک موجود در سنگدانه ها با قلیا سیمان وارد واکنش شده، این امر سبب انبساط بتن شده و در نهایت منجر به ترک خوردگی، کاهش ایمنی و عمر و مقاومت بتن می گردد.



تهاجم اسیدی زیستی:

تهاجم اسیدی زیستی معمولا در سازه های فاضلابی یا لوله های انتقال پساب اتفاق می افتد. یکی از شدیدترین حالت ها که به صورت بی هوازی اتفاق می افتد، تهاجم سولفوریک اسید حاصل از فعالیت های زیستی است. میکروارگانیسم ها به دلیل تولید اسید سولفوریک نقش بسیار مهمی را در این نوع خوردگی بازی می کنند. سرعت خوردگی معمولا به شدت بالا و به حدود ۳ سانتیمتر در سال می رسد، این تهاجم سولفوریک اسید زیستی معمولا در ناحیه های روی سطح پساب در لوله ها رخ می دهد، برای ترمیم این گونه از آسیب ها باید دانست که تهاجم اسیدی تا عمق زیادی در داخل بتن نفوذ کرده است. بنابراین لایه های رویی بتنی را باید برداشت و به جایی رسید که مقاومت به دلیل تماس با اسید کاهش پیدا نکرده باشد. هنگامی که شرایط محیطی سازه قابل بهبود نیست، چسبندگی مناسب و بادوام به لایه زیرین مورد نیاز است، در چنین مواردی مواد مناسب برای ترمیم باید با دقت انتخاب شوند چرا که باید در برابر اسید مقاوم باشند.



۳-تهاجم فیزیکی

طبق استاندارد EN1504 تنهاجم فیزیکی در اثر سیکل ذوب و یخبندان، اثرات دمایی، تبلور نمک، جمع شدگی، سایش و فرسایش رخ می‌دهد. که این امر منجر به ترک خوردگی و یا پوسته پوسته شدگی در بتن می‌گردد.



بتن ریزی و عمل آوری بتن در هوای سرد

شرایط آب و هوایی در محل پروژه نظیر سرد بودن یا گرم بودن هوا ، وزش باد و نیز میزان رطوبت و خشکی ، ممکن است شرایط توصیه شده ای را که بتن در آن حالت به بهترین مقاومت خود میرسد تحت تاثیر قرار دهد. عملیات بتن ریزی را میتوان در آب و هوای سرد هم اجرا کرد ولی حتما باید اقدامات احتیاطی لازم را جهت کاهش و از بین بردن اثرات منفی آب و هوایی به اجرا گذاشت.

در حال حاضر انستیتو بتن آمریکا ویژگی های آب و هوای سرد را در هنگام بتن ریزی به این شکل تعریف مینماید:
یک دوره زمانی که در آن بیشتر از ۳ روز دمای هوای محیط به کمتر از ۵ درجه سانتیگراد برسد و نیز به مدت ۱۲ ساعت کمتر از ۱۰ درجه باقی بماند.

چنین شرایطی به شکل بالقوه این امکان را ایجاد میکند که بتن قبل از عمل آوری و رسیدن به حداقل کیفیت لازم دچار یخ زدگی شود. تمام انواع بتن بعد از اجرا در محل پروژه باید به روش هایی از یخ زدگی محافظت بشوند تا به حداقل مقاومت فشاری 3.5 مگاپاسکال برسند. مقاومت مذکور معمولا بعد از ۲۴ ساعت از زمان بتن ریزی به دست می آید. هنگامی که بتن تازه است و هنوز به حداقل مقاومت فشاری لازم نرسیده است در صورتی که دچار یخ زدگی شود ، تشکیل یخ و افت کیفیت خمیر سیمان باعث ایجاد اختلال در ماتریکس بتن میشود . پدیده مذکور مقاومت بتن را به شکل آشکار و غیر قابل جبرانی کاهش میدهد. یخ زدن زود هنگام میتواند تا ۵۰٪ مقاومت فشاری بتن را کاهش دهد. اقدامات محافظتی در برابر سرما باید تا زمانی که بتن به حداقل مقاومت 3.5 مگاپاسکال برسد ادامه پیدا کند.

در صورت احتمال فرا رسیدن جبهه یخبندان پس از بتن ریزی، باید از مواد ضد یخ استفاده نمود. ضد یخی برای بتن مناسب می‌باشد که علاوه بر کاهش نقطه انجماد آب اضافی داخل بتن به عنوان یک زودگیر و افزایش دهنده مقاومت بتن در سنین اولیه عمل نماید. حال باید توجه نمود در پروژه هایی که در زمان بهره برداری امکان خوردگی وجود دارد، بتن‌های پیش تنیده، بتن‌هایی که در آن‌ها از آلومینیوم و گالوانیزه استفاده شده است، بتن‌هایی که در تماس با آب یا خاک سولفاته هستند و یا بتن‌هایی که سنگدانه‌های آن‌ها مستعد واکنش قلیایی هستند به هیچ وجه از ضد یخ های کلر دار نمی‌توان استفاده نمود. بلکه بایستی از ضد یخ‌هایی استفاده شود که بر پایه دیگر مواد (مثل نیترات) ساخته شده باشد. با توجه به توضیحات ارائه شده **شرکت دانش بنیان صنایع شیمی ساختمان آبادگران** گونه جدیدی از **ضد یخ بتن را با نام تجاری E.M.ANTIFREEZE-C** برای شرایط بتنریزی در سرمای شدید طراحی و تولید نموده است.



اگر دمای هوا هنگام بتن ریزی کمتر از ۵ درجه سانتیگراد باشد و دمای هوا در ۲۴ ساعت نخست پس از اجرای بتن ریزی سرد باقی بماند و یا با یخبندان مواجه باشیم باید نکات ذیل را در نظر گرفته و به اجرا گذاشت.

الف) دمای اولیه بتن آماده :

در آب و هوای سرد شاید لازم باشد تا یک یا بعضی از اجزای مخلوط بتن را گرم کنیم تا دمای بتن در محل پروژه به حد قابل قبولی برسد. استفاده از سیمان گرم یا گرم کردن سیمان به دلیل ظرفیت گرمایی کم نمی‌تواند گزینه مطلوبی باشد. معمولاً استفاده از آب گرم توصیه می‌گردد.

ب) اقدامات حفاظتی هنگامی که بتن ریزی به پایان رسیده است :

قرار گرفتن در هوای سرد مدت زمان لازم برای تکمیل فرآیند هیدراسیون و رسیدن به حداقل مقاومت را افزایش میدهد. بسته به دما و شرایط محیط کار ممکن است بعضی اقدامات نظیر استفاده از بادگیرها، پوشاندن کامل محوطه کارگاه و یا استفاده از وسایل گرمایشی مورد نیاز باشد. همچنین گاهی لازم است با توجه به شرایط کارگاه و دمای محیط ترکیب بتن را کمی تغییر دهیم، مثلاً مقدار بیشتری سیمان به کار ببریم یا از بعضی افزودنی‌های شیمیایی نظیر انواع ضد یخ بتن استفاده کنیم.

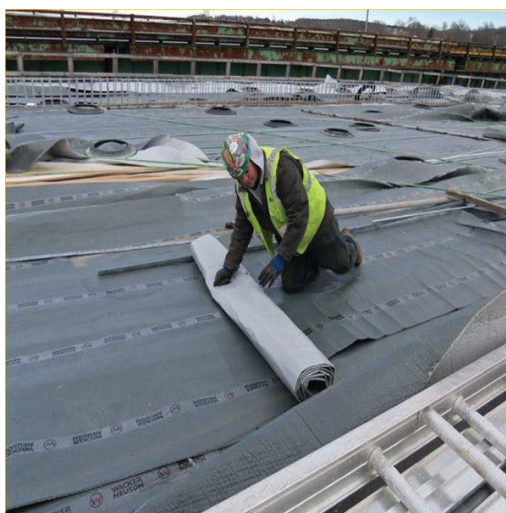
استفاده از ورقه‌های بادگیر یا تجهیزاتی که به شکل بادگیر استفاده شده‌اند میتواند از بتن تازه ریخته شده و نیز مجموعه کارگاه و پرسنل در برابر سرما و وزش باد که باعث کاهش بیشتر دما و نیز افزایش تبخیر آب بتن می‌گردد محافظت نماید. معمولاً ارتفاع بادگیرها حدود ۲ متر در نظر گرفته می‌شود که البته با توجه به شرایط کارگاه و نیز وضعیت آب و هوا می‌تواند تغییر کند. ایجاد محوطه‌های سر بسته و گرم از بهترین گزینه‌هاست که البته میتواند گران‌ترین گزینه نیز باشد. فضا‌های بسته و گرم را میتوان با انواع مصالح نظیر چوب، یاف بافته شده، نایلون و... ایجاد کرد. جهت گرمایش معمولاً از سه سیستم گرمایش مستقیم، گرمایش غیر مستقیم و سیستم‌های انتقال حرارت توسط آب یا مایعات استفاده می‌نمایند. این که کدام سیستم

مورد استفاده قرار بگیرد به شرایط محیط و اولویت ها بستگی دارد . مثلا استفاده از سیستم های گرمایش مستقیم خطر کربوناسیون بتن تازه را به همراه دارد و استفاده از سیستم های گرمایش غیر مستقیم ممکن است گرما و حرارت لازم را به فضا تزریق ننماید. در هنگام انتخاب سیستم گرمایش بسیار قابل اهمیت است که توجه کنیم پرسنل و افراد مشغول در کارگاه در معرض مونوکسید کربن قرار نگیرند.



در سیستم های هیدرونیک انتقال حرارت توسط آب یا یک سیال در حال گردش در مدار بسته ای از لوله و اتصالات، منتقل میگردد. از این روش معمولا جهت گرمایش یا پیش گرمایش محیط هایی استفاده میشود که امکان گرمایش توسط سیستم های دیگر محدود است و یا اینکه فضا به قدری وسیع است که امکان ایجاد یک فضای بسته و گرم وجود ندارد. مدت زمان گرمایش میتواند متفاوت باشد. این فرایند میتواند از یک روز برای کارگاه های کوچک و تا ۲۰ روز برای مقاطع بتن ریزی حجیم که قرار است با فاصله کمی از بتن ریزی بار زیادی را تحمل کنند به درازا بکشد.

در قطعه های بزرگ یا مساحت های وسیعی که بتن ریزی شده اند دمای محیط باید به حداقل ۱۰ درجه سانتیگراد برسد تا فرایند کیورینگ به درستی انجام گرفته و امکان حذف شمع ها و ستون های موقت مهیا شده و عمل بارگذاری انجام شود. در مجموع هرگز نباید اجازه داد در ۲۴ ساعت اول بعد از بتن ریزی ، مخلوط بتن دچار یخزدگی شود . از آنجا که فرایند هیدراسیون گرمازا است استفاده از پوشش مناسب بر روی بتن میتواند باعث تسهیل ایجاد شرایط مناسب کیورینگ از نظر دمایی شود. بتنی هایی که در قالب هستند و یا در پوشش قرار دارند در دمای ۵ تا ۱۰ درجه به ندرت مقداری آب از دست میدهند که فرایند هیدراسیون دچار اشکال شود. استفاده بدون توجه از هیترها میتواند باعث تبخیر سریع آب شده و به بتن آسیب بزند. معمولا توصیه میشود در فصل سرد قالب ها تا حد امکان دیر تر باز شوند ، قالب ها باعث توزیع یکنواخت تر گرما شده و از تبخیر آب بتن نیز جلوگیری مینمایند. وارد کردن بخار آب گرم به محیط سر بسته کارگاه یک گزینه بسیار عالی است. چون هم دما و هم رطوبت مورد نیاز را به طور هم زمان تامین می کند.



نکته قابل توجه دیگر این است که پس از اتمام فرایند گرمایش باید از سرد شدن سریع بتن جلوگیری کنیم. هنگامی که سطح بتن خنک میشود داخل بتن هنوز گرم است و این باعث ایجاد ترک در مقطع بتنی می گردد. مخلوط بتن باید آهسته و به تدریج خنک شود. مثلاً می توان قالب ها را کنار گذاشت ولی سطح بتن را با پوششی همچنان محافظت کرد. به طور کلی بعد از توقف گرمایش باید زمان کافی را در نظر گرفت تا بتن و محیط به آهستگی هم دما شوند. سازه های حجیم و بزرگ نیاز به زمان بیشتری برای خنک شدن و هم دمایی با محیط دارند تا از آسیب ها و ترک های احتمالی پیشگیری شود. بسته به وضعیت هوا و شرایط کارگاه و پروژه این زمان می تواند بین یک هفته تا یک ماه به طول انجامد.

کاربرد واتر استاپ در پروژه های عمرانی و عملیات آب بند سازی

از گذشته دور به دلایل مختلف فنی و اقتصادی از بتن و سازه های بتنی برای ذخیره (نگهداری) و نیز هدایت و انتقال آب استفاده شده است. لذا محدودیت های اجرایی بتن و عوامل کارگاهی همواره طراحان را بر آن داشته تا با تکنیک های خاص یکپارچگی سازه بتنی را حفظ نموده و برای جلوگیری از بروز نشست و هدر رفت آب روش های ابتکاری و تجربی خاصی را به کار گیرند. در نتیجه گذشت زمان و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از این ابتکارات و تجارب منجر به تدوین دستورالعمل های کیفی و اجرایی و در برخی موارد منجر به تدوین استانداردهای اجباری شده است. توجه داشته باشیم تعبیه نمودن درزهای انقباض و انبساط برای کنترل رفتارهای سازه های بتن و جلوگیری از بروز ترک در مقاطع حجیم و بزرگ از یک سو همچنین محدودیت های اجرایی و لزوم قراردادن درزهای اجرایی یا قطع بتن از سوی دیگر عوامل اصلی نیاز سازه های بتنی آبی یا مستغرق به استفاده از مواد و مصالح آب بند کننده در مقاطع یاد شده می باشند.

لزوم تعبیه درزهای یاد شده و ضوابط اجرایی مرتبط با آن در نشریات ۱۲۳ و ۱۲۴ دفتر امور فنی سازمان مدیریت و برنامه ریزی بیان گردیده است. که استفاده از نوارهای آب بند از جنس PVC (تیغه ها) به منظور آب بندی درزهای اجرایی، انبساطی و انقباضی الزام گردیده است. نوارهای آب بند کننده واتر استاپ PVC باید با ابعاد و احجام 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.

گونه های نوار واتر استاپ ABA WATERSTOP

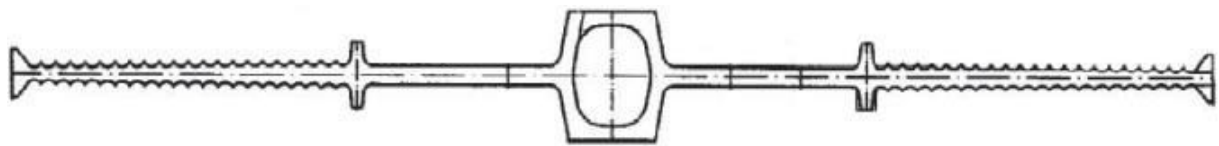
واتر استاپ های پی وی سی در انواع تخت (دیواری)، حفره دار (وسط حباب)، کفی (کف خواب) و دمبلی (باطوم دار) تولید می گردند.

نوع تخت (A): نوار آب بند دو طرف دندانه دار که برای رفع عبور آب از درزهای اجرایی کاربرد دارد که قسمت مرکزی نوار فاقد حفره یا حلقه است.



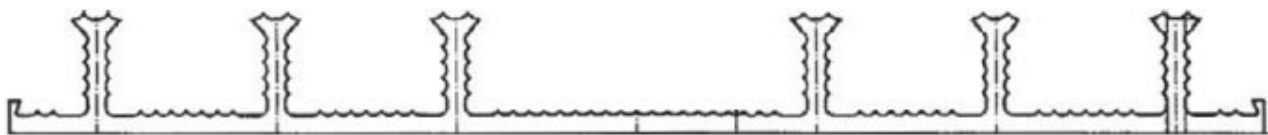
سطح مقطع نوع A

نوع حفره دار (D): نوار آب بند دو طرف دنداندار که مرکز آن با تعبیه حفره برای کنترل تنش‌های فشاری و کششی ناشی از رفتارهای سازه تحت سرما و گرما تقویت شده و برای جلوگیری از عبور آب از درزهای انبساطی و ژوئن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.



سطح مقطع نوع D

نوع کفی (AA): برای رفع عبور آب از درزهای اجرایی مقاطع فونداسیون سازه کاربرد دارند. این نوار از یک وجه کاملاً صاف بوده و وجه دیگر آن دارای آج‌های بلند می‌باشد و قسمت مرکز این نوارها فاقد حفره است. قسمت تحت آن در زمان نصب بتن مگر (بستر) قرار گرفته و آج‌های بلند آن به خوبی با بتن فونداسیون ارتباط برقرار می‌کند.



سطح مقطع نوع AA

نوع کفی (DA): برای رفع عبور آب از درزهای انبساط و انقباض بتن در مقاطع فونداسیون سازه طراحی شده است. قسمت مرکز این نوارها با تعبیه حفره برای کنترل تنش‌های فشاری و کششی ناشی از رفتارهای سازه تحت سرما و گرما تقویت شده است. این نوار از یک وجه کاملاً صاف بوده و وجه دیگر آن دارای آج‌های بلند و حفره می‌باشد که قسمت تحت آن در زمان نصب روی بتن مگر (بستر) قرار گرفته و آج‌های بلند آن به خوبی با بتن فونداسیون ارتباط برقرار نموده تا حفره آن در محل درز قرار بگیرد.



سطح مقطع نوع DA

شرکت آبادگران برای پاسخگویی به نیازهای طراحان و مجریان سازه‌های بتنی طیف متنوعی از نوارهای واتراستاپ پی‌وی‌سی را تحت کد **ABA WATERSTOP** طراحی و تولید نموده همچنین قابلیت بازطراحی و متناسب‌سازی این نوارها را با خواسته‌های مخاطبین فنی و مهندسی خود دارد. این نوارها تماماً از جنس پی‌وی‌سی (PVC) و با بهره‌گیری از مواد افزودنی ارتقا دهنده خواص فیزیکی و شیمیایی در طرح‌ها و اشکال گوناگون ساخته می‌شوند و طی فرآیند تولید بر اساس روش آزمون‌های متنوعی مورد تجزیه و تحلیل کیفیتی قرار می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به روش‌های استانداردهای CRD-572 یا ISIRI 13277-1&2 و ... اشاره نمود.

کیورینگ بتن ، باید ها و نبایدها

یکی از مهمترین نکات فنی که تمامی سازندگان سازه‌های بتنی باید به آن توجه داشته باشند موضوع بسیار پر اهمیت **کیورینگ** و **عمل آوری بتن** می‌باشد. توجه داشته باشید اگر بتنی را با بهترین مصالح و **مواد افزودنی بتن** متناسب طراحی کنیم، با دقیق‌ترین شکل و لحاظ نمودن نهایت حساسیت‌های مرتبط بسازیم و به بهترین شکل اجرا کنیم اما عمل آوری آن درست انجام نشود نتیجه کار با بتن‌های غیرحرفه‌ای کاملاً یکسان خواهد بود. ضعف در انجام فرآیند عمل آوری بتن (کیورینگ) منجر به تبخیر آب از بتن و عدم پیشرفت صحیح واکنش هیدراسیون شده و با بروز ترک‌های سطحی تا عمیق در بتن مواجه می‌شویم. البته مقدار ترک‌های یاد شده تحت تاثیر شاخص دمای هوا شدت و ضعف پیدا می‌کند.

در اجرای بتن به ویژه **بتن ریزی** در شرایط آب و هوایی خشن نظیر مناطق گرمسیر، سردسیر و یا مناطق تحت وزش باد شدید، ناظرین و مجریان باید توجه ویژه‌ای به نحوه عمل آوری مقاطع بتنی تازه ریخته شده یا مقاطعی که قالب آن‌ها تازه باز شده داشته باشند، تا با روش‌های عمل آوری صحیح از پدیده جمع‌شدگی (**shrinkage**) جلوگیری کنند.

بر اساس تعریف آیین‌نامه بتن ایران (آبا) عمل آوری بتن به عملیات زیر اطلاق می‌گردد:

- هر روشی که به تداوم حضور آب اختلاط در بتن در دوره سخت شدن اولیه منجر شود، مانند آب‌پاشی یا پوشش‌های خیس اشباع شده.
- به هر روشی که به وسیله آن از کاهش آب اختلاط از طریق پوشاندن یا اندود کردن سطح آن جلوگیری کند، مانند استفاده از نایلون، کاغذهای ضد آب یا کاربرد ترکیبات عمل آورنده غشایی.
- هر روشی که به کمک آن کسب مقاومت بتن از طریق دادن گرما یا رطوبت تسریع شود، مانند استفاده از بخار یا قالب‌های گرم، مشروط بر آن‌که بر ویژگی‌ها و پایایی بتن اثر نامطلوب نداشته باشد.



بروز ترک در بتن عوارض نامطلوب کیفی بسیاری را در دوام بتن و سازه به وجود می‌آورد نظیر بروز انواع نشت، خوردگی مقاطع فولادی و ...

شرکت آبادگران یک راه حل بسیار ساده اما مؤثر با طراحی نوعی ماده عمل آوری با نام **ABA CURE** برای رفع ترک‌های ناشی از ۱- تبخیر آب بتن در همان ساعات اولیه پس از بتن‌ریزی و ۲- عدم امکان عمل آوری به دلایل اجرایی و نبود آب شیرین ارائه نموده است.

پوشش غشایی **ABA CURE** بلافاصله پس از **بتن ریزی** باید روی سطوح باز **بتن تازه** و همچنین پس از بازنمودن قالب‌ها و انجام آب‌پاشی اولیه بر روی سایر سطوح بتنی اجرا شود، این غشاء با ایجاد فیلم غیر چرب بسیار نازکی روی سطح بتنی علاوه بر انعکاس بخش عمده‌ای از نور خورشید و جلوگیری از بالا رفتن دمای سطح، از تبخیر آب بتن جلوگیری به عمل آورده و ضمن ممانعت از بروز جمع‌شدگی و ترک ناشی از آن، موجب حفظ روند کسب مقاومت بتن با استفاده از رطوبت محبوس در

آن می‌کند. مهمترین ویژگی ماده ABA CURE غیر چرب بودن این ماده می‌باشد لذا هرگز منجر به عدم چسبندگی رنگ یا سایر پوشش‌ها روی مقاطع عمل‌آوری شده نخواهد شد.

چسباندن مخلوط سیمانی جدید به مخلوط سیمانی قدیم

عدم چسبندگی مخلوط‌های سیمانی جدید به مخلوط‌های سیمانی قدیمی یکی از مسائل کارگاهی قابل توجه و نگران کننده برای دست‌اندرکاران عمده پروژه‌های عمرانی می‌باشد. محل‌های قطع بتن ریزی (درزهای اجرایی و سرد) همواره از این نظر در کانون توجه قرار داشته‌اند. در صورتی که یکپارچگی بتن در مقاطع تحت بتن ریزی بنا به دلایل اجرایی حفظ نشود، درزهای سرد به وجود می‌آیند که مقطع در ظاهر یکپارچه دیده می‌شود اما در زمان بهره‌برداری متوجه عبور سیال یا بروز نشت از این مقاطع می‌گردیم. این مقاطع ضعیف صدمات جبران ناپذیری به مقاومت و دوام سازه وارد نموده و شدت پدیده خوردگی در این مقاطع زیاد خواهد بود که باعث خسارت‌های اقتصادی و در نتیجه کاهش عمر مفید سازه می‌گردند.

از عمده دلایل بروز درزهای سرد می‌توان به شدت گرمای هوا و سرعت یافتن گیرش محل بتن ریزی شده با مقاطع جانبی اشاره نمود. البته تأخیر در ساخت، حمل و جابجایی بتن در کنار مقطعی که پیشتر بتن ریزی شده‌اند از دیگر دلایل بروز درز سرد می‌باشند. بدین ترتیب ارتباط درونی و پیوستگی مناسب بین اجزای سازنده بتن برقرار نخواهد شد و در چنین فصل مشترک‌هایی درز سرد به وجود می‌آید. علم شیمیایی ساختمان برای کمک به رفع محدودیت کیفی یاد شده راهکارهای اجرایی ساده و متنوعی با بهره‌گیری از انواع مواد شیمیایی پیوند دهنده بتن ارائه نموده است. شرکت آبادگران به عنوان یک گروه صنعتی دانش‌بنیان با توجه به تخصص و تجارب چشمگیری که در خصوص ارائه خدمات به پروژه‌های عمرانی داشته این مواد پیوند دهنده را با طراحی و تولید نوعی پلیمر توانمند تحت عنوان **چسب بتن E.M.BOND** با هدف افزایش قدرت چسبندگی بین دو لایه بتن قدیم و جدید ارائه نموده است.

چسب بتن E.M.BOND ، پلیمری امولسیون با حالت فیزیکی مایع غلیظ می‌باشد که با هدف افزایش چسبندگی مخلوط سیمانی جدید به قدیم مورد استفاده قرار می‌گیرد و علاوه بر بالابردن قدرت چسبندگی، باعث بهبود قوام و کاهش نفوذپذیری مخلوط‌های سیمانی خواهد شد. کفپوش‌های سیمانی و اپوکسی ، مقایسه ، عملکرد و کاربرد ها

کفپوش‌های صنعتی نقش مهمی در حفاظت از ساختمان‌ها و فضا‌های کاری و همچنین ایجاد زیبایی و حفظ نظافت آنها دارد. در هر یک از فضا‌های صنعتی ، ورزشی ، بهداشتی و بیمارستانی و ... با توجه به نوع فعالیت‌های مرتبط، الزامات متفاوتی برای انتخاب و اجرای کفپوش وجود دارد؛ از سوی دیگر با توجه به تغییر نوع فعالیت در طول زمان الزامات مورد نیاز برای اجرای کفپوش نیز ، نیاز به تجدیدنظر و بروزرسانی دارد.

کفپوش آسیب‌دیده یا نامناسب باعث کاهش کارایی، ایجاد جراحتهای فردی و ایجاد شرایط کاری ناخوشایند و غیربهداشتی خواهد شد. هزینه اجرای مجدد کفپوش به دلیل تخریب، نامناسب بودن و یا فقدان بهره‌وری قطعا کاربر را متقاعد خواهد ساخت که در اولین مرحله انتخاب، مناسب‌ترین نوع کفپوش را برگزیند. به همین منظور درک درست از محیط کار و فعالیت ، انجام بهترین طراحی ممکن و انتخاب مناسب‌ترین محصول در اجرای کفپوش بسیار حائز اهمیت است.

در صنایع مختلف، پارامترهای گوناگونی در کفسازی و اجرای کفپوش نقش دارد ، نظیر مقاومت به ضربه، بار و سایش، عملکرد آنتی‌استاتیک، مقاومت شیمیایی و حرارتی و راه‌اندازی سریع و کارآمد سیستم کفپوش و ... متفاوت است. بنابراین ارائه راهکارهایی در جهت برآورده‌سازی این الزامات فنی که در تطابق با قوانین ملی و جهانی بوده و در عین حال به بهترین نحو در برطرف‌سازی مشکلات و موانع موجود عمل نماید، بر عهده گروه‌های متخصص است.

انواع روش‌های کفسازی و اجرای کفپوش با توجه به نوع کاربرد و نیازهای محیط کار در موارد ذیل خلاصه می‌شود :

- کارگاه‌ها ، کارخانه‌ها
- انبارها و محیط‌های صنعتی
- پارکینگ‌ها
- بیمارستان‌ها و آزمایشگاه‌ها
- نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها

- فرودگاه ها و بنادر
- محیط های ورزشی
- مکان های تفریحی
- مدارس
- موزه ها و گالری ها
- کارخانه های تولید مواد غذایی و دارویی
- اتاق های تمیز (CLEAN ROOM)
- حفاظت ثانویه



در تصویر بالا عملیات بتن ریزی کف یک سالن را مشاهده مینمایید.



نمونه اجرای کفپوش اپوکسی در محوطه کارگاهی.

انواع کفپوش

دسته بندی سیستم های کفپوش شامل سیستم **کفسازی سیمانی** و کفپوش های رزینی است که گروه دوم شامل کفپوش های اپوکسی، پلی یورتان و پلی یوریا است. با توجه به نیازهای هر یک از صنایع مختلف در زمینه کفپوش، یک یا گاهاً چند نمونه از دسته بندی های ذکر شده قابل ارائه و اجرا خواهد بود. بنابراین برای اطمینان از انتخاب بهترین سیستم در صنعت مربوطه، به مقایسه میان خواص کفپوش های ارائه شده نیاز است تا بهترین انتخاب صورت پذیرد.

شرکت دانش بنیان صنایع شیمی ساختمان آبادگران نیز در زمینه کفپوش های رزینی و سیمانی، سیستم های متنوع و با تکنولوژی های پیشرفته ای را ارائه نموده که در زمینه های کاربردی ویژه خود از جمله در مصارف عمومی، صنعتی و عمرانی در تطابق کامل با استانداردهای ملی و بین المللی می باشد.

کفسازی سیمانی

از مهمترین مشکلات کف‌های بتنی آن است که پس از اتمام بتن‌ریزی مقاطع، به دلیل نیروی جاذبه رفته رفته سنگدانه‌ها و ذرات سنگین‌تر به سمت پایین و آب آزاد بتن به سوی سطح بالایی بتن حرکت می‌نماید و این امر در نهایت منجر به بروز آب‌انداختگی در سطح بتن می‌شود. هر اندازه مقدار گرانروی مخلوط بتن کمتر و جداسدگی ذرات در آن بیشتر باشد، مقدار آب انداختگی بیشتر خواهد بود. این پدیده همواره منجر به تشکیل یک لایه ضعیف سیمانی و فاقد سنگدانه بر روی سطح بتن می‌شود که مقاومت بسیار ناچیزی در برابر نیروهای وارده نظیر مقاومت فشاری، مقاومت در برابر ضربه و همچنین به طور ویژه مقاومت در برابر سایش دارد.

برای رفع این مشکلات پوشش‌های سیمانی که به طور کلی برای سخت‌سازی، کیورینگ، درزگیری و در نهایت ایجاد سطوح بتنی با توانایی تحمل ترافیک سنگین مورد استفاده قرار می‌گیرند، ویژگی‌های رضایت‌بخشی را در بسیاری از شرایط صنعتی ارائه خواهند کرد. در تمام پروژه‌های کف‌سازی از منظر دوام و کیفیت، اهمیت زیرسازی هم رده یا بیشتر از لایه نهایی است، بنابراین در تمامی مراحل اجرای یک کف، نیاز به بررسی و دقت بالا در انتخاب مواد و روش‌های اجرا است. استاندارد بریتانیایی BS 8204 دسته‌بندی، مشخصات و الزاماتی را برای انواع محصولات کف‌سازی سیمانی (کف‌سازی بتنی) ارائه می‌نماید.

شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران با بهره‌گیری از دانش فنی، تجربه و تخصص خود، راهکارهای مناسبی را به منظور رفع نقایص ذکر شده برای سطوح بتنی و ارتقای مقاومت‌های فشاری، مقاومت در برابر ضربه و سایش بتن اجرا شده ارائه می‌نماید. بدین منظور بسته به نوع کاربری، میزان عبور و مرور و موقعیت اجرا، محصولات **ABAHARDTOP** و **FLOCEM** و **ABATOP-SL** انتخاب مطمئنی برای دستیابی به سطح تمام شده بتنی مستحکم و بدون مشکلات یاد شده خواهند بود.



افزودن یکنواخت پودر سخت کننده سطح بتن بر روی بتن تازه.



یک سالن با کاربری احتمالی انبار بعد از انجام کف‌سازی سیمانی.

کفپوش‌های رزینی

در محیط‌های صنعتی مانند کارخانه‌ها، انبارها و سالن‌های صنعتی که علاوه بر تردد و ترافیک سنگین در معرض عواملی همچون فرسایش، سایش مکانیکی، زوال شیمیایی و بارهای مکانیکی قرار می‌گیرند، سطوح بتنی کف به مرور زمان دچار افت کیفیت گشته یا تخریب می‌شوند. علاوه بر این در مکان‌هایی دیگر همچون کفپوش بیمارستان‌ها و کارخانه‌های تولید مواد غذایی و دارویی نیاز به کفپوشی یکپارچه، بهداشتی و با قابلیت شستشو وجود دارد. سیستم‌های کفسازی بر پایه پلیمر در چنین کاربردهای سنگینی به منظور ایفای مقاومت‌های مکانیکی، شیمیایی و مقاومت به سایش با قابلیت اعتماد بسیار بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند. عملکرد و کارایی بلند مدت در کنار ایجاد پوشش بدون درز در رنگ‌های متنوع که تامین کننده زیبایی و طراحی دلخواه مشتری است، از جمله مزیت‌های دیگر این نوع پوشش‌ها می باشد. همانطور که ذکر شد سیستم‌های کفسازی پلیمری (رزینی) مرسوم عبارتند از کفپوش‌های اپوکسی، کفپوش‌های پلی‌یورتان و **کفپوش‌های پلی‌یوریا** که بسته به نوع کاربری به تنهایی یا به صورت ترکیبی از آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

این پوشش‌ها پس از انجام واکنش شیمیایی اجزای آن در دمای محیط به یک ترکیب سخت، چسبنده و مقاوم تبدیل می‌شود. کفپوش‌های رزینی به صورت یکپارچه بر روی سطوح بتنی اجرا شده و مقاومت بتن را در برابر عوامل محیطی فرساینده، سایش مکانیکی و مواد شیمیایی افزایش می‌دهد. بر اساس راهنمای فنی **Publication SSPC-TR 5/ICRI 03741/NACE 02203** با موضوع طراحی، اجرا و نگهداری سیستم‌های **کفپوش پلیمری** حفاظتی برای بتن، از جمله مزایای استفاده از کفپوش رزینی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. حفاظت بتن در برابر مواد شیمیایی اسیدی، قلیایی و سوختی (هیدروکربن‌ها)
۲. جلوگیری از نفوذ آب و سایر مایعات خورنده به داخل بتن
۳. جلوگیری از تخریب و افزایش عمر مقاطع پوشش یافته
۴. رفع انتشار غبار در محیط از سطوح بتنی
۵. انعکاس بیشتر نور و کاهش هزینه‌ها
۶. تنوع فام و ایجاد ظاهر دلپذیر

همچنین در بخش سوم این راهنمای فنی، قسمت مقررات مربوط به FDA برای صنایع غذا و دارو، تشریح شده است که یکی از مهمترین الزامات این استاندارد جلوگیری از رشد باکتری است و در ادامه اشاره شده است که "کفپوش‌های پلیمری از رشد باکتری‌ها جلوگیری می‌کنند". در نتیجه استفاده از این کفپوش‌ها در صنایع غذایی و دارویی از دید FDA منعی ندارد.



اجرای کفپوش اپوکسی برای کف پارکینگ

بر اساس استاندارد **BS 8204-6** ضروری است که در مراحل طراحی و ساخت، مشاوره کاملی با تولیدکننده کفپوش رزینی جهت اطمینان از انتخاب محصول مناسب در شرایط موردنظر، چه در هنگام اجرا و چه از نظر شرایط مورد انتظار پس از اجرا صورت گیرد. موارد زیر در هنگام مشاوره باید مدنظر قرار داده شود (اگر چه باید در نظر داشت که برخی از این موارد تنها ممکن است با توجه به الزامات عملکرد خاص مورد انتظار مشتری کاربرد داشته باشد):

۱. کاربری موردنظر برای کفپوش رزینی شامل نوع، مقدار و تناوب عبور و مرور
۲. نوع بارگذاری (استاتیک یا دینامیک) و شدت ضربه
۳. جزئیات تمام مواد شیمیایی در تماس با کف و مقدار، تناوب و دمای هر نشتی محتمل (شامل مواد مورد مصرف برای پاکسازی یا استریل کردن)
۴. آلودگی‌های محتمل در محیط و اثر آن در مقاومت در برابر لغزش
۵. دمای ناشی از انتقال گرمایی که کفپوش در خدمات عادی یا در عملیات پاکسازی باید متحمل شود
۶. یکنواختی و بقای رنگ، ظاهر و جلوه‌های تزئینی
۷. میزان قرار گرفتن در معرض نور مستقیم خورشید یا اشعه ماورابنفش
۸. ظاهر و کیفیت پرداخت سطح
۹. تطابق با الزامات بهداشتی یا صنایع غذایی
۱۰. نوع و تناوب فرآیند پاکسازی
۱۱. الزامات خاص مانند مقاومت به آتش یا مشخصات آنتی‌استاتیک
۱۲. طول عمر مورد انتظار از کفپوش
۱۳. ضخامت کفپوش
۱۴. زمان قابل استفاده برای اجرا و پخت کفپوش
۱۵. تعیین سن زیرآیند و ماهیت آن (از جمله اطلاعات مربوط به هرگونه استفاده قبلی از کف که بر روی چسبندگی و عملیات مقدماتی لازم اثرگذار است)

در ادامه به تعریف هر یک از گروه‌های کفپوش رزینی، کاربرد و خواص آن پرداخته و محصولات تولیدی در گروه آبادگران در این زمینه معرفی شده است.

کفپوش اپوکسی

کفپوش‌های اپوکسی، پلیمرهای ترموست حاصل از واکنش رزین‌های اپوکسی و هاردنرهای مختلف می‌باشند. رزین‌های اپوکسی رایج شامل بیس فنل A، بیس فنل F و رزین اپوکسی بر پایه نووالاک بوده و هاردنرهای مورد استفاده شامل آلیفاتیک آمین‌ها، سیکلوالیفاتیک آمین‌ها، آمیدوآمین‌ها و پلی‌آمیدها است. اصلاح‌کننده‌ها و رقیق‌کننده‌های متعددی در فرمولاسیون‌های مختلف این کفپوش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. خواص این نوع کفپوش‌ها در بازه‌ای گسترده است که دو انتهای آن عبارتند از:

- **کفپوش اپوکسی سخت و شکننده** با مقاومت شیمیایی خوب تا فوق‌العاده
- کفپوش الاستومر انعطاف‌پذیر با مقاومت شیمیایی کاهش یافته

همچنین واکنش رزین‌های اپوکسی بر پایه نووالاک با هاردنر آلیفاتیک یا سیکلوالیفاتیک آمین‌ها منجر به افزایش دانسیته شبکه ای شدن و به دنبال آن افزایش مقاومت شیمیایی در مقایسه با اپوکسی بیس فنل A و F خواهد شد.

سیستم کفپوش اپوکسی شرکت آبادگران جهت دستیابی به الزامات استاندارد EN 1504-2، به صورت چند لایه طراحی شده

و هر لایه خواص منحصر بفردی را در این سیستم یکپارچه از خود نشان می‌دهد. این لایه‌ها شامل لایه پرایمر **ABAPRIME-**

11 و **ABAPRIME-12**، لایه میانی **ABAFLOOR-21** و **ABAFLOOR-22**، و لایه رویه **ABAFLOOR-**

31 و **ABAFLOOR-32** می‌باشد.



اجرای کفپوش اپوکسی در محیط صنعتی.

این وظایف عبارت‌اند از:

- کنترل مهارت فنی اکیپ اجرایی
- کنترل نقشه‌های سازه با معماری قبل از شروع بکار
- کنترل تعداد ستون‌ها و دیوارهای برشی و محل اجرای آن‌ها
- کنترل شبکه آرماتور ستون‌ها و دیوارهای برشی
- کنترل طول اورلب میلگردها
- کنترل اجرای راه‌پله
- کنترل اجرای قطعات مدفون داخل بتن در مقاطع مختلف
- کنترل شاسی کشی آسانسور و جوش‌های آن
- کنترل اجرای دال آسانسور
- کنترل اجرای قلاب آسانسور
- صدور گزارشات مرحله‌ای و گزارشات تخلف سازه‌ای
- کنترل ایمنی اکیپ اجرایی
- کنترل سقف‌ها
- کنترل رعایت درز انقطاع در طبقات
- کنترل شاقولی ستون‌ها قبل و بعد از بتن‌ریزی
- کنترل قالب‌بندی ستون‌ها و سقف
- هماهنگی با سایر ناظران جهت کنترل موارد مربوط به آن‌ها از طریق مالک

(۱) کنترل مهارت فنی اکیپ اجرایی و حضور مجری ذیصلاح:

همان‌طور که گفته شد، یکی از مهم‌ترین وظایف مهندسین ناظر در تمام مراحل ساختمانی، کنترل مهارت فنی اکیپ اجرایی و حضور مجری ذیصلاح است. متأسفانه تعریف مجری ذیصلاح برای تعدادی از مهندسان ناظر، اشتباهاً فقط به حضور یک نفر مهندس که دارای پروانه اشتغال باشد خلاصه‌شده و در صورت عدم حضور این شخص، فوراً در گزارش خود ذکر می‌کنند " مجری ذیصلاح حضور ندارد" و به دنبال کار خود می‌روند. در صورتیکه کنترل مهارت فنی اکیپ اجرایی نیز از اهمیت بالایی برخوردار است و یکی از وظایف مهم ناظر به شمار می‌رود. البته این به آن معنی نیست که عدم حضور مجری را گزارش نکنیم، بلکه علاوه بر آن و حتی در صورت حضور مجری ذیصلاح نیز، اگر اکیپ اجرایی دارای مهارت فنی موردنیاز برای اجرای ساختمانی نبودند، طی دستور کار کتبی به مالک دستور می‌دهیم که با توجه به عدم مهارت اجرایی اکیپ (به‌طور مثال: اسکلت کار) نسبت به تعویض ایشان و جایگزین کردن اکیپ ماهر اقدام نماید. خصوصاً این مورد در زمان اجرای اسکلت بتنی که دارای ظرافت‌های خاصی بوده و باید دقت لازم را داشته باشند، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. اهمیت مهارت اکیپ اجرایی

اسکلت بتنی نسبت به آهنگرانی که اسکلت فلزی اجرا می‌کنند از اینجا مشخص می‌شود که بدانید " در صورت اشتباه در جوشکاری یک مقطع فلزی، نهایتاً طی یک عملیات برش و جوش مجدد آن ایراد رفع خواهد شد، اما اگر یک ستون بتنی به صورت ناشاقول یا کرمو اجرا شود، به نظر شما چقدر باید وقت و پول هزینه شود تا یک ایراد کوچک رفع شود ". پس توصیه می‌شود اگر ناظر یک ساختمان بتنی هستید، نسبت مهارت فنی اکیپ اجرای اسکلت ساختمان بتنی حساسیت بسیاری نشان دهید و حتی در اولین دستور کار خود ونیز در زمان عقد قرارداد نظارت نیز این مورد را به مالک گوشزد نمایید.

۲) کنترل نقشه‌های سازه با معماری قبل از شروع بکار

با توجه به مغایرت‌هایی که در نقشه‌های سازه و معماری خصوصاً در ساختمان‌های بتنی دیده می‌شود، یکی از مهم‌ترین وظایف مهندسین ناظر این ساختمان‌ها کنترل نقشه‌های معماری با نقشه‌های سازه می‌باشد تا در صورت وجود مغایرت، این مشکل به مالک دستور کار شده و توسط مهندس محاسب رفع شود.

تعدادی از مغایرت‌هایی که احتمال وجود آن‌ها در نقشه‌های معماری و سازه ساختمان‌های بتنی زیاد است عبارت‌اند از:

- ارتفاع تمام‌شده طبقات و درنهایت ارتفاع تمام‌شده ساختمان که بسیار نیز مهم بوده و باید حتماً اصلاح شود.
- محل اجرای دیوار برشی درجایی که بازشو وجود دارد.
- ابعاد دیوارها و ابعاد ستون‌ها که می‌تواند درنهایت منجر به حذف پارکینگ شود.
- ابعاد تمام‌شده راه‌پله که در زمان پایان کار این ابعاد از شانه گیر به شانه گیر اندازه‌گیری می‌شود ولی نقشه‌های معماری این ابعاد از دیوار راه‌پله محاسبه شده است.

البته ناگفته نماند که این کنترلها باید در زمان اجرای فونداسیون انجام شوند، اما اگر فراموش شد حتماً در این مرحله و قبل از اجرای اسکلت بتنی، مغایرت‌ها رفع شود.

۳) کنترل تعداد ستون‌ها و دیوارهای برشی و محل اجرای آن‌ها

مهندس ناظر باید دقت نماید که مالک اقدام به حذف ستون یا دیوار برشی در ساختمان‌های بتنی نکند. این مورد دیده شده که ناظر در زمان اجرای سقف چهارم متوجه حذف یک ستون در ساختمان شده که با محکومیت قضایی ناظر همراه بوده است. متأسفانه برخی مالکان بعد از اجرای فونداسیون و حتی اجرای ریشه ستون‌ها و تأیید ناظر، در زمان اجرای اسکلت ساختمان، اقدام به حذف ستون می‌نمایند و ناظر که در مرحله فونداسیون، تعداد ستون‌ها را کنترل کرده در مراحل بعد هیچ کنترلی نسبت به این موضوع نداشته و درنهایت مقصر خواهد بود. محل اجرای ستون‌ها و دیوارهای برشی و ابعاد آن‌ها نیز بسیار مهم است، چراکه شاید تعداد ستون‌ها و دیوارهای برشی در اسکلت بتنی، بر اساس نقشه‌ها باشد، اما دیده شده که مالک حتی ریشه ستون را نیز جابجا کرده و ناظر که فقط تعداد را کنترل نموده، متوجه این تخلف مالک نشده و اگر اتفاقی رخ بدهد و یا در زمان پایان کار متوجه آن شوند، ناظر مقصر بوده و درصد زیادی از تقصیر را به خود اختصاص خواهد داد.

۴) کنترل شبکه آرماتور ستون‌ها و دیوارهای برشی

شبکه آرماتور ستون‌ها و دیوارهای برشی عموماً تشکیل شده از آرماتورهای طولی، خاموتها و سنجاقی‌ها که مهندس ناظر سازه باید در تمام مراحل این شبکه را کنترل نماید. عموماً مالکان ساختمانی، از تعداد و سایز میلگرد ستون‌ها خصوصاً سنجاقی کم می‌کنند که متأسفانه سنجاقی در ستون‌ها و دیوارهای برشی نقش مهمی نیز دارد.

نکته مهم دیگری نیز که باید توسط ناظر کنترل شود، طول اورلب ریشه ستون و دیوار است که از فونداسیون یا طبقه پایین خارج شده است. مهندس ناظر باید در همین مرحله کنترل اسکلت ساختمان، طول اورلب ریشه برای طبقه بالا را نیز کنترل نماید تا در طبقات بالاتر به مشکل برخورد نکند.

مثلاً اگر ارتفاع طبقه طبق نقشه ۲/۷۵ متر باشد و تیر سقف ۴۵ / متر و نمره میلگرد طولی ستون ۲۰ و طول اورلب در نقشه‌ها ۵۰ برابر قطر میلگرد نشان داده شده باشد، حداقل طول میلگرد برش خورده برای این طبقه باید ۴/۲ متر خواهد بود. مورد دیگری که باید حتماً قبل از بتن‌ریزی ستون‌ها یا دیوار برشی ساختمان‌های بتنی کنترل شود، اجرای ریشه راه‌پله می‌باشد. ارتفاعی که این ریشه‌ها داخل ستون یا دیوار برشی اجرا می‌شوند نیز باید مطابق با نقشه‌ها استخراج شده و توسط ناظر ساختمان کنترل شود.

۵) کنترل اجرای راه پله

راه پله ساختمان یکی از مهم ترین قسمت های ساختمان می باشد و به اصطلاح به آن چشم ساختمان نیز گفته می شود، پس دقت در اجرای آن حائز اهمیت بالایی می باشد.

مهم ترین نکات در اجرای پله های ساختمان بتنی را می توان:

- شیب شمشیری راه پله که از روی طول افقی و ارتفاع و تعداد پله ها باید استخراج شود و دقت شود که خیلی تند نباشد که موجب زیاد شدن ارتفاع پله ها گردد.
- سرگیر شدن راه پله که عموماً در طبقات همکف به دلیل کم بودن ارتفاع طبقه این مسئله ایجاد می شود که می توان در صورت سرگیر شدن، طول شمشیری یا تعداد پله را اضافه کرد و یا اینکه راه پله طبقه بالا را در صورت امکان از عقب تر شروع کرد تا مشکل سرگیری نیز حل شود.
- عرض راه پله که باید از تیرهای بتنی طولی راه پله اندازه گیری شود و ملاک اندازه گیری تیرهای شانه گیر می باشند.
- نکته: در صورتیکه عرض تیر زیاد بوده و عرض راه پله را کم می کند، می توان از مالک خواست تا با مراجعه به محاسب، از ایشان بخواهد تا ارتفاع تیر را زیاد کرده و عرض آن ها کم کند و یا در صورت داشتن صلاحیت طراحی یا تجربه کافی، ناظر نیز می تواند این کار را انجام دهد تا مشکل عرض راه پله رفع شود.
- عرض راه پله
- شبکه آرماتور راه پله، خصوصاً در محل اتصال با میلگرد سقف طبقات

۶) کنترل اجرای قطعات مدفون داخل بتن در مقاطع مختلف

در ساختمان های بتنی، جهت اتصال قطعات فلزی مانند نبشی نما، نبشی آسانسور و... نیاز است تا پلیتهایی پیش بینی شوند تا در زمان اجرای اسکلت ساختمان و قبل از بتن ریزی مقاطع، در محل های مورد نیاز تعبیه گردند.

در غیر این صورت مهندس ناظر باید به مالک دستور کار کند تا این پلیتها را توسط رول بت به سازه متصل نماید، اما از آنجاکه این روش مقرون به صرفه نیست و اکثر مالکان ساختمانی این روش را انجام نمی دهند بهتر است که در زمان اجرای اسکلت، داخل تیرها، ستون ها و... پلیتهایی تعبیه شوند.

پلیت اتصال نبشی کشی آسانسور نیز بهتر است جهت جوشکاری و کنترل جوش راحت تر از روی کف طبقات انجام شود.

۷) کنترل شاسی کشی آسانسور و جوش های آن

یکی از مهم ترین مواردی که مورد سؤال بسیاری از مهندسان ناظر سازه در ساختمان های فلزی و بتنی می باشد این است که: آیا وظیفه نظارت بر جوشکاری شاسی کشی آسانسور نیز بر عهده بازرس آسانسور یا همان شرکت نصاب آسانسور است یا ناظر سازه؟ اما پاسخ این سؤال، همان ناظر سازه ساختمان می باشد؛ یعنی ناظر سازه باید به نحوه اتصال و جوشکاری شاسی کشی آسانسور نیز نظارت کرده و در صورت تخلف و یا ایراد، آن را به مرجع صدور پروانه و سازمان استان اعلام نماید. در ادامه به شرح وظایف بازرس آسانسور نیز خواهیم پرداخت.

۸) کنترل اجرای دال آسانسور

در پایان نصب شاسی کشی آسانسور و داخل اتاقک آسانسور که در بام ساختمان احداث می شود، روی شاسی کشی باید مطابق نقشه های سازه یک دال بتنی اجرا شود که در نهایت موتور آسانسور روی آن قرار خواهد گرفت.

این مورد از آن جهت بسیار حائز اهمیت است که وزن کل کابین و موتور آسانسور بر روی این دال بتنی خواهد بود. متأسفانه سازندگان ساختمان به اهمیت این موضوع پی نبرده و آن را ساده می گیرند که در زمان بهره برداری مشکل ایجاد کرده و امکان سقوط کابین آسانسور وجود دارد. اما مورد دیگر که باید ناظر دقت نماید، قالب بندی این دال می باشد که توسط برخی سازندگان توسط قالب های ماندگار مانند موزاییک و سرامیک انجام می شود. اهمیت این مورد از این جهت است که در زمان بهره برداری و در اثر لرزش های آسانسور این قطعات موزاییک از بتن جدا شده و امکان سقوط روی کابین و آسیب رسانی به سیستم فرمان وجود دارد. توصیه می شود در صورت استفاده از این قطعات برای قالب دال، حتماً به سازنده یا مجری دستور

دهید که آنها را از بتن جدا کنند. نظارت بر اجرای این دال از پروفیل کشی و آرماتوربندی و قالببندی و بتن‌ریزی آن عهده ناظر سازه می‌باشد.

۹) کنترل اجرای قلاب آسانسور

یکی دیگر از اجزای سازه‌های آسانسور که باید در زمان اجرای سقف خرپشته توسط ناظر سازه کنترل شود، اجرای قلاب آسانسور می‌باشد. این قلاب که باید وزنی حدود ۱۵۰۰ کیلوگرم را در زمان نصب و تعمیرات موتور آسانسور تحمل نماید، می‌تواند از ۲ میلگرد نمره ۱۶ یا یک میلگرد نمره ۲۲ یا بیشتر تشکیل شده و در سقف اتاقک آسانسور و بالای آکس چاهک آسانسور قبل از بتن‌ریزی سقف نصب شود. در صورتی که سیستم سقف ساختمان تیرچه‌بلوک باشد، می‌بایست این قلاب در جهت عکس تیرچه‌ها اجرا شده و از هر طرف حدود ۲ متر طول داشته باشد.

۱۰) صدور گزارشات مرحله‌ای و گزارشات تخلف سازه‌ای

همان‌طور که گفته شد با توجه به اینکه نظارت ناظر ساختمان در ساخت‌وساز شهری از جنس نظارت مستمر می‌باشد، نتیجه این نظارت بسته به خروجی‌های ناظر می‌باشد و این خروجی‌ها همان مکاتبات ناظر می‌باشد. این مکاتبات شامل: گزارشات مرحله‌ای، دستور کارها، گزارشات تخلف و مکاتبات با مهندس طراح می‌باشد. این مجموعه باید بسیار کامل و دسته‌بندی شده باشد تا در موقع لزوم با ارائه این مدارک از خود دفاع نمایند و چیزی که بسیار مهم است این است که اگر مجموعه مکاتبات ناظر کامل باشد در تمام محاکم قضایی سربلند می‌باشد.

۱۱) کنترل ایمنی اکیپ اجرایی

یکی از مواردی که موجب گرفتاری مهندس ناظر بسیاری در حرفه نظارت شهری شده است، قبل از عدم رعایت موارد فنی، عدم رعایت نکات ایمنی توسط کارگران و اکیپ‌های اجرایی می‌باشد. نکات ایمنی که در مرحله اجرای اسکلت ساختمان باید توسط ناظر سازه به مالک یا سازنده دستور کار شده و در صورت عدم توجه به آنها ناظر باید ادامه عملیات اجرایی را متوقف نماید به شرح زیر می‌باشد: سقوط از ارتفاع (لبه‌های باز سقف در طبقات، بازشوهای سقف مانند نورگیر و چاله آسانسور)، سقوط میلگرد و... از ارتفاع روی سرکارگران، عدم نصب نرده ایمنی در راه‌پله‌ها، سقوط کارگران اکیپ بتن ریز به دلیل عدم مهارت در زمان بتن‌ریزی سقف‌ها و ضربه خوردن توسط شیلنگ پمپ بتن

۱۲) کنترل سقف‌ها

کنترل اجرای سقف‌ها نیز یکی از وظایف مهم ناظر سازه در ساختمان‌ها می‌باشد. سیستم سقف در ساختمان‌های بتنی می‌تواند انواع مختلف داشته باشد مانند: تیرچه‌بلوک، یوبوت، دال دوطرفه، دال مجوف، پیش‌تنیده و... یکی از متداول‌ترین انواع سیستم سقف‌ها در این ساختمان‌ها، تیرچه‌بلوک می‌باشد که به خاطر زیاد بودن اکیپ اجرایی و سادگی آن در ساخت‌وساز شهری بسیار مورد استقبال سازندگان قرار گرفته است. در این مقاله فقط به چند نکته فنی در مورد این سقف‌ها می‌پردازیم:

الف) آویز: یکی از اجزای اصلی سقف تیرچه‌بلوک، تیرهای باربر آن است که بار تیرچه‌ها را تحمل کرده و به اجزای باربر دیگر منتقل می‌کند. در اغلب موارد ارتفاع این تیرها بیشتر از تیرچه می‌باشد و این اختلاف ارتفاع به صورت بیرون‌زدگی از زیر سقف خارج می‌شود که به آن اصطلاحاً آویز سقف گفته می‌شود.

در برخی ساختمان‌ها دیده شده که سازندگان جهت زیبایی داخلی ساختمان اقدام به حذف یا کم کردن آویز می‌کنند. به همین دلیل توصیه می‌شود ناظر سازه در زمان کنترل سقف از زیر سقف، آویز را اندازه گرفته و در صورت تخلف مالک، به‌هیچ‌عنوان سقف را تأیید نکرده و خلاف رد کند و استحکام ساختمان را زیر سؤال ببرد.

ب) استفاده از بلوکهای پلی استایرن مقاوم در برابر آتش: یکی از ایراداتی که در سقف تیرچه بلوک وجود داشت ف استفاده از بلوکهای پلی استایرن غیراستاندارد بود که بسیار زود آتش می گرفت و خطرات بسیاری برای بهره برداران ایجاد می کرد؛ اما اخیراً بر اساس بخشنامه های سازمان تحقیقات و پیگیری مراجع ذی ربط، استفاده از این بلوکها ممنوع بوده و در صورت استفاده از آنها پایان کار برای ساختمان صادر نمی شود. ناظر سازه باید این مورد را حتماً کنترل نماید.

پ) استفاده از تیرچه های صنعتی استاندارد و مطابق با جدول ارائه شده توسط محاسب.

ت) اتصال شبکه آرماتور سقف با ستون ها

ث) کنترل بازشوهای سقف مانند: بازشوی آسانسور، نورگیر و راه پله

۱۳) کنترل رعایت درز انقطاع در طبقات

۱۴) کنترل شاقولی ستون ها قبل و بعد از بتن ریزی

۱۵) کنترل قالب بندی ستون ها و سقف

۱۶) هماهنگی با سایر ناظران جهت کنترل موارد مربوط به آنها از طریق مالک

۱. ایجاد کنسول های بلند و سنگین
۲. وجود ستونک جهت انتقال بار قابل ملاحظه راه پله به تیر و ایجاد نیروی متمرکز قابل ملاحظه ای بر روی تیر
۳. ایجاد قاب خمشی با اتصالات تیر به تیر
۴. وجود مهاربند در قاب راه پله بین پاگردهای میان طبقه راه پله
۵. انفصال در جوش طولی ستونهای باکس
۶. عدم استفاده از ورق پوششی در محل اتصال میانی بادبند ضربداری به منظور جلوگیری از کماتش جانبی
۷. استفاده از تیر لانه زنبوری در دهانه مهاربندی شده مغایر با ضابطه بند ۱۰-۳-۹-۱-۶ مبحث دهم مقررات ملی
۸. پایدار سازی جداره گود به روش نگهداری حاشیه خاکی و میلگرد انتظار
۹. خروج از مرکزیت غیر مجاز تیر نسبت به ستون
۱۰. تراشیدن لبه ستون و کاهش مقطع به واسطه تامین شعاع چرخش خودرو در پارکینگ
۱۱. قالب بندی غیر اصولی ، بتن ریزی غیر اصولی و عدم وایبره کافی
۱۲. قالب بندی غیر اصولی ستون - خروج از مرکزیت
۱۳. کاهش سطح مقطع بتن در ناحیه چشمه اتصال
۱۴. قالب بندی و بتن ریزی غیر اصولی در اتصال تیر به ستون
۱۵. پر شدن درز انقطاع با مصالح سخت بتنی
۱۶. طول میلگردهای انتظار ستون بسیار نامنظم و اغلب کمتر از مقدار لازم
۱۷. انحنای جانبی تیر و پیچش قالب
۱۸. مجموعه ای از اشکالات در اتصال تیرچه به تیر
۱۹. عدم ایجاد خم انتهای میلگردهای تقویتی
۲۰. خروج از مرکزیت ستون نسبت به صفحه ستون
۲۱. اصلاح غیر اصولی محل سوراخ بولت های اتصال صفحه ستون به فونداسیون با دستگاه هوا برش
۲۲. ورق های ناپیوسته جهت تقویت تیر در تکیه گاه در اتصال گیردار تیر به ستون!
۲۳. عدم امکان اجرای جوش اتصال تیر به ورق زیرسری در مجاورت ساختمان همسایه
۲۴. استفاده از اتصال فلنجی برای اتصال تیر به تیر و عدم امکان بستن پیچ ها در مجاورت ساختمان همسایه
۲۵. اتصال پیچ و مهره ای با ورق اتصال دو عضو غیر هم راستا

۲۶. جوش سر به سر پروفیل بادبند بدون ورق تقویت
۲۷. عدم وجود بست بادبند بلافاصله پس از اتصال
۲۸. عدم تناسب ابعاد ورق اتصال بادبند با زاویه استقرار بادبند
۲۹. عدم تناسب ورق اتصال بادبند با ستون و صفحه ستون و طول جوش بسیار کم ورق در راستای افقی
۳۰. تداخل گاست پلیت با براکت زیر سری اتصال تیر به ستون و در نتیجه ایجاد فاصله بین ورق با تیر و عدم اتصال ورق بادبند به تیر
۳۱. عدم اتصال بادبند به سازه
۳۲. عدم پیوستگی ورق تقویتی ستون
۳۳. جوش منقطع اتصال بال به جان تیرورق
۳۴. عدم پیوستگی جوش ورق تقویتی ستون در محل اتصال گیردار تیر به ستون
۳۵. عدم محافظت اجزای باربر سازه در برابر خوردگی
۳۶. ساخت غیر استاندارد تیرچه های سقفی
۳۷. بلوکهای پلی استایرن سقفی غیراستاندارد
۳۸. خم سرد ورق اتصال وصله ستون به ستون و ایجاد تنش های پسماند پس از جوشکاری
۳۹. طراحی و اجرای غیر اصولی عرشه فولادی در سقف های مرکب
۴۰. اجرای نامناسب سیستم سقف کوبیاکس
۴۱. عدم رعایت مسائل ایمنی

تست میلگرد:

امروزه بیشتره سازه ها بتنی هستند ، بتن مزایای بسیار زیادی دارد که در بخش سازه های بتنی به آن اشاره کردیم که یکی از مزایای آن مقاومت فشاری بالا هست ولی در مواردی مثل مقاومت کششی بسیار ضعیف است که این ضعف را با فولاد قابل جبران است در واقع بتن را در برابر نیروی های وارد بر آن مصلح میکنند که در این صورت به آن اصطلاحا بتن مصلح گفته میشود.

خدمات آزمایشگاهی ساختمان

برای مصلح کردن بتن در برابر انواع نیرو ها از فولاد به شکل میله هایی به نام میلگرد یا آرماتور استفاده میشود که میلگرد ها به دو دسته میلگردهای طولی و عرضی تقسیم می شوند.

میلگرد ها علاوه بر محافظت سازه در برابر نیروهای کششی ، برای مقاومت در برابر نیروهای برشی نیز کاربرد دارند که به میلگردهایی(آرماتورهایی) که نیروی برشی را تحمل میکنند میلگرد(آرماتور) عرضی گفته میشود میلگرد عرضی در تیر ، خاموت و ستون و تنگ استفاده میشود. حال برای اینکه مقاومت میلگرد ها را در برابر این حجم از نیروهایی که بر آنها وارد میشود را آزمایش کنند تست میلگرد انجام میدهند تا از ویژگی های میلگرد ساخته شده و اینکه آیا مشخصات استاندارد لازم را دارد یا خیر اطمینان حاصل شود. از جمله آزمایش هایی که روی میلگرد انجام میشود به شرح زیر است:

•آزمون کشش

•آزمون خمش

•آزمون خستگی

•آزمون اندازه گیری مشخصه های هندسی

•آزمون تعیین ترکیب شیمیایی