



طراحی وصله میلگرد

زمستان 1399

اتصال جوش فورچینگ

اتصال پوششی

اتصال مکانیکی

اتصال جوش با قوس الکتریکی

نویسنده : مهندس مهدی مقداد یوسفی کفعمانی

Seyedmeghdad.yousefi365@gmail.com

مقدمه :

در قطعات بتن مسلح وصله میلگردها به یکی از چهار روش وصله پوششی، جوشی، مکانیکی و اتکایی صورت می گیرد. اجرای وصله پوششی میلگرد ها که بیشترین کاربرد در بین وصله ها را دارد تنها در میلگردهای با قطر 36 میلی متر به پایین مجاز می باشد. این در حالی است که استفاده از این نوع وصله باعث افزایش مصرف میلگرد در ساختمان به میزان حدودا 20 درصد می شود. با توجه به هزینه و زمان بالا، نیاز به نیروی کار ماهر و شرایط آب و هوایی مناسب، استفاده از وصله های جوشی نیز در ساختمان ها محدود است. در ادامه به معرفی انواع اتصالات مکانیکی میلگردها خواهیم پرداخت.

به دلیل محدودیت طول میلگرد و نیز دلایل دیگر اجرایی برای ایجاد عملکرد کششی یا فشاری پیوسته در دو میلگرد در امتداد یکدیگر، میلگردها را باید به یکدیگر وصله نمود. انجام وصله میلگردها باید با رعایت جزئیات و دقت لازم انجام گیرد، به همین جهت آیین نامه ها قید می کنند که وصله میلگرد تنها باید طبق آنچه در نقشه های طراحی و مشخصات فنی ارائه شده است اجرا گردد.

چهار دسته پرکاربرد از انواع اتصال میلگرد به قرار ذیل است.

1- وصله مکانیکی

2- وصله پوششی

3- وصله جوشی با قوس الکتریکی

4- وصله جوشی تحت فشار با گاز (فورچینگ)

اتصال مکانیکی میلگرد :

زمانی که شرایط مناسب باشد و محدودیت های آیین نامه رعایت شوند، استفاده از وصله پوششی به عنوان متداول ترین روش وصله است اما زمانی که به هر دلیلی امکان استفاده از وصله پوششی نباشد، وصله مکانیکی جایگزین مناسبی است. هریک از انواع وصله های مکانیکی از جنبه های زیر بررسی می شوند:

پیکربندی

رویه اجرا

الزامات تایید شدن

استفاده از وصله مکانیکی در موارد زیر می تواند لازم یا مناسب باشد:

1- آیین نامه اجازه استفاده از وصله پوششی را برای میلگردهای با قطر بالا نمی دهد.

2- فاصله میلگردها از یکدیگر به اندازه ای کم باشد که استفاده از وصله پوششی ممکن نیست. این مشکل معمولاً در عضوهایی مانند ستون ها که تحت تاثیر نیروی زیاد هستند و به مقدار زیادی میلگرد نیاز دارند رخ می دهد.

3- الزامات آیین نامه برای وصله کششی پوششی باعث افزایش طول وصله می شود، این حالت برای میلگردهای با قطر زیاد یا میلگردهای دارای پوشش با چسبندگی کم پیش می آید. در این حالت استفاده از وصله مکانیکی می تواند مناسب تر باشد.

4- محل قرار گرفتن وصله در بخشی از سازه باشد که امکان استفاده از وصله پوششی طبق شرایط آیین نامه مجاز نباشد.

میلگردهای انتظار موجود برای استفاده از وصله پوششی طول کافی را نداشته باشند. اگر طول میلگردهای انتظار حداقل 305 میلی متر یا بیشتر باشد می توان از وصله مکانیکی استفاده کرد. در هنگام استفاده از وصله مکانیکی ممکن است محدودیت هایی در کار با تجهیزات یا رویه اجرا وجود داشته باشد که این محدودیت ها می تواند در نحوه طراحی تاثیرگذار باشد. بعضی از این موارد عبارتند از:

فاصله و پوشش میلگردها :

در بند 1.2.25 آیین نامه ACI 318 حداقل فاصله مورد نیاز بین میلگردها برای استفاده از وصله پوششی مشخص شده است. در آیین نامه ACI 439 حداقل فاصله بین میلگردها براساس نوع وصله مکانیکی بیان شده است. این آیین نامه حداقل فاصله را براساس نوع وصله و تجهیزات لازم برای اجرا وصله تعیین کرده است. همچنین آیین نامه بیان می کند که نصب زیگزاجی وصله می تواند به ایجاد فاصله لازم برای اجرا کمک کنند ولی عدم اجرا زیگزاجی وصله ها در سختی طولی و شکل پذیری موردنیاز وصله تاثیری ندارد. اکثر وصله های مکانیکی قطر بیشتری از میلگردهای طولی دارند، لذا در محل وصله ها با داشتن قطر خارجی وصله باید مقدار پوشش بتن موردنیاز بررسی شود. در مواردی که خاموت ها بر روی وصله مکانیکی قرار می گیرند به دلیل اختلاف قطر وصله با میلگرد وصله شده، لازم است تا مقدار پوشش بتن در محل وصله مورد بررسی قرار گیرد اما اگر خاموت در مجارت یا نزدیکی وصله باشد نیاز به بررسی پوشش و بتن نیست.

آماده سازی انتهای میلگردها :

متناسب با نوع وصله مکانیکی ممکن است شرایط و فعالیت های خاصی جهت آماده سازی انتهای میلگردها لازم باشد. برای نمونه در وصله مکانیکی طوقه دار لازم است انتهای میلگردها حدیده شوند. در تمامی وصله های مکانیکی هم راستا بودن میلگردهای وصل شونده دارای اهمیت است.

میلگردهای دارای پوشش :

میلگردهای بتن مسلح می توانند با اپوکسی یا روی جهت جلوگیری از خوردگی پوشش داده شود. وصله های مکانیکی مورد استفاده در میلگردهای پوشش داده شده با فرآیند مشابه وصله های مکانیکی میلگردهای بدون پوشش نصب می شوند اما در زمان اجرا متناسب با نوع وصله ممکن است لازم باشد تا به اندازه طول وصله از محل وصله، پوشش روی میلگردها زوده شود. بعد از اجرا، وصله و قسمت هایی که پوشش آن ها پاک شده است مجددا پوشش داده می شوند.

اجرا در محل :

متناسب با نوع وصله زمان و تجهیزات موردنیاز جهت اجرا متفاوت است لذا لازم است با توجه به شرایط محل و رویه اجرا، نوع وصله تعیین شود. در بعضی از مواقع ممکن است جهت ایجاد فاصله موردنیاز جهت اجرا صحیح یا ارضای الزامات آیین نامه لازم باشد تا وصله ها به صورت زیگزگی اجرا شود. در چنین شرایطی باید پیش از اجرا مشخص شود.

طراحی وصله های مکانیکی :

آیین نامه های طراحی مانند ACI 318 یا AASHTO برای میلگردهای وصل شده با اتصال مکانیکی در جزئیات اجرایی بحث خاصی را مطرح نکرده اند. آیین نامه ها به صورت کلی حداقل مقاومت وصله ها را مورد بحث قرار می دهند. برای مثال در آیین نامه ACI 318 بیان شده است که یک اتصال مکانیکی متناسب با نیاز باید در نیروی فشاری یا در نیروی کششی حداقل 125 درصد از مقاومت تسلیم مشخصه میلگرد را تامین کند. بنابراین زوال در میلگرد مجاور وصله اتفاق می افتد. براساس اینکه وصله مکانیکی حداقل مقاومت موردنیاز را باید برآورده کند، لذا به صورت کلی در طراحی ها وجود وصله مکانیکی باعث کاهش سختی و شکل پذیری طولی نمی شود و رفتار میلگرد وصله شده مشابه میلگرد سرتاسر پیوسته بدون وصله در نظر گرفته می شود. آیین نامه های طراحی موارد ابتدایی مقاومت لازم برای اتصال مکانیکی را پوشش می دهد اما در ارتباط با مشخصات و نوع مصالح مورد استفاده در ساخت وصله ها بحثی نمی کند. بعضی از این موارد عبارتند از:

در اعضای خمشی وصله مکانیکی نباید باعث کاهش مقاومت طولی موثر میلگرد وصله شده گردد. این کاهش می تواند در اثر تغییر در کرنش میلگرد وصله شده نسبت به کرنشی طراحی ایجاد شود. محل هایی که کرنش غیرخطی باید پیش بینی شود مانند ناحیه تسلیم در ساختمان های لرزه ای، وصله مکانیکی نباید باعث ایجاد تمرکز تنش و ایجاد زوال در وصله قبل از وقوع زوال در میلگرد مجاور شود.

در محل هایی از سازه که تحت تحریک لرزه ای احتمال وقوع جابجایی غیر خطی وجود دارد، وصله اجرا شده و میلگرد باید شکل پذیری لازم را داشته باشد.

انواع وصله مکانیکی میلگرد :

سه دسته وصله مکانیکی وجود دارد:

وصله های مکانیکی فقط فشاری

وصله مکانیکی فقط کششی

وصله مکانیکی کششی و فشاری

اتصال مکانیکی فقط فشاری

در این نوع اتصال تنش فشاری از میلگردی به میلگرد دیگر هم راستا و متکی به یکدیگر منتقل می شود. به جز اتصال غلاف دار که با فولاد پر می شود، در سایر انواع اتصال صرفاً فشاری لازم است که انتهای میلگرد با برش کاری آماده شود. این برشکاری باید گونیا باشد به طوری که امتداد سطوح صاف انتهای میلگرد نسبت به سطح عمود بر محور میلگردها از 1.5 درجه بزرگ تر نشود و در تنظیم میلگرد پس از اجرا این زاویه در محدوده حداکثر 3 درجه باشد. یک وصله اتکائی باید توانایی نگهداری میلگردها را به صورت هم مرکز داشته باشد. در ادامه تعدادی از انواع وصله های مکانیکی فشاری ارائه می شود.

اتصال مکانیکی غلاف دار با پیچ فولادی :

دو نوع از این اتصال وجود دارد که شامل اتصال مکانیکی غلافدار با پیچ فولادی و اتصال مکانیکی غلافی تسمه دار فولادی می باشد. عمل بستن جانبی از طریق سفت کردن پیچ های غلاف این اطمینان را ایجاد می کند که اتکای هم مرکز میلگردهای وصله شده فراهم می شود. ابزار لازم برای بستن این نوع اتصال آچار مناسب است. نوع اول اتصال غلاف دار با پیچ فولادی از یک پوسته استوانه ای شکل تشکیل می شود که در یک سمت آن باله هایی جدا از هم قرار دارد. روی این باله ها سوراخ هایی تعبیه شده است که پیچ درون آن ها سفت می شود و غلاف در اطراف میلگردها محکم می کند. به این اتصال وصله غلاف فولادی یکپارچه می گویند. طول این نوع وصله از 203 میلی متر تا 305 میلی متر متفاوت است که متناسب با قطر میلگرد تعیین می شود. در مواردی که قطر میلگردها متفاوت است از گوه هایی برای پر کردن فضای خالی ناشی از تغییر قطر استفاده می شود. این کار امکان وصله میلگرد با قطر مختلف را به کاربر می دهد. حداقل فاصله خالص بین دو میلگرد وصله شده مجاور برابر با 50 میلی متر است. این فاصله امکان انجام عمل اجرا به صورت صحیح را فراهم می کند.



اتصال غلاف دار با پیچ فولادی

نوع دیگر اتصال غلاف دار با پیچ فولادی از یک پوسته نیم استوانه ای با زبانه هایی خم شده در یک طرف و شیارهایی در طرف دیگر تشکیل می گردد. تسمه های L شکلی که بر روی آن ها سوراخ هایی ایجاد شده است از یک طرف در شیارها قرار می گیرند و از طرف دیگر با پیچ بر روی زبانه های خم شده محکم می شود. به این نوع اتصال وصله غلافی تسمه دار فولادی می گویند. طول این وصله براساس قطر میلگرد تا 305 میلی متر می رسد. شکل زیر یک اتصال مکانیکی غلافی تسمه دار فولادی را نشان می دهد.

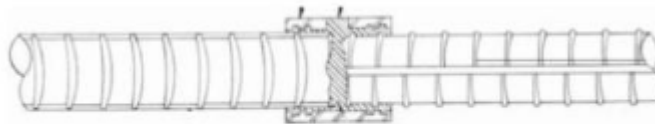


اتصال مکانیکی غلافی تسمه دار فولادی

اتصال مکانیکی غلاف دار پر شده با فولاد :

این اتصال متناسب با طول وصله می توانند هم در فشار و هم در کشش مورد استفاده قرار بگیرد. مشخصات و نحوه اجرا مانند نمونه فشاری - کششی می باشد که در بخش وصله های کششی - فشاری تشریح می شود. این اتصال برای وصل کردن میلگرد در قطرهای مختلف مناسب می باشد و انتهای میلگردها نیاز به آماده سازی خاصی ندارد اما از هر نوع خم شدگی در طول میلگرد که می تواند مانع از جای گرفتن میلگرد در وصله شود باید اجتناب گردد. شکل زیر یک اتصال غلاف دار پر شده با فولاد را نشان می دهد. در این نوع اتصال پس از جای گرفتن میلگردها در غلاف، فضای بین میلگردها توسط تزریق فلز فولاد پر می شود لذا می توان انتهای میلگردها را با هوا برش برید و در صورت وجود ناهمواری توسط تزریق فولاد این فضاها پر می شود و می توان مطمئن بود که اتصال اتکایی برقرار شده است.

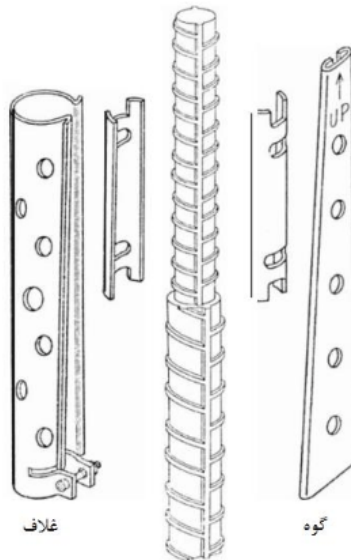
اگرچه که این اتصال در طول کم کاربرد اتصال فشاری را دارد اما با توجه به طبیعت آن می تواند مقدار محدودی مقاومت کششی نیز ایجاد کند که از آن صرف نظر می شود. فاصله مناسب بین دو میلگرد مجاور برای فرآیند اجرا وصله 1.5 برابر قدرت اسمی میلگرد می باشد. همان طور که گفته شد طول اتصال رفتار آن را مشخص می کند. برای مثال، اتصال با طول 76 میلی متر متناسب با قطر میلگرد می تواند یک اتصال مکانیکی فشاری باشد در حالی که همین نوع اتصال با طول 229 میلی متر می تواند رفتار فشاری و کششی مطلوب را از خود نشان دهد.



اتصال غلاف دار پر شده با فولاد

اتصال مکانیکی غلاف دار با گوه قفل شونده :

این اتصال رفتاری شبیه به اتصال غلاف دار با پیچ فولادی دارد، اما در این نوع اتصال به جای پیچ از گوه استفاده می شود. زمانی که گوه به داخل غلاف رانده می شود با بستن جانبی غلاف باعث نگه داشتن اتصال اتکایی انتهای دو میلگرد می شود. غلاف این نوع اتصال استوانه ای است که دو زبانه مسطح شده به صورت طوقه بر روی آن قرار دارد. زبان ها در یک انتها به هم نزدیک بوده و در طول وصله از هم فاصله می گیرند. شکل زیر یک اتصال غلاف دار با گوه قفل شونده را نشان می دهد. طول غلاف از 140 میلی متر تا 305 میلی متر متناسب با سایز میلگرد تغییر می کند و فاصله جانبی بین دو میلگرد حداقل باید 76 میلی متر باشد تا فرآیند اجرا بدون مشکل انجام گیرد.



اتصال غلایف دار با گوه قفل شونده

اتصال مکانیکی فشاری - کششی :

این نوع اتصال باید توانایی مقاومت در برابر بارهای فشاری و کششی را داشته باشد. در ادامه تعدادی از این نوع اتصال ها معرفی شده اند. در صورتی که یک اتصال بتواند ضوابط آیین نامه را برای اتصال های فشاری و کششی برآورده کند آن اتصال را می توان مورد استفاده قرار داد.

اتصال مکانیکی غلایف دار سرد پرس شده فولادی :

این اتصال تشکیل شده است از یک غلایف بدون درز که در دو انتهای میلگردها قرار می گیرد و میلگردها با قطر مختلف را می تواند به یکدیگر متصل کند. شکل زیر یک اتصال غلایف دار سرد پرس شده فولادی را نشان می دهد. در این روش از یک پرس هیدرولیک جهت اجرا در محل استفاده می شود. این پرس با فشار بر غلایف و تغییر شکل آن متناسب با برآمدگی های سطح میلگرد، موجب قفل شدگی بین تیوپ و میلگرد می شود. نیازی به آماده سازی انتهای میلگردها قبل از فرآیند وصله کردن نمی باشد. در صورت استفاده از این نوع اتصال لازم است از امکان دسترسی دستگاه پرس به محل اجرا میلگردها اطمینان حاصل شود.



اتصال غلاف دار سرد پرس شده فولادی

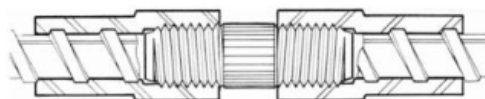
اتصال مکانیکی غلاف دار پر شده فولادی با یک انتهای حدیده شده :

این نمونه از اتصال مکانیکی از دو قطعه نر و مادگی با جنس یکسان تشکیل شده است. قطعه مادگی دارای بخش حدیده شده داخلی در یک انتهای خود می باشد و قطعه نری دارای یک بخش حدیده شده بر روی سطح خود می باشد که باعث می شود دو قطعه نر و مادگی در هم پیچ شوند. انتهای دیگر قطعات اتصال های نر و مادگی بر روی میلگردها پرس می شود تا قفل شدگی مکانیکی حاصل شود. شکل زیر این نوع اتصال را نشان می دهد. نوع دیگر از اتصال پرس شده با حدیده وجود دارد که از سه قطعه تشکیل شده است.

این قطعات عبارتند از دو قطعه مادگی حدیده شده و یک قطعه فلزی که نقش اتصال دهنده مادگی ها را ایفا می کند. از این نوع اتصال زمانی استفاده می شود که به دلایلی امکان چرخاندن میلگردها وجود ندارد لذا دو قطعه مادگی که بر روی دو میلگرد پرس شده است ثابت می ماند و میله فلزی اتصال دهنده که دو انتهای آن حدیده شده است با چرخش خود درون قطعات مادگی ثابت شده و اتصال را برقرار می کنند. میله اتصال دهنده دارای حدیده چپ گرد بر روی یک انتهای خود و حدیده راست گرد بر روی انتهای دیگر خود می باشد. شکل زیر این نوع اتصال را نشان می دهد. در مواقعی که قطر میلگردهای وصل شده متفاوت باشد از اتصال در شکل زیر استفاده می شود.



الف- اتصال دو قطعه



ب- اتصال سه قطعه



ج- اتصال تبدیل

انواع مختلف اتصال غلاف دار پر شده فولادی با یک انتهای حدیده شده الف: اتصال دو قطعه غلاف دار ب: اتصال سه قطعه غلاف دار با قطعه فلزی ارتباط دهنده در وسط ج: اتصال غلاف دار تبدیل جهت متصل کردن دو میلگرد با قطر مختلف

اتصال مکانیکی غلاف دار گرم فورج شده :

در این نوع اتصال از یک نوع غلاف خاص که قابلیت نرم شدگی را داشته باشد استفاده می شود که در انتهای میلگرد قرار می گیرد و متناسب با الگوی سطح میلگرد تغییر شکل می دهد. برای اجرا اتصال نیاز به یک کوره یا اجاق جهت گرما دادن به غلاف و یک جک هیدرولیک برای تغییر شکل غلاف می باشد. رویه نسبت به این صورت است که غلاف گرما دیده در انتهای دو میلگرد قرار می گیرد و با دستگاه پرس تحت فشار تغییر شکل می دهد.

اتصال مکانیکی غلاف دار پرشونده با گروت :

این اتصال از یک پوسته فولادی مخروطی شکل که از دو طرف لاغر می شود و لایه درونی آن مشابه با الگوی سطح میلگرد تغییر شکل یافته تشکیل می شود. از گروت با مقاومت بالا و غیر جمع شونده با ملات مناسب جهت تزریق به درون غلاف و اطراف میلگرد توسط پمپ با فشار کم استفاده می شود. انتهای میلگردها نیاز به آماده سازی خاصی ندارد. همچنین انتهای میلگردها می توانند در اتصال به یکدیگر باشند و به اندازه 2.5 میلی متر از هم فاصله گرفته باشند. این اتصال مکانیکی می تواند برای میلگردهای پوشش داده شده با اپوکسی یا روی نیز به کار رود. اتصال غلاف دار پرشونده با گروت جهت وصل کردن میلگردهای عمودی کاربرد دارد، به این صورت که غلاف را بر روی میلگرد پایین قرار می دهند تا جایی که تماس بین میلگرد و غلاف باعث گیر کردن میلگرد شود.

سپس غلاف را با گروت سیمانی پر می کنند. پس از آن میلگرد بالایی را درون غلاف وارد می کنند و میلگردها توسط نگهدارنده ها ثابت می شوند تا گروت به مقاومت کافی برسد. در صورتی که از خروج گروت جلوگیری شود می توان این وصله برای میلگردهای افقی نیز استفاده کرد. شکل زیر یک اتصال غلاف دار پرشونده با گروت را نشان می دهد. این نوع غلاف در بتن پیش ساخته کاربرد بیشتری دارد. لازم است اقدام احتیاطی خاصی در نظر گرفته شود تا از حرکت قطعات وصله شده قبل از سخت شدن گروت جلوگیری شود. مقاومت 21 تا 34 مگاپاسکال برای اکثر گروت ها متناسب با دما تا 24 ساعت حاصل می شود.



اتصال غلاف دار پرشونده با گروت

اتصال مکانیکی غلاف دار پرشده با فولاد :

این نوع اتصال هم برای وصله های فشاری و هم برای وسیله های فشاری کششی کاربرد دارد. همان طور که قبلا هم گفته شد اتصال تشکیل شده است از یک پوسته استوانه ای فولادی که درون آن توسط دستگاه شیارهایی ایجاد شده است و فولاد ذوب شده جهت پر کردن بین غلاف و میلگرد منتقل می شود. در این نوع اتصال نیز آماده سازی خاصی بر روی انتهای میلگردها موردنیاز نمی باشد و تنها لازم است که انتهای میلگردها خشک و از موارد خارجی یا پوشش های اپوکسی پاک باشد. فاصله میان میلگردهای مجاور جهت انجام فرآیند وصله کردن حداقل بین 51 تا 64 میلی متر باید باشد.

اتصال مکانیکی طوقه دار با رزوه مستقیم :

در اتصال مکانیکی طوقه دار با رزوه مستقیم از یک طوقه جهت متصل کردن دو انتهای میلگرد استفاده می شود که دارای حدیده های ایجاد شده توسط ماشین در داخل خود می باشد به صورتی که الگوی آن بر حدیده های ایجاد شده در سطح انتهای میلگردها منطبق می باشد. شکل زیر یک اتصال مکانیکی طوقه دار سه قطعه رزوه دار را نشان می دهد. سه قطعه عبارتند از دو قطعه میلگرد و طوقه حدیده شده.



اتصال مکانیکی طوقه دار سه قطعه با رزوه مستقیم

همچنین نوع دیگری از این نوع اتصال وجود دارد که طوقه در انتهای یکی از میلگردها از یک سمت جوش شده و سمت دیگر طوقه دارای حدیده داخلی منطبق بر حدیده سطح میلگرد دیگر می باشد. شکل زیر یک اتصال مکانیکی طوقه دار دو قطعه را نشان می دهد (دو قطعه عبارتند از دو میلگرد و چون طوقه در این نوع اتصال به یکی از میلگردها جوش داده می شود تحت عنوان قطعه جدا شمارش نمی شود). از اتصال مکانیکی طوقه دو قطعه معمولاً زمانی استفاده می شود که میلگردهای انتظار به هر دلیل کوتاه باشند و امکان عمل حدیده کردن نباشد. جهت جوش دادن طوقه ها باید متناسب با شرایط ذکر شده تولیدکننده طوقه عمل شود.

اتصال پوششی میلگرد :

اساس عملکرد مرکب بتن و فولاد و تشکیل یک عضو بتن آرمه بر پیوستگی کامل بین میلگرد مسلح کننده و بتن استوار است. پیوستگی در وصله های پوششی نقش اصلی انتقال نیرو را ایفا می کند. پیوستگی بین فولاد مسلح کننده و بتن در اثر عوامل زیر ایجاد می شود:

چسبندگی شیمیایی بین فولاد و بتن

اصطکاک بین سطح میلگرد و بتن اطراف آن

درگیر شدن برآمدگی ها و فرورفتگی های میلگرد آجدار در بتن

مهار مکانیکی در انتهای میلگرد که ممکن است توسط قلاب یا حتی مهره و واشر ایجاد شود

از میان موارد بالا درگیر شدن آج میلگرد با بتن موثرترین عامل پیوستگی است. در همین راستا آیین نامه ها معمولا استفاده از میلگردهای صاف را مگر در مواردی بسیار محدود مجاز نمی دانند. تنش های پیوستگی یا تنش های چسبندگی در هر جا که تنش یا نیرو در فولاد مسلح کننده از نقطه ای به نقطه دیگر متغیر باشد، در پیرامون میلگرد و بین بتن و فولاد وجود خواهد داشت. جهت تعیین حداکثر تنش های پیوستگی و انتقال نیرو از میلگرد به بتن از آزمایش های زیر استفاده می شود.

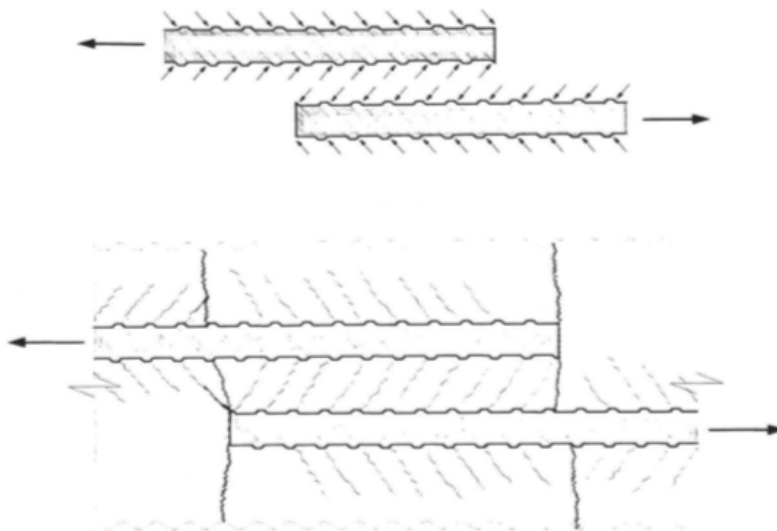
آزمایش بیرون کشیدگی :

آزمایش میلگرد درگیر در بتن

آزمایش تیر

زوال پیوستگی بین بتن و فولاد عمدتا ناشی از خرد شدن بتن درگیر بین آج های سطح میلگرد و جابجا شدن میلگرد در داخل بتن است که با شکاف خوردگی طولی بتن در امتداد طول گیرایی میلگرد همراه می باشد.

وصله پوششی با قرار دادن دو میلگرد در مجاور یکدیگر در یک طول مشخص انجام می گیرد. طولی که دو میلگرد باید در مجاورت یکدیگر قرار داده شود به نام طول وصله یا طول پوشش خوانده می شود. در وصله پوششی نیروی موجود در میلگرد ابتدا توسط تنش پیوستگی به بتن منتقل شده و سپس از بتن و باز هم توسط تنش پیوستگی به میلگرد بعدی که در امتداد آن قرار داده شده است انتقال می یابد. این انتقال تنش و نیرو در حالتی که میلگردها تحت کشش باشند در شکل زیر نشان داده شده است. همان طور که در شکل ملاحظه می شود نیروی کششی میلگرد سبب می شود که تنش فشاری ناشی از چسبندگی بین بتن و فولاد، در راستای عمود بر سطح آج میلگرد در ناحیه انتهایی میلگرد ایجاد شود. عکس العمل این تنش فشاری در بتن اطراف میلگرد، تنش فشاری ایجاد کرده و سرانجام تنش فشاری با همان راستای مورب به میلگرد دیگر منتقل می شود. این تنش نهایتا می تواند به صورت نیروی کششی در میلگرد دوم تحمل گردد.



انتقال تنش در وصله پوششی میلگردهای تحت کشش

وصله پوششی را می توان به صورت وصله پوششی تماسی و نیز وصله پوششی غیر تماسی اجرا کرد. در وصله پوششی تماسی میلگردهای وصل شونده در طول وصله کاملا در تماس با یکدیگر قرار می گیرند به طوری که امکان ایجاد حفره که باعث ضعف در بتن می شود بین دو میلگرد فراهم نباشد. برای ایجاد وصله پوششی تماسی در عمل می

توان با استفاده از سیم های نازک متداول، میلگردهای وصله شونده را در طول وصله و در فواصل مناسب به یکدیگر متصل نمود. در وصله پوششی غیر تماسی باید شرایطی فراهم کرد که بتن به طور مناسب در بین میلگردهای وصله شونده نفوذ کرده و بین آن ها حفره ایجاد نشود. اگر فاصله میلگردها از یکدیگر زیاد باشد یک مقطع غیر مسلح ایجاد می شود.

وصله پوششی را نباید برای میلگردهای بزرگ تر از قطر 36 به کار برد مگر برای انتقال نیروی فشاری. آیین نامه همچنین قید می کند اگر از میلگردهای گروهی استفاده شده باشد تمام گروه میلگرد نباید به صورت پوششی وصله شود. همچنین میلگردهایی از یک گروه که به صورت پوششی وصله می شوند، نباید در طول وصله همپوشانی داشته باشند.

اتصال جوشی با قوس الکتریکی :

این نوع جوش باعث کاهش خاصیت مقاومت کششی در میلگرد میشود.

وصله های جوش شده از نقطه نظر انتقال تنش بسیار خوب تلقی می شود به شرط آنکه با کیفیت بسیار عالی و تحت نظارت کامل انجام شود و با آزمایش از کیفیت مناسب جوش اطمینان حاصل شود ACI318 قید می کند که به جز مواردی که صریحا قید کرده است، مشخصات جوشکاری باید مطابق با آیین نامه جوشکاری سازه - فولاد مسلح کننده باشد ACI318 در ویرایش های قبلی قید می کند که جوش میلگردها باید حتما به صورت سر به سر انجام شود ولی از آنجایی که ANSI/AWS D14 استفاده از جوش های سر به سر غیرمستقیم را هم مجاز دانسته است از سال 1995 ACI318 قید مربوط به سر به سر بودن جوش میلگردها را حذف کرده است. اگرچه ANSI/AWS D1.4 نیز قید می کنند که وصله های جوشی سر به سر مستقیم برای میلگردهای با قطر بزرگ تر از 22 اگر امکان پذیر باشد مناسب تر خواهد بود.

برای جوش میلگردها نیاز به پیش گرم کردن میلگرد است. قابلیت جوش دهی و میزان پیش گرم کردن میلگردها براساس هم ارز کربن در فولاد مصرفی که عمدتا براساس درصد نسبی کربن و منگنز است، تعیین می شود. در صورتی که اطلاعاتی در مورد کربن هم ارز فولاد مصرفی در دسترس نباشد آیین نامه حداقل دمای لازم را برای پیش گرم کردن میلگردها در جوشکاری برای میلگرد با حداکثر قطر 19 میلی متر برابر با 150 درجه سانتی گراد و برای میلگردهای با قطر 22 میلی متر و بزرگ تر برابر با 260 درجه سانتی گراد ذکر می کند. پس از تکمیل جوشکاری میلگردها به طور طبیعی تا رسیدن به دمای محیط سرد می شوند و نباید به سرعت تحت کاهش دما قرار گیرند.

اتصال دو میلگرد به وسیله جوش که نوعی وصله میلگرد محسوب می شود براساس ANSI/AWS D1.4 در انواع زیر مجاز است.

اتصال سر به سر مستقیم :

برای میلگردهای با قطر بیشتر از 19 میلی متر ترجیحا باید از این اتصال استفاده کرد. اتصال جوش سر به سر مستقیم در انواع زیر مجاز است.

الف - جوش شیاری V شکل یک طرفه برای اتصال افقی دو میلگرد

ب - جوش شیاری V شکل دو طرفه برای اتصال افقی دو میلگرد

ج - جوش شیاری V شکل یک طرفه با قطعه لوله پشت بند برای اتصال افقی دو میلگرد با قطر مساوی

د - جوش شیاری اریب یک طرفه برای اتصال قائم دو میلگرد

ه - جوش شیاری اریب دو طرفه برای اتصال قائم دو میلگرد

و - جوش شیاری اریب یک طرفه با قطعه لوله پشت بند برای اتصال قائم دو میلگرد با قطر مساوی

اتصال سر به سر غیر مستقیم :

این اتصال در انواع زیر امکان پذیر است:

الف - اتصال سر به سر غیر مستقیم با صفحه وصله که با استفاده از جوش شیاری اریب ذوبی دو طرفه انجام می گیرد.

ب - اتصال سر به سر غیر مستقیم با نبشی وصله که با استفاده از جوش شیاری اریب ذوبی انجام می گیرد.

ج - اتصال سر به سر غیر مستقیم با میلگردهای وصله که با استفاده از جوش شیاری V شکل انجام می گیرد.

در حالت استفاده از اتصال سر به سر غیر مستقیم، بتن اطراف اتصال در سازه تمام شده باید توسط فولادهای عرضی یا صفحات وصله به اندازه کافی تقویت شود تا از شکاف خوردن بتن که ممکن است در اثر بارگذاری غیر محوری اتصال پیش بیاید جلوگیری شود.

اتصال پوششی جوش شده :

این اتصال در انواع زیر اجرا می شود.

الف - اتصال پوششی مستقیم با میلگردهای در تماس. این اتصال با جوش شیاری V شکل نوبی دو طرفه اجرا می شود. مگر آنکه اتصال فقط از یک طرف در دسترس باشد که در این حالت به شرط تایید مهندس ناظر می توان از جوش شیاری شکل نوبی یک طرفه استفاده کرد.

ب - اتصال پوششی غیر مستقیم با میلگردهای جدا. این اتصال با جوش شیاری اریب نوبی یک طرفه اجرا می شود.

اتصال پوششی جوش شده به میلگردهای با قطر 19 میلی متر محدود می شود. از طرفی در این اتصال تمایل عملکرد خمشی اتصال هنگام بارگذاری خارج از محور وجود دارد بنابراین بتن اطراف اتصال در سازه تمام شده باید به کمک میلگردهای عرضی یا صغه وصله به میزان کافی تقویت گردد.

اتصال جوشی سر به سر تحت فشار (فورجینگ) :

فورجینگ نخستین بار در دهه 1940 میلادی در ایالات متحده آمریکا و ژاپن تحت عنوان یکی از شاخه های فرآیند جوشکاری گاز اکسی استیلن گسترش یافت و سپس در روسیه و آلمان جهت استفاده در ریل گذاری قطار مورد مطالعه قرار گرفت. در این روش هریک از میلگردها توسط مخلوط گاز استیلن و اکسیژن در دمای حدود 1200 تا 1300 درجه سانتی گراد حرارت داده می شود. میلگرد از جنس فولاد و ترکیب اتم های آهن و کربن است. این اتم ها در دمای محیط به صورت وضعیت پایدار به سر می برند و چیدمان عادی خود را دارد. زمانی که آن ها حرارت داده می شود با چیدمان مجدد اتم ها و از طریق اتصال شبکه کریستال دو میلگرد به هم می چسبند. فرآیند فورجینگ در دمای پایین تر از نقطه نوب و در فاز خمیری صورت می گیرد. آزمایش های انجام شده بر روی محل اتصال نشان داده است که ساختار کل مجموعه در کلیه قسمت ها یکسان می باشد. حرارت دهی طولانی باعث تشکیل ساختار درشت دانه در محل اتصال می شود، لذا این نوع جوش از مقدار چقرمگی کمی برخوردار است.

شکل زیر تقسیم بندی انواع روش جوشکاری براساس آیین نامه 1910 din را نشان می دهد.



تقسیم بندی انواع روش جوشکاری براساس آیین نامه 1910 DIN

یکی از مواردی که در اتصال های فورجینگ بسیار دارای اهمیت است، اطمینان حاصل پیدا کردن از سلامت اتصال است. برای آزمون اتصال دو روش کلی وجود دارد:

آزمون مخرب مانند آزمون خمش و کشش میلگرد وصل شده

آزمون غیر مخرب مانند آزمون نفوذ، آزمون امواج مافوق صوت و آزمون برش داغ

در روش آزمون برش داغ بلافاصله پس از انجام عمل جوش، توسط لبه های قابل تنظیم اقدام به برش برآمدگی حاصل از جوش می کنند و سپس با توجه به وضعیت سطح در محل برش می توان به سلامت اتصال پی برد.

روش انجام عملیات جوش سر به سر تحت فشار :

در این روش لازم است کلیه مراحل جوش توسط افراد متخصص دارای گواهی نامه تایید مهارت انجام گیرد. ابتدا دو انتهای میلگردهای متصل شونده توسط اره برش سرد بریده می شود تا سطح برش کاملاً صاف و صیقلی و عمود بر محور میلگرد به دست آید. سپس میلگردهای برش خورده را با حداقل قطر 10 میلی متر در گیره نگهدارنده بسته می شود و گیره را به پمپ هیدرولیک متصل می کنند که با استفاده از روغن موجود در مخزن نیروی فشاری تولید می کند. حال با شعله آتش عملیات حرارت دهی را آغاز می کنند و در حین حرارت دهی فشار لازم را به میلگردها اعمال می کنند. زمان حرارت دهی متناسب با قطر میلگردها است. در حین عملیات حرارت دهی فشار لازم توسط پمپ هیدرولیک وارد می شود تا عملیات اتصال کامل شود. قطر ناحیه برآمده جوش نباید از 1.4 برابر قطر میلگرد و طول ناحیه برآمده جوش نباید از 1.1 برابر قطر میلگرد کمتر باشد.

وصله پوششی در مقابل وصله مکانیکی :

پوشش آرماتورها از مدت ها پیش بعنوان روشی موثر و اقتصادی در نظر گرفته شده است، اما درخواست طراحان امروز، اجبار سازندگان بر در نظر گرفتن جایگزین هایی برای وصله پوششی است.

در اغلب سازه های بتنی مسلح، بعضی از آرماتورها بایستی وصله شوند. طول مورد نیاز یک میلگرد می تواند بیش از طول گیرایی فولاد باشد یا به اندازه ای بلند باشد که بتواند به آسانی حمل نمود. در هر دو مورد، نصب کننده های آرماتور کار را دو یا بیشتر قطعه ای که می بایست به هم وصله شوند، به اتمام می رساند.

وصله پوششی، که نیازمند همپوشانی دو میلگرد موازی است، از مدت ها پیش به عنوان روش وصله اقتصادی، موثر مورد پذیرش واقع شده است. وصله پوششی معمولاً تماسی است، اما در اعضای خمشی میلگردها می توانند به فاصله ای به اندازه ۶ اینچ جدا از هم قرار گیرند. پیوستگی بین فولاد و بتن بار را از یک میلگرد به بتن و آنگاه از بتن به دیگر آرماتور (به صورت ادامه دار) انتقال می دهد. این انتقال بار با تغییر شکلها یا دندانهای آرماتور تحت تاثیر قرار می گیرد.

در پروژه هایی با اندازه میلگرد کوچک مثل نمره ۸، تنش تسلیم نسبتاً پایین در فولاد و ساختمان هایی با ارتفاع ۱۵ طبقه یا کمتر، وصله پوششی در طولانی مدت خوب عمل می کند. در سال های اخیر، اگرچه تغییری وجود داشته است اما با ادامه تحقیقات طراحی های مورد تقاضای بیشتری در بتن مصلح جدید و توسعه طراحی دوگانه سازه های بتنی/فولادی طراحان را مجبور به در نظر گرفتن جایگزین هایی برای وصله پوششی نموده است. قاب های ساختمانی بتنی به سمت ۱۰۰ طبقه و بیشتر رفته است. کاربرد طراحی کنونی برای قاب های سازه ای از اندازه میلگرد ۸ الی ۱۱ با تنش تسلیم ۶۰ یا ۷۵ ksi (کیلوپاسکال بر اینچ مربع) استفاده می کند. و مقاومت های ۸۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ پاسکال بر اینچ مربع در آیین نامه مورد قبول است و بیشتر استفاده می شود. استفاده از بتن های با مقاومت بالاتر طول پوشش کمتر را مجاز می کند. گرچه، این بتن ها بیشتر مستعد شکافته شدن هستند، سوالات زیادی درباره کفایت و قابل اعتماد بودن وصله های پوششی وجود دارد.

بستری از آرماتور های نمره ۱۸ قفل و بست شده، ساخته شده نزدیک **Olmstead** توسط گروه مهندسی ارتش آمریکا. هر میلگرد از ۵ قسمت تشکیل شده است، به طول ۴۹ تا ۶۰ پا، که انتهای آن با وصله های مکانیکی مخروطی شکل متصل شده است. با استفاده از یک محرک میلگرد که بصورت خاص طراحی شده و قدرت آن از یک مته حفاری گرفته می شود، کارگران قادرند همزمان بصورت محکم همه ۵ میلگرد را به یکباره متصل کنند. وصله مخروطی شکل به تنظیم شدن وصله ها کمک می کند، زمان وصله شدن از برای هر میلگرد از ۵ یا ۶ میلگرد تا ۲ دقیقه کاهش می یابد. گروه نیاز به اتصال میلگردها تا دستیابی به ۹۰ درصد مقاومت نهایی آن دارند - **ksi 81**، و الزام دیگری از استاندارد آیین نامه ساختمان دست یابی به مقاومت نسلیم ۱۲۵ درصد برای وصله های مکانیکی است.

محدودیت های آیین نامه در وصله پوششی :

کارهای تحقیقاتی روی فولاد مسلح کننده مدتی قبل موسسه بتن آمریکا را متقاعد به ممنوعیت وصله پوششی برای میلگرد های ۱۴ و ۱۸ نموده است، زیرا نیروهای میلگرد برای وصله شدن بتن بزرگ هستند و اثر وصله پوششی را تخریب می کنند. آیین نامه ساختمان **ACI 318-95** الزامات بتن مسلح (منابع ۱)، نیز اکنون وصله های پوششی را در عضوهای کششی (بخش ۵/۵/۱۲) و در مناطق مفصل پلاستیک (بخش ۲/۳/۲) ممنوع نموده است.

هیات آیین نامه طرح (**BOCA، ICBO و SBCCI**) به محدودیت های یکسان توافق دارند. براساس **Cagley و Apple** این تصمیمات با مسئولیت هیات اجرایی آیین نامه اصول وصله پوششی را زیرسوال برد که دلیل آن ها وجود بتن در انتقال بارها در کشش و برش است. بتن به خصوص در هردوی این ویژگی ها ضعیف هستند.

جایگزین های وصله پوششی :

یکی از جایگزین های پوشش وصله نموده میلگرد ها، مماس نمودن و جوش کردن آن ها براساس دستورالعمل انجمن جوش آمریکا است (**ACI 318-95**)، بخش ۲/۳/۱۴. (جوش کردن اغلب گران است و زمانی مورد اعتماد است که از جوش پذیری با مشخصات خواص شیمیایی آن اطمینان اصل شود.

میلگردها را همچنین می توان با انواعی از اتصالات مکانیکی متصل نمود (**ACI 318-95**)، بخش ۳/۱۴/۱۲. (بیشتر این اتصالات خاص است و شامل استوانه ای جهت تنظیم میلگردها و نگهداری آن ها در یک موقعیت می شود. برای اتصالات کششی و برخی اتصالات فشاری، استوانه نیروی فشاری و کششی مستقیما از یک میلگرد به دیگری منتقل می کند. اتصال غلاف (استوانه) به میلگرد با بندکشی، قالب گیری یا پرکردن فضای خالی بین میلگرد و غلاف با یک فلز مذاب برقرار می شود. آیین نامه ساختمان اتصالات را ملزم به تحمل ۱۲۵ درصد مقاوت تسلیم ویژه میلگرد می کند.

وصله های مکانیکی ازدحام آرماتور را کاهش داده و نسبت های فولاد به بتن را بهبود می بخشد. با استفاده از وصله های مکانیکی در تقاطع تیر-ستون طراح آزادی عمل استفاده از میلگردهای با قطر بزرگتر در یک ستون کوچک تر دارد.

مزایای وصله های مکانیکی :

وصله های مکانیکی مزایای زیر را به سازندگان ارائه می دهد.

استحکام سازه را بهبود می بخشد. وصله های مکانیکی بصورت مداوم مسیر بار مسلح کننده را مستقل از شرایط یا حضور بتن حفظ می کند. مادامی که این وصله ها در مناطقی کششی به اندازه ۱۲۵ درصد مقاومت تسلیم میلگرد را توسعه می بخشند، عملکرد آن نیز در مناطق سخت شونده کرنشی خوب فرض می شود. در کاربرد های لرزه ای، وصله های مکانیکی استحکام سازه ای را زمانی که میلگردها تحت تنش در حدود غیرالاستیک هستند، حفظ می کند.

صله های پوششی اغلب منطقه مفصل پلاستیک را برخلاف آیین نامه نقض می کند. وصله های مکانیکی را می توان به آسانی خارج از این مناطق تنش بالا قرار داد.

اتکایی بر بتن برای انتقال بار ندارد. در مناطقی با شرایط یخ و آب شدن و مناطق ساحلی، خوردگی آرماتور می تواند باعث پوسته شدن بتن شود. چون وصله های پوششی بار را از میان بتن اطراف آن منتقل می کند، زمانی که بتن از بین برود، اثر وصله پوششی از بین می رود. وصله های مکانیکی برای انتقال بار به بتن متکی نیست.

حذف محاسبات وصله پوششی. وصله پوششی محاسبات اضافی مورد نیاز برای تعیین طول پوشش مورد نیاز و خطاهای محاسباتی ذاتی را دور می زند.

کاهش هزینه مصالح. به دلیل اینکه به همپوشانی نیازی نیست، آرماتور کمتری مصرف می شود، هزینه برخی از مصالح کاهش می یابد. این صرفه جویی می تواند بخصوص برای کارهایی که میلگرد نیاز به روکش اپیوکسی دارد، مهم باشد، چون آیین نامه های ساختمانی ملزم به ۵۰ درصد هم پوشانی بیشتر در این گونه آرماتور ها می نمایند.

کوپلر ها می توانند به دور میلگردهایی که قابلیت چرخش ندارند، بگردند، مثل میلگردهای قلاب در این ستون

کاهش ازدحام آرماتور. یکی از گلايه هایی که کارگران پرداخت بتن مطرح می کنند، این است که نمی توانند بتن را وارد محفظه و قفس آرماتور ها کنند. پوشش ها بصورت موثر نسبت فولاد به بتن را دوبرابر می کند و در نتیجه ازدحام مانع از جریان و توزیع درشت دانه ها می شود و کارایی و پیراتور را محدود می کند. اگر چه در ACI 318-95 نسبت فولاد به بتن کم تر از ۸ درصد قید شده است، پیروی از این قاعده و دستیابی به یک طراحی متعادل به علت وجود میلگردهای اضافی در منطقه پوشش، دشوار است. وصله های مکانیکی بصورت عمده این ازدحام را کاهش می دهد.

ملاحظات مخارج :

باوجود اینکه مزیت های وصله مکانیکی به خوبی شناخته شده است، نگرانی اصلی هزینه بالای آن در جایی است که آیین نامه استفاده از وصله پوششی را ممنوع کرده است. اما واقعا هزینه وصله مکانیکی در واقع بیش از وصله پوششی است؟ اگر که اینگونه است، ما به تفاوت آن چقدر است؟

برای پاسخ به این سوال، کاگلی (Cagley) و همکاران، مهندسان سازه ای، دو سازه ای طراحی خودشان را مورد مطالعه قرار دادند. هر پروژه نیاز به تقریبا ۱۰۰۰۰ یارد مکعب بتن دارد، و هردو براساس الزامات ACI 318-95 طراحی شده است. سازه ی اول یک پارکینگ ۱۲ طبقه در هریسبورگ (Harrisburg) است. دیگری یک آزمایشگاه شیمی سه طبقه برای موسسه ملی استاندارد و تکنولوژی (NIST) است. وصله های پوششی در ساختمان پارکینگ استفاده شده، و وصله مکانیکی در سازه NIST، زیرا در آن پروژه وصله پوششی نسبت فولاد-بتن را بالای حد مجاز ۸ درصد در منطقه وصله می برد. چون تیرهای سازه NIST به وصله نیاز ندارند، یک تحلیل هزینه تنها برای فولاد ستون آن انجام شده است.

قلاب های استاندارد مورد نیاز در انتهای آرماتور ها اغلب ایجاد ازدحام فولاد می کند و جایگذاری بتن دشوار می شود. بعلاوه، محدودیت های فضا می تواند مانع استفاده از آرماتور بزرگتر می شود و فضای کافی برای قلاب ها و خم های بزرگ که آیین نامه ملزم نموده است، وجود نخواهد داشت. مهارهای مکانیکی مثل مهار مخروطی نشان داده شده از ناحیه انتهایی می تواند در بسیاری از موارد جایگزین قلاب استاندارد شود، با ساده سازی مونتاژ، ساخت و پرداخت بتن

مهار نشان داده شده، توسط موسسه اریکو ساخته شد، همانند یک کوپلر مکانیکی بزرگتر ساخته شده تا مهار کافی را فراهم آورد. طراحی شده برای استفاده در ASTM A 615 گرید ۶۰ یا ASTM A 706 آرماتور با سایزهای ۴ تا ۱۸، دستگاه آن به نصب های ماهر نیاز ندارد.

این مهار مخروطی شکل یک سری را در انتهای آرماتور شکل می دهد که جایگزین قلاب استاندارد می شود.

زمانی که توسعه آتی یا تغییرات ساخت پیش بینی می شود، مهار در دو انتها، محکم می شود و یکی از دو انتها قبل از بتن ریزی با استفاده از یک محافظ بند پلاستیکی بسته می شود. بتن می تواند بعدها برای نمایش مهار شکسته شود و در میلگردهای جدید برای توسعه آتی وصله زده شود.

برای تعیین هزینه کار، از پنج پیمانکار نصب آرماتور برای مقایسه هزینه های نصب وصله پوششی و وصله بندکشی شده مکانیکی سوال شد. نتیجه بر این بود که هزینه های نصب برابر بود. با در نظر گرفتن تیرها (معمولا طول پوشش بیشتری دارند) هزینه وصله پوششی بیش از مقدار اشاره شده در جدول است. نتایج نشان می دهد که هزینه های ارتقای یک سازه با استفاده از وصله های مکانیکی کمتر ۰/۲ درصد کل هزینه ساخت بوده است. با در نظر گرفتن وصله های تیر، مقایسه حتی بیشتر به نفع وصله های مکانیکی بوده است.

گزارش کاگلی (Cagley) نتیجه می دهد که “مزیت های اضافه شده سازه ای و اقتصادی وصله های مکانیکی نسبت به پوشش ها نسبت مزیت به هزینه را بسیار مطلوب نموده است زیرا وصله های مکانیکی به سازه سفتی و استحکام و تدام مسیر بار می دهد که پوشش ها این امر را ارائه نمی دهند”. نویسندگان تحقیقات اضافی را بر عملکرد وصله پوششی با مصالح با مقاومت بالا پیشنهاد نموده اند.

نکاتی اساسی پیرامون طول گیرایی و وصله آرماتور :

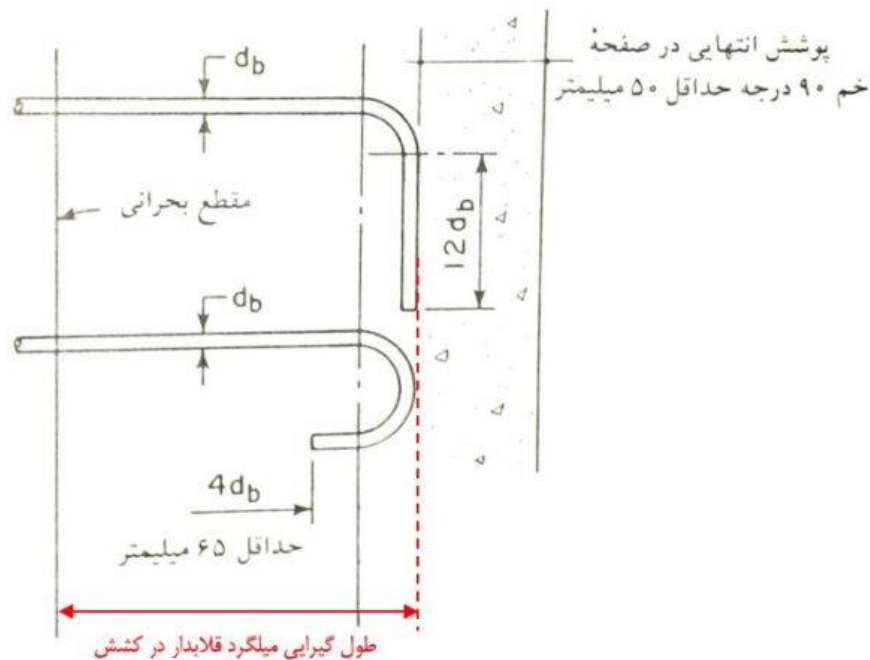
تعیین طول گیرایی و وصله آرماتورها طبق ضوابط موجود در مبحث نهم مقررات ملی، در هر شکل و شرایطی که باشد جزو مسائل پیچیده ای نبوده. اما از آن طرف در نظر گرفتن نکاتی ظریف در عین حال اساسی که در نتیجه حصول سالها تجربه در طراحی و نظارت بر اجرا حاصل شده است شاید برای همه مهندسين مخصوصا در فرصت کوتاه عملی نباشد. در این مقاله قصد داریم برخی از این نکات با ارزش را با شما در میان بگذارم.

مفهوم طول گیرایی :

قطعات بتن آرمه باید بگونه ای ساخته شوند که نیروهای کششی و فشاری ایجاد شده در آرماتورهای آن بطور کامل به بتن منتقل گردند. تنها با ایجاد قلاب استاندارد در آرماتورها، نمی توان آنها را در بتن مهار نمود. توجه نمایید که آرماتورها باید تا حد تسلیم ($A_b \cdot F_y$) در داخل قطعه بتنی پیش روند بدون اینکه کمترین لغزشی بین سطح مشترک آنها با بتن بوجود آید در غیر این صورت مقاومت قطعه بتن آرمه مختل می گردد و به آن حدی که طراح در نظر داشته نخواهد رسید. بنابراین علاوه بر ایجاد قلاب در انتهای آرماتور، طولی مستقیمی نیز باید به آن اضافه گردد که "طول گیرایی" نامیده می شود.

تعریف طول گیرایی آرماتور قلابدار :

طبق بند 9-21-2-1-2 مقررات ملی ویرایش 92، طول مستقیم میلگرد از انتهای آزاد تا شروع قلاب بعلاوه شعاع قلاب انتهایی بعلاوه قطر میلگرد بعنوان "طول گیرایی میلگرد قلابدار" پذیرفته می شود. در شکل زیر این مقوله بصورت شفاف ترسیم شده است.



توجه: ایجاد قلاب استاندارد در انتهای آرماتور خود، دارای دو شرط مقدار شعاع خم و حداقل طول مستقیم بعد از خم (در انتهای آزاد) می باشد که مورد دوم آن (طول مستقیم) برای قلاب 90 و 180 درجه بترتیب حداقل 12 و 4 برابر قطر آرماتور (d_b) می باشد. این طول مبادا با طول گیرایی اشتباه گرفته شود!

طول گیرایی آرماتور تیر در ستون :

همانطور که اشاره شد ضوابط نسبتاً ساده‌ای جهت تعیین پارامترهای مربوطه وجود دارد اما نکات آن چیست؟ در محل اتصال تیر به ستون کناری ساختمان (تیر غیر ممتد) هنگام تامین طول گیرایی میلگرد تیر با قلاب استاندارد در ستون نکته مهم، انتخاب سائز آرماتور طولی تیر است. اما چرا؟

طبق رابطه ارائه شده (9-21-5) بطور مثال برای آرماتور نمره 22، طول گیرایی میلگرد قلابدار برابر 407 میلی‌متر است همچنین با رجوع به شکل بالا باید حداقل به اندازه 50 میلی‌متر هم کاور از انتهای قلاب در داخل ستون در نظر گرفته شود. پس حداقل بعد ستون در ساختمان (در راستای آرماتور) برای استفاده از آرماتور T22 برابر 457 (بگوییم 500) میلی‌متر می‌باشد.

$$l_{dh} = \left[\frac{0.75 k_1 k_2 \beta \lambda}{\sqrt{f_{cd}}} \frac{f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \right] d_b \quad (9-21-5)$$

توجه: در رابطه فوق ضریب تخفیفی بنام K1 به مقدار 0.7 وجود دارد که اگر پوشش بتن پیرامون قلاب در دو امتداد تامین گردد، می‌توان از آن بهره برد. در جداول کپی/پیستی نقشه‌ها که با توجه به سائز آرماتور، طول گیرایی و وصله را ارائه می‌دهد اغلب از این تخفیف استفاده شده است.

توصیه نگارنده این است که تا جای ممکن در پروژه خود برای هر نمره از آرماتور مطابق روابط معتبر ارائه شده، طولهای مهار، وصله و خم را محاسبه نمایید و در نقشه روی آرماتورها در محل مربوطه قید نمایید. با این حال نسخه کامل جدول برای دوستانی که وقت ندارند! در زیر قرار گرفته است.

طول مهار میگرده قلابدار Ldh و کمترین بعد ستون				طول مهار میگرده مستقیم Ld				طول خمپوشانی میگرده (OverLap)					
No.	d mm	Ldh cm	کمترین بعد گره کلاه (ستون، دیوار، تیر)	No.	d mm	تیرها و ستون (آرماتور فولادی) (آرماتور گالوانی)	آرماتور قلاب ستون و دیوارها (آرماتور فولادی) (آرماتور گالوانی)	No.	d mm	تیرها و ستون (آرماتور فولادی) (آرماتور گالوانی)	آرماتور قلاب ستون و دیوارها (آرماتور فولادی) (آرماتور گالوانی)		
1	8	10.0	15.0	1	8	30.0 cm	40.0 cm	30.0 cm	1	8	40.0 cm	55.0 cm	40.0 cm
2	10	15.0	20.0	2	10	40.0 cm	45.0 cm	40.0 cm	2	10	50.0 cm	60.0 cm	50.0 cm
3	12	15.0	20.0	3	12	45.0 cm	55.0 cm	45.0 cm	3	12	55.0 cm	70.0 cm	55.0 cm
4	14	20.0	25.0	4	14	50.0 cm	65.0 cm	50.0 cm	4	14	65.0 cm	85.0 cm	65.0 cm
5	16	20.0	25.0	5	16	55.0 cm	75.0 cm	55.0 cm	5	16	75.0 cm	95.0 cm	75.0 cm
6	18	25.0	30.0	6	18	65.0 cm	80.0 cm	65.0 cm	6	18	85.0 cm	105.0 cm	85.0 cm
7	20	30.0	35.0	7	20	75.0 cm	90.0 cm	75.0 cm	7	20	95.0 cm	120.0 cm	95.0 cm
8	22	30.0	35.0	8	22	100.0 cm	130.0 cm	100.0 cm	8	22	130.0 cm	165.0 cm	130.0 cm
9	25	35.0	40.0	9	25	110.0 cm	140.0 cm	110.0 cm	9	25	145.0 cm	185.0 cm	145.0 cm
10	28	40.0	45.0	10	28	130.0 cm	160.0 cm	130.0 cm	10	28	165.0 cm	210.0 cm	165.0 cm
11	32	40.0	45.0	11	32	140.0 cm	200.0 cm	140.0 cm	11	32	175.0 cm	240.0 cm	175.0 cm

نکته بعدی آنکه در رابطه طول گیرایی برای آرماتورهای فاقد قلاب، ضریبی بنام آلفا آورده شده که گویای آنست اگر زیر آرماتور افقی (در ناحیه گیرایی) بیش از 30 سانتیمتر بتن قرار گرفته باشد، می‌بایست 30% به طول گیرایی بیافزاییم.

$$l_d = \left[\frac{0.18 f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left(\frac{c + k_{tr}}{d_b} \right)} \right] d_b \quad (9-21-1)$$

منظور آیین‌نامه از این بند این است که آرماتورهای فوقانی تیر اگر بصورت بدون قلاب در بتن مهار می‌شوند، دارای طول گیرایی به اندازه 1.3 برابر بیشتر از آرماتورهای تحتانی باشند. خب در نقشه‌ها که تمام آرماتورها در انتهای تیرهای غیر ممتد بصورت خم شده ترسیم می‌شود پس باید نگران چی بود؟

طول همپوشانی :

اول اینکه در تیرهای ممتد باید طول گیرایی آرماتورهای فوقانی که در تیرهای دهانه بعدی خود تکرار نمی‌شوند با رعایت این نکته مهار شوند (در نقشه زیر به طول گیرایی آرماتور فوقانی T20 برابر 60 سانت توجه نمایید (و نکته دوم آنجاست که در بند 9-21-4-2-1 مقررات ملی ویرایش 92 برای تعیین طول پوشش یا همپوشانی وصله میلگرد عنوان شده که حداقل برابر 1.3 برابر رابطه طول گیرایی میلگرد کششی بدون قلاب (9-21-1) باشد. به این ترتیب دو مرتبه باید ضریب 1.3 را جهت تعیین طول همپوشانی اثر داد، پس:

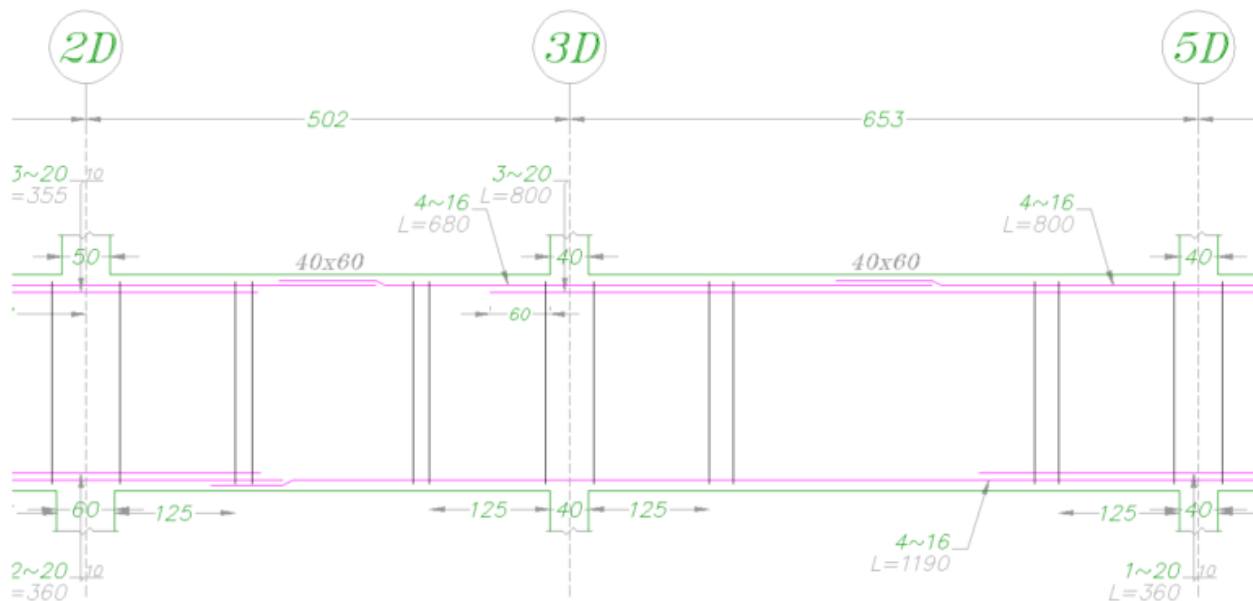
طول وصله پوششی میلگرد پایین تیر (یا فونداسیون) برابر است با:

$$(l_d) \times 1.3$$

طول وصله پوششی میلگرد بالای تیر (یا فونداسیون) برابر است با:

$$(l_d) \times 1.3 \times 1.3$$

توجه نمائید در روابط بالا فرض بر آن است که ضریب آلفای مورد بحث از رابطه l_d خارج شده است.



طول انتظار آرماتور ستون در فونداسیون :

این موضوع نیز از پر تعداد ترین سؤالاتی است که در ذهن طراح شکل می‌گیرد. طول انتظار چقدر باشد تا هم جوابگوی طول وصله باشد هم هنگام وصله کردن مانند شکل زیر دچار خمیدگی نگردد.

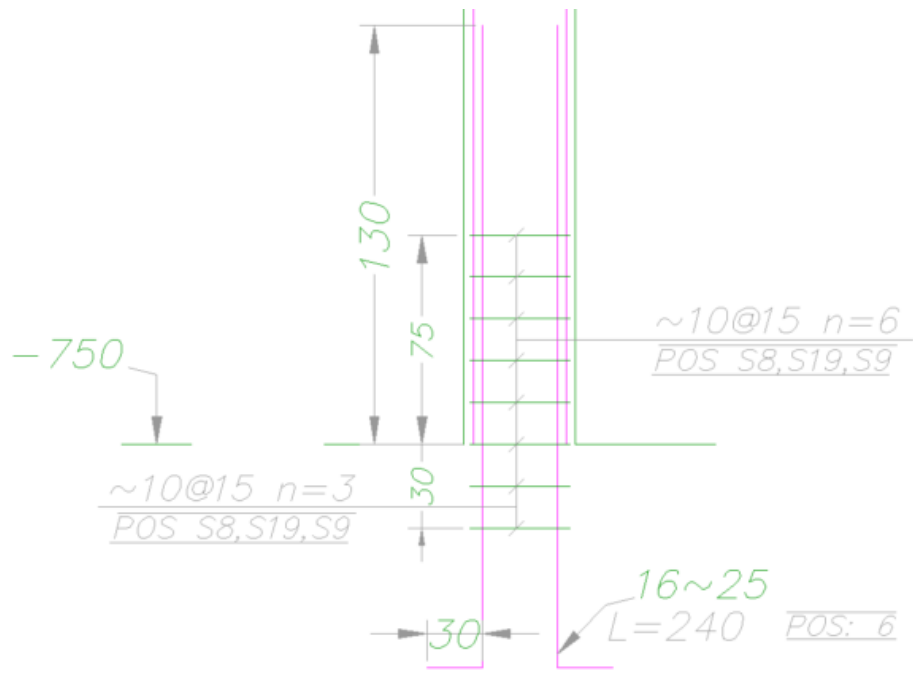
طبق ضوابط آیین‌نامه، محل وصله آرماتور ستون باید در یک سوم میانی ارتفاع ستون قرار گیرد. بعنوان مثال برای آرماتور T32 در قاب با شکل‌پذیری زیاد مقدار طول وصله پوششی (با کمک گرفتن از مقدار مناسب خاموت در ناحیه وصله آرماتور ستون)، برابر 1500 میلیمتر تعیین می‌شود.

اگر ارتفاع آزاد ستون نیز 3.6 متر باشد، محل شروع وصله 1200 میلیمتر بالاتر از روی فونداسیون باید قرار گیرد (یک سوم میانی طول عضو). پس حداقل طول انتظار آرماتور T32 در ستون از روی فونداسیون برابر $1200 + 1500 = 2700$ میلیمتر باید در نظر گرفته شود. برای تعیین طول کل آرماتور انتظار باید آن قسمت از طولی که داخل فونداسیون مهار شده است نیز به این عدد اضافه شود. پس:

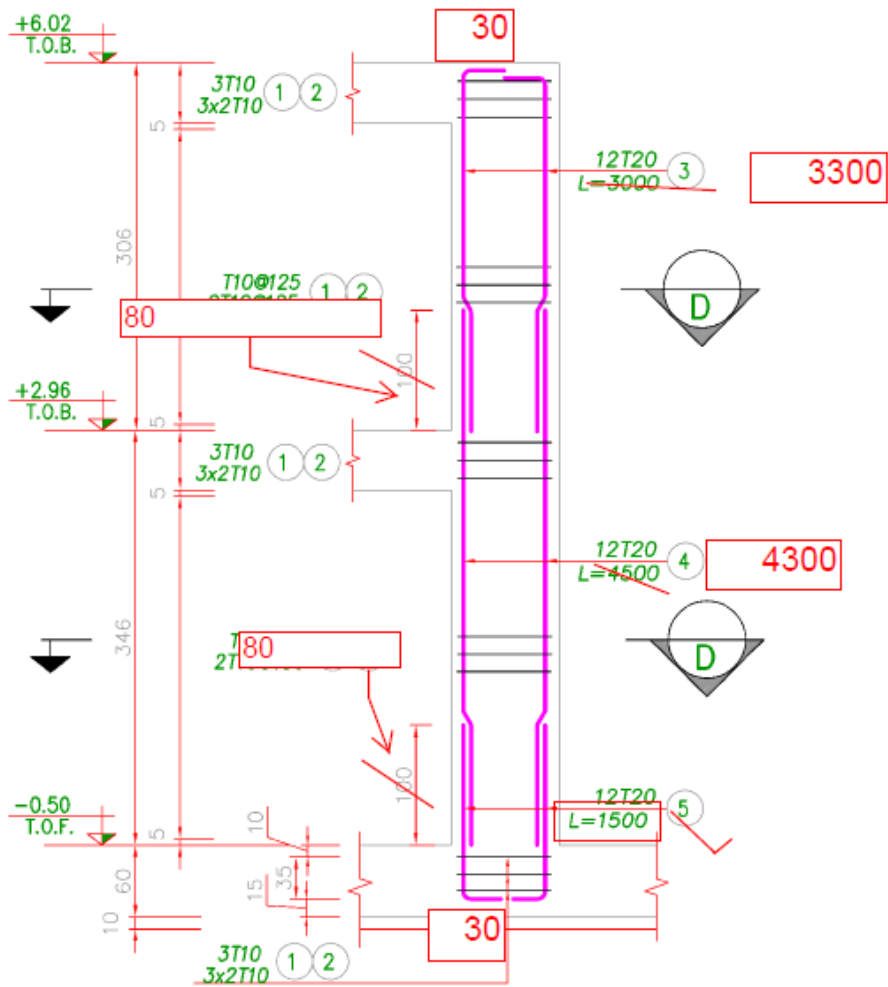
طول گیرایی میلگرد قلابدار در کشش: 590 میلیمتر (البته به ضخامت فونداسیون توجه نمایید حداقل 70 سانتیمتر باشد)

طول مستقیم قلاب: $d = 384mm12$

در مجموع طول آرماتور انتظار رند شده برابر 3.7 متر بدست می‌آید. در نقشه زیر توجه فرمایید برای آرماتور ریشه نمره 25، طول همپوشانی را 130 انتخاب نمودم و با توجه به ضخامت 90 سانت فونداسیون برای طول مدفون و خم نیز بترتیب 80 و 30 لحاظ کرده‌ام که نتیجتاً طول کل آرماتور مزبور 240 سانت شود و بدون پرت از هر شاخه 12 متری بتوان 5 شاخه بدست آورد.



استفاده از نرم افزارهای نقشه کشی تحت اتوکد موجب تسريع در فرآيند توليد نقشه و حذف يکسری کارهای تکراری بخصوص برای ساختمانهای بتنی می گردد. یکی از مزایای این نرم افزارها، اعمال ضوابط آیین نامه برای قطع و خم آرماتورها بصورت اتوماتیک در نقشه ها می باشد. با این حال ضمن احتمال بروز خطای انسانی حین کار، مکانیزم نرم افزار به خودی خود نیز در خصوص رعایت موضوع قطع و خم دارای محدودیت و نقصان بوده و دوباره کاری هایی را باید بصورت دستی در نقشه منظور نمود. شکل زیر نمونه ای از نقشه ترسیم شده توسط نرم افزارهای مزبور می باشد که در پروسه کنترل مضاعف موارد ذکر شده در آن اصلاح شده است.



COLUMN C-4

Sc. HOR. 1:25
VER. 1:50

NO.=04

مطمئننا کنترل چنین حجمی از اطلاعات آرماتورها در نقشه بسیار وقت گیر است. اما پیشنهاد ما این است که برای کنترل این موارد در نقشه با کمک نرم افزاری جامع تحت اکسل به سرعت این فرآیند را انجام دهید. محصول “اکسل شیت طراحی مهار و وصله آرماتور” که توسط مولف تحت اکسل برنامه نویسی شده است؛ دربرگیرنده کلیه روابط و پارامترهای مربوطه مطابق مبث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش 92 می باشد. این محصول جهت کنترل و تعیین طول مهار و وصله آرماتورها در کلیه اعضای بتنی (اعم از تیر، ستون، فونداسیون و دیوار) مطلوب می باشد.