



Mojtaba Pashapour

civil engineering

وصله مکانیکی میلگرد (کوپلینگ)

بررسی نکات اجرایی و آیین نامه ای به همراه تصاویر

تهیه کننده مهندس مجتبی پاشاپور آذر (مدرس و طراح سازه)

تدریس خصوصی طراحی سازه بتنی و فولادی با نرم افزار ایتبس و سیف

لینک کانال آموزش، طراحی اجرا [@MP Civil](https://www.instagram.com/MP_Civil)



چکیده

یکی از موضوعات مهم در اجرای سازه‌های بتن آرمه، نحوه وصله میلگردهاست. روش متداول سنتی، وصله پوششی بود که به دلایل مختلف از جمله طول زیاد، تراکم میلگرد و ضعف در شرایط لرزه‌ای، در پروژه‌های بزرگ مشکلاتی ایجاد می‌کرد. به همین دلیل، استفاده از وصله‌های مکانیکی یا کوپلر در دهه‌های اخیر رواج یافته و در آیین‌نامه‌های معتبر دنیا و مقررات ملی ساختمان ایران نیز مورد تأیید قرار گرفته است. این مقاله با هدف آموزش مهندسان و دانشجویان عمران، به بررسی جامع تاریخچه، انواع، ضوابط آیین‌نامه‌ای، اصول طراحی و نکات اجرایی وصله مکانیکی میلگرد پرداخته است.



کوپلینگ میلگرد



مقدمه

میلگردها در اعضای بتن آرمه به دلیل محدودیت طول شاخه‌ها و نیاز به قطع و ادامه مسیر، باید به یکدیگر متصل شوند. انتخاب نوع وصله تأثیر مستقیم بر مقاومت، شکل‌پذیری و دوام سازه دارد. روش‌های اتصال میلگرد شامل وصله پوششی، وصله جوشی و وصله مکانیکی است. در پروژه‌های بزرگ و مناطق لرزه‌خیز، وصله مکانیکی به دلیل عملکرد مطمئن‌تر و کاهش تراکم آرماتور، به‌عنوان گزینه برتر مطرح است.

تاریخچه و ضرورت استفاده

وصله پوششی از ابتدای رواج بتن مسلح، روش اصلی اتصال میلگردها بوده است. اما با افزایش قطر میلگردها (بیش از ۲۵ میلی‌متر) و تراکم مقاطع در ستون‌ها و دیوارهای برشی، این روش ناکارآمد شد. در آمریکا و اروپا از دهه ۱۹۶۰ وصله مکانیکی معرفی شد و به سرعت در آیین‌نامه‌ها جایگاه پیدا کرد. در ایران نیز از اوایل دهه ۱۳۸۰ استفاده از کوپلر در پروژه‌های بلندمرتبه و زیرزمینی آغاز شد.

ضرورت استفاده از وصله مکانیکی:

- ✓ طول زیاد وصله پوششی در میلگردهای بزرگ
- ✓ تراکم شدید میلگرد در مقاطع بحرانی
- ✓ نیاز به مقاومت بالا در مناطق لرزه‌خیز
- ✓ کنترل کیفی مطمئن‌تر و قابل‌اعتمادتر



انواع وصله مکانیکی

کوپلر رزوه مستقیم: میلگردها رزوه می‌شوند و در یک غلاف فولادی بسته می‌شوند.



کوپلر رزوه مستقیم

کوپلر رزوه انتهایی (Upset): یک اتصال مکانیکی است که به جای خم کردن انتهای میلگرد، به دو انتهای رزوه شده میلگرد بسته شده و باعث ایجاد پیوستگی بین آنها می‌شود. این کوپلرها باعث کاهش مصرف میلگرد و حجم بتن، افزایش استحکام سازه، و بهبود عملکرد اتصالات در نقاط حساس مانند اتصال تیر به ستون می‌گردند. انتهای این کوپلرها معمولاً به صورت شش ضلعی طراحی شده تا با هر نوع آچاری قابل نصب باشد. سر میلگرد قشورتر شده و سپس رزوه می‌شود، مانع کاهش سطح مقطع.



کوپلر رزوه انتهایی



کوپلر گروت دار: نوع دیگری از اتصالات مکانیکی است که اغلب از آن ها در اتصال قطعات پیش ساخته به یکدیگر استفاده می شود. ایده آل ترین نوع اتصال برای ستون ها، تیرها و دیوارهای برشی پیش ساخته، کوپلر گروتی است.



کوپلر گروت دار

کوپلر پیچی: با پیچ جانبی، میلگردها مهار می شوند، مناسب کارگاه های کوچک.



کوپلر پیچی



ضوابط آیین نامه ای

۹-۲۱-۴-۷ وصله های مکانیکی و جوشی میلگردهای آجدار در کشش و فشار

۹-۲۱-۴-۷-۱ استفاده از وصله های جوشی عمدتاً برای میلگردهای با قطر ۲۰ میلی متر و بیش تر توصیه می شود.

۹-۲۱-۴-۷-۲ در وصله های جوشی برای میلگردهای با قطر زیاد، استفاده از اتصال سر به سر مستقیم با جوش نفوذی ارجحیت دارد.

۹-۲۱-۴-۷-۳ جوش میلگردها در وصله های جوشی باید الزامات مبحث دهم مقرارت ملی ساختمان را تامین نماید.

۹-۲۱-۴-۷-۴ در وصله های مکانیکی انتقال نیرو از طریق غلاف اتکایی، کوپلر، غلاف کوپل کننده و غیره انجام می گیرد.

۹-۲۱-۴-۷-۵ برای تامین پوشش بتنی کافی روی میلگرد، اثر افزایش ابعاد میلگرد ناشی از وصله های مکانیکی باید در نظر گرفته شود.

۹-۲۱-۴-۷-۶ وصله های مکانیکی یا جوشی باید قادر به انتقال تنشی حداقل برابر با ۱/۲۵ برابر تنش تسلیم میلگرد در کشش و یا فشار باشد.

۹-۲۱-۴-۷-۷ یک در میان بودن میلگردهای با وصله های مکانیکی یا جوشی در هر مقطع از عضو، به جز در اعضای کششی بند ۹-۲۱-۴-۸ الزامی نیست.



۹-۲۱-۴-۷-۸ در اعضای کششی نظیر عضو کششی قوس‌ها، عضو کششی که بار را به تکیه گاهی در تراز بالاتر منتقل می‌کند، و عضو کششی خرپاها، وصله‌ی جوشی یا مکانیکی در میلگردهای مجاور باید با فاصله‌ی ۷۵۰ میلی متر در امتداد وصله انجام شود. در نظر گرفتن این ضابطه در اعضای کششی نظیر دیوار مخازن دایروی، که تعداد زیادی میلگرد کششی به صورت یک در میان و با فاصله‌ی زیادی از هم وصله شده‌اند، الزامی نیست.

استفاده از وصله‌های مکانیکی در انواع سازه‌های بتن آرمه مانند: تیر، ستون، دیوار و ... در صورت رعایت ضوابط طراحی و اجرایی مربوط به وصله‌های مکانیکی مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه و جدیدترین ویرایش آیین‌نامه ACI 318 مجاز است.

وصله‌های مکانیکی مطابق ACI 318 بر دو نوع هستند. در نوع اول، وصله مکانیکی باید در کشش و فشار دارای مقاومت حداقل برابر $1.25A_b f_y$ (۱.۲۵ برابر مقاومت تسلیم میلگرد) باشد. در نوع دوم، وصله مکانیکی باید در کشش و فشار دارای مقاومت حداقل برابر $1.25A_b f_y$ (۱.۲۵ برابر مقاومت تسلیم میلگرد) بوده و همچنین وصله مکانیکی باید در کشش دارای مقاومت حداقل برابر با $A_b f_{su}$ (مقاومت کششی میلگرد) باشد. وصله‌های مکانیکی نوع اول نسبت به وصله‌های نوع دوم دارای محدودیت‌های بیشتری از نظر محل استفاده هستند مثلاً استفاده از وصله‌های مکانیکی نوع اول در فاصل‌های مساوی دو برابر ارتفاع عضو از بر تیر و ستون در قابهای خمشی بتن آرمه ویژه مجاز نیست. بر این اساس تعیین رده کوپلر مورد نظر با انجام آزمایشات کشش میلگرد وصله شده به تعداد کافی بنا به نظر مشاور پروژه تعیین می‌گردد.



نکات اجرایی

- ✓ لازم است برش انتهای میلگردها توسط اره دیسکی انجام گردد تا انتهای میلگرد کاملاً صاف بریده شود و سطح برش خورده کاملاً عمود بر راستای طولی میلگرد به حاصل شود.
- ✓ فولاد مورد استفاده برای کوپلر باید از نوع فولاد کربنی و مطابق استاندارد DIN 1.1191 باشد.
- ✓ این نوع وصله های مکانیکی برای میلگرد تا رده S400 قابل استفاده می باشند.



- ✓ کوپلینگ از میلگرد سایز ۱۶ تا سایز ۶۰ قابل اجرا است ولی برای سازه های بالای نمره ۲۰ توجیه اقتصادی دارد.
- ✓ با دستگاه رولینگ سر میلگردها را رزوه می کنیم. رزوه کاری میلگرد ساختمانی توسط دستگاه مخصوص و به روش فرم دهی سرد و به صورت مکانیکی انجام می گیرد. انجام فرآیند رزوه کاری یک کار کاملاً تخصصی بوده و لازم است از افراد آموزش دیده استفاده شود.
- ✓ بستن آرماتور رزوه شده داخل کوپلر تا آخرین رزوه میلگرد الزامی است و پس از بسته شدن میلگرد نباید رزوه آرماتور خارج از کوپلر مشاهده شود. بدین منظور ضروریست طول ناحیه رزوه شده میلگرد متناسب



با طول ناحیه رزوه داخلی کوپلر باشد. بدیهی است کنترل اجرای صحیح بستن کوپلرها بر عهده پیمانکار و دستگاه نظارت پروژه می باشد.

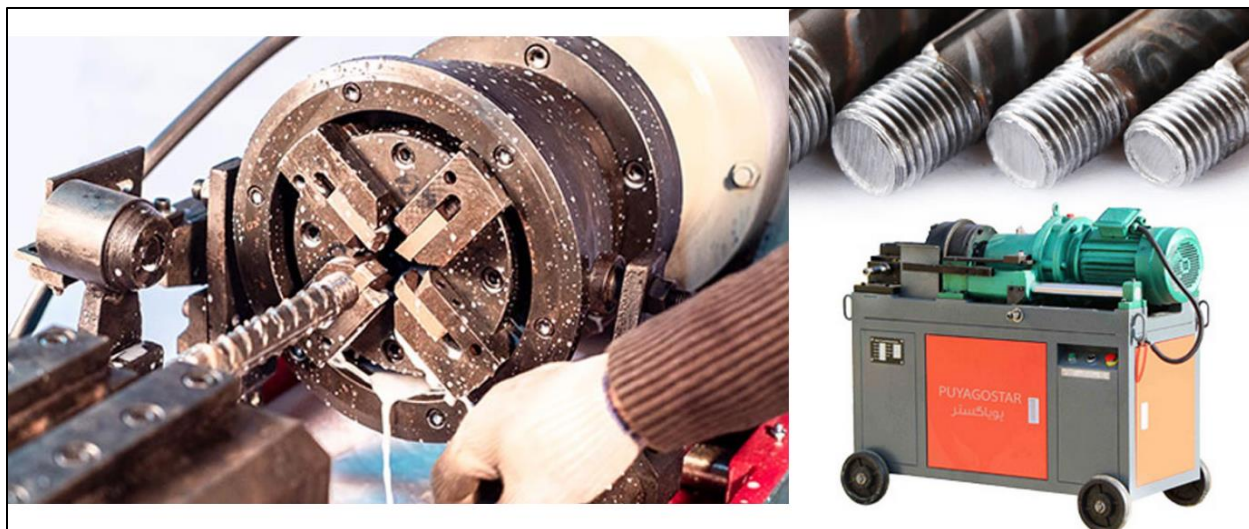
✓ رزوه کاری به روش عملیات شکل دهی سرد فولاد سبب می شود تا ناحیه مذکور مستعد خوردگی گردد، لذا فراهم آوردن شرایط مناسب و مقاوم در برابر خوردگی در مناطق مرطوب یا حاوی مواد خورنده مطابق با آیین نامه های مرتبط، ضروریست.

✓ برای بستن آرماتور رزوه شده در کوپلر نیاز به گشتاورسنج (Torque meter) نیست و می توان بستن کوپلر را با آچار معمولی مانند آچار لوله گیر انجام داد. بسته شدن تا آخرین رزوه به معنی بسته شدن صحیح کوپلر می باشد اما لازم است کنترل چشمی در مورد کلیه اتصالات انجام شود.

✓ طول رزوه هریک از میلگردها در طرفین کوپلر نباید از نصف طول کوپلر بیشتر باشد تا هر دو میلگرد با طولی برابر در داخل کوپلر قرار گیرند. برای اطمینان از این موضوع لازم است در وسط کوپلر مانع مکانیکی به طریق مقتضی از قبل ایجاد شده باشد.

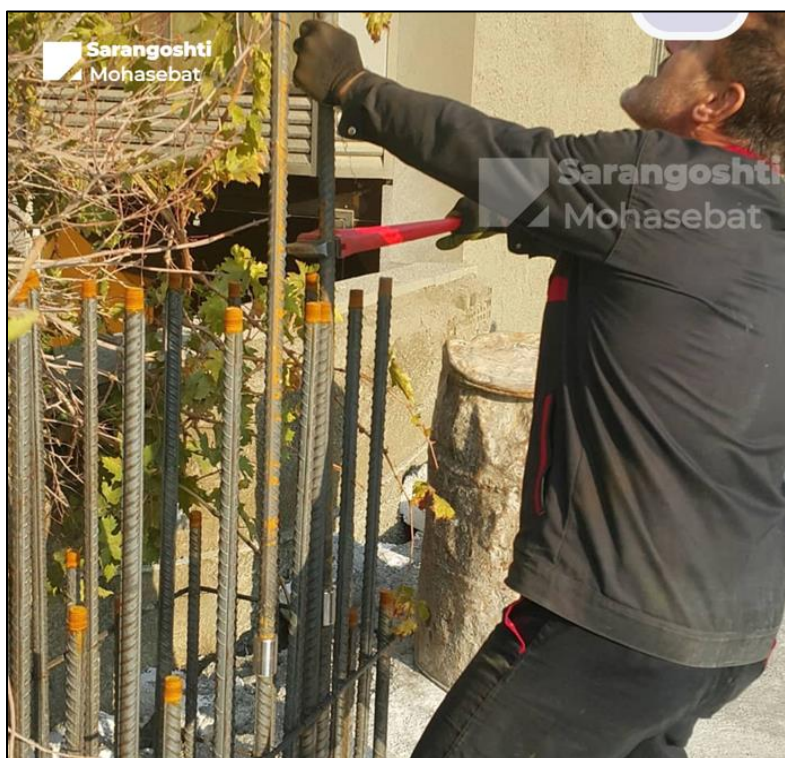
✓ در سازه های با شکل پذیری زیاد، استفاده از وصله های مکانیکی به شرطی مجاز است که وصله میلگرد در هر سفره میلگرد (در هر مقطع عضو) به صورت یک در میان انجام شود و فاصله وصله ها در میلگردهای مجاور یکدیگر در امتداد طول عضو کمتر از ۶۰۰ میلی متر نباشد.

✓ در صورتی که وصله مکانیکی در اعضای کششی مورد استفاده قرار گیرد، فاصله وصله ها در میلگردهای مجاور هم در امتداد طول عضو نباید از ۷۵۰ میلی متر کمتر در نظر گرفته شوند.



دستگاه رولینگ برای رزوه کردن میلگردها

✓ میلگردهای دو سر رزوه شده، توسط کوپلر با سایز متناسب با میلگردها به هم متصل می‌شوند و توسط آچار داخل غلاف کوپلر چرخیده می‌شوند.



متصل کردن کوپلرها با آچار



تصاویری از اجرای وصله مکانیکی (کوپلینگ)

تست کشش کوپلینگ

تست کشش کوپلر یک آزمون است که برای اندازه‌گیری استحکام و کشش قطعی یک کوپلر (یا اتصال) استفاده می‌شود.

برای انجام این تست، قسمت‌هایی از کوپلر یا اتصال به یکدیگر متصل می‌شوند و سپس به آنها نیرویی به شکل محوری و عمودی تحمیل می‌شود. این نیروی کششی به تدریج افزایش می‌یابد تا زمانی که کوپلر یا اتصال شکسته



شود. در همین حین، اندازه‌گیری می‌شود که در چه نقطه‌ای از کوپلر شکست اتفاق می‌افتد و چقدر نیرو مورد نیاز برای شکستن آن است. این شکست باید در خارج از محل کوپلینگ اتفاق بیفتد.

این آزمون به عنوان یکی از مراحل مهم در فرآیند کنترل کیفیت و اطمینان از کیفیت محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا اطمینان از استحکام و کارایی اتصالات در برخی از صنایع بسیار حیاتی است.

تست کشش کوپلر یک فرآیند آزمایشی است که به منظور ارزیابی استحکام و عملکرد کوپلرها (یا اتصالات) استفاده می‌شود. در این آزمون، کوپلر به صورت نمونه‌ای انتخاب می‌شود و به سیستم آزمایشی متصل می‌شود. سپس نیروی کششی به طور متناسب به کوپلر اعمال می‌شود تا زمانی که کوپلر شکست خورده و جدا شود.



مزایا و معایب

جدول (۱) معایب و مزایا

معایب	مزایا
هزینه بالاتر نسبت به وصله پوششی	کاهش طول وصله و حذف تراکم میلگرد
نیاز به تجهیزات خاص	مناسب برای میلگردهای با قطر زیاد
نیاز به اپراتور ماهر	سرعت و دقت اجرای بالا
حساسیت در کنترل کیفیت	قابلیت اطمینان بیشتر در پروژه‌های لرزه‌ای



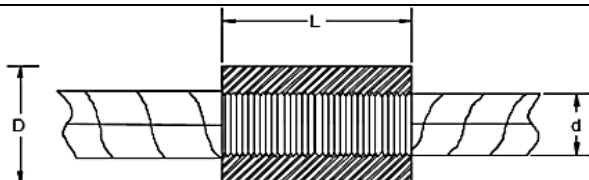
نتیجه گیری

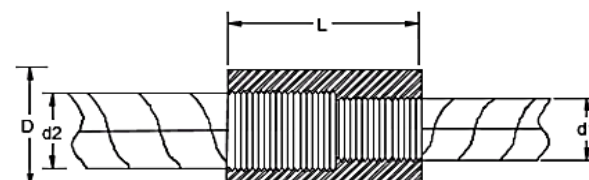
وصله مکانیکی میلگرد یا کوپلر یکی از روش‌های نوین و قابل اعتماد در اجرای سازه‌های بتن‌آرمه است. این روش به دلیل مزایایی همچون کاهش طول وصله، امکان استفاده در میلگردهای بزرگ، عملکرد لرزه‌ای مناسب و قابلیت کنترل کیفیت، در پروژه‌های مهم جایگزین وصله پوششی شده است. مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۹) و آیین‌نامه‌های بین‌المللی مانند ACI 318 و Eurocode 2 نیز این روش را معتبر دانسته و ضوابط طراحی و اجرایی آن را مشخص کرده‌اند. بنابراین، آشنایی مهندسان با اصول طراحی و اجرای صحیح وصله مکانیکی نقش مهمی در ارتقای کیفیت ساخت‌وساز ایفا می‌کند. در جدول زیر مقایسه کاملی مابین وصله پوششی و وصله مکانیکی کوپلینگ انجام شده است.

جدول (۲) مقایسه وصله پوششی و وصله مکانیکی کوپلینگ

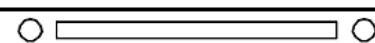
وصله مکانیکی (کوپلینگ)	وصله پوششی	معیار مقایسه
اتصال دو سر میلگرد با کوپلر (رزوه، گروت، پیچی)	همپوشانی میلگردها در طول مشخص	روش اجرا
بسیار کوتاه (تقریباً طول خود کوپلر)	بسیار زیاد (۴۰ تا ۶۰ برابر قطر میلگرد)	طول مورد نیاز
کاهش چشمگیر تراکم میلگرد	افزایش تراکم در مقاطع (به‌ویژه ستون و دیوار برشی)	تراکم میلگرد
عملکرد بهتر و مطمئن‌تر در زلزله	در میلگردهای بزرگ و مقاطع متراکم ضعیف‌تر	عملکرد لرزه‌ای
قابل کنترل و تست‌پذیر (مانند تست کشش)	وابسته به دقت بتن‌ریزی و تراکم بتن	کیفیت اجرا
بسیار مناسب (میلگردهای با قطر بالا)	محدود و مشکل‌زا	قابلیت استفاده در میلگردهای قطور
سریع‌تر و ساده‌تر، مخصوصاً در پروژه‌های بلندمرتبه	کندتر، نیاز به فضای بیشتر	سرعت اجرا
گران‌تر (نیاز به کوپلر و دستگاه رزوه)	ارزان‌تر	هزینه
دستگاه رزوه‌کاری و اپراتور ماهر	ابزار خاصی نیاز ندارد	تجهیزات مورد نیاز
امکان تست کشش و کنترل دقیق	دشوار و اغلب چشمی	کنترل کیفیت
پروژه‌های بزرگ، بلندمرتبه، زیرزمینی و لرزه‌خیز	پروژه‌های کوچک و معمولی	کاربرد اصلی



													
Bar Diameter	(mm)	d	16	18	20	22	25	28	30	32	36	40	50
External Dia.	(mm)	D	23	28	30	33	38	43	48	48	53	60	77
Coupler Length	(mm)	L	42	46	50	54	62	68	72	76	84	92	114
Weight	(kg)	-	0.07	0.13	0.15	0.19	0.3	0.43	0.48	0.58	0.93	1.25	2.37
Part No.		-	SST 16	SST18	SST20	SST22	SST25	SST28	SST30	SST32	SST36	SST40	SST50

													
Bar Diameter	(mm)	d1&d2	20-18	22-18	22-20	25-20	25-22	28-22	28-25	23-25	32-28	36-28	36-32
External Dia.	(mm)	D	30	33	33	38	38	43	43	48	48	53	53
Coupler Length	(mm)	L	48	50	52	56	58	61	65	69	72	78	80
Weight	(kg)	-	0.14	0.16	0.18	0.23	0.25	0.31	0.37	0.44	50	0.68	0.76
Part No.		-	STR2018	STR2218	STR2220	STR2520	STR2522	STR2822	STR2825	STR3225	STR3228	STR3628	STR3632
												STR4032	STR4036

وصله مکانیکی



دتایل اجرایی وصله مکانیکی کوپلینگ

منابع:

۱- مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۹

۲- مرکز تحقیقات راه و مسکن شهرسازی

۳- سایت ایران کوپلر

۴- کتاب تصویری صفر تا صد روش‌های اجرایی ساختمان (مهندس عباس خویشه)