معرفی روش‌های نوین وصله آرماتورها در سازه‌های بتن‌آرمه

برگرفته از طرح پژوهشی

" بررسی رفتار وصله جوشی و مکانیکی آرماتورهای به‌کار رفته در اعضا خمشی و فشاری بتن‌آرمه"

زیر نظر مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

علی خیرالدین
استاد دانشکده مهندسی عمران
دانشگاه سمنان
عضو کمیته دائمی بازنگری
آئین نامه بتن ایران (آبا) و عضو
کمیته تخصصی مبحث نهم
مقررات ملی ساختمان

هرمز فامیلی
رئیس موسسه آموزش عالی
علاالدوله سمنانی
عضو کمیته دائمی بازنگری
آئین نامه بتن ایران(ابا)
عضو کمیته تخصصی مبحث
نهم مقررات ملی ساختمان

هادی شیرین سخن
دانشجو ارشد عمران گرایش
سازه دانشگاه سمنان

محمد دلنواز
استادیار دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی عمران دانشگاه خوارزمی

چکیده

امروزه سازه‌های بتن‌آرمه به علت مقاومت فشاری زیاد، اقتصادی بودن، دسترسی به مواد تشکیل‌دهنده و دوام، بخش قابل توجهی از ساخت‌وساز را به خود اختصاص داده است. از طرفی یکی از مهم‌ترین مسائلی که در اجرای این سازه ها وجود دارد نوع وصله میلگرد و محل آن می‌باشد که به‌شدت بر روی رفتار اعضای بتن‌آرمه تأثیرگذار می‌باشد. از طرفی در اکثر سازه‌های بتن‌آرمه از وصله پوششی استفاده می‌شود و ازآنجایی‌که در وصله پوششی تنش به واسطه بتن منتقل می‌شود، لذا این نوع وصله از نظر سازه‌ای در برابر بارهای لرزه‌ای مناسب نمی‌باشد. علاوه بر آن درصد قابل‌توجهی از میزان میلگردهای مصرفی در هر پروژه بابت طول پوششی مصرف می‌شود که این از نظر اقتصادی مطلوب نمی‌باشد.

علاوه بر روش پوششی برای وصله آرماتورها روش‌های دیگری مانند وصله مکانیکی، جوشی و دیگر روش‌های نوین وجود دارد که این‌ها گزینه‌ی خوبی برای وصله آرماتورها به جای وصله پوششی می‌باشند. در حقیقت این نوع وصله‌ها پایداری مستقل از بتن دارند که این ویژگی باعث پایداری بیشتر سازه به هنگام صدمه دیدن بتن در سوانح طبیعی خواهد شد.

در این مقاله ابتدا انواع روش‌های وصله آرماتور معرفی می‌شوند و ضوابط آیین‌نامه‌های مختلف در رابطه با وصله‌ها تشریح می‌شود و از آنجایی که هر کدام از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی می‌باشند سپس هر کدام از روش‌ها با هم مورد مقایسه قرار می‌گیرند. این مقاله می‌تواند مهندسین مشاور و طراحان را در تصمیم گیری و انتخاب روش وصله آرماتور ها در اجرای سازه‌های بتن‌آرمه یاری کند.

۱- مقدمه:

استفاده از سازه‌های بتن‌آرمه به علت مقاومت فشاری مطلوب، داشتن صرفه اقتصادی و دوام در کشور ایران روزبه روز افزایش می‌یابد. و از آنجایی که یکی از مهم‌ترین مسائل در اجرای سازه‌های بتن‌آرمه، نوع وصله میلگرد و محل آن است که به‌شدت بر روی رفتار اعضای بتن‌آرمه تأثیرگذار می‌باشد.

منظور از وصله آرماتور در سازه‌های بتن‌آرمه اتصال طولی دو میلگرد به هم بطوری که قادر به تحمل ۱۲۵ درصد مقاومت تسلیم میلگردها باشد. علاوه بر آن اگر میلگرد وصله شده از نظر شکل‌پذیری رفتار شبیه به رفتار میلگرد بدون وصله داشته باشد بسیار مطلوب می‌باشد.

امروزه در کشور ایران به منظور وصله آرماتورها در اکثر سازه‌های بتن‌آرمه از وصله پوششی استفاده می‌شود و ازآنجایی‌که در وصله پوششی تنش به واسطه بتن منتقل می‌شود، لذا این نوع وصله اصلا از نظر سازه‌ای مناسب نمی‌باشد. از طرفی درصد قابل‌توجهی از میزان میلگردهای مصرفی در هر پروژه بابت طول پوششی مصرف می‌شود که این از نظر اقتصادی مطلوب نمی‌باشد.

علاوه بر روش پوششی برای وصله آرماتورها روش‌های زیادی وجود دارد، در بخش بعدی انواع این روش‌ها تشریح می‌شود.

۲- انواع وصله آرماتورها

برای وصله دو قطعه آرماتور به یکدیگر از روش‌های پوششی[1]، جوشی[2] و مکانیکی[3]، اتکایی، ترکیبی و چندین روش نوین دیگر استفاده می‌گردد که در ادامه به معرفی این روش‌ها پرداخته می‌شود

۲-۱ وصله پوششی

وصله پوششی با مجاور هم قرار دادن دو میلگرد در قسمتی از طول آن‌ها صورت می‌گیرد (شکل ۱). در این روش بتن به عنوان واسط یا میانجی، نیرو را از یک میلگرد به میلگرد دیگر منتقل می‌نماید.

طولی که دو میلگرد در کنار هم قرار می‌گیرد طول پوشش یا طول وصله نامیده می‌شود که حداقل آن برابر با طول مهاری میلگرد در بتن می‌باشد که طول مهاری از رابطه (۱) به دست می‌آید و باید با توجه به آیین‌نامه موردنظر تعیین شود.

$$l_b = \frac{\Delta f_s * A_s}{\pi * \phi * f_b} \qquad (۱)$$

که در این معادله f_b، میانگین تنش پیوستگی در طول اتصال، l_b طول اتصال، Δfs تغییرات تنش در طول اتصال، A_s سطح مقطع آرماتور و ϕ قطر آرماتور می‌باشد[۱۴].

شکل (۱)- وصله پوششی [۱]

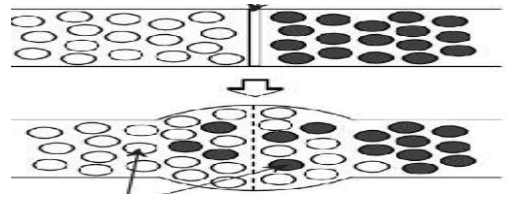
۲-۲ وصله جوشی

در این روش دو میلگرد به کمک جوش به هم متصل می‌شوند. همچنین وصله جوشی انواع مختلفی دارد که می‌توان به نوع لب به لب، پهلو به پهلو، استفاده از قطعات کمکی و خمیری اشاره نمود[۲].

ازآنجایی‌که متداول‌ترین و مدرن‌ترین نوع وصله جوشی روش جوشکاری خمیری (فورجینگ) می‌باشد، در اینجا فقط جوش فورجینگ معرفی می‌شود.

در این روش دو سر میلگرد توسط دستگاه برش مخصوصی به صورت صیقلی و صفر درجه برش خورده و تحت فشار بالای هیدرولیک به همراه حرارت حاصل از سوختن گاز استیلن، در هم ادغام می‌گردند که نمونه آن در شکل (۲) نشان داده‌شده است[۳].

1 - Lap splicing
2- Welding
3- Mechanical Splicing



شکل (۲)- وصله جوشی[۳]

در ایـن روش، میلگردهـا بـه صـورت سـربه‌سـر و بـدون هـیچ‌گونـه مـواد افزودنـی، توسـط حـرارت حاصـل از سـوختن گـاز اسـتیلن و اکسـیژن، بـه دمـای خمیـری (۱۲۵۰ درجـه سـانتی‌گـراد) مـی‌رسـند و توسـط فشـار حاصـل از سـیلندر هیدرولیک بـه یکـدیگر، درهـم ادغـام مـی‌شـوند کـه نمونـه آن در شـکل (۳) آمـده اسـت. مـدت زمـان در نظـر گرفتـه‌شـده برای یـک اتصـال (جهـت یـک انـدازه متوسـط میلگـرد) حـدود ۶۰ ثانیه می‌باشد.

شکل (۳)- وصله جوشی فورجینگ[۳]

۲-۲-۱) مزایای روش جوشکاری سربه‌سر میلگرد [۳]

* افزایش مقاومت در محل اتصال به علت افزایش قطر
* صـرفه‌جـویی در مصـرف میلگـرد بـه میـزان ۱۵ تـا ۳۰ درصد
* کـاهش خطاهـای انسـانی در مبحـث آرماتوربنـدی و چیدمان میلگردها
* کاهش وزن سازه به علت حذف طول پوششی
* افـزایش مقاومـت سـازه در برابـر نیروهـای خـارجی (ازجملـه زلزله) به واسطه کاهش وزن سازه
* افـزایش اخـتلاط بـتن بـا میلگـرد بـه علـت کـاهش حجـم میلگرد
* امکان لرزانـدن (ویبـره شـدن) بهتـر بـه علـت کـاهش حجـم آرماتورها
* کاهش هزینه حمل‌ونقل به علت کاهش مواد مصرفی
* توانایی ایجاد اتصال با حداقل طول
* حفظ خواص متالوژیکی آرماتورها
* امکـان اتصـال میلگـرد بـا قطرهـای مختلـف (طبـق استاندارد) به یکدیگر
* سـرعت اجـرای بـالا، بـا صـرف کمتـرین هزینـه و جلـوگیری از اتلاف وقت پرسنل اجرایی آرماتوربند
* قابلیت استفاده در تمامی حالت‌ها
* عدم نیاز به برق سه فاز
* کاربری آسان و قابل‌حمل بودن توسط نیروی انسانی
* عدم خروج از محوری

شـرایط پـذیرش آزمـایش خمـش بـدین‌صـورت اسـت کـه ترک‌هـا بـا چشـم غیرمسـلح در سـطح خـارجی بخـش خمـش شده مشـاهده نگردنـد و ایـن مسـئله بایـد در تمـامی نمونـه‌هـا صادق باشد (شکل ۴).

شکل (۴)-کنترل چشمی آزمایش خمشی

۲-۲-۲ معایب جوش فورجینگ

پـس از وقـوع زلزلـه kobe در ژاپـن، عملکـرد نـامطلوبی از آرماتورهـای وصـله شـده بـه ایـن روش مشـاهده شـد؛ همـان‌طـوری کـه در شـکل۵ دیـده مـی‌شـود علـی‌رغـم انجـام

جوش‌ها به دست اپراتورهای زبده ژاپنی و نظارت دقیق بر انجام این جوش‌ها و انجام آزمایش‌های کنترلی، نتایج حاصل از این روش در مناطق زلزله‌خیز فاجعه‌بار بوده و به‌هیچ‌وجه قابل‌اطمینان نمی‌باشد [۱۵].

این تصویر مربوط به قسمتی از ایستگاه قطار تندرو تکیو به کوبه می‌باشد.
همانطوری که در شکل دیده می‌شود به‌خاطر شکست نقاط اتصال میلگردها در ستون‌ها انهدام رخ داده است.
به‌طورکلی یک نوع رایج شکست در پایه‌های پل‌ها شکست در نقاط جوش شده آرماتورها می‌باشد

الف

شکست آرماتورهای طولی در نقاط اتصال جوشی آرماتورها در زلزله

ب

شکل (۵) -الف: نمونه‌ای از تخریب آرماتورها با تکنولوژی جوش فورجینگ در پایه پل، ب: صدمه‌های ناشی از ضعف جوش [۱۶]

به همین دلیل در اکثر آیین‌نامه‌ها وصله آرماتورها به این روش با رعایت ضوابط و دستورالعمل‌های بسیار دقیق و سخت‌گیرانه مجاز می‌باشد.

به‌طورکلی با توجه به عدم امکان اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و مکانیکی در این روش و دخالت عوامل متعدد در انجام جوشکاری و همچنین تجمیع خطاهای متعدد انسانی، محیطی و ماشین‌آلات، قابلیت اعتماد به این روش کاهش می‌یابد که شکل (۶) یک نمونه از این موارد را نشان می‌دهد.

همچنین عوامل مؤثر در کاهش قابلیت اطمینان به این روش مختصرا به شرح ذیل می‌باشند[۴]

۱- مهارت اپراتور جوشکاری

۲- عدم اجرا و یا اجرای ناقص دستورالعمل‌های و استانداردهای موجود

۳- عدم امکان کنترل حرارت شعله اکسی استیلن

۴- تقریبی بودن زمان حرارت دهی به آرماتورها با توجه به تجربه اپراتور

۵- تقریبی بودن طول حرارت دادن آرماتورها باتجربه اپراتور و عدم وجود ابزاری برای کنترل آن

۶- عدم امکان کنترل درجه حرارت آرماتور در حین حرارت دادن (درحالی‌که رسیدن به درجه حرارت مطلوب یک پارامتر بسیار اصلی و مؤثر در ادغام دو آرماتور در فصل مشترک اتصال آن‌ها به یکدیگر می‌باشد)

۷- تأثیر دمای محیط در سرد شدن محل جوش و درنتیجه شکننده شدن آن

۸- رفتار متفاوت میلگردها در برابر حرارت دهی به دلیل تنوع و عدم یکنواختی پروسه تولید آن‌ها

۹- افزایش خوردگی در محل وصله به علت تغییر خصوصیات میلگرد ناشی از حرارت

۱۰- عملکرد نامناسب وصله تحت بارهای لرزه‌ای و رفت و برگشتی

الف)　　ب)

شکل (۶) -الف: شکست آرماتور جوشکاری شده به روش فورجینگ پس از رها شدن از دست اپراتور، ب: آرماتور جوشکاری شده به روش فورجینگ که ظاهرا اتصال خوبی برقرارشده است [۱۵]

با توجه به عوامل مؤثر در کاهش کیفیت جوش با این روش، قابلیت اعتماد به این روش حداقل تا ۵۰٪ کاهش می‌یابد و این بدان معنی است که از هر ۱۰۰ عدد جوش انجام‌گرفته تعداد ۵۰ عدد غیرقابل‌قبول خواهد بود. تنها راه حصول اطمینان از کیفیت روش انجام آزمایش

اولتراسونیک (UT) می‌باشد که با توجه به هزینه‌های سنگین انجام آن و همچنین دست‌یابی به الزامات موردنظر مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی که برای این روش تدوین گردیده است، بسیار دشوار و پرهزینه می‌باشد.

۲-۳ وصله اتکایی

همان‌طوری که در شکل (۷) دیده می‌شود، درروش اتکایی سر آرماتورها در داخل یک غلاف قرار می‌گیرند و سپس پیچ‌های کناری آن بسته می‌شود، در این روش اصطکاک بین آرماتور و غلاف به‌اندازه‌ای نیست که کشش موردنظر را تحمل کند و فقط به‌اندازه‌ای است که دو آرماتور وصله شده تحت فشار از یک محور خارج نمی‌گردد.

به همین دلیل وصله اتکایی برای انتقال تنش در میلگردهایی که فقط تحت فشار هستند کاربرد دارد[۵]. همچنین استفاده از این نوع وصله‌ها فقط در اعضای بتن‌آرمه با خاموت بسته مجاز می‌باشد.

شکل (۷) -وصله اتکایی [۵]

۲-۴ وصله مکانیکی

در این روش ابتدا سر میلگرد را با استفاده از دستگاه مخصوص فشرده (upset) کرده و سپس آن محل را رزوه می‌کنند که قطر محل رزوه شده حدوداً ۲ میلی‌متر از اندازه اسمی آرماتور بزرگ‌تر است[۶].

با وصله مکانیکی امکان متصل کردن میلگردهایی با قطر متفاوت به صورت سربه‌سر فراهم می‌شود.

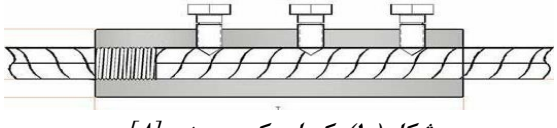
شکل (۸) -کوپلر و رزوه سر آرماتور در وصله مکانیکی [۵]

همان‌طوری که در شکل (۹) دیده می‌شود در این روش نقش بتن در انتقال نیرو از یک میلگرد به میلگرد دیگر بسیار کمتر می‌باشد.

شکل (۹) - وصله مکانیکی [۵]

۲-۵ وصله ترکیبی

در یک پروژه با توجه به تشخیص مهندسین می‌توان از بیش از یک نوع وصله بنا به شرایط استفاده کرد که در این صورت از وصله‌های ترکیبی استفاده می‌شود که مجموعه‌ای از موارد بالا می‌باشد. یک نمونه متداول ازاین‌روش وصله یک سر رزوه است که ترکیب دو کوپلر رزوه‌ای و پیچی است که همان‌طوری که در شکل (۱۰) دیده می‌شود یک سر این کوپلر رزوه‌ای و یک سر آن پیچی است[۸].



شکل (۱۰) -کوپلر یک سر رزوه [۸]

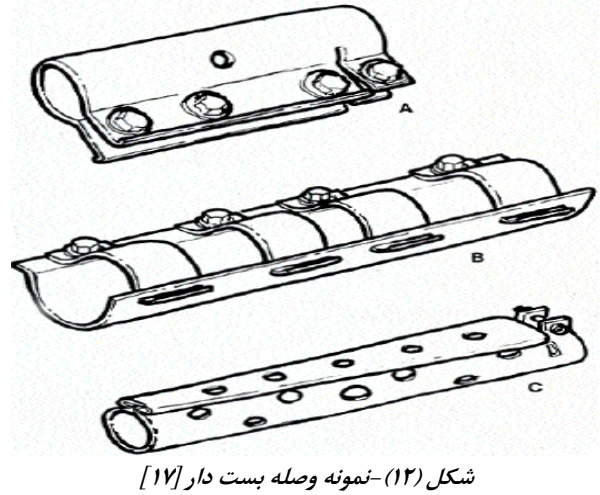
معمولا این وصله زمانی استفاده می‌شود که به هر دلیلی طول مهاری برای انتظار رعایت نشده باشد و نیاز به وصله به سر آرماتور موجود در حالت انتظار باشد که در شکل (۱۱) چند نمونه از آن نشان داده‌شده است

شکل (۱۱) -کوپلر یک سر رزوه در وصله ترکیبی [۸]

بـه‌طـورکلی از یـک وصـله جوشـی یـا مکـانیکی معمـولاً در مواردی استفاده مـی‌شـود کـه نیـروی کششـی بزرگـی بایـد در طـول وصـله انتقـال یابـد و یـا میلگردهـای بـا قطـر زیـاد بایـد وصـله شـوند. مطـابق اکثـر آیـین‌نامـه‌هـای معتبـر دنیـا میلگردهـای کششـی بـه قطـر بـیش از ۳۵ میلـی‌متـر را نمی‌تـوان بـه صـورت پوششـی وصـله کـرد. همچنـین در اعضـا کششی که نقش مهـار را در سـازه‌ایفـا مـی‌نماینـد نمـی‌تـوان از وصـله پوششـی بهـره بـرد. همچنـین در مـواردی کـه بحـث مقاوم‌سـازی و توسـعه بنـا مطـرح مـی‌باشـد و بایـد میلگـرد در محل وصل گردد می‌توان از کوپلر پیچی استفاده نمود.

۲-۶ وصله بست دار

این نوع وصـله بسـیار مشـابه اتکـایی بـوده اسـت کـه ایـن نـوع وصـله‌هـا بـرای انتقـال تـنش در میلگردهـایی کـه فقـط تحـت فشار هستند کـاربرد دارد. اسـتفاده از ایـن نـوع وصـله‌هـا فقـط در اعضـای بـتن‌آرمـه بـا خـاموت دور پـیچ بسـته کـاربرد دارد که نمونه‌هایی از آن در شکل (۱۲) آمده است.



شکل (۱۲)-نمونه وصله بست دار [۱۷]

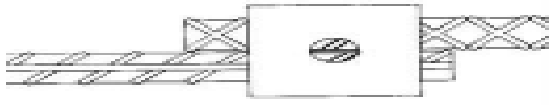
۲-۷ وصله پرچی

در این روش همـان‌طـوری کـه در شـکل (۱۳) دیـده مـی‌شـود دو سـر میلگـرد در کنـار هـم داخـل غـلاف قـرار مـی‌گیرنـد و سپس مـیخ گـوه‌ای کـه ماننـد پـرچ اسـت بـه وسـیله دسـتگاه مخصـوص بـا فشـار بـین دو میلگـرد جـای مـی‌گیـرد و دو میلگرد را قفل می‌کند.

شکل (۱۳)-یک نمونه پرچ‌شده [۱۸]

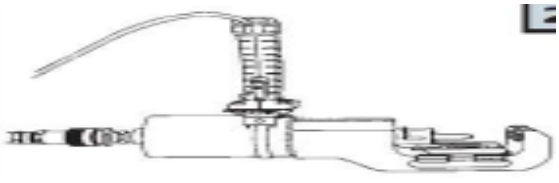
۲-۷-۱) مراحل اجرا وصله پرچی

* قرار دادن دو سر میلگرد داخل غلاف (شکل ۱۴)



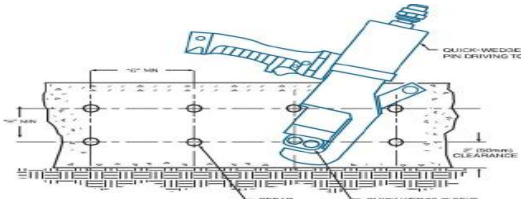
شکل (۱۴)-غلاف وصله پرچی [۱۹]

* قرار دادن میخ بین دو سر آرماتورها (شکل ۱۵)



شکل (۱۵)-غلاف و میخ وصله پرچی [۱۹]

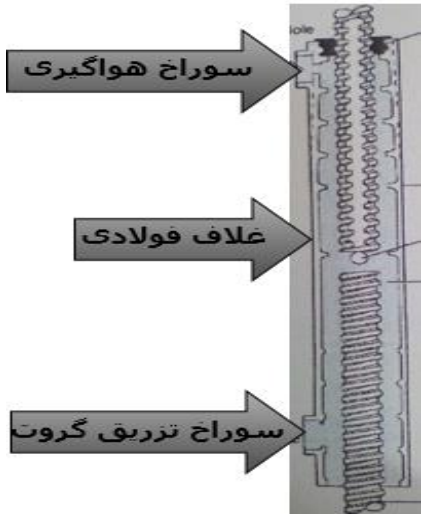
* اعمال فشار به مـیخ بـرای قفـل کـردن آرماتورهـا بـه وسـیله دستگاه مخصوص (شکل ۱۶)



شکل (۱۶)-دستگاه پرچ وصله پرچی [۱۹]

۲-۸ وصله تزریقی با گروت پر مقاومت

در این نـوع وصـله دو انتهـای میلگردهـا در داخـل یـک غـلاف قرار می‌گیرند و سپس با تزریـق گـروت پـر مقاومـت بـه داخـل آن وصـله انجـام مـی‌شـود. اجـزا ایـن دو نـوع، غـلاف فلـزی، ورودی گـروت، حفـره هـواگیری و مـلات پـر مقاومـت (SS Mortar) مـی‌باشـد کـه در شـکل‌هـای (۱۷) و (۱۸) دیـده می‌شود



شکل (۱۷)-اجزا وصله تزریقی

شکل (۱۸)-اجزا وصله تزریقی [۲۰]

۲-۸-۱) مراحل اجرا وصله تزریقی با گروت پر مقاومت:

اجرا وصله آرماتورها در سازه‌های بتنی به روش وصله تزریقی دارای سه مرحله اصلی است که عبارت است از:

مرحله اول) قرار دادن دو سر میلگرد ها در داخل غلاف:

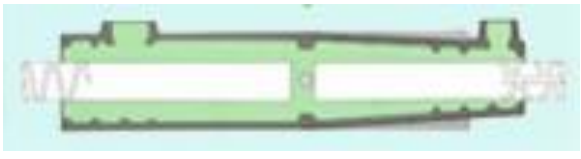
مطابق شکل (۱۹) اولین مرحله برای اجرای این نوع وصله قرار دادن دو انتهای آرماتور داخل غلاف است که باید قطر غلاف کمی بیشتر از قطر آرماتور باشد که آرماتور داخل آن قرار گیرد.

شکل (۱۹)-وصله تزریقی با گروت پر مقاومت

مرحله دوم) ثابت شدن میلگرد در غلاف:

در این مرحله باید وصله برای تزریق گروت آماده شود که به این منظور باید سر آرماتورها در داخل غلاف تا زمان گیرش گروت ثابت بمانند که برای این کار یا از پیچ در کنار غلاف استفاده می‌شود و یا از خارهای نگه‌دارنده در داخل غلاف به عنوان گیره استفاده می‌شود که در شکل‌های (۲۰) و (۲۱) هر دو آن‌ها دیده می‌شود.

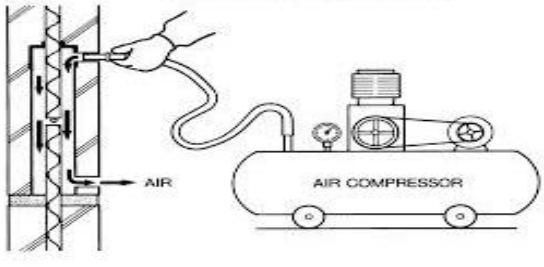
شکل (۲۰)-غلاف وصله تزریقی با پیچ کناری (گیره)



شکل (۲۱)-غلاف وصله تزریقی با خار ثابت‌کننده (گیره)

مرحله سوم) تزریق ملات به داخل غلاف:

همچنین که این مراحل در شکل (۲۲) آورده شده است گروت به داخل غلاف از سوراخ ورودی تزریق می‌شود تا زمانی از سوراخ دیگر بیرون بیاید



شکل (۲۲)-تزریق گروت به داخل غلاف در وصله تزریقی

۲-۸-۲) تهیه گروت تزریقی:

گروت تزریقی باید شرایط زیر را دارا باشد تا برای این نوع وصله مناسب باشد

* بدون کاهش حجم در طی گیرش و پس از آن
* مقاومت ۷ روزه ۳۵۰(Kg/cm2)

* مقاومت 28 روزه (Kg/cm2)۱۰۰۰

* دانه‌بندی خاص جهت تزریق آسان

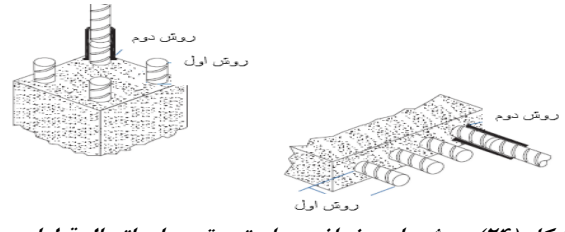
به‌طور متداول ملات تزریقی برای برآورده کردن ویژگی-های بالا با ترکیب سیمان پرتلند تیپ دو، افزودنی منبسط کننده، ماسه سیلیسی، پودر آهن، فوق روان کننده و نانو سیلیس ساخته می‌شود

شکل (۲۳)-ترکیب و تهیه گروت در وصله تزریقی

از مهم‌ترین کاربرد این روش می‌توان به استفاده در اتصال قطعات پیش‌ساخته به صورت درجا اشاره کرد که در شکل (۲۴) نشان داده‌شده است که در این موارد به دو روش اتصال انجام می‌شود که در زیر تشریح می‌شود:

روش اول: طول کوتاهی از میلگرد به صورت انتظار از داخل قطعات پیش‌ساخته بیرون می‌آید و در کارگاه با قرار دادن آن در داخل استوانه و تزریق گروت به آن وصله انجام می‌شود.

روش دوم: در این روش بجای آنکه طول کوتاهی از آرماتور به صورت انتظار از قطع پیش‌ساخته بیرون بیاید نیز، استوانه داخل قطعه پیش‌ساخته قرار گیرد و در کارگاه برای اتصال قطعات به هم دیگر میلگرد داخل استوانه قرار گیرد و تزریق گروت انجام شود.



شکل (۲۴)-روش‌های مختلف وصله تزریقی برای اتصال قطعات پیش‌ساخته [۲۰]

۲-۸-۳ تولید وصله تزریقی در ایران:

مهندسین داخلی به علت تحریم‌های موجود با عدم همکاری شرکت‌های جهانی فعال در این زمینه روبرو شدند ازاین‌رو انگیزه جهت تولید آن در بین متخصصان داخلی زیاد شد.

از این‌رو در سال ۱۳۸۶ کمک پناه و همکارانش با همکاری دو دانشگاه صنعتی شریف و تربیت مدرس موفق به ساخت این نوع وصله شدند که نمونه‌هایی از آن در شکل‌های (۲۵) آمده است

شکل (۲۵)-وصله تزریقی در قطعات پیش‌ساخته ساختمان تجاری مسکونی سوپر فریم تبریز

این نوع وصله در داخل کشور دارای تأییدیه فنی مرکز تحقیقات ساختمان می‌باشد و برای ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط و تا تعداد طبقات ۱۵ و یا ارتفاع ۵۰ متر مجاز به اجرا است.

مقایسه انواع وصله‌ها

در ابتدا به مقایسه اجمالی سه نوع اتصال مکانیکی، جوشی و پوششی پرداخته‌شده و سپس مزایای فنی اتصال مکانیکی نسبت به اتصال پوششی بررسی می‌شود. مقایسه این سه نوع وصله در چند آیتم کلی در جدول (۱) آورده شده است.

۳-۱) مقایسه اقتصادی

مقایسه‌ای وزن میلگردها در حالت پوششی در ساختمان مسکونی نشان می‌دهد که با افزایش تعداد طبقات، اختلاف بین اتصال پوششی با غیر پوششی بیشتر شده

است لذا استفاده از وصله پوششی در پروژه‌های بزرگ اصلاً توصیه نمی‌شود [۹].

جدول (۱) - مقایسه اجمالی سه نوع اتصال مکانیکی، جوشی و پوششی [۳]

ردیف	ایتم ها	انواع اتصالات آرماتور		
		پوششی	کوپلینگ	فورجینگ
۱	رعایت کیفیت فنی و رفتار در محل اتصال	کم	خوب	عالی
۲	زمان نصب و اجرا	زیاد	کم	کمترین
۳	احتمال کرمو شدن در محل اتصال	زیاد	ندارد	ندارد
۴	در یک راستا قرار گرفتن	ضعیف	خوب	عالی
۵	اضافه‌وزن در محل اتصال	به‌اندازه طول و وزن پوششی	فقط به‌اندازه یک کوپلینگ	بسیار کم
۶	امکان استفاده از آرماتور با قطر بیشتر از ۳۶	امکان ندارد	دارد	دارد
۷	وزن اتصال	به‌اندازه طول پوششی	کم	کمترین حالت ممکنه
۸	مقطع تیر در محل اتصال	بیشتر می‌شود	کمترین حالت ممکنه	کمترین حالت ممکنه
۹	طول اتصال	بین ۴۰ Cm تا ۱۳۰Cm	10Cm	۵ Cmحداکثر
۱۰	ضایعات آرماتور	زیاد دارد	ندارد	ندارد
۱۱	عامل سوم اتصال	حدود ۸۰ Cm آرماتور نیاز دارد	نیاز به اتصالات مکانیکی دارد	بدون نیاز به عامل اتصال
۱۲	تراکم غیرحرفه‌ای	بالا	خوب	عالی
۱۳	عبور دانه‌های شن در محل اتصال	به‌سختی عبور می‌کند	به راحتی عبور می‌کند	به راحتی عبور می‌کند
۱۴	از نظر هزینه	نسبتا زیاد	زیاد	کم (توجیه اقتصادی)
۱۵	انتقال نیرو از آرماتور بالا به پایین	نامناسب	مناسب	عالی

۳-۲) مقایسه فنی اتصال مکانیکی نسبت به اتصال پوششی

۱- سبک‌تر شدن سازه به دلیل وزن ناچیز اتصال مکانیکی نسبت به اتصال پوششی

۲-کوتاه‌تر شدن طول اتصال مکانیکی نسبت به اتصال پوششی

۳- امکان طراحی بهینه به دلیل کاهش وزن سازه و درنتیجه کاهش سطح مقاطع بتنی

۴- آرایش منظم آرماتورها و درنتیجه ایجاد فضای مناسب برای بتن‌ریزی مطلوب

۵- ایجاد اتصال یکپارچه بتن آرماتورها و درنتیجه یکپارچه عمل نمودن آرماتور در محل اتصال به هنگام اعمال نیروهای ناشی از زمین‌لرزه

۶- در امتداد هم قرار گرفتن آرماتورها و درنتیجه انتقال نیرو به‌طور مستقیم

۷- افزایش نسبت بتن به آرماتور و امکان طراحی بهینه مقاطع بتنی

۸- صرفه‌جویی در مواد اولیه (آرماتور) به دلیل کاهش ضایعات

۹- امکان استفاده بدون محدودیت در هر موقعیت در سازه بتونی

۱۰- سرعت اجرا و نصب آرماتورها را به خصوص در سبدهای بافته‌شده تیر و ستون را به حداکثر می‌رساند. نیروی کارگری را در نصب آرماتورها کاهش می‌دهد.

۱۱- به جهت حذف آرماتورهای پوششی در محل اتصال، میزان مصرف آرماتور کاهش می یابد

۱۲- در اتصال پوششی عامل ایجاد پایداری اتصال، وجود بتن است و در صورت صدمه دیدن بتن اتصال پوششی از هم خواهد پاشید ولی در اتصال مکانیکی پایداری اتصال وابستگی به بتن ندارد که این ویژگی باعث پایداری بیشتر سازه به هنگام صدمه دیدن بتن در سوانح طبیعی خواهد شد.

۱۳- کاهش نقش عوامل انسانی در استفاده از اتصالات، بالا رفتن کیفیت اتصال و اطمینان خاطر جهت پروژه‌های حساس (سد- پل- نیروگاه)

۱۴- درروش پوششی محدودیت طول دهانه اجزای بتنی به علت عدم پیوستگی کامل آرماتورها و همچنین استفاده از آرماتورهای سایزهای بزرگ‌تر و ایجاد مشکلاتی جهت بتن‌ریزی وجود دارد که استفاده از اتصالات به علت

پیوستگی بیشتر و امکان استفاده از آرماتور با هر سایزی این مشکلات را تا حد مطلوبی کاهش می‌دهند.

۱۵- صرفه اقتصادی به علت جلوگیری از پرت ضایعات آرماتور و استفاده از حتی کوچک‌ترین تکه باقیمانده

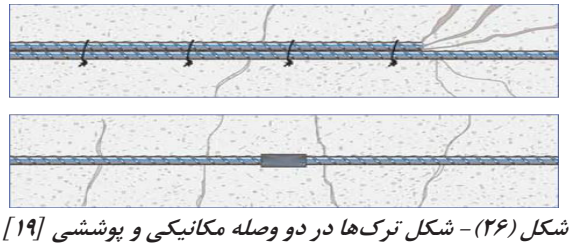
۱۶- امکان بتن‌ریزی مطلوب به دلیل جلوگیری از تراکم آرماتورها که قبل از این روش یک معضل اساسی در پروژه‌های بزرگ به شمار می‌آمد.

۱۷- امکان استفاده از کوپلر موقعیت در محل‌هایی که امکان چرخش آرماتور وجود ندارد.

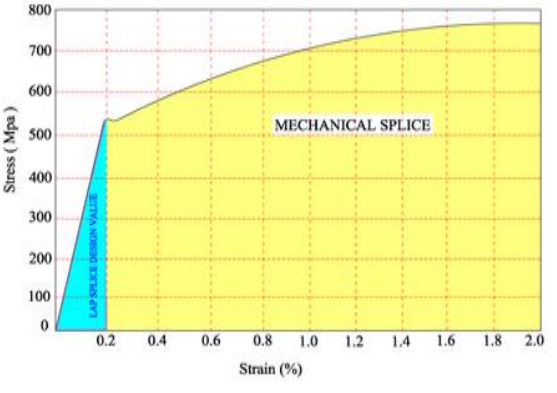
۱۸- امکان استفاده از کوپلر جوشی سازه برای مقاطع کامپوزیت مقاطع بتنی - فولادی در اتصال اجزای سازه به یکدیگر [۵] .

۳-۳ وصله آرماتورها از نگاه سازه‌ای

به‌طورکلی اتصالات مکانیکی و فورجینگ توانایی و استحکام بیشتری را طی فرایند انتقال نیرو از خود نشان می‌دهند[۷]. به شکلی که مهم‌ترین مزیت استفاده از این اتصالات حصول اطمینان از انتقال نیرو در شبکه آرماتور بدون وابستگی به وضعیت و شرایط بتن می‌باشد که در شکل (۲۶) و (۲۷) آمده است.



شکل (۲۶)- شکل ترک‌ها در دو وصله مکانیکی و پوششی [۱۹]



شکل (۲۷)- نمودار تنش و کرنش در دو وصله مکانیکی و پوششی [۱۹]

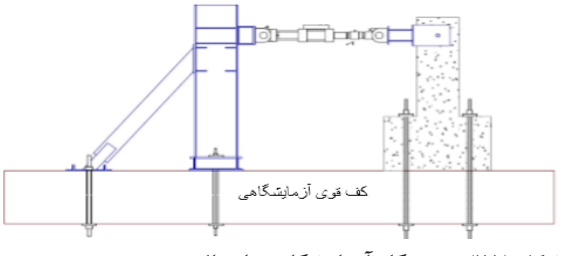
تاریخچه تحقیقات

در سال ۱۹۸۳ توسط V. Navaratnarajah روشی برای وصله آرماتورها به هم ارائه شد که شبیه به روش تزریقی است با این تفاوت که به جای گروت از چسب اپوکسی استفاده میشود یعنی دو سر آرماتور داخل یک غلاف فولادی قرار میگیرند و بعد چسب اپوکسی داخل آن تزریق می‌شود [۲۱].

در سال ۲۰۰۰ در دانشگاه کانزاس توسط Steven L Mccabe برای بررسی عملکرد وصله مکانیکی آزمایش‌هایی به‌صورت تیر تحت خمش خالص انجام شد که نشاد دهنده عملکرد مطلوب این نوع وصله می‌باشد [۲۲].

این محققیق در سال ۲۰۰۳ به بررسی عملکرد اتصالات مکانیکی در سازه های بتنی در کشور نیوزلند میپردازند [۲۳].

در سال ۲۰۰۴ توسط R. Joseph Reetz و همکارانش چند اتصال تیر به ستون بطوری که تحت بارهای رفت و برگشتی مفصل پلاستیک در فاصله ارتفاع موثر تیر از بر ستون، در تیر تشکیل می‌شود مورد آزمایش قرار گرفتند که در شکل (۲۸) جزئیات این آزمایش نشان داده شده است [۲۴].



شکل (۲۸)- دستگاه آزمایشگاهی اتصال تیر به ستون جهت آزمایش وصله آن

و در نهایت این آزمایشات نشان داد که اختلافی بین انحنا و دیگر پارامترهای شکل‌پذیری عضو بین حالت استفاده از وصله های مکانیکی در ناحیه تشکیل مفصل پلاستیک و بدون وصله نیز وجود دارد.

همچنین دز سال ۲۰۰۴ توسط Keith Lynn Coogler یک روش وصله آرماتورها مورد بررسی قرار میگیرد که در آن دو سر میلگرد در کنار هم داخل غلاف قرار میگیرند و سپس میخ گوه‌ای که مانند پرچ است بوسیله دستگاه مخصوص با فشار بین دو میلگرد جای میگیرد و دو میلگرد را قفل می‌کند[۱۸].

R. El-Hacha به همراه همکارانش در سال ۲۰۰۴ مقاومت پیوستگی و طول مهاری برای پیوستگی ارماتور به بتن در وصله آرماتورها به روش پوششی در اعضا بتن‌آرمه مورد بررسی قرار دادند [۲۵].

در سال ۲۰۰۶ Camille A. Issaو Antoine Nasr اتصال جوشی پهلو به پهلو را به منظور بدست آوردن طول جوش مناسب مورد مطالعه قرار می‌دهند و در نهایت طول جوش یک و نیم برابر قطر آرماتور را پیشنهاد می‌کنند [۲۶].

در سال ۲۰۰۶ توسط Sooyong Park وهمکارانش یک نوع آزمایش غیر مخرب برای آزمایش وصله آرماتور ها به روش جوشی پیشنهاد می‌شود که در آن میلگردهای وصله ابتدا تحت یک جریان الکتریکی-مغناطیسی با فرکانس خاص قرار میگیرد و نمودار موج هرکدام بدست می‌آید که شکل آن نمودار کیفیت جوش را نشان می‌دهد [۲۷].

در سال ۲۰۱۰ توسط Ling Jen Hua و همکارانش وصله تزریقی مورد مطالعه قرار می‌گیرد که در آن نمونه‌های ساخته‌شده تحت کشش آزمایش میشود و با مقایسه نتایج، طول وصله بر اساس قطر اسمی آرماتور پیشنهاد می‌گردد [۲۸].

سال ۲۰۱۰ Shahria Alam و همکارانش استفاده از الیاژهای حافظه‌دار در تولید موپلر های پیچس و پرچی مورد بررسی قرار می‌دهند [۲۹].

براتعلی و همکاران در سال ۱۳۸۹ شکل‌پذیری تیرهای بتن آرمه وصله دار را مورد بررسی و تحلیل قرار می‌دهند. و به این نتیجه می‌رسند که مقاومت فشاری بتن و مقدار و قطر خاموت، اثر قابل‌توجهی روی شکل‌پذیری تیرهای وصله دار دارند[۷].

در سال ۱۳۹۱ مرادی شقاقی و همکارارش پارامتر های طراحی وصله تزریقی را مورد مطالعه قرار می‌دهند که در آن پارامتر هایی همچون قطر، ضخامت جداره غلاف، جنس و طول غلاف و مشخصات شیمیایی و مکانیکی گروت و همچنین طرح مقطع داخلی غلاف را به منظور بهینه ترین طرح مورد بررسی قرار می‌دهند. [۱۱]

در سال ۲۰۱۴ Eliya Henin و همکارانش تعدادی آرماتور به روش تزریقی با مقاومت گروت و قطر غلاف مختلف را مورد آزمایش قرار می‌دهند در نهایت با مقایسه نتایج آن به این نتیجه میرسند که طول وصله برای اینکه وصله قادر به تحمل مقاومت کششی مورد نیاز باشد بهتر است ۱۶ برابر قطراسمی ارماتور باشد و برای جلوگیری از لغزش آرماتورها در داخل گروت بهتر است لقی بین ارماتور و غلاف زیاد نباشد[۳۰]

در سال ۲۰۱۴Ali A. Sayadiو همکاران نوعی وصله پیچی را تحت خمش خالص آزمایش می‌کنند که نتایج آن نشان می‌دهد این نوع وصله به ازای یک طول خاص از وصله عملکرد خوبی دارد[۳۱]

در سال ۲۰۱۵ NGUYE Dac Phuong و همکارانش چهار نوع وصله مکانیکی را مورد مطالعه قرار می‌دهند که در سه نوع آن طول درگیری بین آرماتور و کوپلر متفاوت است و نوع چهارم آن علاوه بر بیشترین طول درگیری با کوپلر نیز داخل آن با اپوکسی پر می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که نوع چهارم بهترین عملکرد و بعد از آن نوع سوم و سپس دوم و بعد از آن نوع اول می‌باشد[۳۲].

در سال ۲۰۱۵ Seyed Jamal Aldin Hosseini و همکارانش یک نوع وصله آرماتور معرفی میشود که بسیار شبیه به وصله تزریقی است با این تفاوت که در این روش به جای غلاف فولادی از یک دور پیچ اسپیرال استفاده شده می‌شود[۳۳].

Jen Hua Ling و همکاران در سال ۲۰۱۶ دونوع وصله به روش تزریقی را مورد مطالعه قرار می‌دهد که نوع اول آن دارای غلاف استوانه‌ای و نوع دوم آن دارای غلاف مخروطی است که در نهایت نتیجه می‌شود که عملکرد غلاف مخروطی یکپاچه تر و بهتر از غلاف استوانه ای است [۳۵] و [۳۴].

ضوابط آیین‌نامه‌های مختلف در خصوص وصله آرماتورها

۵-۱) آیین‌نامه UBC97 و IBC2006

مطابق بند ۱۹۲۱,۲,۶ آیین‌نامه UBC97، آرماتورهایی که در قاب‌های خمشی و یا اعضای مرزی دیوار برشی تحت اثر نیروهای کششی و لنگر خمشی ناشی از زلزله قرار می‌گیرد، می‌توانند با به‌کارگیری وصله مکانیکی مطابق با بند ۱۹۱۲,۱۴,۳,۴ وصله گردند (وصله کامل). وصله‌های مکانیکی به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

وصله تیپ ۱: وصله مکانیکی مطابق با بند ۱۹۱۲,۱۴,۳,۴ (وصله کامل با AbFy۱,۲۵).

این وصله در منطقه لرزه‌خیز (با خطر کم) ۱، در هرکجای سازه می‌تواند استفاده شود. در مناطق لرزه‌خیز ۲،۳ و ۴ استفاده از این وصله در نقاطی از سازه که انتظار رفتار غیرخطی از آن‌ها وجود دارد تا فاصله یک برابر عمق مقطع از محل تشکیل مفصل پلاستیک و یا در داخل گره اتصال مجاز نمی‌باشد.

وصله تیپ ۲: مقاومت این وصله در فشار و یا کشش برابر حداقل دو مقدار ۱/۶ مقاومت مشخصه حد جاری‌شدگی آرماتور (Fy۱,۶) و یا ۰/۹۵ مقاومت نهایی آرماتور (Fu۰,۹۵) در نظر گرفته می‌شود. این وصله در هرکجای سازه و در هر منطقه لرزه‌ای می‌تواند به‌کاربرده شود.[۳۶]

۵-۲ آیین‌نامه ACI 318-2014

در آیین‌نامه ACI 318-2014 محدودیت‌هایی برای استفاده از وصله پوششی وجود دارد که عبارت است از:

۱. در بند ۱۲,۱۴,۲ سه محدودیت کلی برای استفاده از وصله پوششی تصریح کرده است. (۱) برای قطر بالای mm۳۶ نمی‌توان از وصله پوششی استفاده کرد (۲) گروه میلگردها را تحت شرایطی خاص می‌توان به وسیله وصله پوششی، وصله نمود و (۳) فاصله میلگردهایی که در اعضای خمشی توسط وصله‌های پوششی غیر تماسی وصله می‌شوند در جهت عرضی دارای محدودیت هستند.

۲. همچنین استفاده از وصله پوششی در اتصالات تیرها به ستون‌ها، در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه و در محل‌هایی که امکان تشکیل مفصل پلاستیک در آن‌ها در اثر تغییر مکان جانبی غیرالاستیک قاب موجود باشد مانند پای ستون‌ها ممنوع می‌باشد.

۳. طبق بند ۱۲,۱۵,۶ آیین‌نامه ACI 318-2014 وصله قطعات کششی فقط به وسیله وصله‌های مکانیکی (وصله مکانیکی استاندارد) و یا جوش مجاز است و نمی‌توان از وصله پوششی برای وصله میلگردها استفاده نمود؛ که منظور از قطعات کششی در این بند قطعاتی است که مقدار نیروی کششی در آن‌ها به حدی است که در کل سطح مقطع آن‌ها در کشش قرار می‌گیرد

بر اساس تقسیم‌بندی صورت گرفته در فصل ۲۱ آیین‌نامه ACI 318-2014، دو نوع وصله تحت عنوان تیپ ۱ (وصله مکانیکی استاندارد) و تیپ ۲ (وصله مکانیکی لرزه‌ای یا تحکیم یافته) تعریف شده است که دقیقا مشابه تیپ بندی وصله در آیین‌نامه UBC97 می‌باشد که در قسمت قبلی (۵-۱) تشریح شد.

ضوابط لرزه‌ای وصله‌های مکانیکی در ACI 318-2014 آیین‌نامه ACI 318-2014 استفاده از وصله مکانیکی را در انواع قاب‌های خمشی مجاز دانسته است و محدودیت‌های اعمالی برای وصله پوششی را برای آن قائل نشده است و فقط برای قاب خمشی ویژه محدودیت‌هایی را اعمال نموده است که طبق این محدودیت‌ها استفاده از وصله تیپ ۱ در نقاطی که در آن‌ها تغییر شکل‌های غیر ارتجاعی انتظار می‌رود، مجاز نمی‌باشد. مطابق بند ۲۱,۱,۶,۲ آیین‌نامه ACI 318-2014، وصله تیپ ۱ (وصله مکانیکی استاندارد) نباید در فاصله ۲ برابر عمق

مقطع از وجه ستون و یا تیر در قاب‌های خمشی ویژه به‌کاربرده شود. به‌علاوه استفاده از وصله تیپ ۱ (وصله مکانیکی استاندارد) در نقاطی که امکان جاری‌شدگی و یا ایجاد تغییر شکل‌های غیر ارتجاعی وجود دارد مجاز نمی‌باشد. بااین‌وجود، وصله تیپ ۲ (وصله مکانیکی لرزه‌ای یا تحکیم یافته) می‌تواند بدون هیچ محدودیتی در کلیه نقاط سازه به‌کاربرده شود. این ضوابط در خصوص دیوارهای برشی ویژه، تیرهای همبند و دیافراگم‌های ویژه نیز قابل کاربرد است. [۳۷]

۵-۳) مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، "طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه"

در این آیین نامه سه محدودیت کلی برای استفاده از وصله پوششی تصریح شده است. الف) برای قطر بالای ۳۶mm نمی‌توان از وصله پوششی استفاده کرد. ب) گروه میلگردها را نمی‌توان وصله پوششی نمود و ج) فاصله میلگردهای وصله شونده به وسیله وصله پوششی در قطعات خمشی دارای محدودیت هستند.

وصله مکانیکی در قطعات کششی در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان مطابق بند (۹-۱۸-۴-۲-۳) مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش سال ۱۳۹۲ وصله قطعات کششی فقط به وسیله وصله‌های مکانیکی و یا جوش مجاز است و نمی‌توان از وصله پوششی برای وصله میلگردها استفاده نمود.

قطعات کششی به قطعاتی اطلاق می‌گردند که مقدار نیروی کششی در آن‌ها به حدی است که کل سطح مقطع آن‌ها در کشش قرار می‌گیرد؛ سطح تنش کششی در آرماتورها به حدی است که آرماتورها باید به صورت کامل مؤثر باشند و یا اینکه پوشش بتنی اندکی در تمامی وجود عضو وجود داشته باشد. برای مثال می‌توان به المان پای قوس‌ها، کش‌های آویزان منتقل‌کننده بار به سازه تکیه‌گاهی فوقانی و همچنین به اعضای کششی اصلی در خرپاها اشاره کرد.

ضوابط لرزه‌ای استفاده از وصله مکانیکی در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان مشابه آیین نامه ACI318 استفاده از وصله مکانیکی را در انواع قاب‌های خمشی مجاز دانسته است و محدودیت‌های اعمالی برای وصله پوششی را برای آن قائل نشده است و فقط برای قاب خمشی ویژه مطابق بند (۹-۲۰-۴-۲-۶) محدودیت‌هایی را اعمال نموده است. [۱۲]

۵-۴) آیین‌نامه بتن ایران "آبا"

ضوابط مربوط به وصله‌ها در آیین‌نامه بتن ایران (آبا) مشابه به ضوابط مندرج در مبحث نهم مقررات ملی ویرایش سال ۱۳۹۲ می‌باشد، فقط در چند مورد تفاوت وجود دارد که به شرح زیر می‌باشد :

* وصله ترکیبی به عنوان یکی از روش‌های وصله در آبا مطرح میشود در حالی که در مبحث نهم ۱۳۹۲ نمی‌باشد
* طبق بند ۸-۲-۵-۳ آیین‌نامه بتن ایران روش‌های متداول برای وصله‌های جوشی عبارت‌اند از:

الف- اتصال جوشی نوک‌به‌نوک خمیری

ب- اتصال جوشی ذوبی با الکترود (جوش با قوس الکتریکی).

اتصال جوشی نوک‌به‌نوک خمیری فقط در شرایط کارخانه‌ای و در صورتی مجاز است که قطر میلگردها از ۱۰ میلی‌متر برای فولادهای گرم نورد شده یا ۱۴ میلی‌متر برای فولادهای سرد اصلاح‌شده کمتر نباشد و نسبت سطح مقطع دو میلگرد وصله شونده از ۱/۵ تجاوز نکند. در حالی که در مبحث نهم ۱۳۹۲ این روش‌ها مطرح نمی‌شود

* در مبحث نهم در محاسبات از مقاومت کاهش یافته بتن (f_{yd}) استفاده میشود به همین خاطر مقدار مقاومت مورد انتظار برای وصله آرماتورها برابر ۱,۴۷*f_{yd} است در حالی که در آبا برابر ۱,۲۵*f_y است البته با توجه به رابطه ($f_{yd}=0.85*f_y$) این دو مقدار معادل هم میباشند.**[۱۳]**

نتیجه‌گیری

وصله آرماتورها باید از نظر مقاومت قادر به تحمل ۱۲۵ درصد مقاومت تسلیم میلگردها باشد و از نظر شکل‌پذیری رفتار شبیه به رفتار میلگرد بدون وصله داشته باشد تا در کشش رفتار ترد نداشته باشد.

روش‌های زیادی برای وصله آرماتورها علاوه بر وصله پوششی وجود دارد. روش‌های جوشی، اتکایی، مکانیکی، ترکیبی، بست‌دار، پرچی و تزریقی ازجمله پرکاربردترین این روش‌ها هستند. در این روش‌ها، انتقال تنش مستقل از بتن می‌باشد به‌همین علت در سازه پایداری بیشتری به هنگام صدمه دیدن بتن در سوانح طبیعی دارد.

هرکدام از روش‌های وصله آرماتورها دارای مزایا و معایبی هستند. به همین منظور در انتخاب نوع وصله آرماتور در هر سازه بتن‌آرمه باید پارامترهای مختلفی مانند موارد فنی، توجیه اقتصادی، سرعت اجرا، ایمنی و ... درنظر گرفته شود.

از نظر اقتصادی وصله آرماتورها به روش‌های نوین بیشتر برای آرماتور با قطرهای زیاد کاربرد دارد. در قطرهای زیاد طول مهاری آرماتور و وزن واحد طول زیاد است به همین علت وصله پوششی علاوه بر عملکرد نامطلوب توجیه اقتصادی هم ندارد. برای وصله آرماتورها با قطر خیلی کم اگر وصله در ناحیه بحرانی از اعضای بتن‌آرمه قرار نگیرد وصله پوششی میتواند توجیه اقتصادی داشته باشد البته تاکید میگردد با توجه به عملکرد نامطلوب وصله پوششی در صورت انتخاب روش پوششی، اهمیت عضو بتن‌آرمه و محل قرار گیری وصله، در نظر گرفته شود.

روش جوشی که متداول‌ترین نوع آن جوش خمیری (فورجینگ) می‌باشد دارای سرعت اجرای مناسبی می‌باشد. اما روش جوشی (فورجینگ) به علت عدم امکان اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و مکانیکی و دخالت عوامل متعدد در انجام جوشکاری و همچنین تجمیع خطاهای متعدد انسانی، محیطی و ماشین‌آلات، کنترل کیفیت این روش برای ناظر کار مشکلی است که همین علت قابلیت اعتماد به این روش را کمی کاهش می‌دهد

در وصله اتکایی و وصله بست‌دار اصطکاک بین آرماتور و غلاف به‌اندازه‌ای نیست که کشش موردنظر را تحمل کند به همین دلیل وصله اتکایی برای انتقال تنش در میلگردهایی که فقط تحت فشار هستند کاربرد دارد. همچنین استفاده از وصله اتکایی و بست‌دار فقط در اعضای بتن‌آرمه با خاموت بسته مجاز می‌باشد.

وصله پرچی یک روش ساده محسوب می‌شود و دارای سرعت اجرای بالایی می‌باشد اما این روش طی تحقیقات انجام شده توسط محققین مختلف عملکرد خیلی مطلوبی تحت بارهای رفت‌وبرگشتی ندارد.

مهم‌ترین کاربرد وصله تزریقی در اتصال قطعات پیش‌ساخته به صورت درجا می‌باشد برای این کار، طول کوتاهی از میلگرد به صورت انتظار از داخل قطعات پیش‌ساخته بیرون می‌آید و در کارگاه با قرار دادن آن در داخل استوانه گروت تزریق می‌شود. و یا میتوان بجای آنکه طول کوتاهی از آرماتور به صورت انتظار از قطع پیش‌ساخته بیرون بیاید نیز، استوانه (غلاف) داخل قطعه پیش‌ساخته قرار گیرد و در کارگاه برای اتصال قطعات به هم دیگر میلگرد داخل استوانه قرار گیرد و تزریق گروت انجام شود.

کاربرد اصلی وصله‌های ترکیبی در مقاوم‌سازی و توسعه بنا می‌باشد یعنی در پروژه‌هایی که به هر دلیلی طول مهاری برای انتظار رعایت نشده باشد و باید میلگرد در محل وصل گردد و نیاز به وصله به سر آرماتور موجود در حالت انتظار باشد که در این موارد معمولا از وصله یک سر رزوه که نوعی وصله ترکیبی محسوب می‌شود استفاده می‌گردد.

تقدیر و تشکر

بخش اعظم این مقاله برگرفته از مطالعات کتابخانه های یک طرح پژوهشی زیر نظر مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی میباشد لذا نویسندگان نهایت تشکر و قدردانی را از مسئولین این مرکز دارند. همچنین از همکاری و نقطه نظرات ارزشمند جناب آقای مهندس علی اصغر طاهری بهبهانی تشکر و قدردانی میشود.

مراجع

[۱] باقری، کوروش، فصیحی ایده لو، حامد، **"بهینه‌سازی ساختمان‌های بتنی"**، کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران، پنجمین دوره،1392

[۲] شاپور طاحونی، **طراحی ساختمان‌های بتن مسلح (بر مبنای آیین‌نامه بتن ایران)**، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، سال ۱۳۷۵.

[۳] شرکت مهندسین مشاور سازه آزمون فولاد، **" روش جوش فورجینگ سربه‌سر میلگردها "**، ۱۳۹۴.

[۴] شرکت گروه صنعتی سهند، **" معایب جوش سربه‌سر فورجینگ"**، ۱۳۹۴.

[۵] شرکت دانش بنیان بهین اتصالات، **" درباره وصله مکانیکی میلگرد ها "**، ۱۳۹۱.

[۶] شرکت تولیدکننده انواع سازه‌های صنعتی و ساختمانی، **" تفاوت انواع رزوه‌ها "**، ۱۳۹۲.

[۷۶] براتعلی محمدزاده محمدرضا اصفهانی احمد شوشتری، **" بررسی شکل‌پذیری تیرهای بتن‌آرمه‌ی وصله‌دار"**، نشریه مهندسی عمران، سال بیست و دوم، شماره یک، ۱۳۸۹.

[۸] شرکت اریکه سازان، **" اطلاعات فنی کوپلرها استفاده از واسطه مکانیکی کوپلینگ در اتصال آرماتورها"**، ۱۳۹۲.

[۹] شرکت دانش بنیان بهین اتصالات، **" مقایسه اقتصادی وصله مکانیکی و پوششی "**، ۱۳۹۱.

[۱۰] کمک پناه، طرح وصله تزریقی با گروت پر مقاومت، مکاتبات داخلی با هرمز فامیلی، ۱۳۹۴

[۱۱] طالب مرادی شقاقی، وحید فرامرززاده، حمید جعفرنژاد، **" مطالعه و ارزیابی عملکرد وصله‌های مکانیکی میلگردهای کششی از نوع لوله‌های فولادی پرشده با گروت در قطعات بتن مسلح"**، کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران، چهارمین دوره، تهران، مهر ۱۳۹۱.

[۱۲] وزارت راه و شهرسازی معاونت مسکن و ساختمان، **مقررات ملی ساختمان ایران مبحث نهم طرح و اجرای سازه‌های بتن‌آرمه**، دفتر مقررات ملی ساختمان، ویرایش چهارم، تهران، نشر توسعه ایران، سال ۱۳۹۲.

[۱۳] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، **آیین‌نامه بتن ایران (آبا)**، دفتر امور فنی کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، نشر سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، سال ۱۳۸۳.

[۱۴] Anchorages and Lap Splices in the fib Model Code (a Comparison with ACI 318) 2010

[۱۴] *Japanese Industrial Standards committee، Japanese Industrial Standards(JIS)،*

[۱۵] *EQE International, THE JANUARY 17, 1995 KOBE EARTHQUAKE An EQE Summary Report: April 1995*

[۱۶] *Harry B. Lancelot "Mechanical Splices of Reinforcing Bars" The Aberdeen Group,1985*

[۱۷] *Keith Lynn Coogler, "Investigation Of The Behavior Of Offset Mechanical Splices", Civil And Environmental Engineering, University Of South Carolina, 2006*

[۱۸] *ERICO International Corporation "Mechanical Rebar Splicing Systems" 2013*

[۱۹] *Peter O. Jansson, P.E, "Evaluation of Grout-Filled Mechanical Splices for Precast Concrete Construction" may2008*

[۲۰] *V. Navaratnarajah, "Splicing Of Reinforcement Bars With Epoxy Joints" NT.J.Adhesion And Adhesives Vol. 3 No, 1983*

[۲۱] *Steven L Mccabe. " The Performance Of Mechanical Splices ", 2000*

[۲۲] *Anselmo Bai, Jason Ingham, And Richard Hunt, "Assessing The Seismic Performance Of Reinforcement Coupler Systems", Pacific Conference Earthquake Engineering, 2003*

[۲۳] *R. Joseph Reetz, Malte Von Ramin, Adolfo Matamoros, "Performancce Of Mechanical Splices Within the Plastic Hinch Region Of Beams Subject To Cyclic Loding" 13th World Conference On Earthquake Engineering, Vancouver, B.C. Canada, 2004*

[۲۴] *R. El-Hacha, H. Elagroudy and S. Rizkalla, "Proposed Modification To The ACI 318-02 Code Equation On Bond Strength For Mmfxp Steel", 5th Structural Specialty Conference Of The Canadian Society For Civil Engineering, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, 2004*

[۲۵] *Camille A. Issa_, Antoine Nasr, "An Experimental Study Of Welded Splices Of Reinforcing Bars", Building And Environment 41, 2006*

[۲۶] *Sooyong Park, Sanghyun Choib, Norris Stubbs, Robert Bolton, Angie H. Price, Charles Sikorsky,"A Modal Parameter Based Technique To Inspect Welded Reinforcement Splices" Engineering Structures 28, 2006*

[۲۷] *Ling Jen Hua, Ahmad Baharuddin Abd. Rahman, Izni Syahrizal Ibrahim. " Feasibility Study Of Grouted Splice Connector Under Tensile Load ", Construction And Building Materials, Vol. 50, pp. 530–539, 2014.*

[۲۸] *M. Shahria Alam, Maged A. Youssef And Moncef Nehdi, "Cyclic Behaviour Of Mechanically Spliced Shape Memory Alloy And Steel Bars", 9th U.S. National And 10th Canadian Conference On Earthquake Engineering, 2010*

[۲۹] *Eliya Henin, George Morcous," Non-Proprietary Bar Splice Sleeve For Precast Concrete Construction", Engineering Structures, 2014*

[۳۰] *Ali A. Sayadi, Ahmad Baharuddin Abd. Rahman, Mohd Zamin Bin Jumaat, U. Johnson. "The Relationship Between Interlocking Mechanism And Bond Strength In Elastic And Inelastic Segment Of Splice Sleeve", Construction And Building Materials, Vol. 55, pp. 227–237, 2014*

[۳۱] *Dac Phuong Nguyen, Hiroshi Mutsuyoshi, Takuya Ohno "Exprimental Study On RC Beams Using Mechanical Splices With Different Quality And Staggering Length" Hokkaido University,*

[۳۲] *Seyed Jamal Aldin Hosseini, Ahmad Baharuddin Abd. Rahman, Mohd Hanim Osman, Aziz Saim, Azlan Adnan, "Bond Behavior Of Spirally Confined Splice Of Deformed Bars In Grout", Construction and Building Materials,2015*

[۳۳] *Jen Hua Ling, Ahmad Baharuddin Abd. Rahman,Izni Syahrizal Ibrahim, Zuhairi Abdul Hamid, "Behaviour Of Grouted Pipe Splice Under Incremental Tensile Load", Construction And Building Materials,2012*

[۳۴] *Jen Hua Ling,Ahmad Baharuddin Abd. Rahman, Izni Syahrizal Ibrahim, Zuhairi Abdul Hamid, "Tensile Capacity Of Grouted Splice Sleeves", Engineering Structures111, 2016*

[۳۵] *International Conference of Building officia،Uniform Building Code(UBC)، April1997*

[۳۶] *Building Code Requirements For Structural Concrete (ACI 318M-14)*