تحقیقات بتن
سال دهم، شمارهٔ چهارم
زمستان ۹۶
ص ۱۷ – ۵
تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۶
تاریخ پذیرش: ۹۶/۴/۱۵

ارائه یک روش نوآورانه آزمایشگاهی برای وصله آرماتورهای اعضای کششی در سازه‌های بتن آرمه

علی خیرالدین
استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان
هادی شیرین سخن *
کارشناسی ارشد عمران، گرایش سازه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان

چکیده

با افزایش سازه‌های بتن‌آرمه و توجه صاحب‌نظران این زمینه به بهینه‌سازی اجرای این سازه‌ها، صنعت ساختمان دچار پیشرفت چشم‌گیری شده است. یکی از پیشرفت‌ها در صنعت ساختمان روش‌های نوین برای وصله آرماتورها می‌باشد. امروزه علاوه بر وصله پوششی، روش‌های نوین دیگری چون وصله مکانیکی، جوشی (فورجینگ)، تزریقی و چندین روش دیگر وجود دارد. این روش‌ها برای وصله‌کاری هرکدام دارای معایب خاص خود می‌باشد. در این مقاله یک روش نوآورانه برای وصله آرماتورها پیشنهاد می‌شود و ازآنجایی‌که در این روش نوآورانه برای وصله آرماتورها به هم، به هیچ عملیات آماده‌سازی برای سر میلگردها (اعم از جوش‌کاری و رزوه کاری) نیاز نمی‌باشد، سرعت اجرایی این وصله بسیار بالا می‌باشد. در این روش نوین، که "وصله آرماتورها به‌روش غلاف‌وگوه" نامیده می‌شود، سر میلگردها درداخل یک غلاف مخروطی، بین دو گوه قرار می‌گیرد با توجه به مخروطی بودن غلاف با اعمال کشش، سر میلگرد بین گوه‌ها قفل شده و وصله انجام می‌شود. به‌منظور تایید عملکرد وصله پیشنهادی، آزمایش کشش روی یک نمونه میلگرد وصله شده به‌روش غلاف‌وگوه و یک قطعه از همان میلگرد (بدون وصله) انجام می‌شود. مشاهده می‌شود که رفتار نمونه وصله شده با میلگرد بدون وصله از نظر نقطه تسلیم و مقاومت نهایی بسیار شبیه می‌باشد، که این نشان‌دهنده‌ی عملکرد مطلوب روش غلاف‌وگوه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: **سازه بتن‌آرمه، وصله آرماتورها، روش‌های نوین وصله، وصله غلاف و گوه.**

* نویسنده مسئول: hadishirinsokhan@gmail.com

۱- مقدمه

در چند دهه گذشته باتوجه به افزایش سازه‌های بتن‌آرمه و توجه صاحب‌نظران این زمینه به بهینه‌سازی اجرای این سازه‌ها، صنعت ساختمان دچار پیشرفت چشم‌گیری شده است. یکی از پیشرفت‌ها در صنعت ساختمان روش‌های نوین برای وصله آرماتورهااست .

امروزه علاوه بر وصله پوششی که یک روش سنتی است روش‌های نوین دیگری چون وصله مکانیکی، جوشی (فورجینگ)، تزریقی و چندین روش دیگر وجود دارد. این روش‌ها برای وصله‌کاری هرکدام دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشد. یکی از معایب مشترک بین این روش‌ها سرعت اجرای پایین اجرای آن‌ها می‌باشد. در این مقاله یک روش نوین برای وصله آرماتورها پیشنهاد می‌شود. در این روش نوین برای وصله آرماتورها به هم، به هیچ عملیات آماده‌سازی برای سر میلگردها (اعم از جوش‌کاری و رزوه کاری) نیاز نمی‌باشد همچنین سرعت اجرایی این وصله بسیار بالا می‌باشد. در این مقاله این روش نوین، «وصله آرماتورها به‌روش غلاف و گوه» نامیده می‌شود.

۲- انواع روش‌های وصله آرماتورها

برای وصله دو قطعه آرماتور به یکدیگر از روش‌های پوششی، جوش و مکانیکی چندین روش نوین دیگر استفاده می‌گردد که در ادامه به معرفی و مشکلات هر یک از 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 به‌عنوان 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.

وصله پوششی ازنظر سازه‌ای رفتار مناسبی ندارد زیرا در وصله پوششی عملکرد وصله مستقل از بتن نمی‌باشد. در وصله پوششی تنش از میلگرد به بتن و از بتن به میلگرد دیگر منتقل می‌شود. این وابستگی مقاومت وصله به بتن، باعث عملکرد نامطلوب وصله می‌باشد. علاوه بر این در پروژه‌های عمرانی طول قابل‌توجهی از میلگرد مصرفی بابت طول پوششی میلگردها می‌باشد که این اصلا ازنظر اقتصادی مطلوب نمی‌باشد. همچنین از دیگر معایب این روش می‌توان به تراکم آرماتورها در محل وصله اشاره کرد

شکل ۱- وصله پوششی

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 لب‌به‌لب، پهلوبه‌پهلو، استفاده از قطعات کمکی و خمیری اشاره نمود[۲].

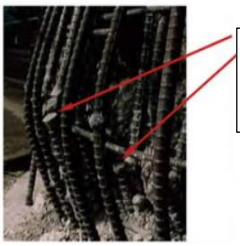
ازآنجایی‌که متداول‌ترین و مدرن‌ترین نوع وصله جوشی روش جوشکاری خمیری (فورجینگ) می‌باشد، در اینجا فقط جوش فورجینگ بررسی می‌شود. در این روش دو سر میلگرد توسط دستگاه برش مخصوصی به‌صورت صیقلی و صفر درجه برش خورده و تحت فشار بالای هیدرولیک به همراه حرارت حاصل از سوختن گاز استیلن، در هم ادغام می‌گردند که نمونه آن در شکل (۲) نشان داده‌شده است[۳].

شکل ۲- وصله جوشی (فورجینگ)

از معایب این روش می‌توان به مشکل بودن کنترل کیفیت جوش میباشد به‌گونه‌ای‌که پس از وقوع زلزله kobe در ژاپن، عملکرد نامطلوبی از آرماتورهای وصله شده به این روش مشاهده شد; همان‌طوری که در شکل ۳ دیده می‌شود باوجود انجام 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 [۱۱].

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 که این نوع شکست در زلزله کوبه به وفور اتفاق افتاد

الف)



شکست آرماتورهای طولی در نقاط اتصال جوشی آرماتورها در زلزله کوبه ژاپن

ب)

شکل ۳- الف: نمونه‌ای از تخریب آرماتورها با فنّاوری جوش فورجینگ در پایه پل، ب: صدمه‌های ناشی از ضعف جوش[۱۱]

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

۲-۳- وصله مکانیکی

در روش مکانیکی وصله به کمک یک قطعه مکانیکی اجرا می‌شود که عموماً با رزوه یا پیچ کردن و ایجاد اصطکاک بین جداره‌های آن و میلگردها، انتقال تنش را از یک میلگرد به میلگرد بعدی فراهم می‌کند.

یکی از متداول‌ترین نوع کوپلر، کوپلر استاندارد می‌باشد. این نوع کوپلر در حقیقت یک استوانه توخالی می‌باشد که داخل آن رزوه شده است و با رزوه سر میلگردها و پیچاندن آن‌ها در کوپلر وصله انجام می‌شود. این روش برای آرماتورهایی با اندازه یکسان و در حالتی‌که یکی از آرماتورها امکان چرخش داشته باشند، مورداستفاده قرار می‌گیرد.

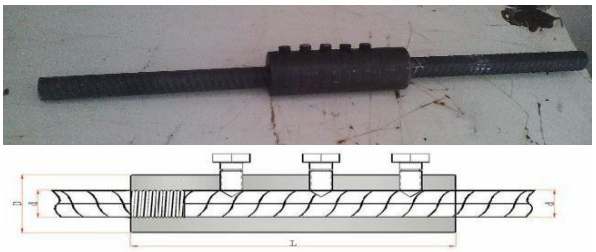
شکل ۴- وصله مکانیکی با کوپلر رزوه‌ای استاندارد **[٤]**

شکل ۵- کوپلر رزوه‌ای استاندارد برای وصله مکانیکی [۵]

در این روش اگر آرماتور مستقیماً رزوه شود قطر محل رزوه شده در حدود ۵ میلی‌متر کمتر از قطر رسمی آرماتور می‌شود که این قابل‌قبول نمی‌باشد. برای رفع این مشکل ابتدا محل رزوه کاری میلگرد را با استفاده از دستگاه مخصوص فشرده می‌شود و سپس آن محل را رزوه می‌گردد که نهایت بعد از رزوه، قطر محل رزوه شده حدوداً ۲ میلی‌متر از اندازه اسمی آرماتور بزرگ‌تر است. (شکل۶) **[٦]**

شکل ۶- وصله مکانیکی با کوپلر رزوه‌ای استاندارد[۶]

نوع دیگر وصله‌های مکانیکی وصله پیچی می‌باشد. استفاده از این نوع کوپلرها نیازی به ایجاد رزوه در انتهای آرماتور نمی‌باشد و همچنین نیاز به چرخاندن آرماتور داخل کوپلر نیز نمی‌باشد. در این روش انتهای آرماتور در داخل کوپلر توسط دو حائل دندانه‌دار احاطه‌شده و پیچ‌های تعبیه‌شده بر روی کوپلر، روی آرماتور محکم می‌شوند و انتهای مخروطی پیچ‌ها روی آرماتور قرار می‌گیرد (شکل ۷).



شکل ۷- نمونه‌های از کوپلر پیچی

گاهی اوقات در پروژهای عمرانی به هر دلیلی طول مهاری برای انتظار رعایت نمی‌شود و یا به دلیل مقاوم‌سازی و توسعه بنا باید وصله به سر آرماتور در حالت انتظار به‌صورت برجا انجام شود. ازآنجایی‌که رزوه کردن سر آرماتور انتظار امکان‌پذیر نمی‌باشد، کوپلر رزوه‌ای قابل‌اجرا نمی‌باشد. بنابراین در این مواقع از کوپلر پیچی، که به هیچ‌گونه آماده‌سازی انتهای میلگرد مانند عملیات رزوه کاری احتیاج ندارد، استفاده می‌شود. در شکل ۸ چند نمونه اجراشده از این کوپلرها دیده می‌شود [۹].

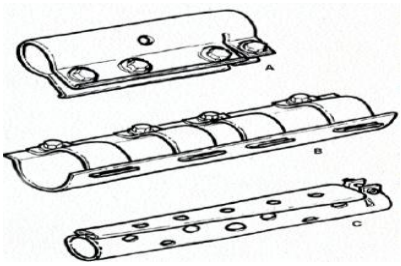
شکل ۸- چند نمونه اجراشده کوپلر پیچی

به‌عنوان بزرگ‌ترین ایراد اجرای کوپلرها پیچی می‌توان به سنگینی و بزرگی کوپلر، هزینه زیاد و سرعت اجرای پایین اشاره کرد.

۲-٤- وصله اتکایی و بست‌دار

همان‌طوری که در شکل‌های ۹ و ۱۰ دیده می‌شود، این دو روش بسیار مشابه هم هستند و در هردو روش 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 تحت‌فشار هستند کاربرد دارد[۵]. همچنین استفاده از این نوع وصله‌ها فقط در اعضای بتن‌آرمه با خاموت بسته مجاز می‌باشد.

شکل ۹- وصله اتکایی[۵]



شکل ۱۰- نمونه وصله بست دار[۱۳]

۲-۵- وصله تزریقی با گروت پر مقاومت

در این نوع وصله دو انتهای میلگردها در داخل یک غلاف قرار می‌گیرند و سپس با تزریق گروت پر مقاومت به داخل آن وصله انجام می‌شود. اجزا این وصله، غلاف فلزی، ورودی گروت، حفره هواگیری و ملات پر مقاومت (SS Mortar) می‌باشد که در شکل (۱۱) دیده می‌شود.

شکل ۱۱- اجزا وصله تزریقی[۱۴]

ازاین‌رو 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 (۱۲) آمده است

شکل ۱۲- وصله تزریقی در قطعات پیش‌ساخته ساختمان تجاری مسکونی سوپر فریم تبریز[۷]

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.

۳- ارائه روش نوآورانه وصله به‌روش غلاف و گوه

در روش پیشنهادی برای وصله آرماتورها در این تحقیق، وصله نیز شبیه به‌روش نوین وصله‌کاری به‌صورت سربه‌سری انجام می‌شود و مانند وصله پوششی انتقال تنش به وابسته بتن نمی‌باشد. همچنین در این روش برای وصله به هیچ‌گونه عملیات آماده‌سازی و یا رزوه کاری روی سر میلگرد نیاز نمی‌باشد، به همین دلیل این روش دارای سرعت بسیار بالایی است و اجرای وصله روی طول کوتاهی از آرماتور به‌صورت برجا (آرماتور انتظار) امکان‌پذیر است.

لازم به توضیح است که این نوع وصله فقط در کشش عمل می‌کند و توانایی تحمل بارهای رفت‌وبرگشتی را ندارد لذا در محل‌هایی از اعضا سازه که در زلزله تحت بار رفت‌وبرگشتی قرار نمی‌گیرد (مانند وسط تیرها و ستون‌ها، عرشه پل‌ها، بدنه سدها و...) و یا در اعضا کششی بتن‌آرمه که در مبحث نهم مقررات ملی تعریف شده است قابل‌استفاده است**[۸]**.

به‌طورکلی عملکرد روش نوین غلاف و گوه به این صورت است که با تبدیل نیروی کششی محوری میلگرد به نیرو فشاری در عرض میلگرد وصله صورت می‌گیرد. به این منظور سر میلگرد در بین دو گوه در داخل یک غلاف مخروطی شکل قرار می‌گیرد و در هنگام اعمال نیروی کشش به میلگرد دو گوه اطراف خود را به جلو می‌راند و باتوجه به مخروطی بودن غلاف جلو رانده شدن گوه‌ها باعث اعمال نیروی فشاری به میلگرد و درنتیجه میلگرد توسط گوه‌ها گرفته شده و وصله انجام می‌شود. برای رسیدن به بهینه‌ترین حالت با بهترین عملکرد این روش وصله‌کاری چند نمونه میلگرد وصله شده به این روش با غلاف‌های متفاوت ساخته‌شده و مورد آزمایش قرار می‌گیرد که بر اساس معایب مشاهده‌شده هرکدام از آن‌ها در آزمایش‌های انجام‌شده، اصلاحات لازم برای نمونه بعدی انجام می‌شود تا درنهایت با این سیر تکامل در آزمایش نمونه چهارم عملکرد مطلوب آن مشاهده می‌شود. در ادامه برای معرفی سیر تکاملی روش غلاف و گوه، ساخت و آزمایش سه نمونه (نمونه شماره یک، دو و سه) به طور اجمالی و نمونه چهارم به‌عنوان ماحصل این مقاله با نام روش وصله غلاف و گوه ارائه می‌شود.

۳-۱- نمونه شماره یک وصله غلاف و گوه

در اولین نمونه ساخته‌شده از نوع وصله غلاف و گوه، غلاف به‌صورت تمام مقطع به شکل مخروطی می‌باشد و گوه‌ها که وظیفه گیرش سر میلگرد را بر عهده دارد به شکل دو گوه در طرفین سر میلگرد قرار می‌گیرد همان‌طوری که در شکل ۱۳ دیده می‌شود دو خار قفل کننده در طرفین غلاف وجود دارد و پس از قرارگیری سر میلگردها در داخل غلاف با کوبیدن هر دو خار به داخل غلاف وصله کامل می‌شود. مشخصات نمونه شماره یک در جدول ۱ دیده می‌شود.

جدول ۱- جدول مشخصات نمونه شماره یک وصله شده به‌روش غلاف و گوه

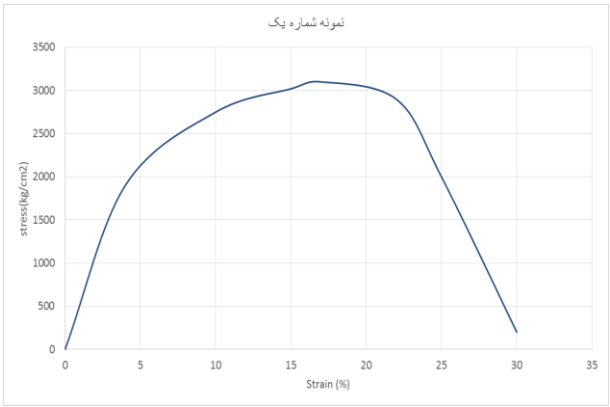
نام نمونه	نوع وصله	قطر آرماتور	قطر غلاف وصله	طول کوپلر وصله	طول آزاد طرفین کوپلر	طول مورد اندازه گیری نمونه	طول کل نمونه
		(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)
شماره یک	غلاف و گوه	۱۸	۴۰	۱۴۰	۱۰۰	۳۴۰	۵۴۰

شکل ۱۳- نمونه شماره یک وصله شده به‌روش غلاف و گوه

این نمونه تحت کشش یکنواخت آزمایش گردید و مشاهده می‌شود که این نمونه بیشترین تنشی که تحمل می‌کند برابر ۳۰۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد و همان‌طوری که در شکل ۱۴ دیده می‌شود بعدازآن گوه‌ها له شده و به دلیل این‌که فقط در دو طرف میلگرد قرار دارد غلاف را باز کرده و از داخل غلاف بیرون می‌آید بنابراین نمونه نیروی بیشتری را تحمل نمی‌کند به عبارت دیگر در منحنی تنش-کرنش افت مقاومت تدریجی و بدون

مشاهده می‌شود که این نشان میدهد در نمونه گسیختگی رخ نمی-دهد و تنها میلگرد داخل غلاف دچار لغزش می‌شود و از آن بیرون می‌آید، که این نتیجه برای وصله آرماتور قابل‌قبول نمی‌باشد. همچنین نتیجه آزمایش کشش یکنواخت این نمونه به‌صورت منحنی تنش - کرنش در شکل ۱۵ دیده می‌شود.

شکل ۱۴- نمونه شماره یک وصله شده به‌روش غلاف و گوه پس از آزمایش کشش یکنواخت



شکل(۱۵) نتیجه آزمایش کشش نمونه شماره یک وصله شده به‌روش غلاف و گوه

۳-۲- نمونه شماره دو وصله غلاف و گوه

باتوجه به آزمایش نمونه شماره یک و مشکل آن، در نمونه شماره دو به‌جای دو گوه در دو طرف سر هر یک از میلگردها، از چهار گوه در چهار طرف سر هرکدام از میلگردها استفاده شد و بقیه قسمت‌های این نمونه کاملاً مشابه نمونه شماره یک می‌باشد. این نمونه پس از ساخت که در شکل ۱۶ و مشخصات آن در جدول ۲ دیده می‌شود تحت کشش یکنواخت آزمایش می‌گردد.

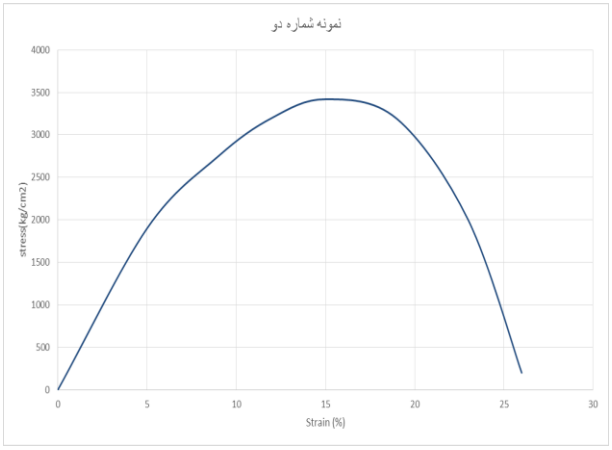
جدول ۲- جدول مشخصات نمونه شماره دو وصله شده به‌روش غلاف و گوه

نام نمونه	نوع وصله	قطر آرماتور	قطر غلاف وصله	طول کوپلر وصله	طول آزاد طرفین کوپلر	طول مورد اندازه گیری نمونه	طول کل نمونه
		(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)
شماره دو	غلاف و گوه	۱۸	۴۰	۱۴۰	۱۰۰	۳۴۰	۵۴۰

شکل۱۶- نمونه شماره یک وصله شده به‌روش غلاف و گوه

این نمونه تحت کشش یکنواخت آزمایش گردید و مشاهده شد که این نمونه بیشترین تنشی که تحمل می‌کند برابر ۳۴۲۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد و همان‌طوری که در شکل ۱۷ دیده می‌شود مشابه نمونه شماره یک باتوجه به چهارتایی بودن گوه‌های اطراف میلگردها، باز هم گوه‌ها له شده و همراه با گوه‌ها از داخل غلاف بیرون می‌آید بنابراین نمونه نیروی بیشتری را تحمل نمی‌کند که این نتیجه برای وصله آرماتور قابل‌قبول نمی‌باشد. همچنین نتیجه آزمایش کشش یکنواخت این نمونه به‌صورت منحنی تنش و کرنش در شکل ۱۷ دیده می‌شود.

شکل۱۷- نمونه شماره دو وصله شده به‌روش غلاف و گوه پس از آزمایش کشش یکنواخت



شکل ۱۸- نتیجه آزمایش کشش نمونه شماره یک وصله شده به‌روش غلاف و گوه

۳-۳- نمونه شماره سه وصله غلاف و گوه

در آزمایش نمونه‌های شماره یک و دو، که هر دو قابل‌قبول نمی-باشند مشاهده گردید که ضعف در قسمت گوه‌های وصله می‌باشد. در ساخت نمونه سوم گوه‌ها و قرارگیری آن‌ها داخل غلاف نسبت به نمونه‌های یک و دو تغییر می‌کرد. در نمونه سوم، سه قطعه مجزا غلاف این وصله را تشکیل می‌دهند، به‌طوری‌که یک غلاف استوانه‌ای، مانند لوله داخلش رزوه می‌شود و دو استوانه دیگر با داخل مخروطی که بیرون آن‌ها رزوه شده است داخل غلاف استوانه‌ای بسته می‌شود. در این نمونه همان‌طوری که در شکل ۱۹ دیده می‌شود ابتدا سر میلگردها داخل غلاف قرار می‌گیرد و با پیچاندن استوانه‌های داخلی غلاف وصله انجام می‌شود. نمونه ساخته شده آن که مشخصات آن در جدول ۳ دیده می‌شود تحت کشش یکنواخت آزمایش می‌شود.

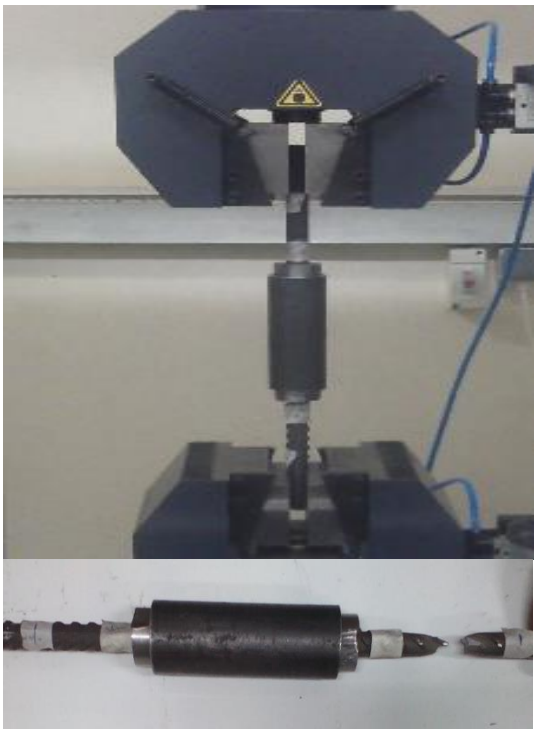
جدول ۳- جدول مشخصات نمونه شماره دو وصله شده به‌روش غلاف و گوه

نام نمونه	نوع وصله	قطر آرماتور	قطر غلاف وصله	طول کوپلر وصله	طول آزاد طرفین کوپلر	طول مورد اندازه گیری نمونه	طول کل نمونه
		(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)
شماره سه	غلاف و گوه	۱۸	۵۱	۱۷۰	۱۰۰	۳۷۰	۵۷۰

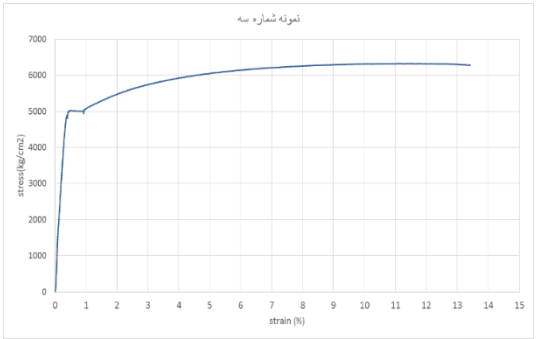
آزمایش کشش یکنواخت روی نمونه شماره سه انجام می‌شود و عملکرد مطلوبی از وصله مشاهده می‌گردد. همان‌طوری که در شکل ۲۰ دیده می‌شود گسیختگی این نمونه در میلگرد و خارج از قسمت وصله رخ می‌دهد. این نمونه تحت کشش یکنواخت تنشی برابر با ۶۳۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع را که بیشترین تنش تحملی توسط میلگرد می‌باشد را ثبت می‌کند.

نتیجه آزمایش کشش یکنواخت نمونه شماره سه وصله به‌روش غلاف و گوه به‌صورت منحنی تنش-کرنش در شکل ۲۱ دیده می‌شود.

شکل ۱۹- نمونه شماره سه وصله شده به‌روش غلاف و گوه



شکل ۲۰- نمونه شماره دو وصله شده به‌روش غلاف و گوه پس از آزمایش کشش یکنواخت



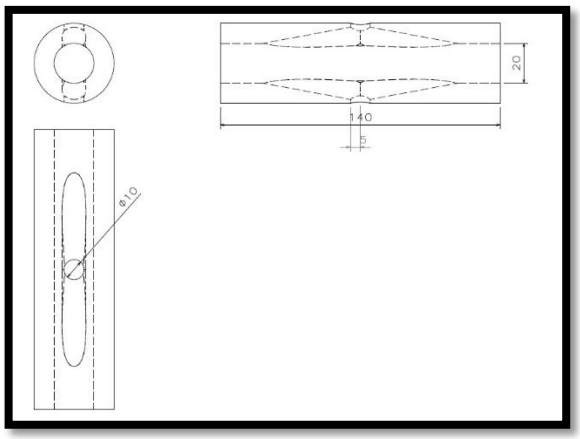
شکل ۲۱- نتیجه آزمایش کشش نمونه شماره یک وصله شده به‌روش غلاف و گوه

۳-٤- نمونه شماره چهار وصله غلاف و گوه

با نگاه به نتایج آزمایش‌های انجام‌شده روی نمونه شماره سه می‌توان گفت این نمونه به‌عنوان یک روش وصله‌کاری آرماتور قابل‌قبول می‌باشد اما با توجه به حجم بالای غلاف و رزوه‌کاری-های زیاد، این نمونه دارای مراحل پیچیده تولید و به دنبال آن هزینه تولید بالایی می‌باشد. از طرفی صرفه اقتصادی در پروژه‌های عمرانی اهمیت فراوانی دارد، نمونه چهارم باهدف بهینه‌سازی اقتصادی ساخته می‌شود.

در نمونه چهارم بدنه اصلی وصلی یک غلاف فولادی است که داخل آن فقط جای گوه های آن از جداره غلاف خالی شده است. این وصله از سه قطعه اصلی و یک آچار تشکیل شده است که در ادامه این اجزا تشریح می گردد

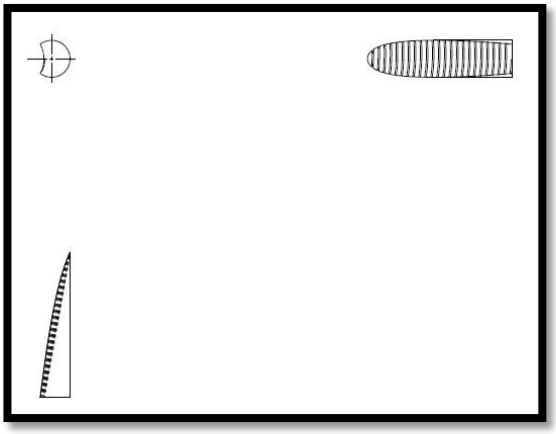
۱) غلاف فولادی: این قطعه که بدنه اصلی وصله محسوب می‌شود یک غلاف فولادی است که داخل آن دارای دو سطح شیب‌دار به سمت وسط این غلاف می‌باشد همچنین در وسط این غلاف یک سوراخ عرضی وجود دارد. نقشه سه نمای این قطعه در شکل شماره ۲۲ و نمونه ساخته شده آن در شکل ۲۳ دیده می‌شود.



شکل ۲۲- نقشه دو بعدی (سه نما) غلاف فولادی

شکل ۲۳- غلاف فولادی در وصله غلاف و گوه

۲) گوه: برای هر غلاف چهار گوه نیاز است. شیب این گوه‌ها برابر با شیب داخل غلاف فولادی می‌باشد به‌طوری‌که وقتی داخل غلاف فولادی قرار می‌گیرد در مرکز غلاف یک سوراخ مستقیم سرتاسری دیده می‌شود. نقسه سه نمای این قطعه در شکل ۲۴ و نمونه ساخته شده آن در شکل ۲۵ دیده می‌شود. همچنین لازم به توضیح است که یک سطح این گوه‌ها به‌منظور ایجاد اصطکاک باید دارای یک سطح ناصاف باشد.

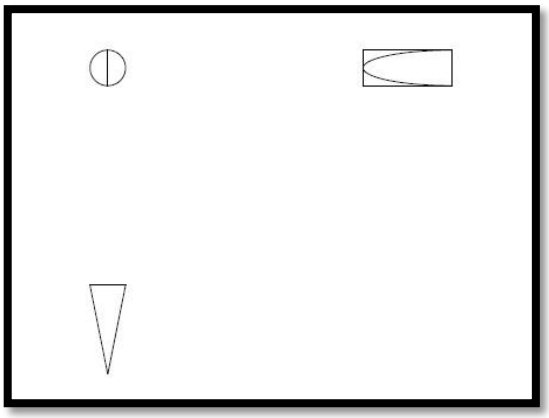


شکل ۲۴- نقشه دو بعدی (سه نما) از گوه ها

شکل۲۵- گوه‌های وصله غلاف و گوه

۳) خار قفل‌کننده: برای هر غلاف دو خار گوه‌ای شکل قفل کننده کوچک وجود دارد که در سوراخ عرضی وسط غلاف فولادی از دو طرف جا خورده و وظیفهٔ درگیر کردن اولیه گوه‌ها با میلگرد را دارند همچنین

نقشه سه نمای این قطعه در شکل شماره ۲۶ و نمونه ساخته شده آن در شکل ۲۷ دیده می‌شود.



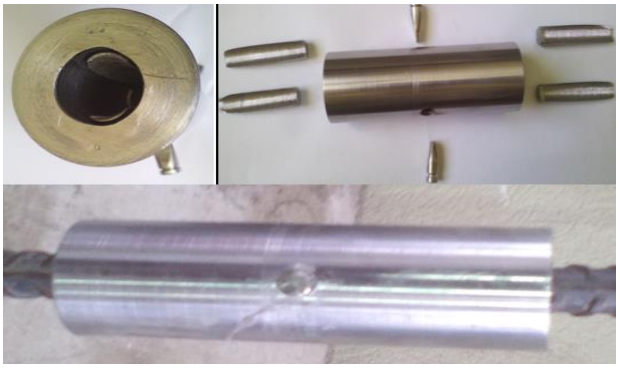
شکل۲۶- نقشه دو بعدی (سه نما) از خار قفل کننده

شکل ۲۷- خار قفل کننده در وصله غلاف و گوه

۴) آچار وصله: برای اجرای وصله به این روش به‌منظور درگیرکردن اولیه میلگرد با گوه‌ها به یک آچار بسیار ساده نیاز است. این آچار که در شکل ۲۸ دیده می‌شود یک قطعه فولادی و یک پیچ تعبیه‌شده روی آن است و وظیفه اعمال فشار به خارهای قفل کننده، در سوراخ عرضی غلاف فولادی را بر عهده دارد. لازم به ذکر است که این آچار فقط برای قفل‌کردن وصله استفاده می‌شود و جز اعضا وصله محسوب نمی‌شود.

شکل ۲۸- آچار وصله برای اجرای وصله به‌روش غلاف و گوه

در نهایت چهار گوه در داخل غلاف فولادی در جای خود و دو خار قفل‌کننده در سوراخ عرضی غلاف قرار می‌گیرد و برای آسان شدن اجرا و جدا نشدن این قطعات در حین اجرای وصله، این قطعات با یک چسب ضعیف به هم چسبیده می‌شوند.



شکل ۲۹- یک نمونه منتاج‌شده وصله غلاف و گوه

برای اجرای این وصله که دارای سرعت بسیار بالایی است ابتدا سر یک آرماتور یک طرف غلاف وصله و سپس سر آرماتور دیگر در طرف دیگر غلاف وصله قرار می‌گیرد و درنهایت با کمک آچار مخصوص معرفی‌شده خارهای قفل کننده به داخل فشار داده می‌شود این مراحل در شکل ۳۰ نشان داده می‌شود.

شکل ۳۰- مراحل اجرای وصله دو میلگرد به هم به‌روش غلاف و گوه.

٤- آزمایش و تأیید روش نوآورانه غلاف و گوه

طبق تعریف وصله آرماتورها در تمام آیین‌نامه‌ها نیز وصله آرماتورها باید دارای ظرفیت کشش بیشتر از ۱۲۵ درصد ظرفیت تسلیم کششی میلگرد را باشد و برای حاصل شدن این بند باید گسیختگی در میلگرد و خارج از قسمت وصله رخ دهد.

در آزمایش کشش مستقیم مطابق استانداردASTM1034M05 [۱۶] بارگذاری تا زوال و گسیختگی نمونه ادامه می‌یابد بر اساس ضوابط استاندارد ASTM A370[۱۷] تا حد جاری‌شدگی، بار با نرخی بین ۷۰ تا ۷۰۰ مگاپاسگال بر دقیقه اعمال می‌گردد و تغییر شکل به‌صورت پیوست ثبت می‌گردد. برای اجتناب از آسیب وسایل اندازه‌گیری آزمایش‌های کشش مستقیم انجام‌شده در این تحقیق بعد از جاری‌شدگی وسیله اندازه‌گیری از نمونه جدا می‌شود و بارگذاری تا زوال ادامه می‌یابد. مطابق استاندارد ASTM E8 [۱۸] بارگذاری بعد از تسلیم باید با نرخ ۰٫۵ تا ۰٫۰۵ اینچ بر دقیقه باشد.

طول نمونه میلگرد بدون وصله به آزمایش کشش یکنواخت مطابق استاندارد ASTM A370 ده برابر قطر آرماتور بریده می‌شود و طول قطعات آرماتورهای نمونه‌های وصله شده مطابق با استاندارد ASTM A1034 برای آزمایش وصله آرماتورها، به ترتیبی در نظر گرفته می‌شود که فضای کافی میان فک دستگاه و وجه وصله مکانیکی برای نصب وسایل اندازه‌گیری فراهم گردد. وسایل اندازه‌گیری در فاصله سه برابر قطر آرماتور از وجه وصله مکانیکی متصل می‌گردد همچنین به این طول نیز طول آزاد موردنیاز و همچنین طول موردنیاز برای درگیری با فک دستگاه افزوده می‌گردد.

در این مقاله به‌منظور کسب اطمینان از عملکرد این نوع وصله یک نمونه میلگرد وصله شده به این روش (نمونه شماره چهار)، تحت کشش مورد آزمایش قرار می‌گیرد که نقطه تسلیم، مقاومت نهایی کششی و کرنش‌های آن‌ها در جدول ۵ مشاهده می‌شود. به‌عبارت دیگر همانطوری که پیشتر هم گفته شد مطابق تمام آیین‌نامه‌ها وصله آرماتورها باید دارای ظرفیت کشش بیشتر از ۱۲۵ درصد ظرفیت تسلیم کششی میلگرد را باشد ازاین‌رو این مهم در نتایج آزمایش این نوع وصله مورد بررسی قرار میگیرد و مشاهده می‌شود که گسیختگی در میلگرد و خارج از قسمت وصله اتفاق می‌افتاد که این نشان دهنده ظرفیت بیشتر از ۱۲۵ درصد میلگرد، ودر نتیجه عملکرد مطلوب آن می‌باشد.

به منظور بررسی رفتار وصله و تشابه آن به میلگرد بدون وصله، روی همان نمونه میلگرد بدون وصله هم آزمایش کشش انجام می‌شود، سپس نتیجه آزمایش کشش (منحنی تنش کرنش) نمونه وصله شده با نتیجه آزمایش کشش میلگرد بدون وصله (منحنی تنش کرنش) مقایسه می‌شود. پرواضح است که هر چه رفتار نمونه میلگرد وصله شده به میلگرد بدون وصله نزدیک‌تر باشد، مطلوب‌تر می‌باشد. همان طوری که در شکل ۳۴ مشاهده می‌گردد نتیجه این آزمایش‌ها نشان‌دهنده عملکرد مطلوب این روش می‌باشد.

همچنین تصویر این وصله در شکل ۳۱ و مشخصات این نمونه‌ها در جدول ۴ دیده می‌شود. این دو نمونه میلگرد بدون وصله و میلگرد وصله شده با روش غلاف و گوه، تحت کشش یکنواخت آزمایش می‌شود و نتیجه این آزمایش‌ها به‌صورت منحنی تنش- کرنش در شکل‌های ۳۲ و ۳۳ ، و مقایسه این دو منحنی در شکل ۳۴ آمده است.

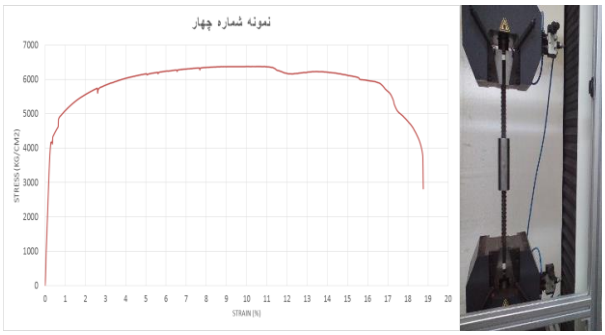
جدول ۴- جدول مشخصات نمونه شماره چهار وصله شده به‌روش غلاف و گوه و نمونه میلگرد بدون وصله

نام نمونه	نوع وصله	قطر آرماتور	قطر غلاف وصله	طول کوپلر وصله	طول آزاد طرفین کوپلر	طول مورد اندازه گیری نمونه	طول کل نمونه
		(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)	(میلیمتر)
شماره چهار	غلاف و گوه	۱۸	۳۸	۱۴۰	۱۰۰	۳۴۰	۵۴۰
نمونه شاهد	بدون وصله	۱۸	-	-	-	۳۰۰	۵۰۰

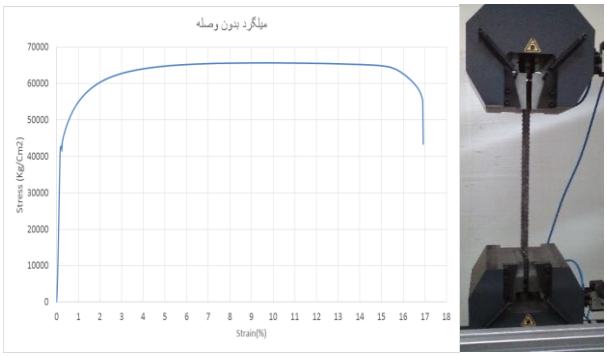
شکل ۳۱- نمونه شماره سه وصله شده به‌روش غلاف و گوه

جدول۵- جدول نتایج آزمایش کشش نمونه شماره چهار وصله شده به‌روش غلاف و گوه و نمونه میلگرد بدون وصله

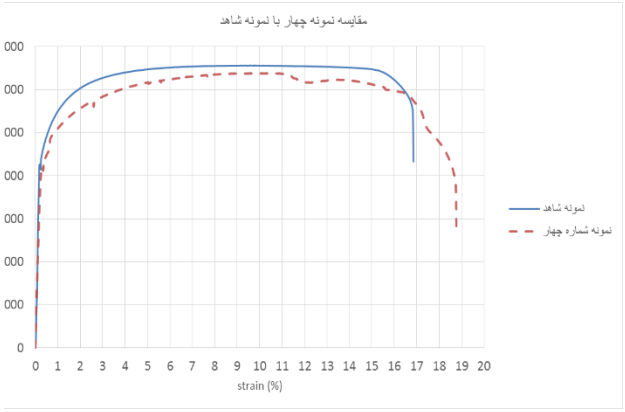
نام نمونه	نمونه شماره ۴	نمونه شاهد
تنش تسلیم (kg/cm۲)	۴۱۷۰	۴۲۱۰
کرنش نظیر تنش تسلیم (٪)	۰.۲۳	۰.۲۱
تنش ماکزیمم (kg/cm۲)	۶۳۵۰	۶۵۲۰
کرنش نظیر تنش ماکزیمم (٪)	۱۰.۶	۱۲.۸
کرنش نهایی (٪)	۱۸.۷	۱۶.۷



شکل ۳۲- نتیجه آزمایش کشش نمونه چهارم وصله شده به‌روش غلاف و گوه (منحنی تنش کرنش)



شکل ۳۳- نتیجه آزمایش کشش نمونه میلگرد بدون وصله (منحنی تنش کرنش)



شکل ۳۴- مقایسه نمونه شماره چهار با میلگرد بدون وصله

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق به‌صورت کاملاً نوآورانه یک روش جدید برای وصله آرماتورها پیشنهاد می‌شود این روش که در این تحقیق روش غلاف و گوه نام می‌گیرد. برای رفع مشکلات روش‌های وصله-کاری موجود در صنعت ساختمان می‌باشد. به‌منظور بررسی عملکرد وصله غلاف و گوه نیز نمونه‌های ساخته شده از این روش تحت کشش آزمایش می‌گردد و با توجه به نتایج آن به‌عنوان جمع‌بندی و نتیجه‌گیری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

۱) به‌طورکلی در سازه‌های بتن‌آرمه هر چه رفتار نمونه میلگرد وصله شده به میلگرد بدون وصله نزدیک‌تر باشد، عملکرد آن در بتن یکپارچه‌تر و مطلوب‌تر می‌باشد. به‌منظور اطمینان از عملکرد این نوع وصله، آزمایش کشش روی یک نمونه میلگرد وصله شده به‌روش غلاف و گوه و یک قطعه از همان میلگرد بدون وصله انجام می‌شود. در آزمایش مشاهده می‌شود که گسیختگی در میلگرد و خارج از قسمت وصله اتفاق می‌افتاد علاوه بر آن در آزمایش‌ها مشاهده می‌شود که منحنی تنش کرنش نمونه وصله شده با میلگرد بدون وصله بسیار شبیه می‌باشد. این نتایج نشان دهنده‌ی عملکرد مطلوب روش غلاف و گوه می‌باشد

۲) وصله غلاف و گوه یک وصله تیپ یک می‌باشد و فقط در کشش و یا فشار یکنواخت عمل می‌کند و توانایی تحمل بارهای رفت‌وبرگشتی را ندارد لذا در محل‌هایی از اعضا سازه که در زلزله تحت بار رفت-وبرگشتی قرار نمی‌گیرد (مانند وسط تیرها و ستون‌ها، عرشه پل‌ها، بدنه سدها و...) و یا برای وصله کششی در اعضا کششی بتن‌آرمه که در بند۹-۲۱-۴-۲ مبحث نهم مقررات ملی ویرایش ۱۳۹۲ تعریف شده است قابل‌استفاده است.

۳) مکانیسم انتقال تنش بین دو میلگرد وصله شده در این روش به صورت سربه‌سری و بدون هیچ وابستگی به بتن می‌باشد که این از نظر فنی بسیار مطلوب و برتری این روش در مقاسه با وصله پوششی می‌شود.

۴) از نظر اقتصادی در مقایسه باروش پوششی با توجه به حذف طول پوششی میلگردها این روش به خصوص در آرماتورهای قطر زیاد بسیار به صرفه تر می‌باشد. علاوه بر آن با توجه به سربه‌سری بودن وصله، از تراکم میلگردها در محل وصله جلوگیری می‌شود.

٦- مراجع

[۱]. باقری، کوروش.، فصیحی ایده لو، حامد.، "بهینه سازی ساختمانهای بتنی"،کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران، پنجمین دوره، ۱۳۹۲.

[۲]. طاحونی، شاپور.، طراحی ساختمان های بتن مسلح (بر مبنای ایین نامه بتن ایران)، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، سال۱۳۷۵.

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

[۴]. شرکت گروه صنعتی سهند ، "معایب جوش سر به سر فورجینگ"، ۱۳۹۴.

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

[۶]. شرکت تولید کننده انواع سازه های صنعتی و ساختمانی ، "تفاوت انواع رزوه ها"، ۱۳۹۲.

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

[۸]. معاونت مسکن و ساختمان وزارت راه، مسکن و شهرسازی، مقررات ملی ساختمان ایران مبحث نهم طرح و اجرای سازه های بتن ارمه، دفتر مقررات ملی ساختمان، ویرایش چهارم ، تهران، نشر توسعه ایران، سال ۱۳۹۲.

[۹].خیرالدین، علی.، فامیلی، هرمز.، شیرین سخن، هادی.، دلنواز، محمد. " معرفی روش‌های نوین وصله آرماتورها در سازه‌های بتن-آرمه" نشریه انجمن بتن ایران، سال هفدهم، شماره ۶۱، صفحه۵۲ تا ۶۷، بهار۹۵

[10]. Anchorages And Lap Splices In The FIB Model Code (a Comparison wWth ACI 318) 2010

[11]. Japanese Industrial Standards Committee، Japanese Industrial Standards(JIS)،

[12]. EQE International, The January17, 1995 Kobe Earthquake An EQE Summary Report: April 1995.

[13]. Harry B. Lancelot “Mechanical Splices of Reinforcing Bars” The Aberdeen Group,1985

[14]. Peter O. Jansson, P.E, “Evaluation Of Grout-Filled Mechanical Splices For Precast Concrete Construction” may2008

[15]. Building Code Requirements For Structural Concrete (ACI 318M-14)

[16]. American Society for Testing and Materials “Standard Test Methods for Testing Mechanical Splices for Steel Reinforcing Bars”, A 1034/A 1034M – 05b, 2009

[17]. American Society for Testing and Materials “Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products” ASTM A370, PA, 2016

[18]. American Society for Testing and Materials “Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials” ASTM E8, 2016

Present an innovative experimental method for bar splices tensile members in reinforced concrete structures

Ali kheyroddin
Professor, Civil Engineering Faculty, Semnan University, Semnan, Iran
Hadi Shirinsokhan*
M.Sc Student of structural-Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

Abstract
According to increase of concrete structures and attendance of researchers of this field to optimization of conducting this structures, structure industry has been caused significant development. Novel methods for rebars splice are one of the developments on structure industry. Nowdays, addition to coat splice which is a traditional method, there are another novel methods like mechanical splice, welding (forging), injecting and some another methods. These methods have particular advantages and disadvantages for patching each of one. One of the common disadvantages among these methods is their down implementation speed. At this paper, it is proposed a novel method for rebars splice and since at this novel method for patching rebars to each other, it is no need to preparation operation for rebars tip (e.g, welding and threading), implementation speed of this splice is too high. At this paper, this novel method is called rebars splice by using sleeve and wedge. In order to performance confirmation of proposed splice of constructed instance, it is tested. At this paper, it is carried out tension test on an instance of patched rebar by using sleeve and wedge, and a part of that rebar without splice. At the test, it is observed to behavior of patched instance is similar to rebar without splice. These results is indicator graceful performance of sleeve and wedge method.

Keywords: Concrete structure, rebars splice, novel splice method, sleeve and wedge splice.

* Corresponding Author: hadishirinsokhan@gmail.com