

## اتصالات مکانیکی برای آرماتور، تضمین کیفیت و استحکام

مهندس حبیب نژاد، گروه صنعتی سه‌پند (بنیانگذار اتصالات مکانیکی آرماتور در ایران)

info@sahandspllices.com

### چکیده

اتصال اورلپ با کنار هم قرار دادن دو آرماتور به موازات یکدیگر ایجاد می‌شود. روش اتصال پوششی یا اورلپ یک روش قدیمی برای اتصال آرماتورها در سازه‌های بتنی است که شاید به اشتباه یک روش ارزان تلقی می‌گردد. در این روش انتقال نیرو از طریق گیرایی بتن و آرماتور امکان پذیر است نیروی یک آرماتور ابتدا به بتن و سپس از بتن به آرماتور بعدی منتقل می‌شود. به طور کلی پیوستگی بتن و آرماتور وابستگی زیادی به زائده‌های روی آرماتور دارد (آجهای عرضی) نتایج حاصل از تحقیقات، ملاحظات طراحی در سازه‌های بتنی، مواد و مصالح جدید و سایر تحولات در صنعت ساخت و ساز جایگزین بهتری برای اتصال اورلپ را طلب می‌کند. از نقطه نظر اجرایی و اقتصادی اتصال اورلپ برای آرماتور با قطر کم، فولاد و بتن با استحکام پایین و همچنین تعداد طبقات کم در ساختمان مناسب است. در نوشته ذیل به مقایسه اتصال اورلپ و اتصال مکانیکی خواهیم پرداخت و همچنین دو نوع کوپلر متداول (کوپلر رزوه مستقیم و کوپلر رزوه مخروطی) را بررسی خواهیم کرد.

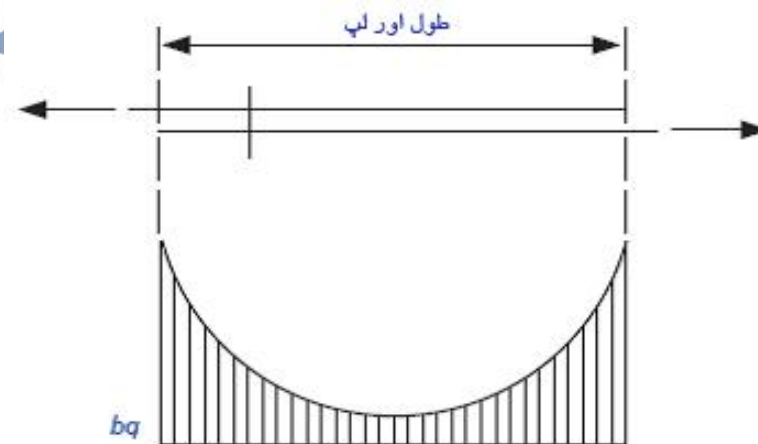
واژه‌های کلیدی: اتصالات مکانیکی، کوپلر، رزوه مستقیم، رزوه مخروطی

### مشکلات اتصال اورلپ

سالیان سال است که بسیاری از مهندسين ساختمان، معماران و متخصصين متوجه شده‌اند که روش اتصال اورلپ در قبال داشتن مزایای اندک معایب بسیاری دارد.

با رجوع به **ACI R CB?D?C?D** در می‌یابیم که اتصالات اورلپ در مقابله با بارهای پرودیک قابل اطمینان نبوده و از محدوده الاستیک خارج خواهند شد. لذا این سؤال پیش می‌آید که رفتار اتصالات اورلپ برای آرماتورهای با سایز بالا همچون آرماتور ۲۵ و ۲۸ و ۳۲ و ۳۶ چگونه خواهد بود اینها المانهای اصلی یک سازه بتنی را تشکیل می‌دهند و لذا هرگونه شبهه‌ای در این خصوص بایستی به روشنی برطرف گردد.

طی سالیان متمادی و برای اطمینان بیشتر در قابلیت و کارایی اتصال اورلپ طول اتصال پوششی مرتباً افزایش یافته است و همچنین استفاده از اتصال اورلپ در بعضی نقاط بطور کلی ممنوع می‌باشد. ( بند ۲۰-۵-۱-۲-۶ و **ACI R CB?D?C?D** و **ACI BC1?BF1?F** )



شکل شماره ۱: دیاگرام توزیع نیروهای وارده به بتن از آرماتورها در اتصال اورلپ

نگاه دقیق تر به اشکالات اتصال اورلپ اساس و بنیان این اتصال را متزلزل می کند . اتصال اورلپ برای انتقال نیروهای کششی و برشی نیاز به بتن دارد در حالی که میدانیم بتن در انتقال نیروهای کششی بسیار ضعیف عمل می کند .

یک آرماتور فولادی در یک سازه بتنی فقط بایستی نیروهای کششی و فشاری را منتقل نماید همانطور که در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است انتقال نیرو در راستای محور آرماتور می باشد . روش انتقال نیرو در روش اورلپ به گونه ای است که نیروهای اضافی در بتن ایجاد می کند که این نیروها در جهت جدا کردن آرماتورها از یکدیگر عمل می کنند لذا کاور بتن باید استحکام مورد نیاز و کافی را تأمین کند تا بر این نیرو ( **Bursting** فایق آید .

لذا به همین دلیل برای میلگردهای با سایز بالا بایستی طول بیشتر اورلپ را در طراحی سازه در نظر گرفت .  
برای طراحی صحیح یک اتصال اورلپ بایستی موارد لازم مطابق **ACI BC . C** شرح ذیل مد نظر قرار گیرند :

۱- **نوع فولاد** : هر چه نقطه تسلیم آرماتور مصرفی بالاتر باشد طول مورد نیاز برای اورلپ بیشتر خواهد بود .

۲- **کیفیت سطح آرماتور** : میلگردهایی که پوشش اپوکسی دارند طول اورلپ آنها ۵۰٪ بیشتر از آرماتورهای بدون پوشش باید باشد .

۳- **سایز آرماتور** : سایز بزرگ آرماتور نیاز به طول بیشتر اورلپ دارد .

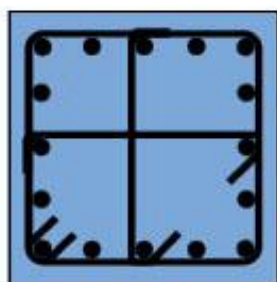
۴- **رده بتن** : بتن ضعیف تر نیازمند طول اورلپ بیشتر است .

۵- **موقعیت قرار گرفتن اتصال در سازه** : کارایی اتصال اورلپ بستگی به موقعیت قرار گیری آرماتور ، موقعیت اتصال اورلپ روی آرماتور ، فاصله آرماتورها از یکدیگر و فاصله از لبه های عضو بتنی دارد .

۶- **بار طراحی** : طول مورد نیاز برای اتصال اورلپ در آرماتورهای کششی خیلی بلندتر از آرماتورهای فشاری می باشد . طول اتصال اورلپ برای بار فشاری نمی تواند استحکام اتصال تمام کششی را تأمین نماید و لذا به هنگام اعمال نیروهای غیر قابل انتظار در سازه ، اتصال اورلپ توان تحمل را نخواهد داشت .

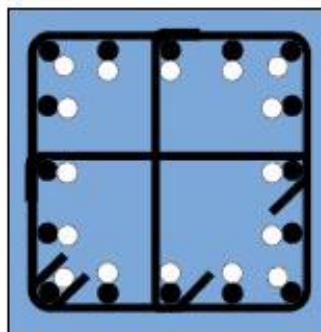
**به عنوان نتیجه گیری بایستی نکات ذیل را در طراحی اتصالات اورلپ در نظر گرفت :**

- ۱- اتصال اورلپ باید در نقطه ای در نظر گرفته شود که حداقل تنش و نیرو در آن نقطه وجود دارد .
- ۲- در هر مقطع به تعداد محدود اتصال اورلپ در نظر گرفته شود .
- ۳- میلگرد تقویتی برای آرماتورهای سایز بالا مورد استفاده قرار گیرد . در تراز اورلپ تعداد میلگردهای موجود در مقطع دو برابر هستند که باعث افزایش تراکم آرماتور می شوند و این وضعیت باعث عدم جریان مطلوب بتن خواهد شد که در نتیجه کیفیت بتن در این ناحیه بسیار پایین است . در حالیکه مطابق بند ۲۰-۲۵-۲۰۲ آیین نامه بتن ایران حداکثر نسبت آرماتور به بتن در تراز اورلپ به میزان ۶٪ مجاز است اما با توجه به تراکم آرماتور در تراز اورلپ رعایت کردن این نسبت بسیار دشوار است .



(b)

اتصال مکانیکی : نسبت فولاد به بتن ایده آل است



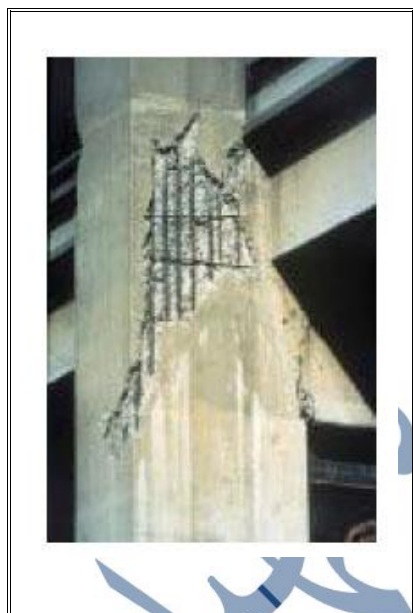
(a)

شکل شماره ۲

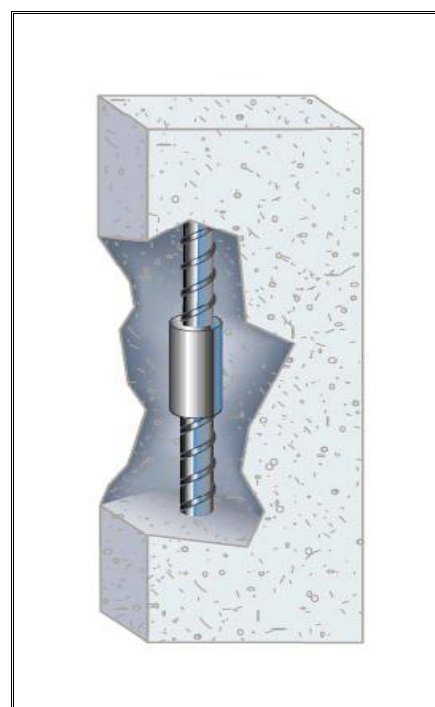
اتصال اورلپ : آرماتور اضافی در مقطع که

درصد فولاد را افزایش می دهد .

چون استحکام اتصال اورلپ مستقیماً بستگی به کاور بتن دارد لذا هرگونه ضعف بتن منتهی به از هم گسیختگی اتصال اورلپ خواهد شد . یکی از ضعف های اتصال اورلپ این است که در محدوده غیر الاستیک عملکرد بسیار ضعیفی دارد .



در مناطق مرطوب و ساحلی ، خوردگی آرماتور می تواند به لایه لایه شدن و خورد شدن کاور بتن منجر گردد و لذا بدون داشتن کاور مناسب در این مناطق ، اتصال اورلپ بی اثر بوده و انتقال نیرو عملاً از یک آرماتور به آرماتور بعدی وجود ندارد .



### مزایای اتصالات مکانیکی

اتصالات مکانیکی نوعی از قطعات مکانیکی هستند که بین دو قطعه آرماتور قرار می گیرند و باعث می شوند که آرماتور در محل اتصال رفتاری شبیه به یک آرماتور یکپارچه داشته باشد . اتصالات مکانیکی آرماتورها را بصورت سر به سر به یکدیگر وصل می کند ، این اتصال بسیاری از مزایای یک آرماتور یکپارچه را تأمین می کند .

سالها قبل ، جوشکاری قوسی تنها راه یکپارچه نمودن دو قطعه آرماتور بود اما امروزه اتصالات مکانیکی بیشماری وجود دارند که می توانند یک اتصال دقیق و مطمئن را به سادگی و با سرعت امکانپذیر کنند .



اتصال اورلپ میزان آرماتور را دو برابر می کند که باعث تراکم آرماتور شده و در نتیجه عبور دانه های شن و جریان مطلوب بتن ریزی غیر ممکن می گردد .



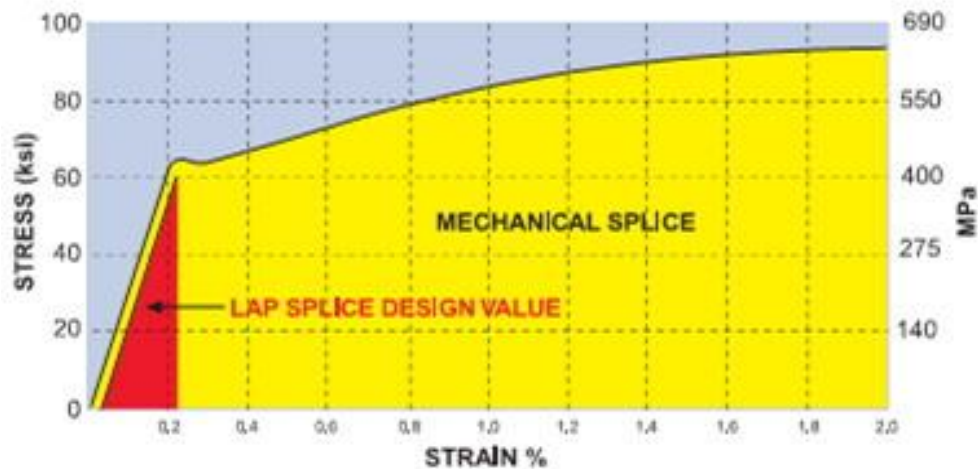
اتصالات مکانیکی تراکم آرماتور را کاهش داده و امکان بتن ریزی مطلوب را فراهم می کند .



شکل شماره ۳

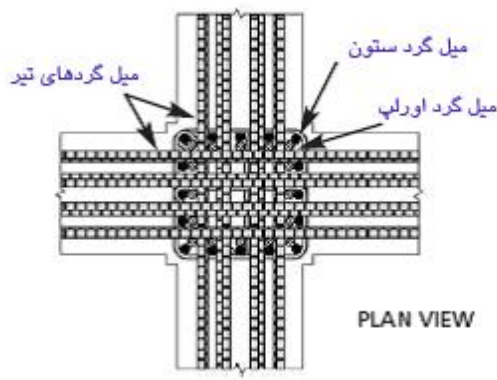
قابلیت اطمینان به اتصالات مکانیکی بسیار بیشتر از اتصال اورلپ می باشد چرا که در پروسه انتقال نیرو از یک آرماتور به آرماتور بعدی هیچگونه وابستگی به بتن وجود ندارد و اضافه بر آن یک اتصال مکانیکی بسیار قوی تر و مستحکم تر از اتصال اورلپ می باشد چرا که مطابق

**ACI** و آیین نامه بتن ایران ( آبا ) میزان استحکام مورد نیاز برای یک اتصال مکانیکی حداقل ۲۵٪ بیشتر از استحکام طراحی برای اتصال اورلپ در نظر گرفته می شود .



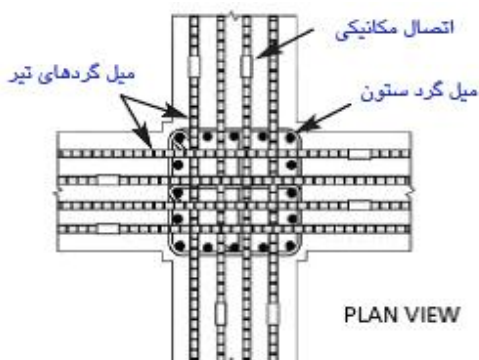
اتصالات مکانیکی توانایی و استحکام بیشتری را طی پروسه انتقال نیرو از خود نشان میدهند . تحمل فوق العاده در برابر بارهای پرودیک و همچنین حفظ یکپارچگی سازه در برابر حوادث طبیعی همچون زلزله و حوادث ساخته دست بشر همچون لرزه های ناشی از انفجارات از جمله مزایای اتصالات مکانیکی می باشند .

از نگاه سازه ای ، مهم ترین مزیت استفاده از اتصالات مکانیکی حصول اطمینان از انتقال نیرو در شبکه آرماتور بدون وابستگی به وضعیت و شرایط بتن می باشد . مضاف بر آن ، اتصالات مکانیکی باعث کاهش تراکم آرماتور به دلیل حذف اتصال اورلپ می شوند .



### اتصال اورلپ

تراکم آرماتور باعث جلوگیری از جریان مطلوب بتن می گردد که در نتیجه استحکام سازه در محل اورلپ به شدت کاهش خواهد یافت .



### اتصال مکانیکی

آرایش منظم و فاصله کافی بین آرماتورها فضای لازم برای جریان مطلوب بتن را فراهم می سازد.

اتصالات اورلپ باعث دو برابر شدن نسبت فولاد به بتن می گردد و همچنین مشکلات عدیده ای را به هنگام جاگذاری آرماتورها و بتن ریزی به وجود می آورد. حذف اورلپ همچنین باعث افزایش فضای لازم برای عملیات پیش تنیدگی **Post Tensioning** خواهد شد. از منظر طراحی، اتصالات مکانیکی می تواند به عنوان یک ابزار نسبت آرماتور به بتن را کاهش داده و امکان استفاده از آرماتورهای با قطر بالا را در ستونهای کوچک فراهم آورد در نتیجه با کوچک شدن ستونها سطح مفید و قابل استفاده افزایش خواهد یافت که مزیت قابل توجهی به شمار می آید.

در حال حاضر انواع اتصالات مکانیکی در شکلهای و ابعاد مختلف و بنا به نیاز مصرف کننده در بازارهای جهانی و همچنین بازار کشور خودمان قابل دستیابی هستند.

متداولترین اتصالات مکانیکی با بهره گیری از مدلی مشابه پیچ و مهره میلگردها را به یکدیگر متصل نموده و یک آرماتور یکپارچه ایجاد می کند در همین گروه از اتصالات مکانیکی نوع دیگری وجود دارد که اتصال دو میلگرد با قطره های متفاوت را به یکدیگر مهیا می سازد همچنین اتصال مکانیکی با رزوه های چپ گرد و راست گرد که کارایی فراوانی دارد.

### مقایسه کوپلر رزوه مستقیم و کوپلر رزوه مخروطی

در حال حاضر دو نوع کوپلر در بازار مصرف متداول است، کوپلر با رزوه مستقیم و کوپلر با رزوه مخروطی در اینجا می خواهیم مزایا و معایب هریک را بیان کرده و در نهایت بهترین را معرفی کنیم. با توجه به افزایش روز افزون استفاده از اتصالات مکانیکی در کشورمان لازم است مصرف کنندگان عزیز با شناخت کامل از محصولات ارایه شده در بازار نسبت به ارزیابی و مقایسه آنها با یکدیگر اقدام نموده و سپس نسبت به انتخاب محصول مناسب اقدام نمایند.



- ۱- ایجاد رزوه مستقیم در انتهای میل گرد و همچنین داخل کوپلر باعث درگیری کامل رزوه های کوپلر با رزوه های انتهای میل گرد می شود چرا که رزوه ها در امتداد دو خط موازی ایجاد شده و فقط تلرانس بین رزوه های کوپلر و آرماتور بایستی کنترل گردد تا از حد مجاز فراتر نرود که این تلرانس براحتی با استفاده از ابزارهای کنترل **Go** و **Not Go** قابل کنترل است درحالی که در روش رزوه مخروطی تطابق زاویه مخروطهای ایجاد شده روی کوپلر و رزوه های آرماتور به راحتی امکانپذیر نبوده و کافی است زوایای مخروط حتی در حد  $0/5$  درجه متفاوت باشند در این صورت قسمتی از رزوه های کوپلر و آرماتور با یکدیگر درگیر نشده و انتقال نیرو توسط بخش کوچکی از رزوه ها انجام خواهد گرفت که در نتیجه کاهش استحکام اتصال مکانیکی مخروطی را در پی خواهد داشت .
- ۲- طول کوپلر رزوه مستقیم حدود  $30\%$  از طول کوپلر مخروطی کوتاهتر است که در نتیجه باعث کاهش قیمت و صرفه جویی در مواد اولیه خواهد شد
- ۳- رزوه مخروطی با ابزار برش و به روش براده برداری ایجاد می شود که مستلزم انتخاب صحیح ابزار و مراقبت از کارکرد صحیح آن است ، به زبان ساده تر استهلاک ابزار رزوه کاری به روش رزوه مخروطی بسیار شدید بوده و در نتیجه پس از تولید بسیار اندک رزوه مخروطی نیاز به تعویض ابزاری باشد یا در غیر این صورت کیفیت رزوه کاری به سرعت کاهش یافته و عملاً رزوه های ایجاد شده قادر به انتقال نیروی وارده به آرماتور نخواهند بود .



کوپلر با رزوه مخروطی

- ۴- کوپلرهای رزوه مخروطی استحکام کششی را در حد رزوه های مستقیم برآورده نمی کنند و عموماً "به هنگام تست کشش ، میل گرد رزوه شده از داخل کوپلر خارج شده و یا از محل رزوه ها گسیخته می شود در صورتی که در کوپلر های رزوه مستقیم عموماً گسیختگی روی میل گرد و دور از کوپلر اتفاق می افتد .



کوپلر رزوه مستقیم پس از تست کشش

- ۵- برای بستن کوپلرهای رزوه مخروط حتما بایستی از آچار مخصوص گشتاوری (ترک متر) استفاده گردد، در صورتی که برای بستن کوپلرهای رزوه مستقیم نیازی به استفاده از آچار مخصوص نمی باشد و بستن میل گرد ها تا آخرین رزوه به معنی اتمام مرحله بستن کوپلر است .
- ۶- در کوپلرهای رزوه مخروط امکان ایجاد رزوه چپ گرد بر روی آرماتور وجود نداشته و در نتیجه محصولی به نام کوپلر چپ و راست در این نوع قابل ساخت نیست در صورتی که در روش رزوه مستقیم ایجاد رزوه چپ گرد به سادگی ایجاد رزوه راست گرد می باشد.
- ۷- نظارت بر بستن صحیح در کوپلرهای رزوه مخروطی نیاز به کنترل با آچار گشتاوری داشته و الزاماً نیازمند افراد متخصص می باشد در صورتی که در کوپلرهای رزوه مستقیم ، بستن تا آخرین رزوه آرماتور درون کوپلر به معنی صحیح بودن این پروسه است.
- ۸- تنها امتیاز کوپلرهای رزوه مخروطی درگیری آسان آرماتور و کوپلر در ابتدای مرحله بستن است که به دلیل شکل مخروطی رزوه ها جا گذاری آرماتور درون کوپلر به راحتی انجام می گیرد .
- با توجه به مقایسه فوق الذکر می توان نتیجه گیری نمود که کوپلرهای رزوه مستقیم از جهت فنی و کاربردی بسیار بهتر از کوپلرهای رزوه مخروطی بوده و قابلیت اعتماد این نوع کوپلر ها بسیار بیشتر از نوع دوم است .



کوپلر رزوه مستقیم



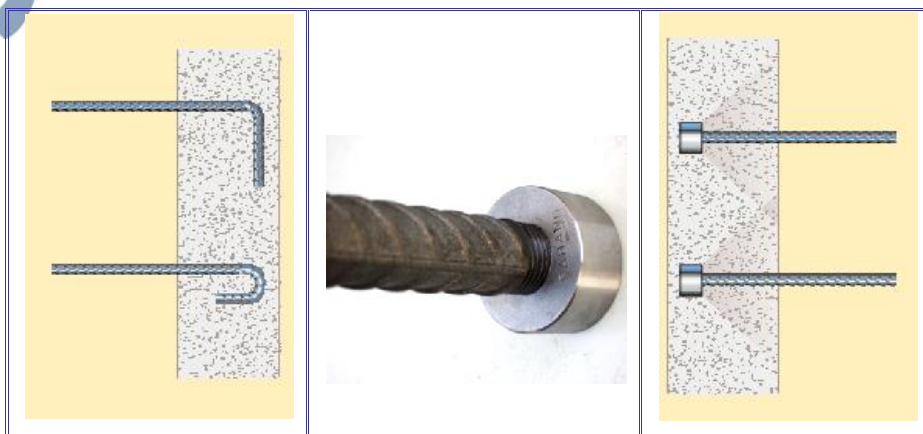
## انواع دیگر اتصالات مکانیکی

تعدادی از این اتصالات امکان اتصال آرماتور را به آرماتور انتظار با طول بسیار کوتاه فراهم می آورند ، اکثر دست اندرکاران سازه های بتنی با این مشکل روبرو بوده اند که در اثر اشتباه محاسباتی و یا اشتباه آرماتور بند طول میلگرد انتظار به حد کافی پیش بینی نشده است و لذا امکان اورلپ کاملاً" منتفی است لذا جهت خروج از این بن بست اتصالات مکانیکی ویژه ای طراحی و ساخته شده اند که بطور متداول در دو نوع در دسترس می باشند ، نوع اول با استفاده از گروت ( GROUT ) و نوع دوم با استفاده از پیچ های جانبی وظیفه مهار نمودن و اتصال آرماتورها را بر عهده دارند . در عمل استفاده از کوپلرهای پیچی بسیار ساده تر از نوع دوم می باشد .



کوپلر پیچی

نوع دیگری از کوپلرها بجای خم انتهای میلگرد ( قلاب ) مورد استفاده قرار می گیرند این نوع کوپلرها که به صورت رزوه ای تولید می شوند به انتهای میلگرد بسته شده و توان تحمل نیروها ی وارده در امتداد میلگرد را دارند و همچنین با تکیه بر تئوری مخروط برشی در بتن طول مهارتی مورد نیاز با استفاده از این نوع کوپلرها کاهش می یابد .



باید توجه نمود که یکی از مزایای با اهمیت اتصالات مکانیکی امکان استفاده از آنها در هر نقطه از سازه بتنی وجود دارد و عملاً "محدودیت‌های اتصال اورلپ با جایگزین نمودن اتصال مکانیکی بطور کامل از بین می رود که این ویژگی خاص علاوه بر ایجاد فضای بهتر برای طراحی سازه جهت استفاده بهینه از مصالح ، صرفه اقتصادی را نیز برای هر پروژه به ارمغان می آورد .



کوپلر موقعیت که برای اتصال دو سازه بتونی مجزا به یکدیگر مورد استفاده قرار می گیرد.

ارزیابی های انجام گرفته در جهت مقایسه هزینه اتصالات مکانیکی با اتصال اورلپ نشان می دهد که اتصالات مکانیکی هزینه اضافه به یک پروژه ساختمانی تحمیل نمی کند و با توجه به مزایای آن که قبلاً" اشاره گردید حتی کاهش هزینه را نوید می دهد ، امید است طراحان و مهندسين ساختمان با در نظر گرفتن کلیه پارامترها و مهم تر از همه با هدف حفظ سرمایه های ملی و با بکارگیری شیوه های مطمئن در ساخت و ساز تحول مورد انتظار را در این صنعت پدید آورند .

#### منابع :

- ۱- آیین نامه بتن ایران
- ۲- وب سایت گروه صنعتی سهند ( بنیانگذار اتصالات مکانیکی آرماتور در ایران ) [www.sahandsplices.com](http://www.sahandsplices.com)
- ۳- ACI 318
- ۴- Mechanical Butt Splices vs. Lap Splicing, study conducted by Cagley and Associates
- ۵- ACI STRUCTURAL JOURNAL Title no. 104-S12

استفاده از مطالب و عکسهای این مقاله فقط با ذکر منبع مجاز میباشد.