

## تقویت و مقاوم سازی ستونهای بتنی

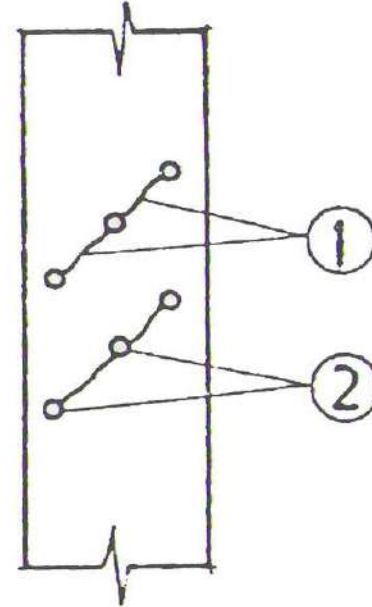
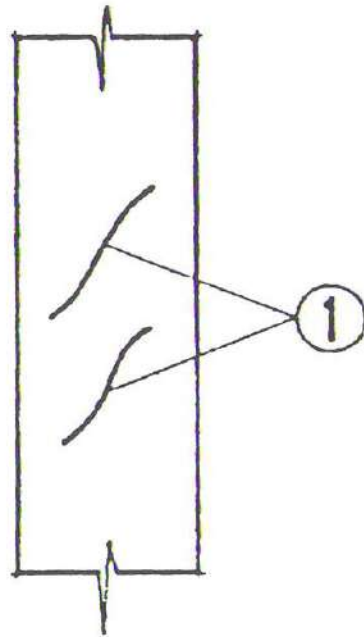
منظور از تقویت و مقاوم سازی ستونها، افزایش مقاومت خمشی، فشاری و برشی و افزایش شکل پذیری ستون می باشد.

### ۱- مرمت و تقویت موضعی

**الف-** اگر در ستون ترکهایی بدون خرابی در بتن و آرماتورها ایجاد شود و عرض ترکها بین ۰/۱ الی ۵ میلیمتر باشد، با تزریق چسب اپوکسی به محل ترکها می توان آنها را تقویت نمود.

چسب اپوکسی از طریق پایانه هایی به فواصل ۲۰ الی ۱۰۰ سانتیمتر از یکدیگر قرار دارد تزریق می شود.

پایانه ها در سوراخهایی که با استفاده از مته ایجاد شده اند قرارداده می شود(شکل ۱)



۱- ترکها      ۲- پایانه ها

شکل ۱- تقویت ترکها با تزریق چسب اپوکسی

## قبل از تعمیر

- شناخت علل ترک خوردگی

۱- ترک های سازه ای: طراحی نادرست، اجرای ضعیف، اضافه بار

۲- ترک های غیر سازه ای: تغییرات رطوبتی، تبادل حرارتی، انقباض و جمع شدگی، خزش و ...

- بررسی پیشرونده بودن ترک

## تعمیر ترک با تزریق اپوکسی در آن

- نصب پکر (packer)
- آب بندی در طول ترک
- تزریق تحت فشار اپوکسی در پکرها

## تعمیر ترک با تزریق اپوکسی در آن



## تعمیر ترک با تزریق اپوکسی در آن



## تعمیر ترک با تزریق اپوکسی در آن



## تعمیر ترک





## ب- باز سازی مقطع آسیب دیده(شکل ۲)

اگر در ستونها آسیبهای کمتری مانند خرد شدن بتن رخ دهد، بایستی مقطع آسیب دیده بصورت زیر باز سازی شود:

الف- بتن صدمه دیده کنده می شود

ب- سطح بتن زبر شده و گرد و غبار از روی آن پاک می شود

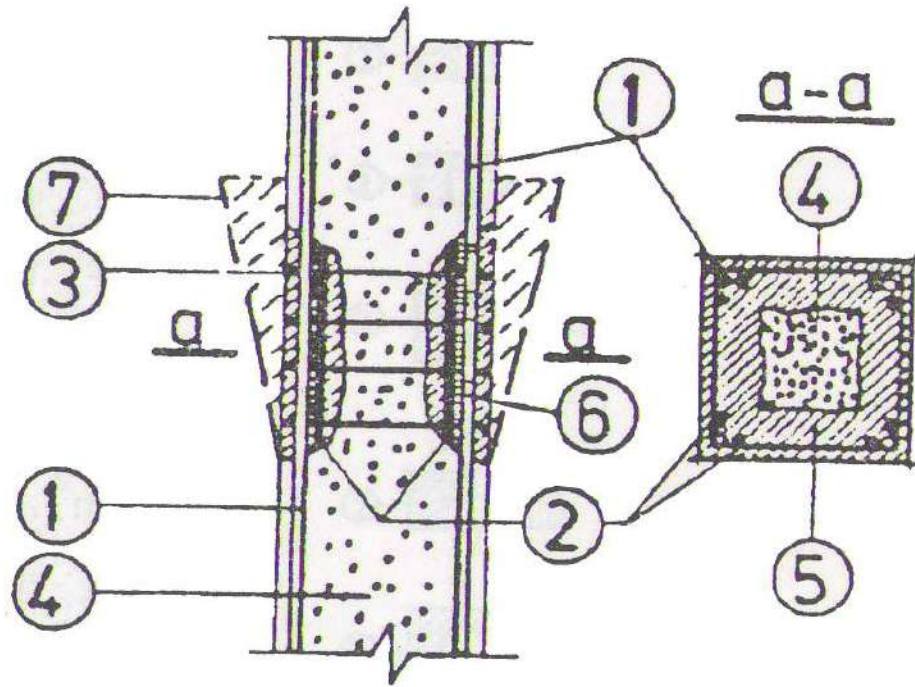
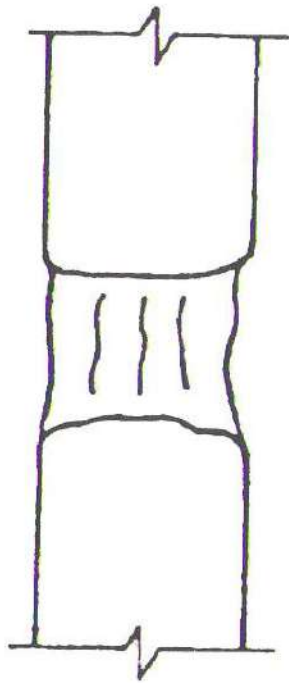
پ- با توجه به حجم بتن آسیب دیده آرماتورهای طولی و تنگ به مقطع اضافه می شود

ت- سطح بتن موجود مرطوب می شود

ث- قالب بندی و بتن ریزی می شود

ج- سطح بالای قالب مقداری بالاتر از حد لازم قرار می گیرد

ح- یک روز بعد از بتن ریزی قالب باز و بتن اضافی بر داشته می شود



۳- تنگ اضافه شده

۲- آرماتور اضافه شده

۱- آرماتور موجود

۶- جوش

۵- بتن جدید

۴- بتن موجود

۷- قالب موقت

شکل ۲- باز سازی مقطع بتنی آسیب دیده

**پ- اگر در ستونها آسیبهای بیشتری مانند خرد شدن بتن ، کمانش آرماتورهای طولی و گسیختگی تنگها رخ دهد، بایستی تعمیر کلی قسمتهای آسیب دیده انجام شود(شکل ۳):**

الف- بتن آسیب دیده کنده می شود

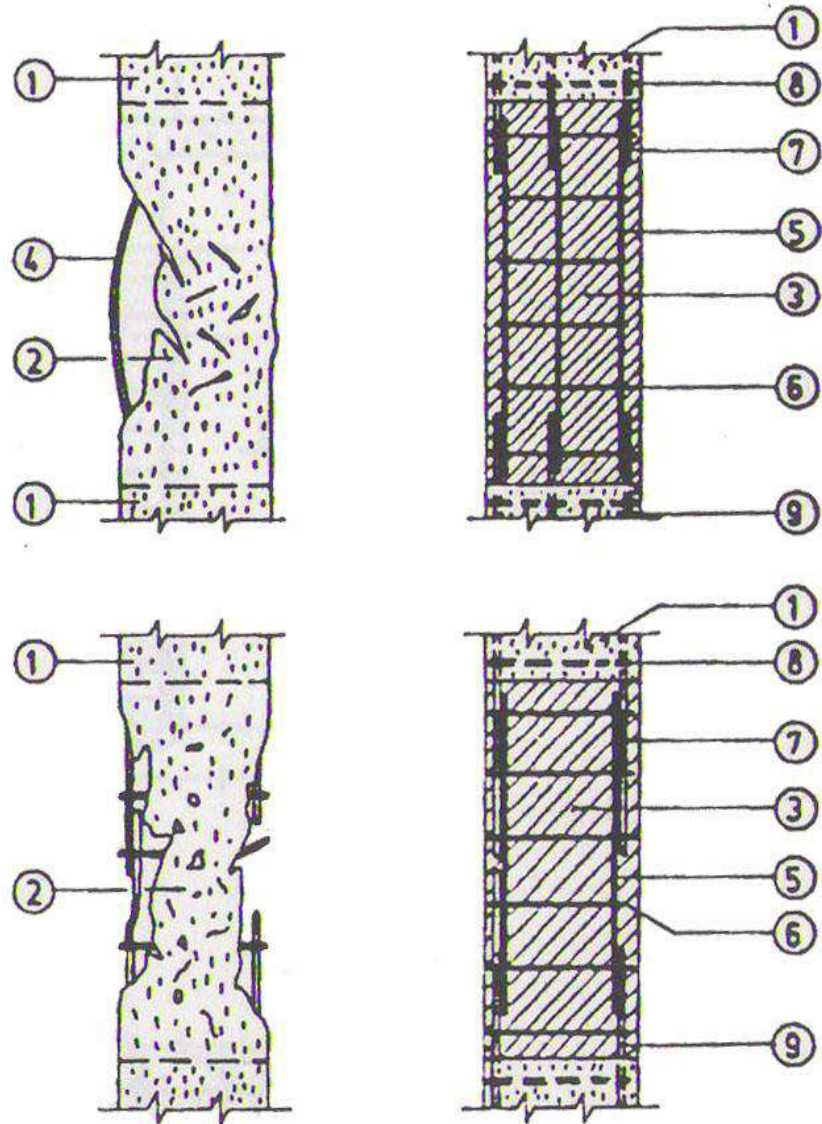
ب- سطح بتن زبر شده و گرد و غبار از روی آن پاک می شود

پ- آرماتورهای طولی اضافه در مقطع قرار داده شده و به آرماتورهای موجود جوش می شوند

ت- تنگهای اضافی قرار داده می شوند

ث- سطح بتن موجود مرطوب شده و بتن ریزی می شود

بتن مورد استفاده باید بدون افت و یا با افت پایین باشد



۱- بتن سالم موجود

۲- بتن آسیب دیده

۳- بتن جدید

۴- آرماتور کمانش کرده

۵- آرماتور جدید

۶- تنگهای جدید

۷- جوش  
۸- تنگهای موجود

۹- آرماتور موجود

شکل ۳- بازسازی مقطع با آسیب کلی

## ۲- مقاوم سازی ستونها با استفاده از زره پوش بتنی

### CONCRETE JACKETING

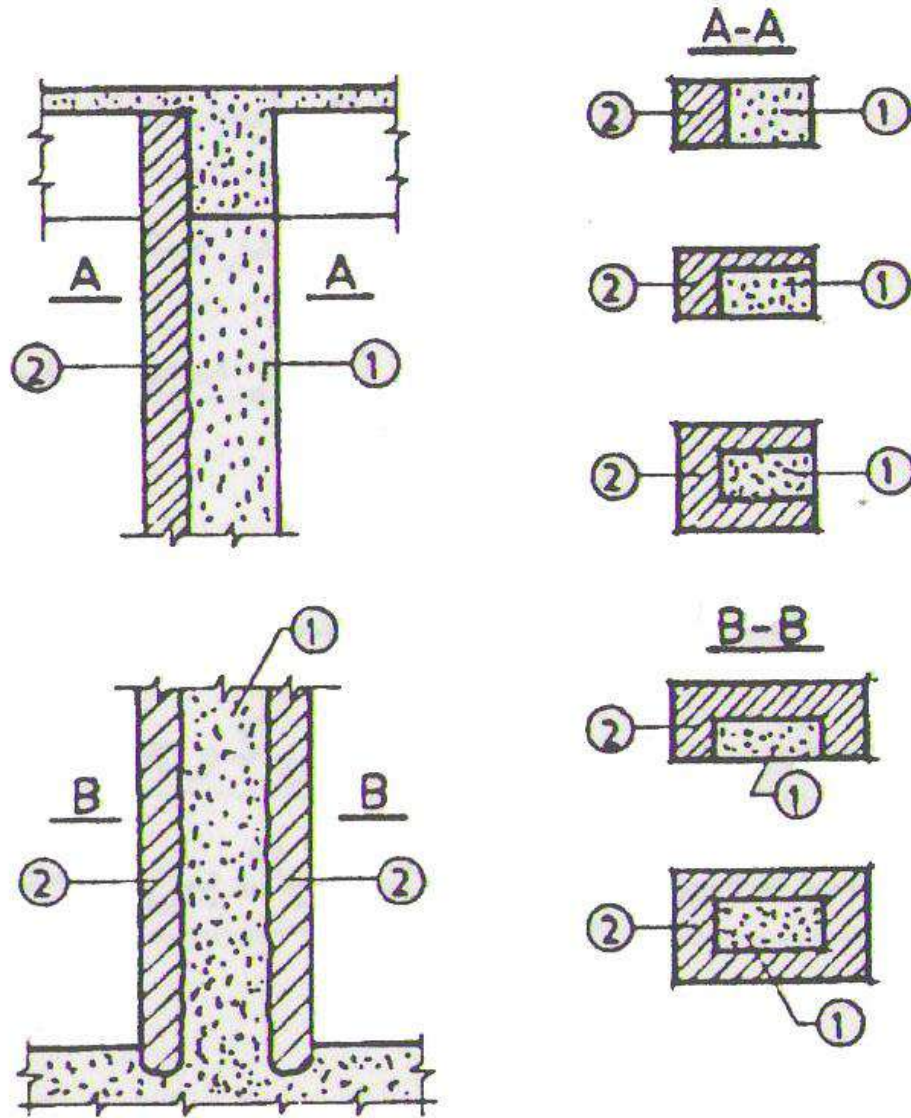
در مواردی که **ستون دچار آسیب دیدگی شدید و نقصان مقاومت** شده باشد از زره پوش بتنی جهت مقاوم سازی ستون استفاده می شود.

- بر حسب قابلیت دسترسی به فضای اطراف ستون، می توان یک، دو، سه یا چهار طرف ستون را زره پوش نمود.

- جهت اطمینان از رفتار ستون در زلزله های آتی و جهت اتصال بهتر و مطلوبتر بتن جدید و بتن موجود زره پوش در چهار طرف توصیه می شود.

- در زره پوش یک، دو و سه طرفه پوشش بتنی بایستی جدا شود تا تنگهای جدید بتوانند به تنگهای قدیمی جوش شوند.

- در زره پوش چهار طرفه خراشیدن و زبر نمودن سطح بتن قدیمی کافی است.



۱- ستون موجود

۲- زره پوش بتنی

شکل ۴- تقویت ستون با زره پوش در یک، دو، سه و یا چهار طرف

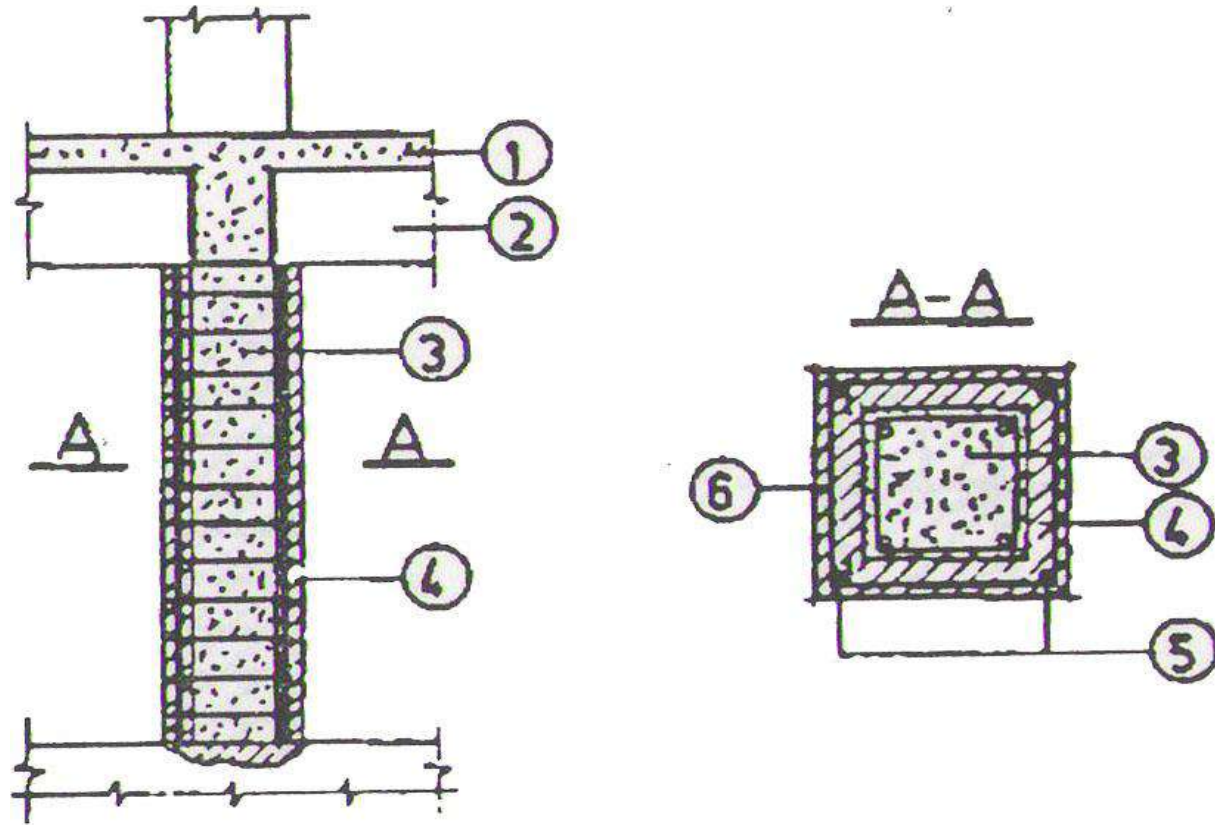
- زره پوش نمودن ستون بدون اینکه آرماتورهای طولی تقویتی از سازه سقف عبور نماید، می تواند مقاومت محوری و برشی ستون را بصورت موضعی افزایش دهد، ولی مقاومت خمشی ستون اصلاح نمی گردد و اتصال آن به تیر تقویت نمی شود.

- بنابراین اکتفا به زره پوش نمودن ستون بین طبقات به بهبود پاسخ لرزه ای ستون کمکی نمی کند مگر آنکه دیوار برشی نیز به سیستم اضافه گردد.



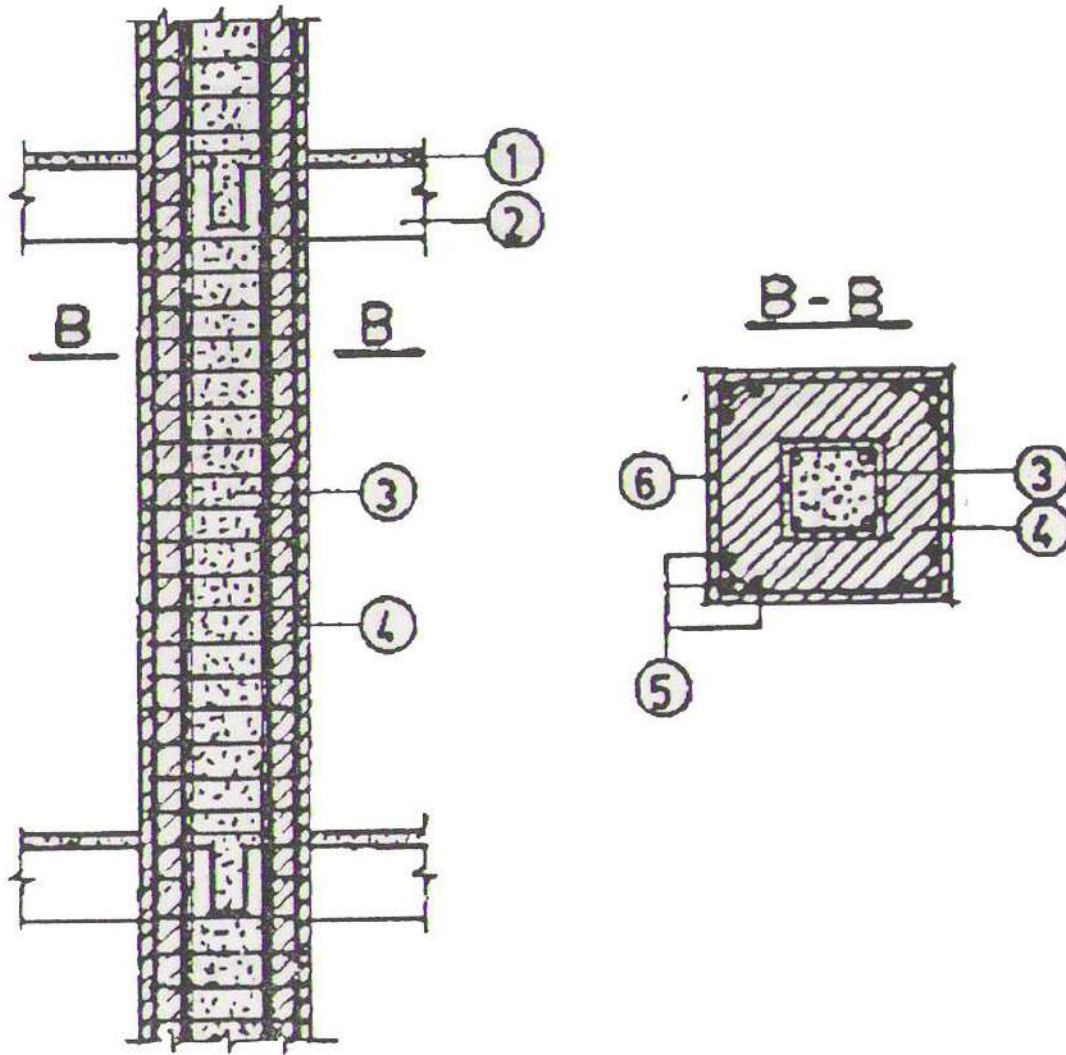
- اگر آرماتورهای طولی تقویتی ستون با ایجاد سوراخهایی در **دال سقف**، از سقف عبور داده شده و محل اتصال تیر ، ستون بتن ریزی شود، مقاومت خمشی ستون نیز افزایش می یابد.

- در زره پوش یکطرفه، اتصال مناسب بین بتن جدید و قدیم باید با **اضافه نمودن آرماتورهای عرضی مناسب** با فواصل کم و مهار کافی ایجاد شود.



۱- دال ۲- تیر ۳- ستون موجود ۴- زره ۵- آرماتور طولی اضافه شده  
۶- تنگهای اضافه شده

شکل ۵- تقویت مقاومت محوری و برشی ستون با زره پوش در چهار طرف



۱- دال ۲- تیر ۳- ستون  
موجود ۴- زره ۵- آرماتور  
طولی اضافه شده

۶- تنگهای اضافه شده

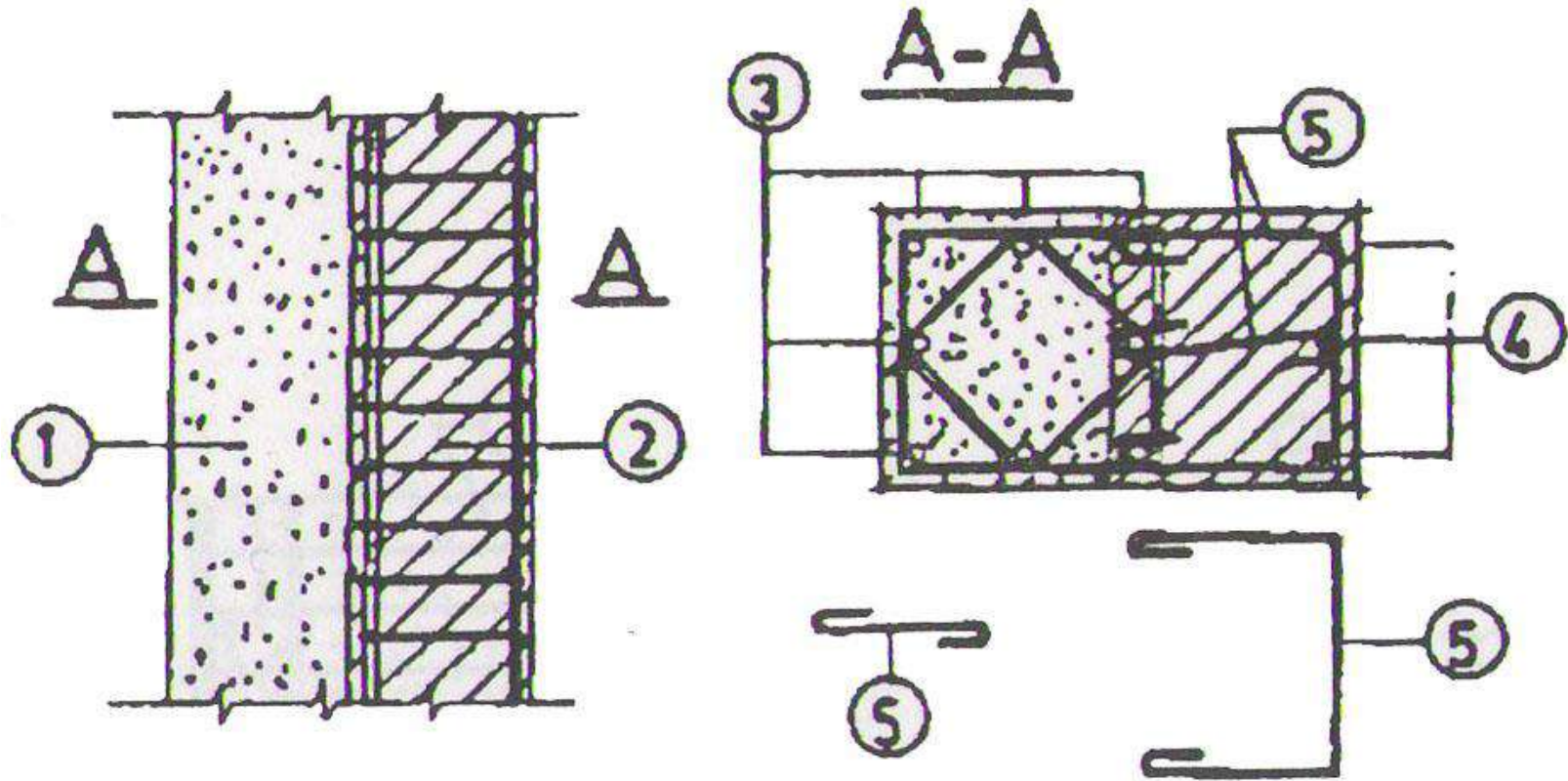
شکل ۶- تقویت مقاومت محوری و برشی و خمشی ستون و

اتصال با زره پوش در چهار طرف

## - روشهای اتصال بین بتن جدید و بتن موجود

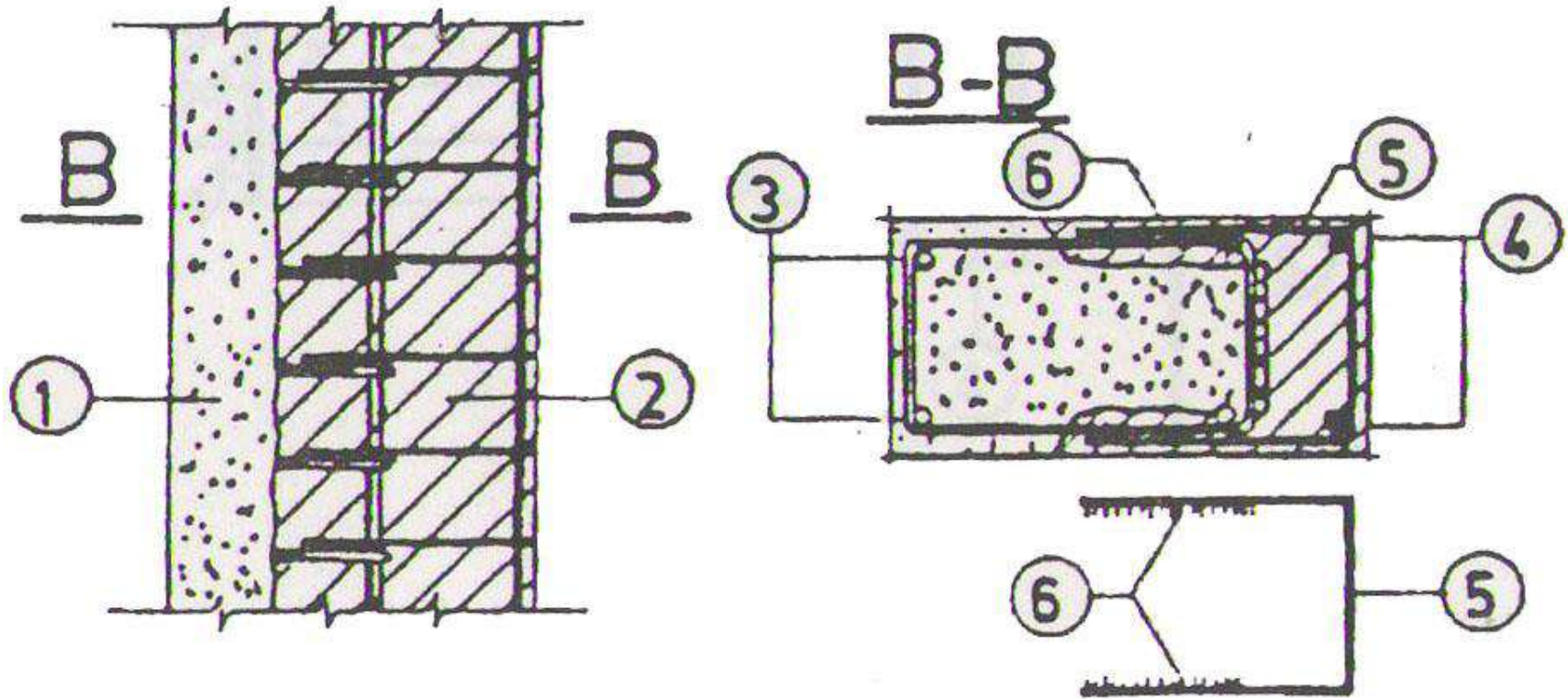
**الف- اتصال تنگهای تقویتی به آرماتورهای طولی موجود.** در این روش جوش دادن ضروری نیست لیکن ایجاد فضای کافی جهت عبور قلاب لازم است (شکل ۷).

**ب- جوش دادن تنگهای اضافی به آرماتورهای طولی موجود یا تنگهای موجود،** در این روش پوشش بتن در محل تنگها باید برداشته شود و تنگهای تقویتی به تنگهای موجود جوش می شود (شکل ۸)



۱- ستون موجود ۲- زره ۳- آرماتور موجود ۴- آرماتور اضافه شده ۵- تنگهای اضافه شده

شکل ۷- پیوستگی بین بتن جدید و بتن موجود با استفاده از مهار تنگهای تقویتی با آرماتورهای طولی ستون



۱- ستون موجود ۲- زره ۳- آرماتور موجود ۴- آرماتور اضافه شده ۵- تنگهای اضافه شده ۶- جوش

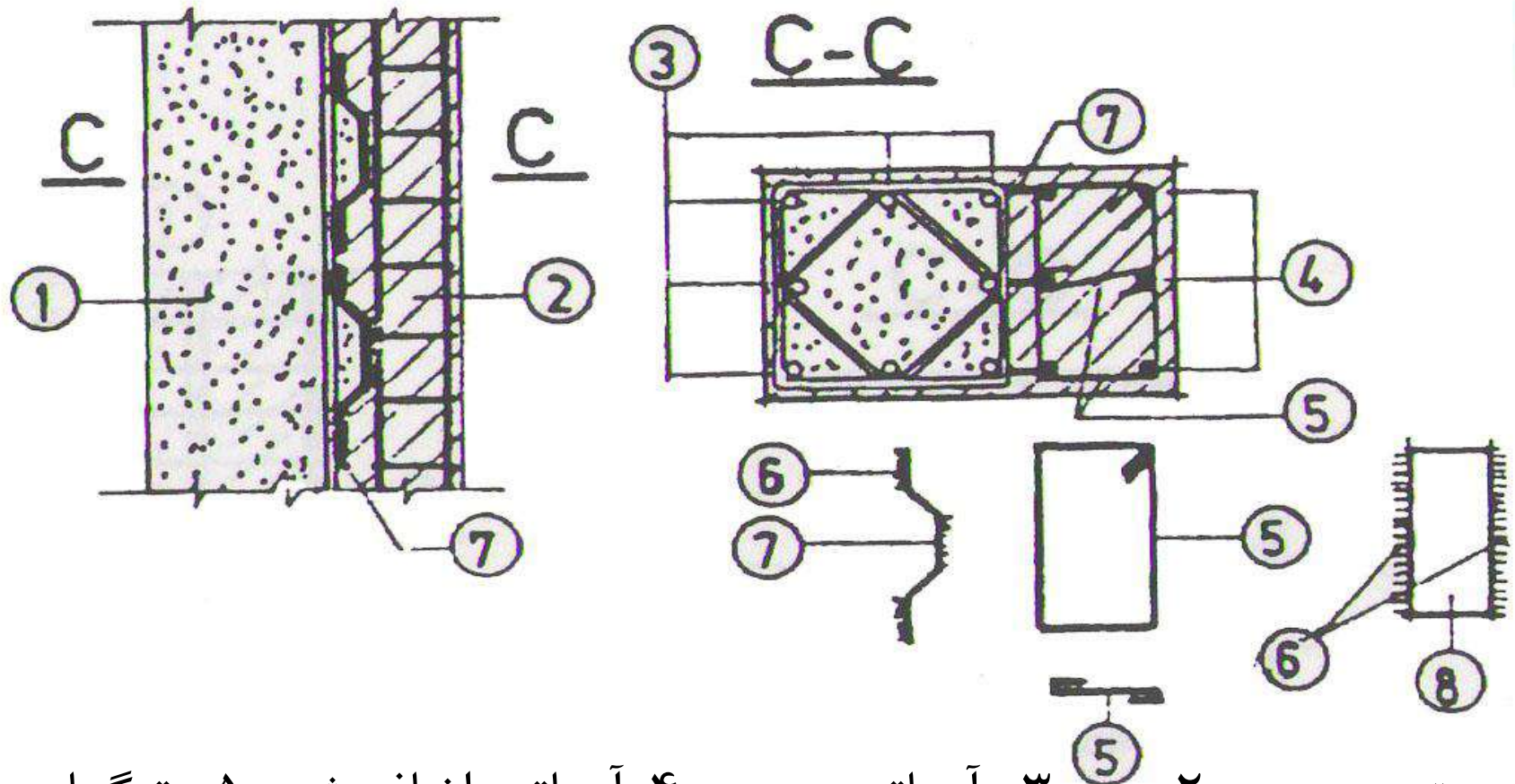
شکل ۸- پیوستگی بین بتن جدید و بتن موجود با استفاده از جوش تنگهای تقویتی با تنگهای موجود

**پ- جوش دادن آرماتورهای خمیده** بین آرماتورهای طولی موجود و آرماتورهای طولی تقویتی (شکل ۹).

در این روش بتن باید به اندازه طول جوش از روی آرماتورهای طولی کنده شود، در نتیجه پاشنه های بتنی ایجاد شده قادر به انتقال برش خواهند بود.

آرماتورهای خمیده انتقال نیرو بین آرماتورهای طولی را مقدور می سازند.

**بجای آرماتورهای خمیده از صفحات فولادی** جهت اتصال آرماتورهای طولی موجود و آرماتورهای طولی تقویتی می توان استفاده نمود.



۱- ستون موجود ۲- زره ۳- آرماتور موجود ۴- آرماتور اضافه شده ۵- تنگهای اضافه شده ۶- جوش ۷- میلگرد خمیده ۸- ورق اتصال

شکل ۹- پیوستگی بین بتن جدید و بتن موجود با استفاده از میلگردهای خمیده و جوش



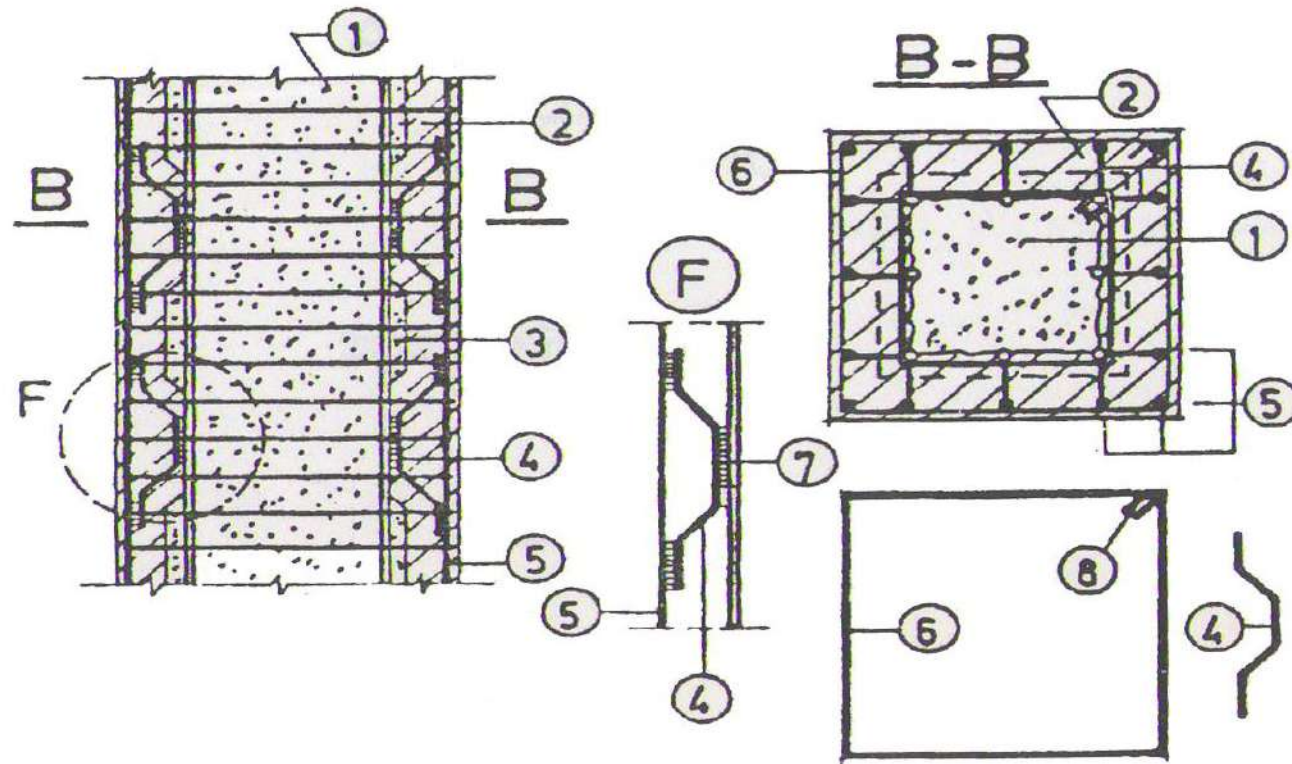
## - موارد مهم در تقویت ستونها با زره پوش بتنی

۱- در زره پوش های دو و سه طرفه، از همان جزئیات زره پوش یکطرفه می توان استفاده نمود.

۲- زره پوشهای چهارطرفه که بیشتر متداول است، می تواند به وسیله **تور سیمی جوش شده** و پوشش مجدد بتنی انجام شود. این روش **مقاومت محوری و برشی** و همچنین شکل پذیری ستون را افزایش می دهد ولی به دلیل اینکه تور سیمی نمی تواند از اتصال تیر-ستون عبور نماید، مقاومت خمشی را افزایش نمی دهد.

## ۳- زره پوش بتنی چهار طرفه با اتصال میلگردهای خمیده

در این روش آرماتورهای طولی تقویتی به کمک **میلگردهای خمیده** به آرماتورهای موجود جوش می شوند. این نوع زره پوش برای ستونهای با ابعاد بیشتر بهتر است (شکل ۱۰).



۱- ستون موجود ۲- زره ۳- پاشنه ۴- آرماتور خمیده ۵- آرماتور اضافه شده

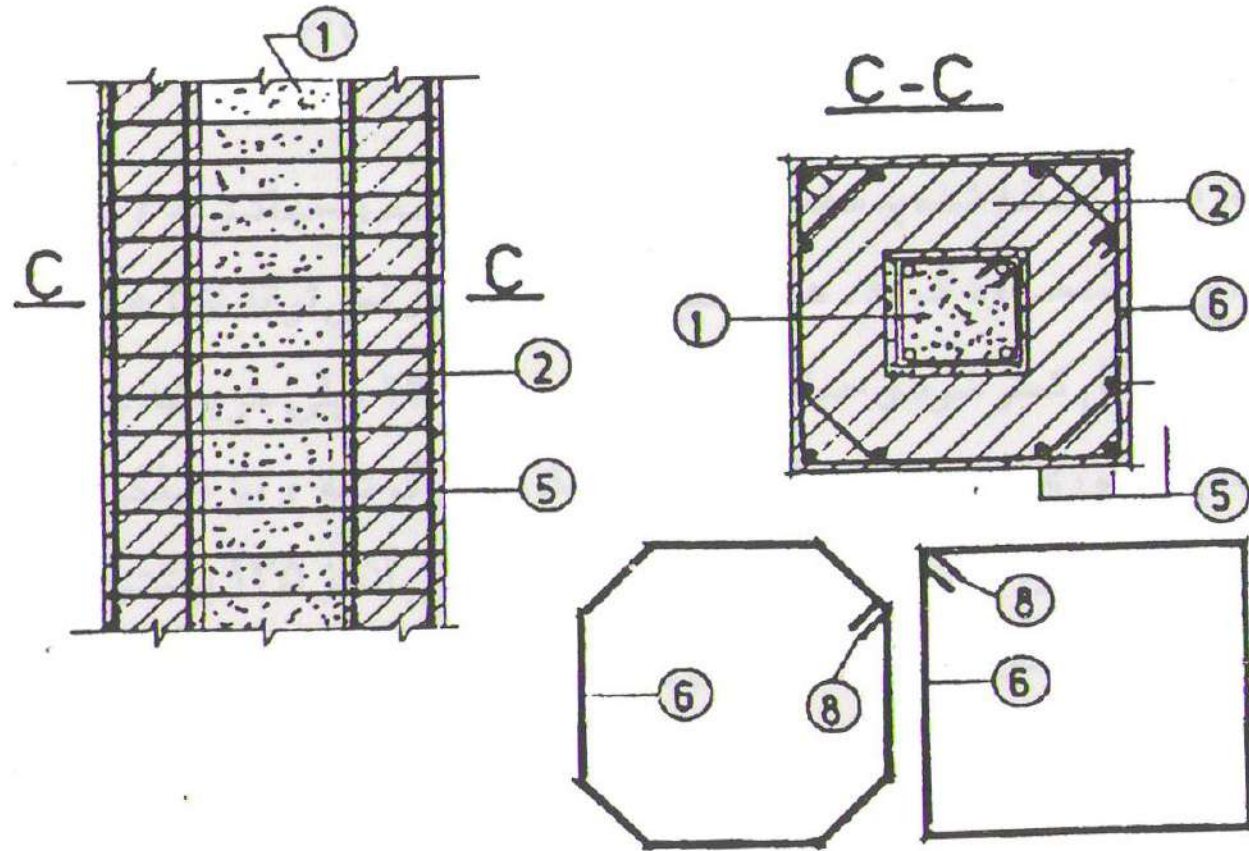
۶- تنگهای اضافه شده ۷- جوش ۸ - خم استاندارد میلگرد

شکل ۱۰- زره پوش چهارطرفه با استفاده از آرماتورهای خمیده

## ۴- زره پوش نمودن به کمک تنگ (شکل ۱۱)

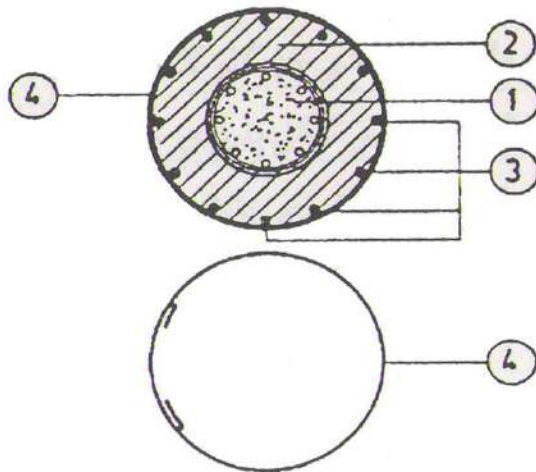
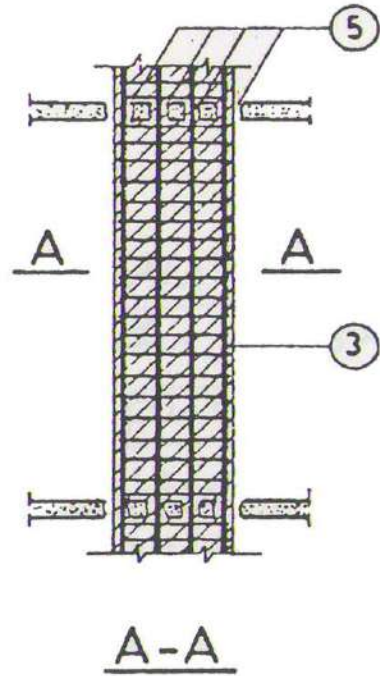
در این روش آرماتورهای طولی تقویتی در گوشه های ستون تمرکز یافته و توسط تنگهایی به یکدیگر یکپارچه می شوند. زره بتنی باید دارای ضخامت کافی و تنگها نزدیک به هم باشند. عبور دادن آرماتورهای طولی تقویتی از طریق ایجاد سوراخ در دال سقف و بتن ریزی و ایجاد گره صلب باعث افزایش مقاومت خمشی ستون علاوه بر مقاومت برشی و محوری می گردد.

۵- در مقاطع دایره ای، از تنگهای دایره ای و یا دورپیچ جهت مهار آرماتورهای ستون می توان استفاده کرد (شکل ۱۲)



- ۱- ستون موجود ۲- زره ۳- آرماتور اضافه شده ۴- تنگهای اضافه شده  
 ۵- زره ۶- آرماتور اضافه شده ۷- تنگهای اضافه شده  
 ۸- خم استاندارد میلگرد

شکل ۱۱- زره پوش چهارطرفه با استفاده از تنگها



۱- ستون موجود ۲- زره ۳- آرماتور  
 اضافه شده ۴- حلقه ۵- سوراخهای  
 ایجاد شده

شکل ۱۲- زره پوش مقاطع دایره ای

## – موارد و ضوابط لازم در زره پوش بتنی

۱- مقاومت فولاد تقویتی **حداقل برابر مقاومت فولاد موجود** باشد.

۲- مقاومت بتن تقویتی **حداقل  $50 \text{ kg/cm}^2$**  بیشتر از بتن موجود باشد.

۳- حداقل ضخامت زره پوش بتنی برای بتن پاشی **۴ سانتیمتر** و برای بتن ریزی معمولی **حداقل ۱۰ سانتیمتر** باشد.

۴- حداقل فولاد اضافه شده به مقطع **۱ درصد و حداکثر ۶ درصد** می باشد و برای زره پوش مستطیلی و مربعی **حداقل ۴ عدد میلگرد** و با **سایز حداقل نمره ۱۴** خواهد بود.

۵- تنگها بایستی طوری قرار گیرند که تمام میلگردهای گوشه و میلگردهای طولی میانی بصورت یک در میان در گوشه تنگها قرار گیرند.

۶- اگر ابعاد ستون زیاد باشد و فاصله آرماتورهای طولی از حداکثر مقدار آیین نامه ای (۱۵ سانتیمتر، البته در ستونهای تقویت شده با زره بتنی، ترجیحا ۱۰ سانتیمتر) بیشتر باشد، لازم خواهد بود بوسیله مته سوراخهایی در ستون ایجاد شود و با عبور دادن میلگرد از سوراخ و استفاده از چسب اپوکسی آرماتورهای طولی ستون را مهار نمود.

۷- قطر تنگها نباید از ۸ میلیمتر و یا یک سوم قطر آرماتورهای طولی ستون کمتر باشد.



۸- فاصله قائم تنگها نباید از **۲۰ سانتیمتر** در وسط ستون و **۱۰ سانتیمتر** در نواحی بحرانی ستون (  $L_0$  یا یک چهارم ارتفاع ستون) در دو انتها بیشتر باشد. بهتر است فاصله تنگها از **ضخامت زره بیشتر** نشود.

۹- در زره پوش بتنی (با بتن پاشی یا بتن درجا) سطح بتن موجود با سند پلاست و یا کندن بتن باید کاملا زبر شود، و سطح آن از مصالح سست و گرد و خاک و روغن پاک شود و سطح بتن موجود کاملا مرطوب شود.

## ۳- مقاوم سازی ستونها با استفاده از زره پوش فولادی

### STEEL JACKETING

- ۱- چهار نبشی در چهار گوشه ستون در سرتاسر طول قرار داده می شود.
- ۲- نبشی ها توسط تسمه یا میلگرد به همدیگر متصل می شوند.
- ۳- سایز نبشی ها حداقل  $50*50*5$  mm و تسمه ها با ابعاد حداقل  $25*4$  mm یا میلگردها با قطر حداقل ۱۲ میلیمتر می باشد.
- ۴- فاصله خالی بین نبشی ها و ستون بتنی توسط بتن بدون افت و یا چسب اپوکسی پر می شود.

۵- جهت بالا بردن مقاومت ستون در برابر حریق و خوردگی یک لایه بتن با توری سیمی روی نیمرخها بصورت بتن پاشی و یا بتن درجا ریخته می شود.

۶- جهت اتصال کامل میان پروفیل‌های نبشی و سقف برای انتقال نیرو، از نبشی در گلوگاه اتصال ستون به سقف استفاده می شود.

مقاوم سازی ستون با زره پوش فولادی بشرح فوق مقاومت محوری ستون و شکل پذیری ستون را افزایش می دهد ولی در مقاومت خمشی ستون تغییر محسوسی ایجاد نمی شود.(شکل ۱۳)

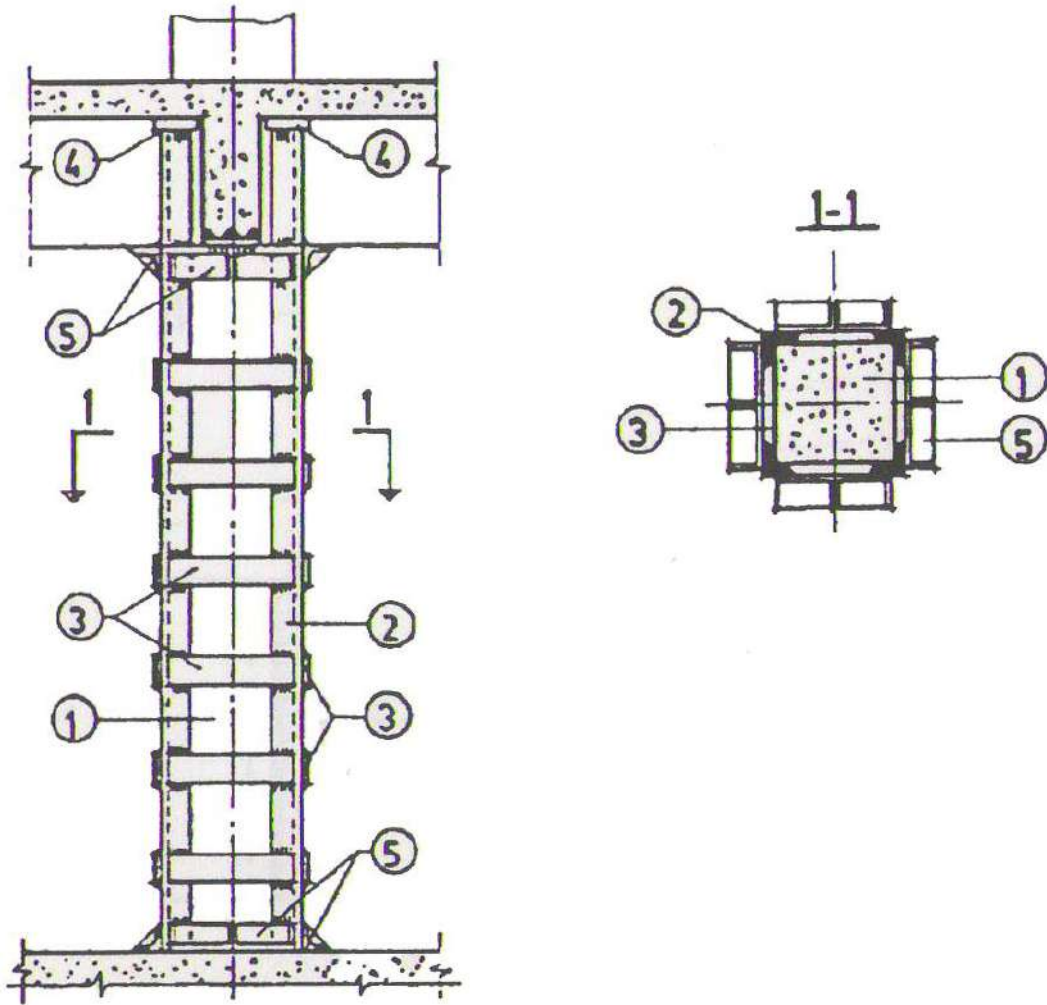
۱- ستون موجود

۲- پروفیل نبشی

۳- تسمه فولادی

۴- ورق تکیه گاه

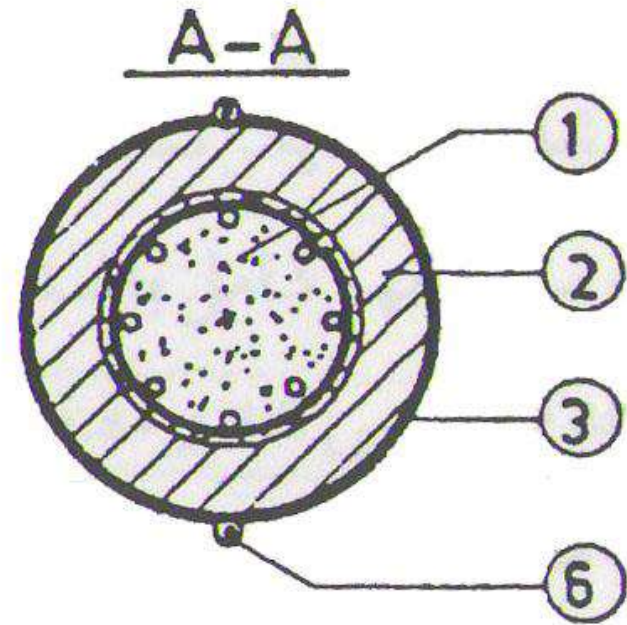
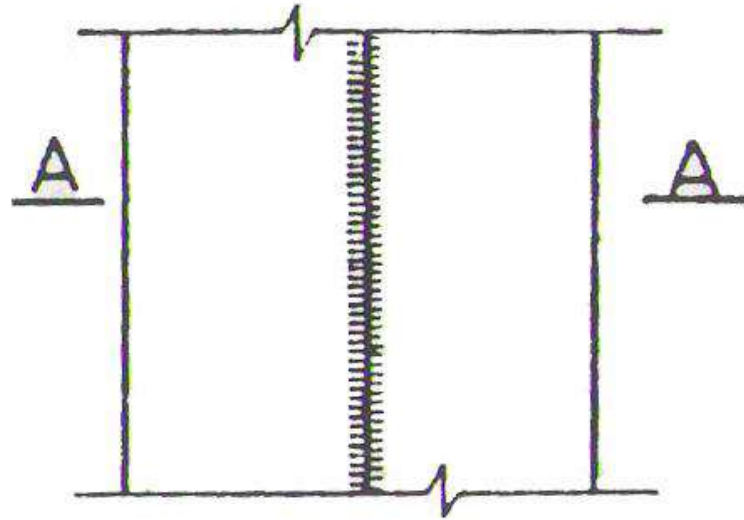
۵- پروفیل نبشی



شکل ۱۳- تقویت ستون با زره پوش فولادی

## ۴- مقاوم سازی ستونها با استفاده از ورق پوش فولادی

- ۱- در این روش از ورق فولادی جهت پوشش کامل ستون بتنی استفاده می شود
- ۲- ورق فولادی با ضخامت ۴ الی ۶ میلیمتر بصورت پیوسته به همدیگر جوش می شوند.
- ۳- فاصله بین ورق و سطح بتن توسط پرکننده هایی نظیر دوغاب سیمان بدون افت یا منبسط شونده یا بتن پر می شود.
- ۴- استفاده از زره فولادی با ورق استوانه ای به لحاظ مهار بهتر تنشهای محیطی ستون می تواند عملکرد بهتری داشته باشد (شکل ۱۴).
- ۵- پوشش های مستطیل شکل می تواند با جوش دادن دو ورق L شکل فولادی ساخته شوند (شکل ۱۵).



۱- ستون موجود ۲- بتن جدید یا دوغاب ۳- پوشش فولادی ۴- جوش

شکل ۱۴- ورق پوش فولادی استوانه ای

## روش زره پوش فولادی در مقاوم سازی ستون

\* نصب دشوار

\* نیاز به نیروی  
کار بالا

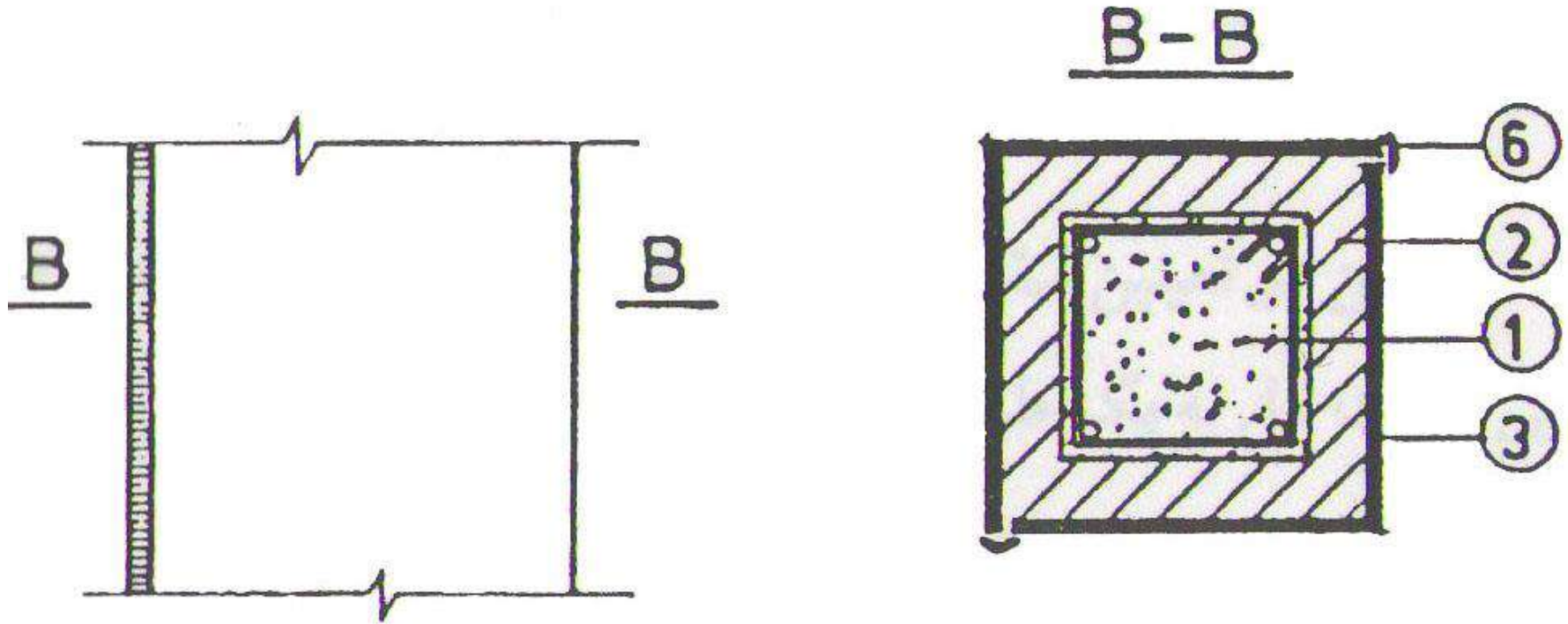
\* هزینه بالا



## مقاوم سازی ستون







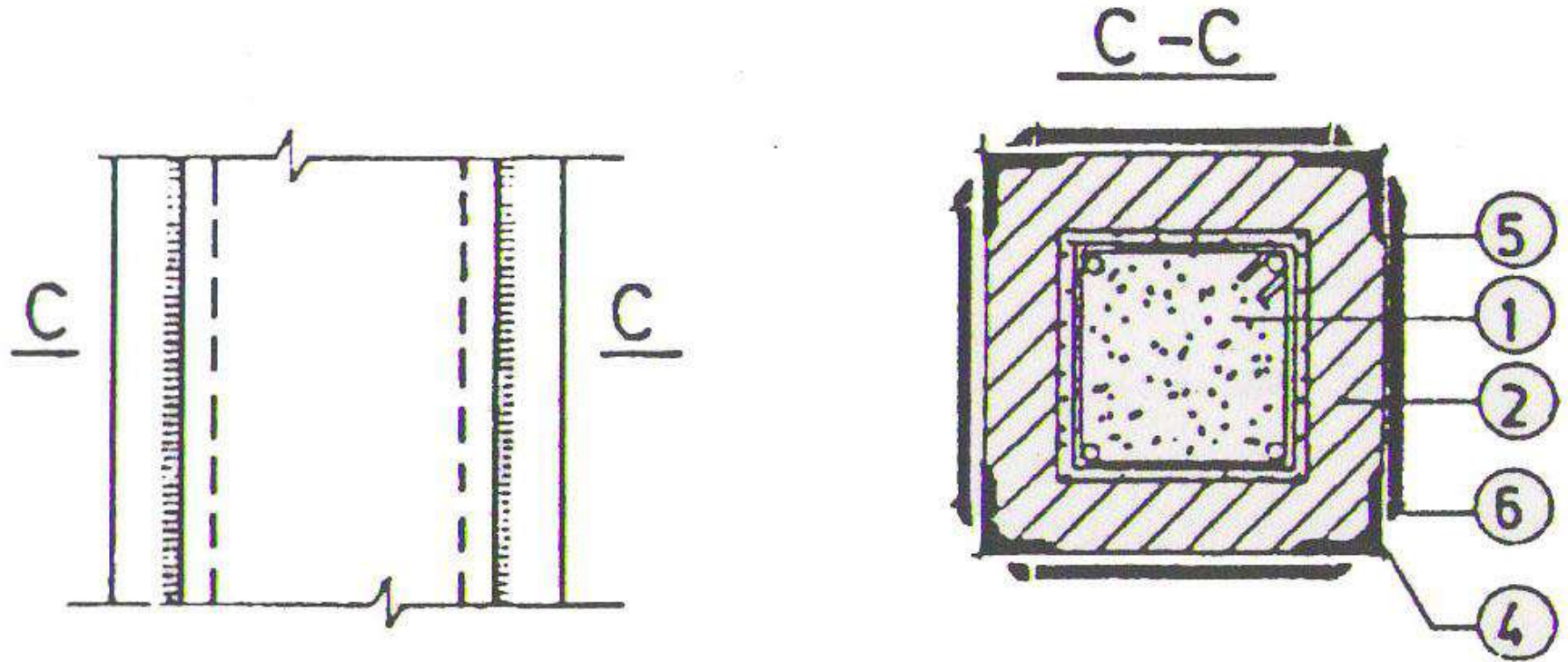
۱- ستون موجود ۲- بتن جدید یا دوغاب ۳- پوشش فولادی ۴- جوش

شکل ۱۵- ورق پوش فولادی

۶- ورق پوش فولادی را می توان با اتصال جوشی ۴ ورق فولادی به ۴ نبشی در ۴ گوشه ستون ایجاد نمود(شکل ۱۶).

۷- ورق پوش فولادی با روشهای فوق الذکر فقط باعث افزایش مقاومت فشاری و برشی و افزایش شکل پذیری ستون می شود. جهت افزایش مقاومت خمشی باید آرماتور و بتن به مقطع اضافه شده و آرماتورها را از دال بتنی عبور داده و با بتن ریزی در محل اتصال گره صلب ایجاد نمود.

مقاومت برشی را با استفاده از توری سیمی و یا تنگ می توان افزایش داد.



۱- ستون موجود ۲- بتن جدید یا دوغاب ۳- پروفیل نبشی ۴- ورق فولادی  
۵- جوش

شکل ۱۶- ورق پوش فولادی از نبشی و ورق

## موارد مهم در مقاوم سازی ستونها

۱- مقاوم سازی ستونها با روشهای گفته شده باعث افزایش سختی ستون شده و در توزیع نیروهای داخلی موثر خواهد بود.

۲- در محاسبات جهت ساده سازی می توان فرض کرد، ستون اولیه بارهای مرده و زره تقویتی بارهای زلزله و زنده را تحمل می کنند. این روش در مورد ستونهای نسبتا سالم با اتصال کافی بین بتن موجود و بتن تقویتی قابل قبول است.

۳- سختی ستون تقویت شده باید با در نظر گرفتن خصوصیات رفتاری مقطع مرکب محاسبه شود.

۴- اگر اتصال کافی بین ستون موجود و زره تقویتی وجود نداشته باشد و یا ستون موجود مقاومتش تا حدودی از دست رفته باشد، بایستی تاثیر ستون موجود در کاهش سختی عضو تقویت شده را با فرض مناسب در نظر گرفت.

۵- اگر ستون موجود کلاً تخریب شده باشد و سختی آن حتی بعد از تقویت قابل صرف نظر باشد، در محاسبات می توان سختی زره تقویتی تنها را در نظر گرفت.

## تقویت و مقاوم سازی تیرهای بتنی

- در تقویت و مقاوم سازی تیرها از ایجاد **سختی زیاد در تیرها در مقایسه با ستونها** باید اجتناب شود، زیرا این امر موجب افزایش زیاد تغییر مکان سازه در برابر زلزله می گردد.

- بر اساس نوع آسیب دیدگی (ترک خوردگی، خرد شدگی بتن و گسیختگی آرماتورها و خاموتها و ...) و میزان تقویت مورد نیاز روشهای تقویت تیرها مشابه روشهای استفاده شده در ستونهاست.

## -مرمت موضعی در تیرها

-عمل تزریق فقط جهت مرمت تیرها با ترکهای جزئی بکار می رود.  
تزریق چسب اپوکسی یا دوغاب سیمان از طریق پایانه هایی که در امتداد ترکها قرار داده شده است انجام می گیرد. پایانه ها در محل سوراخهای ایجاد شده بوسیله مته قرار داده می شود.

-تعمیر و تعویض قسمتی از مصالح تیر هنگامی انجام می گیرد، که آسیبهای زیاد مانند خرد شدگی بتن، فقدان مقاومت اتصال یا گسیختگی آرماتورها وجود داشته باشد.

- قبل از جدا کردن بتن خرد شده یا آرماتور گسیخته شده باید تیر آسیب دیده را توسط تکیه گاههای موقت مهار نمود.

- عمل وصله تیرها(کندن بتن خرد شده و بتن ریزی، تقویت آرماتورهای گسیخته شده با آرماتورها و تنگهای جدید و..) مشابه آن در ستونهاست.



## -مقاوم سازی تیرها با استفاده از زره پوش بتنی

### CONCRETE JACKETING

-زره بتنی با پوشاندن **یک، سه یا چهار وجه** تیر بوسیله بتن مسلح اجرا می گردد.

جهت ایجاد اتصال کافی میان بتن موجود و بتن تقویتی و همچنین امکان جوش دادن آرماتورهای تقویتی به آرماتورهای موجود، **پوشش بتنی موجود** باید کنده شود و سطح بتن زبر گردد.

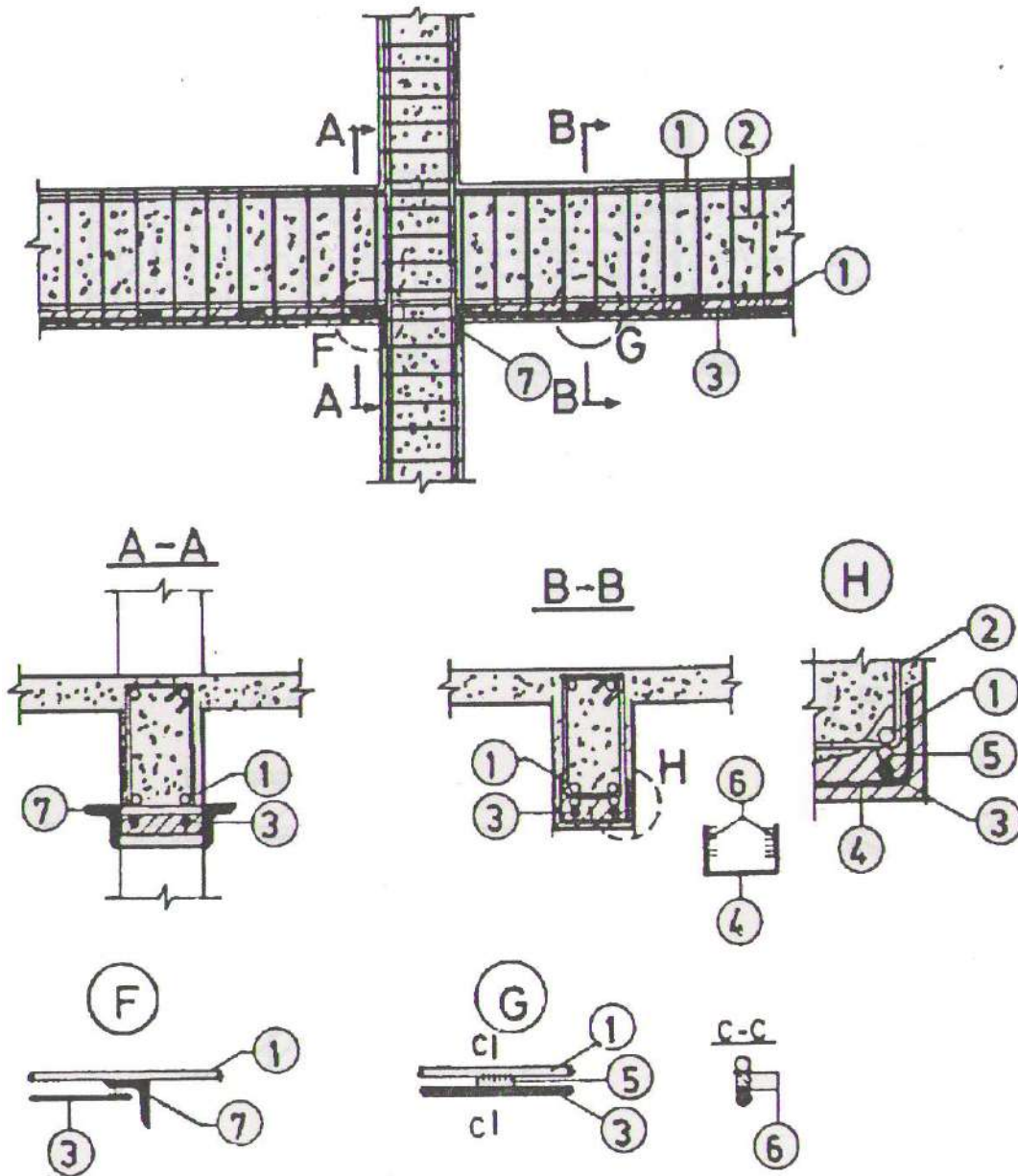
-جهت افزایش مقاومت برشی و شکل پذیری از **تنگها و برای افزایش مقاومت خمشی از آرماتورهای طولی** می توان استفاده نمود.

- مهار میلگردهای طولی در محل گرهها **بوسیله جوش میلگردها به ورق یا پروفیل‌های مهاری** به نحو مناسب بسیار با اهمیت است.

- زره پوش یکطرفه وقتی که افزایش **مقاومت خمشی مثبت وسط** دهانه تیر مورد نظر باشد، بکار می رود (شکل ۱۷).

- اتصال بین آرماتورهای موجود و آرماتورهای طولی تقویتی با **جوش دادن هر دو به میلگردهای اتصال** صورت می گیرد.

- پوشش بتنی باید کنده شود، آرماتورهای طولی نمایان گردد. با **جوش دادن خاموت‌های جدید به خاموت‌های موجود** می توان اتصال بین بتن موجود و بتن جدید را تامین نمود.



۱- آرماتور موجود

۲- تنگ موجود

۳- آرماتور طولی اضافه شده

۴- تنگ اضافه شده

۵- میلگرد اتصال ۶- جوش

۷- پروفیل نبشی گلوگاهی

شکل ۱۷- زره پوش بتنی

یکطرفه جهت تقویت خمشی تیر

## - زره پوش چهار طرفه

- زره پوش چهار طرفه به دلیل **افزایش سطح آرماتورها و سطح مقطع مقاومت خمشی و برشی** تیر را به مقدار قابل ملاحظه ای افزایش می دهد (شکل ۱۸).

- آرماتورهای طولی تقویتی باید به آرماتورهای موجود بوسیله **جوش میلگردهای خمیده و یا تسمه های فولادی** اتصال یابد.

- خاموتها باید از طریق سوراخهای تعبیه شده در دال گذشته و کل مقطع تیر را در برگیرند. این سوراخها می توانند جهت ریختن بتن به قسمتهای تحتانی مورد استفاده قرار گیرند.

- جهت افزایش **مقاومت لنگر منفی در تیر باید در قسمت فوقانی دال در دو طرف ستون آرماتورهای** افزوده شوند، این میلگردهای طولی بایستی به نحو مناسب در محل زره ستون مهار شوند.

۱- آرماتور موجود

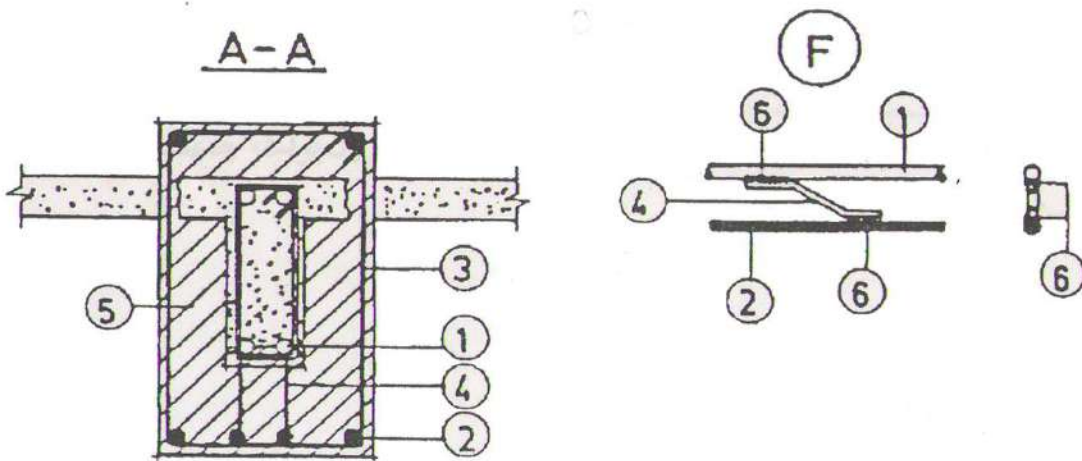
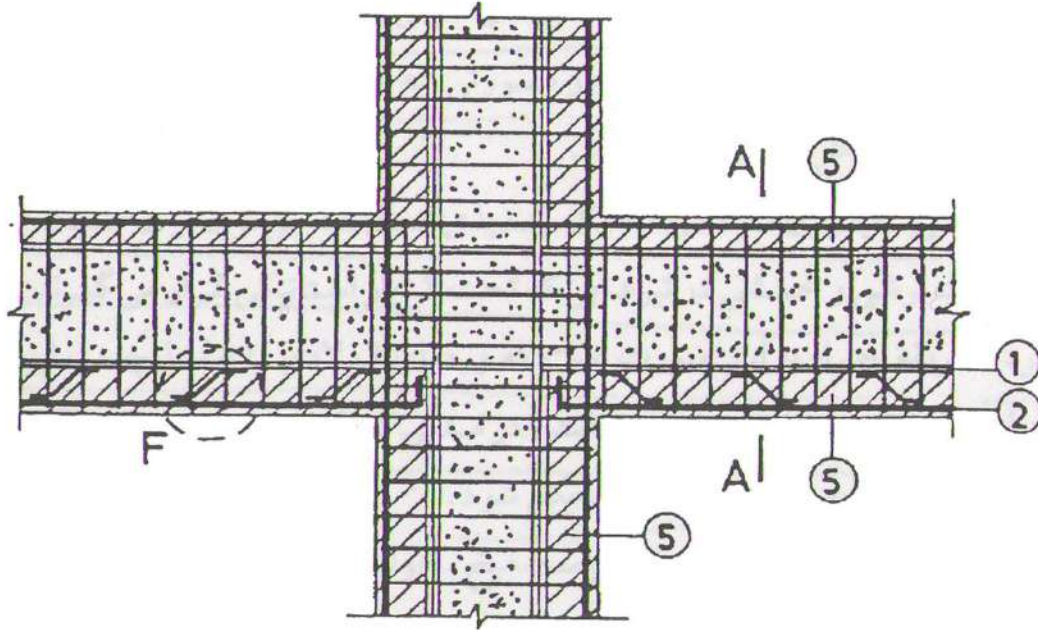
۲- آرماتورهای طولی اضافه شده

۳- خاموت اضافه شده

۴- میلگرد اتصال جوش شده

۵- زره بتنی

۶- جوش



شکل ۱۸- زره پوش بتنی

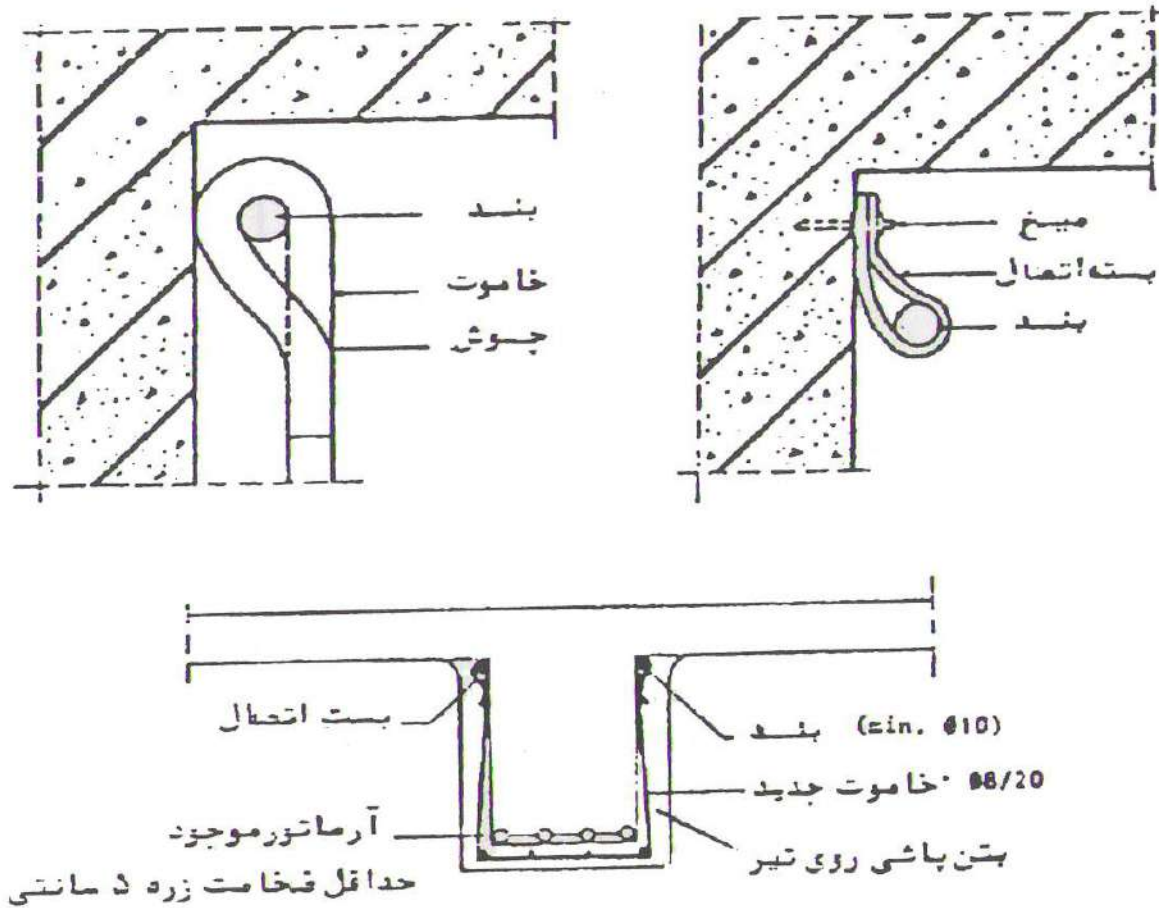
چهار طرفه جهت تقویت تیر

## زره پوش سه طرفه

زره پوش سه طرفه طبق شکل ۱۹ در قسمت تحتانی تیر می تواند اجرا گردد. برای زره پوش سه طرفه بهترین و عملی ترین روش استفاده از بتن پاشی است.

بزرگترین ضعف زره پوش سه طرفه نحوه مهار خاموتهای تقویتی در قسمت فوقانی زره می باشد. جهت مهار خاموتها از میخ و بست اتصال می توان استفاده کرد (شکل ۱۹). کارآیی این نوع اتصال به استحکام میخ و یا بست بستگی دارد.

با قرار دادن تسمه فولادی و اتصال آن بوسیله چسب اپوکسی به بتن و یا اتصال آن با کاشت میل مهار در بتن و قلاب نمودن شاخه های خاموت به دور آن مقاومت بیشتری می توان تامین نمود.



شکل ۱۹- تقویت تیر با زره پوش سه طرفه

## ضوابط لازم در طراحی و اجرای زره پوش بتن مسلح در تیرها

۱- مقاومت مصالح تقویتی نباید از مقاومت مصالح تیر موجود کمتر باشد.

۲- ضخامت زره بتنی نباید از ۴ سانتیمتر برای بتن پاشی و از ۸ سانتیمتر برای بتن ریزی درجا کمتر باشد.

۳- آرماتورهای تیری که عضوی از قاب صلب می باشد، باید در بالا و پائین تیر یکسره بوده و سطح مقطع آنها از ۰/۰۰۵ سطح مقطع کل تیر در محل گرهها کمتر نباشد.



۴- در دو انتهای تیر در طولی برابر با  $4h$  (2h در دو انتها) فاصله خاموتها نباید از یک چهارم ارتفاع (h) تیر بیشتر باشد و در خارج از این نواحی فاصله می تواند تا دو برابر افزایش یابد.

۵- آرماتورهای بالا و پایین تیر در محل اتصال با ستون، با لحاظ کردن طول مهاریه کافی از بر ستون باید مهار شوند و یا بصورت یکسره از محل اتصال عبور نموده و قطع نشوند.

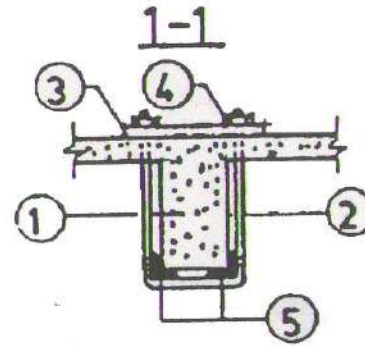
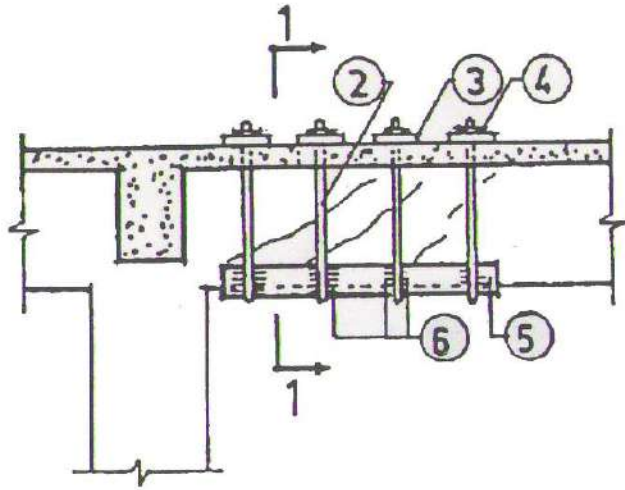
## - تقویت تیرها برای برش ناشی از بارهای قائم

- میلگردهای فولادی بصورت **طوقه های قائم و یا مورب** جهت تقویت تیر برای برش می تواند استفاده گردد.

- طوقه ها محیط تیر را در بر گرفته و در بالای **تیر توسط ورق و پیچ** محکم می شوند.

- طوقه عبارتست از میلگرد رزوه شده ای که در دو انتهای خود توسط مهره دور تیر محکم می گردند، در طوقه های قائم **قسمت تحتانی طوقه به نبشیهها** محکم می شوند و در طوقه های مورب، طوقه ها در **قسمت تحتانی به آرماتورهای طولی تیر جوش** می شوند (شکل ۲۰)

۱- تیر موجود



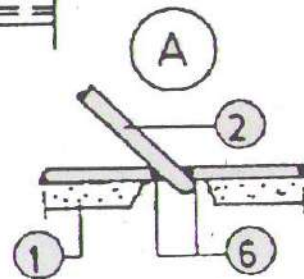
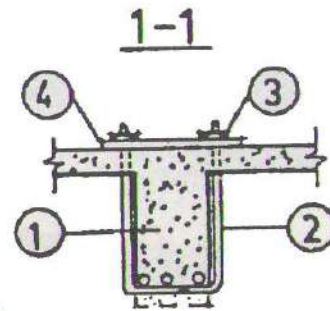
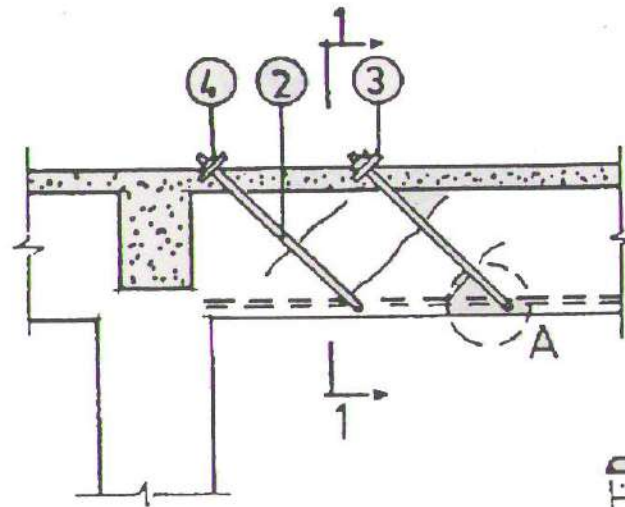
۲- طوقه فولادی

۳- ورق فولادی

۴- مهره

۵- پروفیل نبشی

۶- جوش



شکل ۲۰- تقویت مقاومت  
برشی تیرها با استفاده از  
طوقه های فولادی

## مقاوم سازی تیرها با استفاده از زره پوش فولادی

### STEEL JACKETING

جهت مقاوم سازی تیرها از زره فولادی نیز می توان استفاده نمود.

ورقهای فولادی بوسیله چسب اپوکسی و یا کاشت میل مهار در بتن موجود در اطراف تیر بکار می رود.

ضخامت ورقهای فولادی حداکثر به ۱۰ الی ۲۰ میلیمتر محدود می شوند، اگر ضخامت ورق بیشتر از ۳ میلیمتر باشد، بهتر است سطح بتن بوسیله لایه نازکی از ملات سیمان منبسط شونده صاف شوند، در این صورت بکار بردن رول بولت جهت اتصال ورق الزامی است.

- در حالت استفاده از زره فولادی ، برای مقابله با خوردگی ورقها و محافظت آنها در برابر حریق بایستی توجه شود.

- همچنین باید توجه نمود که **مقاومت چسبهای اپوکسی در دمای بالای ۲۵۰ درجه سانتیگراد** بشدت کاهش می یابد.

## کاشت آرماتور ( انکر بولت)

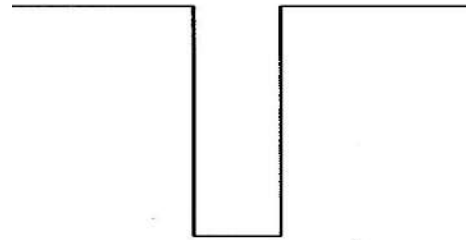
■ کاشت با مواد پایه سیمانی

■ کاشت با مواد پایه اپوکسی

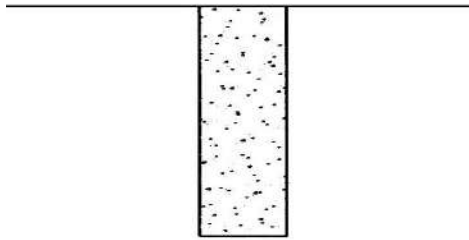
■ کاشت با مهار مکانیکی

## کاشت با مواد پایه سیمانی

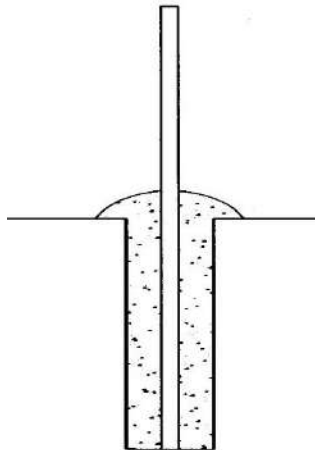
۱- سوراخکاری و تنظیف



۲- پر کردن با ملات غیر انقباضی



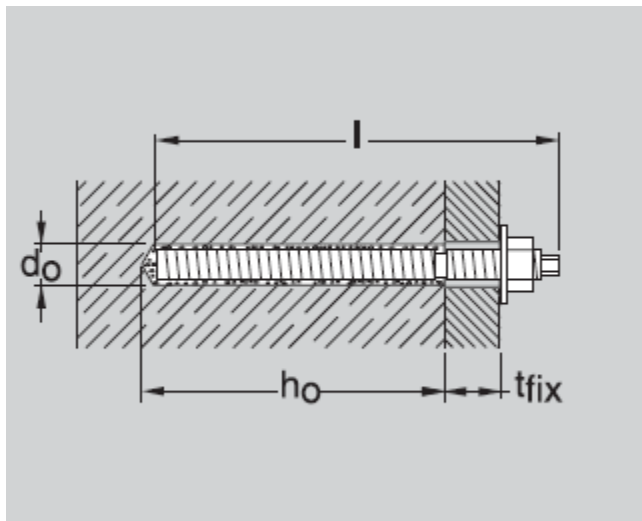
۳- کاشت با مواد پایه سیمانی



## کاشت با مواد پایه اپوکسی

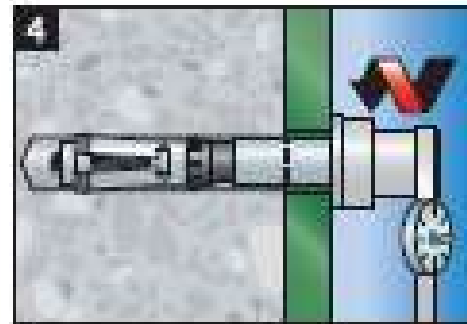
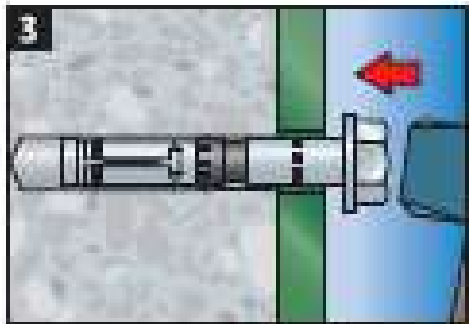
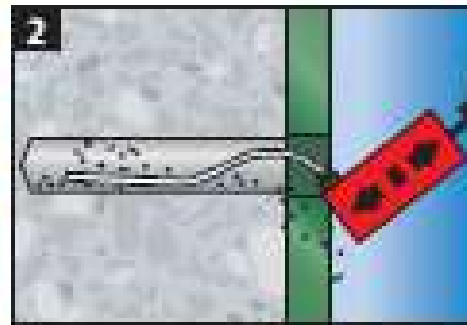
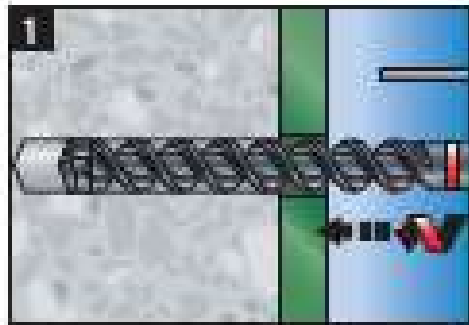






Technical data for anchor rod and int. threaded sleeve	HAS-E/-R					
	M8	M10	M12	M16	M20	M24
	110	130	160	190	240	290
N <sub>rec.</sub> Rec. tensile load in concrete f <sub>cc</sub> 30 N/mm <sup>2</sup> (kN)	6,0	8,0	12,0	15,3	26	32,4
V <sub>rec.</sub> Rec. shear load in concrete f <sub>cc</sub> 30 N/mm <sup>2</sup> (kN)	6,3	10,1	14,6	27,7	43,3	62,3
d <sub>o</sub> Nominal drill bit diameter (mm)	10	12	14	18	24	28
h <sub>1</sub> Min. hole depth (mm)	82	92	115	130	175	215
P No. of trigger pulls	1	1	1	2	3	6
t <sub>fix</sub> Max. fastenable thickness (mm)	14	21	28	38	48	54
T <sub>inst</sub> Tightening torque when fastening (Nm)	15	30	50	100	160	240

## کاشت با مهار مکانیکی



## کاشت با مهار مکانیکی

### Technical data: Hilti HSL-3

Recommended load,  $F_{25}$  (kN), non-cracked concrete,  $f_{cc} = 25 \text{ N/mm}^2$

				M8	M10	M12	M16	M20	M24
Tensile load [ $F_{rec}$ ]	Non-cracked concrete	0°	kN	11.1	14.0	17.2	24.0	33.5	44.1
		30°	kN	11.2	14.7	18.4	25.7	35.9	47.0
		45°	kN	12.0	16.2	20.7	29.0	40.5	52.7
		60°	kN	13.4	18.9	24.9	34.9	48.8	63.0
	Cracked concrete	0°	kN	4.8	7.6	12.3	17.1	24.0	31.5
		30°	kN	5.3	8.4	13.6	18.9	26.5	34.6
		45°	kN	6.2	9.8	15.7	21.9	30.7	40.0
		60°	kN	8.0	12.6	19.9	27.8	38.9	50.4
Shear load (Cracked & Non-cracked concrete)	90°	kN	17.8	28.1	41.0	57.8	81.1	101.4	
Nominal tensile strength [ $f_{uk}$ ]		N/mm <sup>2</sup>	800	800	800	800	830	830	
Yield strength 8.8 [ $f_{yk}$ ]		N/mm <sup>2</sup>	640	640	640	640	640	640	
Stressed cross-section [ $A_s$ ]		mm <sup>2</sup>	36.6	58.0	84.3	157.0	245.0	353.0	
Elastic moment of resistance [W]		mm <sup>2</sup>	30	60	105	266	519	898	
Recommended bending moment without sleeve [ $M_{rec}$ ]		Nm	12.5	24.9	43.7	111.0	216.4	374.2	

### HSL-3-SK heavy-duty anchor with countersunk bolt

Hole dia. $d_0$ (mm)	Anchor length $l$ (mm)	Hole depth $h_1$ (mm)	Max. thickness fastened $t_{fix}$ (mm)	Socket wrench size (mm)	Box contents (pcs)	Ordering designation	Item no.
12	80	80	10	6	40	HSL-3 M 8/10 SK	371825
12	91	80	20	6	40	HSL-3 M 8/20 SK	371826
15	102	90	20	8	20	HSL-3 M 10/20 SK	371827
18	121	105	25	10	20	HSL-3 M 12/25 SK	371828



## تقویت و مقاوم سازی اتصال تیر - ستون

در یک قاب صلب اتصال تیر - ستون بحرانی ترین قسمت بوده و به دلیل تعداد اعضا در اتصال و تنشهای بالا در مصالح به دشواری قابل تقویت می باشد.

**زلزله های شدید باعث ایجاد مفصل پلاستیک در تیرها در مجاورت ستونها شده، در نتیجه ترک در تمام ارتفاع تیر گسترش یافته و طول مهاری میلگردها که برای انتقال نیرو ضروری است کاهش می یابند، و این مورد باعث لغزش میلگرد در اتصال می گردد.**

## ۱- مرمت های موضعی

اتصال آسیب دیده با ترکهای کوچک و متوسط و بدون آسیب دیدگی بتن و یا کمانش و گسیختگی آرماتورها بوسیله تزریق چسب اپوکسی قابل ترمیم و مقاوم سازی است.

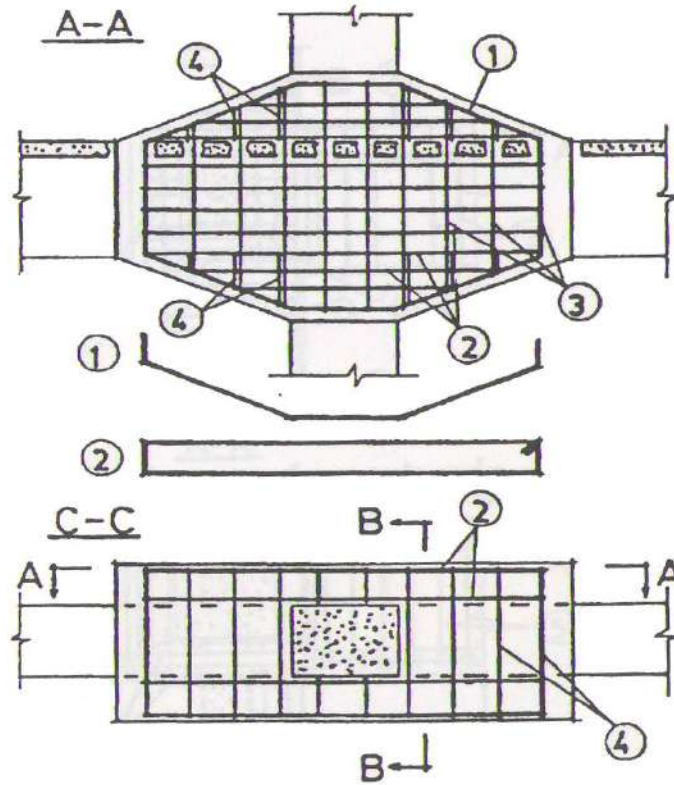
ترمیم چسبندگی بین بتن و آرماتورها بوسیله چسب اپوکسی قابل اعتماد نیست.

مرمت اساسی اتصال در مواقع خرد شدگی بتن، از بین رفتن چسبندگی میان بتن و آرماتور و یا گسیختگی آرماتور بکار می رود. بدین صورت که اتصال تخریب شده و دوباره ساخته می شود (قبل از تخریب باید بار برداری و مهار بندی شود).

## ۲- تقویت اتصال با زره پوش بتن مسلح

زره پوش بتنی در یک اتصال بگونه ای اجرا می گردد که کلیه اعضای متصل شده جهت انتقال بار سازگار با یکدیگر رفتار نمایند برای تحقق این بهتر است که تیرها و ستونهای محل اتصال نیز زره پوش شوند.

در مواردی که فقط اتصال آسیب دیده و ضعیف باشد، زره بتنی می تواند فقط در ناحیه اتصال قرار گیرد (شکل ۲۱). در این حالت زره بتنی باید حداقل در یک متر از هر کدام از اعضای محل گره را در تمام وجوه در بر گیرد.

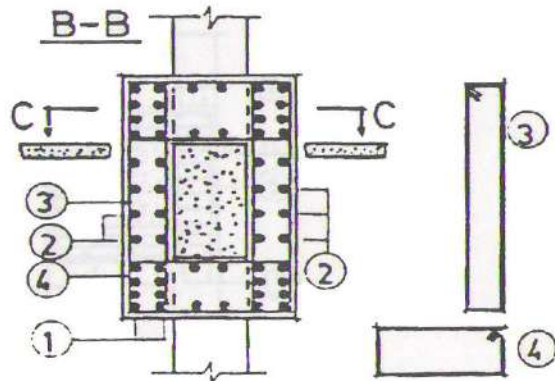


۱- آرماتور طولی

۲- تنگهای افقی

۳- خاموتهای عمودی

۴- خاموتهای افقی



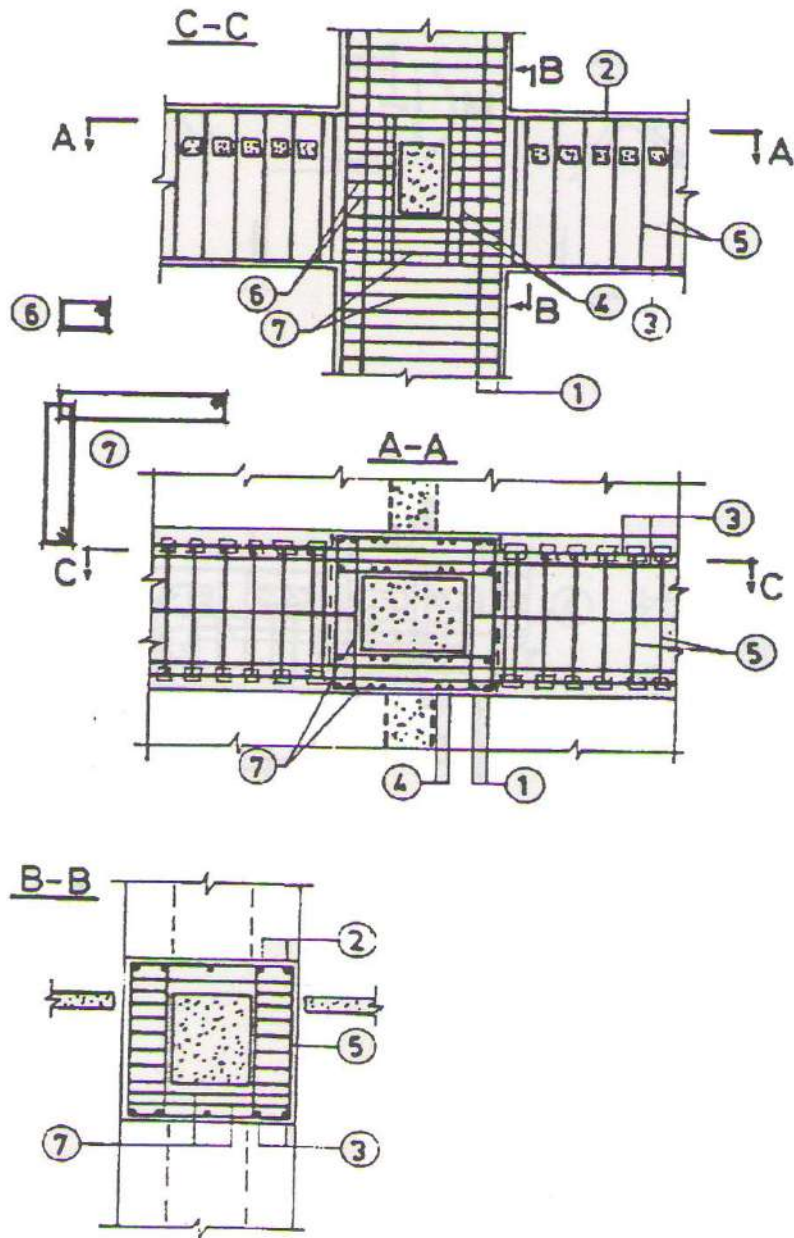
شکل ۲۱- تقویت اتصال تیر- ستون  
با زره پوش بتن مسلح

در سازه های با آسیب زیاد در اتصال، اجرای زره تیر و ستون به همراه اتصال باهم مطلوبتر است. در این حالت آرماتورهای تقویتی تیرها و ستونها از محل اتصال عبور داده می شوند(شکل ۲۲).

تنگهای افقی و قائم باید در ناحیه اتصال جهت ایجاد مقاومت برشی کافی قرار داده شوند( حداقل نمره ۸ با فواصل ۵ سانتیمتر).

در مورد تیرهای با ارتفاع زیاد عبوردادن تعدادی تنگ افقی از سوراخهای ایجاد شده در جان تیر مناسب می باشد.





۱- آرماتور طولی ستون

۲- آرماتور بالای تیر

۳- آرماتور پایین تیر

۴- خاموت عمودی اتصال

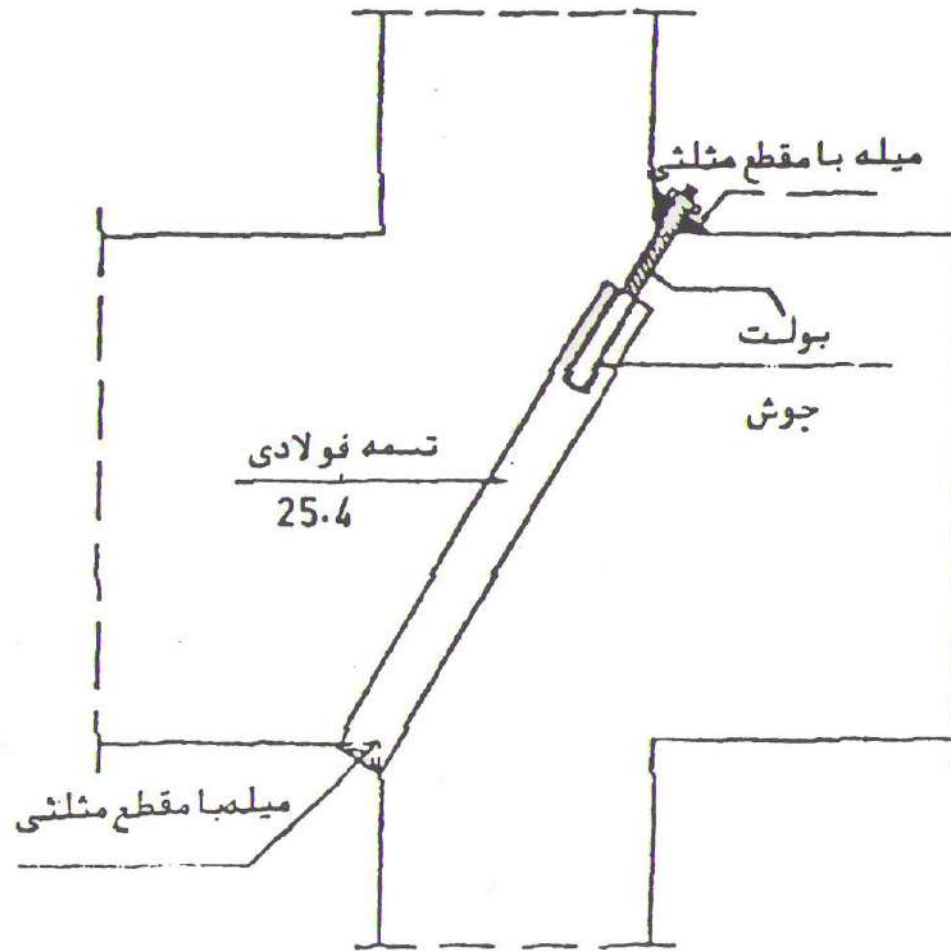
۵- خاموتهای تیر

۶- تنگهای ستون در اتصال

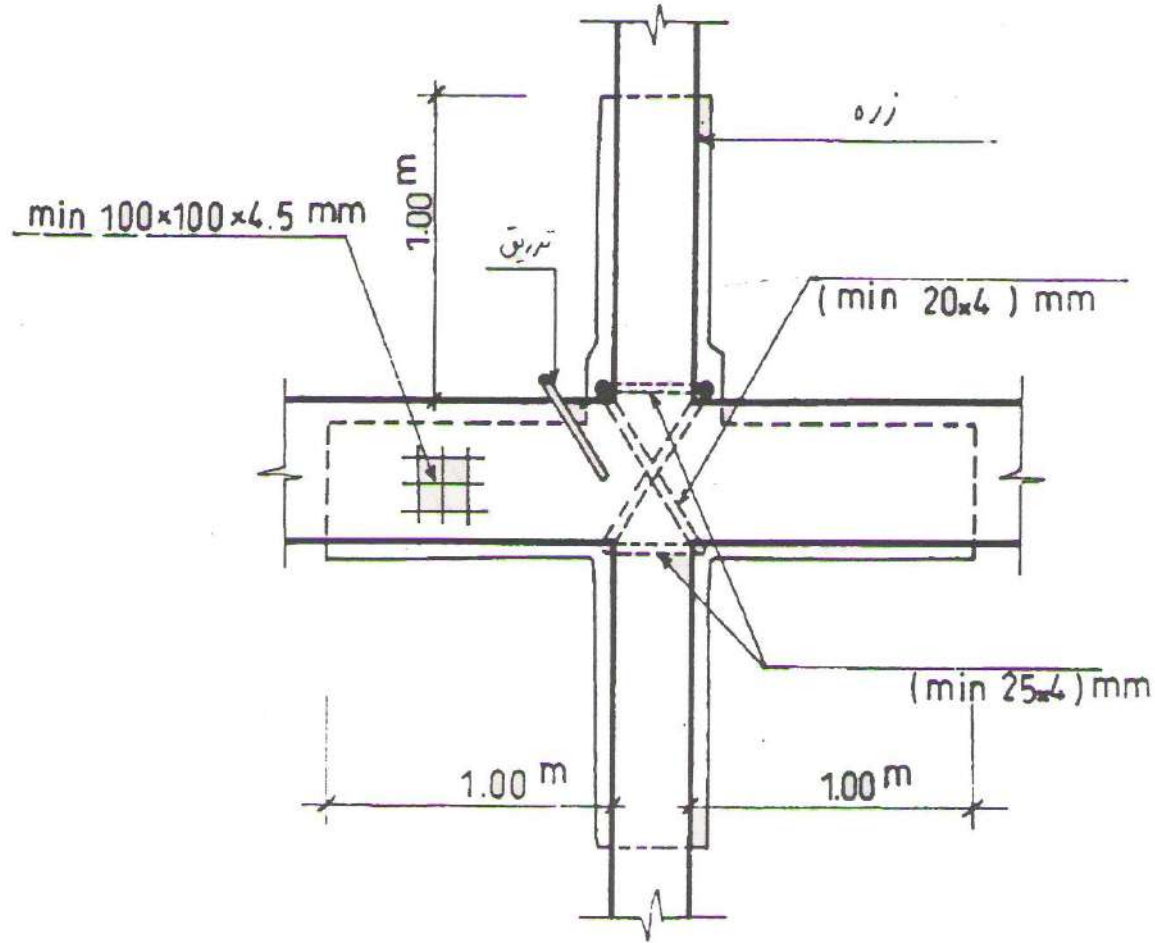
۷- تنگهای ستون

شکل ۲۲- تقویت اتصال تیر- ستون با زره پوش بتن مسلح در تیر و ستون

تقویت برشی اتصال می تواند با استفاده از طوقه های فولادی با سطح مقطع حداقل برابر با  $۲۵*۴$  میلیمتر مطابق شکل ۲۳ انجام شود. این روش بعنوان تکمیل مرمت و تقویت اتصال بکار می رود. معمولا از دو طوقه متقاطع مورب در محل اتصال و دو طوقه افقی در گلوگاه اتصال ستونها به تیر ، دور ستونهای فوقانی و تحتانی مطابق شکل ۲۴ استفاده می شود.



شکل ۲۳- طوقه مورب جهت تقویت برشی اتصال

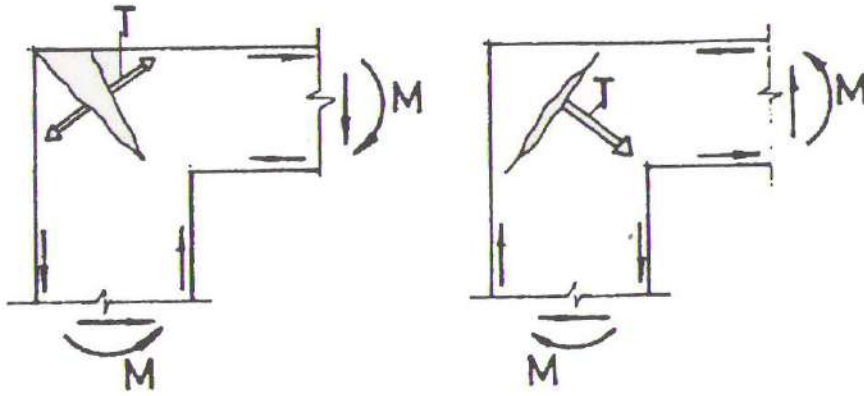


شکل ۲۴- طوقه مورب جهت تقویت برشی اتصال

در اتصالات کناری ، بر حسب نیروهای اعمال شده آرماتورهای مناسب در زره اتصال باید قرار داده شوند، آرماتورهای افقی و عمودی اضافه شده به تیرها و ستونها باید از اتصال نیز عبور داده شوند.

تورسیمی جوش شده و یا آرماتور در دو طرف اتصال باید قرارداده شوند. تور سیمی باید توسط جوش به آرماتور موجود و یا توسط میل مهار و به کمک اپوکسی و یا به کمک میخ به بتن متصل شود(شکل ۲۵).

اضافه نمودن تنگ در ستونها و تیرها در نزدیکی اتصال کیفیت اتصال را بهبود می بخشد.



۱- آرماتور طولی ستون

۲- آرماتور پایین تیر

۳- آرماتور بالای تیر

۴- آرماتور تیر در جوانب

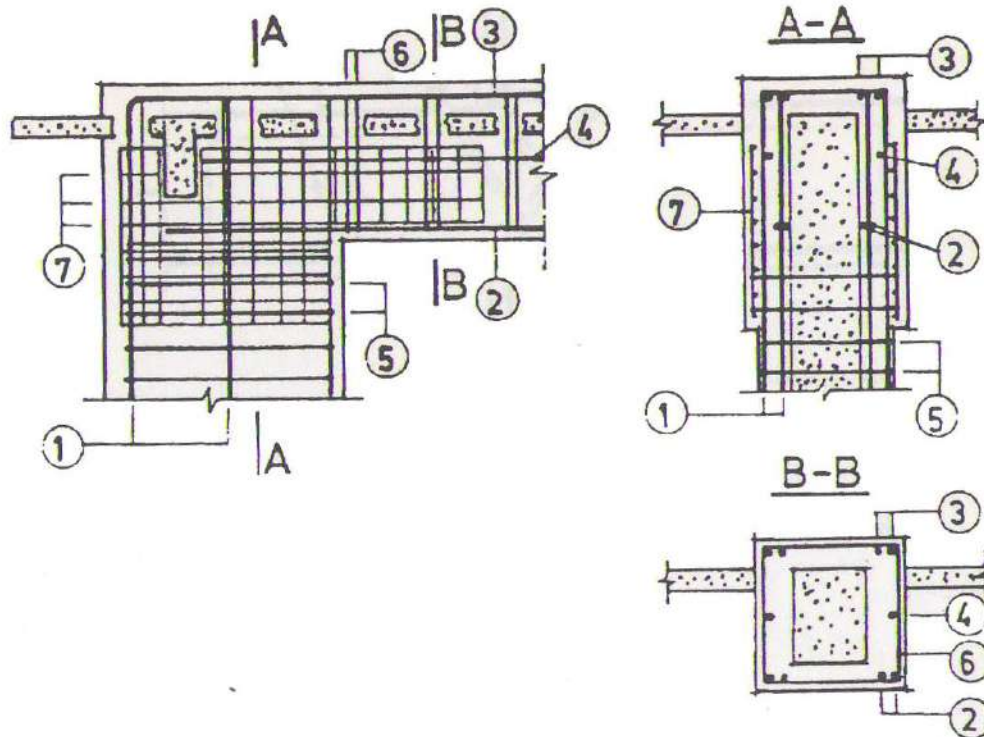
۵- تنگهای ستون ۶- خاموتهای تیر

۷- تور سیمی جوش شده

۸-  $T =$  برابند نیروهای کششی

شکل ۲۵- تقویت اتصال تیر-

ستون در اتصال کناری



### ۳- روش کوژ جهت تقویت اتصال کناری (Hump Technique)

یک روش جهت تقویت اتصالات کناری و افزایش طول مهاری میلگردها استفاده از زره بتنی و طوقه و ریشه در انتهای تیر و ستون می باشد که به روش کوژ معروف است. (شکل ۲۶ و ۲۷)

در این روش بتن مورد استفاده بتن معمولی و یا بتن ریز دانه می باشد. در این روش زره تقویتی (از بتن درجا یا بتن پاشیدنی) علاوه بر کوژ اتصال را باید دربر بگیرد.

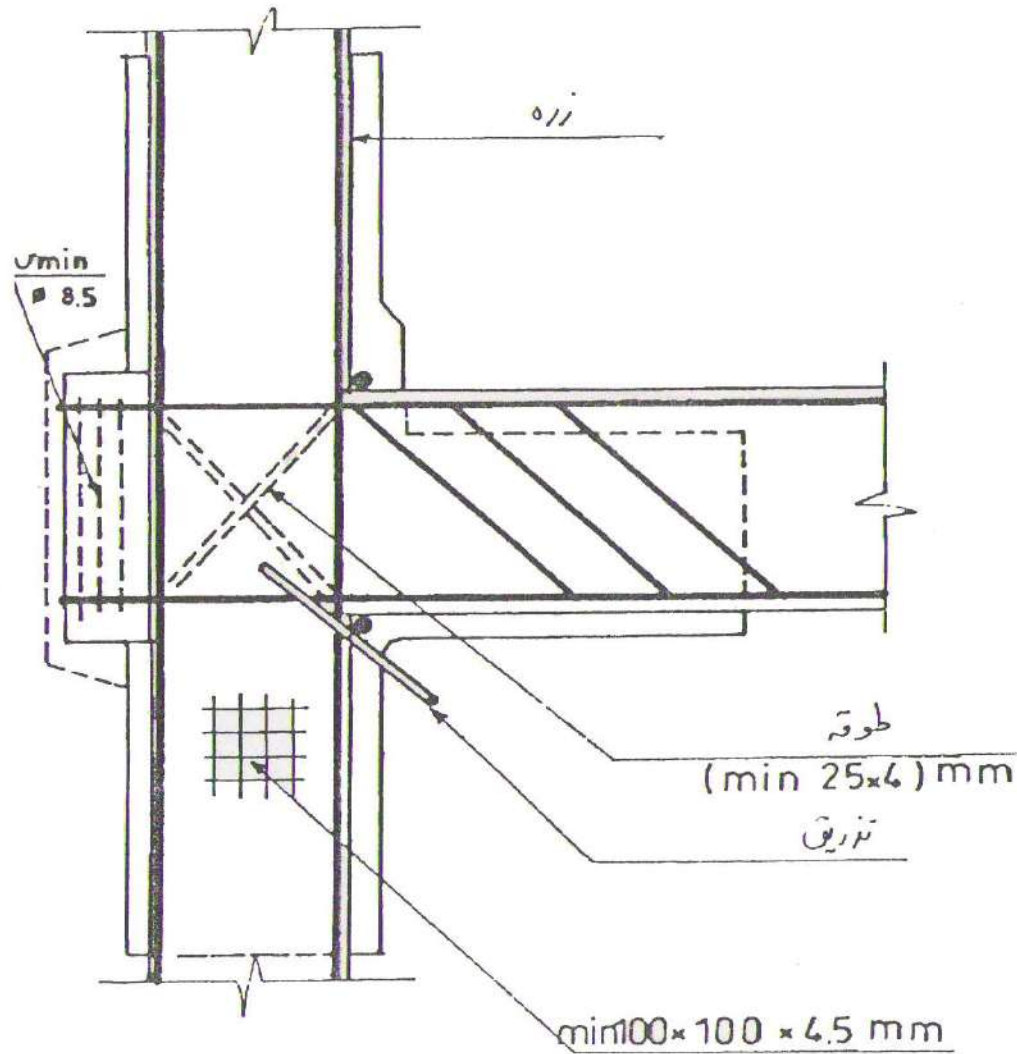
## در روش کوژ رعایت مشخصات ذیل ضروری است:

۱- استفاده از بتن با **مقاومت حداقل  $250 \text{ kg/cm}^2$**  برای نمونه مکعبی و با ضخامت حداقل ۲۰ سانتیمتر

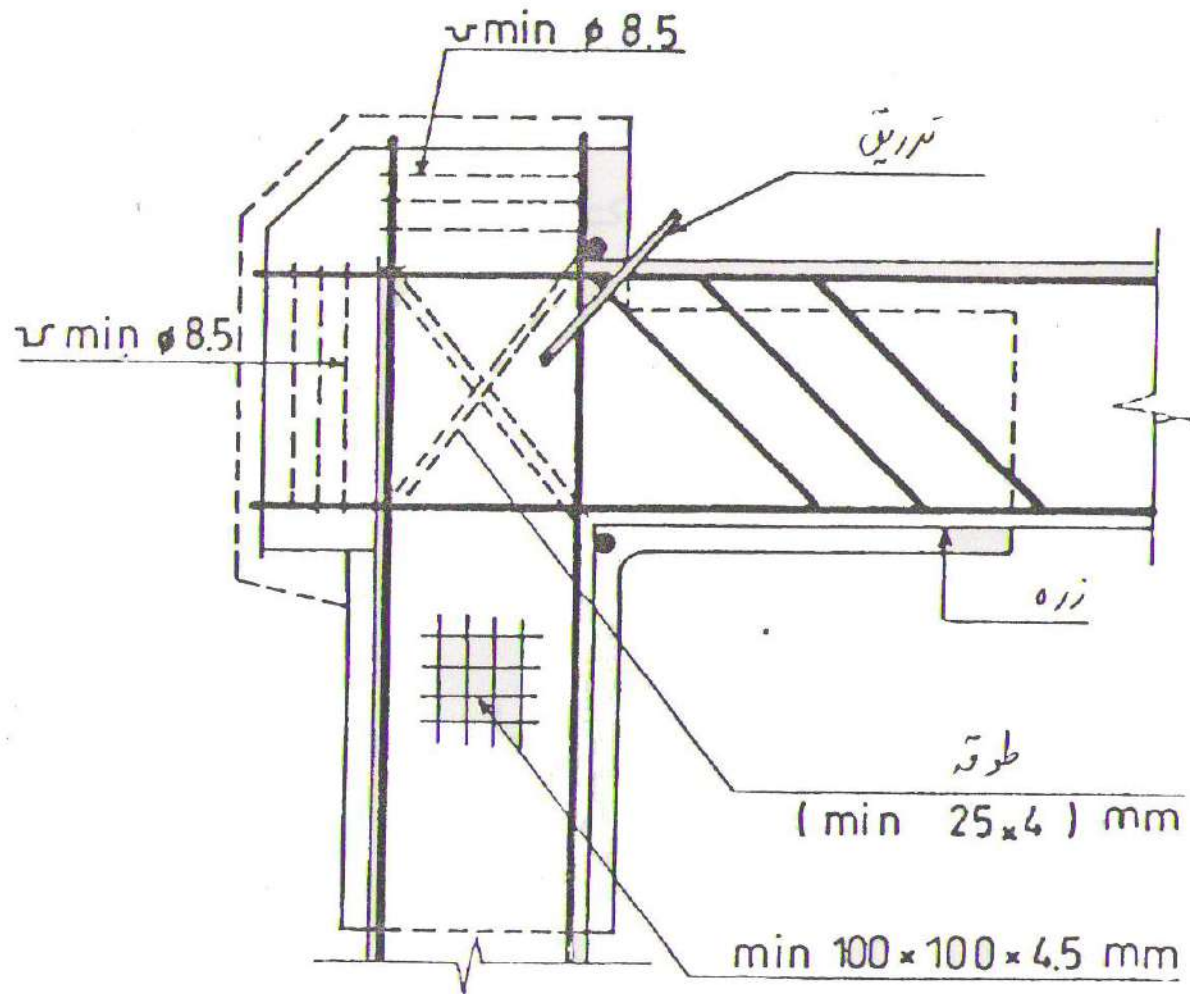
۲- کندن پوشش بتنی میلگردهای محل اتصال و جوش آرماتورهای جدید به وجه خارجی اتصال

۳- تعبیه خاموتها با فواصل اندک از همدیگر ( حداقل نمره ۸ با فواصل ۵ سانتیمتر)





شکل ۲۶- روش کوژ در تقویت اتصال کناری



شکل ۲۷- روش کوژ در تقویت اتصال گوشه

### ۳- تقویت اتصال با ورق فولادی

این روش تقویت اتصال را بدون نیاز به افزایش قابل توجه در ابعاد آن مقدور می سازد.

این روش بیشتر برای سازه های صنعتی با قابهای صلب در یک امتداد بکار می رود.

در این روش ورقهای فولادی بشکل اتصال بریده شده و بوسیله چسب اپوکسی به بتن متصل می گردد. ورقهای فولادی باید توسط بولتهای پیش تنیده به محل اتصال مهار شوند.

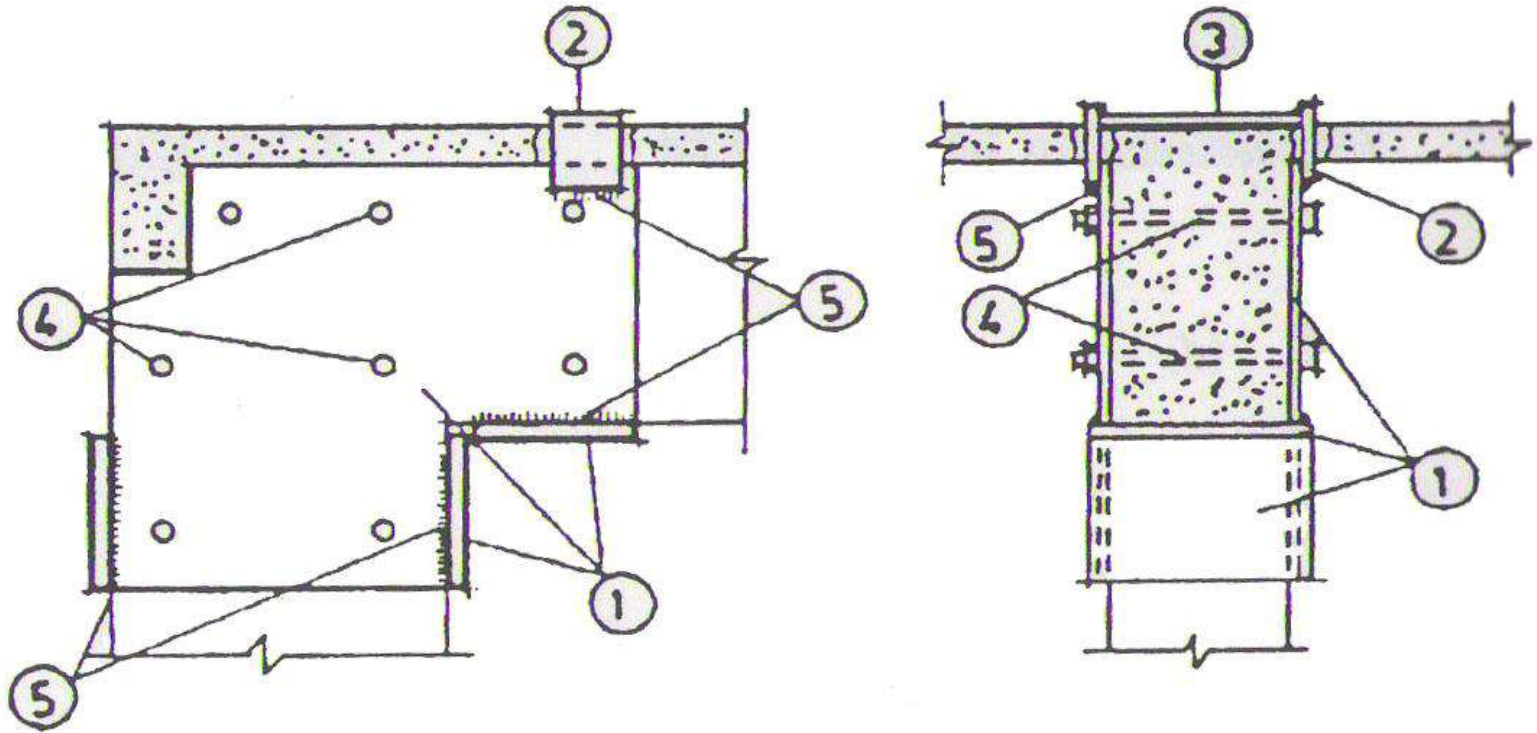
اگر سطح اتصال ناصاف باشد می توان از ملات ماسه سیمان <sup>83</sup> منبسط شونده جهت صاف کردن سطح استفاده نمود.

ضخامت ورق فولادی باید حداقل ۴ میلیمتر باشد.

روش تقویت اتصال با ورق فولادی برای تقویت در مقابل زلزله مناسب نیست. مگر اینکه ورقهای بکاررفته به ورقهای تقویتی تیرها و ستونها متصل شوند.

این روش در حالتی که در اتصال تیرهایی با عمق نسبتا زیاد وجود داشته باشند، مناسب نیست.

در این روش باید تمهیداتی جهت مقابله با خوردگی فولاد در نظر گرفت.



۱- ورق فولادی ۲- ورق فولادی ۳- تسمه ۴- بولت پیش تنیده

۵- جوش

شکل ۲۸- تقویت اتصال با ورقهای فولادی

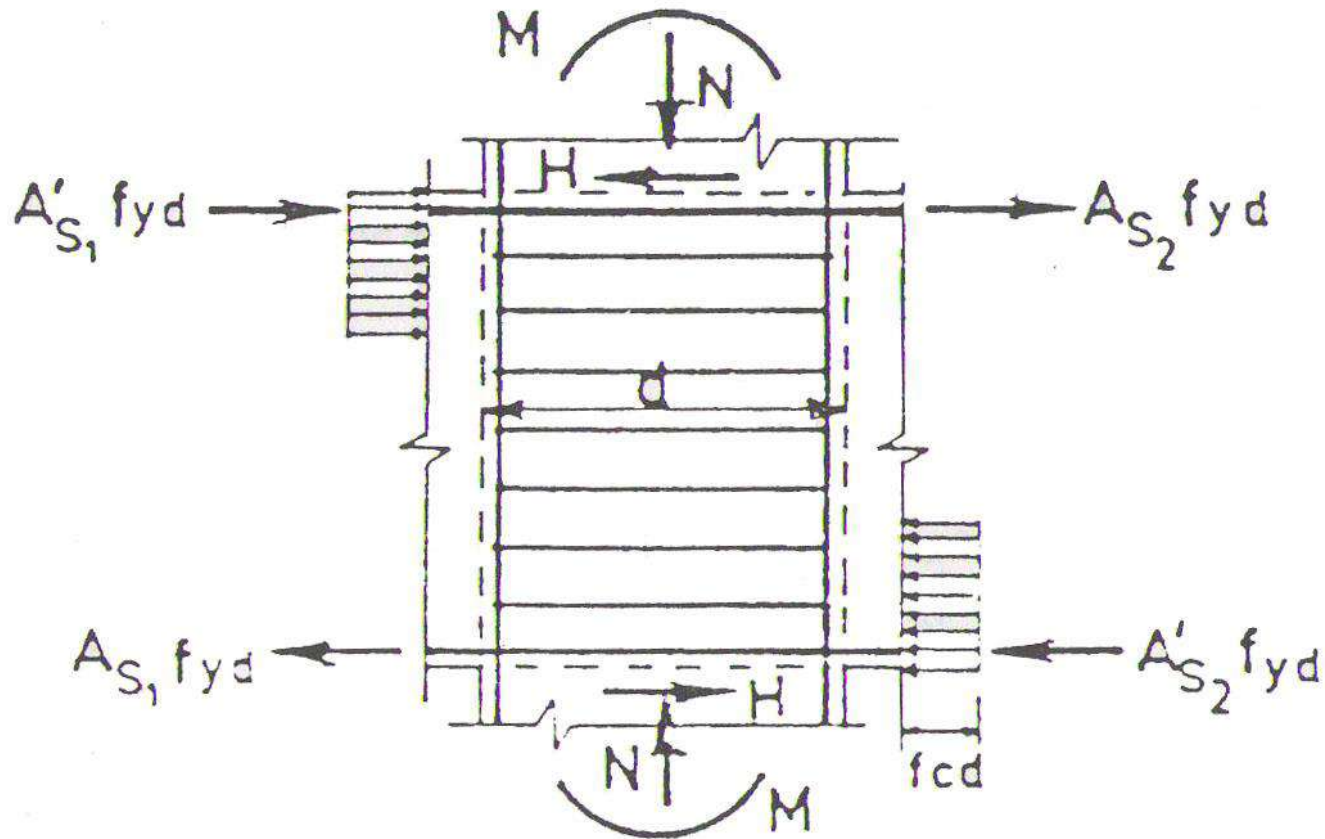
## ۴- ملاحظات طراحی اتصال

اتصال باید برای اثر توام نیروهای داخلی (نیروهای محوری، برشی و خمشی) در وجوه مختلف طراحی شود.

در قابهایی که مقاومت خمشی تیرها کمتر از ستون اتصال می باشد، مفصل پلاستیک در تیر و مجاورت ستون تشکیل می شود. بنابراین در طراحی اتصال تنشهای حد پلاستیک در سطح مشترک تیر و ستون اعمال می شود (شکل ۲۹).

در طراحی اتصال به مقاومت برشی و مهار کافی آرماتورها توجه خاص باید مبذول شود.

طول مهاری آرماتورهای تیر از بر هسته بتن (شروع محصور شدگی توسط تنگ) باید در نظر گرفته شود.



شکل ۲۹- تقویت اتصال با ورقهای فولادی