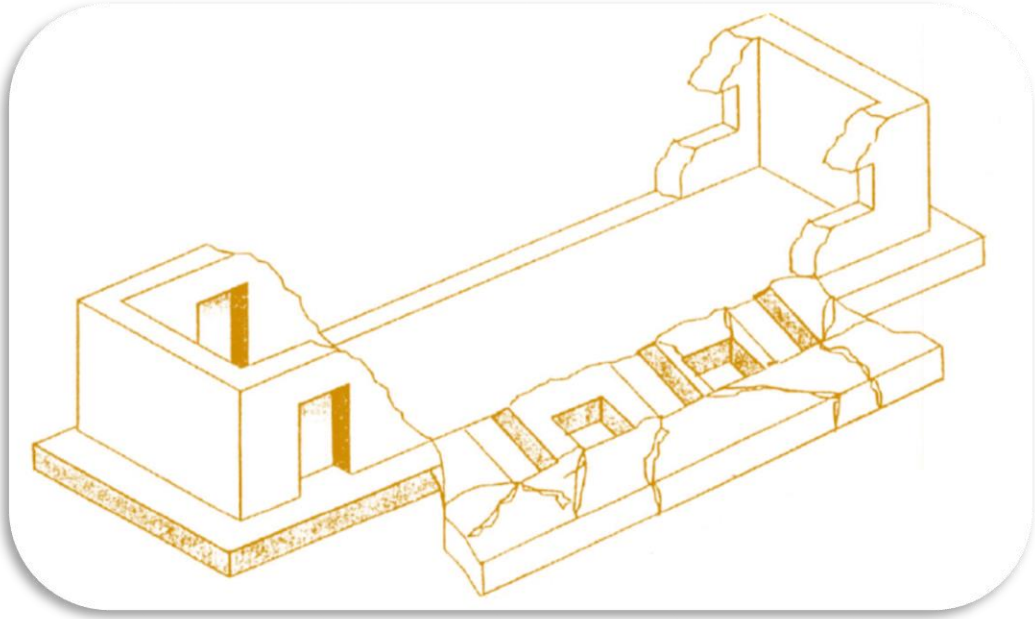
طراحی ساختمانهای با مصالح بنایی و مقاوم سازی آنها

سازمان نظام مهندسی

دوره های ارتقاء پایه



دکتر محمد احمدی

استادیار دانشگاه

دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود

نشریه ۳۶۰

نشریه ۳۶۰ (دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود)

فصل هفتم: بهسازی ساختمان‌های مصالح بنایی و میان‌قاب‌های مصالح بنایی

۱-کلیات

۲-خسارات وارده

۳-روشهای بهسازی سقف (یکپارچه سازی سقف)

۴-تقویت سازه های بنایی در مقابل بارهای جانبی

۴-۱-سیستم کامپوزیت

۴-۲-روکش بتنی

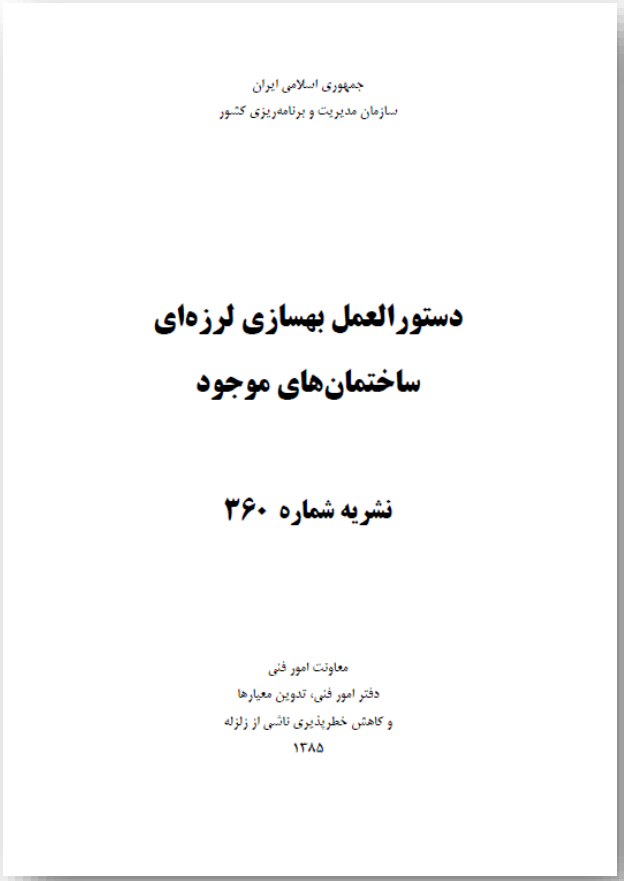
۴-۳-تعبیه دیوار برشی

۴-۴-استقرار دیوارهای جدید

۴-۵-استفاده از پشت بند

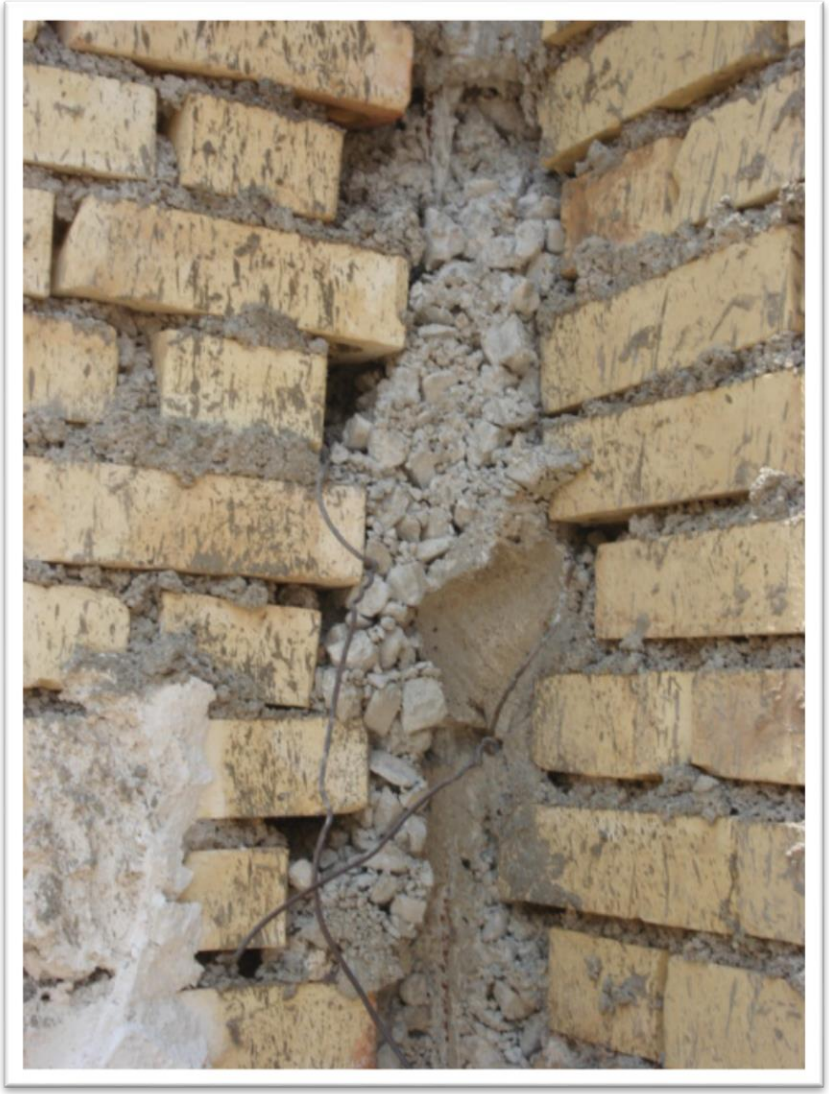
۴-۶-تزریق اپوکسی یا ملات

۴-۷-تعبیه کلافهای قائم



بخش اول- کلیات

۱



بخش دوم-خسارات وارده (انواع خسارات بوجود آمده ناشی از زلزله های گذشته)

- **آسیب های وارد بر سازه های بنایی :**

الف) عدم انسجام سقف

ب) فروریختگی دیوارها

ب- ۱) شکست خارج صفحه

ب- ۲) شکست داخل صفحه

- لغزش درز ملات افقی — Bed-joint sliding
- کشش قطری — Diagonal tension
- حرکت گهواره ای — Rocking
- خرابی فشاری پنجه ... — Toe crushing

پ) خرابی کلاف های قائم و افقی

ت) خرابی کلی سازه به علت نامنظمی در پلان یا ارتفاع می باشد.

۲

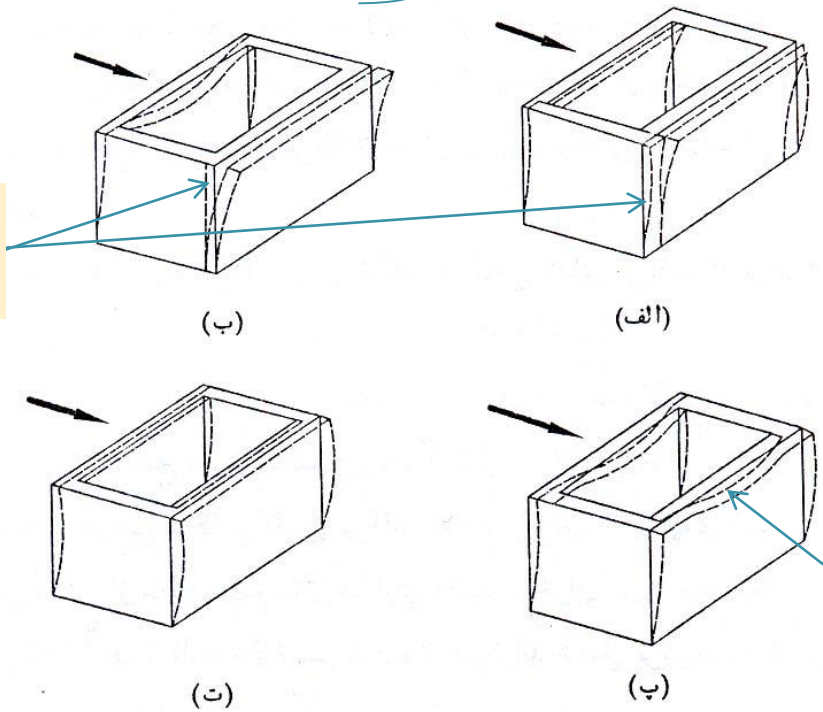
ضعفهای عمده سازه های بنایی

عدم وجود اتصال مناسب دیوارها با یکدیگر و سقف ها

۱-ایجاد جداشدگی و گسترش ترک در محل تقاطع دیوارها،

۲-ایجاد جداشدگی و گسترش ترک در محل تقاطع دیوار با سقف،

۳-حتی فروریختگی خارج از صفحه آنها



بدون کلاف، بدون سقف و عدم اتصال
مناسب دیوارها
ترکهای قائمی در گوشه

کلافها متصل هستند
دال سقف متصل هستند
عدم خمش خارج از صفحه دیوارها

فقط کلافها متصل هستند
دال سقف متصل نیست
خمش خارج از صفحه دیوارها

عدم کیفیت مناسب مصالح دیوار باعث ایجاد ترکهای قطری، از هم پاشیده شدن دیوار و فروریختگی نهایی می گردد.

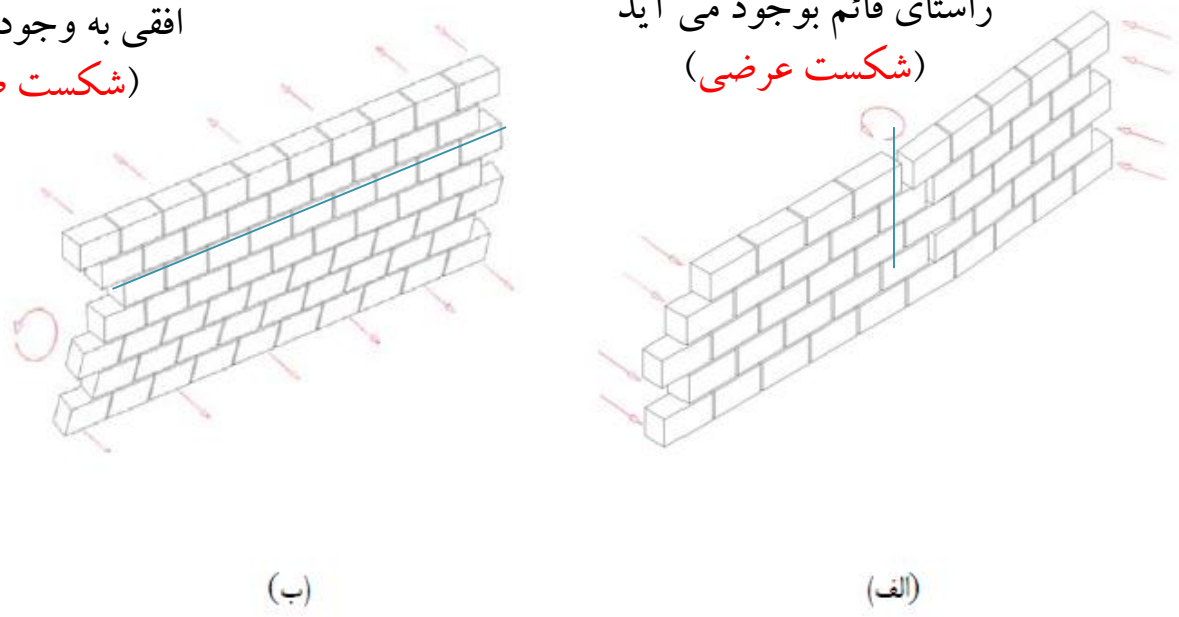
عدم پیکربندی مناسب پلان، بازشوهای بزرگ در دیوار، کمبود مسیر بار در هر دو جهت

۱) شکست خارج صفحه

نیروهای زلزله وارد بر دیوارهایی که در راستای عمودی نیروی زلزله واقع هستند (دیوار عرضی) باعث ایجاد ترکهایی مشابه دال تختی که بر چهار تکیه گاه زمین، سقف و دو دیوار برشی عمود بر دیوار واقع است، می گردد.

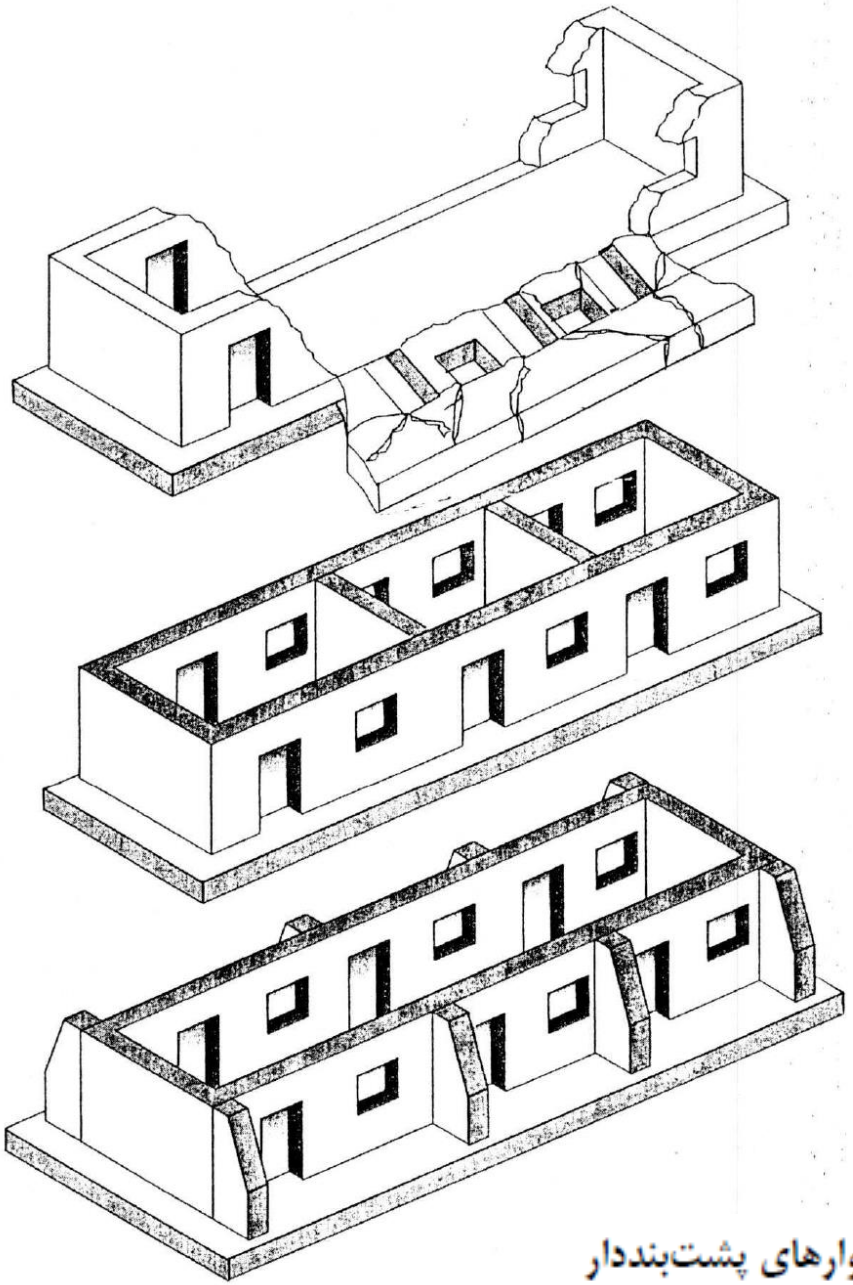
اگر فاصله بیم دو دیوار متغامد و عمود بر دیوار عرضی زیاد باشد ترکهای خمشی در راستای قائم بوجود می آید (شکست عرضی)

اگر فاصله بین دو تکیه گاه بالا و پایین زیاد باشد ترکهای خمشی در راستای افقی به وجود می آیند (شکست طولی)



حالت‌های شکست خارج صفحه دیوار (الف) شکست عرضی (ب) شکست طولی

- علاوه بر این چنانچه **اتصال دیوار خمشی و دیوارهای متعامد** خوب نباشد، در حین زلزله دیوارهای متعامد از هم جدا می شوند.

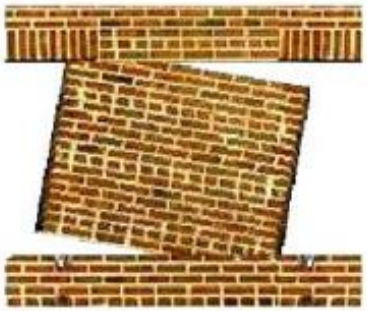


کاهش خرابی خارج از صفحه در دیوارهای پشت‌بنددار

۲) شکست داخل صفحه

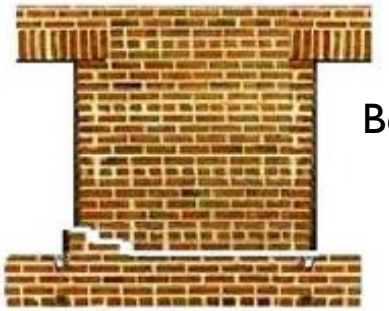
نیروهای درون صفحه ای که در اثر وقوع زلزله به دیوارهای بنایی وارد میشوند، بسته به هندسه آنها (نسبت ارتفاع به طول)، مشخصات مصالح، میزان نیروی محوری و عوامل دیگر ممکن است باعث وقوع انواع متفاوتی از گسیختگیهای داخل صفحه دیوار شوند. از مهمترین این خرابی ها که مورد توجه آیین نامه های ارزیابی لرزه ای هم می باشند می توان به موارد زیر اشاره نمود:

Rocking



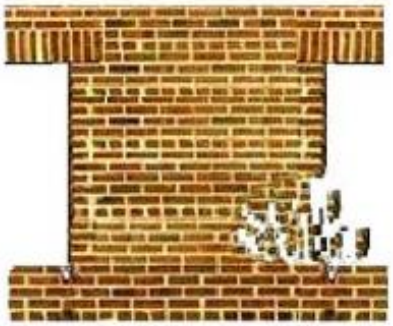
ب) مود شکست بر اثر حرکت گهواره‌ای

Bed-joint sliding



الف) مود شکست بر اثر لغزش درز ملات

Toe crushing



د) مود شکست بر اثر فشار در پنجه

Diagonal tension

ج) مود شکست بر اثر کشش قطری

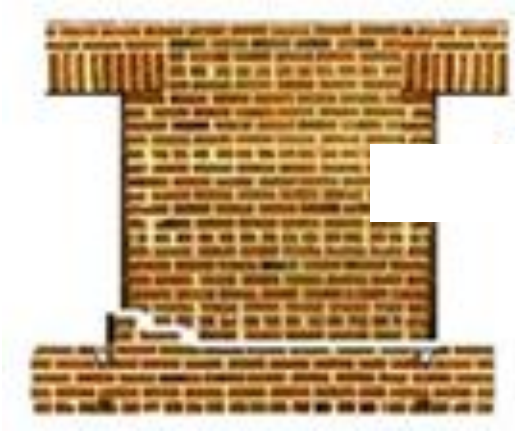
مکانیزم‌های شکست در یک دیوار بنایی

۲-الف) لغزش درز ملات افقی

- این مود خرابی بر اثر پیشرفت ترک افقی در راستای ملات بین آجرها به وجود می آید.
- در این حالت دیوار در امتداد ملات افقی دچار لغزش میشود. این مود خرابی ممکن است به دو صورت اتفاق بیفتد:

۱- لغزش روی صفحه افقی،

۲- لغزش روی صفحه پله ای (پس از وقوع ترک قطری).



Bed-joint sliding

لغزش درز ملات پس از ترک خوردگی قطری

نکته:

- لغزش درز ملات نوعی مود خرابی کاهنده غیرشکلپذیرو با اتلاف انرژی بسیار زیاد در چرخه هیسترزیس می باشد. حالت لغزش پله ای به طور تئوریک قابل وقوع است ولی در نمونه های واقعی به ندرت گزارشاتی از وقوع آن وجود دارد.

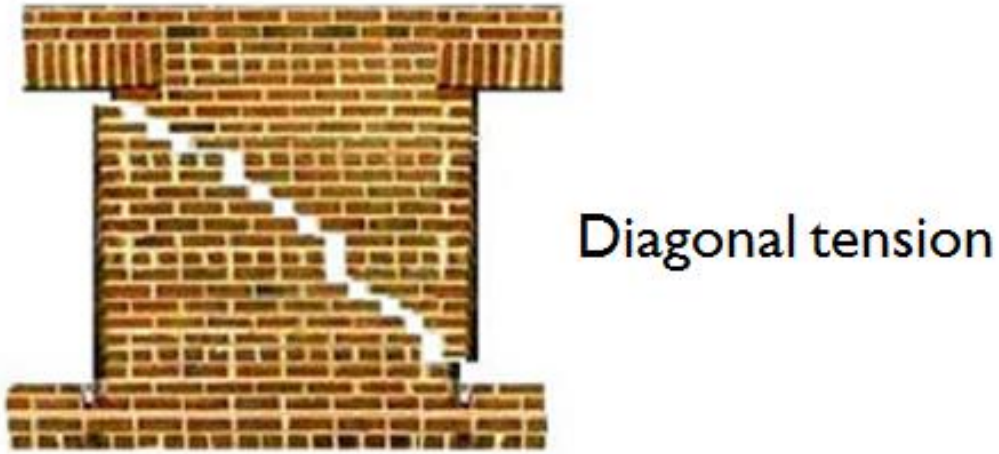
الف) مود شکست بر اثر لغزش درز ملات

۲-ب) کشش قطری

- در این حالت ترک قطری کششی بدون شکل پذیری زیاد در دیوار رخ می دهد.

۱- به طور معمول این حالت در دیوارهای با **ملات قوی** و **آجر ضعیف** با نیروی فشاری زیاد ایجاد میشود. ترکها در این مود خرابی به صورت ضربدری بوده و **از داخل آجرها** عبور می کنند. در بیشتر اوقات ترک خوردگی به سرعت و به صورت شکست ترد رخ میدهد .

۲- حالت دیگر تر ک خوردگی قطری، ترک خوردگی پله ای است که در **شرایط ملات ضعیف، آجر قوی** رخ میدهد که در بخش لغزش درز در مورد آن توضیح داده شد.

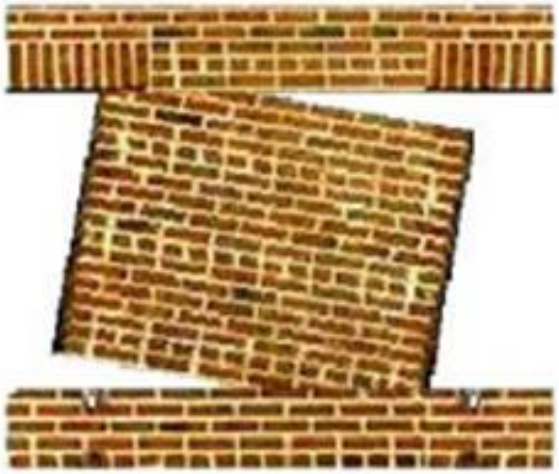


ج) مود شکست بر اثر کشش قطری

۲-ج)حرکت گهواره ای

- در این حالت زمانیکه پاشنه دیوار در اثر خمش زیاد، ترک می خورد دیوار مانند جسمی صلب حول پنجه می چرخد.
- این مود خرابی عموماً زمانی رخ می دهد که **ظرفیت برشی دیوار زیاد، پایه آن لاغر و نیروی فشاری کم باشد.** تغییرشکل های دیوار در این حالت پس از ترک خوردگی زیاد بوده و می تواند برای سیکلهای زیادی پایدار باشد.

Rocking

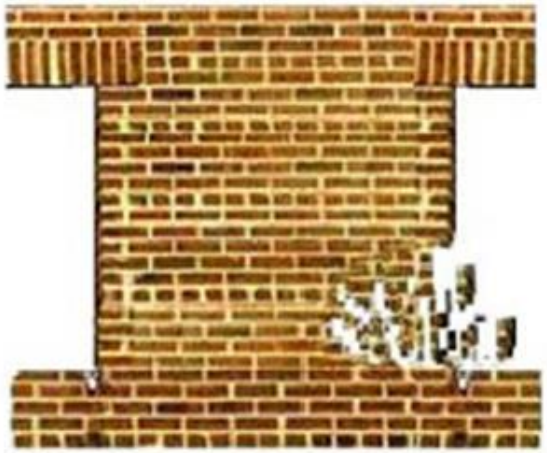


ب) مود شکست بر اثر حرکت گهوره‌ای

۲-د)خرابی فشاری پنجه

- در این حالت در اثر فشار زیاد، پنجه دیوار دچار خردشدگی می شود که شکل پذیری زیادی برای دیوار به همراه نمی آورد و از مودهای غیرشکل پذیر محسوب می شود.
- این حالت از خرابی عموماً پس از وقوع حرکت گهواره ای و به دلیل چرخش دیوار روی پنجه آن رخ می دهد. به همین دلیل بعضی از روشهای ارزیابی لرز های سازه های بنایی مود خرابی حرکت گهواره ای و خرابی پنجه را به طور مشترک مورد بررسی قرار میدهند.

Toe crushing



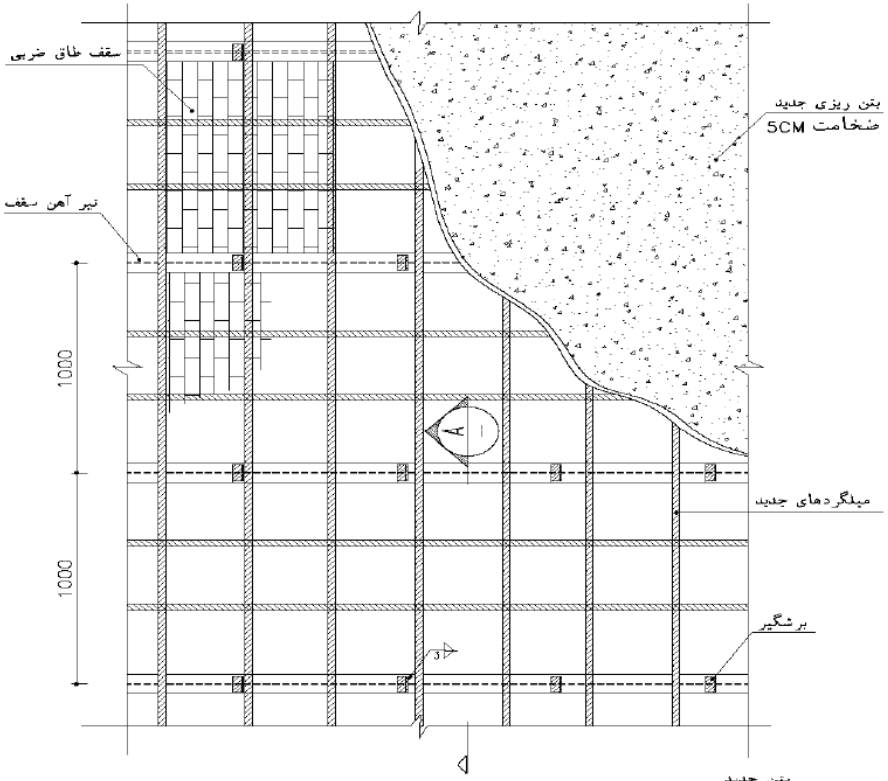
د) مود شکست بر اثر فشار در پنجه

بخش سوم- روش های بهسازی سقف (یکپارچه نمودن سقف)

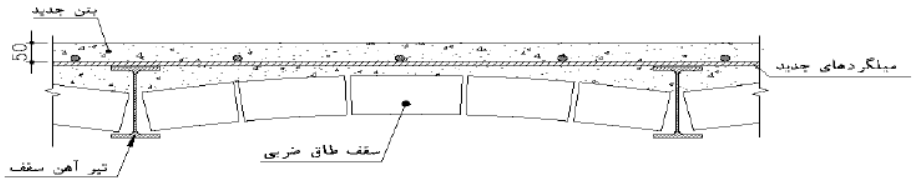
۳

- سقفهای دال بتنی درجا، بتنی پیش ساخته با اتصالات مناسب، سقف تیرچه بلوک و تیرچه های فلزی از صلبیت برشی کافی برخوردارند.
- سقف طاق ضربی، جزء سقفهای ذکر شده نیست و باید منسجم و در صورت نیاز صلب گردد. در سقف های طاق ضربی برای ایجاد انسجام و یکپارچگی از روش های زیر استفاده می شود:

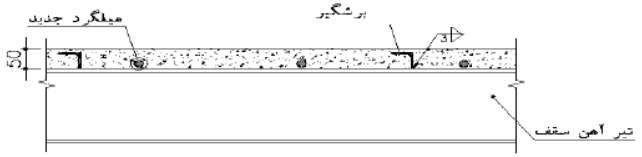
۱) ابتدا خاک، سنگ و نخاله روی آجرها را برداشته و مطابق شکل میلگردهایی را به تیرها جوش میدهند. سپس روی سقف بتن می ریزیم تا پوششی به ضخامت حداقل ۵ سانت ایجاد گردد.



جزئیات صلب کردن سقف

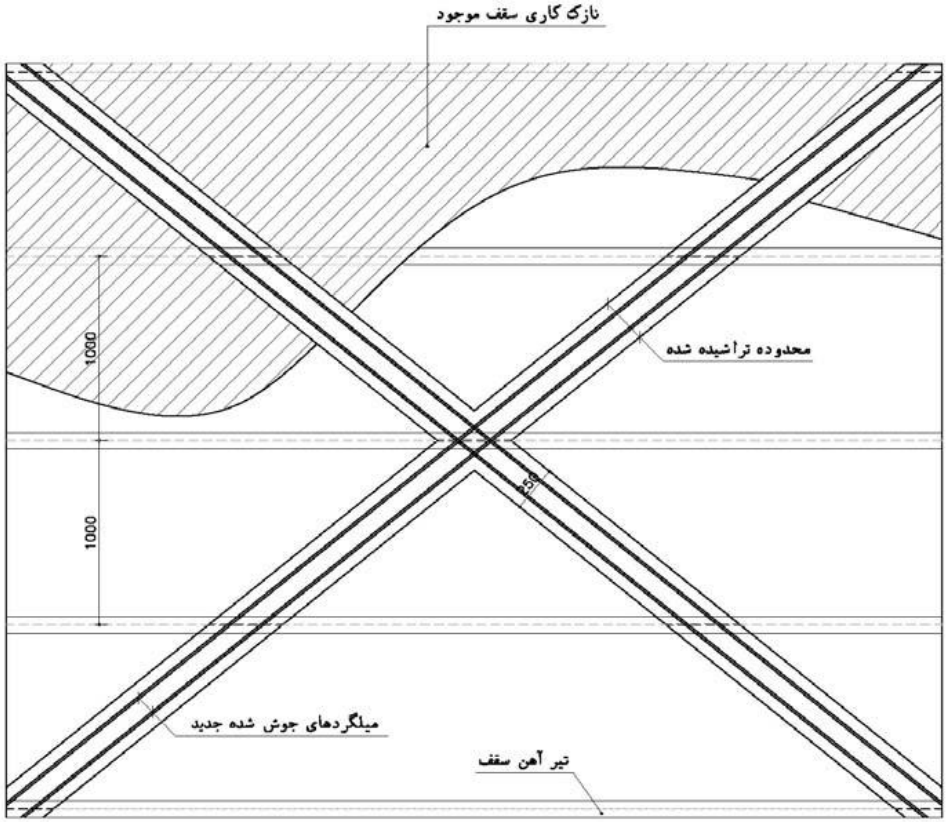


SECTION A



جزئیات اتصال برشگیرها

۲) اندود سقف را از داخل هر اتاق به صورت ضربدری می تراشیم و یک جفت میلگرد نمره ۸ یا تسمه را مطابق شکل زیر به تیر آهن جوش میدهیم.



محل برش و میلگردهای جدید اجرا شده سقف از داخل اطاق

بهسازی سقف با تسمه فولادی

شرایط انسجام و یکپارچگی برای سقفهای طاق ضربی به صورت زیر بیان شده اند:

الف- فاصله بین تیرآهن‌ها از یک متر تجاوز نکند.

ب- تیرآهن باید به گونه‌ای مناسب به کلاف افقی متصل گردد.

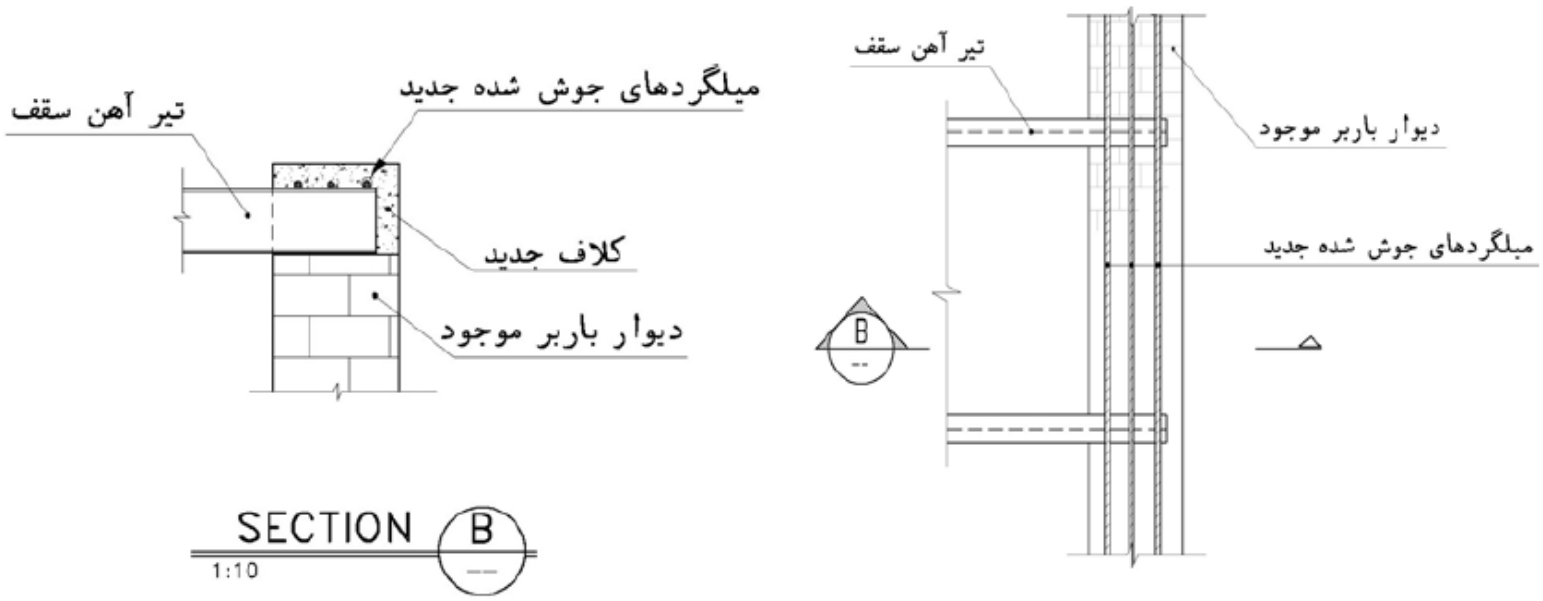
پ- تیرآهن باید بوسیله میلگرد و یا تسمه فولادی به صورت ضربدری به یکدیگر بسته شوند به طوری که اولاً طول مستطیل ضربدری شده بیش از ۱/۵ برابر عرض آن نباشد و ثانیاً مساحت تحت پوشش هر ضربدری از ۲۵ مترمربع تجاوز ننماید.

ت- تکیه‌گاه مناسبی برای پاطاق آخرین دهانه طاق ضربی تعبیه گردد.

ث- حداقل سطح مقطع میلگرد و یا تسمه که برای مهاربندی ضربدری تیرآهنهای سقف و یا استوارکردن آخرین دهانه بکار می‌رود، میلگرد ۱۴ میلیمتری و یا تسمه معادل آن باشد.

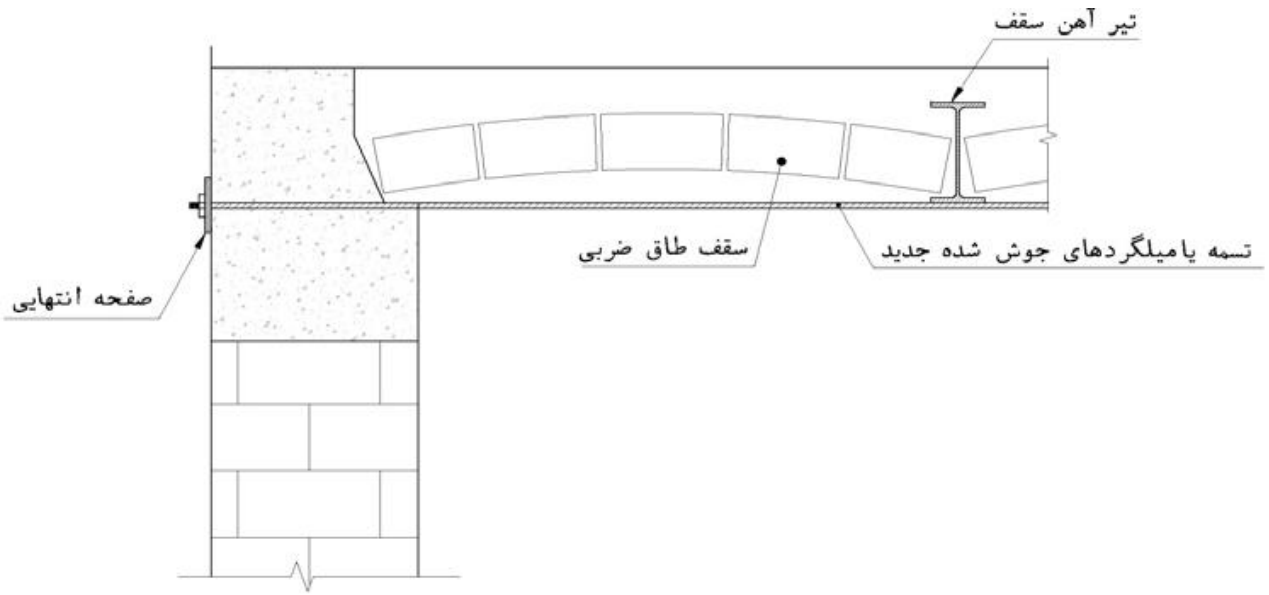
در این روش سقف به صورت کامل صلب نمی‌شود ولی اسنجام ویکپارچگی مناسبی در آن بوجود می‌آید.

۳) روی دیوارهای باربر، فاصله بین تیرها را تمیز کرده پس از جوش دادن سه میلگرد نمره ۱۸ به تیرها روی آنها بتن ریزی به گونه ای انجام می شود که کلاف افقی به ارتفاع حداقل ۲۵سانت ایجاد شود.



بهسازی سقف با ایجاد کلاف جدید

٤) یکی دیگر از راهکارهای بهسازی سقف و منسجم نمودن آن (سقفهای مسطح با طاق ضربی) استفاده از بست های افقی است. این بست ها باید حداقل در انتهای چشمه ها و در یک چهارم دهانه ها مطابق شکل قرار گیرند تا برش قوسها توسط این بستها متعادل شود. لازم است که بستها به صورت پیوسته در زیر تمامی دهانه ها ادامه یابد.



بهسازی سقف با مهار پاطاق

- در بعضی نقاط ایران، سقفها با **تیرهای چوبی و کاهگل** ساخته میشوند.
- توصیه می گردد در صورت امکان، این سقف ها برچیده شده و با نوع مناسبتری جایگزین گردد.
- در غیر اینصورت حداقل به رو شهای فوق با تعبیه میلگردهای ضربدری از رو یا زیر و ایجاد کلافهای افقی روی دیوارهای باربر اطراف، اندکی به صلبیت آنها افزوده گردد.
- لازم به ذکر است که این نوع سقفها یا انواع نظیر آنها مانند سقفهای شیروانی یا ساخته شده از صفحات موجدار فلزی، ماهیتاً از نوع انعطا ف پذیر هستند.

بخش چهارم- تقویت ساختمان های بنایی در مقابل بارهای جانبی

۴

- روشهای مختلف افزایش سختی و مقاومت سازه های بنایی

شرایط ساختمان

مهارت، اطلاعات، تجربه و سلیقه مهندس

مسائل اقتصادی

- در ساختمانهای بنایی سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی، دیوارهای باربر سازه می باشند، برای تقویت ساختمان در مقابل بارهای لرزه ای بیشتر طرحهای ارائه شده در رابطه با دیوارها می باشند.

۱- سیستم کامپوزیت FRP

۲- روکش بتنی[1]

۳- تعبیه دیوار برشی

۴- استقرار دیوارهای جدید

۵- استفاده از پشت‌بند

۶- تزریق صمغ اپوکسی یا ملات

۷- تعبیه کلاف‌های قائم

[1] Shotcrete

٤-١- سیستم کامپوزیت FRP

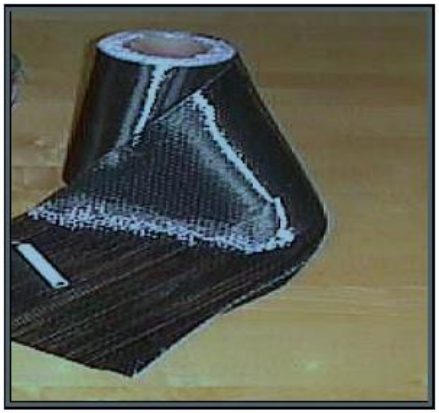
استفاده از سیستم‌های FRP برای مقاوم‌سازی سازه‌های بتنی از حدود اواسط سال ۱۹۸۰ میلادی رواج یافت. در سالهای اخیر استفاده از این سیستم در سراسر جهان به طور چشمگیری رشد نموده است.

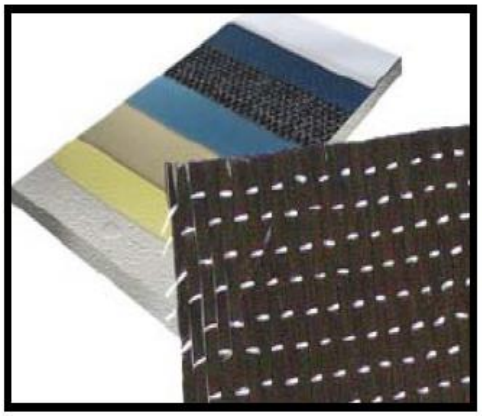
مزیت اصلی مصالح FRP، نسبت بالای مقاومت به وزن و مقاومت زیاد آن در مقابل خوردگی می‌باشد. مقاومت بالای آنها در عین حال که وزن کمی دارند سبب می‌گردد که جابجایی و حمل و نقل آنها راحت‌تر بوده و هزینه استفاده از آنها کاهش یابد. همچنین مقاوم بودن آنها در برابر خوردگی سبب دوام و پایا بودن عملکرد آنها می‌گردد.

صفحات FRP حداقل دو برابر مقاومت صفحات فولادی را دارا هستند که این مقدار می‌تواند تا ۱۰ برابر مقاومت صفحات فولادی نیز افزایش یابد در حالیکه وزن آنها فقط ۲۰٪ وزن فولاد است.

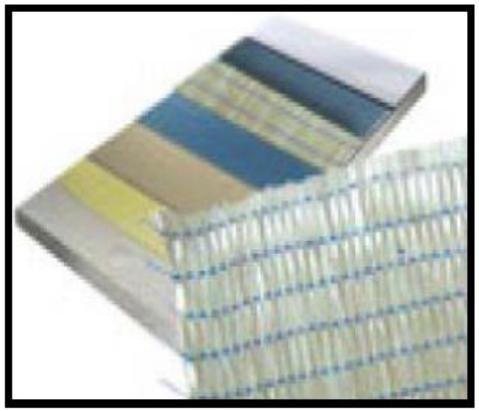
FRP

- مجموعه ای از الیاف می باشد که توسط **رزین** به یکدیگر متصل شده اند.
- بسته به نوع الیاف مصرفی، به سه دسته الیاف شیشه، الیاف کربن و الیاف آرامید تقسیم می شوند.
- رزین های مورد استفاده هم عبارتند از پلی استر، نیل استر و اپوکسی.

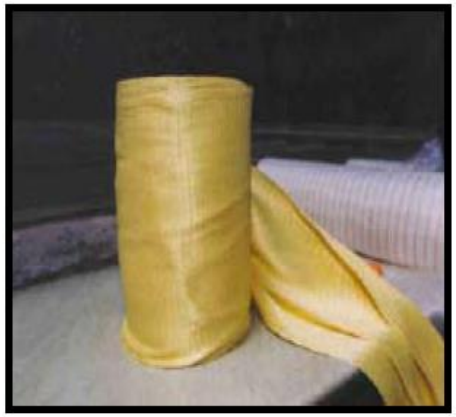


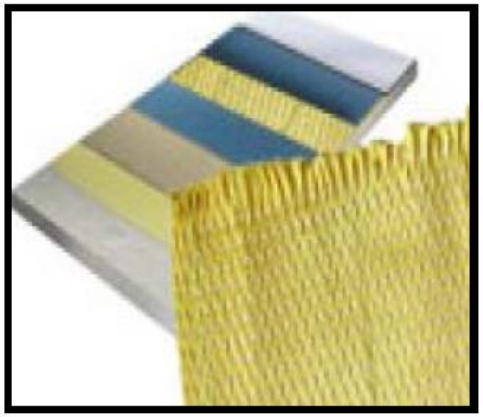


CFRP الیاف کربن



GFRP الیاف شیشه





AFRP الیاف آرامید

دو روش متداول برای استفاده از FRP در مقاوم‌سازی سازه وجود دارد:

روش اول چسباندن تر می‌باشد. در این روش در محل اجرا، از رزین برای آغشته‌سازی الیاف به هم بافته نشده استفاده می‌گردد. روش دوم استفاده ازمصالح FRP پیش‌ساخته می‌باشد. مصالح پیش‌ساخته‌FRP می‌تواند به اشکال متفاوتی تولید شودکه هم مناسب برای مقاوم‌سازی تیرها در برابر خمش باشد و هم به شکل صفحاتی که بتوان از آنها برای دور پیچ کردن ستونها استفاده کرد.

روش چسباندن تر این مزیت را دارد که استفاده از آن در نقاط غیرمسطح و دارای انحنا و نیز لبه‌های مقطع راحت‌تر است. به همین دلیل به نظر می‌رسد که تقویت دیوارهای آجری که معمولاً دارای سطوح غیرمسطح هستند با روش چسباندن تر، مناسب‌تر خواهد بود.

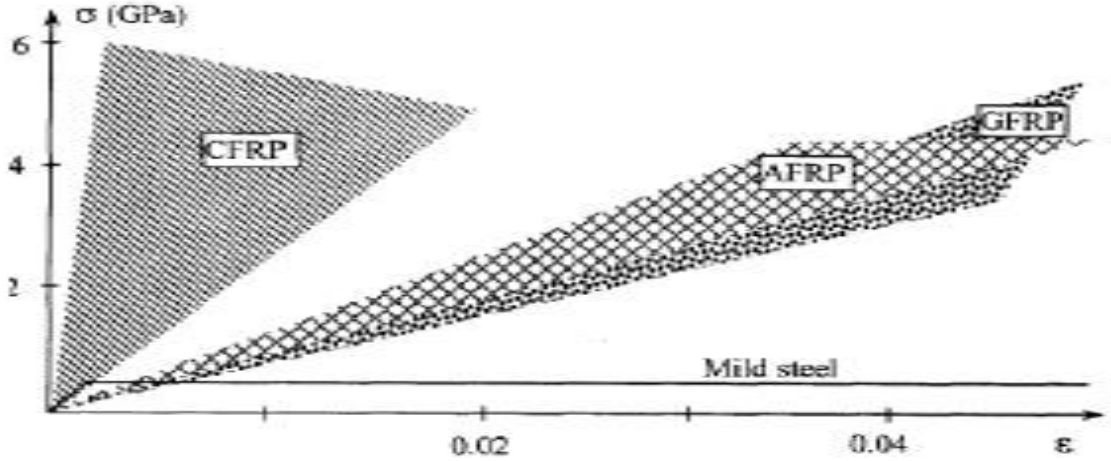
مشخصات مکانیکی انواع الیاف

جنس	مشخصات	مدول الاستیسیته (Gpa)	مقاومت کششی (Mpa)	حدنهایی کرنش کششی (%)
کربن	با مقاومت بالا	۲۱۵–۲۳۵	۳۵۰۰–۴۸۰۰	۱/۴–۲
	با مقاومت بسیار بالا	۲۱۵–۲۳۵	۳۵۰۰–۶۰۰۰	۱/۵–۲/۳
	با مدول بالا	۳۵۰–۵۰۰	۲۵۰۰–۳۱۰۰	۰/۵–۰/۹
	با مدول بسیار بالا	۵۰۰–۷۰۰	۲۱۰۰–۲۴۰۰	۰/۲–۰/۴
شیشه	E	۷۰	۱۹۰۰–۳۰۰۰	۵
	S	۸۵–۹۰	۳۵۰۰–۴۸۰۰	۴/۵–۵/۵
آرامید	با مدول متوسط	۷۰–۸۰	۳۵۰۰–۴۱۰۰	۴/۳–۵
	با مدول الاستیسیته بالا	۱۱۵–۱۳۰	۳۵۰۰–۴۰۰۰	۲/۵–۳/۵

- آنچه مسلم است انتخاب نوع مصالح بسته به نوع سازه مورد مقاوم سازی و پارامترهای تعیین کننده دیگری از جمله شرایط کاری و هزینه برآورد شده، می تواند توسط مهندس طراح مورد بررسی قرار گیرد.

مقایسه کاربردی انواع الیاف

اعضا	کاربرد	کامپوزیت آرامید	کامپوزیت شیشه	کامپوزیت کربن
تیر	خمش	خوب	کافی	خیلی خوب
	برش	خوب	کافی	خیلی خوب
	خدمت پذیری	ناکافی	ناکافی	خیلی خوب
دال	خمش	خوب	کافی	خیلی خوب
	برش	خوب	کافی	خیلی خوب
	خدمت پذیری	ناکافی	ناکافی	خیلی خوب
ستون	خمش	خوب	کافی	خیلی خوب
	برش	خوب	کافی	خیلی خوب
	خدمت پذیری	ناکافی	ناکافی	خیلی خوب
	ضربه	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب
	لرزه	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب
دیوار	خمش	خوب	کافی	خیلی خوب
	برش	خوب	کافی	خیلی خوب
	خدمت پذیری	ناکافی	ناکافی	خیلی خوب
	ضربه	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب
	لرزه	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب



نمودار تنش- کرنش تک محوری انواع الیاف (کربن، شیشه و آرامید) و فولاد

رزین ها رزین های پلیمری

- ماده نگهدارنده الیاف در ساخت لایه
- چسباندن این لایه ها بر روی بتن، آجر

امروزه رزین های اپوکسی بسیارقوی تولید میشوند، به گونه ای که خیلی ازشکستهای چسبندگی به صورت کنده شدن لای هایی از بتن یا آجر (یعنی در اثر ضعف بتن یا آجر) رخ می دهد.

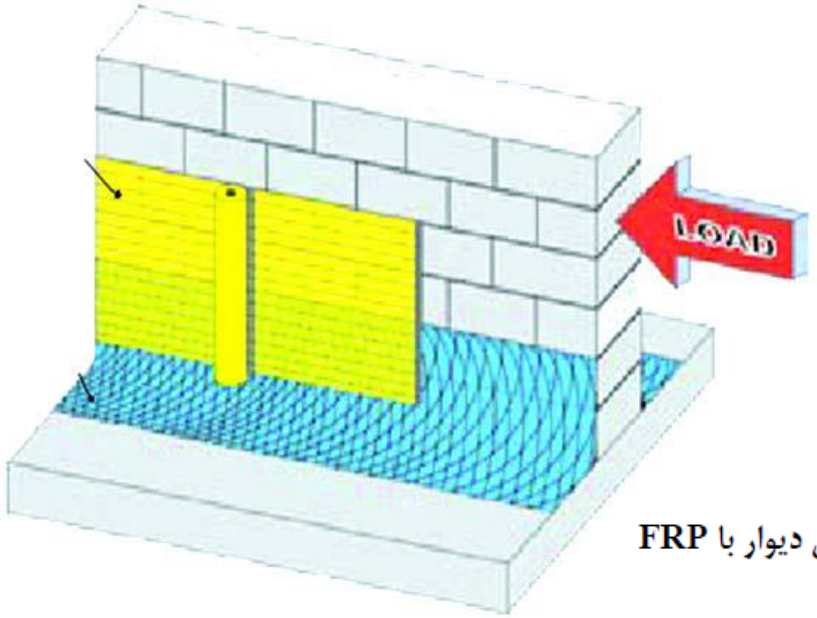
روش و تکنیک مقاوم سازی با FRP

- روش چسباندن نوارهای تولید شده پیش ساخته
- باید تا حدی که امکان اجرایی وجود دارد، در جهت محور اصلی تنشهای کششی عضو باشد.

❖ تقویت دیوارهای آجری بدون اعضای بتنی یا فولادی محیطی

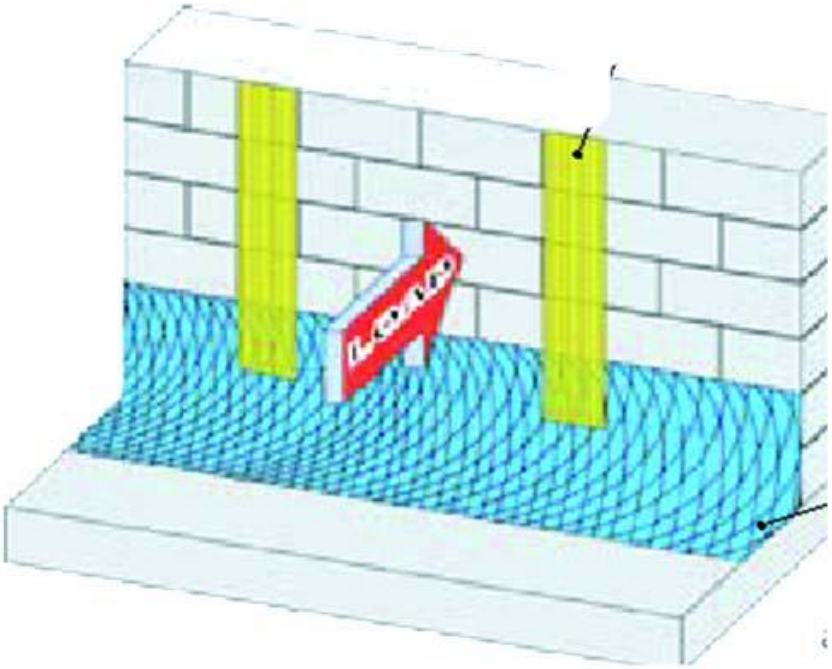
الف: تقویت برشی

دیوارهایی که نسبت بعدی (ارتفاع به طول) کمی دارند دچار شکست برشی شده و ترکهای قطری در آنها ظاهر می شوند. مود شکست در این حالت به صورت ترد در دیوار رخ می دهد.

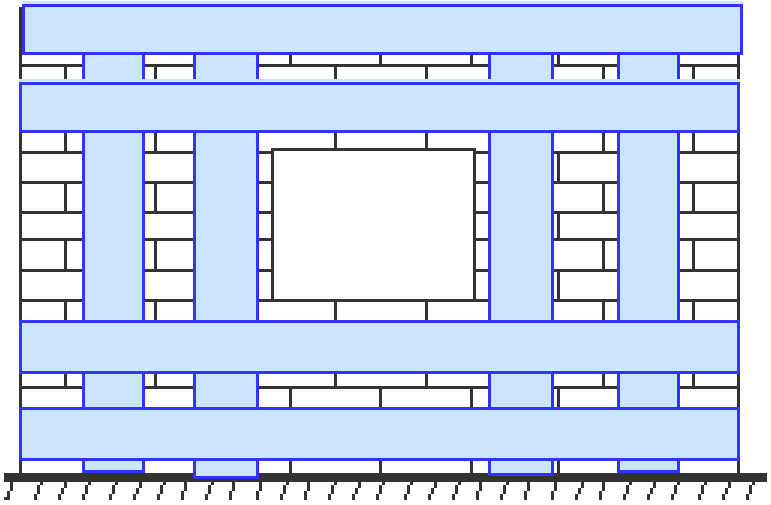


تقویت برشی دیوار با FRP

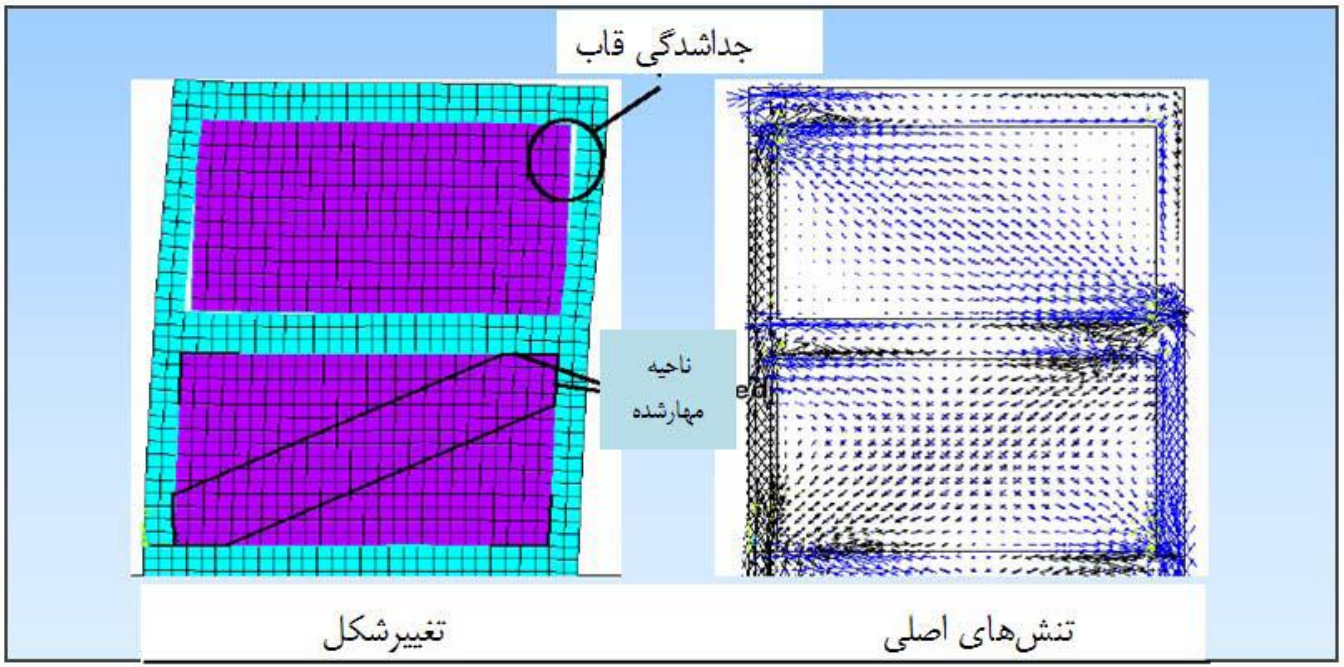
ب: تقویت خمشی



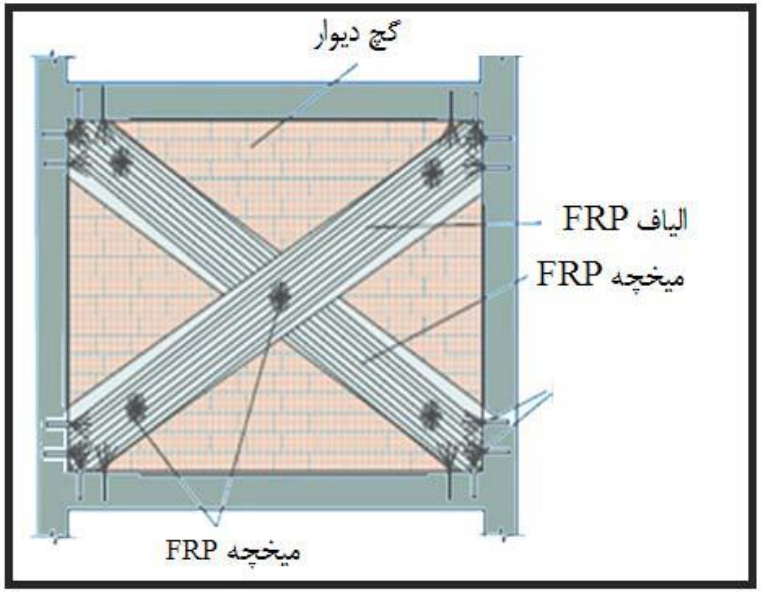
ب: تقویت همزمان



تقویت برشی و خمشی همزمان با استفاده FRP



رفتار دیوارهای آجری با اعضای بتنی یا فولادی محیطی



تقویت برشی و خمشی دیوارهای آجری با اعضای محیطی

نحوه اجرا و نصب نوارهای FRP

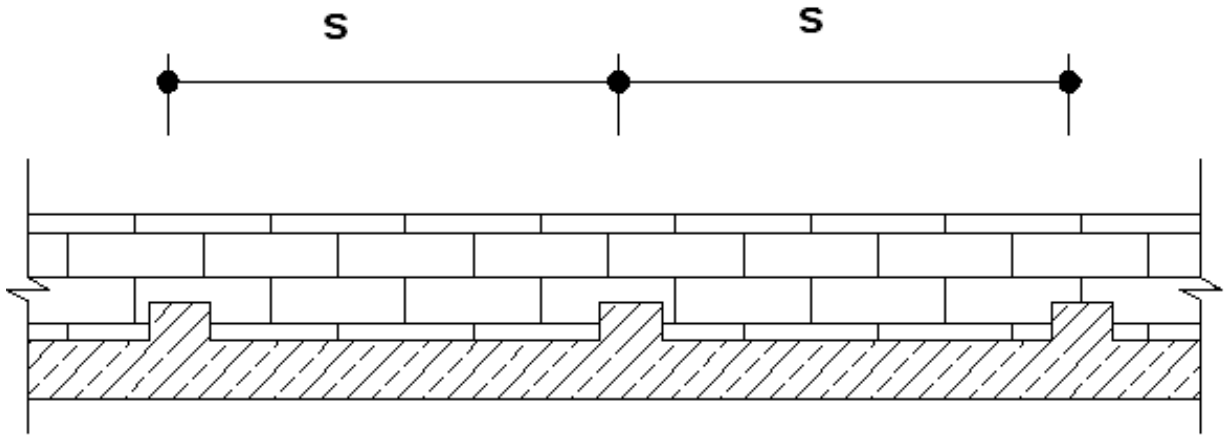
نحوه اجرا و نصب نوارهای FRP

٤-٢- روکش بتنی

- یکی از روشهای موثر تقویت ساختمانهای موجود ایجاد روکش بتنی روی دیوارهاست. در این روش **شبکه ای از میلگردهای افقی و قائم روی دیوار نصب می شود و سپس بر روی آن بتن می پاشند**.

- با ایجاد روکش بتنی در سطوح بیرونی یا درونی دیوارهای آجری می توان مقاومت لرزه ای ساختمان را به طور چشمگیری افزایش داد، آنگاه این دیوارهای آجری- بتنی میتوانند مانند دیوارهای برشی بتنی نیروی جانبی زلزله را بگیرند.

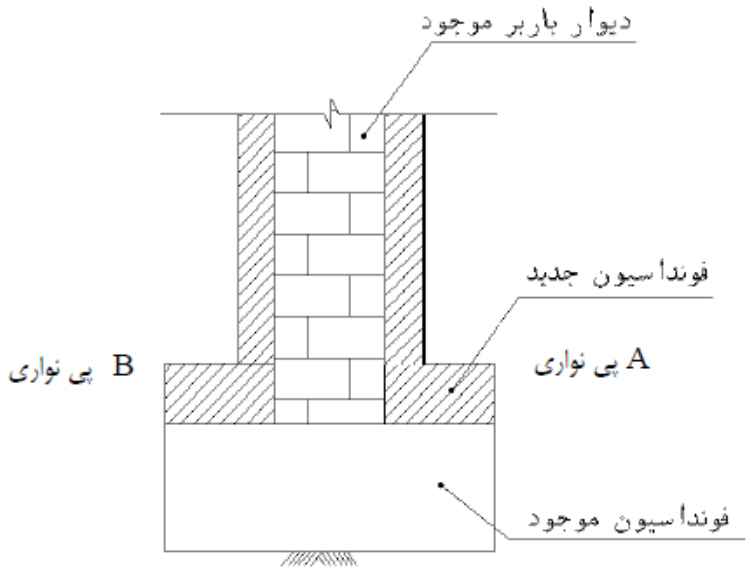
- برای ایجاد روکش بتنی باید در دیوار شیارهای قائم ایجاد کرد تا پس از پاشیدن بتن این شیارها همچون کلاف قائم عمل کرده و علاوه بر تقویت مقاومت خمشی دیوار، روکش بتنی و دیوار آجری را به طور مناسبی با هم یکپارچه کنند.



اجرای کلاف با روکش بتنی

٤-٢-١- تقویت پی دیوارهای روکش شده

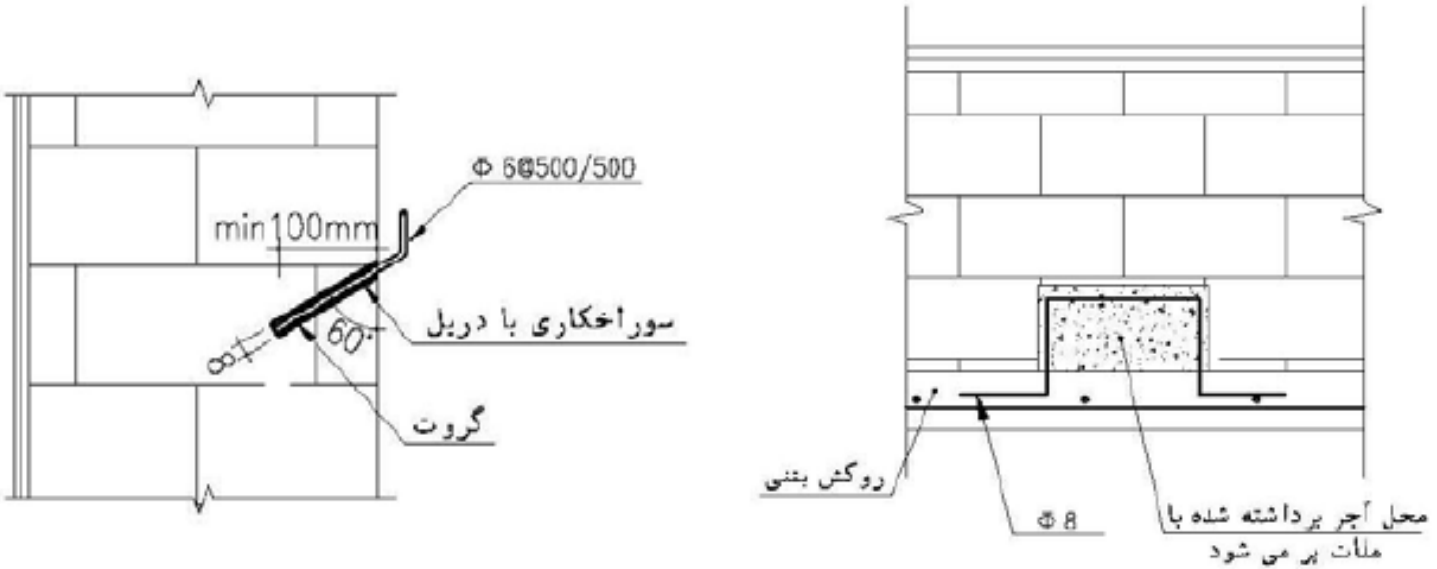
- ✓ نیروی افقی حاصل از زلزله که به دیوارهای روکش شده وارد می شود باید به زمین منتقل گردد. بدین منظور میتوانیم از ایجاد پی نواری بتنی روی فونداسیون دیوار موجود استفاده نماییم.



فونداسیون روکش بتنی

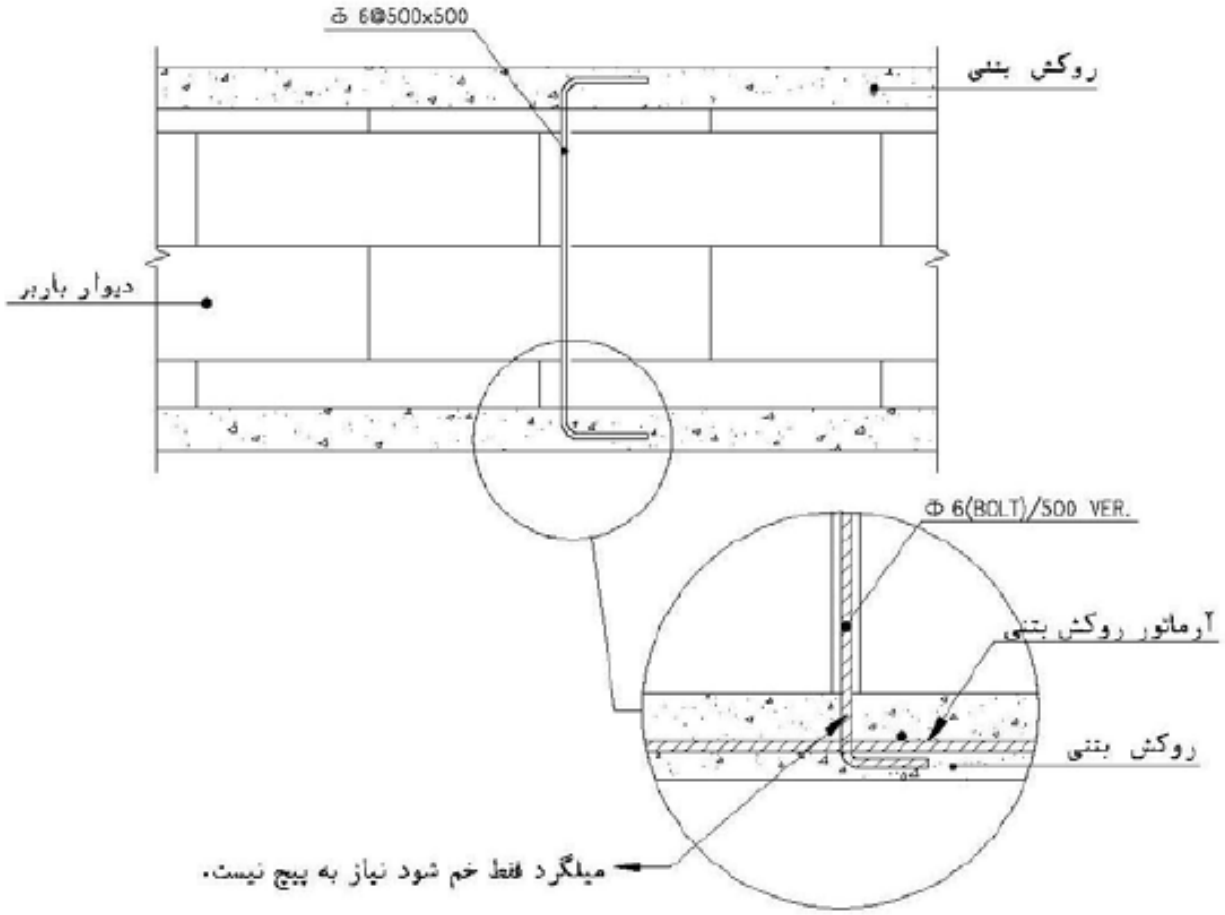
٤-٢-٢- اتصال میلگردهای روکش بتنی به دیوار بنایی

- ✓ برای اتصال شبکه آرماتورها به دیوار از برشگیرهایی که به دیوار متصل میشوند استفاده می گردد. این برشگیرها با زاویه ای به دیوار متصل شده و اطراف آنها با گروت پر می شود. جهت اتصال بهتر شبکه آرماتور بهتر است برشگیرها به صورت عصایی شکل خم می شوند.



نمونه‌ای از اتصال شبکه آرماتورهای روکش بتنی به دیوار(برشگیرها)

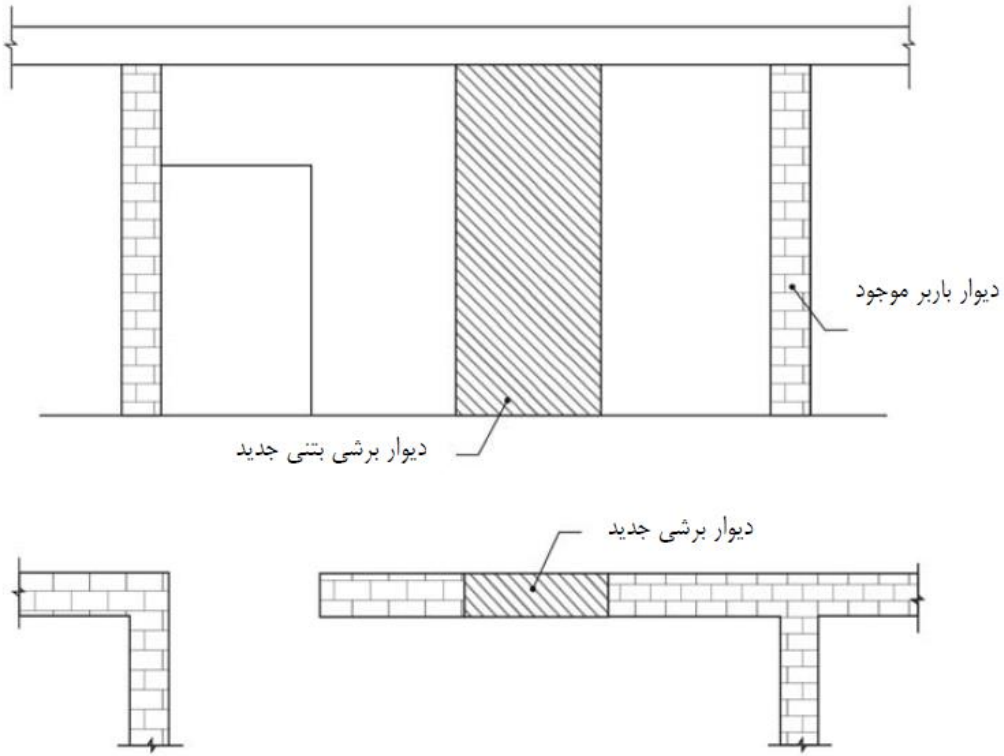
- در **روکش های دورو** برای اتصال میلگردهای روکش بتنی از میلگردهائی که از داخل دیوار عبور می کنند ، مطابق شکل استفاده می شود.



نمونه‌ای از اتصال روکش دورو

٤-٣- تعبیه دیوار برشی

- ✓ پس از اینکه سقف را یکپارچه (صلب) ساختیم، می توانیم با استفاده از دیوارهای برشی ساختمان را در یک یا هر دوجهت مقاوم کنیم. برای مقاوم سازی به این روش ابتدا باید بخشی از دیوار موجود را برداشته و بجای آن دیوار برشی بتنی مسلح ساخته شود.
- ✓ مقاومت این دیوار برشی با استفاده از روشهای محاسباتی موجود برای دیوار بتن مسلح محاسبه میشود.



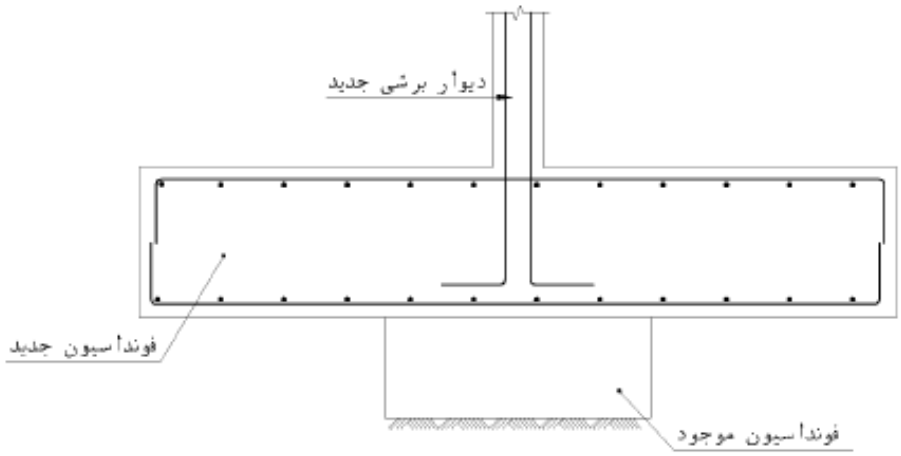
جایگزین کردن دیوار برشی جدید به جای دیوار بنائی

٤-٣-١- اتصال دیوارهای برشی در طبقات

- ✓ چنانچه دیوار برشی در بیش از یک طبقه از ساختمان امتداد داشته باشد باید حتماً از سقف عبور نماید و با طبقه بعدی به طور یکپارچه عمل کند. بدین منظور باید سقف را تراشید و میلگردها را عبور داد؛ در صورت وجود تیرآهن در سرراه، آن را درون بتن غرق می کنیم (به طور کامل اطراف آنرا بتن فرا می گیرد).

٤-٣-٢- پی دیوارهای برشی

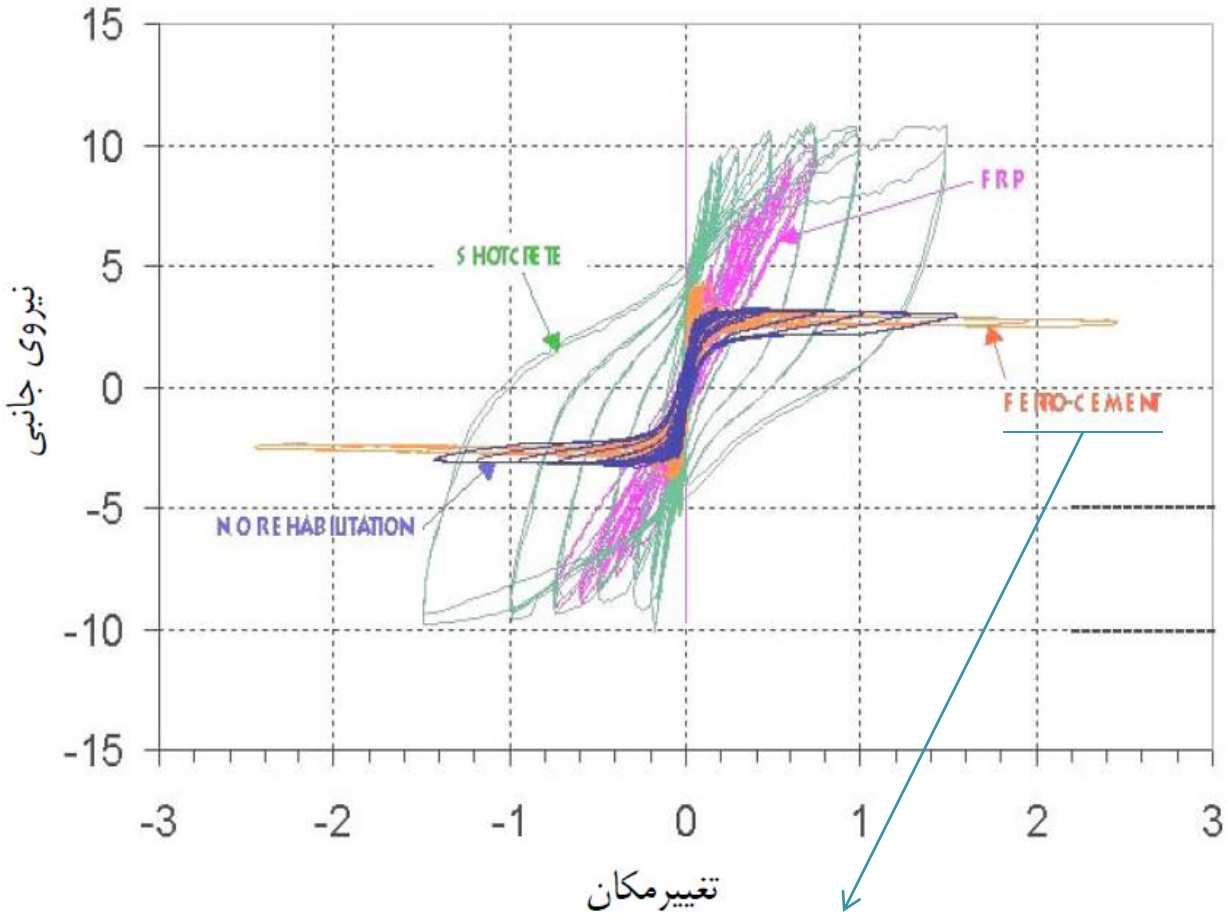
- ✓ دیوارهای برشی به دلیل مقاومت فوق العاده شان، برای تحمل نیروی زلزله بخش بزرگی از ساختمان کافی هستند. به همین سبب مسئله مهم در مورد آنها طراحی پی است که باید این نیروی بزرگ را به زمین منتقل کند.
- ✓ توصیه می شود بجای تعریض پی دیوارهای موجود، بخشی از کف اتاق را مطابق شکل بتن ریزی کرد و آن را به عنوان پی دیوار برشی مورد استفاده قرارداد.



٤-٣-٣- مقایسه روش تقویت روکش بتنی با روش تعبیه دیوار برشی

- ✓ اگر از روش تقویت روکش بتنی استفاده نماییم، اولاً دیوارهای موجود تخریب نمی گردند و ثانیاً از دیوار آجری قدیمی به عنوان قالب استفاده می شود.
- ✓ استفاده از روکش بتنی و دیوارهای برشی باعث افزایش وزن ساختمان میگردد.
- ✓ برای اینکه دیوارهای برشی بتوانند نیروی جانبی ساختمان را به طور کامل تحمل کنند باید سقف سازه صلب باشد ولی در روکش بتنی نیاز به صلب بودن سقف نمیباشد.
- ✓ اگر از روش دیوار برشی استفاده شود برای دیوارهای آجری باقیمانده با طول بیش از ۵ متر نیاز به تعبیه کلاف قائم داریم ولی در روش روکش بتنی کلاف قائم نیز به وجود می آید.
- ✓ در روش اجرای دیوار بتنی از فضای اطاقها کاسته نمی شود ولی در روش روکش بتنی از فضای اطاقها به علت افزایش ضخامت دیوار کاسته می شود.

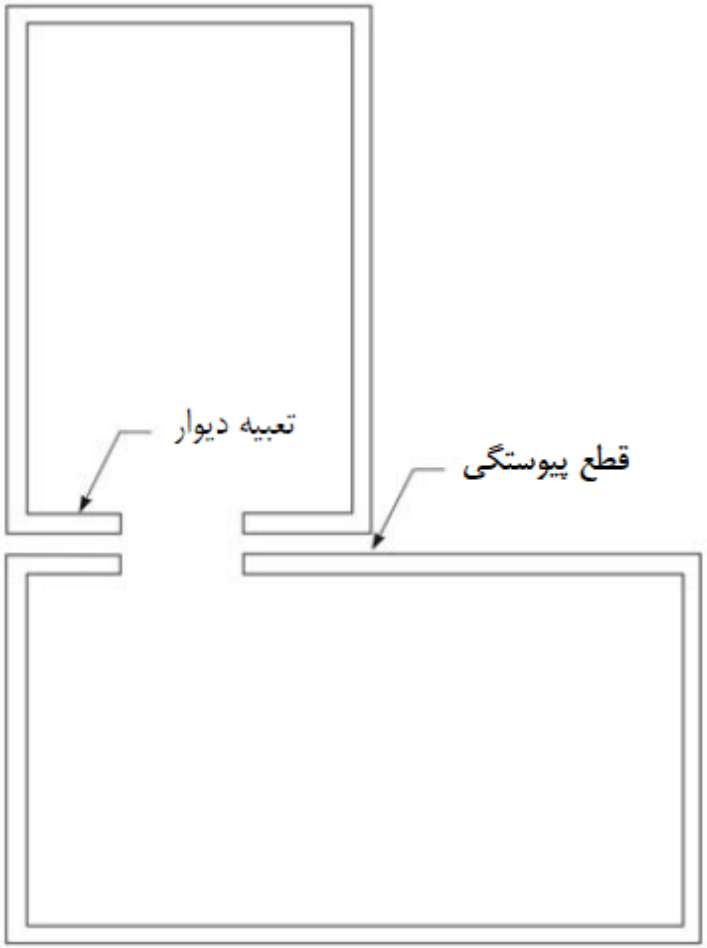
- ظرفیت شکل پذیری روش های فوق با یکدیگر مقایسه شده است.



ferro-cement
is a system of construction using reinforced mortar or plaster (lime or **cement**, sand and water) applied over an "armature" of metal mesh, woven expanded-metal or metal-fibers and closely spaced thin steel rods such as rebar.

٤-٤- استقرار دیوارهای جدید

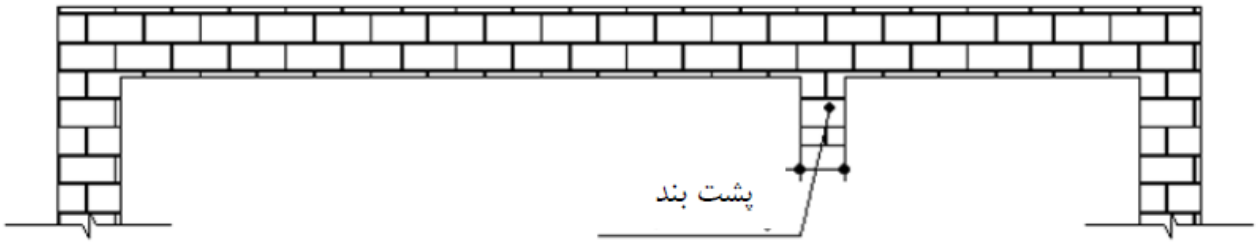
- در حین زلزله، ساختمانهای نامتقارن در معرض اثرات پیچش واقع می شوند. با جداسازی قسمتهایی از ساختمان می توان مرکز جرم را بر مرکز سختی منطبق نمود که در این صورت پیچش در ساختمان اتفاق نمی افتد.



٤-٥- استفاده از پشت بند

دیوارهای عمود بر دیوار سازه‌ای، پشت‌بند نامیده می‌شود که از شکست و جداشدن دیوارهای طویل جلوگیری می‌کنند.

براساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران، دیواری به عنوان پشت‌بند تلقی می‌شود که ضخامت آن حداقل ۲۰ سانتیمتر و طول آن با احتساب ضخامت دیوار سازه‌ای حداقل برابر $\frac{۱}{۶}$ بزرگترین دهانه طرفین پشت‌بند باشد.



آیین نامه ۲۸۰۰ ایران حداکثر طول مجاز دیوار سازه‌ای بین دو پشت‌بند را ۳۰ برابر ضخامت آن معرفی می‌نماید مشروط برآنکه این مقدار از ۸ متر تجاوز نکند. در حالتی که دیوار سازه‌ای، شرایط ذکر شده را ارضا نکند و یا از نظر مقاومت خمشی (پرتاب خارج از صفحه دیوار) ضعیف باشد می‌توانیم با ایجاد پشت‌بندهای جدید و مهار آن به نحو مناسبی با دیوار سازه‌ای، طول دیوار سازه‌ای را کاهش داده و ساختمان را تقویت نماییم.

برای اتصال پشت‌بند به دیوار، بهتر است از میلگردهای مهاری به عنوان گیره استفاده شود. گیره‌ها هر چند رج در میان، دو دیوار را به یکدیگر متصل می‌نمایند و در مقایسه با رفتار اتصال آجر به آجر (هشت گیر) در زلزله، از نرمی بیشتری برخوردارند و در تمام مدت زلزله پایدار باقی می‌ماند.

٤-٦- تزریق صمغ اپوکسی یا ملات

- هدف این تکنیک پرنمودن ترکها و در نتیجه رفع نواقص پیوستگی بین قسمتهای مختلف ناشی از ترکهاست.
- معمولا هنگام آجرچینی، درزهای قائم بین آجرها توسط ملات کاملاً پر نمی شوند. روشهای تزریق صمغ یا ملات علاوه بر پرکردن ترکها، باعث پرشدن این درزها نیز می گردد. به نظر می رسد این عمل مقاومت دیوار در مقابل گسیختگی خارج از صفحه را تا چندین برابر افزایش دهد.
- ملاتها ترکیبی از سیمان، آهک و آب، با اسلامپ بالا را اکثراً در مواقعی که مسائل اقتصادی مهم است، بجای اپوکسی به کار می برند و در درزها و ترکهای با عرض بزرگتر از ۳ میلیمتر استفاده میکنند (با فشار پایین، درون حفره های سازه پمپاژ می شوند).
- ترکهای ریزتر با ژل اپوکسی پر می شوند. زیرا اپوکسی درون تمام حفره ها، سوراخها، ترکها و درزها به خوبی جریان میباید. اما این نوع جریان نیازمند مقدار زیادی اپوکسی است که هزینه بالایی دارد. مقاومت کششی صمغ های اپوکسی تا ۳۵ مگاپاسکال نیز می باشد.

٤-٧- تعبیه کلافهای قائم

- پس از تسلیح، موثرترین روش مقاوم سازی دیوارهای بنایی ایجاد کلاف پیرامون آنها می باشد. در این صورت دیوار کلاف بندی شده عملاً مانند **قاب مرکب** رفتار کرده و **عضو لرزه ای** تلقی می گردد، از آن گذشته ایجاد کلاف بندی به **انسجام و یکپارچگی ساختمان** نیز کمک می نماید.
- چنانچه در ساختمان، کلاف افقی در بالا و پایین دیوارها موجود باشد، اجرای کلاف قائم بسیار راحت خواهد بود. در این صورت در فواصل ۳ متری شیارهای قائمی در دیوارها ایجاد شده، آنگاه سوراخهای قائمی نیز داخل کلافهای افقی جهت عبور میلگردها در محل اتصال با کلاف قائم تعبیه می گردد.
- میلگردهای طولی در کلاف قائم از سوراخهای تعبیه شده در کلافهای افقی عبور و اطراف آنها با دوغاب سیمان، گروت و یا انواع ملاتهای منبسط شونده پر می گردد. از شیارهای ایجاد شده در دیوار نیز به عنوان قالب بتن استفاده می شود. مجموعه ایجاد شده قاب بتنی را تشکیل می دهند که دیوار بنایی را در بر می گیرد. ابعاد و سایر مشخصات کلافها باید با ضوابط مندرج در آیین نامه ۲۸۰۰ ایران تطبیق داشته باشد.
- برای اجرای کلاف قائم در وسط دیوارها میتوان از دو ورق به عرض ۱۰ سانتیمتر و ضخامت ۵ میلیمتر در دو طرف دیوار استفاده کرد. این ورق ها در فواصل ۵۰ سانتیمتری باید توسط میلگرد به دیوار متصل شوند. این دو ورق با بستهایی با ابعاد متناسب در هر ۵۰ سانتیمتر به یکدیگر متصل می شوند.

❖ مراحل اجرا به صورت زیر می باشد:

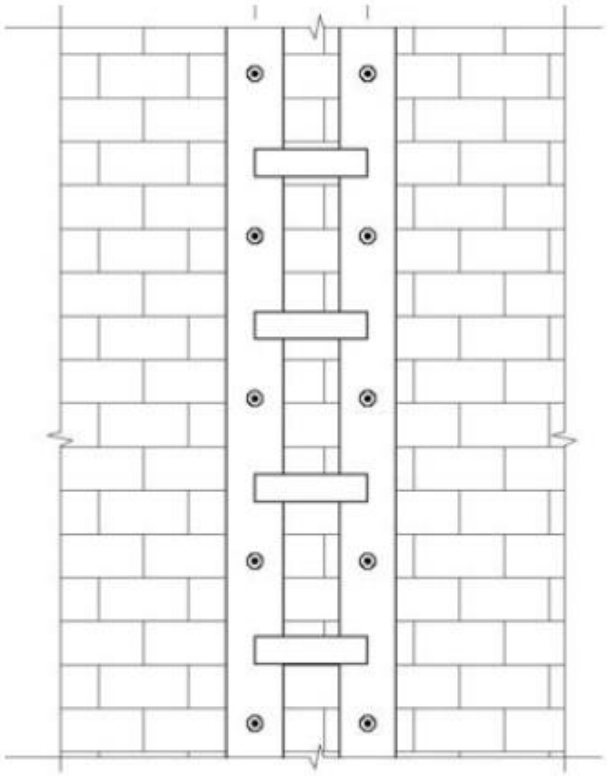
- نازک کاری در محل اجرا برداشته می شود.

- سوراخهای سرتاسری به قطر ۸ میلیمتر در فواصل ۵۰ سانتیمتری از یکدیگر ایجاد می شوند.

- سوراخهای مناسب در ورق برای اتصال ورقهای کلاف به دیوار ایجاد می شوند.

- ورقهای یک طرف دیوار بوسیله آرماتورهای رابط به فواصل ۵۰ سانتیمتر به دیوار نصب می شوند.

- از سمت دیگر آرماتورهای داخل کلاف با ملات مناسب منبسط شونده یا گروت پر شده و ورقهای آن نصب می شوند.



ممنون
از توجه شما