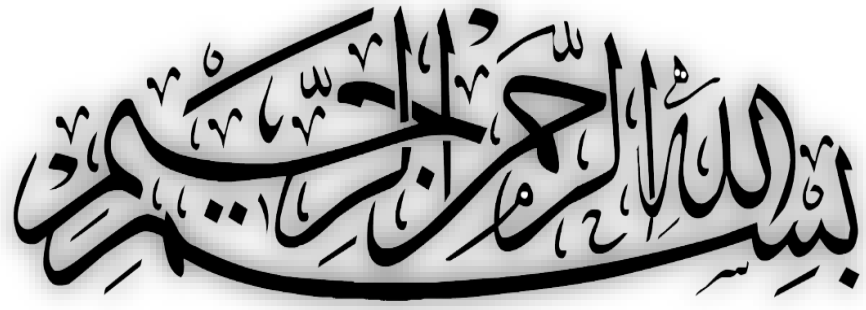


# بررسی فنی و حقوقی فروریزش ساختمان‌ها

**آذر ماه ۱۴۰۲- یزد**

# ترمیم و بهسازی ساختمان های موجود برای مقاومت در برابر فروریزش


**محمدرضا میرجلیلی**

**استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه یزد**

# سرفصل مطالب

۱. آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

۲. آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

۳. آشنایی با راهبردهای ترمیم

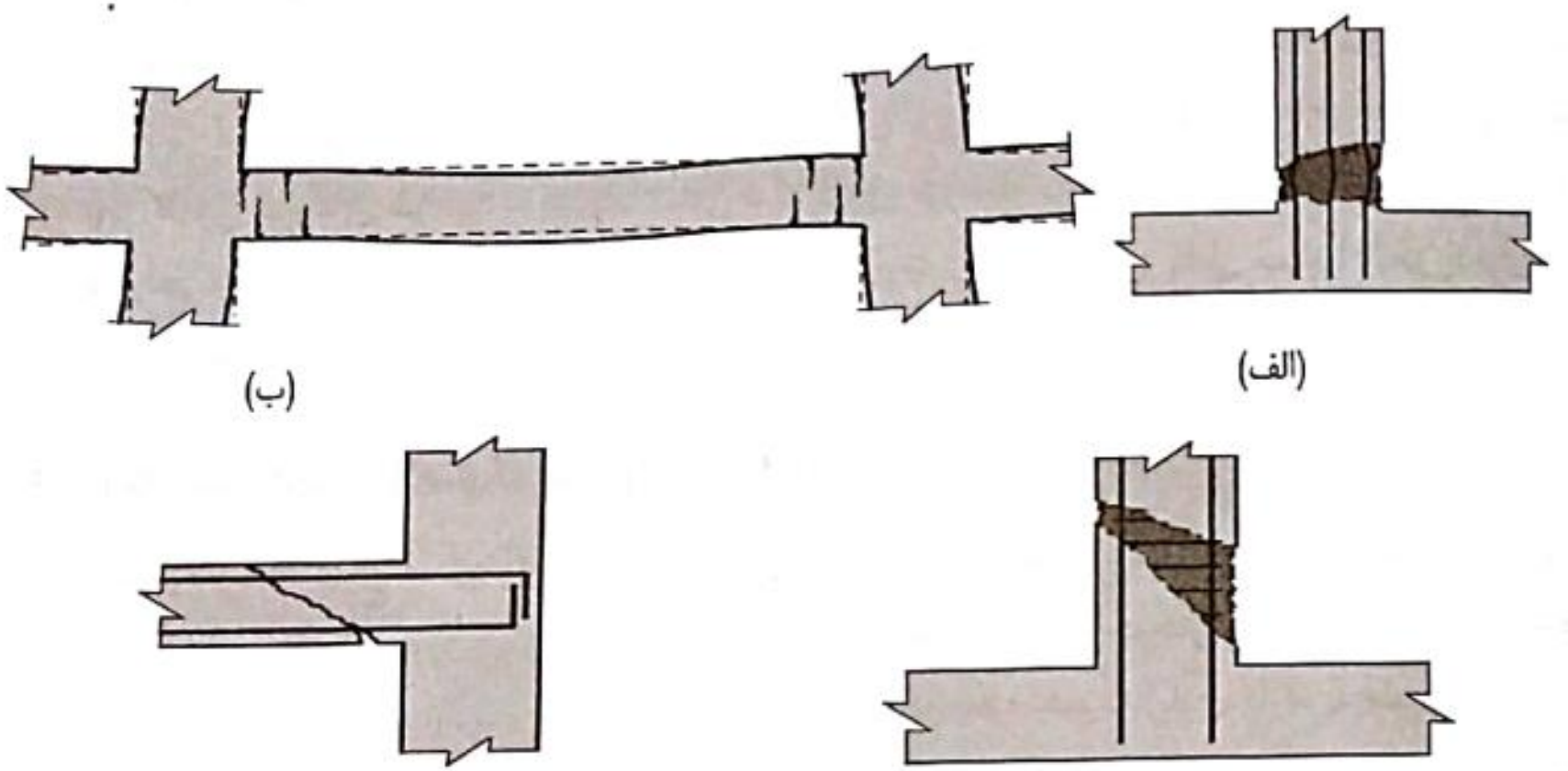
۴. آشنایی با راهبردهای بهسازی و تقویت

۵. جمع بندی و نتیجه گیری

# ۱. آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

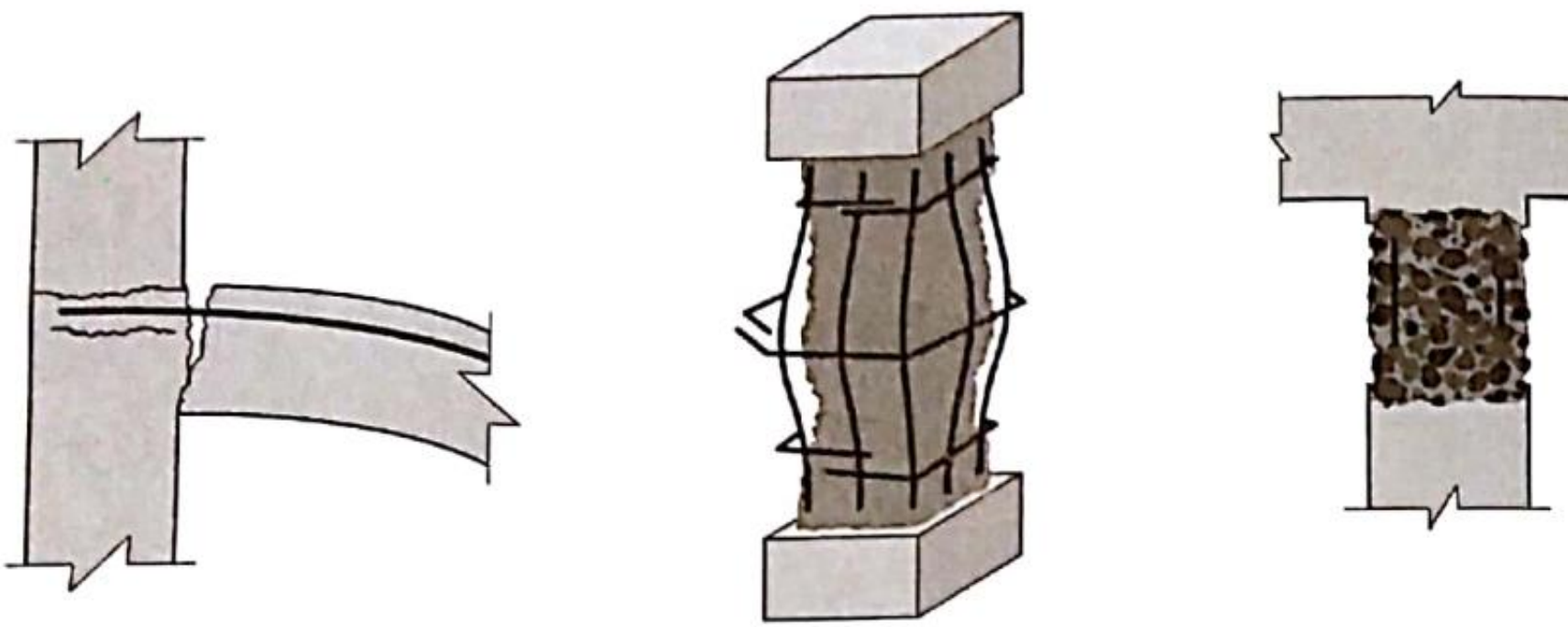
# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

## ❖ انواع آسیب های سازه های بتنی




نمونه‌هایی از شکست ناشی از ضعف مقاومت خمشی و برشی اعضا الف) شکست خمشی ستون ب) شکست خمشی تیر
ج) شکست برشی ستون د) شکست برشی تیر

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح



(الف) (ب) (ج)

نمونه‌هایی از تخریب عضو ناشی از ضعف‌های اجرایی الف) استفاده از بتن با کیفیت پایین ب) باز شدن خاموت به دلیل خم غیر اصولی آن ج) دررفتن میلگرد به دلیل عدم رعایت طول مهاری لازم

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

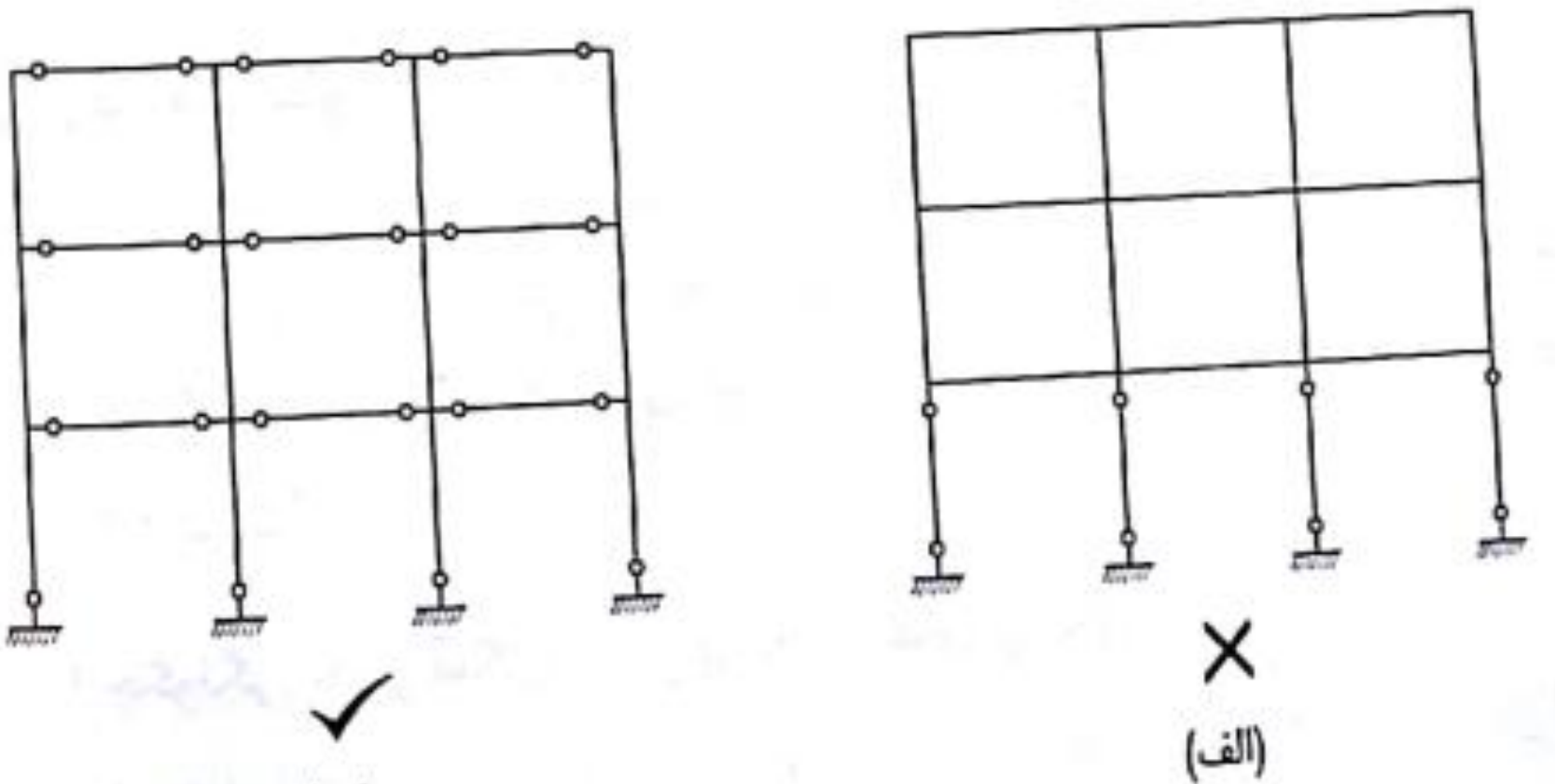
# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح



(الف)

(ب)

الف)عملکرد غیرشکل‌پذیر سازه به دلیل تشکیل مفاصل پلاستیک در ستون و ناپایداری سازه ب) عملکرد شکل‌پذیر سازه با استفاده از حداکثر ظرفیت اعضا و پایداری سیستم

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

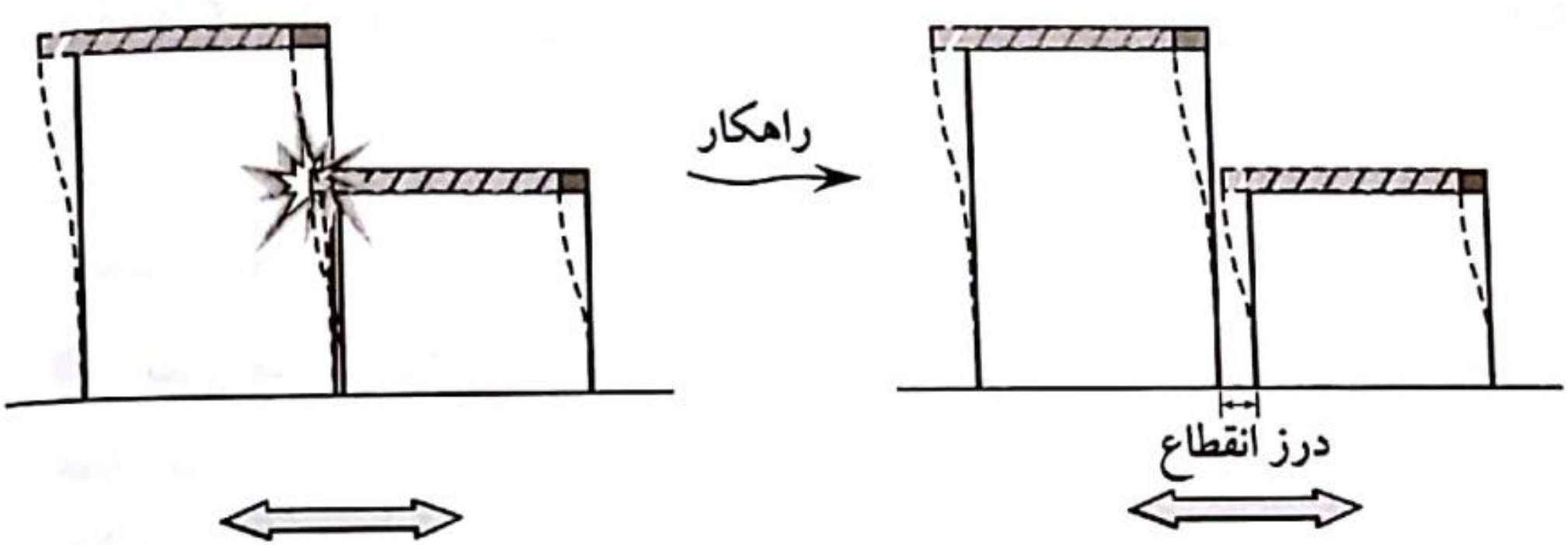
# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

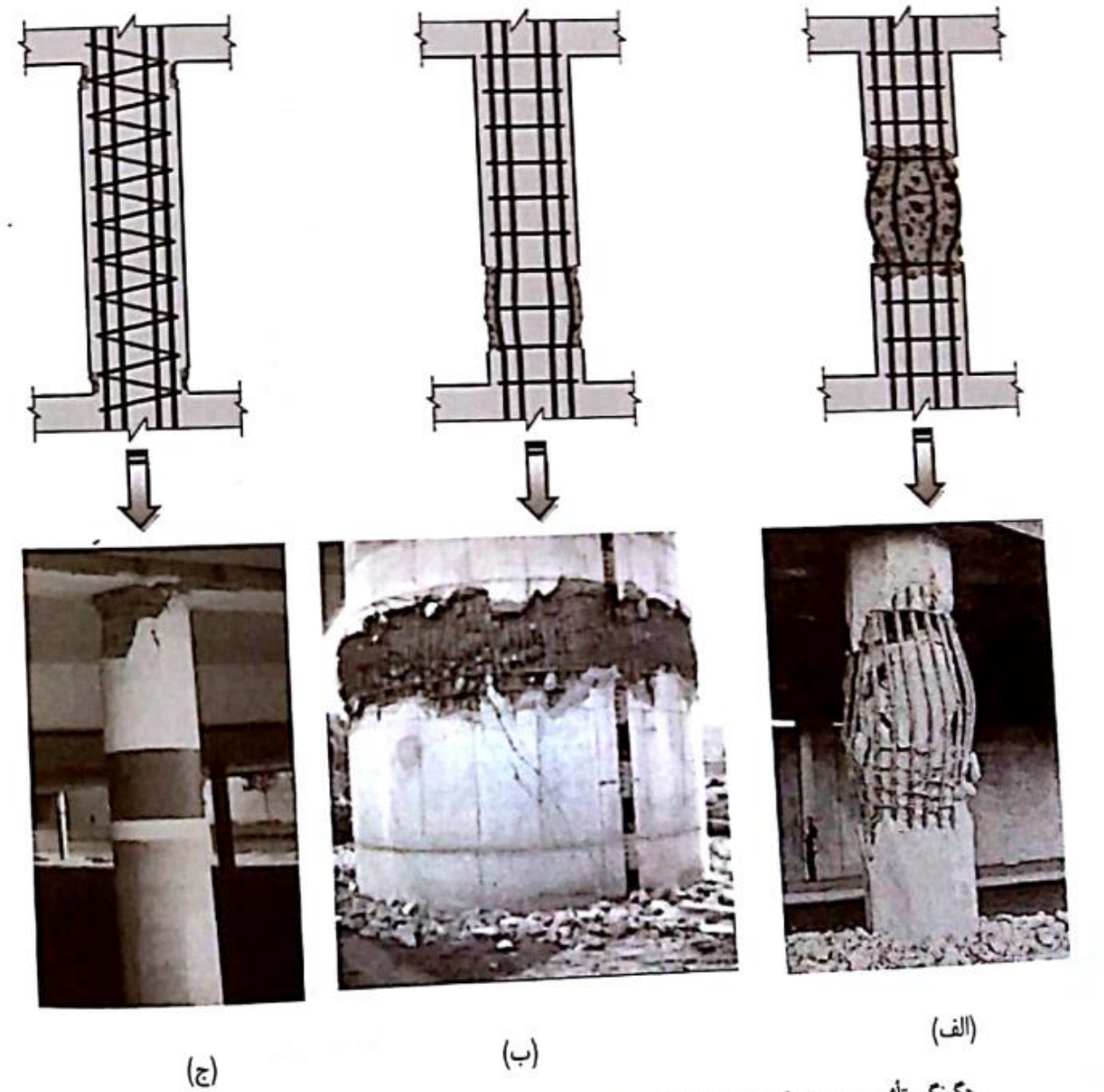
# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح




لزوم تعبیه درز انقطاع بین سازه‌های مجاور

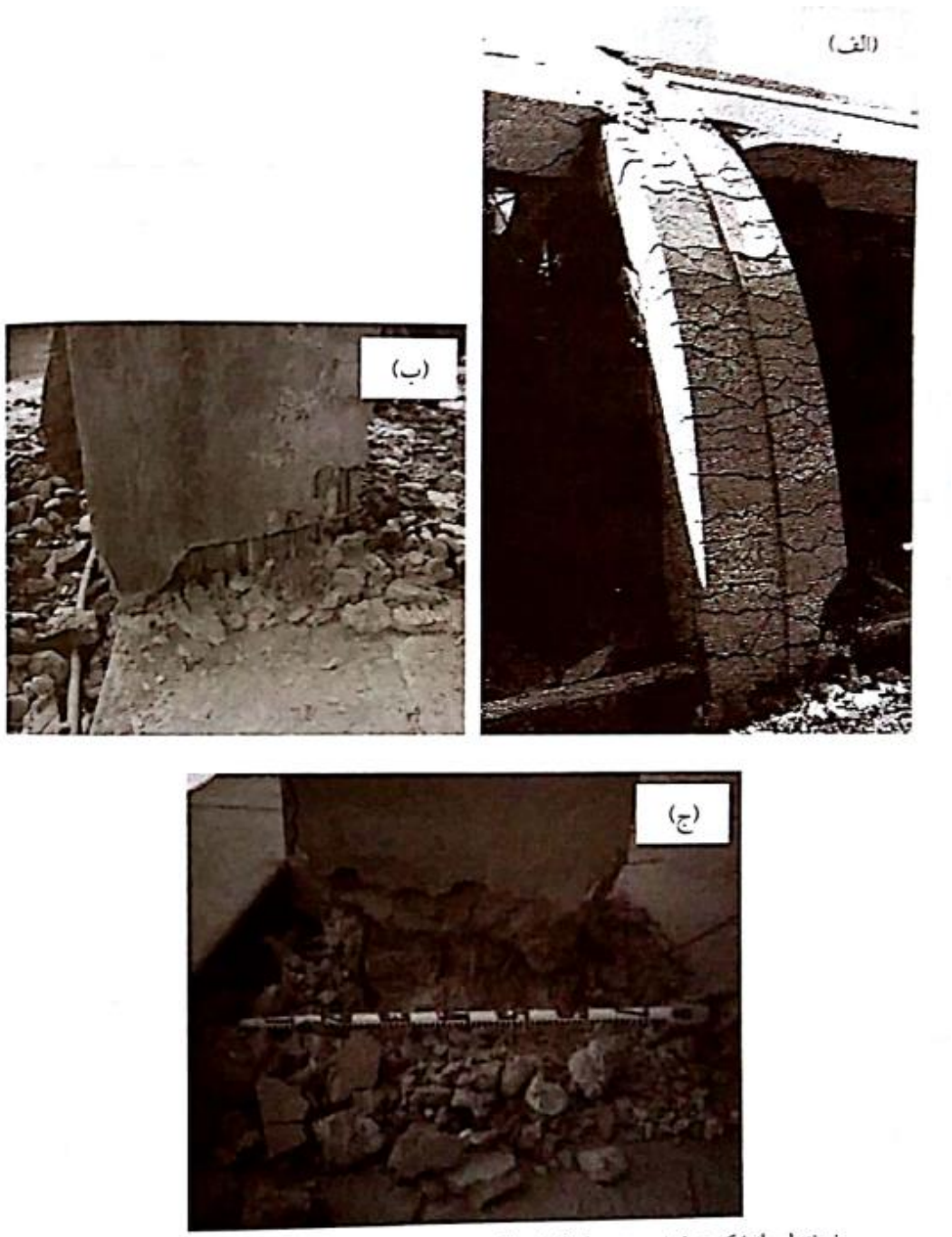
# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح



(ج) (ب) (الف)

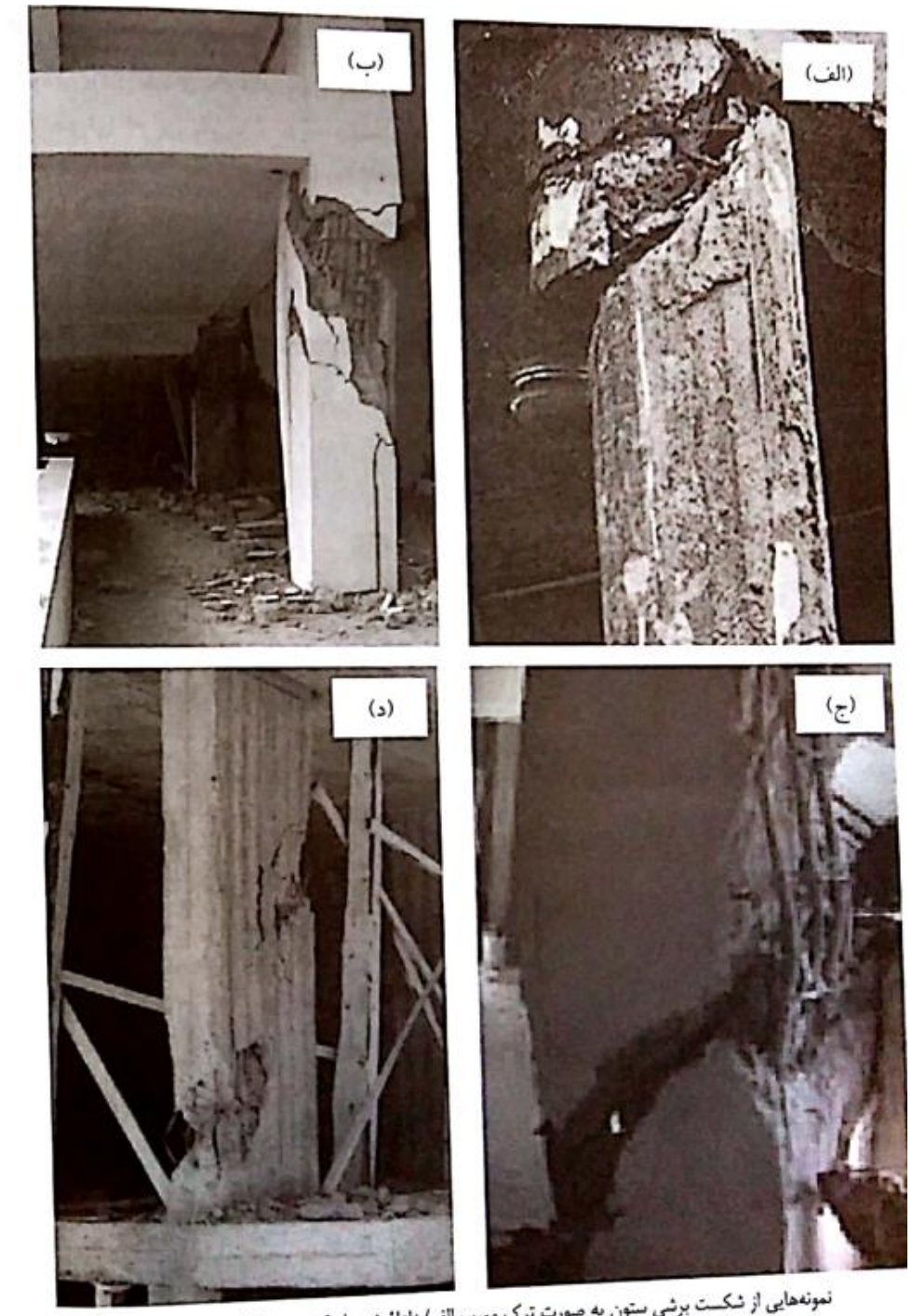
چگونگی تأثیر محصورشدگی توسط فولادهای عرضی بر عملکرد لزره‌ای ستون الف) عدم شکل‌پذیری ستون به دلیل فواصل زیاد میلگردهای عرضی ب)شکل‌پذیری ناکافی برای تحمل بارهای لرزه‌ای ج) تأمین شکل‌پذیری لازم با استفاده از میلگردهای عرضی به فواصل کم

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

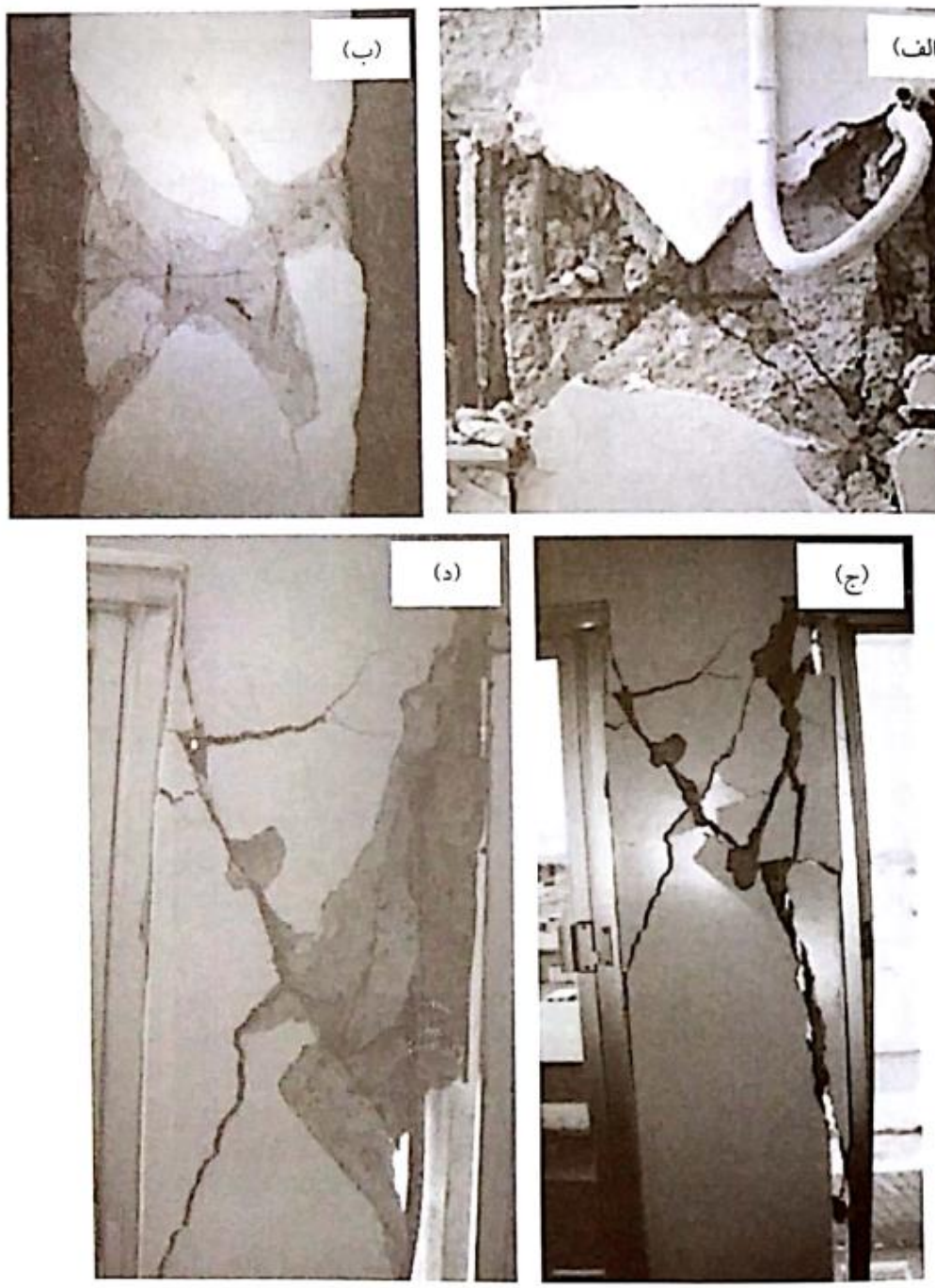



نمونه‌هایی از شکست خمشی ستون با ترک‌های افقی مشهود الف) زلزلهٔ ۱۹۹۴ نورث ریج ب) زلزلهٔ ۲۰۰۳ بینگول ترکیه
ج) زلزلهٔ ۲۰۰۱ آتیکو، کشور پرو

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

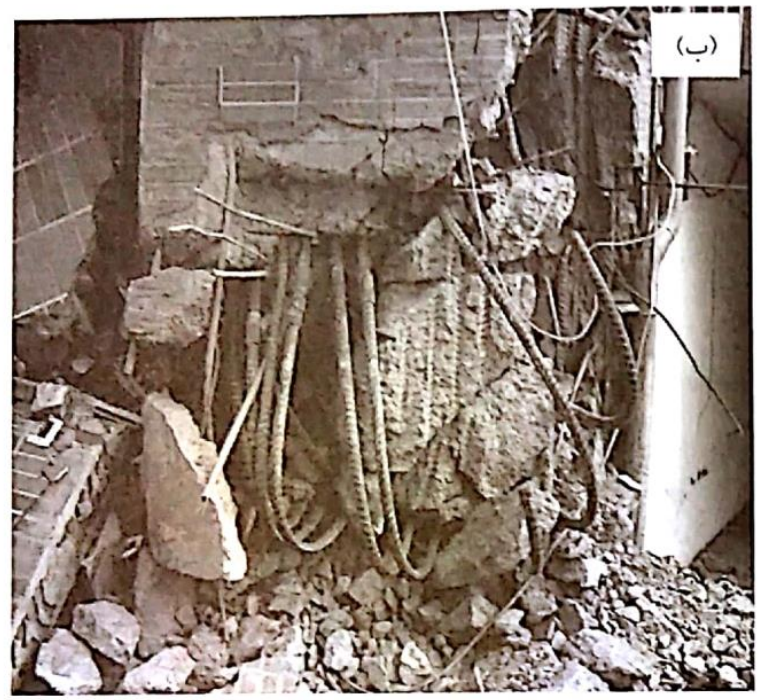


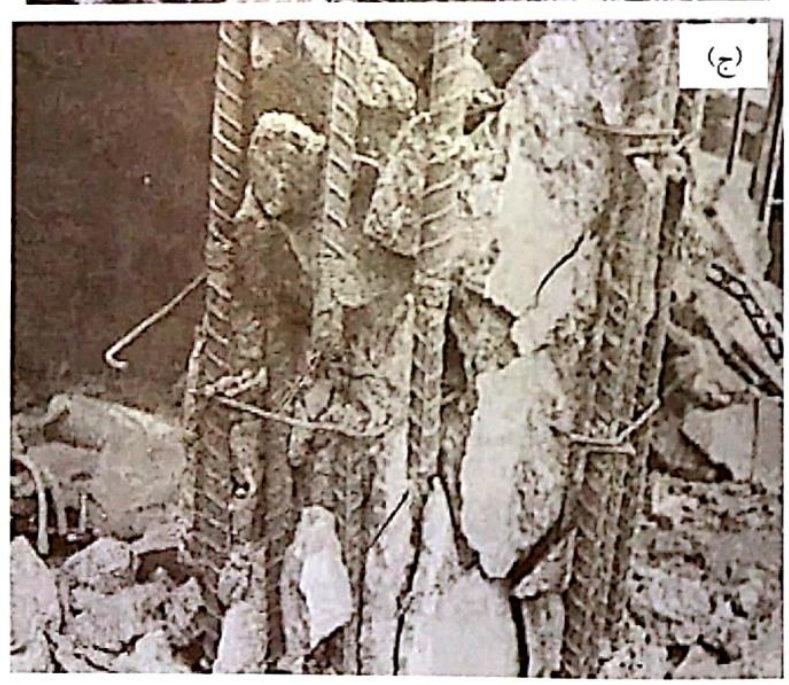

نمونه‌هایی از شکست برشی ستون به صورت ترک مورب الف) زلزلهٔ شهر اسکوپیه، یوگسلاوی ۱۹۶۳ ب و ج) زلزلهٔ ۲۰۰۶ شهر یوگیاکارتا، اندونزی د) زلزلهٔ ۲۰۰۳ بینگول ترکیه




شکست برشی ستون به صورت ترک ضربدری (X شکل) الف) زلزلهٔ ۲۰۰۳ لفکاس، یونان ب) زلزلهٔ ۲۰۰۳ بینگول ترکیه ج و د) زلزلهٔ ۱۹۹۴ نورث ریج

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

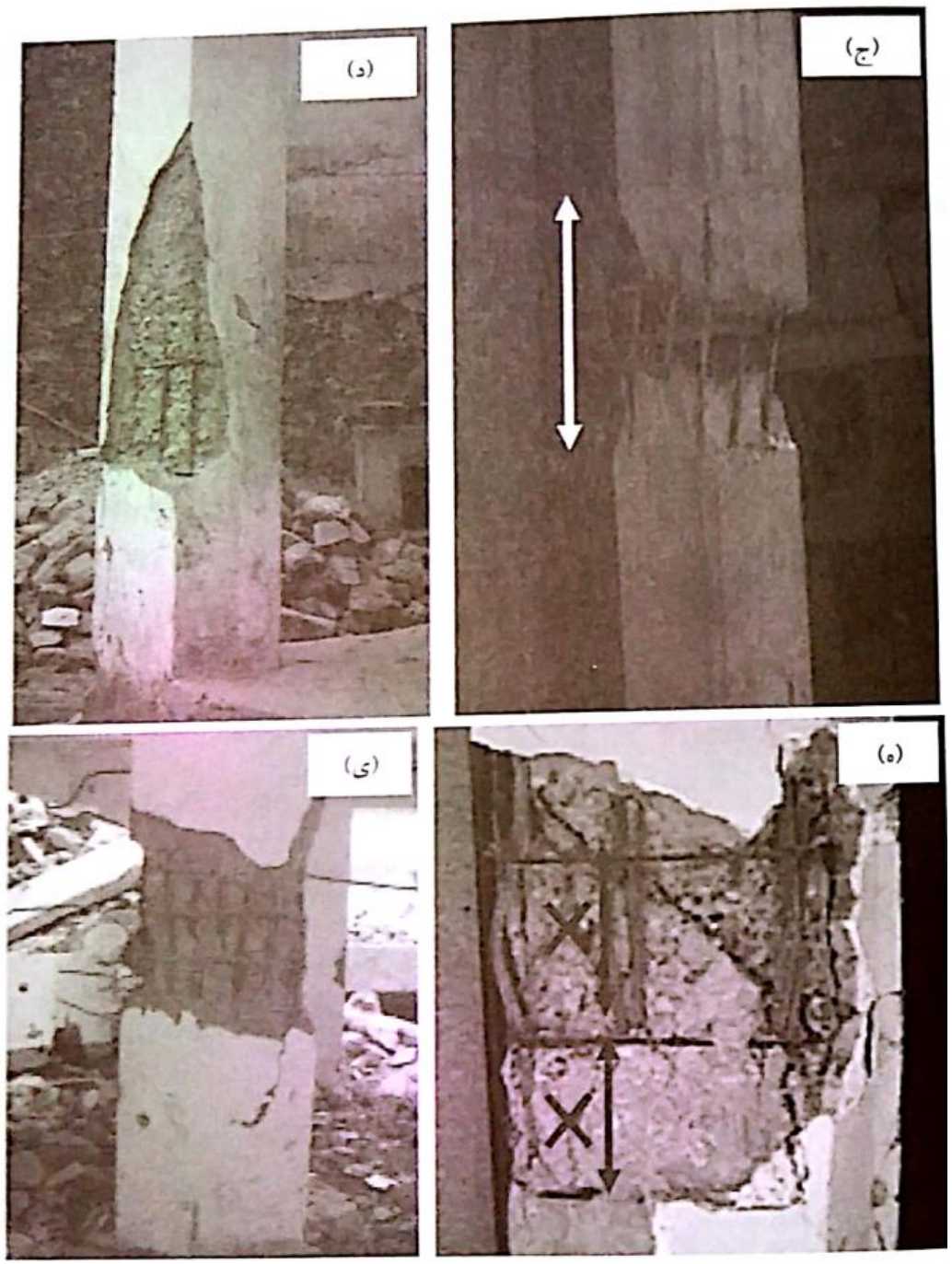



نمونه‌هایی از تسلیم آرماتورهای عرضی ستون و انهدام ستون به دلیل سطح مقطع ناکافی خاموت‌های مصرفی الف و ب) زلزلهٔ ۱۹۹۹ چی چی، تایوان ج) زلزلهٔ ۱۹۷۱ سان فرناندو، کالیفرنیا

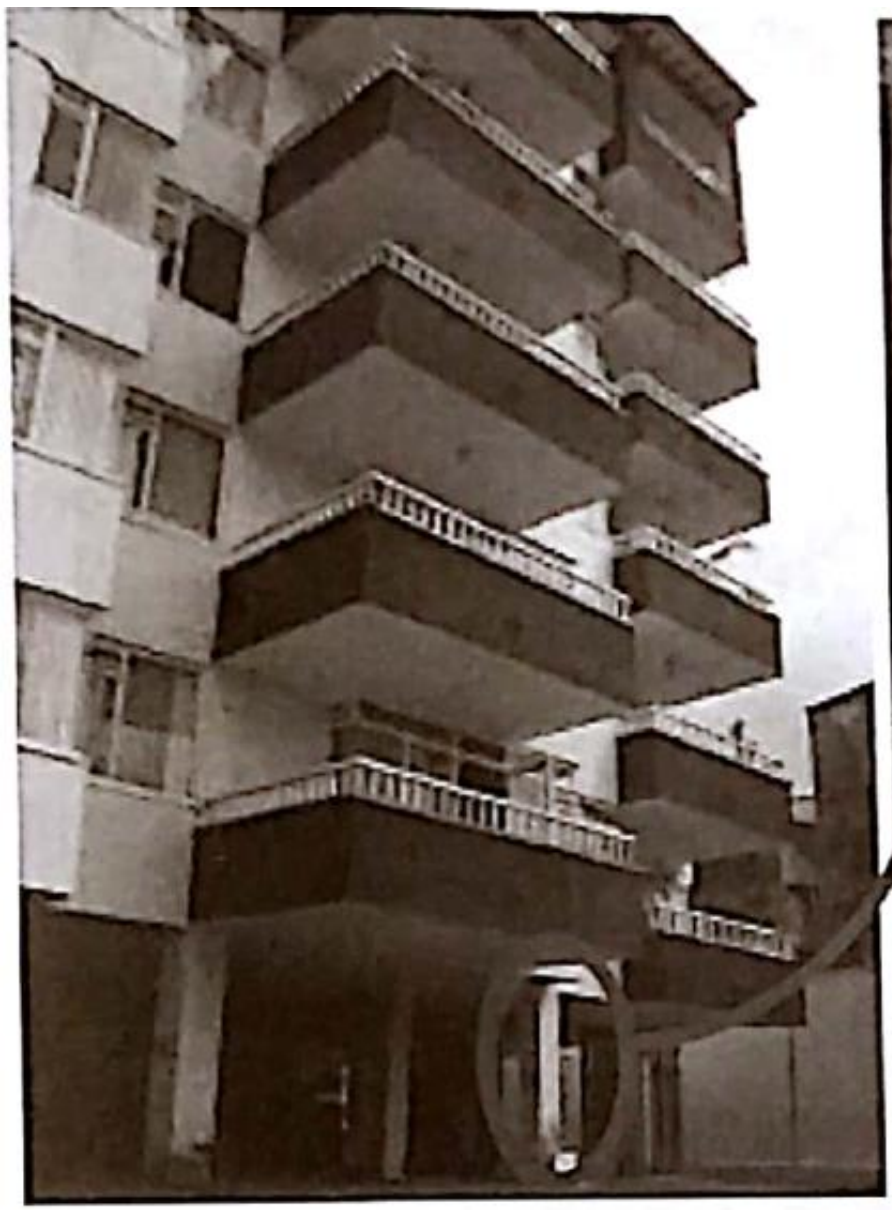
# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

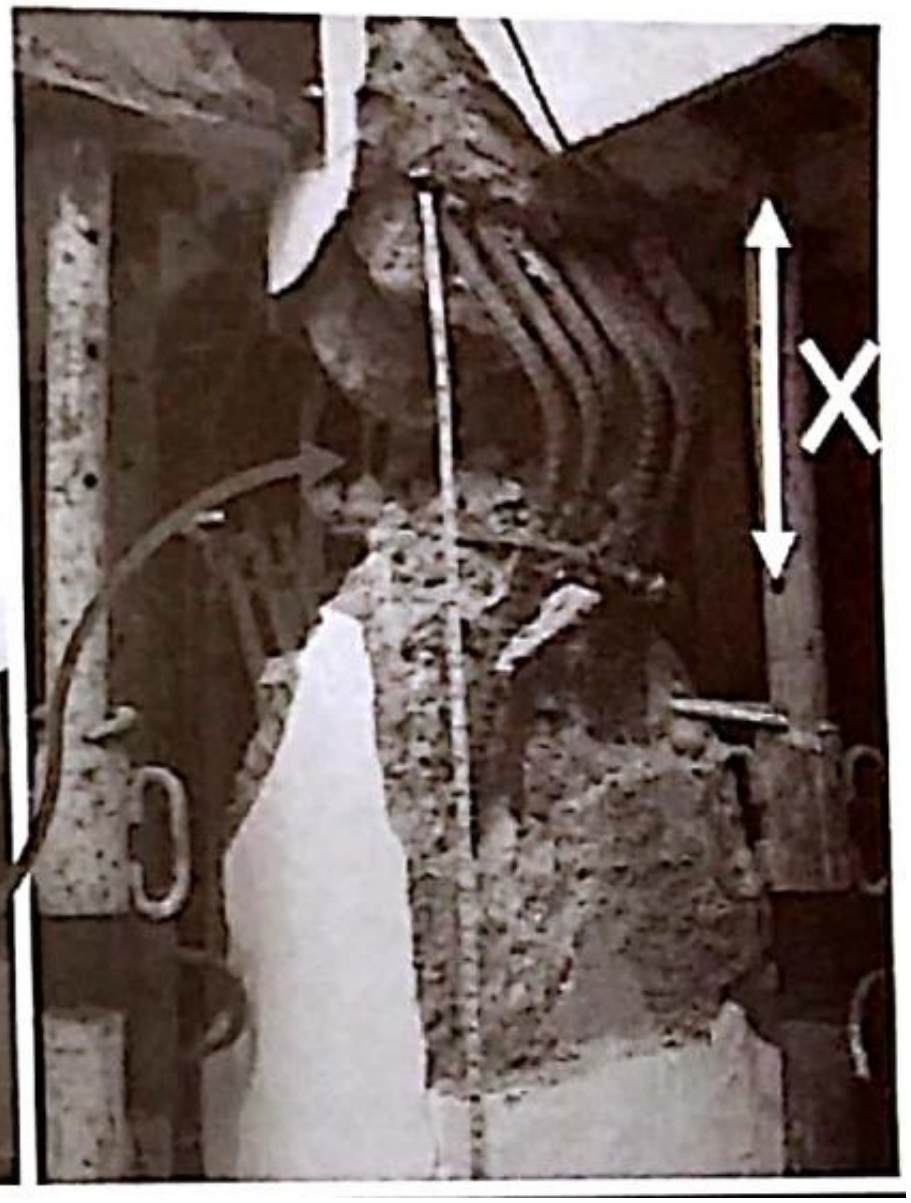
# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح



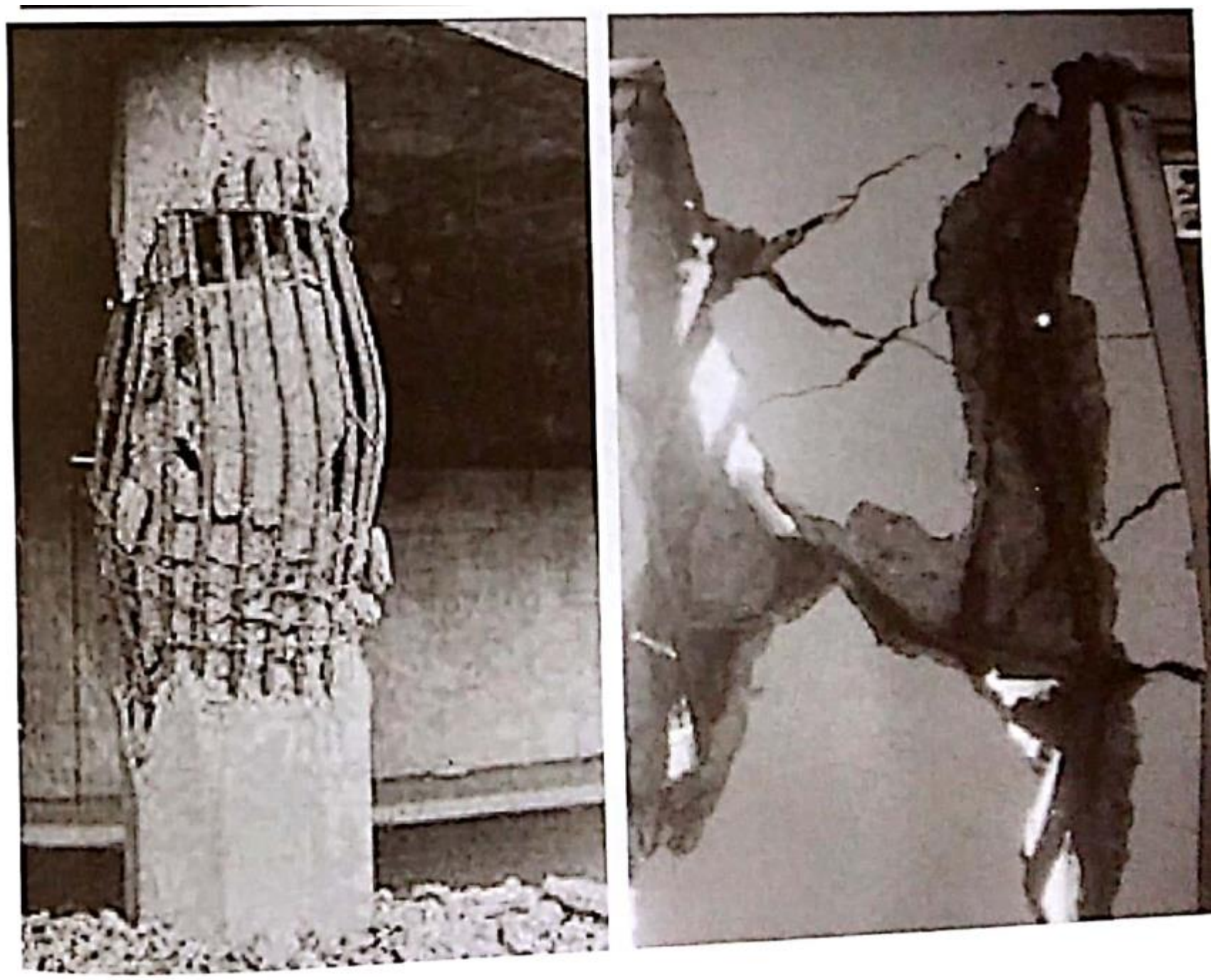

نمونه‌هایی از شکست ستون به دلیل فاصلهٔ زیاد آرماتورهای عرضی الف و ب) زلزلهٔ ۲۰۰۶ شهر سیکیم، هند ج) زلزلهٔ بم ۲۰۰۳ د) زلزلهٔ ۲۰۰۵ بینگول-کارلیوا، ترکیه ه) زلزلهٔ ۲۰۰۳ لفکادا، یونان ی) زلزلهٔ ۲۰۰۱ شهر بهاج، هند

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

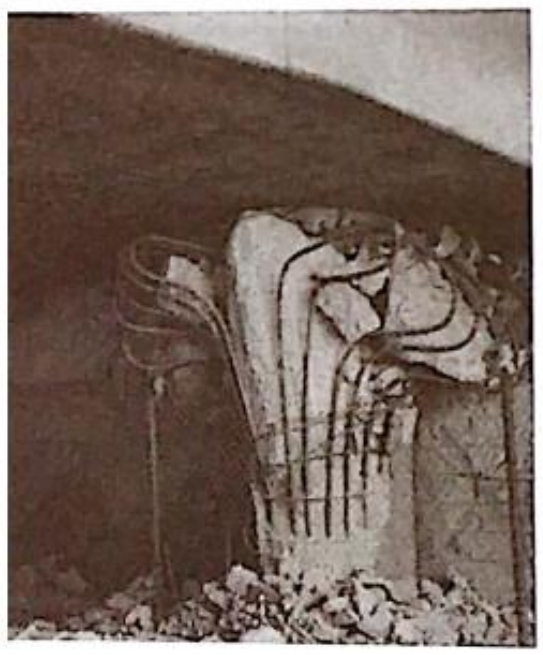




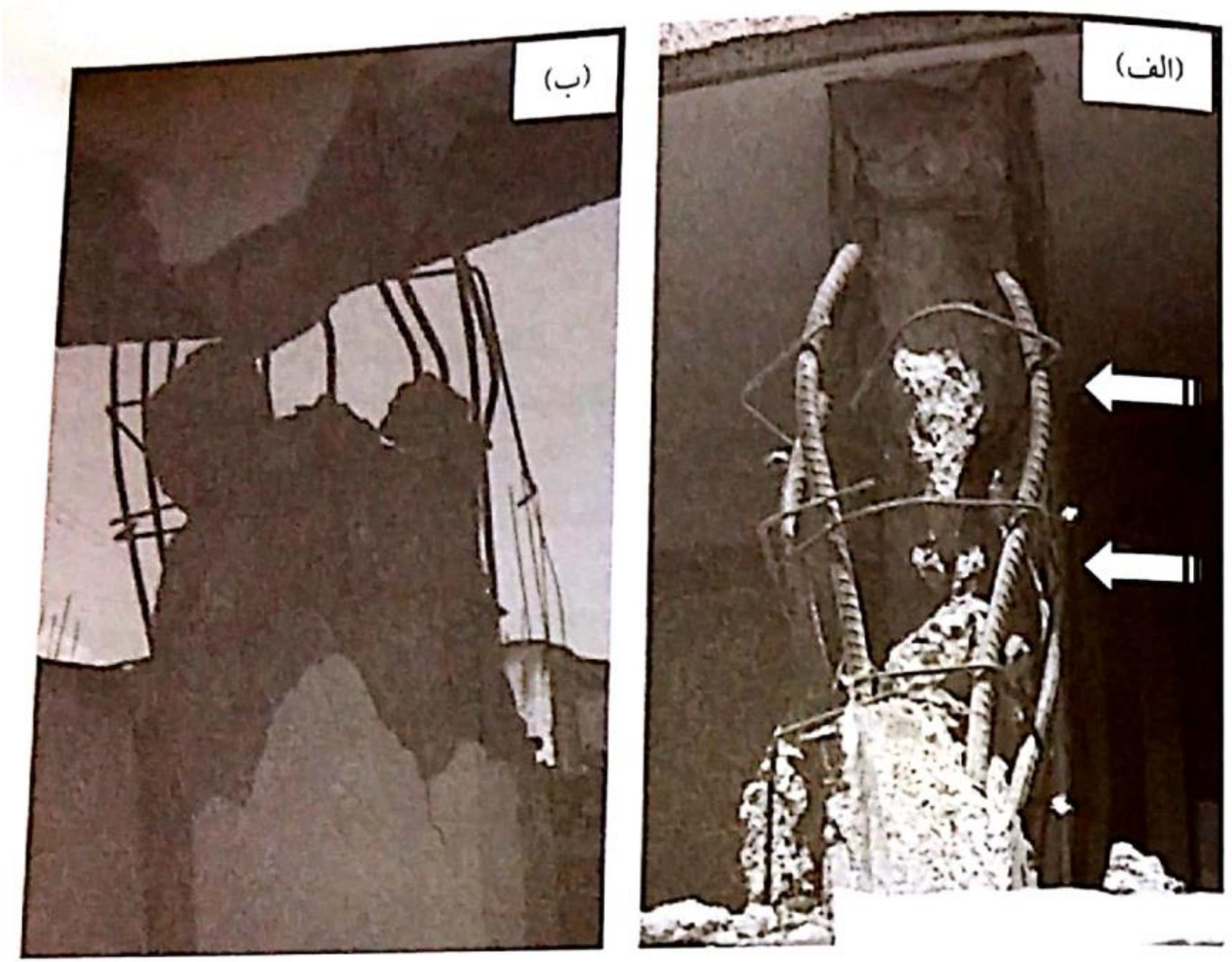
# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح



# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

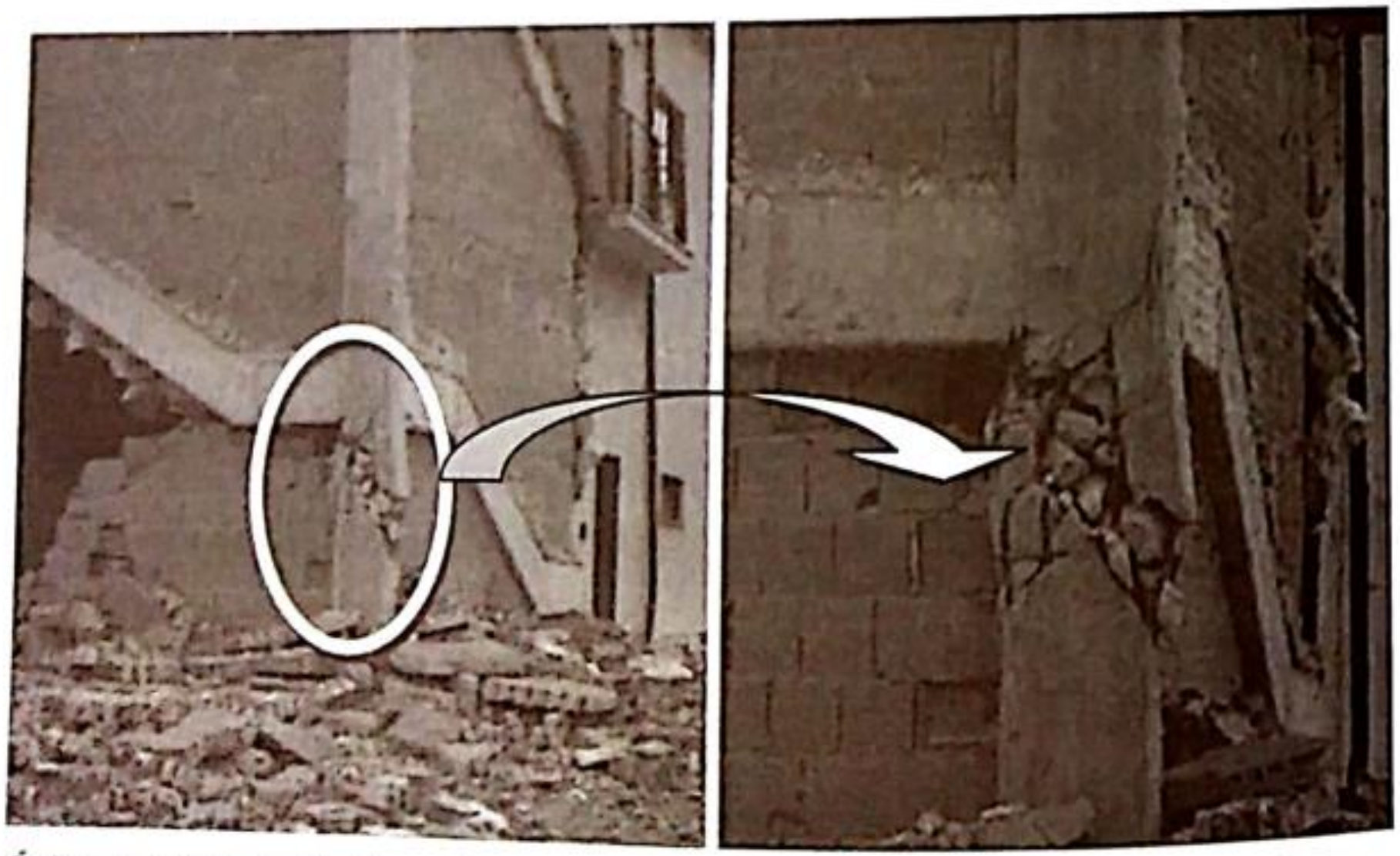


# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح




شکست ستون در اثر بازشدن خاموت‌های غیرلرزه‌ای به هنگام زلزله الف) زلزله ۲۰۱۰ شیلی، ژاپن ب) زلزلهٔ ۲۰۰۳ بینکول،

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح



خرابی ستون کوتاه اطراف راه پله به دلیل سختی دال پاگرد متصل به آن در میان طبقه تحت زلزلهٔ ۲۰۰۹ لِه آکویلا، ایتالیا

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

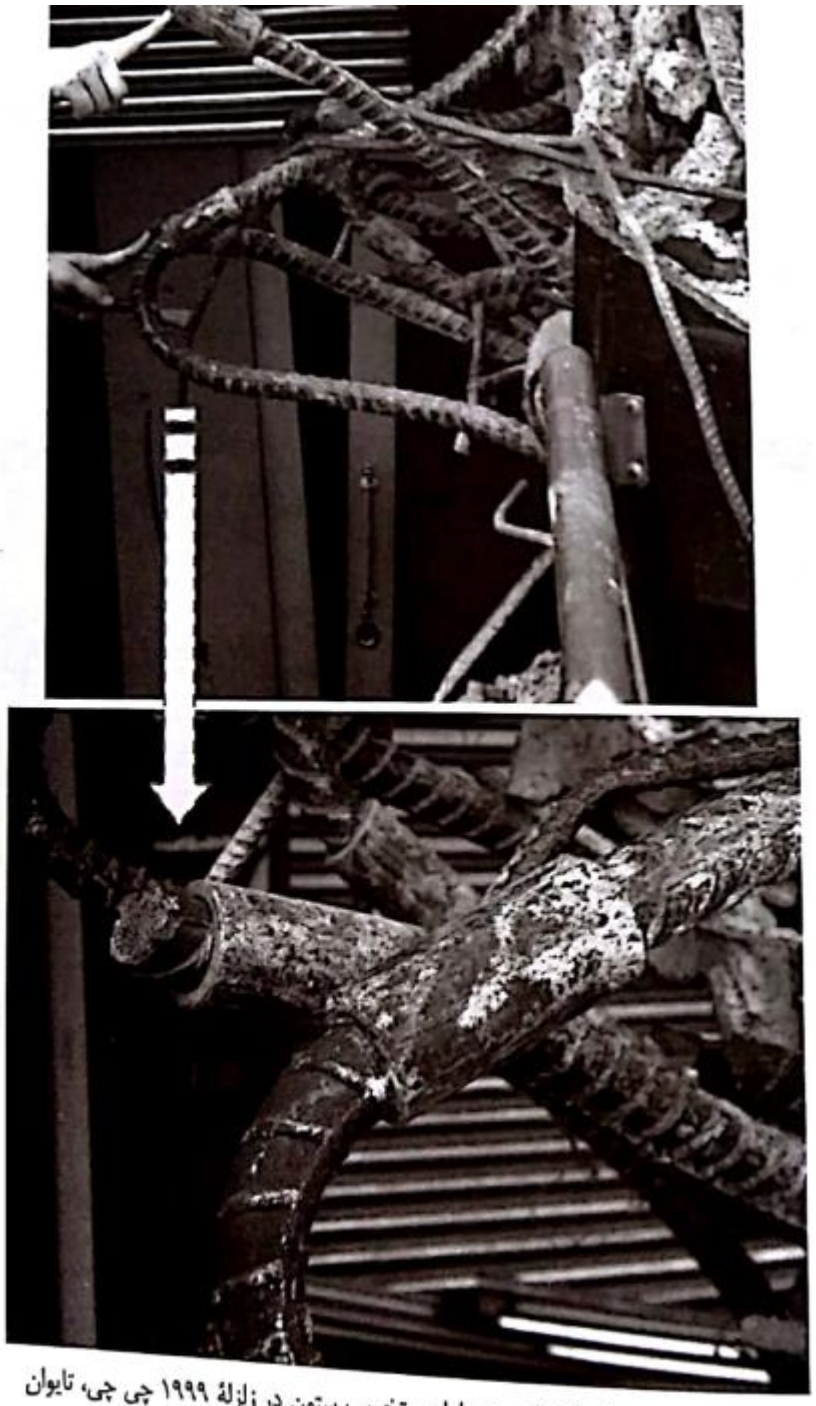
نمونه‌هایی از شکست برشی ستون به علت پدیدهٔ ستون کوتاه الف) زلزلهٔ ۲۰۰۹ لِه آکویلا، ایتالیا ب) زلزله ۲۰۰۱ آتیکو، کشور پرو ج، د) زلزلهٔ ۲۰۰۳ بینگول ترکیه ه، ی) زلزله نورث ریج ۱۹۹۴

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

الف) انتقال و گسترش ترک افقی ناشی از لغزش دیوار میان‌قاب به ستون و تخریب آن؛ (ب و ج) انتقال و گسترش ترک‌های مورب ضربدری دیوار میان‌قاب به ستون و تخریب آن.

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

عدم تأمین حداقل طول همپوشانی در وصلهٔ پوششی و شکست ستون در زلزلهٔ ۱۹۹۹ چی چی، تایوان

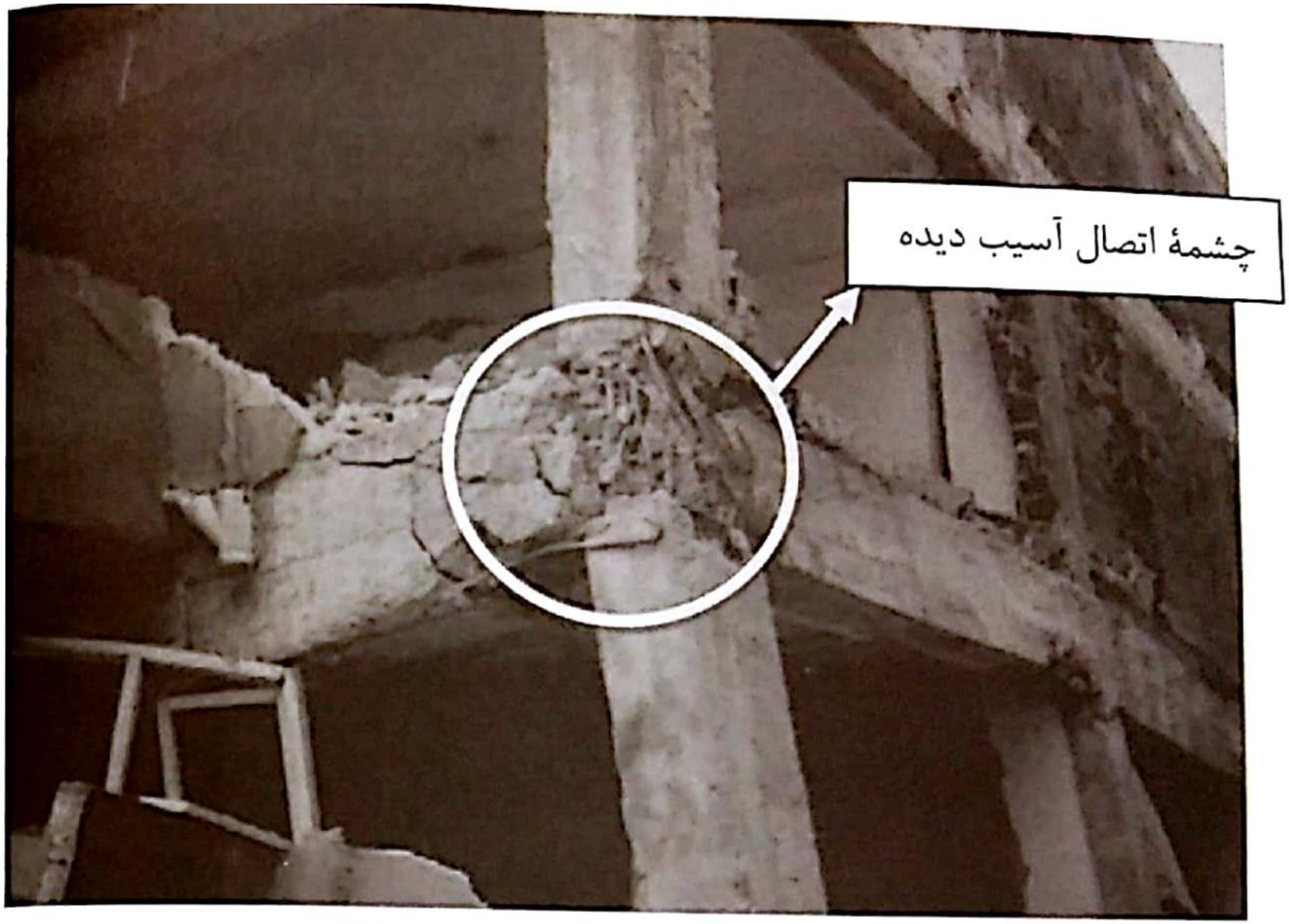


باز شدن وصلهٔ مکانیکی در زلزله و تخریب ستون در زلزلهٔ ۱۹۹۹ چی چی، تایوان

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

عدم رعایت پوشش بتن ستون - زلزلهٔ ۱۹۹۹ چی چی، تایوان

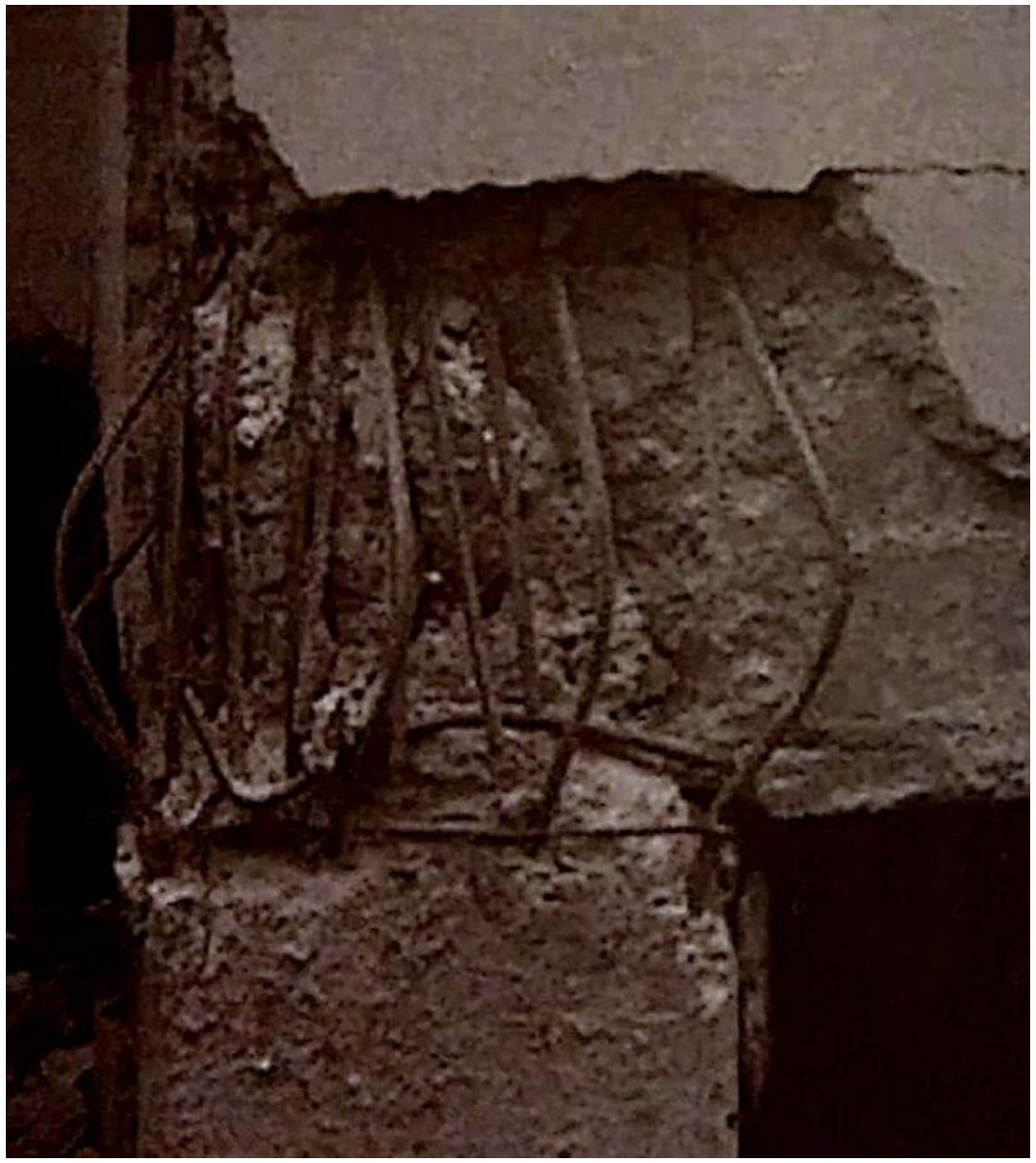
# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

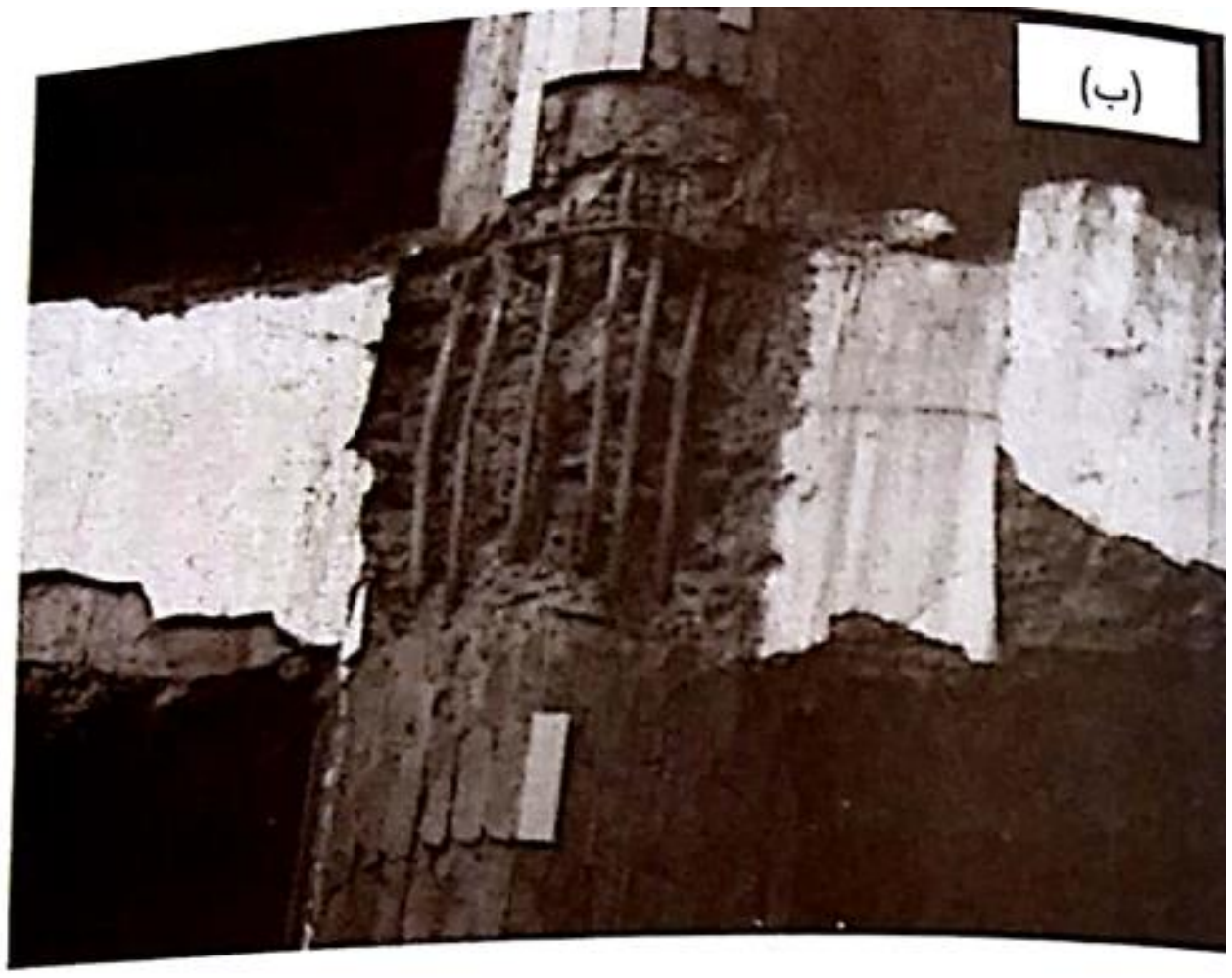



خرابی اتصال در اثر کمبود مقاومت و شکل‌پذیری در زلزلهٔ ۱۹۹۹ ترکیه

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

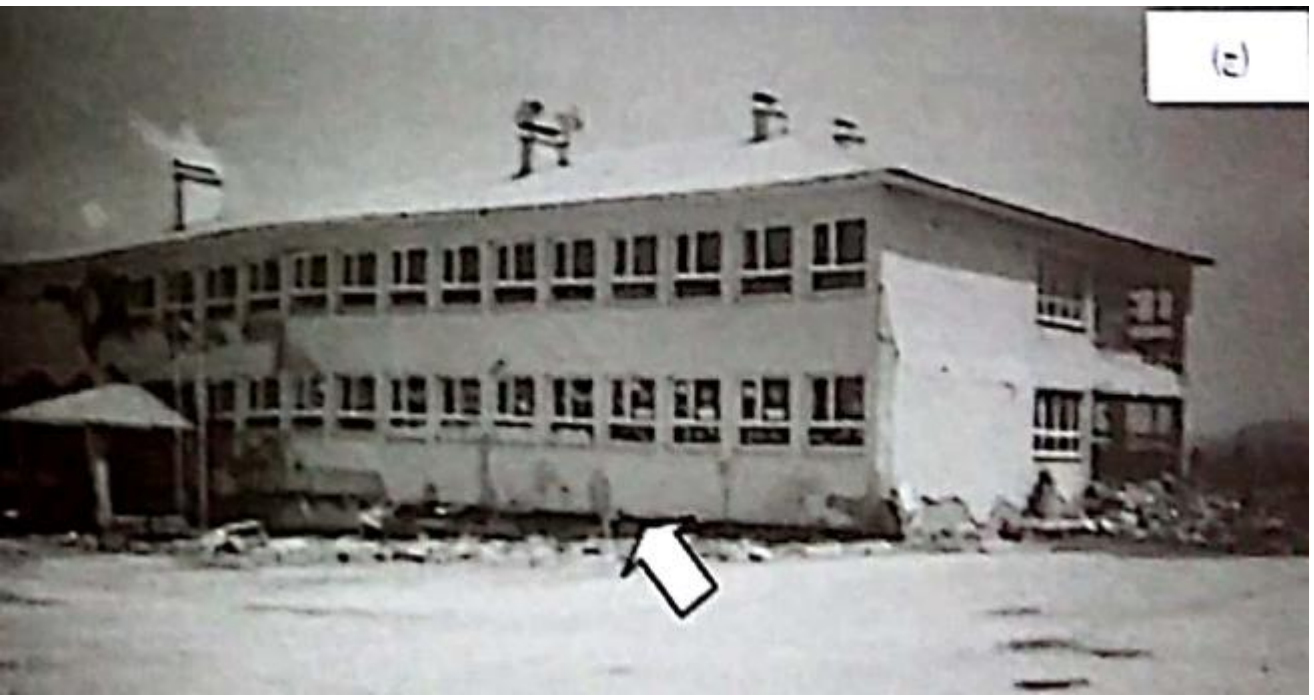
# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح





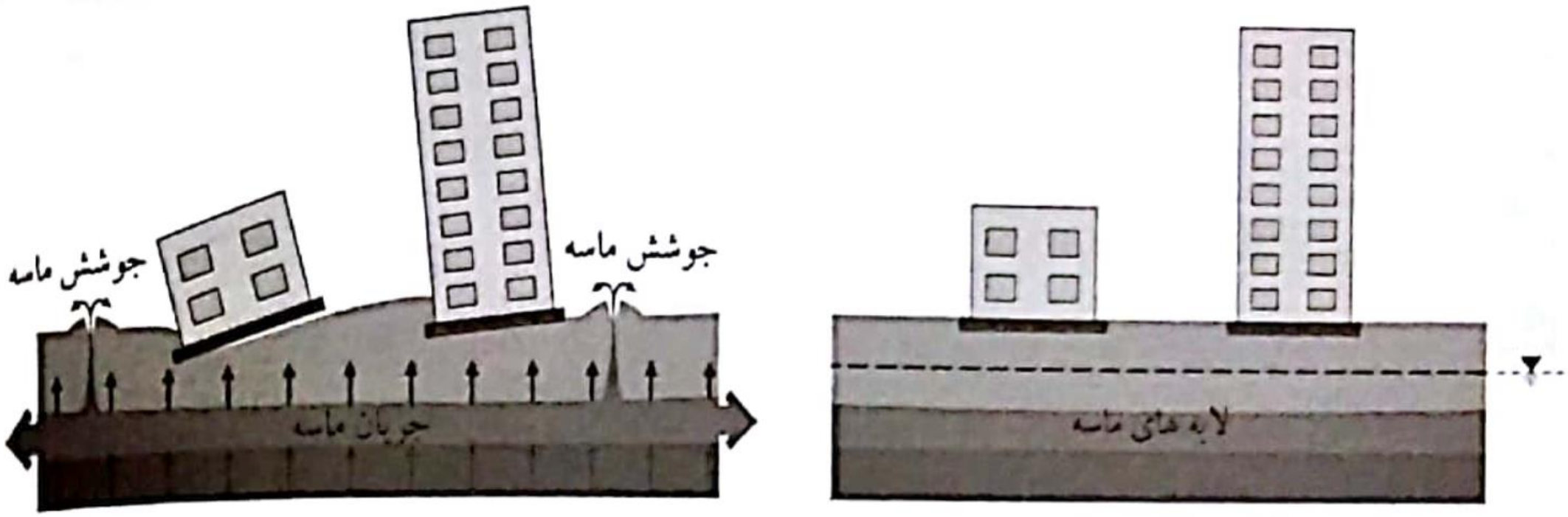

کمانش میلگردهای طولی ستون ناشی از عدم وجود محصورشدگی کافی با خاموت‌های هسته اتصال الف)، ب) زلزله ۱۹۹۹
چی چی، تایوان ج) زلزلهٔ ۲۰۰۴ جنوب شرق آسیا

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح



# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح




چگونگی پدیدهٔ روان‌گرایی ماسه به هنگام وقوع زمین لرزه

# آسیب های وارد بر ساختمان های بتن مسلح

الف، ب) نمونه‌هایی از واژگونی سازه‌ها در اثر روان‌گرایی خاک زیر فونداسیون – زلزلهٔ ۱۹۹۹ ترکیه

# ۲. آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

فروریزش دو ساختمان اسکلت فولادی دارای اتصال قاب خمشی و مهاربندی در دو جهت مختلف و کشته شدن ۳۸ نفر

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

فروریزش سازه فولادی در روستاهای نزدیک سرپل ذهاب از طرف تازه آباد

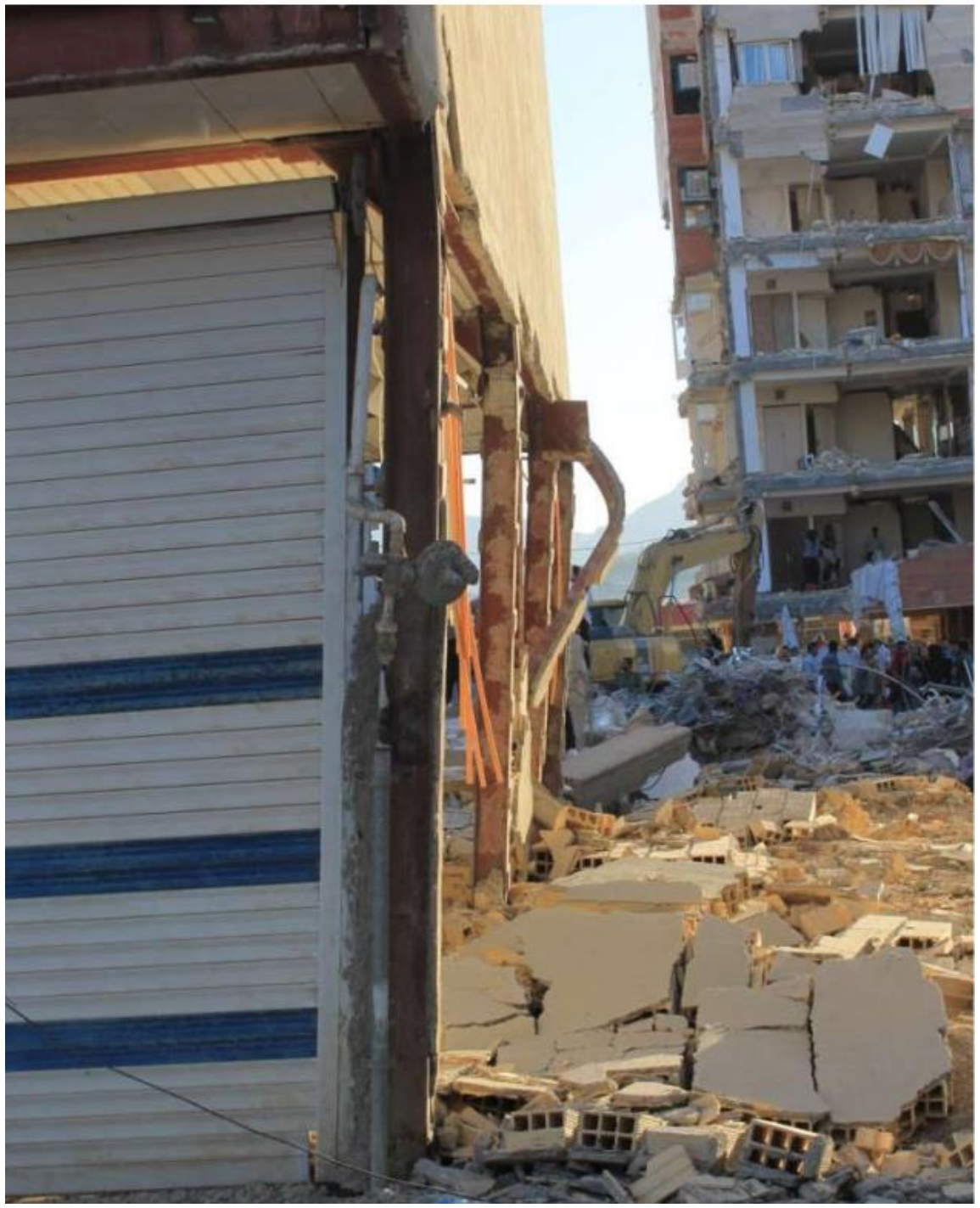
# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

فروریزش سازه فولادی دارای دو سیستم متفاوت مقاوم لرزه‌ای در دو جهت (قاب خمشی و

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

فروریزش بخشی از سقف سازه فولادی در حال اجرا

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی



# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

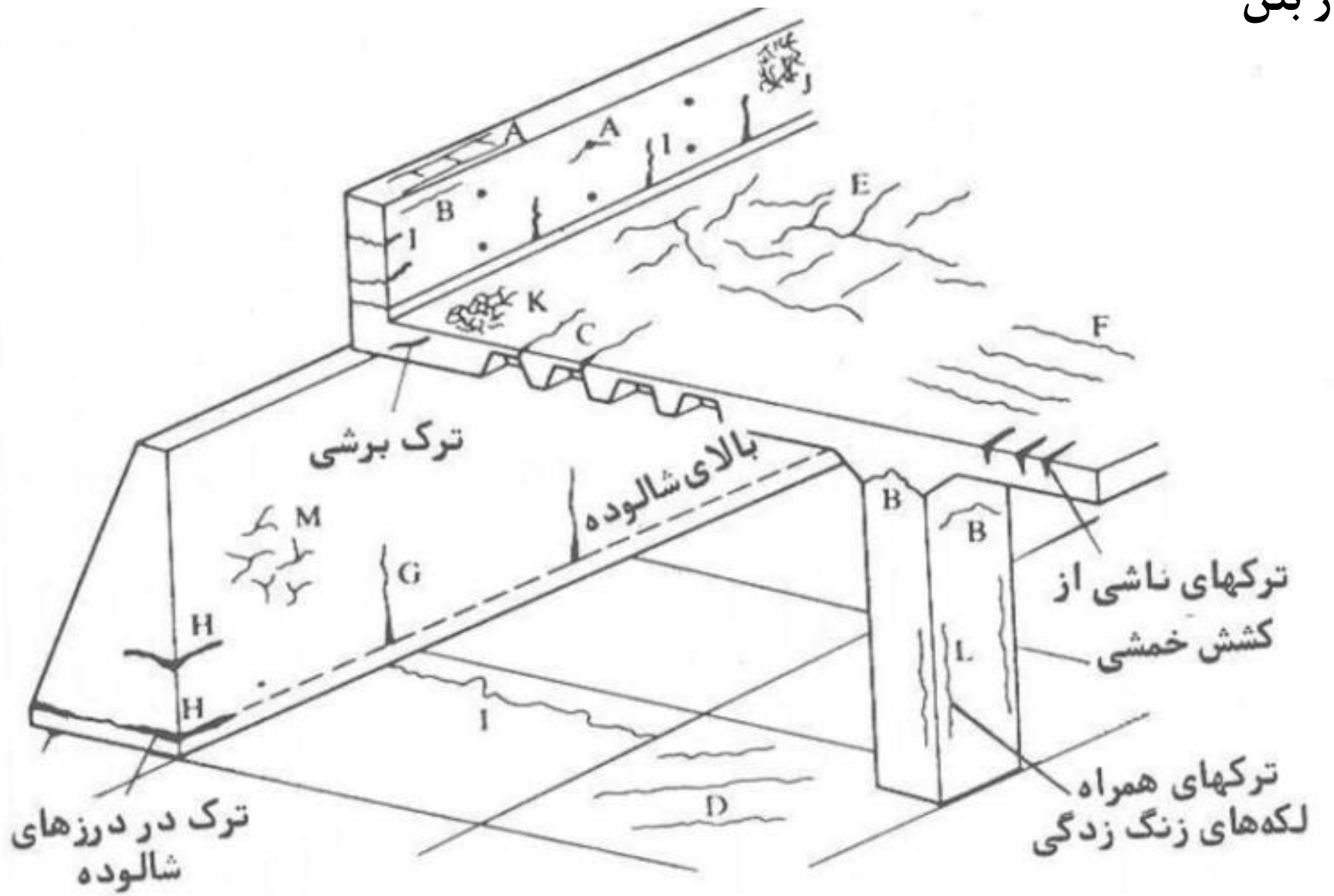
# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

# آسیب های وارد بر ساختمان های فولادی

# ۲. آشنایی با راهبردهای ترمیم

# آشنایی با راهبردهای ترمیم

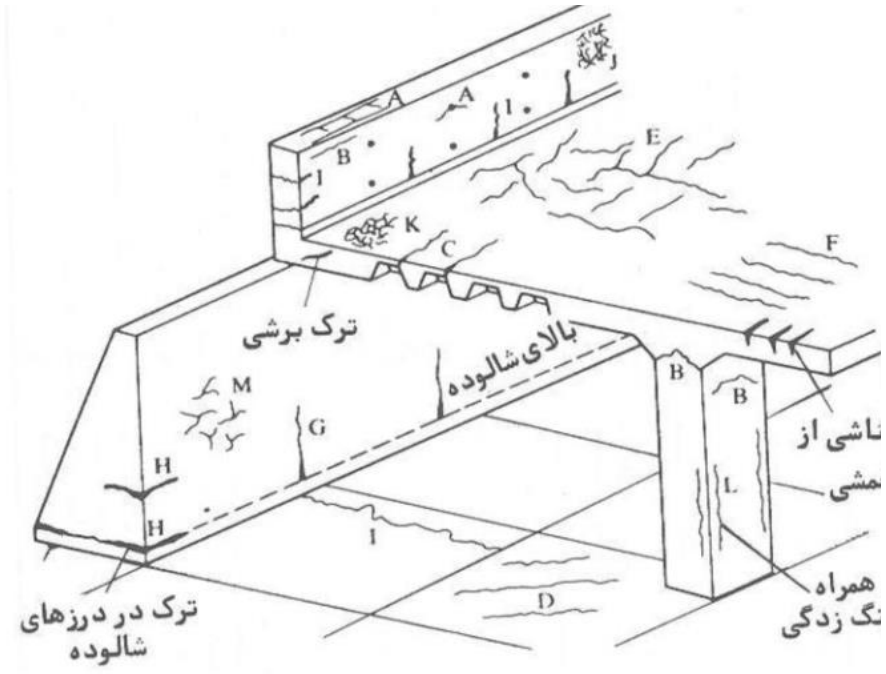
## ❖ انواع ترک در بتن




شکل شماتیک انواع ترک‌ها

# آشنایی با راهبردهای ترمیم

## ❖ انواع ترک در بتن



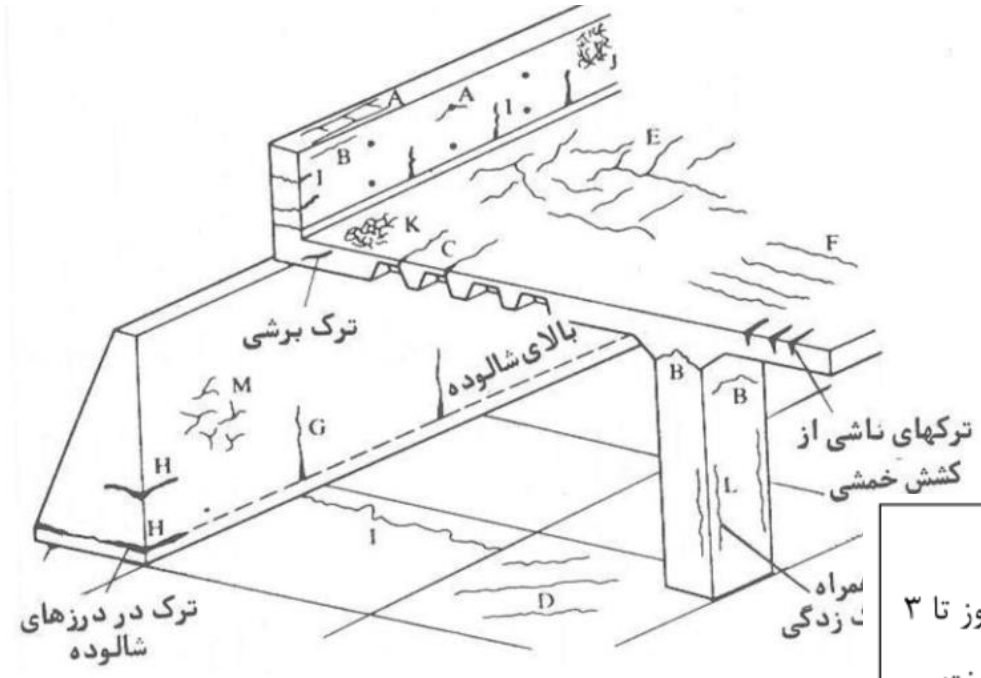

شکل شماتیک انواع ترک‌ها

انواع ترک‌ها و مشخصات آن‌ها (با توجه به شکل

| نوع ترک | علامت در شکل | زیر گروه‌ها | معمول‌ترین موقعیت‌ها | دلیل اولیه | دلیل دوم | علاج | زمان پیدایش ترک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نشست پلاستیک | A | روی آرماتورها | مقاطع عمیق | آب‌انداختگی زیاد | شرایط خشک شدن اولیه سریع | حباب‌زایی با ارتعاش مجدد | ۱۰دقیقه تا ۳ ساعت |
| | B | - | بالای ستون‌ها | | | | |
| | C | تغییر عمق | دال‌های مشبک | | | | |
| جمع‌شدگی پلاستیک | D | قطری | دال‌ها و روسازی‌ها | خشک شدن اولیه و نزدیک سطح بودن آرماتورها | کم بودن سرعت آب‌انداختگی | بهبود عمل‌آوری اولیه | ۳۰ دقیقه تا ۶ ساعت |
| | E | اتفاقی | دال‌های بتن مسلح | | | | |
| | F | روی آرماتورها | دال‌های بتن مسلح | | | | |

# آشنایی با راهبردهای ترمیم

## ❖ انواع ترک در بتن

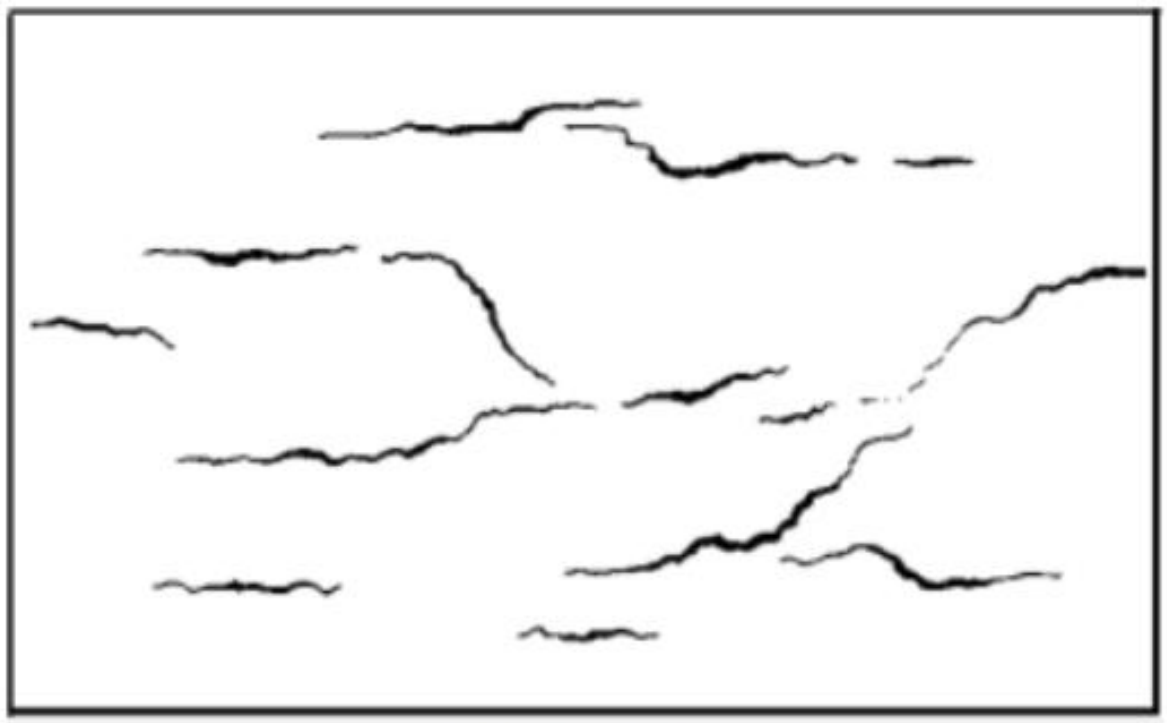



شکل شماتیک انواع ترک‌ها

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| انقباض حرارتی اولیه | G | قید خارجی | دیوارهای ضخیم | ایجاد گرمای زیاد | سرد شدن سریع | کاهش گرما یا عایق نمودن | ۱ روز تا ۳ هفته |
| | H | قید داخلی | دال‌های ضخیم | تغییرات دمای زیاد | | | |
| جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن | I | - | دیوارها و دال‌های نازک | ناکافی بودن درزها | جمع‌شدگی زیاد و عمل‌آوری کم | کاهش مقدار آب و بهبود عمل‌آوری | چندین هفته یا ماه |
| ترک‌های ریز سطحی | J | مجاور قالب‌ها | نماها | قالب‌بندی نفوذ ناپذیر | پرسیمان بودن مخلوط و عمل‌آوری ضعیف | بهبود عمل‌آوری و پرداخت بتن | ۱ تا ۷ روز گاهی دیرتر |
| | K | بتن تخته‌ماله‌ای | دال‌ها | ماله‌کشی اضافی | | | |

## انواع ترک در بتن

ترک ناشی از جمع شدگی خمیری(Plastic Shrinkage Cracking)



ترک ناشی از جمع شدگی خمیری

ترک ناشی از جمع شدگی خمیری (Plastic Shrinkage Cracking)

## انواع ترک در بتن

**عوامل موثر و دلایل بوجود آمدن ترک ناشی از جمع شدگی خمیری**

- جذب آب توسط زمین بستر قالب و یا سنگدانه ها
- دمای بالای هوا و سرعت بالای باد
- بتن های دارای پوزولان و مواد پودری مانند دوده سیلیسی

**مشخصات ترک جمع شدگی خمیری**

ترکهای ناشی از جمع شدگی خمیری شش مشخصه ظاهری شاخص دارند که می توان از روی آنها این نوع ترک رو در سازه بتنی تشخیص داد:

۱. این ترک ها معمولاً به صورت موازی و در کنار هم هم به وجود می آیند که در برخی موارد می‌توانند به شکل چند ضلعی و یا V شکل نمایان گردد.
۲. عرض این ترکها حداکثر سه میلیمتر می باشد.
۳. طول این ترک ها از ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر متغیر می‌باشد.
۴. عمق ترک های جمع شدگی خمیری کم می باشد و از ۲۵ تا ۵۰ میلیمتر متغیر است.
۵. فاصله اینترنت را از یکدیگر از ۳۰ سانتی متر تا ۳ متر متغیر است.
۶. این ترک ها از ۳۰ دقیقه تا ۶ ساعت بعد از بتن ریزی می‌تواند به وجود بیاید.

## انواع ترک در بتن

**روش‌های جلوگیری از به وجود آمدن ترک‌های ناشی از جمع شدگی پلاستیک**

۱. حفظ رطوبت محیط با روش اسپری کردن آب یا مه پاشی بلافاصله بعد از پرداخت و بتن ریزی که باعث می شود هم دمای بتن در فصل گرما کاهش یابد و هم رطوبت نسبی محیط افزایش یافته و خطر خشک شدگی سریع نیز کاهش یابد.

۲. استفاده از بادشکن برای جلوگیری از تبخیر سطحی بتن یکی از روش های مفید می باشد برای استفاده از باد شکن باید به این نکته توجه داشت ابتدا بتن ریزی انجام می شود بعد بادشکن نصب می گردد و در مرحله آخر پرداخت سطح بتن انجام می شود.

۳. استفاده از سایه بان نیز می تواند باعث جلوگیری از رسیدن نور مستقیم خورشید و کاهش تبخیر رطوبت بتن گردد.

۴. بتن ریزی در شب مخصوصاً در فصول گرم می‌تواند خطر به وجود آمدن ترک های ناشی از جمع شدگی خمیری را کاهش دهد.

۵. استفاده از کاور پلاستیکی بلافاصله بعد از پرداخت بتن نیز می تواند راهگشا باشد.

۶. مرطوب کردن بستر زمین و قالب ها علی الخصوص قالب هایی که جذب آب دارند مانند قالب های چوبی می‌تواند کاهش سطح رطوبت بتن را کاهش دهد.

۷. یکی از روش های جلوگیری از ترک جمع شدگی خمیری استفاده از سنگدانه های اشباع در تولید بتن می باشد.

۸. پایین نگه داشتن دمای بتن تازه.

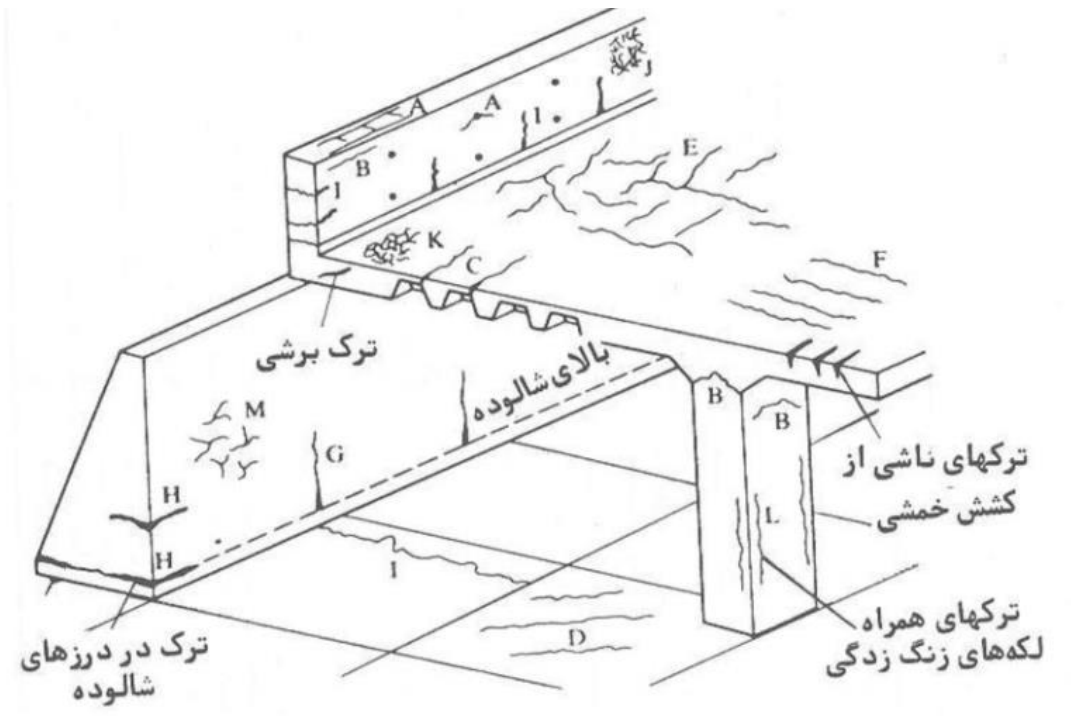
۹. یکی از نکات اجرایی که در حین بتن ریزی باید رعایت گردد این است که بین بتن ریزی و پرداخت فاصله زمانی رخ ندهد.

۱۰. در کارهای مسطح مانند دال‌ها ویبره کردن مجدد (Revibration) باعث حذف این ترکها می گردد.

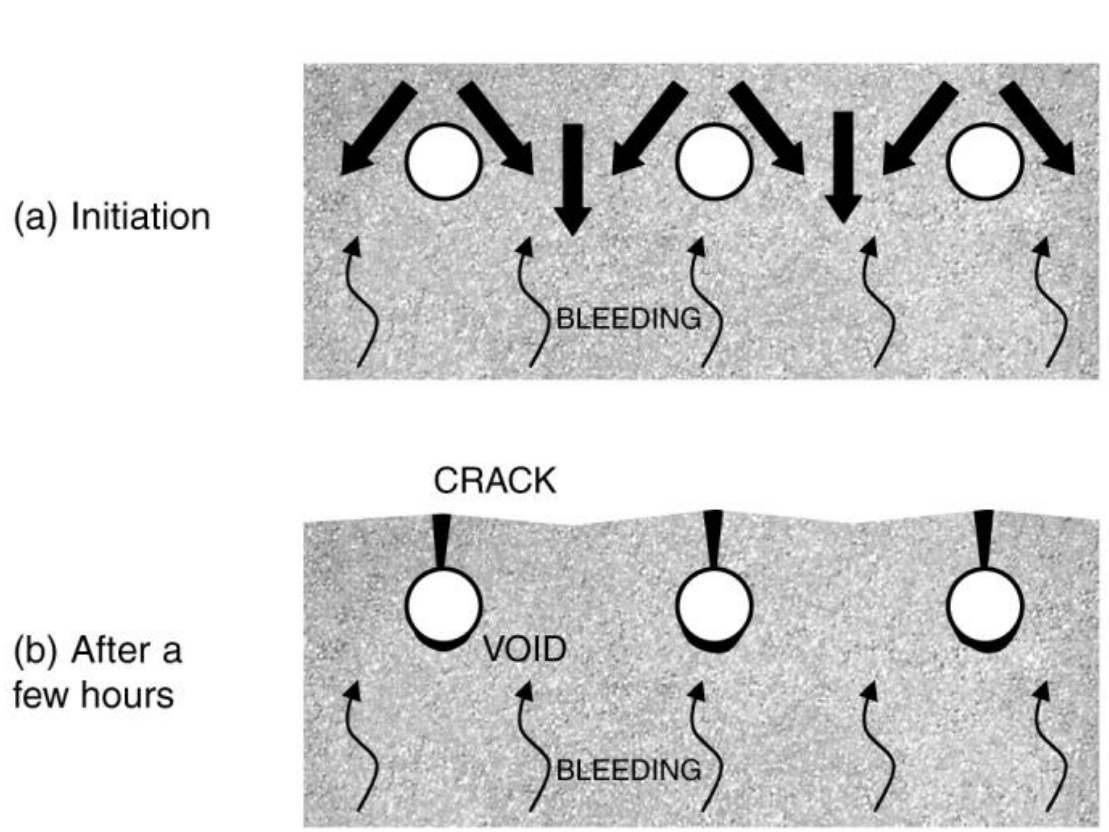
## ❖ انواع ترک در بتن

### ترک ناشی از نشست درون بتن(Settlement Cracking)

این نوع ترک در بتن تازه (خمیری) رخ می‌دهد. ترک‌های ناشی از نشست در بتن معمولا بالای مقاطع عمیق، ستون‌ها، دال‌های تخت، وافل و ... به وجود می‌آیند. در ادامه این بخش به بررسی مکانیزم ایجاد، عوامل موثر در بوجود آمدن مشخصات ظاهری و روش‌های جلوگیری از این ترک می‌پردازم.




شکل شماتیک انواع ترک‌ها




**ترک های a و b و c و f: نشست پلاستیک**

# آشنایی با راهبردهای ترمیم

## ❖ انواع ترک در بتن

### مشخصات ترک ناشی از نشست(Settlement Cracking)

- این تراکم معمولاً در **بالای بتن و موازی آرماتورها (میلگردها)** نمایان می شود.
- **عرض** این تراک ها معمولاً در حدود **یک میلیمتر** می باشد.
- زمان بروز ترکهای ناشی از نشست در بتن **۱۰ دقیقه تا ۳ ساعت بعد از بتن ریزی** می باشد.

## انواع ترک در بتن

### روش‌های جلوگیری از ترک‌های ناشی از نشست در بتن

برای جلوگیری از بروز این ترک راهکارهای زیر می تواند مفید و کاربردی باشد:

۱. **بتن ریزی با اسلامپ خیلی کم :**وقتی اسلامپ بتن پایین باشد در واقع آب به سیمان بتن نیز پایین است در نتیجه خطر آب انداختگی داخلی در بتن کاهش می یابد. پس نشست نیز در داخل بتن کاهش می یابد احتمال بروز ترک کاهش خواهد یافت.

۲. **افزایش کاور روی میلگرد :**با افزایش کاور روی میلگرد نیروی اعمال شده در سطح بتن نمی‌تواند بر سطح مقطع بتن غلبه کرده و منجر به گسسته شدن بتون گردد. (تنش کمتر می‌شود)

۳. **افزودن الیاف به بتن :**الیاف در بتن می‌توانند مقاومت کششی بتن را به صورت موضعی و به صورت کلی افزایش دهد.

۴. **بتن ریزی در قسمتهای عمیق )**جای ستون و تیر عمیق) و **سپس بتن ریزی قسمت های کم عمق** می تواند فرصت نشست را در قسمت های عمیق به بتن دهد.

۵. **ویبره و تراکم مجدد بتن :(Re-vibration)**این کار باعث متراکم شدن خلأ به وجود آمده در زیر میلگرد می گردد و باعث کاهش ترک های ناشی از نشست میشود.

۶. استفاده از افزودنی **حباب هواساز** برای کاهش آب انداختگی در بتن.

۷. **رعایت اصول صحیح قالب بندی :**قالب بندی در بتن باید سفت و محکم بوده تا در طول بتن ریزی یا بعد از بتن ریزی قالب ها حرکتی نکنند چرا که با حرکت کردن قالب ها ممکن است نشست رخ دهد و موجب ترک خوردگی در سطح بتن گردد اصول صحیح قالب بندی در استاندارد ACI 347قابل مشاهده می باشد.

## ❖ انواع ترک در بتن

### ترک ناشی از جمع شدگی خشک شدگی(Drying Shrinkage Cracking)

ترک ناشی از جمع شدگی خشک شدگی معمولاً روی دال های نازک و بعضا روی دیوارها به وجود می آید.

## ❖ انواع ترک در بتن

### مشخصات ترک ناشی از جمع شدگی خشک شدگی

این ترک به دلیل کرنش یا همان کاهش حجمی که به خاطر افت رطوبت در خمیر سیمان رخ می دهد، به وجود می آید. به این صورت که انقباض خمیر سیمان (که بدون وجود سنگدانه می تواند تا یک درصد نیز باشد) در کنار مهار شدن بتن توسط قسمت‌های دیگر سازه باعث ایجاد تنش کششی در بتن می گردد این تنش کششی وقتی از مقاومت کششی بتن بیشتر شود ترک رخ می دهد.

**انقباض + مهار بتن (توسط قسمت‌های دیگر سازه) = تنش کششی ( در نهایت ترک خوردگی)**

**نکته :**وجود سنگدانه در بتن محدودیت داخلی ایجاد می کند و انقباض خمیر سیمان را ٪۰,۰۶ کاهش می‌دهد.

**نکته :**جمع شدگی از خاصیت خمیر سیمان است و سنگدانه ها در تغییرات حجم که در محدوده خمیر سیمان ایجاد می شود نقش قید را دارند.

الگوی پوست سوسماری یا Alligator Pattern مشخصه ظاهری بروز این نوع ترک روی دیوار یا دال می باشد.

**زمان بروز این ترک:**

این ترک پس از چند هفته یا حتی ماه ها پس از بتن ریزی روی بتن پدیدار شده و رشد آن تا ۳ سال نیز می تواند ادامه پیدا کند.

معمولاً **۲۰ تا ۲۵ درصد این ترک در دو هفته اول، ۵۰ تا ۶۰ درصد در سه ماهه اول، ۷۰ تا ۸۰ درصد در یک سال اول** و مابقی **تا پایان سه سال** ادامه پیدا می‌کند.

## ❖ انواع ترک در بتن

### ۹ عامل موثر در بروز ترک جمع شدگی خشک شدگی

عوامل زیادی در ایجاد ترک خوردگی ناشی از خشک شدگی موثر هستند در ادامه ۹ عامل تاثیر گذار را در ایجاد این نوع ترک بررسی خواهیم کرد.

۱. در بتن های سبکدانه بروز این نوع ترک بیشتر از بتن های معمولی می باشد و این امر به خاطر مدول الاستیسیته کمتر سنگدانه های سبک در بتن سبکدانه رخ می دهد.

۲. بالا رفتن حجم خمیر سیمان در بتن می‌توانند ترک ناشی از جمع شدگی خشک شدگی را در بتن بیشتر کند.

۳. عمل آوری نکردن بتن یکی از عوامل موثر در ایجاد ترک می باشد.

۴. در بتن های حجیم تنش کششی دیفرانسیلی بین سطح بتن و داخل (عمق) بتن باعث ایجاد ترک در سطح بتن به خاطر انقباض بیشتر می‌گردد.

۵. ترکهای ریز و پوست سوسماری روی دیوارها و یا دال ها نمونه کوچکی از جمع شدگی خشک شدگی می باشد که ناشی از آب بیشتر در لایه سطحی بتن نسبت به داخل بتن است که باعث ایجاد ترک های کم عمق و نزدیک به هم می گردد.

۶. برخی افزودنی ها مانند کلسیم کلراید به عنوان زودگیر در بتن می تواند حجم حفرات ریز را افزایش داده و جمع شدگی ناشی از خشک شدگی را نیز بالاتر ببرد تا ترک ناشی از این جمع شدگی در بتن رخ دهد.

۷. هرچقدر بلین (نرمی) سیمان بیشتر باشد احتمال بروز این نوع ترک نیز در بتن بیشتر میگردد.

۸. هر چقدر میزان C3A در سیمان بیشتر گردد احتمال بروز این نوع ترک نیز بیشتر می گردد.

۹. وجود رس در سنگدانه ها علی الخصوص در ماسه ها می تواند باعث افزایش جمع شدگی ناشی از خشک شدگی در بتن شود.

## ❖ انواع ترک در بتن

### روش های جلوگیری از ترک ناشی ازDrying shrinkage

۱۰ روش جلوگیری از این نوع ترک به شرح ذیل می باشند:

۱. افزایش مقدار سنگدانه
۲. افزایش Dmax سنگدانه
۳. کاهش آب کل در بتن
۴. افزایش میزان سختی سنگدانه (مدول الاستیسیته بالاتر)
۵. عمل آوری مرطوب با آب
۶. شیار های انقباضی در بتن (کاتر زدن روی دال یا کف سازی)Contraction Joints
۷. کاهش دمای بتن
۸. کاهش میزان سیمان مثلا با استفاده از روان کننده ها
۹. استفاده از مواد کیورینگ که مانع از دست رفتن رطوبت در بتن می گردد
۱۰. استفاده از روان کننده ها (کاهنده های آب) و دیرگیر کننده ها

# آشنایی با راهبردهای ترمیم

## مراحل ترمیم بتن

**آماده سازی بتن برای ترمیم و تعمیر**

- **برداشتن بتن معیوب** ←
  - روش های سایش شامل ماسه پاشی، ساچمه پاشی آب پاشی
  - روش های ضربه زنی شامل قلم، تیشه، چکش برقی
  - روش های پیش شکاف شامل فشار آب، تورم شیمیایی
  - روش های گوه زنی مکانیکی
  - روش های برش بتن
  - روش های انفجاری
- **تمیز کردن و عمل آوری**
- **مرمت و اصلاح بتن** ←
  - بتن ریزی مجدد
  - اصلاح سطحی
  - بتن پاشی
  - تزریق
  - بتن سفت
  - اجرای دستی ملات

## نکات اجرایی مربوط به روش بتن ریزی مجدد

- این روش در مواردی نظیر وجود حفره های بزرگ، حفراتی با سطح بیش از ۱۰۰۰ سانتی متر مربع و عمق بزرگتر از ۱۰ سانتی متر در بتن غیر مسلح و حفراتی با سطح بزرگتر از ۲۵۰ سانتی متر مربع و عمق بیش از ۱۰ سانتیمتر در بتن مسلح و یا عدم پوشش روی میلگرد در سطحی بیش از ۲۵۰ سانتی متر مربع کاربرد دارد.
- افزودن میکروسیلیس به مقدار ۵ تا ۱۰ درصد وزن سیمان موجب افزایش مقاومت فشاری بتن می گردد. مقاومت فشاری بتن با افزودن میکروسیلیس می تواند ۱۰۰ نیوتن بر میلیمتر مربع بالغ گردد.
- استفاده از سیمان های ضد انقباض در کارهای تعمیری، نتیجه مفید و موفقی دارد. معمولاً بتنی با اسلامپ کم، حداقل انقباض را خواهد داشت.
- شیوه معمولی مرمت بتن شامل قالب بندی هر دو وجه مقطع بتنی به گونه است که قالب ها، ناحیه تعمیری را کاملاً احاطه نمایند. یک قیف در بالای قالب مستقر شده و تا قسمتی وارد قالب می شود.

## نکات اجرایی مربوط به روش اصلاح سحطی

- مرمت آسیب ها و پوسیدگی های بتن و دال ها و عرشه پل ها معمولا بصورت اصلاح سطحی می باشد.
- در صورتیکه ضخامت بتن تعمیری بیشتر از ۶۰ میلیمتر باشد، پیوستگی مکانیکی رویه جدید با دال اصلی ( دال مبنا )، لازم است.
- هرگونه ترک موجود در دال مبنا از طریق پرکردن با اپوکسی که دارای ضریب ارتجاعی پایینی است، صورت می گیرد.
- اجرای غشاء مراقبت بلافاصله بعد از پرداخت سطحی انجام شود تا از بروز هرگونه ترک سطحی در بتن جلوگیری شود.
- پیوستگی بین لایه رویی و بتن دال ها، از طریق مالیدن یک ملات نسبتاً غلیظ و کرم مانند شامل یک سهم سیمان و یک سهم ماسه بر روی سطح موجود و قبل از اعمال لایه مرمت سطحی، تأمین می گردد. در این مورد استفاده از امولسیون ( محلول معلق جامد در مایع ) لا تکس اکریلیک و اپوکسی نیز نتایج مثبتی را در پی دارد.
- بخاطر عمر کوتاه چسبندگی ترکیبات مصنوعی، مدت زمان اختلاط و اعمال آنها بر روی سطح باید بین ۲۰ تا ۳۰ دقیقه محدود باشد.
- به منظور جلوگیری از محبوس شدن هوای اضافی در بتن، زمان اختلاط ملاتهایی که حاوی ترکیبات و افزودنی های مصنوعی می باشند، حداکثر به ۲ دقیقه محدود می شود.
- اضافه نمودن الیاف پلی پروپیلن، فولاد و شیشه، می تواند باعث کاهش و به حداقل رساندن ترکهای سطحی گردد. البته در بعضی پروژه ها، الیاف فولادی دچار خوردگی یا زنگ زدگی شده اند

# آشنایی با راهبردهای ترمیم

## نکات اجرایی مربوط به روش تزریق

- مصالح تزریقی متنوعی جهت مرمت ترک های ایجاد شده در دال های روی زمین یا سقف، پرکردن حفرات در سطوح تکیه گاهی، مرمت ترک خوردگی و پرکردن حفرات اعضای ساختمان، بکار می روند.
- این مصالح شامل، دوغاب سیمان، اپوکسی اکریلامیدها، پلی اورتان و ترکیبات متیل می باشند (متیل متاکریلیت) که بواسطه فشار یا نیروی ثقلی به داخل ترک یا حفره تزریق می شوند.
- افزودنی هایی به منظور کاهش انقباض دوغاب تزریقی و همچنین پرکننده های معدنی به منظور اقتصادی نمودن این دوغاب ها در مواردی که مصرف زیاد است، در دسترس می باشند.
- زمانیکه دوغاب سیمان متشکل از ذرات جامد ریز و معلق باشد، حداقل عرض ترک های قابل تزریق حدود ۳ میلیمتر است.

## مراحل روش تزریق

مراحل اجرای ترمیم ترکها به روش تزریق رزین اپوکسی به اختصار

- پاکسازی درون ترک با استفاده از فشار هوا و یا آب
- خشک کردن درون ترک در صورت شستشو با آب
- سوراخ کاری محل نصب پکرها با فواصل معین و عمق لازم به وسط ترک به صورت مورب با زاویه ۴۵ درجه
- بتونه کاری سطح ترک برای جلوگیری از فرار رزین تحت تزریق
- آماده سازی رزین و تزریق آن به درون ترک از پایین به بالا
- خارج کردن پکر، تمیزکاری سطح بتن

## روش تزریق

DESOI
DESOI GmbH
Gewerbestraße 16
36148 Kalbach/Rhön
Tel: +49 6655 9635-0
Fax: +49 6655 9636-6666
E-Mail: info@desoi.de
Internet: www.desoi.de
Injektionstechnik
Mischtechnik
Spritztechnik
Konstruktionsservice 3D
Einzel- & Serienfertigung
Reparaturservice
Stahlpacker Ø 10 120 mm
mit Druckstück 70 mm, Spannqummi 40 mm mit
verzinktem Stahl-Druckstück und HD-Kegelnippel M6
Inhalt: 200 Stück
Bestell-Nr.: 20215

# آشنایی با راهبردهای ترمیم

## روش تزریق

## نکات اجرایی مربوط به روش بتن سفت

- ملات های سفت شامل یک سهم سیمان، ۲.۵ الی ۳ سهم سنگدانه عبوری از الک نمره۱۶ و مقدار کافی آب می باشند، به میزانی که این ترکیب شکل گلوله ای بخود بگیرند و اثر واضحی از رطوبت بر روی دست نداشته باشد. بخاطر نسبت آب به سیمان کم این مخلوط، انقباض ملات حداقل ممکن بوده و مرمت انجام شده دوام، آب بندی و مقاومت خوبی خواهد داشت.
- گاهی اوقات از ترکیب سیمان سفید و سیمان خاکستری به منظور نزدیک شدن کیفیت ظاهری ناحیه تعمیری به بتن مجاور، استفاده می شود.
- استفاده از این شیوه برای لکه گیری های سطحی مناسب نیستند، لیکن نتایج بسیار خوبی برای ترمیم حفره های کوچک و خیلی عمیق و همچنین اصلاح نواحی کرمو و سوراخهای ناشی از بولت های قالب ها دارد.
- مصالح ترمیم باید در ضخامتی معادل ۲۵ میلیمتر ریخته شده و با کوبیدن بطور مناسبی با تخماق سر زبر متراکم شوند.
- در صورتیکه اکریلیک ها چسباننده به مقدار جزئی و در حدود ۲۰ الی ۲۵ درصد آب مخلوط به ملات سفت اضافه شوند، در بهبود کارآیی مخلوط بدون اثرمنفی پررنگ، مؤثر خواهند بود.
- استفاده از اپوکسی باید با مطالعات بیشتری توأم باشد، چرا که تغییر رنگ نواحی اصلاح شده با بهره گیری از اپوکسی، بعد از هوادیدگی و نوردیدگی ناحیه مورد نظر، مشاهده شده است.

## نکات اجرایی مربوط به روش اجرای دستی ملات

- ملات هایی که بطور دستی اجرا می شوند عموماً مخلوطی از سیمان پرتلند با ماسه، و یا مخلوط های آماده کارخانه ای، و یا ملات های اصلاح شده با پلیمر می باشند .
- استفاده از این مصالح در مرمت نواحی معیوب با آرماتورهای نمایان و یا بریده شده، که تراکم مصالح را در پشت آرماتورها دچار مشکل می کنند، مناسب نیست.
- سطح ترمیمی باید تمیز و خشن باشد تا پیوستگی لازم برای اعمال ملات فراهم گردد.
- عمل آوری ملات در این روش بسیار مهم است و باید در مورد سطوح بزرگ بعد از تکمیل یک ناحیه و در سطوح کوچک بلافاصله پس از لکه گیری انجام گیرد.
- در این مورد استفاده از غشاء های عمل آوری، بازده خوبی دارد.

# ۴. آشنایی با راهبردهای بهسازی و تقویت

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاومسازی

## ❖ آشنایی با مفاهیم ترمیم و مقاومسازی

ترمیم (**minor repair**) :رفع نقایص کوچک و محدود مانند مسدود کردن ترک ها یا جایگزین کردن قسمت های کرموی بتن ترمیم نامیده می شود.

تعمیر (**repair** ): عملیاتی که روی قسمت های آسیب دیده یک سازه در محدوده نسبتاً کم انجام می شود به تعمیر موسوم است. برای انجام تعمیرات نیاز به طراحی خاصی نیست، هر چند نقشه جزئیات اجرایی را می توان تهیه کرد. برای مثال جایگزینی قسمت آسیب دیده یک تیر بتن مسلح با بتن مناسب.

تقویت( **strengthening** ): تقویت به مجموعه عملیاتی گفته می شود که روی یک قسمت یا تمام سازه انجام می شودتا سازه بتواند بارها و سربارهایی در حد یا بیشتر از مقادیر طراحی شده را تحمل کند. تقویت بدلایل زیر انجام می شود.

۱-سازه به طور صحیح محاسبه شده و اجرا شده لیکن به دلیل شرایط بهره برداری تغییر کرده و بار بیشتری به ساختمان وارد می شود.

۲- به دلیل اشتباه در طراحی، برخی از مقاطع سازه ضعیف بوده و باید تقویت شوند.

توان بخشی یا بازسازی (**rehabilitation**) : به مجموعه عملیاتی که روی آسیب دیدگی وسیع و شدید یک سازه اعمال می شود، توان بخشی گفته می شود،

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاومسازی

## راهبردهای بهسازی و مقاومسازی

### راهبردهای فنی

الف- اصلاح موضعی اجزا

ب- حذف یا کاهش نامنظمی در سازه

پ- افزایش مقاومت سازه

ت- افزایش سختی جانبی سازه

ث- افزایش شکل‌پذیری سازه

ج- کاهش نیاز سازه

### راهبردهای مدیریتی

الف : استفاده کردن از ساختمان در هنگام بهسازی،

ب : تخلیه ساختمان تا زمان اتمام بهسازی،

پ : پذیرش خطر موجود و عدم بهسازی،

ت : تغییر کاربری ساختمان به منظور کاهش میزان خطر،

ث : تخریب ساختمان موجود و احداث ساختمان جدید،

ج : مقاوم سازی تدریجی در طی چندین سال،

چ : تمرکز بهسازی‌ها فقط در خارج ساختمان یا فقط در داخل ساختمان و ... باشد.

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاومسازی

## بهسازی فونداسیون

الف- آسیب‌پذیری شالوده

- وجود نیروی کششی بلند کننده
- عدم کفایت ظرفیت خمشی یا برشی (برش خمشی یا برش سوراخ‌کننده) مقطع شالوده
- تهاجم مواد شیمیایی مضر موجود در خاک و آب زیرزمینی به بتن شالوده
- عدم کفایت مقاومت جانبی برای تحمل نیروهای جانبی وارد بر شالوده
- وجود نیروی فشاری یا کششی بیش از ظرفیت سازه‌ای در شمع‌ها

ب- آسیب‌پذیری پی

- وقوع تنش فشاری بیش از ظرفیت باربری پی در زیر شالوده
- وجود نیروی فشاری یا کششی بیش از ظرفیت ژئوتکنیکی سازه‌ای در شمع‌ها
- وجود نشست‌های زیاد و غیرقابل قبول در پی
- وجود پتانسیل روانگرایی، ماسه سریع و تورم در خاک زیر شالوده
- عدم پایداری ساختگاه سازه، مخصوصاً برای ساختمان‌هایی که بر روی زمین‌های شیبدار احداث شده‌اند.

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاوم‌سازی

## بهسازی فونداسیون

با توجه به نوع ضعف موجود در شالوده و پی، راهکارهای مختلفی برای تقویت آنها وجود دارد که عبارتند از:

الف– بهسازی سازه‌ای شامل:

- افزایش ابعاد شالوده
- افزودن شناژ به شالوده موجود
- تقویت خمشی و برشی شالوده با کابل‌های پیش‌تنیده
- افزایش مقاومت شمع‌های موجود

ب– بهسازی ژئوتکنیکی شامل:

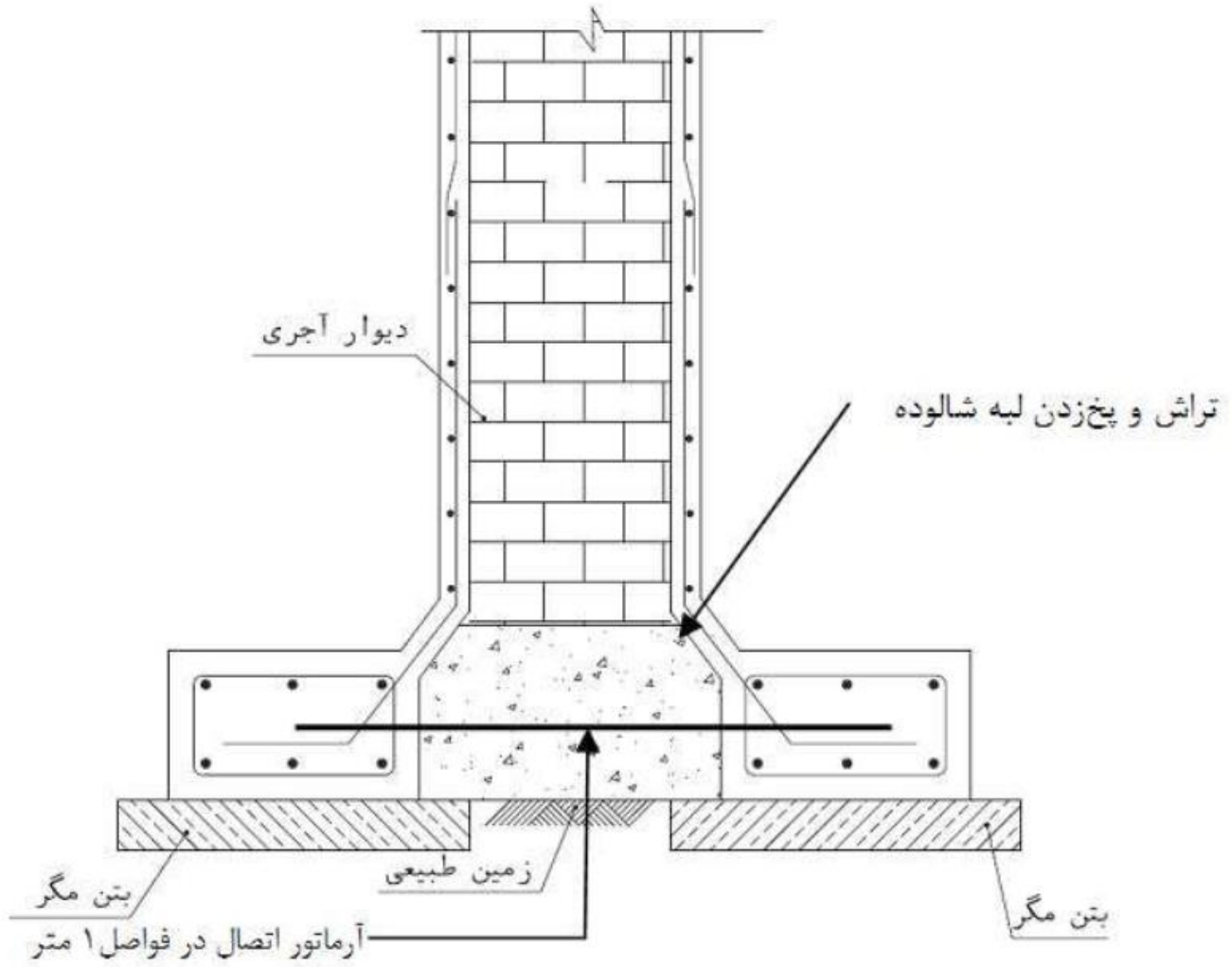
- تزریق (اختلاط مکانیکی)
- ریزشمع

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاوم‌سازی

## بهسازی فونداسیون

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاوم‌سازی

## بهسازی فونداسیون




افزایش مقاومت شالوده با بتن مسلح

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاومسازی

## ❖ بهسازی فونداسیون (راهکارهای ژئوتکنیکی)

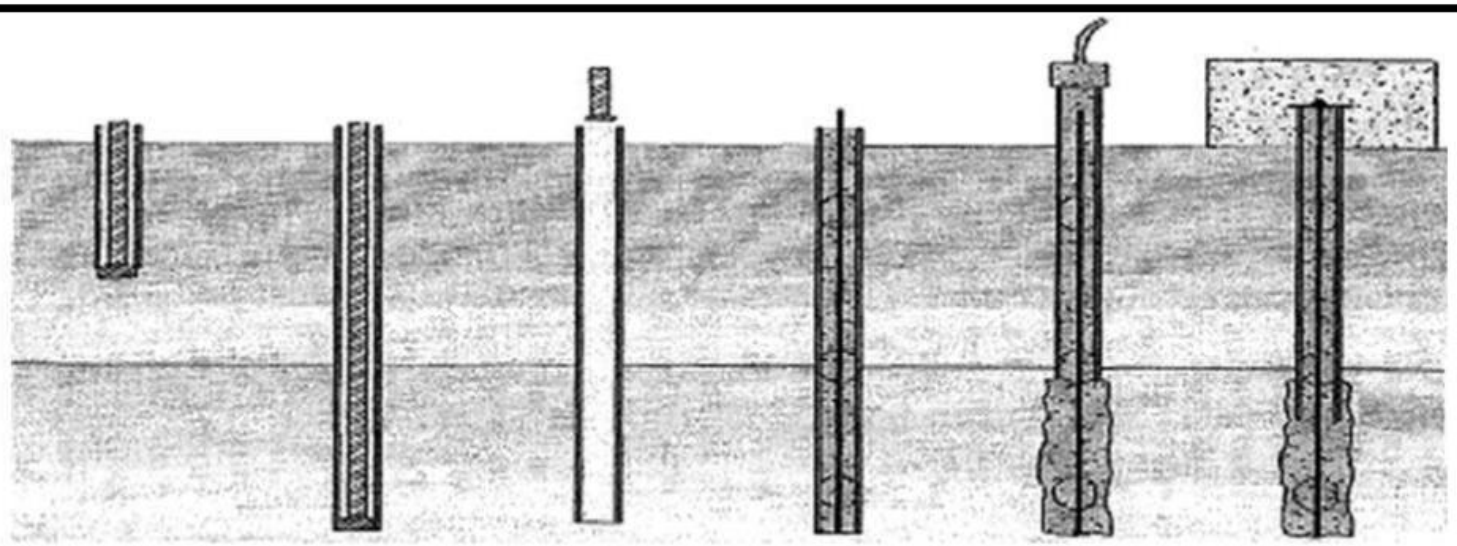
### I- بهبود شرایط خاک با استفاده از تزریق مواد افزودنی

این روش اختلاط در جای خاک با مواد افزودنی از قبیل سیمان، آهک و... به روش تزریق است. هدف از اختلاط خاک، دست‌یابی به پارامترهای ژئوتکنیکی اصلاح شده از قبیل مقاومت فشاری، مقاومت برشی و یا نفوذپذیری است. اختلاط خاک برای محدود کردن و یا ثابت نمودن مواد شیمیایی مضر در خاک نیز کاربرد دارد.

معمولاً سیمان بصورت دوغاب (ترکیب با آب) با خاک مخلوط می‌شود. هر چند امکان استفاده از سیمان بصورت خشک نیز مقدور است، برحسب نوع خاک حجم دوغاب بین ۲۰ تا ۳۰ درصد حجم خاک انتخاب می‌شود.

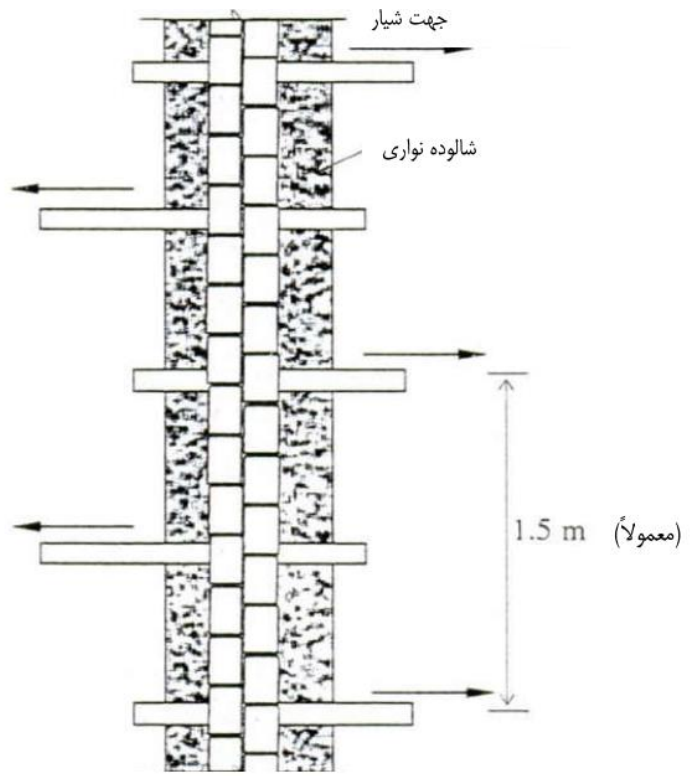
## I- اجرای ریز شمع (Micro Pile)

ریزشمع‌ها، شمع‌هایی با قطر ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلیمتر هستند که می‌توانند به صورت عمودی یا مایل در اطراف و جسم شالوده ایجاد شوند. در صورتیکه به علت محدودیت‌های فضایی در نزدیکی شالوده موجود نتوان از شمع برای افزایش ظرفیت باربری پی استفاده نمود می‌توان از ریز شمع‌ها به جای شمع استفاده کرد. با اجرای ریز شمع‌ها بدلیل نفوذ دوغاب سیمان در خاک، خواص مکانیکی خاک بهبود یافته و ظرفیت باربری آن افزایش می‌یابد. همچنین ریزشمع‌ها در عمقی بیشتر از عمق شالوده نفوذ کرده و بارها را به عمقی بیشتر منتقل می‌کنند.

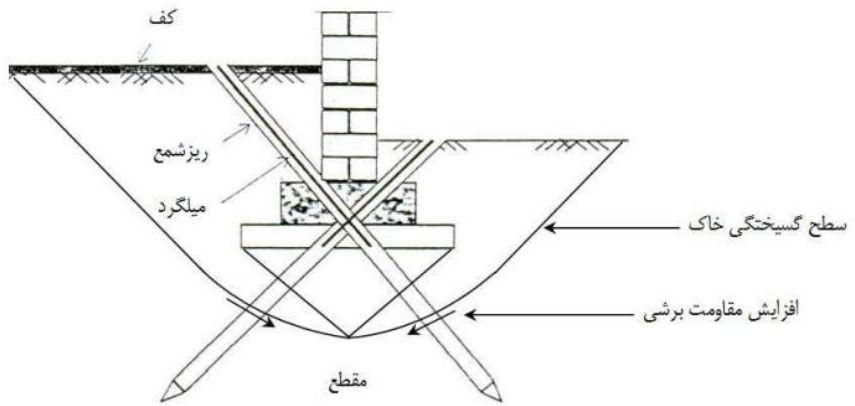



**شکل ۲-۲-۱۱- مراحل اجرای ریزشمع**

شکل ۲-۲-۱۳- استفاده از ریز شمع برای بهسازی شالوده و پی



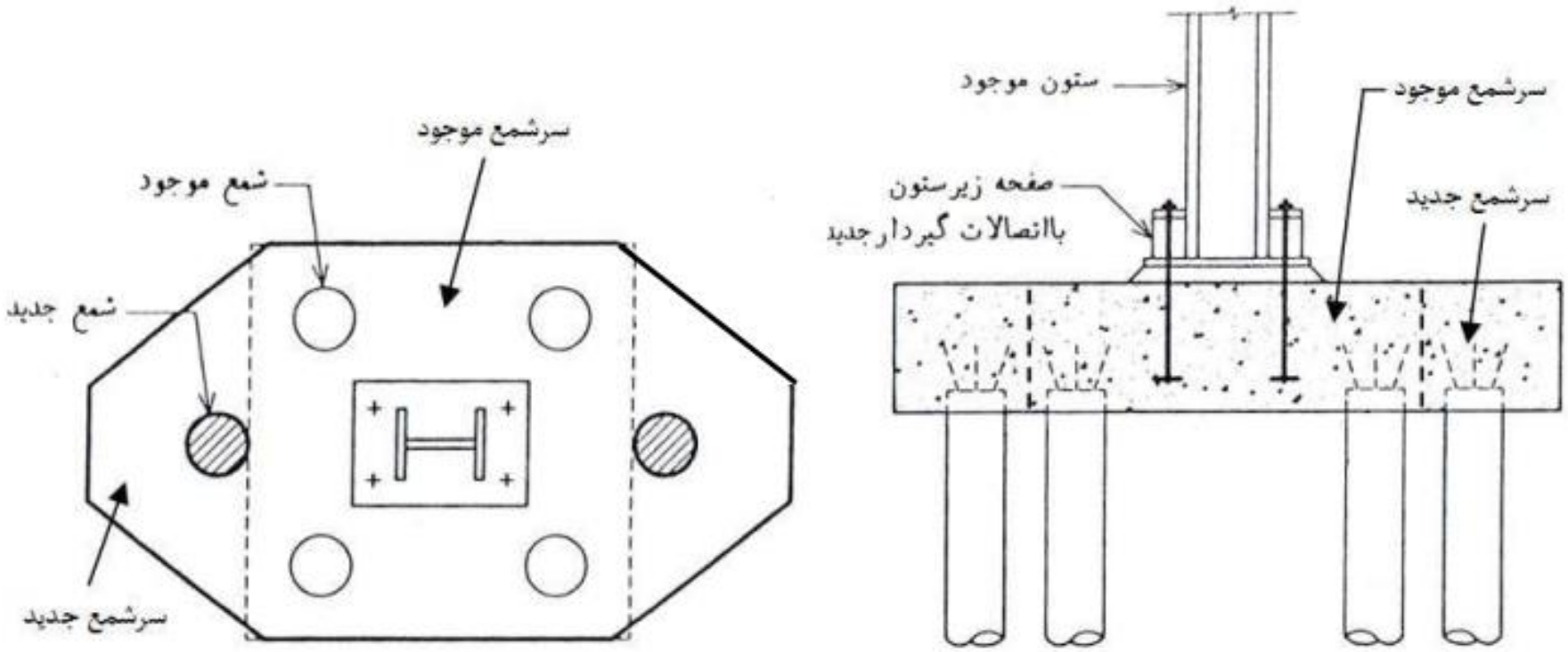

پلان




شکل ۲-۲-۱۲- افزایش مقاومت ژئوتکنیکی پی با استفاده از ریز شمع

## II- احداث شمع

به منظور افزایش ظرفیت باربری ژئوتکنیکی و سازه‌ای شمع‌های موجود، می‌توان با احداث شمع‌های جدید و اتصال آنها به سرشمع موجود، به ظرفیت فشاری، کششی و خمشی گروه شمع موجود اضافه نمود (شکل ۲-۲-۱۴).




**شکل ۲-۲-۱۴- افزایش باربری ژئوتکنیکی با استفاده از اجرای شمع**

## ❖ راهکارهای بهسازی دال

### انواع راهکارهای تقویت دال

با توجه به نوع ضعف موجود در دال، راهکارهای مختلفی برای تقویت آن وجود دارد که عبارتند از:

۱- تعمیر موضعی،

۲- افزایش ضخامت دال (از بالا یا پایین)،

۳- اضافه کردن تیرک فولادی،

۴- اضافه نمودن نوارهای فولادی در وجوه دال،

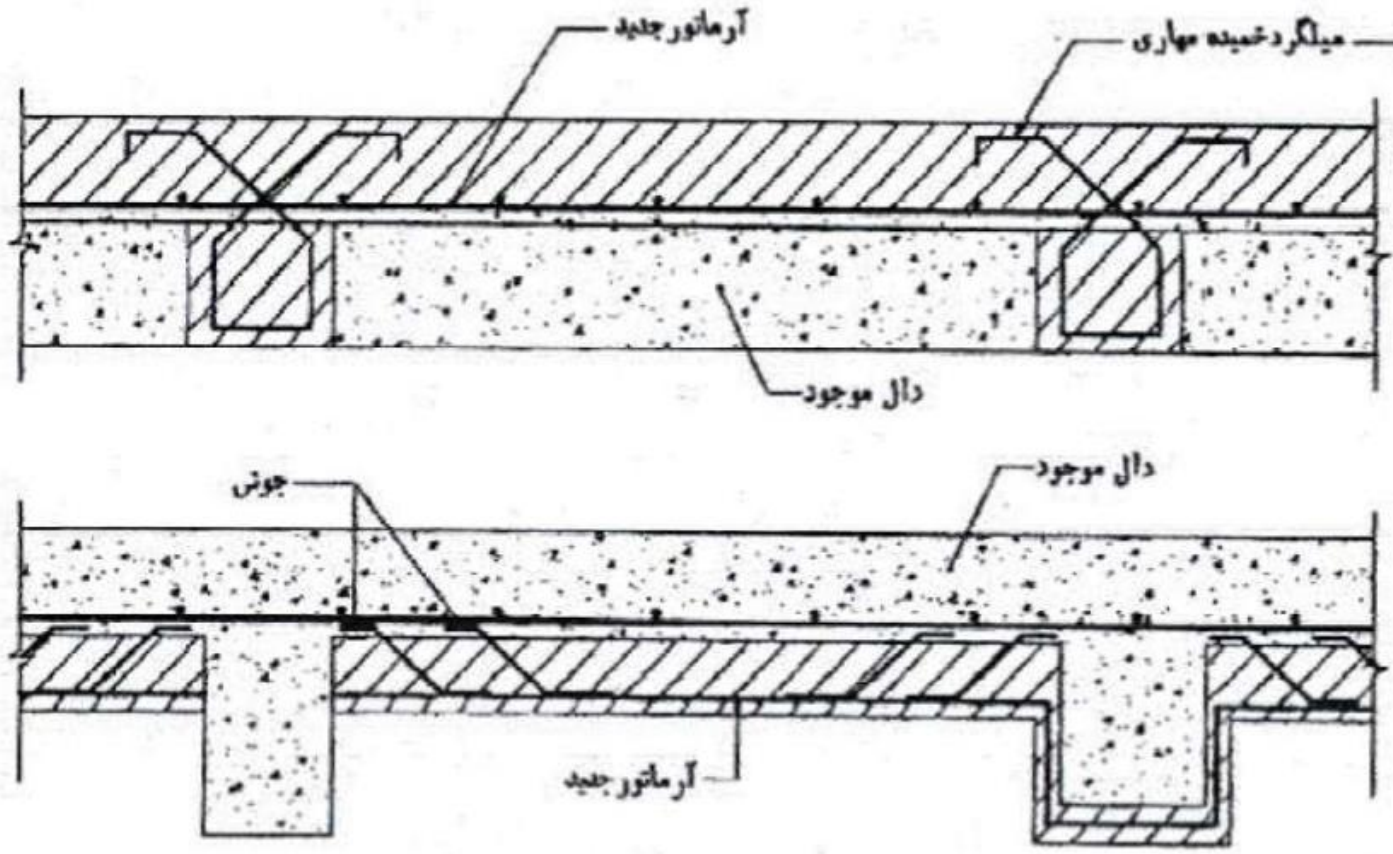
۵- استفاده از مصالح FRP در وجوه دال،

۶- مقاوم‌سازی اتصال دال به دیوار برشی،

۷- بهبود عملکرد دیافراگمی دال.

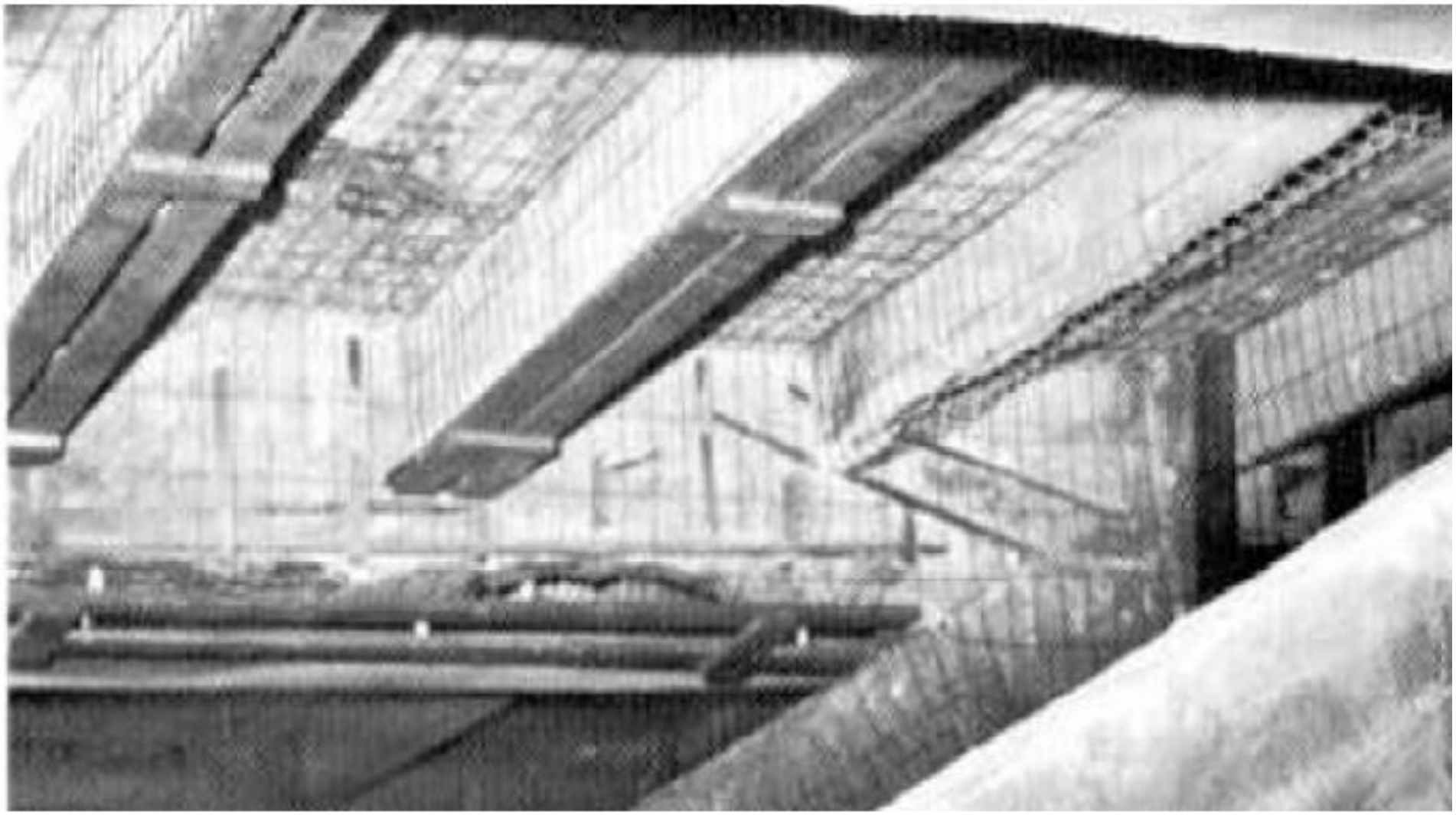
# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاوم‌سازی

## ❖ راهکارهای بهسازی دال



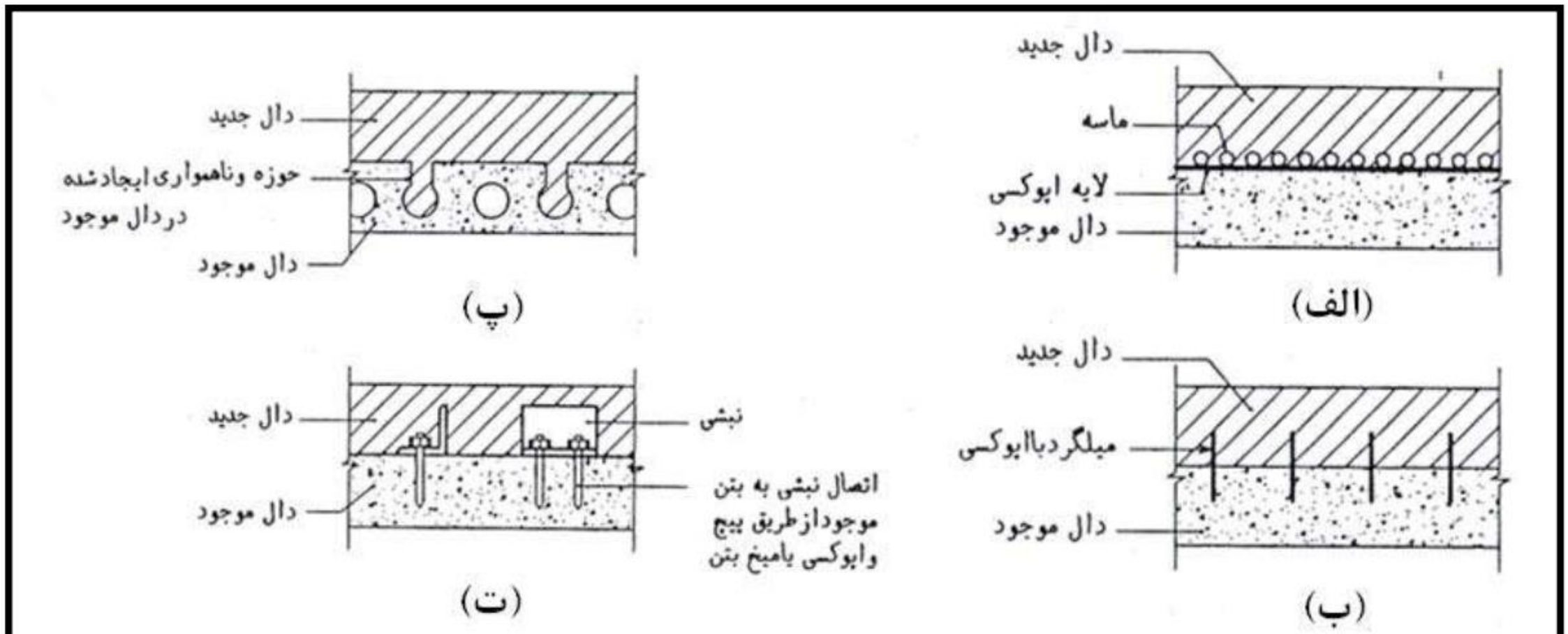

شکل ۲-۳-۲- افزایش ضخامت دال

## ❖ راهکارهای بهسازی دال



شکل ۲-۳-۳- افزایش ضخامت دال از قسمت تحتانی با شاتکریت

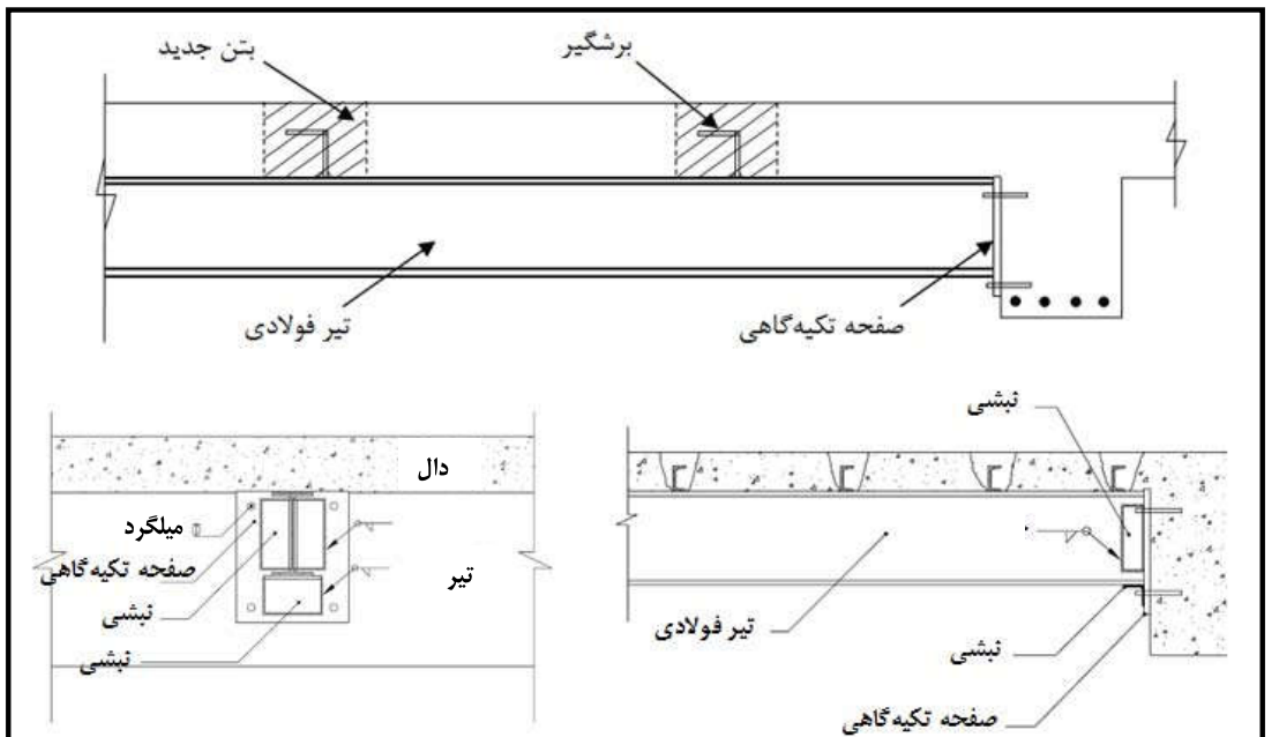
## ❖ راهکارهای بهسازی دال




**شکل ۲-۳-۴- روش‌های متداول درگیر نمودن بتن جدید و قدیم در راهکار افزایش ضخامت دال**

## راهکارهای بهسازی دال

شکل ۲-۳-۵- اضافه کردن تیرک فولادی




شکل ۲-۳-۶- جزئیات اجرایی تیرک فولادی

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاومسازی

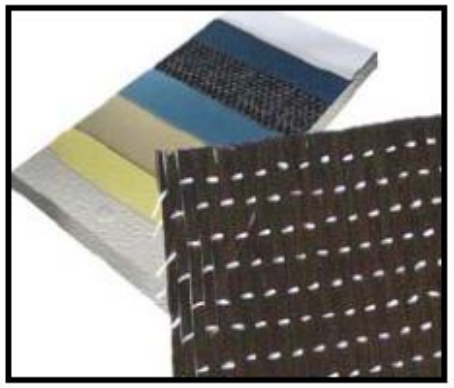
## ❖ راهکارهای بهسازی دال

شکل ۲-۳-۷- تقویت دال‌ها با استفاده از ورق‌های فولادی

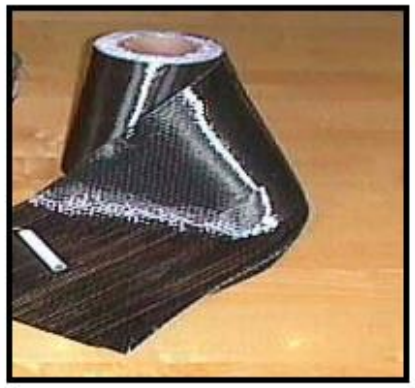
## ❖ راهکارهای بهسازی دال

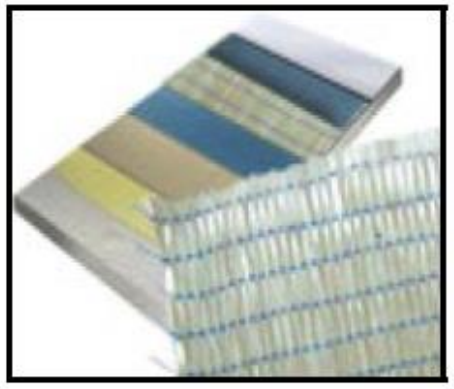
شکل ۲-۳-۹- تقویت دال با نوارهای FRP در دو جهت

## معرفی الیاف FRP

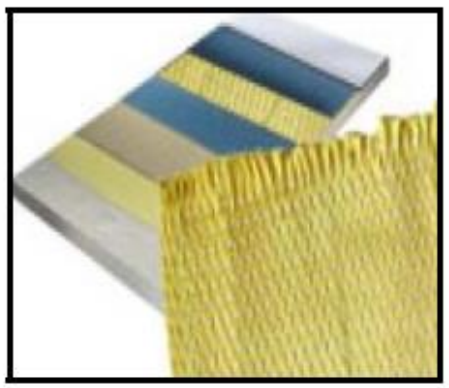


شکل ۸-۱۰- الیاف کربن





شکل ۸-۱۱- الیاف شیشه



شکل ۸-۱۲- الیاف آرامید

جدول ۸-۱ 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 |

## ❖ معرفی الیاف FRP

جدول ۸-۳ مقایسه کیفی بین الیافهای کربن با مقاومت بالا ، شیشه و آرامید

| خصوصیات مصالح | کامپوزیت شیشه | کامپوزیت آرامید | کامپوزیت کربن |
|---|---|---|---|
| مقاومت کششی | خیلی خوب | عالی | خیلی خوب |
| مقاومت فشاری | ناکافی | خیلی خوب | خوب |
| مدول الاستیسیته | خوب | خیلی خوب | کافی |
| رفتار دراز مدت | خوب | خیلی خوب | کافی |
| رفتار خستگی | خوب | عالی | کافی |
| ظرفیت کمانش | عالی | کافی | کافی |
| مقاومت قلیایی | خوب | خیلی خوب | ناکافی |

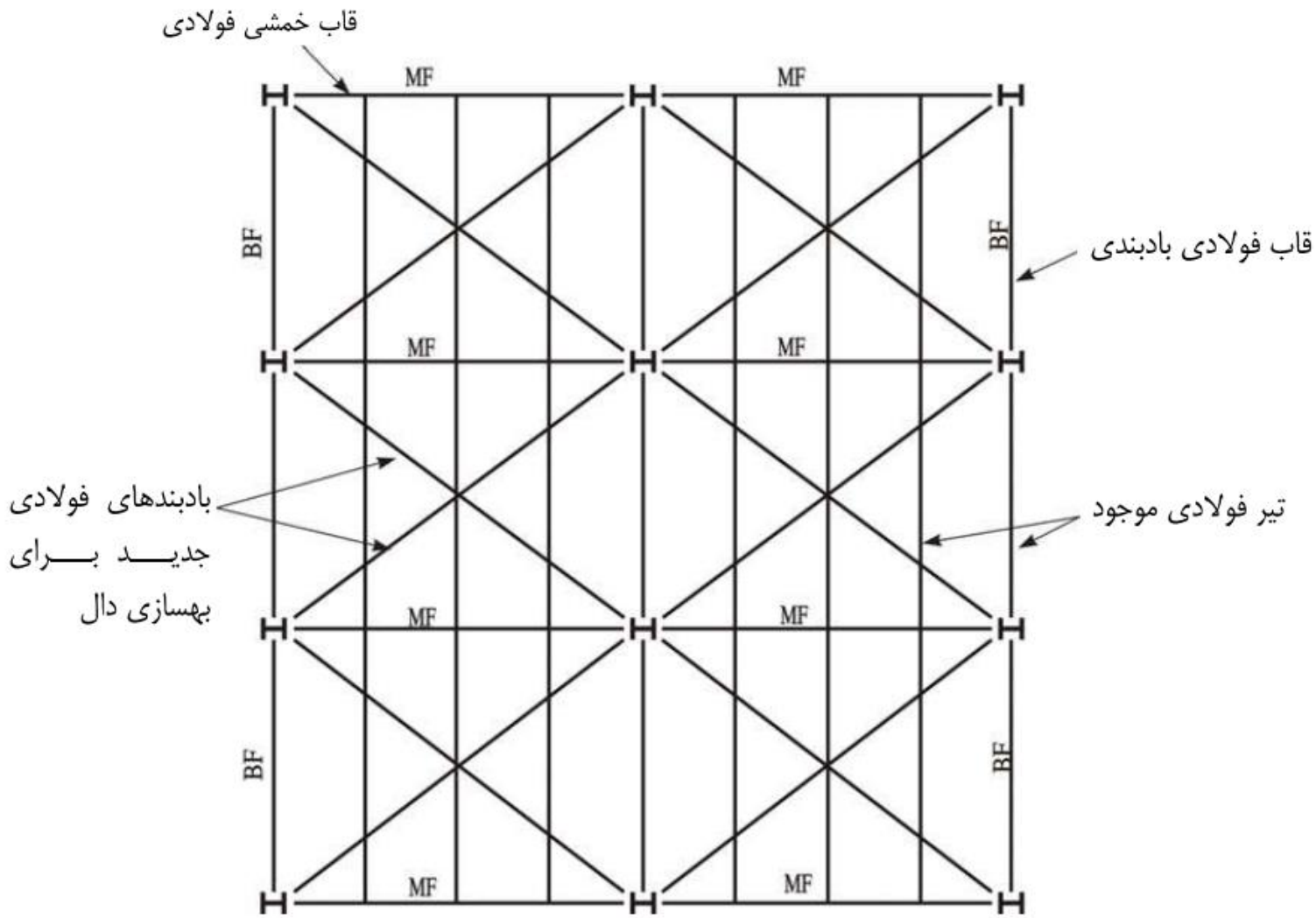
## معرفی الیاف FRP

جدول ۸-۴ 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 |

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاومسازی

## ❖ راهکارهای بهسازی دال




**شکل ۲-۳-۲۰- بهسازی دیافراگم‌ها بوسیله مهاربندهای افقی**

## ❖ راهکارهای بهسازی تیرهای بتنی

برای تقویت تیرهای بتن مسلح می‌توان از راهکارهای زیر استفاده نمود:

۱- روکش بتن مسلح

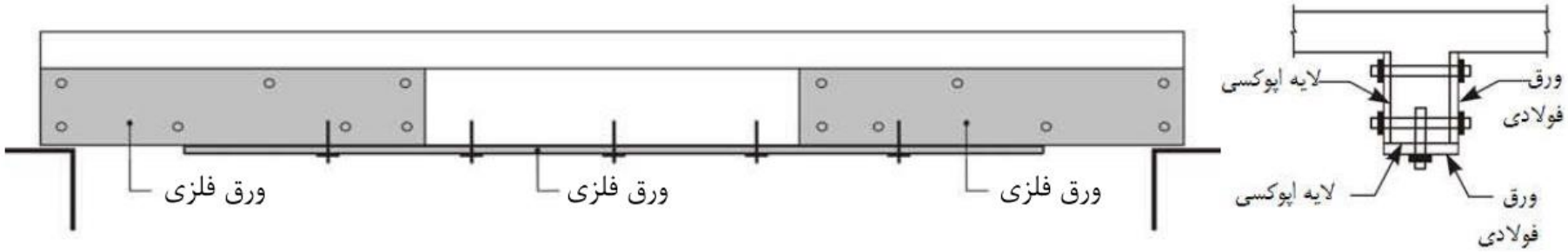
۲- روکش فولادی

۳- روکش FRP

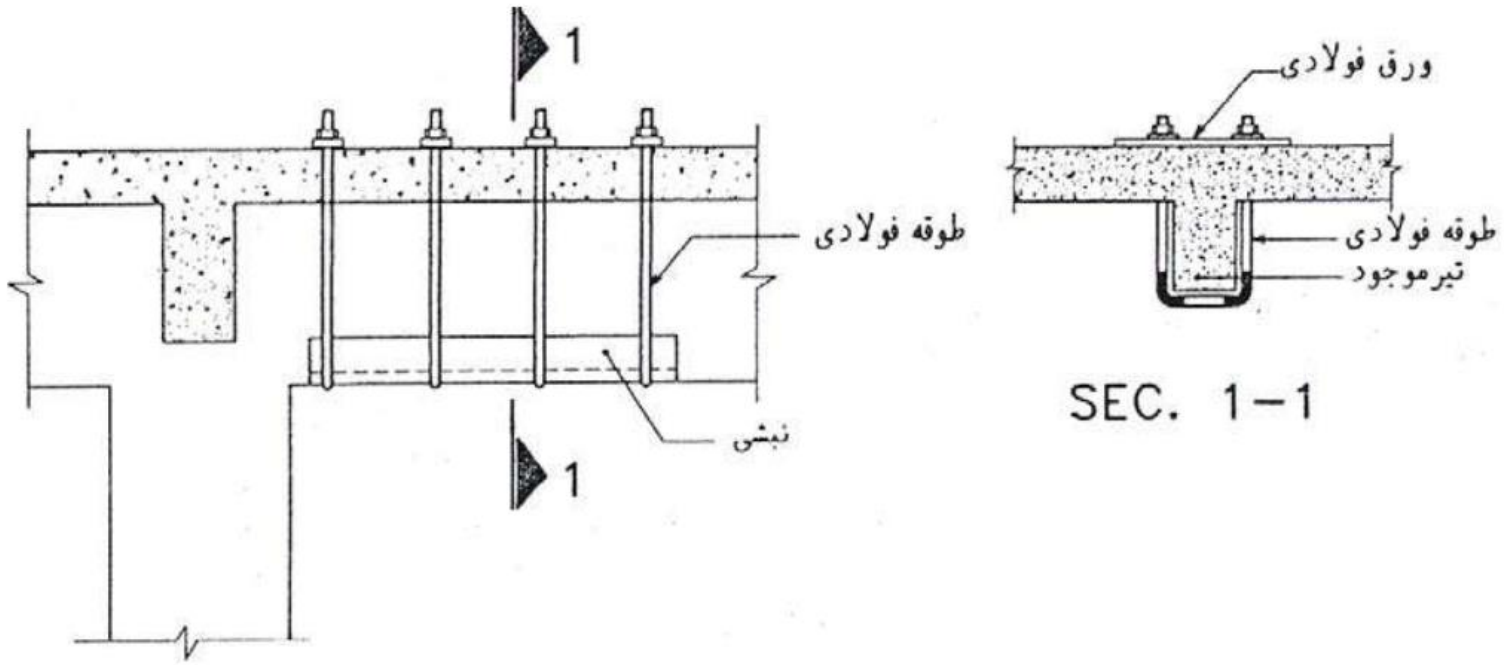
۴- پیش‌تنیدگی خارجی

هر یک از روش‌های فوق به تفکیک در زیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

## ❖ راهکارهای بهسازی تیرهای بتنی




**شکل ۲-۴-۶- تقویت خمشی و برشی تیرها با ورق فولادی**



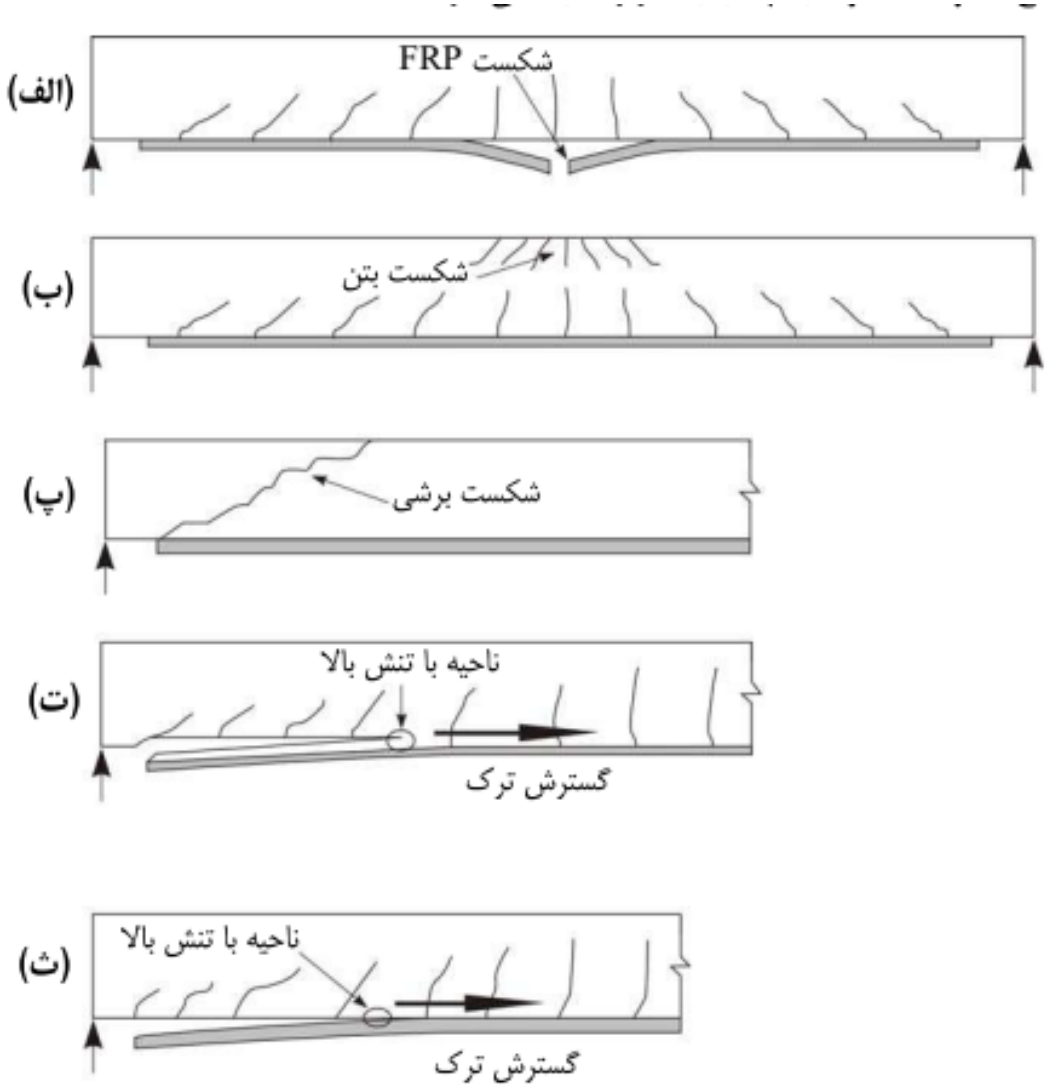

**شکل ۲-۴-۷- تقویت خمشی و برشی تیرها با قفس فولادی شامل نبشی و رکابی**

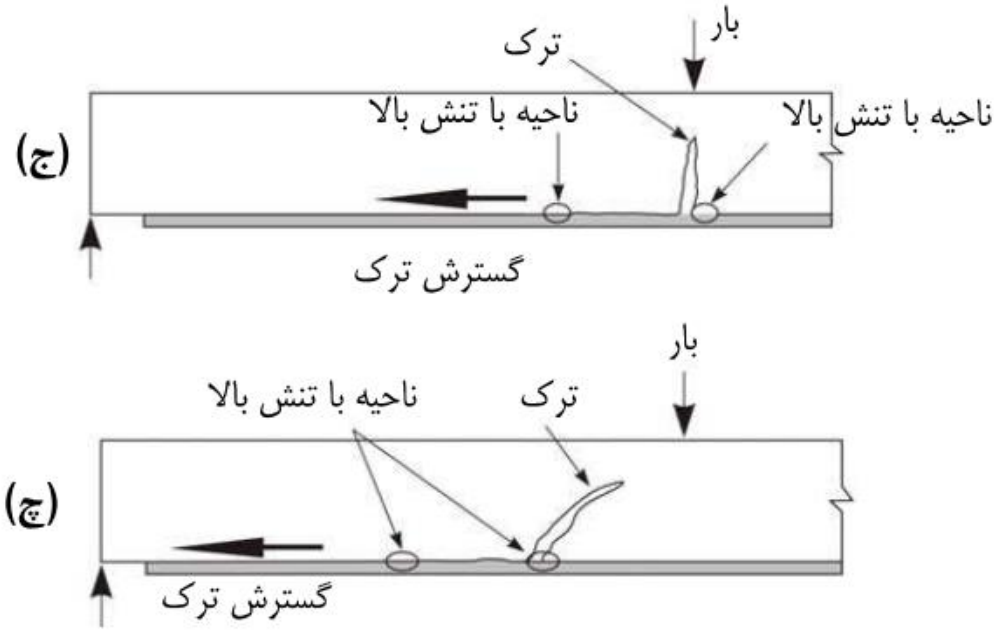
## ❖ راهکارهای بهسازی تیرهای بتنی

شکل ۲-۴-۸- کاربرد مصالح FRP در مقاوم‌سازی

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاومسازی

## ❖ راهکارهای بهسازی تیرهای بتنی




الف) گسیختگی FRP ب) خرد شدن بتن فشاری

پ) گسیختگی برشی ت) ورقه شدن پوشش بتن

ث) جدایش در فصل مشترک FRP و بتن در انتها

ج) جدایش در فصل مشترک ناشی از ترک خمشی

چ) جدایش در فصل مشترک ناشی از ترک برشی

**شکل ۲-۴-۹- مودهای گسیختگی تیر بتنی تقویت شده با صفحه FRP**

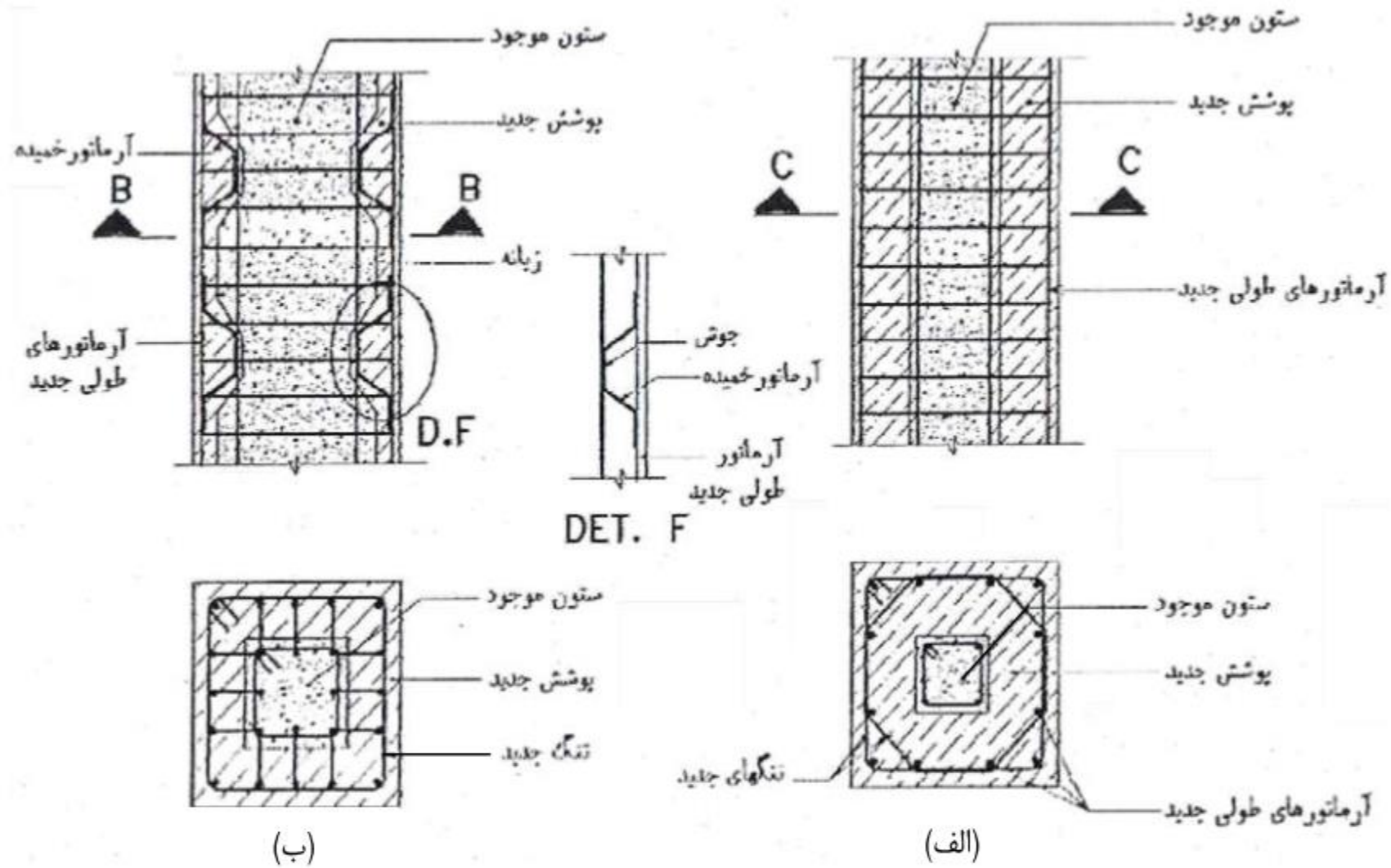
## ❖ راهکارهای بهسازی ستونهای بتنی

**روش‌های بهسازی ستون‌های مسلح**

در سال‌های اخیر روش‌های مختلفی برای بهبود ظرفیت خمشی، برشی و شکل‌پذیری ستون‌ها توسط افزایش دورگیری جانبی ناحیه مفصل پلاستیک ارائه شده است که عملکرد مناسبی طی زلزله‌های مختلف داشته‌اند. این روش‌ها عبارتنداز:

- روکش بتنی
- روکش فولادی
- روکش FRP

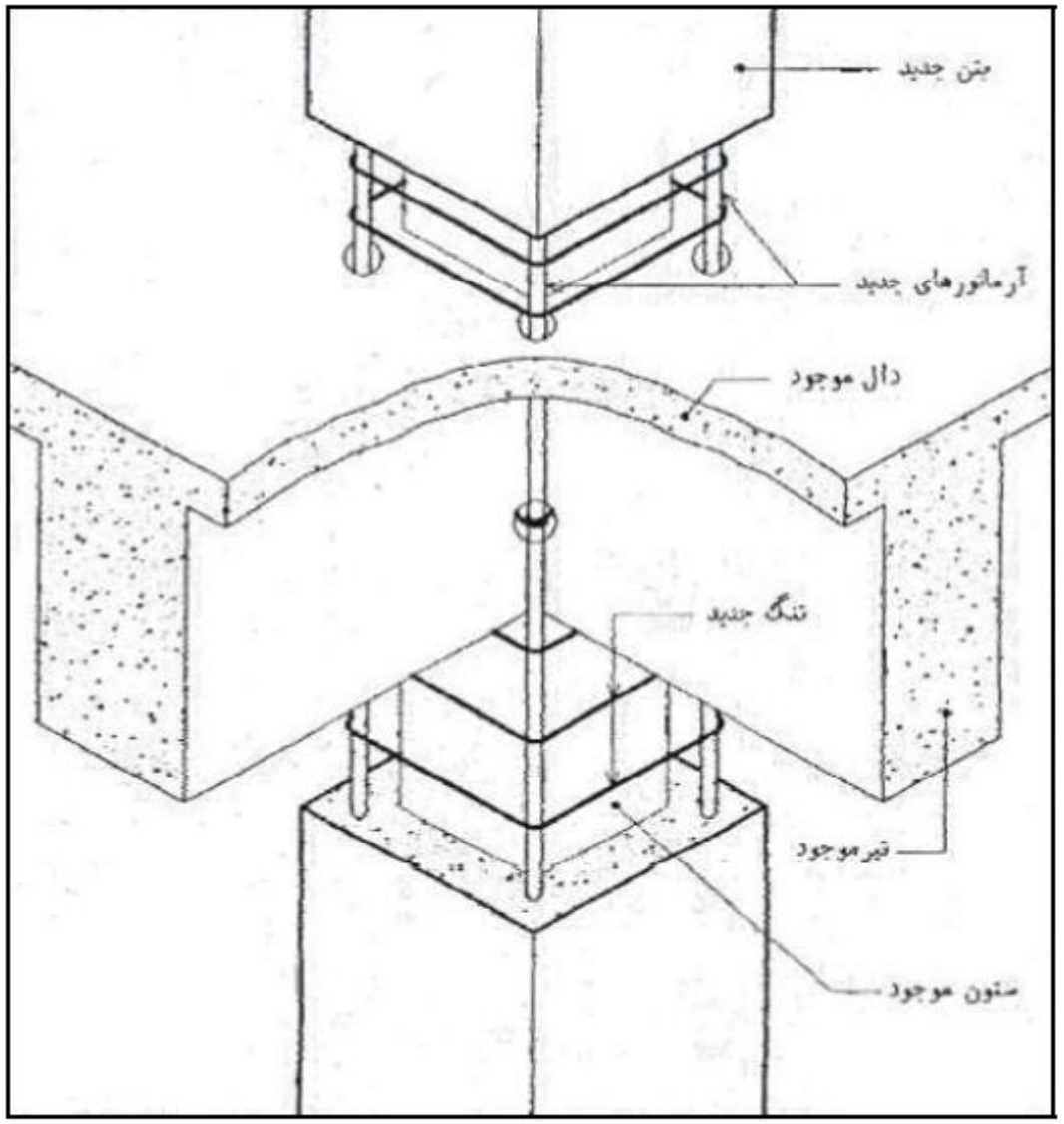
## ❖ راهکارهای بهسازی ستونهای بتنی

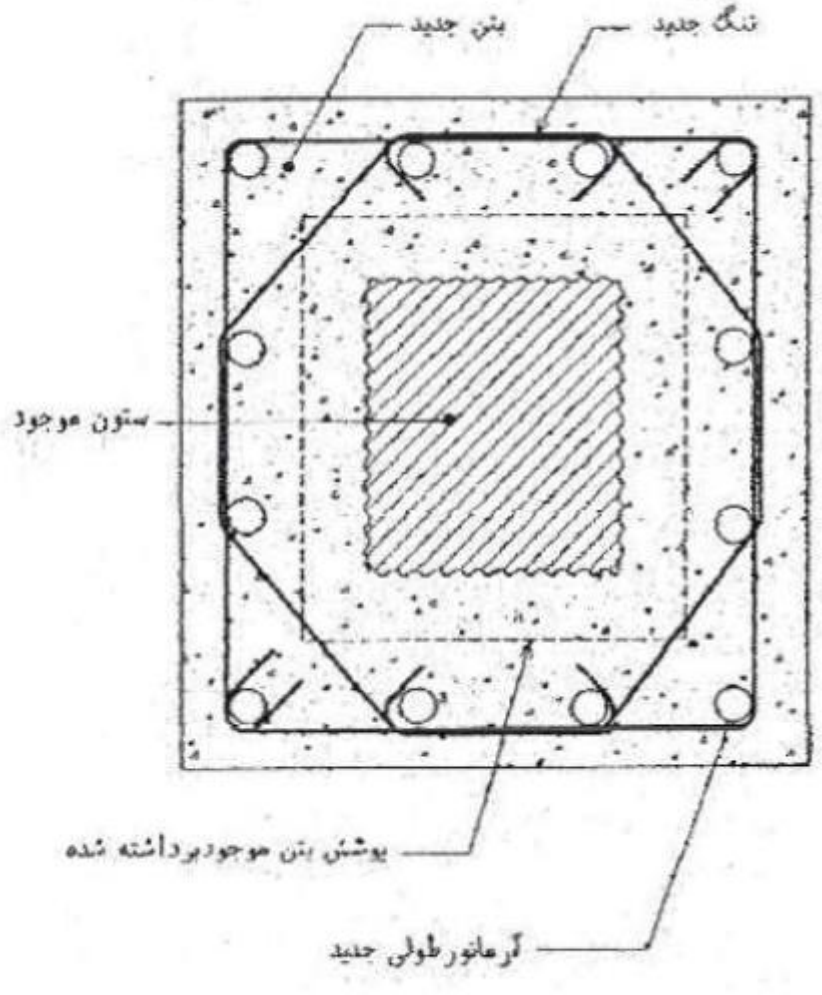



**شکل ۲-۵-۴- نحوه ایجاد اتصال مناسب بین بتن جدید و قدیم**

**الف) بدون استفاده از تنگ‌های متصل کننده و ب) با استفاده از تنگ‌های متصل کننده**

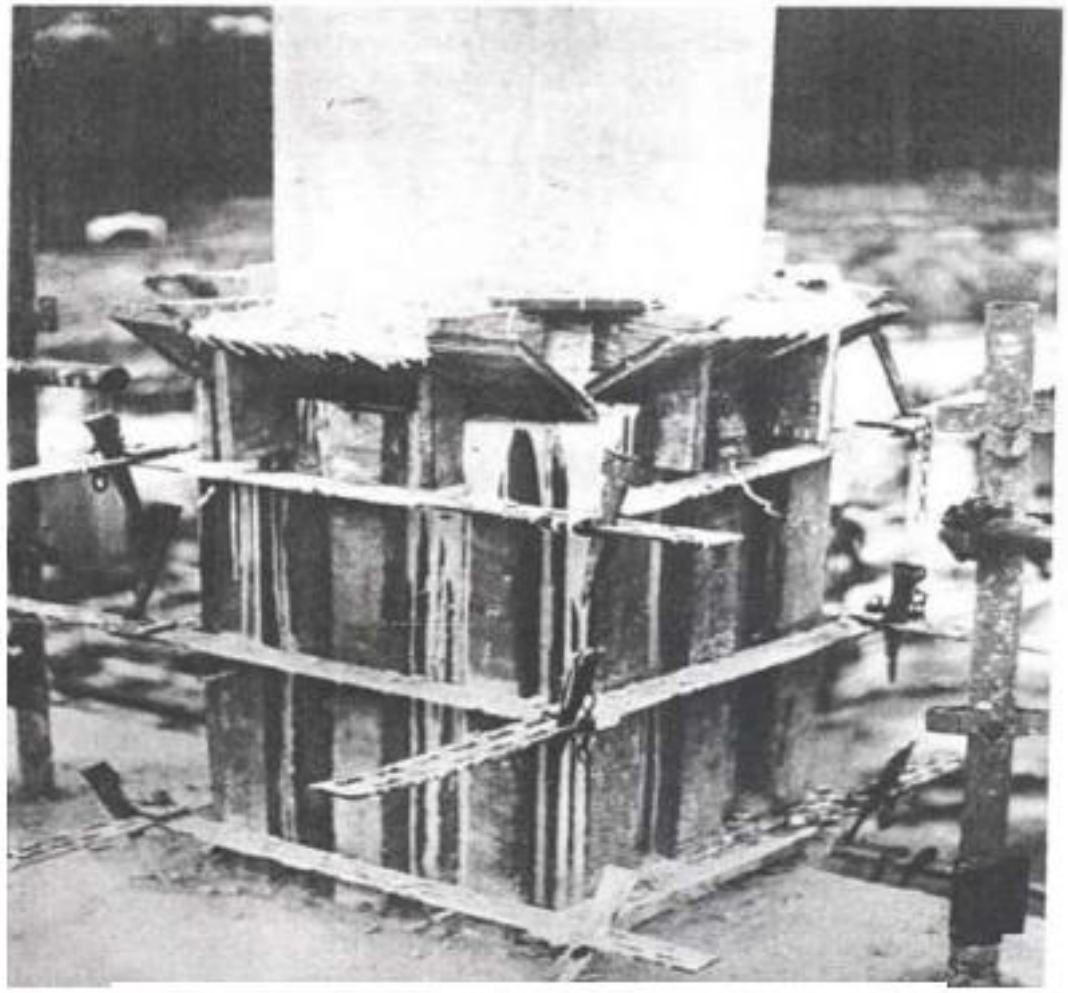
## ❖ راهکارهای بهسازی ستونهای بتنی



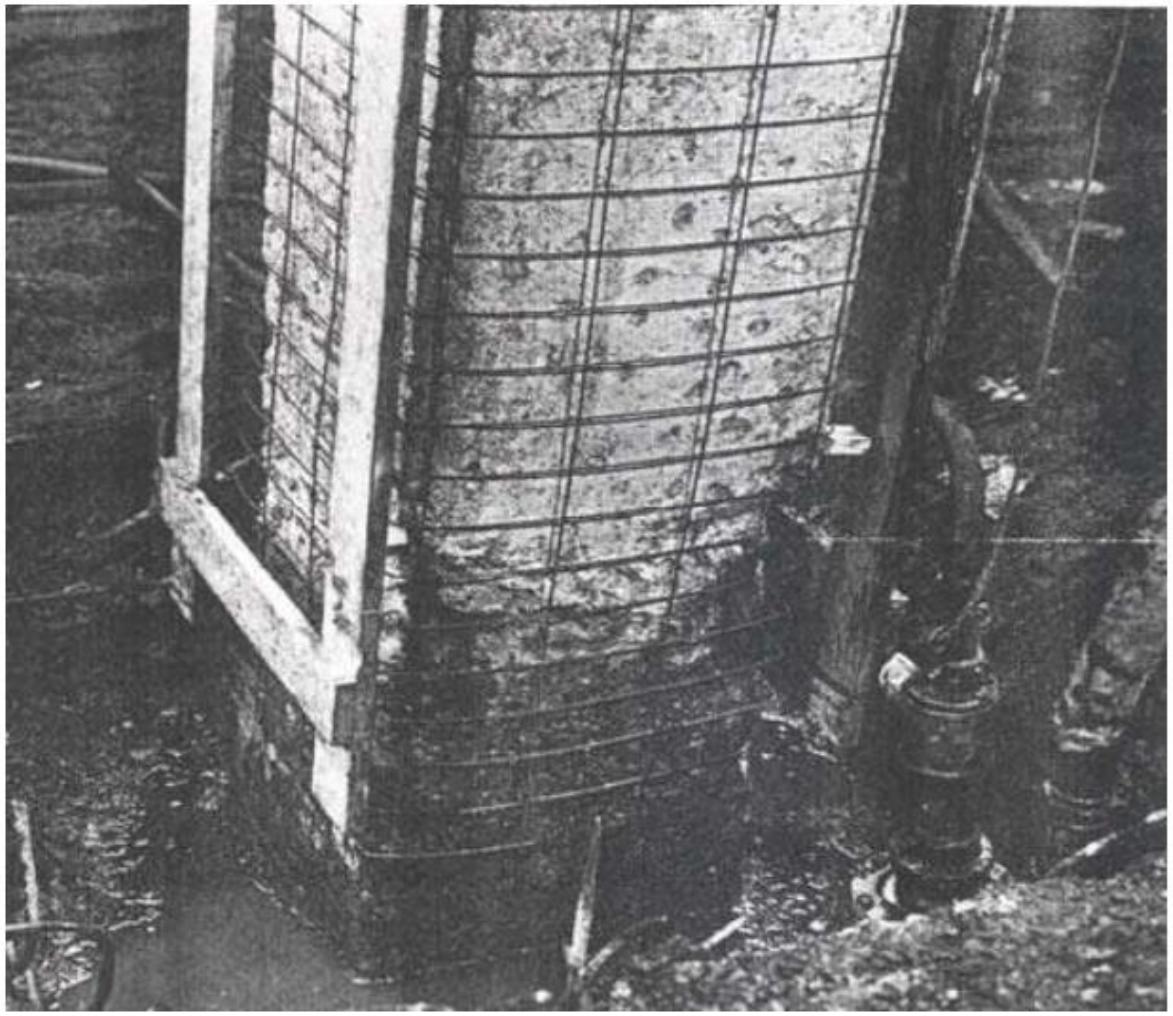




**شکل ۲-۵-۷- جزئیات بهسازی ستون‌ها بوسیله روکش بتنی به هنگام عبور از سقف**

## راهکارهای بهسازی ستونهای بتنی



الف- اجرای روکش بتنی با قالب



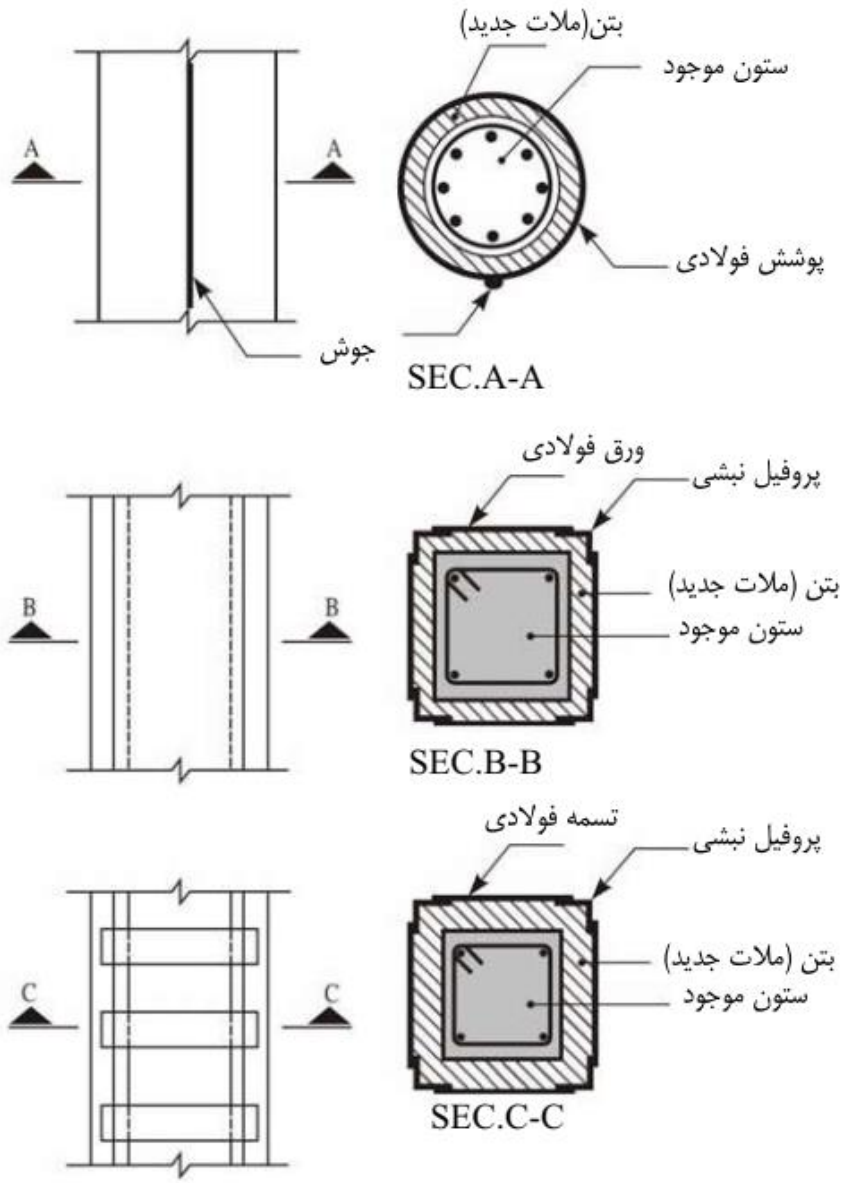
ب- اجرای روکش بتنی با بتن‌پاشی

## ❖ راهکارهای بهسازی ستونهای بتنی

شکل ۲-۵-۹- استفاده از روکش بتنی جهت بهسازی ستون‌ها

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاومسازی

## ❖ راهکارهای بهسازی ستونهای بتنی




**شکل ۲-۵-۱۰- استفاده از روکش فولادی در بهسازی ستونهای بتنی**

## ❖ راهکارهای بهسازی ستونهای بتنی

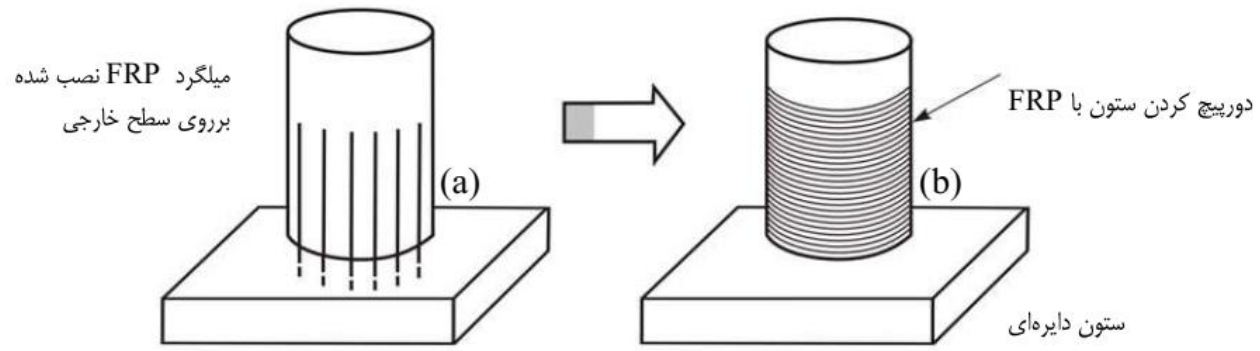
شکل ۲-۵-۱۲- نمونه‌ای از روکش فولادی جهت افزایش مقاومت خمشی ستون

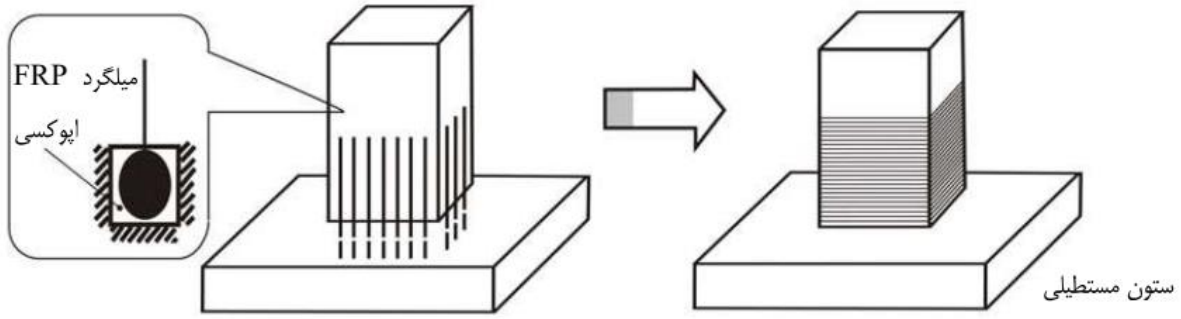
## ❖ راهکارهای بهسازی ستونهای بتنی

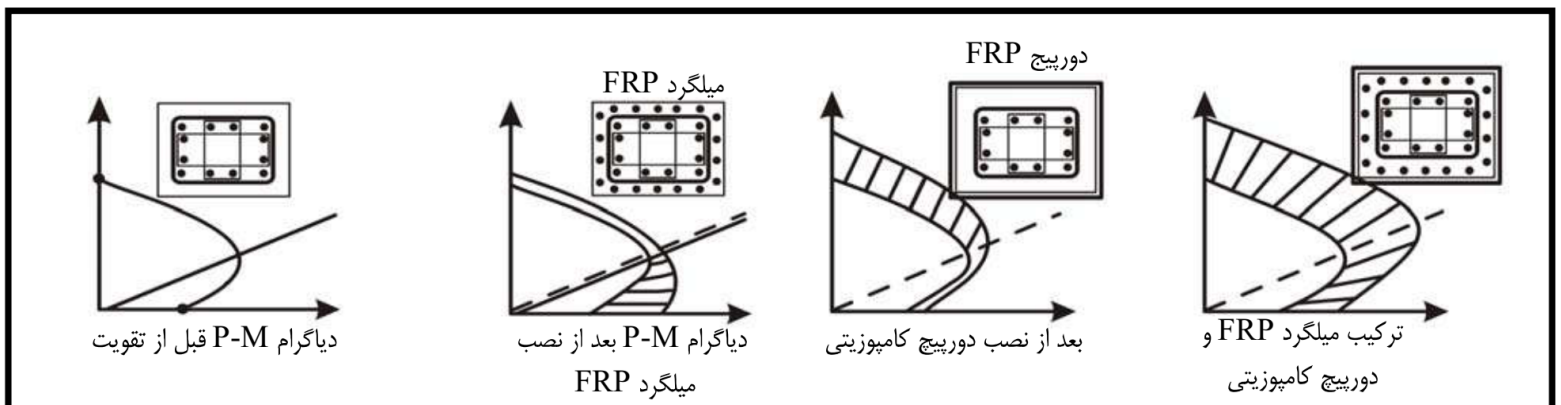
شکل ۲-۵-۱۳- بهسازی ستونهای بتنی بوسیله روکش فولادی قفسه‌ای

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاومسازی

## ❖ راهکارهای بهسازی ستونهای بتنی




**شکل ۲-۵-۱۷- منحنی اندرکنش ستون با مصالح FRP**

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاومسازی

## ❖ راهکارهای بهسازی ستونهای فولادی

عمده خرابی موجود در ستون‌های فولادی شامل کمانش موضعی و کلی و گسیختگی در محل درزها و وصله‌ها می‌باشـد. در شکل (۲-۵-۱۹) نمونه هایی از خرابی ستون های فولادی نشان داده شده است.

دلایل اصلی این خرابی‌ها عبارتند از:

۱- سطح مقطع کم ستون

۲- لاغری بیشتر از حدود مجاز

۳- عدم فشردگی مقطع

۴- ضعف درجوش‌ها

۵- عدم رعایت اصل تیر ضعیف و ستون قوی

۶- زنگ زدگی و خوردگی ستون

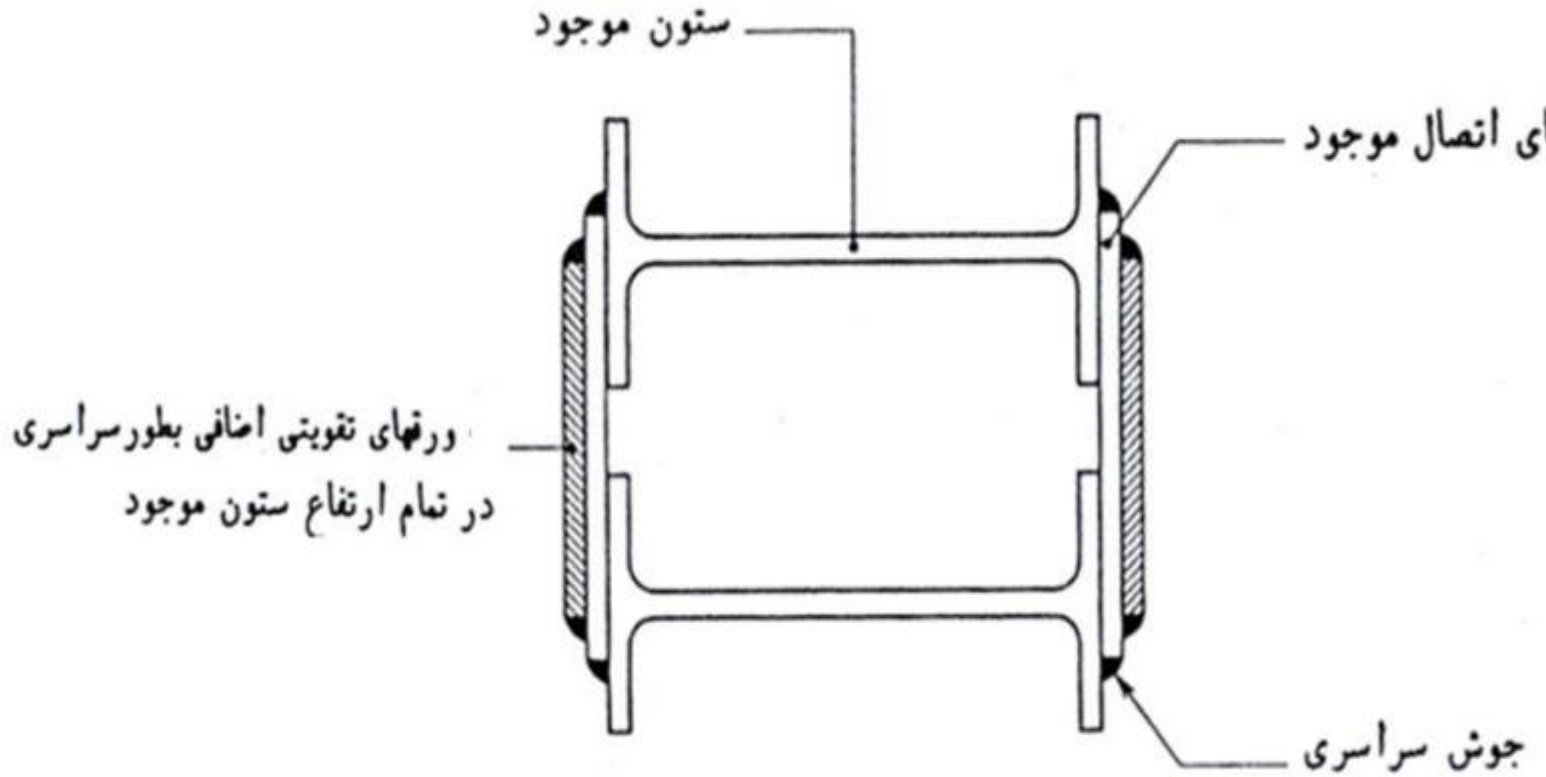
۷- ایجاد ناحیه متأثر از حرارت بر اثر جوشکاری زیاد

۸- خستگی

۹- آتش‌سوزی

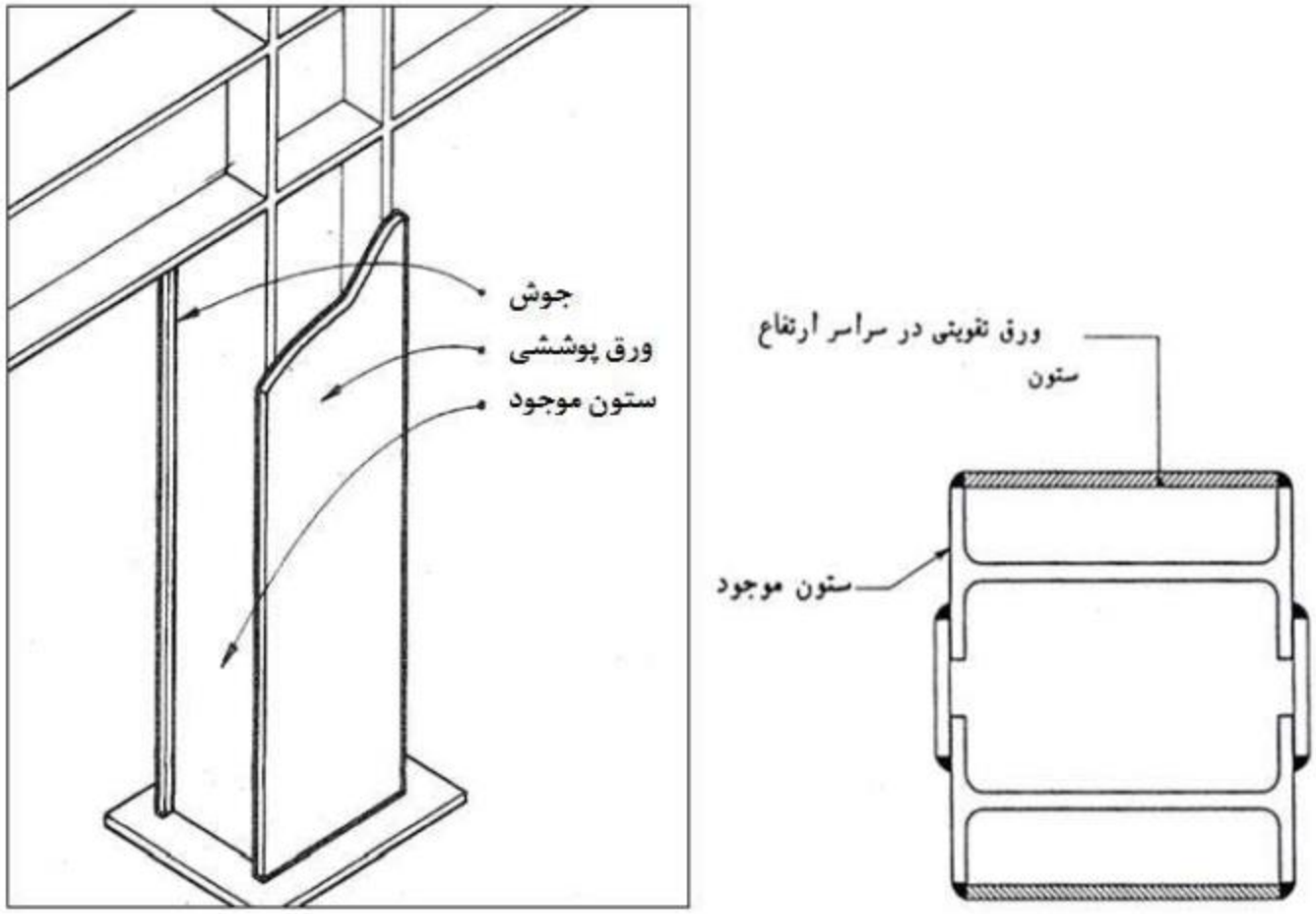
در ادامه به راهکارهای متداول برای بهسازی ستونهای فلزی اشاره شده است.

## ❖ راهکارهای بهسازی ستونهای فولادی



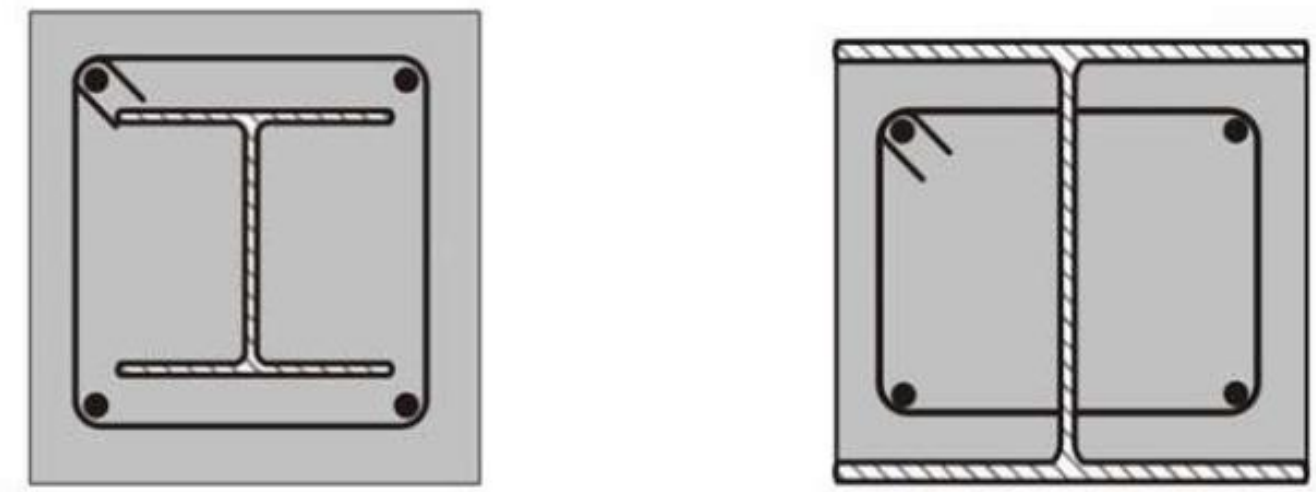

شکل ۲-۵-۲۰- اضافه نمودن ورق‌های پوششی به بال ستون

## ❖ راهکارهای بهسازی ستونهای فولادی




**شکل ۲-۵-۲۱- اضافه نمودن ورق‌های پوششی موازی با جان ستون**

## ❖ راهکارهای بهسازی ستونهای فولادی



شکل ۲-۵-۲۲- استفاده از روکش بتنی برای مقاومسازی ستون فولادی

## ❖ راهکارهای بهسازی ستونهای فولادی

شکل ۲-۵-۲۳- بهسازی ستون‌های با خوردگی شدید با روکش بتنی

## ❖ راهکارهای بهسازی ساختمان های بنایی

به طور کلی آسیب‌های وارد بر سازه‌های بنایی پس از وقوع زلزله شامل:

الف) عدم انسجام سقف

ب) فروریختگی دیوارها

ب-۱) شکست خارج صفحه

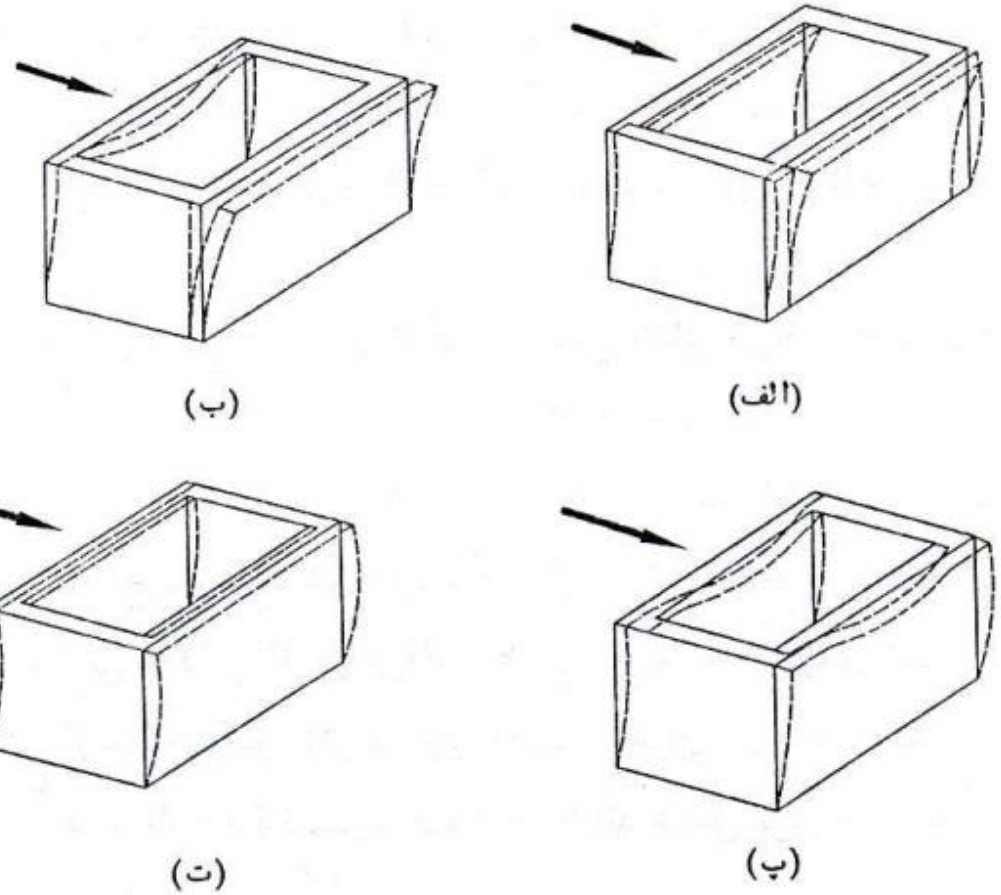
ب-۲) شکست داخل صفحه

- لغزش درز ملات افقی[۱]
- کشش قطری[۲]
- حرکت گهواره‌ای[۳]
- خرابی فشاری پنجه[۴]

پ) خرابی کلاف‌های قائم و افقی به علت استفاده از مصالح نامناسب

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

## ❖ راهکارهای بهسازی ساختمان های بنایی




الف و ب) اتصال نامناسب دیوارهای سازه‌ای با یکدیگر (بدون کلاف)

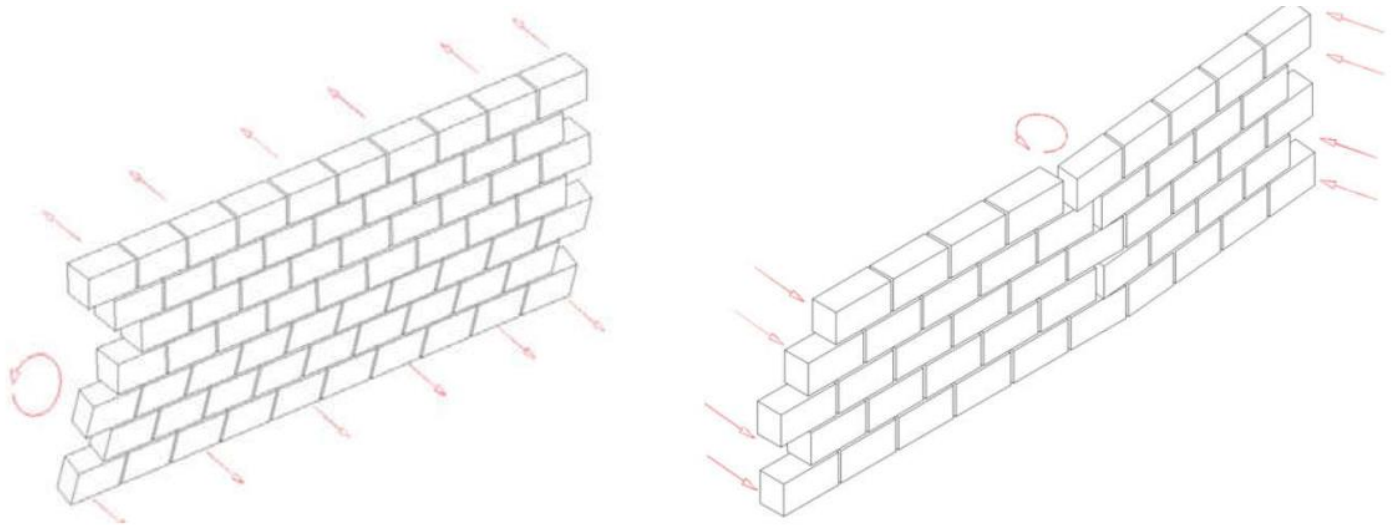
پ) اتصال مناسب دیوارهای سازه‌ای با یکدیگر (با کلاف)

ت) اتصال مناسب دیوارها با سقف توسط دال بتنی صلب

**شکل ۸-۱- ارتعاش ساختمان بنایی در حین حرکات زمین لرزه**

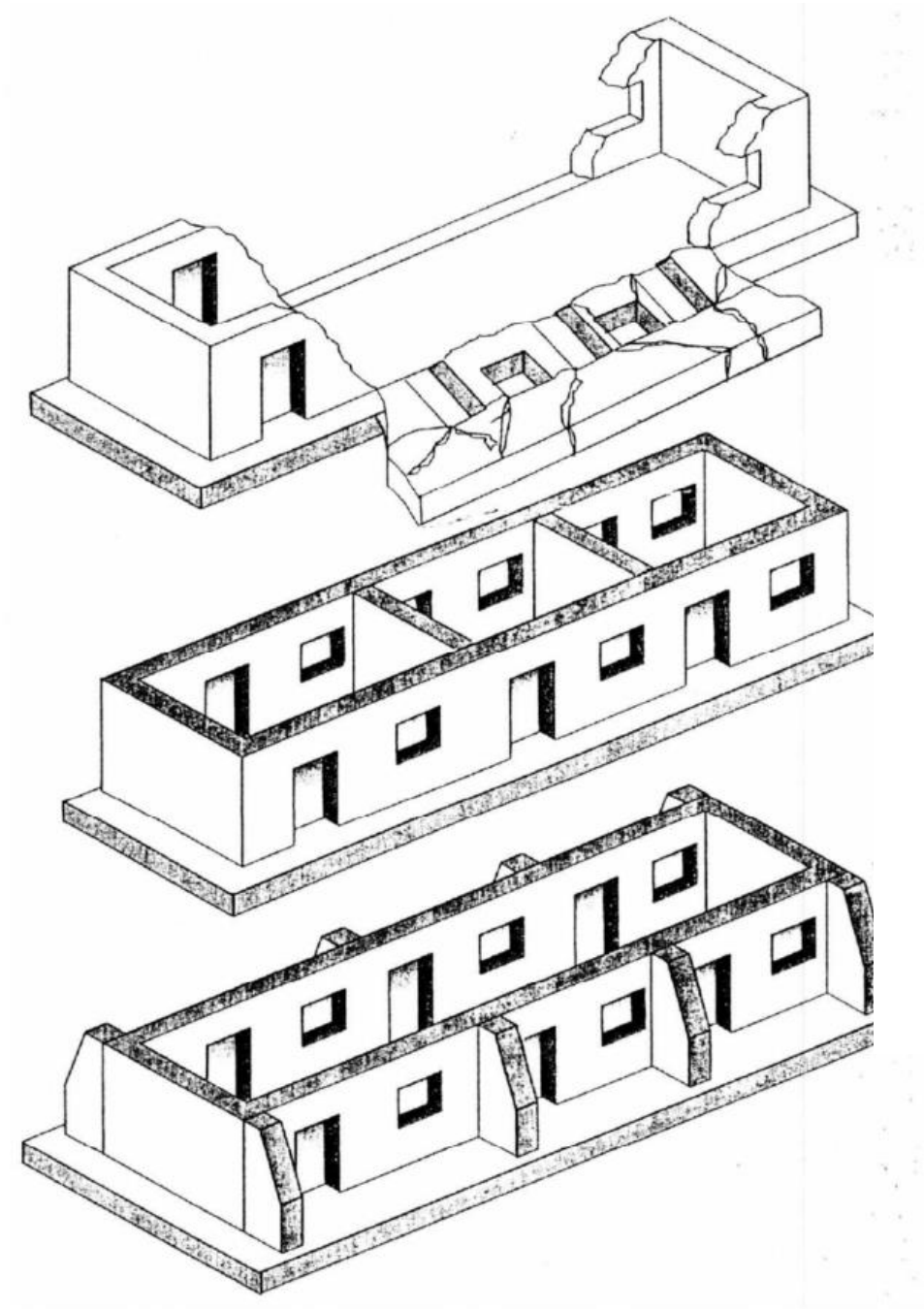
# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاوم‌سازی

## ❖ راهکارهای بهسازی ساختمان های بنایی



(الف) (ب)

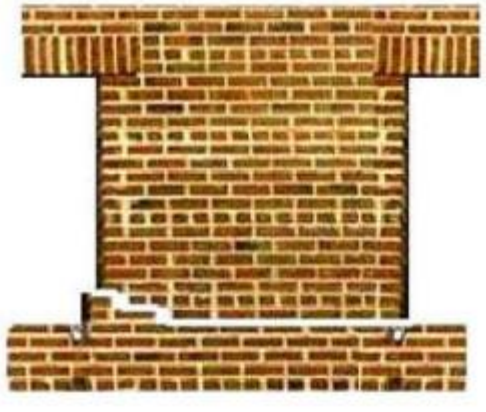
**شکل ۸-۲- حالت‌های شکست خارج صفحه دیوار (الف) شکست عرضی (ب) شکست طولی**



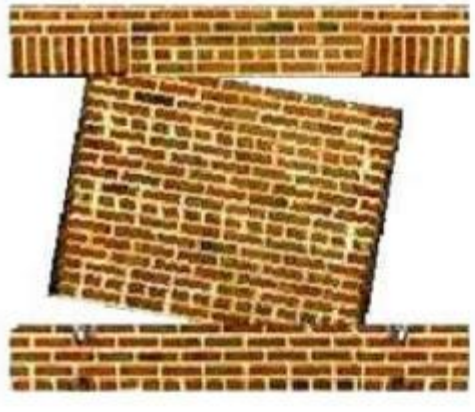
**شکل ۸-۳- کاهش خرابی خارج از صفحه در دیوارهای پشت‌بنددار**

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاوم‌سازی

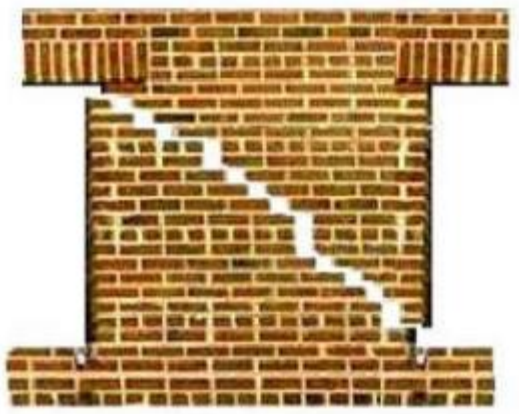
## ❖ راهکارهای بهسازی ساختمان های بنایی



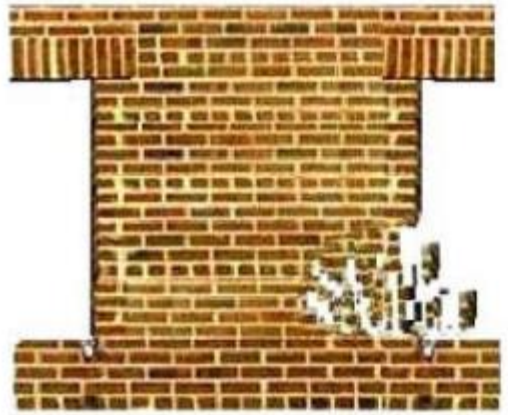
الف) مود شکست بر اثر لغزش درز ملات



ب) مود شکست بر اثر حرکت گهواره‌ای



ج) مود شکست بر اثر کشش قطری



د) مود شکست بر اثر فشار در پنچه

**شکل ۸-۴- مکانیزم‌های شکست در یک دیوار بنایی**

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاومسازی

## ❖ راهکارهای بهسازی ساختمان های بنایی

در زیر به معرفی تعدادی از روشهای موجود برای تقویت ساختمانهای بنایی در مقابل بارهای جانبی می‌پردازیم.

۱- سیستم کامپوزیت FRP

۲- روکش بتنی[۱]

۳- تعبیه دیوار برشی

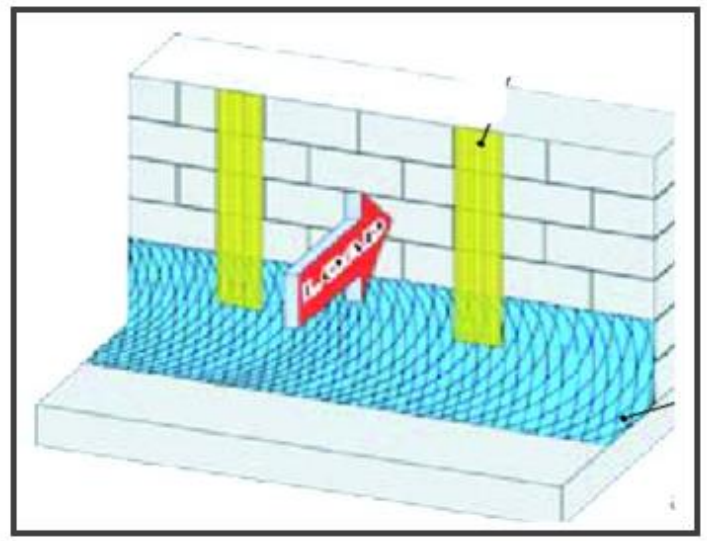
۴- استقرار دیوارهای جدید

۵- استفاده از پشت‌بند

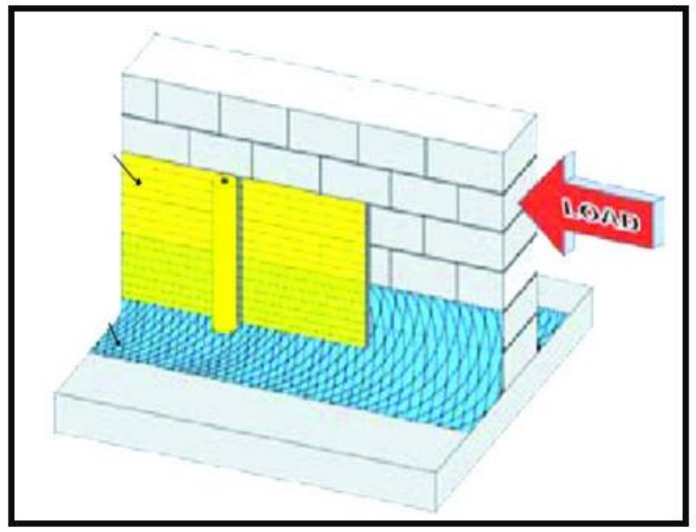
۶- تزریق صمغ اپوکسی یا ملات

۷- تعبیه کلاف‌های قائم

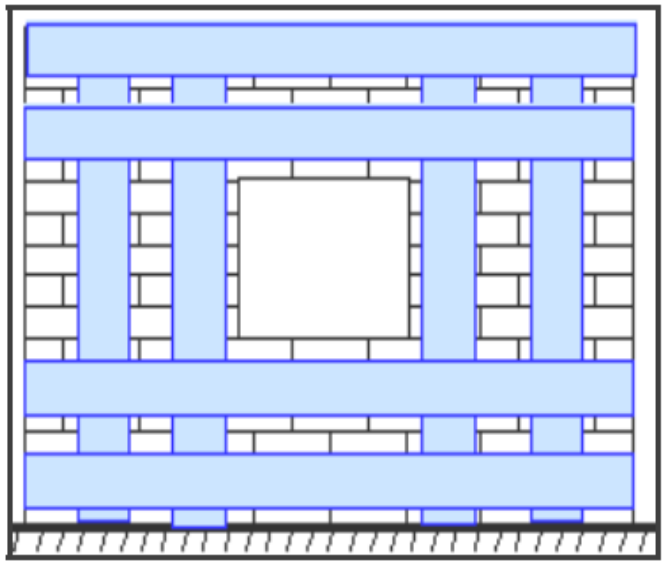
## ❖ راهکارهای بهسازی ساختمان های بنایی




شکل ۸-۱۵- تقویت خمشی دیوار با FRP




شکل ۸-۱۴- تقویت برشی دیوار با FRP

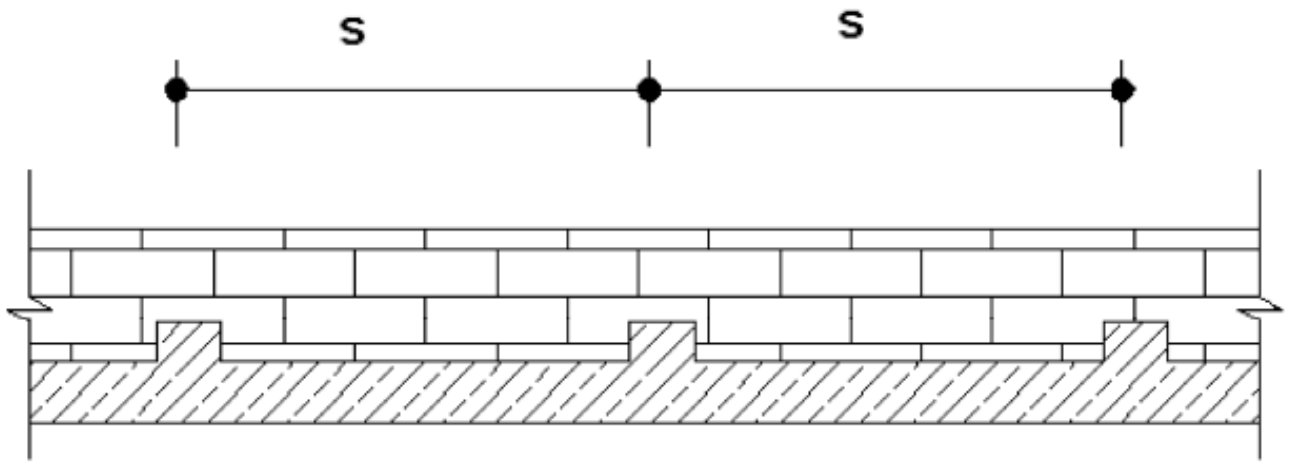


کل ۸-۱۶- تقویت برشی و خمشی همزمان با استفاده FRP

## ❖ راهکارهای بهسازی ساختمان های بنایی

شکل ۸-۱۹- نحوه اجرا و نصب نوارهای FRP

## ❖ راهکارهای بهسازی ساختمان های بنایی

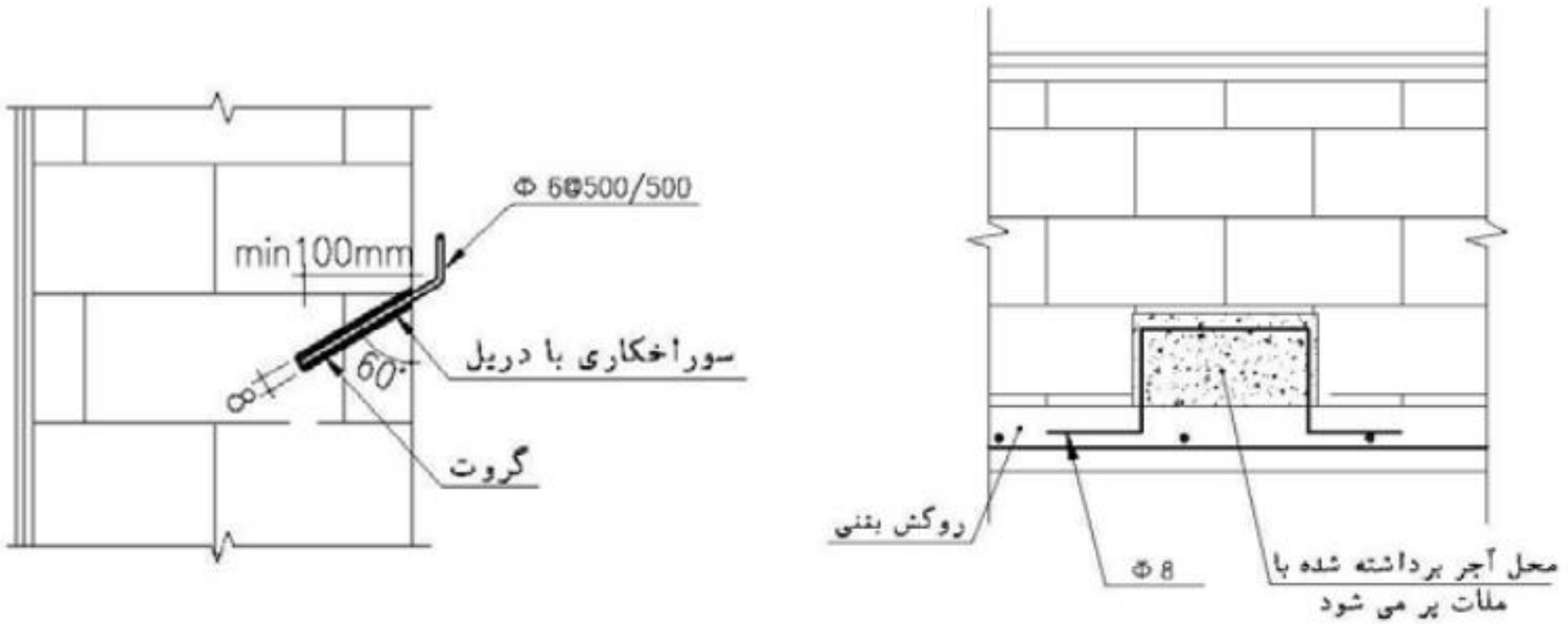



**شکل ۸-۲۰- اجرای کلاف با روکش بتنی**

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 (شکل ۸-۲۰).

فاصله کلافهای قائم S می‌تواند بین ۲ تا ۲/۵ متر باشد. در کنار بازشوها حتماً باید کلاف قائم قرار گیرد. ایجاد کلاف افقی گرچه می‌تواند عملکرد روکش را بهبود بخشد اما به سبب آنکه بارهای قائم به دیوار آجری وارد می‌شوند، کندن شیار افقی می‌تواند خطرناک باشد و لذا استفاده از کلافهای افقی ایجاد شده با روکش بتنی توصیه نمی‌شود.

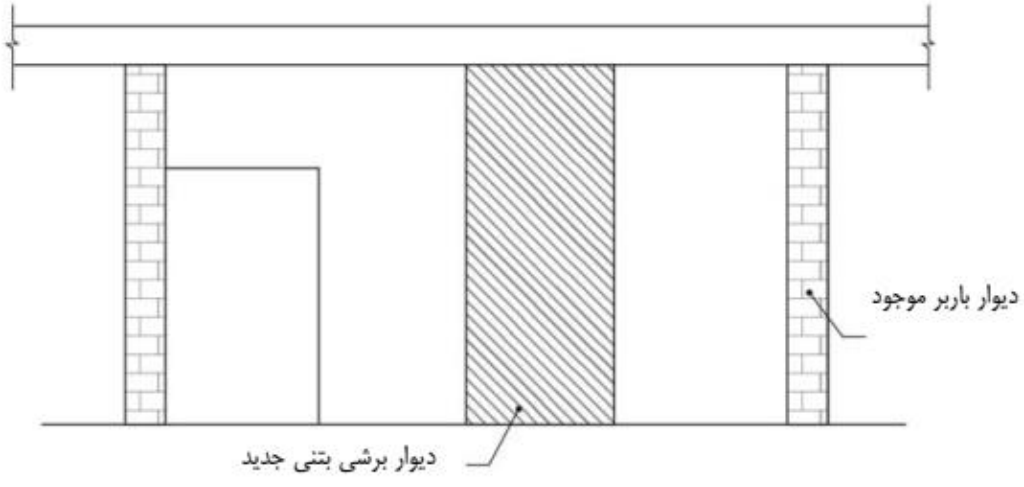
## ❖ راهکارهای بهسازی ساختمان های بنایی

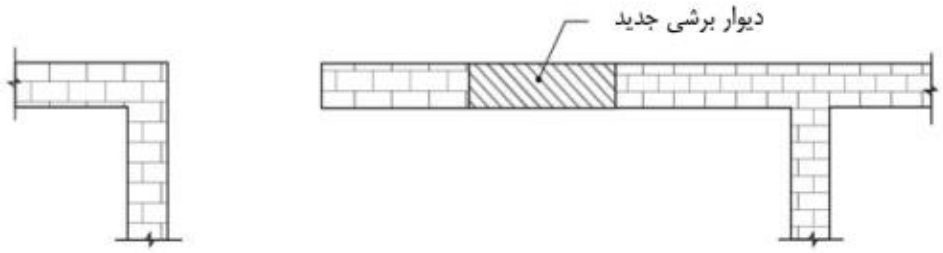



**شکل ۸-۲۳- نمونه‌ای از اتصال شبکه آرماتورهای روکش بتنی به دیوار(برشگیرها)**

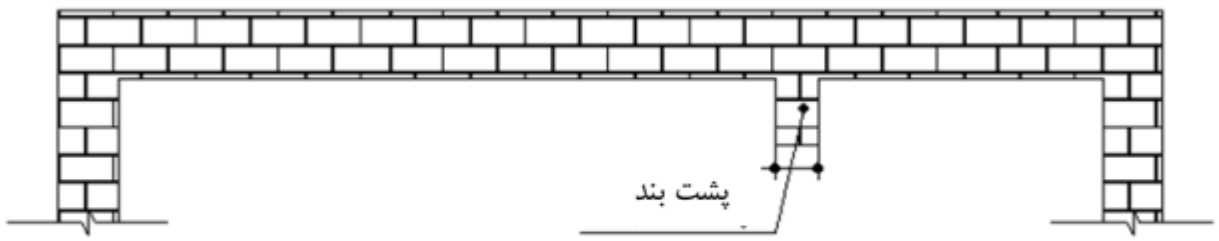
# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاوم‌سازی

## ❖ راهکارهای بهسازی ساختمان های بنایی



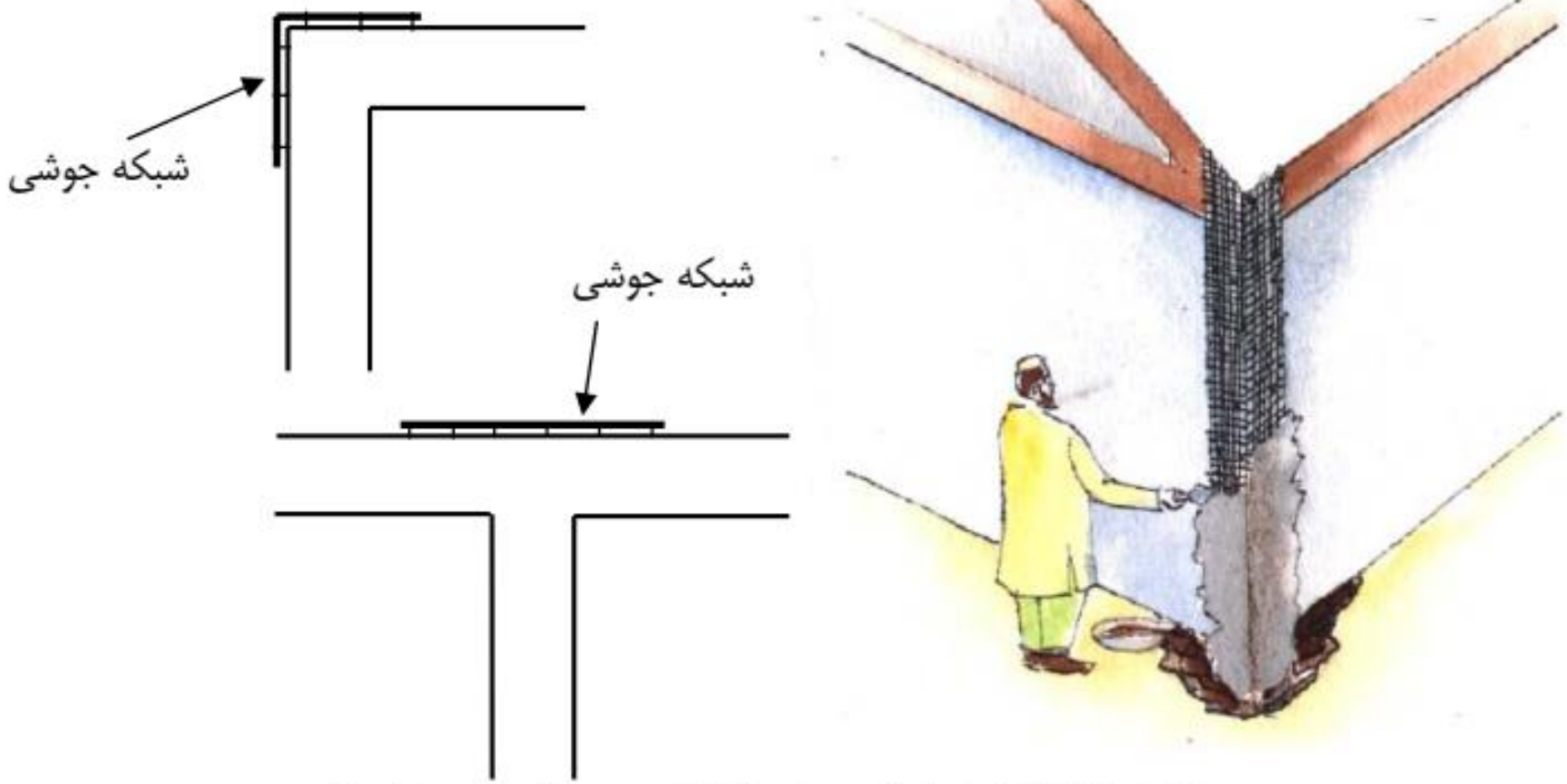




**شکل ۸-۲۵- جایگزین کردن دیوار برشی جدید به جای دیوار بنائی**




**شکل ۸-۲۹- ایجاد پشت بند**

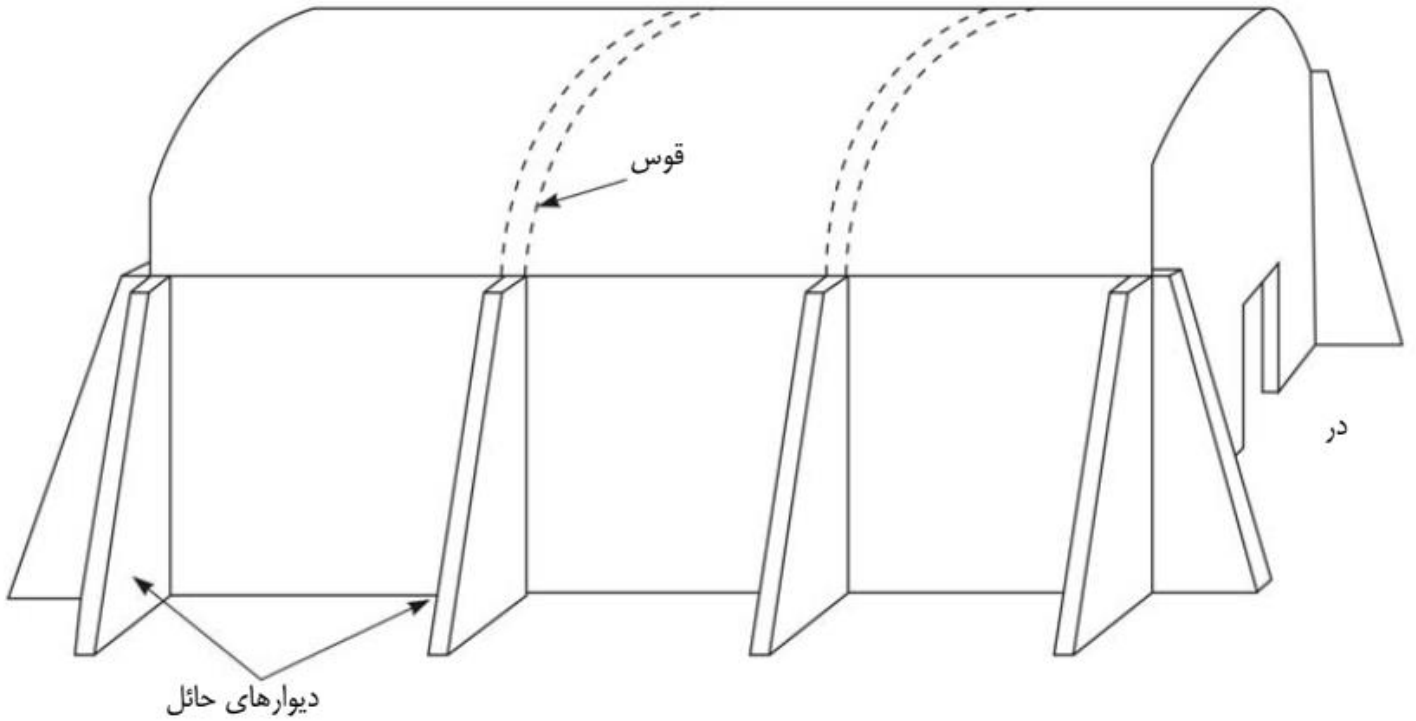
## ❖ راهکارهای بهسازی ساختمان های بنایی



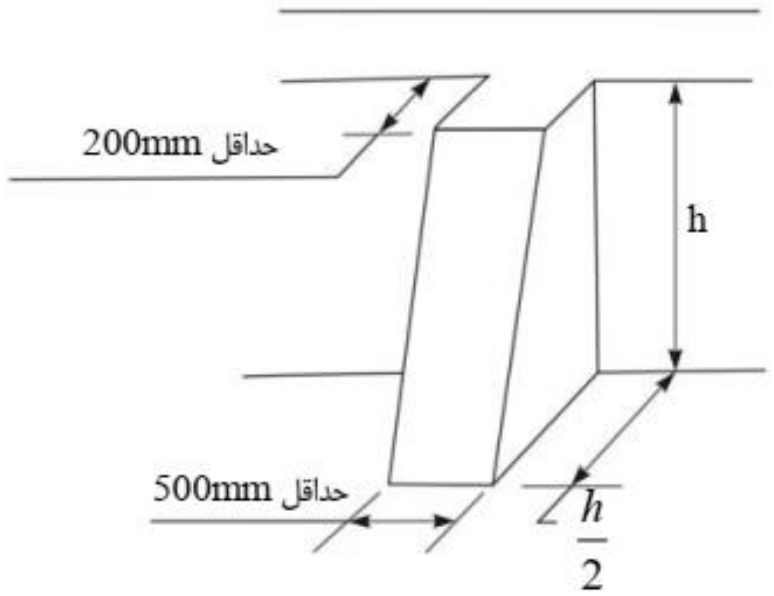

شکل ۹-۱۸ تعبیه شبکه جوشی آرماتور در سمت خارج دیوارها

# آشنایی با راهبردهای بهسازی و مقاومسازی

## ❖ راهکارهای بهسازی ساختمان های بنایی

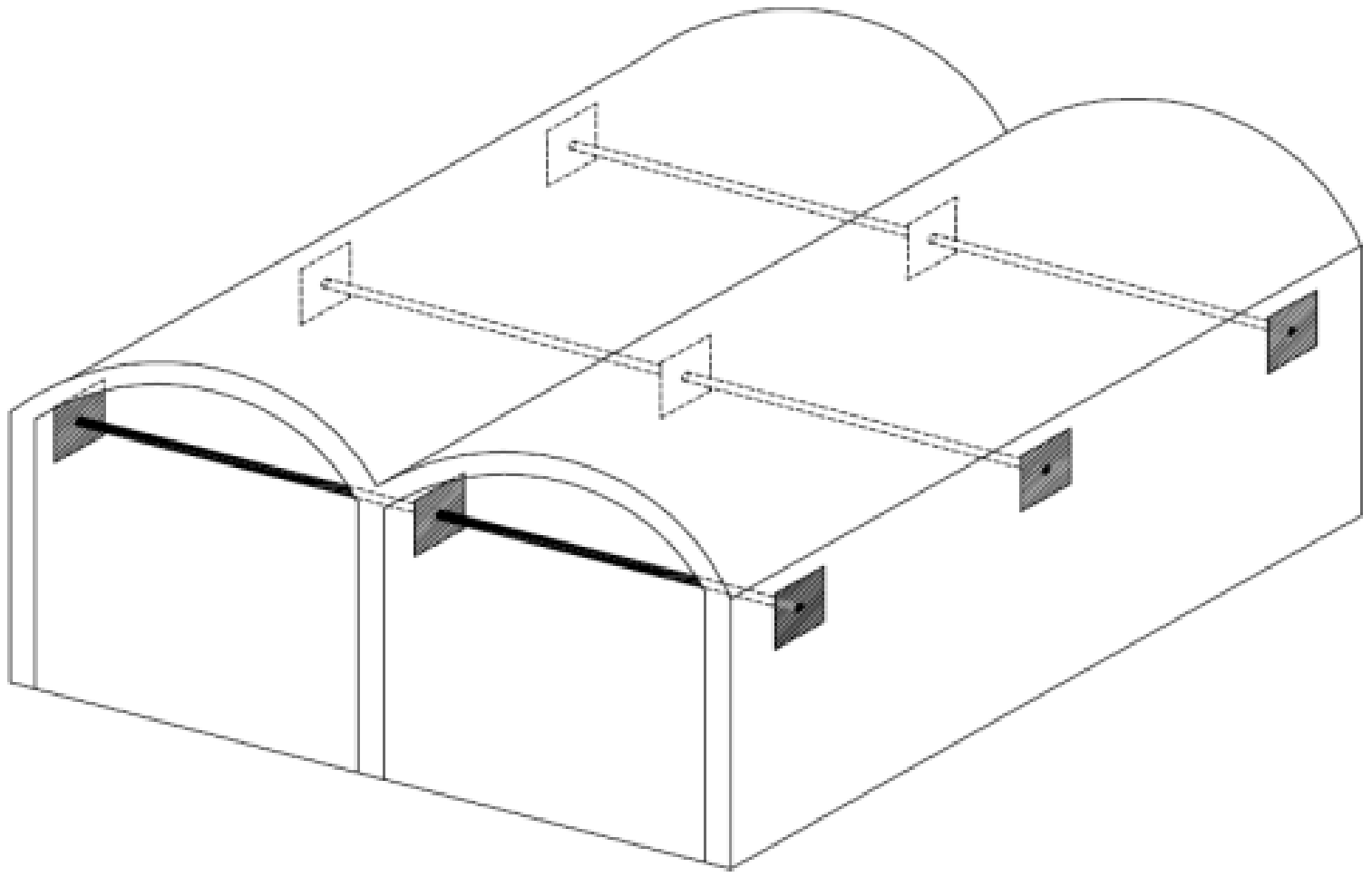



**شکل ۹-۲۴ تقویت دیوارهای خشتی و گلی با استفاده از دیوارهای حائل ذوزنقه‌ای**




**شکل ۹-۲۵ اندازه و شکل دیوارهای حائل**

## ❖ راهکارهای بهسازی ساختمان های بنایی

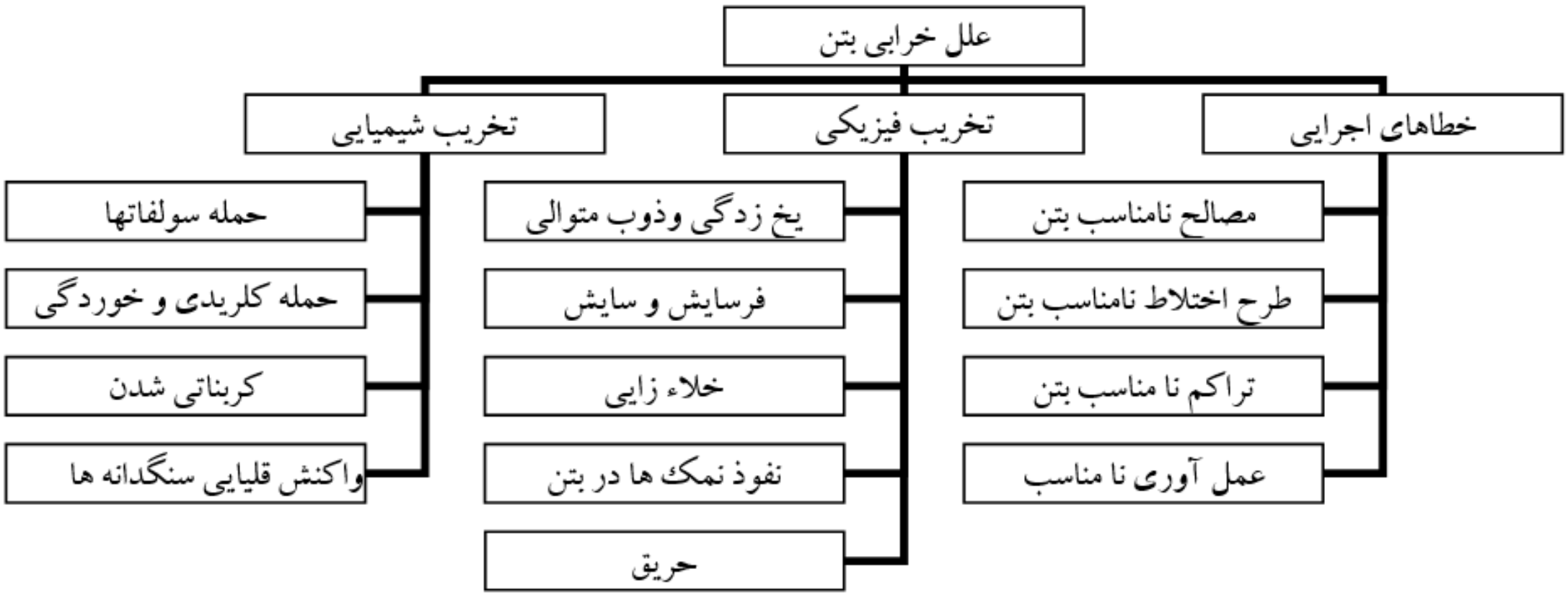


شکل ۹-۲۶ نمونه‌ای از طاق قوسی مقاوم‌سازی شده با کش‌های فولادی

# ۵. جمع بندی و نتیجه گیری

# جمع بندی و نتیجه گیری

خرابی های بتن به طور کلی یا به صورت شیمیائی و یا به صورت فیزیکی می باشند. در ضمن خرابی خطاهای اجرائی را نیز باید به این مجموعه اضافه کرد که عمدتا نقش تسریع در کاهش پایائی خواهند داشت. خلاصه انواع خرابی بتن در زیر ارائه شده است:



# جمع بندی و نتیجه گیری

علاوه بر خرابی های مربوط به بتن، خرابی های ناشی از عوامل طراحی و اجرا نیز باعث بالابردن خطر فروریزش سازه می شوند:

**عوامل مربوط به طراحی نامناسب**

- عدم منظور نمودن مناسب بارهای وارد بر سازه
- مدلسازی و تحلیل اشتباه سازه
- عدم رعایت ضوابط و مقررات استانداردها و آیین نامه های طراحی
- طراحی نادرست

**عوامل مربوط به اجرای نامناسب**

- اجرای نامناسب آرماتوربندی، قالب بندی و بتن ریزی در سازه های بتنی
- اجرای نامناسب جوشکاری، ساخت و نصب سازه های فولادی
- استفاده از مصالح نامناسب و غیراستاندارد
- عدم نظارت صحیح

# جمع بندی و نتیجه گیری

در هر مرحله از اجرا و بهره برداری که متوجه یکی از عوامل فوق شدیم، باید قبل از آسیب رسیدن به سازه و مشکلات جدی پس از آن، اقدام به ترمیم و مقاومسازی سازه نماییم.

**ترمیم**

- تشخیص درست ترک ها و عوامل ایجاد کننده آن
- حذف عوامل آسیب به سازه
- انتخاب مناسب ترین روش برای ترمیم

**مقاومسازی و بهسازی**

- تشخیص و ارزیابی مشکل سازه و عوامل ایجاد آسیب های بالقوه در سازه
- مدلسازی و تحلیل درست وضعیت موجود
- ارائه بهینه ترین و مناسب ترین روش برای بهسازی سازه

سازمان نظام‌مهندسی ساختمان
(شورای مرکزی)

# با تشکر از توجه شما

## سؤال؟