به نام خدا

باسمه تعالی

دوره آموزشی کوتاه مدت

دانشگاه فنی و حرفه ای استان کرمان
برگزار می کند:

دوره آموزشی

روش های تعمیر، مرمت و تقویت سازه ها

مدرس دوره

جناب آقای دکتر
جواد مشهدی سرآسیابی
استادیار و عضو هیئت علمی
دانشگاه فنی و حرفه ای

جامعه هدف:
مدیران و کارشناسان فنی اداره کل راه و شهرسازی استان کرمان

روابط عمومی دانشگاه فنی و حرفه ای استان کرمان

دانشگاه فنی و حرفه ای
استان کرمان

کارگاه و دوره آموزشی با عنوان:

روش های بهسازی لرزه ای ساختمان های فولادی و بتنی

جواد مشهدی سرآسیابی

عضو هیئت علمی دانشکده شهید چمران- دانشگاه فنی حرفه ای کرمان

فهرست مطالب

مقدمات بهسازی لرزه ای

راهبردهای بهسازی

بهسازی موضعی

بهسازی سیستم های سازه ای

بهسازی لرزه ای اجزاء غیر سازه ای

مقدمه

مقدمه

- در هنگام وقوع زلزله در اثر تغییرمکان سازه، اجزای سازه نیز تحت تاثیر تغییر شکل هایی قرار می گیرند .
- در زلزله های خفیف پاسخ سازه و تغییر شکل های اجزا در محدوده خطی (الاستیک) باقی می ماند ، در زلزله های شدید پاسخ سازه و تغییر شکل های اجزا، از محدوده ارتجاعی فراتر خواهد رفت که در نهایت ممکن است باعث خرابی سازه گردد.
- سازه ها باید توانایی تحمل نیروهای ناشی از زلزله (در سطح عملکرد مورد نظر) را داشته باشند و در این تراز از زلزله تغییر مکان ها، دوران ها و همچنین میزان خرابی اجزای مختلف آن، در محدوده مورد نظر ضوابط طراحی قرار گیرد.

❖ ارزیابی و شناسایی ضعف های سازه

❖استفاده از روش های صحیح، علمی و در عین حال اقتصادی جهت رفع نقص ها

مقدمه

مهمترین پارامترهایی که بر رفتار سازه تحت اثر نیروهای ناشی از زلزله تاثیر می گذارند عبارتند ا ز :

- جرم
- سختی
- میرایی
- پیکربندی و هندسه
- مقاومت
- شکل پذیری اجزای سازه
- پارامترهای جنبش زمین

مبنای بهسازی- هدف بهسازی

ارزیابی و بهبود سطح عملکرد ساختمان

انتخاب هدف بهسازی

طراحی برای رسیدن به سطح عملکرد مورد نظر

هدف بهسازی بیانگر سطح عملکرد قابل قبول، هنگامی که ساختمان با یک تقاضای زلزله مشخص روبرو می باشد.

هدف بهسازی

تئوری طراحی بر اساس عملکرد

در این روش میزان خطرپذیری طرح مورد نظر در سطوح مختلف خطر مشخص می‌شود.
در روش طراحی بر اساس عملکرد ابتدا بایستی سطح عملکرد کل ساختمان با توجه به سطح عملکرد اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای مشخص شود.

سطوح عملکرد اصلی اعضای سازه ای

الف) سطح عملکرد ۱، قابلیت استفاده بی وقفه : عدم تغییر مقاومت و سختی اعضا
ب) سطح عملکرد ۳، ایمنی جانی : بدون خسارت جانی
پ) سطح عملکرد ۵، آستانه فروریزش : خرابی گسترده، عدم فروریزش ساختمان، ایمنی جانی محدود
ت) سطح عملکرد ۶، لحاظ نشده : عملکرد خاصی برای اجزای سازه‌ای پیش بینی نشده

سطوح عملکرد میانی اعضای سازه ای

ث) سطح عملکرد ۲، خرابی محدود : آسیب‌های جزیی با قابلیت تعمیر آسان
ج) سطح عملکرد ۴، ایمنی جانی محدود: وقوع خرابی در حد خسارت جانی حداقل

هدف بهسازی

سطوح عملکرد اعضای غیر سازه ای به ترتیب:

- سطح عملکرد A- خدمت رسانی بی وقفه
- سطح عملکرد B- قابلیت استفاده بی وقفه
- سطح عملکرد C- ایمنی جانی
- سطح عملکرد D- ایمنی جانی محدود
- سطح عملکرد E- لحاظ نشده

سطوح عملکرد کلی سازه

سطوح عملکرد کلی ساختمان متشکل از سطح عملکرد اجزای سازه‌ای و سطح عملکرد اجزای غیرسازه‌ایست و برای معرفی آن از ترکیبی از نمادهای معرف اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای استفاده می‌شود.

الف) سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه: (OP) (A-1) اجزای سازه‌ای سطح عملکرد ۱ – اجزای غیرسازه‌ای سطح عملکرد A

ب) سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه: (IO) (B-1) اجزای سازه‌ای سطح عملکرد ۱ – اجزای غیرسازه‌ای سطح عملکرد B

پ) سطح عملکرد ایمنی جانی: (LS) (C-3) اجزای سازه‌ای سطح عملکرد ۳ – اجزای غیرسازه‌ای سطح عملکرد C

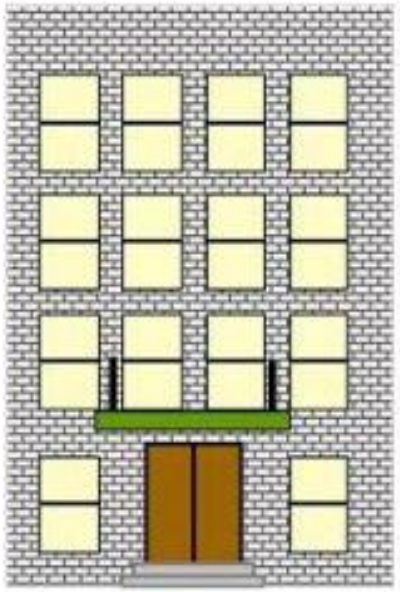
ت) سطح عملکرد آستانه فروریزش : (CP) (E-5) اجزای سازه‌ای سطح عملکرد ۵ – اجزای غیرسازه‌ای سطح عملکرد E

سطوح عملکرد کلی سازه

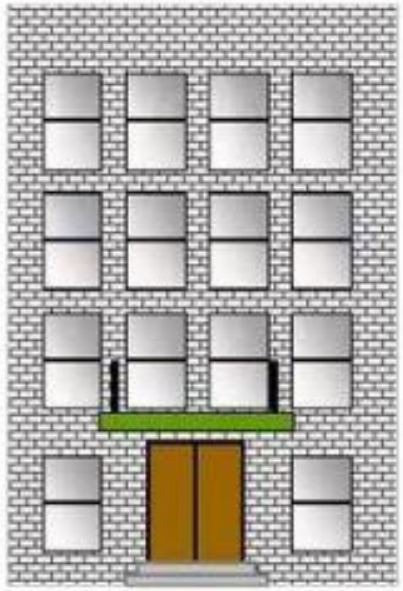
سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای	سطوح عملکرد سازه					
	قابلیت استفاده بی‌وقفه S-1	خرابی محدود S-2	ایمنی جانی S-3	ایمنی جانی محدود S-4	آستانه فروریزش S-5	لحاظ نشده S-6
خدمت‌رسانی بی‌وقفه N-A	خدمت‌رسانی بی‌وقفه A-1	A-2	*	*	*	*
قابلیت استفاده بی‌وقفه N-B	قابلیت استفاده بی‌وقفه B-1	B-2	B-3	*	*	*
ایمنی جانی N-C	C-1	C-2	ایمنی جانی C-3	C-4	C-5	C-6
ایمنی جانی محدود N-D	*	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6
لحاظ نشده N-E	*	*	*	E-4	آستانه فروریزش E-5	ارزش بهسازی ندارد

*این سطوح عملکرد به دلیل اختلاف زیاد بین سطح عملکرد اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای، توصیه نمی‌شود.

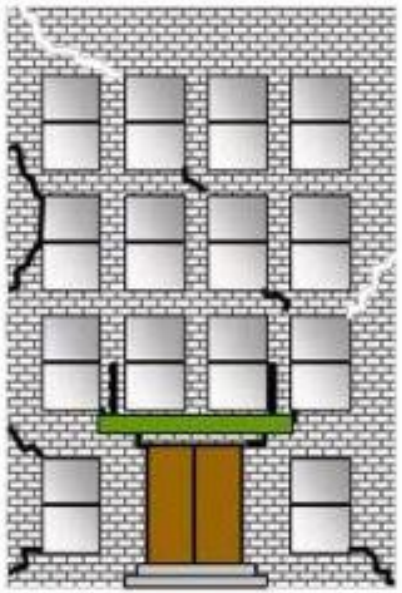
سطح عملکرد سازه در یک نگاه



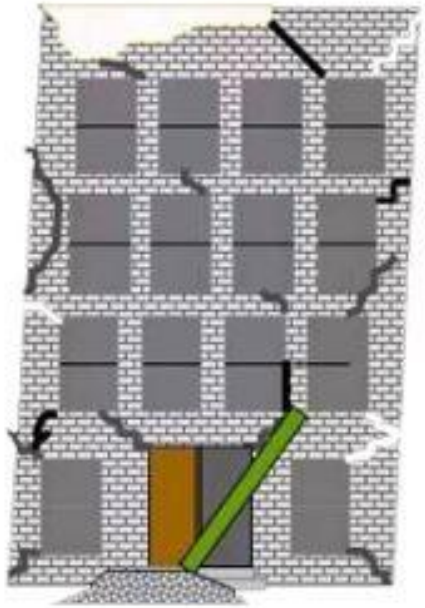
خدمت رسانی بی وقفه



قابلیت استفاده بی وقفه



ایمنی جانی



آستانه فروریزش

ارزیابی سطح عملکرد سازه براساس ASCE41

۱. خدمت رسانی بی وقفه (Operational performance)

- حالت عملکردی خدمت‌رسانی بی وقفه بهترین حالت عملکردی ممکن سازه است.
- تغییر مکان جانبی نسبی در اثر ترک خوردگی یا رفتار خمیری در سازه باقی نمی‌ماند.
- سختی و مقاومت اعضای سازه‌ای اساسا تغییری نمی‌کند.
- ترک‌های بسیار جزیی در اعضای سازه‌ای، نما، تیغه‌ها و سقف‌ها ایجاد می‌شود.
- تمام سیستم‌های لازم برای عملکرد ساختمان فعال باقی می‌مانند.
- خرابی‌های ناچیز ایجاد شده و سیتم تاسیسات و برق‌رسانی فعال باقی می‌مانند.
- ساختمان در این سطح عملکرد آسیب‌های بسیار کمتری نسبت به ساختمان‌های طراحی‌شده بر مبنای آیین‌نامه‌های طرح از ابتدا می‌بیند و احتمال وقوع تلفات انسانی نزدیک به صفر است.

ارزیابی سطح عملکرد سازه براساس ASCE41

۲. قابلیت استفاده بی وقفه (Immediate Occupancy performance)

- حالت قابلیت استفاده بی وقفه، اعضا سازه‌ای عملکردی همچون سطح عملکرد قابلیت خدمت‌رسانی بی وقفه دارند و خبری از تغییرشکل‌های نسبی ماندگار نخواهد بود اما در مورد اجزای غیرسازه‌ای، تاسیسات ساختمان دچار خرابی‌های ناچیز مکانیکی می‌شوند و ممکن است درست کار نکنند به گونه ای که نیاز به تعمیر جزیی خواهند داشت.
- ترک‌های بسیار جزیی بر روی نما، تیغه‌ها و سقف‌ها قابل مشاهده خواهد بود.
- آسانسور در صورت وجود قابلیت استفاده دوباره خواهد داشت.
- تجهیزات اطفاء حریق نیز می‌توانند به درستی مورد استفاده قرار گیرند.
- سازه در این حالت عملکردی نیز از سازه‌های متعارف طراحی شده با آیین‌نامه‌های طراحی از ابتدا به مراتب دچار آسیب کمتری خواهد شد.

ارزیابی سطح عملکرد سازه براساس ASCE41

۳. ایمنی جانی (Life Safety Performance)

- حالت سوم یعنی ایمنی جانی، مقداری از سختی و مقاومت در تمام طبقات از دست خواهد رفت.
- المان‌های باربر ثقلی عمل می‌کنند.
- گسیختگی خارج از صفحه دیوار رخ نخواهد داد اما تغییرشکل نسبی ناشی از رفتار خمیری در سازه مشاهده خواهد شد.
- ادامه بهره‌برداری از ساختمان به احتمال زیاد بدون انجام یک سری تعمیرات ممکن نخواهد بود.
- تعمیرات لازم هزینه بر خواهند بود. سقوط اشیا محتمل نخواهد بود
- بسیاری از تاسیسات مکانیکی و الکتریکی و عناصر معماری دچار آسیب خواهند شد.
- سازه در این سطح عملکرد آسیب بیشتری از سازه‌های طراح از ابتدا خواهد دید و خطر تلفات جانی اندکی بیشتر خواهد بود.

ارزیابی سطح عملکرد سازه براساس ASCE41

۴. آستانه فروریزش(Collapse Prevention Performance)

- سطح عملکرد چهارم یعنی آستانه فروریزش، اعضای سازه‌ای سختی و مقاومت ناچیزی برای تحمل بارهای جانبی باقی می‌ماند اما ستون‌ها و دیوارهای باربر ثقلی عملکرد خود را حفظ می‌کنند.
- تغییر شکل‌های نسبی ماندگار زیاد است.
- برخی از خروجی‌ها مسدود خواهد شد و احتمال این‌که سازه در اثر پس‌لرزه‌ها فرو بریزد وجود دارد بنابراین تحت هر شرایطی می‌بایست از سکنه خالی شود.
- دیوارهای مهارنشده گسیخته شده یا حداقل دچار شکست اولیه می‌شود.
- خرابی گسترده‌ای در اعضای غیرسازه‌ای ایجاد می‌شود.
- آسیب‌های به وجود آمده و خطر تلفات جانی به طور قابل توجهی بیشتر از سازه‌های طرح از ابتدا خواهد بود.

هدف بهسازی طبق نشریه ۳۶۰

۱-۴-۱- بهسازی مبنا

در بهسازی مبنا انتظار می‌رود که تحت زلزله‌ی "سطح خطر ۱" ایمنی جانی ساکنین ساختمان تامین شود (سطح عملکرد C-۳).

۱-۴-۲- بهسازی مطلوب

در بهسازی مطلوب انتظار می‌رود که هدف بهسازی مبنا تامین شده (سطح عملکرد C-۳) و علاوه بر آن تحت زلزله‌ی "سطح خطر ۲" ساختمان فرو نریزد (سطح عملکرد E-۵).

۱-۴-۳- بهسازی ویژه

در بهسازی ویژه، نسبت به بهسازی مطلوب، عملکرد بالاتری برای ساختمان مدنظر قرار می‌گیرد. بدین منظور سطح عملکرد بالاتری برای ساختمان تحت همان سطوح خطر زلزله‌ی مورد استفاده در بهسازی مطلوب درنظرگرفته شده یا با حفظ سطح عملکرد مشابه با بهسازی مطلوب، سطوح خطر زلزله‌ی بالاتری درنظرگرفته می‌شود.

سطح عملکرد سازه براساس نشریه ۳۶۰

جدول پ-الف: راهنمای تعیین اهداف بهسازی برای ساختمان‌های عمومی و دولتی مهم

نوع ساختمان	کاربری	هدف بهسازی	سطوح عملکردی	
			سطح خطر ۱	سطح خطر ۲
استراتژیک	ساختمان‌های اصلی و استقرار برای: نهاد رهبری، نهاد ریاست جمهوری، فرماندهی کل یا فرماندهی ستاد مشترک نیروهای مسلح، فرماندهی نیروی انتظامی، وزارت‌خانه‌های کشور، نفت، امورخارجه، مخابرات و ارتباطات، صداو سیما، تاسیسات ویژه ناوبری فرودگاه و بنادر	ویژه	A-1	A-2
سیاسی	ساختمان‌های مرکزی: قوه مقننه، قوه قضاییه، استانداری‌ها، فرمانداری‌ها، وزارت‌خانه‌ها، بانک مرکزی، خزانه	ویژه	B-1	C-3
امدادی	الف- ساختمان‌های بیمارستان و درمانگاه‌های بزرگ شامل قسمت‌های اورژانس، جراحی و خدمات پزشکی وابسته به آنها، مراکز اورژانس پزشکی	ویژه	B-1	C-2
	ب- ساختمان‌های مرکزی: امداد و نجات، آتش‌نشانی، هلال‌احمر، نیروی انتظامی (پلیس) و بسیج	ویژه	B-1	C-3
ستادی	بخشداری‌ها، مراکز فرماندهی نیروهای مسلح و نیروی انتظامی در استان‌ها، مراکز مخابراتی	ویژه	B-2	C-4
شریان‌های حیاتی	ساختمان‌های اصلی و استقرار برای تأسیسات: آبرسانی، برق‌رسانی، گازرسانی، رادیو و تلویزیون، برج‌های مراقبت فرودگاه	ویژه	B-1	C-2

سطح عملکرد سازه براساس نشریه ۳۶۰

ساختمان‌های تراز اول میراث فرهنگی	موزه‌ها، بناهای تاریخی، کتابخانه‌های نفیس نظیر ملی، مجلس و مراکز اسناد ملی	ویژه	B-2	C-3
تاسیسات زیربنایی	ساختمان‌های اصلی و عملیاتی پالایشگاه، نیروگاه، مجتمع‌های پتروشیمی، کارخانجات تولید مواد شیمیایی	ویژه	B-1	C-3
مهم	الف- دانشگاه‌ها، حوزه‌های علمیه، مدارس، سازمان‌های مهم و موسسات تحقیقاتی	مطلوب	C-3	E-5
	ب- ادارات کل وزارتخانه‌ها و ادارات مرکزی سازمان‌های مهم در استان‌ها	مطلوب	B-2	E-5
عمومی	مساجد و مصلی‌ها، ساختمان‌های تجمعی فرهنگی شهرداری‌ها، سینما وتئاتر، استادیوم‌های ورزشی، کتابخانه‌ها، پایانه‌های مسافربری، فروشگاه‌های بزرگ و مراکز تجمعی بیش از ۳۰۰ نفر	مطلوب	C-3	E-5
	ساختمان‌های مسکونی، اداری-تجاری، هتل‌ها، پارکینگ‌های چندطبقه، ساختمان‌های صنعتی	مبنا	C-3	——
	ساختمان‌های انبارهای کشاورزی، سالن‌های مرغداری و ساختمان‌های با بهره‌برداری موقت	مبنا یا محدود	D-4	——

* در این موارد سطح عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه A-1 تحت زلزله با دوره بازگشت ۷۲ ساله نیز کنترل می‌شود.

سطوح خطر

سطوح خطر

• سطح خطر-۱: این سطح خطر بر اساس ۱۰٪ احتمال رویداد زلزله در ۵۰ سال که معادل دوره بازگشت ۴۷۵ سال است تعیین می‌شود. سطح خطر-۱ در استاندارد ۲۸۰۰ ایران "زلزله طرح" (DBE)نامیده شده است.

• سطح خطر-۲: این سطح خطر بر اساس ۲٪ احتمال رویداد زلزله در ۵۰ سال که معادل دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال است تعیین می‌شود. سطح خطر-۲ به عنوان "بیشینه زلزله محتمل" (MPE)نامیده می‌شود.

• سطح خطر-۳: (زلزله با هر احتمال رویداد- در ۵۰ سال): این سطح خطر برای موارد خاص با ملاحظات ویژه مناسب می‌باشد.

شتاب طیفی عبارت است از مقدار حاصل از طیف طرح ارتجاعی استاندارد یا طیف طرح ارتجاعی ویژه ساختگاه در یک زمان تناوب مشخص و برای یک نسبت میرایی خاص.

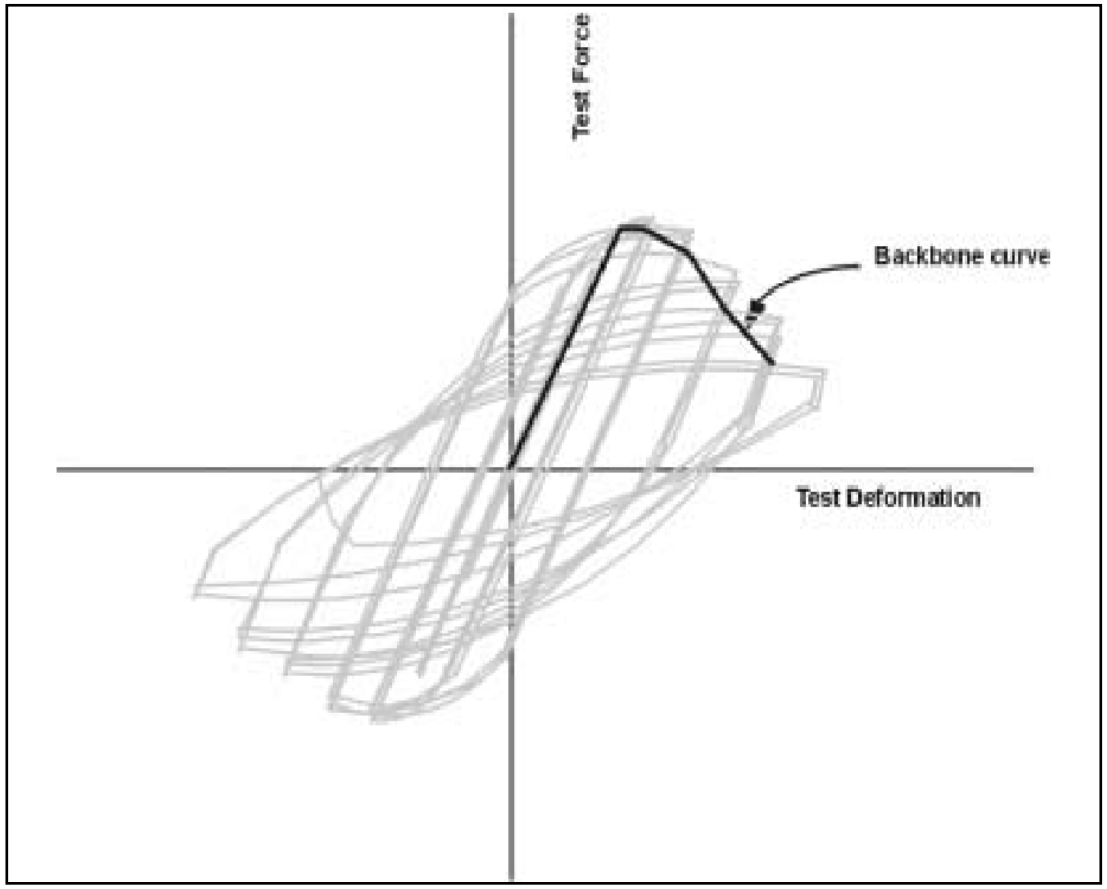
طیف طرح ارتجاعی استاندارد از حاصل ضرب مقدارهای طیف ضریب بازتاب ساختمان (B) و شتاب مبنای طرح (A) به دست می‌آید.

طیف ضریب بازتاب برای زلزله "سطح خطر-۱" مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران برای میرایی ۵٪ تعیین می‌شود.

رفتار اعضا

رفتار اعضای سازه‌ای تحت اثر بارهای زلزله به صورت رفت و برگشتی در آزمایشگاه مدل‌سازی می‌شود و نمودار هیسترزیس اعضا ترسیم می‌شود.

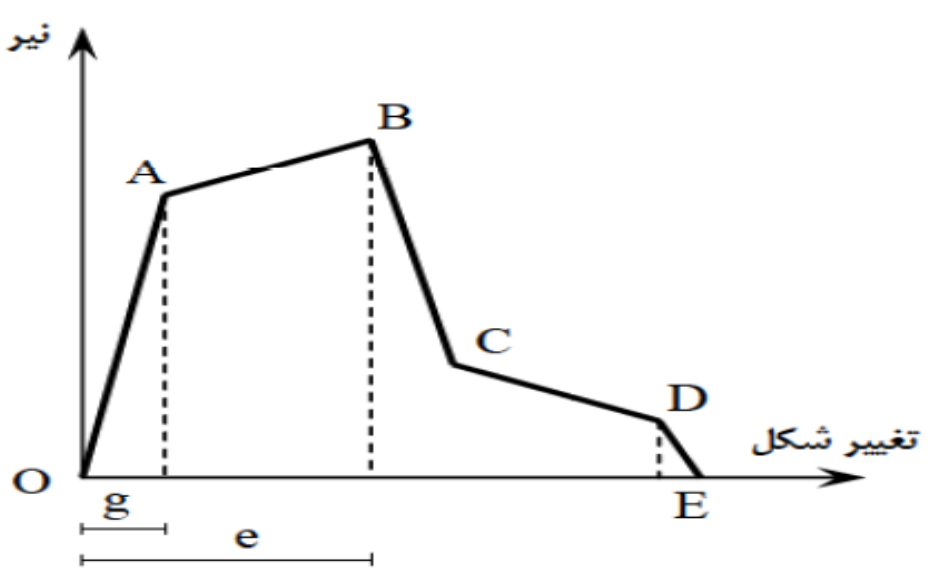
منحنی هیسترزیس عضو که با استفاده از نیروهای رفت و برگشتی به دست آمده و همچنین منحنی رفتار چند خطی عضو که از تقاطع چرخه‌های هیسترزیس با یکدیگر به دست می‌آید نشان داده شده است.



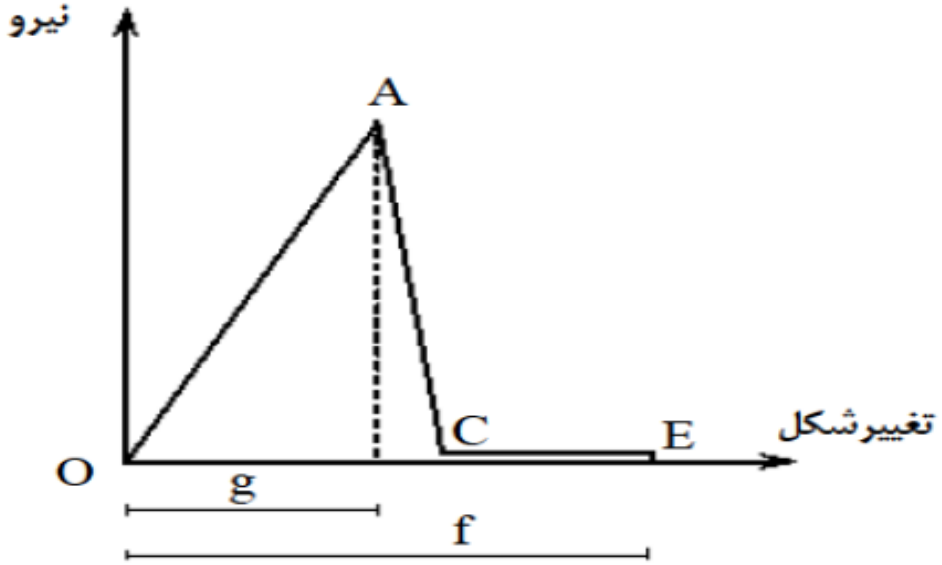
منحنی هیسترزیس (FEMA 273)

رفتار اجزای سازه

رفتار اجزای سازه با توجه به نوع تلاش داخلی آنها و منحنی نیرو - تغییر شکل به دست آمده به صورت کنترل شونده توسط تغییر شکل یا کنترل شونده توسط نیرو می‌باشد. منحنی نیرو - تغییر شکل مطابق شکل‌ها ی زیر می‌تواند بیانگر رفتار شکل پذیر، نیمه شکل‌پذیر یا ترد باشد.



منحنی رفتار جز شکل‌پذیر (نشریه ۳۶۰)



منحنی رفتار جز شکننده (نشریه ۳۶۰)

رفتار اعضا

نمونه‌هایی از تلاش‌های نیرو کنترل و تغییر شکل کنترل (نشریه ۳۶۰)

جزء	تغییر شکل کنترل	نیرو کنترل
۱- قاب‌های خمشی		
تیرها	لنگر خمشی (M)	برش (V)
ستون‌ها	---	نیروی محوری (P) و برش (V)
اتصالات	---	برش (V)
۲- دیوارهای برشی	لنگرخمشی (M) و برش (V)	نیروی محوری (P)
۳- قاب‌های مهاربندی شده		
مهاربندها	نیروی محوری (P)	---
تیرها	---	نیروی محوری (P)
ستون ها	---	نیروی محوری (P)
۴- اجزای اتصالات	لنگرخمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)	لنگرخمشی (M) وبرش (V) و نیروی محوری(P)
۵- دیافراگم‌ها	لنگرخمشی (M) و برش (V)	لنگرخمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)

در قاب‌های خمشی فولادی، برش (V) تغییر شکل کنترل می‌باشد.

در اتصالات فولادی، لنگر خمشی(M) و برش(V) و نیروی محوری (P) تغییر شکل کنترل می‌باشد.

در صورتی که دیافراگم، نیروی جانبی اعضای باربر لرزه‌ای قائم موجود در تراز بالای خود را انتقال دهد، لنگر خمشی(M) و برش (V) نیرو کنترل می‌باشد.

راهبردهای بهسازی

راهبردهای فنی	راهبردهای فنی شامل دو بخش کلی افزایش ظرفیت و کاهش نیاز سازه
راهبردهای مدیریتی	راهبردهای مدیریتی شامل تغییرکاربری ساختمان، بهسازی تدریجی، تخریب ساختمان و احداث ساختمان جدید

راهبردهای فنی

الف- اصلاح موضعی اجزا

ب- حذف یا کاهش نامنظمی در سازه

پ- افزایش مقاومت سازه

ت- افزایش سختی جانبی سازه

ث- افزایش شکل پذیری سازه

ج- کاهش نیاز سازه

راهکارهای اصلاح موضعی

- کاشت پیچ و میلگرد
- راهکارهای بهسازی شالوده و پی
- راهکارهای بهسازی دال
- راهکارهای بهسازی تیرها
- راهکارهای بهسازی ستون
- راهکارهای بهسازی اتصالات

کاشت پیچ و میلگرد

کاشت پیچ یا میلگرد به سه روش مختلف انجام می شود.

۱- کاشت با استفاده از مواد پایه سیمانی

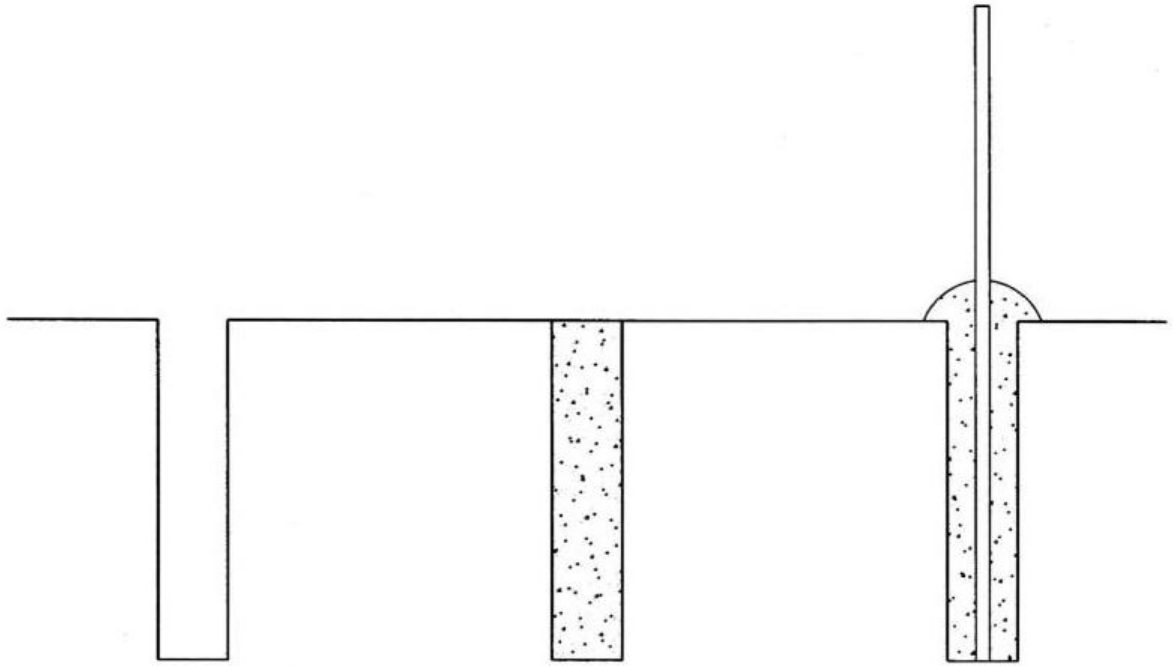
۲- کاشت با استفاده از چسب اپوکسی

۳- کاشت با استفاده از مهار مکانیکی

فرمول های پیشنهاد شده برای ضریب افزایش دینامیکی

کاشت با استفاده از پایه سیمانی

برای کاشت میلگرد ابتدا سوراخی به قطر حدود ۵ میلیمتر بزرگتر از قطر میلگرد و به طول مهاری آن و یا بیشتر به کمک دستگاه مغزه گیر، در بتن ایجاد می شود و داخل آن با حجم مناسب ملات روان پر می گردد



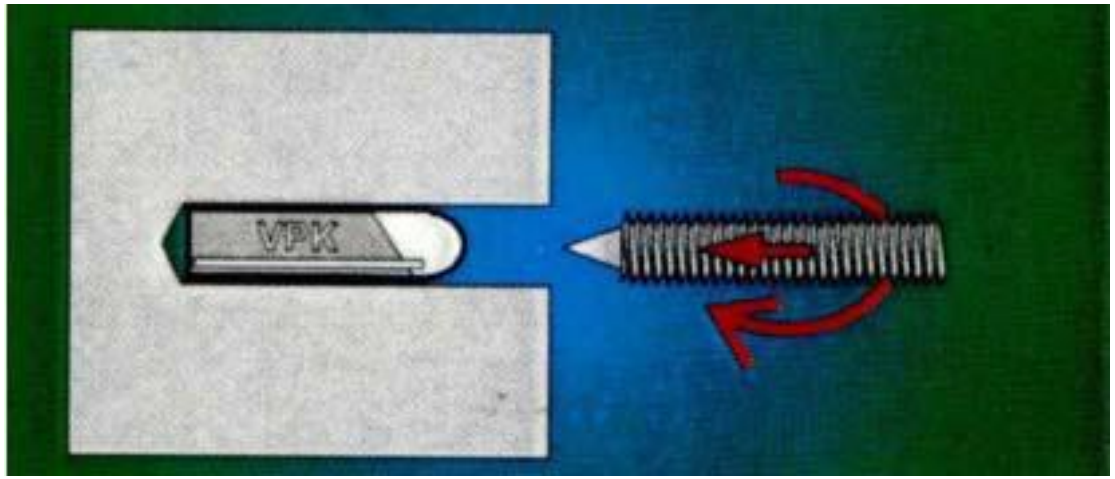
۱-سوراخ کردن وتمیزکردن ۲-پرکردن باملات ضدانقباض ۳-فربردن آرماتور

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

کاشت با استفاده از مواد اپوکسی

قطر سوراخ و طول مهاری کوچکتر خواهد شد، در نتیجه عملیات سوراخ کاری سهل تر می گردد

چسب های اپوکسی به صورت دو یا سه جزئی حمل می گردند



کاشت پیچ به کمک مواد اپوکسی داخل کپسول

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

کاشت پیچ به کمک مواد اپوکسی داخل کپسول

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

محاسبه ابعاد سوراخ برای استقرار پیچ و یا میلگرد-کاشت با چسب

قطر پیچ یا میلگرد (mm)	قطر سوراخ (mm)	عمق سوراخ (mm)
۸	۱۰	۸۰
۱۰	۱۲	۹۰
۱۲	۱۴	۱۱۰
۱۴	۱۶	۱۲۰
۱۶	۱۸	۱۲۵
۲۰	۲۲	۱۷۰
۲۴	۲۸	۲۱۰
۳۰	۳۵	۲۸۰

توصیه می شود عمق سوراخ از اولین سفره آرماتورگذاری عبورکند.

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

مقاومت کششی و برشی پیچ یا میلگرد کاشته شده با چسب اپوکسی

(مقاومت کششی یا برشی اصلاح شده) = $\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3$ × (مقاومت کششی یا برشی توصیه شده)

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{f_c'}{20}}$$

مقاومت های ارائه شده در جدول به مقاومت جداره سوراخ، مقاومت پیچ یا میلگرد، طول سطح تماس میلگرد و یا پیچ بارزین، نوع و نحوه ایجاد حفره و فاصله بندی سوراخ ها بستگی دارد

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

مقاومت برشی و کششی توصیه شده برای میخچه های کاشته شده

با چسب اپوکسی بر حسب کیلو نیوتن در بتن بامقاومت $f_c' = 20\,MPa$

قطر پیچ یا میلگرد (mm)	مقاومت کششی (KN)	مقاومت برشی (KN)
۸	۸	۸
۱۰	۱۳	۱۳
۱۲	۱۹	۱۹
۱۴	۲۹	۲۹
۱۶	۳۶	۳۶
۲۰	۵۷	۵۷
۲۴	۸۳	۸۳
۳۰	۱۳۰	۱۳۰

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

محاسبه ضریب کاهش مقاومت به علت فاصله بندی

قطر پیچ یا میلگرد (mm)	فاصله‌بندی سوراخ‌ها (mm)									
	۴۰	۴۵	۵۵	۶۵	۸۰	۹۰	۱۱۰	۱۲۵	۱۷۰	۲۱۰
۸	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۸۴	۰/۹۱	۱/۰۰					
۱۰		۰/۷۵	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۹۴	۱/۰۰				
۱۲			۰/۷۵	۰/۸۰	۰/۸۶	۰/۹۱	۱/۰۰			
۱۶				۰/۷۶	۰/۸۲	۰/۸۶	۰/۹۴	۱/۰۰		
۲۰						۰/۷۶	۰/۸۲	۰/۸۷	۱/۰۰	
۲۴							۰/۷۶	۰/۸۰	۰/۹۰	۱/۰۰

لازم به ذکر است فاصله میخچ ها از یکدیگر به هیچ عنوان نباید از مقادیر عنوان شده در جدول فوق کمتر اختیار شوند.

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

محاسبه ضریب کاهش مقاومت فاصله سوراخ از لبه

قطر پیچ یا میلگرد (mm)	فاصله میخچه‌ها از لبه (mm)									
	۴۰	۴۵	۵۵	۶۵	۸۰	۹۰	۱۱۰	۱۲۵	۱۷۰	۲۱۰
۸	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۷۸	۰/۸۷	۱/۰۰					
۱۰		۰/۶۵	۰/۷۳	۰/۸۱	۰/۹۲	۱/۰۰				
۱۲		۰/۵۹	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۸۱	۰/۸۷	۱/۰۰			
۱۶				۰/۶۶	۰/۷۵	۰/۸۰	۰/۹۲	۱/۰۰		
۲۰						۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۸۱	۱/۰۰	
۲۴							۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۸۷	۱/۰۰

لازم به ذکر است فاصله میخچ ها از لبه به هیچ عنوان نباید از مقادیر عنوان شده در جدول فوق کمتر اختیار شوند.

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

کاشت به کمک مهار مکانیکی

سوراخي به قطر حدود ۲ میلیمتر بزرگتر از قطر پیچ در بتن ایجاد م یگردد

میخچه های مکانیکی

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

مقاومت برشی و کششی نهایی، مشخصه و طراحی پیچ های مکانیکی متداول در جدول های ارائه شده است.

مقاومت های ارائه شده برای شرایطی است که فاصله پیچها از یکدیگر و از لبه اعضا کافی باشد و برای استفاده از پیچهای خاص وهمچنین استفاده از پیچ های متداول در فواصل کمتر باید از مقاومت ها و ضرایب کاهش مقاومت توصیه شده توسط کارخانه سازنده مقاومت های ارئه شده بر اساس مقاومت بتن می توان مقادیر جدول زیر را در ضریب $\sqrt{\frac{f_c'}{20}}$ ضرب نمود. استفاده از این روش در بتن با مقاومت کمتر از ۲۰ توصیه نمی شود.

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

نیروی برشی و کششی نهایی میخچه های مکانیکی بر حسب کیلو نیوتن برای طراحی به روش حدی

قطر پیچ (mm)		۸	۱۰	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴
بدون ظاهر سالم	مقاومت کششی نهایی	۱۸/۱	۲۶/۷	۳۵/۱	۴۹/۸	۷۷/۴	۷۹/۱
	مقاومت برشی نهایی	۲۲/۸	۳۱/۹	۵۰/۳	۸۴/۰	۱۳۶/۰	۱۵۱/۴
بدون ظاهر پرکی خورده	مقاومت کششی نهایی	۱۲/۷	۱۸/۴	۲۰/۱	۳۶/۰	۵۵/۱	۷۰/۵
	مقاومت برشی نهایی	۲۰/۶	۳۱/۹	۴۵/۵	۸۴/۰	۱۰۶/۶	۱۵۱/۴

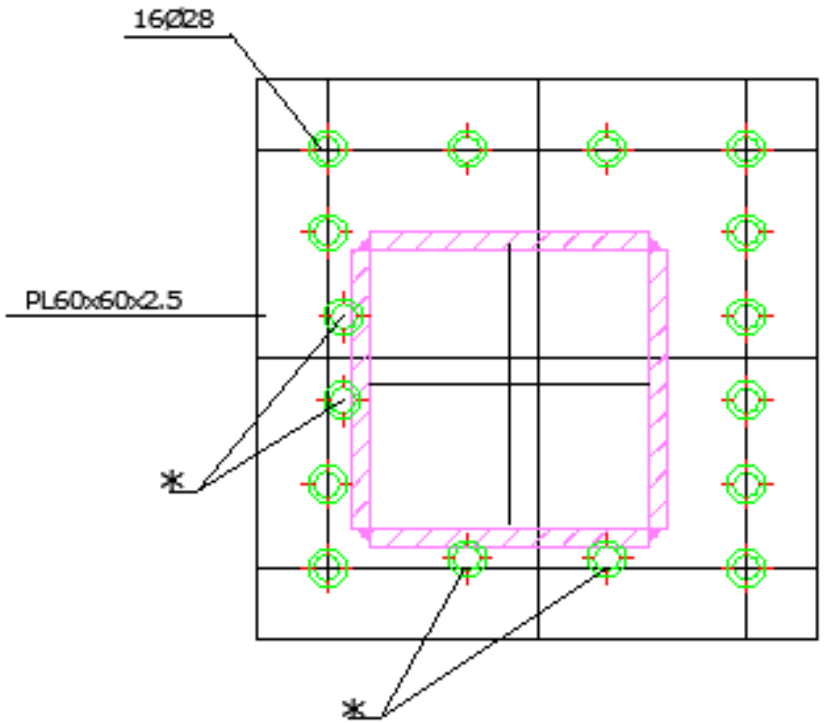
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

برخورد ستون با کف ستون

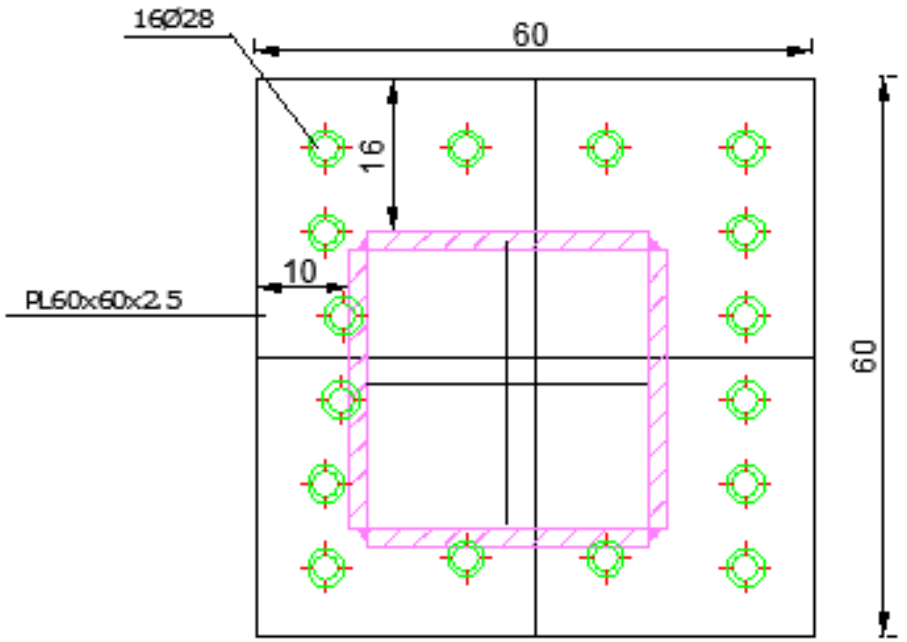
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

برخورد ستون با کف ستون

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



کف ستونهای BP-1-3
موجود C1-C2-C5

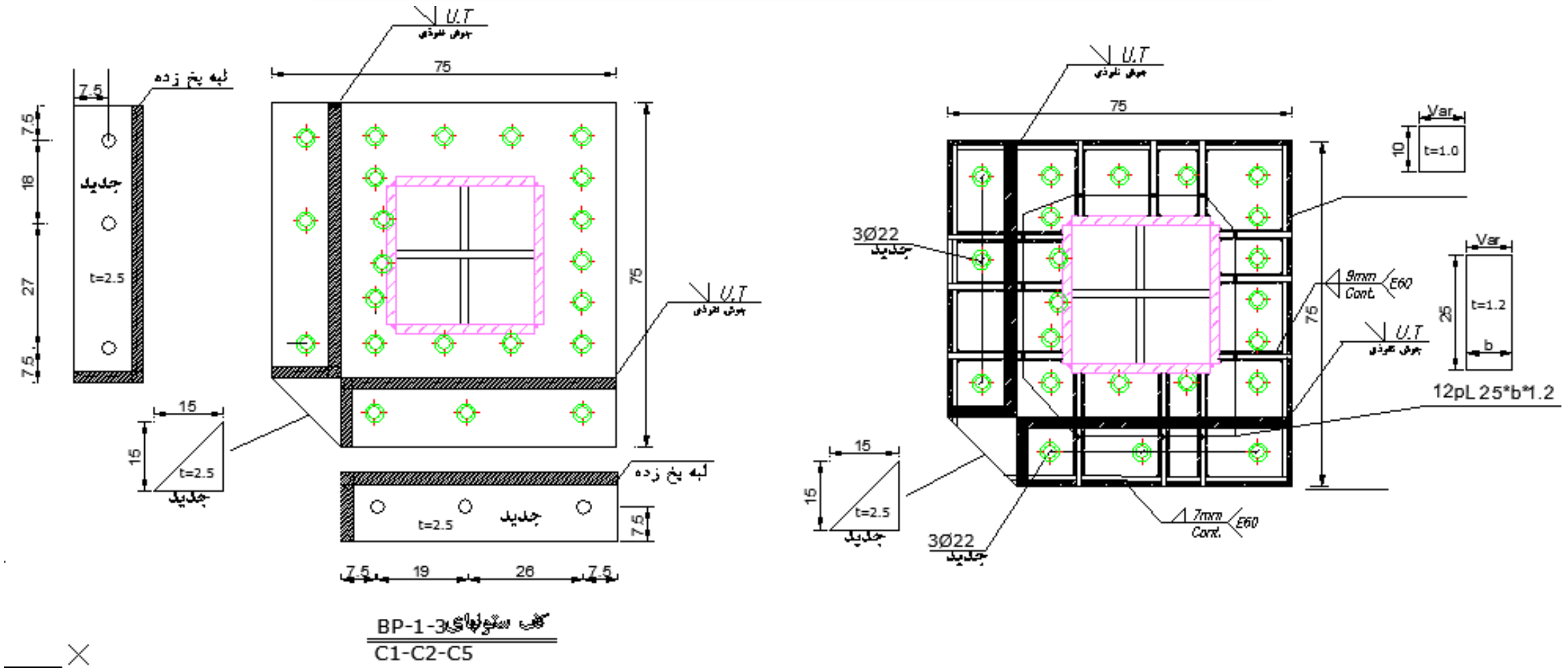


کف ستونهای BP-1-3
موجود C1-C2-C5

*به‌دلیل برخورد بولت با ستون امکان بستن مهره نیست

اصلاح کف ستون با کاشت بلت

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



اصلاح کف ستون با کاشت بلت

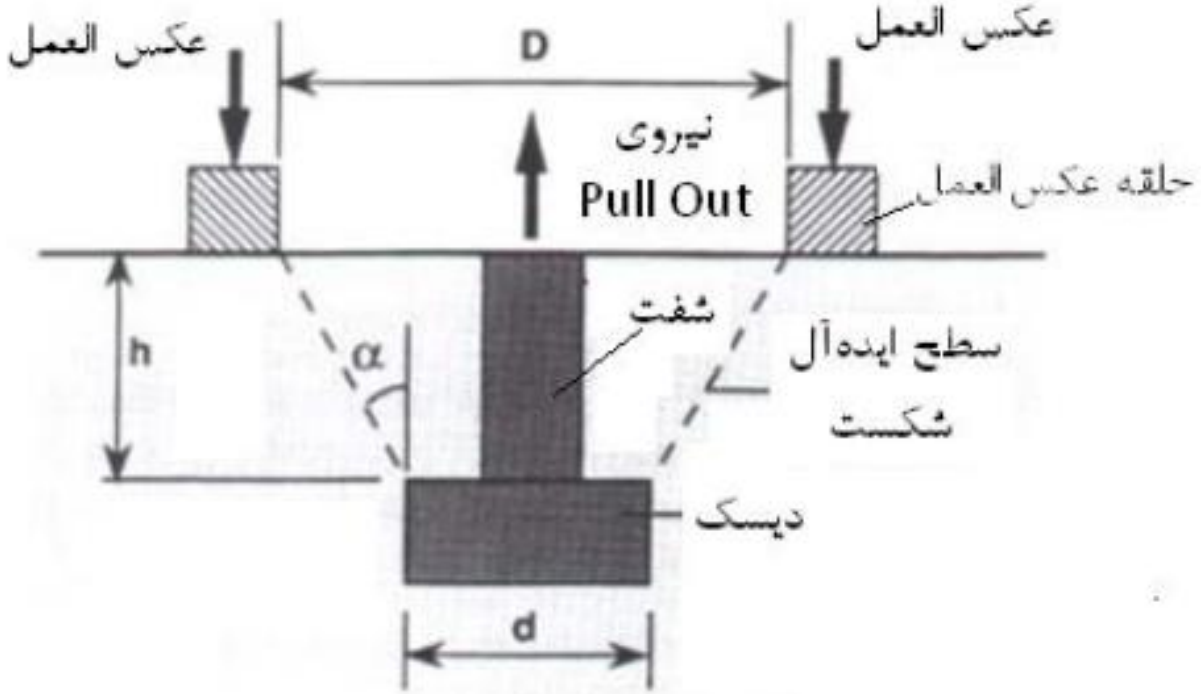
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

اصلاح کف ستون با کاشت بلت

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

اصلاح کف ستون با کاشت بلت

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



آزمایش pull out

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

آسیب پذیری پی

- وقوع تنش فشاری بیش از ظرفیت باربری پی در زیر شالوده
- وجود نیروی فشاری یا کششی بیش از ظرفیت ژئوتکنیکی سازه ای در شمع ها
- وجود نشست های زیاد و غیرقابل قبول در پی
- وجود پتانسیل روانگرایی، ماسه سریع و تورم در خاک زیر شالوده
- عدم پایداری ساختگاه سازه، مخصوصاً برای ساختمان هایی که بر روی زمینهای شیبدار احداث شده اند.

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای بهسازی شالوده و پی

بارهای ساختمان از طریق شالوده به خاک زیر آن یعنی پی منتقل می گردد

معمول ترین موارد آسیب پذیری شالوده و پی به قرار زیر است:

الف- آسیب پذیری شالوده

- وجود نیروی کششی بلند کننده
- عدم کفایت ظرفیت خمشی یا برشی (برش خمشی یا برش سوراخ کننده) 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 سازه ای در شمع ها

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

ب-در هنگام مقاوم سازی شالوده، با مشکلات زیر روبرو هستیم:

- لزوم تخلیه کلیه و یا قسمتی از فضاهای طبقه همکف یا زیرزمین
- تخریب دال کف زمین در داخل ساختمان و سنگ فرش بیرون از آن
- فضای بسیار محدود در طول عملیات مقاوم سازی به علت وجود پایه ها و تکی هگاه های موقتی
- ارتفاع محدود برای تجهیز ساختمان
- صدا و لرزشهای ساختمان

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای بهسازی شالوده و پی

بهسازی سازه ای شامل:

- افزایش ابعاد شالوده
- افزودن شناژ به شالوده موجود
- تقویت خمشی و برشی شالوده با کابل های پی شتنیده
- افزایش مقاومت شمع های موجود

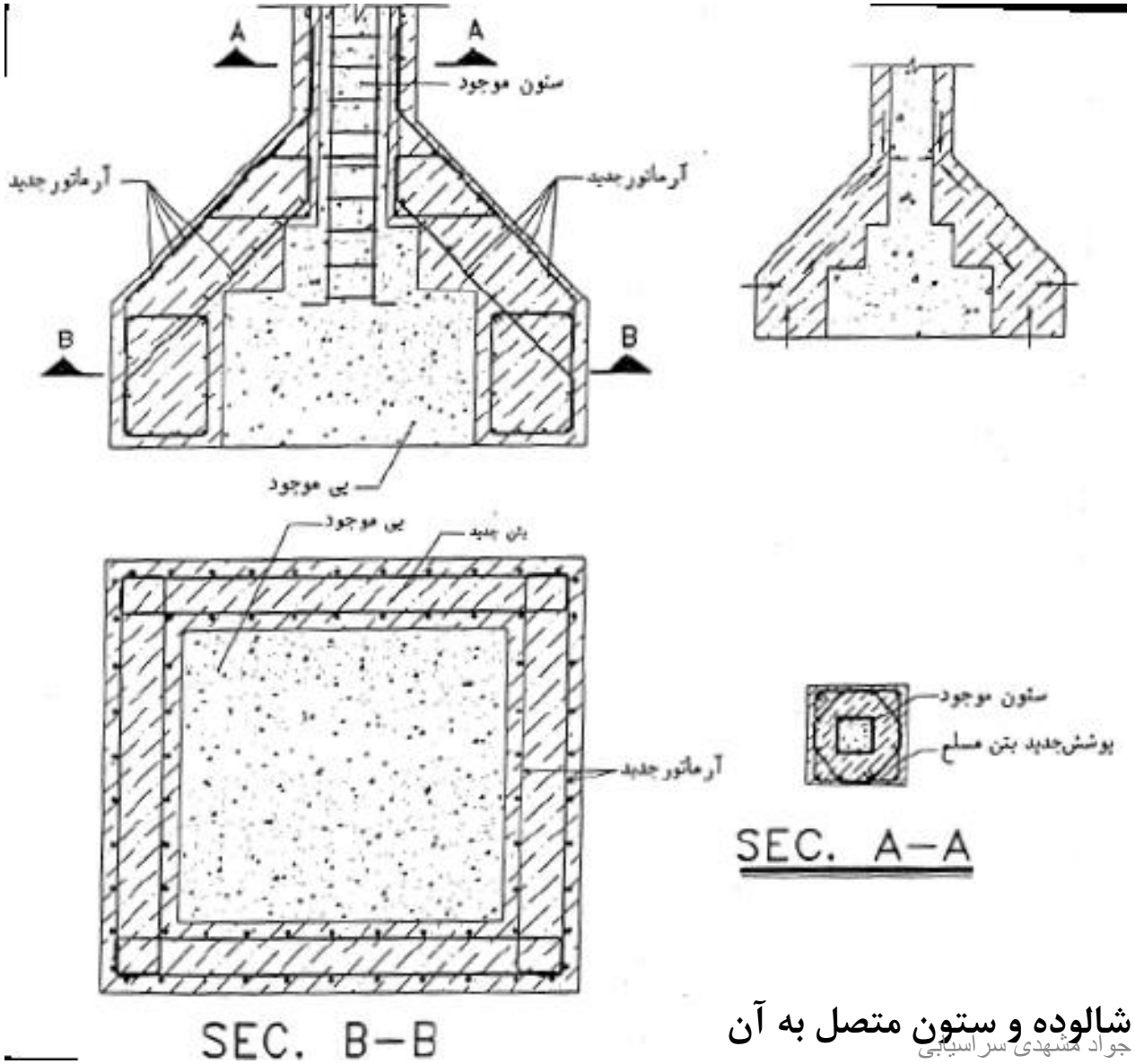
بهسازی ژئوتکنیکی شامل:

- تزریق (اختلاط مکانیکی)
-ریزشمع
- احداث شمع
- تقویت از زیر شالوده (پی بندی)

راهکارهای بهسازی شالوده و پی

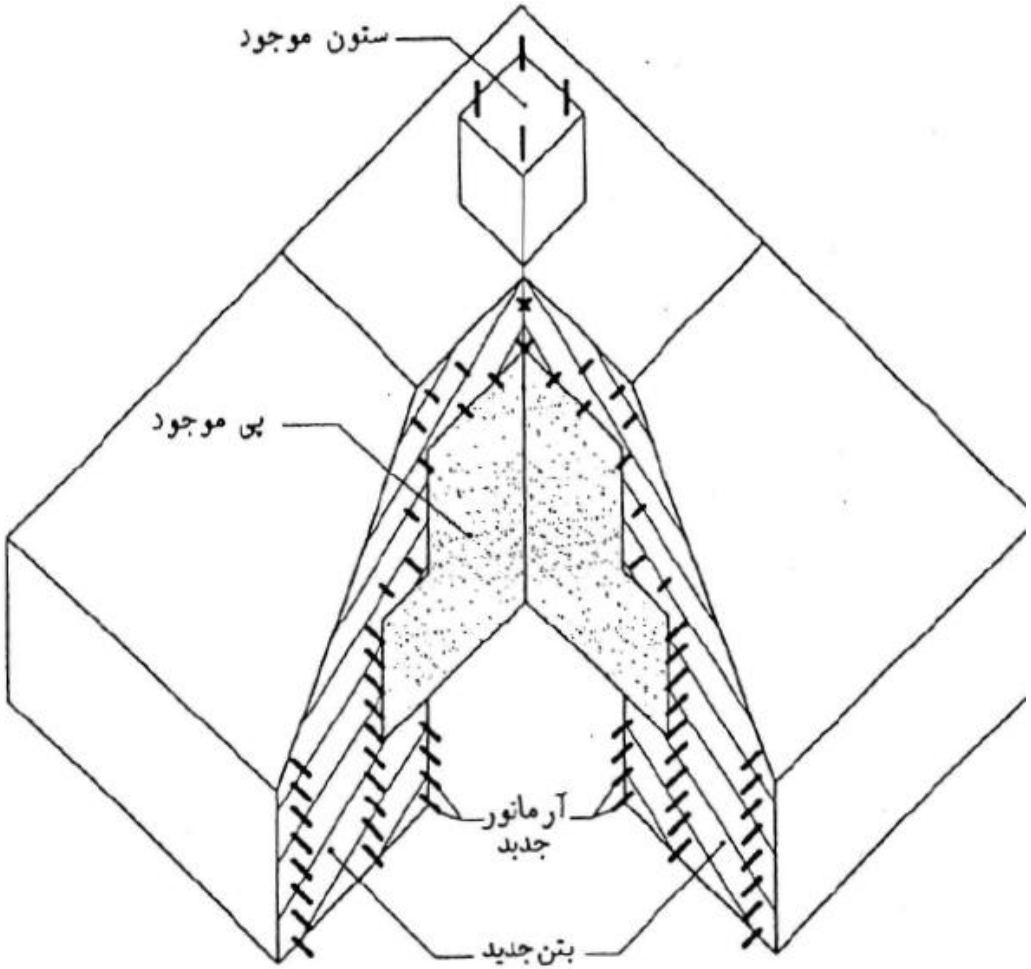
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

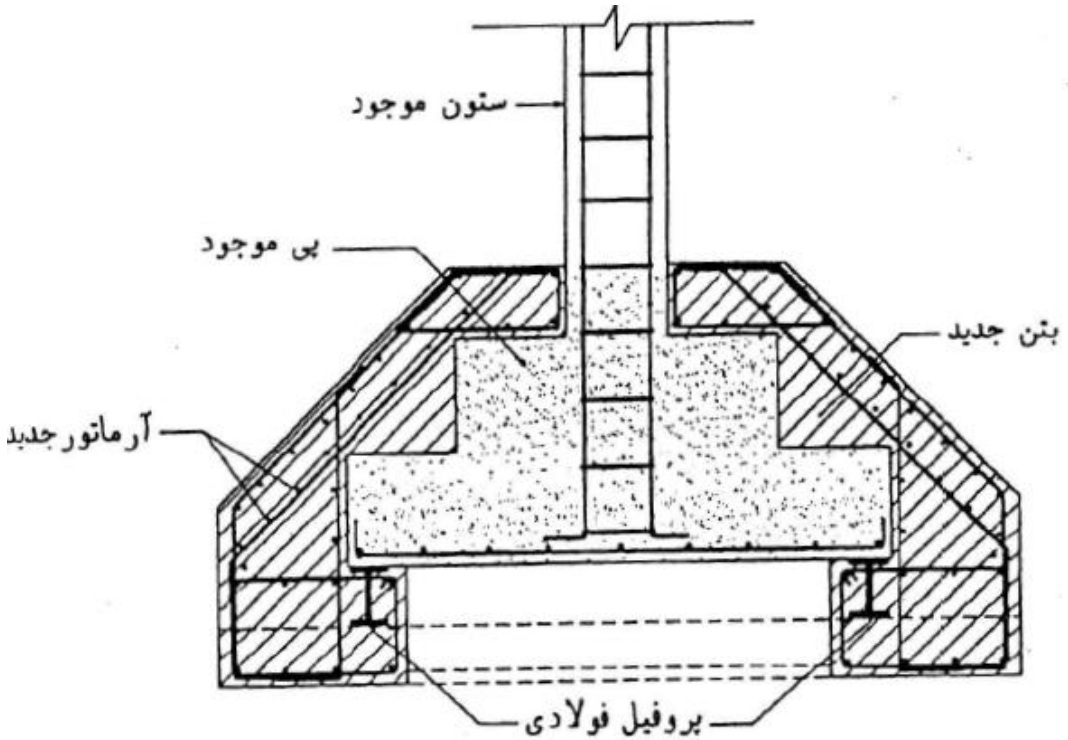
افزایش ابعاد شالوده



افزایش ابعاد شالوده و ستون متصل به آن

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا





بهسازی شالوده بوسیله افزایش ابعاد هندسی

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

مراحل اجرای راهکار افزایش ابعاد شالوده به شرح زیر می باشد:

۱. خالی کردن اطراف شالوده از تراز روی آن تا تراز زیر بتن مگر به اندازه عرضی بیشتر ازعرض موردنیاز مقاوم سازی
۲. مضرس کردن سطح بتن در بالا و وجوه عمودی شالوده
۳. ایجاد سوراخ های افقی در اطراف شالوده برای کاشت شاخک (میخچه). (در صورت لزوم)
۴. اجرای بتن مگر اضافی در ناحیه افزایش ابعاد
۵. تمیز و مضرس کردن سطوح تماس اجرای چسب پلیمری بر روی سطوح نمایان شالوده
۶. اجرای آرماتورهای اضافی برای بتن مسلح جدید مطابق نقش ههای اجرایی

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

۷. اجرای بتن جدید

۸. جداکردن قالب ها و مراقبت از شالوده با پوشاندن سطح بتن با گونی های خیس (هرگز نباید شالوده را مستقیماً با آب خیس نمود، زیرا منجر به شستن لایه های زیر آن می شود)

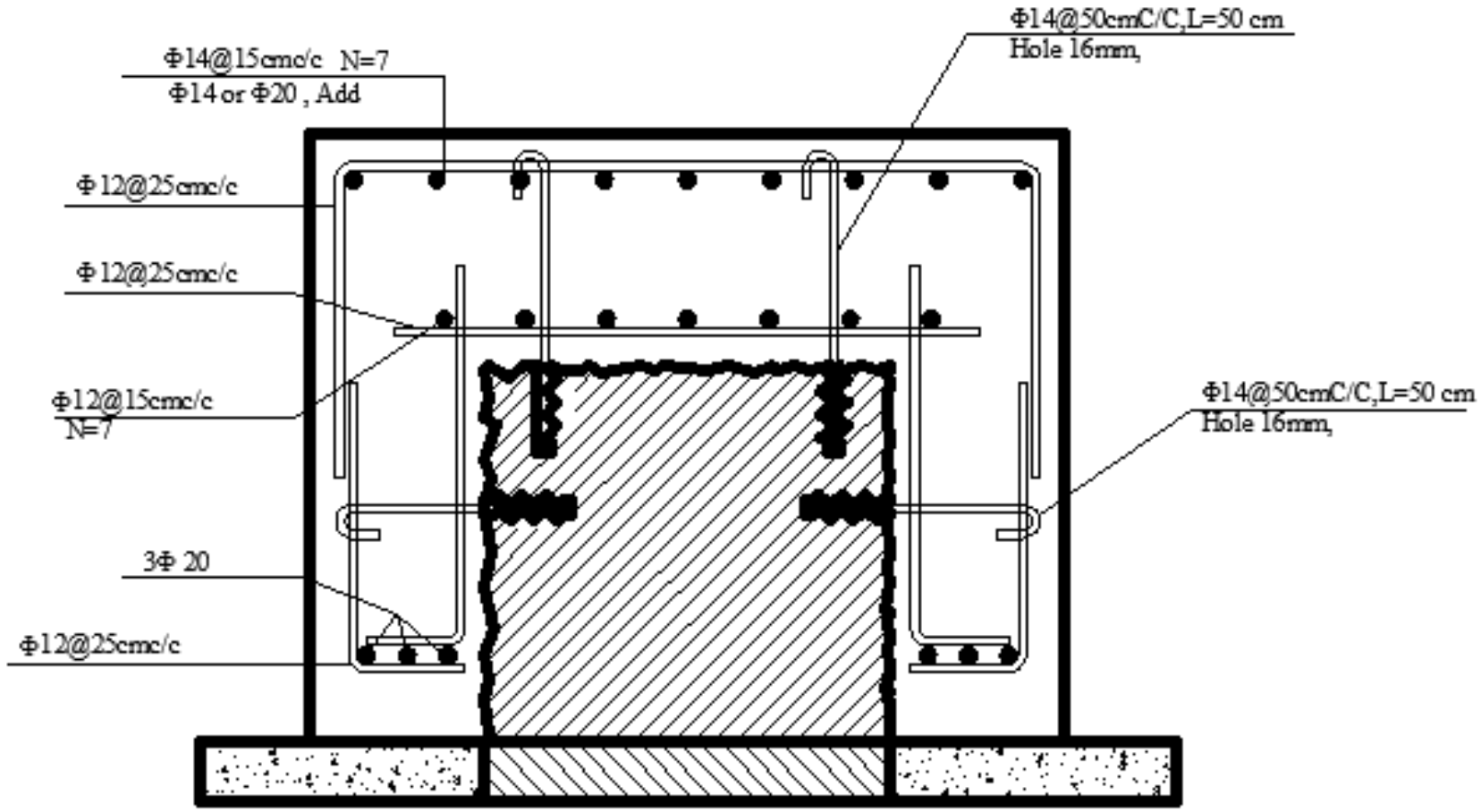
۹. مقاوم سازی ستون (در صورت لزوم)

۱۰. پرکردن مجدد شالوده ترجیحاً با خاک های درشت دانه در لای هههای مختلفی که کاملاً متراکم شده باشند.

۱۱. کامل کردن کف و سنگ فرش روی شالوده

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

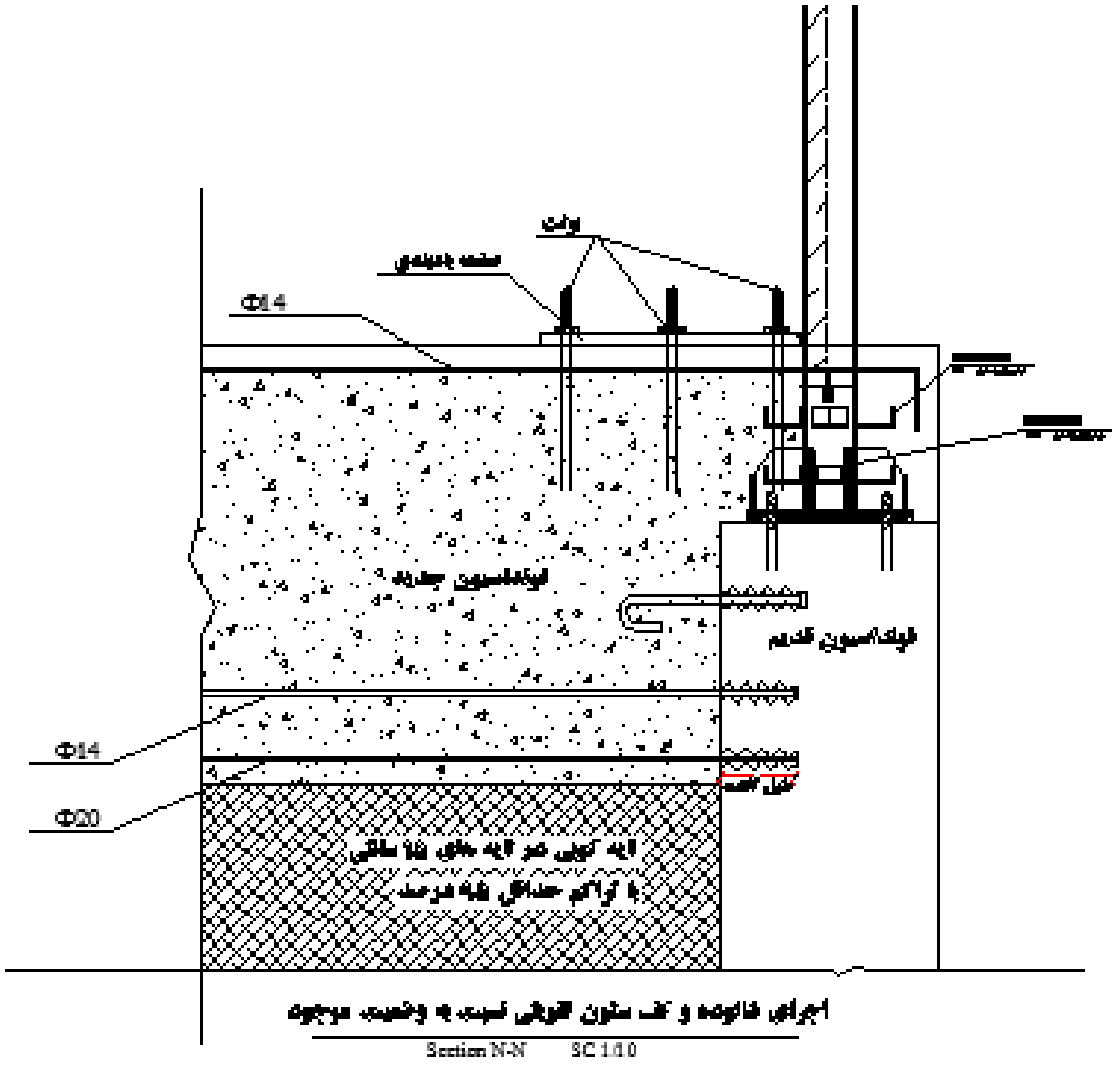
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

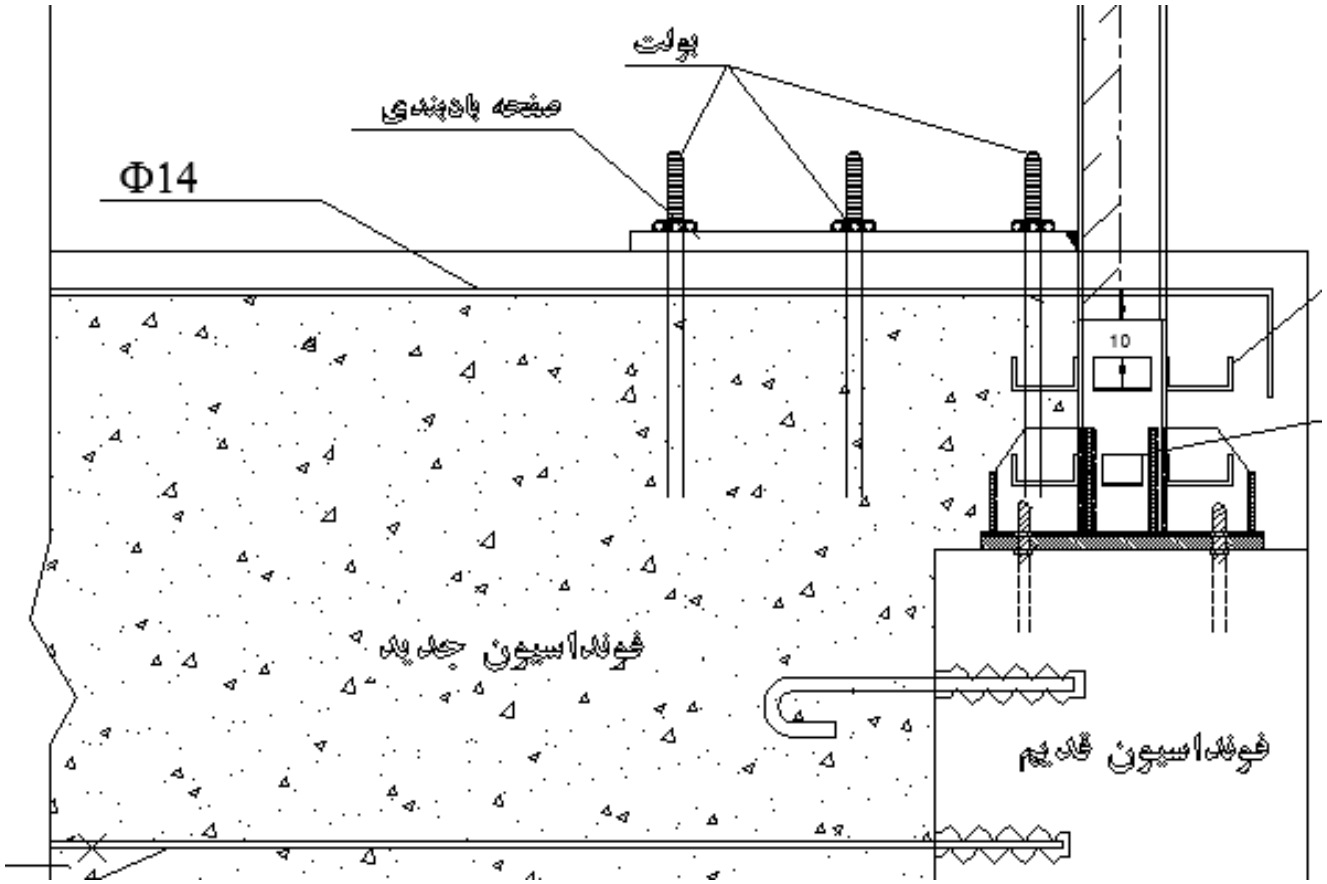


جزئیات اتصال شالوده جدید به شالوده قدیم

Section M-M SC 1/10

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

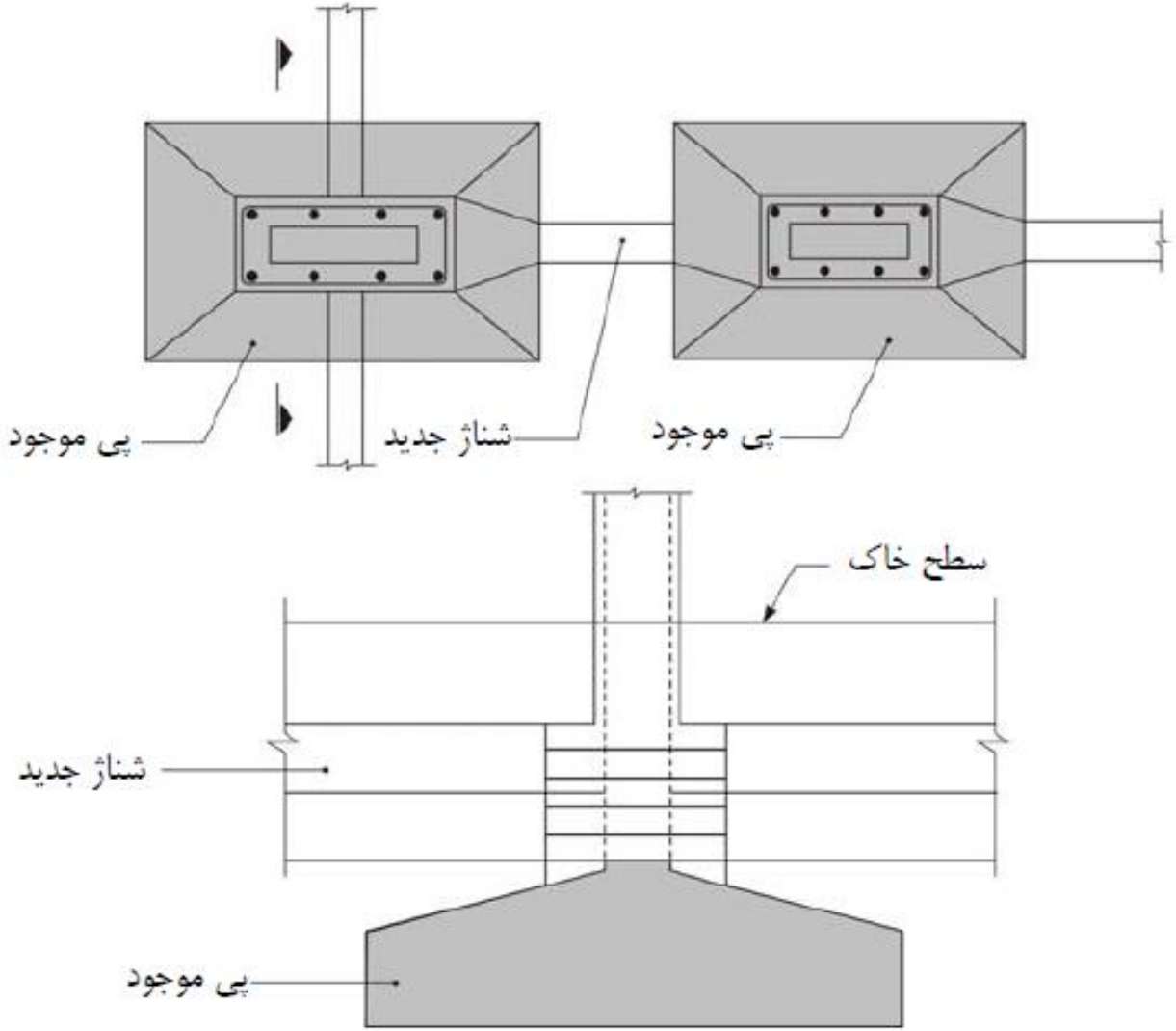




راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

افزودن شناژ به شالوده

یکی از راهکارهای بهسازی شالوده در برابر لغزش، به هم بستن شالوده ها و ایجاد مشارکت کلیه شالوده ها در تحمل بارهای جانبی می باشد



به هم بستن شالوده ها با شناژ

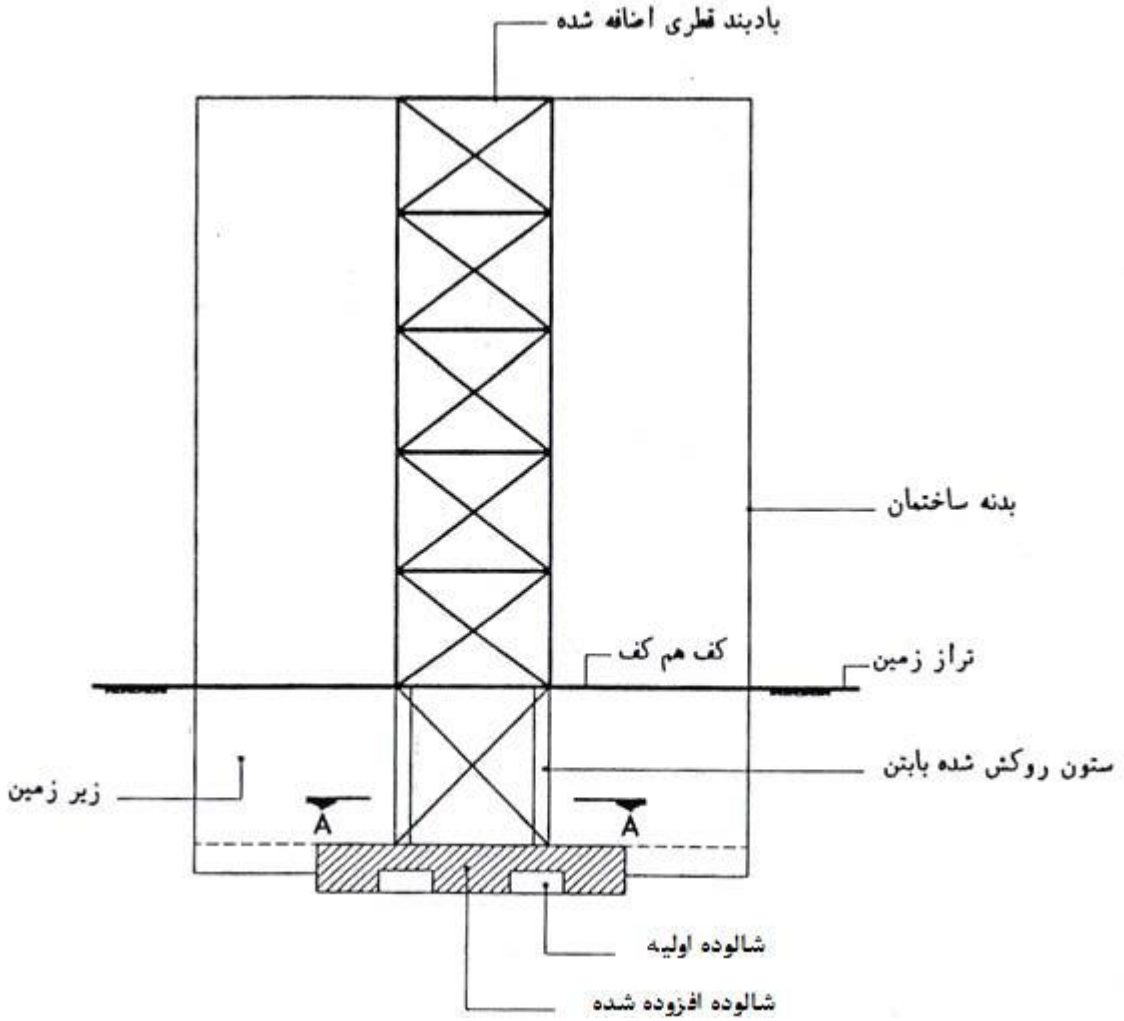
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

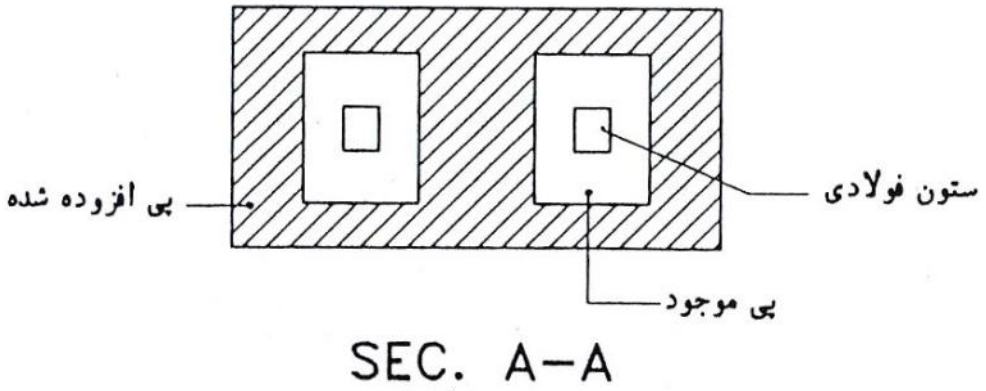
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

یکپارچه سازی شالوده

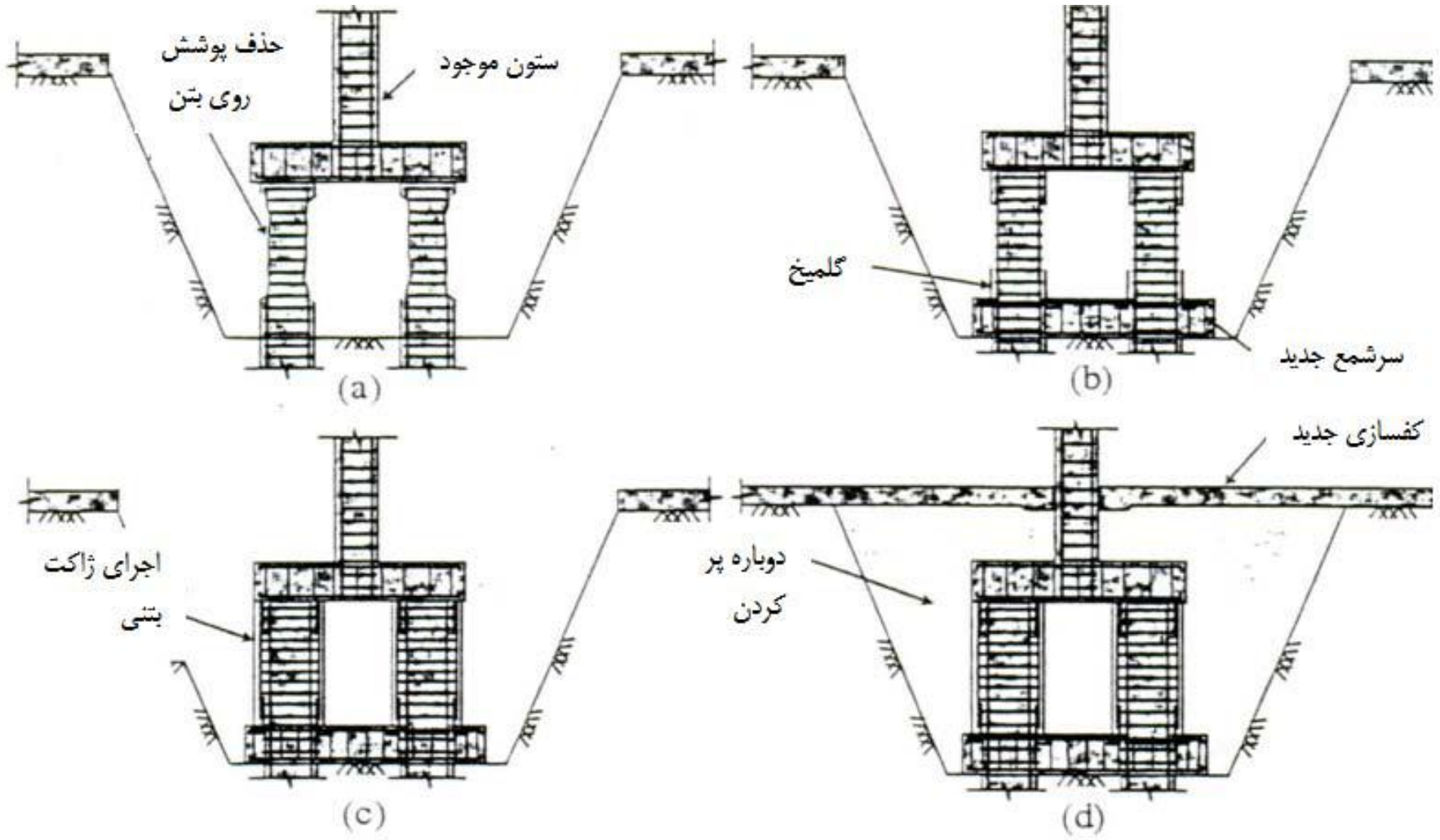




راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

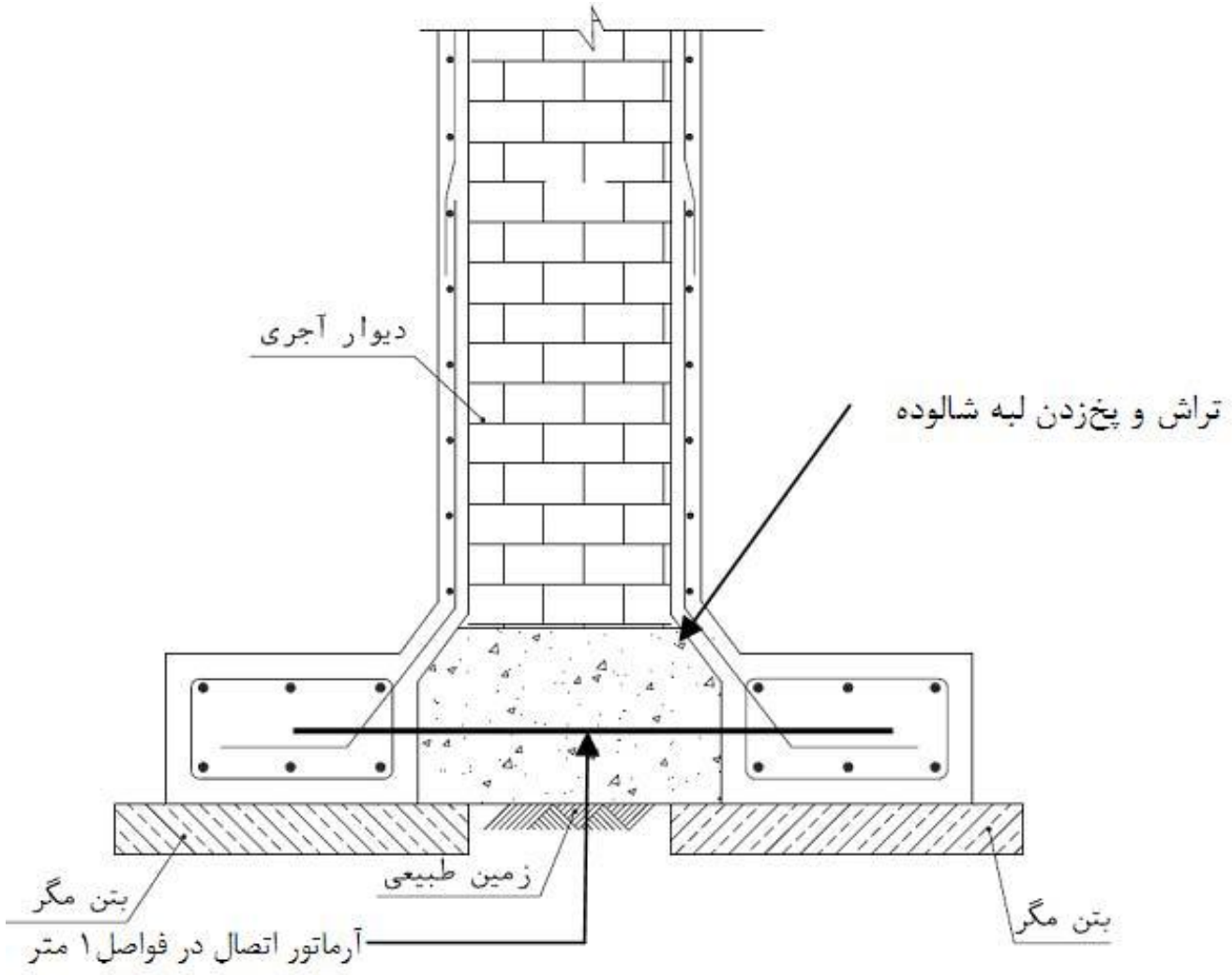
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

افزایش مقاومت شمعهای موجود



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

تقویت شالود ههای بنایی



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

مثال ۲-۲-۱:

ستونی با بار $P_l = 70ton$,$P_d = 145ton$ در زمینی با مقاومت مجاز ۲/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع قرار دارد. برای آن شالوده منفردی با ابعاد ۳×۳ متر طراحی شده است. با تغییر کاربری ساختمان، بار محوری ناشی از بار زنده ستون به مقدار ۱۲۰ تن افزایش یافته است. مطلوبست ارائه طرح تقویت برای شالوده

$f_y = 4000\,kg/cm^2$ $f_c = 250\,kg/cm^2$

الف: طراحی شالوده برای حالت اولیه

$P_d = 145ton$

$P_l = 70ton$

وزن فرضی شالوده $= 15\,ton$

$P_t = 145 + 70 + 15 = 230ton$

لازم $A = 230 \div 25 = 9.2 \rightarrow$ لازم $B = 3.03m$

ابعاد شالوده معادل ۳×۳ متر انتخاب می‌شود.

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

تعیین ضخامت شالوده براساس برش سوراخ کننده

ابعاد ستون: $60 \times 60cm$

$P_u = 1.25 \times 145 + 1.5 \times 70 = 290\,ton$ (بدون منظور کردن وزن شالوده)

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

$$V_c = 2v_c b_o d$$

$$v_c = 0.2\varphi_c \sqrt{f_c} = 0.2 \times 0.6\sqrt{25} = 0.6MPa = 6\,kg/cm^2$$

$$290 \times 10^3 = 2 \times 6 \times (60+d)4d = 48(60+d)d$$

$$d = 53cm \rightarrow h = 70cm, d = 60cm$$

$$q_u = \frac{290}{3 \times 3} = 32.2\,ton/m^2$$

$$M_u = \frac{1}{8} q_u (b-a)^2 = \frac{1}{8} 32.3(3-0.6)^2 = 23.2\,ton.m/m$$

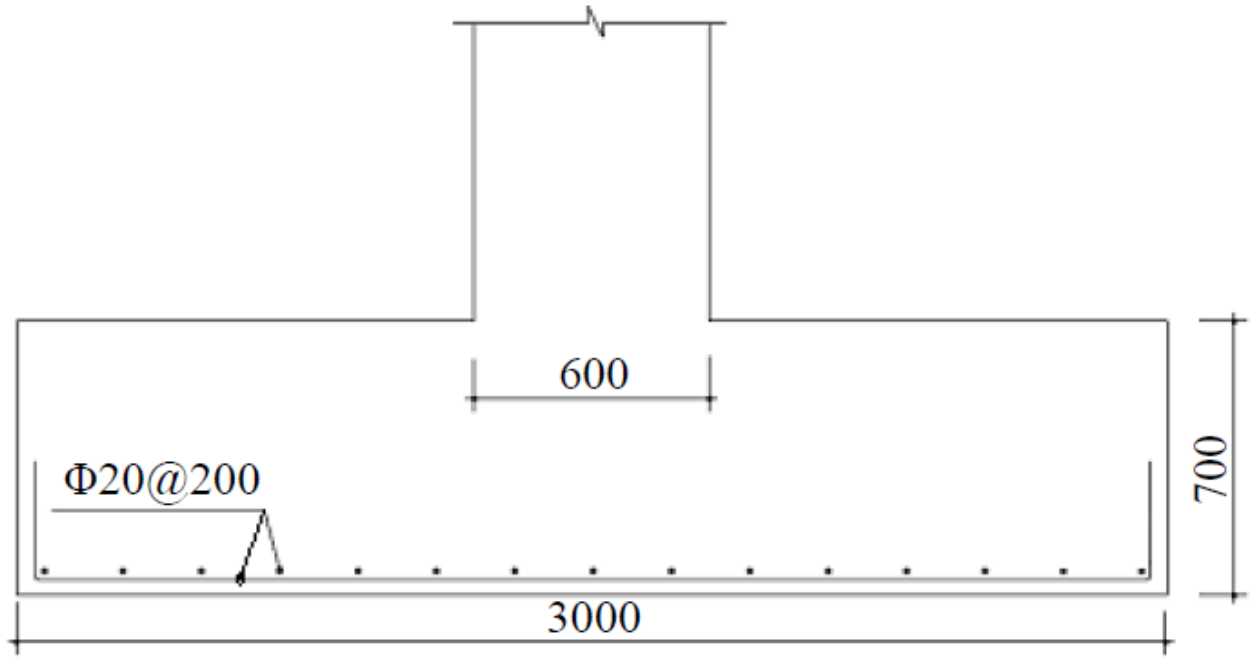
$$A_s = \frac{23.2 \times 10^5}{0.85 \times 4000 \times 60} = 11.37\,cm^2/m$$

از میلگرد $\Phi 20/200$ با مساحت ۱۵/۷ سانتیمترمربع برمتر استفاده می‌شود.

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

از میلگرد $\Phi 20/200$ با مساحت ۱۵/۷ سانتیمترمربع برمتر استفاده می‌شود.

حداقل $A_s = 0.0018 \times 100 \times 70 = 12.6 < 15.70\, cm^2/m$



شکل مثال ۲-۲-۱-الف-وضعیت اولیه شالوده

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

طرح تقویت:

$$P_t = 145 + (70 + 120) + 15 = 350\,ton$$

$$A = 350 \div 25 = 14 \rightarrow \text{لازم} \quad B = 3.80\,m \quad \text{لازم}$$

لازم است از هر طرف به مقدار ۴۰ سانتیمتر ابعاد شالوده افزایش یابد.

کنترل تنش در اضافه سطح:

$$\Delta A = 2 \times 3.8 \times 0.4 + 2 \times 3 \times 0.4 = 5.44 m^2$$

$$\sigma = (120 + 5) / 5.44 = 22.98 ton / m^2 < 25 ton / m^2$$

مقدار ۵ تن به علت افزایش ابعاد شالوده می‌باشد.

تعیین ضخامت a:

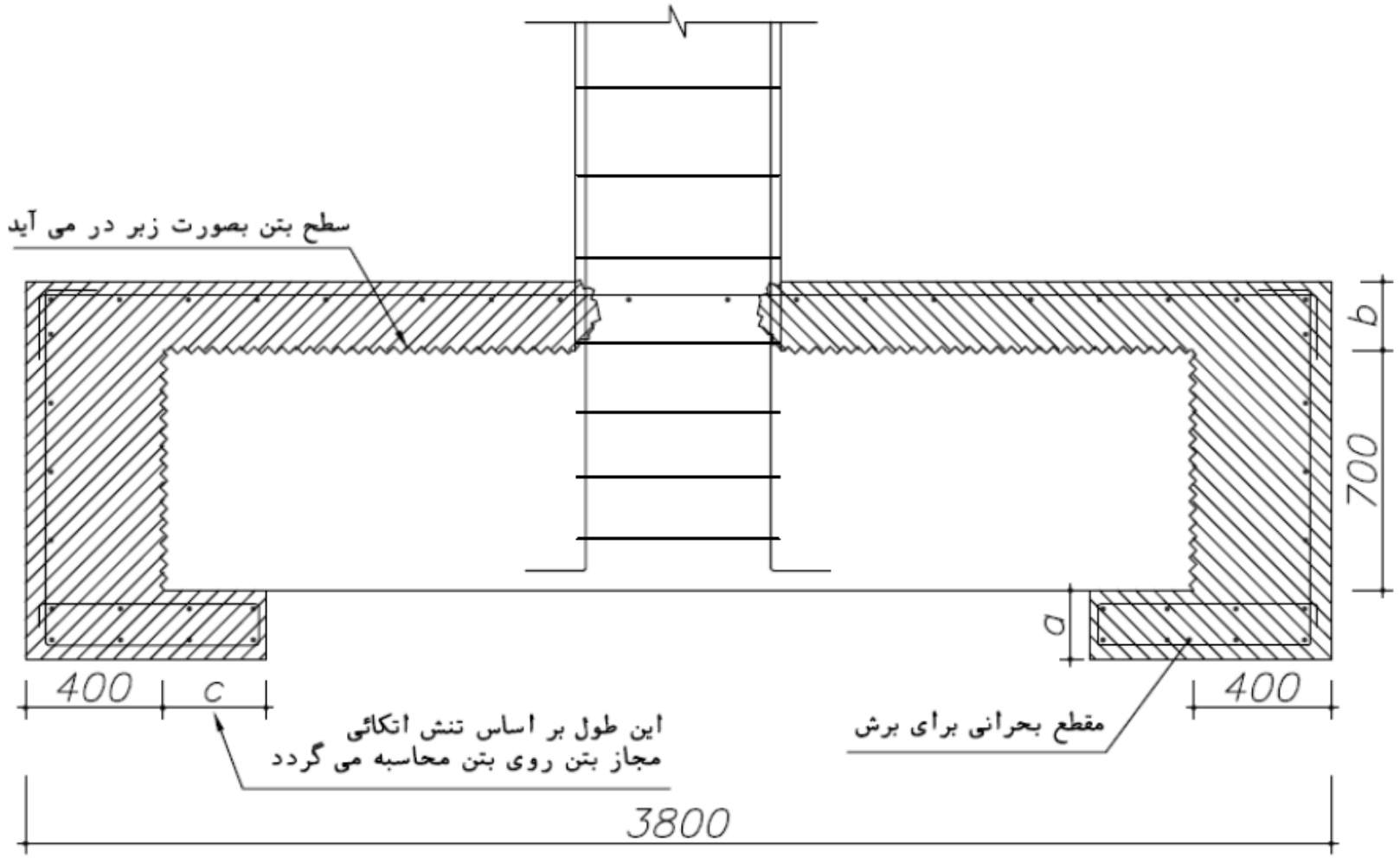
ضخامت a باید مقداری باشد تا قادر به حمل بار اضافه شده باشد.

$$V_u = 1.5 \times 120 = 180 ton$$

$$v_c = \frac{180 \times 10^3}{4 \times 300 \times (a - 5)} = 6 \rightarrow a - 5 = \frac{180 \times 10^3}{4 \times 300 \times 6}$$

$$a = 30 cm$$

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

تعیین ضخامت b:

برای تعیین ضخامت b باید:

الف: ضخامت کل برای انتقال برش سوراخ کننده کافی باشد.

ب: آرماتور موجود برای تحمل خمش شالوده کافی باشد.

الف: کنترل ضخامت کل برای انتقال برش سوراخ کننده:

$$P_u = 1.25\times 145 + 1.5(70+120) = 466.25 ton$$

$$V_c = 2v_c b_o d$$

$$466.25\times 10^3 = 2\times 6\times\left[60+(60+b)\right]4(60+b)$$

$$466.25\times 10^3 = 48(60+b)(120+b)$$

$$b = 13.02 cm$$

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

ب: کنترل آرماتور موجود برای خمش شالوده:

$$\Phi 20/200, A_s = 15.70\,cm^2/m$$

$$q_u = \frac{466.25}{3.8\times 3.8} = 32.3\,ton/m^2$$

$$M_u = 32.3(3.8-0.6)^2/8 = 41.35\,ton.m/m$$

$$A_s = \frac{41.35\times 10^5}{0.85\times 4000\times(60+b)} = 15.7 cm^2/m$$

$$60+b = 77.5 \rightarrow b = 17.5\,cm$$

$$b = 20\,cm$$

برای انتقال برش، سطح قدیمی بتن شالوده باید کاملاً مضرس شده و پای ستون کاملاً سخت شود تا چسبندگی کامل بوجود آید.

تعیین طول c:

مقدار c بر اساس کنترل تنش اتکائی بتن بر روی بتن محاسبه می‌گردد:

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

تعیین طول c:

مقدار c بر اساس کنترل تنش اتکائی بتن بر روی بتن محاسبه می‌گردد:

$$F_P = 0.3 f_c$$

$$F_P = 0.3 \times 250 = 75 \, {kg}/{cm^2}$$

$$F_P = 75 \, {kg}/{cm^2}$$

$$P_u = 1.25 \times 145 + 1.5(70 + 120) = 466.25 ton$$

$$A = \frac{P_u}{F_P} = \frac{466.25 \times 10^3}{75} = 6217 cm^2$$

$$A = 2\left[(300c) + (300 - 2c)c\right] = 6217$$

$$A = 2\left[600c - 2c^2\right] = 6217 \Rightarrow 2c^2 - 600c + 3108.5 = 0$$

$$c = 5.3 cm$$

انتخاب می‌شود : $C = 25 cm$

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای بهسازی دال

دال ها عملاً وظیفه تحمل بارهای قائم را دارا می باشند ولی چون عملکرد دیافراگم افقی را نیز دارند، باید با اعضای مقاوم جانبی سازه اتصال داشته و از سختی و مقاومت کافی برخوردار باشند.

انواع راهکارهاي تقويت دال

-تعمیر موضعی،

-افزایش ضخامت دال (از بالا یا پایین)،

-اضافه کردن تیرک فولادی،

-اضافه نمودن نوار های فولادی در وجوه دال،

-استفاده از مصالح FRP در وجوه دال،

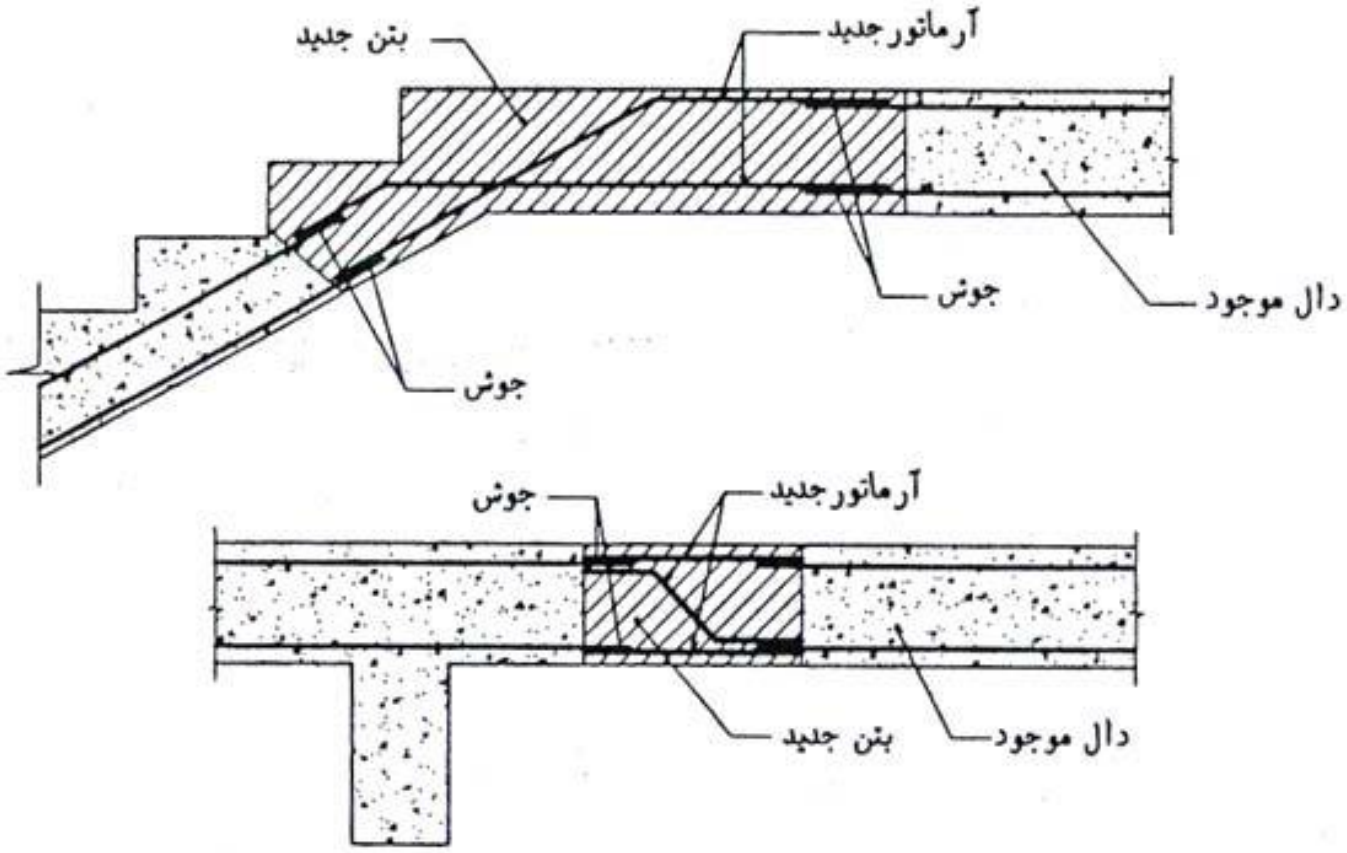
-مقاوم سازی اتصال دال به دیوار برشی،

-بهبود عملکرد دیافراگمی دال.

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

تعمیر موضعی دال

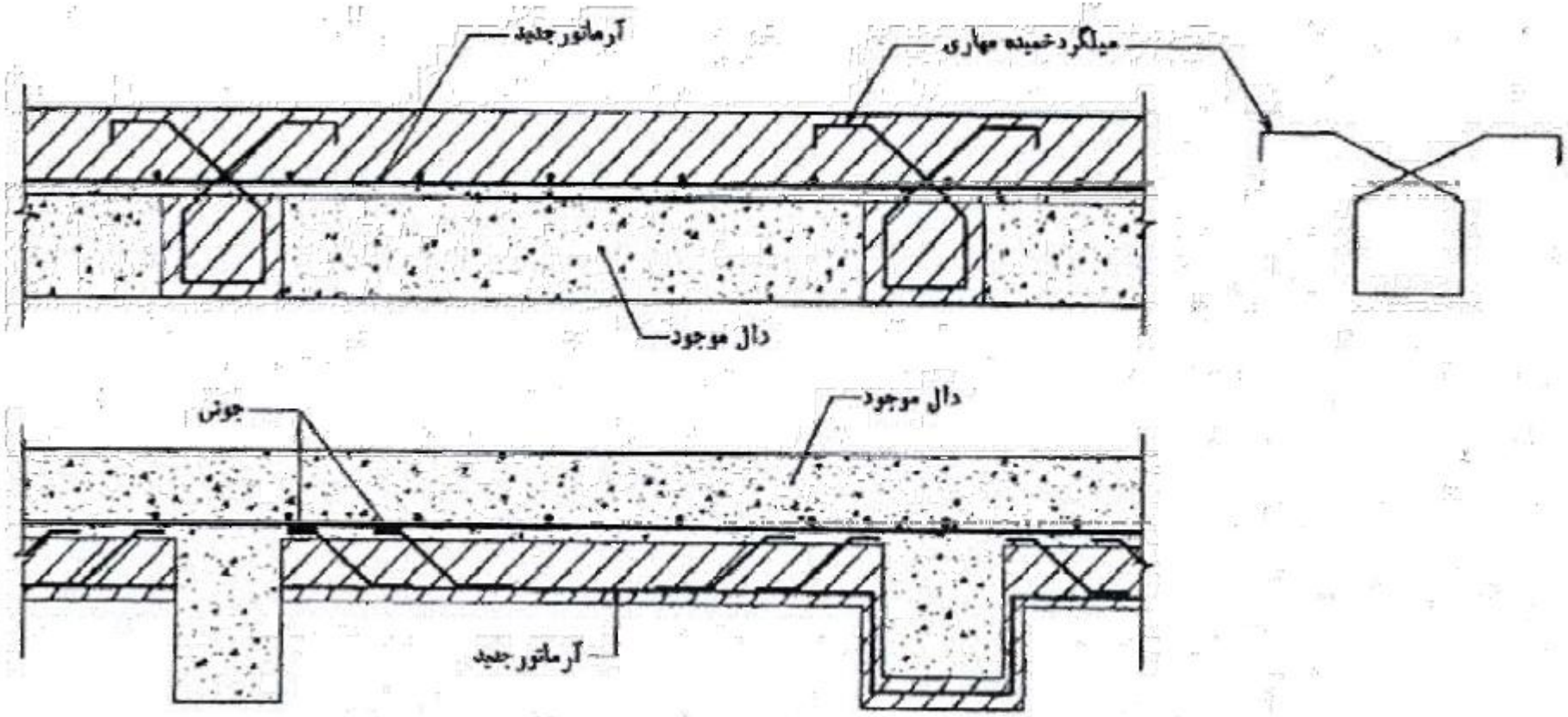
بعد از جدا نمودن مصالح آسیب دیده، آرماتورهای جدید جایگذاری و به آرماتورهای موجود جوش می گردند.
مشخصات بتن جدید باید شبیه به بتن موجود باشد .
در مکان هایی که خوردگی شدید باشد، آرماتورهای جدید جایگذاری شده نباید نو و بدون خوردگی باشند، چرا که آرماتورهای جدید و قدیم با یکدیگر تشکیل پیل الکتریکی می دهند که این امر منجر به خوردگی شدید آرماتورها م یگردد.



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

افزایش ضخامت دال

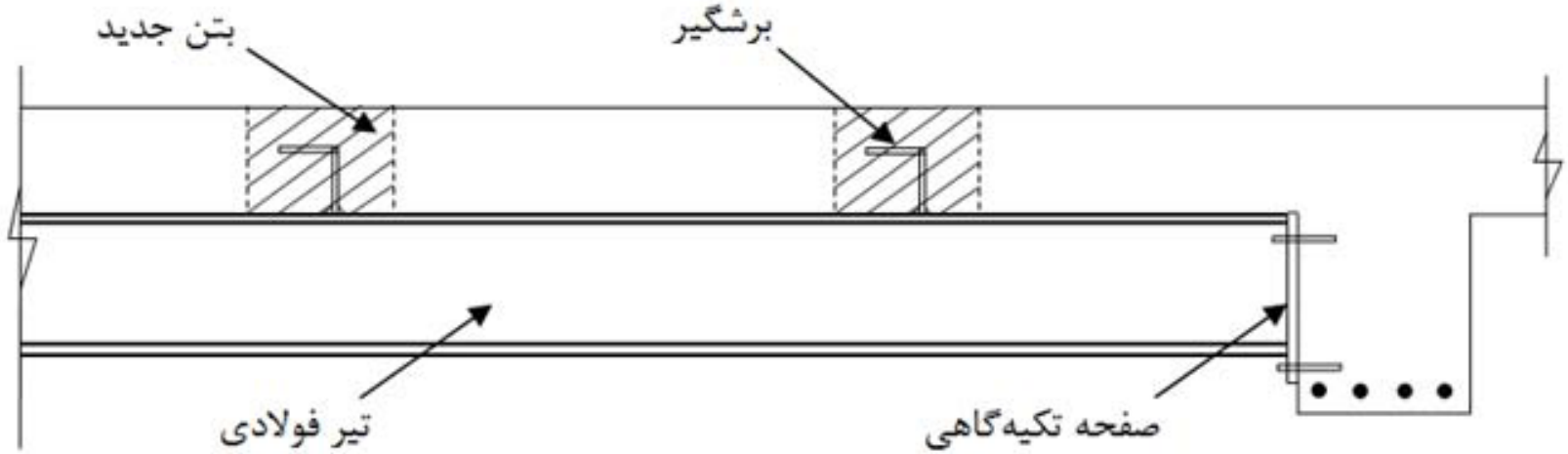
در مواردی که مقاومت و سختی دال کم باشد، با افزایش ضخامت آن می توان این عیب را رفع نمود

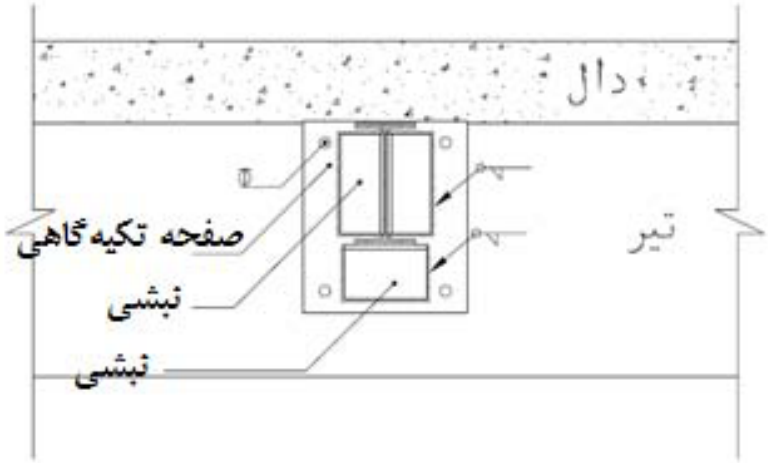


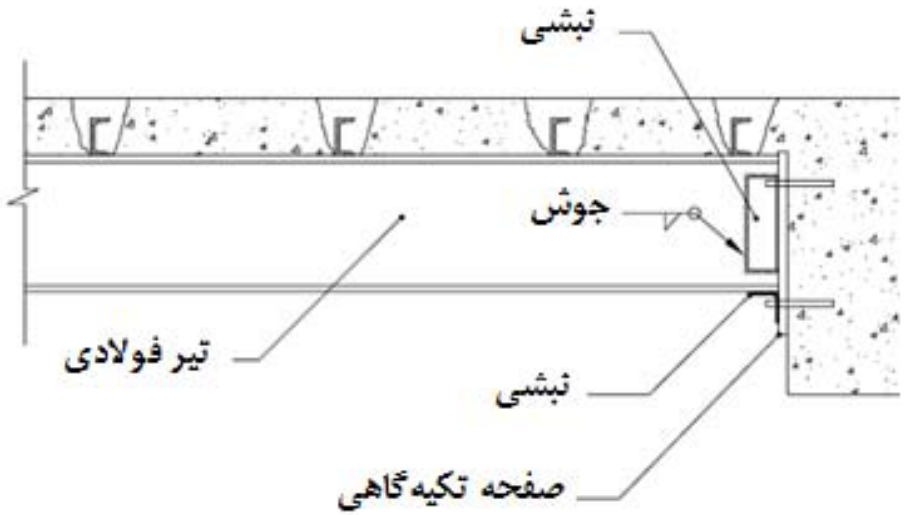
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

اضافه کردن تیرک فولادی

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا







جزئیات اجرایی تیرک فولادی

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

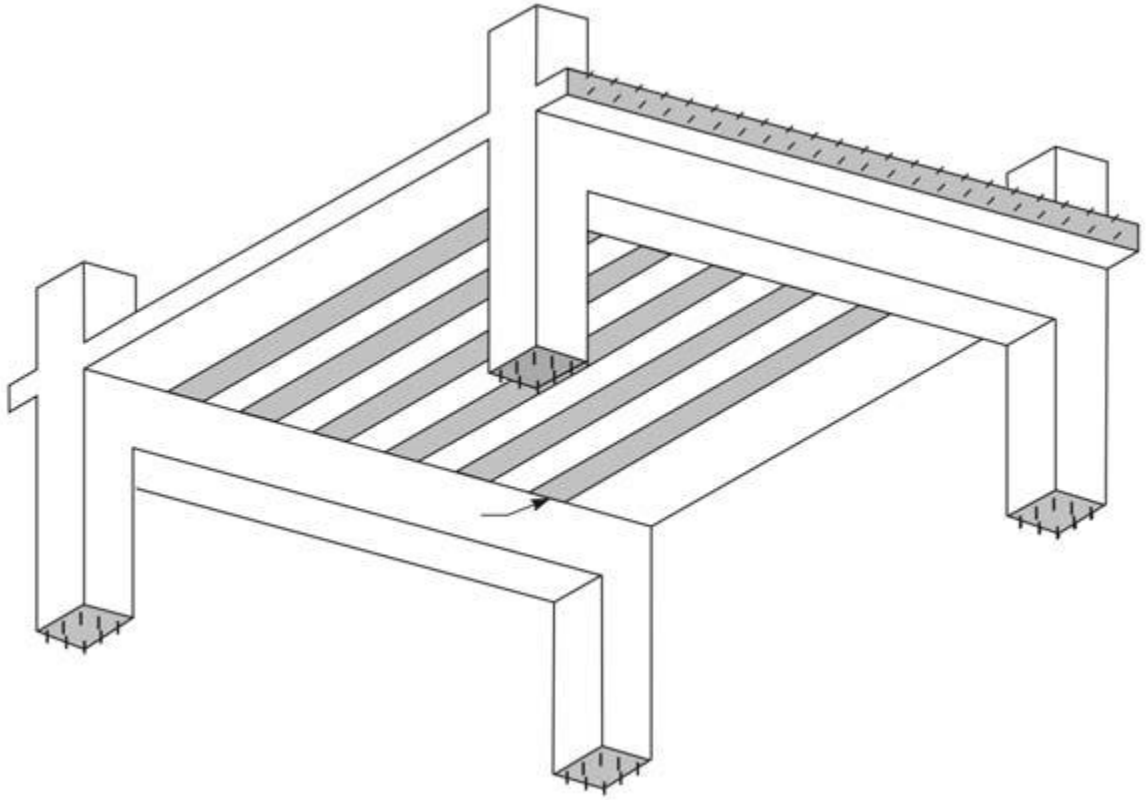
اضافه نمودن نوا رهاي فولادي

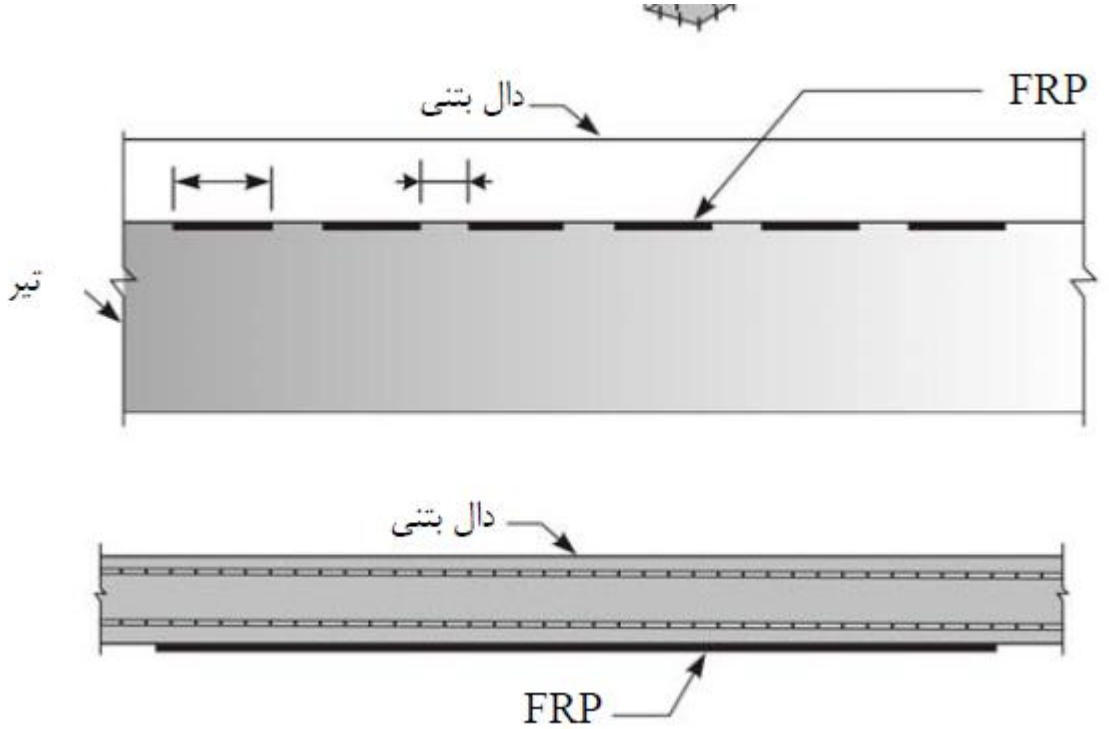
یکی دیگر از روش های افزایش مقاومت دال، اضافه نمودن ورق های فولادی از طریق چسباندن و یا بولت کردن آنها در وجوه افقی دال می باشد.

تقویت دالها با استفاده از ورقهای فولادی

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

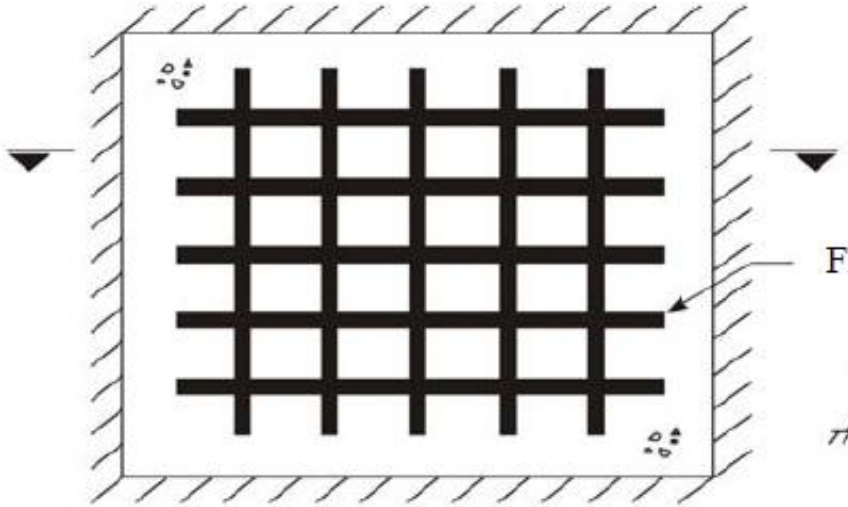
استفاده از مصالح FRP





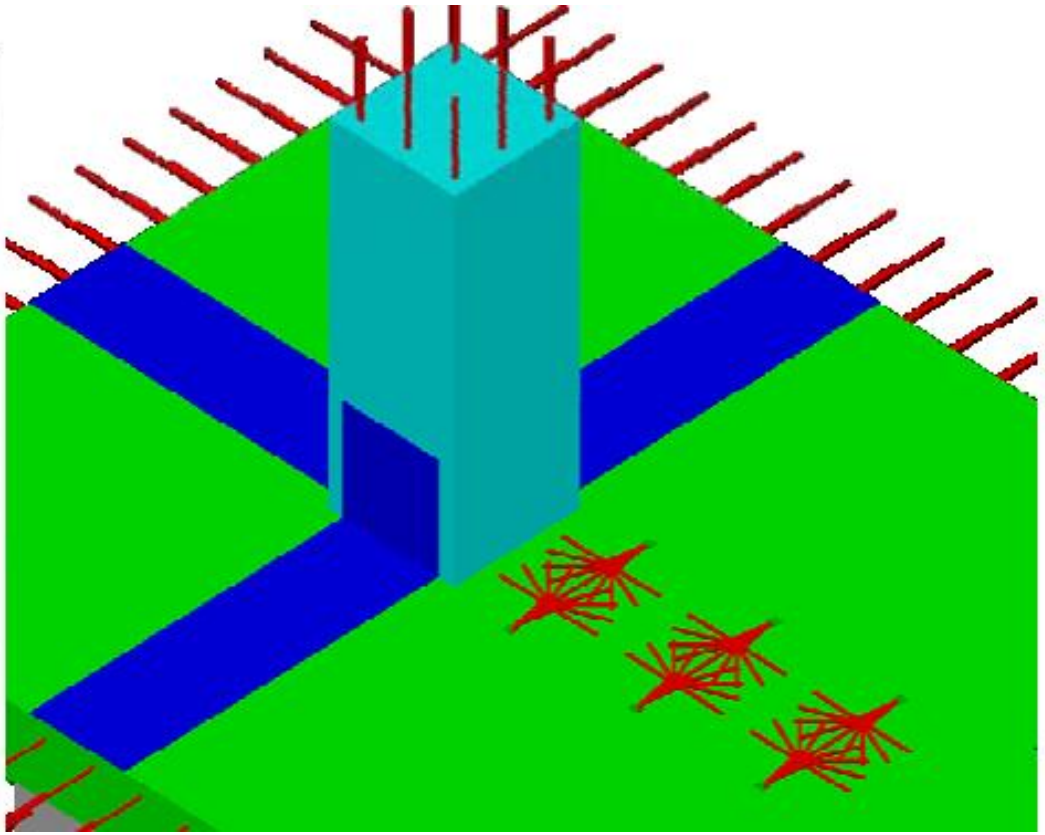
تقویت خمشی دال با نوارهای FRP در جهت اصلی

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



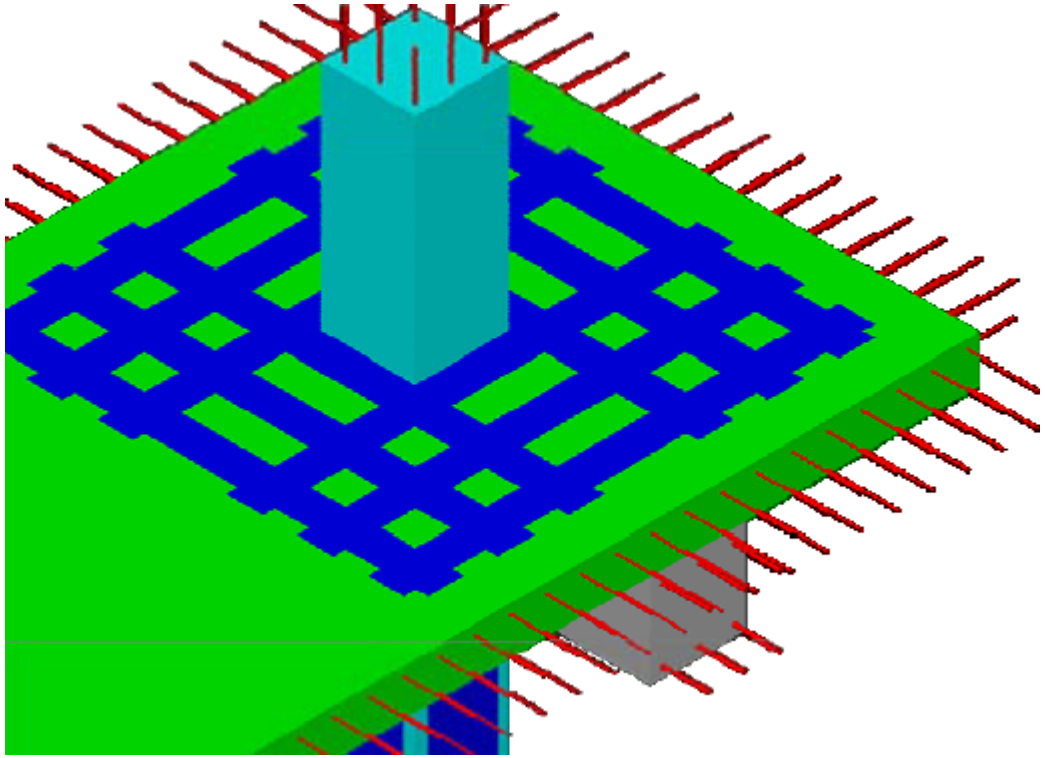
تقویت خمشی دال با نوارهای FRP در دو جهت

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



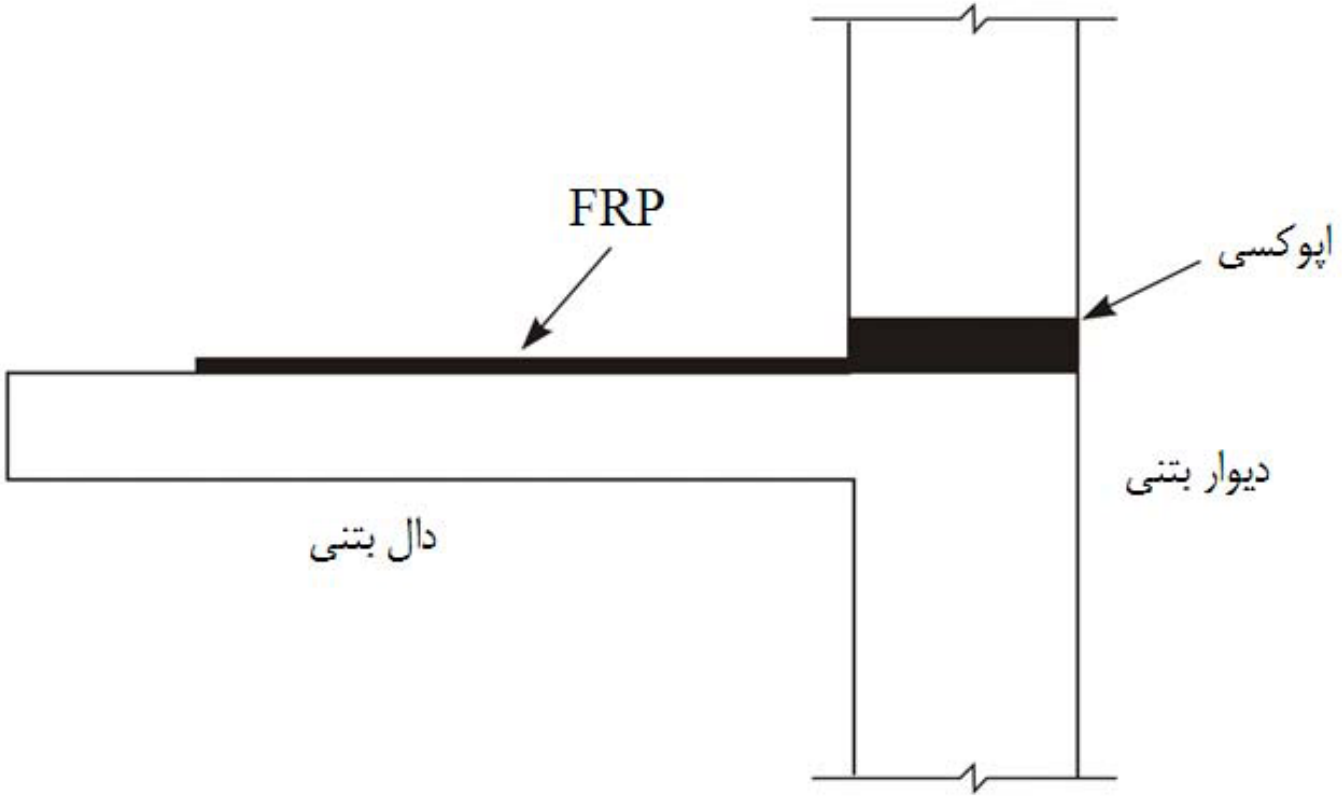
مقاوم سازی دال بوسیله FRP

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



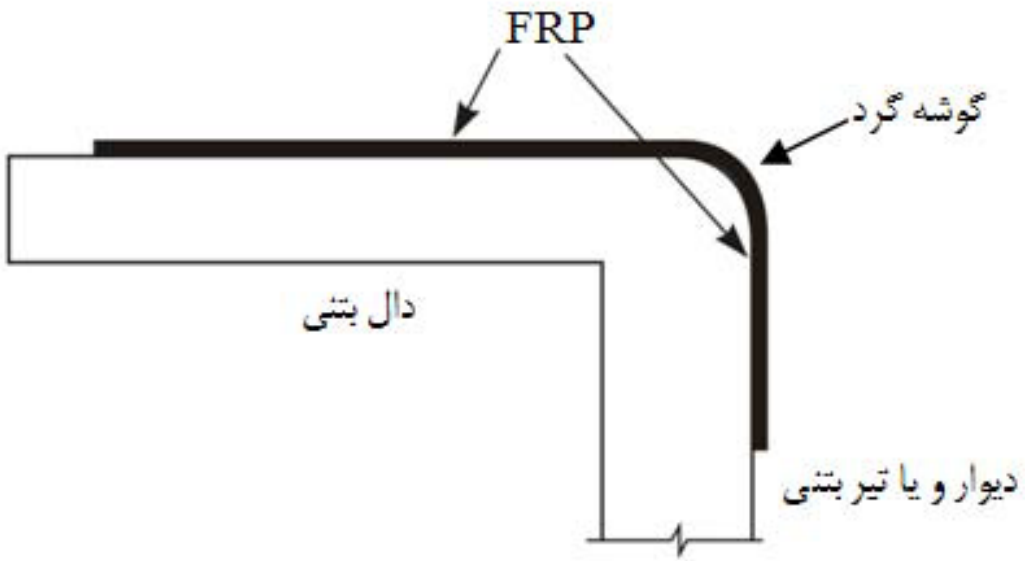
مقاوم سازی دال در لنگرهای منفی بوسیله FRP

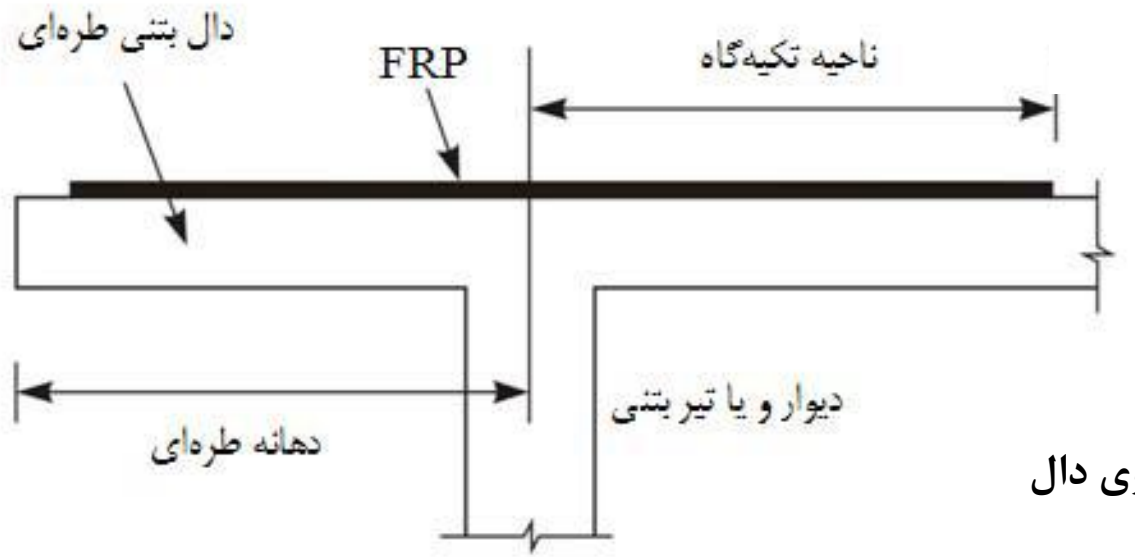
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



تأمین طول مهاري با امتداد FRP در داخل اتصال

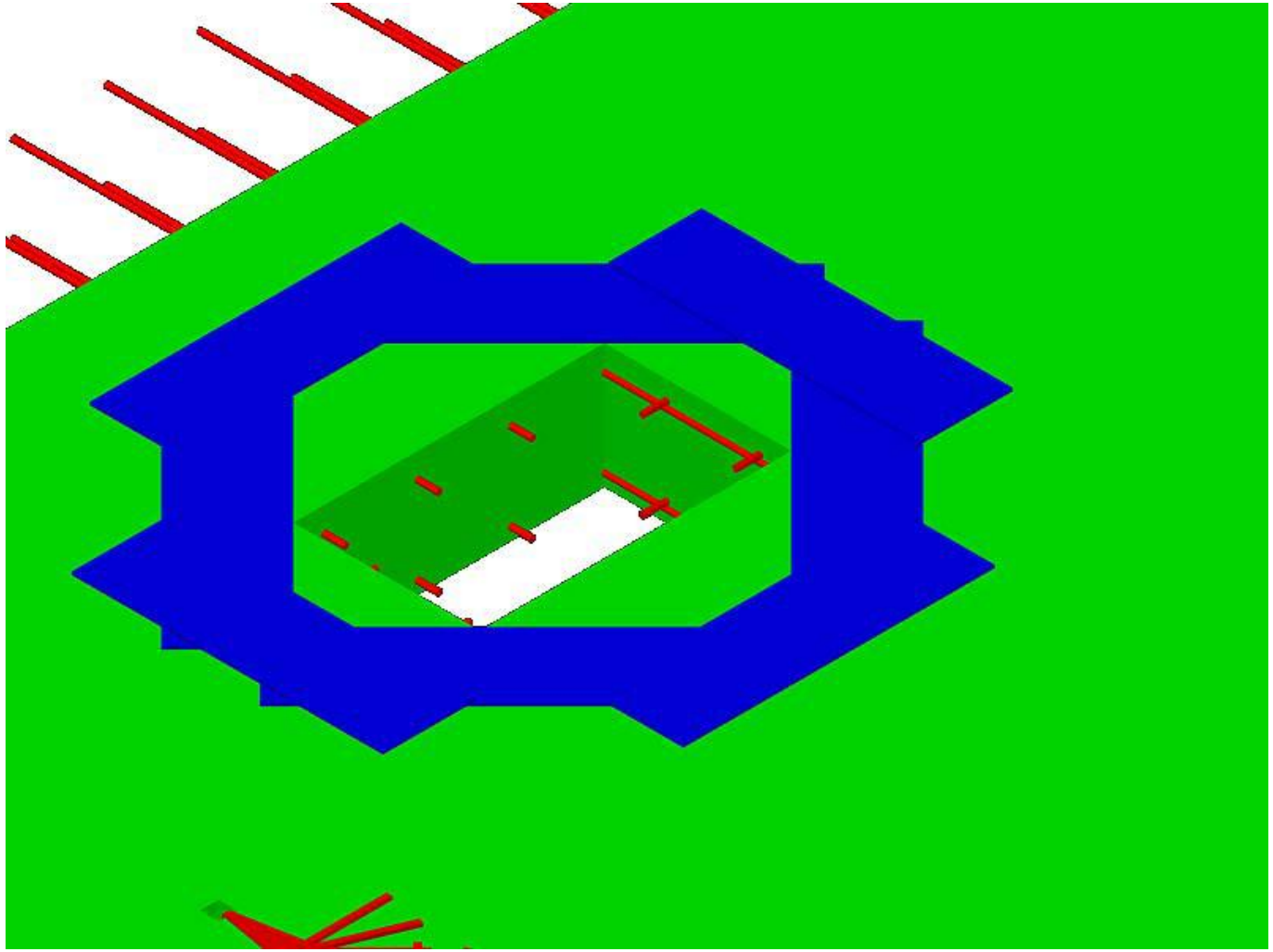
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا





سایر رو شهای تأمین طول مهاری با امتداد FRP روی دال

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



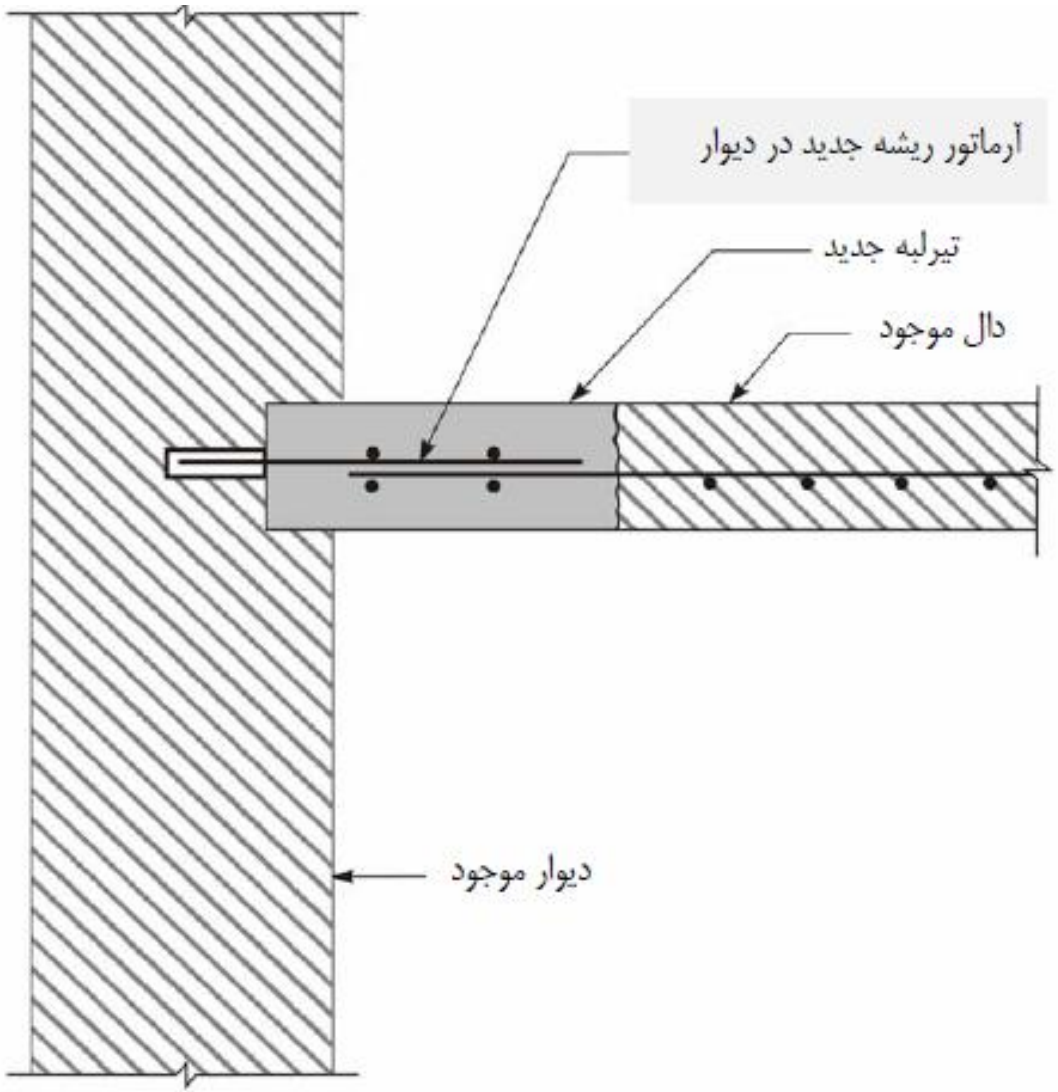
تقویت اطراف بازشوهاي دا ل با FRP

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

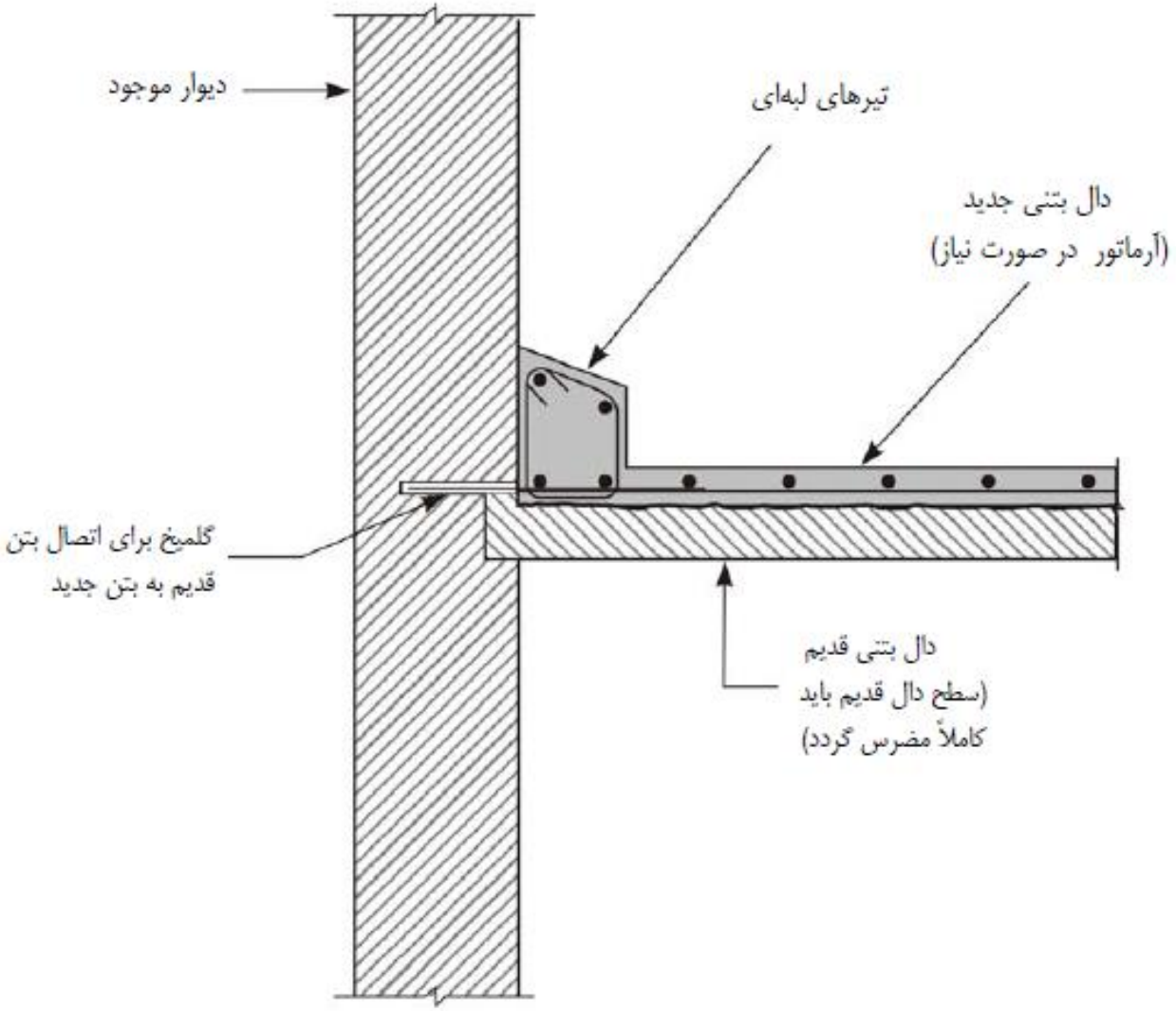
مقاوم سازی اتصال دال به دیوار برشی



بهسازی دال با اضافه کردن تیر لب های

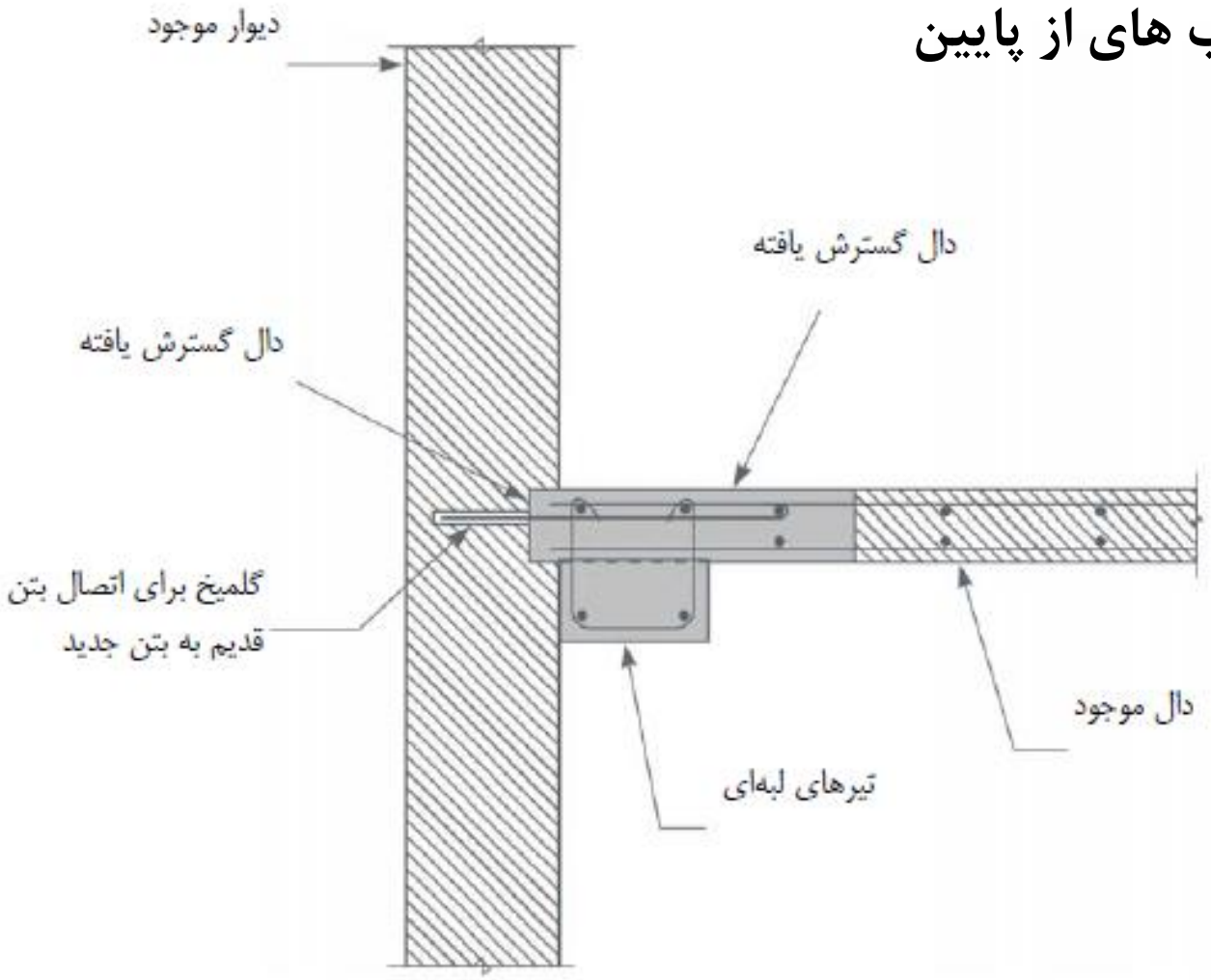
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

بهسازی دال با اضافه کردن تیر لب ها



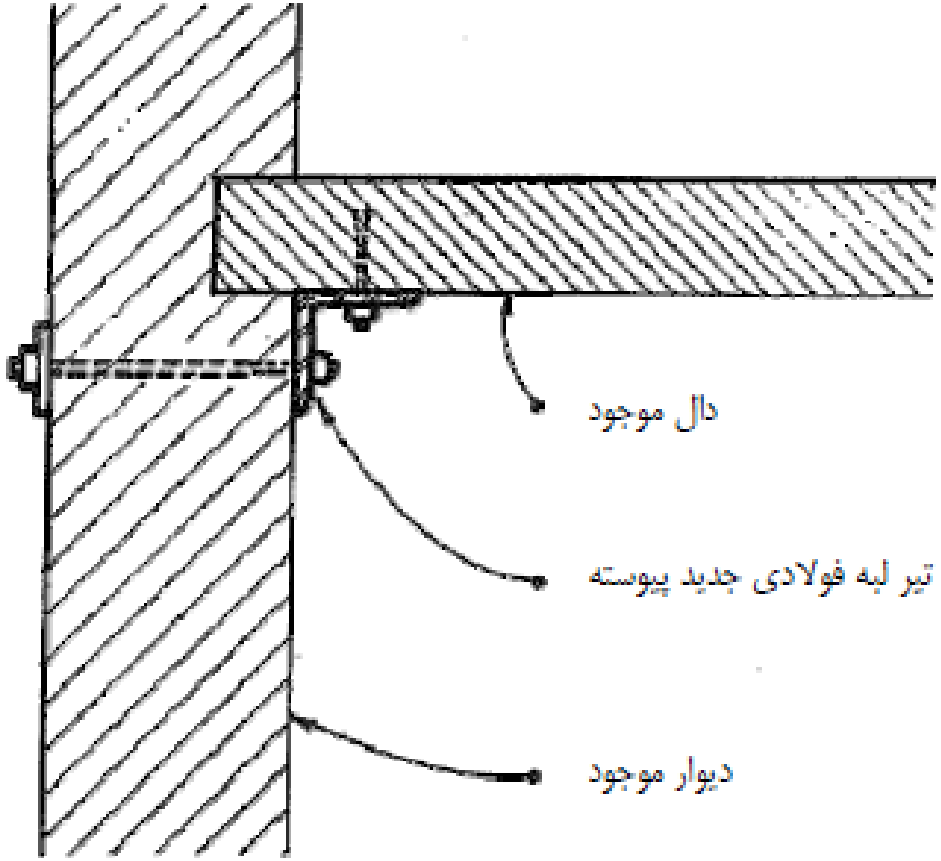
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

بهسازی دال با اضافه کردن تیر لب های از پایین

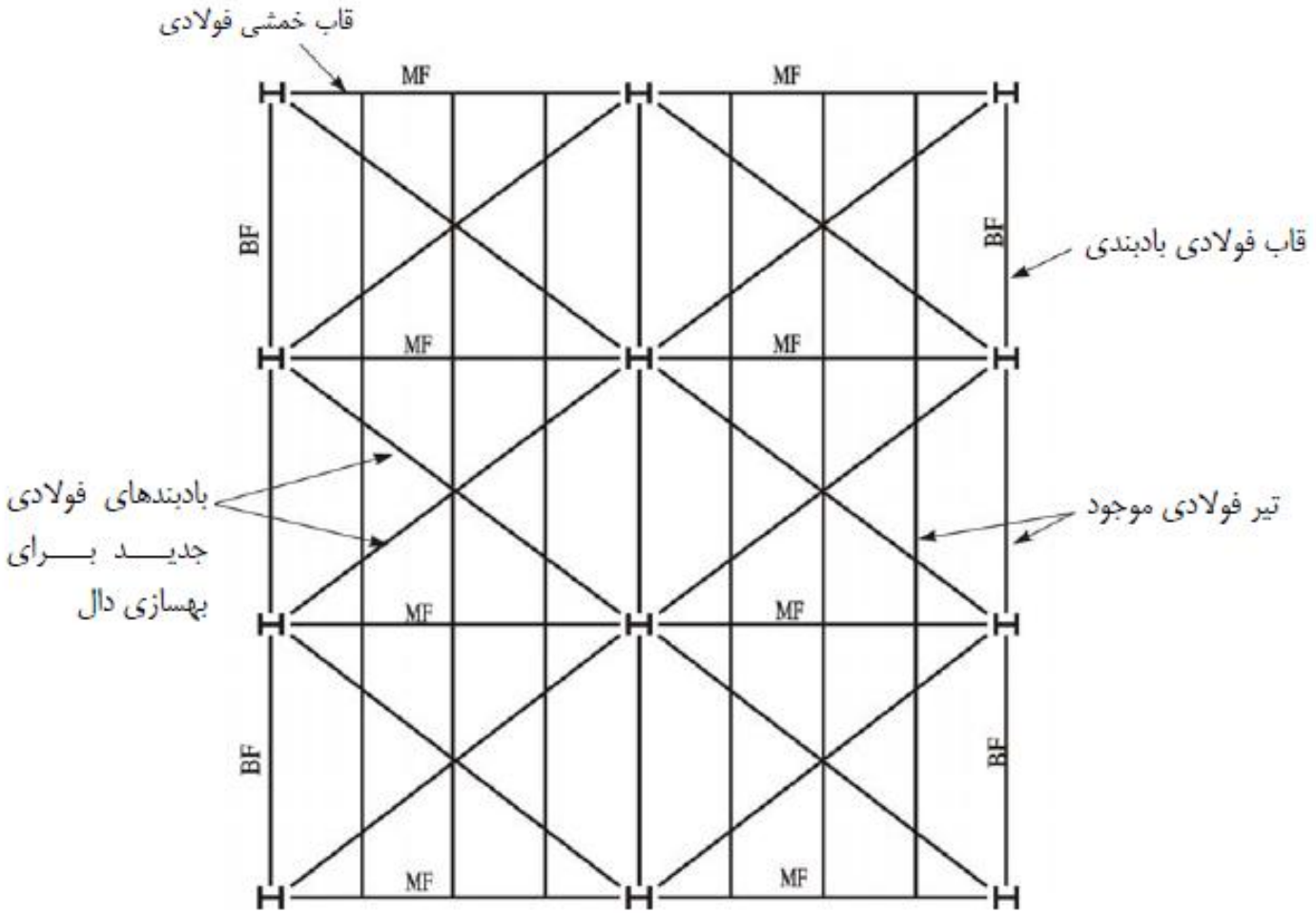


راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

بهسازی اتصال دال و دیوار پیش ساخته



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



بهبود عملکرد دیافراگمی دال

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای بهسازی تیرها

عوامل مؤثر در انتخاب طرح مقاوم سازی تیر

- میزان دسترسی به تیر در محل (دسترسی به کل محیط تیر)،
- وضعیت بارهای وارده (بارهای یکنواخت، بارهای متناوب و رفت و برگشتی)،
- میزان افزایش مقاومت برشی و خمشی مورد نیاز،
- دسترسی به انواع مصالح برای مقاوم سازی،
- ملاحظات اقتصادی

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکار های مقاوم سازی تیرهای بتن مسلح

شکست های برشی و خمشی، دو حالت عمده شکست در تیرهای بتن مسلح می باشند. شکست خمشی عموماً نسبت به شکست برشی، ارجح است زیرا رفتار شکل پذیرتری از خود نشان می دهد. شکست نرم امکان پخش مجدد تنش را فراهم می آورد و به کاربران و حاضران در محل نیز فرصت بیشتری برای پی بردن به وضعیت بحرانی تیر میدهد.

راهکارهای تقویت تیرهای بتن مسلح

-روکش بتن مسلح

-روکش فولادی

-روکشFRP

-پیشتنیدگی خارجی

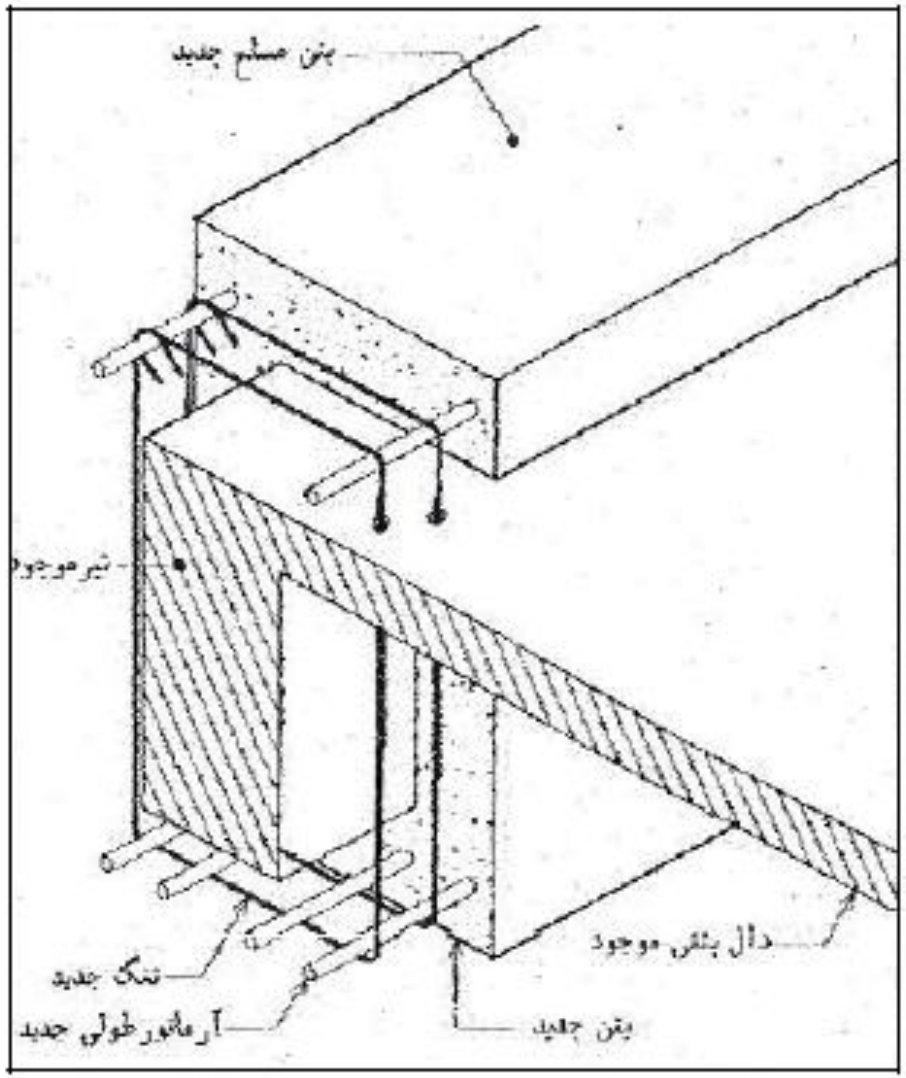
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

نمونه هايي از آسيب ديدگي تيرهاي بتني

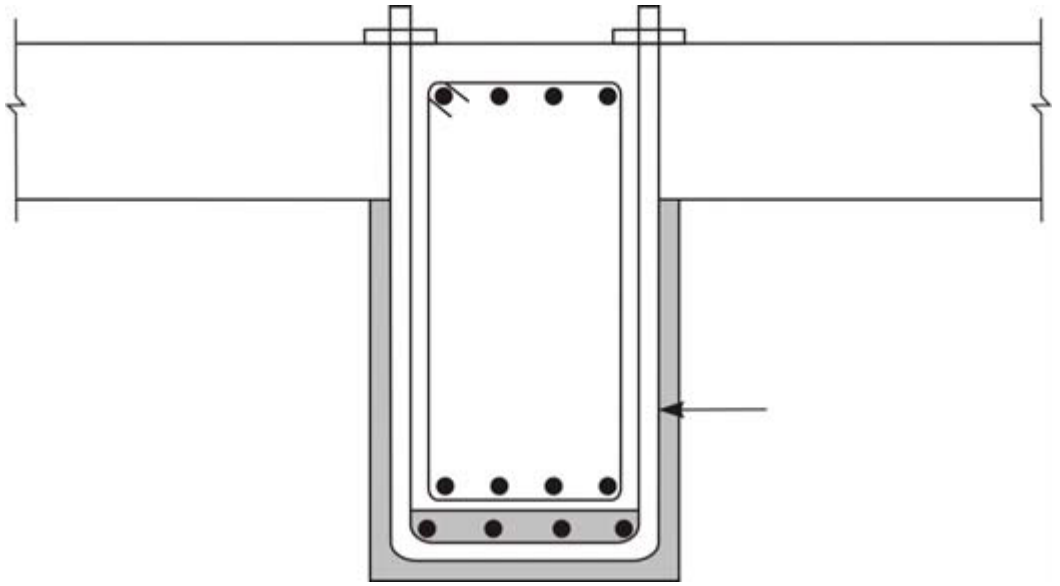
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

نمونه هایی از آسیب دیدگی تیرهای بتنی

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



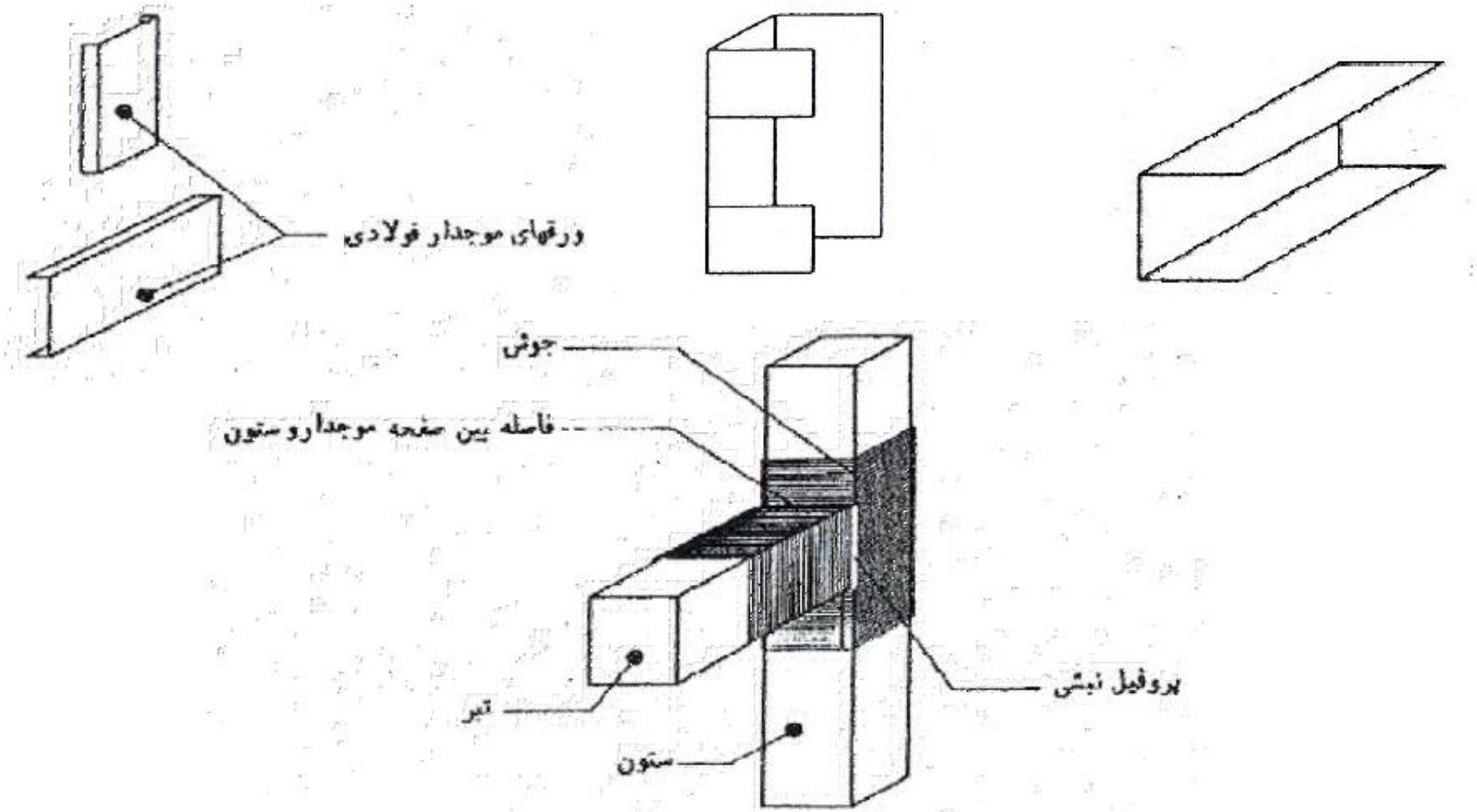
روکش بتن مسلح



اجراي روكش بتني براي افزايش مقاومت تيرهاي بتني

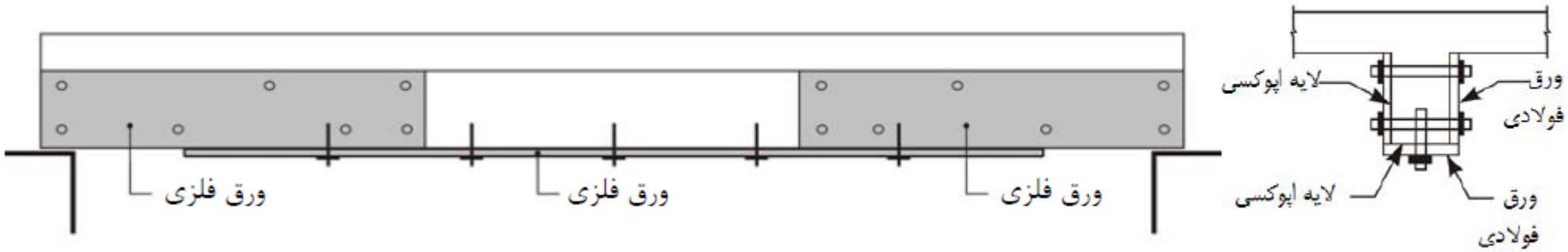
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

مقاوم سازی تیرهای بتن مسلح با روکش فولادی



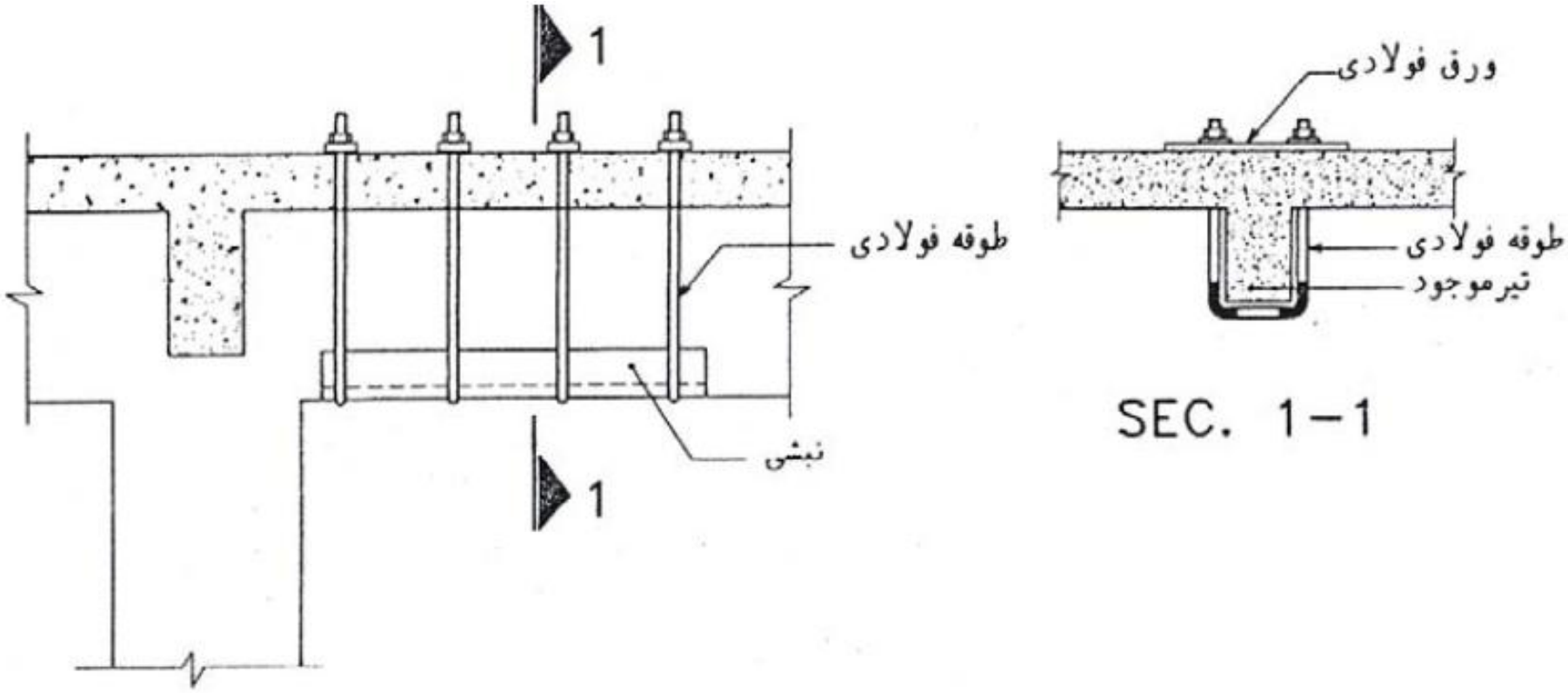
تقويت خمشي و برشي تيرها با چسباندن ورق هاي فولادي با ضخامت كم با چسب اپوكسي

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



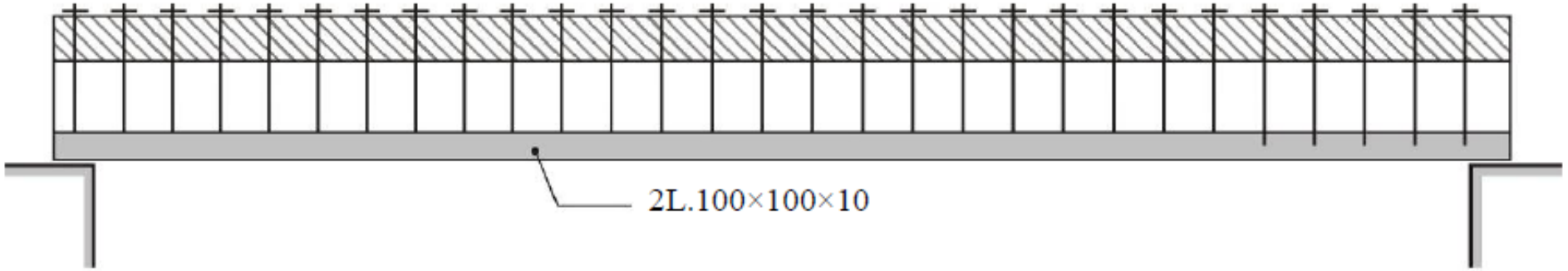
تقویت خمشی و برشی تیرها با ورق فولادی

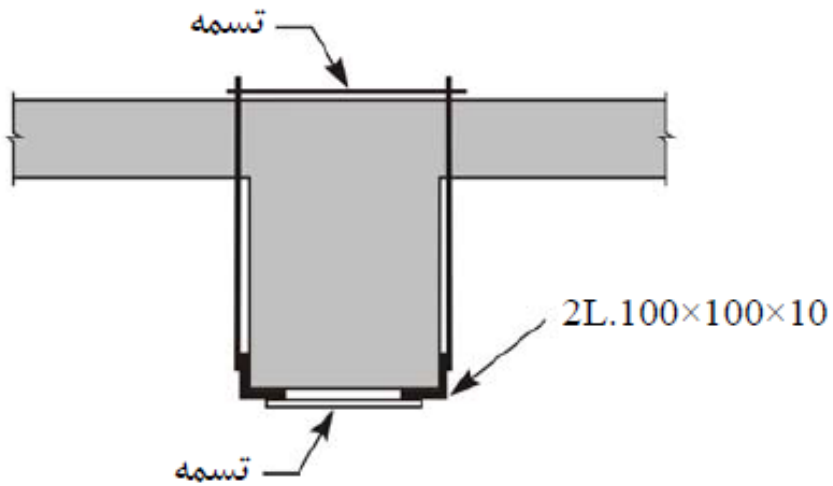
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



تقویت خمشی و برشی تیرها با قفس فولادی شامل نبشی و رکابی

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا





استفاده از نبشی و رکابی جهت تقویت تیر بتنی

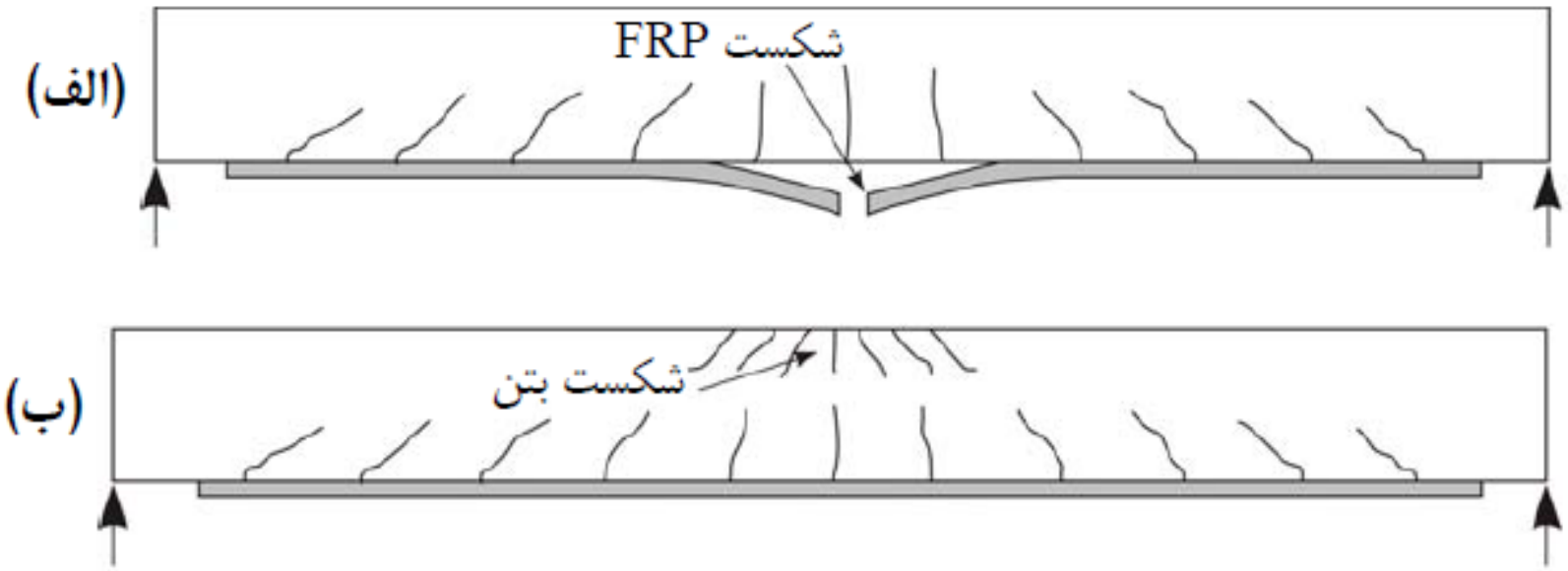
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

تقویت خمشی تیر با مصالح FRP

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

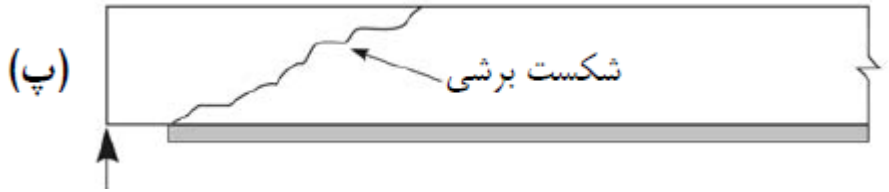
مودهای گسیختگی عضو بتن مسلح تقویت شده در خمش با تقویت کننده های

الف) شکست به علت گسیختگی FRP در اثر کشش ناشی از خمش
ب) شکست ترد به علت خرد شدن بتن فشاری تیر در اثر فشار ناشی از خمش در وجه فوقانی تیر

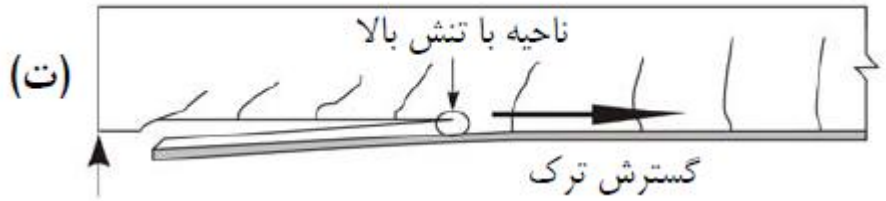


راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

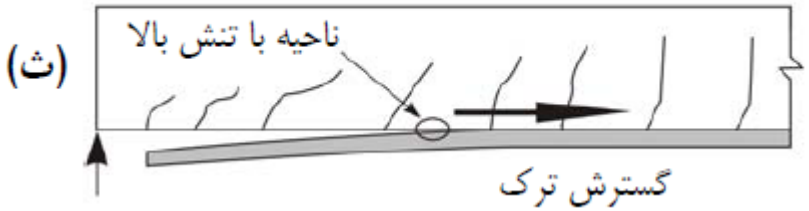
پ) شکست برشی



ت) جدا شدن پوشش بتن از تیر



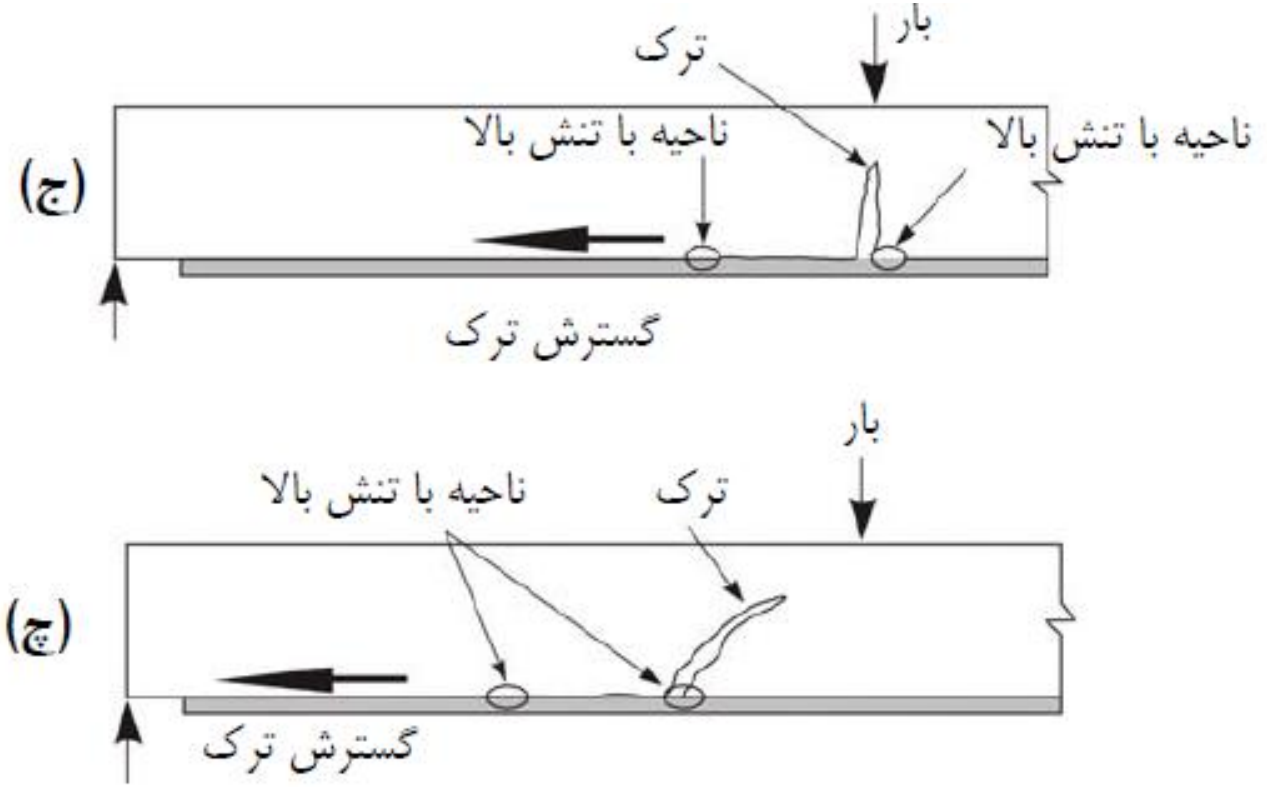
ث) از بین رفتن مقاومت برشی چسب و جدا شدن FRPاز چسب



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

ج) گسستن چسبندگی به صورت موضعی ناشی از بروز تر کهای خمشی در میانه دهانه تیر

چ) از بین رفتن موضعی چسبندگی در سطح تماس FRPو بتن در اثر بروز ترکهای مایل برشی در طول دهانه و انتشار این روند گسستگی.

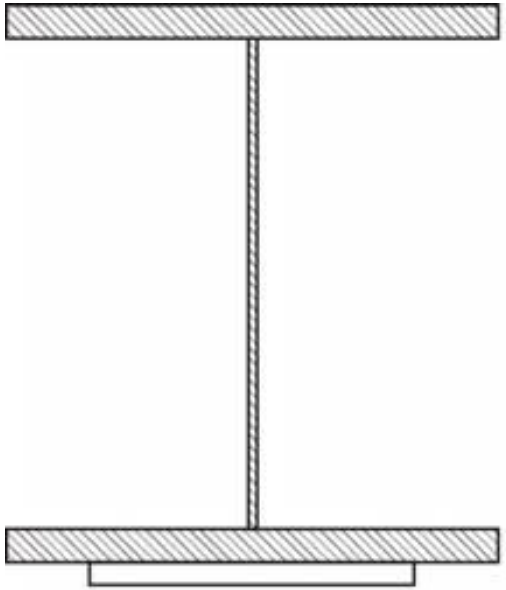


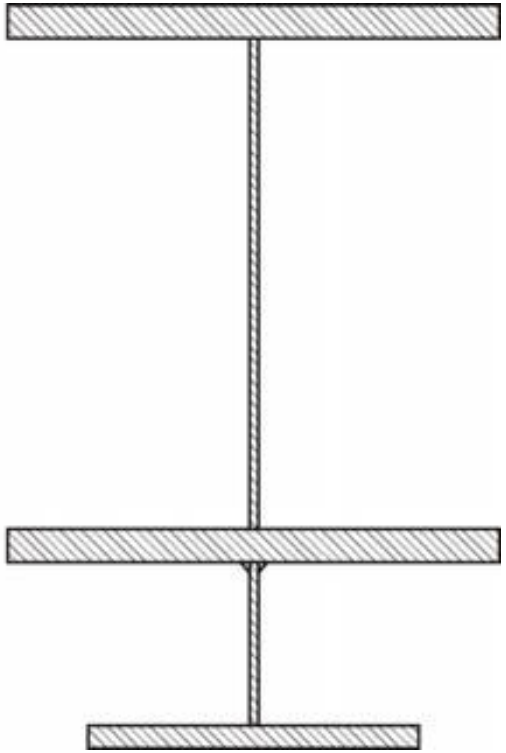
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

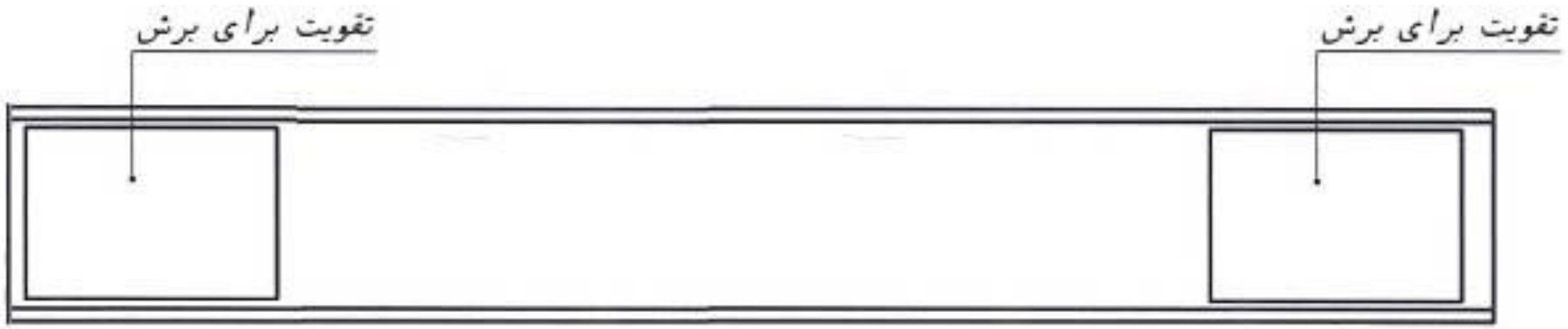
تیرهای فولادی

تقویت با روکش فولادی

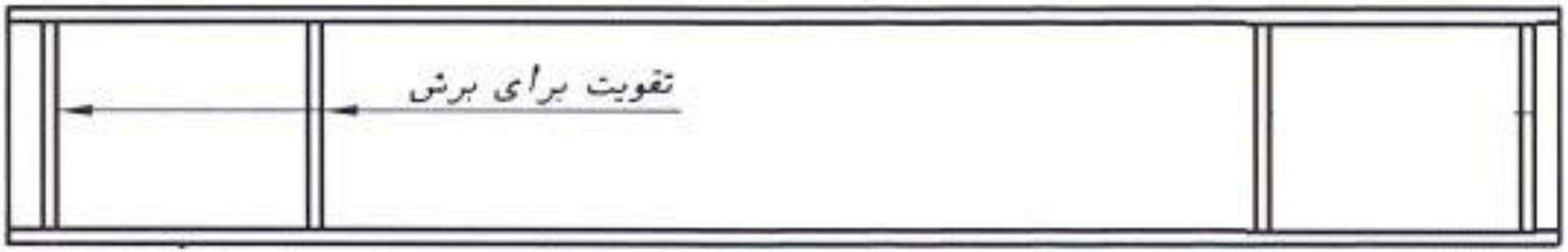




راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



اضافه نمودن ور ق به صورت موازی با جان تیر



اضافه نمودن ور قهای سخت کننده عرضی

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهكارهاي بهسازي ستون

نمون هاي از شكست برشي ستون

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

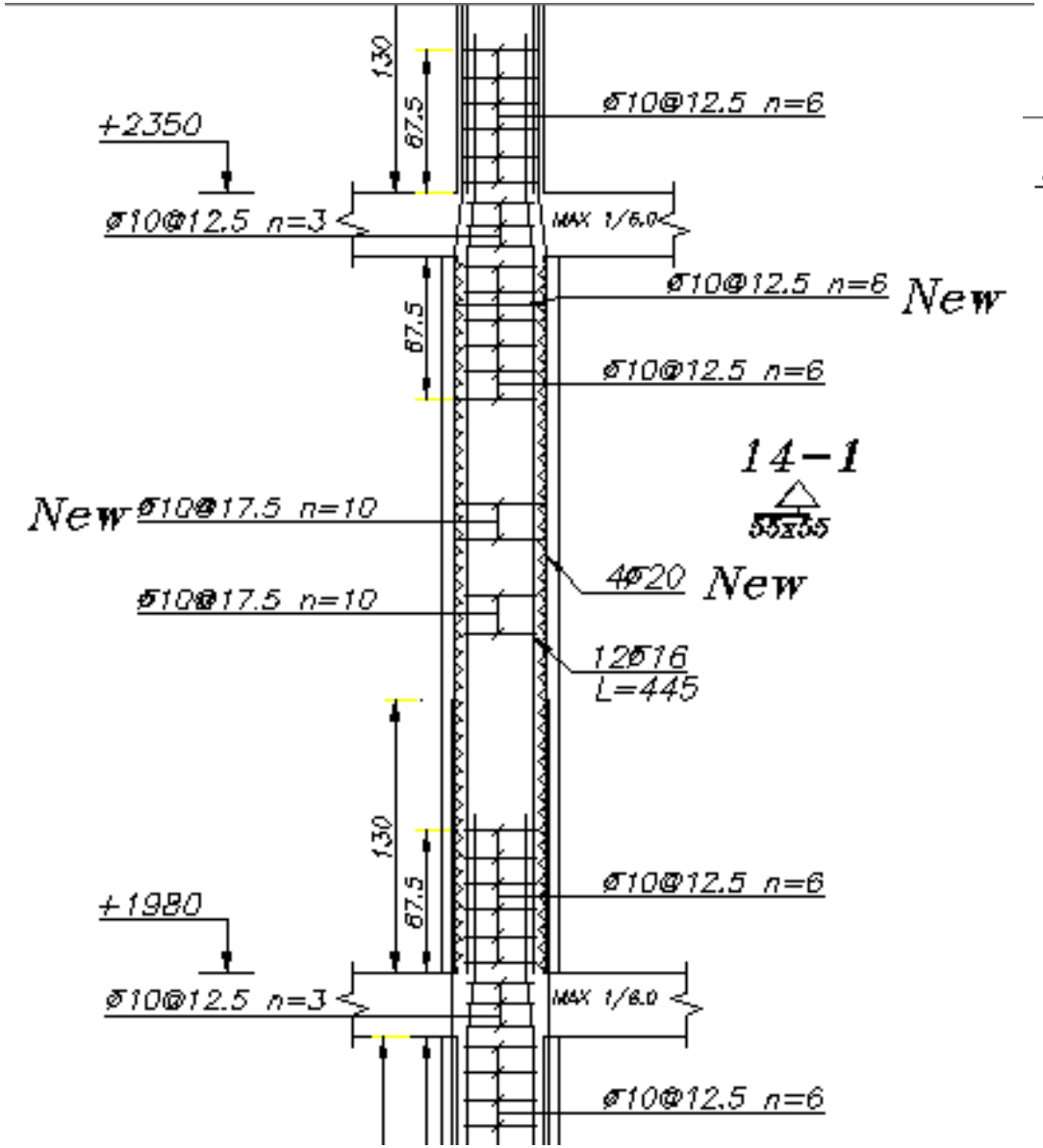
مکانیسم خرابي در عملکرد تير قوي – ستون ضعيف و ستون کوتاه

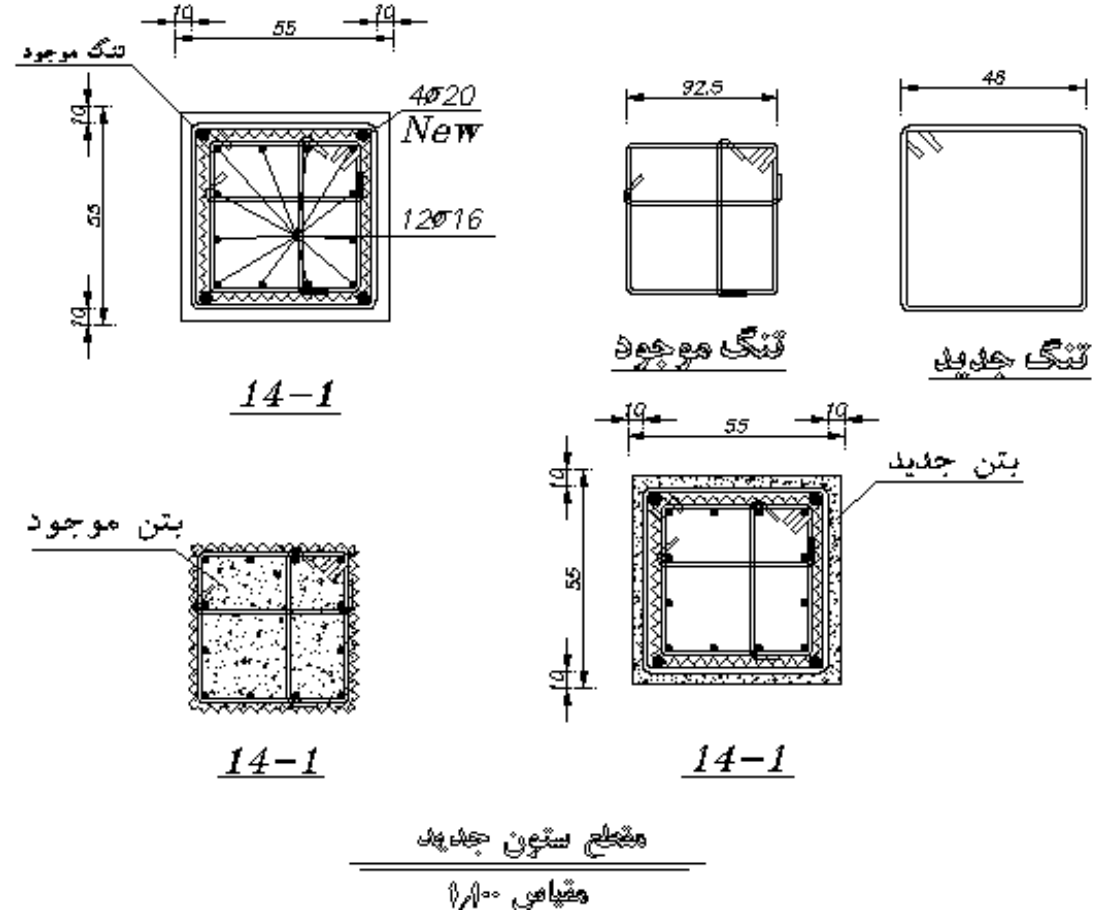
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

کمانش آرماتورهای طولی به علت عدم دورگیری مناسب آنها

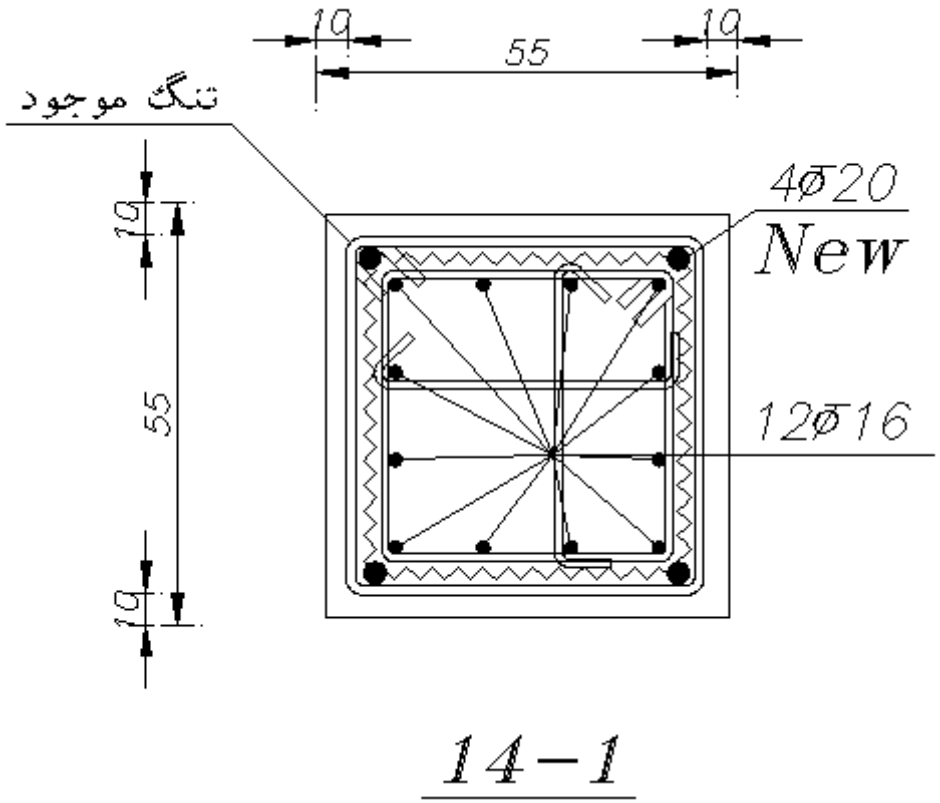
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

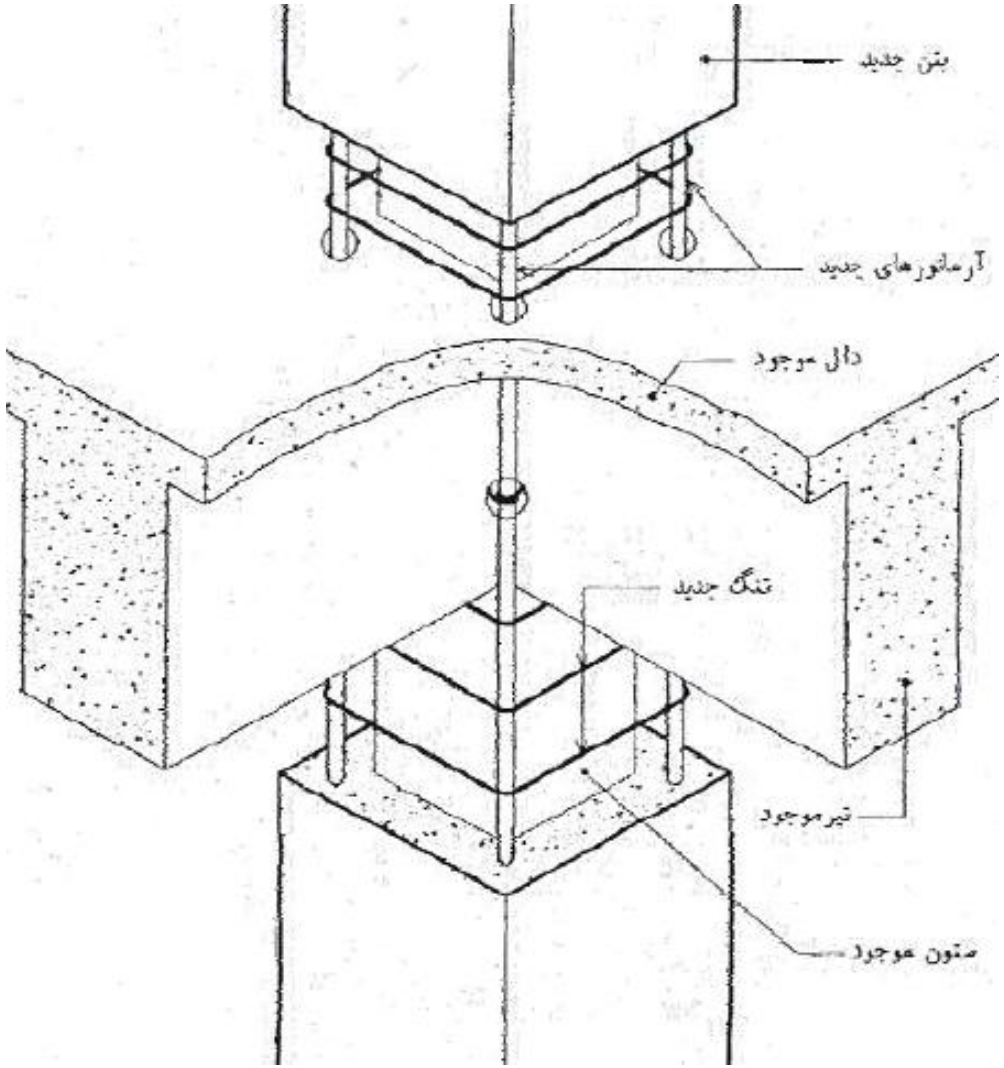
استفاده از روکش بتنی در تقویت ستون بتنی



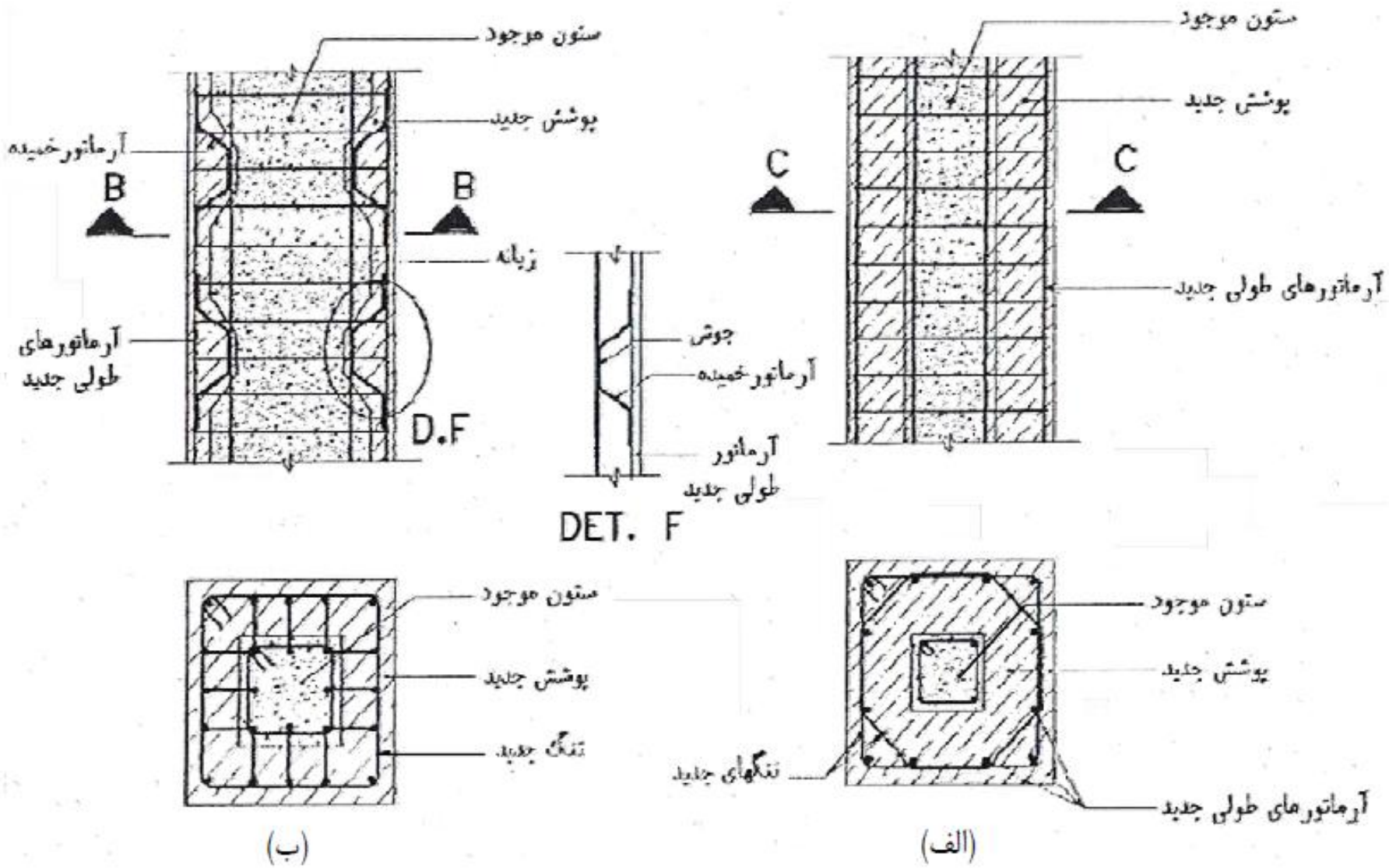


راهکارهای اصلاح موضعی اجزا





راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



نحوه ایجاد اتصال مناسب بین بتن جدید و قدیم

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

اجرای روکش بتنی بهتر است با قال ب و بتن خود تراکم اجرا گردد ولی اگر روکش بتنی ضخامت کمی داشته باشد، استفاده از روش بتن پاشی بهتر ا ز بتن ریزی می باشد

مقاومت فشاری بتن روکش حداقل ۵ MPaبیشتر از بتن موجود باشد.

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

❖برای ستو نهایی که به آرماتورهای طولی اضافی احتیاج ندارند، استفاده از چهار آرماتور طولی با قطر ۱۶ میلیمتر که با خاموتهایی به قطر ۸ میلیمتر محصور شده اند ضروری است.
❖حداقل ضخامت روکش بتنی ۱۰۰ میلیمتر می باشد.
❖حداقل قطر خاموتها ۸ میلیمتر و حداکثر آن ۱۴ میلیمتر می باشد. زاویه خم انتهای خاموت ها ۱۳۵ درجه م یباشد.
❖فاصله محور به محور خامو تها نباید از ۲۰۰ میلیمتر تجاوز نماید، لیکن ترجیحاً فاصله خاموت ها نباید از ضخامت روکش بیشتر شود. در فاصله ¼ ارتفاع ستون از بر تکیه گاه، فاصله خاموت ها نباید از ۱۰۰ میلیمتر بیشتر شود.
❖فاصله آرماتورهای متوالی افقی ستون نباید از هیچیک از مقادیر زیر بیشتر شود:
❖الف: ۱۲ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی اعم از اینکه منفرد باشد یا عضوی از گروه میلگردهای در تماس بشمارآید.
❖ب: ۴۸ برابر قطر میلگرد خامو تها
❖پ: کوچکترین بعد عضو فشاری
❖ت: ۲۵۰ میلیمتر

مثال روکش بتنی– ستون قاب خمشی تنها تحت بارهای ثقلی طراحی و ساخته شده است.

$$N_d = 1450\,KN$$
$$N_l = 860\ KN$$

طول آزاد ستون ۲/۶ متر و مقطع آن ۴۵×۴۵ سانتیمتر می‌باشد.

مشخصات مصالح آن نیز به شرح زیر می‌باشد.

$$f_c = 25\,MP_a$$
$$f_j = 400\,MP_a$$

از آنجا که ستون بر اساس آیین نامه های قدیمی تنها برای نیروهای ثقلی طرح شده بود، تصمیم گرفته شد که سازه برای نیروهای جانبی زلزله، تحلیل و تقویت گردد. با توجه به افزایش بار مرده طراحی به هنگام تقویت نتایج تحلیل برای ستون فوق بصورت زیر بدست آمد.

$$N_d = 1700\,KN$$
$$N_l = 860\ KN$$
$$N_E = 250\ KN$$
$$M_E = 220\ KN.m$$

مطلوب است طراحی اولیه ستون و سپس طراحی و تقویت آن در شرایطی که $k = 1.2$ می‌باشد.

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

آیین نامه مورد استفاده، آیین‌نامه آبا می‌باشد.

طراحی اولیه ستون:

۱- محاسبه بار ضریب‌دار:

$$N_u = 1.25D + 1.5L = 1.25 \times 1450 + 1.5 \times 860 = 3102.5\,KN$$

۲- کنترل لاغری:

$$K = 1.2, \qquad r = 0.3 \times 450 = 135mm$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 2600}{135} = 23.1$$

تقریباً می‌توان گفت که ستون لاغر نیست.

۳- طراحی آرماتور:

از آنجا که ستون تنها تحت بار محوریست:

$$N_{r\max} = 0.8\left[0.85\phi_c f_c (A_g - A_{st}) + \phi_s f_y A_{st}\right]$$

$$3102.5 \times 10^3 = 0.8\left[0.85 \times 0.6 \times 25(450 \times 450 - A_{st}) + 0.85 \times 400 A_{st}\right]$$

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

$A_{st} = 3961 mm^2$

$USE\ 8\varphi 25\ ,\ A_s = 8 \times 491 = 3928 mm^2$

۴- انتخاب قطر و فواصل خاموت‌ها:

حداقل قطر آرماتور $= \frac{1}{3} \times 25 = 8.33 \geq 8$

از خاموت نمره ۱۰ استفاده می‌شود.

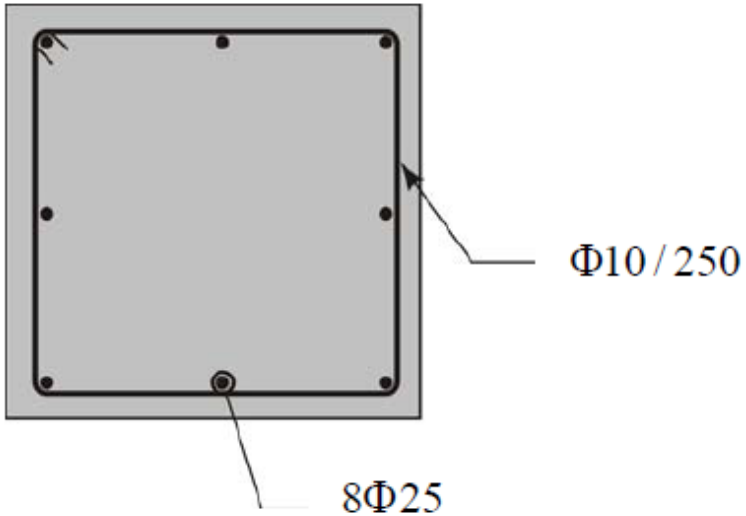
حداکثر فاصله خاموت ها: $12 \times 25 = 300\ mm$

$48 \times 10 = 480 mm$

بعد ستون $= 450 mm$

حداکثر $= 300 mm$

فاصله خاموت‌ها 250 میلیمتر انتخاب می‌شود. آرایش میلگردها به صورت زیر خواهد بود.



شکل مثال ۲-۵-۱-الف

تقویت ستون برای نیروهای جانبی زلزله:

استفاده از روکش بتنی

مقاومت روکش بتنی باید حداقل 5MPa بیشتر از بتن موجود باشد.

بتن روکش $= f_c = 25 + 5 = 30MPa$

۱- بار محوری ضریبدار:

$$N_u = D + 1.2L + 1.2E = 1700 + 1.2 \times 860 + 1.2 \times 250 = 3032\ KN$$

$$M_u = 0 + 0 + 1.2 \times 220 = 264\ KN.m$$

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

تقویت ستون برای نیروهای جانبی زلزله:

استفاده از روکش بتنی

مقاومت روکش بتنی باید حداقل 5MPa بیشتر از بتن موجود باشد.

بتن روکش $= f_c = 25 + 5 = 30MPa$

۱- بار محوری ضریبدار:

$$N_u = D + 1.2L + 1.2E = 1700 + 1.2 \times 860 + 1.2 \times 250 = 3032\ KN$$

$$M_u = 0 + 0 + 1.2 \times 220 = 264\ KN.m$$

مقطع اولیه ستون هنوز جوابگوی نیروی فوق می‌باشد.

$$N_u = 3032 \leq N_{r\max} = 3102.5\ KN$$

ضخامت روکش بتنی را ۱۰۰ mm در نظر می‌گیریم.

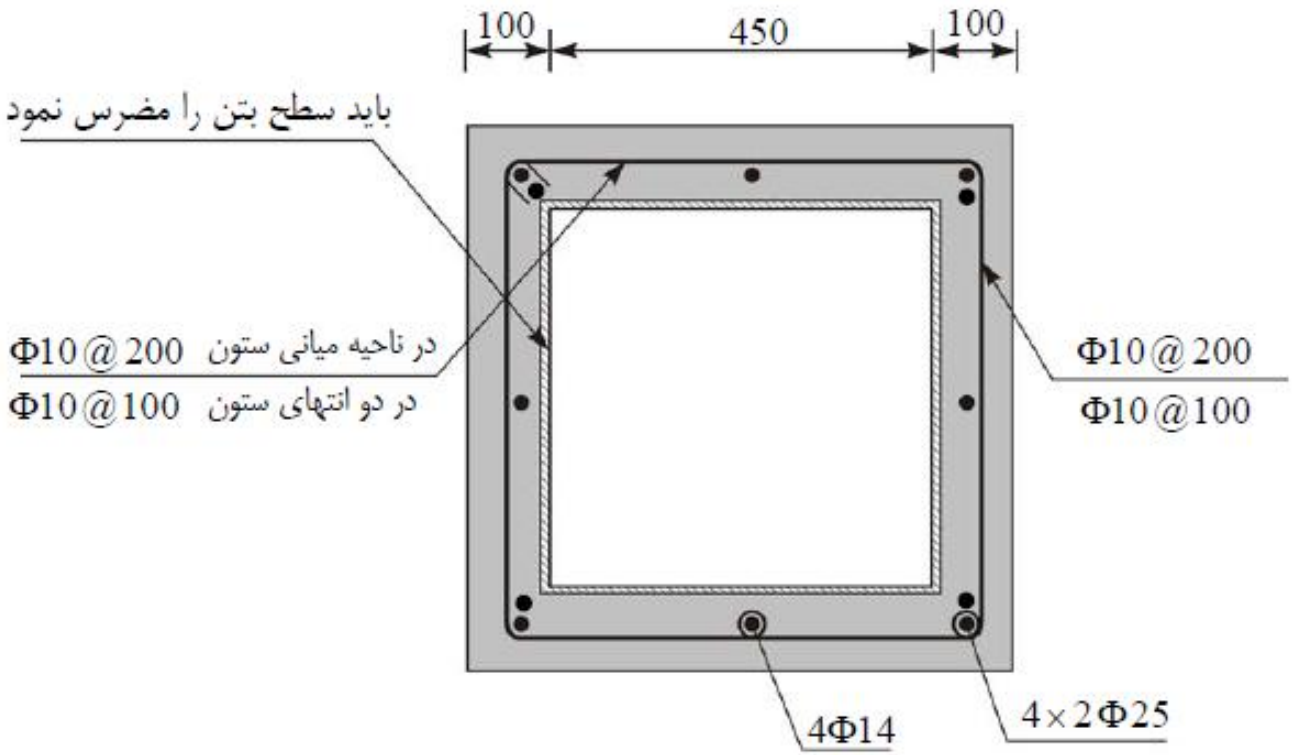
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

سطح مقطع میلگردها با رابطه اهرم بدست می‌آید.

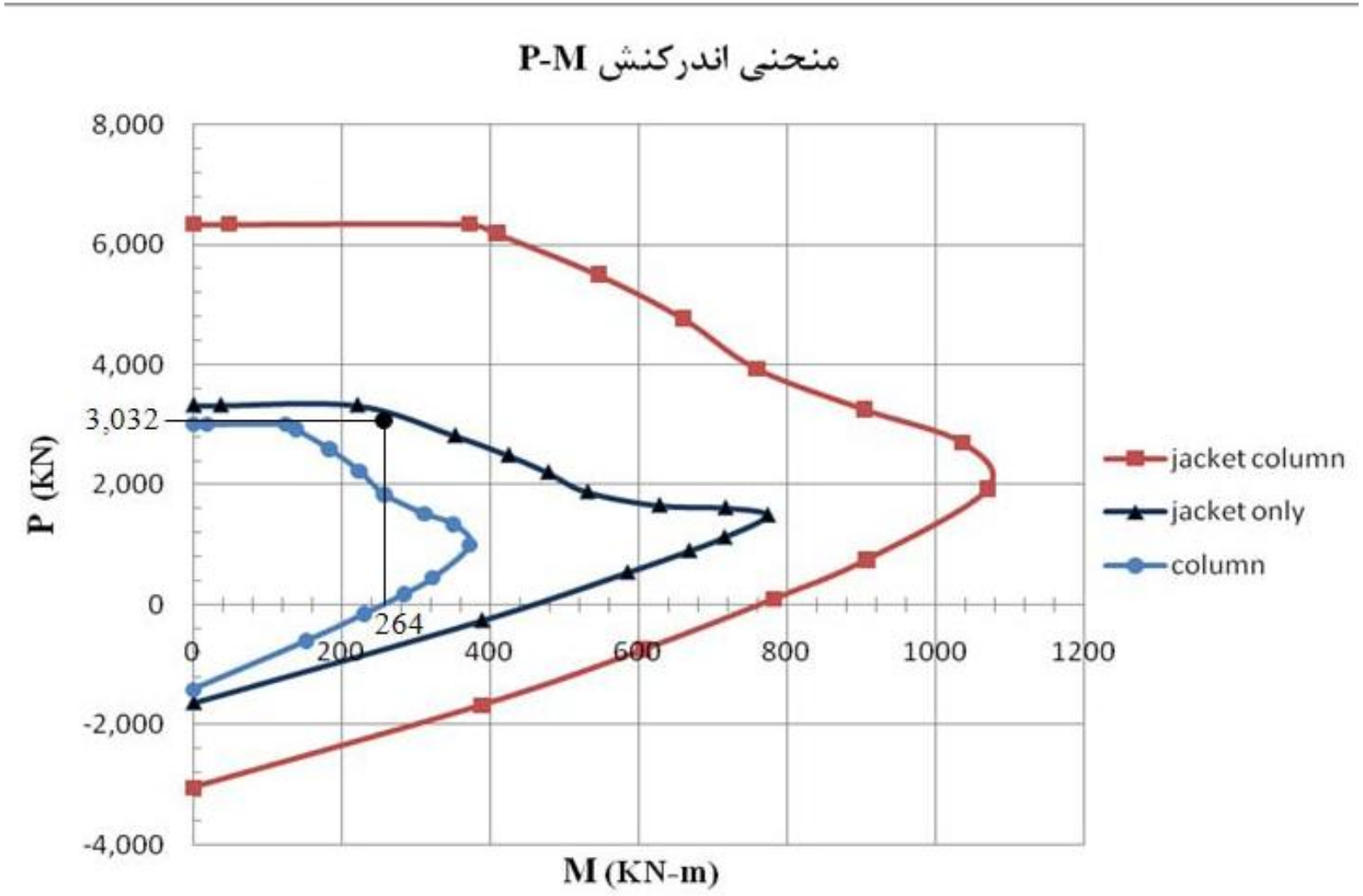
$$A_s = \frac{264\times10^6}{0.85\times400\times550} = 1412\,mm^2$$

$$USE\,4\phi25\ ,\ A_s = 4\times491 = 1960mm^2$$

آرایش میلگردها مطابق شکل انتخاب می‌گردد.



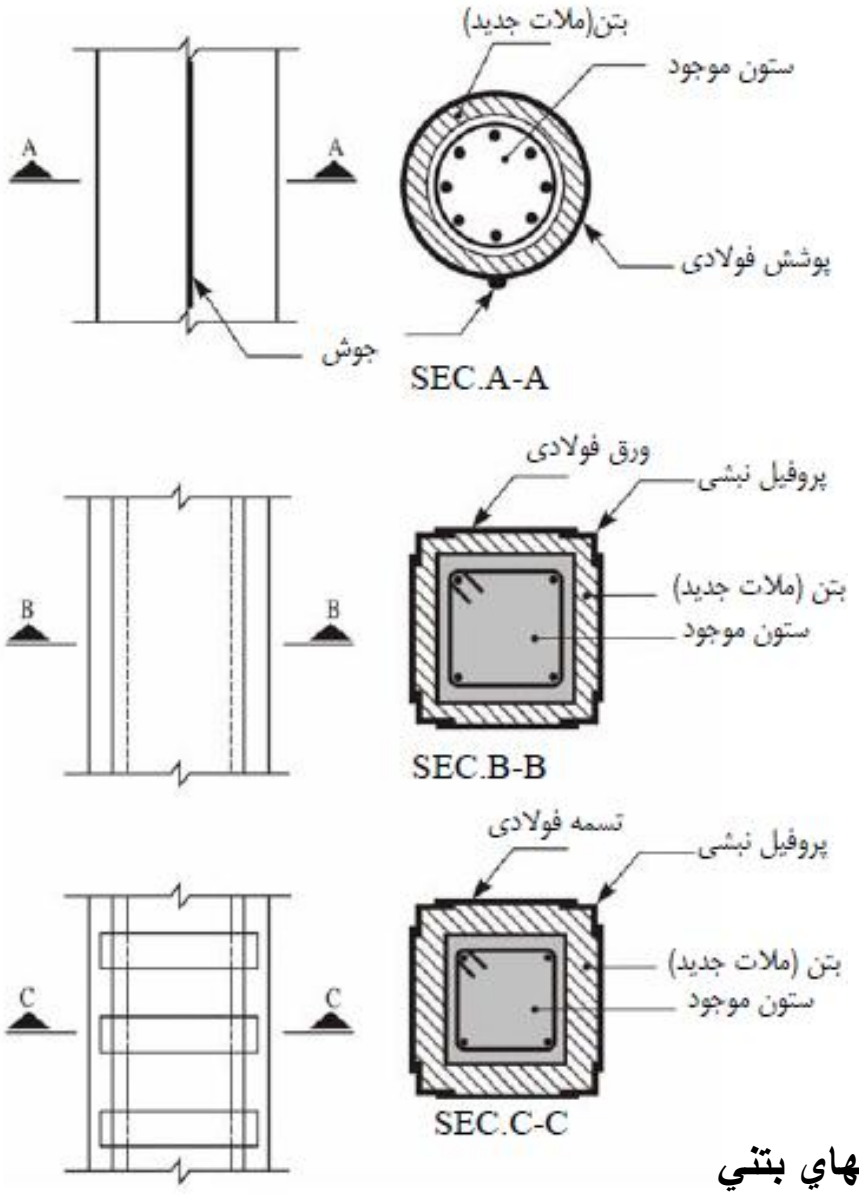
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

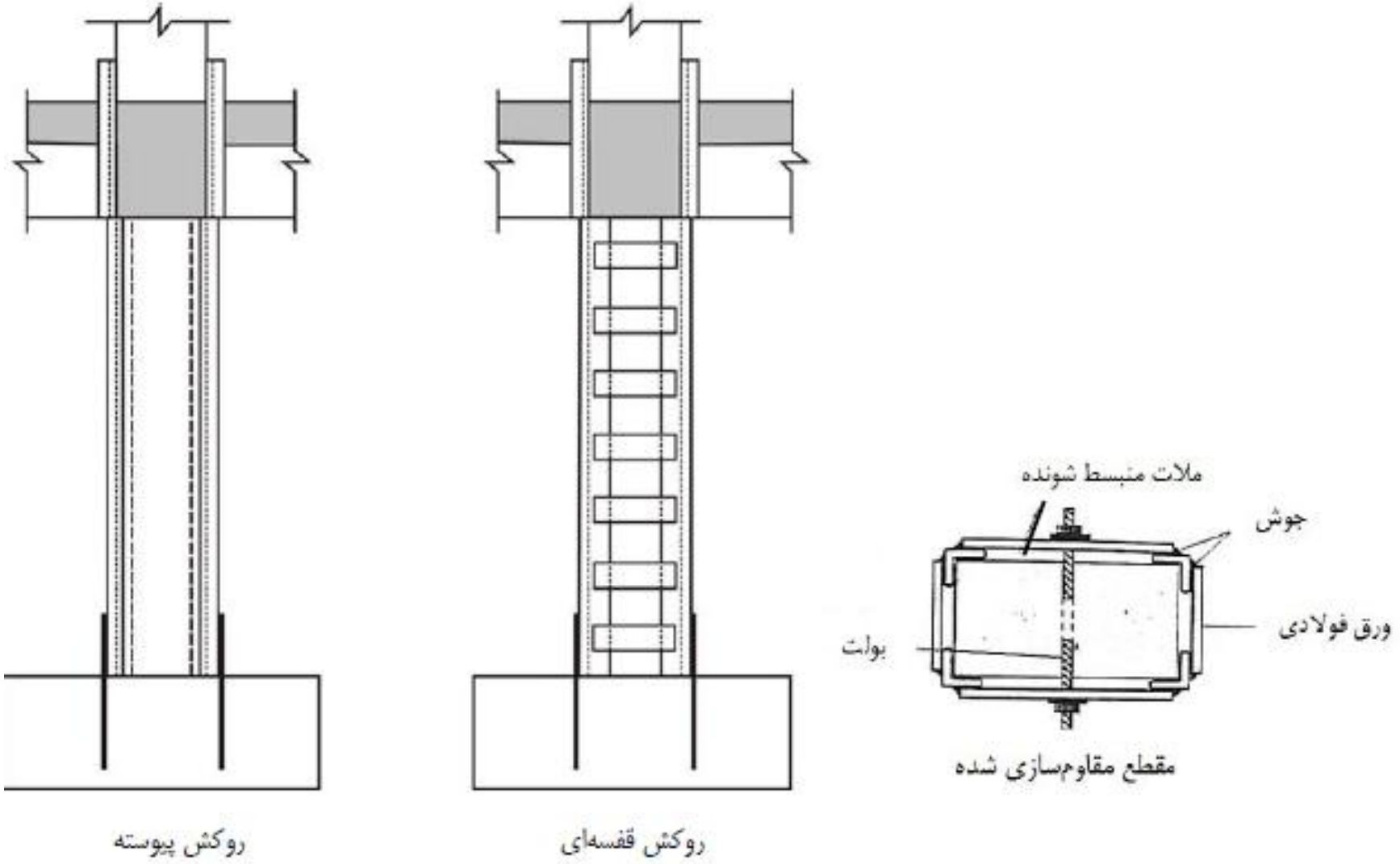
روکش فولادي

محصور نمودن ستون هاي بتني با پوشش فولادي (روکش فولادي) از ديگر روش هاي بهسازي لرزه اي ستون هاي بتني مي باشد. در اين روش، افزايش ناچيزي در ابعاد و وزن ستون بوجود مي آيد.



استفاده از روکش فولادي در بهسازي ستونهاي بتني

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

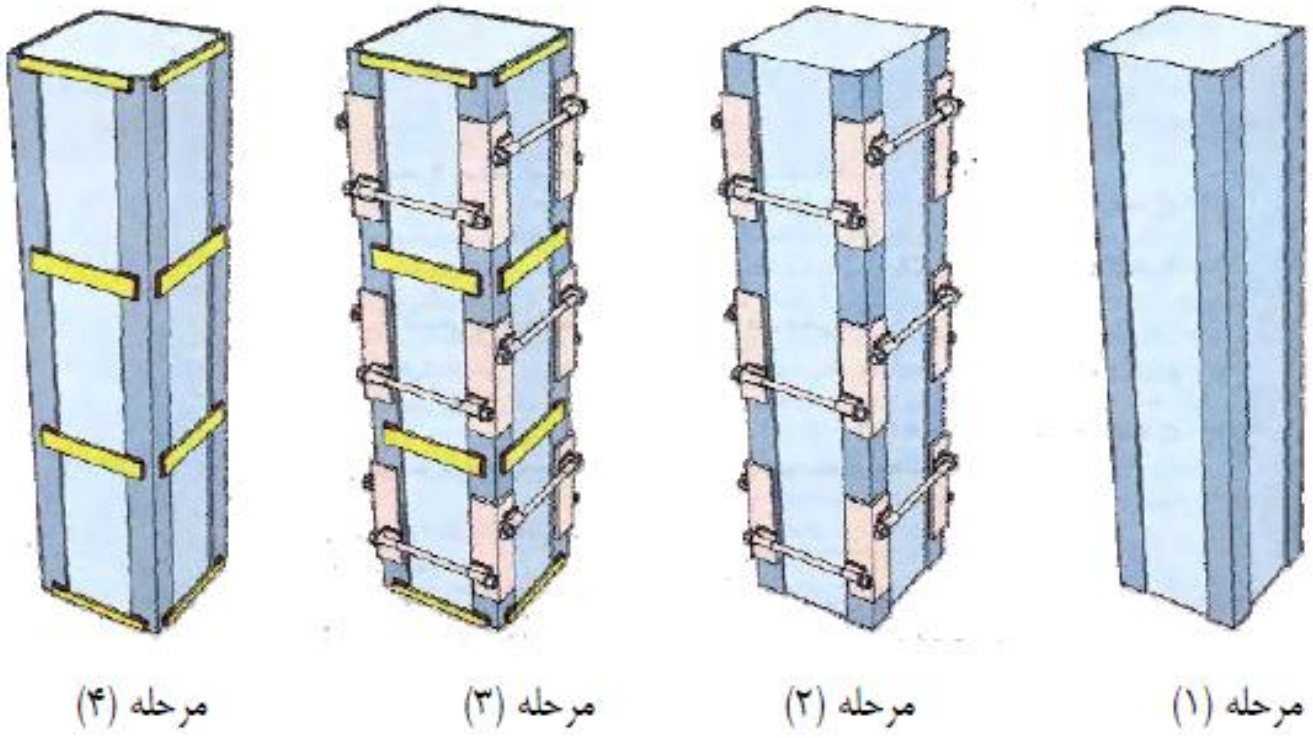


انواع روکش فولادی جهت افزایش مقاومت برشی ستون

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

نمون هاي از روكش فولادي جهت افزايش مقاومت خمشي ستون

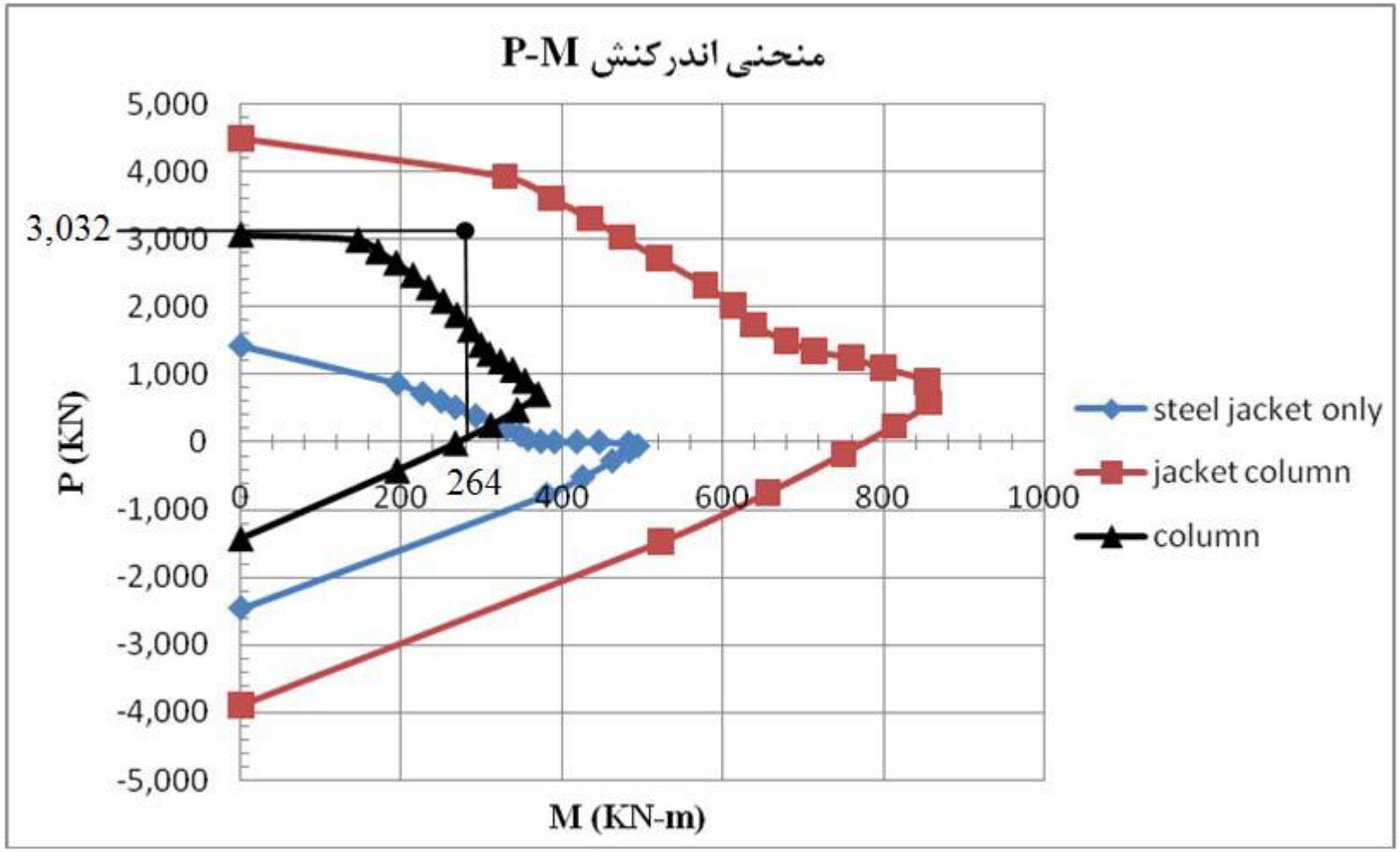
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



مراحل اجراي روكش قفسه اي به روش پيش فشردن

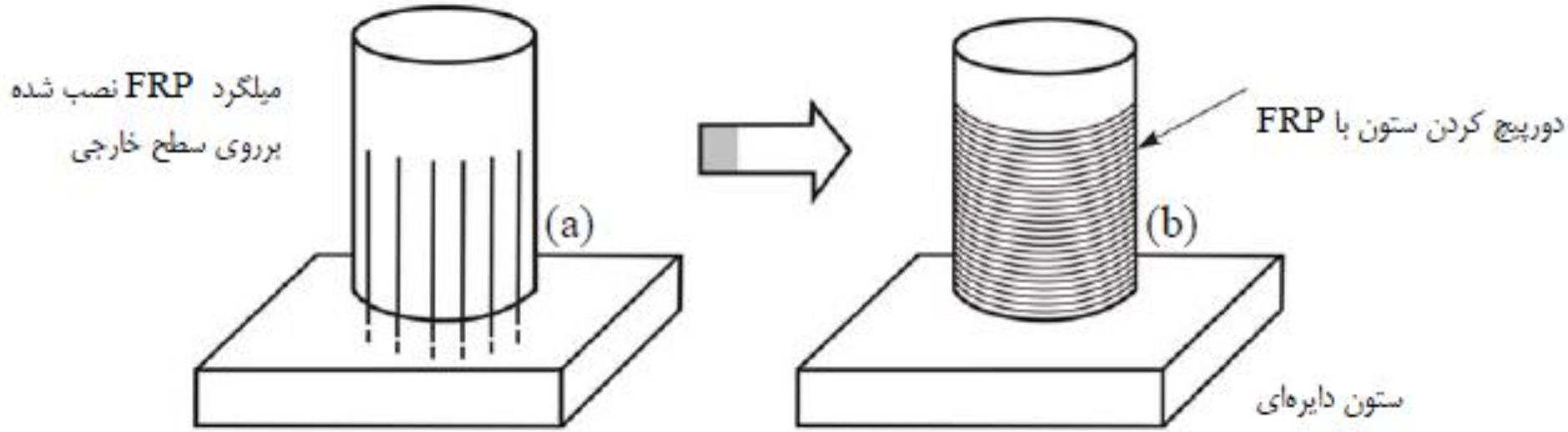
۱- قرار دادن نبشي ها در گوشه ستون
۲- قرار دادن گيره هايي به فواصل مناسب روي نبشي ها و اعمال نيروي فشاري
۳- جوش دادن تسمه هاي اتصال روي نبش يهاي گوشه ستون در فواصل تعيين شده
۴- باز كردن گير ههاي.

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

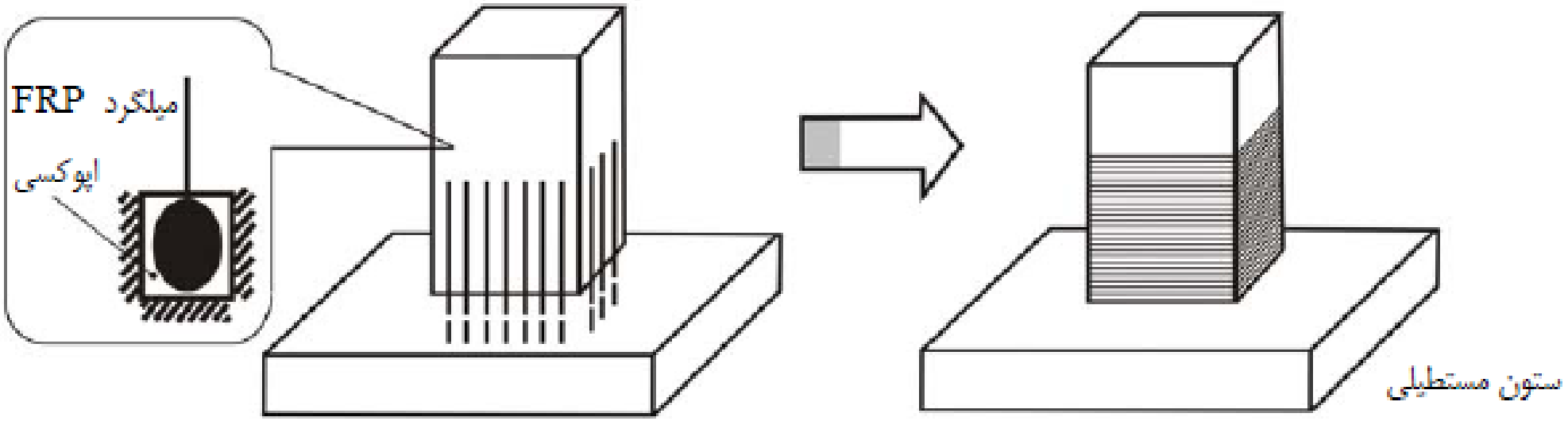


منحني اندركنش P-M ستون، قبل ازمقاومسازي، ستون تقويت شده با روكش فولادي و روكش فولادي تنها

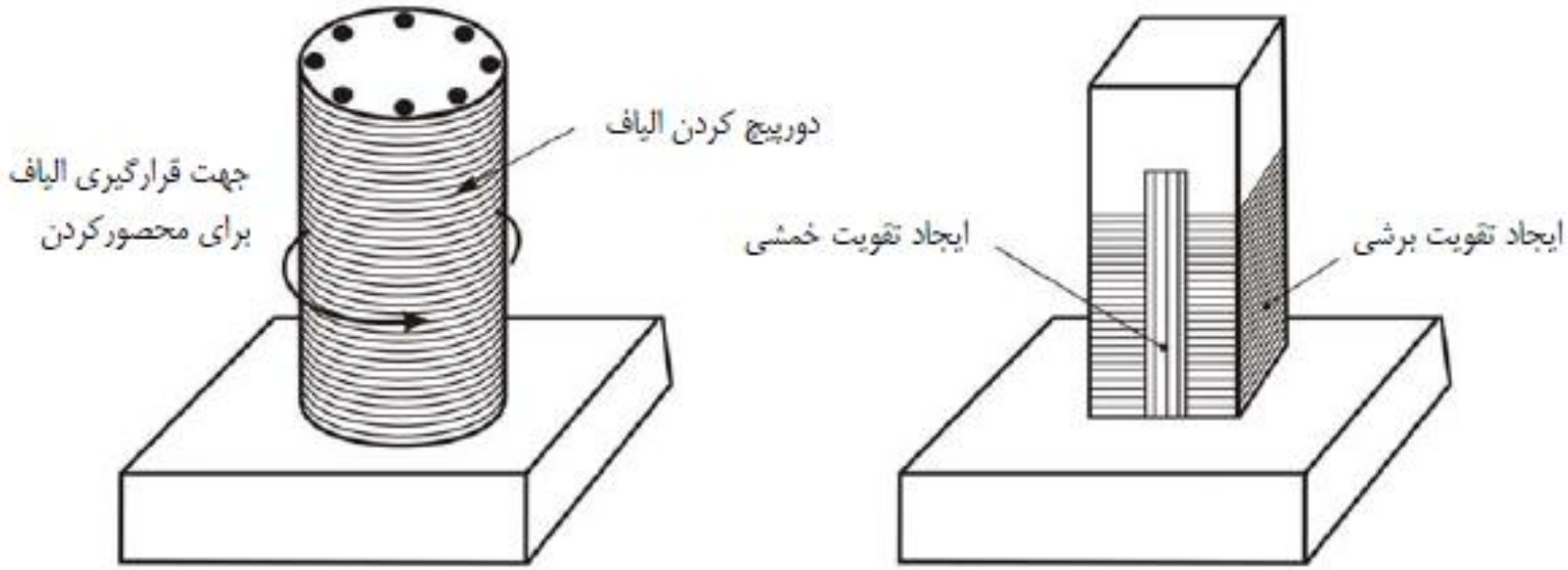
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

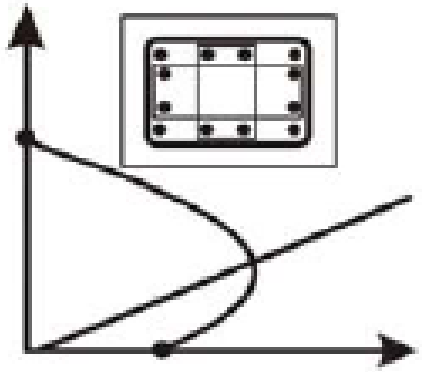


راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

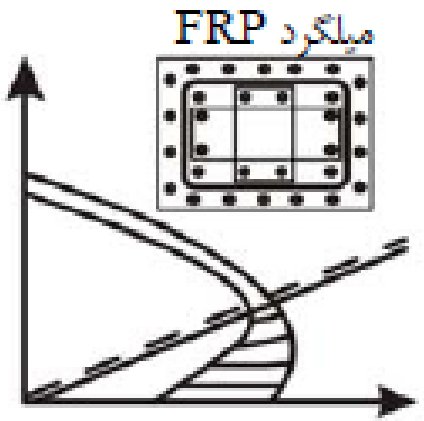


راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

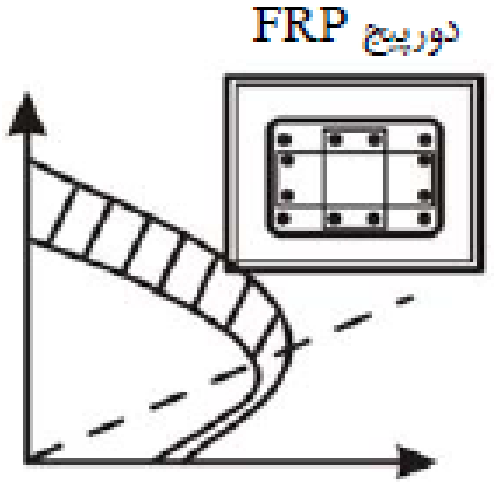
منحنی اندرکنش ستون با مصالح FRP



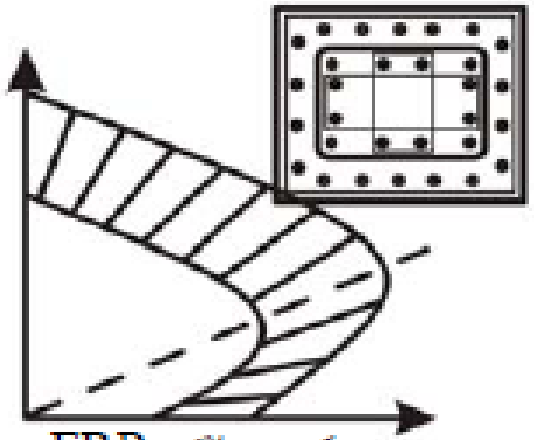
دیاگرام P-M قبل از تقویت



دیاگرام P-M بعد از نصب میلگرد FRP



بعد از نصب دورپیچ کامپوزیتی



ترکیب میلگرد FRP و دورپیچ کامپوزیتی

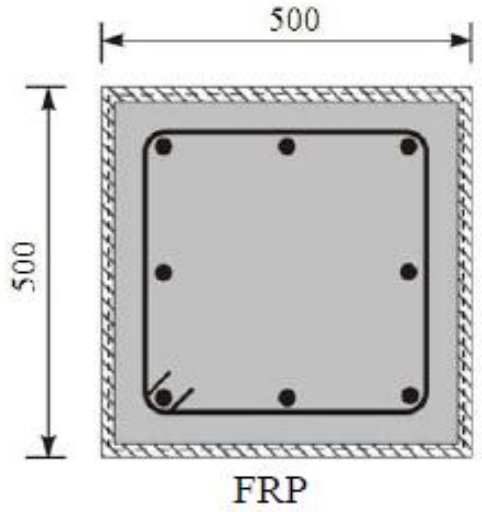
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

مطلوبست تقویت فشاری ستون بتن مسلح با مقطع مربع و مشخصات زیر با الیاف FRP.

مشخصات مقطع:

$\ell_u = 3000\,mm, b = 500mm, h = 500\,mm$

$A_g = 250000\,mm^2$



فولاد:

$f_y = 400\,MPa$

$A_{st} = 2500\,mm^2$

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

بتن:

$$f_c = 30\,MPa$$

بارگذاری:

$$N_D = 1300\,KN$$
$$N_L = 1450\,KN$$

$$N_U = 1.25N_D + 1.5N_L = 3800KN$$

قبل از محصورشدگی بتن : $N_{r\max} = 0.8[0.85\varphi_c f_c (A_g - A_{st}) + \varphi_s f_y . A_{st}]$

$$N_{r\max} = 3530\,KN < 3800KN$$

پس تقویت ستون برای افزایش مقاومت محوری لازم است.

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

:FRP

الیاف GFRP (شیشه- اپوکسی) و شرایط محیطی ملایم

$$f_{frpu} = 2400\,MPa\,, t_{frp} = 0.36mm\,,$$

$$\phi_{frp} = 0.85 \times 0.75 = 0.64,$$

$$E_{frpu} = 70\,GPa$$

مراحل	محاسبات
۱ - بررسی لاغری ستون	$\frac{\ell_u}{h} \le \frac{7.5}{\sqrt{N_u / f_c A_g}}$ $\frac{3000}{500} = 6 < \frac{7.5}{\sqrt{4200 \times 10^3 / (25 \times 196350)}} = 10.5 \quad O.K$

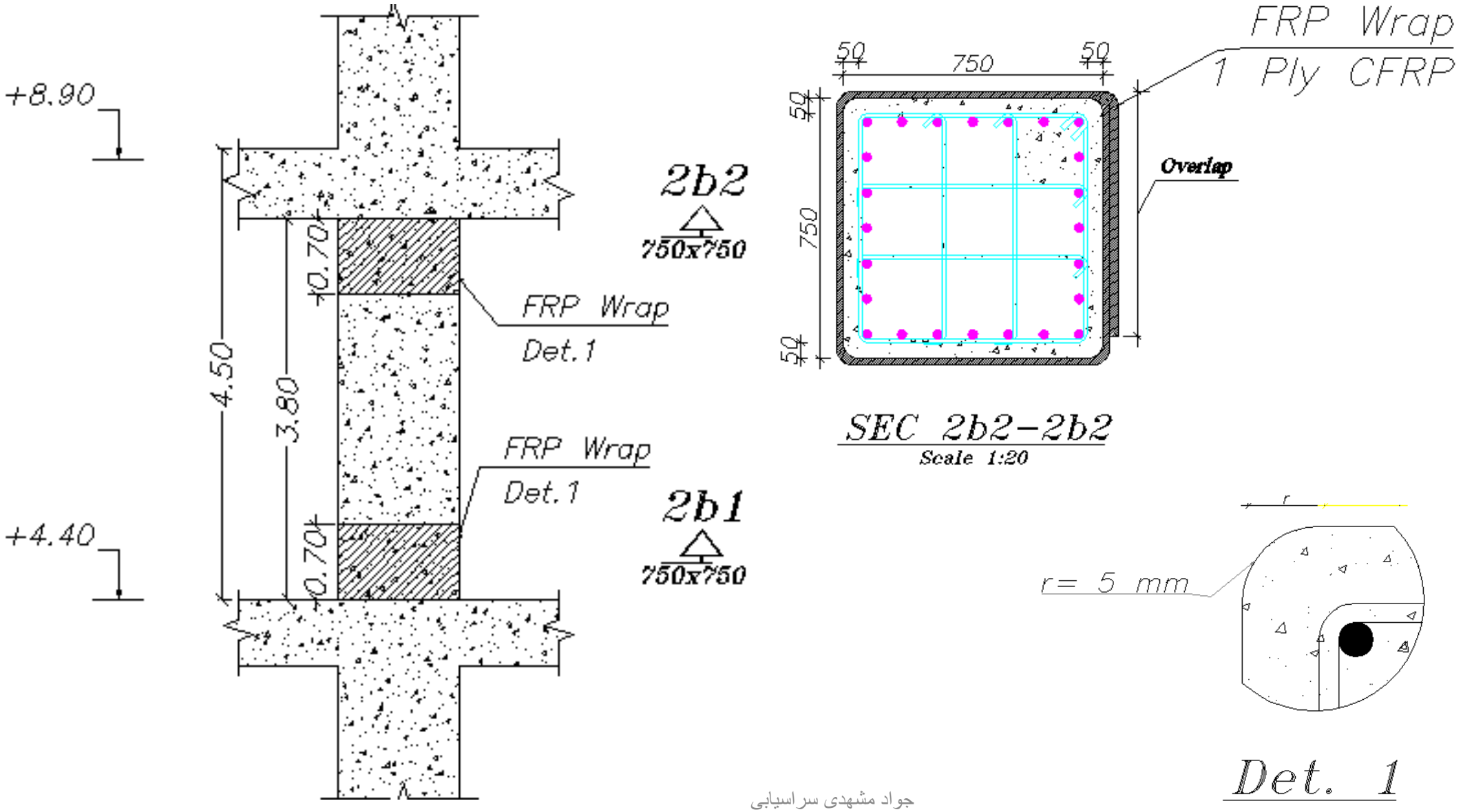
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

$f_{cc} = \dfrac{\left(\dfrac{N_u}{0.8} - \phi_s f_y A_{st}\right)}{0.85\varphi_c (A_g - A_{st})}$ $f_{cc} = \dfrac{\left(\dfrac{3800\times10^3}{0.8} - 0.85\times400\times2500\right)}{0.85\times0.6(250000-2500)} = 30.9\,MPa$	۲ – محاسبه مقاومت مورد نیاز برای بار وارده در بتن محصور شده
$\omega_w = \dfrac{\left(\dfrac{f_{cc}}{f_c} - 1\right)}{\alpha_{pc}} = \dfrac{\left(\dfrac{30.9}{30} - 1\right)}{1} = 0.03$	۳ – محاسبه نسبت حجمی مقاومت
$f_{lfrp} = \omega_w \phi_a f_c$ $f_{lfrp} = 0.03\times0.6\times30 = 0.54\,MPa$	۴ – محاسبه فشار محصورشدگی مورد نیاز

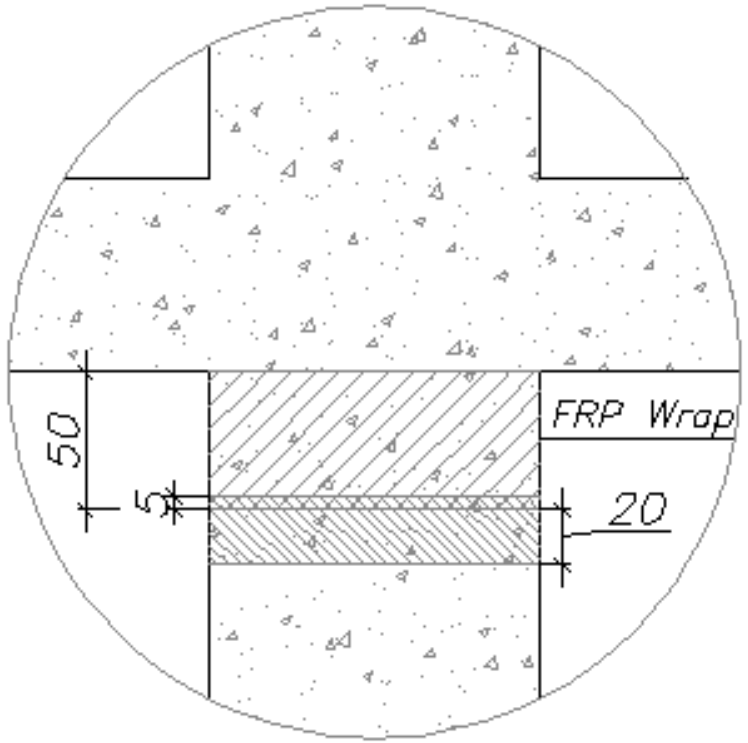
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

۵ – محاسبه تعداد لایه FRP مورد نیاز	$N_b = \dfrac{f_{lfrp} bh}{2\phi_{frp} f_{frpu} \varepsilon_{frp} t_{frp} (b+h)}$ $N_b = \dfrac{0.54 \times 500 \times 500}{2 \times 0.64 \times 70 \times 10^3 \times 0.002 \times 0.36(500+500)} = 2.1$ از 3 لایه استفاده می کنیم.
۶ – محاسبه مقاومت فشاری ضریب‌دار ستون محصور شده با FRP	$f_{lfrp} = \dfrac{2N_b \phi_{frp} E_{frp} \varepsilon_{frpu} t_{frp} (b+h)}{bh}$ $f_{lfrp} = \dfrac{2 \times 3 \times 0.64 \times 70000 \times 0.002 \times 0.36 \times (500+500)}{500 \times 500} = 7.774 MPa$ $\omega_w = \dfrac{f_{lfrp}}{\phi_a f_c}$ $\omega_w = \dfrac{0.774}{0.6 \times 30} = 0.043$ $f_{cc} = f_c (1 + \alpha_{pc} \omega_w)$ $f_{cc} = 30(1+0.043) = 31.3 MPa$ $N_{r\max} = 0.8\left[0.85\phi_a f_{cc}(A_g - A_{st}) + \phi_s f_y A_{st}\right]$ $N_{r\max} = 3.84 \times 10^6 N = 3840 \ KN$

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



Det. 1

Material Properties			
Material Type	Elastic Modulus Gpa	Ultimate Strain%	Thickness mm
Carbon Fiber	230	1.5	0.111

overlap=25cm

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

بهسازی ستون های فولادی

دلایل اصلی این خرابی ها عبارتند از:

۱- سطح مقطع کم ستون

۲- لاغری بیشتر از حدود مجاز

۳- عدم فشردگی مقطع

۴- ضعف درجوش ها

۵- عدم رعایت اصل تیر ضعیف و ستون قوی

۶- زنگ زدگی و خوردگی ستون

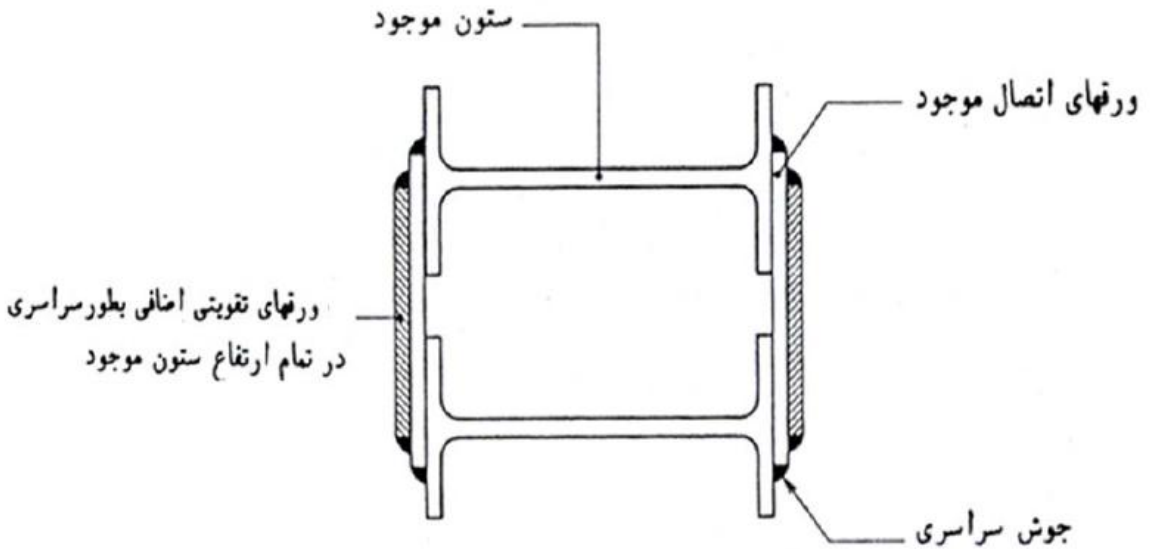
۷- ایجاد ناحیه متأثر از حرارت بر اثر جوشکاری زیاد

۸- خستگی

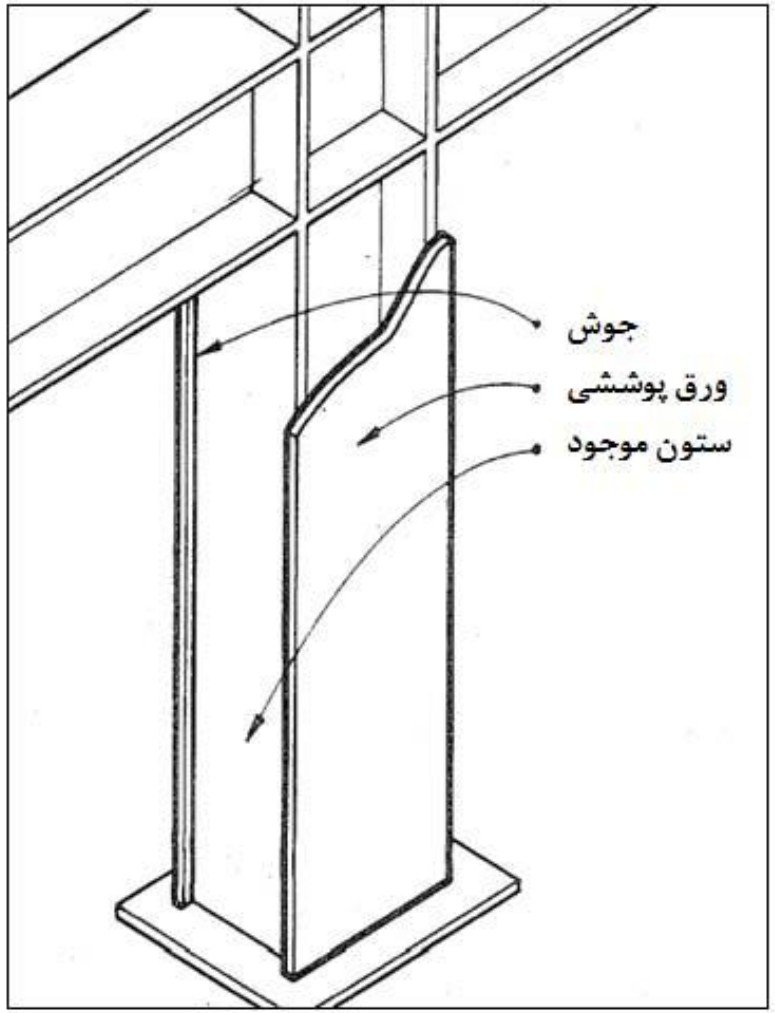
۹- آتش سوزی

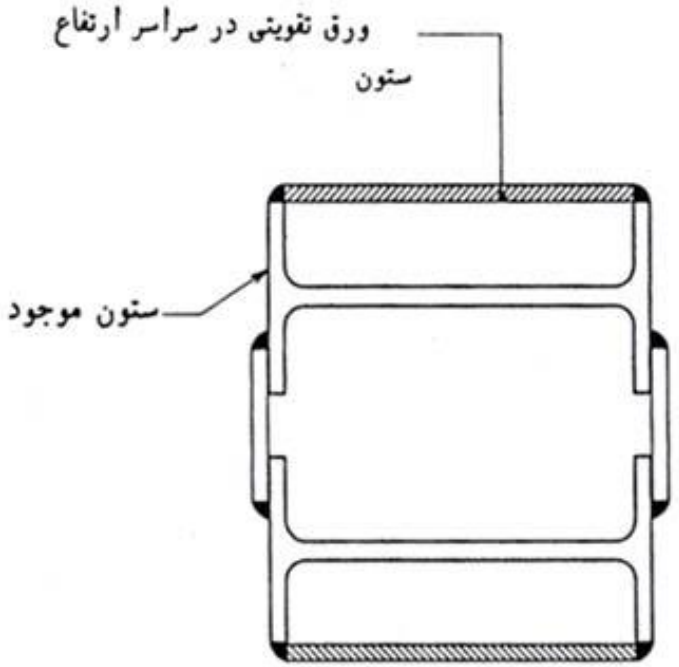
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

اضافه نمودن ور قهاي پوششي به بال ستون



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا





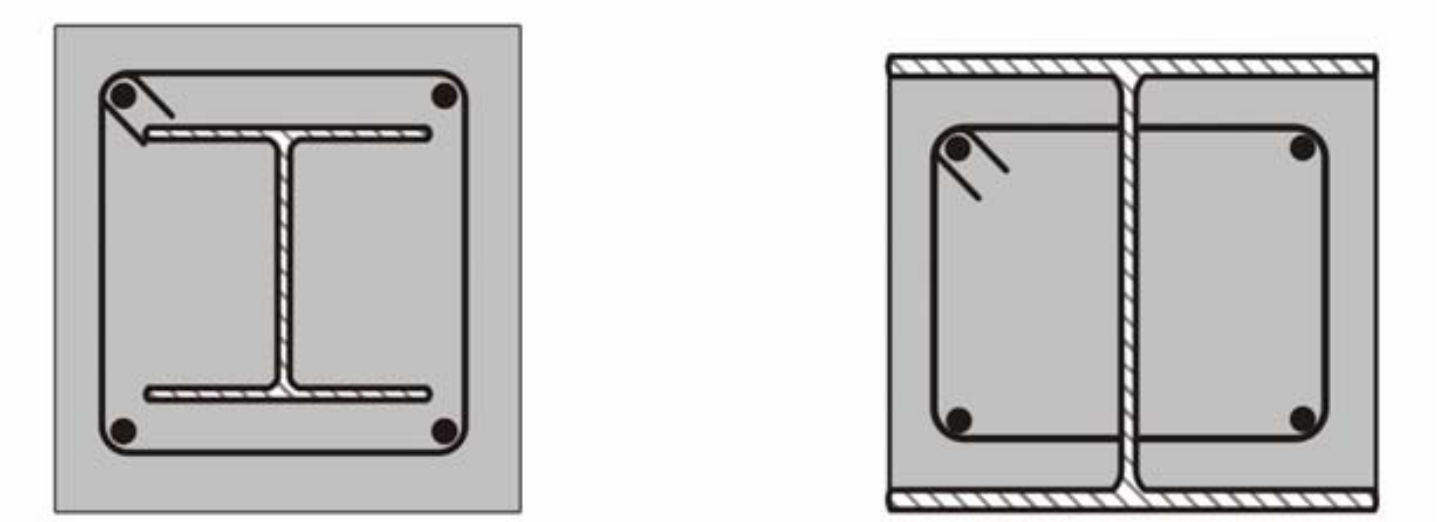
اضافه نمودن ور قهای پوششی موازی با جان ستون

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

استفاده از روکش بتنی

اين روش براي مقاوم سازي مقاطع فولادي باز ۱ مانند مقاطع I, H بكار مي رود.

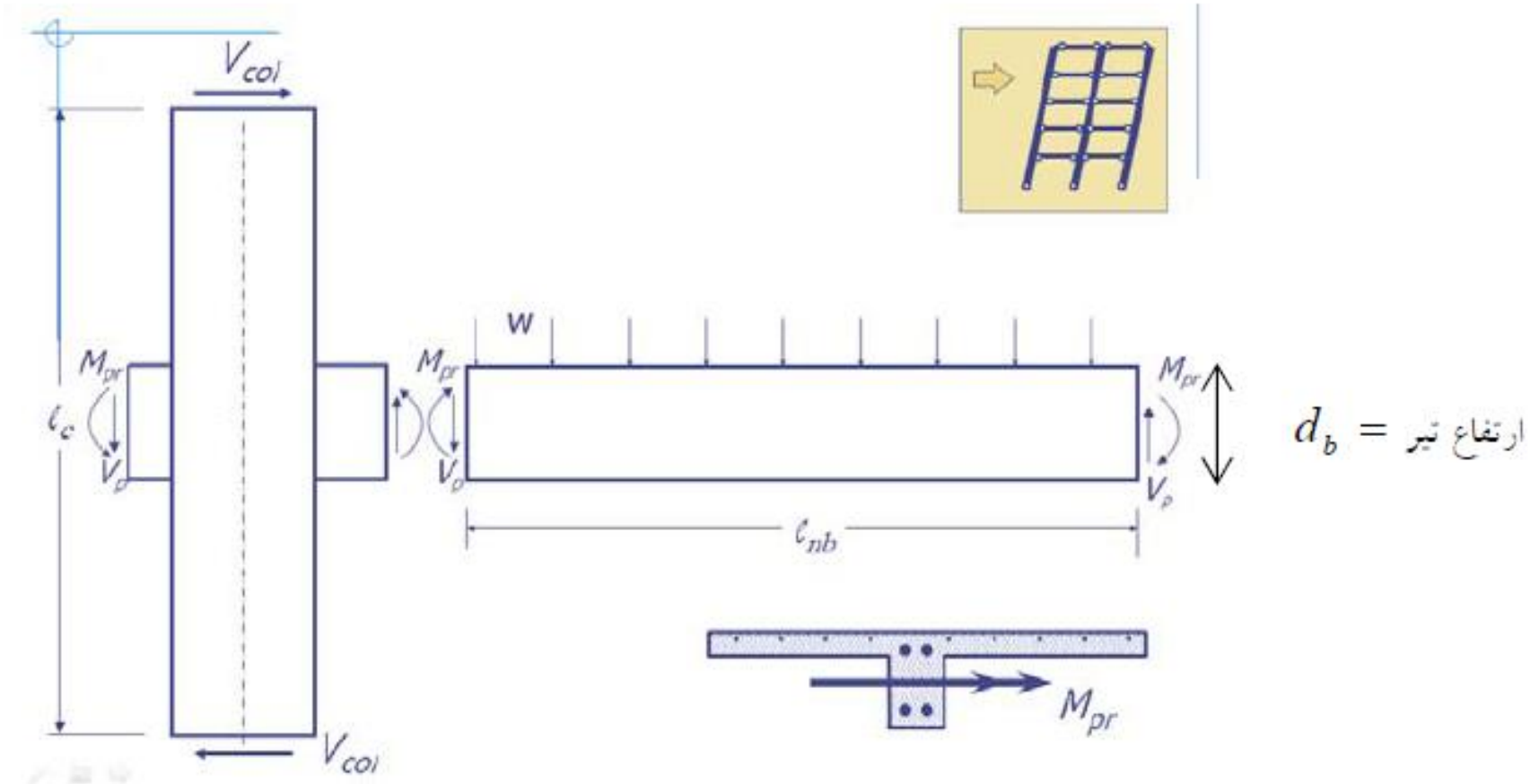
در صورتي كه ستون فولاد ي دچار خوردگي شديد شده باشد، استفاده از روكش بتني به عنوان راه حلي موثر توصيه مي گردد



استفاده از روكش بتني براي مقاومسازي ستون فولادي

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای بهسازی اتصالات

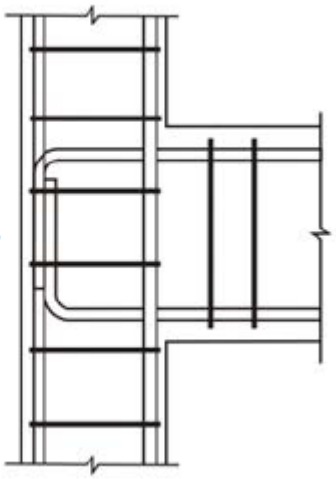


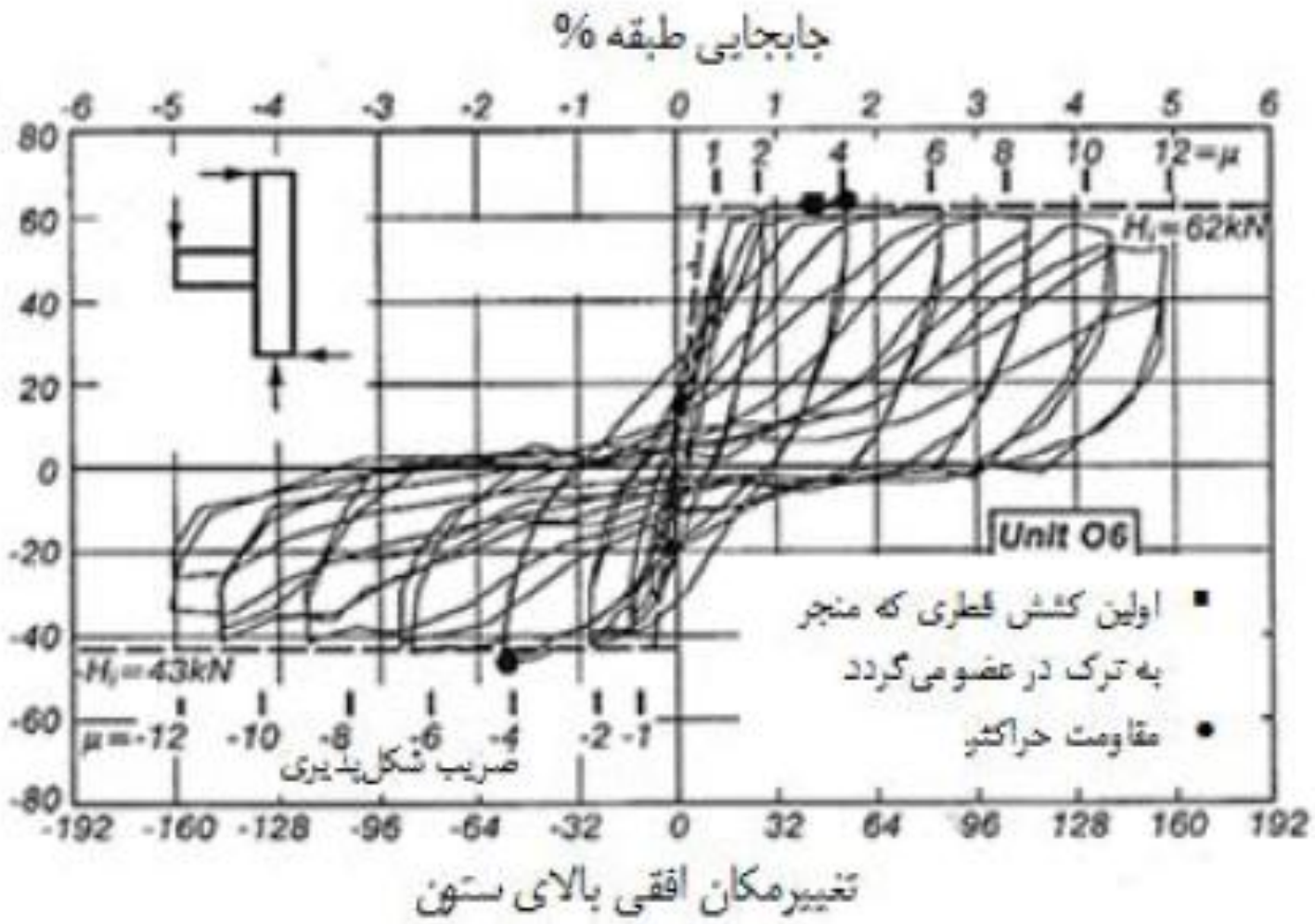
نمایش محل تشکیل مفصل پلاستیک در تیر و فاصله آن از بر ستون

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

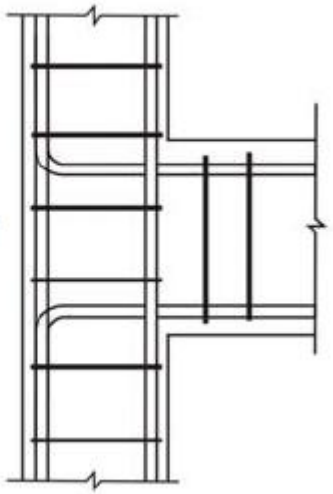
بدون شک مقاوم سازی اتصالات از مراحل پیچیده روش های مقاوم سازی می باشد، چرا که محل تلاقی تعدادی از عناصر سازه ای است و در زلزله دارای تنش بالا می باشد. از این رو بهتر است بجای تقویت اتصال در برابر بارهای جانبی از راهکارهای تقویت سیستم باربر جانبی ساختمان مانند اضافه نمودن بادبند، دیوار برشی و ... استفاده نمود. این راهکارها منجر به کاهش لنگرهای موجود در اتصال میگردد. این موضوع بخصوص در ساختمان های بتن مسلح قابل توصیه م یباشد

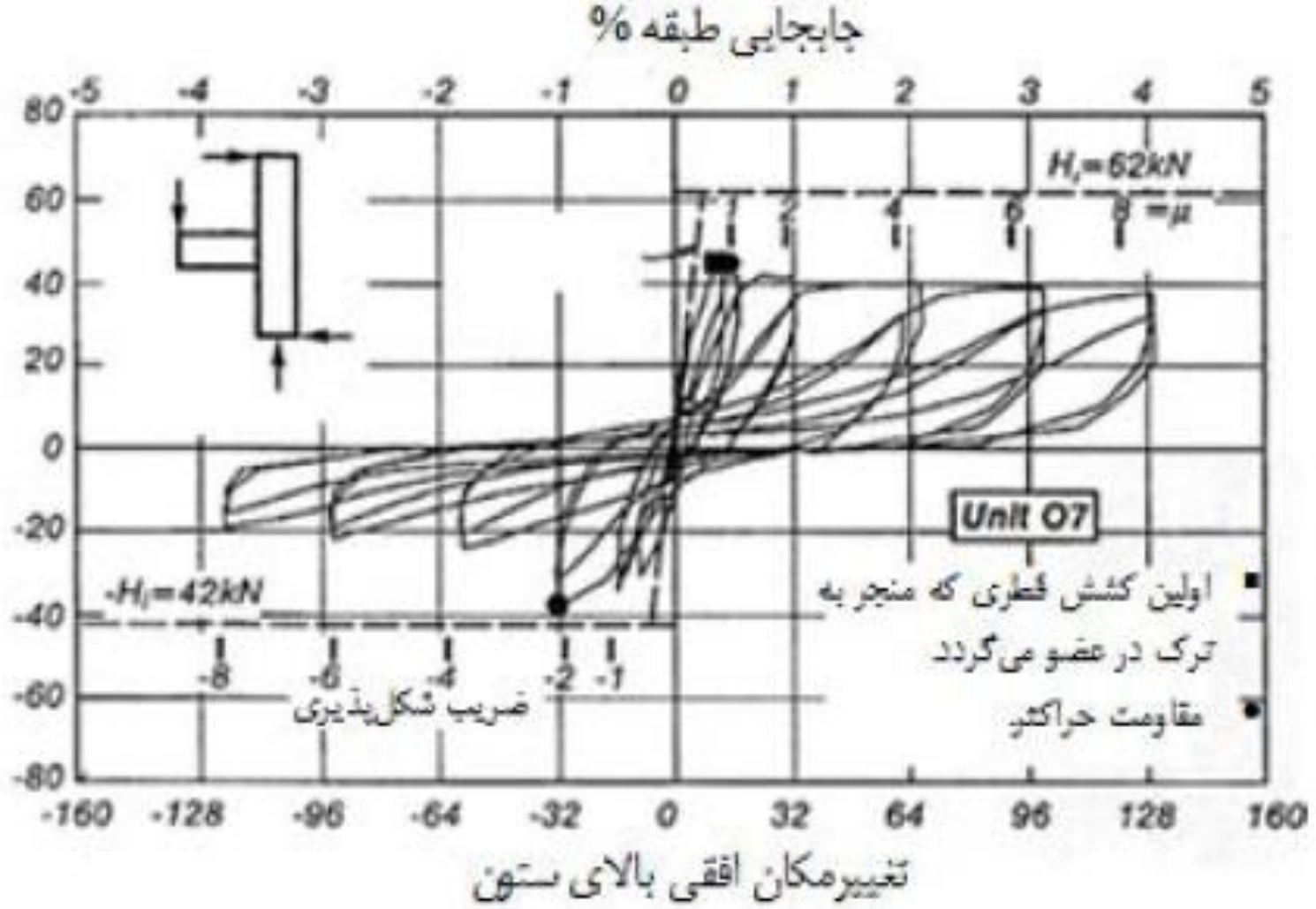
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا





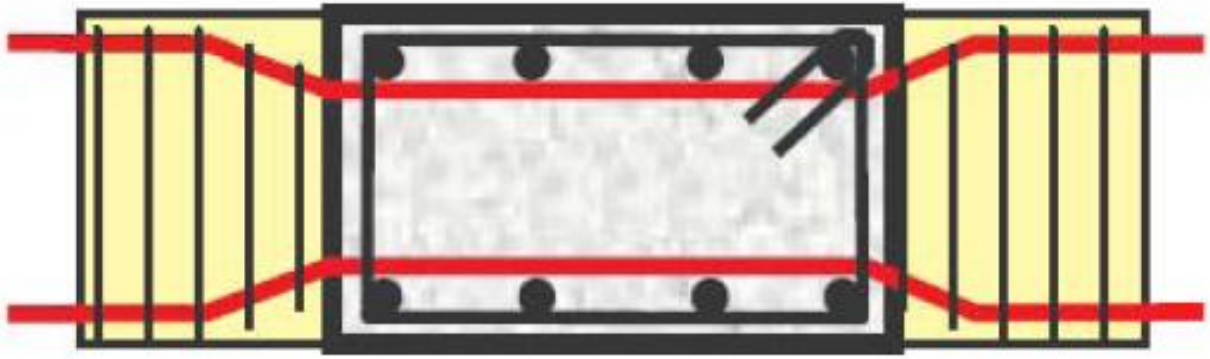
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



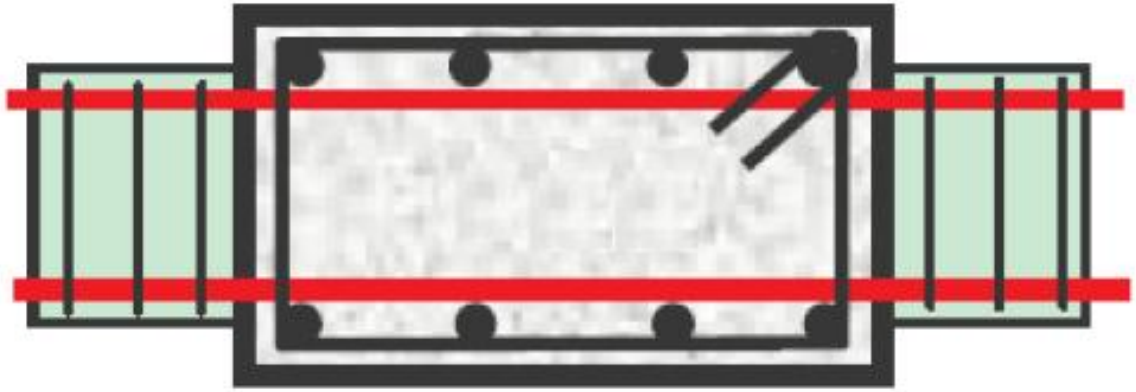


راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

در اتصالات همواره باید میلگردهای طولی تیر به صورت صاف و مستقیم اجرا شوند، زیرا میلگردهای طولی خمیده، توانایی تحمل نیروهای فشاری را ندارند.



جزئیات نامناسب میلگردهای طولی تیر



جزئیات مناسب میلگردهای طولی تیر

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

کمانش میلگردهای طولی ستون در ناحیه اتصال

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

گسیختگی برشی در ناحیه اتصال

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

برون محوری امتداد تیر نسبت به امتداد ستون

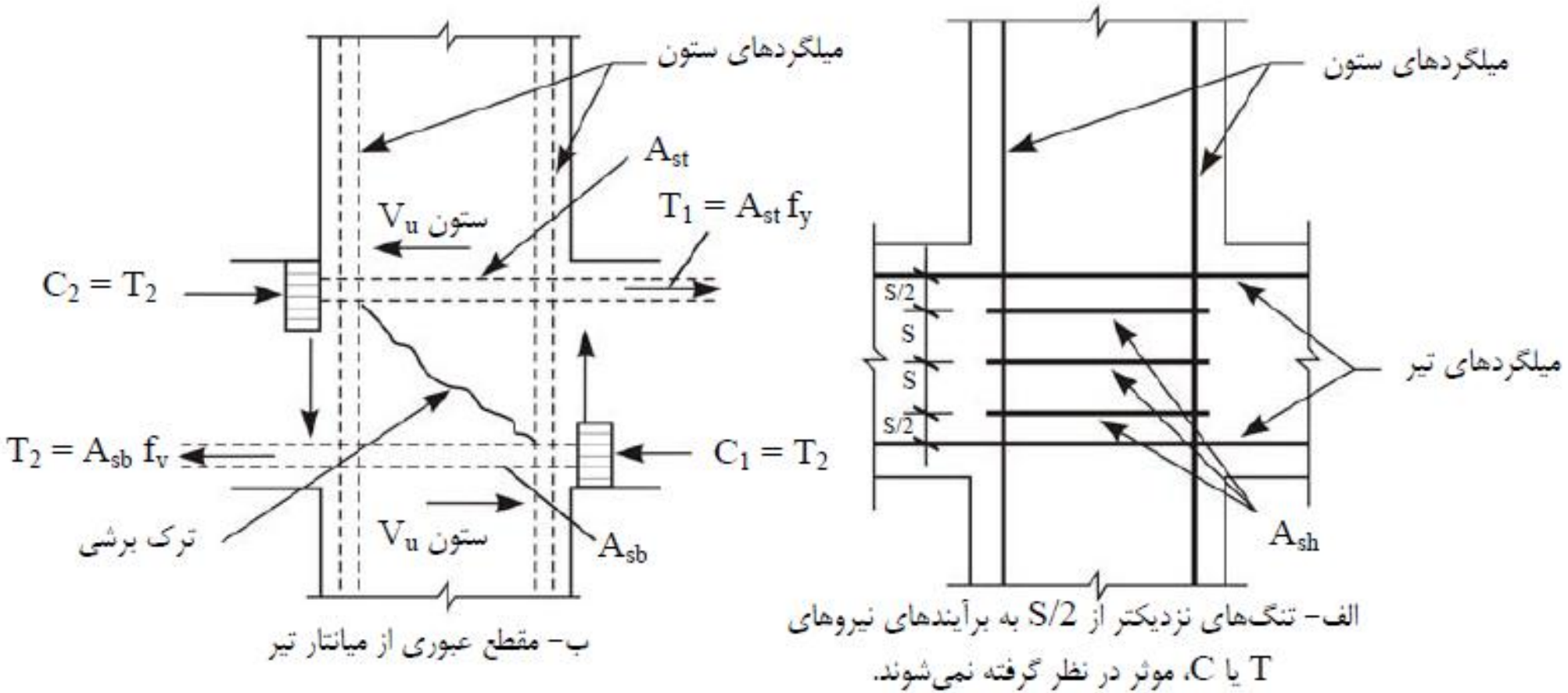
برون محوری امتداد تیر نسبت به امتداد ستون ، منجر به ایجاد پیچش در محل اتصال تیر به ستون و به تبع خرابی اتصال در اثر زلزله می گردد

برون محوری امتداد تیر نسبت به امتداد ستون

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

اجراي روكش بتني در اطراف اتصال خارجي

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

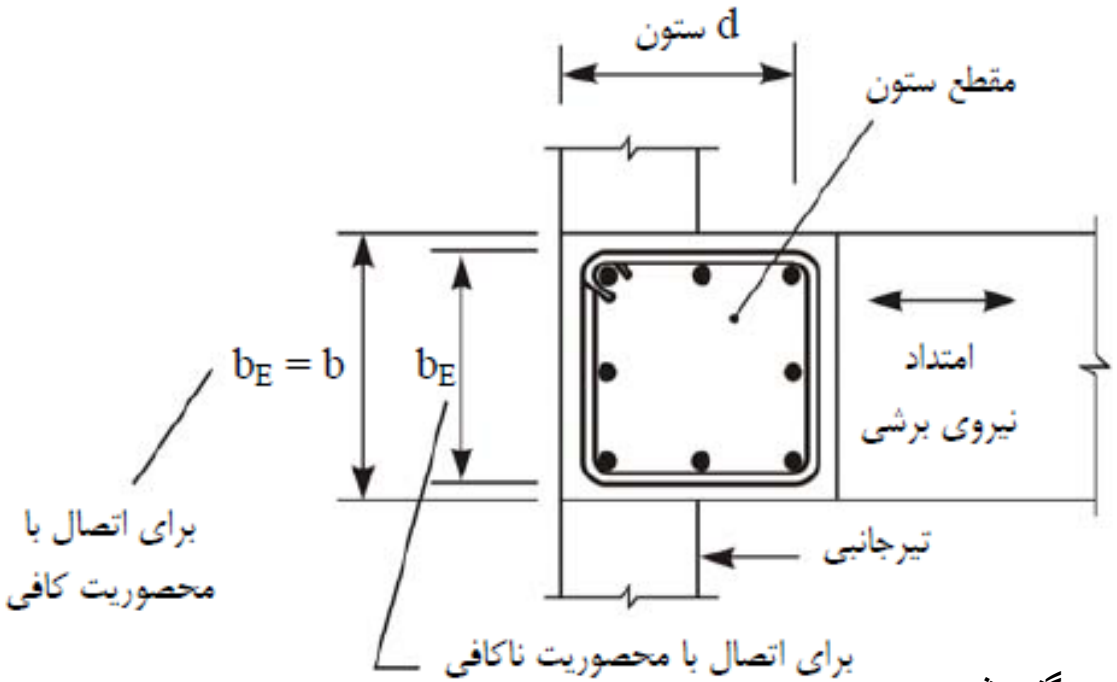


ب- مقطع عبوری از میانتار تیر

الف- تنگ‌های نزدیکتر از S/2 به برآیندهای نیروهای T یا C، موثر در نظر گرفته نمی‌شوند.

نیروهای موجود در هسته اتصال

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



براي بتن با وزن معمولي نبايد Vn اتصال از مقادير مشخص شده زير بزرگتر شود:

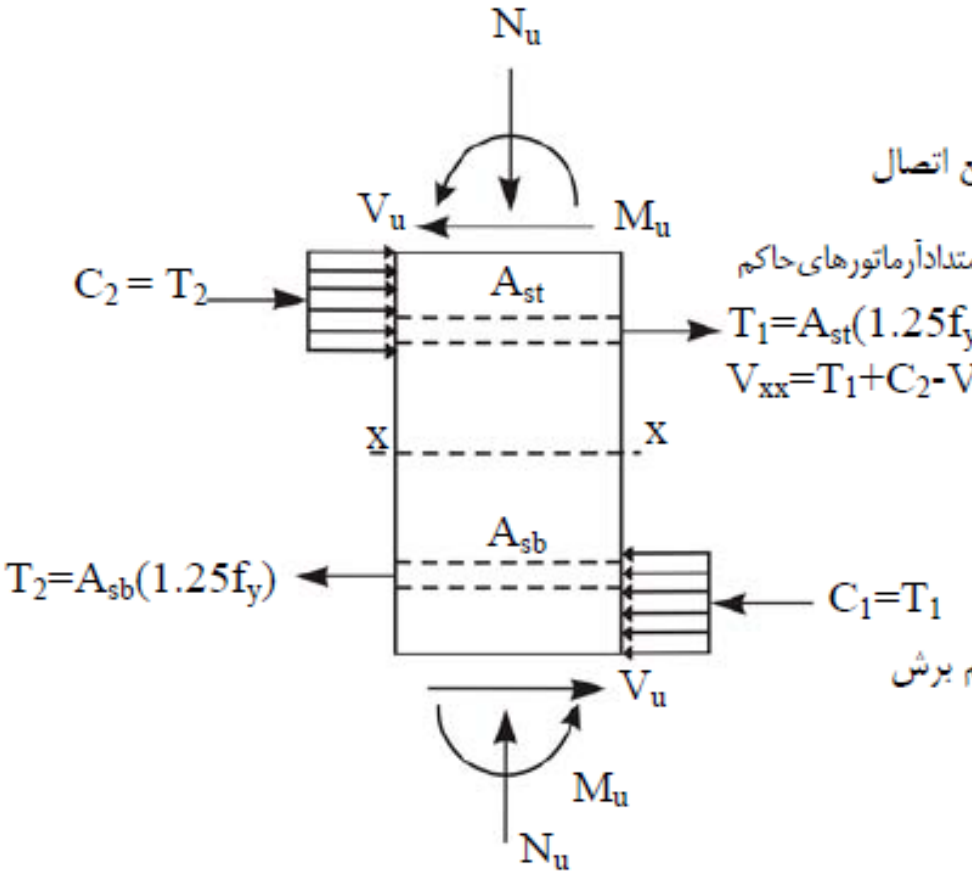
برای اتصال محصور شده $V_n = 1.7\sqrt{f_c'}A_j$

برای اتصال محصور شده از سه طرف یا دو وجه $V_n = 1.2\sqrt{f_c'}A_j$

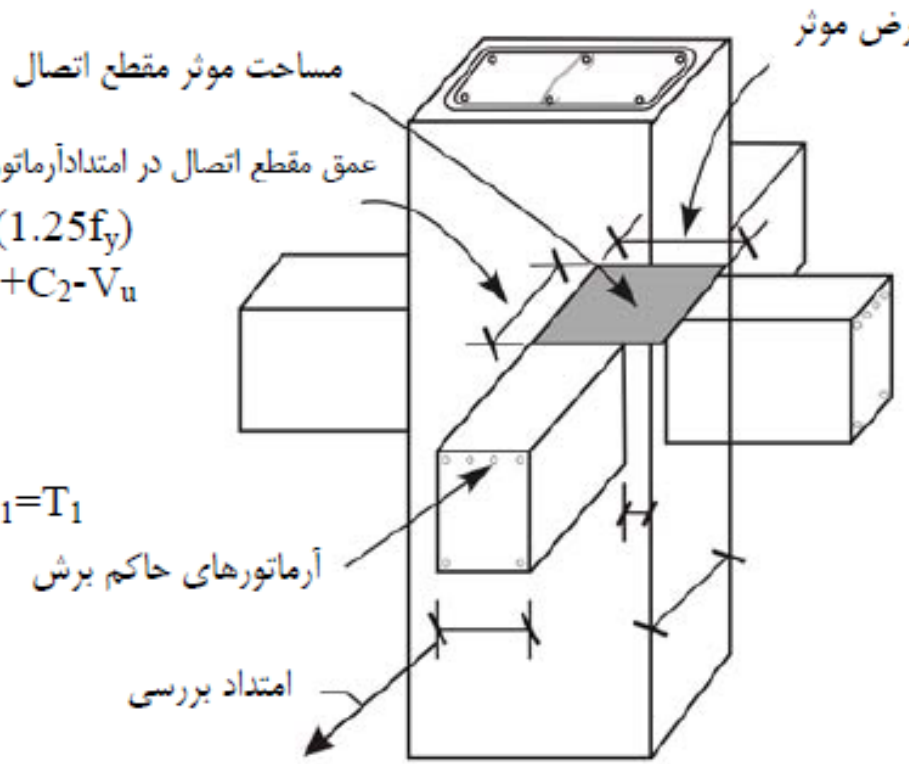
برای سایر حالات $V_n = 1.0\sqrt{f_c'}A_j$

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

تعریف مساحت مؤثر



ب- نیروهای وارد بر اتصال

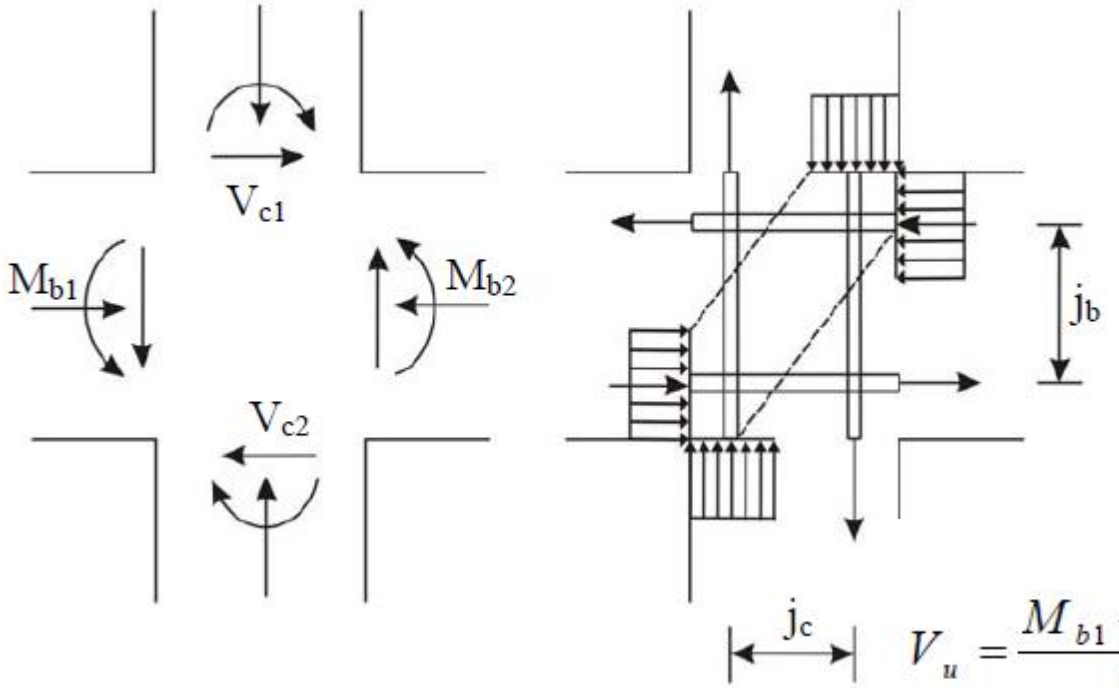


الف- تعریف مساحت A_j

A_j = سطح مقطع موثر اتصال، در صفحه‌ای به موازات محور میلگردهایی که تولید نیروی برشی می‌نمایند. ارتفاع A_j مساوی بعد ستون در امتداد مورد بررسی و عرض A_j کوچکترین: دو برابر فاصله محور تیر تا وجه نزدیکتر ستون و یا عرض تیر به علاوه ارتفاع A_j در نظر گرفته می‌شود.

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

نیروهای وارد بر اتصال



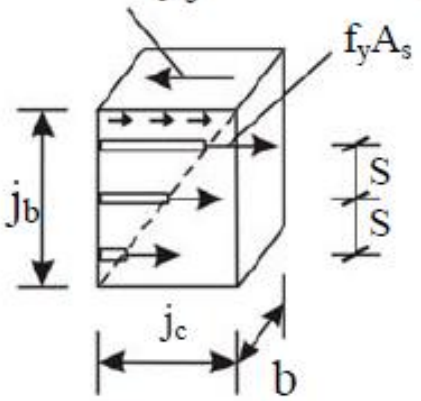
ستون $V_u = \dfrac{V_{c1} + V_{c2}}{2}$

$$\frac{M_{b1}}{j_b} = T_1$$

$$\frac{M_{b2}}{j_b} = T_2$$

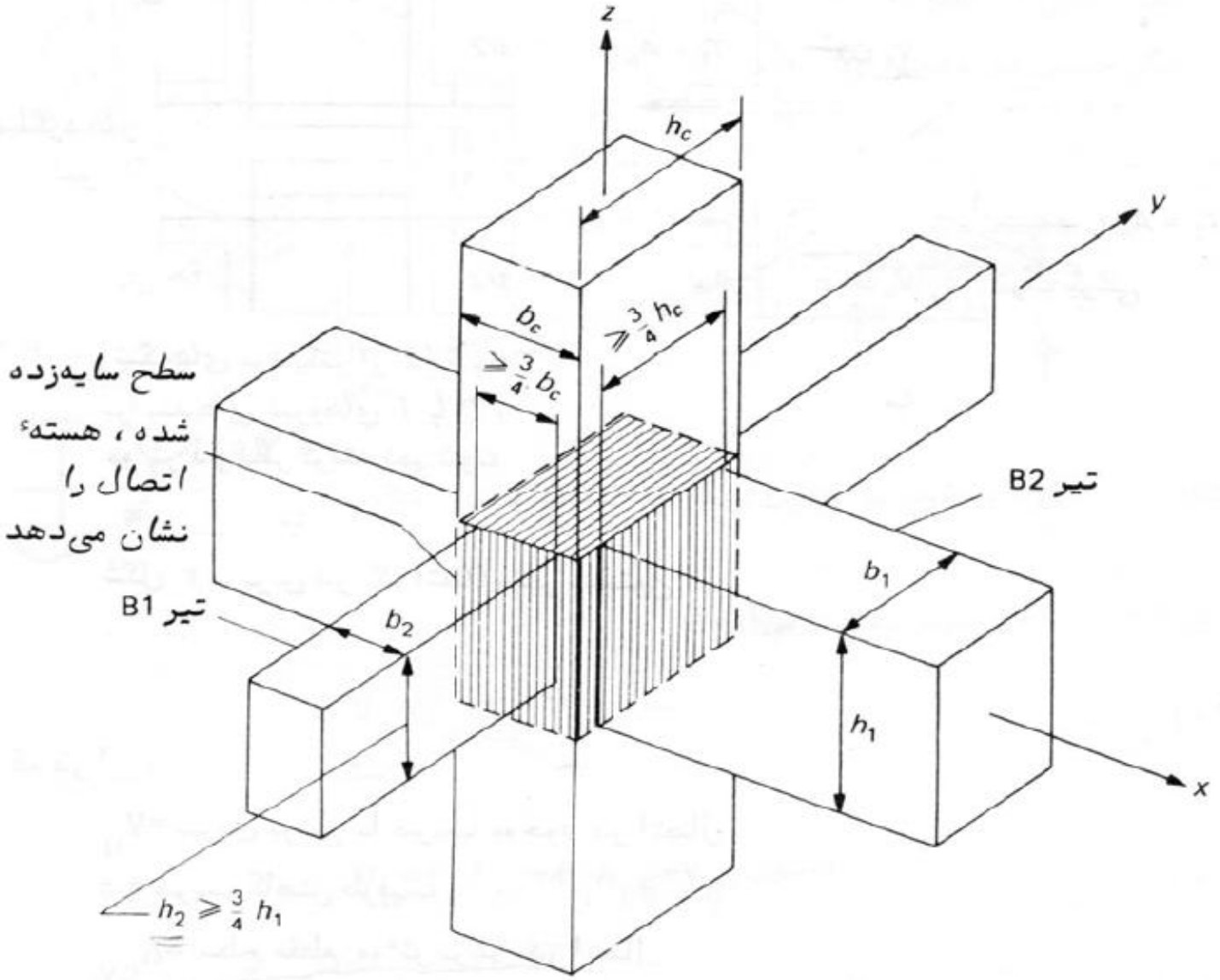
اتصال $V_u = \dfrac{M_{b1} + M_{b2}}{j_b} - \dfrac{V_{c1} + V_{c2}}{2}$

$$V_u = \frac{M_{b1} + M_{b2}}{j_b} - \frac{V_{c1} + V_{c2}}{2}$$



اتصال $V_n = V_s + V_c$

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

در حالتی که نیروی محوری با ضریب (P_u) از $0.4P_b$ مربوط به ستون تجاوز می‌کند و جایی که اتصال توسط یک جفت تیر عرضی در دو وجه مخالف محصور نمی‌شود، لازم است تنگ‌های دورگیر کننده، طبق روابط زیر در اتصال قرار داده شود:

$$\rho_s = 0.45\left(\frac{A_g}{A_c} - 1\right)\frac{f'_c}{f_y}$$

در صورتي كه از تن گهاي مارپيچ (اسپيرال) استفاده شود

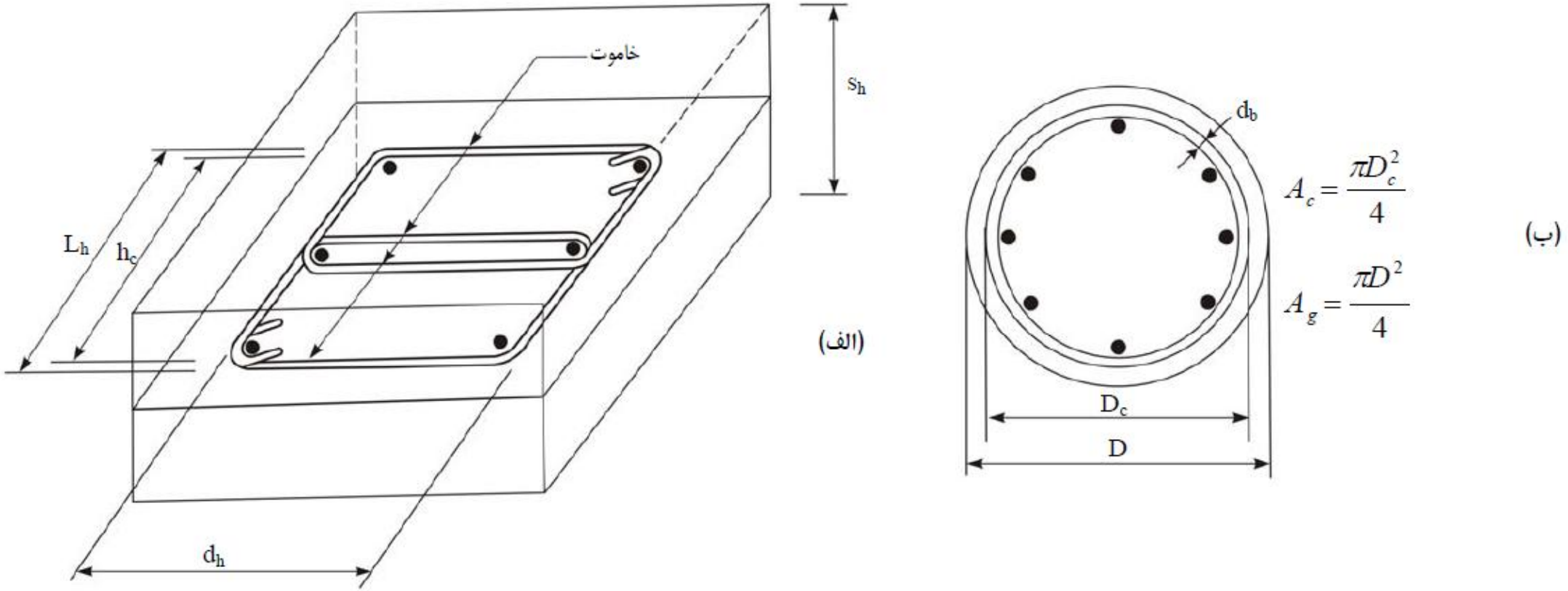
حداقل (ستون با تنگ مارپیچ) $\rho_s \geq \begin{cases} 0.12 f'_c / f_{yh} \\ 0.45\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right)\frac{f'_c}{f_{yh}} \end{cases}$

$$\frac{A_{sh}}{L_h S_h} = 0.3\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right)\frac{f'_c}{f_y}$$

در صورتي كه از تن گهاي معمولي يا قلاب استفاده شود

حداقل (ستون با تنگ معمولی) $\frac{A_{sh}}{L_h S_h} \geq 0.12\frac{f'_c}{f_y}$

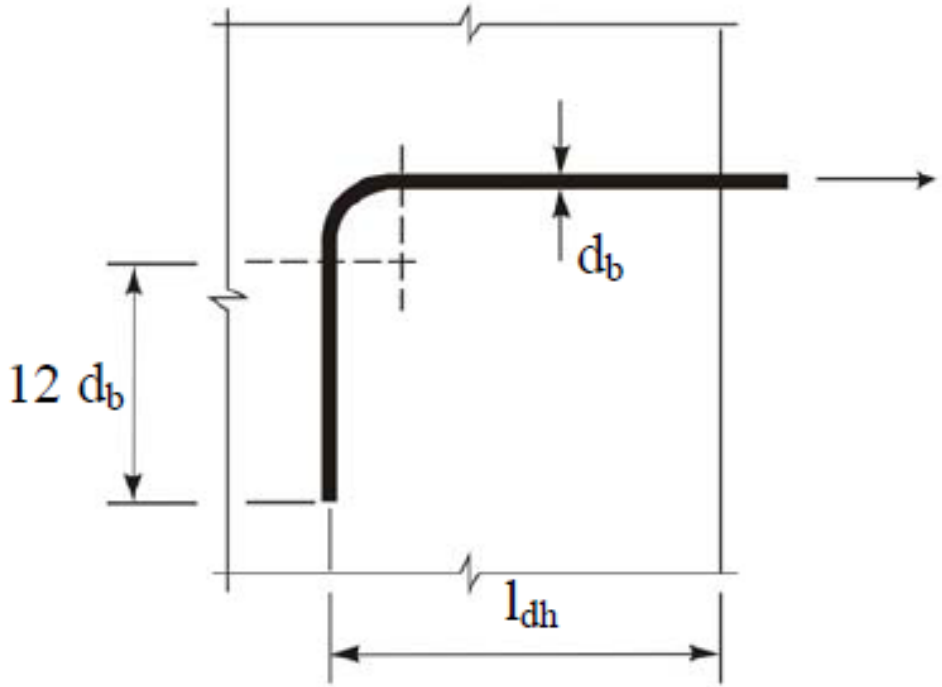
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



۱۸ شکل تنگ مستطیلي و مارپیچ براي ارتفاع هسته ستون

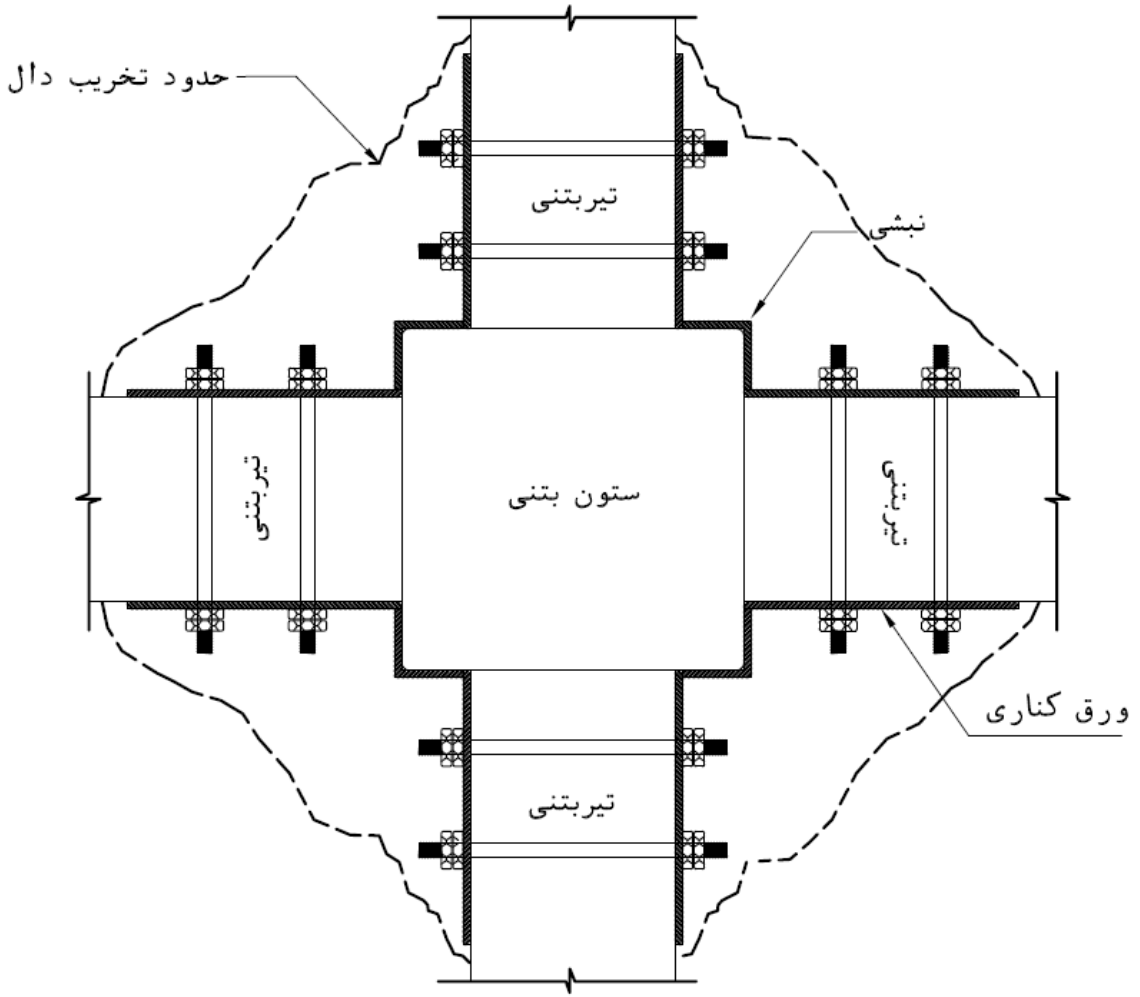
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

مهار میلگرد کششي تير در محدوده اتصال



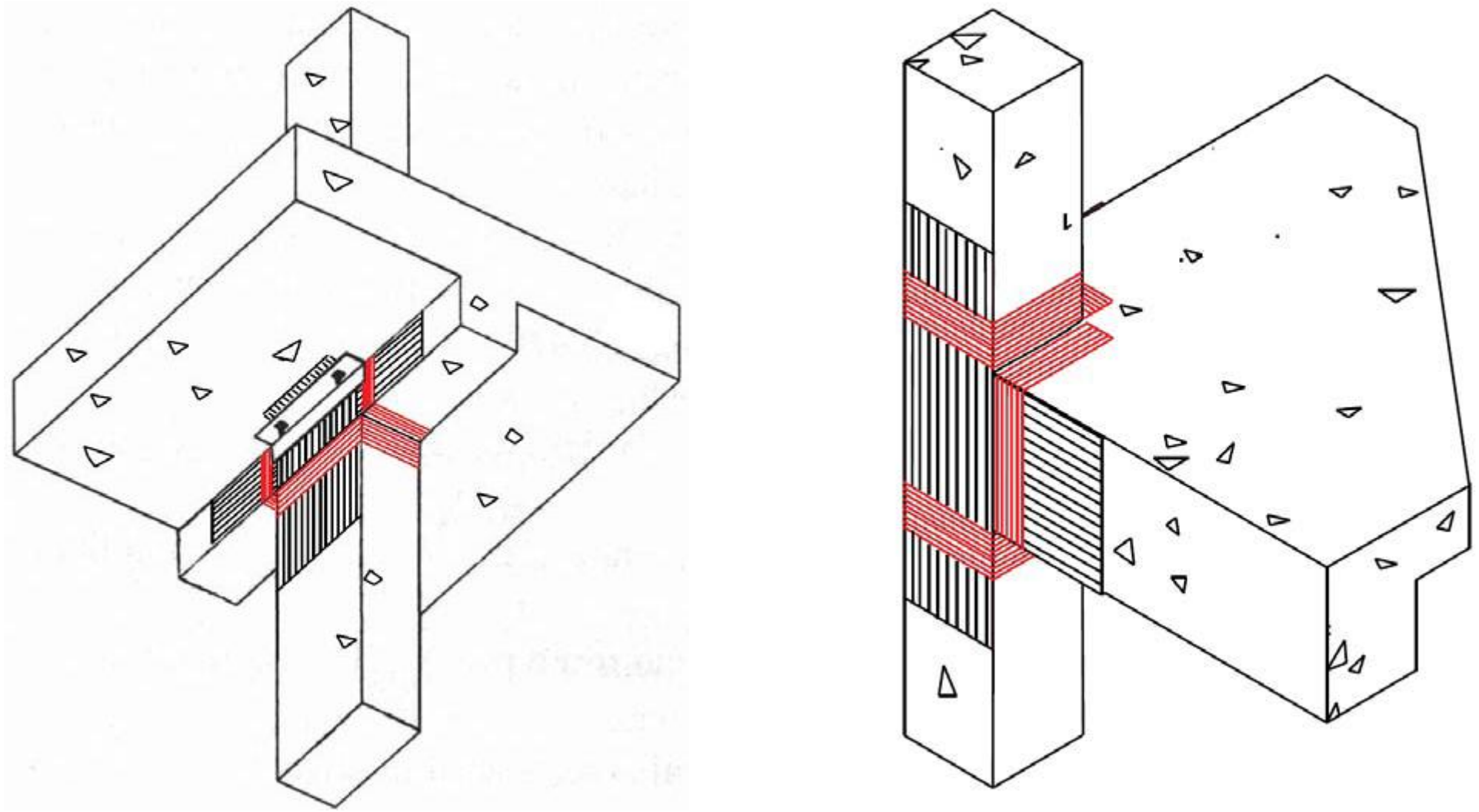
قلاب استاندارد میلگرد کششي

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



مقاوم سازی اتصال با ورق کناری

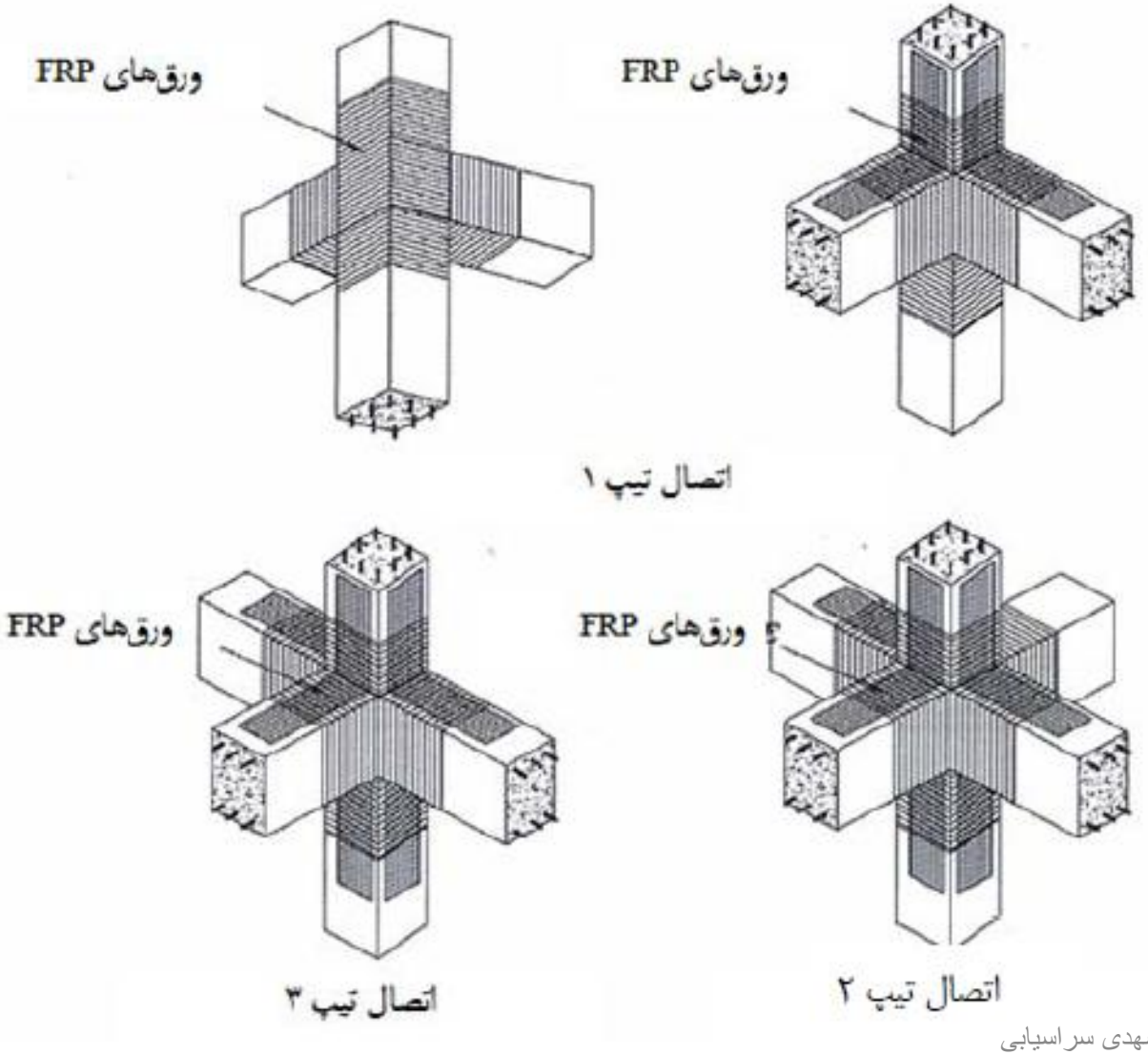
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



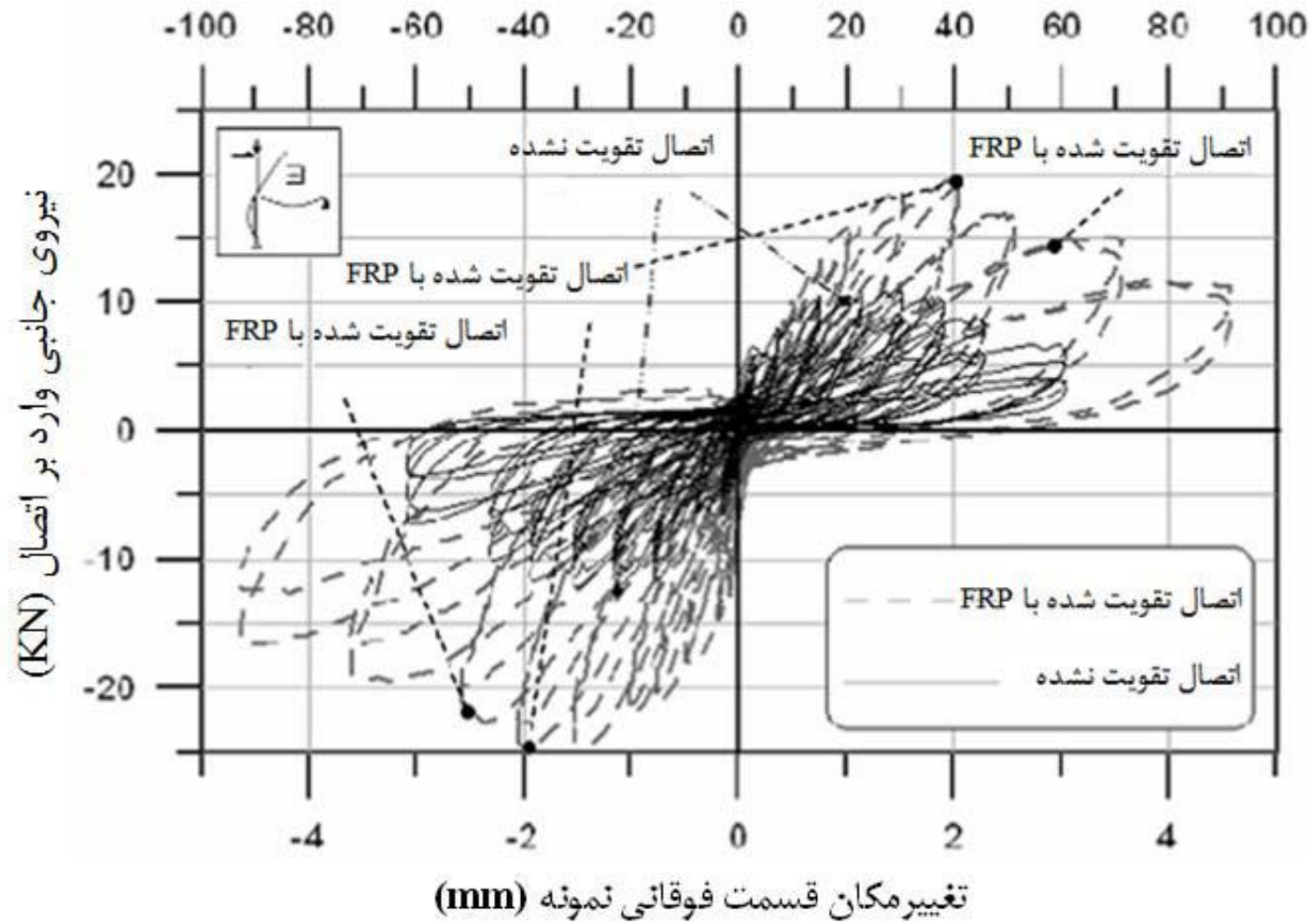
نمونه ای از اتصال مقاوم مسازی شده با ورق FRP

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

جزئیات تیپ استفاده از FRP در مقاو مسازی اتصالات



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



تاثیر FRP بر رفتار لرز های اتصال

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای بهسازی اتصالات فولادی

آسیبهای اتصالات فلزی

(الف) خرابی در تیرها (G)

ب) خرابی در بال ستون ها (C)

پ) خرابی در جوش (W)

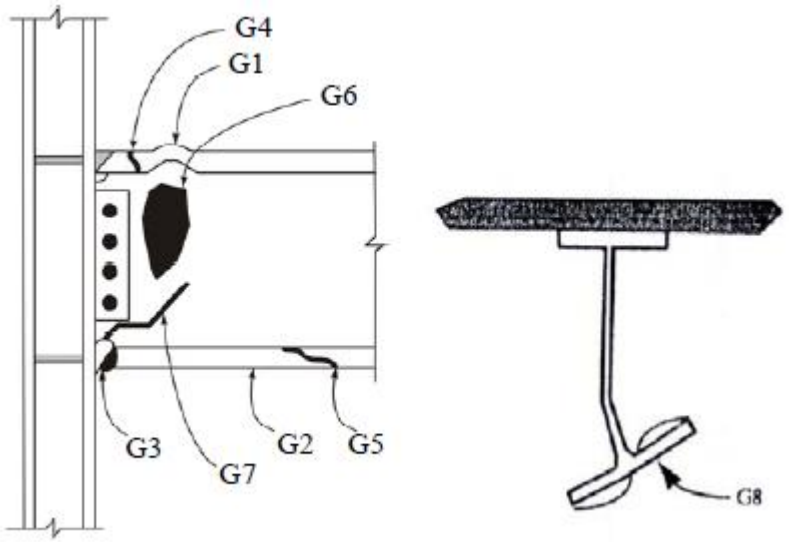
ت) خرابی در ورق برشی جان (S)

(ث) خرابی در چشمه اتصال

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

خرابی در تیرهای فلزی

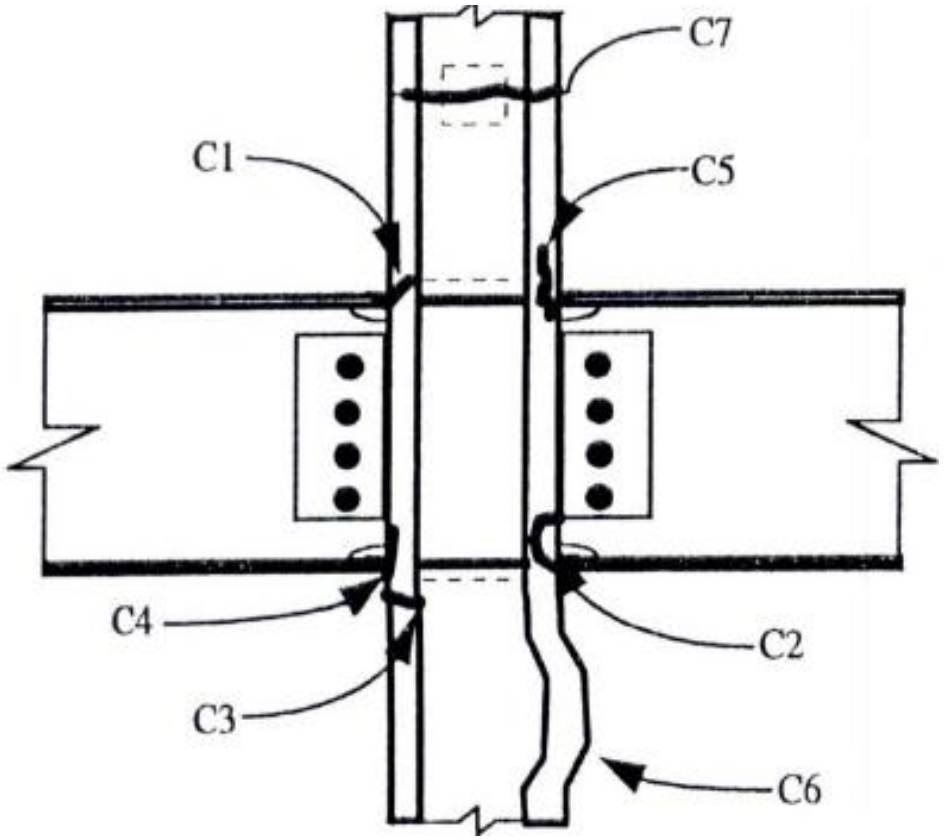
نماد خرابی	توضیح
G1	کمانش بال (بال فوقانی یا تحتانی)
G2	تسلیم بال (بال فوقانی یا تحتانی)
G3	گسیختگی بال در ناحیه تفتیده (بال فوقانی یا تحتانی)
G4	گسیختگی بال در خارج از ناحیه تفتیده (بال فوقانی یا تحتانی)
G5	گسیختگی بال فوقانی یا تحتانی
G6	تسلیم یا کمانش جان
G7	گسیختگی جان
G8	کمانش پیچشی جانبی مقطع



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

خرابی در بال ستون

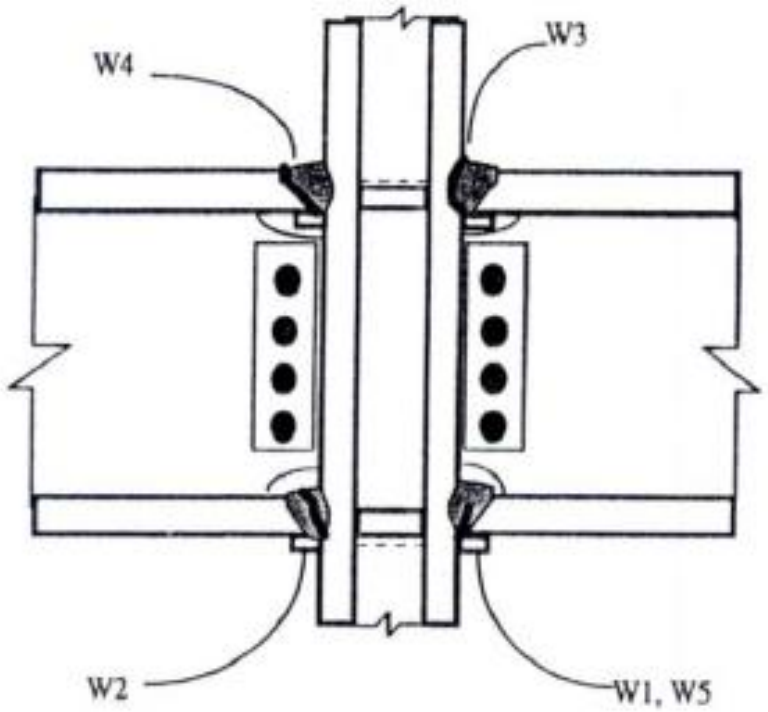
نماد خرابی	توضیح
C1	ترک جزیی
C2	قلوه کن شدن بالها
C3	ترک کامل یا جزیی خارج از ناحیه تفتیده
C4	ترک کامل یا جزیی خارج از ناحیه تفتیده (HAZ)
C5	پارگی لایه‌ای
C6	کمانش بال ستون
C7	گسیختگی در وصله



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

خرابی ها و نقایص جوش

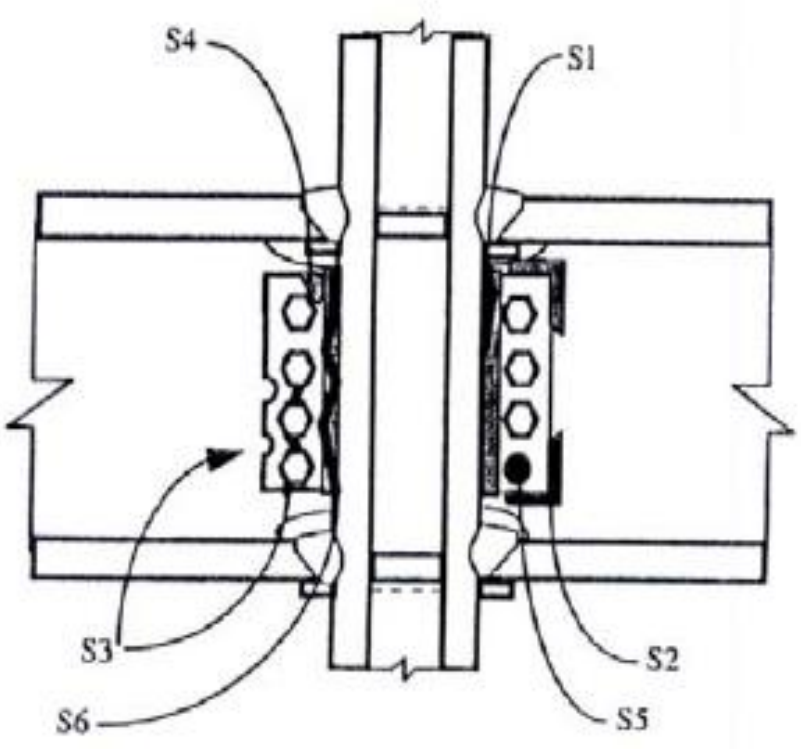
نماد خرابی	توضیح
W1	ترک در ریشه جوش
W1a	ترک‌هایی به عمق کوچکتر از ۵ میلیمتر و یا $t_f/4$ و عرض کوچکتر از $b_f/4$
W1b	ترک هایی عمیق تر و بزرگتر از W1a
W2	ترک در ضخامت کامل فلز جوش
W3	گسیختگی در فصل مشترک فلز جوش با ستون
W4	گسیختگی در فصل مشترک فلز جوش با تیر
W5	علایم قابل تشخیص با آزمایش UT- غیر قابل رد کردن



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

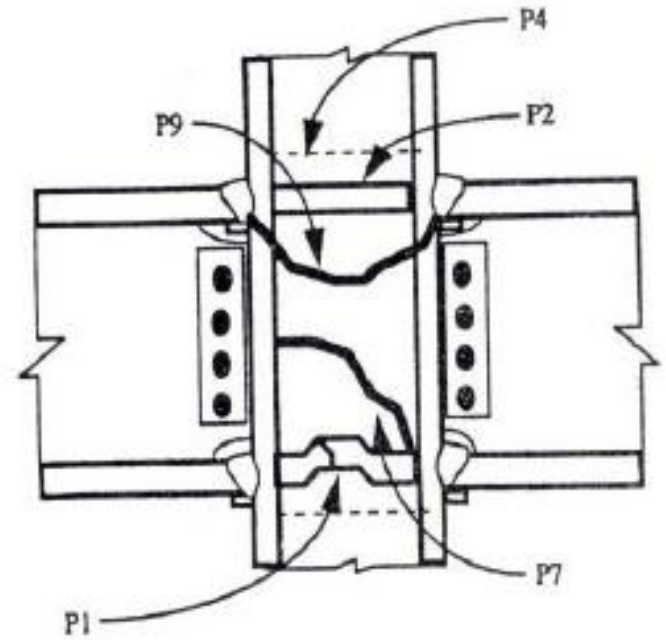
خرابی در ورق اتصال برشی جان تیر

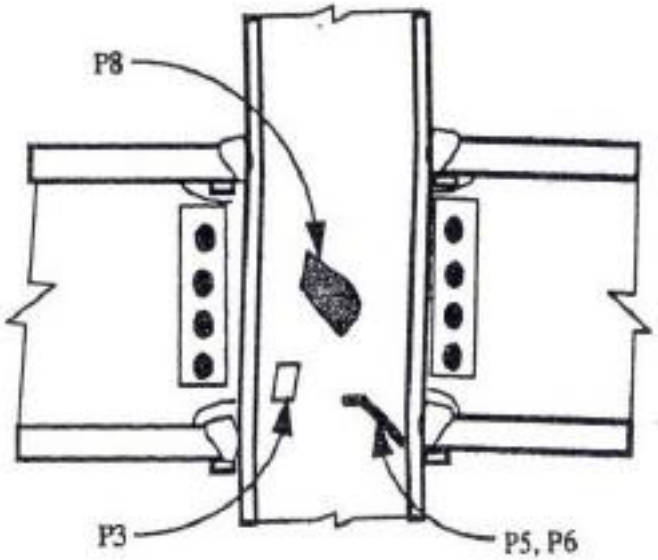
نماد خرابی	توضیح
S1	ترک جزیی در جوش ورق به ستون
S1a	بال های تیر سالم
S1b	بال های تیر ترک خورده
S2	گسیختگی جوش های تکمیلی
S2a	بال های تیر سالم
S2b	بال های تیر ترک خورده
S3	ترک از ناحیه پیچ ها
S4	تسلیم یا کمانش ورق اتصالی برشی
S5	پیچ های شل، صدمه دیده و یا فراموش شده
S6	گسیختگی کامل جوش ورق برشی به ستون



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

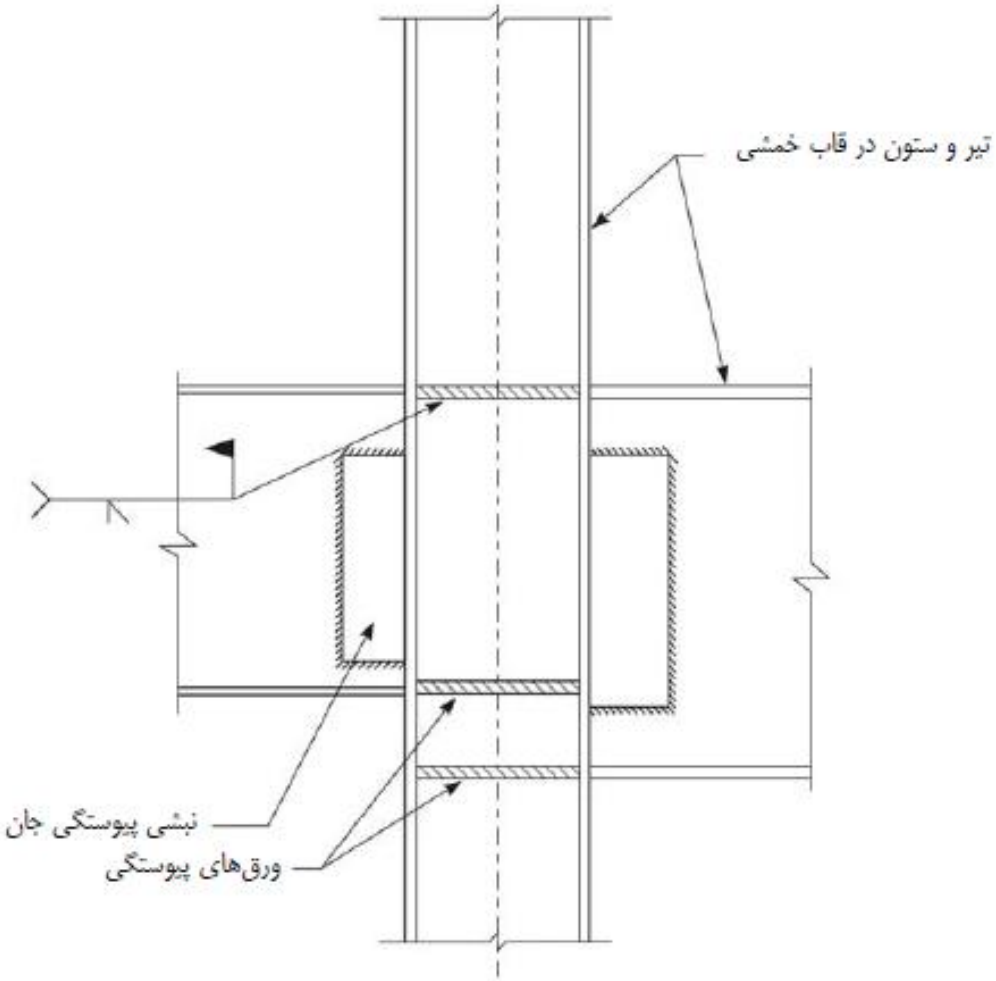
خرابی در چشمه اتصال

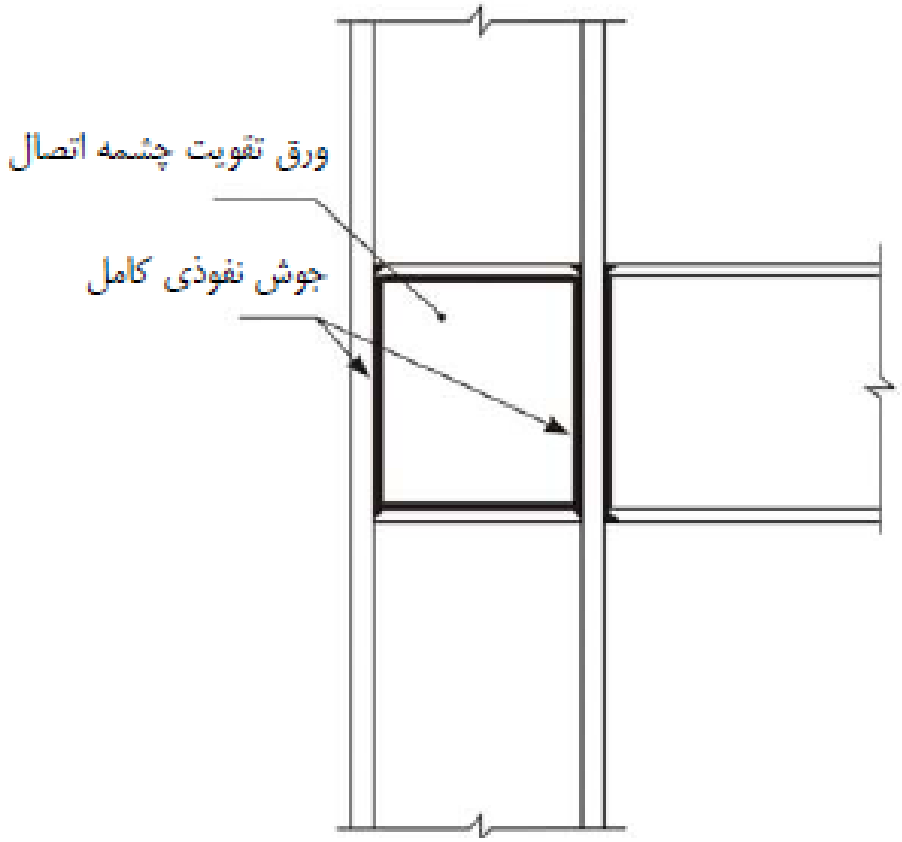




نماد خرابی	توضیح
P1	گسیختگی، کمانش و یا تسلیم ورق پیوستگی
P2	گسیختگی در جوش ورق پیوستگی
P3	تسلیم یا تغییر شکل جان
P4	شکست جوش ورق مضاعف
P5	گسیختگی جزیی در ورق مضاعف
P6	گسیختگی جزیی در جان ستون
P7	گسیختگی کامل یا نزدیک به کامل در جان یا ورق مضاعف
P8	کمانش جان
P9	گسیختگی کامل ستون

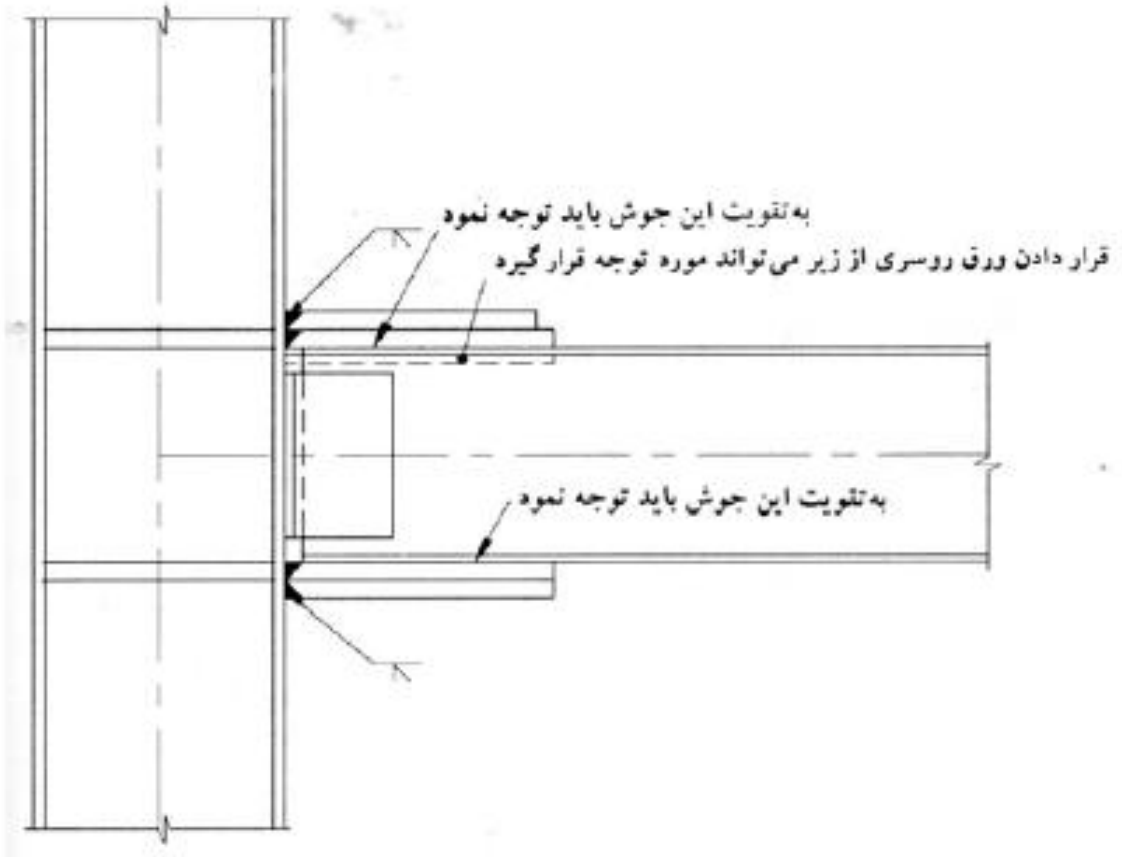
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا





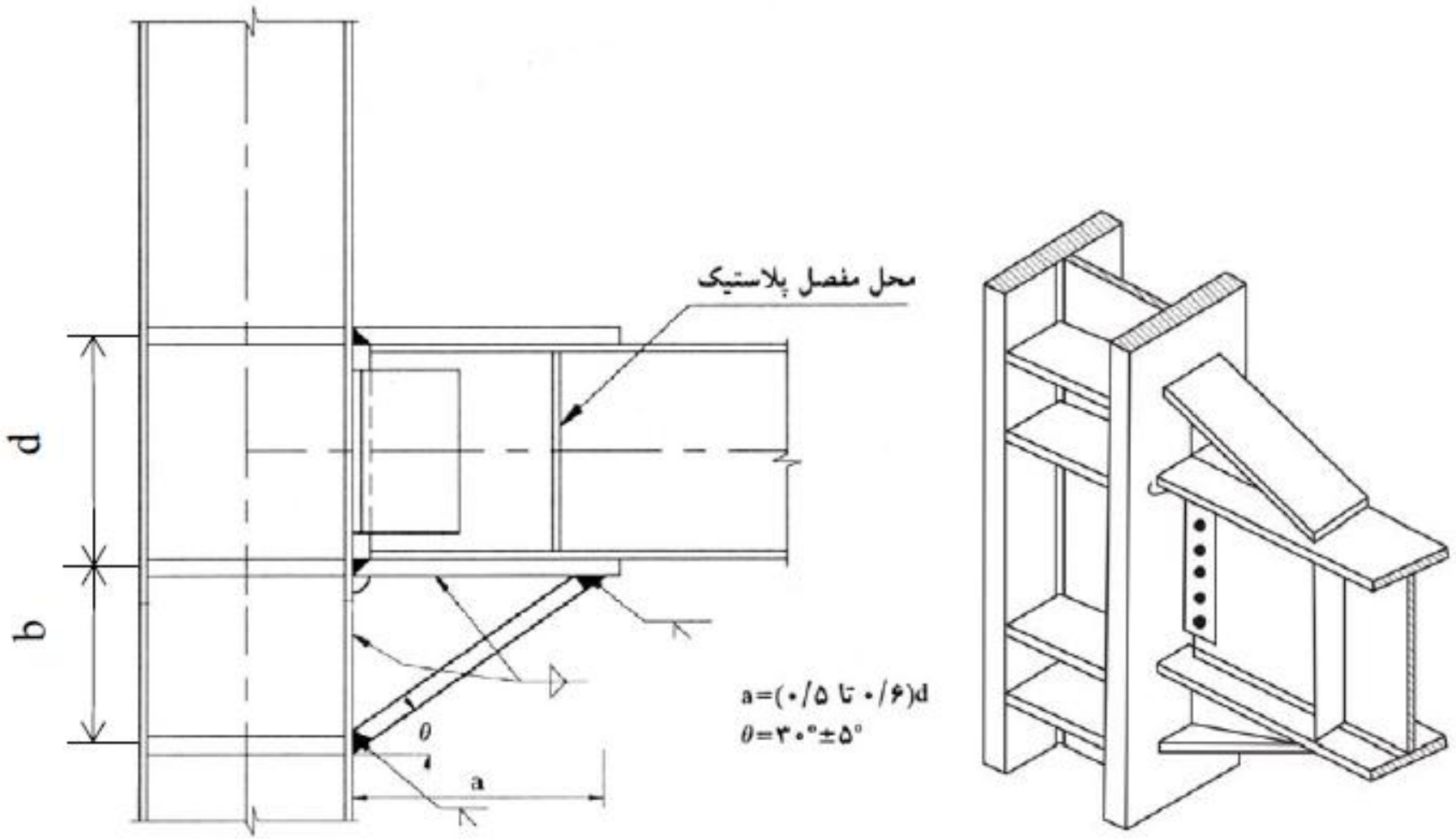
نحوه اجراي ورق هاي پيوستگي

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



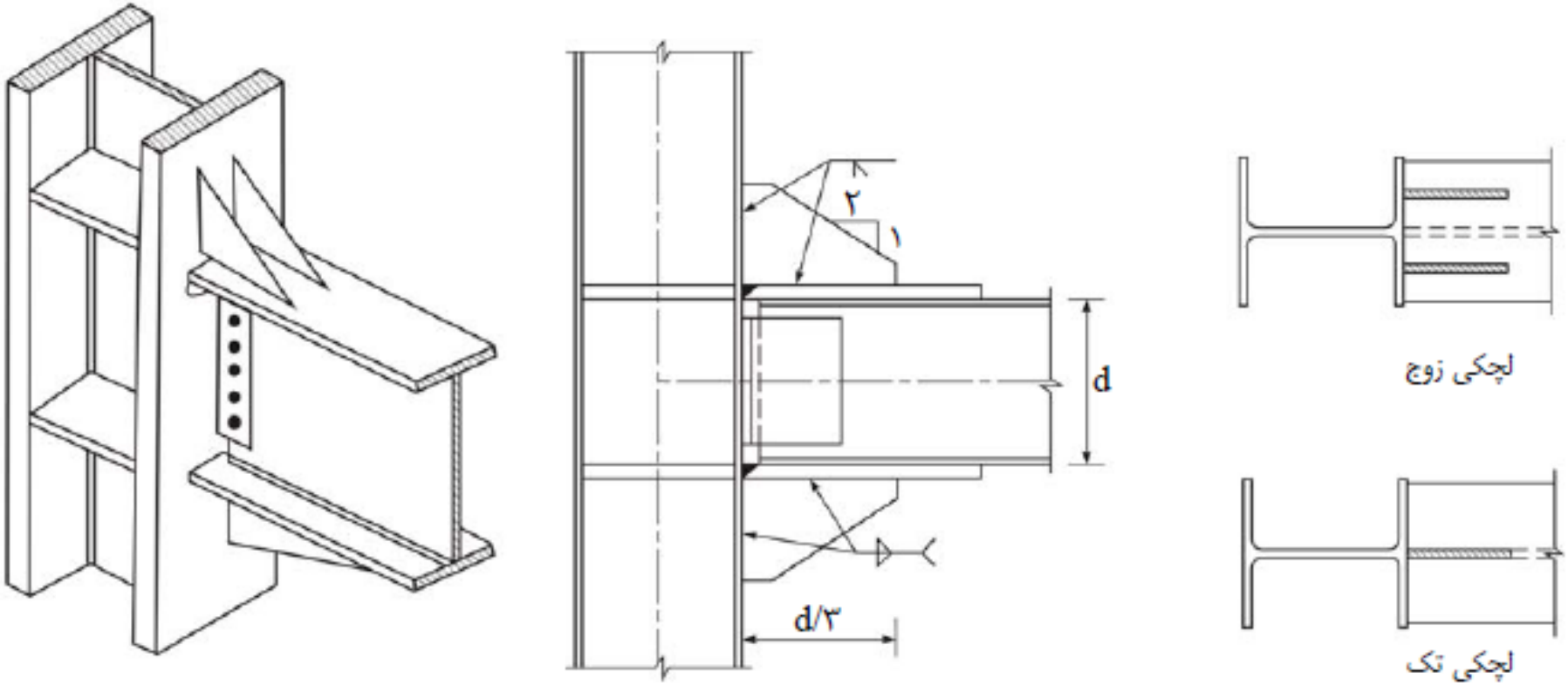
تقویت اتصال با ورق زیرسري و روسري مضاعف

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



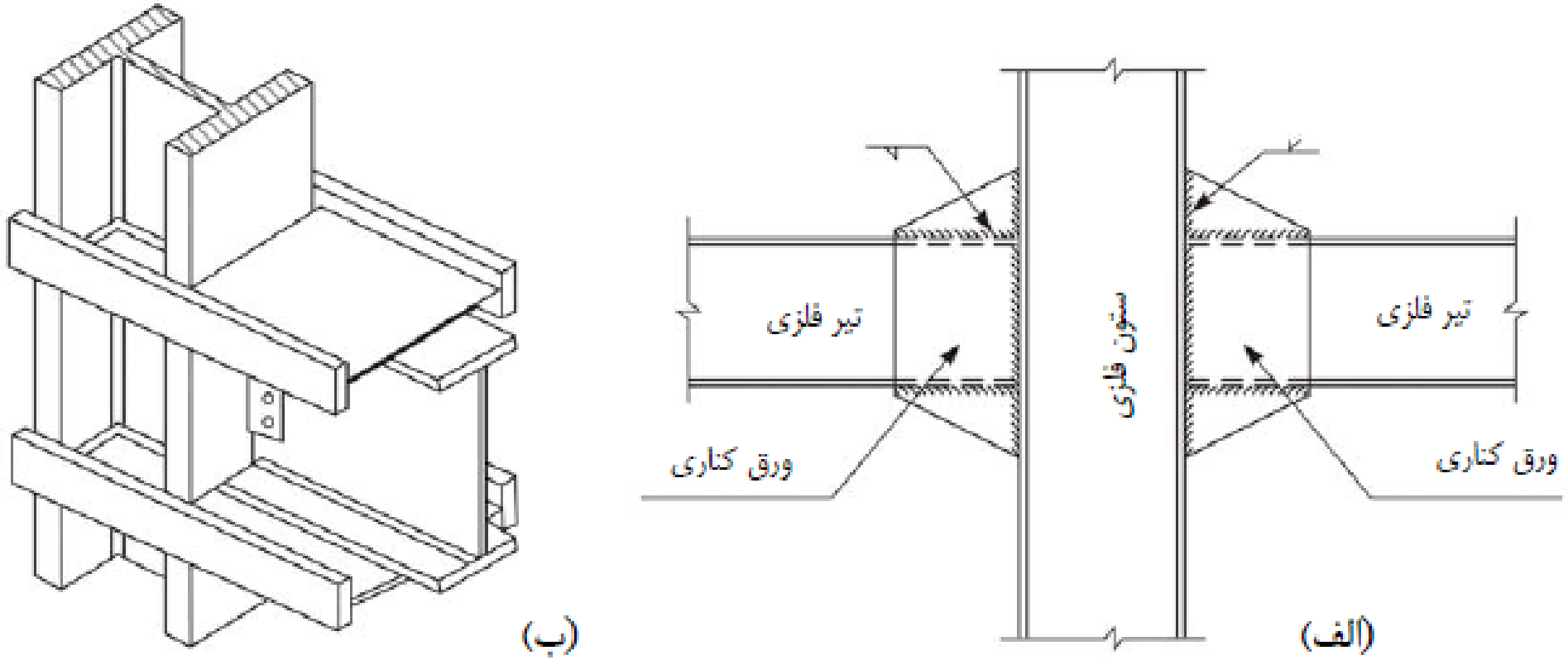
جزییات ماهیچه تحتاني براي تقويت اتصال

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



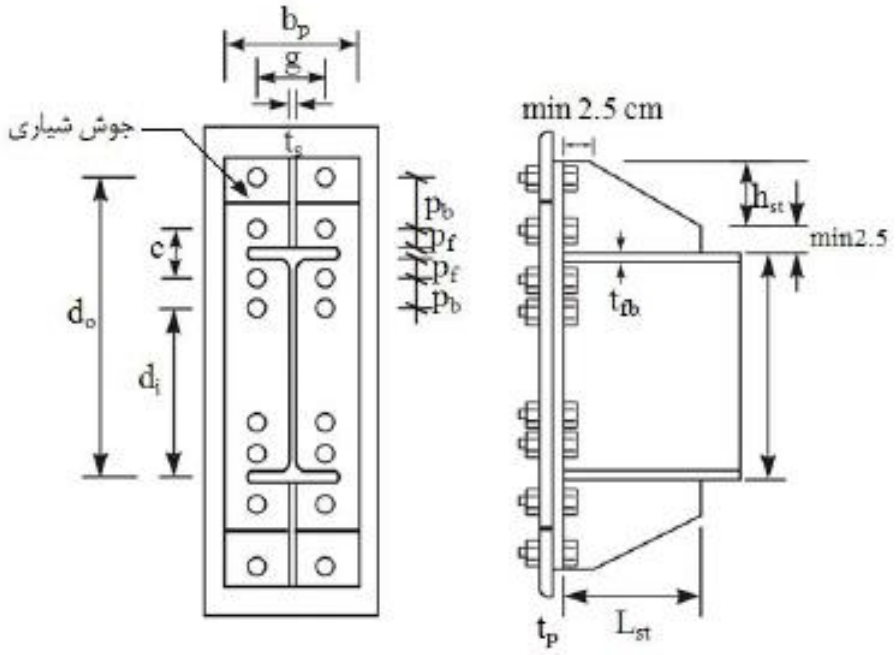
شکل ۲-۶-۴۳ تقویت اتصال با استفاده از لچکی های قائم در بال فوقانی و تحتانی

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

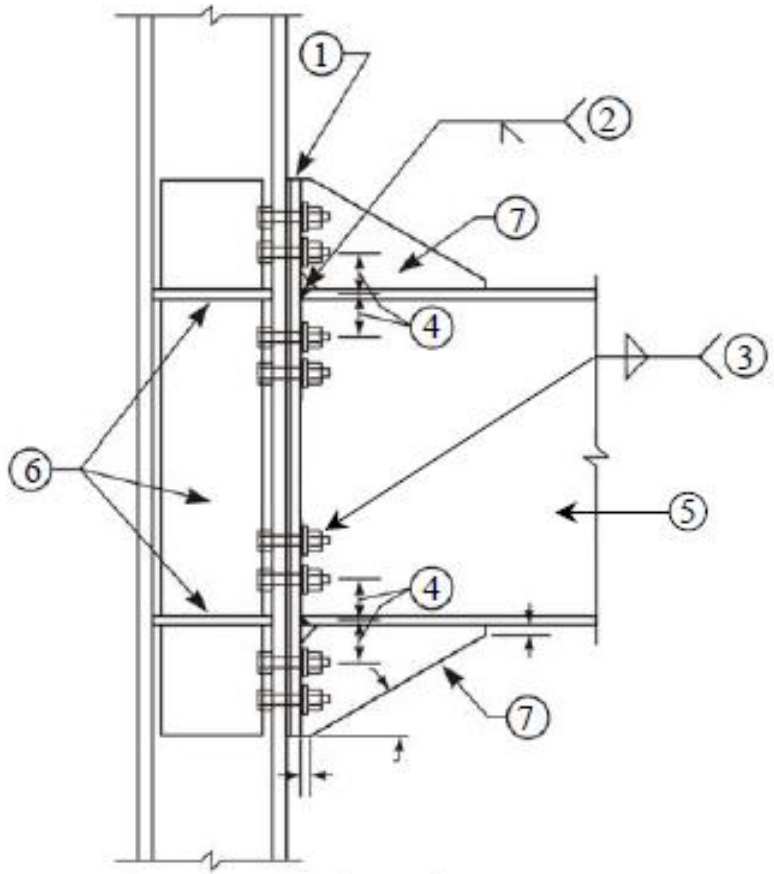


مقاوم سازي اتصال فولادي با استفاده از ورق كناري

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



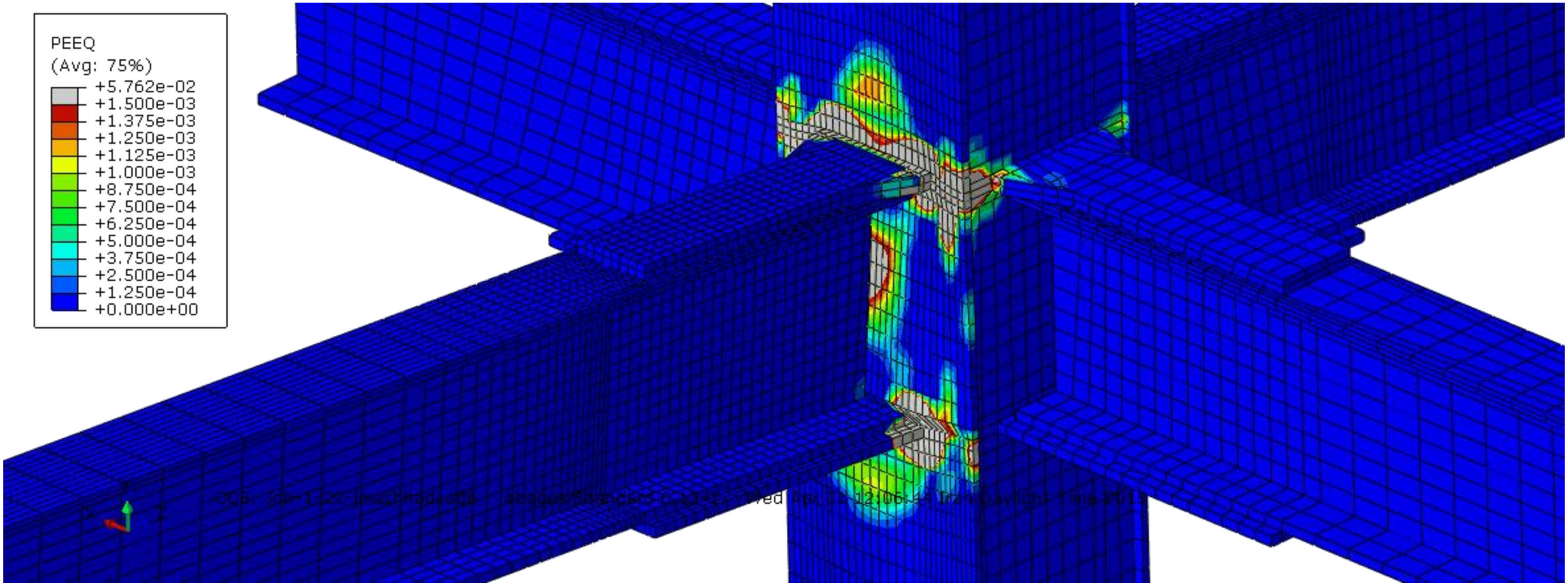
$$L_{st}=\frac{h_{st}}{\tan 30^\circ}$$



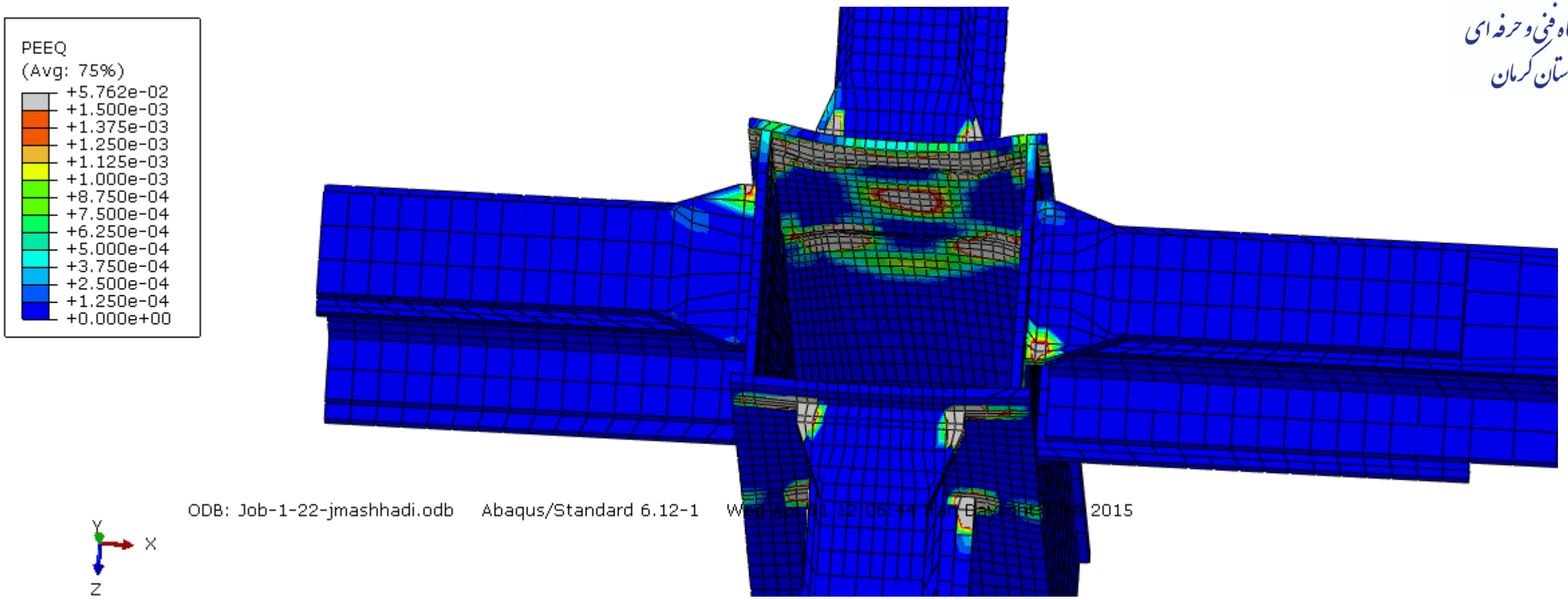
۱- ورق انتهایی
۲- جوش شیاری نفوذی، مطابق نشریه ۰۲۲۸
۳- پیچ‌های پیش‌تنیده 8.8 یا 10.9
۴- کنترل موقعیت پیچ‌ها.
۵- تیر
۶- ورق پیوستگی
۷- سخت‌کننده

اتصال پیچی با ورق انتهایی سخت شده

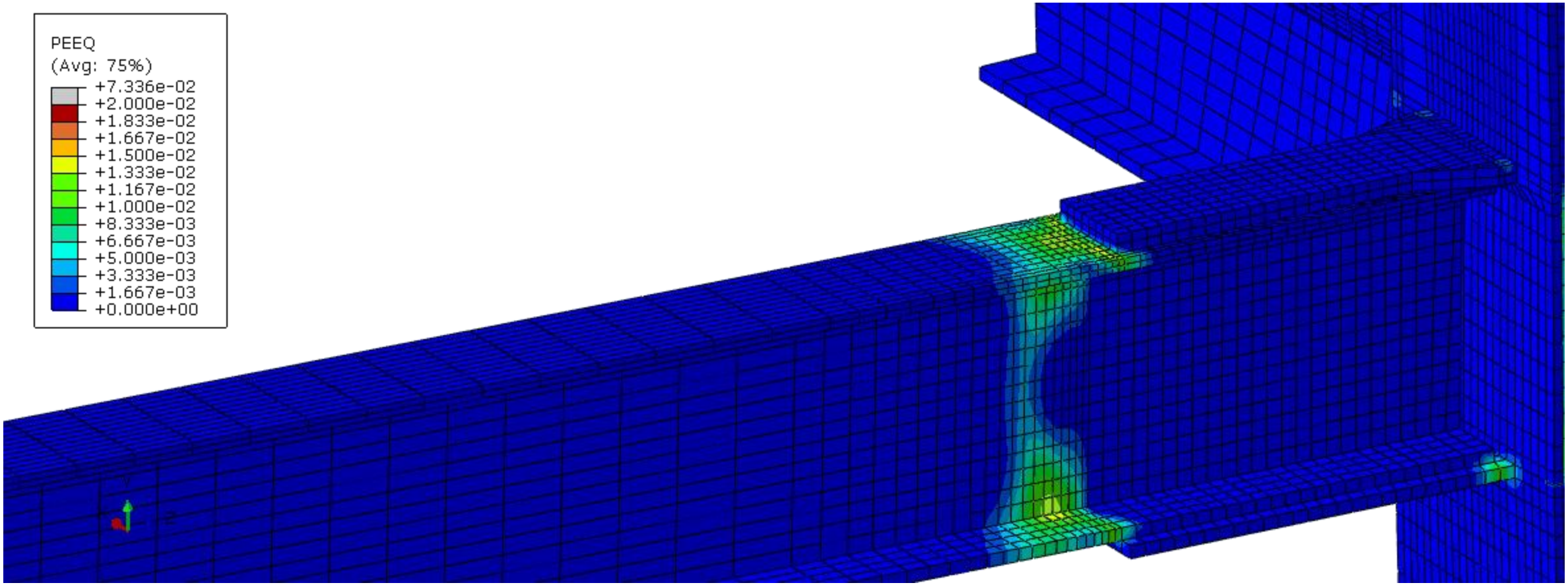
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



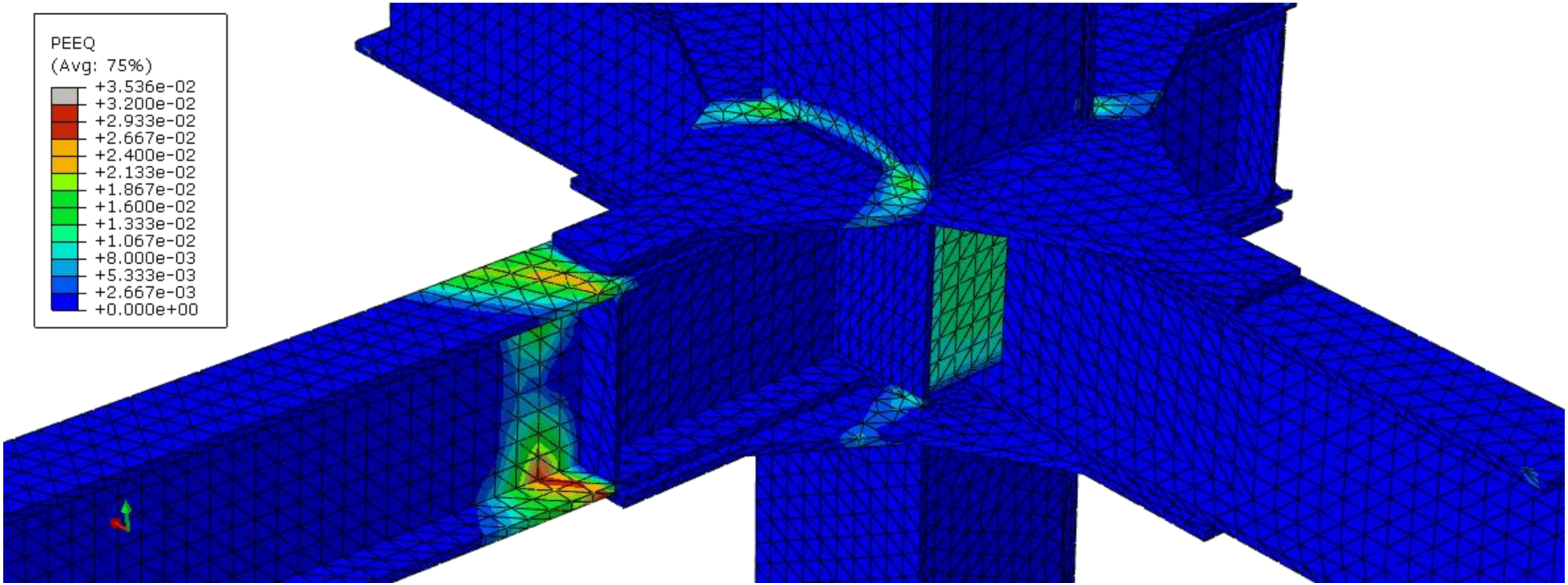
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



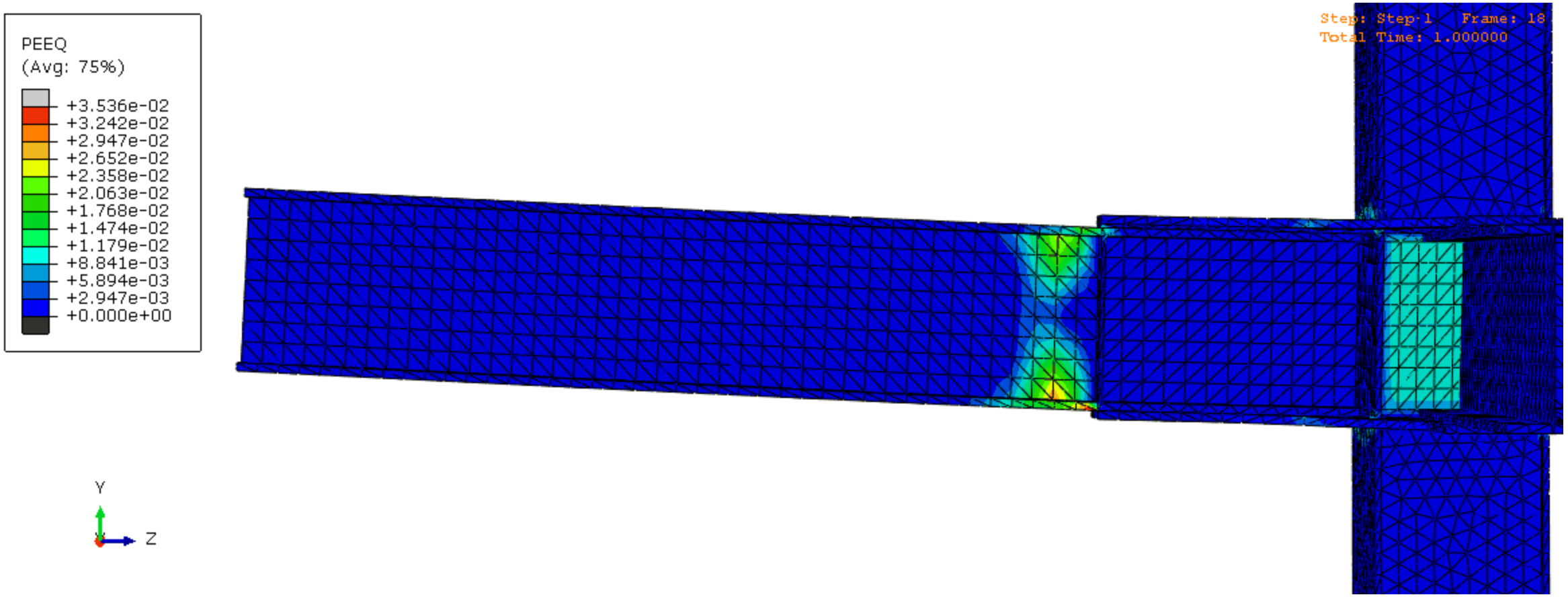
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



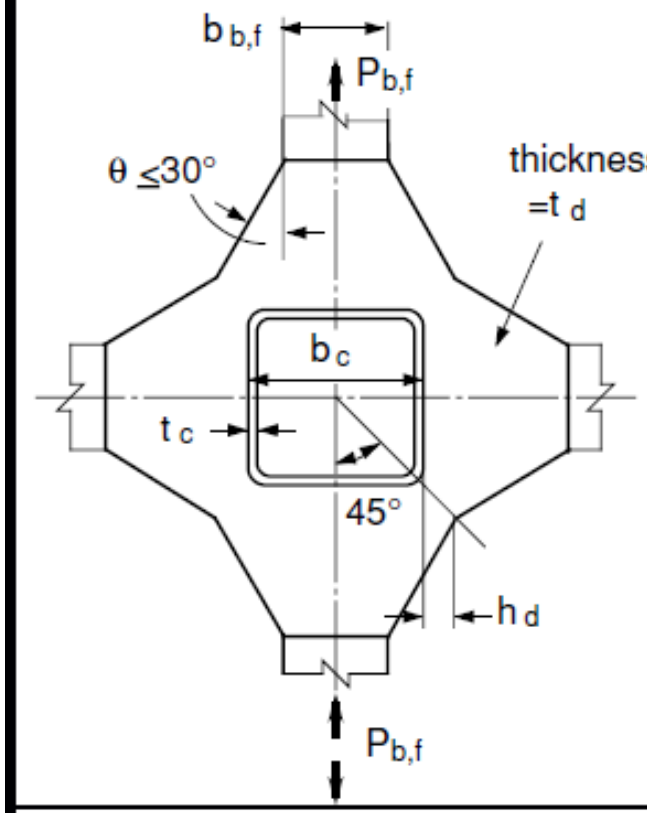
راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا



راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

Shape of external diaphragm	Ultimate resistance equation
	$P_{b,f}^* = 3.17\left(\frac{t_c}{b_c}\right)^{2/3}\left(\frac{t_d}{b_c}\right)^{2/3}\left(\frac{t_c + h_d}{b_c}\right)^{1/3} b_c^2 f_{d,u}$ (2) where $\frac{b_c/2 + h_d}{t_d} \leq \frac{240}{\sqrt{f_{d,y}}}$ Symbols: $f_{d,y}$ = Yield strength of diaphragm material $f_{d,u}$ = Ultimate tensile strength of diaphragm material $P_{b.f}$ = Axil load in tension or compression flange

Range of validity			
$17 \leq \frac{b_c}{t_c} \leq 67$	$0.07 \leq \frac{h_d}{b_c} \leq 0.4$	$0.75 \leq \frac{t_d}{t_c} \leq 2.0$	$\theta \leq 30°$

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

جواد مشهدی سراسیابی

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

راهکارهای اصلاح موضعی اجزا

بهسازی سیستم

راهبردهای انتخابی جهت بهسازی سیستم باربر جانبی سازه

الف- حذف یا کاهش نامنظمی در سازه

ب- تامین سختی جانبی لازم برای کل سازه؛

پ- تامین مقاومت لازم برای کل سازه؛

ت- کاهش جرم ساختمان؛

ث- کامل نمودن مسیر بار؛

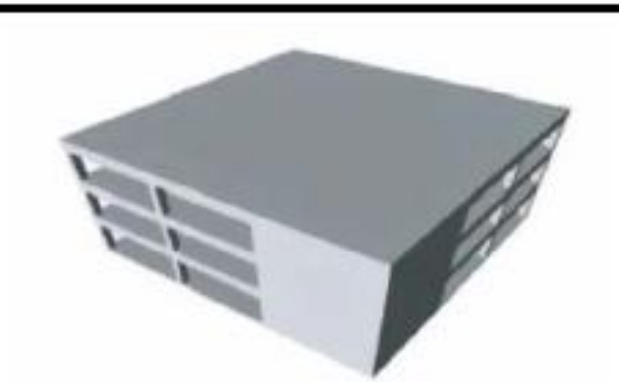
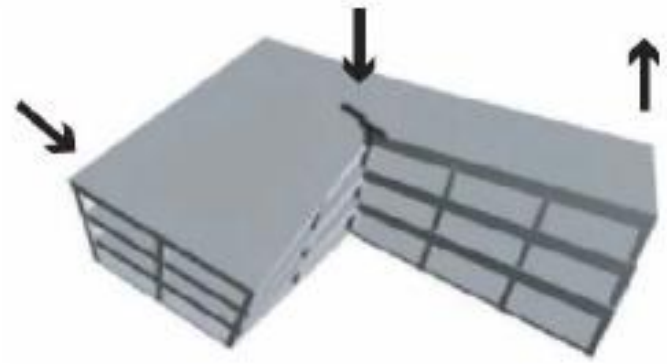
ج- افزایش انسجام ساختمان با کلاف بندی؛

چ- تغییر کاربری به منظور کاهش سطح عملکرد مورد انتظار از ساختمان؛

ح- به کارگیری سیستم های جاذب انرژی؛

خ- به کارگیری سیستم جداساز لرزه ای؛

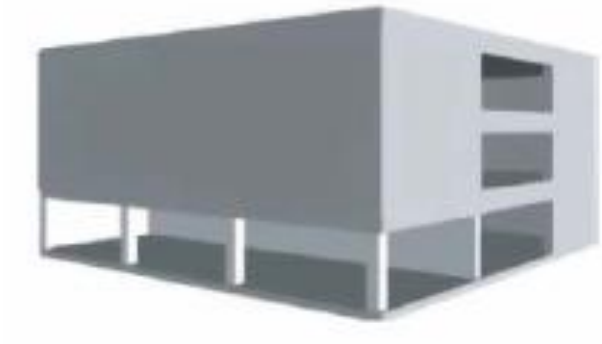
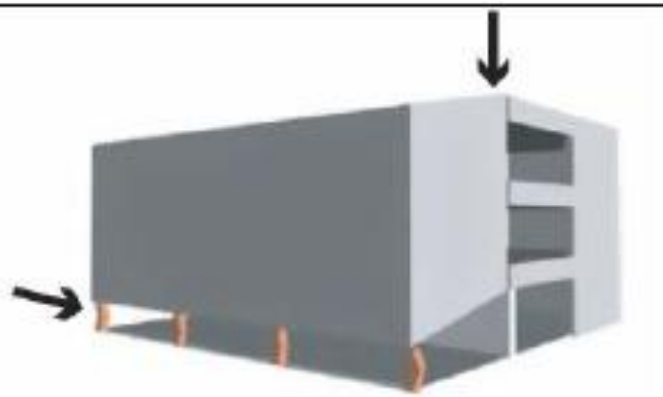
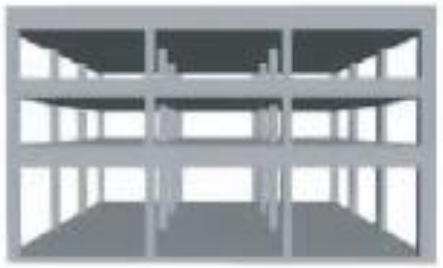
بهسازی سیستم

نوع نامنظمی	شکل و موقعیت ساختمان در پلان	مکانیسم خرابی
نامنظمی پیچشی		
وجود کنج‌های فرو رفته (شکل L)		

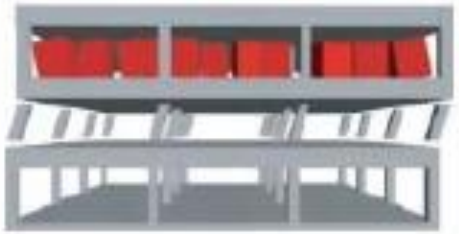
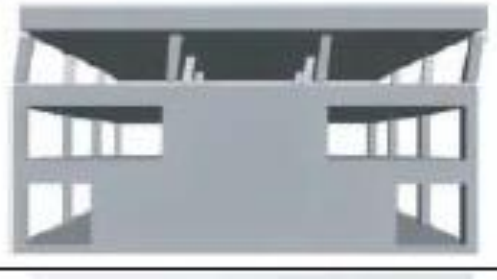
بهسازی سیستم

نوع نامنظمی	شکل و موقعیت ساختمان در پلان	مکانیسم خرابی
وجود بازشوهای بزرگ در دیافراگم‌ها		
موازی و متعامد نبودن سیستم‌های باربر جانبی		

بهسازی سیستم

نوع نامنظمی	شکل و موقعیت ساختمان در پلان	مکانیسم خرابی
قطع دیوارهای برشی (سیستم باربر جانبی) در ارتفاع		
وجود طبقهٔ نرم		

بهسازی سیستم

نوع نامنظمی	شکل و موقعیت ساختمان در پلان	مکانیسم خرابی
توزیع نامنظم جرم در ارتفاع		
بکارگیری سیستمهای متفاوت در ارتفاع		

بهسازی سیستم

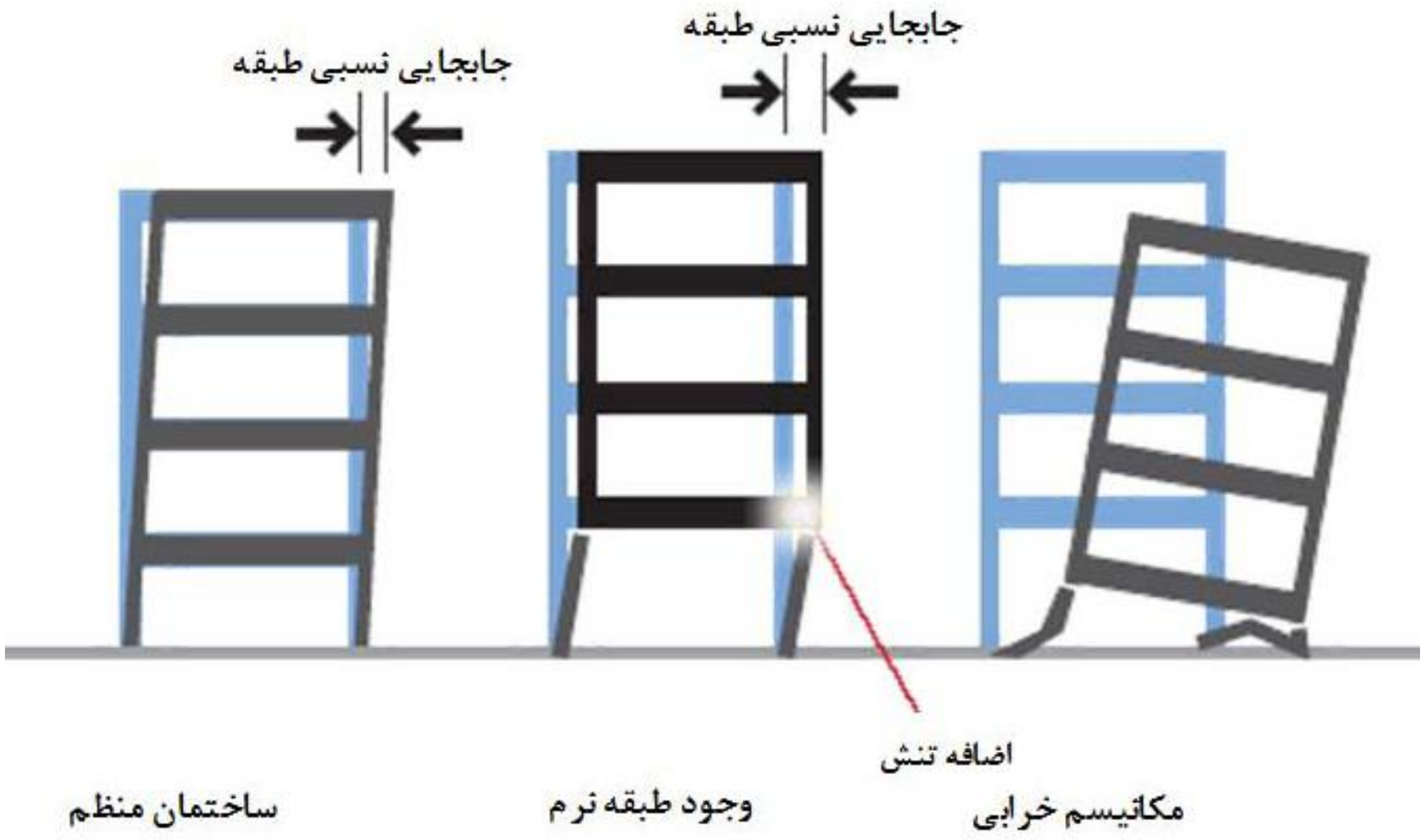
نوع نامنظمی	شکل و موقعیت ساختمان در پلان	مکانیسم خرابی
نامنظمی در مسیر انتقال بار*		
وجود طبقهٔ ضعیف		

طبقه نرم

وجود طبقه نرم یکی از معایب بسیار متداول در ساختمان ها می باشد. مطابق آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سو م)، طبقه ای که سختی جانبی آن کمتر از ۷۰ درصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۸۰ درصد متوسط سختی سه طبقه روی خود باشد، طبقۀ نرم نامیده می شود.

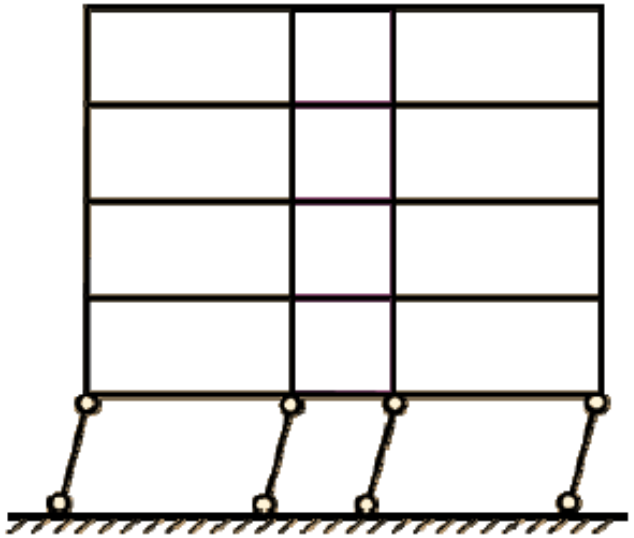
یکی از مشخصه های اصلی طبقه نرم ناپیوستگی در استحکام یا سختی است که در اتصالات ایجاد می شود. این ناپیوستگی بدین سبب ایجاد می شود که هرچه طبقۀ نرم ساختما ن ، استحکام کمتر و یا انعطاف پذیری بیشتری داشته باشد، تغییر شکل های بیشتری در آن ایجاد می شود که به نوبۀ خود به تمرکز نیروها در اتصالات می انجامد

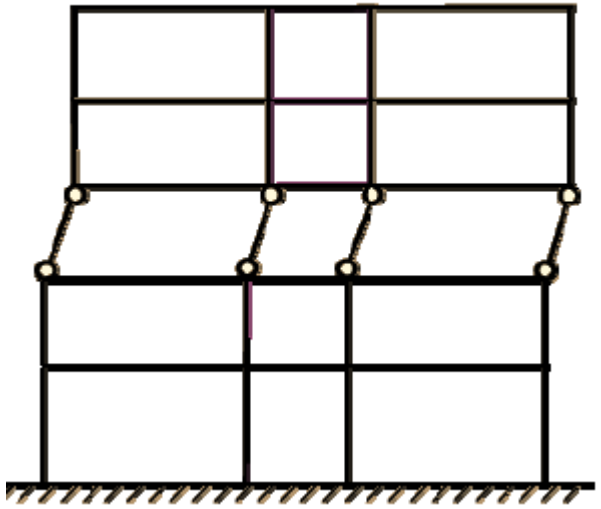
بهسازی سیستم



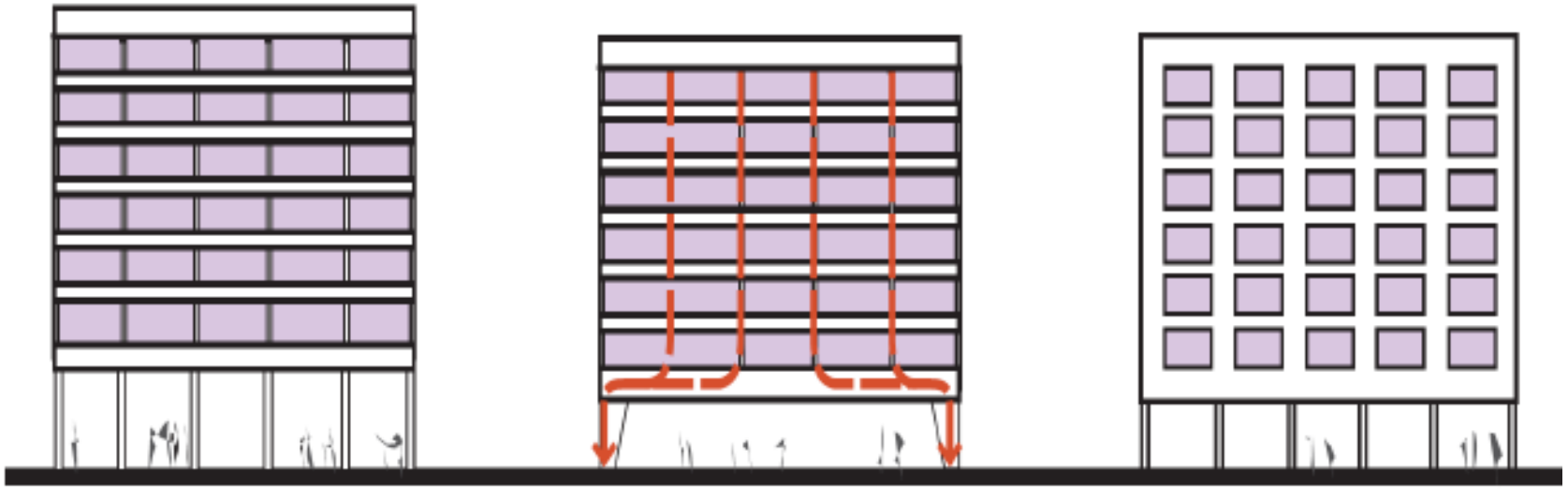
مکانیسم ایجاد طبقه نرم

بهسازی سیستم





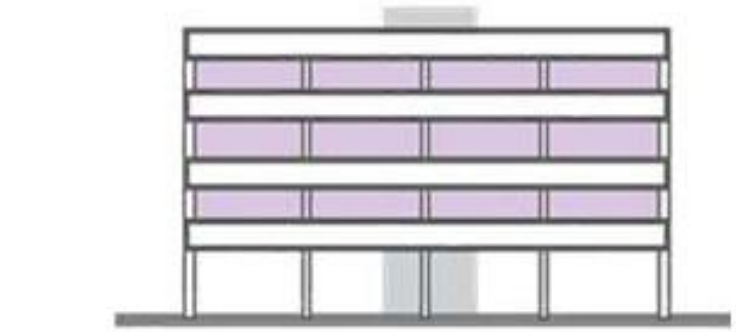
بهسازی سیستم

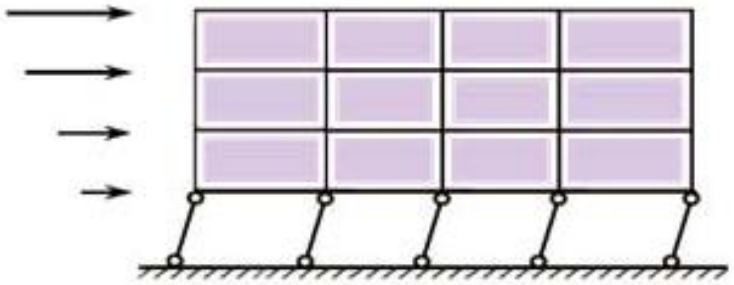


طبقات فوقانی سنگین　　انقطاع در مسیر بارهای ثقلی و قائم　　انعطاف‌پذیری زیاد طبقه اول

عوامل به وجود آمدن طبقه نرم

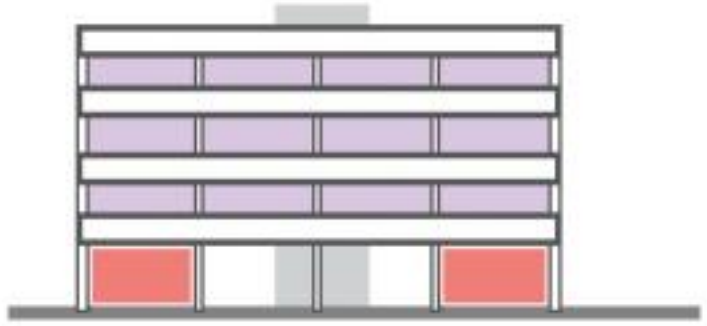
بهسازی سیستم



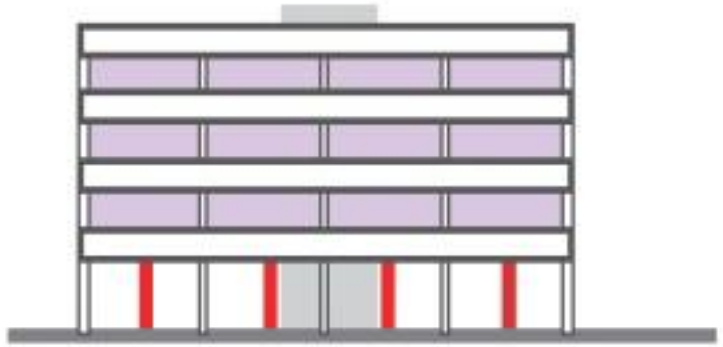


وجود طبقهٔ نرم در اولین تراز ساختمان- انتخاب افزایش مقاومت و سختی سازه به عنوان راهبرد بهسازی

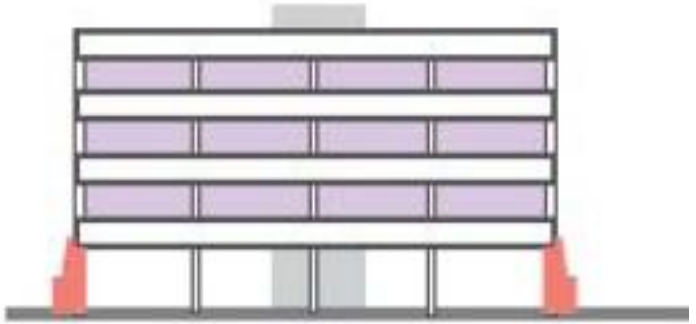
بهسازی سیستم



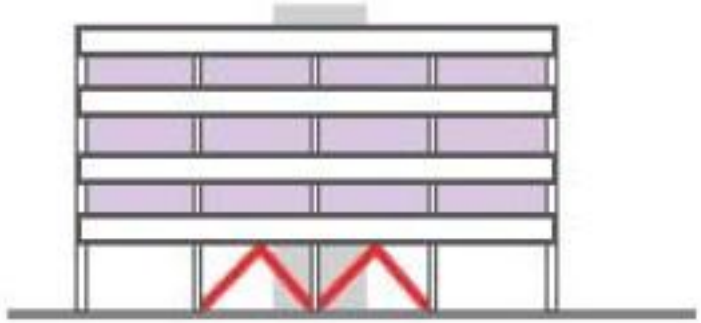
الف- اضافه کردن دیوار برشی



ب- اضافه کردن قاب خمشی



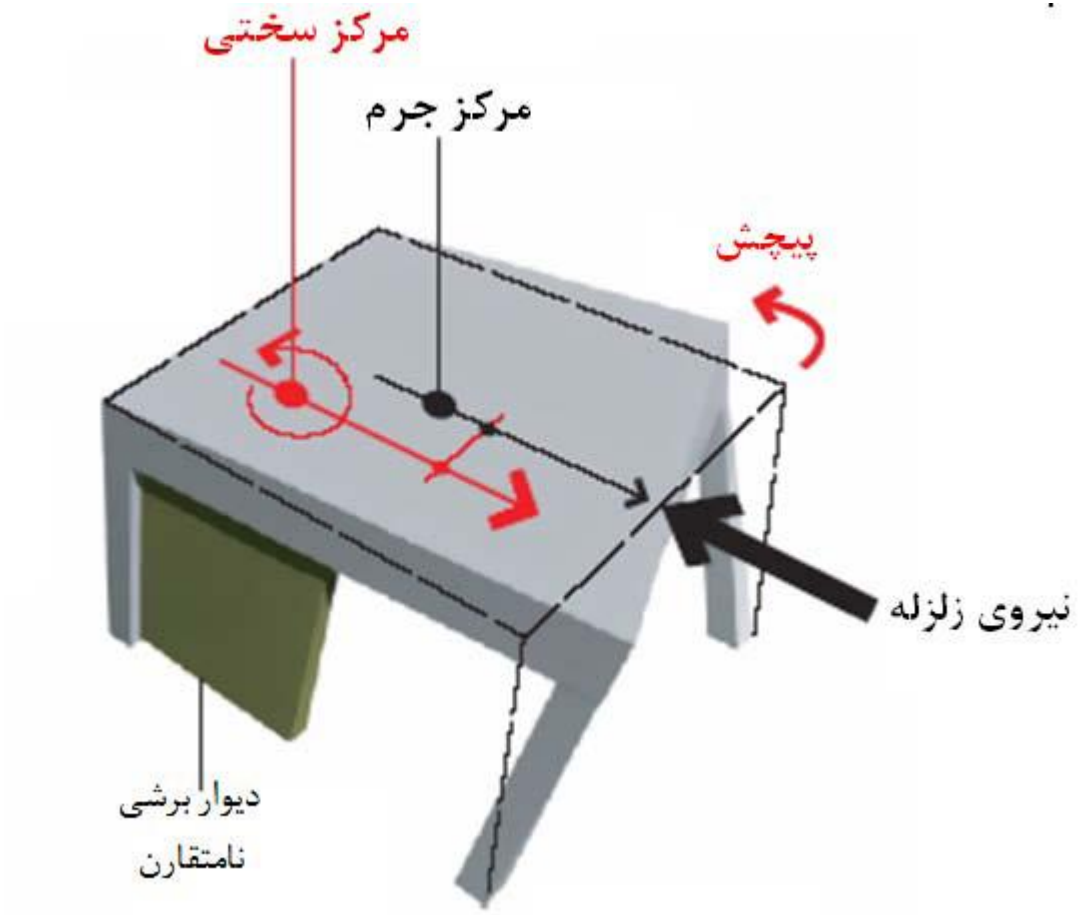
پ- اضافه کردن دیوار حائل

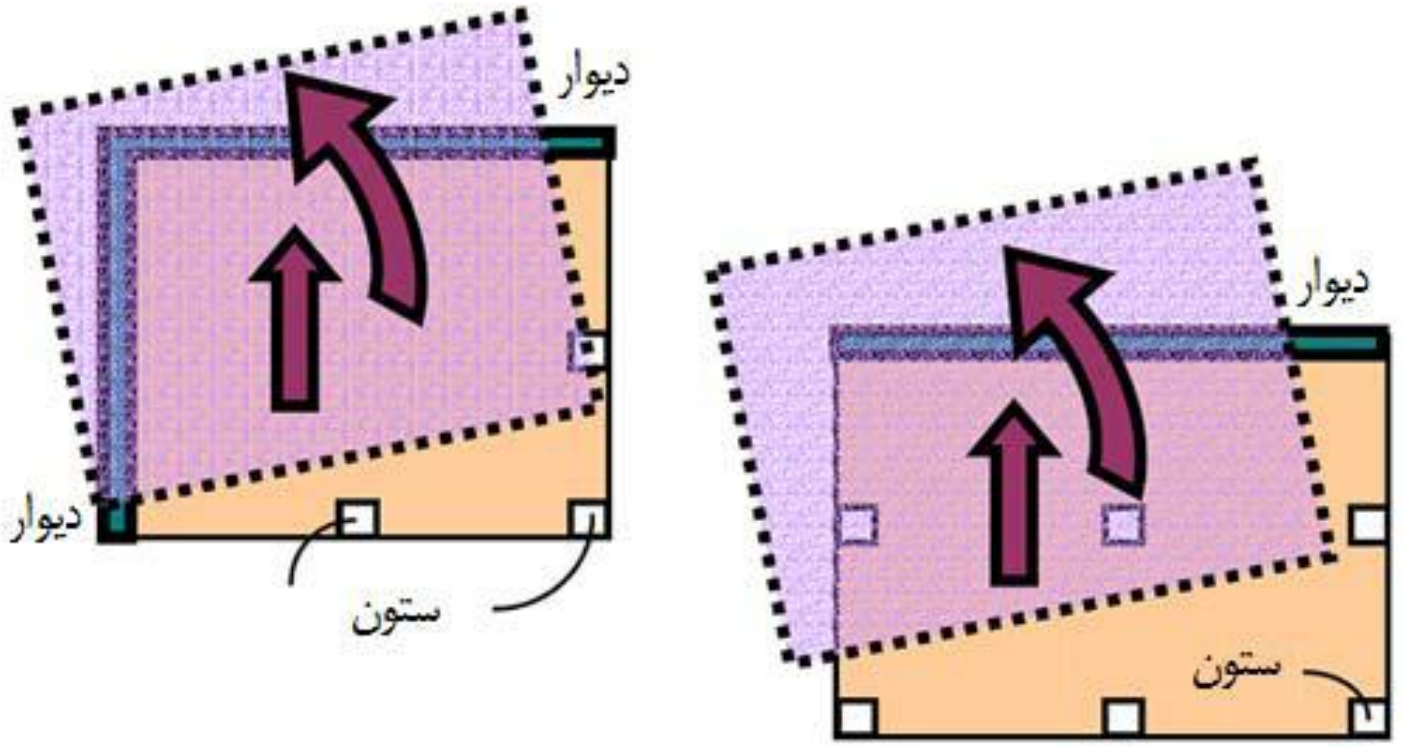


ت- اضافه کردن مهاربند فلزی

راهکارهاي بکار گرفته شده براي حذف نامنظمي و اصلاح طبقه نرم

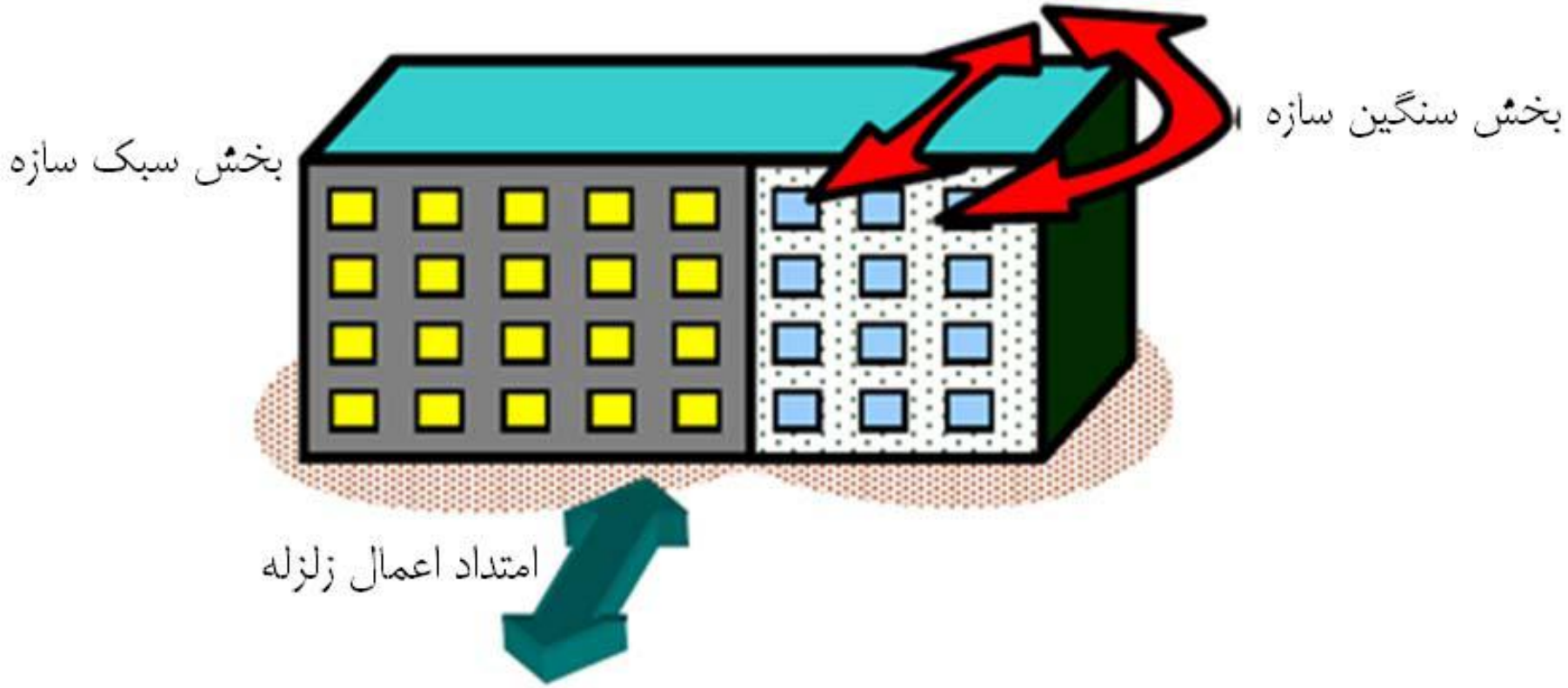
نامنظمی پیچشی





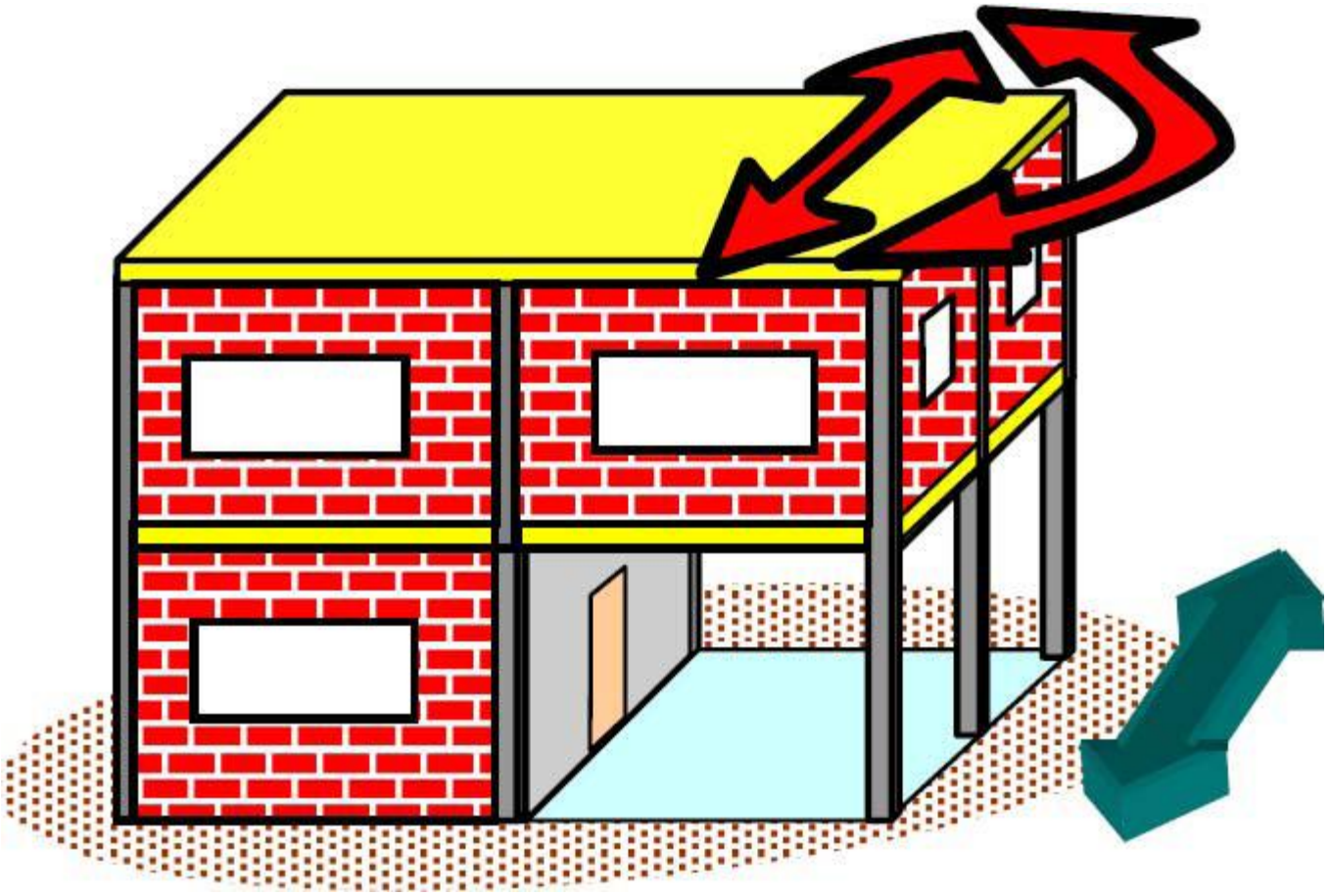
نحوه ایجاد پیچش به دلیل وجود دیوار برشي نامتقارن

بهسازی سیستم



نحوه ایجاد پیچش به علت توزیع نامتقارن جرم ساختمان

بهسازی سیستم



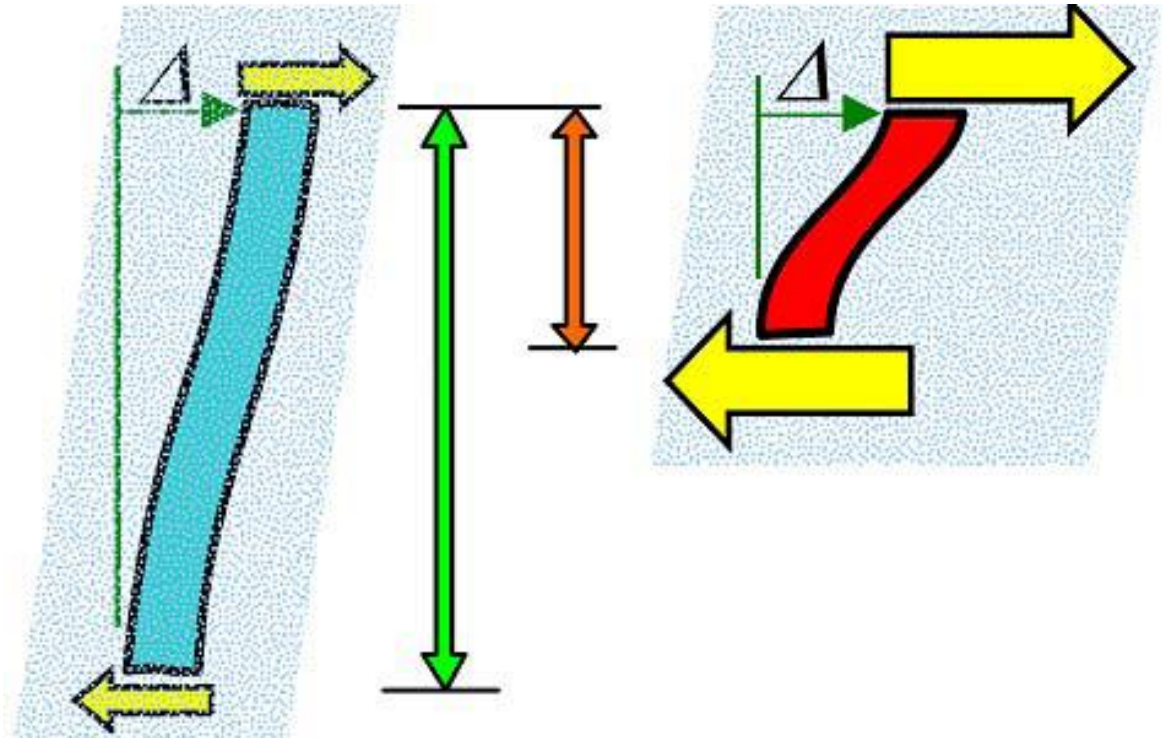
نامنظمي به دليل تغييرات مقاومت و سختي در طول محيط ساختمان

ستون کوتاه

شکست تُرد و برشی ستون ها به دلیل ماهیت ناگهانی آن بدترین نوع شکست می باشد.

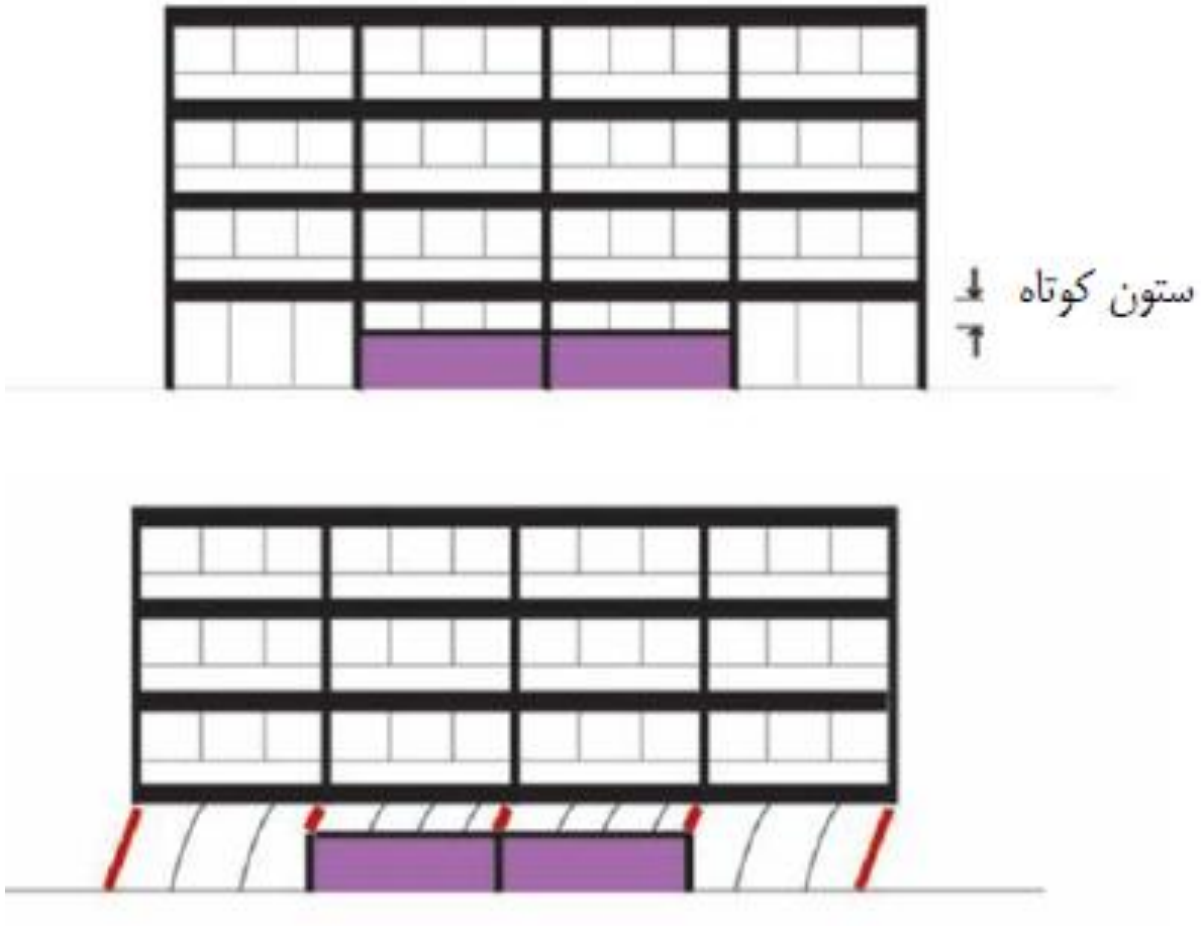
به همین دلیل همواره سعی بر آن است که مکانیسم کنترل کننده خرابی ستون بصورت خمشی باشد و ستون نباید به عنوان عضو ضعیفی در قاب سازه ای عمل نماید .

شکست برشی ستون را اصطلاحا ستون کوتاه می گویند و باید همواره سازه به گونه ای طراحی و یا مقاوم سازی گردد که از وقوع آن جلوگیری شود.



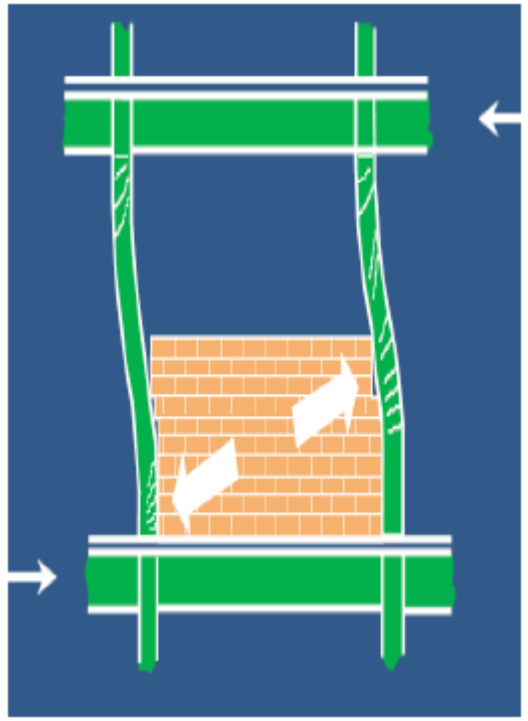
ایجاد برش و دورا نهای زیاد در ستو نهای کوتاه

بهسازی سیستم



تشکیل مکانیسم ستون کوتاه

بهسازی سیستم

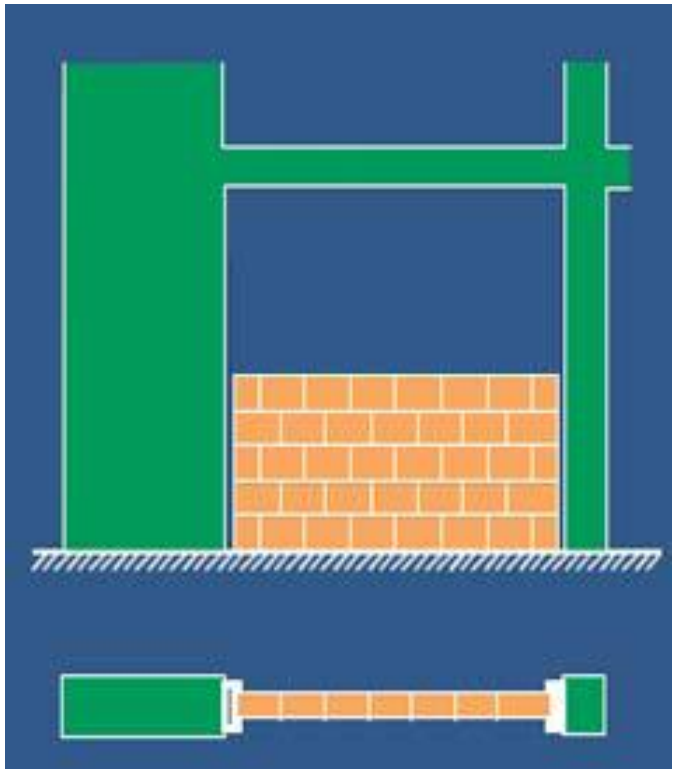


مکانیسم ستون کوتاه و در نتیجه خرابي سازه

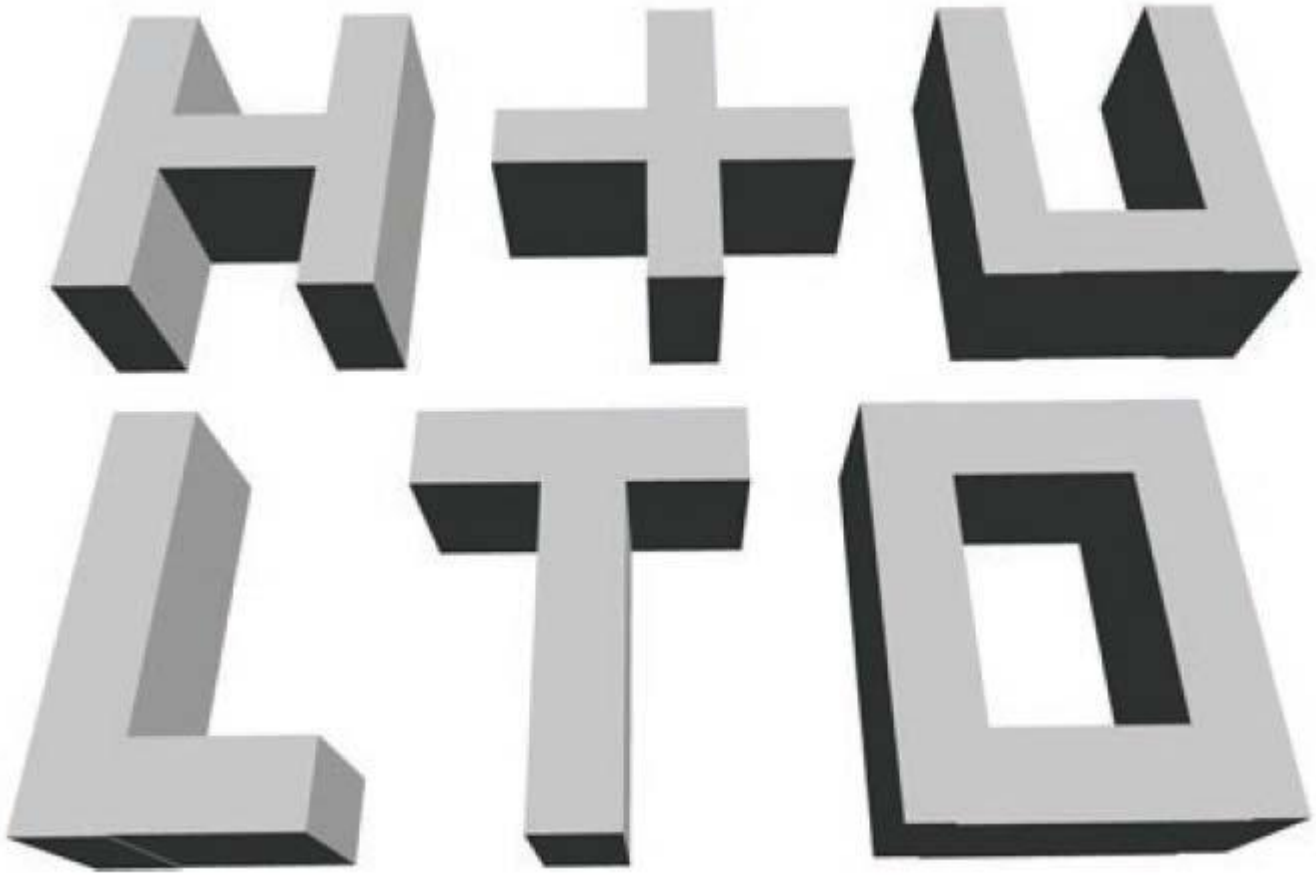
بهسازی سیستم

راهكارهاي حذف ستون كوتاه شامل دو دسته كلي مي باشد

اجراي جزئيات مناسب و شكل پذير در ستون ها

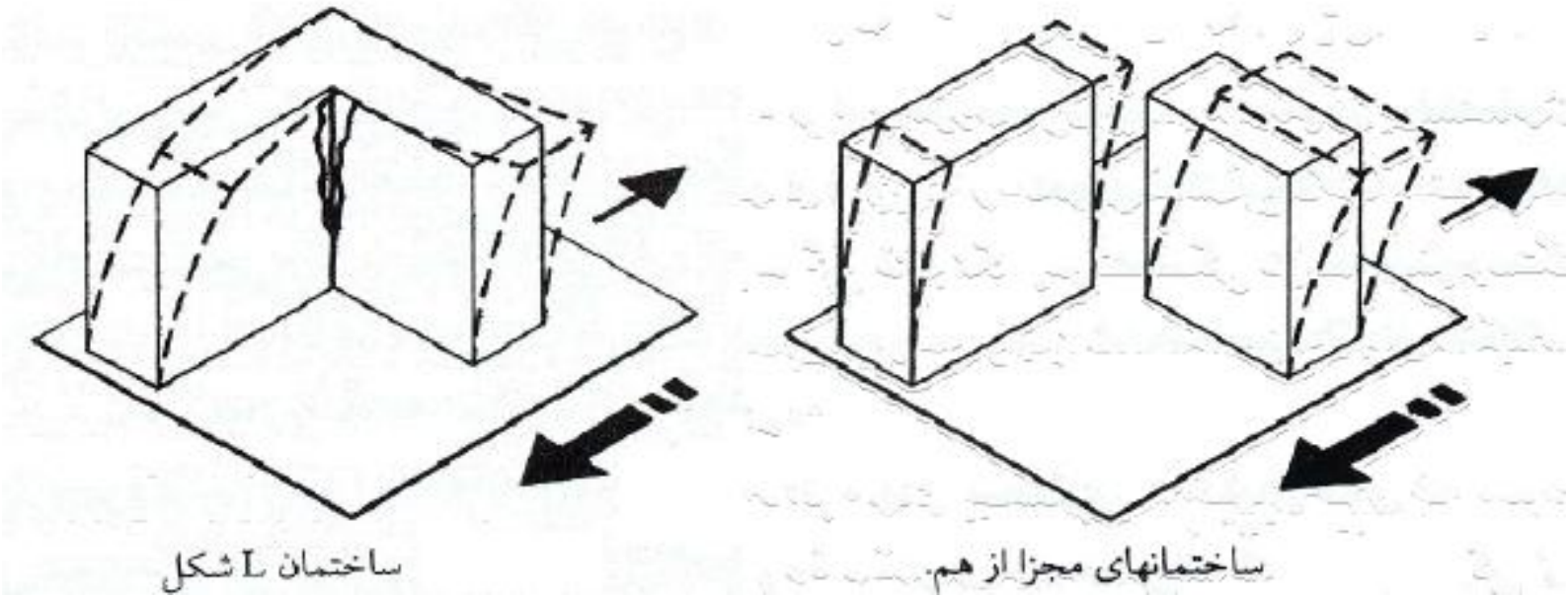


جداسازي ديوار و ستون



انواع پلان با گوشه هاي فرورفته

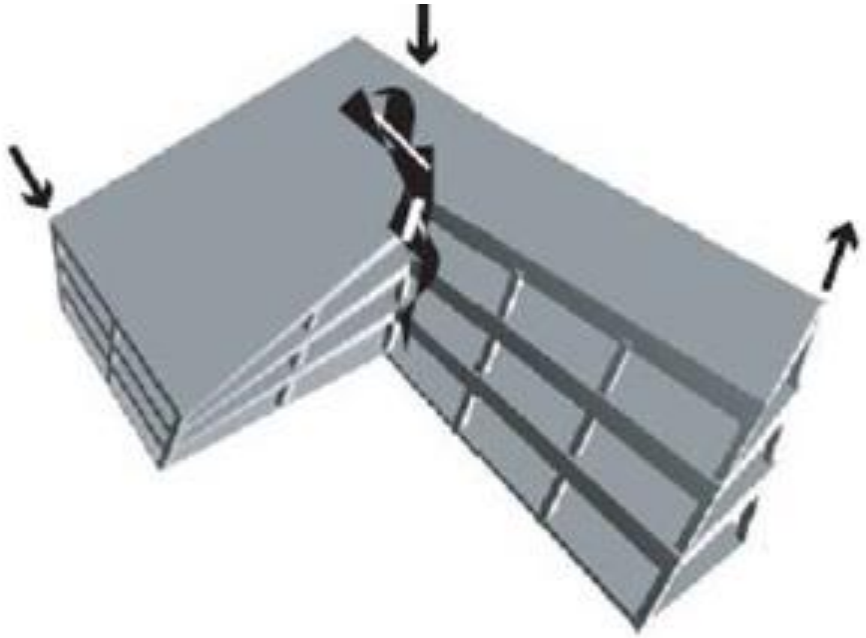
بهسازی سیستم

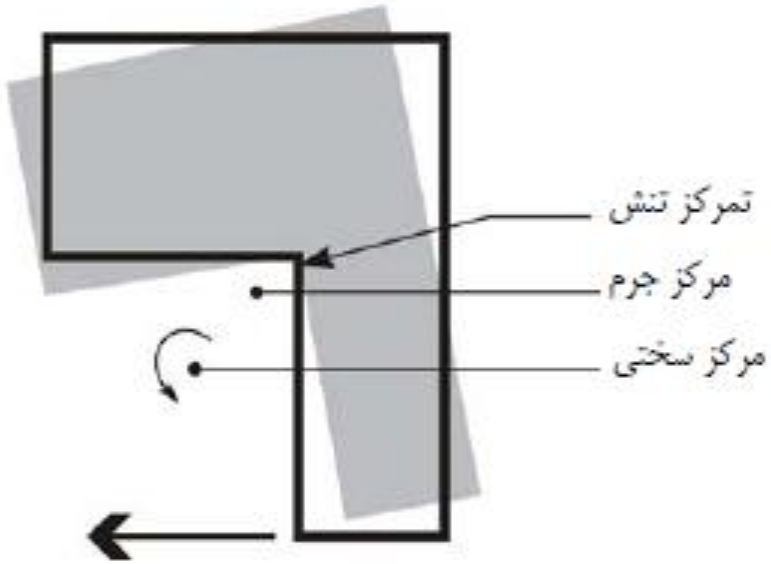


ساختمانهای مجزا از هم.

ساختمان L شکل

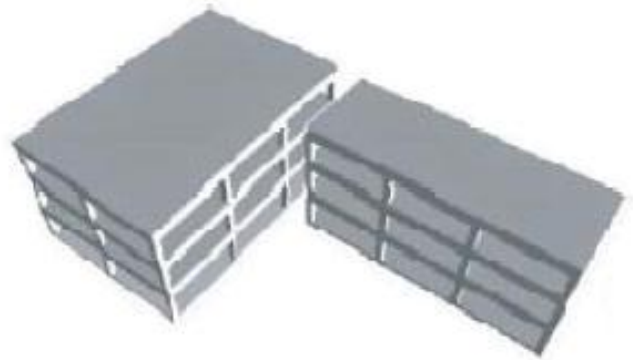
بهسازی سیستم



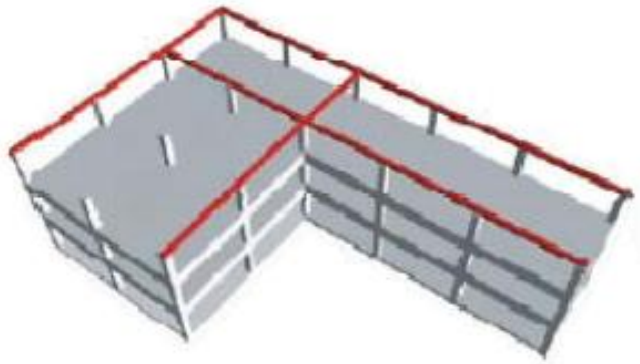


ايجاد پيچش و تمركز تنش در ساختمانهاي با نامنظمي گوش ههاي فرورفته

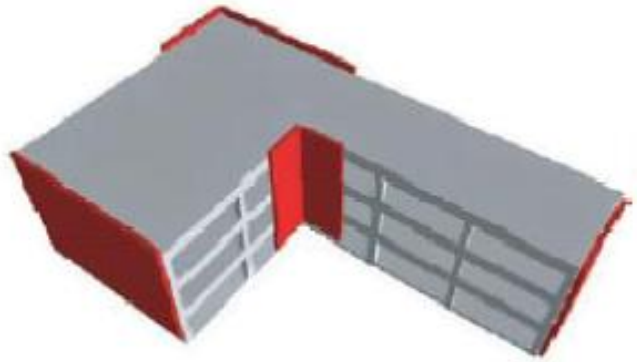
بهسازی سیستم



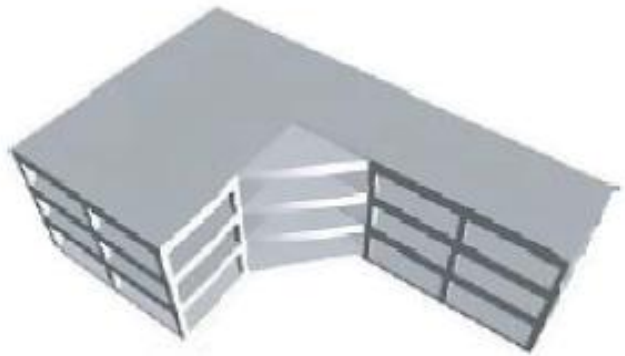
الف- جداسازی ساختمانها



ب- یکپارچه سازی با مقاوم سازی عناصر محیطی



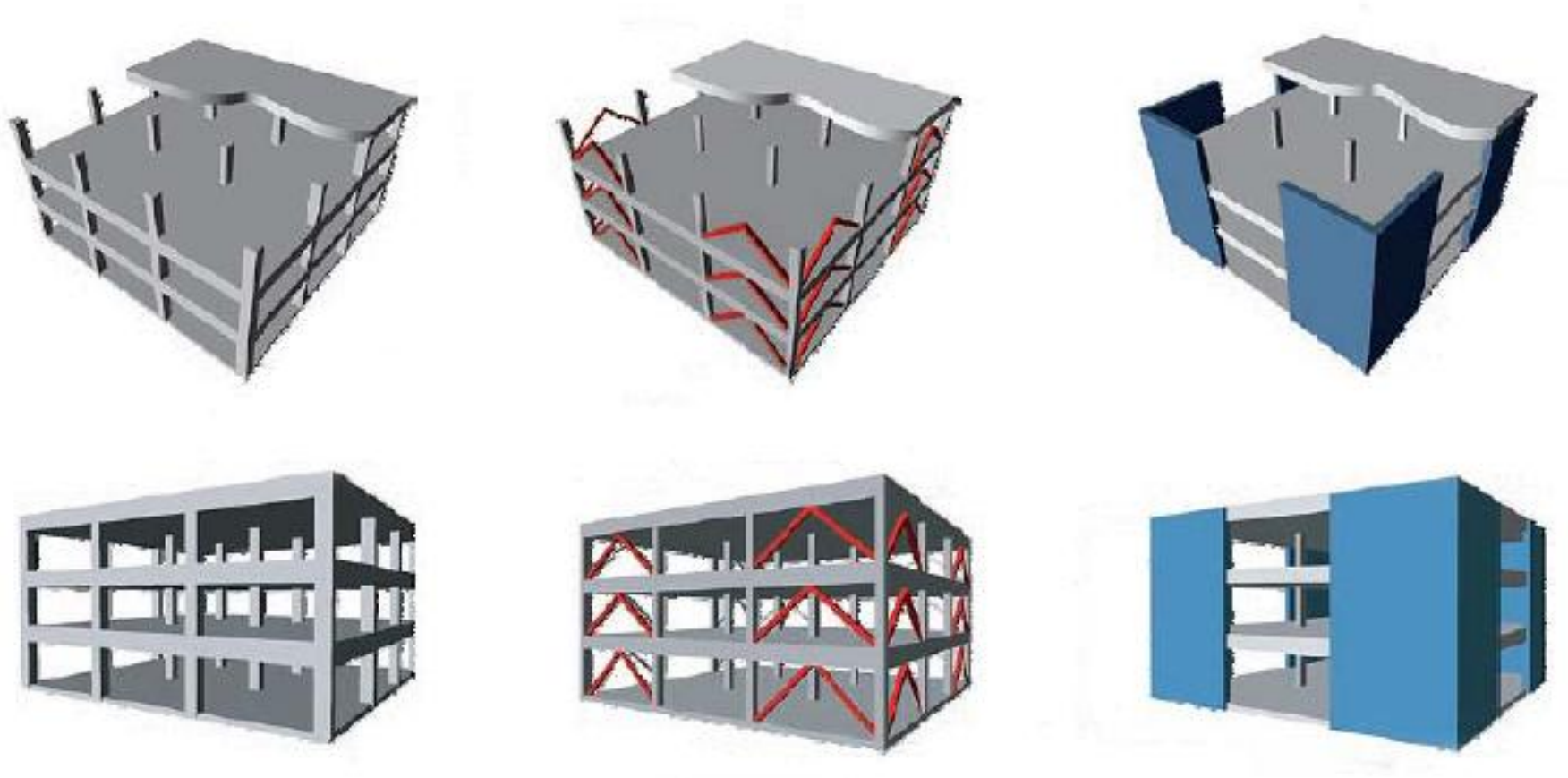
ج- تقویت موضعی اجزا درمحل خطوط تمرکز تنش



د- حذف کنج های فرورفته با استفاده از پخی‌ها

بعضي از راهكارهاي ارائه شده براي رفع پيچش و تمركز تنش در ساختمانهاي با نامنظمي گوش ههاي فرورفته

افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه



افزايش مقاومت و سختي سازه بوسيله اضافه نمودن قاب خمشي، مهاربند و ديوار برشي

افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه

مقايسه رفتار كيفي سيستم هاي مختلف ساز هاي

سیستم‌های سازه‌ای	مقاومت	شکل‌پذیری
مهاربند CBF	خوب	متوسط
دیواربرشی بتنی معمولی	بسیارخوب	خوب
دیواربرشی بتنی متوسط	بسیارخوب	بسیار خوب
دیواربرشی بتنی ویژه	عالی	عالی
میانقابهای بنایی	کم	کم
میانقابهای مسلح	متوسط	متوسط
مهاربند BRBF	عالی	عالی
مهاربند EBF	بسیارخوب	بسیارخوب
مهاربند ADAS	بسیارخوب	عالی
قاب خمشی معمولی فولادی یا بتنی	متوسط	متوسط
قاب خمشی متوسط فولادی یا بتنی	متوسط	خوب
قاب خمشی ویژه فولادی یا بتنی	متوسط	عالی
دیواربرشی فولادی	خوب	عالی

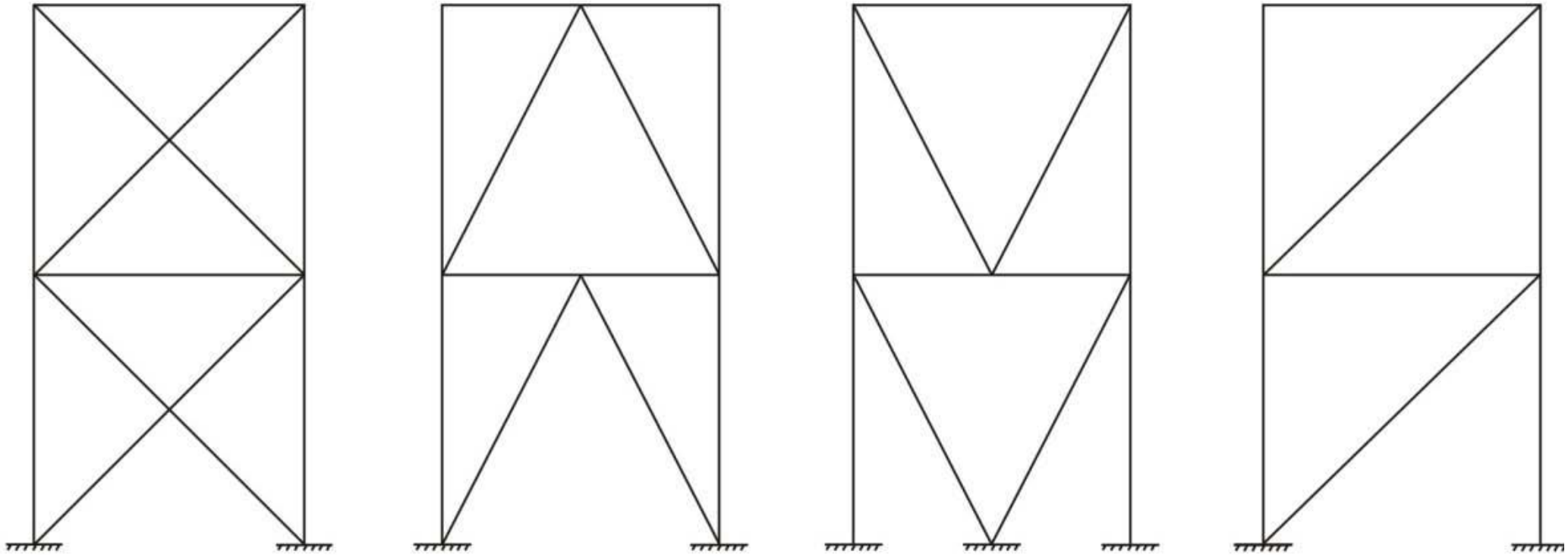
افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه

اضافه نمودن مهاربندها

افزایش مقاومت و شک لپذیری سازه
- اعمال وزن کمتر نسبت به سایر سیستم ها
-امکان استفاده از بازشو و پنجره در قاب مهاربندی شده
- امکان استفاده موثر در طراحی معماری در صورت اضافه شدن مهاربند در نما
- اجرای نسبتا آسان

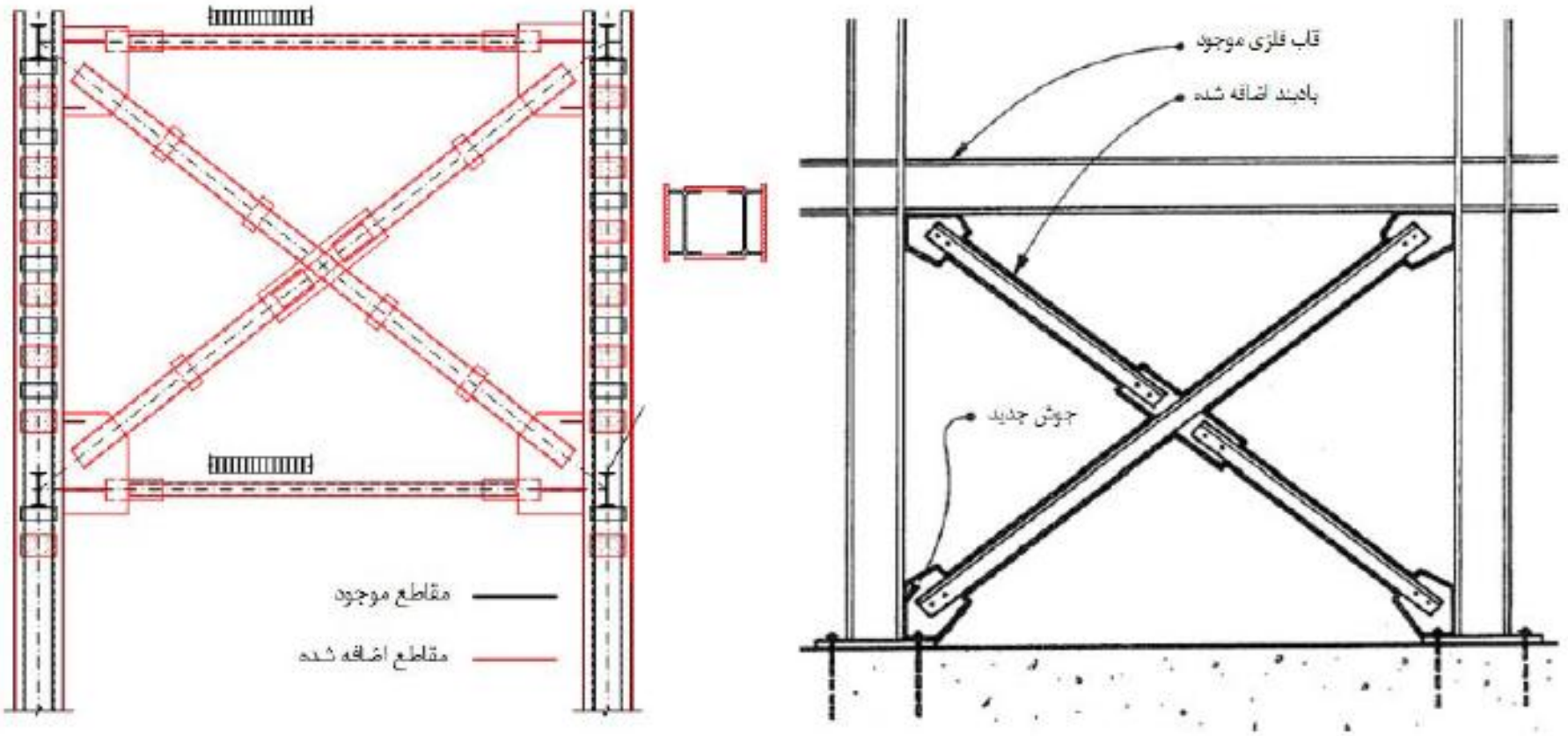
استفاده از مهاربندها بصورت نمایان در ساختمان ها

افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه



انواع مهاربندهاي همگرا

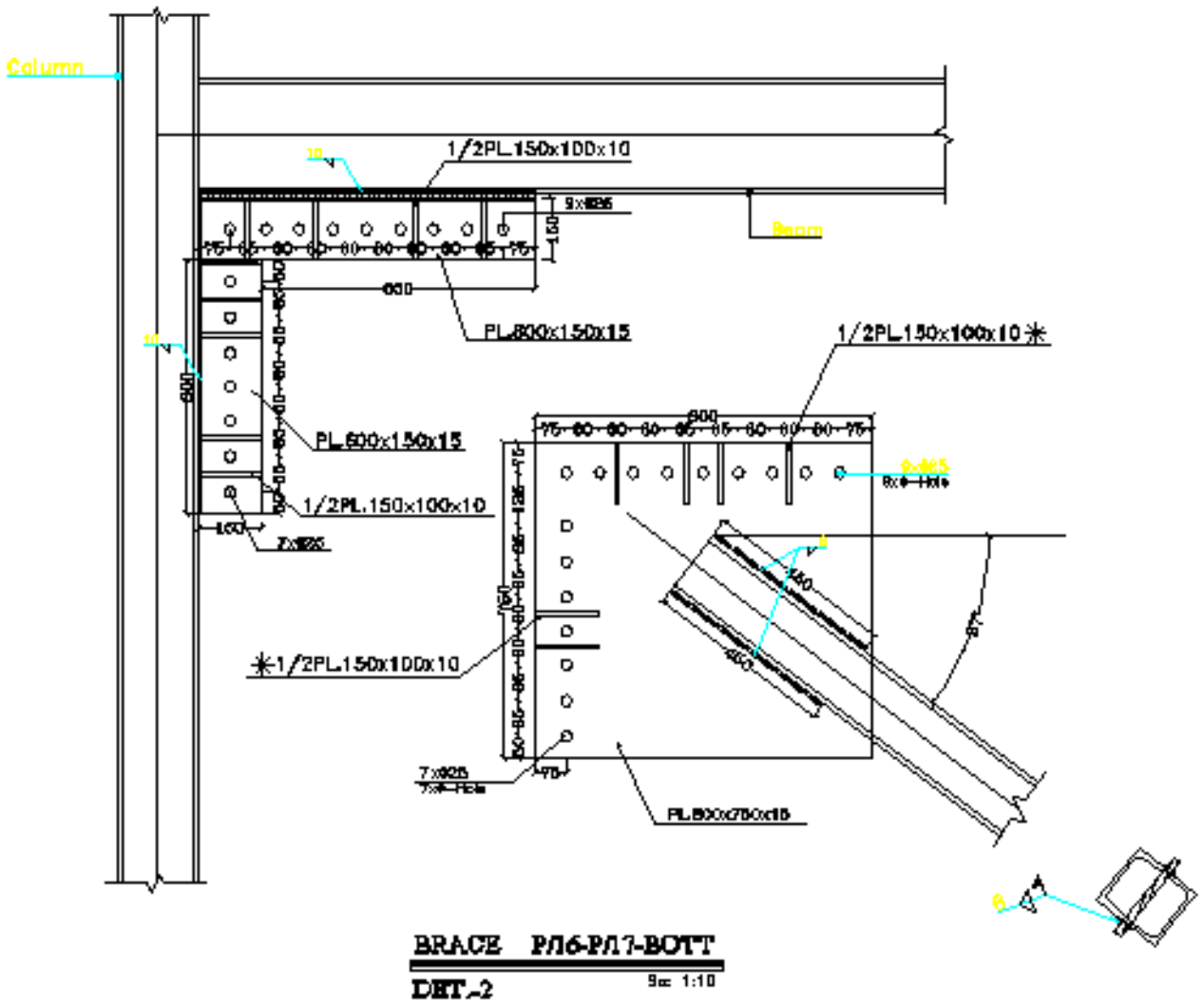
افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه



افزايش مقاومت و سختی جانبی سازه

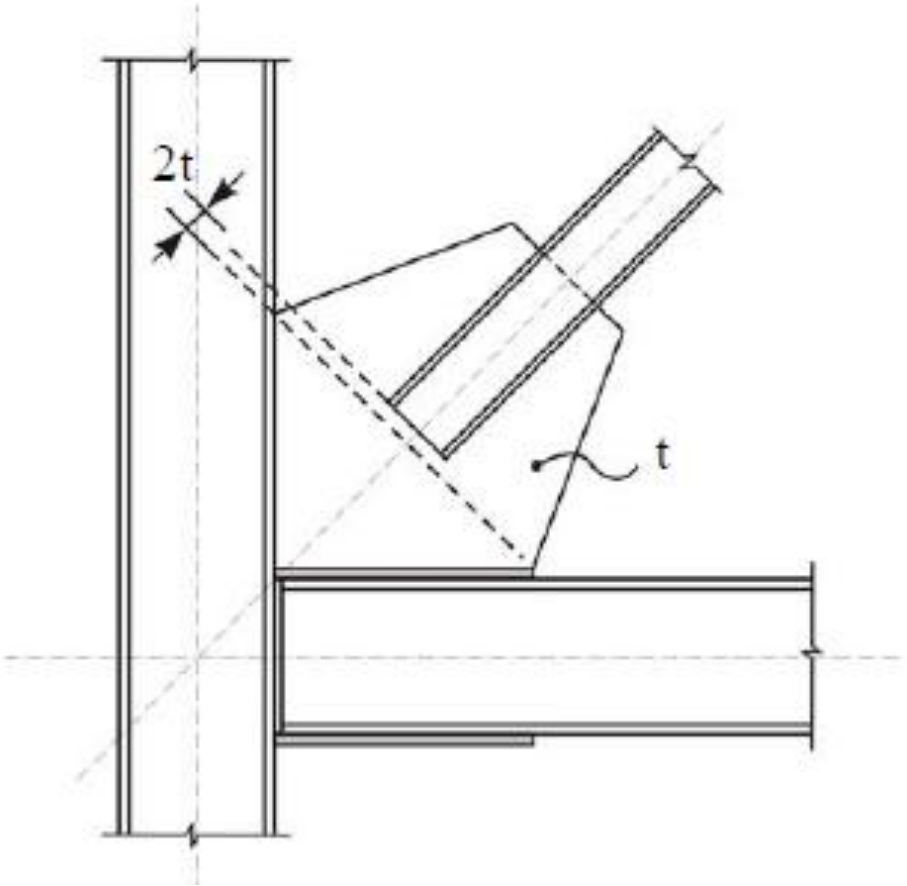
بهسازي قا بهاي موجود بوسيله مهاربندهاي همگرا

افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه

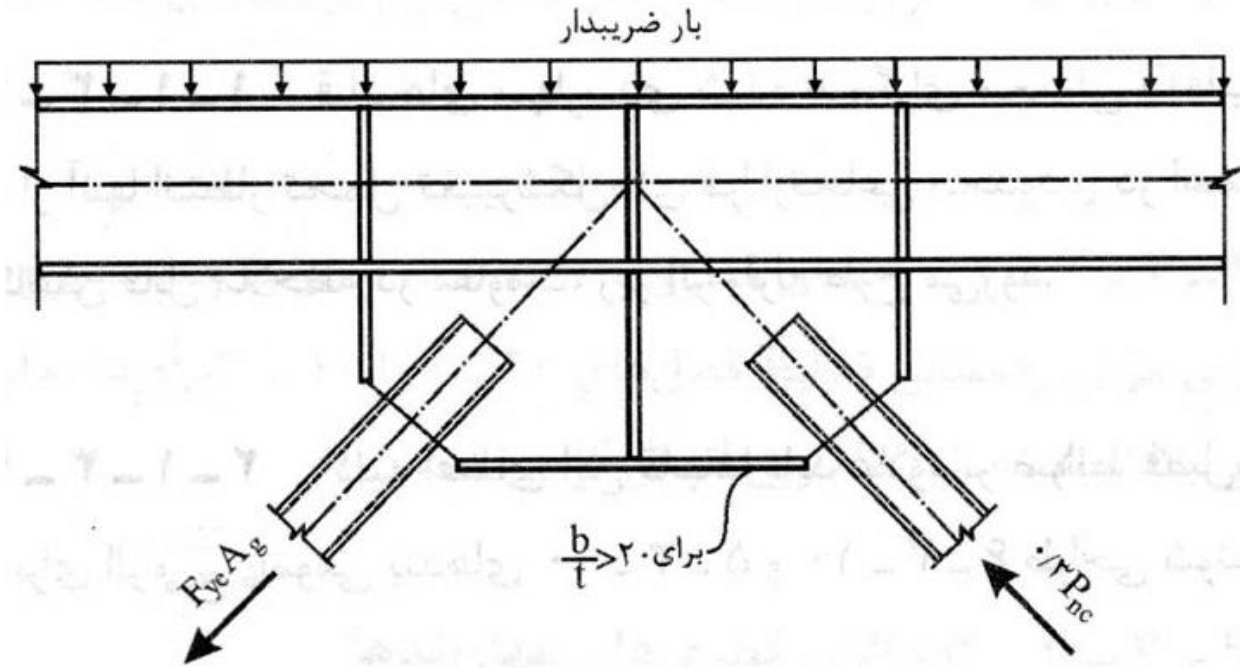


افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه

افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه

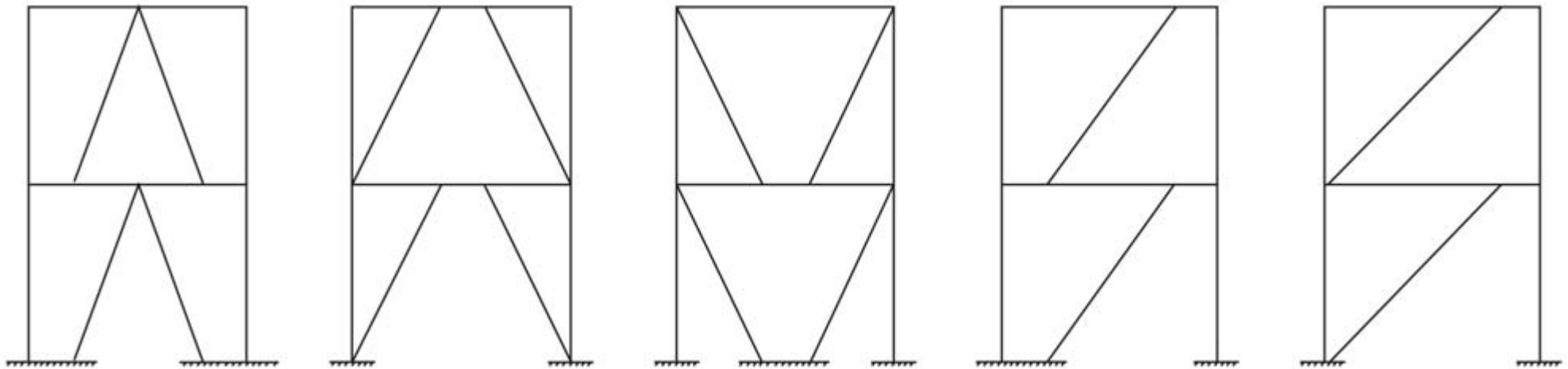


اتصال مهاربندي با ايجاد خط آزاد خمش



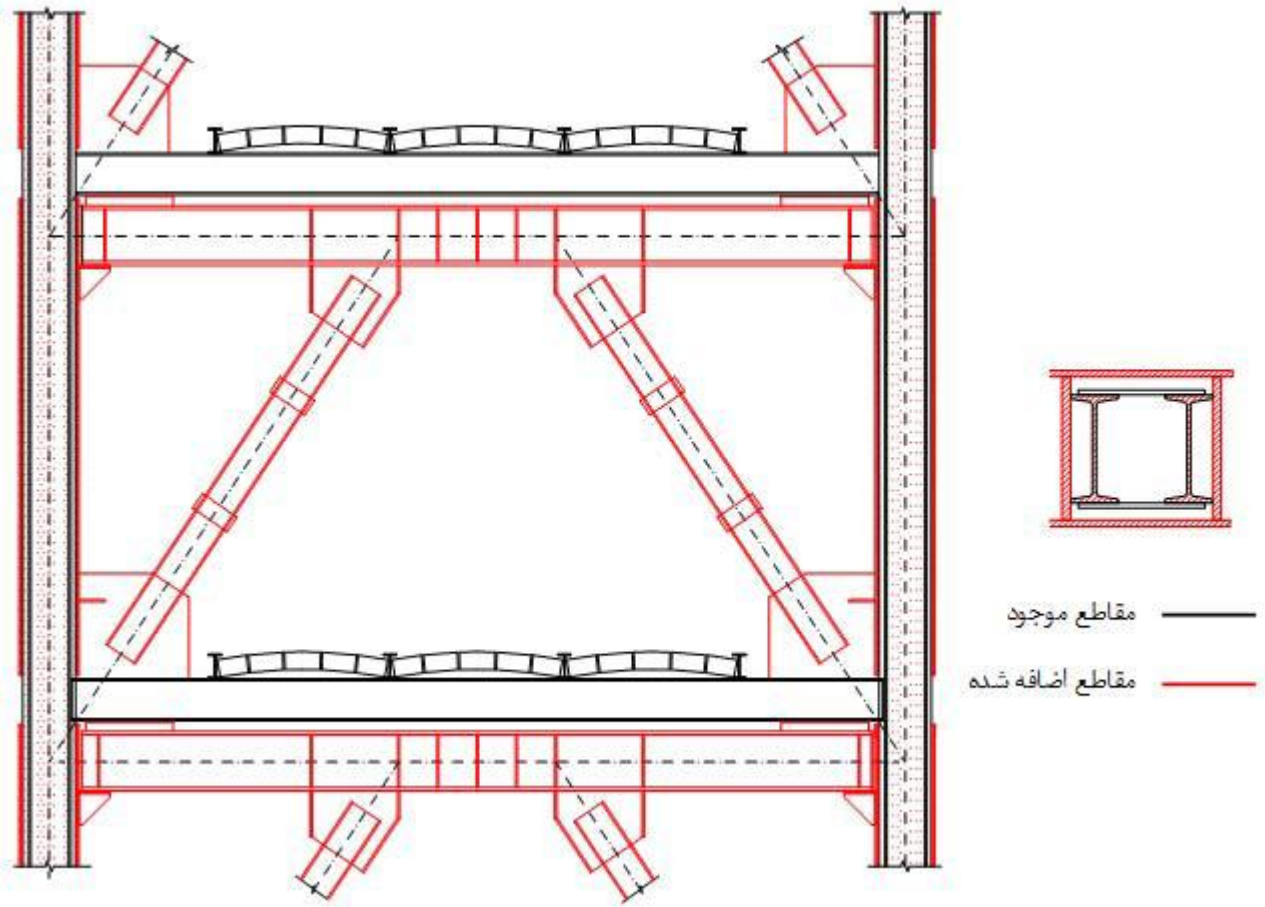
نيروي غيرمتعادل مهاربندهاي كششي و فشاري، در طراحي به روش حالات حدي

افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه



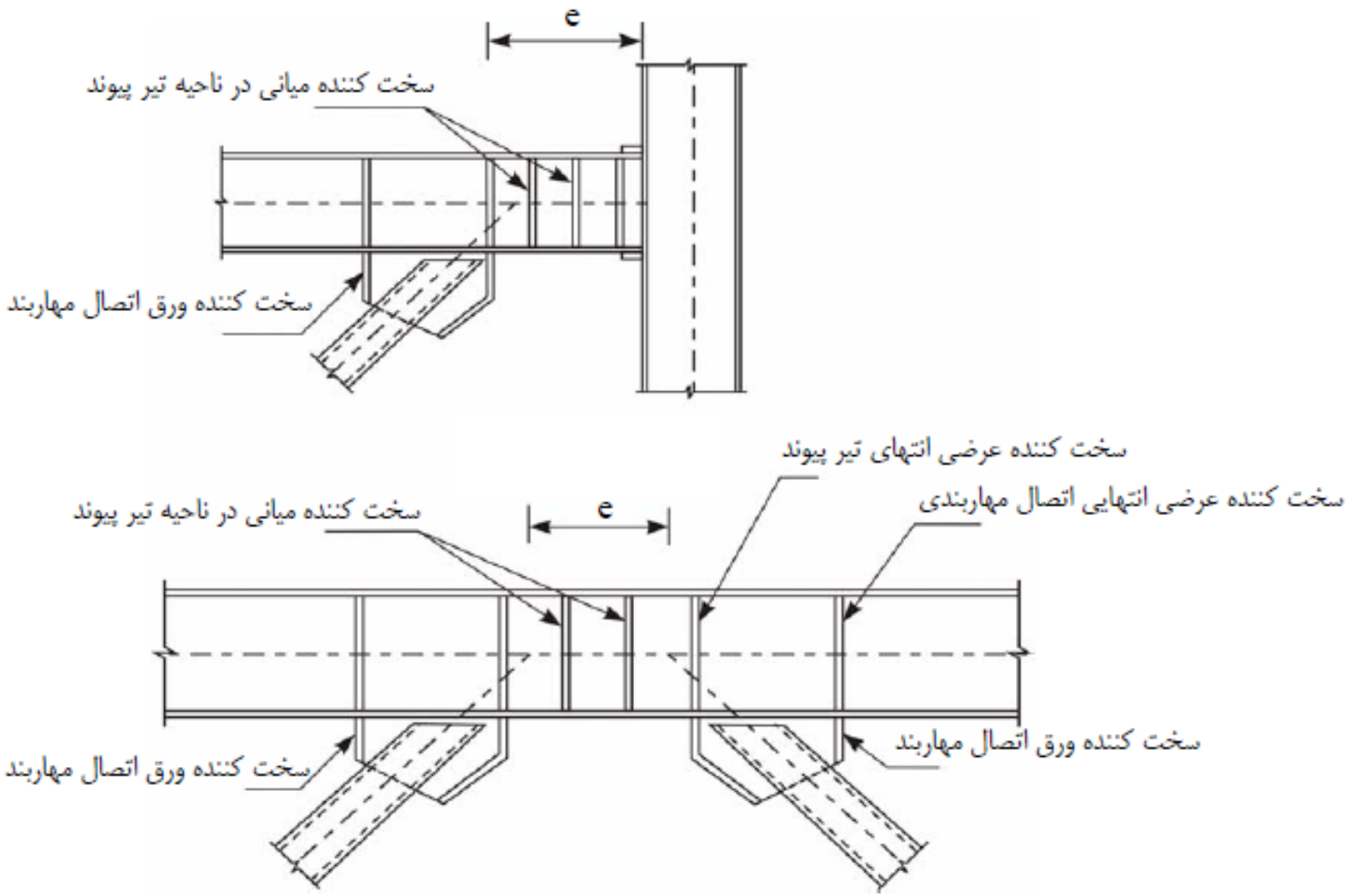
انواع متداول مهاربندهاي واگرا

افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه



بهسازي سازه ها بوسيله مهاربندهاي EBF

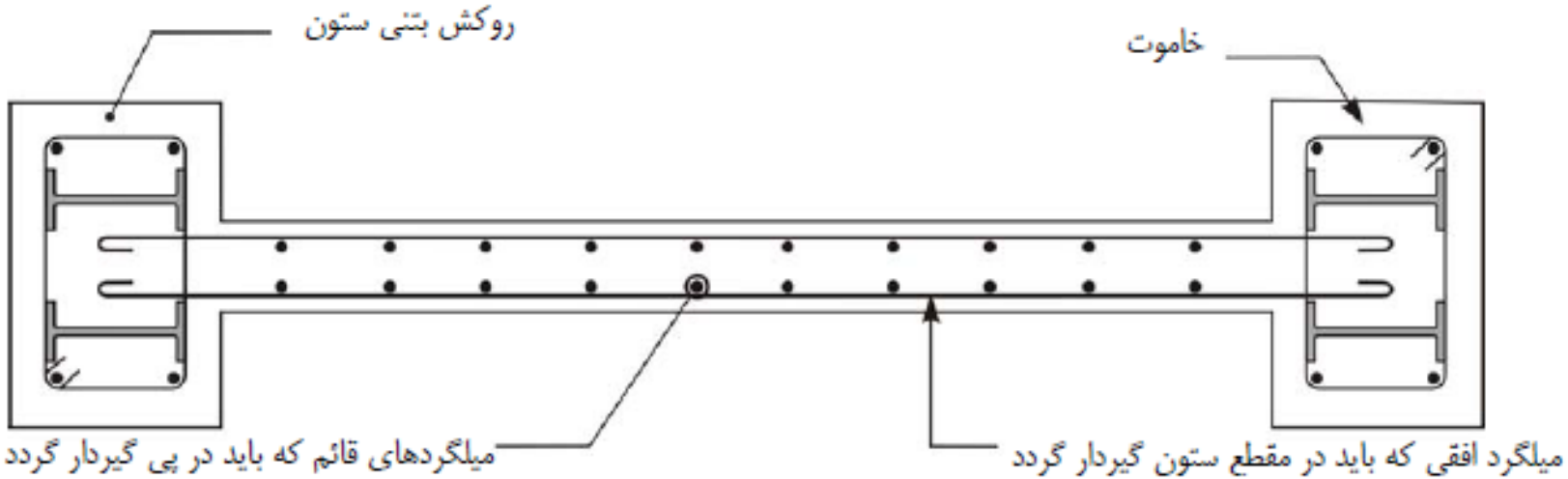
افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه



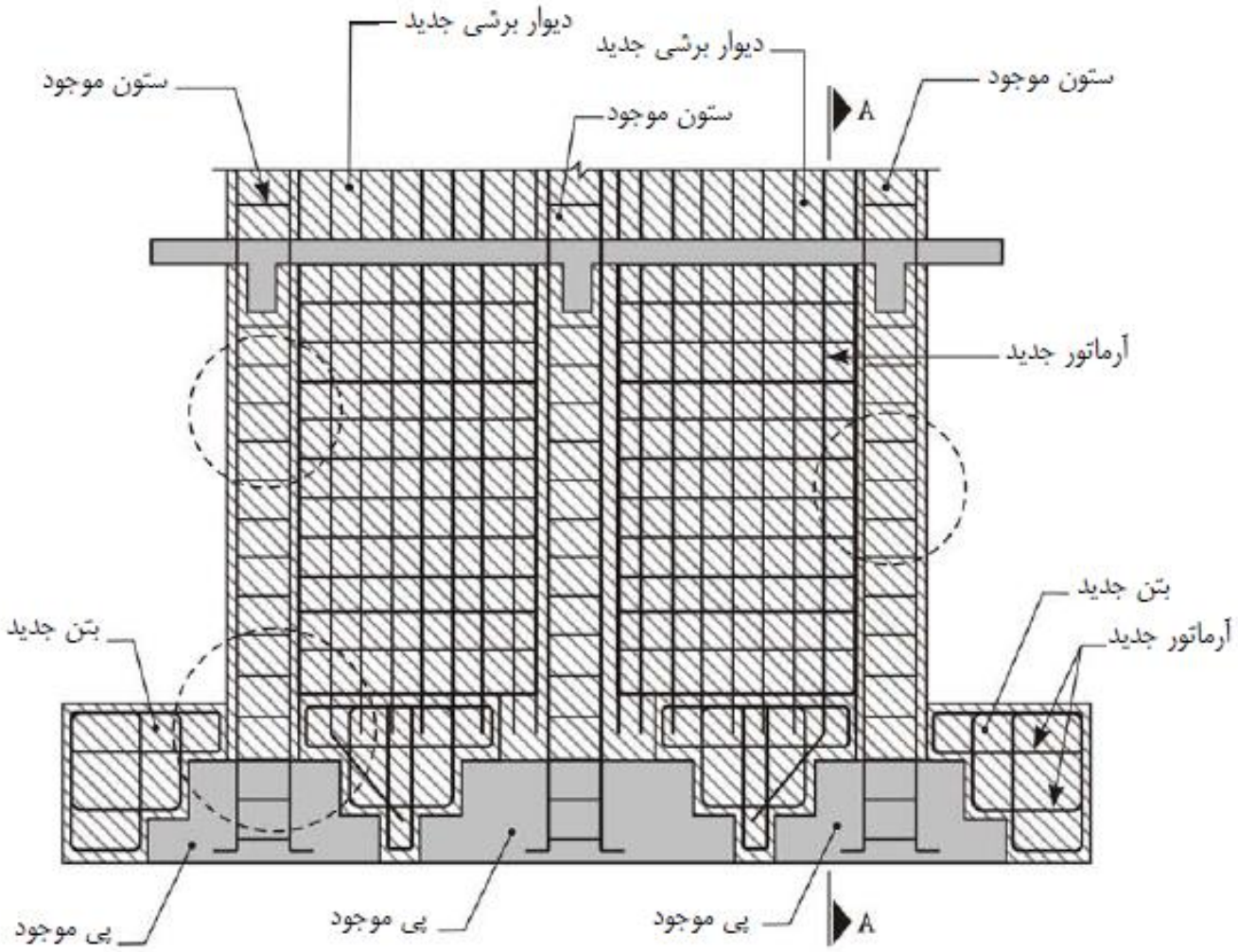
جزئیات تیر پیوند

افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه

اضافه کردن ديوارهاي برشي



افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه



جداسازی لرزه ای در بهسازی سازه ها

الف- جداسازي از پايه براي ساختمان هاي سختتر نتايج بهتري بدست ميدهد (در ساختمانهاي با زمان تناوب كمتر از ۱ ثانيه، با نصب جداگر لرزهاي زمان تناوب اصلي سازه به بيش از ۲ ثانيه افزايش ميیابد).

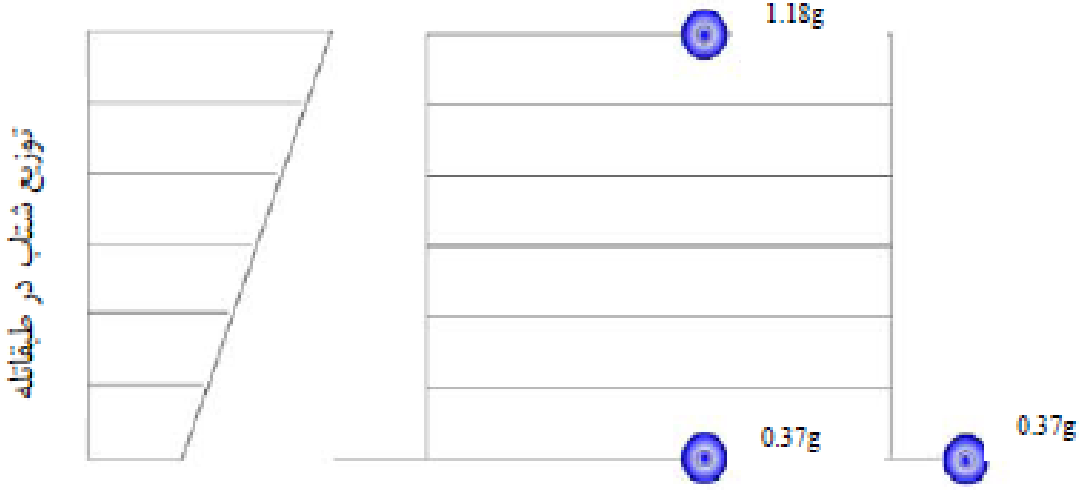
ب- امواج زلزله در حين عبور از لايه هاي خاك فيلتر مي شوند. شتاب حركت زمين در خاك هاي سخت از مولفه هاي فركانس بالا و در خا كهاي نرم از مولفه هاي فركانس پائين تشكيل مي شود. از اين رو در خاك هاي سخت جداگر لرزه اي بسيار كاربردي بوده و درخا ك هاي نرم ازكارايي آن كاسته ميشود. درخاكهاي خيلي نرم بعلت نزديكي زمان تناوب سازه جداشده به زمان تناوب حداكثر پاسخ سازه، جداسازي نتيجه مطلوبي نداشته و در مواردي باعث افزايش نيروهاي وارد بر سازه نيز ميگردد.

افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه

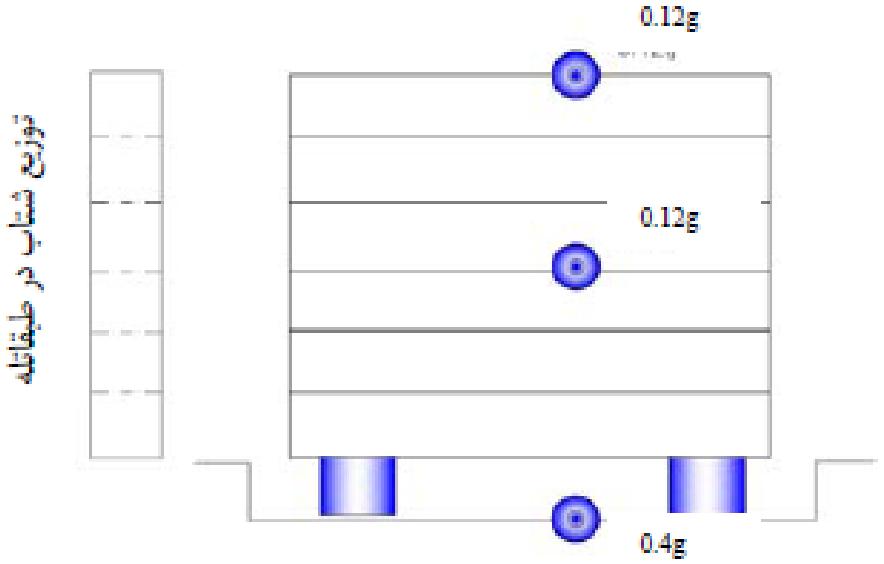
جداگرها به دلايل زير باعث كاهش نيروي زلزله وارد برسازه مي گردند:
۱- افزايش زمان تناوب مود اول (مود جداشده).
۲- كاهش شتاب طيفي (شبه شتاب) به علت افزايش زمان تناو ب(براي اكثر طيفهاي طراحي در زمينهاي سخت
اين موضوع صادق است).
۳- عدم تحريك مودهاي بالاتر توسط حركت زمين. هر چند كه ممكن است شتاب طيفي آنها بزرگ باشد، ليكن به
علت كوچك بودن پاسخ استاتيكي مودي(مشاركت جرمي)، برش پايه مودهاي بالاتر خيلي كوچك ميباشد.
۴- بالا بودن ميرايي سيستم جداگر و خاصيت جذب انرژي كه به عنوان عامل ثانويه در نظر گرفته ميشود.

افزايش مقاومت و سختی جانبی سازه

مقايسه ساختمان با و بدون جدا سازي لرز هاي در زلزل ههاي گذشته

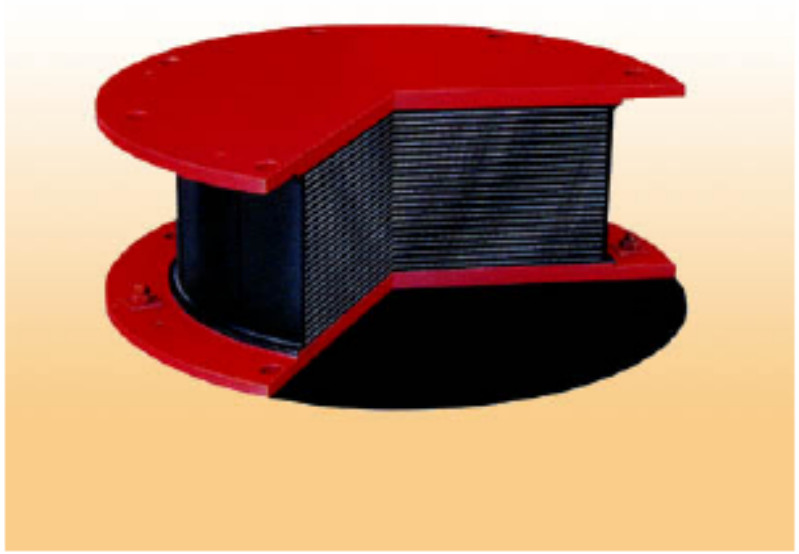


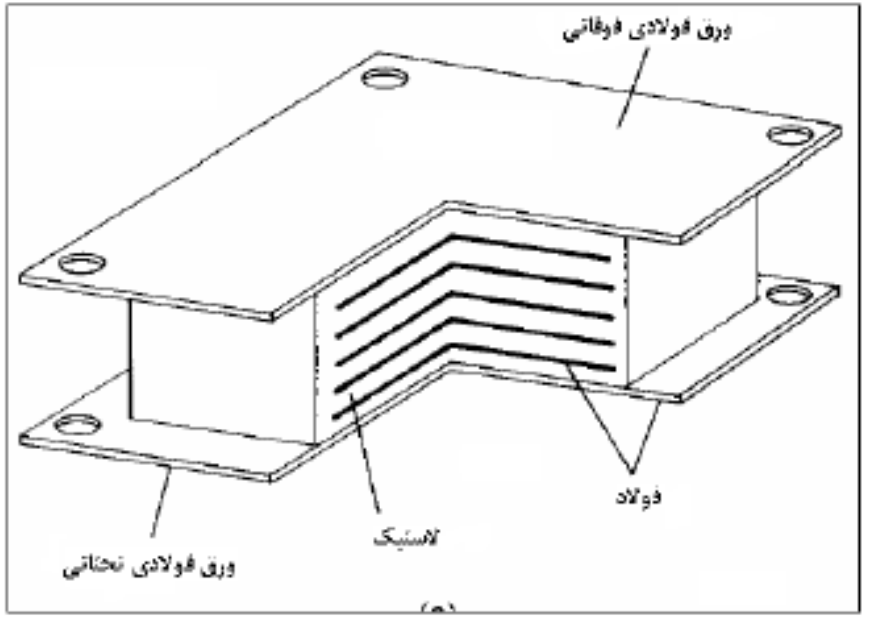
ساختمان سنتي(جدانشده)، زلزله کوبه ۱۹۹۵



ساختمان مرکز کامپيوتر غرب ژاپن(جداشده از پايه)، زلزله کوبه ۱۹۹۵

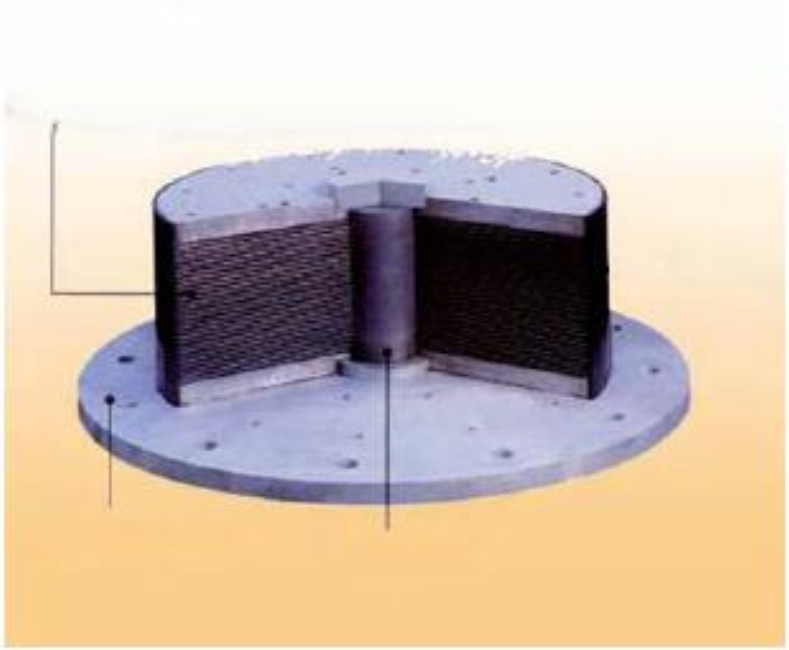
جدا سازهای لرزه ای

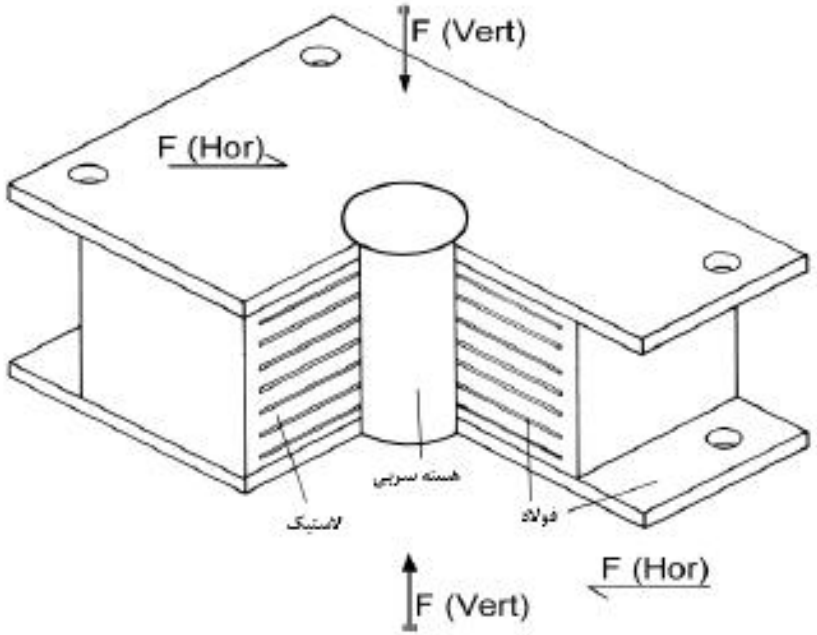




جداگر لاستيكي طبيعي و مصنوعي با ميرايي كم

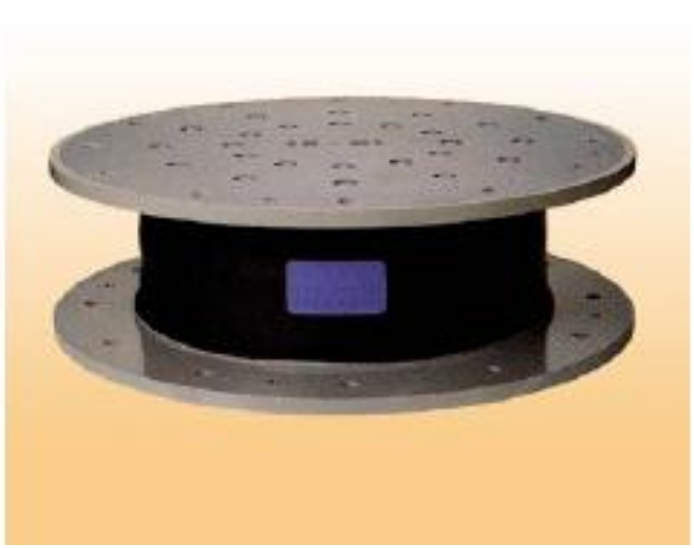
جدا سازهای لرزه ای

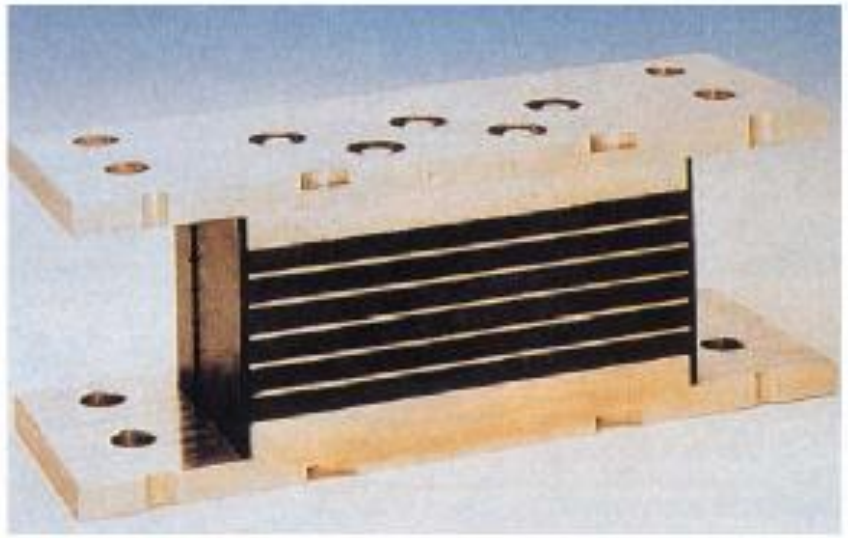




جداگر لاستيكي با هسته سربي (LRB)

جدا سازهای لرزه ای

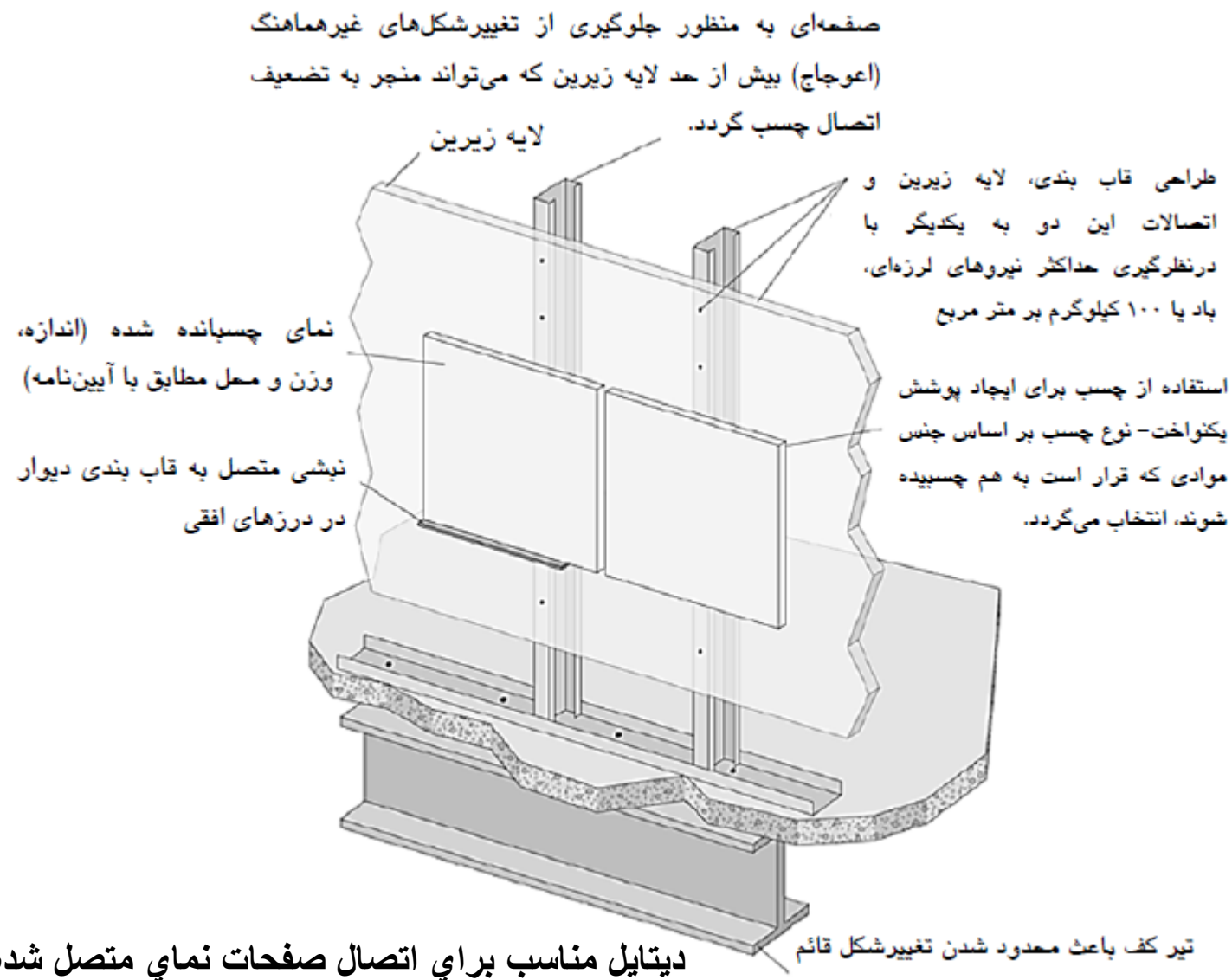




جداگر لاستيك طبيعي با ميرايي زياد (HDNR)

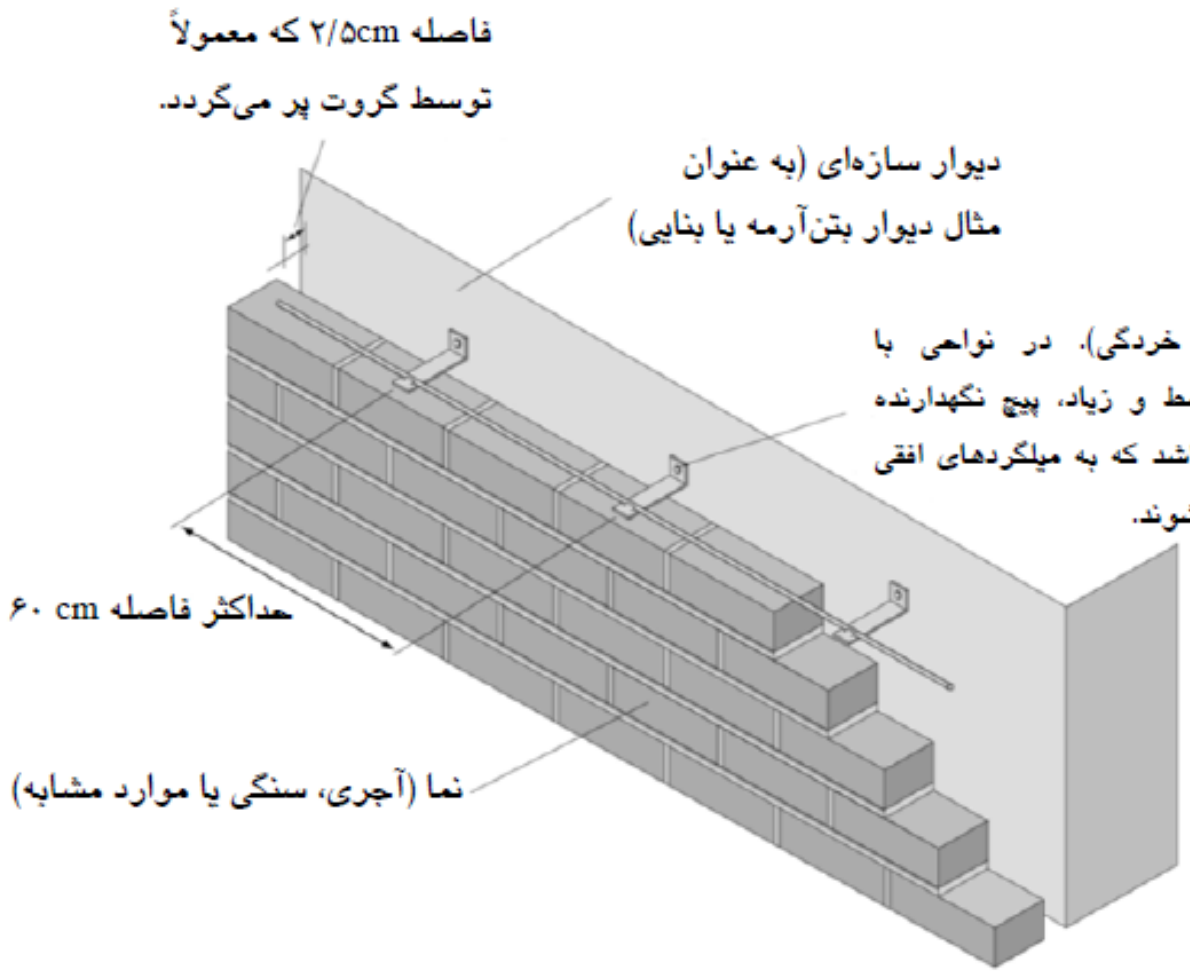
اتصال و مهار اجزاء معماری

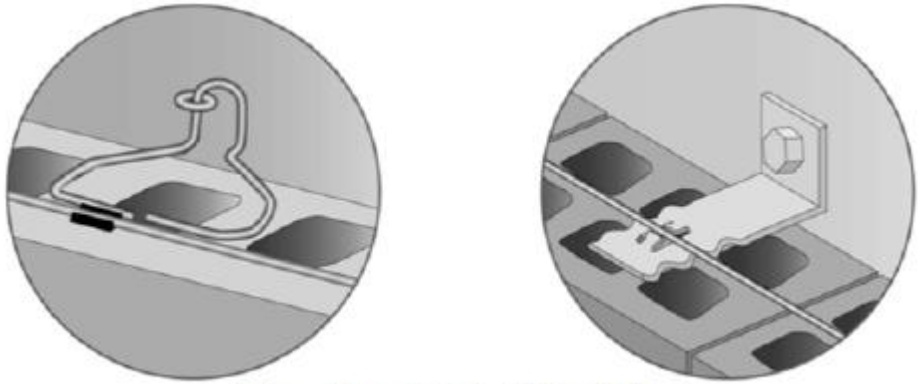
مقاوم سازی اجزاء معماری



دیتایل مناسب براي اتصال صفحات نماي متصل شده توسط چسب

اتصال و مهار اجزاء معماری





نمونه‌هایی از اتصال نما به دیوار سازه‌ای

نماي مهار شده توسط اتصالات مکانیکي

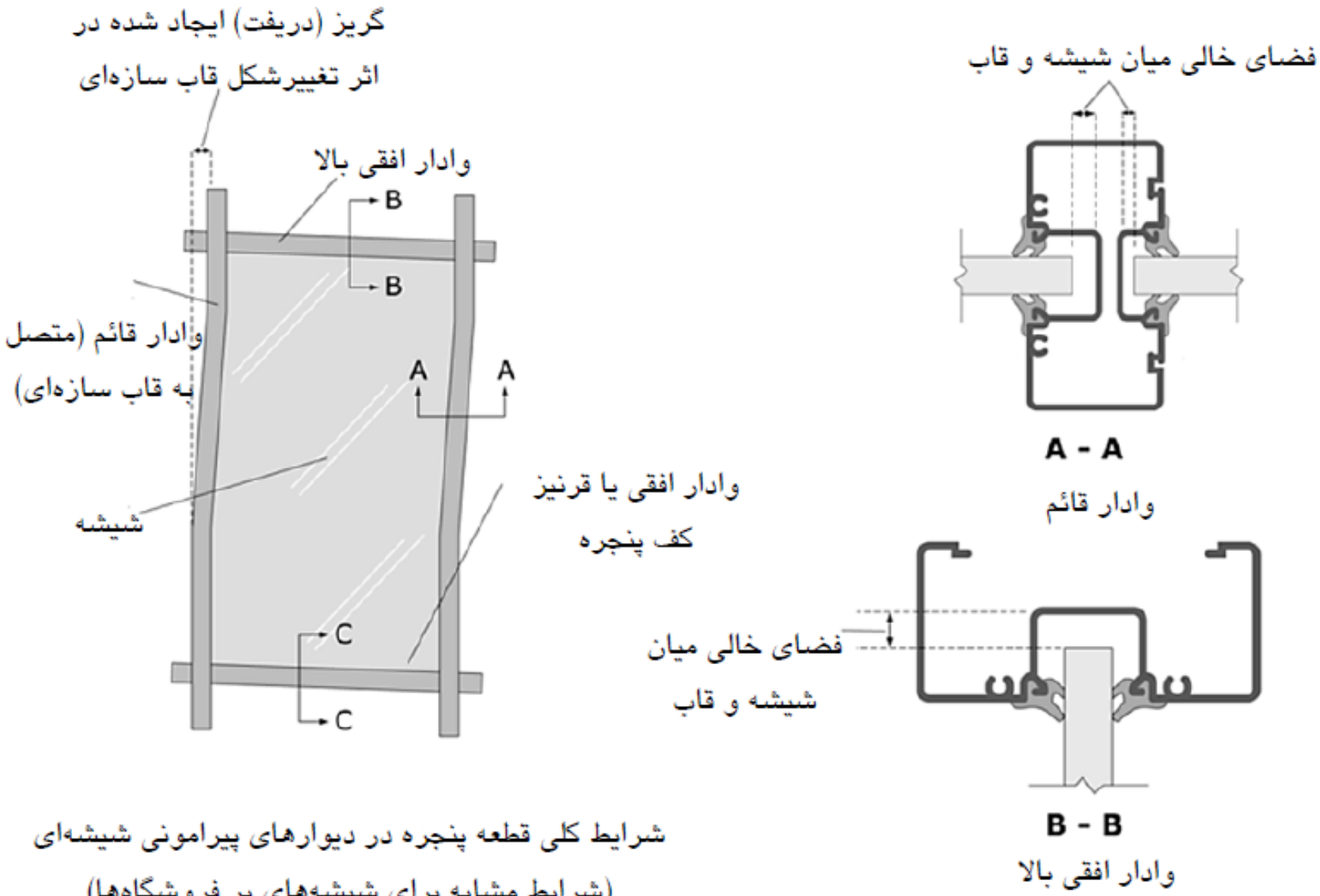
نماها و دیواره های شیشه ای

خرابی در نماهای شیشه ای به هر دو صورت برون صفحه ای و درون صفحه ای رخ می دهد.

نماهای شیشه ای در سازه های نرم با تغییرمکان نسبی قابل توجه بین طبقات آسیب پذیر می باشند. پنجره های بزرگ اطراف فروشگاه ها نیز به لحاظ لرزه ای آسیب پذیر می باشند.

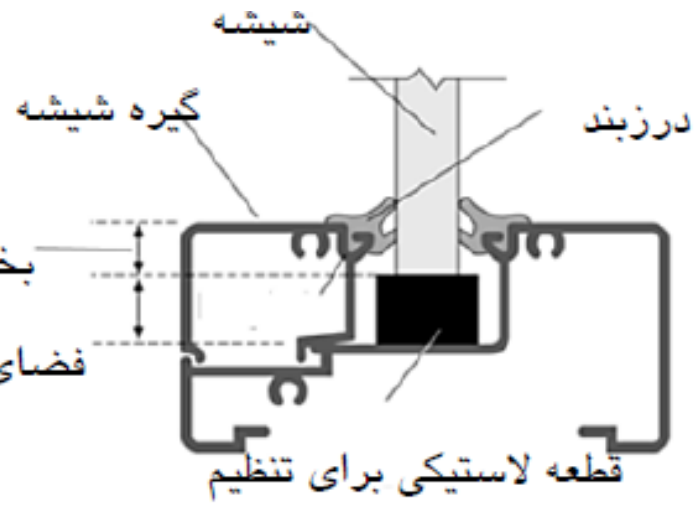
طراحی نماهای شیشه ای وابسته به جابه جایی نسبی (گریز) طبقه محاسبه شده ساختمان می باشد. به طور کلی نماهای شیشه ای در سیستم های سازه ای سخت تر، که دارای دریفت (گریز) طبقه کمتر بوده یا در پنجره هایی که دارای جرز با فضای خالی بیشتری هستند، عملکرد بهتری دارند.

دیوار خارجی شیشه ای



شرایط کلی قطعه پنجره در دیوارهای پیرامونی شیشه‌ای
(شرایط مشابه برای شیشه‌های برِ فروشگاه‌ها)

اتصال و مهار اجزاء معماری

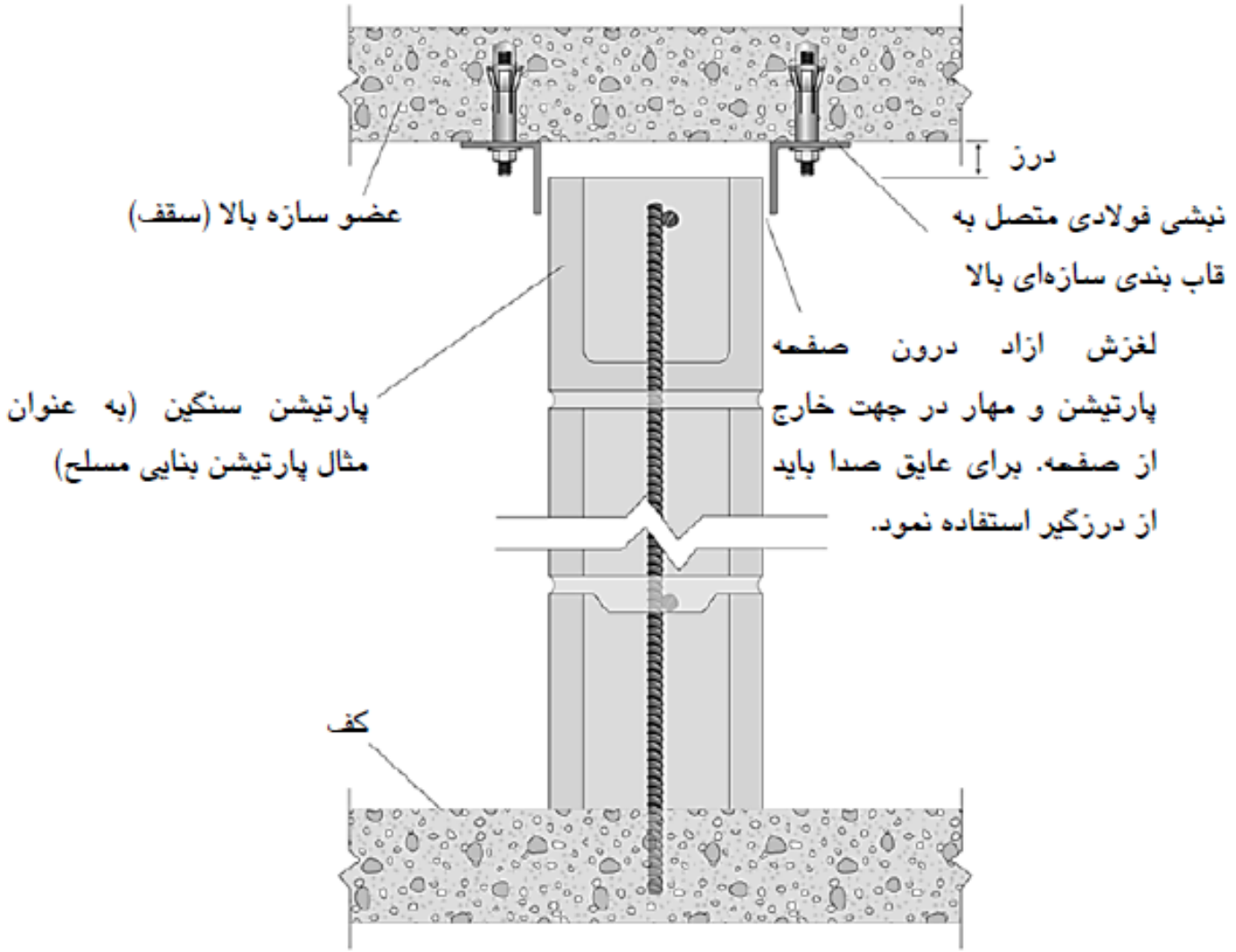


C - C

وادار افقی پایین پنجره

توجه: فضای خالی میان شیشه و قاب وابسته به مقدار جابجایی نسبی طبقات (دریفت) می‌باشد.

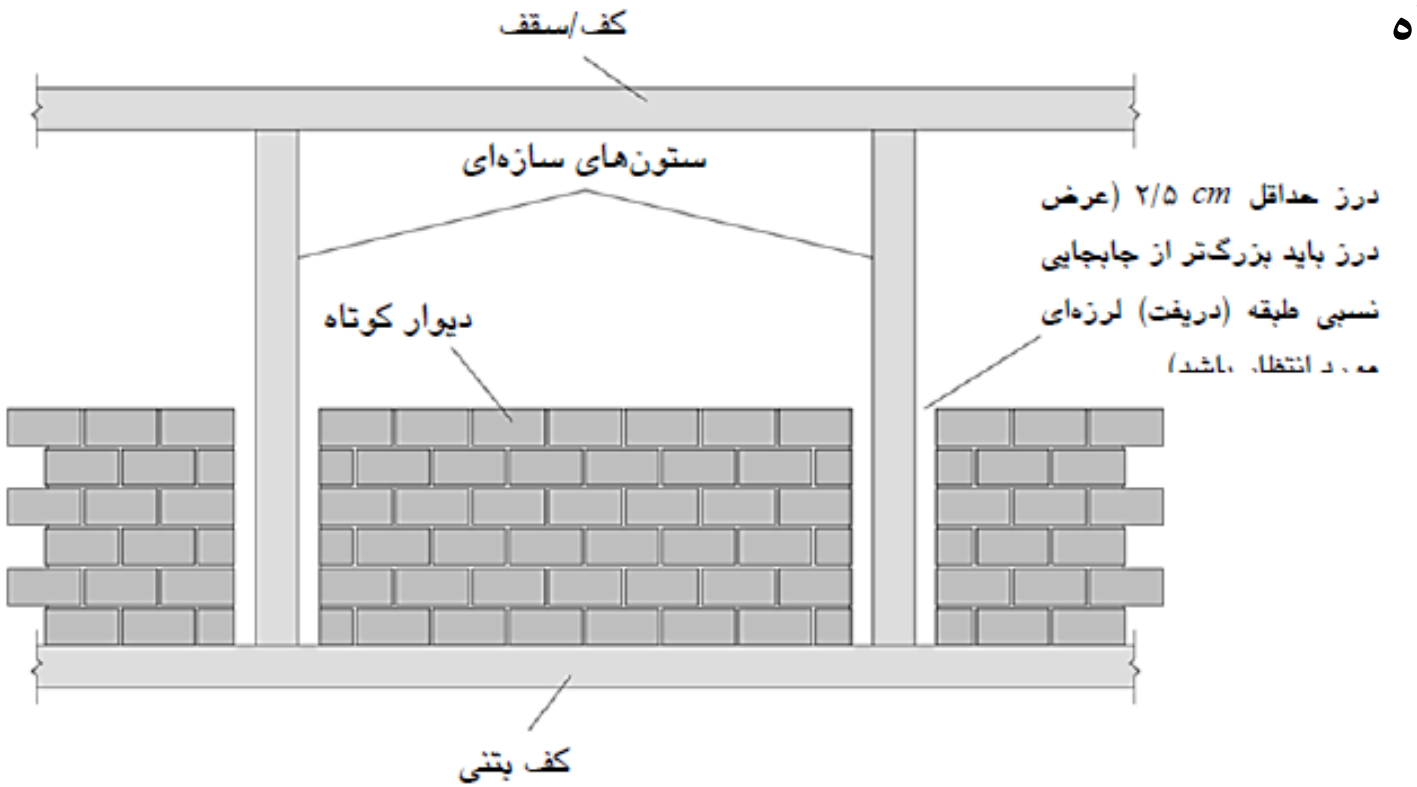
پارتیشن های داخلی



پارتیشن سنگین تمام ارتفاع

اتصال و مهار اجزاء معماری

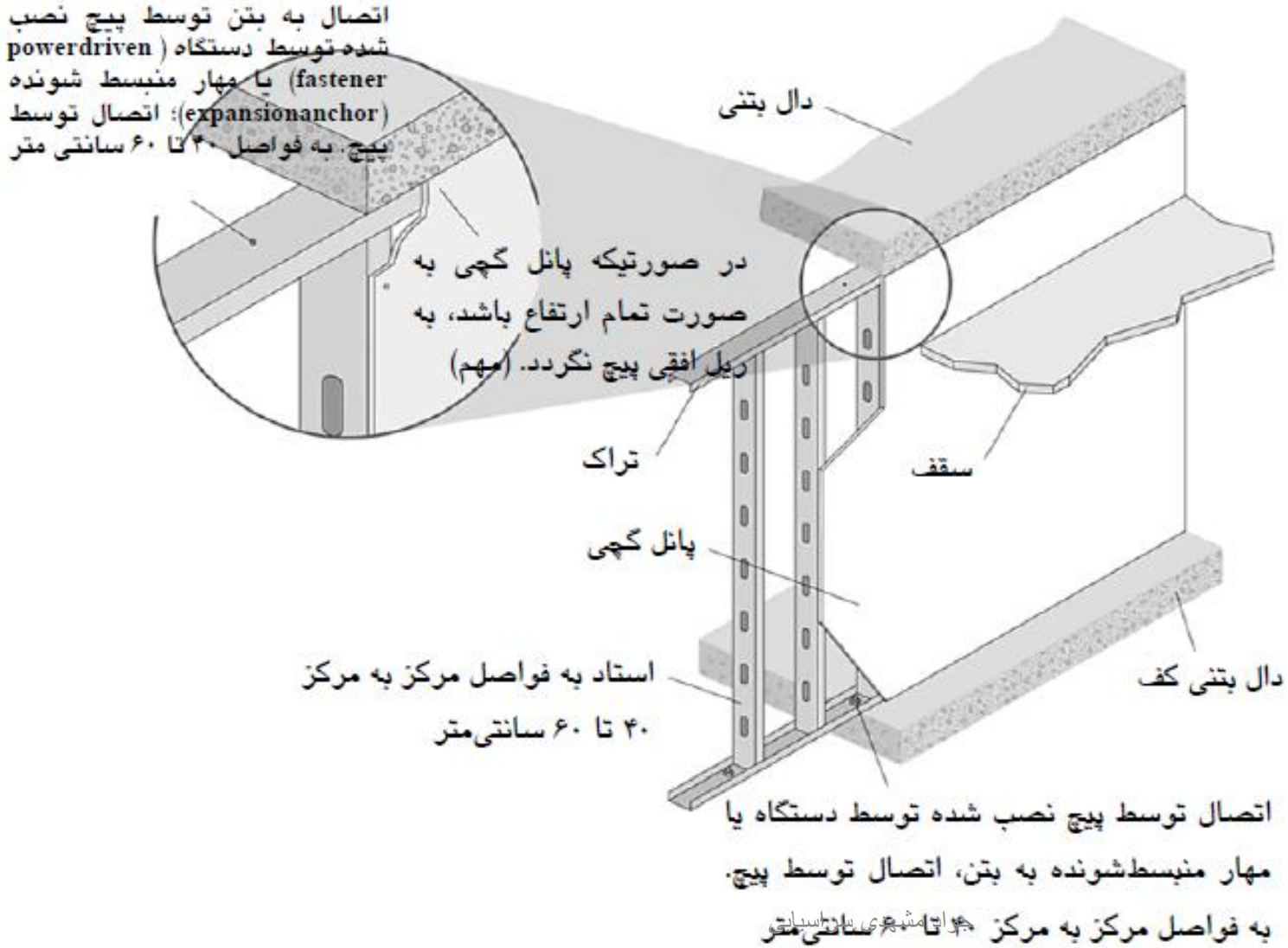
پارتیشن سنگین کوتاه



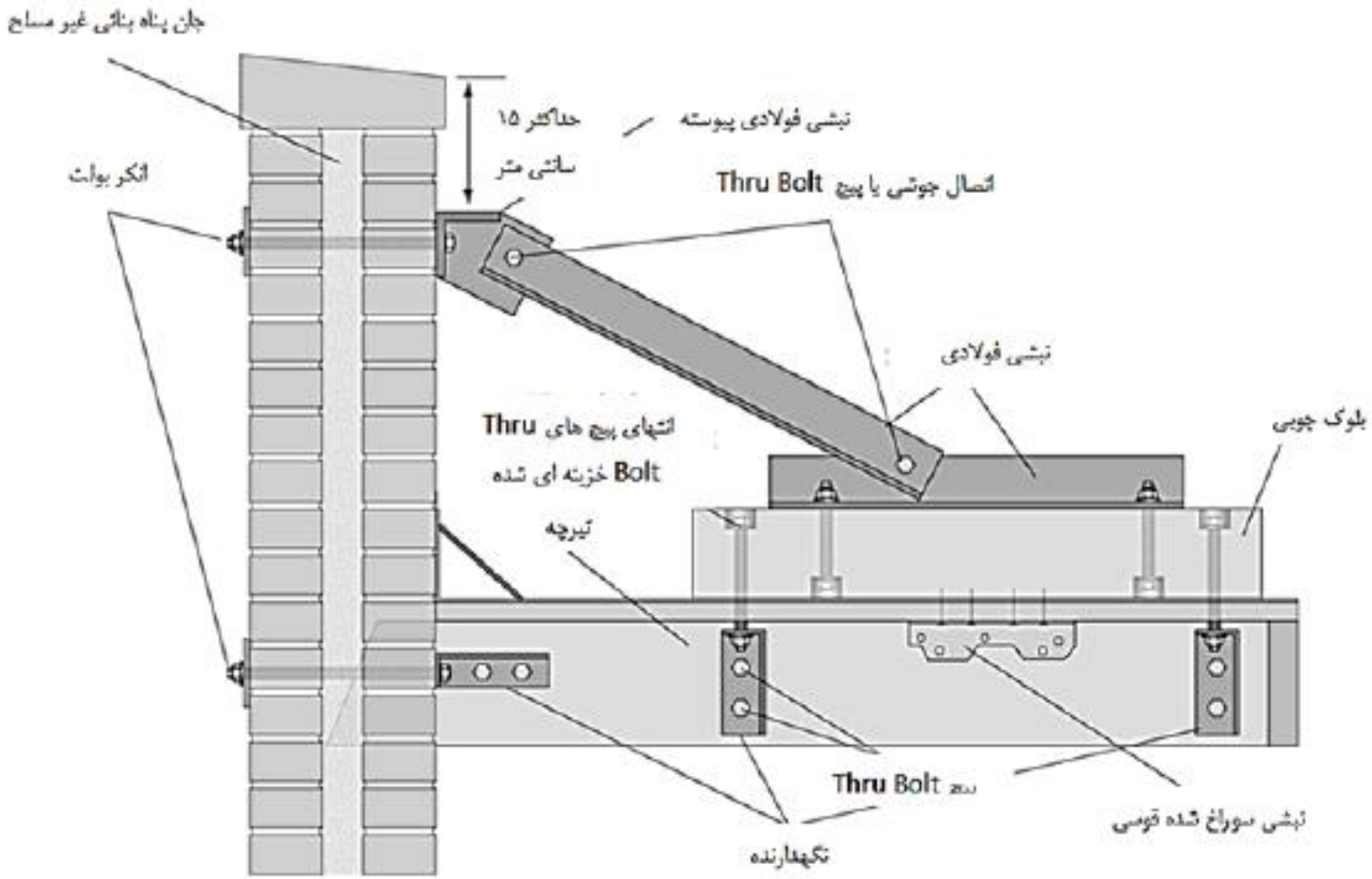
توجه: در صورتیکه دیوار به صورت طره‌ای طراحی نشده است، یا دیوار برداشته و با دیوار مناسب یا پارتیشن سبک جایگزین گردد و یا در محل مسلح گردد.

اتصال و مهار اجزاء معماری

دیوار تمام ارتفاع غیر باربر با قاب بندی



اتصال و مهار اجزاء معماری



جزئیات مهار جان پناه بنائي غير مسلح

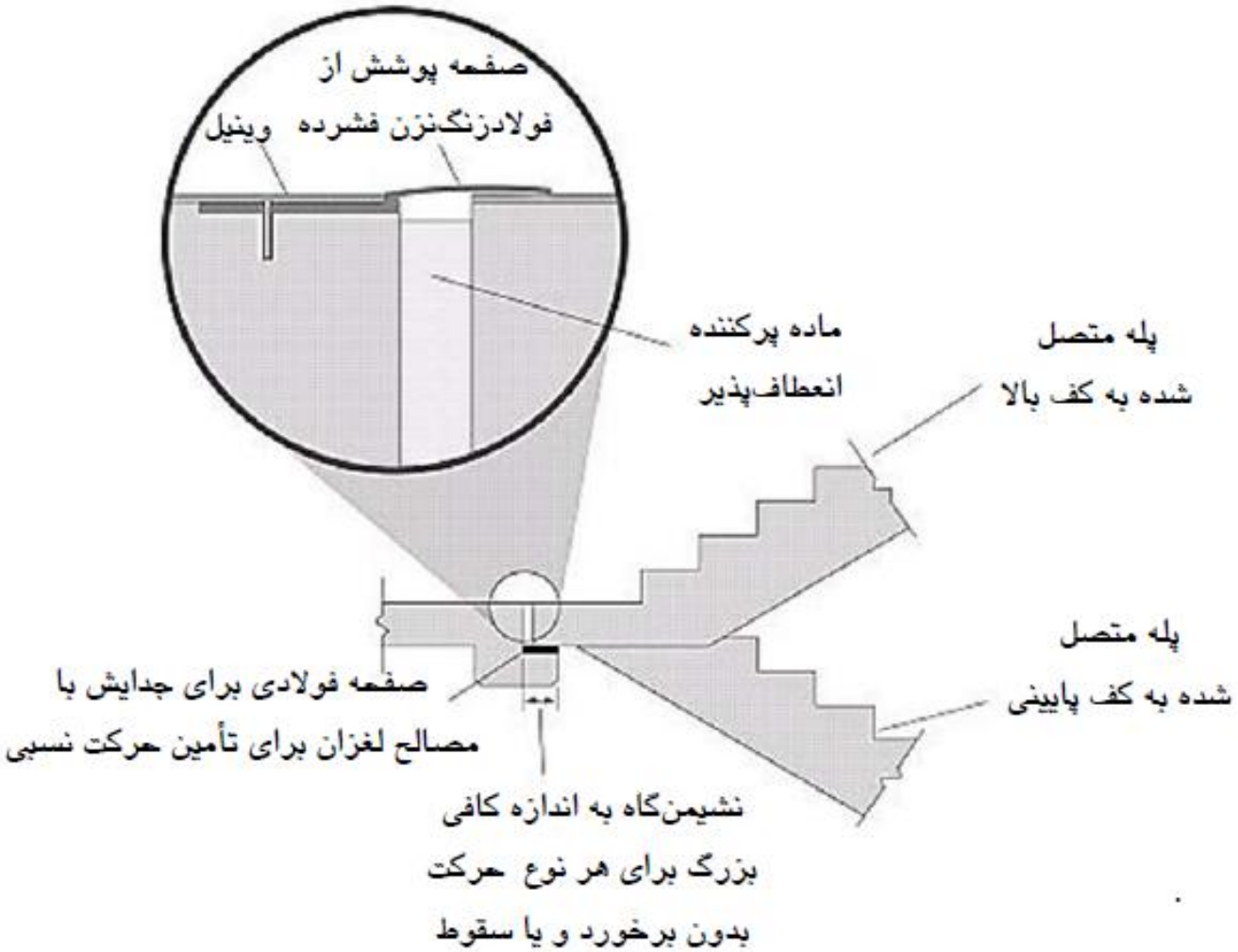
اتصال و مهار اجزاء معماری

نمونهاي از نحوه مهار جان پناه غير مسلح بنائي

اتصال و مهار اجزاء معماری

نمونه اي از نحوه مهار دودکش

اتصال و مهار اجزاء معماری

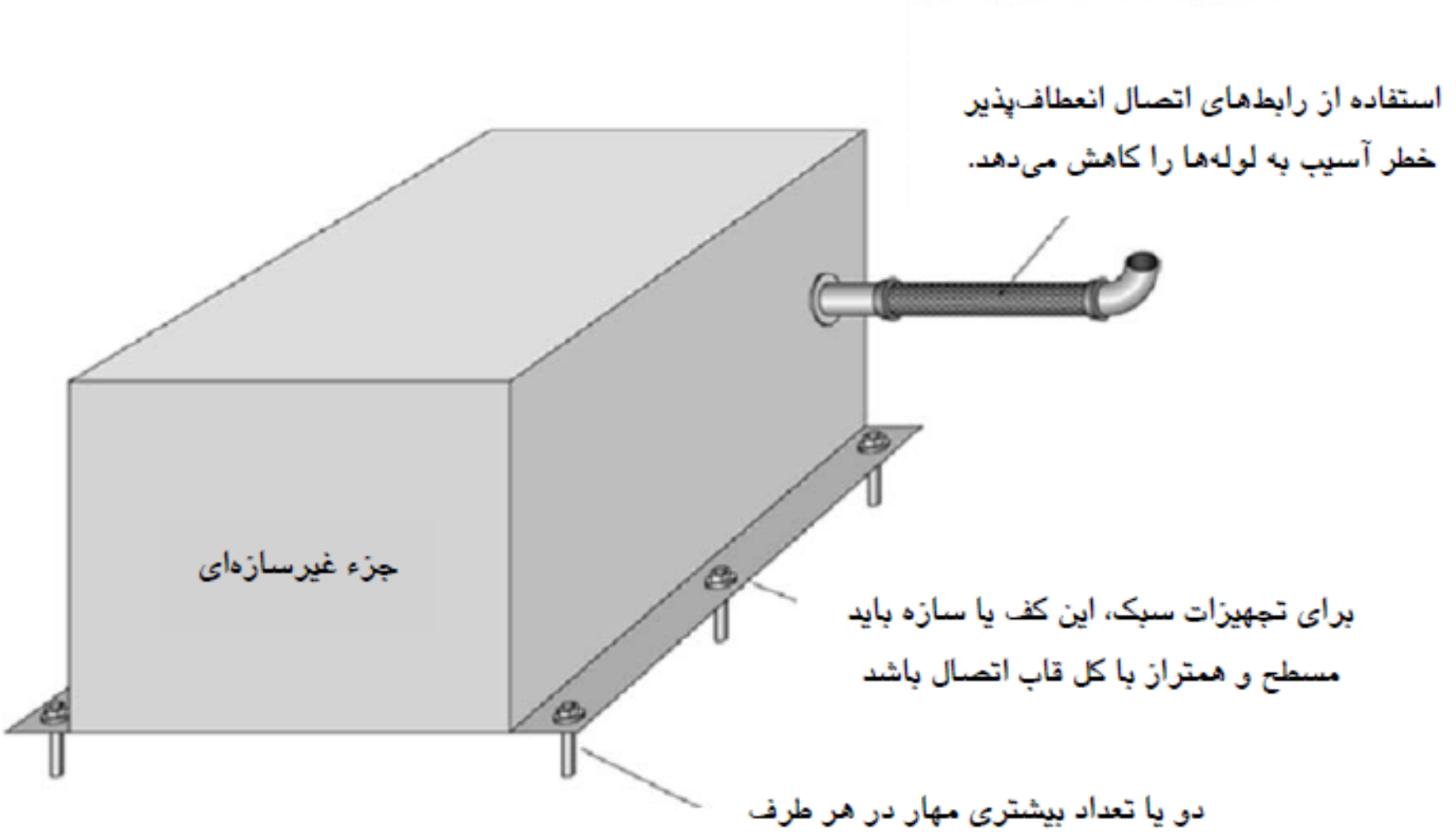


راه پله با پاگرد

اتصال و مهار اجزاء معماری

نمونهاي از نحوه مهار اجزاي كف كاذب

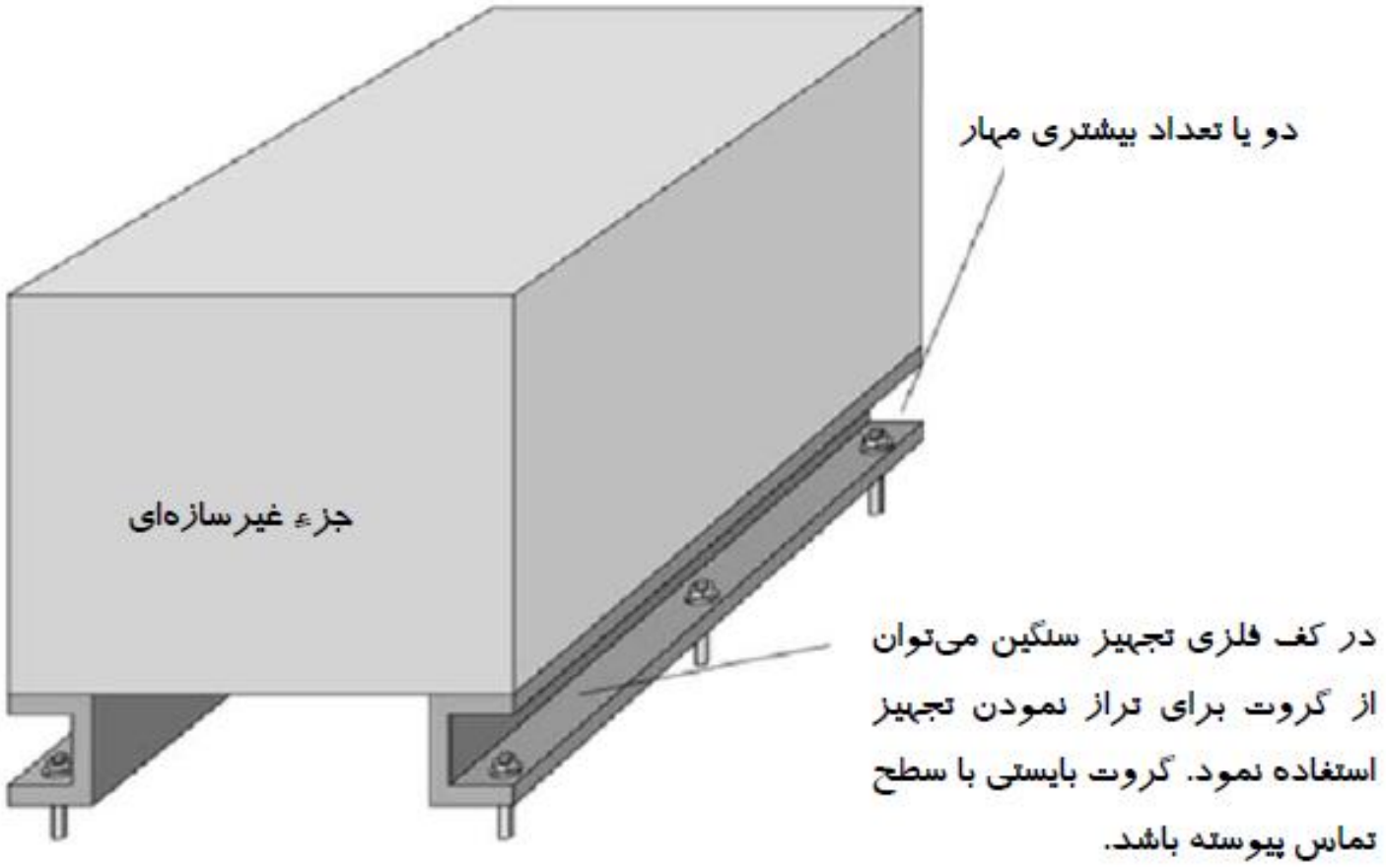
اتصال و مهار اجزاء معماری



اتصال مستقیم تجهیزات به وسیله تکیه گاه فولادي به دال کف ساختمان

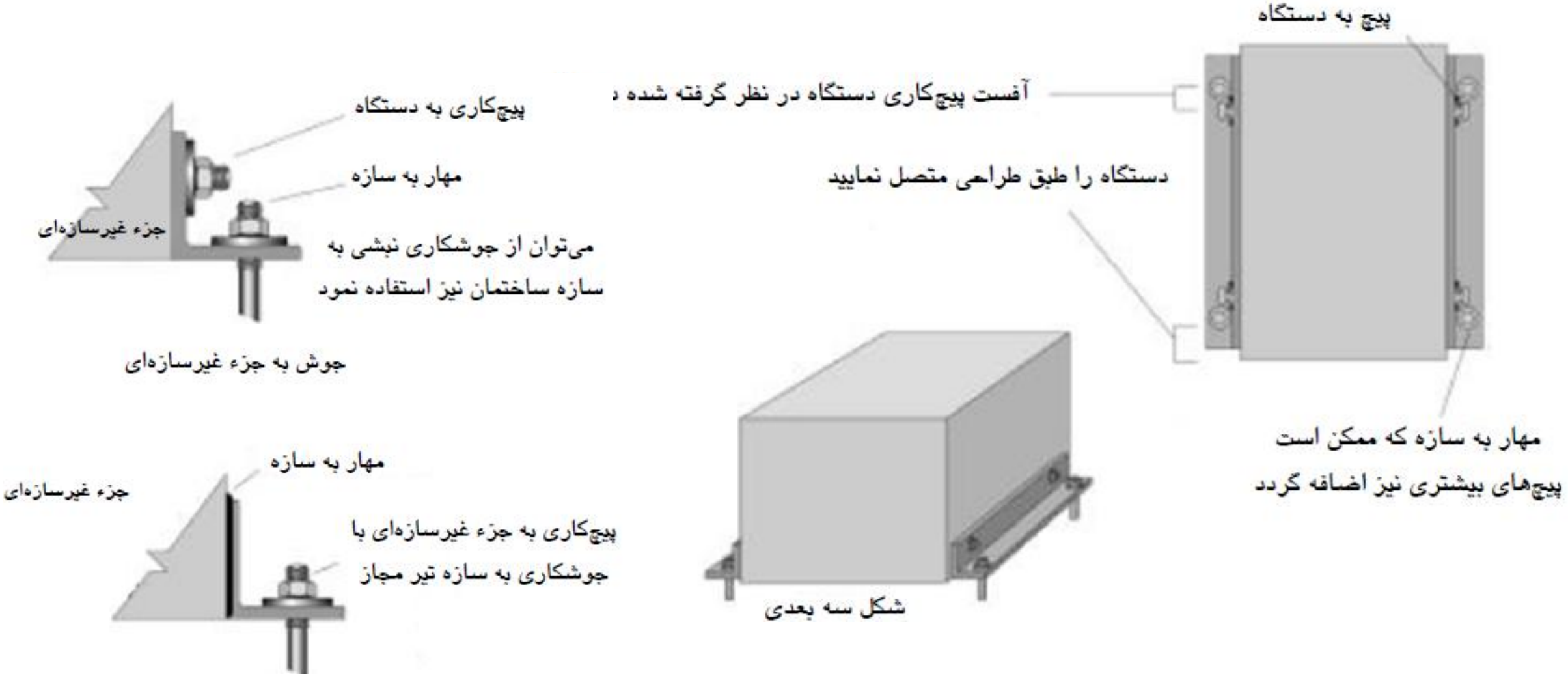
جواد مشهدی سرانیابی

اتصال و مهار اجزاء معماری



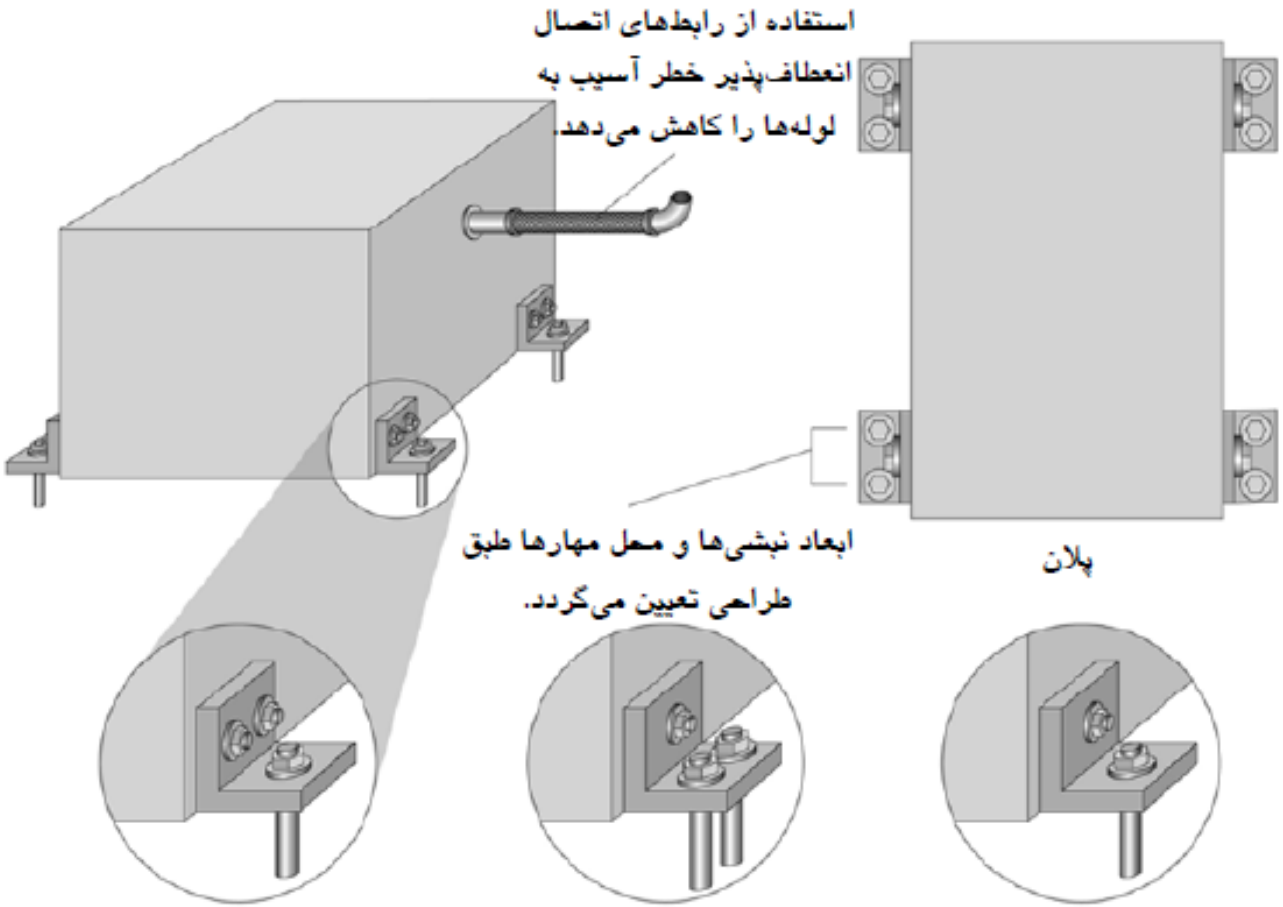
اتصال مستقيم تجهيزات داراي قاب / پاية فولادي

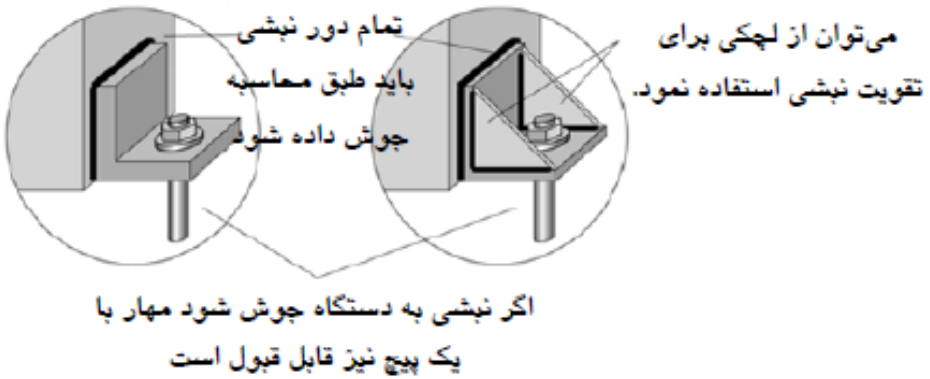
اتصال و مهار اجزاء معماری



استفاده از نبشي براي متصل كردن تجهيزات به ساختمان

اتصال و مهار اجزاء معماری



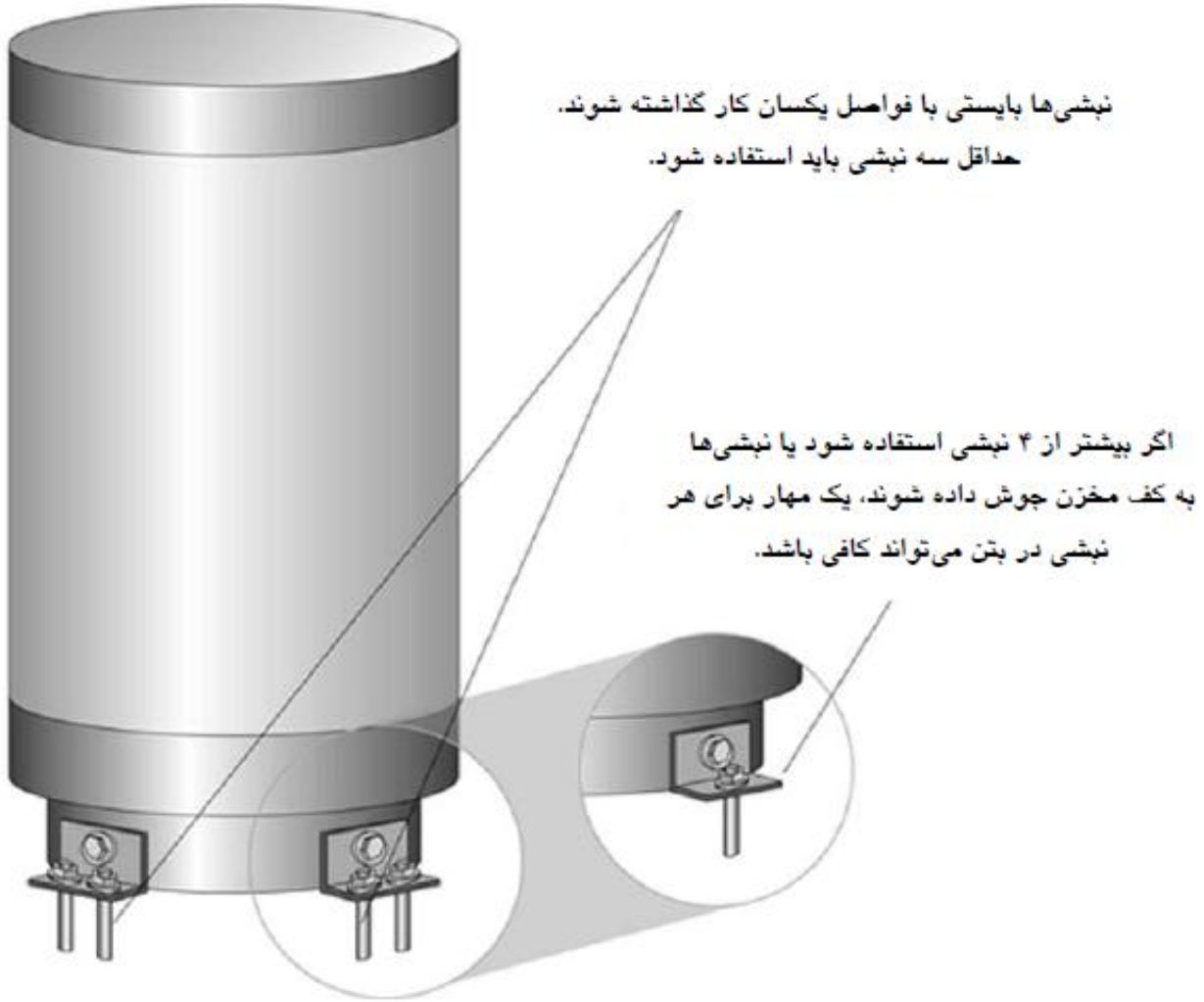


نحوه اتصال نبشي به جزء غيرسازهاي

اتصال و مهار اجزاء معماری

نمونه اجرا شده اتصال جزء غير سازهاي به وسيله نبشي

اتصال و مهار اجزاء معماری

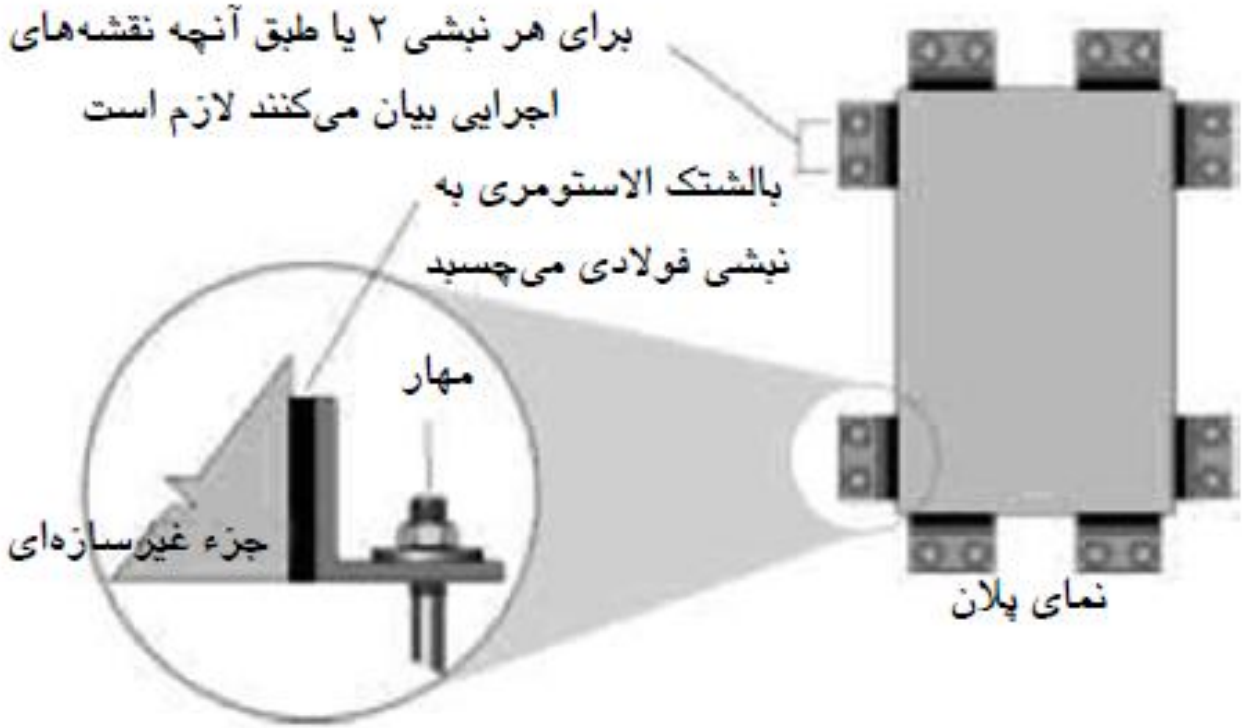


استفاده از سه نبشي يا بيشتر براي تجهيزات با پاي ة مدور و استوانه اي

اتصال و مهار اجزاء معماری

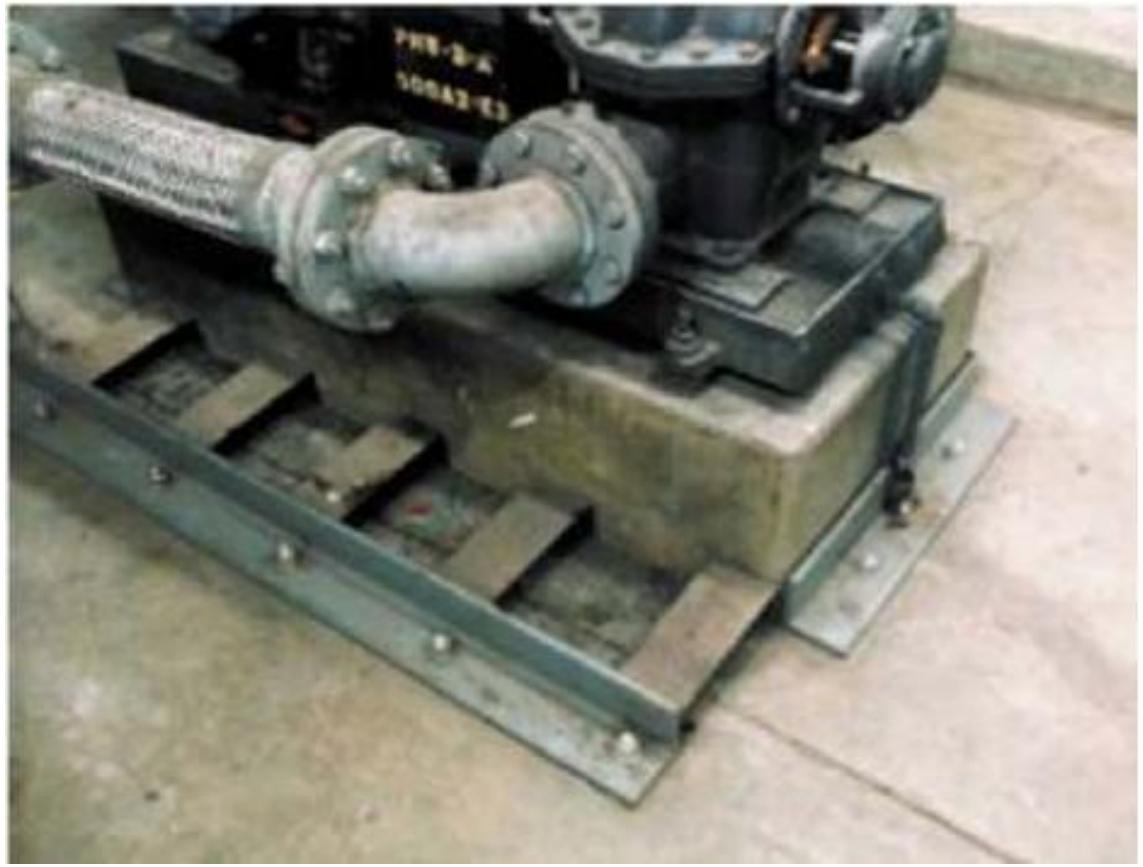
نمونه اجرا شده استفاده از نبشي براي تجهيزات با پايه مدور

اتصال و مهار اجزاء معماری

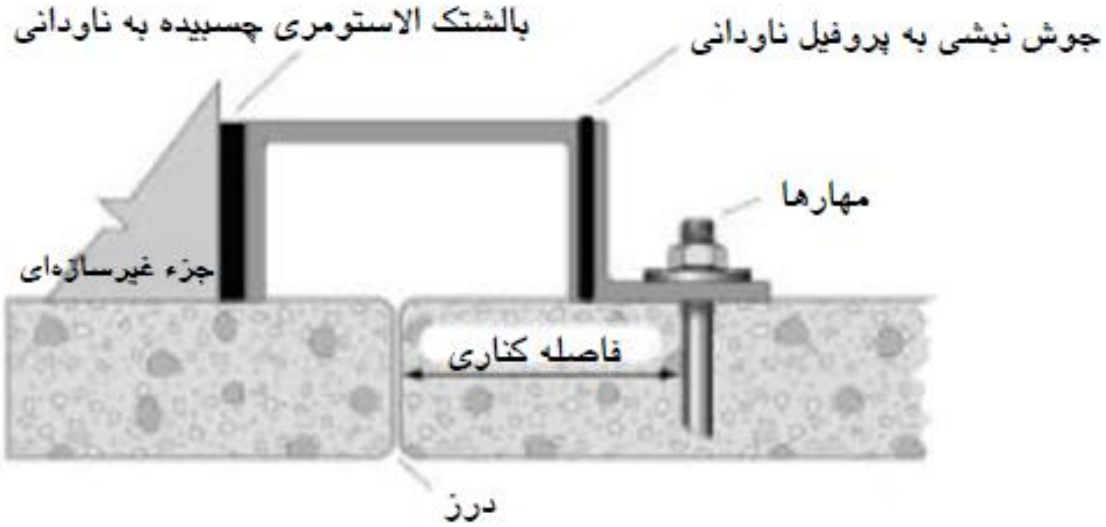


تجهیزات نصب شده باضربه گیر

اتصال و مهار اجزاء معماری

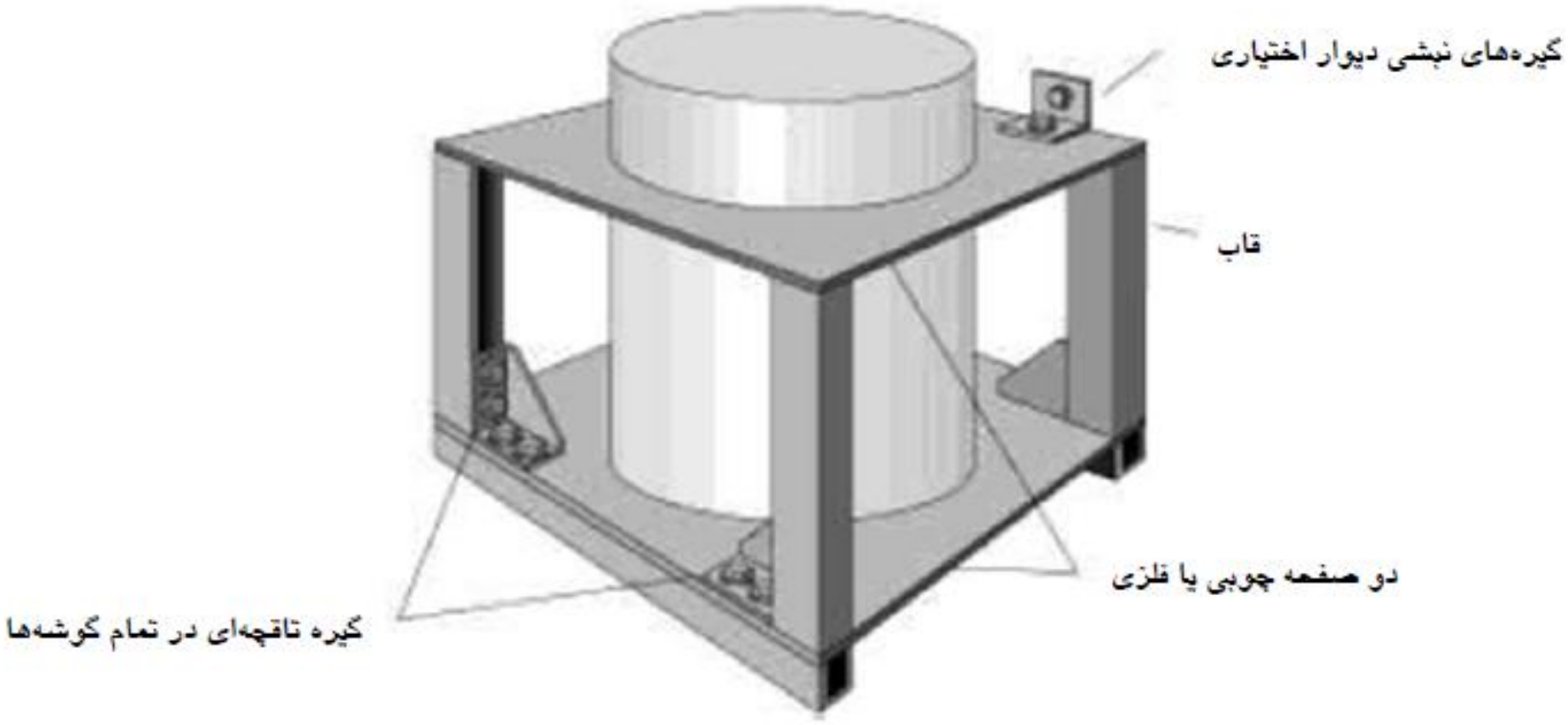


نمونة اجرا شدة ضربهگير در نزديكي درز بتني



ضربهگير نصب شده در نزديكي درز اجرايي بتني

اتصال و مهار اجزاء معماری



نگهدارنده مخازن و سیلندر گاز

نگهدارنده سيلندرهاي كوچك گاز

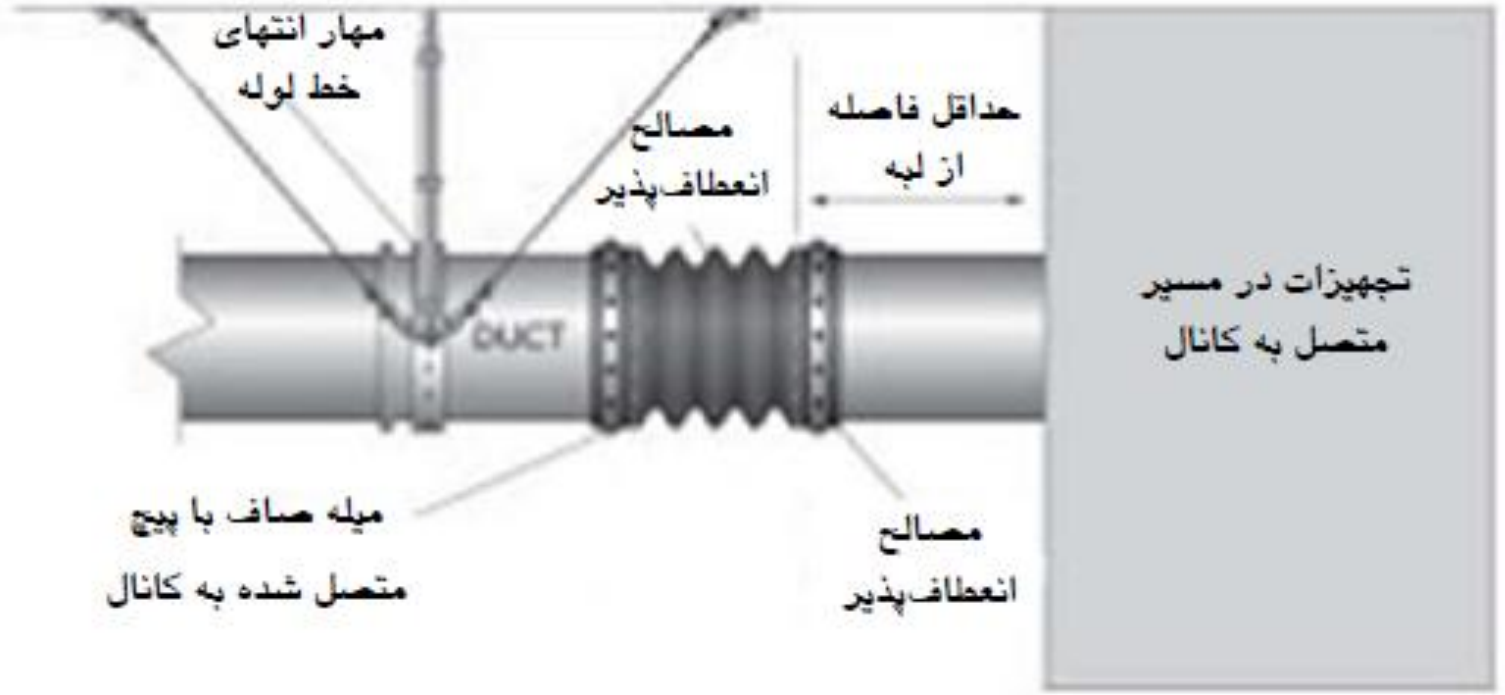
اتصال و مهار اجزاء معماری

اتصال اعضاي استوانه اي به كمك تسمه كشي

اتصال و مهار اجزاء معماری

نمونه استفاده از اتصال شکل پذیر در محل اتصال لوله به پمپ

اتصال و مهار اجزاء معماری



مفصل پلاستیکي کانال

با سپاس از توجه شما