مقاوم سازی و بهسازی ساختمانهای اجری

ایمان الیاسیان،دتنشجوی دکترای عمران سازه

در حال حاضر ساختمان‌های ساخته شده با مصالح بنایی (بخصوص ساختمان‌های آجری)، درصد بالایی از ساختمان‌های موجود یا در حال احداث در کشور ما را تشکیل می‌دهند مهم‌ترین عامل مقبولیت ساختمان‌های بنایی در ایران، به ویژه در شهرستان‌ها در دسترس بودن مصالح، ساده بودن تکنولوژی تولید آجر و بلوک‌های بنایی، آشنایی سازندگان با نحوه ساخت و ساز با مصالح بنایی و سرانجام ارزان تر بودن قیمت تمام شده این قبیل ساختمان‌ها نسبت به ساختمان‌های با اسکلت فولادی و بتن مسلح می‌باشد. با توجه به اینکه در ساخت بیشتر ساختمان‌های بنایی ضوابط و معیارهای مهندسی مربوط به مقاومت سازه در برابر زلزله مورد توجه قرار نمی‌گیرد. و معمولاً توسط سازندگان محلی و بدون توجه به اثر تخریبی زلزله، طراحی و اجرا می‌شوند. رویداد هر زمین لرزه در هر نقطه از کشور فاجعه‌آمیز بوده و پیامدهای بسیار نگران‌کننده‌ای در بر خواهد داشت. برای داشتن ساختمان‌هایی مقاوم در برابر زلزله با سطح ایمنی مطلوب دو مسأله اساسی را باید به طور منطقی پاسخ داد.

۱) ساختمان‌هایی که از این به بعد ساخته می‌شوند چگونه طراحی، محاسبه و اجرا شوند تا دارای مقاومت کافی در برابر زلزله باشند.

۲) ساختمان‌های متعدد موجود که در برابر زلزله آسیب پذیرند چگونه بررسی و مقاوم سازی شوند.

در این پروژه سعی شده است پاسخی بر پایه تجربیات و پژوهش‌های انجام گرفته در کشور ارائه شود و روش‌های اجرایی و مراجع آیین‌نامه‌ای جمع‌آوری شود و در پایان روشی مطمئن برای مقاوم سازی ساختمان‌های بنایی ارائه گردد.

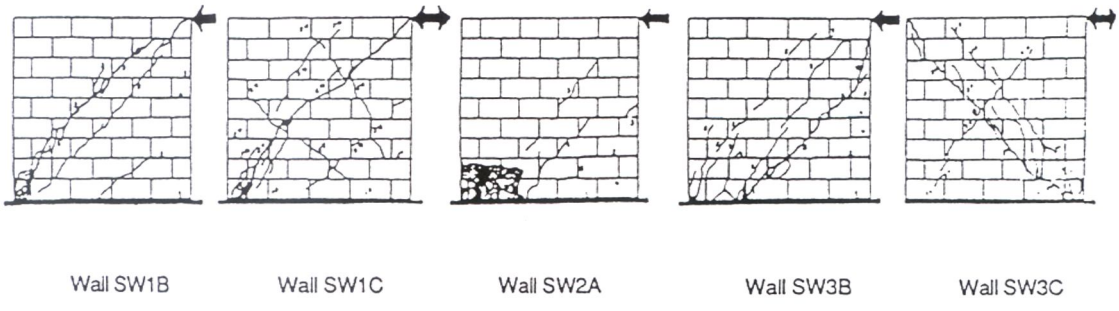
$$V_n = V_m + V_s$$

$$V_m = \left[0.0018\left(\rho_u . f_y + \sigma_c + 2\right)\right] A\sqrt{f'_m}$$

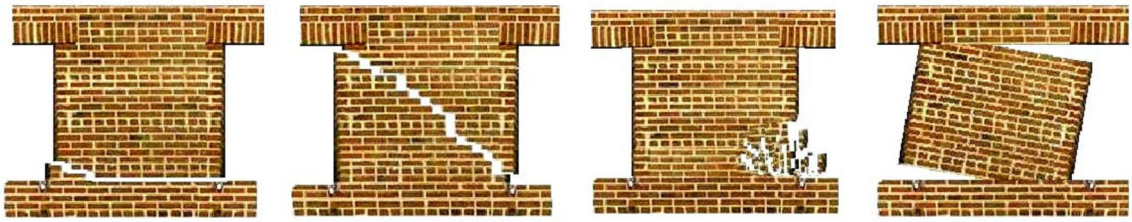
$$V_s = \left(\frac{l - 2d'}{s} - 1\right) A_h . f_y$$

$$V_r = (0/5P_D + 0/25P_W)\frac{D}{H}$$ بدون بازشو

$$V_r = 0/5P_D\frac{D}{H}$$ با بازشو



الگوی ترک خوردگی دیوارهای مورد آزمایش



واژگونی　　خمش　　برش قطری　　لغزش

حالت لغزش دیوار

$$P = (f'_{ms} + k_V . f_d) l . t$$

حالت شکست قطری

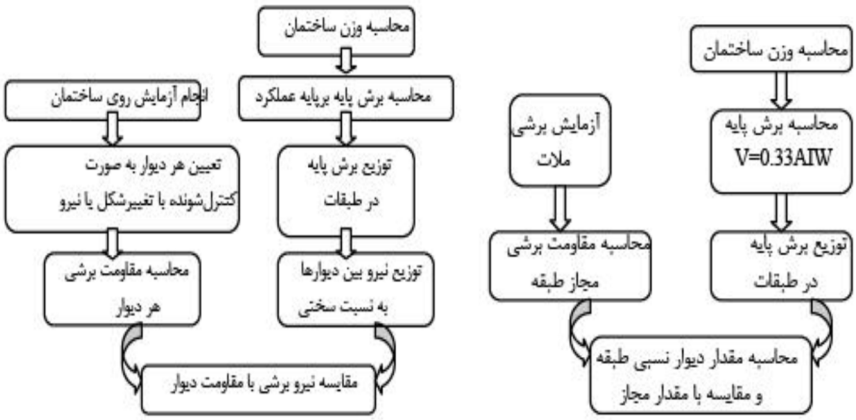
$$P = \frac{f'_{ms} . l^2 . t}{1/5} \sqrt{\frac{f_d}{f'_{mt}} + 1}$$

حالت شکست خمشی

$$P = \frac{f_d . l^2 . t}{\psi h} \left[1 - \frac{f_d}{f'_m}\right]$$

حالت واژگونی دیوار

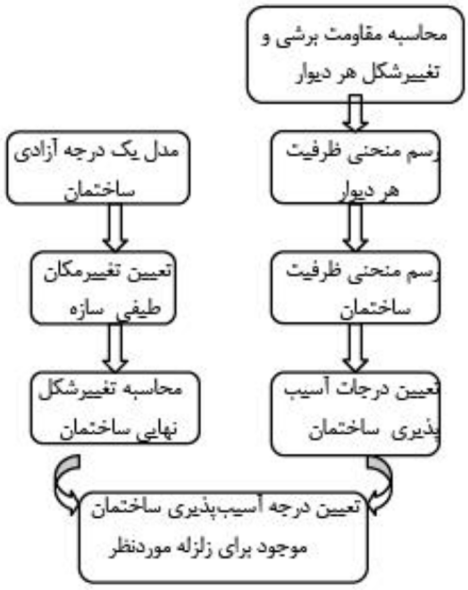
$$P = \frac{f_d . l^2 . t}{2h} + \frac{f'_{mt} . l^2 . t}{6h}$$



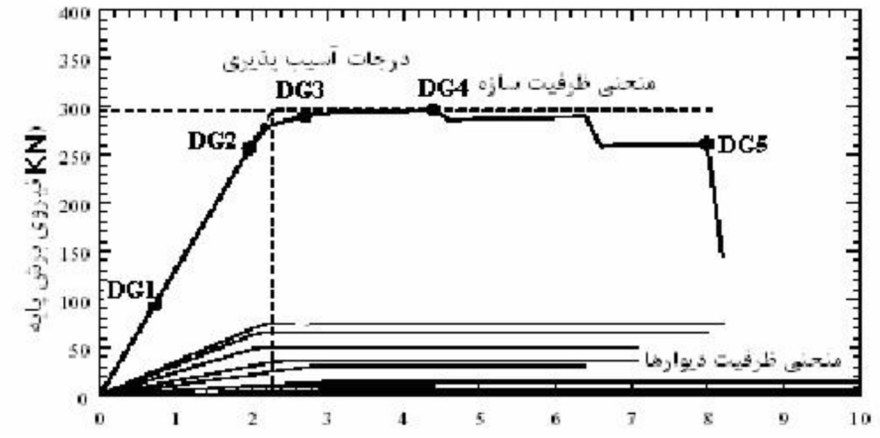
شرح	بر اساس EMS 98 اروپا	درجه آسیب پذیری
نقطه متناظر با اولین ترک (Δ_{cr})	آسیب جزئی (اعضا سازه ای بی آسیب ، آسیب جزئی به عناصر غیر سازه ای) - ترک مویی در تعداد کمی از دیوارها	(درجه ۱) DG1

شروع رفتار غیر خطی سازه(Δ_{y} min)	آسیب متوسط (آسیب جزئی اعضای سازه ای ، آسیب متوسط اعضای غیر سازه ای) -ایجاد ترک در بسیاری از دیوارها -تخریب قطعات بزرگ اندودها	(درجه۲) DG2
صفر شدن سختی سازه ($\Delta_{y\ max}$)	آسیب زیاد (آسیب متوسط اعضا سازه ای ، آسیب زیاد عناصر غیر سازه ای) -ایجاد ترکهای وسیع در دیوارها -تخریب تیر سقف ها	(درجه۳) DG3
تخریب اولین دیوار(Δ_{u} min)	آسیب بسیار زیاد (آسیب زیاد اعضا سازه ای ، آسیب بسیار زیاد غیر سازه ای) -تخریب دیوارها و سقف	(درجه۴) DG4
$V=2/3Vr$	آستانه فرو ریزش ساختمان	(درجه۵) DG5

درجات آسیب پذیری در روش لانگ - باخمن



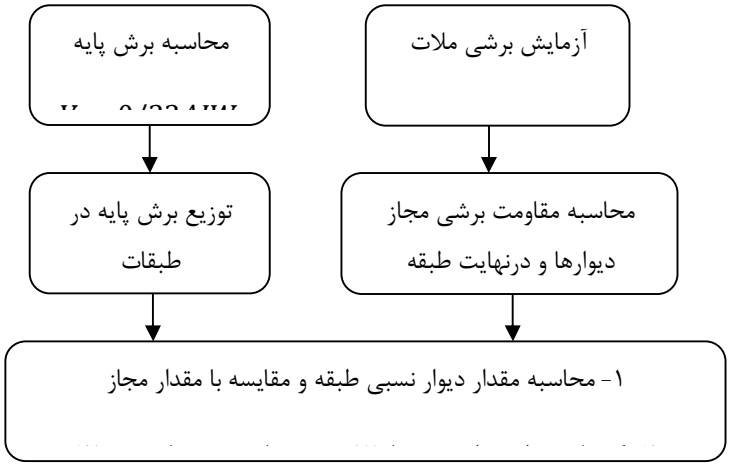
ساختار ارزیابی کمی در روش لانگ- باخمن



منحنی ظرفیت ساختمان در روش لانگ –باخمن

$$\tau = \frac{1.43H}{l\,t} \qquad \sigma_n = \frac{({}^{0.8h}/_{l-0.2})^H}{l\,t} \qquad \sigma_t = \frac{0.58H}{l\,t}$$

$$V = 0/33AIW$$



مهم‌ترین علل خرابی سازه های مصالح بنایی

۱- عدم استفاده از سیستم سازه‌ای مقاوم در برابر بارهای ثقلی و جانبی

۲- عدم طراحی و محاسبه سازه در برابر بارهای وارده

۳- استفاده از پروفیل‌های بسیار ضعیف برای تیرها و ستون‌ها

۴-عدم انسجام بخش‌های مختلف از قبیل سقف‌ها با دیوارها و دیوارها با فونداسیون

۵- عدم اتصال تیرهای طاق ضربی با یکدیگر

۶- عدم اتصال دیوارهای متقاطع با یکدیگر

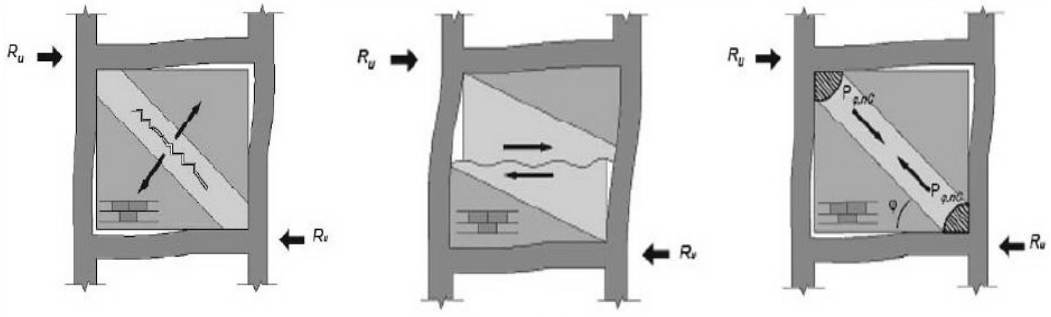
۷- عدم اتصال تیغه‌های داخلی به سقف و کف و دیوارهای جانبی آن‌ها

۸- اجرای ناصحیح دیوارچینی

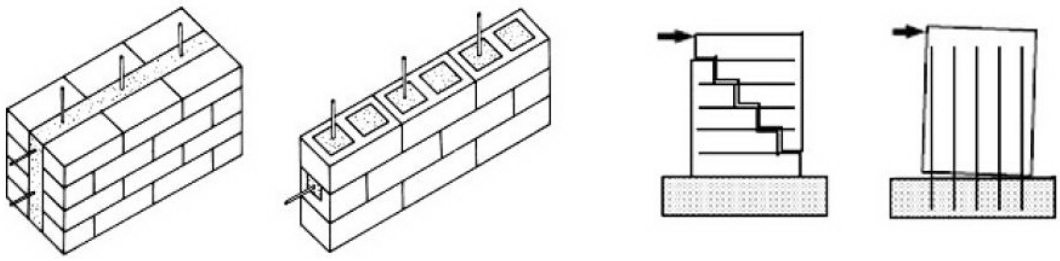
۹- استفاده از مصالح بسیار ضعیف

۱۰- استفاده از افراد غیر فنی در اجرای ساختمان

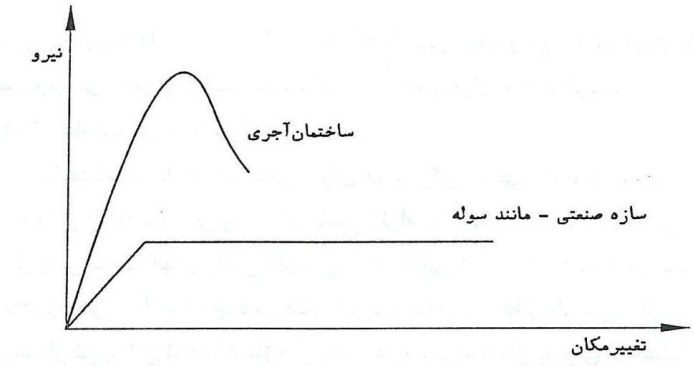
۱۱- عدم رعایت ضوابط آیین نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله در مورد ساختمان‌های بنایی از نظر معماری و سازه.



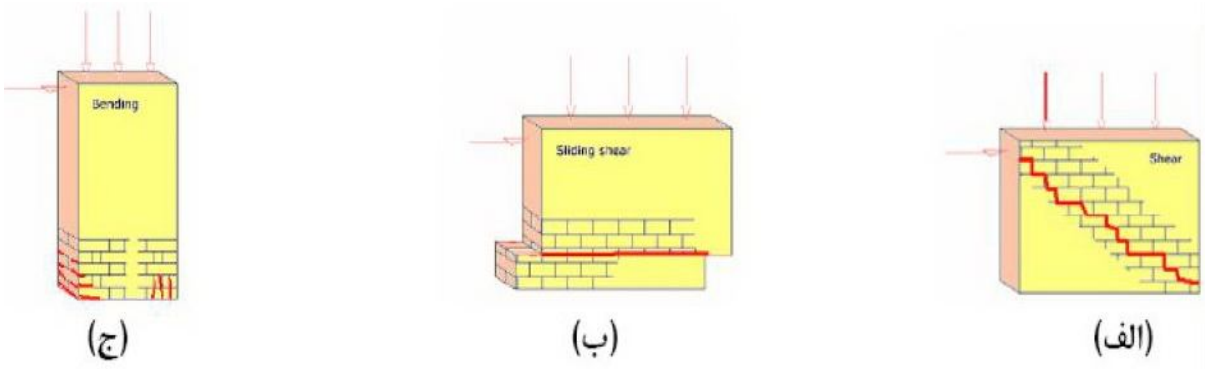
حالات خرابی دیوار آجری میانقاب در اندرکنش با قاب



مسلح سازی دیوار بنایی توسط آرماتورهای افقی و عمودی

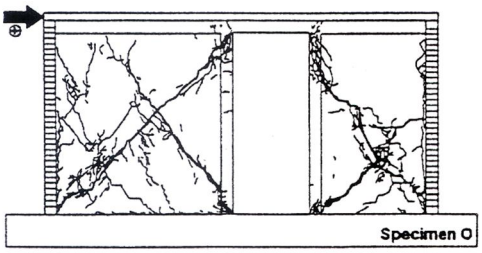


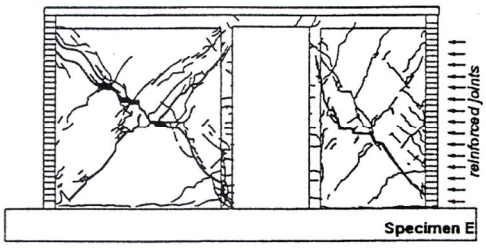
مقایسه نرمی ساختمان آجری و یک ساختمان صنعتی فولادی

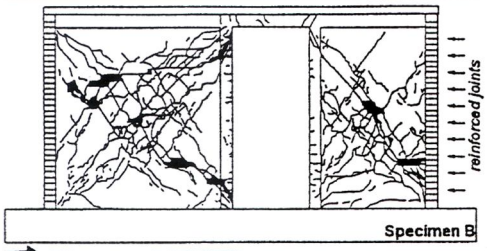


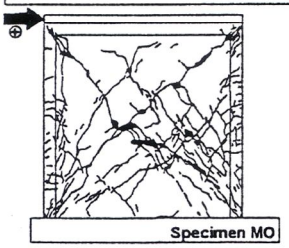
مودهای شکست درون صفحه (الف)شکست برشی(ب)شکست برشی-لغزشی(ج)شکست خمشی

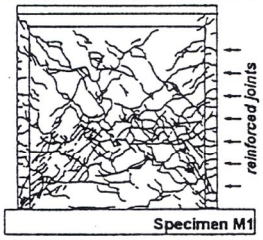
مودهای شکست برون صفحه(الف)شکست خمشی درراستای قائم(ب)شکست خمشی درراستای افقی

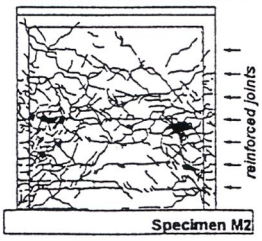


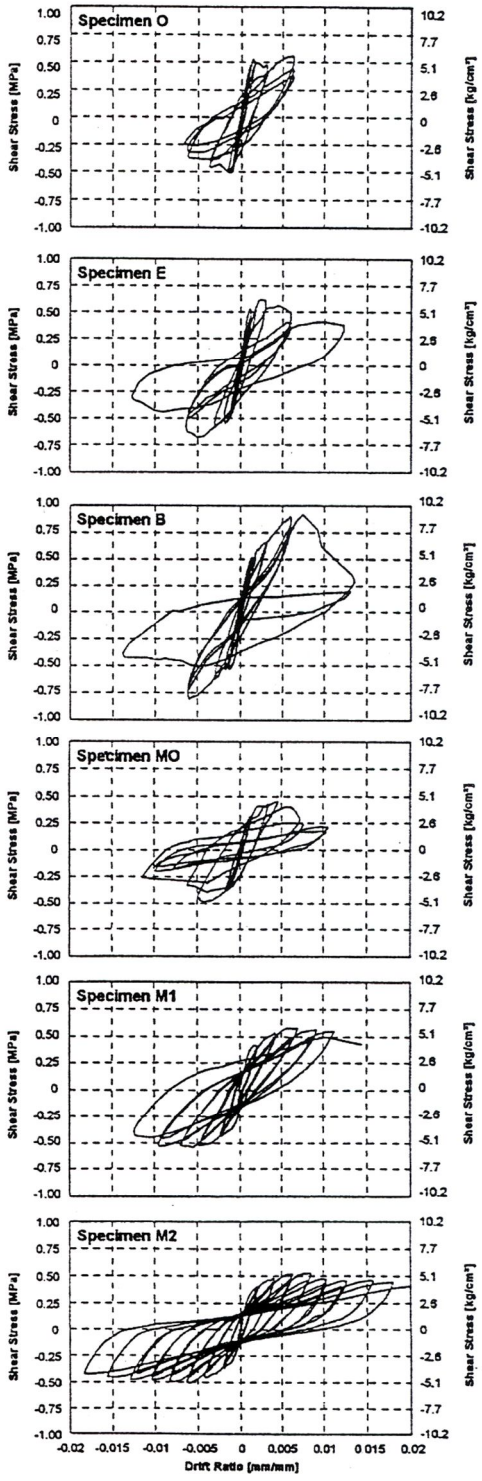




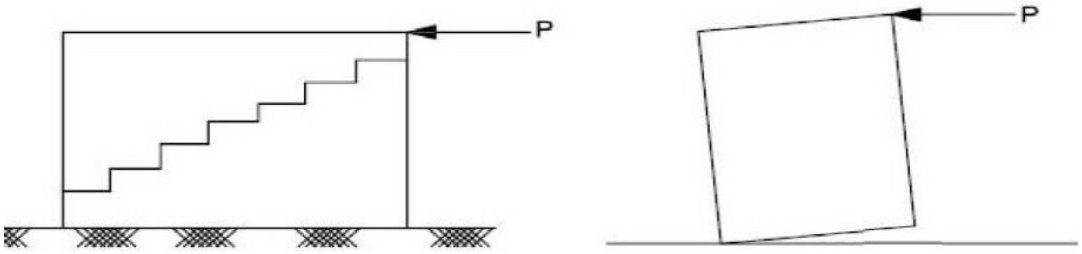




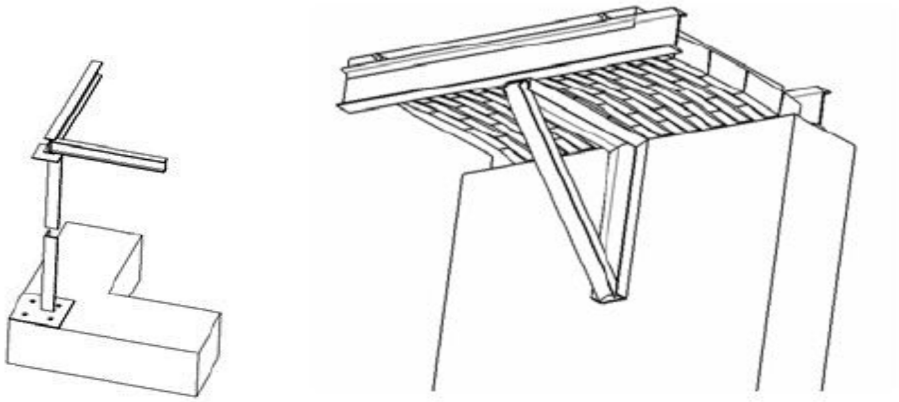




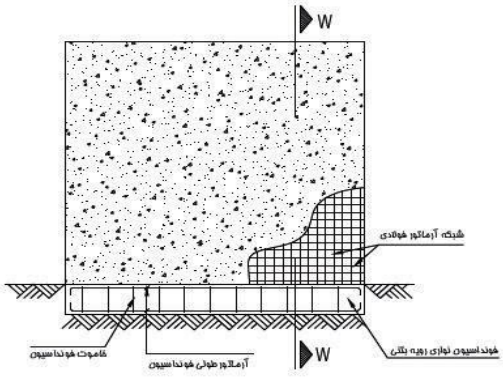
منحنی رفتار چرخه ای و نحوه ترک خوردگی دیوارها

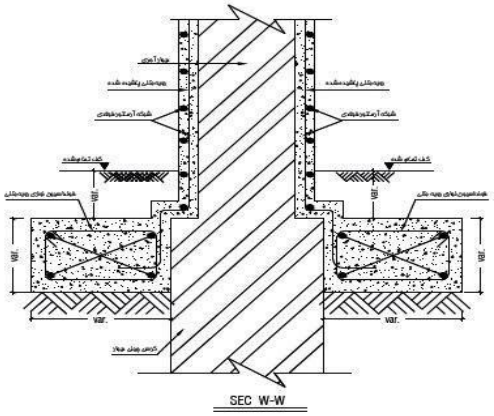


شکست خمشی(پایه های باریک) **شکست برشی(پایه های پهن)**

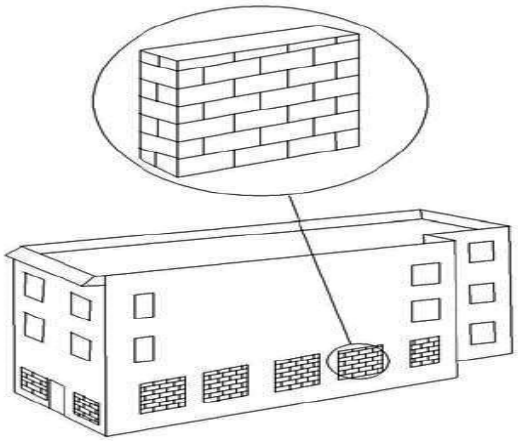


ایجاد اتصال بین سقف و دیوار با استفاده از پیچ و مهره جزییات کلاف فولادی قائم در گوشه ها

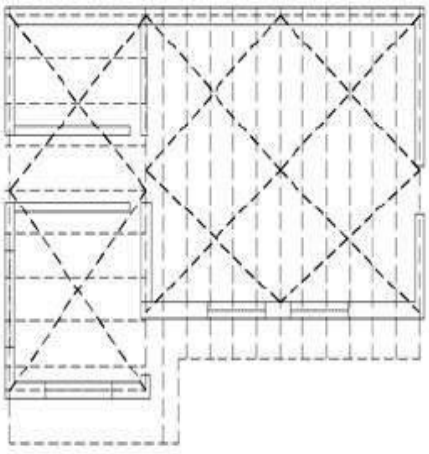


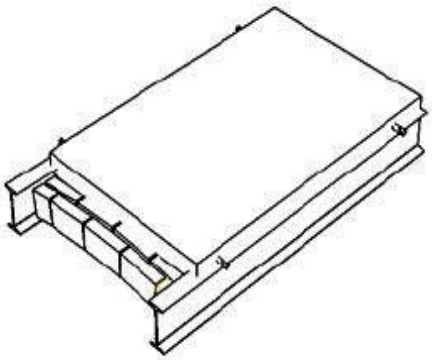


تقویت دیوار با روکش دو طرفه بتن مسلح

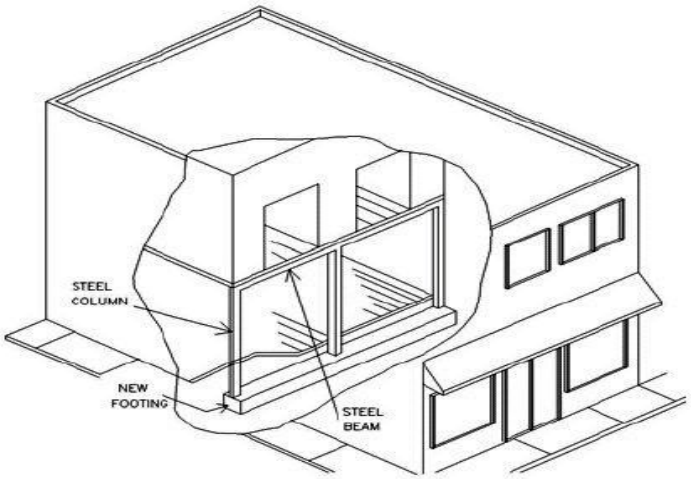


افزایش سختی جانبی به وسیله پر کردن بازشوها

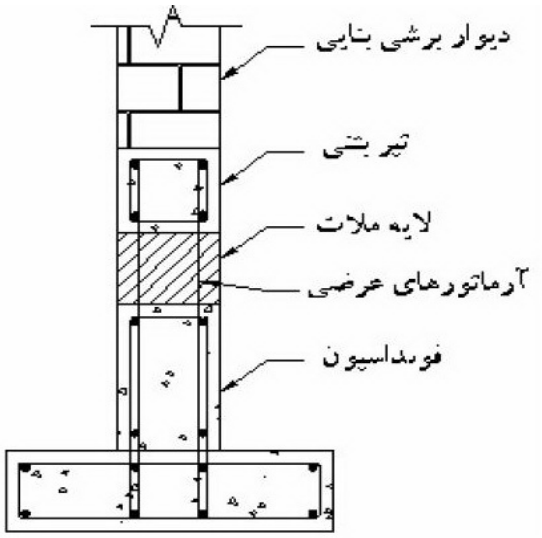




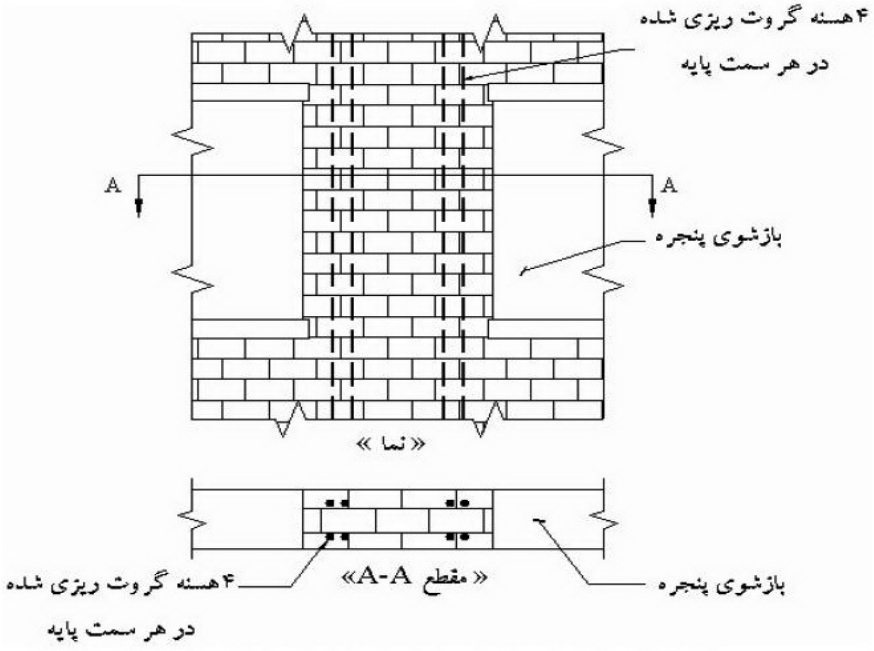
افزایش انسجام با مهاربند ضربدری از زیر سقف اجرای دال بتنی جهت یکپارچگی



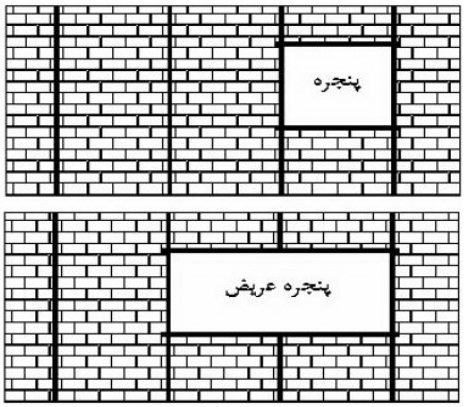
تقویت با ایجاد قاب خمشی فلزی



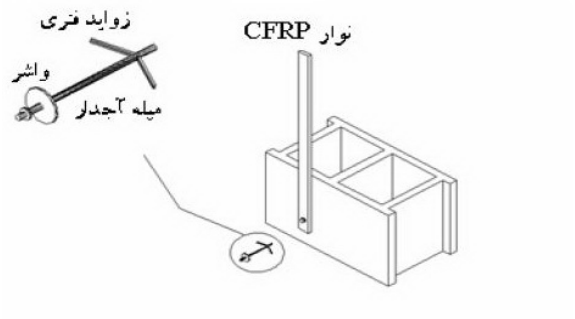
سیستم ایزوله سازی پی(*Reinforced Cut-Wall*)



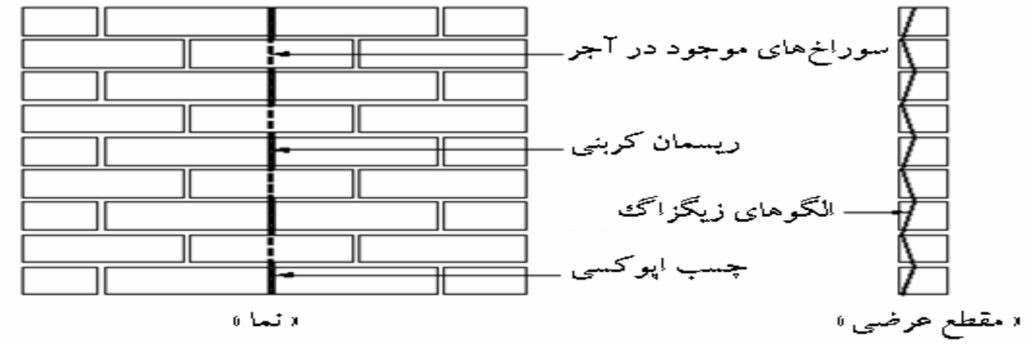
مقاوم سازی به روش هسته مرکزی



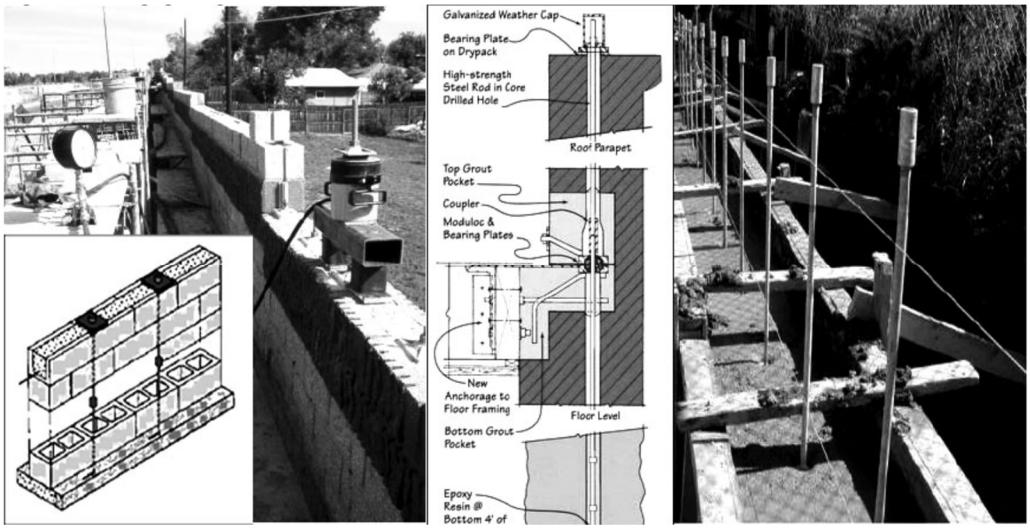
مقاوم سازی دیوار بنایی در محل بازشو



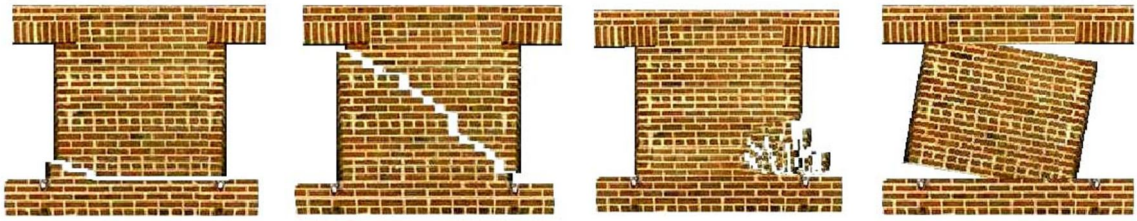
نحوه اتصال *FRP* به المان بنایی



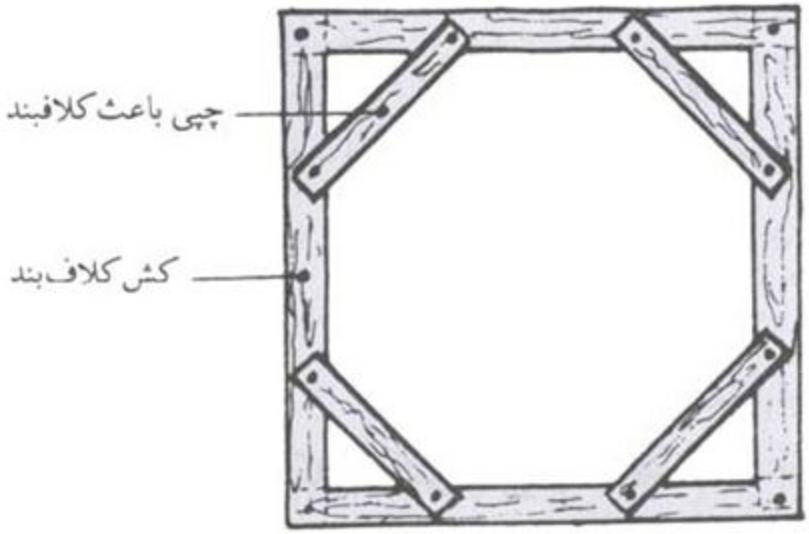
مقاوم سازي با ميلگردهاي FRP نصب شده مجاور سطح(NSM)

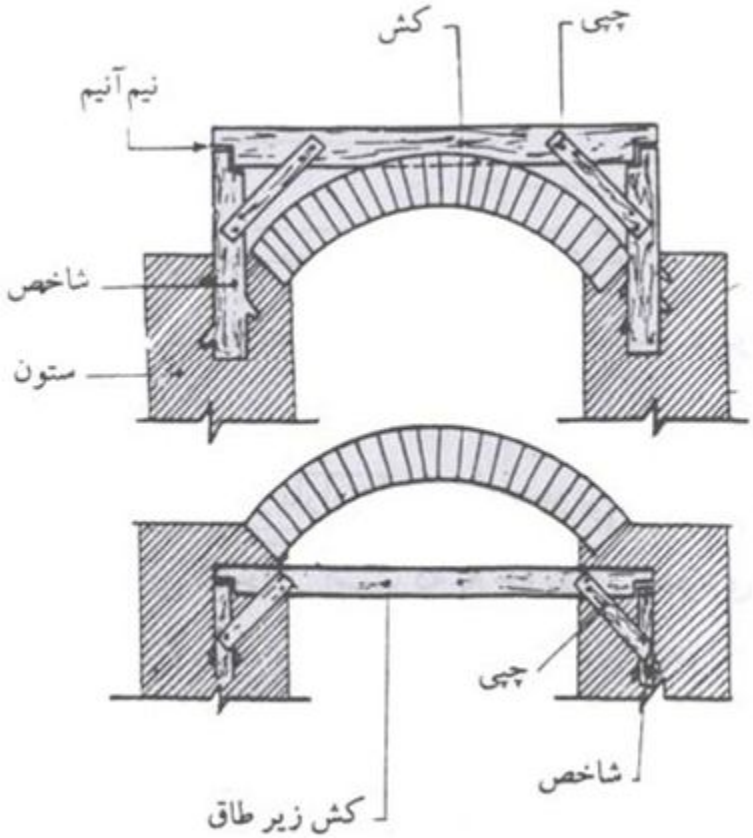


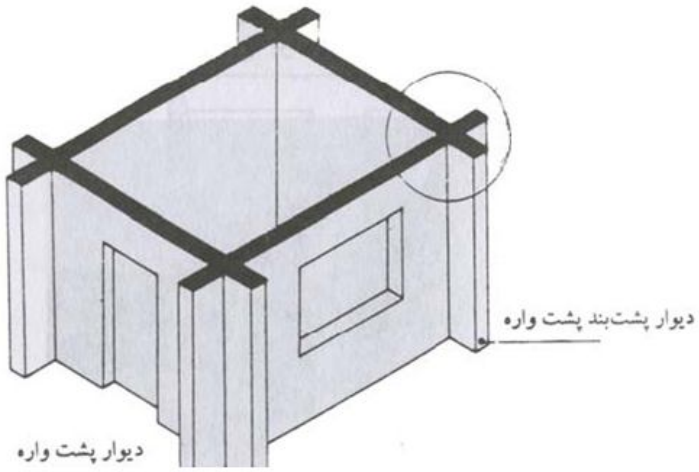
اجرای پس تنیدگی در دیوار بنایی

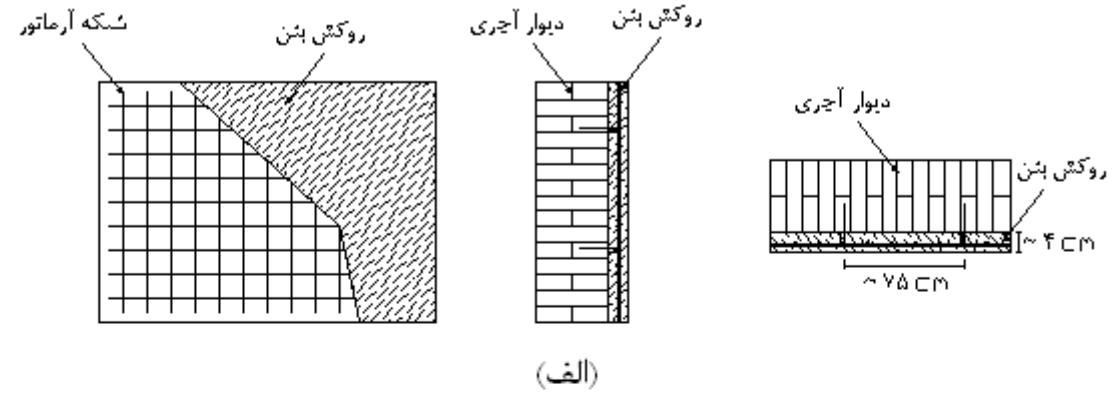


الف) مود شکست بر اثر لغزش درز ملات،
ب) مود شکست بر اثر حرکت گهواره ای،
ج) مود شکست بر اثر کشش قطری،
د) مود شکست بر اثر فشار پنجه.

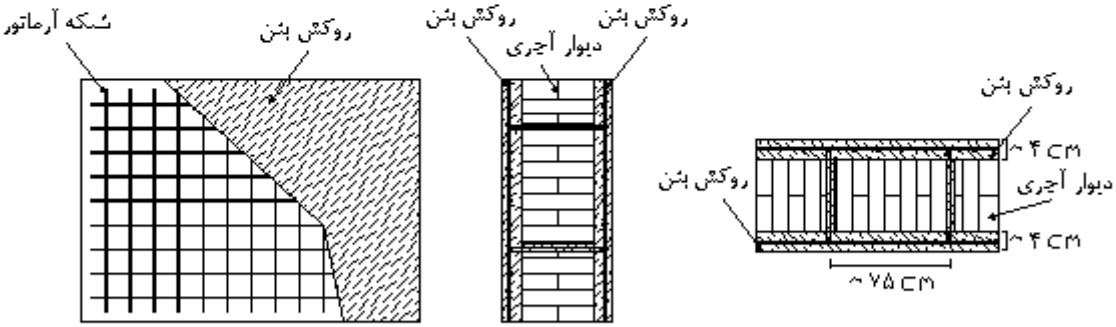



کش
چپی
نیم آنیم
شاخص
ستون
چپی
شاخص
کش زیر طاق


دیوار پشت‌بند پشت واره
دیوار پشت واره



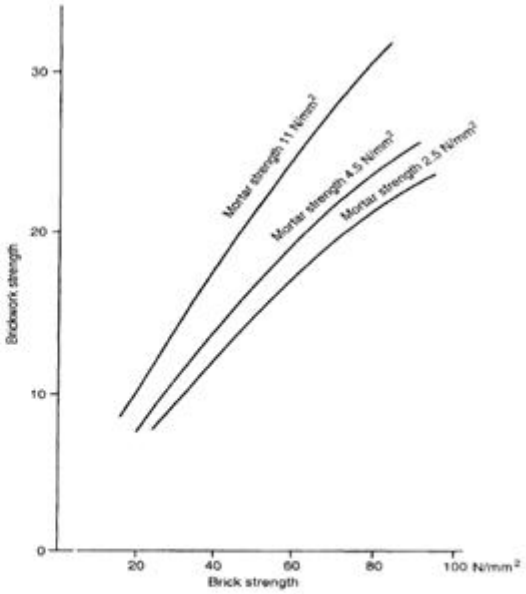
(الف)



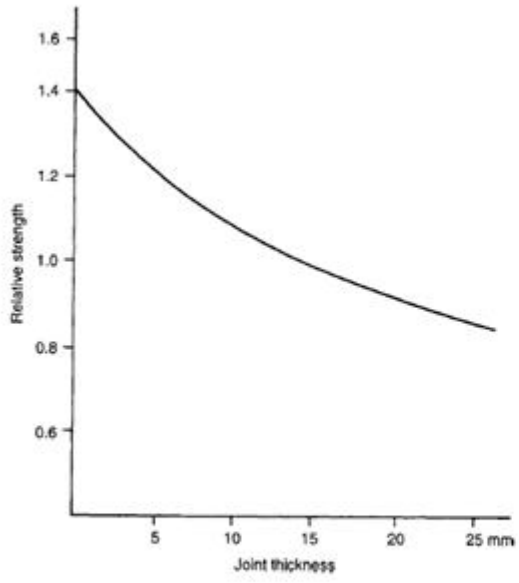
(ب)

الف-تقویت دیوار با روکش یک طرفه بتن مسلح

ب- تقویت دیوار با روکش دو طرفه بتن مسلح



تاثیرمقاومت فشاری آجر و ملات بر مقاومت فشاری آجر کاری



تاثیر ضخامت ملات بر مقاومت فشاری آجرکاری

جدول - ضریب آگاهی بر اساس میزان اطلاعات فنی ساختمان

ردیف	مشخصات ساختمان	ضریب آگاهی k
۱	مدارک اجرای اولیه، نحوه فعالیت‌های پس از ساخت موجود است و آزمایش‌های مصالح انجام شده است.	۱/۰
۲	مدارک مانند ردیف (۱) موجود است و تنها مقادیر اختصاص یافته مقاومت اولیه مشخص نیست	۰/۹۰
۳	مدارک مانند ردیف (۱) موجود است و تنها مقادیر اختصاص یافته مقاومت اولیه مشخص نیست و زوال کمی از شرایط اولیه ساختمان مشاهده می‌شود.	۰/۸۰
۴	مدارک ناقص ولی قابل استفاده از شرایط اجرای اولیه و مقادیر اولیه مقاومت مصالح نیز در دسترس است.	۰/۷۰
۵	مدارکی مانند ردیف (۴) موجود است بازرسی‌های‌اولیه، مشخصات مصالح سازه‌ای و آزمایش‌های مصالح، پراکندگی زیادی را نشان می‌دهد.	۰/۶۰
۶	اطلاعات بسیار محدودی از وضعیت اعضای سازه‌ای در اختیار است.	۰/۵۰

جدول -ضرایب تبدیل کران پایین مشخصات مصالح به مشخصات مورد انتظار

مشخصات مصالح	ضریب تبدیل
مقاومت فشاری	۱/۳
مقاومت کششی	۱/۳
مقاومت برشی	۱/۳
مدول ارتجاعی در فشار	۱/۳

$$f_{tb} = ۰/۰۳۸\, f_b$$

$$\mathrm{E_b} = ۵۰۰\, f_b$$

جدول - مشخصات اختیاری کرانه پایین ملات

مقاومت	شرایط ملات		
(مگاپاسکال)	خوب	مناسب (متوسط)	نامناسب (ضعیف)
فشاری	۱۲/۵	۷	۴
برشی	۰/۲	۰/۱۵	–
کششی	۰/۳	۰/۲	–
خمشی	۲/۰	۱/۰	–

$$f'_m = f_b\left(\frac{۱۰۰+f_b}{۱۲۵+۳f_b}\right)\left[۱-\frac{۰/۲}{۰/۳+(f_g/۲f_b)}\right]\omega \qquad \omega=\frac{۰/۷۵f_b+۲/۲۵f_g}{f_b+۲f_g}$$

جدول - کرانه پایین مقامت کششی واحدآجرکاری (MPa)

نوع منشور آجری	شرایط ملات		
	خیلی خوب و خوب	مناسب (متوسط)	نامناسب (ضعیف)
منشور خمشی (f_{tm})	۰/۱۴	۰/۰۷	–
نمونه قطری (f_{dm})	۰/۸	۰/۴	–

$$f'_{mv} = \mu\frac{P_D}{A_n} + c$$

f_{tb}، مقاومت کششی آجر (MPa)

P_D، بارثقلی در محل آزمایش ناشی از بارهای موجود مرده و زنده بر روی دیوار مورد نظر(kN)

A_n، سطح مقطع خالص دیوار دارای ملات ($mm^۲$)

c، مقاومت چسبندگی برشی برحسب مگاپاسکال

جدول - مقادیر پیش فرض کرانه پایین مقاومت چسبندگی ملات(MPa)

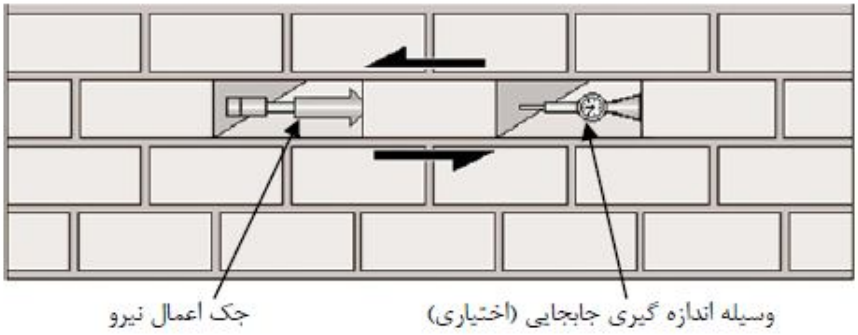
تنش چسبندگی	شرایط ملات		
	خوب	مناسب (متوسط)	نامناسب (ضعیف)
c	۰/۲	۰/۱	–

اگر مقاومت فشاری ملات (f_g) کمتر یا مساوی ۵ مگاپاسکال باشد، مقدار (c) از رابطه $c=\frac{۰/۵}{۱+\frac{۲۵}{۱+۲۵/f_g}}$

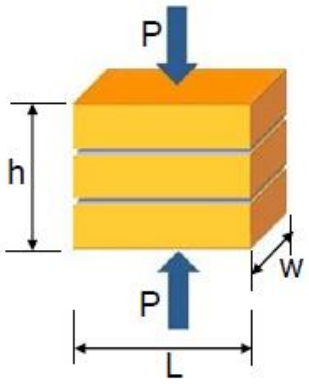
اگر مقاومت فشاری ملات (f_g) بیشتر از ۵ مگاپاسکال باشد، مقدار (c) از رابط $c=\frac{۰/۷۲}{۱+\frac{۵۰}{۱+۰/۷/f_g}}$

$$E_m=(۵۵۰)f'_m$$

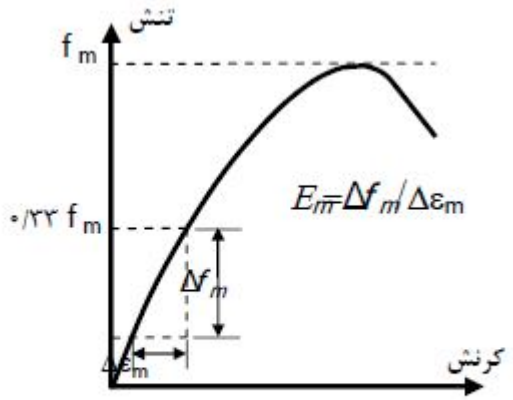
دیوارهایی که تنش برشی ملات آنها کمتر از ۰/۱ مگاپاسکال باشد آسیب پذیر هستند



شکل - نحوه انجام آزمایش برشی ملات



شکل - نحوه انجام آزمایش منشور آجری در آزمایشگاه



شکل - روش تعیین مدول ارتجاعی واحدآجرکاری

f_{dm}: کشش قطری آجرکاری

$P_d^{'}$: نیروی قطری

b و t: به ترتیب طول و ضخامت نمونه

$f_m^{'}$: مقاومت فشاری آجرکاری

$$f_{dm}=۰/۵۱۸۷ f_m^{'}\frac{P_d^{'}}{(f_m^{'}bt-۱/۶۸۳P_d^{'})}$$

مقاومت کشش قطری واحدآجرکاری

$$v_{mL}=\frac{۰/۷۵(\beta v_{tL}+\frac{P_D}{A_n})}{۱/۵} \qquad v_{me}=\frac{۰/۷۵(\beta v_{te}+\frac{P_D}{A_n})}{۱/۵}$$

روش‌ارزیابی‌کیفی

اطلاعات مورد نیاز در ارزیابی کیفی شامل موارد زیر است:

اطلاعات اولیه و مشخصات فنی ساختمان

گردآوری مشخصات اقتصادی و اجتماعی ساختمان و منطقه

محل استقرار ساختمان از نظر ساختگاه و پهنه بندی خطر زلزله

بررسی مقررات و ضوابط بکار رفته هنگام ساخت

اطلاعات وضعیت موجود ساختمان

اطلاعات وضعیت موجود ساختمان باید شامل موارد زیر باشد:

۱- اطلاعات مربوط به پیکربندی، اعضا و اتصالات، ارزیابی وضعیت اعضا و تعیین ضعفهای موجود و ارزیابی نامنظمی ها

۲- اطلاعات ساختگاه و شالوده شامل مشخصات پی و مسائل ژئوتکنیکی

۳- مشخصات مصالح

۴- مشخص‌کردن ضریب آگاهی

ارزیابی مقاومت جانبی ساختمان

۱- سیستم سازه‌ای ساختمان (دیوارهای باربر، سقف ها، اتصالات، اجزای منسجم کننده ساز مانند کلاف ها)

۲- نقش بازشوها

۳- وضعیت شالوده

اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی سریع کیفی

ردیف	عوامل کلی		اجزای عوامل کلی
۱	شرایط ساختگاهی ساختمان		نوع زمین
			مشخصات مکانیکی خاک
			منطقه موردنظر از لحاظ لرزه‌خیزی
			نوع خاک از نظر استاندارد ۲۸۰۰
۲	معماری و سازه ساختمان	هندسه	ارتفاع ساختمان
			بازشوها
			پیش‌آمدگی‌ها
			شکل پلان
۳		موارد سازه ای	کیفیت اتصالات در دیوارها وکلیه اعضای سازه ای
			سیستم باربر قائم و افقی
			نامنظمی در ساختمان

			سیستم سازه‌ای
			ستون یا دیوار کوتاه
			طبقه نرم
			نوع سقف ها یا کف ها
			پی ساختمان
			فاصله با ساختمانهای مجاور
۴	سایر موارد		استاد و مدارک فنی ساختمان
			عمر ساختمان
			تعداد افراد ساکن
			نوع نمای ساختمان
			کیفیت ساخت
			اعضای غیرسازه‌ای
			فرسودگی ساختمان

جدول - تطبیق نتیجه ارزیابی کیفی با شاخص خسارت در ساختمانهای آجری

عملکرد ساختمان	شاخص خسارت
احتمال ریزش ساختمان وجود دارد و تخریب و بازسازی گسترده محتمل ترین نتیجه است	D >۷۵
خسارت قابل توجه و نیاز به بهسازی است	۷۵≥ D >۵۰
خسارت در حد متوسط و نیاز به تعمیر است	۵۰≥ D >۲۵
خسارت اندک و تعمیرات جزئی ساختمان مورد نیاز است	D ≤۲۵

$$Q_G = ۱/۱(Q_D + Q_L)$$

$$Q_G = ۰/۹Q_D$$

تعیین برش پایه

$$V = C_۱ S_a W \qquad ۱ \le C_۱ = ۱ + \frac{T_s - T}{۲T_s - ۰/۲} \le ۱/۵ \qquad S_a = A \cdot B$$

h_{eff} = ارتفاع دیوار

A_v = سطح مقطع برشی دیوار

I_g = ممان اینرسی مقطع ترک نخورده دیوار

E_m = ضریب ارتجاعی مصالح بنایی

G_m = مدول برشی مصالح بنایی

$$K_m = \frac{1}{\frac{h_{eff}^3}{\eta E_m I_g} + \frac{h_{eff}}{A_v G_m}}$$

جدول - نوع شکل‌پذیری هریک از مودهای شکست دیوار آجری

مود شکست	نوع خرابی	شکل‌پذیری	نوع کنترل
مود شکست گهواره ای یا بلندشدگی	خرابی خمشی	شکل‌پذیر	تغییرشکل کنترل
مود شکست لغزش برشی درز ملات	خرابی لغزشی	نیمه شکل‌پذیر	تغییرشکل کنترل
مود شکست خردشدگی پنجه	خرابی فشاری	ترد	نیرو کنترل

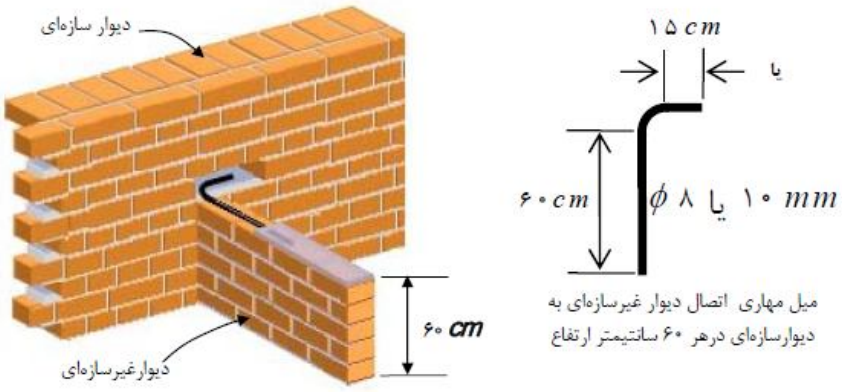
$$Q_{CE} = V_r = 0.9 \alpha P_E \left(\frac{L}{h_{eff}}\right)$$

$$Q_{CE} = V_{bjs} = v_{me} A_n$$

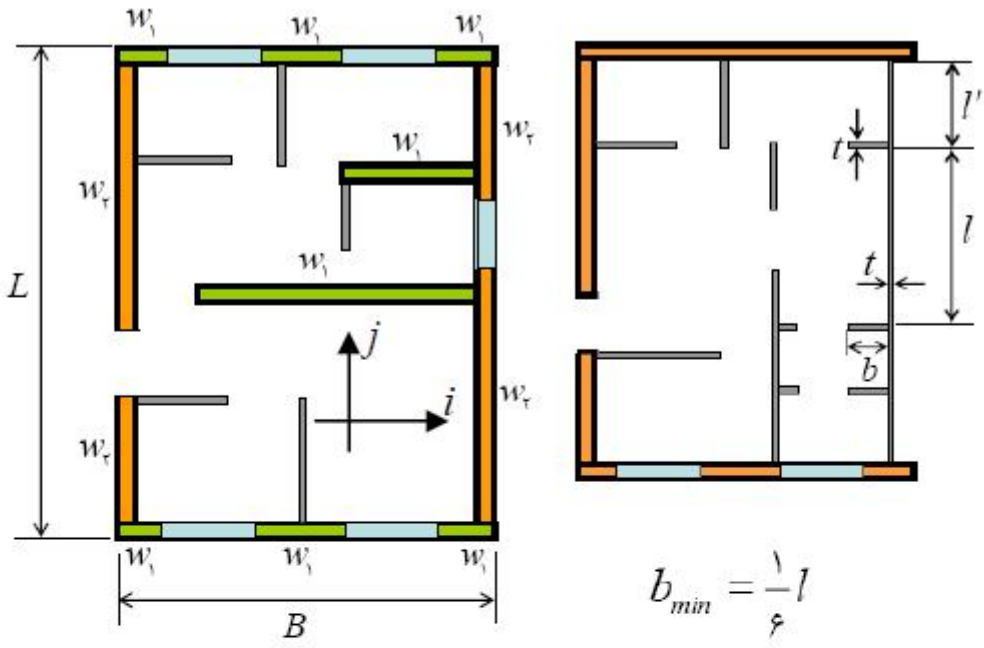
$$Q_{CL} = V_{tc} = \alpha Q_G \left(\frac{L}{h_{eff}}\right)\left(1 - \frac{f_a}{0.7 f_m'}\right) \qquad V_{fr} = v_{fr} A_n = \left[\frac{0.75\left(\frac{P_D}{A_n}\right)}{1.5}\right] \times A_n$$

مقادیر لاغری بر اساس نسبت ارتفاع به ضخامت دیوارآجری

نسبت (h_{eff}/t)	۵	۱۰	۱۵	۲۵
λ	۰/۱۲۹	۰/۰۶۰	۰/۰۳۴	۰/۰۱۳

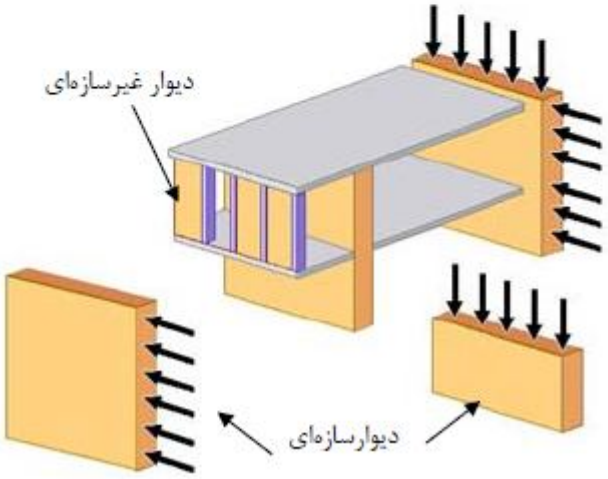


شکل - نحوه درگیر کردن دیوار غیر سازه‌ای به دیوار سازه‌ای



$$b_{min} = \frac{1}{6} l$$

$$l \le 6m \text{ یا } 40t$$



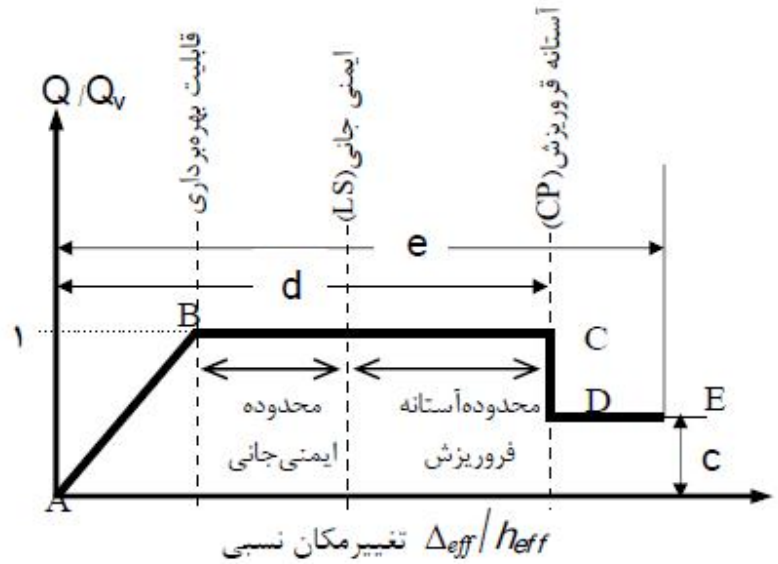
$$R_{wi} = \frac{\sum w_{1i}}{L \times B}$$

$$R_{wj} = \frac{\sum w_{2j}}{L \times B}$$

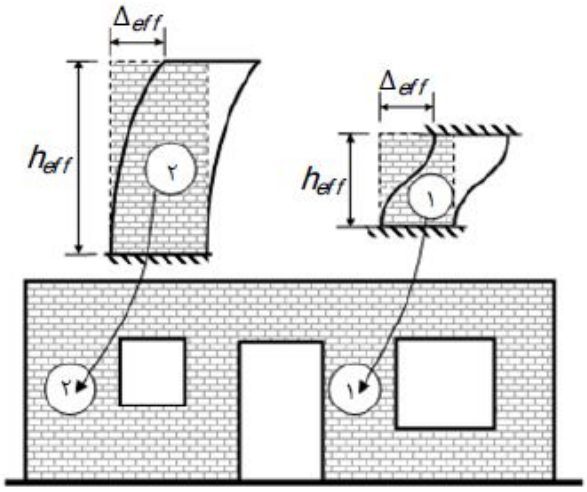
شکل - دیوارهای غیر سازه‌ای یا تیغه ها

جدول - مقادیر ضریب m برای رفتاردرون صفحه دیوارهای بنایی در روش استاتیکی خطی

رفتار دیوارها و جرزها	سطح عملکرد ساختمان	
	اعضای اصلی	
	ایمنی جانی(LS)	آستانه فروریزش(CP)
لغزش برشی ملات	۳	۴
بلند شدگی (حرکت گهواره‌ای)	$۳\frac{h_{eff}}{L} \geq ۱/۵$	$۴\frac{h_{eff}}{L} \geq ۲$
دیوار محصور در کلاف	۲/۲۵	۳



شکل - رابطه ساده شده نیرو-تغییرمکان برای اعضای اصلی در ساختمان‌های آجری



شکل - تغییرمکان موثر و ارتفاع موثر دیوارها یا جرزها با در نظر گرفتن شرایط تکیه گاهی

جدول - نسبت مجاز ارتفاع به ضخامت دیوارهای سازه‌ای در هر طبقه

محل استقرار دیوار	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد $A \geq ۰/۳۵$	پهنه با خطر نسبی‌زیاد، متوسط و کم $۰/۲۵ \leq A < ۰/۳۵$
	h/t	*h/t*
طبقه فوقانی‌ساختمان‌دو تا سه طبقه	*۱۰	۱۴
سایر طبقات	۱۴	۱۵
دیوار ساختمان یک طبقه	۱۲	۱۶

*برای دیوار طبقه سوم

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T^2}{4\pi^2} g \qquad F_P = \beta_P S_S W$$

جدول - مقادیر ضریب اصلاح C_0

تعدادطبقات ساختمان	نحوه توزیع بار جانبی مثلثی
۱	۱
۲ و ۳	۱/۲

جدول -مقادیر ضریب اثر کاهش سختی و مقاومت (C_2) برای دیوارهای بنایی غیرمسلح

سطح عملکرد ساختمان	$T \leq ۰/۱$	$T \geq T_0$
ایمنی جانی	۱/۳	۱/۱
آستاده فروریزش	۱/۵	۱/۲

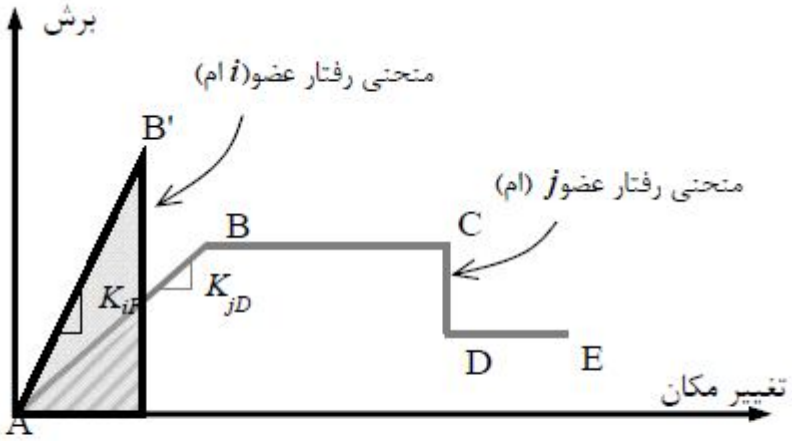
$$\begin{cases} \delta_B = \dfrac{V_B}{K_B} \\ \delta_C = \delta_D = d \times \dfrac{h_{eff}}{۱۰۰} \\ \delta_E = e \times \dfrac{h_{eff}}{۱۰۰} \end{cases} \qquad V_D = V_E = c \times V_B = c \times V_C$$

مقدار تغییرشکل غیرخطی دیوارها و جرزها در رابطه ساده شده نیرو- تغییرمکان در روش استاتیکی غیرخطی

رفتار دیوار یا جرز	c	d (%)	e (%)	معیار پذیرش: سطح عملکرد ساختمان — اعضای اصلی: ایمنی جانی	معیار پذیرش: سطح عملکرد ساختمان — اعضای اصلی: آستانه فروریزش
لغزش برشی ملات	V_{fr}/Q_y *	۰/۴	۰/۸	۰/۳	۰/۴
بلند شدگی (حرکت گهواره ای)	۰/۶	$۰/۴(\frac{h_{eff}}{L})$	$۰/۸(\frac{h_{eff}}{L})$	$۰/۳(\frac{h_{eff}}{L})$	$۰/۴(\frac{h_{eff}}{L})$

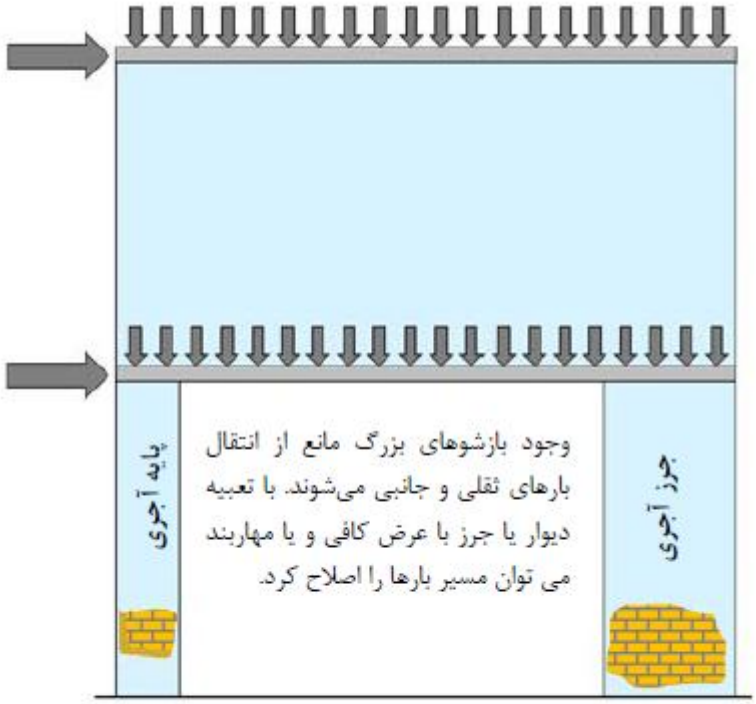
* مقدار V_{fr} از رابطه (۴-۱۵) بدست می آید

$$V_{iF} = V\left(\frac{K_{iF}}{\sum_{i=۱}^{n} K_{iF} + \sum_{j=۱}^{m} K_{jD}}\right)$$

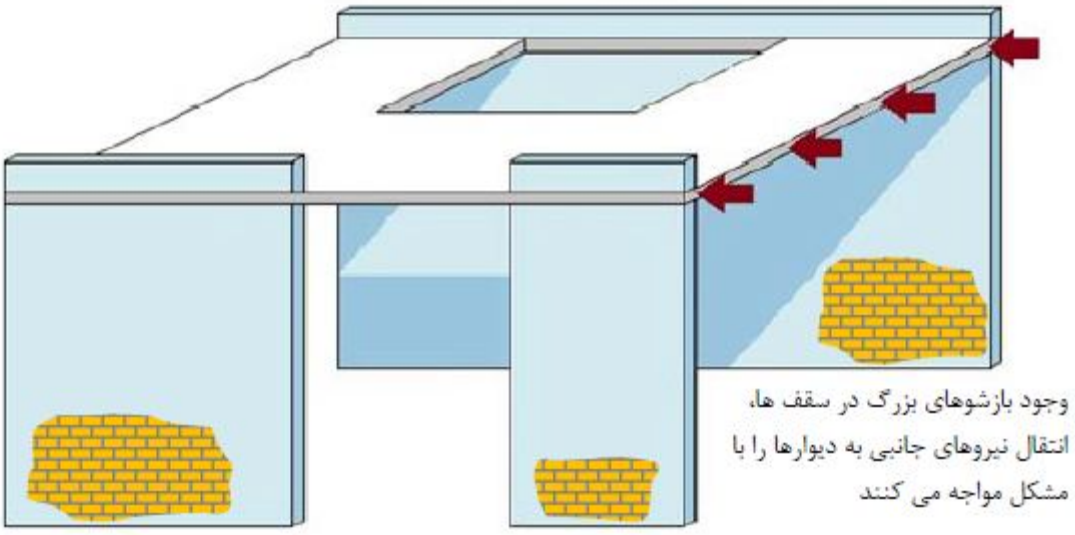


شکل - منحنی رفتاری عضو تغییرشکل-کنترل و نیرو-کنترل

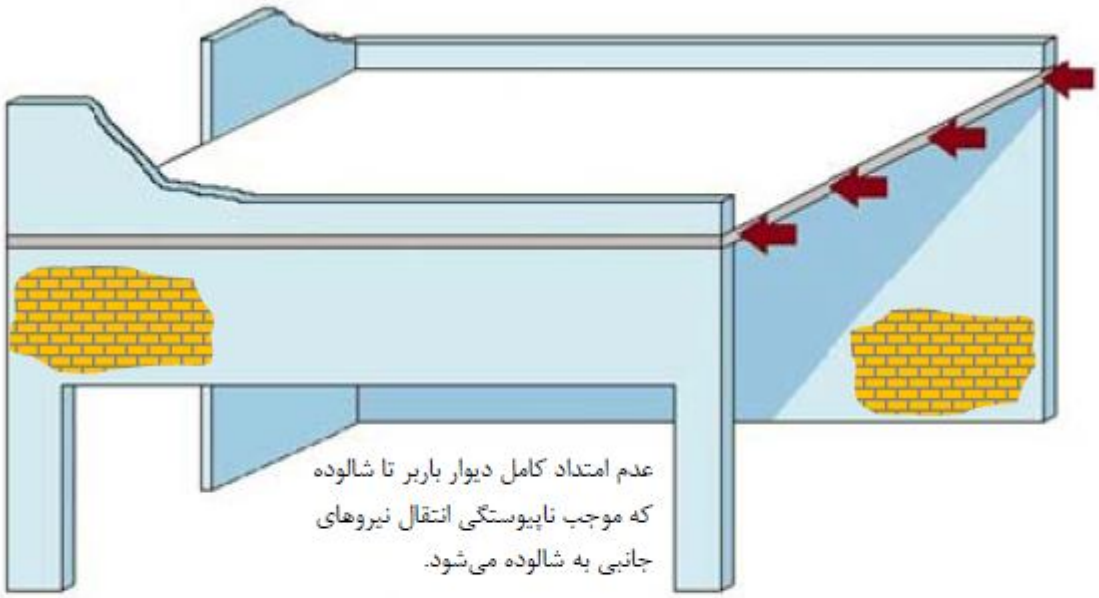
شکل - مراحل بهسازی ساختمانهای کوتاه مرتبه



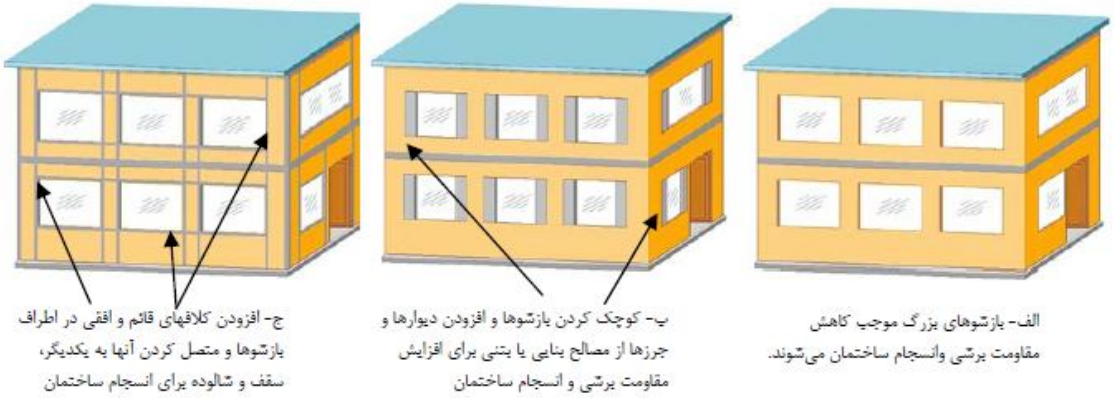
شکل - ناپیوستگی در مسیر بارهای ثقلی و جانبی

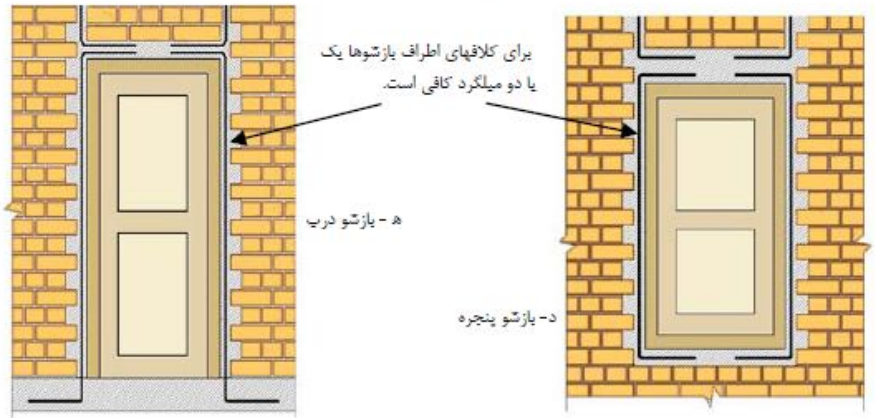


شکل - ناپیوستگی در مسیر نیروهای جانبی

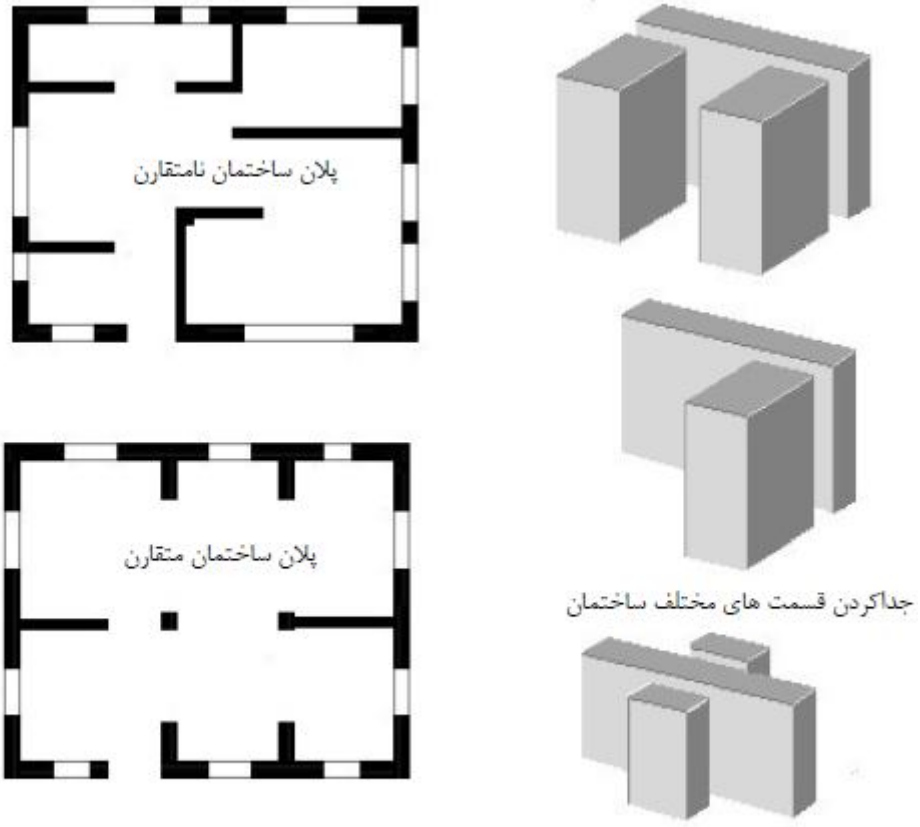


شکل – ناپیوستگی در مسیر نیروهای جانبی در اثر ناپیوستگی دیوار باربر

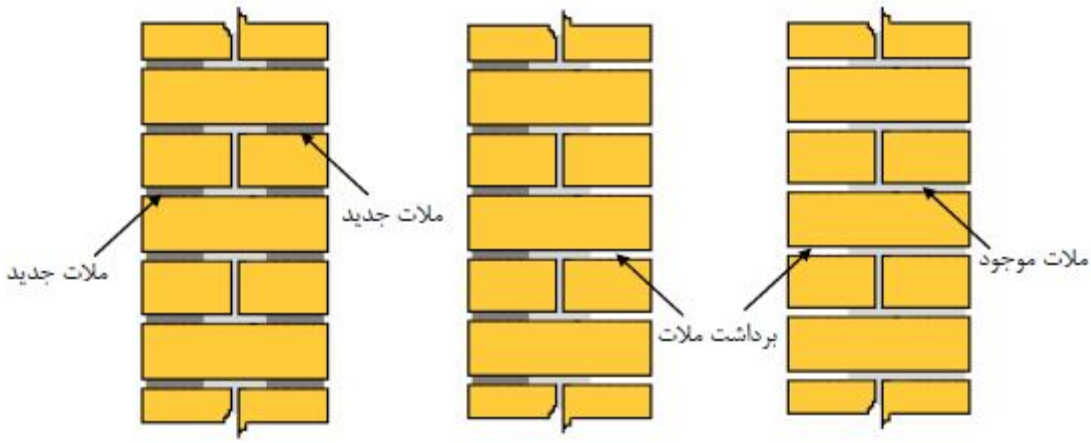




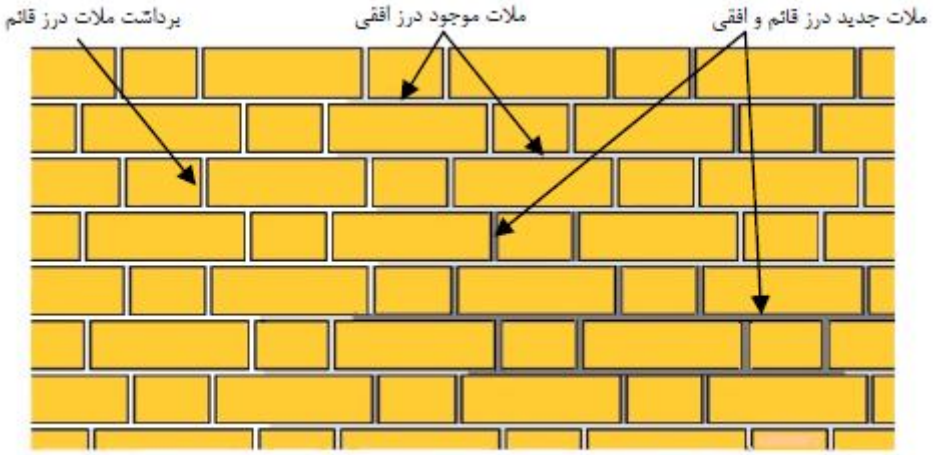
شکل - افزایش مقاومت برشی و انسجام ساختمان



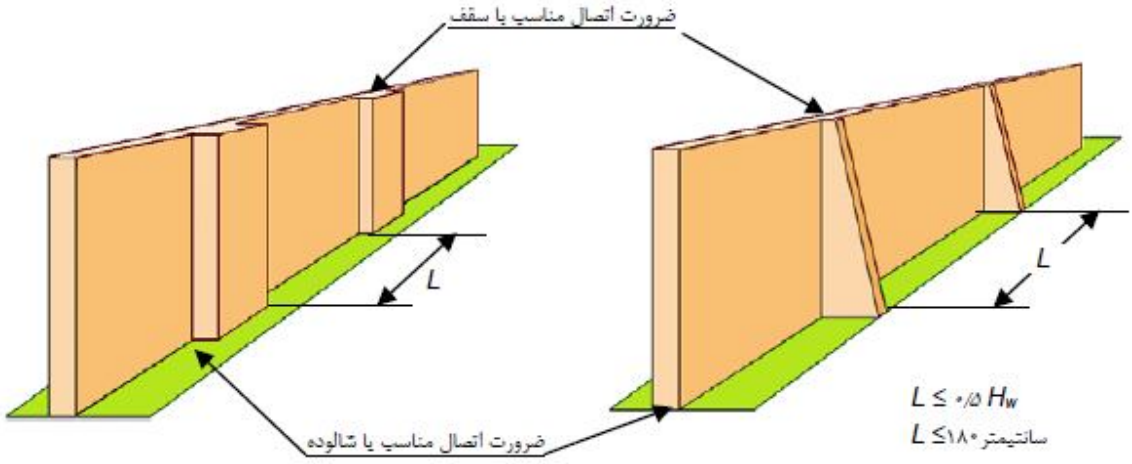
شکل - افزایش مقاومت برشی و انسجام ساختمان



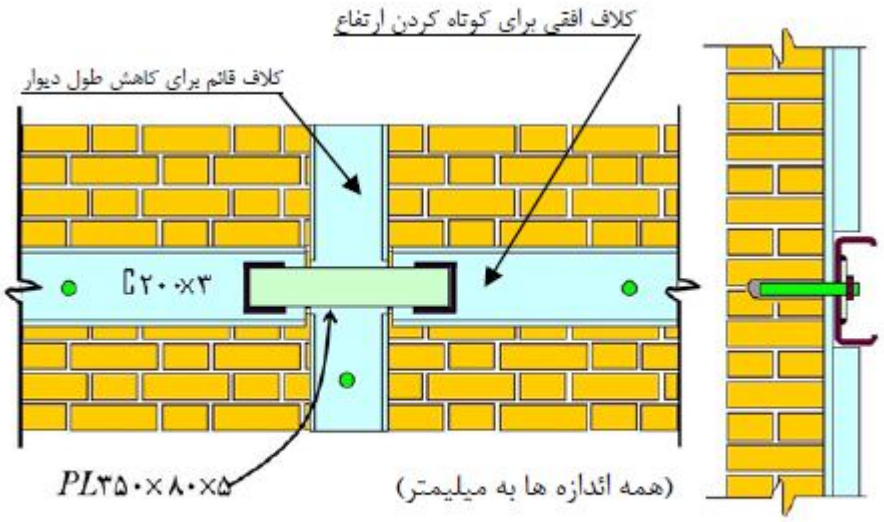
شکل - اصلاح اجرای آجرچینی و ملات



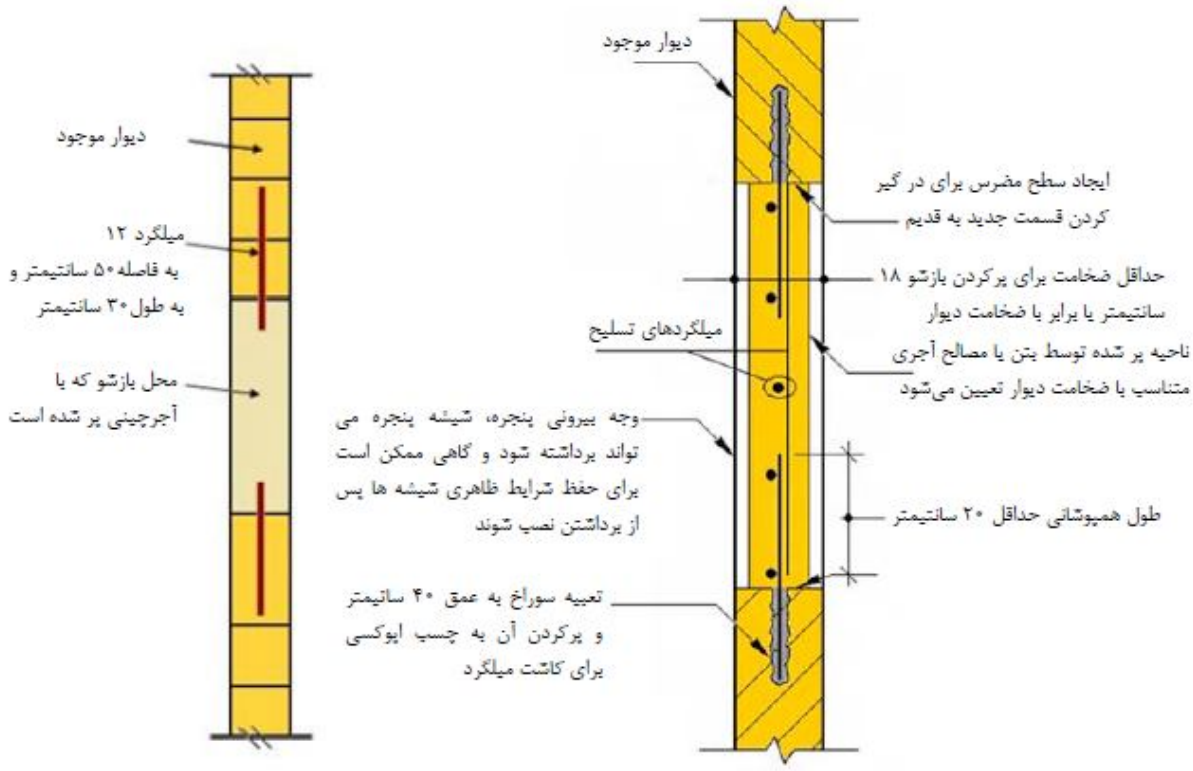
شکل - اصلاح هرزه ملات یا ملات درزهای قائم



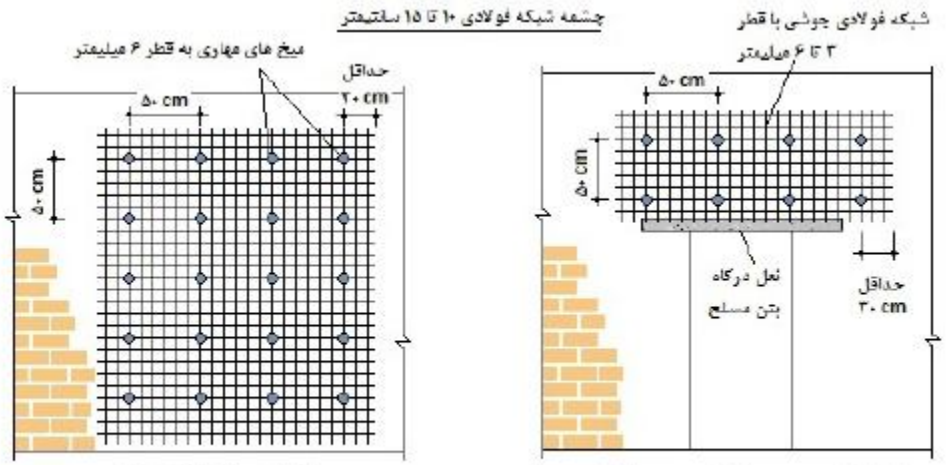
شکل - کنترل طول غیر مجاز دیوار



شکل - یکی از راههای کاهش طول و ارتفاع آزاد دیوارهای باربر

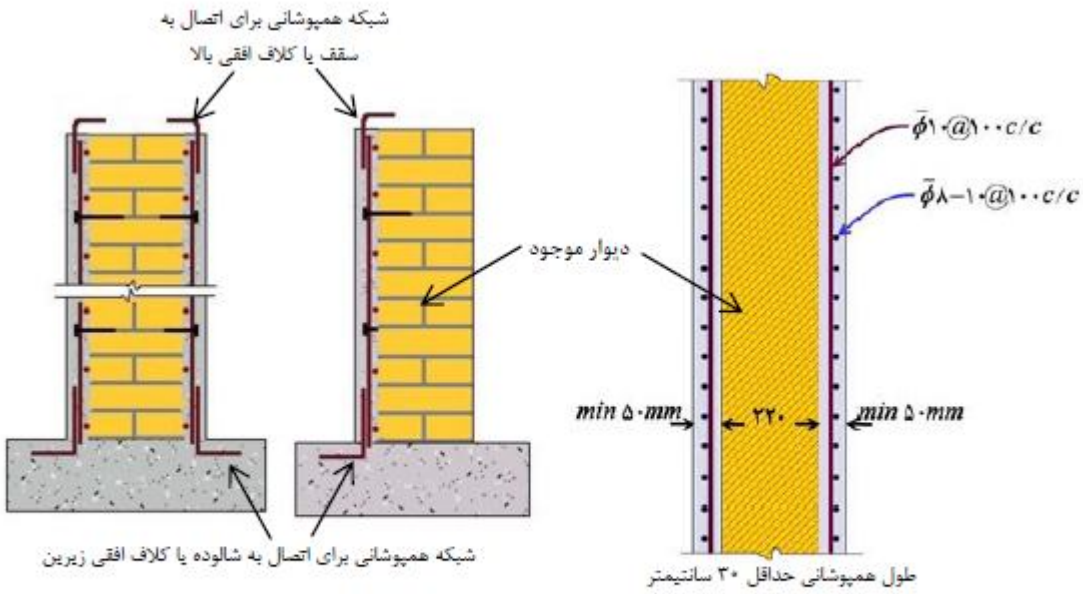


شکل- یکی از راه های کاهش ابعاد بازشوها

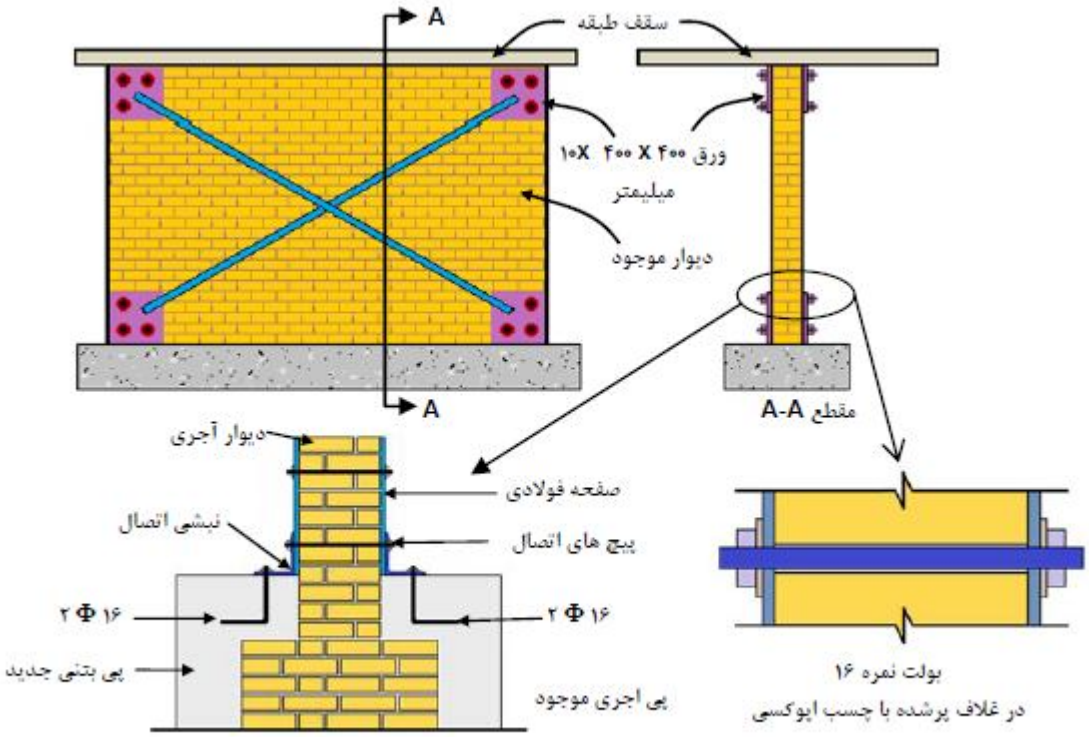


شبکه فولادی با قطر ۴ تا ۸ میلیمتر و
چشمه ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلیمتر

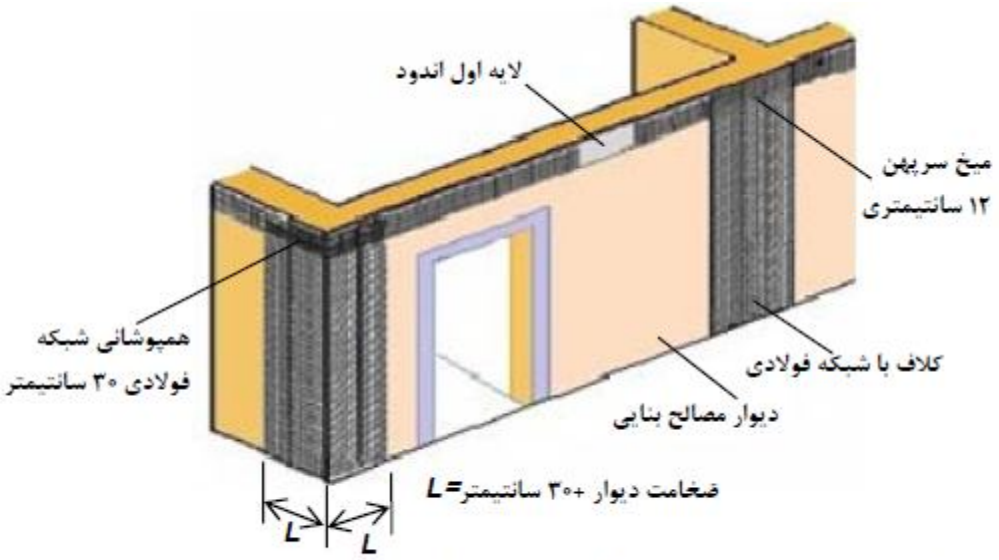
شبکه فولادی در هر ۵۰ سانتیمتر توسط یک میخ یا
میلگرد دارای خم به دیوار موجود مهار می‌شود



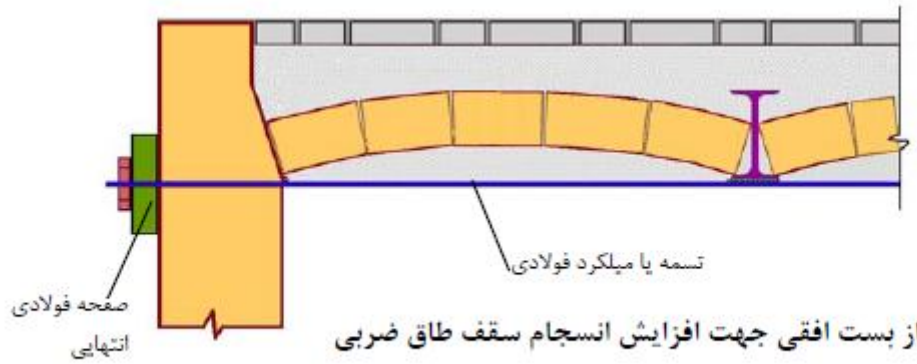
تقویت دیوار آسیب دیده با استفاده از پوشش بتن مسلح



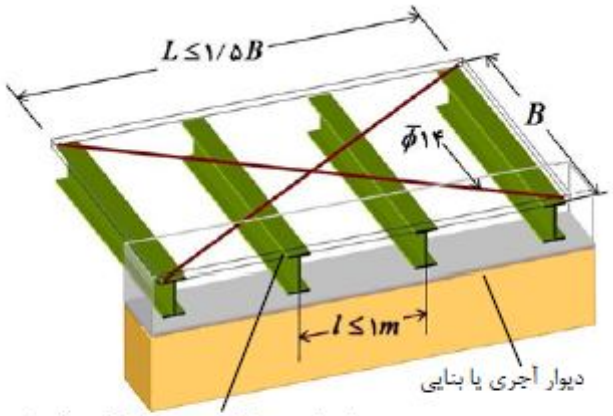
یکی از راههای افزایش تراکم دیوارهای باربر



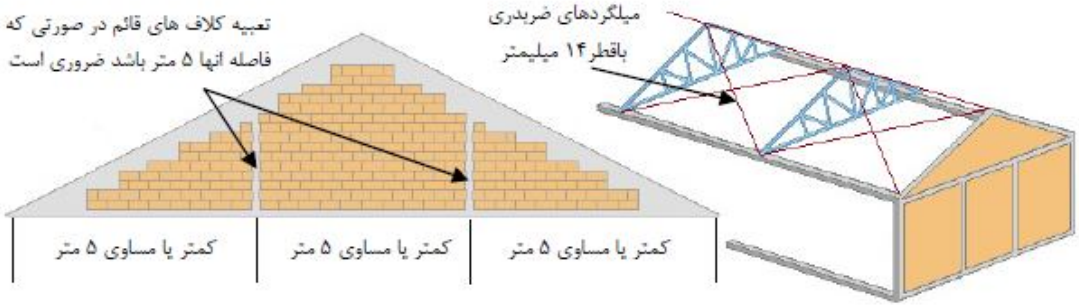
انسجام اتصال دیوار با استفاده از میلگرد و صفحه مهاری



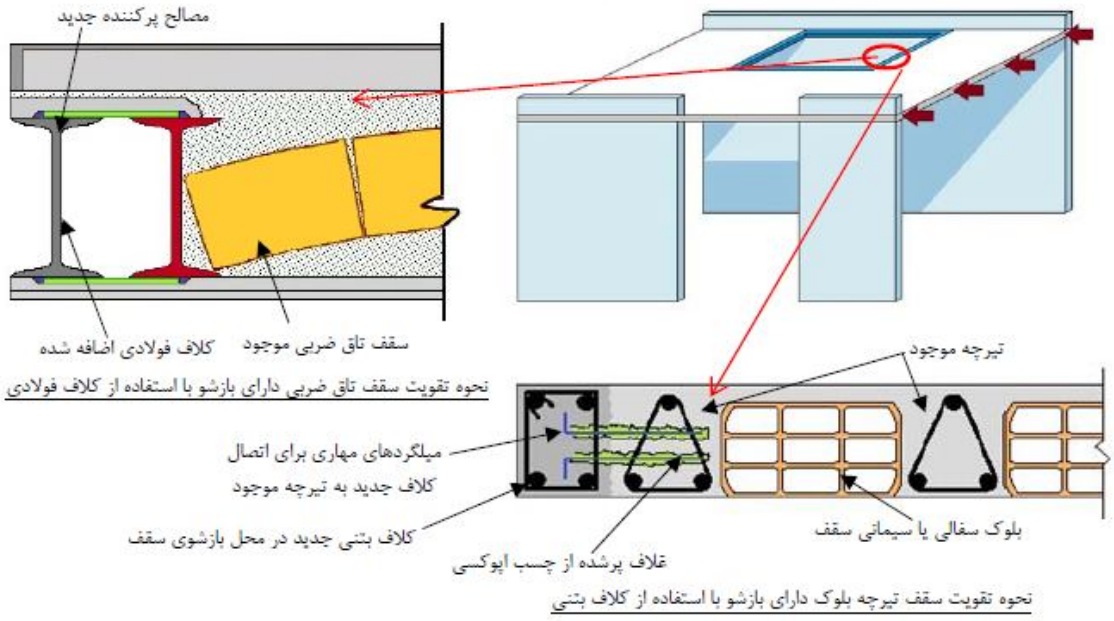
استفاده از بست افقی جهت افزایش انسجام سقف طاق ضربی



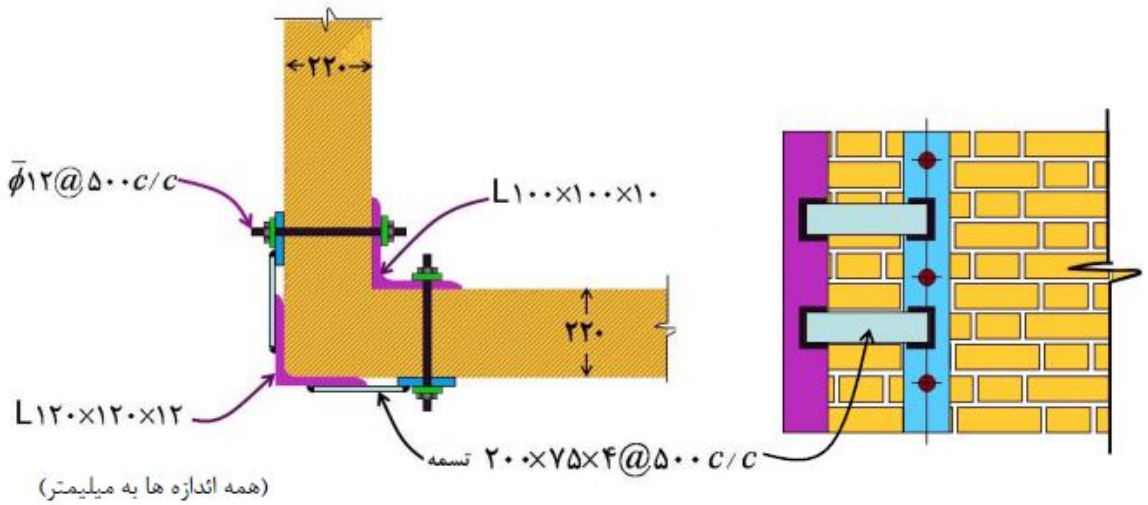
شکل - استفاده از میلگرد برای افزایش انسجام سقف طاق ضربی



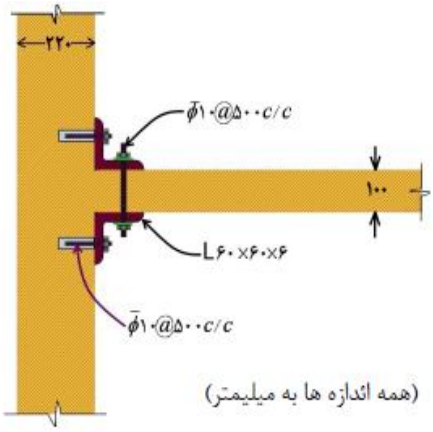
شکل - نحوه اتصال تیر فرعی به تیر اصلی و انتقال بارثقلی



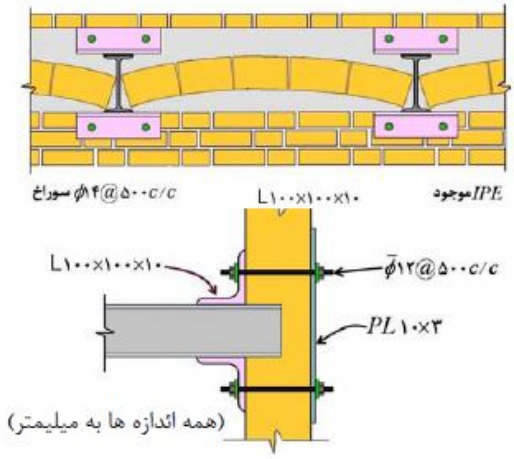
شکل - افزودن کلاف در اطراف بازشوی سقف و جزئیات آن



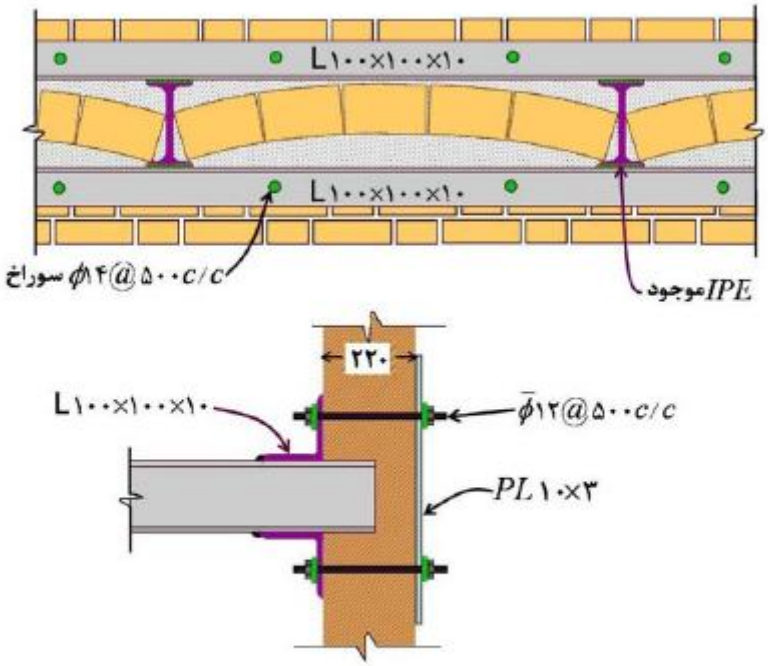
انسجام اتصال دیوار با استفاده از میلگرد و صفحه مهاری



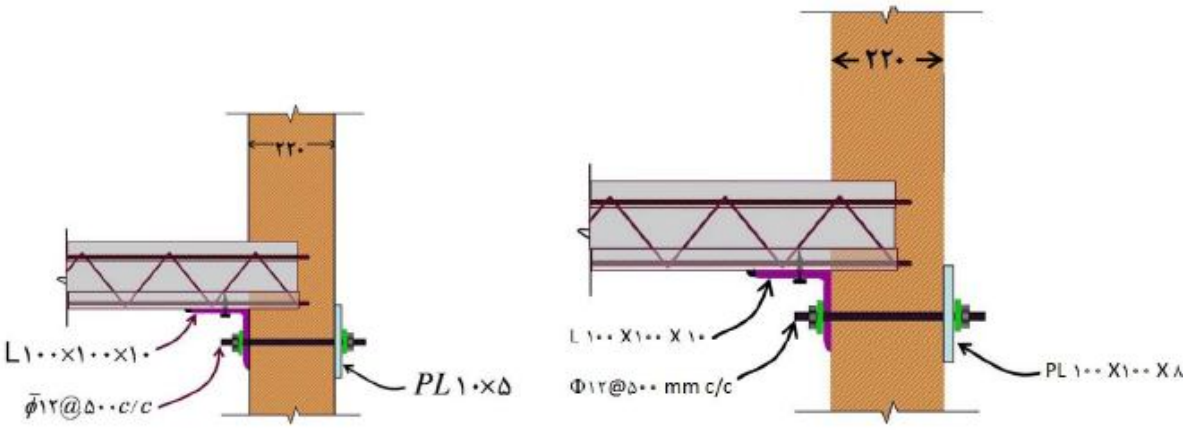
پلان جزییات اتصال دیوار سازه‌ای به غیر سازه‌ای



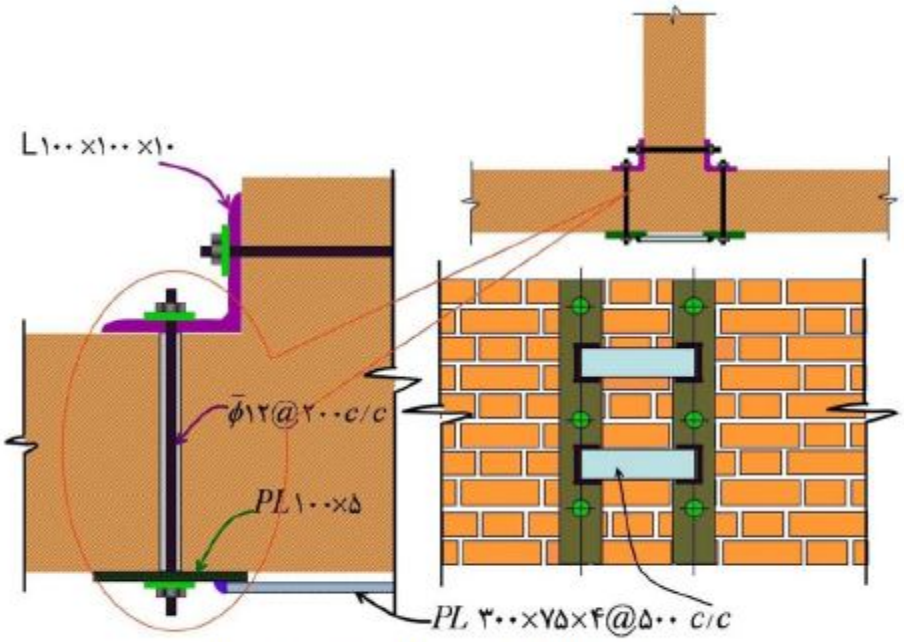
جزییات اتصال دیوار باربر به سقف تاق ضربی



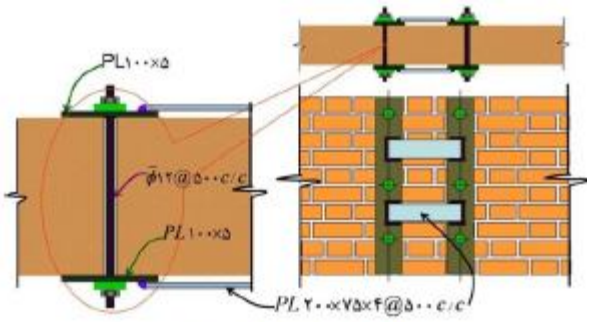
احداث کلاف افقی و نحوه اتصال آن به سقف طاق ضربی و دیوار باربر



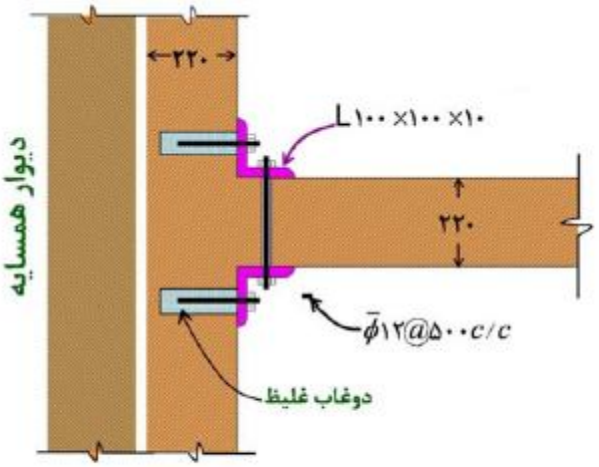
احداث کلاف افقی و نحوه اتصال آن به سقف تیرچه بلوک و دیوار باربر



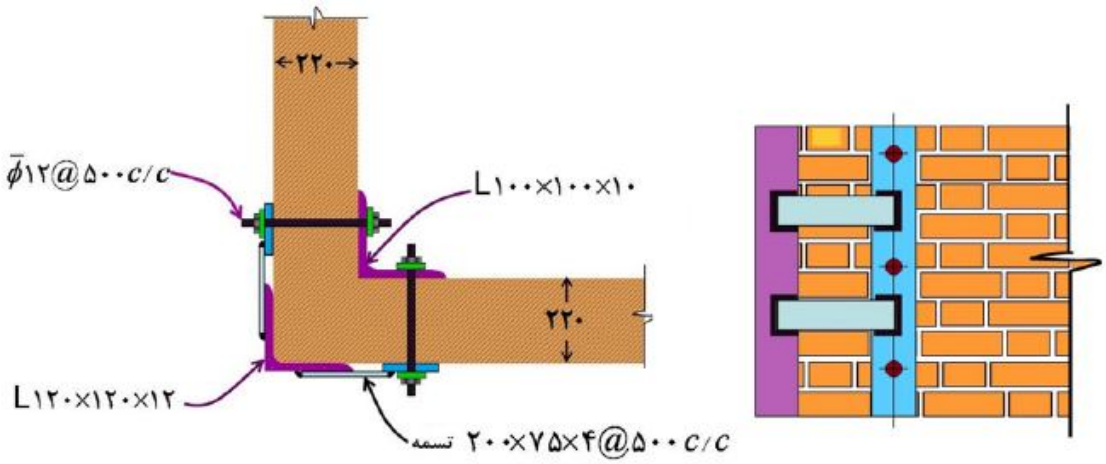
اجرای کلاف قائم در محل تقاطع دیوارها با استفاده از نبشی



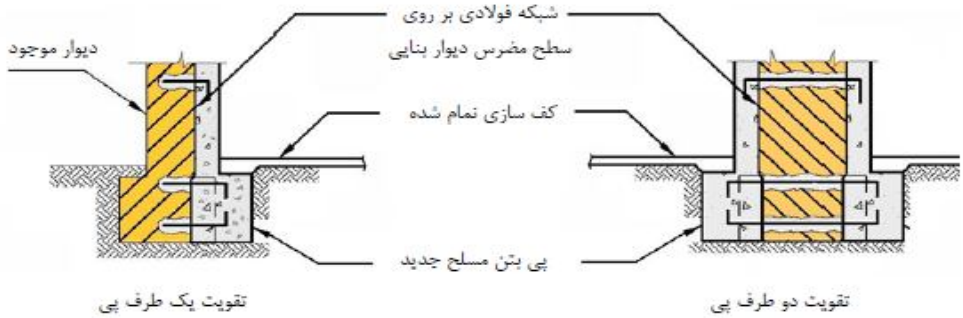
اجرای کلاف قائم در وسط دیوارها



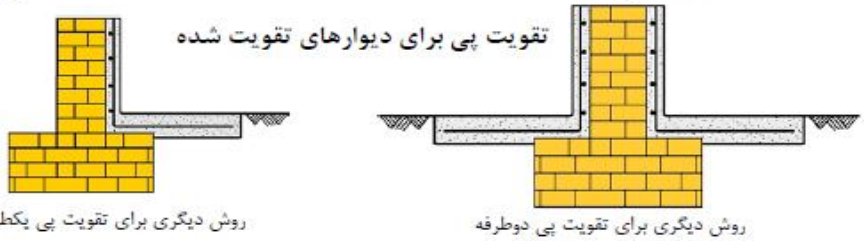
اجرای کلاف قائم در برای دیوار مجاور به دیوار همسایه

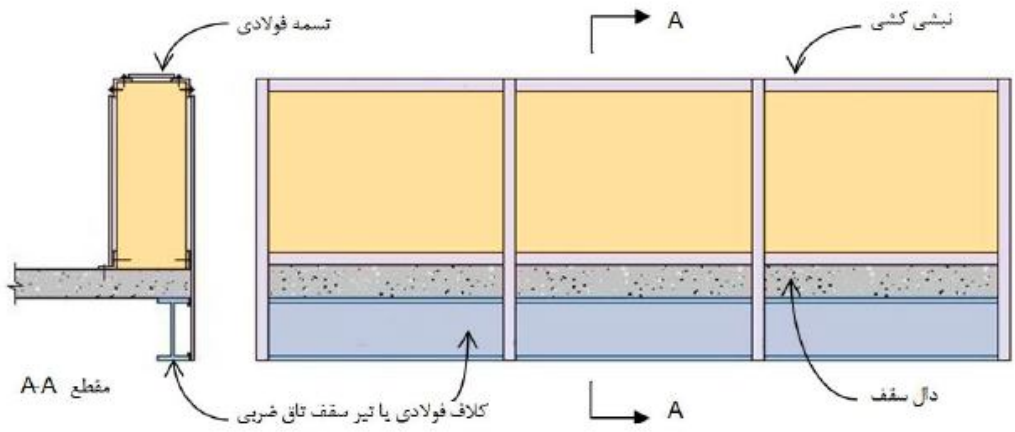


اجرای کلاف قائم در وسط دیوارها

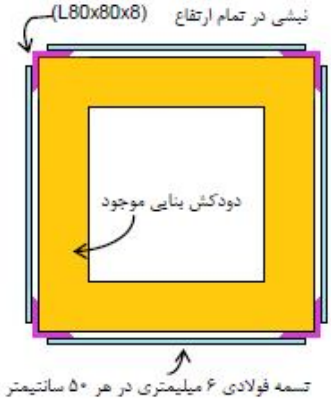


تقویت پی برای دیوارهای تقویت شده

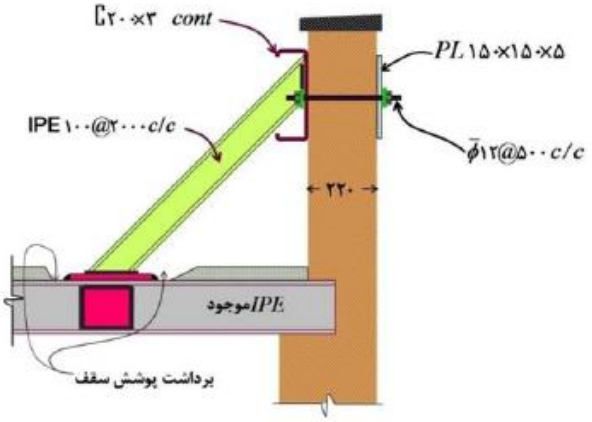




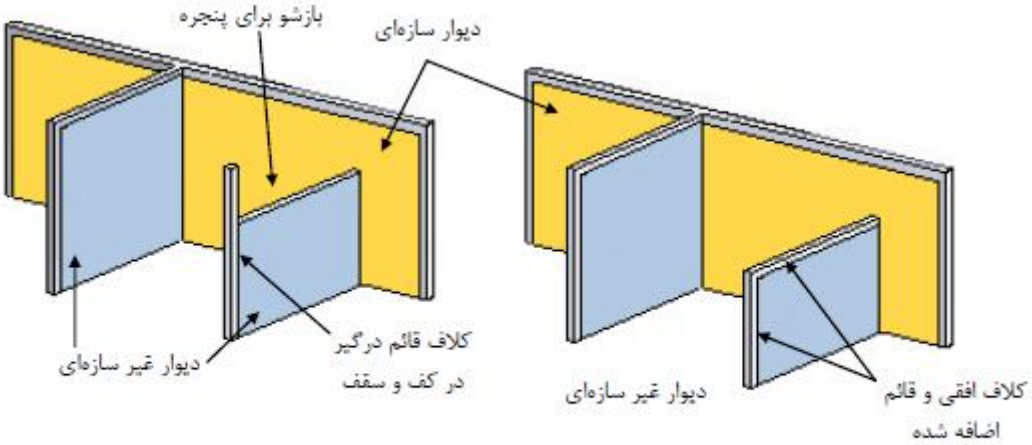
تقویت جان پناه بام با استفاده از نبشی کشی



تقویت دودکش بنایی

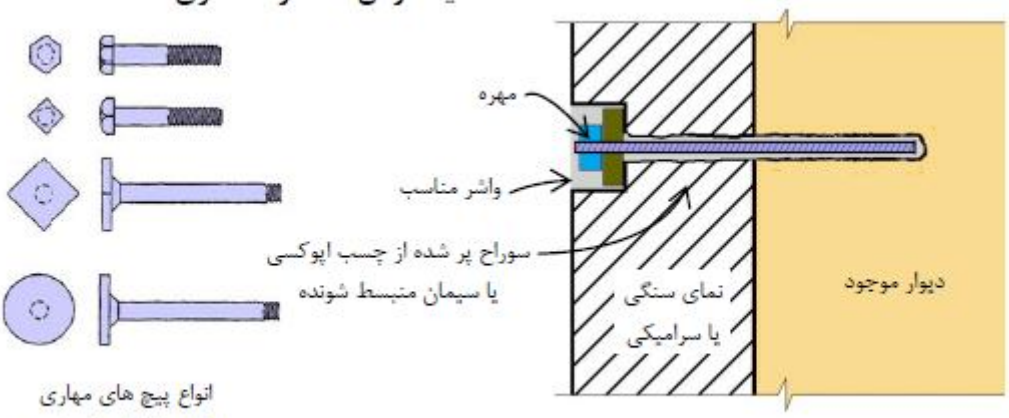


تقویت جان پناه بام با استفاده سیستم مهاری

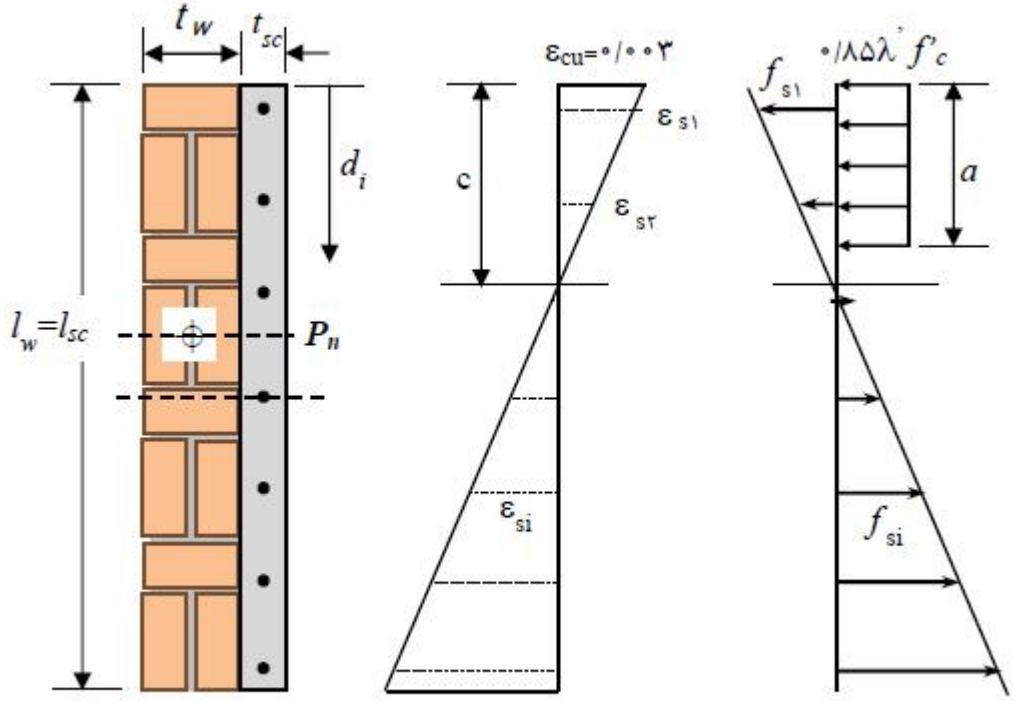


مهار دیوارهای غیر سازه‌ای (تیغه ها)

مقید کردن عناصر نما کاری



انواع پیچ های مهاری
با قطر ۱۶ تا ۲۰ میلیمتر



مقطع دیوار یکطرف تقویت شده با پوشش بتن مسلح

$$K_{sc}=\frac{1}{\frac{h_{eff}^3}{\eta E_{sc} I_{sc}}+\frac{h_{eff}}{A_{vsc} G_{sc}}}$$

$$P_{sc}=P\frac{E_{sc}A_{sc}}{E_{sc}A_{sc}+E_m A_m}$$

جدول تعیین عوامل رفتار غیرخطی و لایه بتن مسلح و معیار پذیرش لایه تقویت (در خمش)

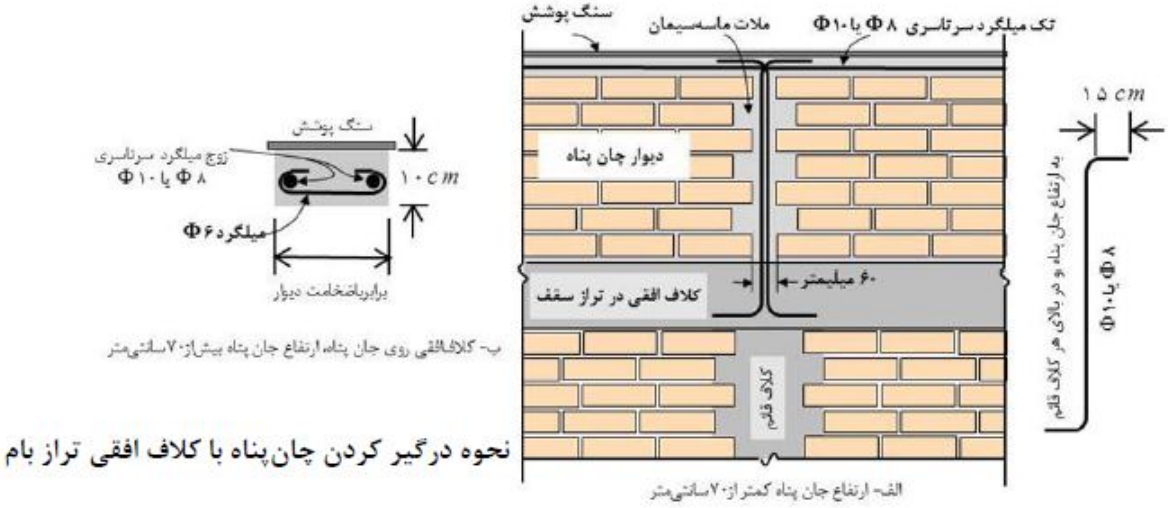
شرایط لایه تقویت		چرخش مفصل پلاستیک (رادیان)		نسبت مقاومت مانده	جابجایی غیرخطی ($\Delta=\theta\times H$ - میلیمتر) سطح عملکرد	
نسبت (۱)	نسبت (۲)					
r_1	r_2	a	b	c	ایمنی جانی	آستانه فروریزش
$\leq$۰/۱	$\leq$۳	۰/۰۰۸h_{eff}	۰/۰۱۵ h_{eff}	۰/۶ V_1	۰/۰۰۴ h_{eff}	۰/۰۰۸ h_{eff}
$\leq$۰/۱	$\geq$۶	۰/۰۰۶ h_{eff}	۰/۰۱۰ h_{eff}	۰/۳ V_1	۰/۰۰۴ h_{eff}	۰/۰۰۶ h_{eff}
$\geq$۰/۲۵	$\leq$۳	۰/۰۰۳ h_{eff}	۰/۰۰۵ h_{eff}	۰/۲۵ V_1	۰/۰۰۲ h_{eff}	۰/۰۰۳ h_{eff}
$\geq$۰/۲۵	$\geq$۶	۰/۰۰۲ h_{eff}	۰/۰۰۴ h_{eff}	۰/۲ V_1	۰/۰۰۱ h_{eff}	۰/۰۰۲ h_{eff}

تعیین عوامل رفتار غیرخطی و معیار پذیرش لایه تقویت (در برش)

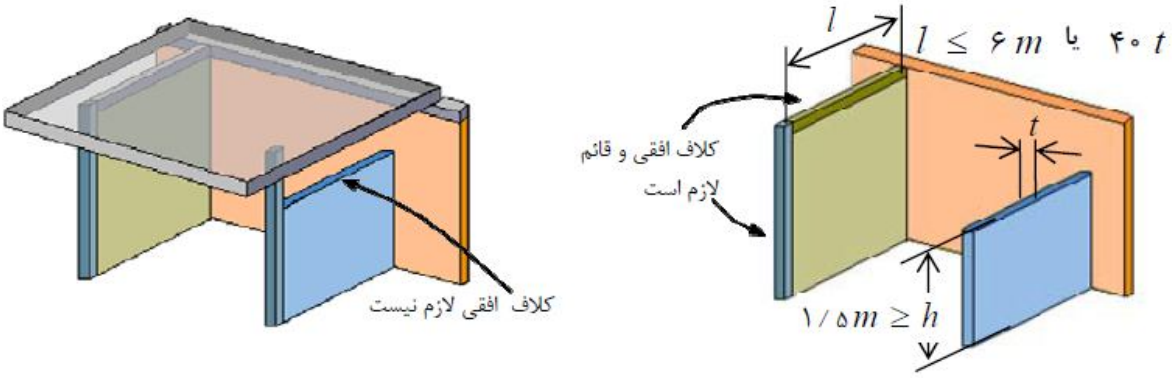
تغییرمکان نسبی (٪)		نسبت مقاومت مانده	تغییرمکان نسبی مجاز (٪) سطح عملکرد		
d	e	c	بهره‌برداری	ایمنی جانی	آستانه فروریزش
۰/۷۵h_{eff}	۲h_{eff}	۰/۴ V_2	۰/۴۰h_{eff}	۰/۶۰h_{eff}	۰/۷۵h_{eff}

-وابستگی روانگرایی به نوع خاک و سطح آب زیرزمینی

وضعیت روانگرایی	شرایط خاک و سطح آب زیرزمینی
روانگرایی کم	خاک چسبنده یا سطح آب زیرزمینی بیش از ۱۰ متر
روانگرایی متوسط	خاک ماسه ای سست و سطح آب زیرزمینی بین ۵ تا ۱۰ متر
روانگرایی زیاد	خاک ماسه ای سست و سطح آب زیرزمینی بین ۲ تا ۵ متر



نحوه درگیر کردن چان‌پناه با کلاف افقی تراز بام

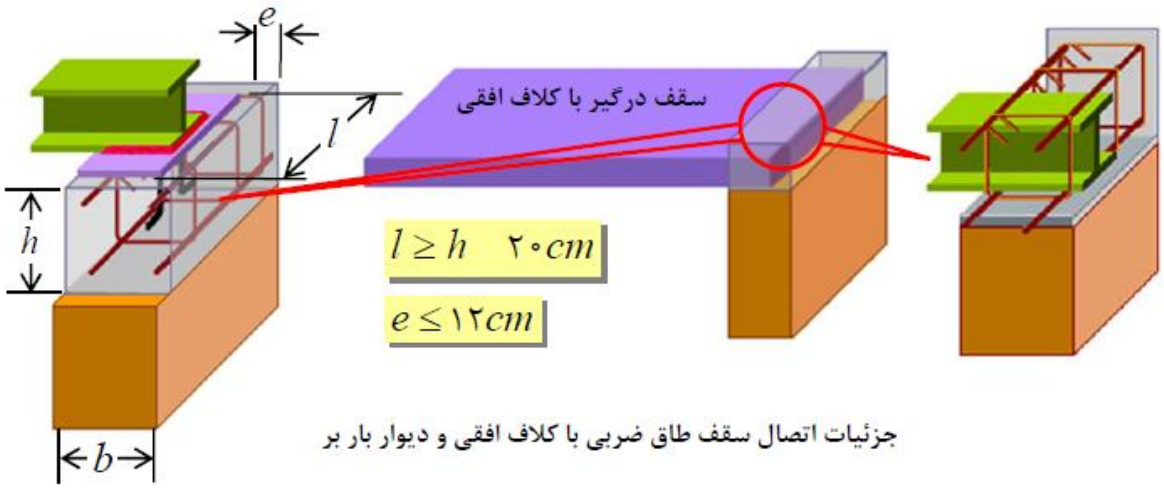


خواص مکانیکی ملات ماسه-سیمان

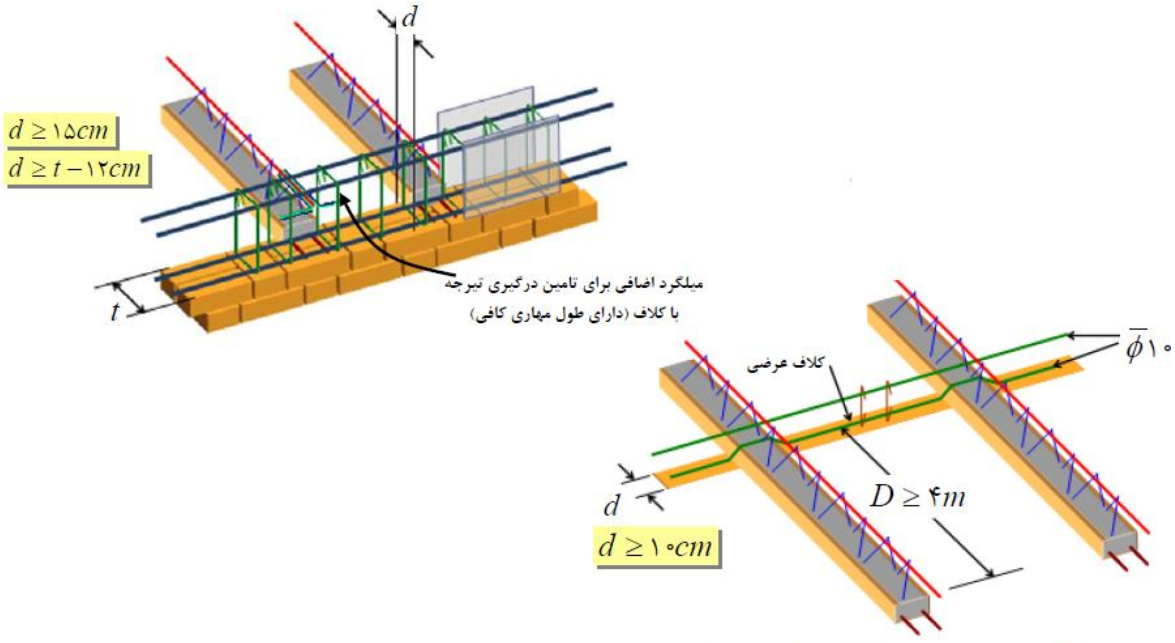
نوع ملات	مقاومت فشاری ۲۸ روزه (مگاپاسکال)	محل مصرف ملات
خیلی قوی	۱۷	مقاومت فشاری بالا، برای عملیات بنایی در زیر سطح زمین
قوی	۱۲	برای دیوارهایی که به مقاومت خمشی زیاد نیاز دارد
متوسط	۵	مقاومت متوسط برای مصارف عمومی، دیوارهای خارجی جان‌پناه‌ها و دودکش‌ها
ضعیف	۲/۵	مقاومت ضعیف برای دیوارهای غیر باربر

نسبتهای ملات ماسه-سیمان- آهک (باتارد)

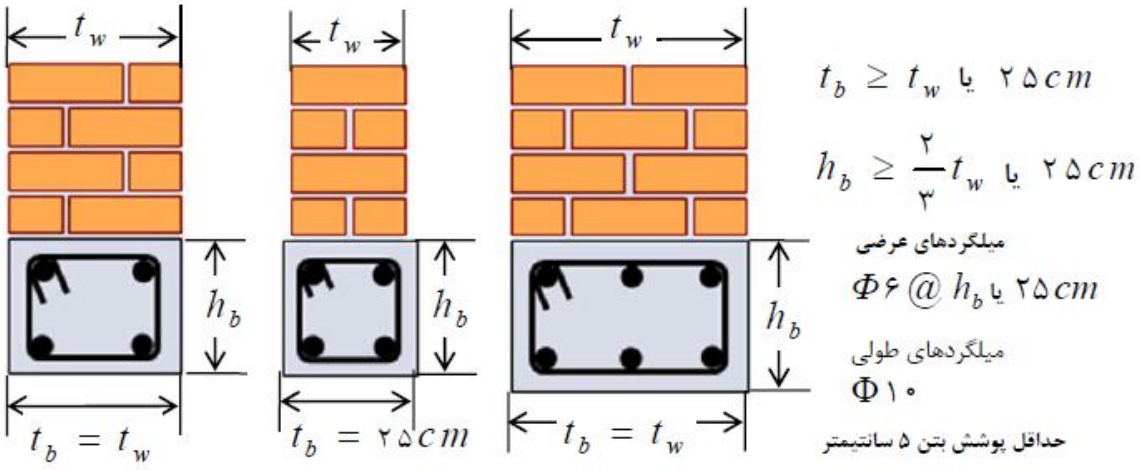
نوع ملات	نسبت حجمی از سیمان پرتلند یا سیمان سرباره‌ای	نسبت حجمی از آهک آبدیده، یا آهک شکفته	محل مصرف ملات
خیلی قوی	۱	۰/۲۵	مقاومت فشاری بالا و برای عملیات بنایی در زیر سطح زمین
قوی	۱	بالاتر از ۰/۲۵ تا ۰/۵	برای دیوارهایی که به مقاومت خمشی زیاد نیاز دارند
متوسط	۱	بالاتر از ۰/۵تا ۱/۲۵	مقاومت متوسط برای دیوارهای خارجی، جان‌پناه‌ها و دودکش‌ها
ضعیف	۱	بالاتر از ۱/۲۵ تا ۲/۵	مقاومت ضعیف برای دیوارهای غیر باربر



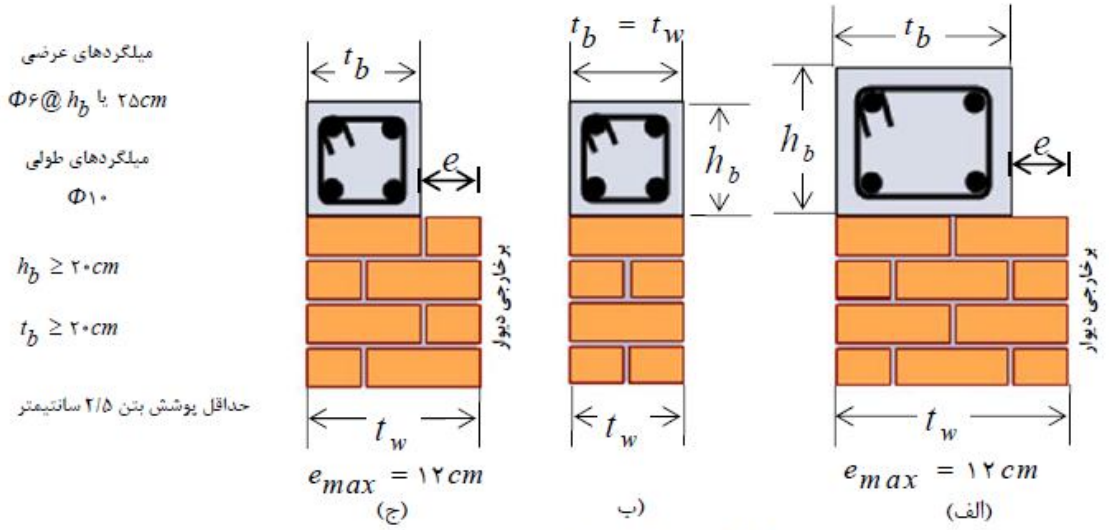
جزئیات اتصال سقف طاق ضربی با کلاف افقی و دیوار بار بر



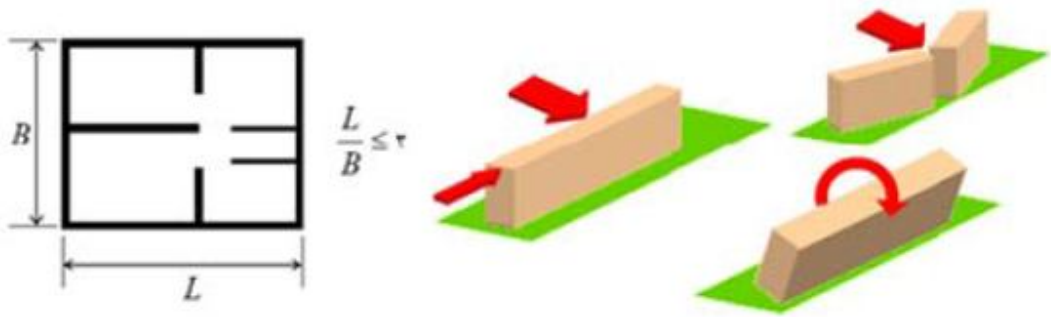
جزئیات اتصال سقف تیرچه-بلوک با کلاف افقی و دیوار بار بر



کلافهاب افقی زیر دیوار و روی شالوده

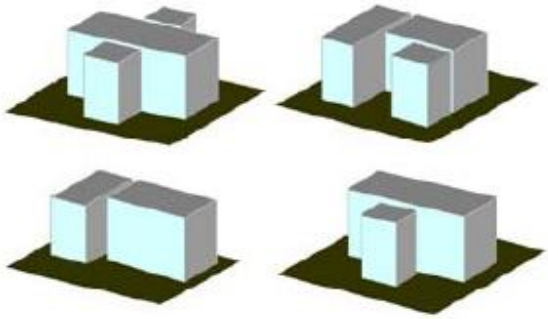


نحوه اجرای صحیح کلاف افقی روی دیوارهای بار بر

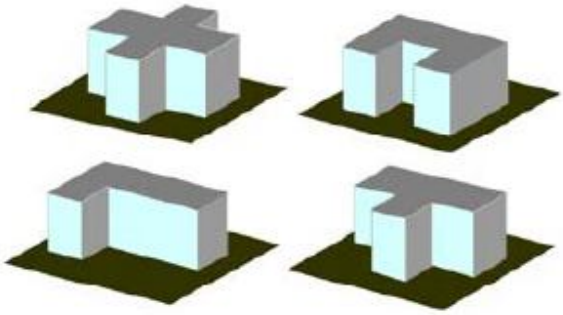


الف- نسبت نا مناسب طول به عرض ساختمان

ب- حدود نسبت طول به عرض ساختمان

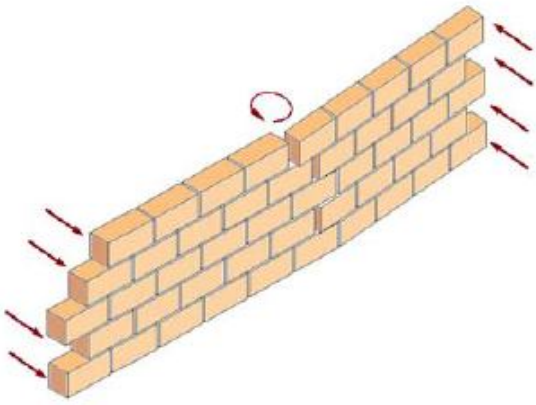


پ- تفکیک بلوک ها برای تامین تقارن

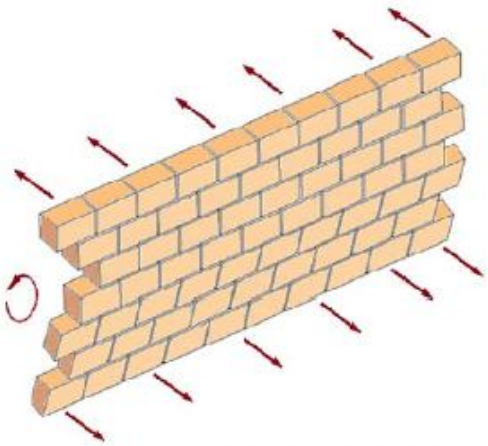


ت- عدم وجود تقارن و امکان پیچش

مقایسه وصعیت نامناسب و مناسب در پلان ساختمان ها

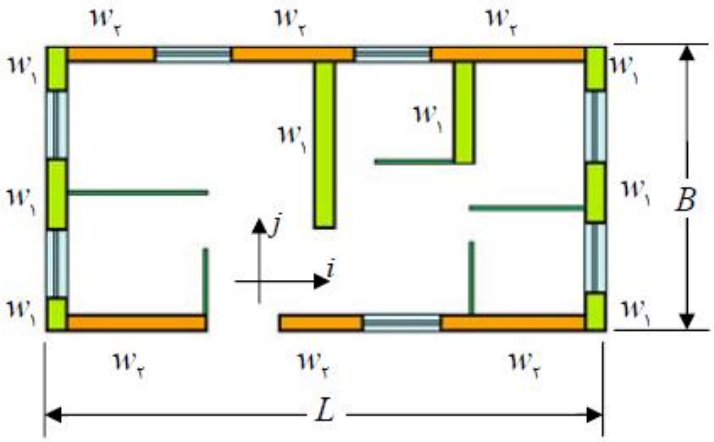


الف- نیروهای ایجاد شده در اثر نامنظمی در پلان



پ- نیروهای ایجاد شده در اثر نامنظمی در ارتفاع

اثر نامنظمی در پلان و ارتفاع بر دیوارها



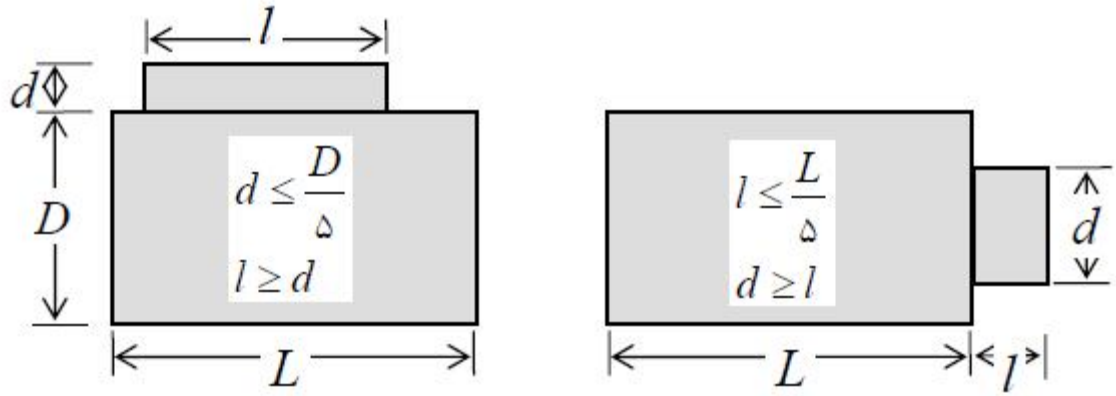
$l \le ۶m$ یا $۴۰t$

$$b_{min} = \frac{۱}{۶} l$$

$$\%R_{wi} = \frac{\sum w_{۱i}}{L \times B}$$

$$\%R_{wj} = \frac{\sum w_{۱j}}{L \times B}$$

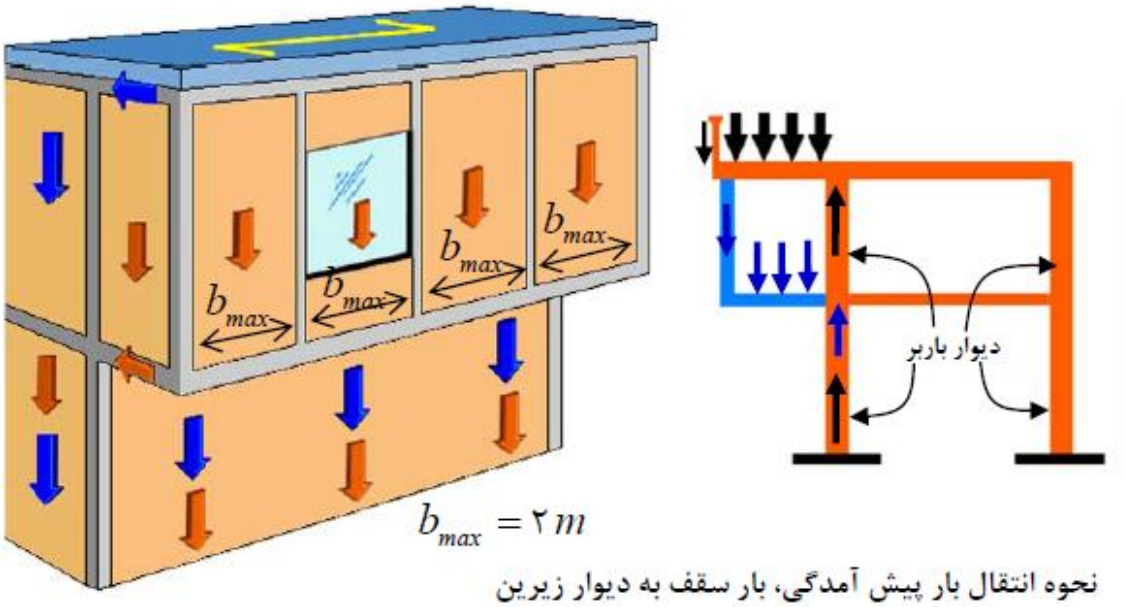
دیوارهای سازه‌ای و نحوه محاسبه مقدار دیوار سازه‌ای



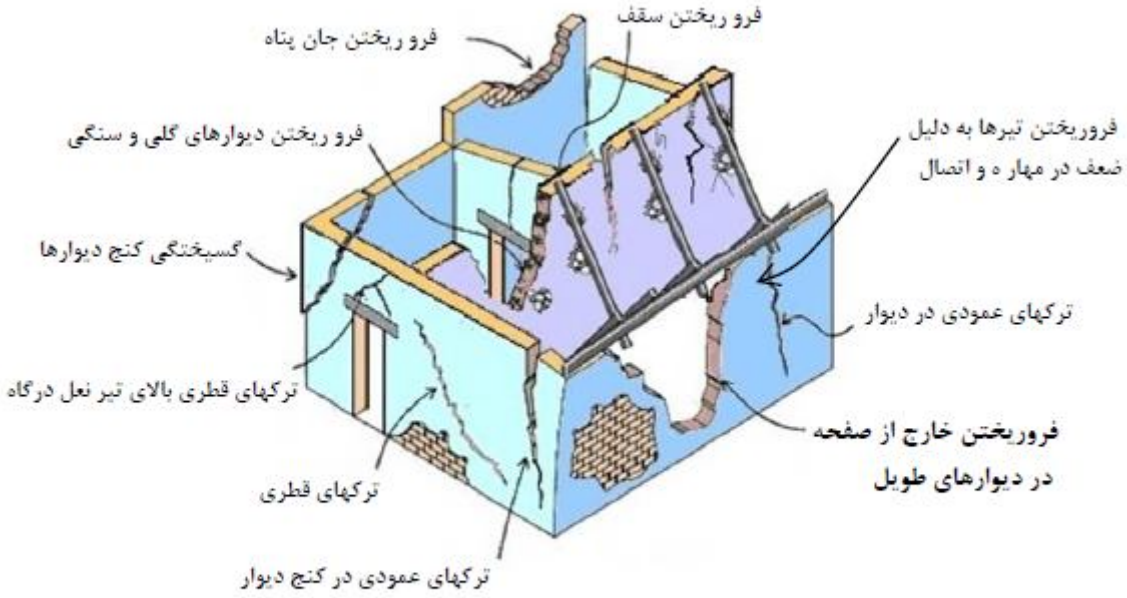
الف) پیش آمدگی در امتداد طول ساختمان

ب) پیش آمدگی در امتداد عرض ساختمان

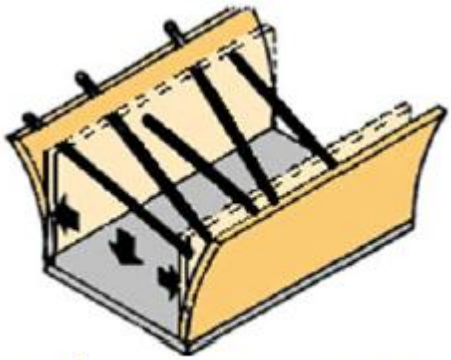
ابعاد پیش آمدگی در پلان ساختمان



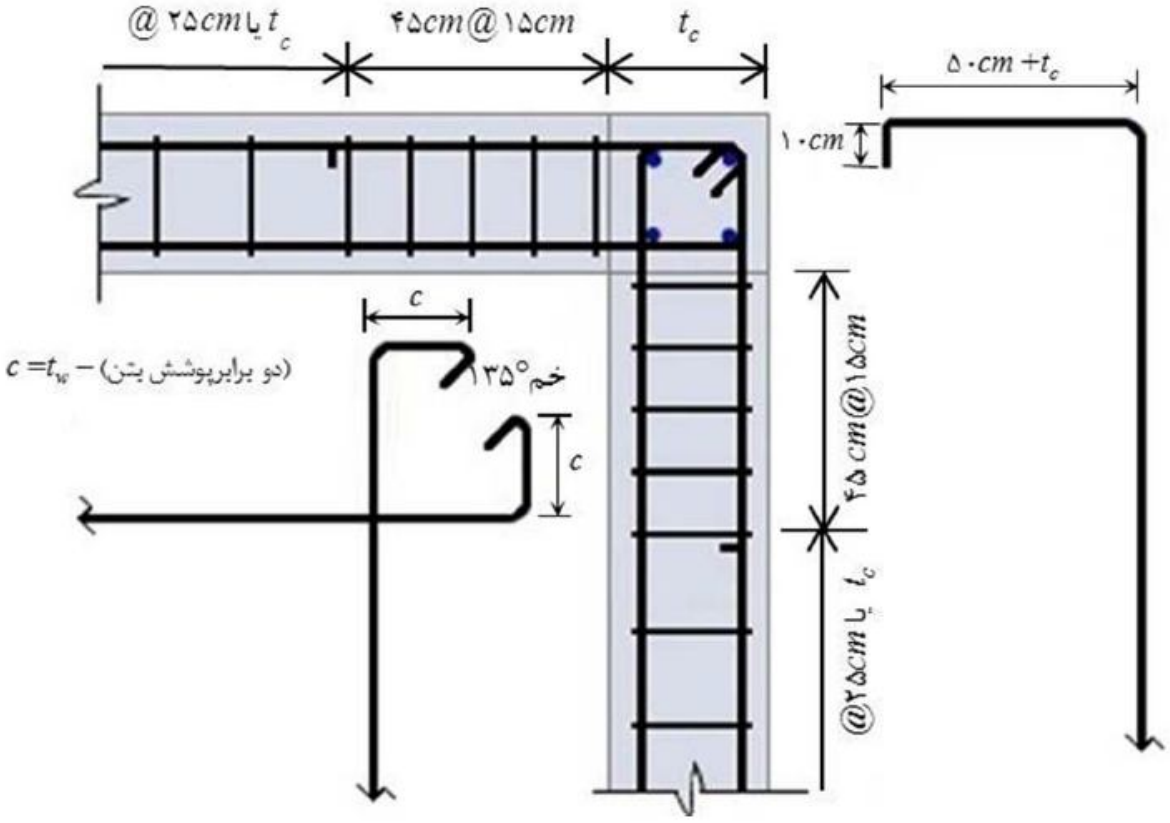
نحوه انتقال بار پیش آمدگی، بار سقف به دیوار زیرین

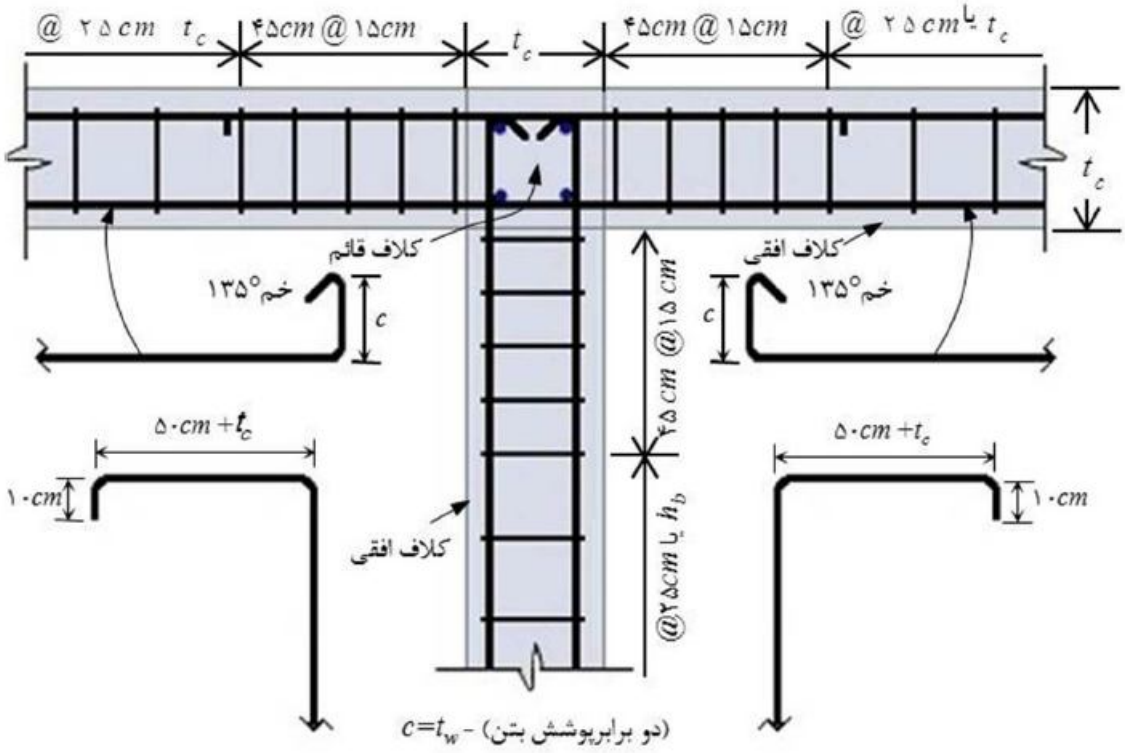


محتمل ترین شکست ها در یک ساختمان بنایی بدون سیستم لرزه بر

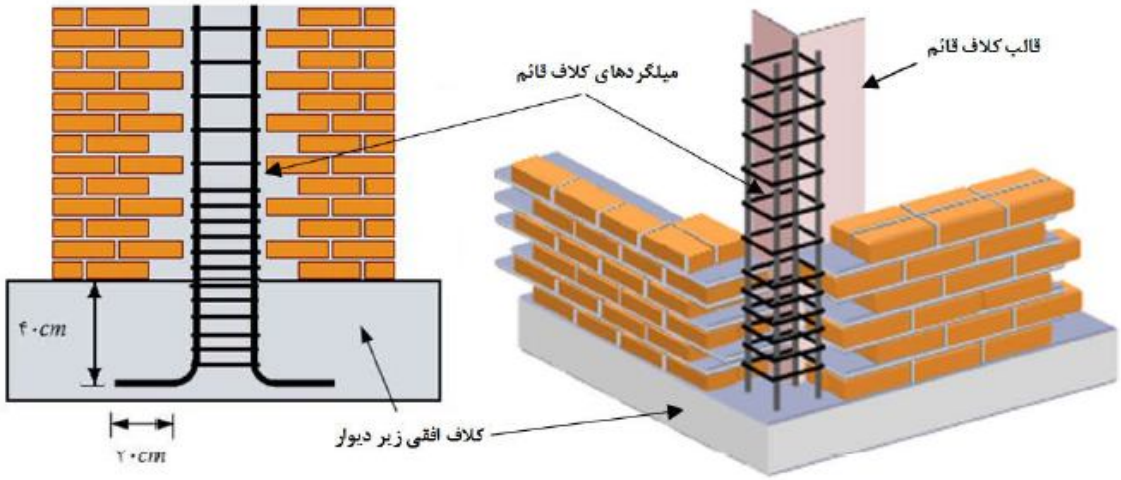


فروریختن دیوارها و در پی آن سقف

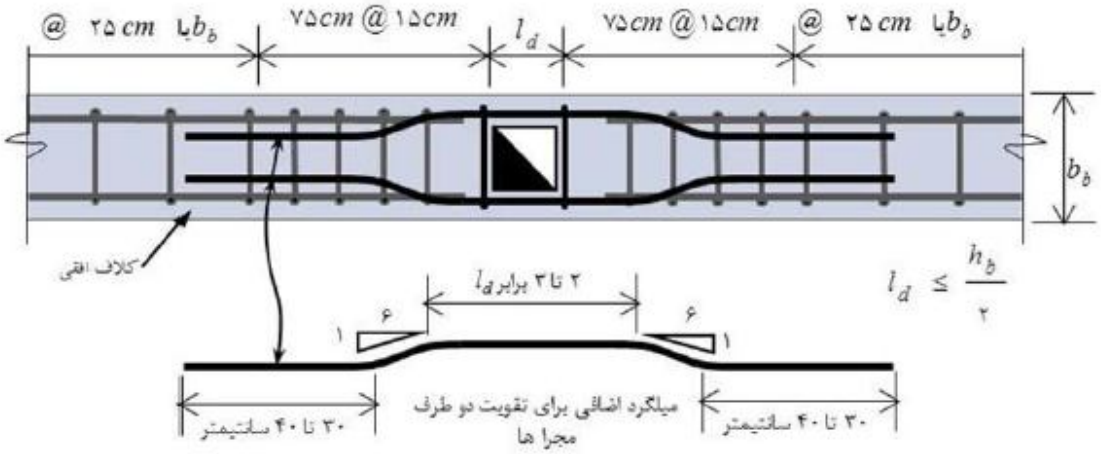




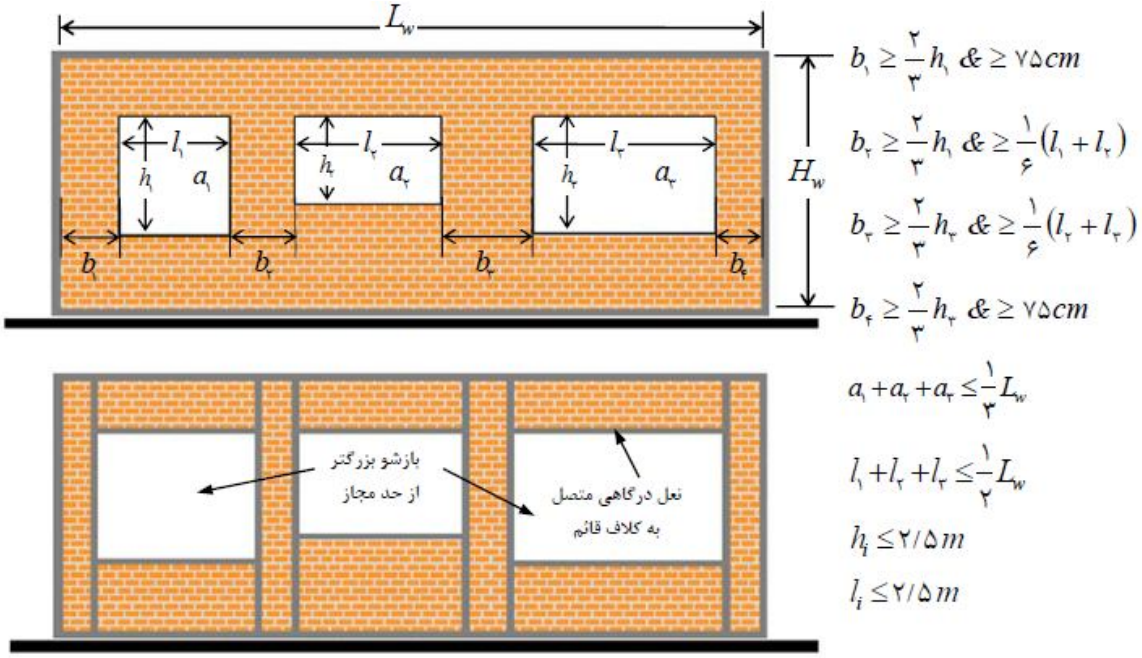
جزئیات میلگرد گذاری و درگیری کلافها



میلگرد گذاری اطراف بازشوها، کلاف قائم در شالوده



نحوه دورگیری مجاری (دودکش، کولر ...) و حفظ یکپارچگی کلاف افقی



$$b_1 \ge \frac{2}{3}h_1 \;\&\; \ge 75cm$$

$$b_2 \ge \frac{2}{3}h_1 \;\&\; \ge \frac{1}{6}(l_1 + l_2)$$

$$b_3 \ge \frac{2}{3}h_3 \;\&\; \ge \frac{1}{6}(l_2 + l_3)$$

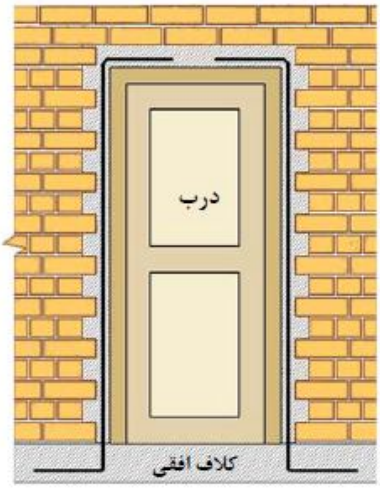
$$b_4 \ge \frac{2}{3}h_3 \;\&\; \ge 75cm$$

$$a_1 + a_2 + a_3 \le \frac{1}{3}L_w$$

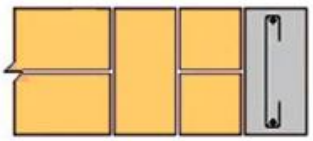
$$l_1 + l_2 + l_3 \le \frac{1}{2}L_w$$

$$h_i \le 2/5\,m$$

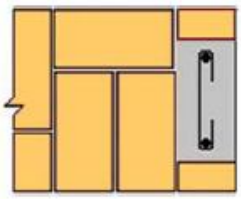
$$l_i \le 2/5\,m$$



حداقل طول‌خم‌میلگرد برابر با ۴۵ سانتیمتر



دیوار یک آجره

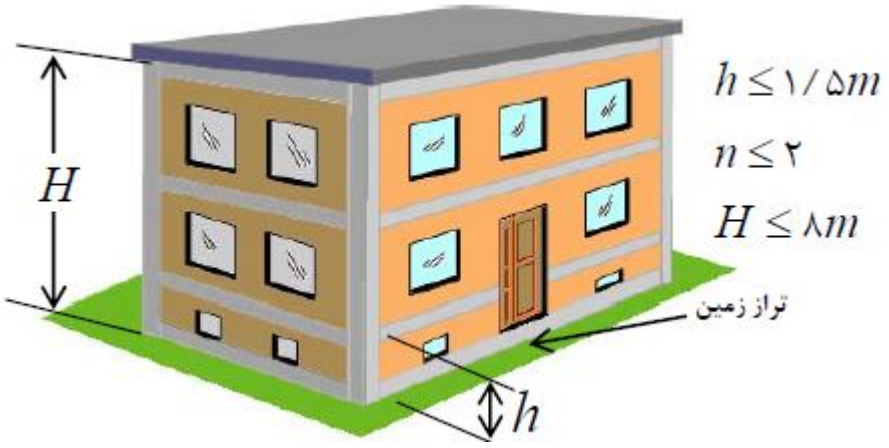


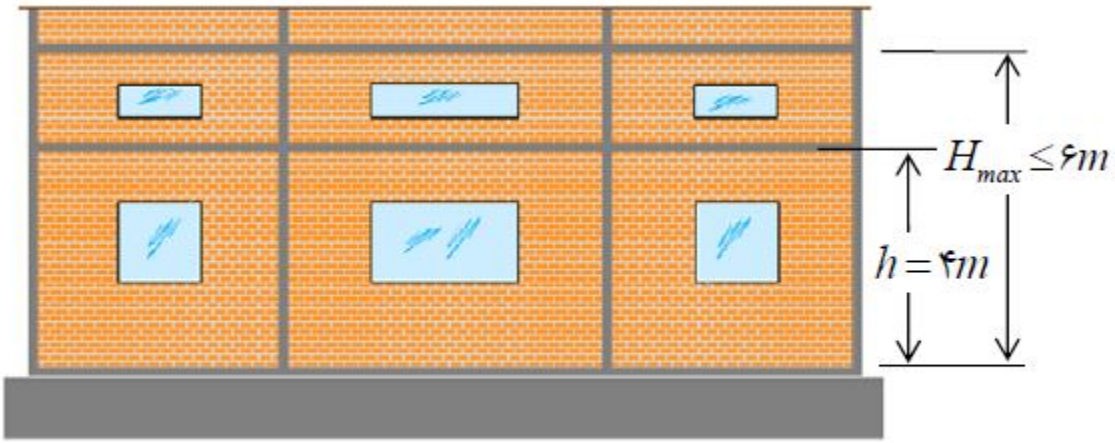
دیوار یک و نیم آجر

چرئیات میلگردگزاری در
اطراف بازشوها پنجره

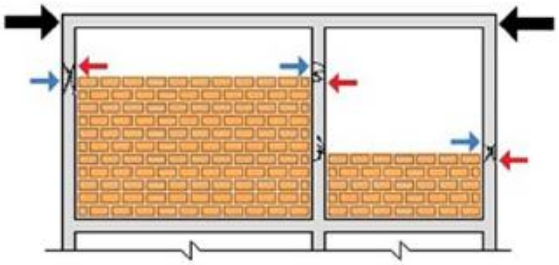
حداقل طول‌خم‌میلگرد برابر با ۴۵ سانتیمتر

کنترل ابعاد بازشوها برای پایداری جرزها و پایه ها دیر برابر بارهای قفلی و جانبی

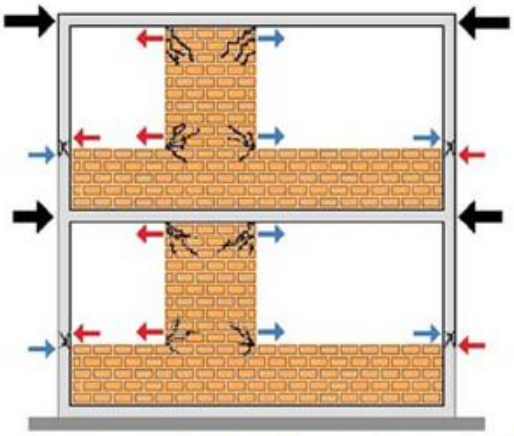




ضوابط کنترل کننده نیروهای اعمالی بر کلاف، ستون و جرز کوتاه

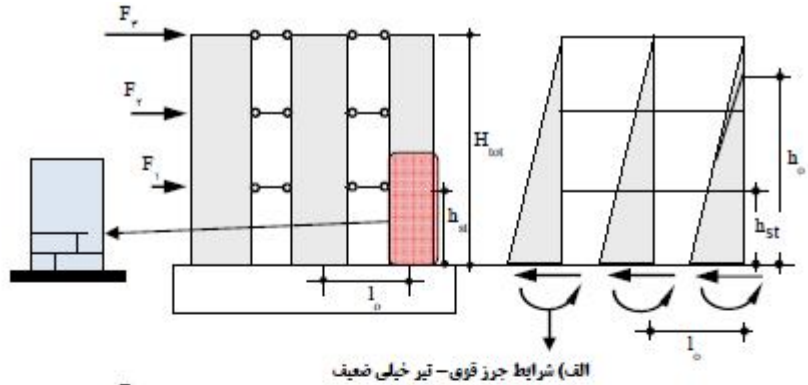


ب- آسیب دیدگی کلاف قائم در تراز زیر بازشوها

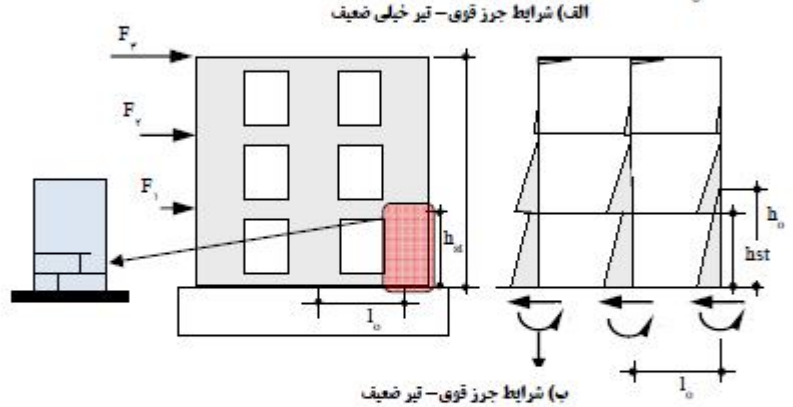


الف- آسیب دیدگی جرز یا پایه و کلاف ثائم در مجاورت بازشوها

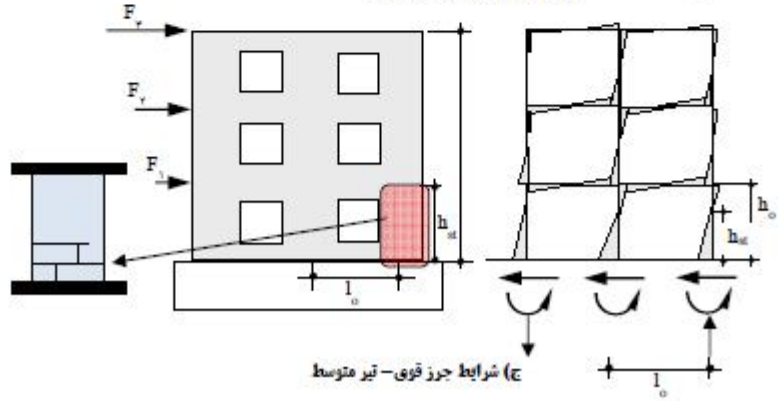
نیروهای اعمالی بر کلاف قائم و جرز کوتاه



الف) شرایط جرز قوی– تیر خیلی ضعیف



ب) شرایط جرز قوی– تیر ضعیف



ج) شرایط جرز قوی– تیر متوسط

شرایط مرزی دیوارها یا جرزها بر اساس محل لنگر صفر ناشی از بار جانبی (زلزله)

مقاومت فشاری مصالح بنایی بستگی به عوامل زیردارد

مقاومت فشاری واحد مصالح بنایی (آجر)

مقاومت فشاری ملات مصرفی

خروج از محوری بار قائم

چسبندگی ملات به واحدهای مصالح بنایی

مقاومت کششی و برشی آجرکاری بستگی به عوامل زیردارد

چسبندگی ملات به آجر

در صد بیشتر سیمان و آهک در ملات

ضریب ارتجاعی مصالح بنایی وابسته به موارد زیر است

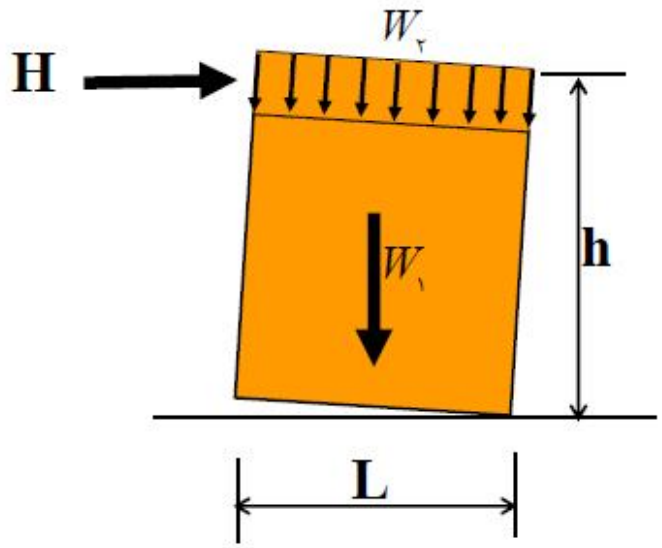
وزن مخصوص مصالح بنایی

سختی آجر

طرح اختلاط ملات

ضریب ارتجاعی دینامیکی آجرکاری، بیش از ضریب ارتجاعی استاتیکی می‌باشد (زیرا هنگام بارهای اعمالی فرصت وارفتن به ملات مصرفی داده نمی‌شود)

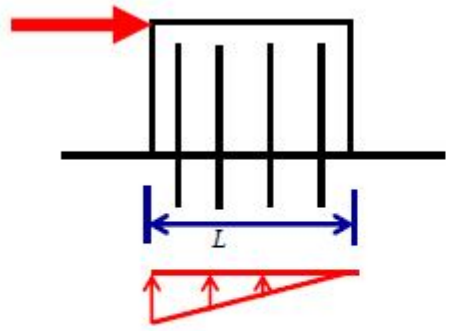
$$\mu_{\Delta} = ۱ + \frac{\theta_P}{\Delta_y}\left(h_w - \frac{l_P}{۲}\right)$$



مقاومت خمشی دیوار

$$H = \frac{L(w_1 + w_2)}{2h}$$

$$\delta = \frac{Ph}{1/2AG} + \frac{Ph^3}{12EI}$$



مقاومت خمشی نهایی دیوار

$$M = \frac{\phi f_y A_s L}{2}$$

۱- زمان ساخت و آئین‌نامه‌های استفاده شده در طراحی

۲- شرایط ساختگاه محل استقرار ساختمان

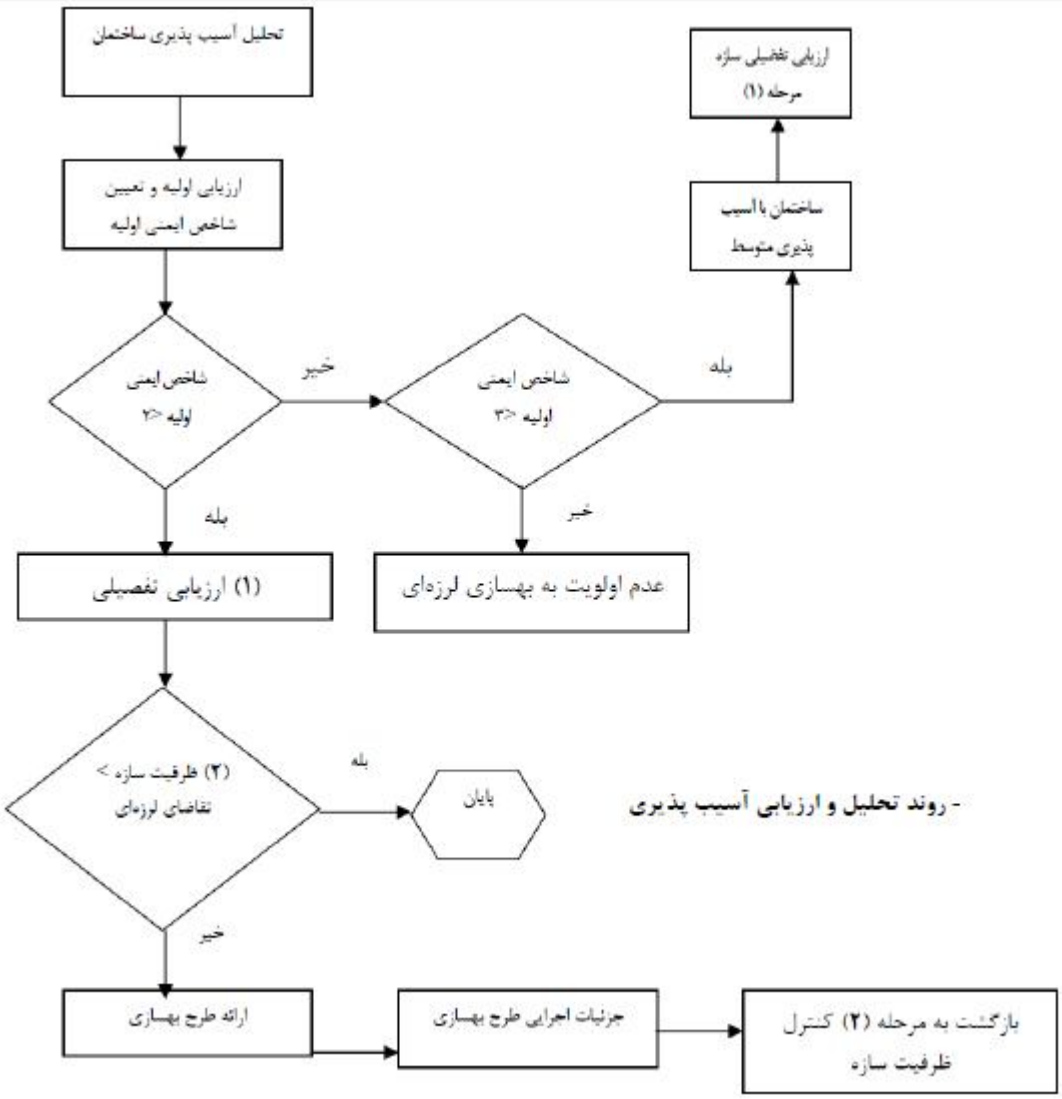
۳- وضعیت ساختمان‌های مجاور و فاصله از آن‌ها

۴- تعیین گروه‌بندی ساختمان بر حسب اهمیت، مطابق ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰

۵- ارتفاع و تعداد طبقات

۶- سیستم سازه‌ای ساختمان

۷- ارزیابی پیکربندی ساختمان از نظر وجود ستون کوتاه و نامنظمی در ارتفاع و پلان



- روند تحلیل و ارزیابی آسیب پذیری

پیکربندي ساختمان

- پلان، مقطع و اندازه اعضای قاب‌ها و دیوارها
- موقعیت واندازه بازشوها در دیوارها و سقف‌ها
- مشخص کردن دیوارهای باربر و غیرباربر
- مشخص کردن هرگونه ناپیوستگی در مسیر بار
- تعیین محل قرارگیری تیرها و نعل درگاه‌ها
- تعیین موقعیت ستون‌ها
- اندازه المان‌های غیر سازه‌ای برای برآورد جرم واقعی طبقات
- ابعاد فونداسیون، نوع و نحوه اتصال آن‌ها به یکدیگر و سازه اصلی

مشخصات سقف ها

- نوع سقف (تیرچه بلوک، دال بتنی، سقف کامپوزیت و غیره)
- جزئیات آرماتورگذاری اطراف بازشوها
- بررسی وجود ترک، خیز های غیر مجاز و علائم ناشی از وجود خرابی

مشخصات المان

شکل و ابعاد مقطع المان‌ها

وضعیت اتصالات، ابعاد و ضخامت آن‌ها

موقعیت و ابعاد دیوارهای برشی

جزئیات آرماتورگذاری

تغییر شکلهای ماندگار بوجود آمده در المان‌ها

نوع و کیفیت اتصالات سازه‌ای، نقش حیاتی در عملکرد کلی سازه دارد. اتصالات سازه‌ای عبارتند از:

اتصال دیافراگم‌های افقی به دیوارهای برشی

اتصال دیافراگم‌های افقی به دیوارهای بنایی و بتنی خارجی

اتصال دیوارهای برشی به فونداسیون

اتصال دیوارها در طبقات متوالی و نحوه انتقال ممان واژگونی و نیروی برشی آن‌ها از یک طبقه به طبقه دیگر

اتصال تیرها و ستون‌ها

ملحقات

دودکش‌ها

شیروانی‌ها

کتیبه‌ها و هرگونه تزئینات داخلی سنگین

مخازن آب

خروجی‌های اضطراری

نماهای شیشه‌ای

تجهیزات سنگین

تجیهزات نگه دارنده وسایل روشنایی سنگین

اثرات همزمان مولفه هاي زلزله

اثرات $P - \Delta$

اثرات واژگوني

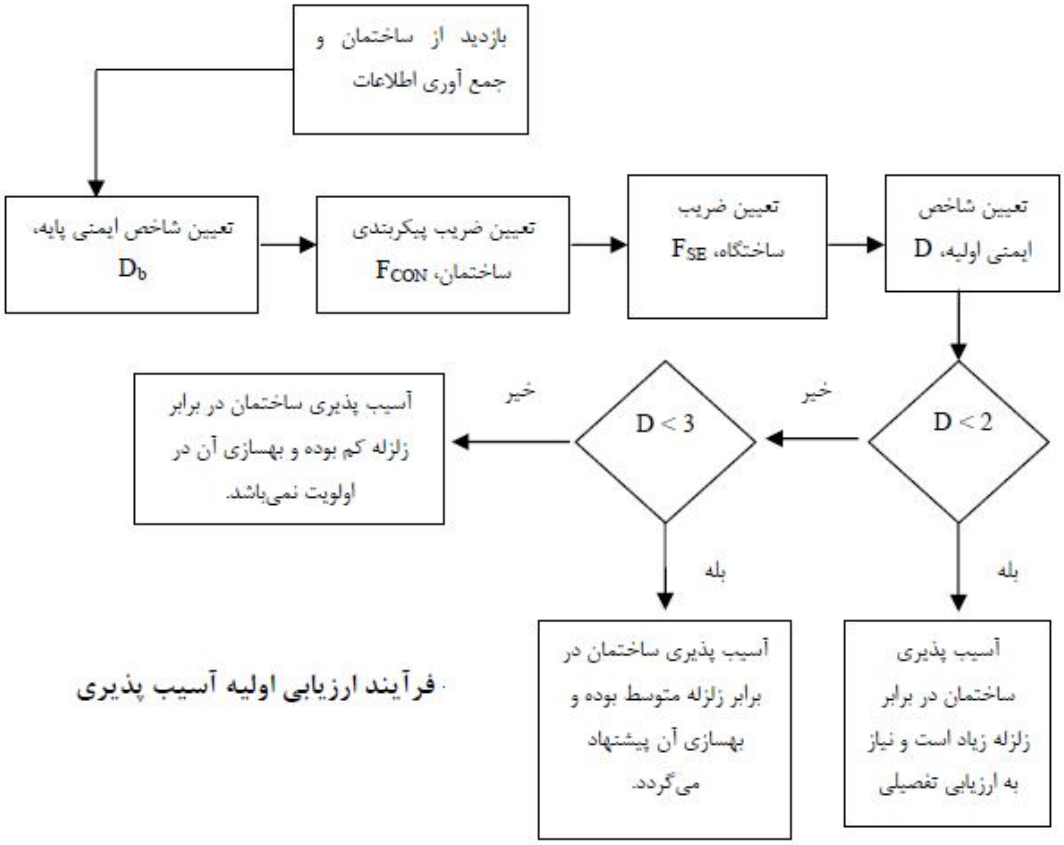
اثرات پيچش

پيوستگي

ديافراگم ها

تيرهاي لبه ي ديافراگم

جمع كننده هاي ديافراگم



فرآیند ارزیابی اولیه آسیب پذیری

احتمال وقوع روانگرایی در واحدهای مختلف زمین ریخت‌شناسی

درجه	واحدهای زمین ریخت‌شناسی	پتانسیل روانگرایی
A	بسترهای فعلی و قدیمی رودخانه‌ای- باتلاق – زمین‌های پست بین تپه‌های ماسه‌ای و کنار بندهای طبیعی – محل‌های احیا شده – دشت‌های سیلابی	احتمال وقوع روانگرایی زیاد می‌باشد.
B	مخروط افکنه – کناره‌ی بند طبیعی – تپه‌های ماسه‌ای – دشت سیلابی – سایر جلگه‌ها	روانگرایی ممکن است.
C	تراس – تپه – کوه	روانگرایی غیر محتمل است

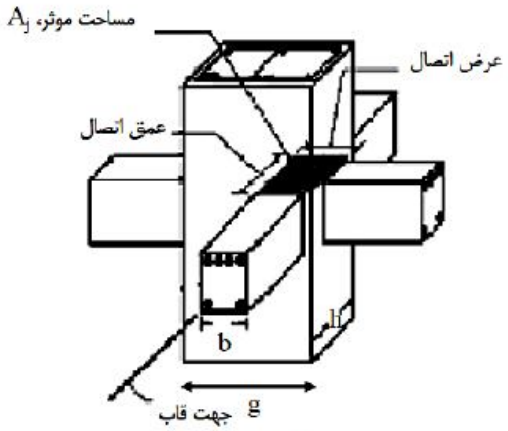
مقادیر سختی های موثر

عضو	سختی محوری	سختی برشی	سختی خمشی
تیر غیر پیش تنیده	–	۰/۴ E_cA_w	۰/۳ E_cI_g
ستون با بار محوری فشاری ناشی از بار ثقلی طراحی بزرگتر از ۰/۵ A_gf_c	E_cA_g	۰/۴ E_cA_w	۰/۷ E_cI_g
ستون با بار محوری فشاری ناشی از بار ثقلی طراحی کمتر از ۰/۱ A_gf_c یا بار کششی	E_cA_g فشار E_sA_s کشش	۰/۴ E_cA_w	۰/۳ E_cI_g
دیوار بدون ترک	E_cA_g	۰/۴ E_cA_w	۰/۸ E_cI_g
دیوار دارای ترک بر اساس بازرسی‌ها	E_cA_g	۰/۴ E_cA_w	۰/۵ E_cI_g
دال تخت غیر پیش تنیده	–	۰/۴ E_cA_g	۰/۳۳ E_cI_g
توضیح: می‌توان مقدار I_g برای تیرهای T شکل را دو برابر مقدار I_g برای جان آن‌ها در نظر گرفت. در سختی برشی مقدار ۰/۴ E_c بیانگر مدول برشی بتن می‌باشد. برای ستون‌ها با بار محوری مابین حدود داده شده در جدول می‌توان از درون یابی خطی استفاده کرد یا مقدار بحرانی تر را اختیار کرد			

طبقه‌بندی نیاز شکل‌پذیری اعضا

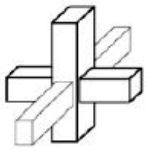
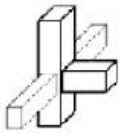
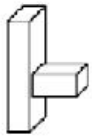
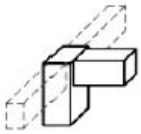
نیاز شکل‌پذیری	حداکثر مقدار DCR یا نسبت شکل پذیری
کم	کوچک‌تر از ۲
متوسط	بین ۲ تا ۴
زیاد	بزرگتر از ۴

$$V_n = 0.17\gamma\sqrt{f_cA_j}$$



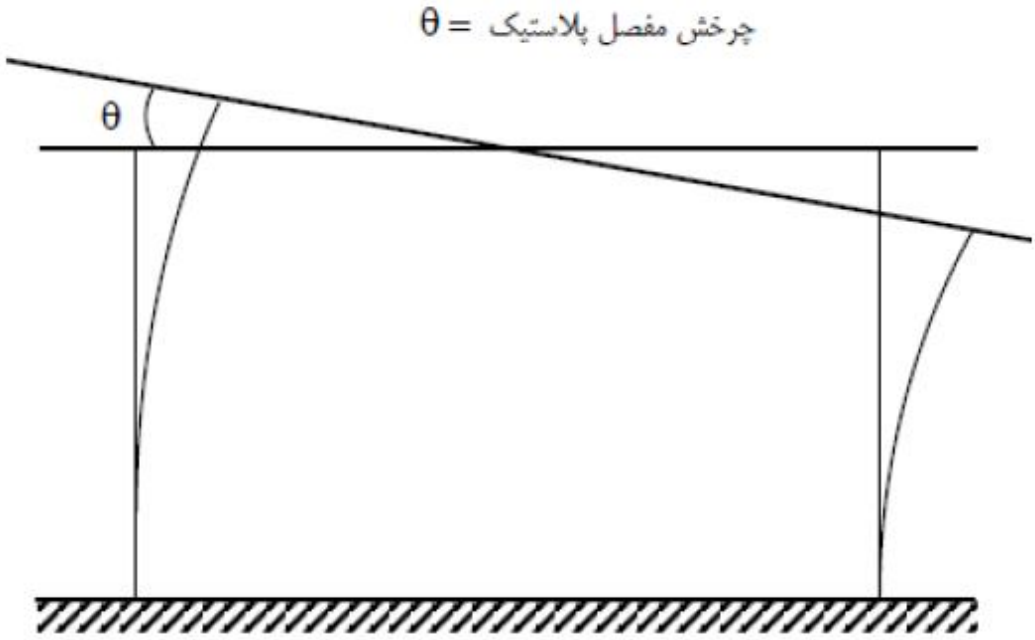
اتصال تیر- ستون

مقدار ضریب اصلاحی γ برای اتصالات تیر-ستون

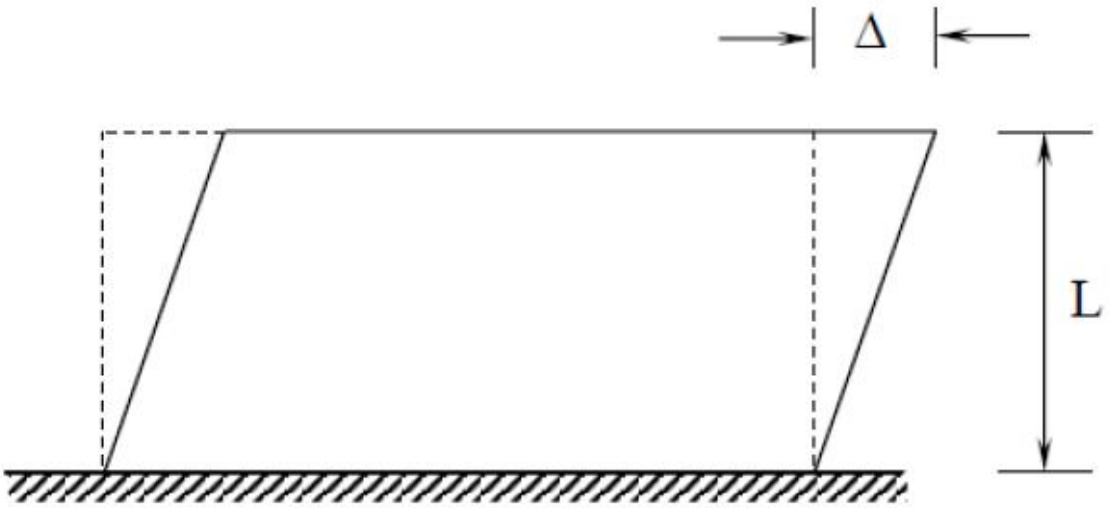
آرماتور عرضی	اتصالات داخلی با تیر عرضی	اتصالات داخلی بدون تیر عرضی	اتصالات خارجی با تیر عرضی	اتصالات خارجی بدون تیر عرضی	اتصالات زانویی با یا بدون تیر عرضی
					
$s \le h_c/2$	۱۰	۷/۵	۷/۵	۶	۴
$s > h_c/2$	۶	۵	۴	۳	۲

s: فاصله آرماتورهای عرضی و h_c بعد ستون

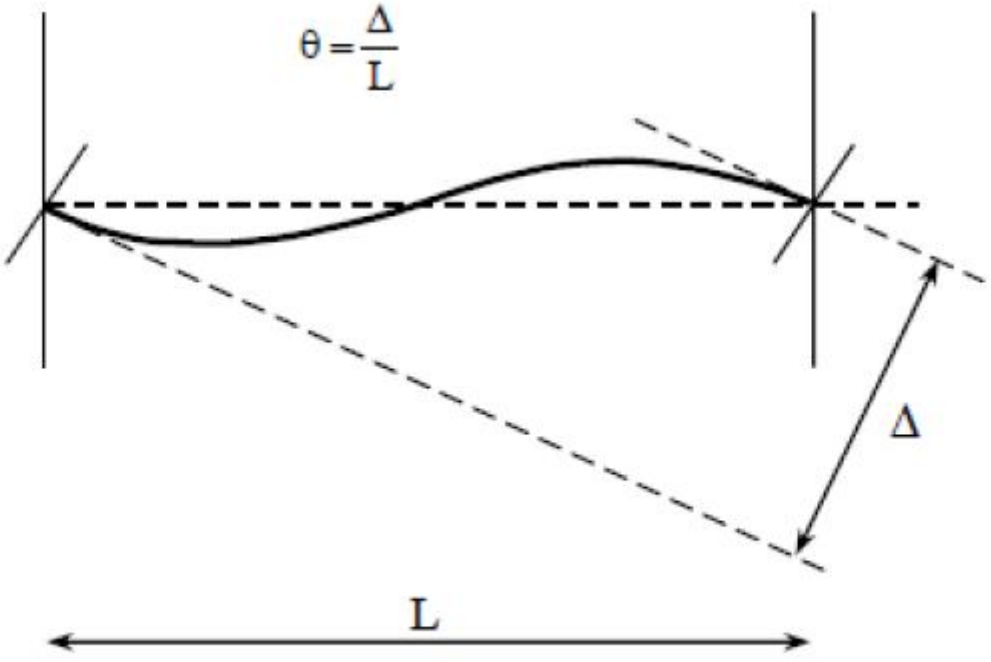
$$\theta_y = \left[\frac{M_y}{E_c I}\right] I_p$$



چرخش مفصل خميري در ديوار برشي براي حالتي كه خمشي بر رفتار غير خطي ارتجاعي حاكم است



چرخش مفصل خميري در ديوار برشي براي حالتي كه برش بر رفتار غير خطي ارتجاعي حاكم است

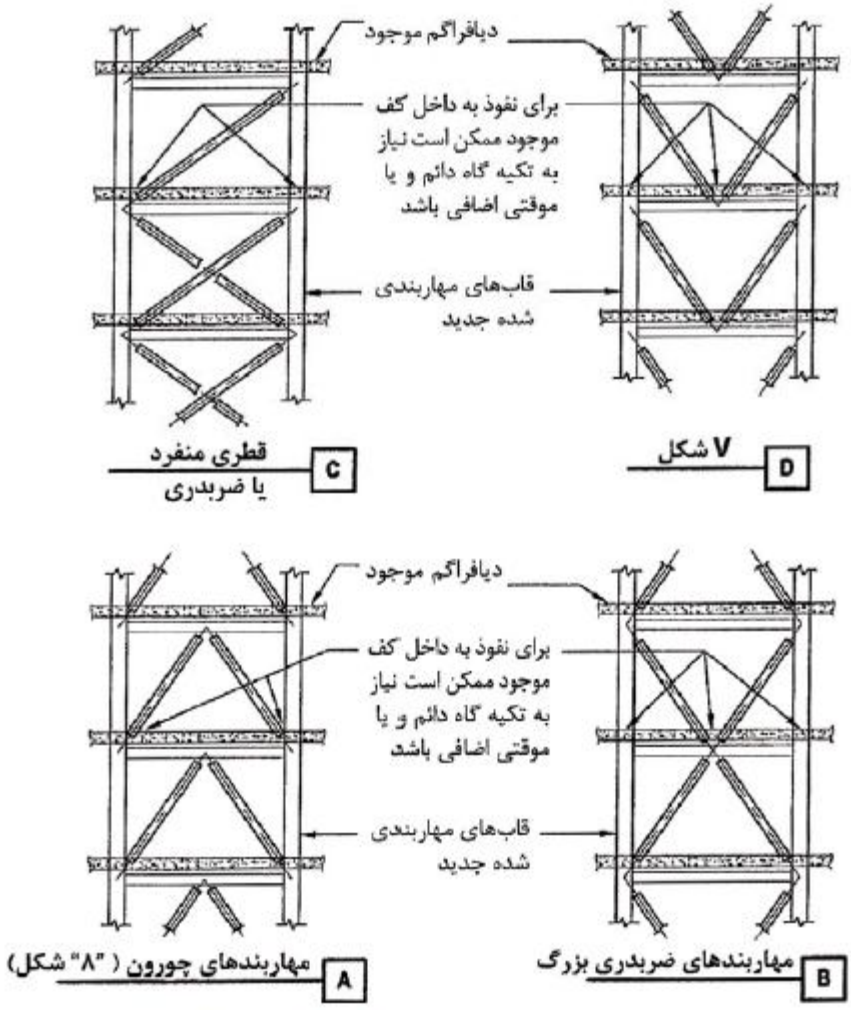


دوران در تیرهای همبند

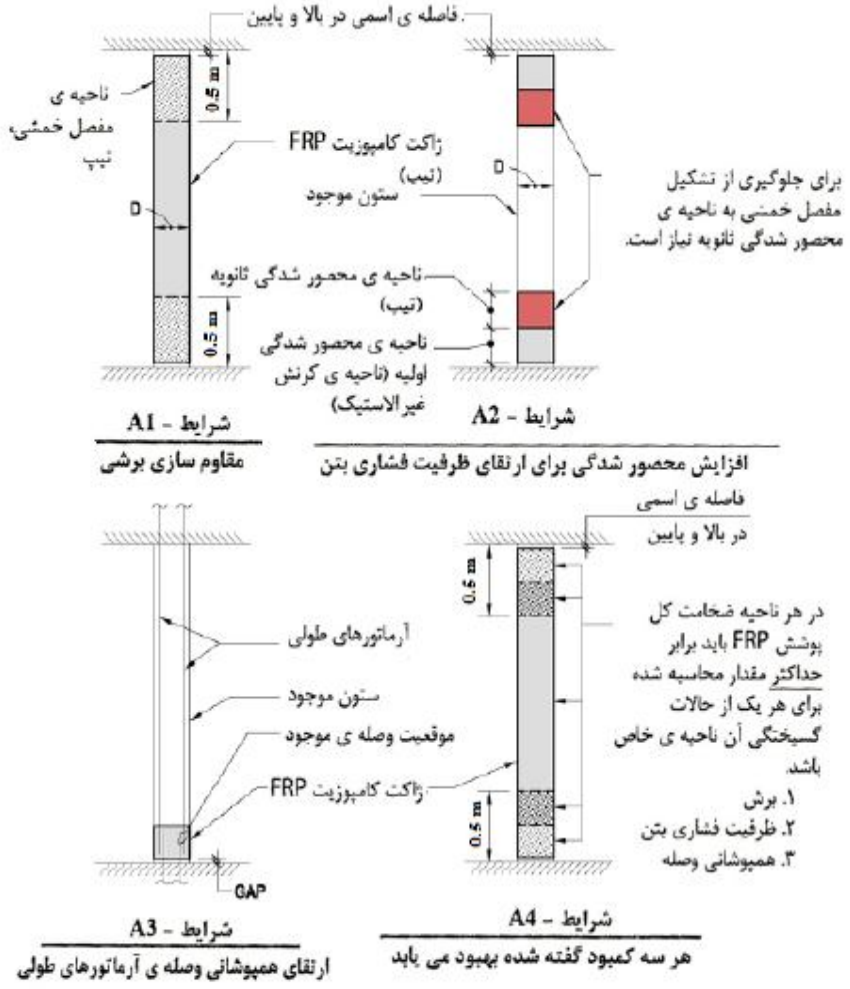
کمبودهای متداول لرزه‌ای و روش‌های کاربردی بهسازی برای قاب‌های خمشی بتنی

کمبودها		روش بهسازی				
گروه	کمبودها	افزودن اعضای جدید	ارتقای اعضای موجود	بهسازی اتصالات بین اعضا	کاهش تقاضا	برداشتن اعضای گزینش شده
مقاومت کلی	عدم کفایت تعداد قاب‌ها یا وجود قاب‌های ضعیف	دیوار بتنی قاب مهاربندی شده فولادی قاب خمشی بتنی یا فولادی	افزایش ابعاد ستون‌ها و یا تیرها ، پوششی از FRP پیرامون ستون‌ها ، ژاکت بندی بتنی یا فولادی ستون‌ها		برداشتن طبقه یا طبقات از روی سازه	
سختی کلی	عدم کفایت تعداد قاب‌ها یا وجود قاب‌هایی با سختی ناکافی	دیوار بتنی قاب مهاربندی شده فولادی قاب خمشی بتنی یا فولادی	افزایش ابعاد ستون‌ها و یا تیرها، ژاکت بندی بتنی یا فولادی ستون‌ها، تأمین جزئیاتی در دیگر اعضا که قادر به تحمل تغییر مکان نسبی باشند.			برداشتن اجزایی که ایجاد کننده ستون کوتاه هستند
پیکر بندی	طبقه نرم یا طبقه ضعیف	افزودن به سختی یا مقاومت در طبقه به منظور تطابق و تعادل میان طبقات				
	پیش آمدگی و پس رفتگی در پلان	افزودن به سطح طبقه برای به حداقل رساندن اثرات فروفتگی		تعبیه اعضای مرزی دیافراگم		
	جبدمان مولد پیچش	افزودن دیوار، قاب مهاربندی شده یا قاب خمشی برای ایجاد تعادل				
	گسیختگی دیوارهای فرعی یا ایجادپیچش ناشی از آن‌ها	افزودن دیوار، قاب مهاربندی شده یا قاب خمشی برای ایجاد تعادل	مجزا کردن دیوارهای فرعی، تبدیل دیوارهای فرعی به دیوارهای باربر جانبی			برداشتن دیوارهای فرعی
مسیر هدایت بار	کمبود اعضای جمع کننده	افزودن یا تقویت اعضای جمع کننده				
جزئیات اجزاء	نبود جزییات شکل پذیر به صورت		انجام عملیات بهسازی روی اتصالات			

کمبودها		روش بهسازی				
گروه	کمبودها	افزودن اعضای جدید	ارتقای اعضای موجود	بهسازی اتصالات بین اعضا	کاهش تقاضا	برداشتن اعضای گزینش شده
	عام					
	نبود جزئیات شکل پذیر ستون قوی –تیر ضعیف		ژاکت بندی ستون‌ها			
	نبود جزییات شکل پذیر: مقاومت برشی ناکافی در ستون یا تیر		دورپیچ پوشش FRP ژاکت بندی بتنی/فولادی			
دیافراگم	عدم کفایت ظرفیت برشی درون صفحه‌ای	دیوار برشی بتنی یا بنایی قاب مهاربندی شده قاب خمشی	اجرای رویه‌ای از بتن مسلح اجرای رویه‌ای از FRP			
	ظرفیت ناکافی اعضای مرزی	اجرای اعضای مرزی بتنی یا فولادی جدید				
	تنش‌های زیاد در محل بازشوها و نامنظمی‌ها	افزودن به اعضای مرزی				پر کردن بازشوها

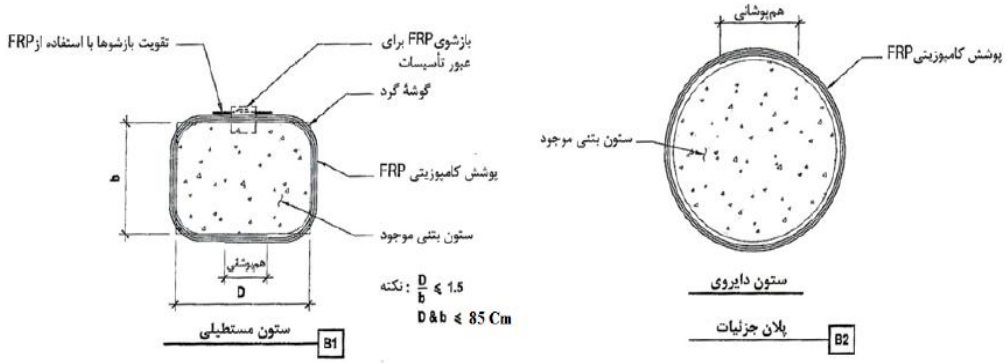


مقاوم‌سازی قاب خمشی بتنی با اضافه کردن مهاربند

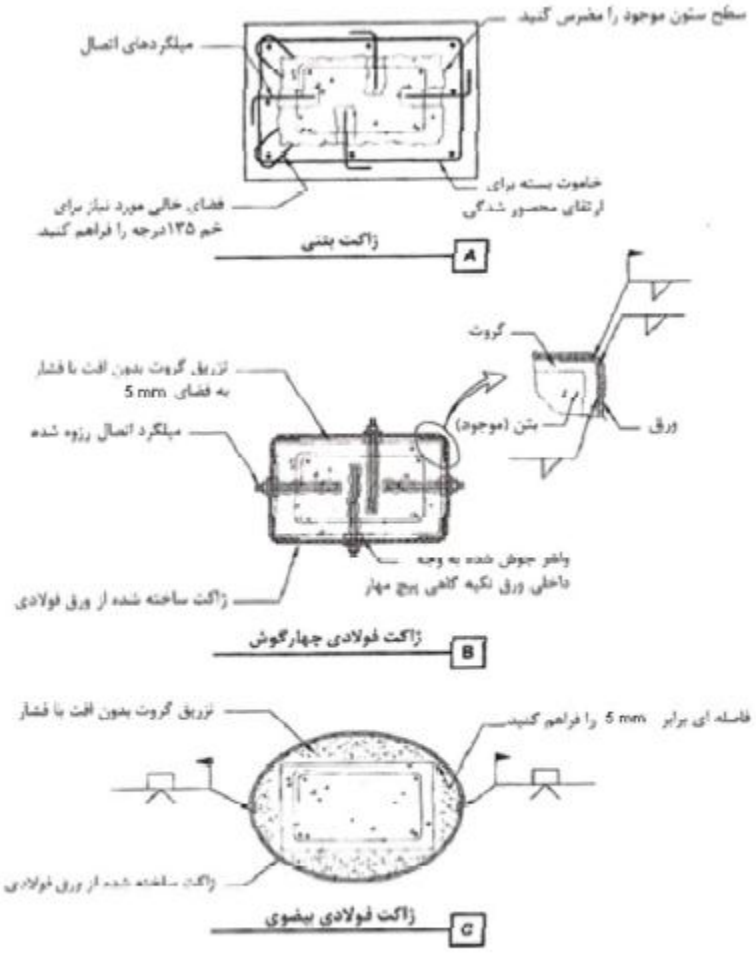


توضیحات: ـــــ و ـــــ نشان دهنده ی سطح دال، تیر یا پی هستند.

بهسازی لرزه‌ای ستون‌ها با استفاده از ورق‌های FRP



بهسازی لرزه‌ای ستون‌ها با استفاده از ورق‌های FRP – مقطع



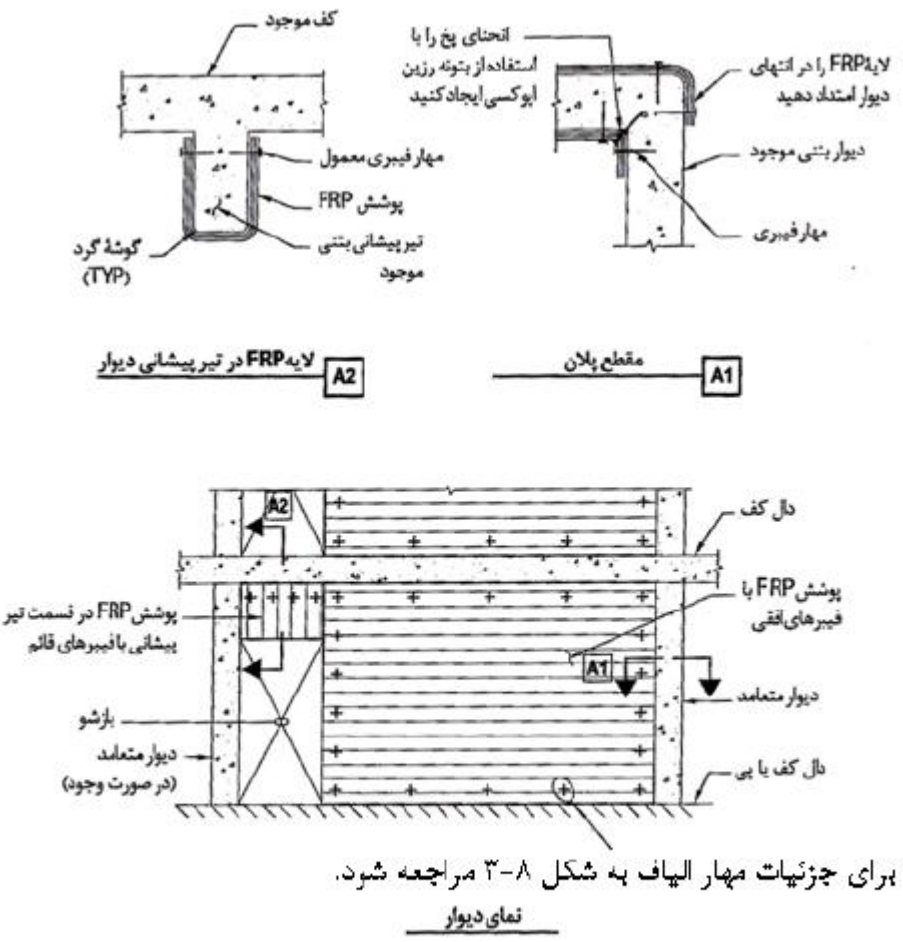
استفاده از ژاکت‌های فولادی و بتنی

دیوارهای برشی بتنی (سیستم دیوارهای باربر)

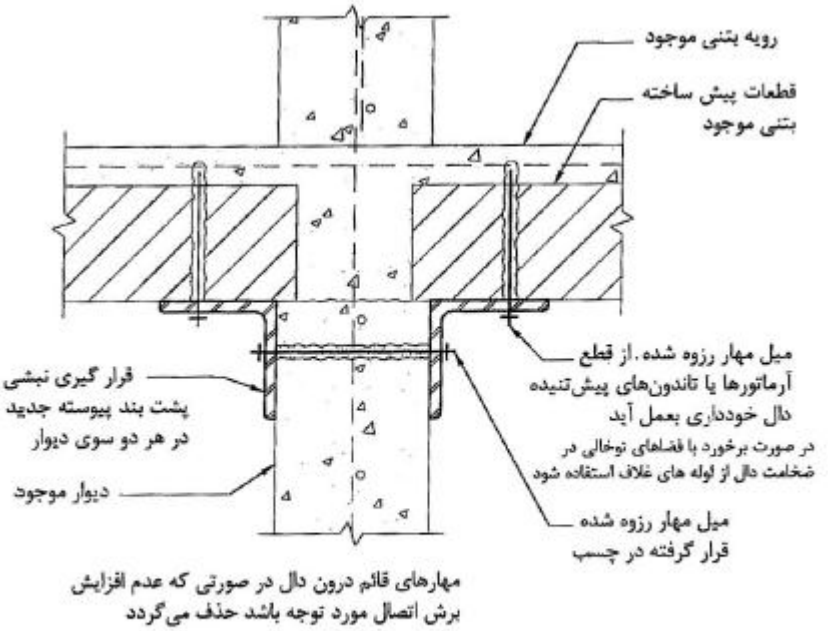
کمبود لرزه‌ای متداول ور روش‌های بهسازی کاربردی برای دیوارهای برشی بتنی

کمبودها		روش بهسازی				
گروه	کمبودها	افزودن اعضای جدید	ارتقای اعضای موجود	بهسازی اتصالات بین اعضا	کاهش تقاضا	برداشتن اعضای گزینش شده
مقاومت کلی	عدم کفایت مقاومت برشی درون صفحه‌ای دیوار	دیوارهای برشی بتنی	اجرای پوشش بتنی روی دیوار اجرای پوششی از FRP روی دیوار اجرای پوشش فولادی روی دیوار		کاهش ظرفیت خمشی	
	ظرفیت ناکافی خمشی	دیوارهای برشی بتنی	افزودن اعضای مرزی			
	ظرفیت ناکافی تیرهای همبند	دیوارهای برشی بتنی	تقویت تیرها بهبود شکل‌پذیری تیرها			برداشتن تیرها
سختی کلی	تغییر مکان نسبی زیاد (معمولاً در نزدیکی تراز فوقانی ساختمان)	دیوار برشی بتنی	پوشش FRP به دور ستون‌ها برای افزایش ظرفیت تغییر مکان جانبی ، تأمین جزییاتی در دیگر اعضا برای تحمل تغییر مکان نسبی اجرای پوشش بتنی بر روی دیوار			
پیکربندی	دیوارهای ناپیوسته	افزودن به دیوار یا تعبیه ستون‌های کافی در زیر آن	پوشش FRP پیرامون ستون‌های تکیه گاهی، ژاکت‌بندی بتنی/فولادی ستون های تکیه‌گاهی	بهسازی اتصالات به دیافراگم		برداشتن دیوار
	طبقه نرم یا طبقه ضعیف	افزایش مقاومت یا سختی در طبقه به منظور تطابق و تعادل بین طبقات				

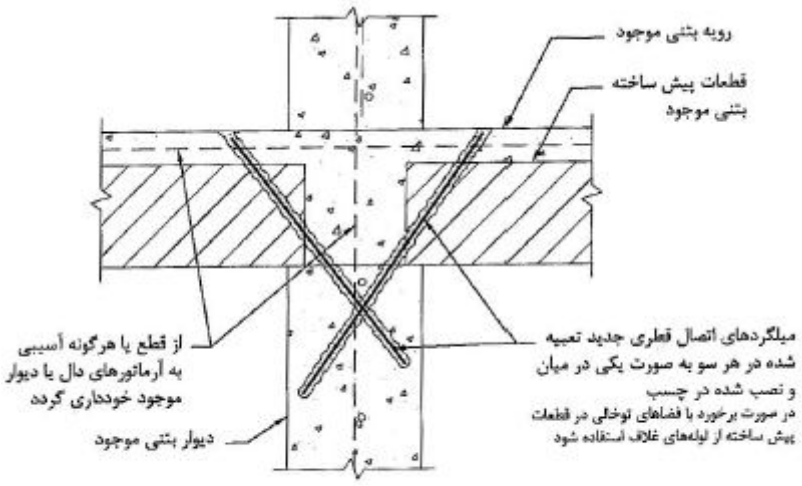
کمبودها		روش بهسازی				
گروه	کمبودها	افزودن اعضای جدید	ارتقای اعضای موجود	بهسازی اتصالات بین اعضا	کاهش تقاضا	برداشتن اعضای گزینش شده
	پیش آمدگی و فرورفتگی در پلان	افزایش سطح طبقه‌برای به حداقل رساندن اثر گوشه		تعبیه اعضای مرزی در دیافراگم		
	چیدمان مولد پیچش	افزودن دیوارهایی برای ایجاد تعادل				
مسیر هدایت بار	جمع کننده ناکافی	افزودن جمع‌کننده بتنی یا فولادی				
	ضعف در تکیه‌گاه دال بر دیوار			افزودن میلگردهای اتصال قطری افزودن زیرسری فولادی		
جزئیات اجزا	ضعف دیوار در خمش برون صفحه‌ای	تعبیه پشت‌بند	اجرای پوشش بتنی روی دیوار			
	ضعف دیوار در برش		اجرای پوشش بتنی روی دیوار اجرای پوششی از FRP روی دیوار		کاهش ظرفیت خمشی	
دیافراگم	اجزای پیش ساخته بدون رویه		بهبود اتصالات داخلی ، افزودن رویه			
	عدم کفایت ظرفیت برشی درون صفحه‌ای		اجرای رویه‌ای از بتن سطح، اجرای رویه‌ای از FRP			
	عدم کفایت ظرفیت برشی به دیوارها		تعبیه میلگردهای اتصال قطری تعبیه نبشی زیرسری فولادی			
	ظرفیت ناکافی اعضای مرزی	عضو مرزی بتنی یا فولادی جدید				
	تنش‌های زیاد در محل بازشوها و نامنظمی‌ها	افزودن اعضای مرزی				پر کردن بازشوها



مقاوم‌سازی دیوار برشی با استفاده از ورق‌های **FRP**



اضافه کردن تکیه گاه و افزایش مقاومت برشی در اتصال دال به دیوار



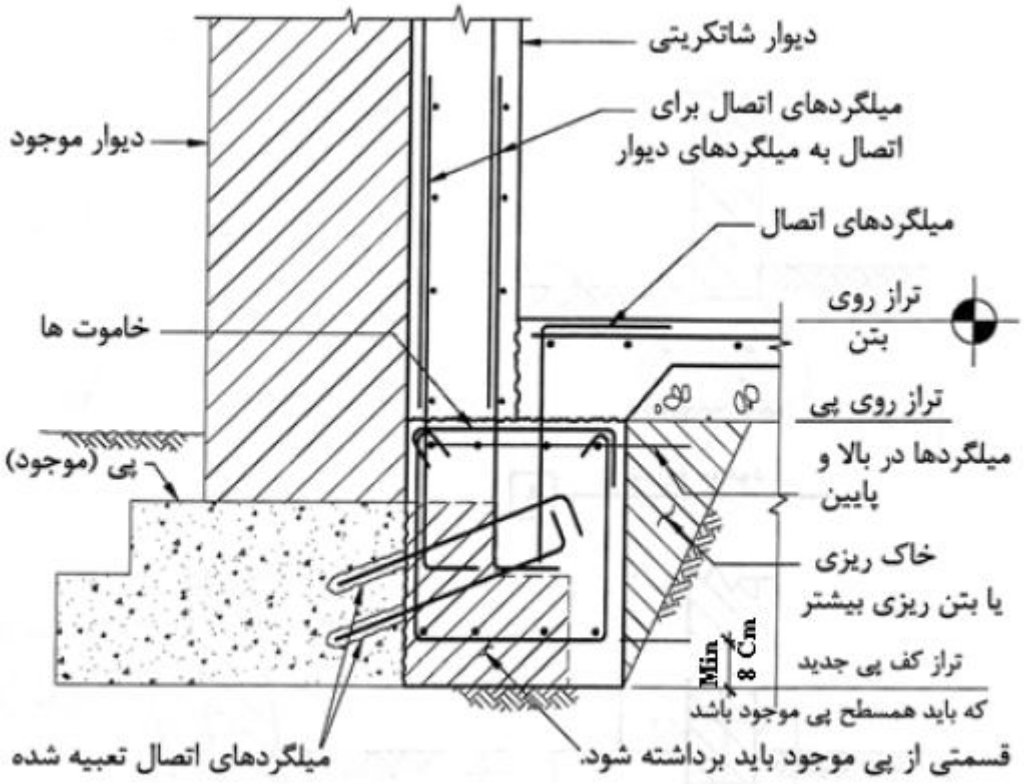
افزایش ظرفیت برشی در اتصال دیوار به دال

دیوار برشی بتنی با قاب باربر گرانشی

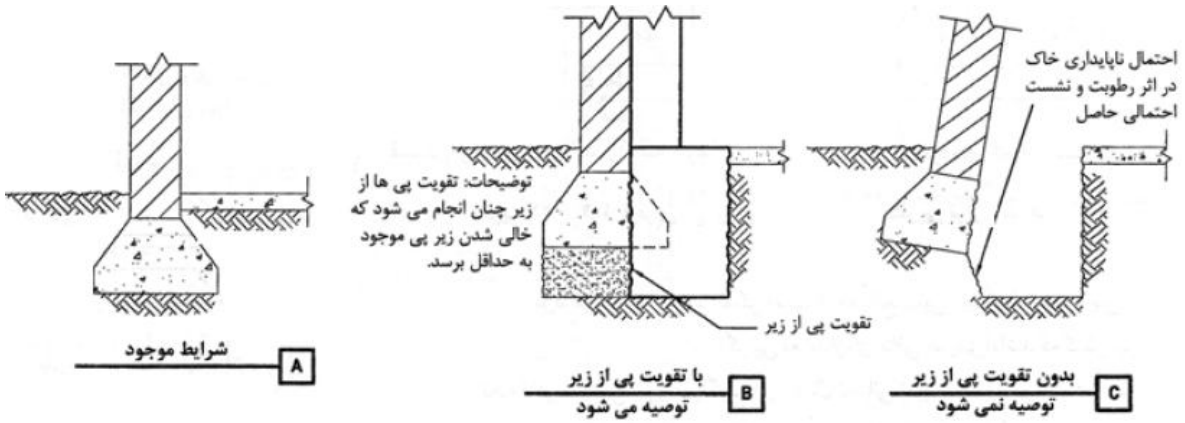
کمبود لرزه‌ای متداول و روش‌های بهسازی کاربردی برای دیوارهای برشی بتنی با قابهای باربر

کمبودها		روش بهسازی				
گروه	کمبودها	افزودن اعضای جدید	ارتقای اعضای موجود	بهسازی اتصالات بین اعضا	کاهش تقاضا	برداشتن اعضای گزینش شده
مقاومت کلی	عدم کفایت مقاومت برشی درون صفحه‌ای دیوار	دیوارهای برشی بتنی قاب‌های مهاربندی شده فولادی دیوار برشی فولادی	اجرای پوشش بتنی روی دیوار اجرای پوششی از FRP روی دیوار اجرای پوشش فولادی روی دیوار		کاهش ظرفیت خمشی	
	ظرفیت ناکافی خمشی	دیوارهای برشی بتنی قاب‌های مهاربندی شده فولادی	افزودن یا ارتقای اعضای مرزی			
	ظرفیت ناکافی تیرهای همبند	دیوارهای برشی بتنی قاب‌های مهاربندی شده فولادی	تقویت تیرها بهسازی شکل‌پذیری تیرها			برداشتن تیرها
سختی کلی	تغییر مکان نسبی زیاد (معمولاً در نزدیکی تراز فوقانی ساختمان)	دیوارهای برشی بتنی قاب‌های مهاربندی شده فولادی	اجرای پوششی از FRP به دور ستون‌ها، ژاکت بندی بتنی فولادی ستون، تأمین جزییاتی در دیگر اعضا برای تحمل تغییر مکان نسبی ضخیم کردن دیوارها			تعبیه میراگر
پیکربندی	دیوارهای ناپیوسته	دیوارهای برشی بتنی	تقویت ستون موجود برای تحمل بارهای واژگونی	بهسازی اتصالات به دیافراگم		برداشتن دیوار
	طبقه نرم یا طبقه ضعیف	افزایش مقاومت یا سختی در طبقه به منظور تطابق و تعادل بین طبقات				
	پیش‌آمدگی و فرو رفتگی در پلان			تعبیه اعضای مرزی در دیافراگم		
	چیدمان مولد پیچش	افزودن دیوارها، قاب‌های				

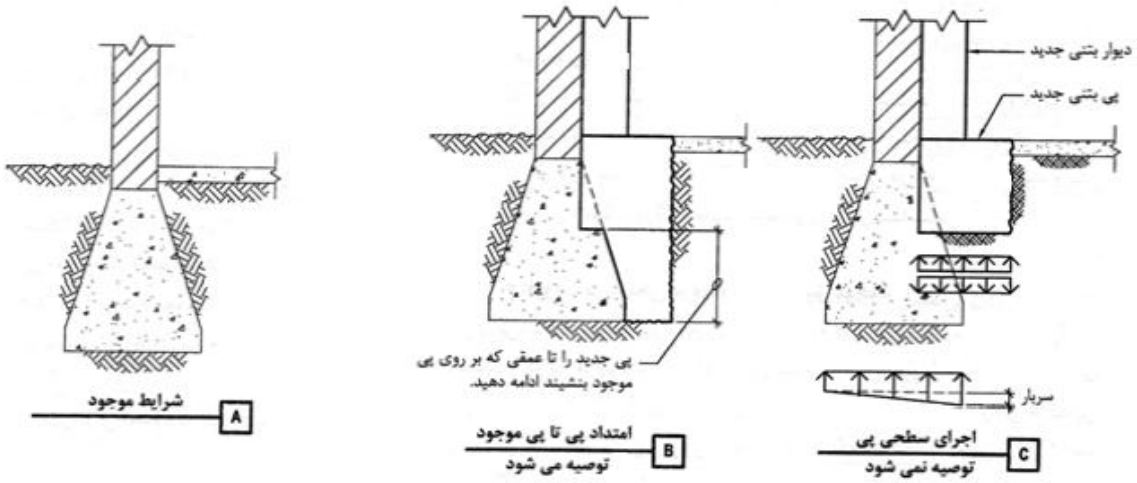
کمبودها		روش بهسازی				
گروه	کمبودها	افزودن اعضای جدید	ارتقای اعضای موجود	بهسازی اتصالات بین اعضا	کاهش تقاضا	برداشتن اعضای گزینش شده
		مهاربندی شده یا قاب‌های خمشی برای ایجاد تعادل				
مسیر هدایت بار	جمع کننده های ناکافی	افزودن جمع کننده فولادی افزودن جمع کننده بتنی	تقویت ستون موجود برای تحمل بارهای واژگونی			
	دیوارهای ناپیوسته	تأمین دیوار تکیه‌گاهی جدید برای تحمل ماکزیمم لنگر واژگونی مورد انتظار	تقویت ستون‌های تکیه‌گاهی موجود برای تحمل ماکزیمم لنگر واژگونی مورد انتظار تعبیه اعضایی برای توزیع برش به داخل دیافراگم در تراز نقاط ناپیوسته			
جزئیات اجزا	ضعف دیوار در خمش برون صفحه‌ای	اضافه نمودن پشت‌بند	اجرای پوشش بتنی روی دیوار			
	ضعف برشی دیوار		اجرای پوشش بتنی روی دیوار، اجزای پوششی از FRP روی دیوار		کاهش ظرفیت خمشی دیوار	
	ظرفیت ناکافی تغییر مکان ستون‌های گرانشی		ارتقاء شکل‌پذیری (همچنین به سختی کلی سازه توجه کنید)			
دیافراگم	عدم کفایت ظرفیت برشی درون صفحه‌ای		اجرای رویه بتنی اجرای پوششی FRP			
	ظرفیت ناکافی عضو مرزی	عضو مرزی بتنی یا فولادی جدید				
	تنش‌های زیاد در محل بازشوها و نامنظمی‌ها	افزودن اعضای مرزی				پر کردن بازشوها



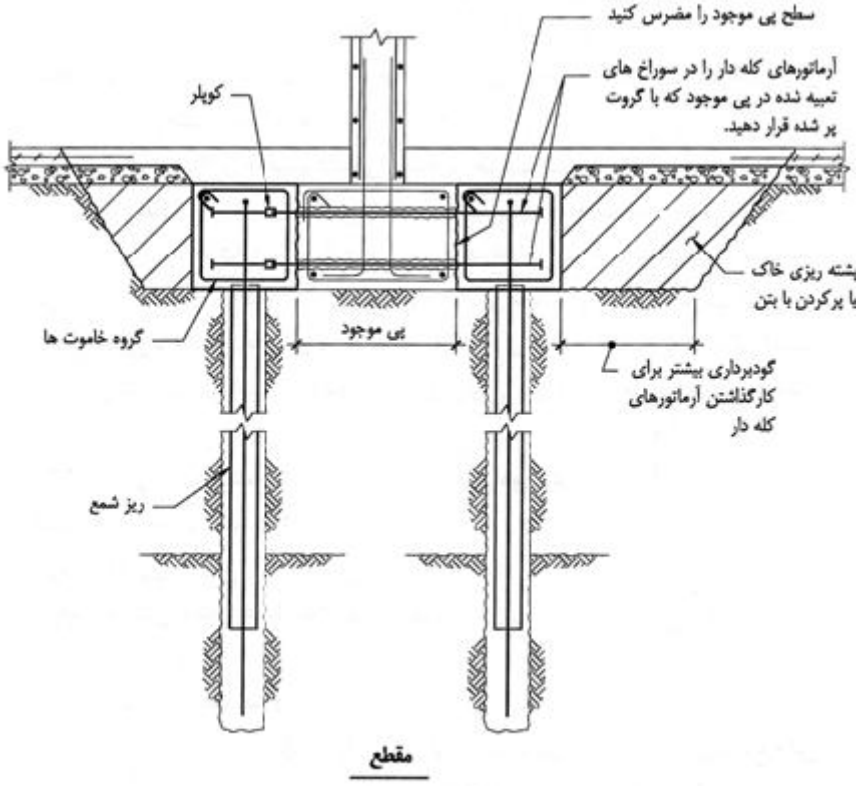
اجرای پی نواری بتنی در کنار پی نواری موجود



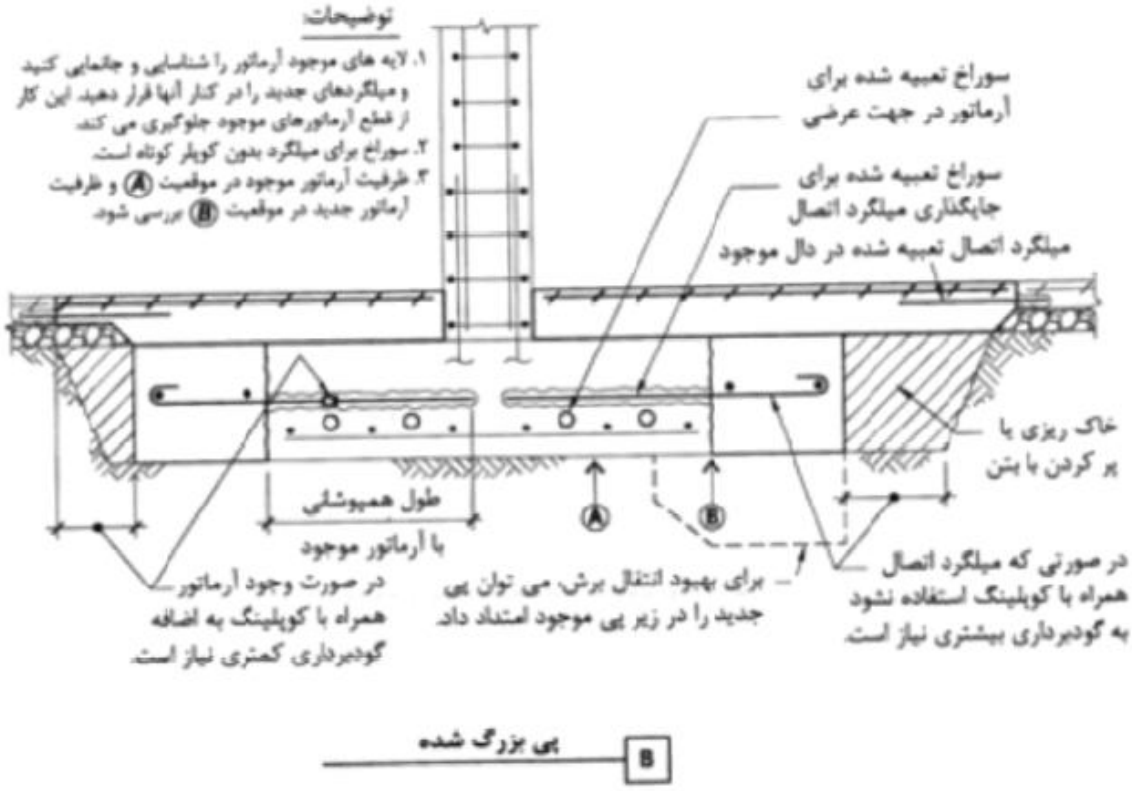
اجرای پی سطحی جدید در عمق پائین تر از پی سطحی موجود



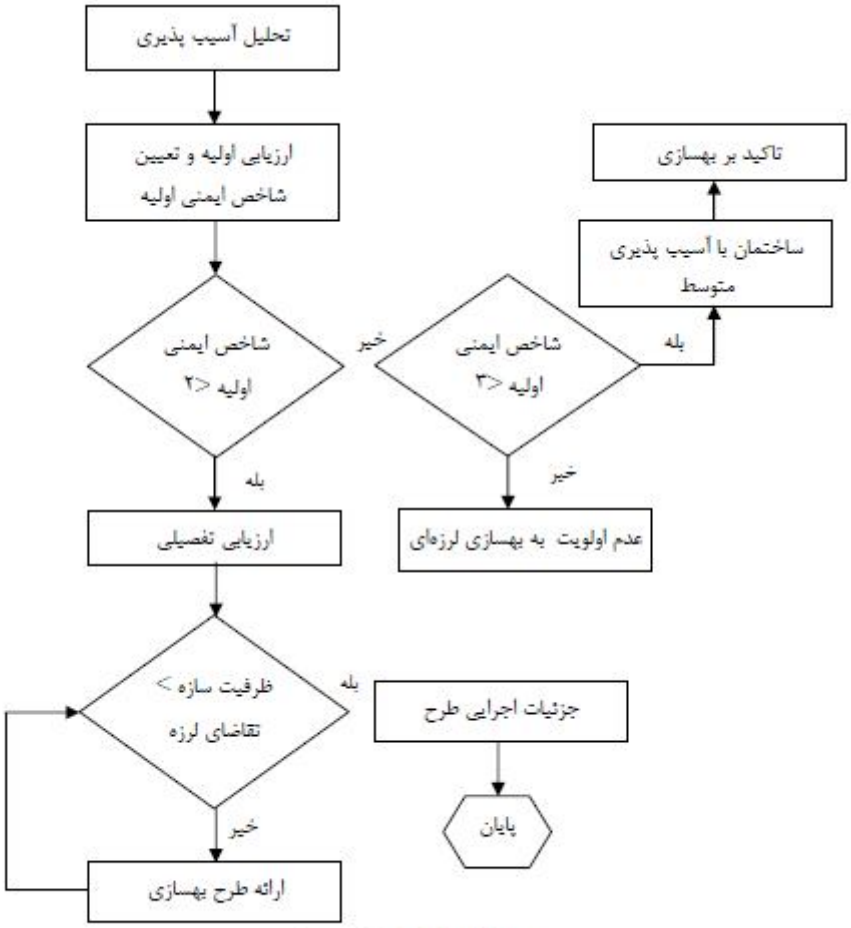
اجرای پی سطحی جدید در عمق کمتر از پی سطحی موجود



ارتقای اتصال ریز شمع به پی نواری موجود



بزرگ کردن پی منفرد موجود



روند تحلیل و ارزیابی آسیب پذیری

$$T = \alpha H^{\frac{3}{4}}$$

قاب خمشی فولادی	$\alpha = 0.08$
قاب فولادی مهاربندی شده با محورهای غیرمتقارب	$\alpha = 0.07$
سایر سیستم‌های سازه‌ای	$\alpha = 0.05$

$$T = \alpha H^{\frac{3}{4}}$$

قاب خمشی بتنی	$\alpha = 0.7$
سایر سیستم‌های سازه‌ای	$\alpha = 0.5$

$$V = C_1 C_2 C_m S_a W$$

$$\begin{cases} T \le 0.2 \rightarrow C_1 = 1 + \dfrac{R-1}{0.04\alpha} \\ 0.2 \le T \le 1 \rightarrow C_1 = 1 + \dfrac{R-1}{\alpha T^2} \\ 1 \le T \rightarrow C_1 = 1 \end{cases}$$

$$R = \frac{DCR_{\max}}{1.5} C_m \ge 1$$

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800}\left(\frac{R-1}{T}\right)^2$$

مقادیر ضریب C_m*

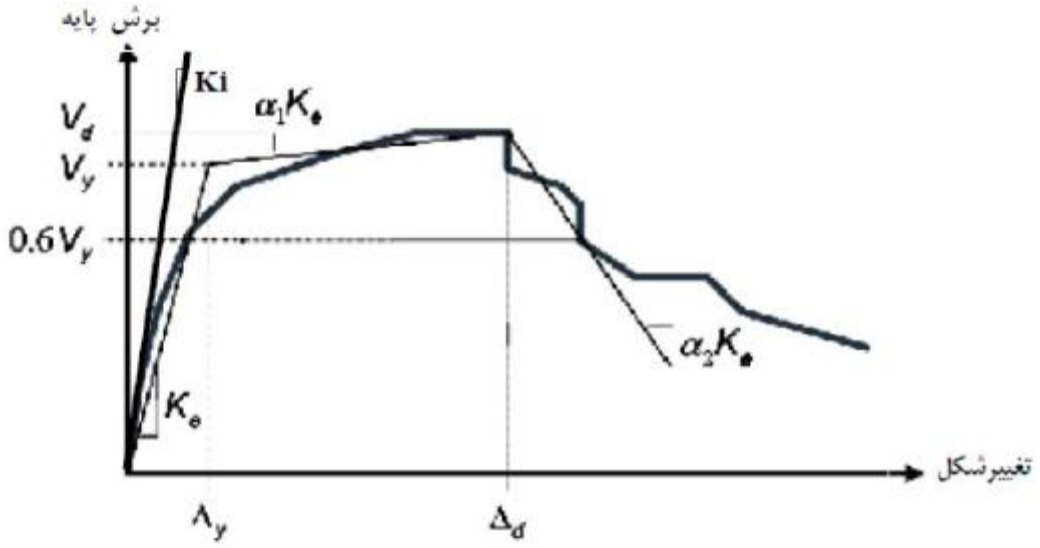
تعداد طبقات	قاب خمشی	قاب مهاربندی شده با محورهای متقارب و غیر متقارب	سازه با دیوار برشی	سایر سیستم‌های سازه ای
یک یا دو	۱	۱	۱	۱
سه و بیشتر	۰/۹	۰/۹	۰/۸	۱

* برای زمان تناوبهای بالاتر از ۱/۰ ثانیه، میبایست برابر یک فرض گردد.

$$F_i = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{j=1}^{n} W_j h_j^k} \qquad F_{pi} = \frac{\sum_{j}^{n} = F_j}{\sum_{j=i}^{n} W_j} W_i$$

$$k = \begin{cases} 1.0 & T \le 0.5 \\ 0.5T + 0.75 & 0.5 \le T \le 2.5 \\ 2.0 & T \ge 2.5 \end{cases}$$

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$



منحنی ساده شده نیرو – تغییر مکان

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_\alpha \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

مقدار ضریب C_0[1]

تعداد طبقات ساختمان	ساختمان‌های برشی [2]	سایر ساختمان‌ها
۱	۱/۰	۱/۰
۲	۱/۲	۱/۲
۳	۱/۲	۱/۳
۵	۱/۳	۱/۴
۱۰	۱/۳	۱/۵

۱. برای مقادیر مابین حدود داده شده در جدول باید از درونیابی خطی استفاده کرد.

۲. منظور از ساختمان برشی، ساختمانی است که در تمام طبقات، تغییر مکان جانبی نسبی کوچکتر از طبقه زیرین باشد.

$$\begin{cases} T \le 0.2 \rightarrow C_1 = 1 + \dfrac{R-1}{0.04\alpha} \\ 0.2 \le T \le 1 \rightarrow C_1 = 1 + \dfrac{R-1}{\alpha T_e^2} \\ 1 \le T \rightarrow C_1 = 1 \end{cases}$$

$$R = \frac{S_a}{Vy/W} C_m$$

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800}\left(\frac{R-1}{T_e}\right)^2 \qquad C_1 = 1 + \frac{T_s - T}{2T_s - 0.2}$$

$$R_{max} = \frac{\Delta_d}{\Delta_y} + \frac{|\alpha_e|^{-h}}{4}$$

$$\mu = \begin{cases} R_\mu & T_1 \geq 0.7s \\ \dfrac{(R_\mu - 1)\times 0.7}{T_1} + 1 & T_1 < 0.7s \end{cases}$$

(گروه خاک‌های I,II,II)

$$\mu = \begin{cases} R_\mu & T_1 \geq 1 \text{ s or } R_\mu \leq 1.5 \\ \dfrac{(R_\mu - 1.5)}{T_1} + 1.5 & T_1 < 1 \text{ s or } R_\mu > 1.5 \end{cases}$$

(گروه خاک IV)

گسلش

۱- درجه‌ی فعالیت گسل؛

۲- نوع گسل (امتداد لغز، معکوس یا تراست فشاری)؛

۳- جهت حرکت گسل؛

۴- اندازه‌ی جابجایی‌های قایم و افقی برمبنای سطح خطر مبنا برای زلزله؛

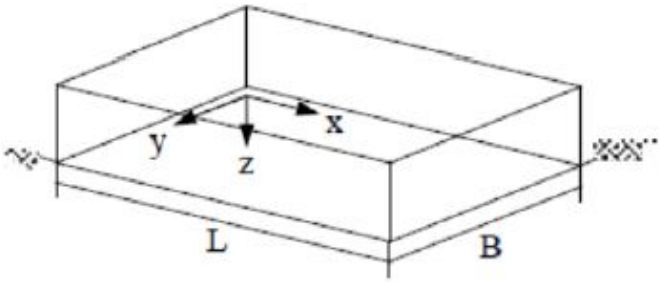
۵- طول و عرض منطقه‌ی خردشده‌ی گسلی

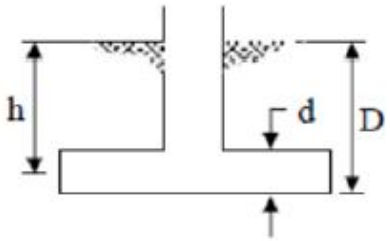
$$q_c = 3q_a \qquad Q_c = 3Q_{allow}$$

$$q_c = 1.5Q_D / A$$

$$Q_c = q_. BL$$

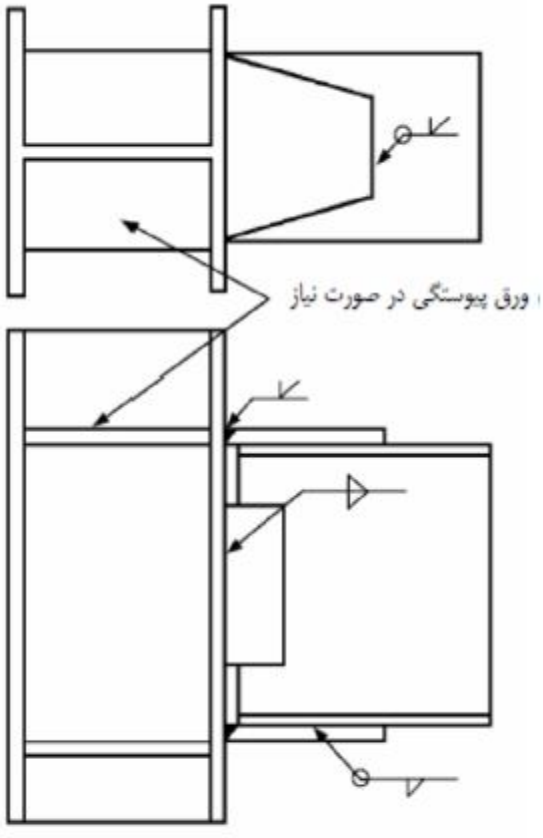
$$M_c = \frac{LP}{2}\left[1 - \frac{q}{q_c}\right]$$





$$\theta_y = \frac{ZF_{ye}l_b}{6EI_b}$$ در تیرها

$$\theta_y = \frac{ZF_{ye}l_c}{6EI_c}\left[1 - \frac{P}{P_{ye}}\right]$$ در ستون‌ها



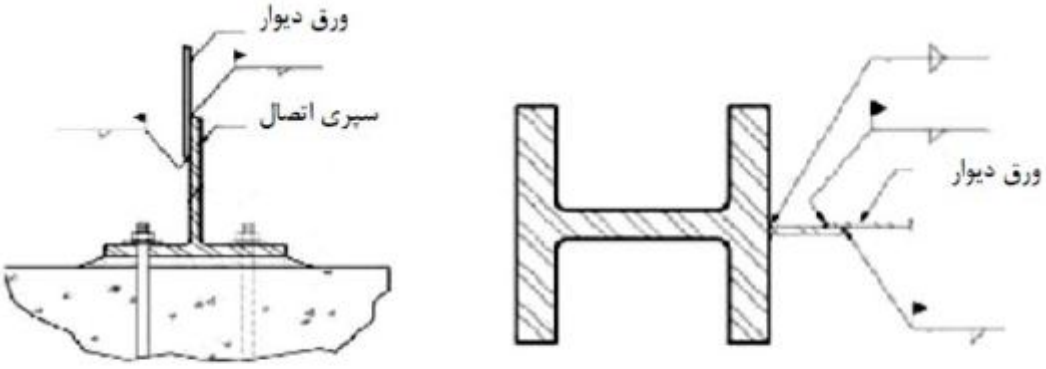
اتصال ورق به بال تیر با جوش

$$K_e = \frac{K_s K_b}{K_s + K_b}$$

$$\theta_y = \frac{Q_{CE}}{K_e e} \qquad K_S = \frac{GA_w}{e} \qquad K_b = \frac{12EI_b}{e^3}$$

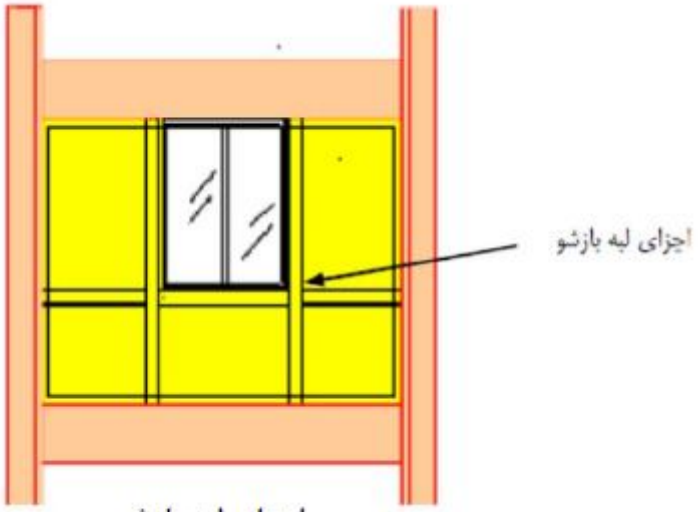
$$Q_{CE} = V_{CE} = 0.6F_{ye}A_w \qquad e \le \frac{1.6M_{CE}}{V_{CE}}$$

$$Q_{CE} = V_{CE} = 2\frac{M_{CE}}{e} \qquad e > \frac{2.6M_{CE}}{C_{CE}}$$



الف-اتصال ورق دیوار به اجزای لبه ب- اتصال ورق دیوار به فونداسیون

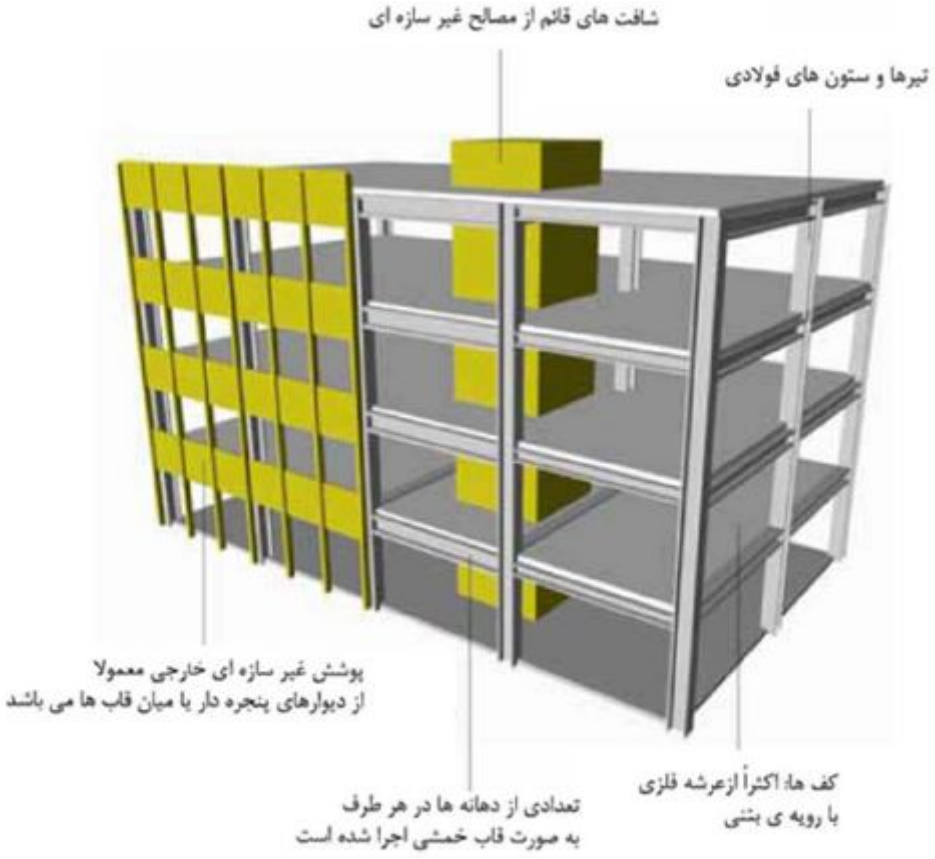
نمونه ای از اتصالات ورق دیوار



اجزای لبه بازشو

$$\tan^4 \alpha = \frac{\frac{2}{t_w L} + \frac{1}{A_c}}{\frac{2}{t_w L} + \frac{2h}{A_b L} + \frac{h^4}{180 I_c L^2}}$$

$$I_c \geq \frac{0.00307\, t_w h}{L}, I_b \leq 0.003 t_w h^4 / L$$

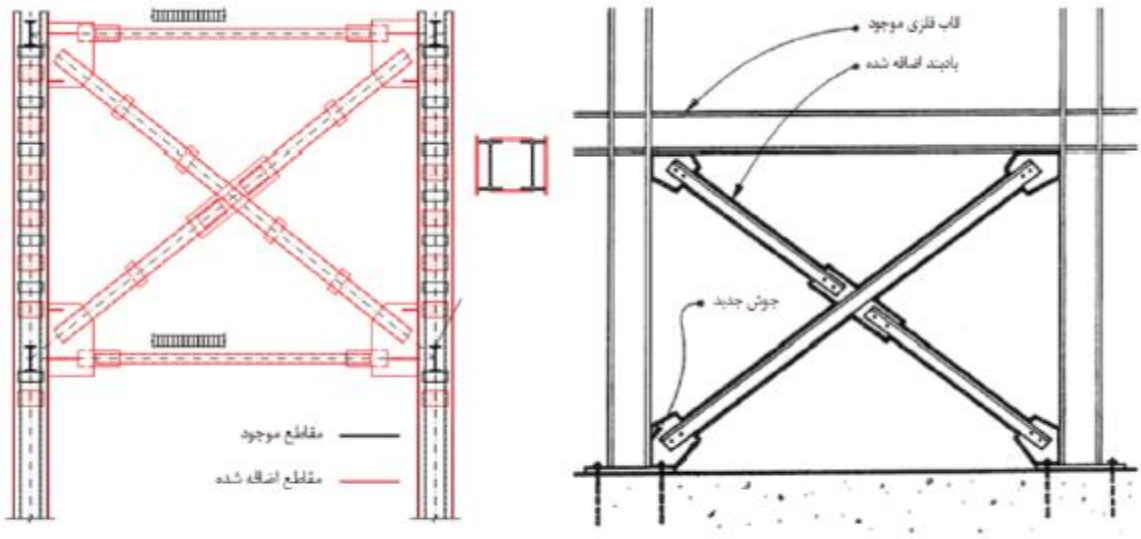


نمونه ای از قابهای خمشی فولادی

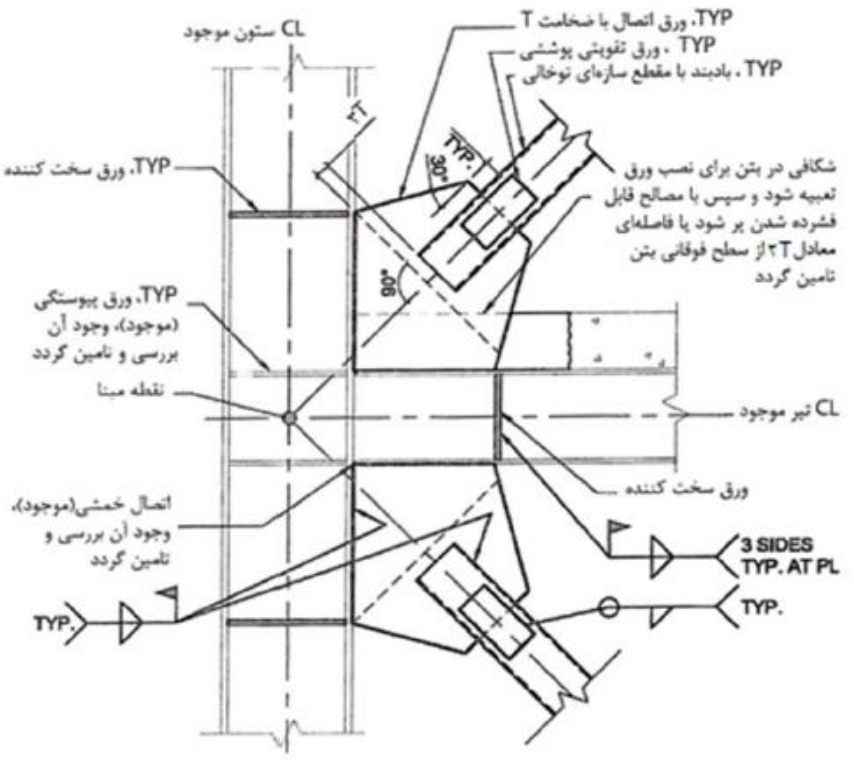
کمبودهای لرزه‌ای متداول و روش‌های بهسازی کاربردی برای قابهای خمشی فولادی

کمبودها		روش بهسازی				
گروه	کمبودها	افزودن اعضای جدید	ارتقای اعضای موجود	بهسازی اتصالات بین اعضا	کاهش تقاضا	برداشتن اعضای گزینش شده
مقاومت کلی	مقاومت ناکافی قاب	قاب خمشی قاب مهاربندی شده دیوار برشی بتنی دیوار برشی فولادی	مقاوم‌سازی تیرها ستون‌ها و یا اتصالات		جداسازی لرزه ای تعبیه‌ی میراگر	
سختی کلی	تغییر مکان نسبی زیاد	قاب خمشی قاب مهاربندی شده دیوار برشی بتنی دیوار برشی فولادی	مقاوم سازی تیرها ستون‌ها و یا اتصالات		تعبیه‌ی میراگر	
پیکربندی	طبقه نرم	قاب خمشی قاب مهاربندی شده دیوار برشی بتنی دیوار برشی فولادی				
	فرورفتگی و پیش آمدگی در پلان	قاب خمشی قاب مهاربندی شده دیوار برشی بتنی جمع کننده	ارتقای جزئیات			
مسیر هدایت بار	عدم وجود جمع کننده	افزودن جمع کننده				
	عدم کفایت مهارهای برشی، خمشی، برکشش به پی		مدفون کردن ستون در پداستالی که به دیگر اعضای پی موجود بسته شده است.	تعبیه برشگیرها یا پیچ مهارهای فولادی از صفحه پای ستون به پی		
مسیر هدایت بار (ادامه)	عدم کفایت مهارهای برون صفحه‌ای در محل اتصال به دیوارهای متصل به دیافراگم			مهارهای کششی		
جزئیات اجزاء	ظرفیت ناکافی تیرها، ستون‌ها و یا اتصالات		ارتقای اتصالات تیر-ستون افزودن ورقهای پوششی یا اعضای قوطی تعبیه صفحات اتصال یا مهاربندهای زانویی مدفون کردن ستون در بتن			
	ظرفیت ناکافی چشمه‌های اتصال		تعبیه ورق‌های پیوستگی جوش شده تعبیه سخت کننده یا ورقهای مضاعف جوش شده			

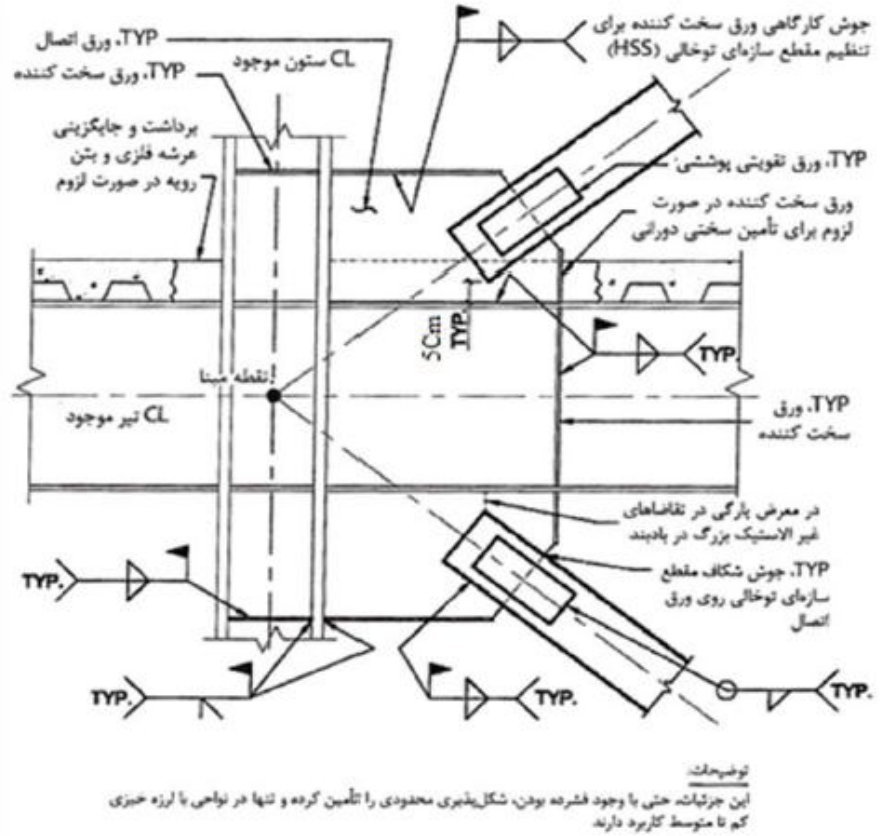
کمبودها		روش بهسازی				
گروه	کمبودها	افزودن اعضای جدید	ارتقای اعضای موجود	بهسازی اتصالات بین اعضا	کاهش تقاضا	برداشتن اعضای گزینش شده
دیافراگم	عدم کفایت مقاومت و یا سختی درون صفحه ای	افزودن جمع کننده برای توزیع نیروها	اجرای رویه بتنی	میخ کوبی بیشتر در دیافراگم‌های انعطاف‌پذیر		
	عدم کفایت انتقال برش به قاب‌ها			افزایش گل میخ های برشی یا جوش‌ها		
	ظرفیت‌ناکافی اعضای مرزی	افزودن اعضای فولادی یا میلگرد				
	تنش‌های زیاد در بازشوها و نامنظمی‌ها	افزودن میلگرد، تعبیه‌ی جمع کننده در پیرامون دیافراگم				پر کردن بازشوها



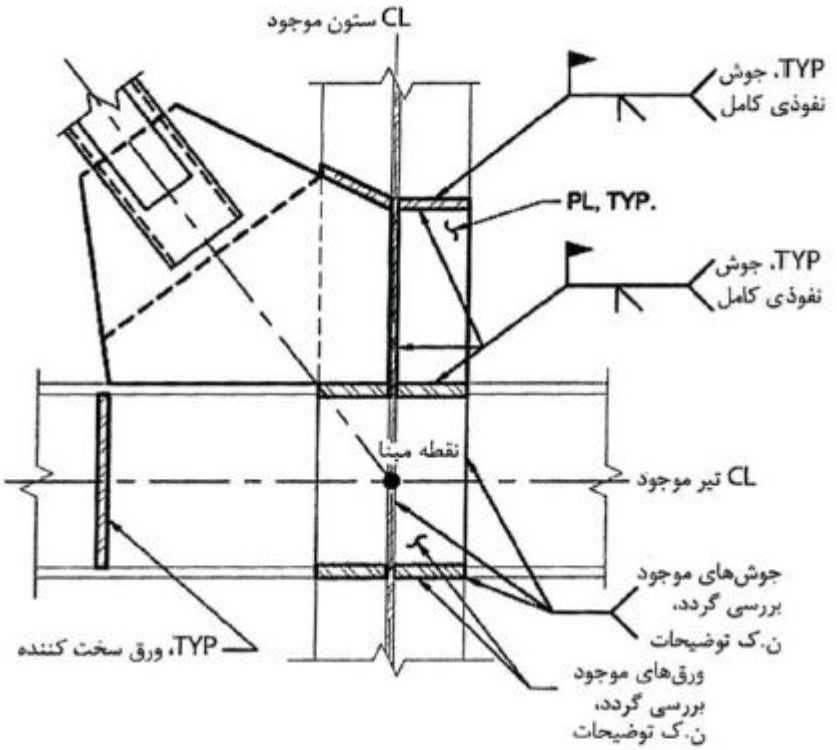
بهسازی لرزه ای قابهای موجود بوسیله افزودن مهاربندهای همگرا



مهاربند ساخته شده از مقاطع سازه ای توخالی در اتصال تیر به ستون موجود در قابهای مهاربندی ویژه



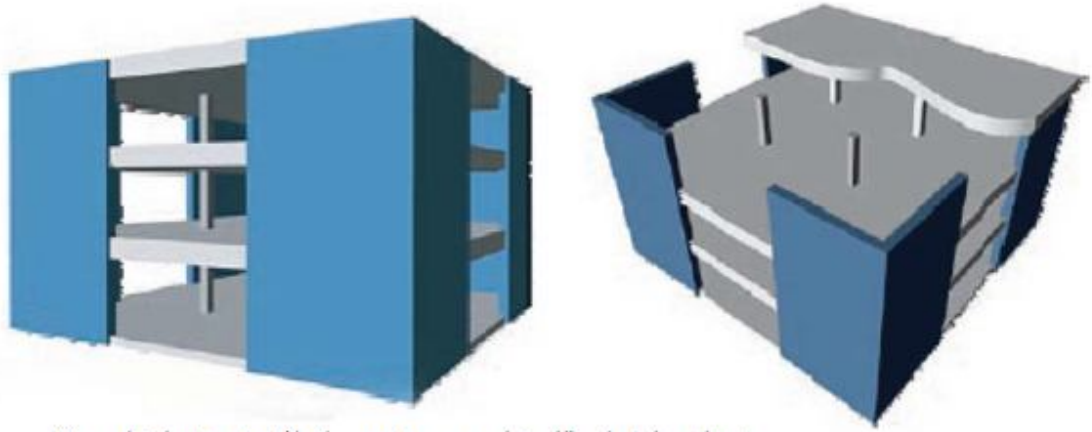
مهاربند ساخته شده از مقاطع سازه ای توخالی در اتصال تیر به ستون موجود در قابهای مهاربندی معمولی



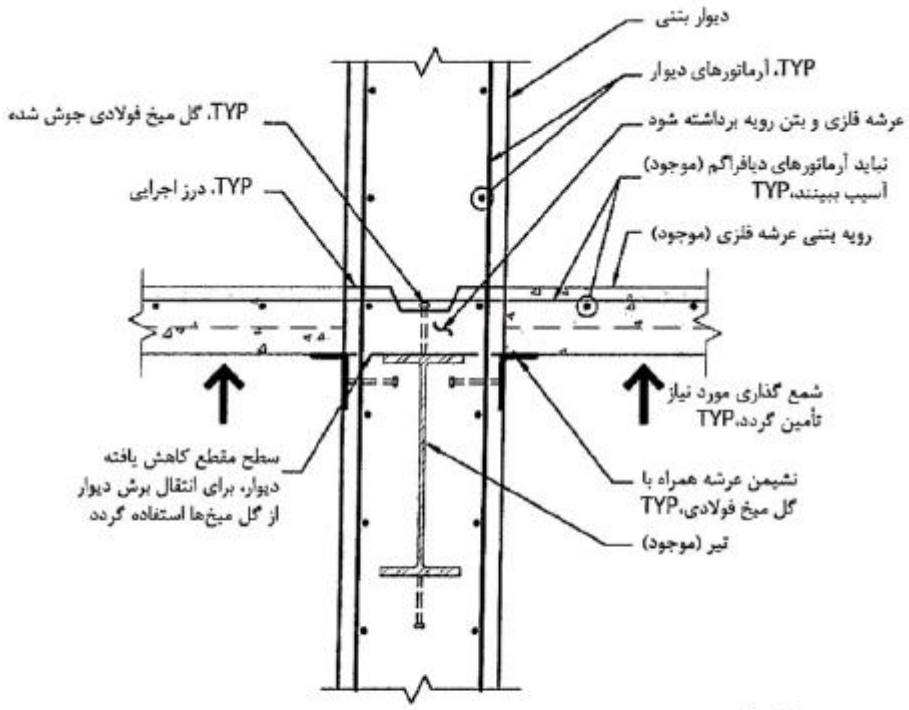
توضیحات:

۱. ظرفیت اتصال خمشی موجود باید برای تحمل نیروهای جدید کنترل شده و در صورت لزوم تقویت شود.
۲. به تصاویرقبلی و توضیحات آمده در آن‌ها به منظور آگاهی بیشتر از جزئیات نصب مقاطع سازه‌ای توخالی (HSS) مراجعه گردد.

مهاربند ساخته شده از مقاطع سازه ای توخالی در اتصال تیر به ستون موجود



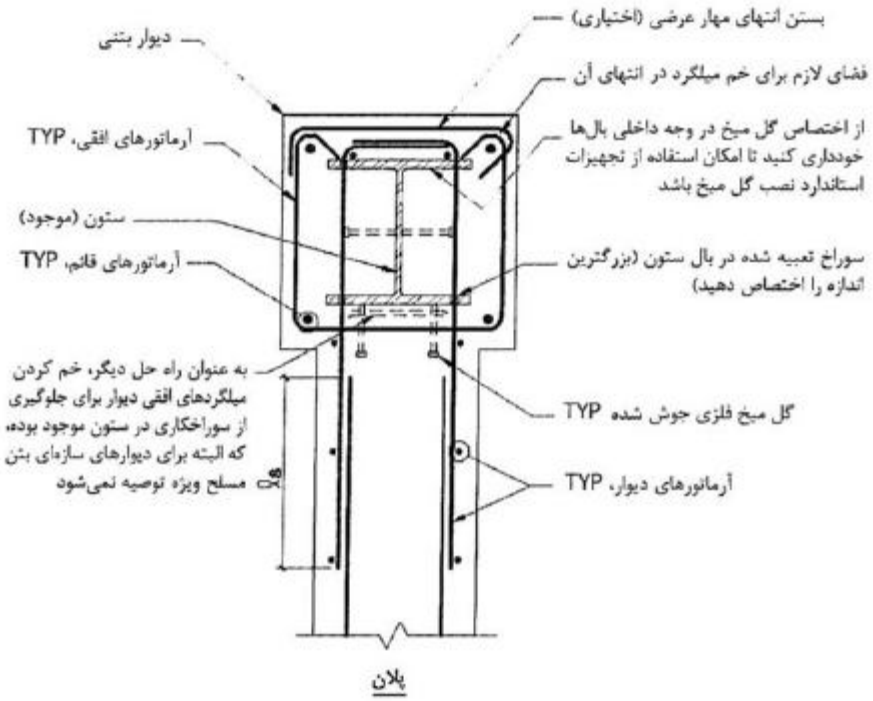
بهسازی لرزه‌ای قاب‌های موجود بوسیله افزودن دیوارهای برشی



توضیحات:

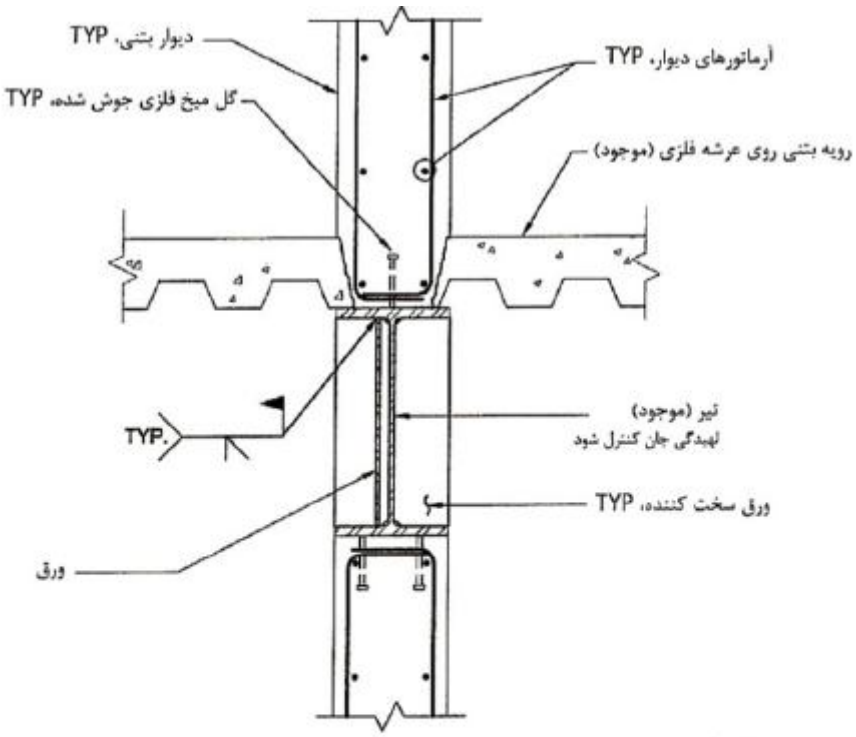
چنانچه به فضای بیشتری برای عمل تراکم بتن یا اجرای شاتکریت نیاز باشد می‌توان دیوار را در یک طرف تیر اجرا نمود

دیوار بتنی درجا در محل تیر موجود



پلان

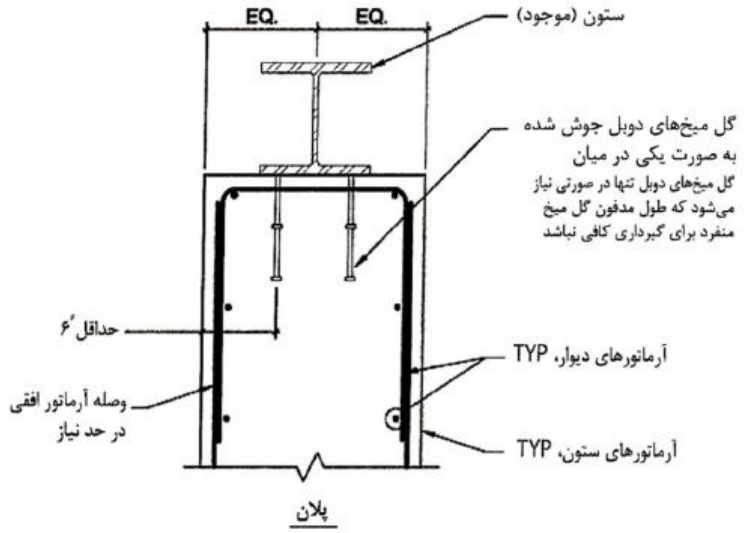
مدفون شدن ستون در دیوار بتنی درجا



توضیحات:

۱. این جزئیات بیشتر مناسب برای اجرای شاتکریت است و برای اجرای بتن درجا به علت مسائل ناشی از ریختن بتن و تراکم آن مشکل ساز است.
۲. برش دیوار به طور کامل توسط گل میخ‌ها انتقال می‌یابد.
۳. برای عرشه‌های عمود بر جهت تیر، تعداد گل میخ‌های فلزی متناسب با شیار عرشه فولادی محدود می‌شود.

دیوار ناپیوسته در محل تیر موجود

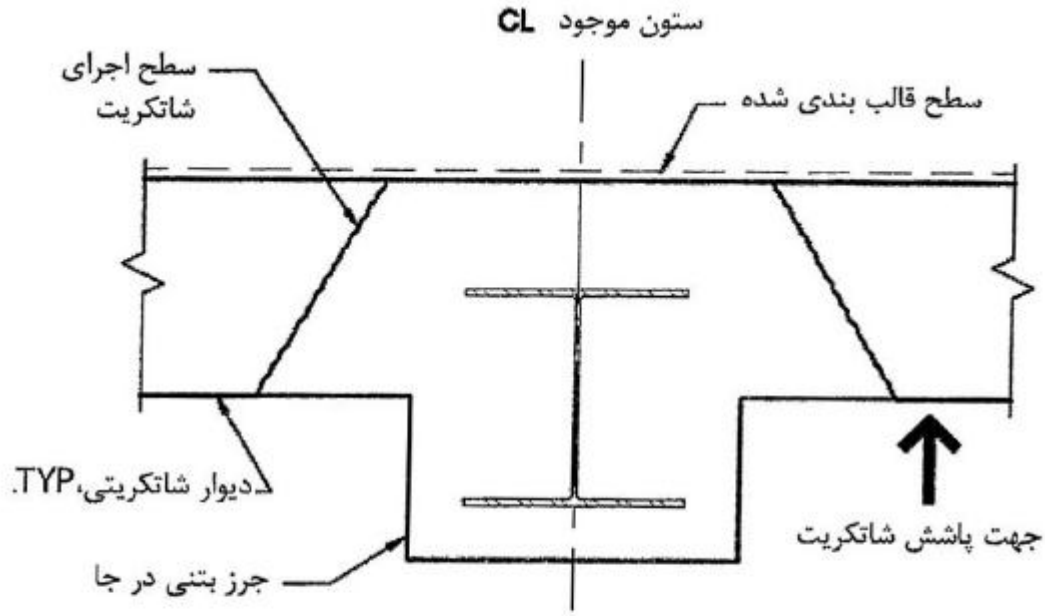


پلان

توضیحات:

این جزئیات برای دیوارهای سازه‌ای بتن مسلح ویژه، به دلیل عدم وجود محصور شدگی برای عضو مرزی مناسب نیست.

دیوار در محل ستون موجود



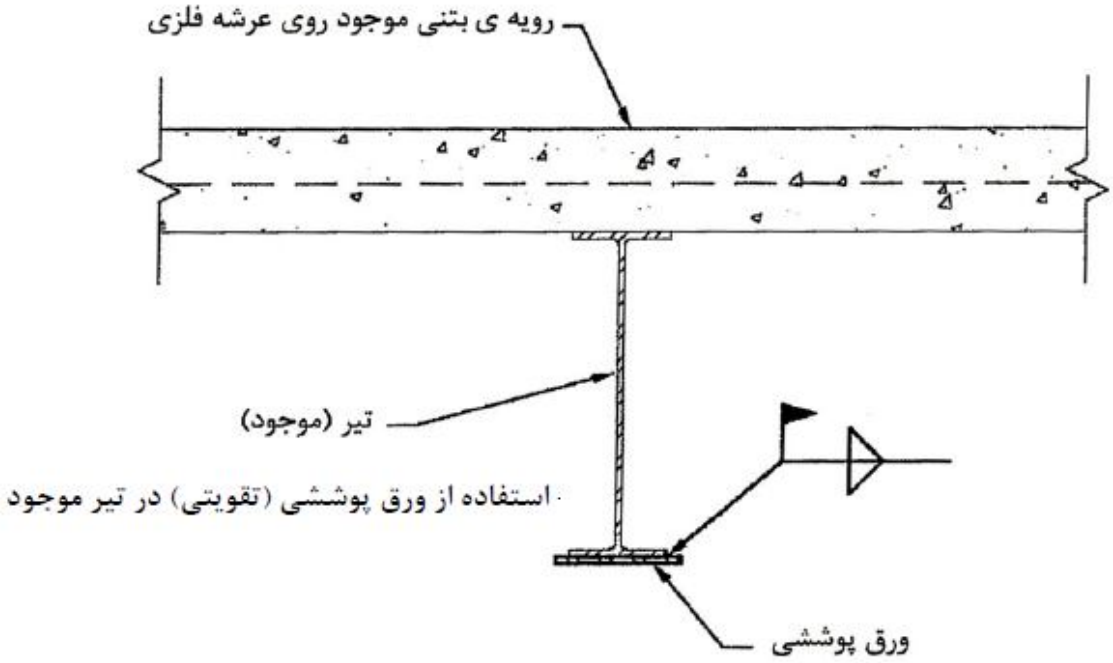
پلان

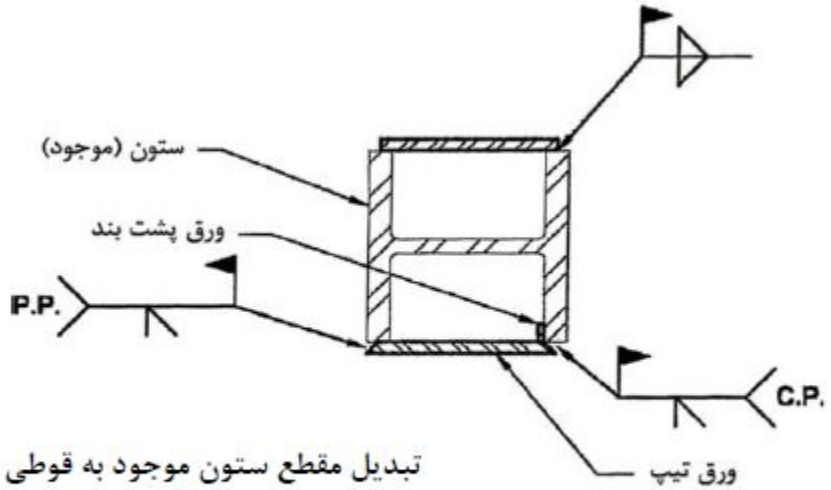
توضیحات:

۱. آرماتورگذاری دیوار برای وضوح بیشتر نشان داده نشده است.

۲. محدودیت های موجود برای اجرای شاتکریت روی ستون فولادی استفاده از بتن درجا را برای اجرای جرز ناگزیر می سازد.

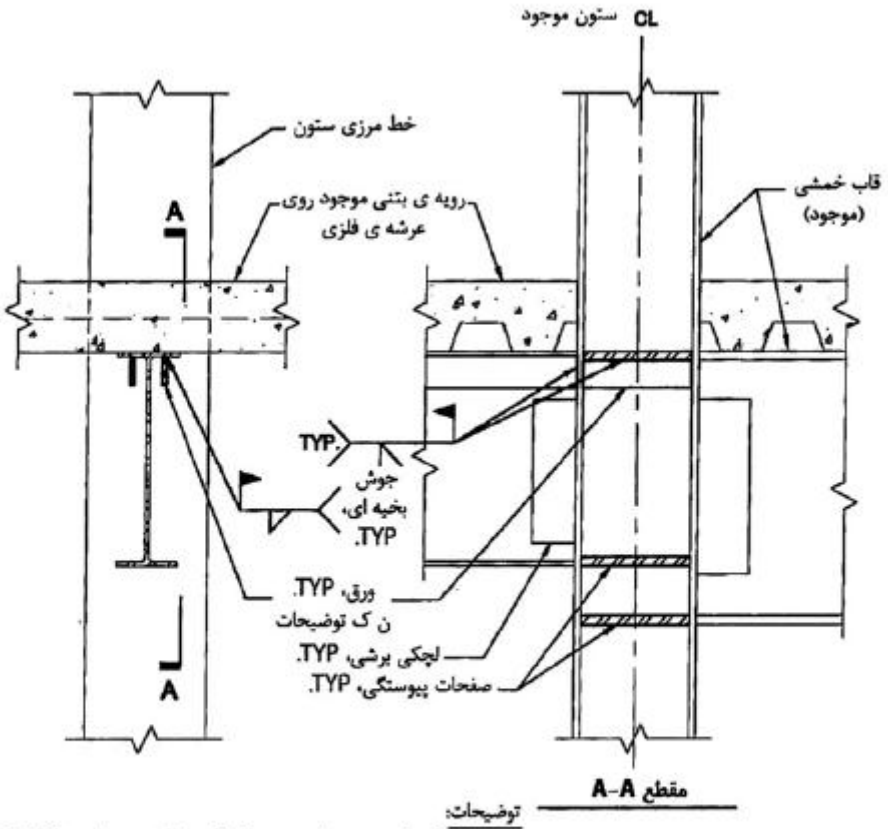
استفاده ترکیبی از بتن درجا و شاتکریت





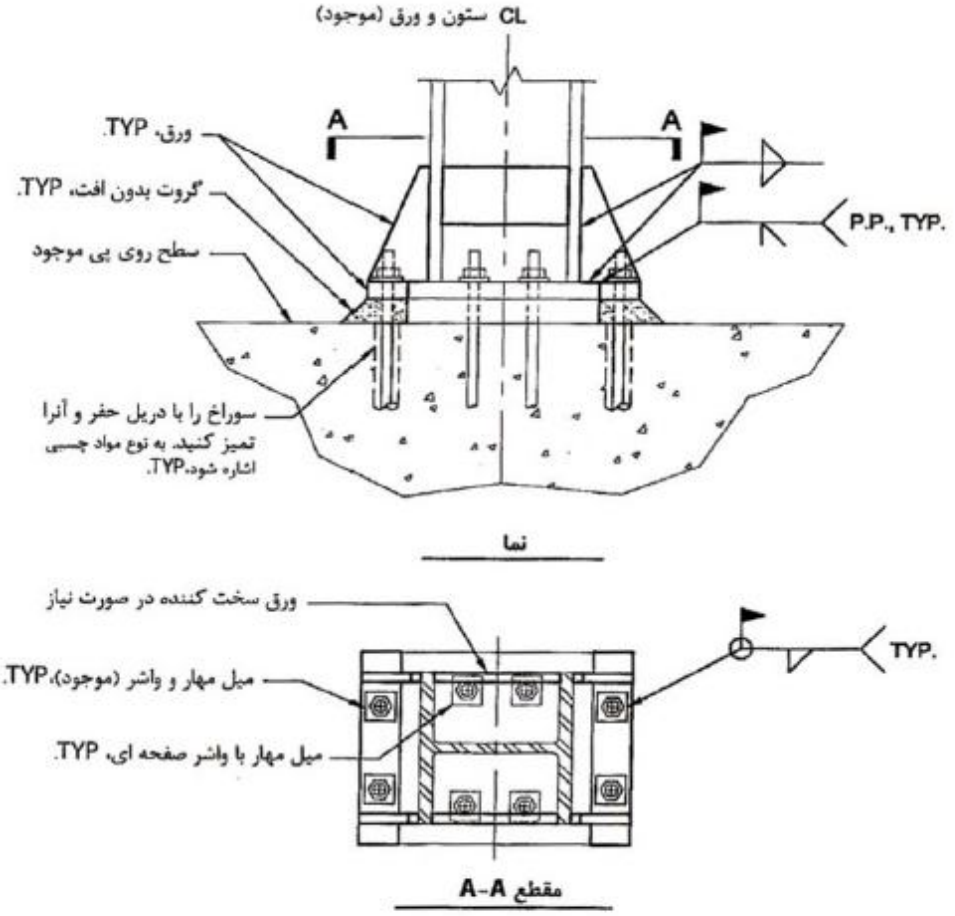
تبدیل مقطع ستون موجود به قوطی

توضیحات:
جوش های متنوع نشان داده شده روش های ممکن اتصال ورق را نشان می دهد.

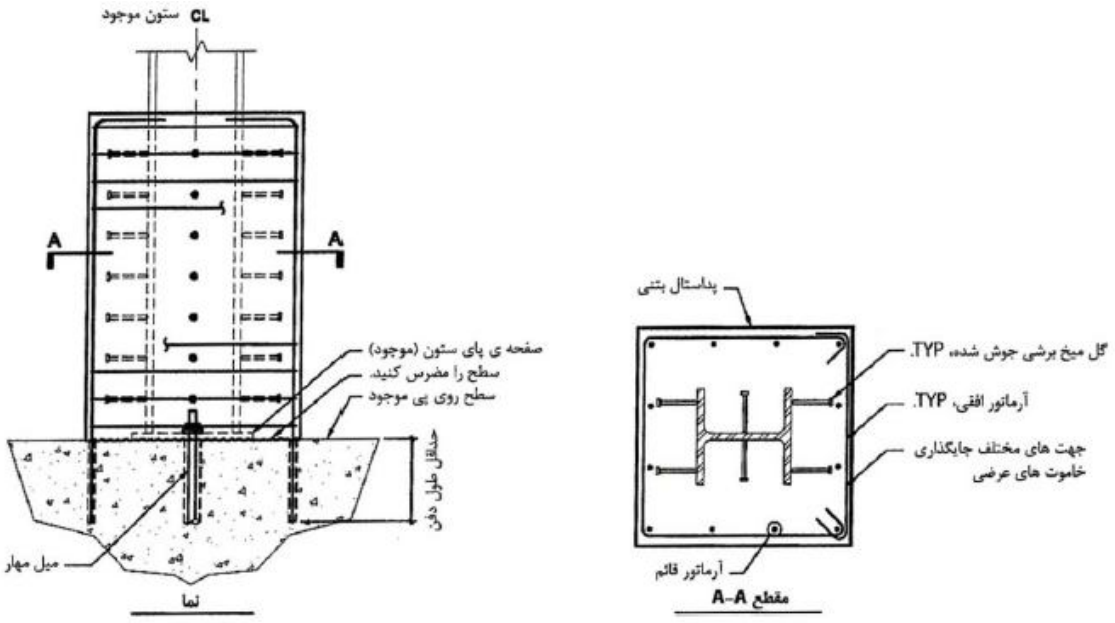


توضیحات:
ورق ها ممکن است در محل ستون با لچکی برشی تیر عرضی تداخل کند.
در اتصال ورق ها به لچکی برشی از جوش نفوذی کامل استفاده کنید.

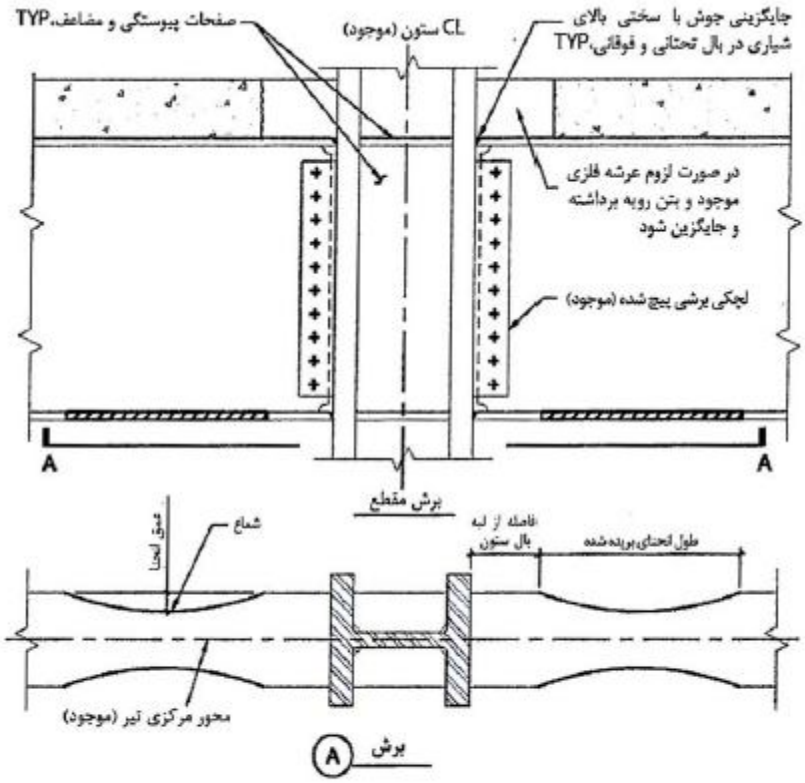
استفاده از ورق بعنوان جمع کننده در محل تیر موجود



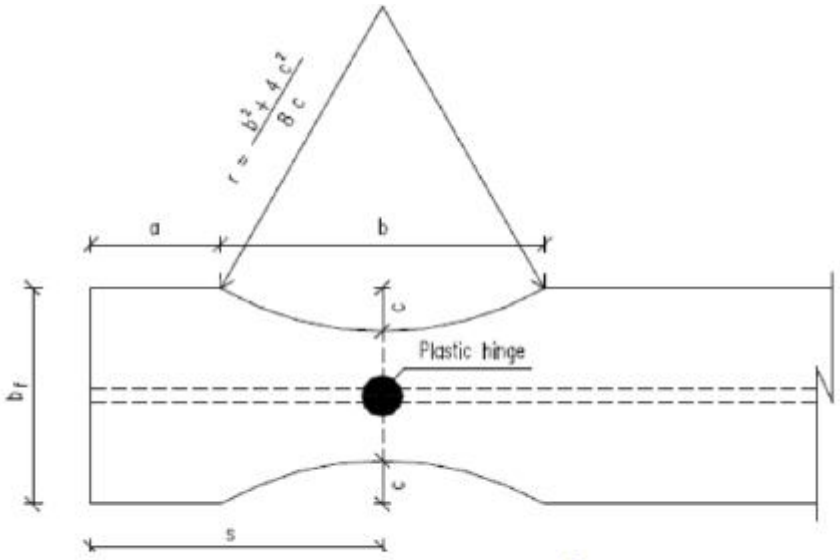
افزایش ظرفیت بلند شدگی در پای ستون



پداستال بتنی در محل ستون موجود

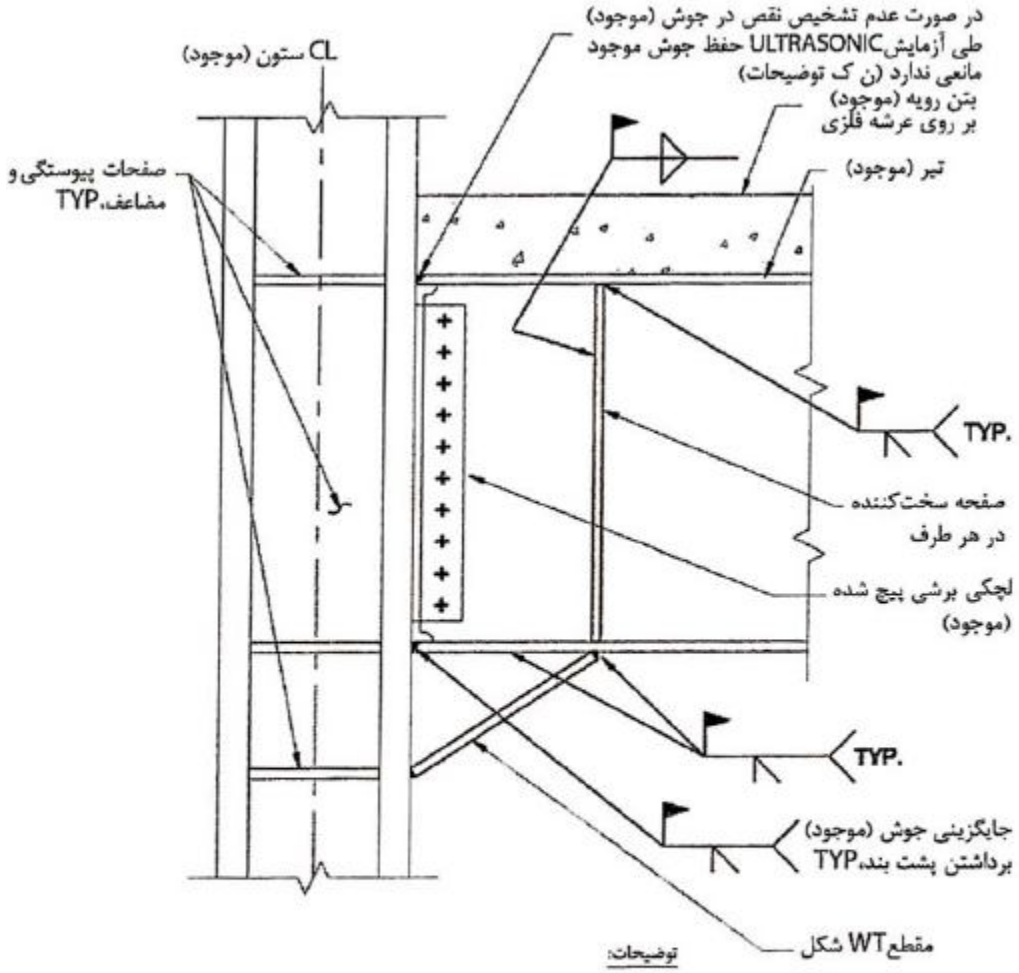


مقطع تیر کاهش یافته در بال تحتانی تیر موجود



هندسه تیر RBS $\quad s = a\frac{b}{2}$

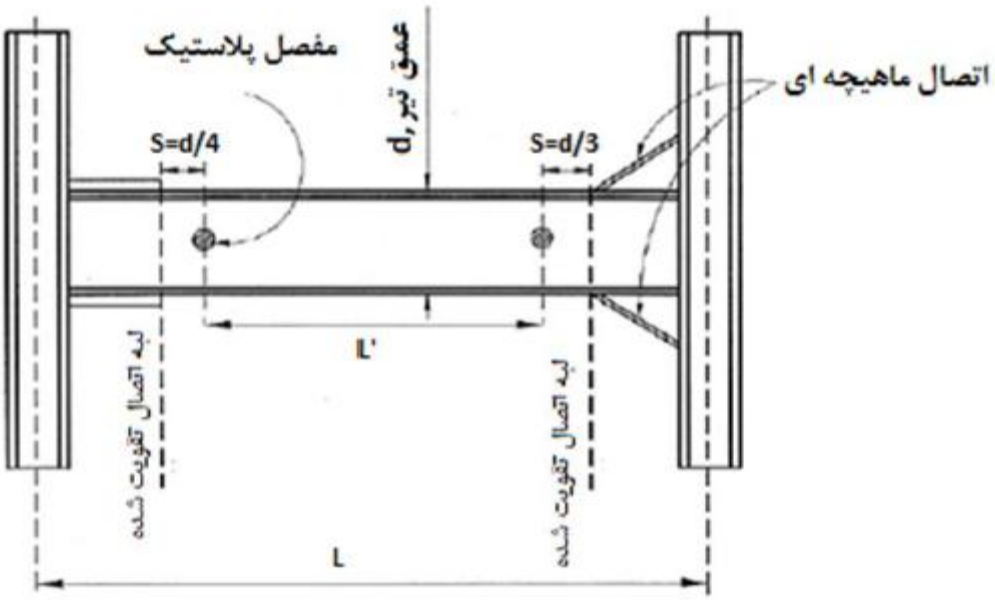
$$r = \left(\frac{b^2 + 4.c^2}{8.c} \right)$$



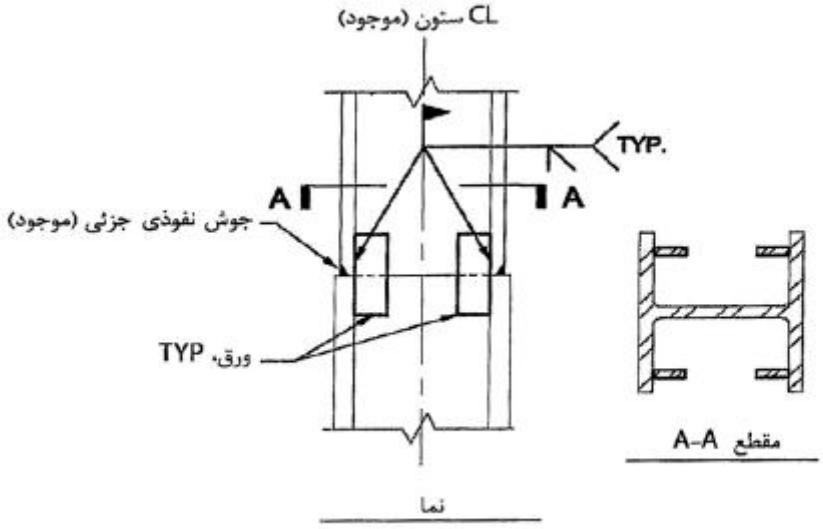
توضیحات:

نتایج آزمایش ULTRASONIC به مقدار قابل توجهی به مهارت تکنسین بستگی دارد. چنانچه تکنسین ماهری در دسترس باشد، آزمایش جوش موجود در بال فوقانی می‌تواند از زیر به انجام برسد. در غیر این صورت ممکن است برداشت دال موجود به منظور انجام آزمایش لازم شود.

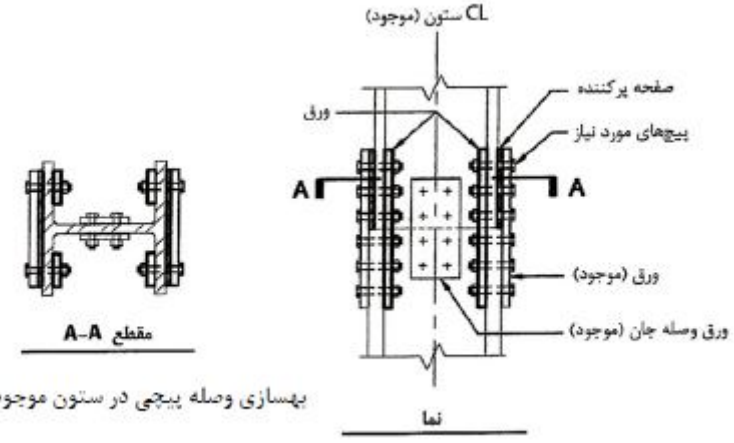
ماهیچه جوش شده در بال تحتانی تیر موجود



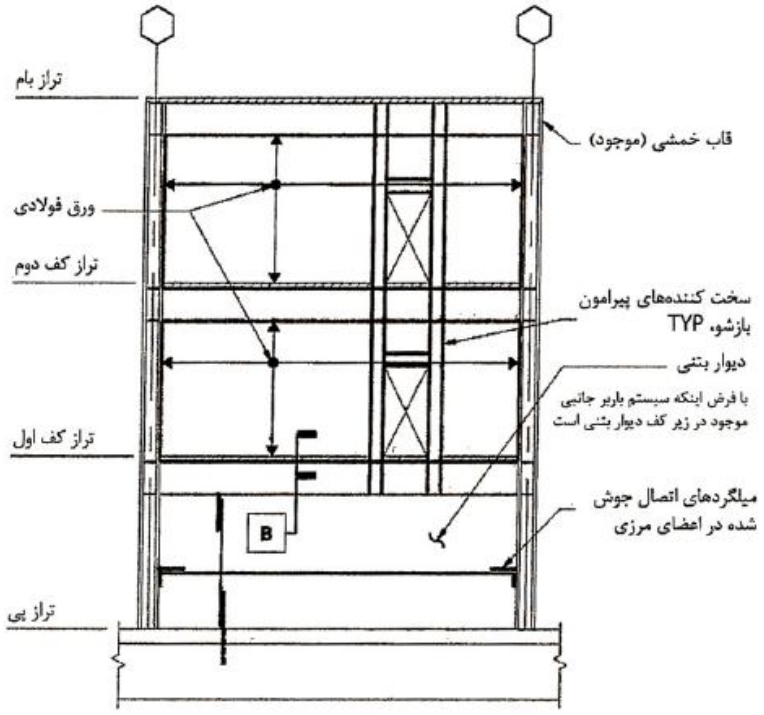
نمونه محل تشکیل مفاصل پلاستیک



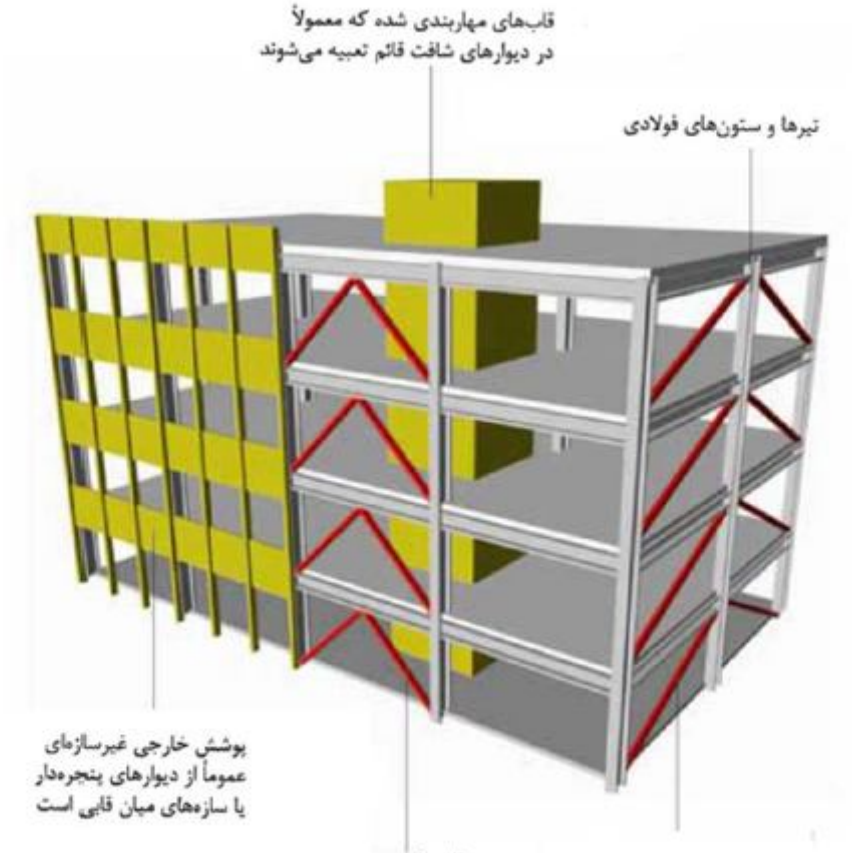
بهسازی وصله جوشی در ستون موجود



بهسازی وصله پیچی در ستون موجود



دیوار برشی فولادی بدون سخت کننده — A

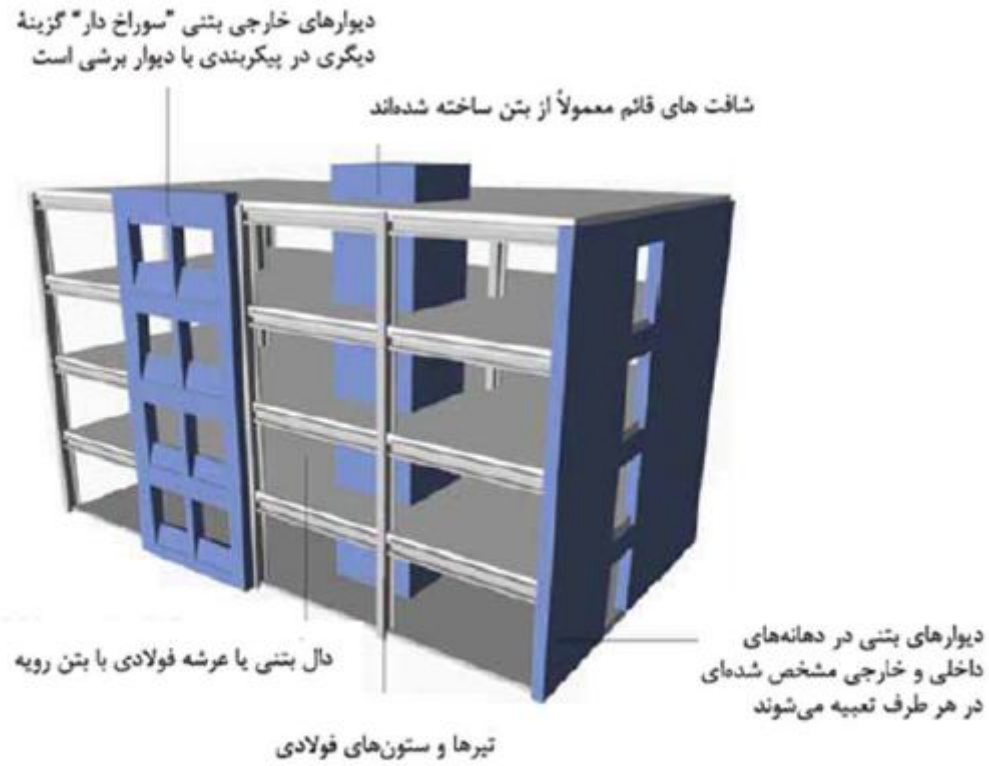


قابهای مهاربندی فولادی

کمبودهای لرزه‌ای متداول و روش‌های بهسازی کاربردی برای قابهای مهاربندی شده

کمبودها		روش بهسازی				
گروه	کمبودها	افزودن اعضای جدید	ارتقای اعضای موجود	بهسازی اتصالات بین اعضا	کاهش تقاضا	برداشتن اعضای گزینش شده
مقاومت کلی	مقاومت ناکافی قاب	قاب مهاربندی شده دیوار برشی بتنی دیوار برشی فولادی	مقاوم سازی مهاربندها، تیرها، ستون‌ها و یا اتصالات			
سختی کلی	تغییر مکان نسبی زیاد	قاب مهاربندی شده دیوار برشی بتنی دیوار برشی فولادی	مقاوم سازی مهاربندها، تیرها، ستون‌ها و یا اتصالات			
پیکربندی	طبقه‌نرم	قاب مهاربندی شده دیوار برشی بتنی دیوار برشی فولادی				
	فرورفتگی و پیش آمدگی در پلان	قاب مهاربندی شده دیوار برشی بتنی جمع کننده	ارتقای جزییات			
مسیر هدایت بار	از بین رفتن جمع کننده	افزودن جمع کننده				
	عدم کفایت میل مهارها در برش، خمش، و یا بلندشدگی		مدفون کردن ستون در پداستالی که به دیگر اعضای پی موجود بسته شده است.	تعبیه‌ی برشگیرها و میل مهارهای فولادی از صفحه‌ی پای ستون به پی		
	عدم کفایت میل مهارهای برون صفحه‌ای دیوارهای متصل به دیافراگم			مهارهای کششی		
جزئیات اجزاء	ظرفیت ناکافی مهاربندها، و یا اتصالات	جایگزین نمودن مهاربندها	افزایش سطح مهاربندها کامپوزیت کردن اعضای مهاربندی بهبود نسبت b/t	افزودن پیچ‌ها یا جوش‌ها افزایش ابعاد صفحات اتصال		
	ظرفیت ناکافی تیرها، ستون‌ها و یا اتصالات		افزایش ورقهای پوششی یا اعضای قوطی تعبیه‌ی صفحات اتصال یا مهاربندهای زانویی	تعبیه‌ی صفحات اتصال		
دیافراگم	عدم کفایت مقاومت و یا سختی درون صفحه‌ای	جمع کننده‌هایی برای توزیع بار به قاب مهاربندی شده یا دیوار برشی بتنی جدید	مقاوم سازی دیافراگم با اضافه کردن رویه بتنی مقاوم سازی اجزای لبه دیافراگم			

کمبودها		روش بهسازی				
گروه	کمبودها	افزودن اعضای جدید	ارتقای اعضای موجود	بهسازی اتصالات بین اعضا	کاهش تقاضا	برداشتن اعضای گزینش شده
	ظرفیت ناکافی اعضای لبه دیافراگم	افزودن اعضای فولادی	تقویت اعضای لبه			
	تنش‌های زیاد در بازشوها و نامنظمی‌ها	افزودن میلگرد تعبیه‌ی جمع کننده در پیرامون دیافراگم				

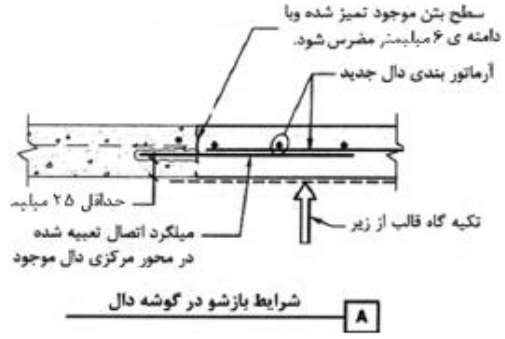


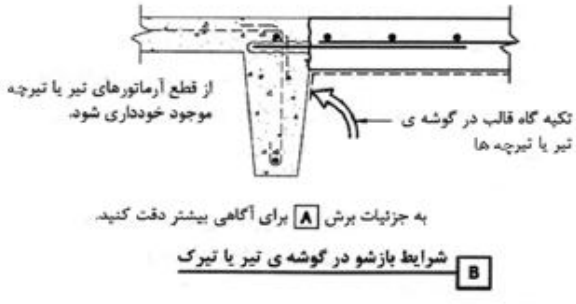
قابهای فولادی با دیوارهای برشی بتنی

کمبودهای لرزه‌ای متداول و روش‌های بهسازی کاربردی برای قابهای فولادی با دیوار برشی بتنی

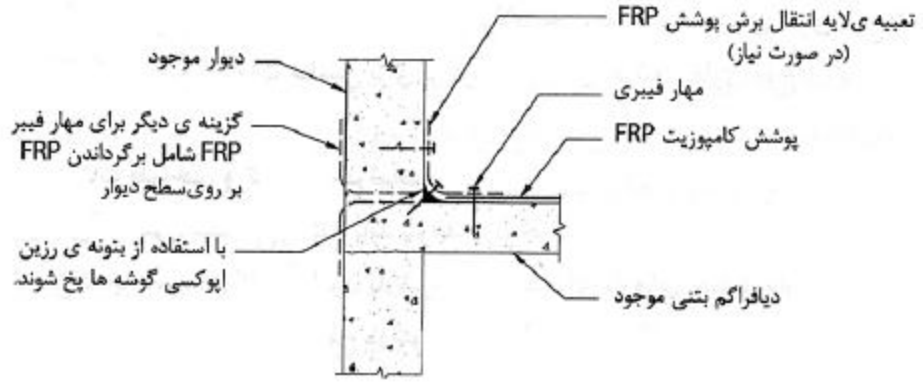
کمبودها		روش بهسازی				
گروه	کمبودها	افزودن اعضای جدید	ارتقای اعضای موجود	بهسازی اتصالات بین اعضا	کاهش تقاضا	برداشتن اعضای گزینش شده
مقاومت کلی	عدم کفایت مقاومت درون صفحه‌ای دیوار برشی	دیوار برشی بتنی قاب مهاربندی شده	اجرای پوششی از FRP روی دیوار اجرای پوششی فولادی روی دیوار		کاهش ظرفیت خمشی	
	ظرفیت ناکافی خمشی	دیوار برشی بتنی قاب مهاربندی شده	ارتقا یا افزودن اعضای مرزی جدید			
	مقاومت ناکافی قاب	قاب خمشی قاب مهاربندی شده دیوار برشی بتنی	مقاوم سازی تیرها ستون‌ها و یا اتصالات			
سختی کلی	تغییر مکان نسبی زیاد	دیوار برشی بتنی قاب مهاربندی شده قاب خمشی	مقام سازی تیرها ، ستون‌ها و یا اتصالات			
	ظرفیت ناکافی تیرهای همبند	دیوار برشی بتنی قاب مهاربندی شده	مقاومت سازی تیرها بهبود شکل پذیری تیرها			برداشتن تیرها
پیکربندی پیکربندی (ادامه)	دیوارهای ناپیوسته	دیوار برشی بتنی	ارتقای ستون‌های موجود برای بارهای واژگونی	بهبود اتصالات به دیافراگم		برداشتن دیوار
	طبقه نرم	دیوار برشی بتنی قاب مهاربندی شده				
	گوشه متعر	قاب خمشی قاب مهاربندی شده دیوار برشی بتنی جمع کننده	ارتقا جزئیات			
	چیدمان مولد پیچش	افزودن دیوارهای متعادل کننده قابهای مهاربندی شده یا قابهای خمشی				
مسیرهدایت بار مسیر هدایت بار (ادامه)	از بین رفتن جمع کننده	افزودن جمع کننده	مقاوم سازی تیر یا دال موجود ارتقای وصله‌ها یا اتصالات تیرهای موجود			
	دیوارهای ناپیوسته	تعبیه‌ی دیوارهای تکیه گاهی جدید برای تحمل ماکزیمم لنگر واژگونی مورد انتظار	مقاوم سازی ستون‌های تکیه‌گاهی موجود برای تحمل حداکثر لنگر واژگونی مورد انتظار تعبیه اعضایی برای توزیع برش به دیافراگم در تراز نقاط ناپیوسته			
	عدم کفایت مهارهای برشی، خمشی و بلند شدگی به پی		تعبیه پداستالی در زیر ستون و اتصال آن به دیگر اعضای موجود دفن ستون در پداستالی که به دیگر اعضای پی موجود بسته شده است.	تعبیه برشگیرها یا پیچ مهارهای فولادی از صفحه‌ی پای ستون به پی		
	عدم کفایت مهارهای برون صفحه‌ای			مهارهای کششی		

کمبودها		روش بهسازی				
گروه	کمبودها	افزودن اعضای جدید	ارتقای اعضای موجود	بهسازی اتصالات بین اعضا	کاهش تقاضا	برداشتن اعضای گزینش شده
	دیوارهای متصل به دیافراگم					
	برش بحرانی در دیوار		اجزای پوشش بتنی روی دیوار اجزای پوشش از FRP روی دیوار		کاهش ظرفیت خمشی دیوار	
	ظرفیت ناکافی تیرها، ستون‌ها و یا اتصالات		ارتقای اتصالات تیر – ستون افزودن ورق‌های پوششی یا اعضای قوطی تعبیه صفحات اتصال یا مهاربندهای زانویی مدفون کردن ستون‌ها در بتن			
	ظرفیت ناکافی چشمه ی اتصال		تعبیه‌ی صفحات پیوستگی جوش شده تعبیه سخت کننده یا ورق‌های مضاعف			
	ظرفیت ناکافی مهاربندی فولادی افقی	افزودن مهاربندی جدید	مقاوم سازی اعضای مهاربندی کاهش طول‌های مهار نشده	مقاوم سازی اتصالات		
دیافراگم	عدم کفایت مقاومت یا سختی درون صفحه‌ای	جمع کننده‌هایی برای پخش نیروها قاب خمشی قاب مهاربندی شده دیوار برشی بتنی/ بنایی	اجرای رویه بتنی مقاوم سازی اعضای مرکزی			
	عدم کفایت انتقال برش به قاب‌ها			افزودن به گل میخ های برشی، مهارها یا جوش‌ها		
	ظرفیت ناکافی عضو مرزی	افزودن اعضای فولادی یا میلگرد				پرکردن بازشوها
	تنش‌های زیاد در محل بازشوها و نامنظمی‌ها	افزودن میلگرد تعبیه‌ی جمع کننده در پیرامون دیافراگم				پرکردن بازشوها



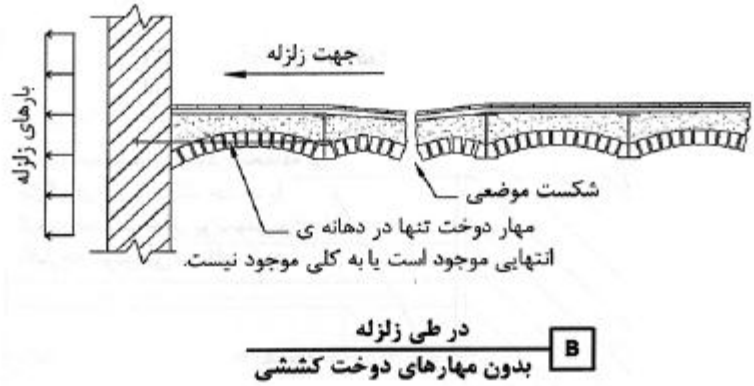


پر کردن بازشو در دیافراگم بتنی

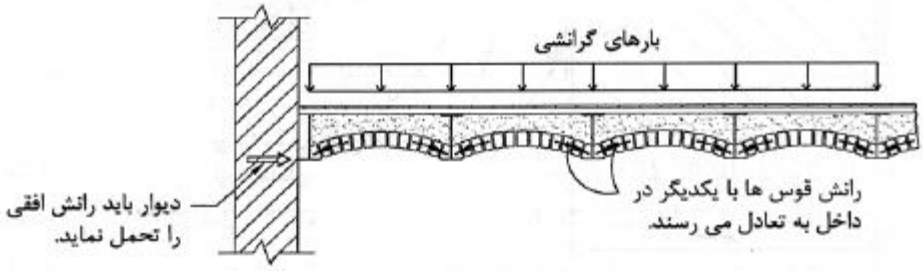


مقاوم سازی دیافراگم

مقاوم سازی برشی دیافراگم بتنی با استفاده از کامپوزیت FRP

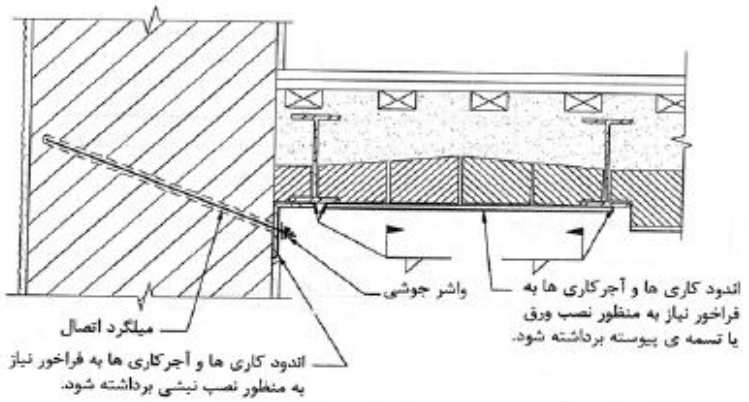


در طی زلزله
بدون مهارهای دوخت کششی **B**

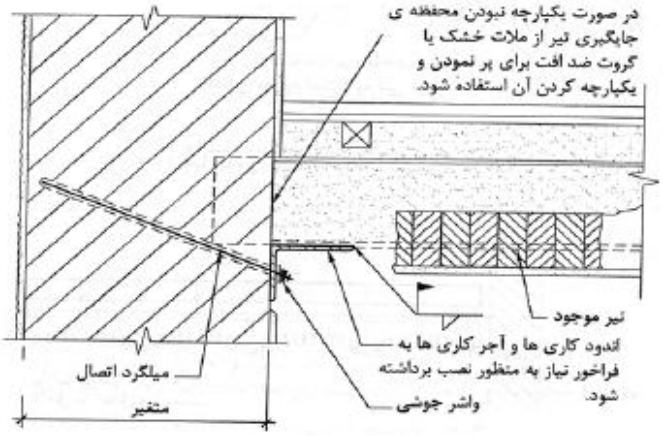


تحت بارگذاری گرانشی
بدون مهارهای دوخت کششی **C**

انواع شکست در طاق‌های ضربی

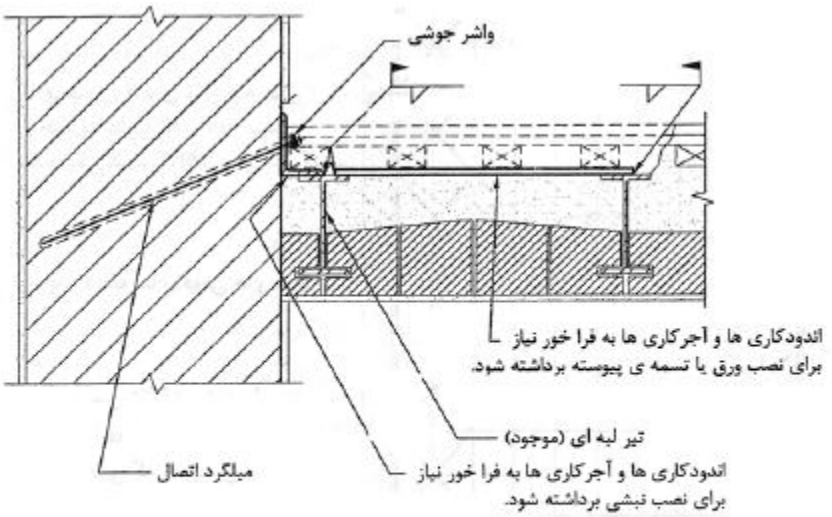


تیرهای موازی با دیوار A



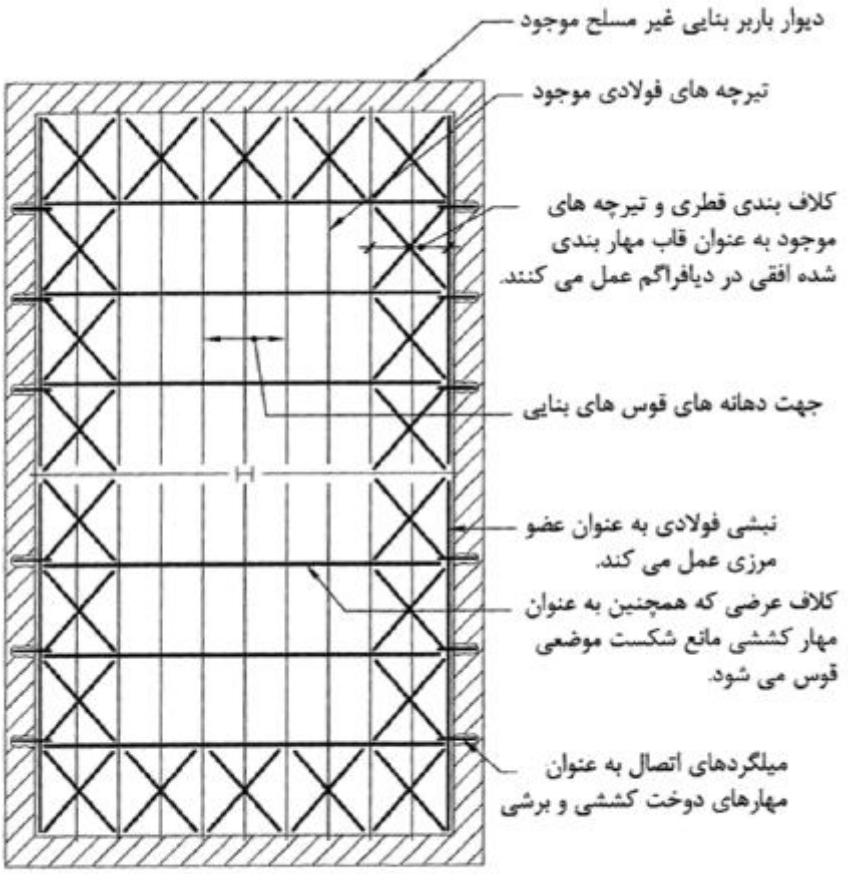
تیر های متعامد با دیوار B

افزودن مهارهای دوخت و عضو مرزی دیوار به دیافراگم طاق ضربی- در صورت دسترسی از زیر کف



تیرچه های موازی با دیوار

افزودن مهارهای دوخت و عضو مرزی دیوار به دیافراگم طاق ضربی- در صورت دسترسی از بالای کف



مقاوم سازی طاق ضربی

تعیین هدف بهسازی

۱- کاربری ساختمان؛

۲- میزان اهمیت ساختمان؛

۳- عمر باقیمانده‌ی مورد انتظار ساختمان؛

۴- وضعیت، کیفیت و میزان اهمیت اجزای غیرسازه‌ای؛

۵- ملاحظات اقتصادی و اجتماعی و خواسته‌های کارفرما.

۱- بازدید از محل و آشنایی اولیه با ساختمان؛

۲- جمع‌آوری مدارک فنی و اطلاعات کلی ساختمان؛

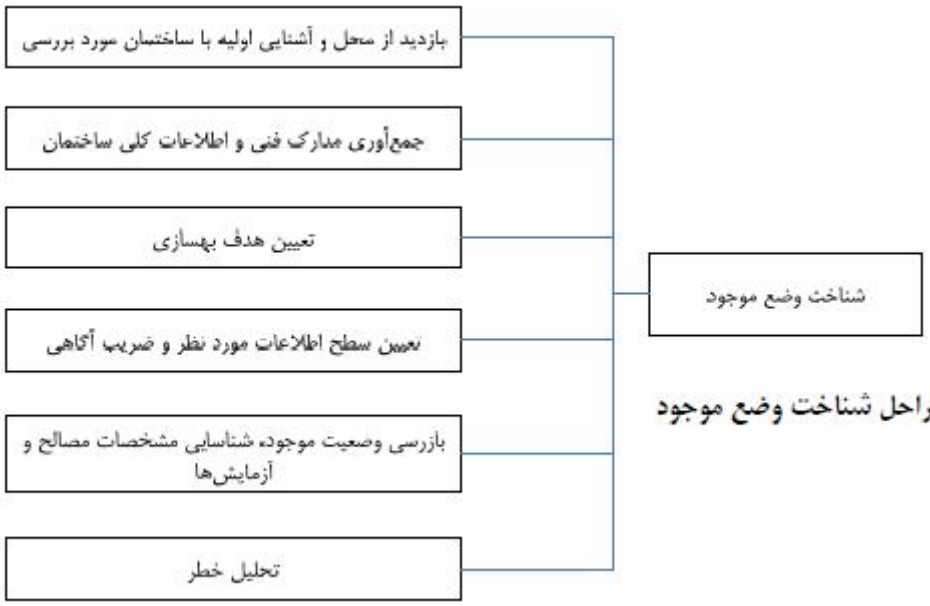
۳- تعیین هدف بهسازی؛

۴- تعیین سطح اطلاعات مورد نظر و ضریب آگاهی؛

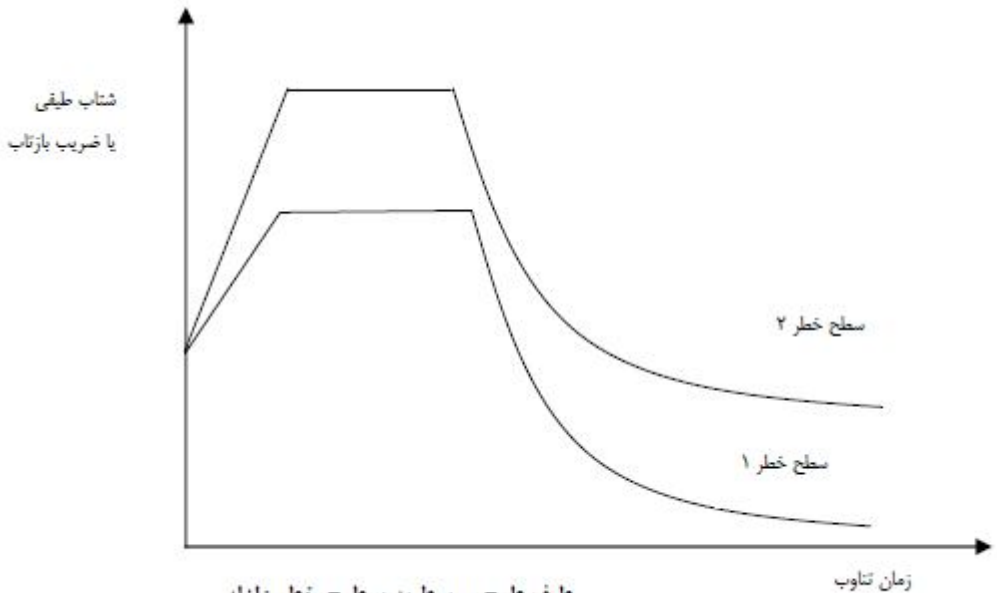
۵- بازرسی وضعیت موجود، شناسایی مشخصات مصالح و آزمایش‌ها؛

۶- تحلیل خطر زلزله و تهیه‌ی طیف طراحی.

هر یک از مراحل فوق در بندهای بعدی توضیح داده شده است.



مراحل شناخت وضع موجود



طیف طرح مربوط به سطوح خطر زلزله

۱- وضعیت ساختمان‌های مجاور؛

۲- نقشه‌های وضع موجود شامل هندسه و پیکربندی وضعیت موجود ساختمان از نظر سازه‌ای و معماری به همراه جزییات کافی برای مطالعات بهسازی لرزه‌ای؛

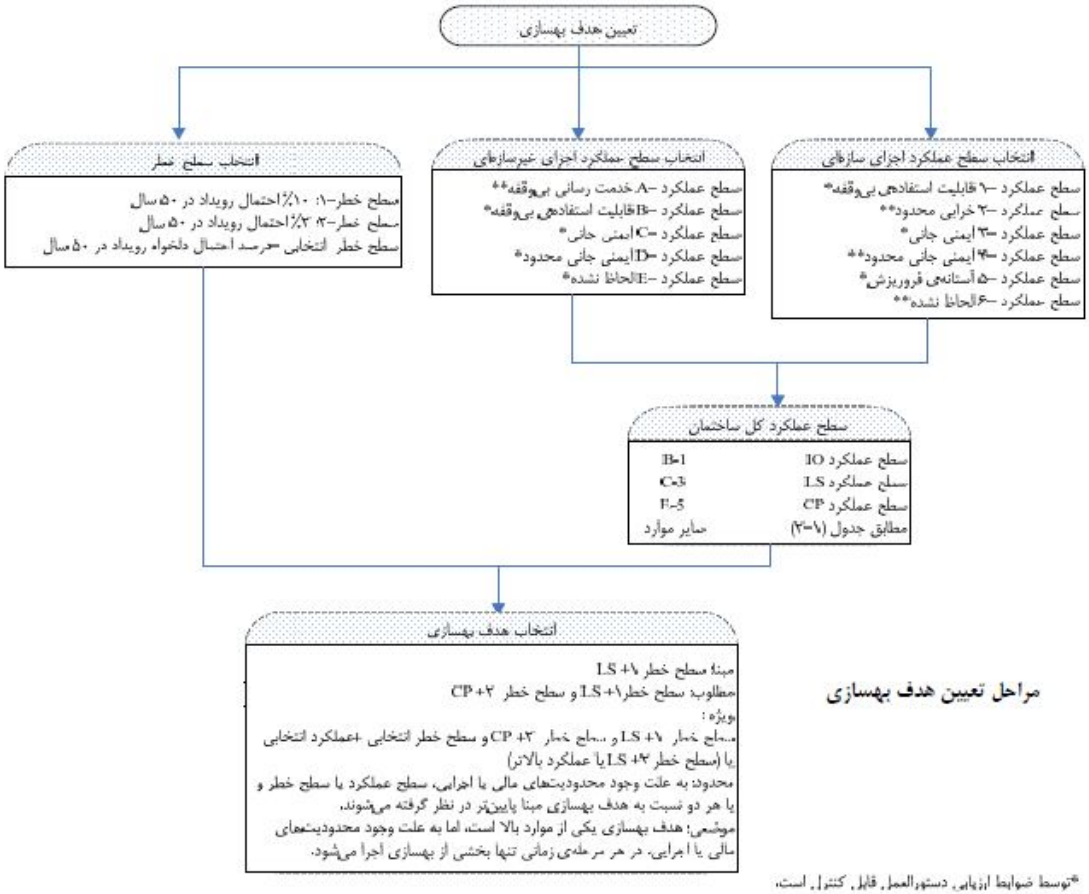
۳- هدف بهسازی مشتمل بر سطوح خطر و سطوح عملکرد؛

۴- سطح اطلاعات؛

۵- مشخصات مصالح بتنی و میلگرد به‌دست آمده از مدارک فنی یا آزمایش‌های انجام‌شده؛

۶- مشخصات ژئوتکنیکی زمین محل پروژه؛

۷- طیف طرح و در صورت لزوم شتاب‌نگاشت‌های مورد نیاز.



مراحل تعیین هدف بهسازی

*توسط ضوابط ارزیابی، دستورالعمل قابل کنترل است.
** ضوابط کنترلی در دستورالعمل ندارد.

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای مطالعات آسیب‌پذیری لرزه‌ای

بند دستورالعمل	موارد بررسی
بررسی ویژگی‌های ساختمان	مشخصات اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای
	میزان خطر زلزله در محل ساختمان
	نتایج اولیه‌ی ارزیابی مقاومت لرزه‌ای
	تاریخچه‌ی بهره‌برداری گذشته و آینده‌ی ساختمان
	ملاحظات خاص اقتصادی و اجتماعی
	مقررات و قوانین حاکم از جمله استانداردها و آیین‌نامه‌های طراحی و ارزیابی ساختمان
جمع‌آوری اطلاعات وضعیت موجود ساختمان	کلیه‌ی مدارک فنی همانند نقشه‌های اجرایی و چون‌ساخت، دفترچه‌ی محاسبات، نتایج آزمایش‌های زمان ساخت و ...
پیکربندی ساختمان	نوع و نحوه‌ی قرارگیری اعضا و اجزای سیستم باربر ثقلی و سیستم مقاوم در برابر زلزله
	نوع و نحوه‌ی قرارگیری اجزای غیرسازه‌ای موثر در سختی و یا مقاومت اعضای سازه‌ای
مشخصات مصالح	اطلاعات لازم از مشخصات مصالح
مشخصات ساختگاه	اطلاعات مربوط به شرایط سطحی و زیرسطحی ساختگاه
	هندسه و محل پی‌ها و نشست احتمالی آن‌ها و نیز تغییرات احتمالی در شرایط تکیه‌گاهی
	بررسی مخاطرات ژئوتکنیکی نظیر روانگرایی، زمین‌لغزش و غیره
ساختمان‌های مجاور	شناسایی و تعیین ابعاد درز انقطاع موجود
	شناسایی اجزای مشترک و نقاط برخورد
	احتمال سقوط اجزای سست، انفجار، آتش‌سوزی و سایر عوامل در موقع زلزله ناشی از ساختمان مجاور

ضریب آگاهی

هدف بهسازی	مطلوب یا پایین‌تر		ویژه	
سطح اطلاعات	حداقل	متعارف	متعارف	جامع
نوع تحلیل	خطی	هر نوع تحلیل	هر نوع تحلیل	هر نوع تحلیل
ضریب آگاهی	۰/۷۵	۱	۰/۷۵	۱

نحوه‌ی تعیین مشخصات مصالح بتنی

سطح اطلاعات	مرجع تعیین مشخصات مصالح	مشخصات مصالح فولادی	
		کرانه‌ی پایین	مورد انتظار
حداقل	دفترچه‌ی محاسبات و نقشه‌های اجرایی	مقادیر درج‌شده در نقشه‌ها	مقاومت کرانه‌ی پایین ضربدر ۱/۲۵
متعارف[1] و جامع[2]	انجام آزمایش	متوسط منهای یک انحراف معیار نتایج آزمایش	متوسط مقادیر حاصل از آزمایش

تعداد حداقل نمونه‌های مورد بررسی در بازرسی وضعیت موجود

نوع اعضا	نمونه‌های مورد ارزیابی	وضعیت نقشه‌ها	تعداد ارزیابی‌ها	توضیحات
اجزای سازه‌ای	هر نوع اتصال مانند اتصال تیر به ستون میانی، تیر به ستون کناری، ستون به پی و غیره	جزییات کافی موجود است.	حداقل یک اتصال از هر نمونه اتصال	در صورت مشاهده انحرافی از نقشه‌های اجرایی، باید اتصالات بیش‌تری از آن نوع بررسی شود تا به یک قضاوت مشخص رسید.
		موجود نیست.	حداقل سه اتصال از هر نمونه اتصال	در صورت مشاهده تفاوت بین نمونه‌های بازدید شده، بازرسی از اتصالات دیگر تا رسیدن به یک قضاوت مشخص ادامه یابد.
اجزای غیرسازه‌ای[1]	اجزای معماری، اجزای مکانیکی و برقی	با جزییات کافی موجود است.	حداقل یک نمونه از هر نوع عضو غیرسازه‌ای	اگر تخطی از نقشه‌های موجود ملاحظه شود، حداقل ۱۰٪ اجزا از هر نوع بازرسی شود.
	اجزای معماری، اجزای مکانیکی و برقی	موجود نیست.	حداقل سه نمونه از هر نوع عضو غیرسازه‌ای	اگر هم‌خوانی بین نمونه‌ها مشاهده نشود، حداقل ۲۰٪ اجزا از هر نوع بازرسی شود.

نحوه‌ی تعیین مشخصات مصالح فولادی

سطح اطلاعات	مرجع تعیین مشخصات مصالح	مشخصات مصالح فولادی	
		کرانه‌ی پایین	مورد انتظار
حداقل	دفترچه‌ی محاسبات و نقشه‌های اجرایی	مقادیر درج‌شده در نقشه‌ها	مقاومت کرانه‌ی پایین ضربدر ۱/۱
متعارف	مدارک معتبر حاوی گزارش آزمایش قبلی مصالح	مشخصات اسمی یا طراحی درج شده در مدارک	مقاومت کرانه‌ی پایین ضربدر ۱/۱
	انجام آزمایش	متوسط منهای یک انحراف معیار نتایج آزمایش	متوسط مقادیر حاصل از آزمایش
جامع	انجام آزمایش (در صورت وجود مدارک معتبر حاوی گزارش آزمایش قبلی مصالح، از تعداد آزمایش‌ها کاسته می‌شود.)	متوسط منهای یک انحراف معیار نتایج آزمایش	متوسط مقادیر حاصل از آزمایش

تعداد آزمایش‌های شناسایی مصالح

سطح اطلاعات	وضعیت مدارک معتبر حاوی گزارش آزمایش مصالح	تعداد آزمایش‌ها	اجزای آزمایش‌شونده
متعارف	وجود دارد.	-	-
	وجود ندارد یا با نتایج موجود در مدارک فنی مغایرت دارد.	حداقل یک آزمایش کششی از هر نوع عضو	اعضای سازه‌ای شامل: تیر، ستون، بادبند، اجزای تقویت و اجزای اتصالات که حتی‌المقدور از اجزای تکرارشونده باشند.
جامع	وجود دارد.	حداقل دو آزمایش کششی از هر نوع عضو	
	وجود ندارد یا با نتایج موجود در مدارک فنی مغایرت دارد.	حداقل سه آزمایش کششی از هر نوع عضو در هر چهار طبقه	

نحوه‌ی تعیین مشخصات مصالح میلگرد

سطح اطلاعات	مرجع تعیین مشخصات مصالح	مقاومت مصالح میلگرد	
		کرانه‌ی پایین	مورد انتظار
حداقل	دفترچه‌ی محاسبات و نقشه‌های اجرایی	مقادیر درج شده در نقشه‌ها	مقاومت کرانه‌ی پایین ضربدر ۱/۱۵
متعارف	وجود مدارک معتبر حاوی گزارش آزمایش مصالح	مشخصات اسمی یا طراحی درج شده در مدارک	مقاومت کرانه‌ی پایین ضربدر ۱/۱۵
	انجام آزمایش	متوسط منهای یک انحراف معیار نتایج آزمایش	متوسط مقادیر حاصل از آزمایش
جامع	در صورت وجود یا عدم وجود مدارک معتبر حاوی گزارش آزمایش مصالح باید آزمایش انجام شود. با این تفاوت که اگر مدارک معتبر حاوی گزارش آزمایش مصالح موجود باشد، از تعداد آزمایش‌ها کاسته می‌شود. برای جزییات بیش‌تر به شکل (۱-۴) رجوع شود.	متوسط منهای یک انحراف معیار نتایج آزمایش	متوسط مقادیر حاصل از آزمایش

تعداد آزمایش‌های ژئوتکنیک

سطح اطلاعات	وضعیت مدارک معتبر حاوی گزارش بررسی ساختگاه	تعداد آزمایش‌ها
متعارف	وجود دارد.	–
	وجود ندارد یا ناقص است.	حداقل یک گمانه
جامع	وجود دارد.	حداقل یک گمانه
	وجود ندارد یا ناقص است.	حداقل چهار گمانه

تعیین طیف‌های طراحی

هدف بهسازی	طیف قابل استفاده	توضیحات
مبنا، محدود و مطلوب	طیف طرح استاندارد (برای سطح خطر-۱)	– از حاصل‌ضرب شتاب مبنای طرح (A) و مقادیر طیفی ضریب بازتاب ساختمان (B) حاصل می‌شود. – مقدار A از نقشه پهنه‌بندی استاندارد ۲۸۰۰ قابل تعیین است. – مقادیر طیفی B را می‌توان از طیف ضریب بازتاب استاندارد ۲۸۰۰ برآورد نمود.
	طیف طرح ویژه ساختگاه (برای هر سطح خطر متفاوت با سطح خطر-۱)	– برای تعیین شتاب مبنای طرح، مراحل تحلیل خطر ویژه ساختگاه مطابق بند (۱-۶-۴-۱) دستورالعمل صورت می‌گیرد. – شکل طیف می‌تواند به یکی از صورت‌های زیر مطابق بند (۱-۶-۴-۲) دستورالعمل باشد: ۱- طیف طرح با شکل ثابت؛ ۲- طیف طرح با خطر ثابت؛ ۳- طیف طرح میانگین و یا طیف طرح میانگین به علاوه انحراف معیار.
ویژه	طیف طرح ویژه ساختگاه	

ضوابط مدل‌سازی اعضای اصلی و غیراصلی

نوع تحلیل	نحوه‌ی مدل‌سازی اعضای اصلی و غیر اصلی	ضوابط کنترل‌کننده
خطی	می‌توان اعضای غیر اصلی را از مدل سازه حذف نمود.	چنان‌چه جمع سختی جانبی اعضای غیراصلی از ۲۵٪ جمع سختی جانبی اعضای اصلی ساختمان تجاوز نماید، باید تعدادی از آن‌ها را جزء اعضای اصلی محسوب نمود تا آن‌جا که این نسبت کم‌تر از ۲۵٪ شود. چنانچه حذف برخی از اعضای غیراصلی از مدل سبب کاهش نیرو یا تغییرشکل‌ها در اعضای اصلی سازه شود، باید آن اعضا مجددا به مدل اضافه شوند. دسته بندی اعضای سازه به اعضای اصلی و غیر اصلی نباید به گونه‌ای انجام شود که ساختمان نامنظم به ساختمان منظم تبدیل شود.
غیرخطی کامل	هر دو گروه اعضای اصلی و غیراصلی با مدل رفتاری کامل آن‌ها باید در مدل وارد شوند.	دسته‌بندی اعضای سازه به اعضای اصلی و غیراصلی نباید به گونه‌ای انجام شود که ساختمان نامنظم به ساختمان منظم تبدیل شود.
غیرخطی ساده‌شده	می‌توان فقط اعضای اصلی را مدل نمود و در مدل رفتاری آن‌ها از اثر کاهندگی صرف‌نظر نمود.	

ثابت‌های فنری کلی و ضرایب تصحیح عمق برای درجات آزادی مختلف

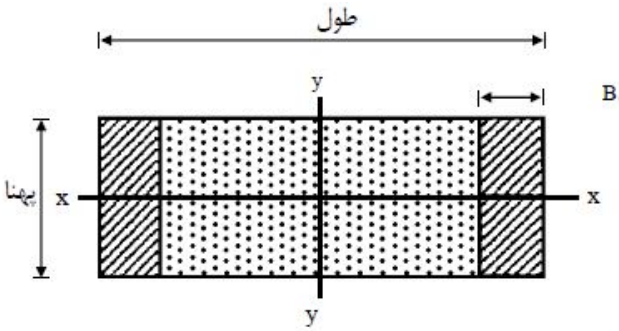
درجه آزادی	سختی پی واقع بر زمین	ضریب اصلاح عمق
انتقال در امتداد محور x	$K_{x,sur}=\frac{GB}{2-\upsilon}\left[3.4\left(\frac{L}{B}\right)^{0.65}+1.2\right]$	$\beta_x=\left[1+0.21\sqrt{\frac{D}{B}}\right]\left[1+1.6\left(\frac{hd(B+L)}{BL^2}\right)^{0/4}\right]$
انتقال در امتداد محور y	$K_{y,sur}=\frac{GB}{2-\upsilon}\left[3.4\left(\frac{L}{B}\right)^{0.65}+0.4\frac{L}{B}+0.8\right]$	$\beta_y=\beta_x$
انتقال در امتداد محور z	$K_{z,sur}=\frac{GB}{1-\upsilon}\left[1.55\left(\frac{L}{B}\right)^{0.75}+0.8\right]$	$\beta_z=\left[1+\frac{1}{21}\frac{D}{B}\left(2+2.6\frac{B}{L}\right)\right]\left[1+0.32\left(\frac{d(B+L)}{BL}\right)^{\frac{2}{3}}\right]$
دوران حول محور x	$K_{xx,sur}=\frac{GB^3}{1-\upsilon}\left[0.4\left(\frac{L}{B}\right)+0.1\right]$	$\beta_{xx}=1+2.5\frac{d}{B}\left[1+\frac{2d}{B}\left(\frac{d}{D}\right)^{-0.2}\sqrt{\frac{B}{L}}\right]$
دوران حول محور y	$K_{yy,sur}=\frac{GB^3}{1-\upsilon}\left[0.47\left(\frac{L}{B}\right)^{2.4}+0.034\right]$	$\beta_{yy}=1+1.4\left(\frac{d}{L}\right)^{0.6}\left[1.5+3.7\left(\frac{d}{L}\right)^{1.9}\left(\frac{d}{D}\right)^{-0.6}\right]$
دوران حول محور z	$K_{zz,sur}=GB^3\left[0.53\left(\frac{L}{B}\right)^{2.45}+0.51\right]$	$\beta_{zz}=1+2.6\left(1+\frac{B}{L}\right)\left(\frac{d}{B}\right)^{0.9}$

پی‌های نواری:

$$K_{sv}=\frac{1.3G}{B[1-\nu]}\qquad \frac{EI}{l^4}>\frac{2}{3}K_{SV}B$$

$$4K_{SV}\sum_{m=1}^{5}\sum_{n=1}^{5}\frac{\sin^2\left(\frac{m\pi}{2}\right)\sin^2\left(\frac{n\pi}{2}\right)}{\pi^4 D_f\left(\frac{m^2}{L^2}+\frac{n^2}{B^2}\right)+k_{sv}}<0.03$$

$$D_f=\frac{E_f t^3}{12(1-\nu_f)^2}$$

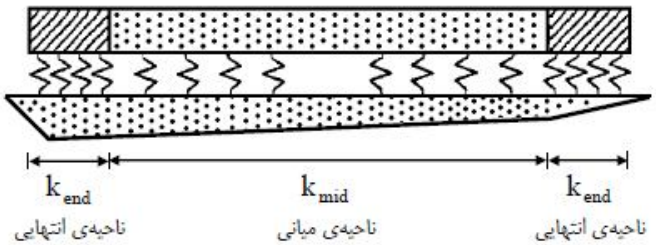


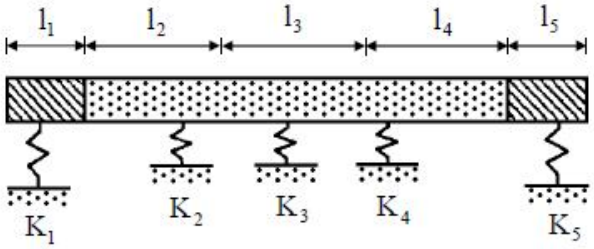
ناحیه‌ی انتهایی دو طرف B/6

سختی بر واحد طول برای نواحی B/6 انتهایی

$$k_{end} = \frac{6.83G}{1-\upsilon}$$

برای نواحی میانی $k_{mid} = \frac{0.73G}{1-\upsilon}$





$$k_i = l_i k$$

K سختی بر واحد طول ناحیه‌ی انتهایی یا میانی است.

سختی فنرهای قائم برای پی‌های صلب سطحی یا مدفون

سختی گروه شمع

سختی	نحوه‌ی محاسبه	توضیحات
سختی محوری گروه شمع	$K_{pv} = \sum_{n=1}^{N} \frac{AE}{L}$	A: سطح مقطع هر شمع E: ضریب ارتجاعی مصالح شمع L: طول شمع N: تعداد شمع‌های گروه
سختی خمشی حول هر یک از محورهای سر شمع	$K_{pr} = \sum_{n=1}^{N} K_{vn} S_n^2$	K_{vn}: سختی محوری شمع شماره‌ی n S_n: فاصله‌ی شمع از محور دوران
سختی جانبی	$K_h = K_{pp} + \sum_{n=1}^{N} K_{hn}$	K_{pp}: سختی ناشی از حالت مقاوم خاک در مجاورت سرشمع $\sum_{n=1}^{N} K_{hn}$: سختی جانبی شمع‌ها بر اساس روش‌های کلاسیک و یا راه‌حل‌های تحلیلی با استفاده از مدل‌های مورد قبول تیر- ستون برای شمع

محاسبه‌ی نیرو و تغییرمکان نظیر نقطه‌ی B در اعضای فولادی

عضو	نیرو (Q_{CE})	تغییرمکان
تیر در قاب خمشی و قاب مهاربندی‌شده همگرا	$M_{CE} = ZF_{ye}$	$\theta_y = \frac{ZF_{ye}L_b}{6EI_b}$
ستون در قاب خمشی و قاب مهاربندی‌شده واگرا	$M_{CE} = 1/18ZF_{y_e}(1-\frac{P}{P_{ye}}) \leqslant ZF_{ye}$	$\theta_y = \frac{ZF_{ye}L_c}{6EI_c}(1-\frac{P}{P_{ye}})$
چشمه‌ی اتصال در قاب خمشی	$V_{CE} = 0.55F_{ye}d_c t_p$	$\Delta_y = \frac{ZF_{ye}}{6EI_b}$
گره اتصال نیمه صلب غیرمدفون در بتن و اتصالات مدفون در بتن به شرط ملحوظ‌کردن اثر مختلط فولاد و بتن	M_{CE}	0.005
گره اتصال نیمه صلب مدفون در بتن بدون لحاظ‌کردن اثر مختلط	M_{CE}	0.003
تیر پیوند کنترل‌شونده در برش ($e \leqslant \frac{1.6M_{CE}}{V_{CE}}$)	$V_{CE} = 0.55F_{ye}A_w$	$\theta_y = \frac{V_{CE}}{K_e e}$
تیر پیوند کنترل‌شونده در خمش ($e > \frac{2.6M_{CE}}{V_{CE}}$)	$V_{CE} = 2\frac{M_{CE}}{e}$	$\theta_y = \frac{V_{CE}}{K_e e}$
مهاربندهای تحت نیروی فشاری	$P_{CE} = 1.7F_{as}A$	$\Delta_C = \frac{P_{CE}}{EA_g}$
مهاربندهای تحت نیروی کششی	$T_{CE} = AF_{ye}$	$\Delta_T = \frac{T_{CE}}{EA_g}$

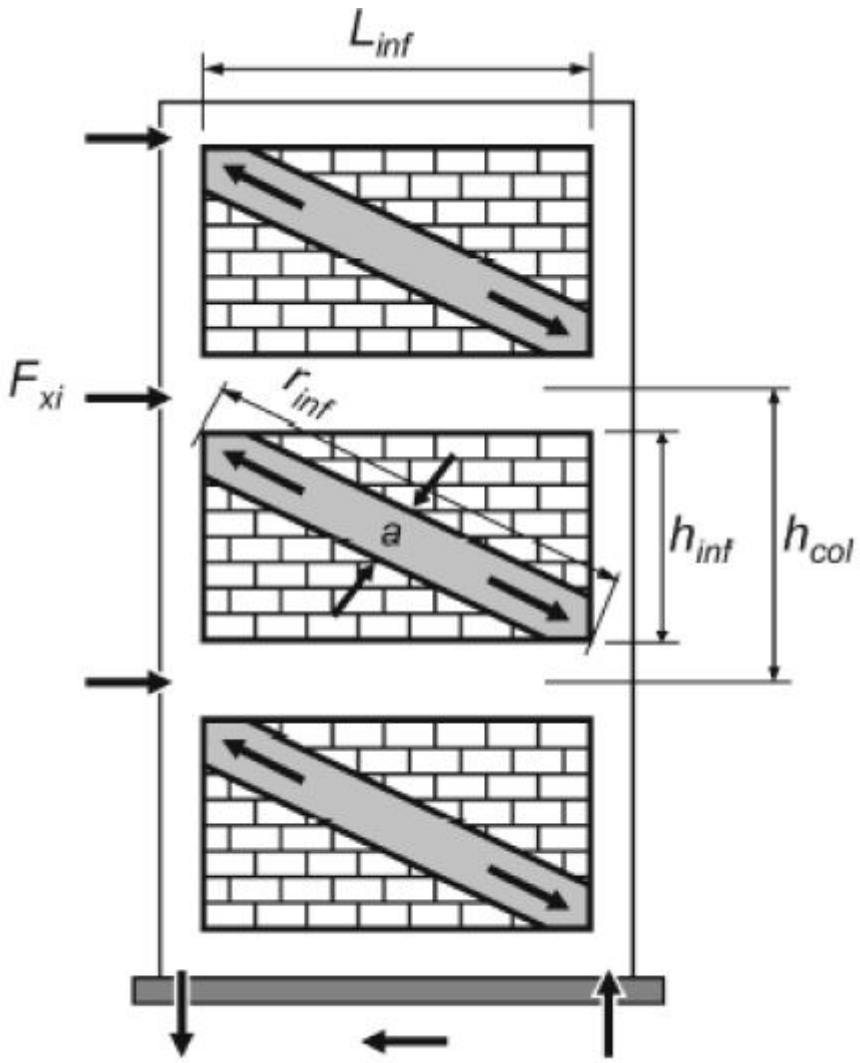
$$EI_b \text{ (اصلاح شده)} = \frac{1}{\frac{6h}{L_b^2 K_\theta} + \frac{1}{EI_b}} \qquad K_\theta = \frac{M_{CE}}{\theta_C}$$

$$\tan^4\alpha = \frac{\frac{2}{t_W L} + \frac{1}{A_c}}{\frac{2}{t_w L} + \frac{2h}{A_b L} + \frac{h^4}{180 I_c L^2}}$$

دیوار برشی سخت‌نشده

$$a = 0.254[\lambda_1 h_{col}]^{0.4} r_{inf}$$

$$\lambda_1 = [\frac{10E_{me}t_{inf}\sin 2\theta}{E_{fe}I_{col}h_{inf}}]^{0.25}$$



دستک معادل فشاری برای مدل‌سازی میانقاب بنایی

$$\overline{DCR} = \frac{\sum_{i=1}^{n} DCR_i V_i}{\sum_{i=1}^{n} V_i} \qquad DCR = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}}$$

$$T = \alpha H^{\frac{3}{4}}$$

قاب خمشی فولادی $\alpha = 0.08$

قاب خمشی بتنی و قاب فولادی مهاربندی شده‌ی واگرا $\alpha = 0.07$

سایر سیستم‌های سازه‌ای $\alpha = 0.05$

$$V = C_1 C_2 C_3 C_m S_a W$$

$$C_1 = 1 + \frac{T_s - T}{2T_s - 0.2} \quad , \quad 1 \le C_1 \le 1.5$$

$$\theta_i = \frac{P_i \delta_i}{V_i h_i}$$

$$\theta_{max} \le 0.1 \rightarrow C_3 = 1.0$$

$$\theta_{max} > 0.1 \rightarrow C_3 = 1 + 5 \times \frac{\theta_{max} - 0.1}{T}$$

C_m: ضریب اصلاح برای اعمال اثر مودهای بالاتر است

مقادیر ضریب C_m

سیستم باربر جانبی / تعداد طبقات	قاب خمشی بتنی یا فولادی	قاب فولادی مهاربندی‌شده همگرا یا واگرا	سازه با دیوار برشی	سایر سیستم‌های سازه‌ای
یک یا دو	۱	۱	۱	۱
سه و بیش‌تر	۰/۹	۰/۹	۰/۸	۱

$$1 \le k = 0.5T + 0.75 \le 2 \qquad F_i = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{j=1}^{n} W_j h_j^k} V$$

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \qquad F_{pi} = \frac{\sum_{j=i}^{n} F_j}{\sum_{j=i}^{n} W_j} W_i$$

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

$$C_0 = \varphi_{1,roof} \frac{\{\varphi_1\}^T [M] \{I\}}{\{\varphi_1\}^T [M] \{\varphi_1\}}$$

$$C_0 = \varphi_{1,roof} \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i \varphi_{1,i}}{\sum_{i=1}^{N} m_i \varphi_{1,i}^2}$$

مقادیر تقریبی ضریب C_0

تعداد طبقات	ساختمان برشی		سایر ساختمان‌ها با هر نوع توزیع بار
	توزیع نوع اول	توزیع نوع دوم در حالت یکنواخت	
۱	۱/۰	۱/۰	۱/۰
۲	۱/۲	۱/۱۵	۱/۲
۳	۱/۲	۱/۲	۱/۳
۵	۱/۳	۱/۲	۱/۴
۱۰ و بیش‌تر	۱/۳	۱/۲	۱/۵

$$T_e \geq T_S \quad \rightarrow \quad C_1 = 1.0$$

$$T_e < T_S \quad \rightarrow \quad C_1 = \frac{1.0 + (R-1)\frac{T_S}{T_e}}{R} \quad , \quad R = \frac{S_a}{V_y / W} C_m$$

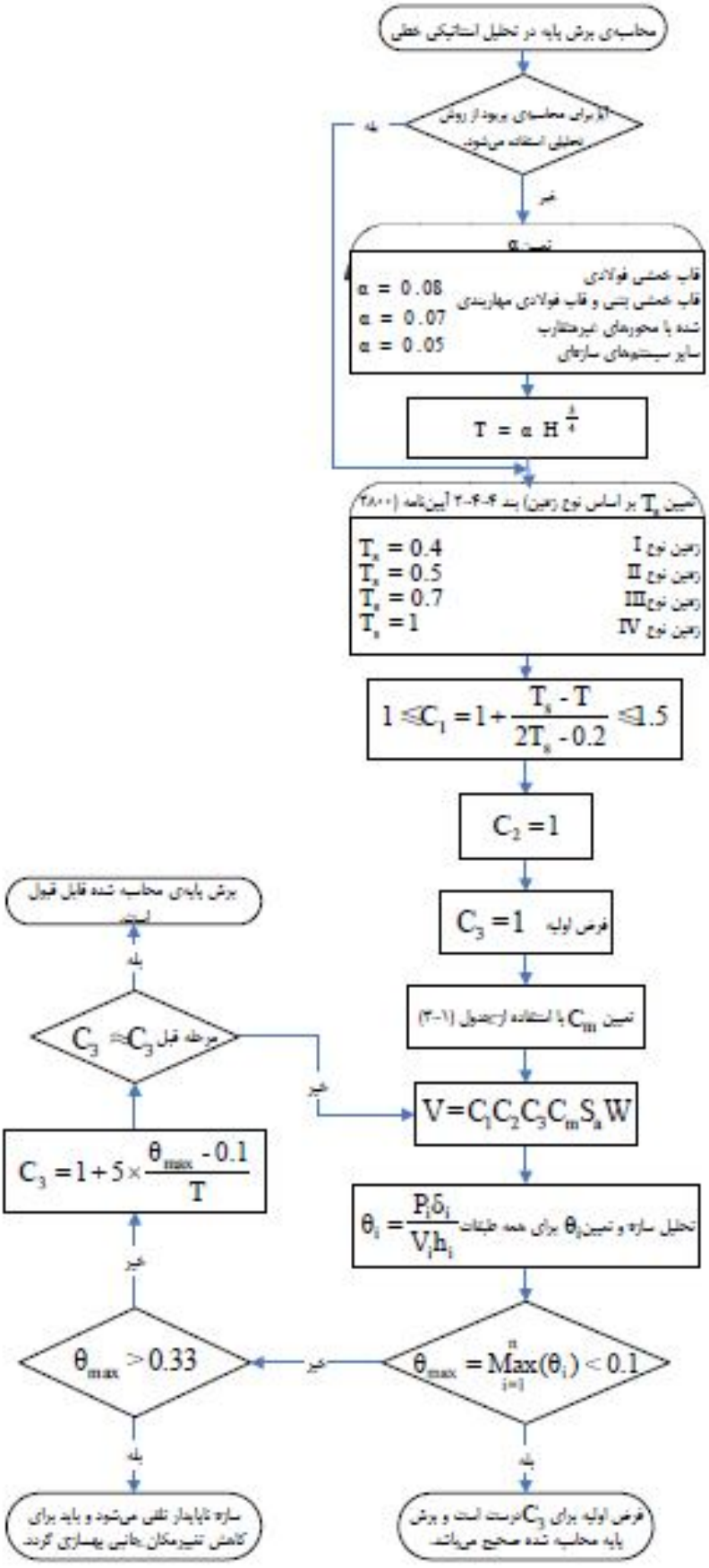
$$1 \leq C_1 \leq 1 + \frac{T_s - T}{2T_s - 0.2} \leq 1.5$$

مقادیر ضریب C_2

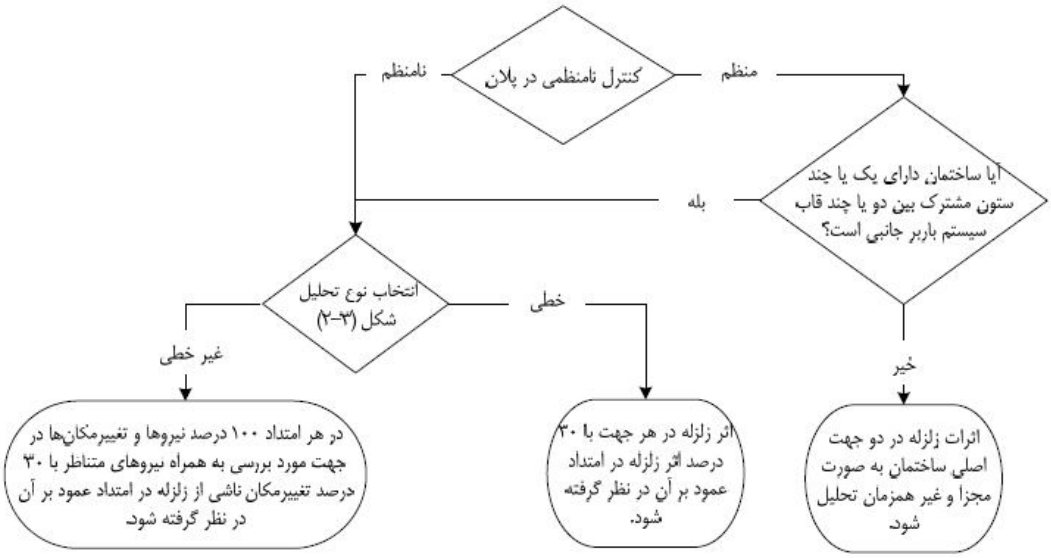
سطح عملکرد مورد نظر	$T \leq 0/1$		$T \geq T_s$	
	قاب نوع یک	قاب نوع دو	قاب نوع یک	قاب نوع دو
قابلیت استفاده بی‌وقفه	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
ایمنی جانی	۱/۳	۱/۰	۱/۱	۱/۰
آستانه فروریزش	۱/۵	۱/۰	۱/۲	۱/۰

$$\alpha \geq 0 \quad \rightarrow \quad C_3 = 1.0$$

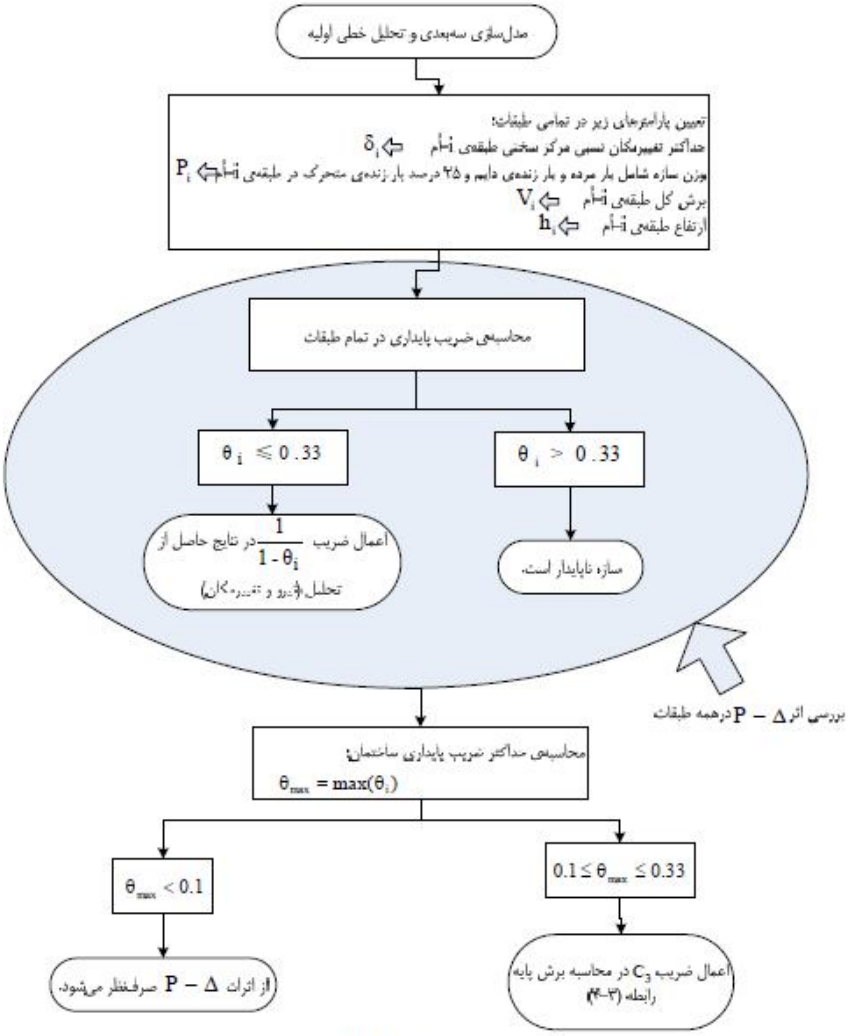
$$\alpha < 0 \Rightarrow C_3 = 1 + \frac{|\alpha|(R-1)^{1.5}}{T_e} \leq \begin{cases} 1.0 & ; \quad \theta \leq 0.1 \\ 1 + 5\dfrac{\theta - 0.1}{T} & ; \quad \theta > 0.1 \end{cases}$$



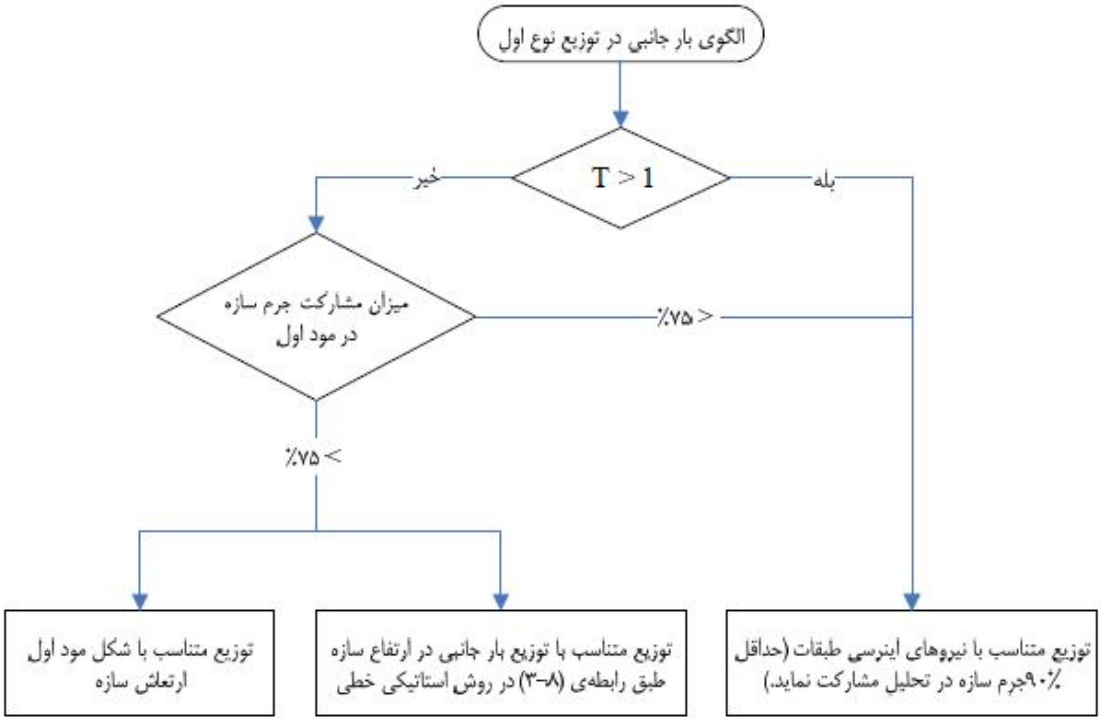
محاسبه ي برش پايه در روش تحليل استاتيكي خطي



نحوه‌ی اعمال اثرات هم‌زمان مولفه‌های متعامد زلزله



نحوه‌ی اعمال آثار $P-\Delta$ در تحلیل خطی



روند انتخاب الگوی بار جانبی در توزیع نوع اول

کلاف‌های کششی دیافراگم

$$F_p = 0.4\, S_s \times W$$

$$F_p = \alpha\, S_s \times W$$

ضریب α برای محاسبه‌ی نیروی اینرسی خارج از صفحه‌ی دیوار

مورد استفاده	سطح عملکرد سازه / نوع دیافراگم	آستانه‌ی فروریزش	ایمنی جانی	قابلیت استفاده‌ی بی‌وقفه
برای محاسبه‌ی اتصال دیوار به دیافراگم	دیافراگم صلب	۰/۳	۰/۴	۰/۶
	دیافراگم غیرصلب	۰/۹	۱/۲	۱/۸
برای محاسبه‌ی اجزای دیوار	—	۰/۳	۰/۴	۰/۶

$$F_p = 0.133\, S_s \times W$$

$$F_p = 0.08\, S_s \times W$$

مقادیر کرنش برشی برای ارزیابی دیوار میانقاب بنایی

کرنش برشی LS	$\frac{L_{inf}}{h_{inf}}$	$\beta = \frac{V_{fre}}{V_{ine}}$
۰/۰۰۴	۰/۵	$\beta < 0.7$
۰/۰۰۳	۱/۰	
۰/۰۰۲	۲/۰	
۰/۰۰۸	۰/۵	$0.7 \le \beta < 1.3$
۰/۰۰۶	۱/۰	
۰/۰۰۴	۲/۰	
۰/۰۱۱	۰/۵	$\beta \ge 1.3$
۰/۰۰۹	۱/۰	
۰/۰۰۷	۲/۰	

مراحل شناخت وضع موجود

مطالعات شناخت وضع موجود ساختمان بنایی در سه مرحله انجام می‌گیرد:

۱- بازدید از محل و آشنایی اولیه با ساختمان؛

۲- جمع‌آوری مدارک فنی و اطلاعات کلی ساختمان؛

۳- بازرسی وضعیت موجود، شناسایی مشخصات مصالح و آزمایش‌ها.

بازدید از محل و آشنایی اولیه با ساختمان مورد بررسی

در این بازدید به موارد زیر و موارد مشابه باید دقت کرد:

۱- وضعیت ظاهری ساختمان (معماری، سازه، تاسیسات و ...)؛

۲- کیفیت نگهداری از ساختمان در طول بهره‌برداری؛

۳- محدودیت‌های انجام عملیات بهسازی در ساختمان؛

۴- وضعیت ابنیه‌ی مجاور از نظر کیفی، فاصله، اتصال احتمالی به ساختمان مربوط و اثر آن‌ها روی ساختمان موردنظر؛

۵- موانعی که ساختمان‌های مجاور می‌توانند در راه انجام عملیات بهسازی ایجاد کنند؛

۶- وضعیت زمین اطراف ساختمان از نظر جنس و آب‌های زیرزمینی با توجه به سوابق قابل مشاهده‌ی محلی مانند گودبرداری‌های اطراف؛

۷- وضعیت شیب زمین و وجود شیروانی و امکان زمین‌لغزش.

جمع‌آوری مدارک فنی و اطلاعات کلی ساختمان

۱- نقشه‌های معماری (شامل تقسیم‌بندی فضاها، محل داکت‌ها و بازشوها در دیوار و سقف و کدهای ارتفاعی طبقات)؛

۲- نقشه‌های دیوارهای باربر و غیر باربر به همراه ضخامت و جزییات اجرایی آن‌ها؛

۳- نقشه‌ی کلاف‌بندی و سیستم ثانویه در صورت وجود به همراه جزییات مربوط؛

۴- جزییات سقف؛

۵- جزییات اتصال سقف به دیوارهای باربر؛

۶- جزییات اتصال تیغه‌ها به سقف؛

۷- جزییات اتصال دیوارهای باربر به یکدیگر و به تیغه‌ها؛

۸- جزییات اجرایی نما و اتصالات آن به سازه‌ی اصلی؛

۹- نقشه‌ی پی ساختمان و جزییات آن؛

۱۰- اطلاعات در خصوص نوع و مقاومت ملات مصرفی.

مشخص نمودن نواقص ساختمان و راهکارهای پیشنهادی برای رفع آن‌ها

نواقص ساختمان‌های بنایی در هفت موضع به شرح زیر ممکن است وجود داشته باشد:

۱- مصالح (آجر و ملات)؛

۲- سیستم سازه‌ای ساختمان؛

۳- دیوارهای باربر؛

۴- دال‌ها؛

۵- اتصالات اعضای سازه؛

۶- اجزای غیرسازه‌ای؛

۷- کلاف‌ها.

نواقص مربوط به سیستم سازه ای ساختمان بنایی و راهکارهای پیشنهادی جهت رفع نقص

نام نقص	دلیل وجود نقص	راهکار پیشنهادی بهسازی
کامل نبودن مسیر بار	یک سیستم مقاوم در برابر بار جانبی که بتواند بار ناشی از زلزله را از طبقات به پی منتقل کند بین پی و دیافراگم‌های طبقات وجود ندارد.[1]	برای ساختمان‌هایی که نمی‌توانند به‌طور پیوسته بارها را از طبقات به پی منتقل نمایند می‌توان دیوارهای برشی جدید اضافه نمود. در مواقعی که مسیری برای انتقال بار از دیافراگم به دیوار برشی وجود ندارد، اضافه کردن اعضایی در ساختمان که بار جانبی را از دیافراگم به دیوار برشی انتقال دهد ضروری است.
	مسیر بار کامل نبوده یا مقاومت کافی برای تحمل بارهای وارد شده را ندارد.	
کافی نبودن مقاومت برشی ساختمان	مجموع سطح مقطع دیوارها در هر طبقه و در هر یک از امتدادهای طولی و عرضی ساختمان از ۷۵ درصد مقادیر مندرج در جدول شماره‌ی ۶ استاندارد ۲۸۰۰ ایران کم‌تر است.[2]	می‌توان با اضافه کردن دیوارهای برشی جدید و یا تقویت دیوارهای باربر موجود مقاومت برشی ساختمان را بالا برد. دیوارهای جدید و دیوارهای تقویت شده باید یک سیستم کامل، متعادل و مقاوم در برابر بار جانبی را برای ساختمان تشکیل دهند. به ویژه باید از اتصال مناسب بین دیوارهای جدید و دیافراگم موجود اطمینان حاصل شود. این اتصالات باید مقاومت کافی برای تحمل بارهای جانبی را داشته باشد.
	مجموع سطح مقطع دیوارها در هر طبقه و در هر یک از امتدادهای طولی و عرضی ساختمان از مقدار A_i رابطه‌ی (۷-۳) دستورالعمل کم‌تر است.[2]	
	تنش برشی دورترین دیوار از مرکز سختی طبقه با احتساب پیچش، بیش‌تر از V_a (رابطه ۷-۵ دستورالعمل) است.	
عدم انسجام ساختمان و نداشتن سیستم ثانویه‌ی کمکی	ساختمان فاقد کلاف‌بندی افقی و قائم به عنوان یک سیستم ثانویه کمکی، طبق ضوابط مندرج در بند ۳-۹ استاندارد ۲۸۰۰ است.	کلاف‌بندی انجام شود. بدین منظور می‌توان از کلاف‌های فولادی و یا بتنی مسلح طبق ضوابط بند (۳-۹) استاندارد ۲۸۰۰ ایران استفاده نمود. جهت بهسازی ساختمان‌های موجود کلاف‌های فولادی به لحاظ اجرا مناسب‌تر هستند. حداقل سطح مقطع کلاف‌های فولادی ۱۰ سانتی‌متر مربع است. کلاف‌های قائم در نقاط تقاطع دیوارها و یا امتداد دیوار با فاصله‌ی حداکثر ۵ متر از یکدیگر باید به نحو مناسبی به کلاف پی و کلاف افقی طبقه متصل شود. کلاف‌های افقی باید در هر تراز به نحو مناسبی به یکدیگر متصل بوده و یک شبکه‌ی پیوسته را تشکیل دهد. کلاف‌های افقی و قائم باید هم‌چنین به‌خوبی به سقف و دیوار متصل باشند. اتصال کلاف افقی به سقف و دیوار باید نیروی برشی دیافراگم و نیروی عمود بر صفحه دیوار را تحمل نماید.
نامنظمی در پلان	فاصله‌ی بین مرکز سختی[3] و مرکز جرم هر طبقه در امتداد هر یک از دو محور اصلی بیش از ۲۰ درصد بعد ساختمان عمود بر آن محور است.	می‌توان اثرات نامنظمی را با افزودن اعضای مقاوم جانبی مانند دیوار و یا با پرکردن بازشوها کاهش داد.
	پلان ساختمان نسبت به هر یک از دو محور اصلی به طور کلی نامتقارن است.	می‌توان با ایجاد درز انقطاع ساختمان را به قطعات متقارن تقسیم نمود.
	ابعاد پیش‌آمدگی در پلان ساختمان از مقادیر مندرج در بند (۳-۳) استاندارد ۲۸۰۰ ایران تجاوز می‌نماید.	

نواقص مربوط به سیستم سازه‌ای ساختمان بنایی و راهکارهای پیشنهادی جهت رفع نقص

نام نقص	دلیل وجود نقص	راهکار پیشنهادی بهسازی
نامنظمی در ارتفاع	ساختمان دارای طبقه‌ی‌ضعیف یعنی طبقه‌ای کـه مقاومـت برشـی آن از ۸۰ درصد مقاومت برشی طبقه‌ی فوقانی کم‌تر است، است.[۴]	دیوارهای برشی جدید اضافه شود و یا دیوارهای باربر موجود تقویت شوند. چنان‌چه از دیوار برشی جدید برای بهسازی طبقه‌ی ضعیف استفاده شـود، لازم است فاصله‌ی بین مرکز جرم و مرکز سختی به لحاظ کنترل پـیچش ساختمان بررسی شود. هم‌چنین لازم اسـت بـرای حفـظ پیوسـتگی قـائم، دیوار جدید تا تراز پی ادامه یابد.
	ساختمان در امتداد قائم ناپیوسته است، یعنی دیوارهای باربر آن تا زمین امتداد نیافته و در تراز بالاتر قطع گشته‌اند.	
	ساختمان دارای بی نظمی در هندسه است یعنی بعد افقی یک طبقـه ۳۰ درصد بیش‌تر از بعد افقی طبقات مجاور است.	-
	ساختمان دارای بی‌نظمی در جرم است، یعنی جرم موثر یـک طبقـه ۵۰ درصد بیش‌تر از جرم موثر طبقات مجاور آن است.	-
نامناسب بودن پی	در صورتی‌که پی دیوارهای باربر از بتن غیرمسلح یا شفته و لاشه سـنگ ساخته شده باشد، عمق و عرض پی از دوبرابـر ضـخامت دیـوار کـم‌تـر است.	کلاف پی به ساختمان اضافه شـود. ضـوابط اجرایـی کـلاف پـی، مشـابه ضوابط مربوط به کلاف افقی در تراز طبقات است. همچنین لازم است که ظرفیت باربری پی به لحاظ توان انتقال نیروهای دیوار بـه خـاک بررسـی شده و در صورت نیاز با افزودن ابعاد پی این نقص برطرف شود.
	پی به‌صورت یک شبکه‌ی پیوسته در زیر دیوارهای باربر قرار ندارد.	
ضربات متقابل ساختمان مجاور	ساختمان مجاوری[۵] با ارتفاع کم‌تر از نصف یا بیش‌تر از دوبرابر ساختمان مورد بررسی در کنار آن قرار دارد.	دو روش برای بهسازی پیشنهاد می‌شود: الف- تخریب قسمتی از ساختمان جهت ایجاد و یا افزایش فاصـله‌ی بـین دو ساختمان تا مقدار مجاز، ب- برای ساختمان‌های مجزا در یک مجموعه‌ی ساختمان، مـی‌تـوان بـا بستن سازه‌ای آن‌ها به یکدیگر کل مجموعه را به‌صورت یک سازه‌ی واحد در آورد.
	ساختمان مجاوری** که تراز طبقاتش با ساختمان مورد بررسی مطابقت نمی‌نماید در کنار آن قرار دارد.	

$$k = \frac{1}{\frac{h_{eff}^3}{3E_m I_g} + \frac{h_{eff}}{A_v G_m}}$$

نواقص مربوط به دال‌های ساختمان بنایی و راهکارهای پیشنهادی جهت رفع نقص

نام نقص	دلیل وجود نقص	راهکار پیشنهادی بهسازی
وزن زیاد دال	ضخامت دال مصالح بنایی مسطح (چوبی یا طاق‌ضربی) و قوسی از حد متعارف بیش‌تر است.	می‌توان لایه‌های کف‌سازی موجود را برداشت و پس از رسیدن به اجزای سازه‌ای دال (آجر، چوب یا فولاد) یک لایه‌ی جدید از مصالح سبک و مناسب با ضخامتی حداکثر برابر ۵ سانتی‌متر بر روی سقف اجرا نمود.
عدم انسجام سقف	ضوابط مندرج در بند (۳-۱۱-۳) استاندارد ۲۸۰۰ رعایت نشده است.	سقف بر اساس ضوابط بند (۳-۱۱-۳) استاندارد ۲۸۰۰ تقویت شود.
کوتاهی طول تکیه‌گاهی تیرهای سقف	طول تکیه‌گاهی تیرهای سقف طاق‌ضربی یا سقف چوبی از ارتفاع تیر یا ۲۰ سانتی‌متر کم‌تر است.	با استفاده از کلاف فلزی انتهای تیرها به هم وصل شده و این کلاف به روی دیوار به نحو مناسب متصل شود.
وجود بازشوهای بزرگ در دال	مجموع سطوح بازشو از ۵۰ درصد سطح کل دیافراگم بیش‌تر است.	محیط اطراف بازشو در دال کلاف‌بندی شود.
	طول بازشو در مجاورت دیوار باربر از یک چهارم طول دیوار کم‌تر نیست.	
	طول بازشو در مجاورت دیوار باربر بیش‌تر از ۲ متر است.	
تغییرشکل زیاد دال	نسبت طول دهانه به عرض دیافراگم در سقف‌های انعطاف‌پذیر (چوبی، طاق ضربی، قطعات پیش‌ساخته‌ی بدون بتن رویه) بیش از ۳ است.	-

نواقص مربوط به دیوارهای باربر ساختمان بنایی و راهکارهای پیشنهادی جهت رفع نقص

نام نقص	دلیل وجود نقص	راهکار پیشنهادی بهسازی
اجرای نامناسب واحدهای بنایی دیوارهای باربر	دیوارهایی که با آجر یا بلوک سیمانی ساخته شده‌اند، طوری چیده شده‌اند که همپوشانی افقی مناسبی بین واحدهای بنایی برقرار نبوده یا درزهای قائم روی هم قرار می‌گیرند.	دیوار برداشته شود و با دیوار جدیدی جایگزین شود یا مقاومت جانبی آن دیوار در مقاومت کلی ساختمان منظور نشود.
	سطحی از مقطع دیوار که شامل واحدهای بنایی متصل‌کننده‌ی رج داخلی و خارجی دیوار می باشد کم‌تر از ۱۰ درصد کل سطح مقطع دیوار است و یا فاصله‌ی این واحدها از ۶۰ سانتی‌متر بیش‌تر است.	
	عرض ترک‌های موجب احتمالی ناشی از تنشست ناهمگون دیوار، بیش از ۳ میلی‌متر است.	
	دیوار دارای شکم‌دادگی یا کج‌شدگی است.	
اجرای نامناسب درزهای قائم بین واحدهای بنایی	درزهای قائم بین واحدهای بنایی کاملا با ملات پر نشده است.	درزها با ابزار فلزی کاملا خالی شده و سپس با ملات جدید پر شوند. در صورت عدم استفاده از این روش، باید مقاومت برشی درون صفحه و مقاومت خمشی خارج از صفحه‌ی دیوار نصف مقادیر محاسبه شده برای دیوار کامل منظور شود.
ناپایداری و نبود مقاومت خارج از صفحه دیوار	نسبت ارتفاع به ضخامت h/t دیوار از ۰/۱ تجاوز می‌کند.	می‌توان با افزایش ضخامت دیوار و یا با استفاده از یک سیستم پشت‌بند دیوار را بهسازی نمود. دیوارهایی که ضخامت آن‌ها افزایش می‌یابد باید در تمامی ارتفاع دیوار، اتصال داخلی کاملی داشته باشد. برای مهار دیوارها با سیستم پشت‌بند می‌توان از اعضای قائمی که به کف و سقف متصل می‌شوند استفاده نمود. این اعضا باید برای نیروی خارج از صفحه‌ی دیوار طراحی گردند و فاصله‌ی افقی این اعضا نباید از نصف ارتفاع و یا ۱۸۰ سانتی‌متر تجاوز کند. هم‌چنین حداکثر تغییرمکان این اعضا نباید از یک‌دهم ضخامت دیوار تجاوز کند.
	تنش خمشی ایجاد شده ناشی از لنگر خمشی خارج از صفحه‌ی دیوار که تحت اثر نیروی عمود بر دیوار طبق رابطه‌ی (۷-۶) دستورالعمل به‌دست می آید، بیش از مقاومت کششی دیوار بر اساس تبصره‌ی ۱ بند (۲-۸) استاندارد ۲۸۰۰ است. طبق بند مذکور می‌توان مقاومت کششی مجاز ملات را حداکثر تا ۱۵ درصد مقاومت فشاری آن‌ها مندرج در استاندارد شماره ۵۱۹ ایران منظور نمود.	
ارتفاع زیاد دیوار	ارتفاع آزاد دیوار مصالح بنایی از ۳ متر بیش‌تر است.	ارتفاع آزاد دیوار را می‌توان با تعبیه‌ی کلاف افقی در آن کاهش داد. این کلاف باید برای نیروی خارج از صفحه‌ی دیوار طراحی گردیده و فاصله‌ی قائم آن با کلاف‌های افقی بالا و یا پایین از ۳ متر تجاوز ننماید. این کلاف باید به نحو مناسبی به کلاف‌های قائم متصل گردیده و حداکثر تغییرمکان از یک‌دهم ضخامت دیوار تجاوز نکند.
طول زیاد دیوار	طول آزاد دیوار مصالح بنایی از ۵ متر بیش‌تر است.	از تعبیه‌ی پشت‌بند یا کلاف قائم می‌توان برای کاهش طول آزاد استفاده کرد. کلاف قائم باید برای نیروی خارج از صفحه دیوار طراحی گردیده و به نحو مناسبی به کلاف‌های افقی کف و سقف متصل شود.

نام نقص	دلیل وجود نقص	راهکار پیشنهادی بهسازی
نبود تراکم در دیوار	مجموع سطح بازشوها در هر دیوار از یک سوم سطح آن دیوار بیش‌تر است.	ابعاد بازشوها اصلاح شود و در صورت نیاز اطراف بازشوها بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ کلاف‌بندی شود. در این رابطه می‌توان از ورق‌های فولادی که به دیوار پیچ می‌شوند به جای کلاف استفاده کرد. در این صورت لازم است تعداد پیچ‌های اتصال به اندازه‌ای باشد تا ورق فولادی قبل از گسیختگی پیچ‌ها تسلیم شود.
	مجموع طول بازشوها در هر دیوار باربر از نصف طول دیوار بیش‌تر است.	
	فاصله‌ی افقی دو بازشو از دوسوم ارتفاع کوچک‌ترین بازشوی طرفین خود یا از یک شتم مجموع طول آن دو بازشو کم‌تر است.*	
	در طرفین بازشوهای با ابعاد بزرگ‌تر از ۲/۵ متر کلاف‌های قائمی که به کلاف‌های افقی بالا و پایین آن طبقه متصل هستند، تعبیه نشده است و یا نعل درگاه بازشوهای مذکور در کلاف‌های قائم طرفین مهار نشده است.	
فاصله‌ی کم بازشوها از انتهای دیوار	فاصله‌ی اولین بازشو در دیوار از بر خارجی ساختمان کم‌تر از دو سوم ارتفاع بازشو است و در طرفین آن کلاف قائم قرار نگرفته است.	
انفصال در دیوار	در اجرای قسمت‌های مختلف یک دیوار باربر و یا گوشه‌ی دو دیوار متقاطع باربر از روش هشتنگیر استفاده شده است.	الف) در محل اجرای هشتنگیر کلاف قائم تعبیه شود. در این‌صورت کلاف قائم باید به نحو مناسبی به کلاف‌های افقی بالا و پایین متصل شود. ب) در محل اجرای هشتنگیر و یا محل عبور لوله یا دودکش، ورق‌های فولادی که به دیوار پیچ می‌شود، تعبیه نمود. تعداد پیچ‌های اتصال باید به اندازه‌ای باشد تا ورق فولادی قبل از گسیختگی پیچ‌ها تسلیم شود.
	قطر لوله و یا دودکشی که از درون دیوار عبور می‌نماید، بیش از یک شتم ضخامت دیوار است.	
نبود اتصال مناسب دال به دیوار	تیرهای باربر سقف بار خود را به طور مستقیم به بالای دیوار مصالح بنایی منتقل می‌کنند و برای این منظور از کلاف یا زیرسری چوبی، فلزی، بتنی و یا صفحه‌ی تکیه‌گاه استفاده نشده است.	کلاف افقی سقف در بالای دیوار تعبیه شود.
نبود مقاومت در برابر نیروی رانش سقف	در دهانه‌های خارجی ساختمان نسبت خیز (ارتفاع) سقف قوسی از نصف قاعده‌ی آن کم‌تر است و از کلاف چوبی، فلزی یا بتنی برای مهار سقف استفاده نشده است.	الف- ازکلاف چوبی، فلزی یا بتنی برای مهار سقف استفاده شود. ب- دیوار آسیب‌پذیر توسط میل‌مهار فلزی با سطح مقطع حداقل ۳ سانتی‌متر مربع به دیوار موازی مجاور خود متصل شود. در این‌صورت فاصله‌ی بین مهارهای استفاده شده نباید از ۱۵۰ سانتی‌متر بیش‌تر باشد. لازم است حداقل یک میل مهار در فاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متری گوشه‌ها تعبیه شود. میل‌مهارهای عرضی باید بتواند نیروی جانبی رانش را تحمل نماید.

نواقص مربوط به اجزای غیرسازه‌ای ساختمان بنایی و راهکارهای پیشنهادی جهت رفع نقص

نام نقص	دلیل وجود نقص	راهکار پیشنهادی بهسازی
ضعف دیوارهای غیرباربر و تیغه‌ها	دیوارهای غیرباربر و تیغه‌ها باید ضوابط مندرج در بند (۳-۷) استاندارد ۲۸۰۰ را دارا باشند.	اجزا با استفاده از روش‌های مندرج در بند (۳-۷) استاندارد ۲۸۰۰ ایران تقویت شوند.
ضعف نمای ساختمان	در صورتی‌که ضوابط بند (۳-۱۲) استاندارد ۲۸۰۰ ایران در مورد نماسازی رعایت نگردیده باشد، نمای ساختمان آسیب‌پذیر است.	می‌توان با استفاده از بست‌های مهاری، نمای ساختمان را به دیوار خارجی مهار نمود.
ضعف جان‌پناه	نسبت ارتفاع به ضخامت جان‌پناه برای مناطق با خطر نسبی زلزله کم و متوسط از ۲/۵ و برای مناطق با خطر نسبی زلزله‌ی زیاد و خیلی زیاد از ۱/۵ بیش‌تر است.	اجزای آن‌ها توسط مهارهای مناسب فولادی یا بتنی به کف‌بام یا بالکن مهار شوند.
ضعف دودکش	در اجرای دودکش بایستی ضوابط مندرج در بند (۳-۸) استاندارد ۲۸۰۰ رعایت شده باشد.	

نواقص مربوط به اتصالات اعضای ساختمان بنایی و راهکارهای پیشنهادی جهت رفع نقص

نام نقص	دلیل وجود نقص	راهکار پیشنهادی بهسازی
اتصال نامناسب دیوارهای متقاطع	واحدهای بنایی در دیوارهای باربر متقاطع در یک تراز چیده نشده و در یک سطح بالا آورده نشده‌اند.	از کلاف قائم مطابق ضوابط بند ۳-۹ استاندارد ۲۸۰۰ ایران در محل تقاطع دو دیوار استفاده شود. در این صورت کلاف قائم باید به کلاف‌های افقی پی و طبقه به نحو مناسبی متصل شود. در صورت عدم استفاده از کلاف قائم می‌توان اتصال را با استفاده از میلگردهای گوشه و یا چفت و بست‌های مناسب دیگر که در فواصل حداکثر برابر ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار می‌گیرد، تقویت نمود.
	ضوابط بند (۳-۱۰-۳) استاندارد ۲۸۰۰ ایران اجرا نشده یا در اجرای دیوارهای متقاطع از کلاف‌های بتنی، فلزی و چوبی گوشه استفاده نشده است.	
ضعف اتصال بین دیوارهای باربر و دال	دیوارهای باربر مصالح بنایی در تراز طبقات مطابق بند (۳-۱۱-۲) استاندارد ۲۸۰۰ به دال متصل نشده‌اند.	می‌توان با افزودن اتصالات فلزی بین دیوار و دال، ضمن تقویت اتصال، ظرفیت انتقال نیروی برشی از دال به دیوار را افزایش داد. بدین منظور می‌توان از میل‌مهار و یا گل‌میخ استفاده نمود. مقاومت مجاز کششی و برشی میل‌مهار و گل‌میخ را می‌توان براساس مقادیر مندرج در جدول(۷-۱) دستورالعمل و یا انجام آزمایش کشش و پیچش میل‌مهار تعیین نمود. در صورت انجام آزمایش، مقاومت مجاز میل‌مهار ۴۰ درصد میانگین مقاومت نهایی میل‌مهارهای آزمایش شده است. حداکثر فاصله‌ی بین گل‌میخ‌های این اتصالات ۱۰۰ سانتی‌متر است. هم‌چنین لازم است حداقل یک مهار در فاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متری گوشه‌ها تعبیه شود.
	اتصال دیوار و دال نمی‌تواند نیروی عمود بر صفحه‌ی دیوار را که از رابطه‌ی ۷-۶ دستورالعمل محاسبه می‌شود تحمل نماید.	
ضعف اتصال تیغه و دیوار باربر	دیوار و تیغه‌ی متکی به طور هم‌زمان یا به‌صورت لاربز یا به‌صورت هشتگیر چیده نشده و ضوابط مندرج در بند (۳-۷-۵) استاندارد ۲۸۰۰ نیز رعایت نشده است.	با استفاده از مقاطع فلزی مانند نبشی یا چفت و بست‌های فلزی دیگر، دو طرف دیوار یا تیغه را در فواصلی حداکثر برابر یک متر به دیوارهای اصلی و دال متصل نمود.

نواقص مربوط به سیستم کلاف ساختمان بنایی و راهکارهای پیشنهادی جهت رفع نقص

نام نقص	دلیل وجود نقص	راهکار پیشنهادی بهسازی
نبود کلاف افقی پی	در تراز پی از کلاف افقی استفاده نشده است و خود پی نیز به واسطه‌ی ناپیوستگی، قابلیت ایفای نقش کلاف افقی را ندارد.	سیستم کلاف‌بندی پی مطابق بند (۳-۹) استاندارد ۲۸۰۰ اصلاح شود.
کیفیت نامناسب مصالح کلاف بتنی	در بررسی‌های عینی کلاف تخلخل یا نواقص دیگر در بتن مشاهده شده است.	با استفاده از روش‌های رایج تقویت مصالح بتنی یا متصل کردن مقاطع مناسب فولادی کلاف بتنی تقویت شود.
	مقاومت فشاری بتن کم‌تر از ۱۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع است.	
وضعیت نامناسب اتصالات اجزای کلاف	میلگردهای کلاف بتنی در اتصالات هم‌پوشانی لازم را ندارند.	اتصالات با استفاده از مقاطع مناسب وصله‌های فولادی و به طول کافی تقویت شود.
	اتصالات کلاف‌های فولادی مناسب ناست.	
وجود انفصال در کلاف	کلاف افقی یا قائم در هر تراز از ساختمان به واسطه‌ی وجود بازشو یا نیم طبقه ادامه نیافته و به کلاف قائم یا افقی مجاور متصل نشده است.	قسمت منفصل با افزودن کلاف‌های افقی و قائم مناسب به شبکه‌ی کلاف متصل شود.
	قطر انفصال ایجاد شده در اثر عبور لوله‌ی آب، فاضلاب یا دودکش در کلاف افقی یا قائم بیش از یک هشتم عرض کلاف است.	می‌توان در محل انفصال با نصب ورق‌های فولادی با طول، عرض و ضخامت مناسب در دو طرف کلاف بتنی، نقص را برطرف نمود.
ضعف اتصال دیوار و کلاف	بین دیوار و کلاف اتصال مناسبی وجود ندارد.	با استفاده از بست‌های مهاری مناسب که در فواصل حداکثر ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار می‌گیرند، می‌توان اتصال را تقویت کرد.

حداقل دیوار نسبی در هر امتداد ساختمان

نوع وتعداد طبقات ساختمان		زیرزمین	طبقه اول	طبقه دوم
ساختمان‌های آجری	یک طبقه	٪۶	٪۴	–
	دو طبقه	٪۸	٪۶	٪۴
ساختمان‌های با بلوک سیمانی	یک طبقه	٪۱۰	٪۶	–
	دو طبقه	٪۱۲	٪۱۰	٪۶
ساختمان‌های سنگی	یک طبقه	٪۸	٪۵	–
	دو طبقه	٪۱۰	٪۸	٪۵

الف) مود شکست در اثر لغزش درز ملات؛

ب) مود شکست در اثر کشش قطری.

ضریب m برای تحلیل خطی

سطح عملکرد / نوع رفتار	قابلیت استفاده بی وقفه	اعضای اصلی		اعضای غیراصلی	
		ایمنی جانی	آستانه فروریزش	ایمنی جانی	آستانه فروریزش
لغزش درز ملات برای ساختمان با کلاف بندی	۱	۳	۴	۶	۸
لغزش درز ملات برای ساختمان بدون کلاف بندی	۱	۱/۵	۲	۳	۴

پارامترهای تغییر شکل غیر خطی و معیارهای پذیرش در شیوه آنالیز غیرخطی

	پارامترهای تغییرشکل			سطح عملکرد					
					اعضای اصلی		اعضای غیراصلی		
رفتار المان بنایی	e ٪	d ٪	c ٪	قابلیت استفاده بی‌وقفه ٪	ایمنی جانی ٪	آستانه فروریزش ٪	ایمنی جانی ٪	آستانه فروریزش ٪
لغزش برشی	۰/۸	۰/۴	۰/۶	۰/۱	۰/۳	۰/۴	۰/۶	۰/۸

محدودیت نسبت h / t برای دیوارها

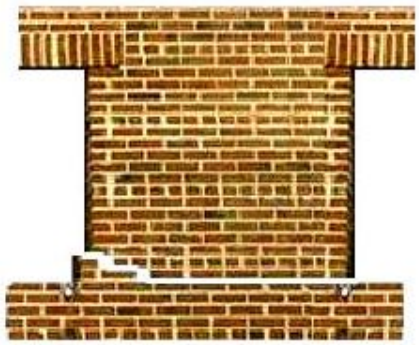
نوع دیوار	$A \geq 0.35\ g$	$A < 0.35\ g$
دیوارهای طبقه آخر ساختمانهای چندطبقه	۱۰	۱۴
سایر دیوارها	۱۵	۱۵

الف) مود شکست بر اثر لغزش درز ملات؛

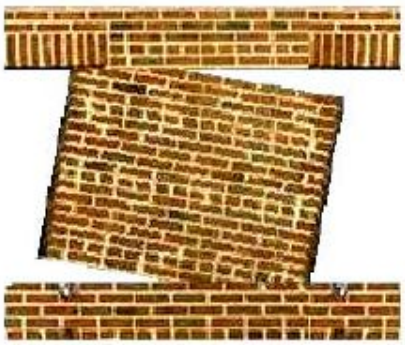
ب) مود شکست بر اثر حرکت گهواره‌ای؛

ج) مود شکست بر اثر کشش قطری؛

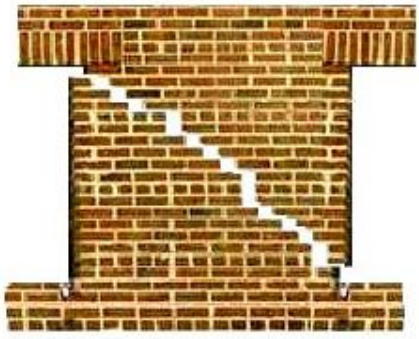
د) مود شکست بر اثر فشار در پنچه.



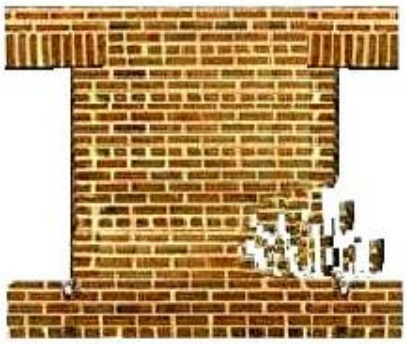
الف) مود شکست بر اثر لغزش درز ملات



ب) مود شکست بر اثر حرکت گهواره‌ای



ج) مود شکست بر اثر کشش قطری



د) مود شکست بر اثر فشار در پنچه

مودهای شکست حاکم بر رفتار دیوارهای با مصالح بنائی

- دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود، انتشارات پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، دفتر امور فنی و تدوین معیارها سازمان مدیریت برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۱

2- دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های بنائی غیر مسلح موجود، معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطر پذیری ناشی از زلزله، ۱۳۸۶

3- دستورالعمل تحلیل آسیب پذیری و بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی غیر مسلح موجود، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، چاپ اول، ۱۳۸۵

1. FEMA 356, Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., November 2000
2. FEMA 273, NEHRP Guidelines for The Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., October 1997
3. IBC2003, International Building Code, Second Printing: May 2003
4. Lang K. Bachman H. on the vulnerability of existing unreinforced masonry building; J. of earthquake engineering, 2003, Vol.7, No.3, 407-426
5. Lang K. Bachman H. on the vulnerability of existing unreinforced masonry building: a case study of the city of basel; earthquake spectra, 2004, Vol.20, No.1, 43-66
6. FEMA 306, Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., 1998
7. Shing, P. B., M. Schuller, and V. S. Hoskere; " Strength and Ductility of Reinforced Masonry Shear Walls" Fifth North American Masonry Conference, June 3-6, 1990
8. Larbi, A., and H. G. Harris; "Seismic Performance of Low Aspect Ratio Reinforced Block Masonry Shear Walls" Proceedings of Fourth U.S. National Conference ov Earthquake Engineering, Vol. 2, May 20-24,1990
9. Magenes, G., and G. M. Calvi; " Cyclic behavior of brick masonry wall" Proceeding of the 10th WCEE; Madrid-Spain: 19-24 July 1992. PP. 3517-3522
10. Kato, H., T. Goto, and H. Mizuno; " Cyclic Loading Test of Confined Masonry Wall Element for Structural design development of apartment houses in the third World" Proceeding of the 10th WCEE; Madrid-Spain: 19-24 July 1992, PP. 3559-3544
11. Jankulovski, E., and S. Parsanejad; " Earthquake Resistance of Unreinforced Clay Brick Masonry Wall" Proceedings of the Second International Conference of Seismology and Earthquake Engineering; May 15-17, 1995,Tehran, Iran
12. Yoshimura, K., and et al.; "Effect of Vertical and Horizontal Wall Reinforcements of Seismic Behavior of Confined Masonry Walls" Proceeding of the 11th WCEE; Mexico: 1996, Papar No. 191
13. Aguilar, G., and et al.; "Influence of Horizontal Reinforcement of the Behavior of Confined Masonry Walls" Proceeding of the 11th WCEE; Mexico: 1996, Papar No. 1380
14. Magenes, G.;"In-Plane Cyclic testing of reinforced masonry shear wall" Proceeding of the 11th European Conference on Earthquake Engineering; Rotterdam: 1998
15. Yoshimura, K., and et al.; "Effect of Wall Reinforcements, Applied Lateral Forces and Vertical Axial Loads on Seismic Behavior of Confined Masonry Walls" Proceeding of the 12th WCEE; New Zealand: 2000, Papar No. 0984

16. A.W.Hendry, B.P.Sinha and S.R.Davies; " Design of Masonry Structures"; Third edition of Load Bearing Brickwork Design, Department of Civil Engineering, University of Edinburgh, UK, E & FN SPON: 2004

17. Abrams D. and N. Shah; "Cyclic Load Testing of Reinforced Masonry Wall"; ACTC No. 91-26-10, UILU-ENG-92-1938, December 1992, PP. 46

18. Costly A. C., D. P. Abrams; "Dynamic Response of Unreinforced Masonry Building With Flexible Diaphragms"; NCEER-96-0001, October 1996

19. Tena-Colunga, A., and Abrams, D.P., "Response of an Unreinforced Masonry Building during the Loma Prieta Earthquake, Structural Research Series No. 576," Department of Civil Engineering, University of Illinois at Urbana-ChaMPaign, December 1992a, pp. 288

20. Lourenco P.B., Rots, J. G., J.O. and Blaauwendraad, J., Continuum model for masonry: Parameter estimation and validation, J.of Struct. Eng., 1998,vol.124(6), pp.642-652

21. Lourenco P.B.; "Analysis of Masonry Structures With Interface Elements Theory and Applications"; report no. 03-21-22-0-01; June 1994

22. Lourenço P.B. A User/Programmer Guid for the Micro-Modeling of Masonry Structures; Delft University of Technology; Faculty of Civil Engineering; report no. 03.21.1.31.35, November 1996

23. Mann, W., and Müller, H., "Failure of Shear-Stressed Masonry-An Enlarged Theory, Tests and Application to Shear Walls," Proceedings of the British Ceramic Society, V. 30, 1982, pp. 223-235

24. Adrian W. Page, "Finite Element Model for Masonry," Journal of the Structural Division, New York: ASCE, vol 104, no. ST8, Aug 1978, pp. 1267-1285

25. Lourenço P.B. An Orthotropic Continuum Model for the Analysis of Masonry Structures; Delft University of Technology; Faculty of Civil Engineering; report no. report no. 03-21-1-31-27, June 1995

26. Page A.W. ,The biaxial compressive strength of brick masonry, Proceeding of Inst. of Civil Eng., Part 2, Instn. of Civ Engrs., London, England, 71:893-906,1981

27. Lourenco P.B.; "Computational Strategies for Masonry Structures"; Delft University Press, February 1996

28. ABAQUS Theory Manual, version 6.3, Hibbitt Karlson & Sorensen, Inc 2002

29. Kachanov,L.,M., Ovremeni razrušenijav usloviach polzuesti, Izv. Ak. Nauk CCCP, Otd. Techn. Nauk, nr 8,1958;26-31

30. Lubliner J.J., Oliver S.O., Oñate E., A plastic-damage model for concrete, International Journal of Solids and Structures, 25, 3(1989)229-326

31. Rabotnov Y.N., Creep problems in structural members, North-Holland, Amsterdam 1969.

32. Tomasz Jankowiak, Tomasz Lodygowski; "Identification of Parameters of Concrete Damage Plasticity Constitutive Model"; No. 6, 2005

33. Kahn L.F.; "Repair and Strengthening of Masonry" Proceeding of the Third Seminar on Repair and Retrofit of Structures, Civil Eng. Dept. University of Michigan, 1982, pp.247-261
34. Sabrah T., Hodhod o., El-Hefnawy a.; " Simple Design Approach to Rehabilitate Unreinforced Masonry Walls Using Ferrocement Overlay"; Cairo, Egypt. , 2005
35. Prawel S.P.,Reinhorn; "Seismic Retrofit of Structural Masonry Using a Ferrocement Overlay"; Proceedings of 3th NAMC, Arlington, Texas: 1985, pp. 50-1 to 50-19
36. ElGawady M.,Lestuzzi P.,Badoux M.; "A Review of Conventional Seismic Retrofitting Technique for URM"; Proceeding of the 13th IB2MaC, Amsterdam: 2004
37. Abrams D.P., Lynch J.M.,Franklin S.; "Performance of Rehabilitated URM Shear Walls: Flexural Behavior of Piers"; Technical Report (NO.03-03) for MAEC, Civil Eng. Dept. University of Illinois, USA, 2001
38. Moghadam H.A., Gh. Mohammadi M.,Ghaemian M.; "Experimental and analytical investigation into crack strength determinationof infilled steel frames"; J. of Constructional Steel Research, vol. 118(7), pp.1-12, 2006
39. Rai D., Goel S.; "Seismic strengthening of unreinforced masonry piers with steel elements"; J. of Earth. Spec., vol.12, pp.845-862, 1996
40. Taghdi M.; "Seismic retrofit of low-rise masonry and concrete walls by steel Strips"; PhD dissertation, Dept. Civil. Eng, University of Ottawa, Canada, 2000
41. Plecnik J., Cousins T., O.conner E.; "Strengthening of unreinforced masonry Buildings"; J. of Struc. Eng., ASCE,vol. 112,pp. 1070-1087, 1986
42. Schuller M., Atkinson R., Borgsmiller J.; "Injection grouting for repair and retrofit of unreinforced masonry"; Proceeding of 10th IB2MaC, Calgary, Canada, 1994, 549-558B
43. Sheppard P., Tercelj S.; "The effect of repair and strengthening methods for masonry walls"; Proceeding of 7th WCEE, Istanbul, 1980, vol. 6,pp. 255-262
44. Hamid A., El-Sayed T., Salama A.,1999, Seismic retrofit of historic multiwythe stone masonry walls, Proceeding of 8th NAMC, Austin, Texas, USA
45. Karantoni F., Fardis M.,1992, Effectiveness of seismic strengthening techniques for masonry buildings, J. of Struc. Eng., ASCE, vol. 118(7), pp.1884-1902
46. Zezhen N., Qi D., Jianyou C., Runtao Y., 1984, A study of aseismic strengthening for multi-story brick building by additional R/C columns, Proceeding of 8th WCEE, USA, pp.591-598
47. Eurocode 8," Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures and Repair of Buildings",ENV 1998-1-4:1996(CEN,Brussels,1996)
48. Antonio Morbin, "Strengthening of Masonry Elements with FRP Composites", Research between the Department of Construction and Transportation (DCT) of University of Padua (Italy) and the Center for Infrastructure Engineering Studies (CIES) of University of Missouri-Rolla (U.S.A.)
49. De Lorenzis, Tinazzi, Nanni ,"Near-Surface Mounted Rods for Masonry Strengthening:Bond and Flexural Testing" ,Proceedings of National Conference on

Mechanics of Masonry Structures Strenghtened with FRP Materials, Venice, Italy, December 7-8 2000, pp.7-18

50. Tumialan, Huang, Nanni, Silva," Strengthening of Masonry Walls by FRP Structural Repointing",CIES Report, University of Missouri-Rolla, Rolla(MO), June 2000, 10 pp
51. Dagen Weng, Xilin LU,Changdong Zhou,Tetsuo Kubo,Kangning LI,"Experimental Study on Seismic Retrofitting of Masonry Walls Using GFRP", 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004
52. Ciro Faella, Enzo Martinelli, Emidio Nigro, Sergio Paciello," Tuff Masonry Walls Strengthened with a New Kind of CFRP Sheet: Experimental Tests and Analysis", 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004
53. Paola Mayorca ,Kimiro Meguro," Proposal of an Efficient Technique for Retrofitting Unreinforced Masonry Dwellings",13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004
54. ACI Committee 506, 1966, Shotcreting, SP-14, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 224 pp
55. "Application and Use of Shotcrete," 1981, ACI Compilation No. 6, American Concrete Institute, Farmington Hills,Mich., 92 pp
56. Guide to Shotcrete Reported by ACI Committee 506, ACI 506R-05
57. Lorman, W. R., 1968, Engineering Properties of Shotcrete, SP-14A, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 58 pp
58. Gebler, S. H.; Litvin, A.; McLean, W.; and Schutz, R., 1992, "Durability of Dry-Mix Shotcrete Containing Rapid-Set Accelerators," ACI Materials Journal, V. 89, No. 3, May-June, pp. 259-262
59. Talbot, C.; Pigeon, M.; Beaupré, D.; and Morgan, D. R.,1994, "Influence of Surface Preparation on Long-Term Bonding of Shotcrete," ACI Materials Journal, V. 91, No. 6, Nov.-Dec., pp. 560-566
60. Neville, A., 1980, "High Alumina Cement—Its Properties, Applications, and Limitations," Progress in Concrete Technology, CANMET, Energy, Mines and Resources, Ottawa, Canada
61. Morgan, D. R., 1988, "Dry-Mix Silica Fume Shotcrete in Western Canada," Concrete International, V. 10, No 1, Jan., pp. 24-32
62. Beaupré, D.; Mindess, S.; and Pigeon, M., 1993,"Rheology of Fresh Shotcrete," Special Concretes: Workability and Mixing, RILEM Proceedings No. 24, P. Bartos, ed., E&FN Spon
63. U.S. Bureau of Reclamation, 1975, Concrete Manual, 8th Edition, Washington, D.C., pp. 478-486
64. Ryan, T. F., 1973, Gunite –A Handbook for Engineers, Cement and Concrete Association, Wexham Springs, UK, 63 pp

65. Harding, J. R., R. T. Laird and D. G. Beech; "Effect of Rate of Loading and Type of Packing on Measured Strength of Bricks"; Proc. Br. Ceram, Soc, 21, (1973), PP. 7-24
66. Kelch N. W. and F. E. Emme; " Effect of Type, ThickNess and Age of Capping Compounds on the Apparent Compressive Strength of Brick"; ASTM Bulletin, TP. 116, (1958), PP. 38-41
67. Khalaf F. M. and A. W. Hendry; "Effect of Bed-Face Preparation in Compression Testing of Masonry Units"; Proc. Br. Masonry SOC., 4, (1990), PP. 129-3
68. Page A. W. and P. W. Kleeman; "The Influence of Capping Material and Platen Restraint on the Failure of Masonry Units and Prisms"; Proceeding of the Ninth International Brick/Block Masonry Conference (berlin), 1991, PP. 662-70
69. Ridinger, W., J. L. Noland and C. C. Feng; " On the Effect of Interface Condition and Capping Configuration on the Result of Hollow Clay Masonry Unit Compressive Tasts"; Proceeding of the Second Canadian Masonry Symposium Ottawa, 1980, PP. 25-38
70. British Standard Specification for Clay Bricks, London, 1985
71. ASTM, American Standard Testing Material, ASTM Standards on Masonry, Third Edition, 1997
72. Hendry, Arnold W.; " Structural Masonry"; Second Edition, MacMillan Press Ltd, London, 1998