

به نام خدا



سازمان نظام مهندسی ساختمان

استان قزوین



جزئیات آرماتور بندی با توجه به سطح شکل پذیری

سازه های بتُنی

زمستان ۱۴۰۰

علیرضا فاروقی

دکترای تخصصی مهندسی سازه



ISTAINS



Faroughi.alireza

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

عضو کارگروه تدوین ویرایش پنجم استاندارد ۲۸۰۰

عضو کارگروه فصل بیستم آبا (ضوابط لرزه ای) ویرایش ۱۴۰۰

عضو کمیته ایرانی نرم افزارهای مهندسی و کارگروه بتُن

عضو کمیته فنی استاندارد ملی بارهای طراحی سازه های غیرساختمانی

سرفصل مطالب :

۱- طراحی لرزه‌ای و آرماتورگذاری دیافراگم

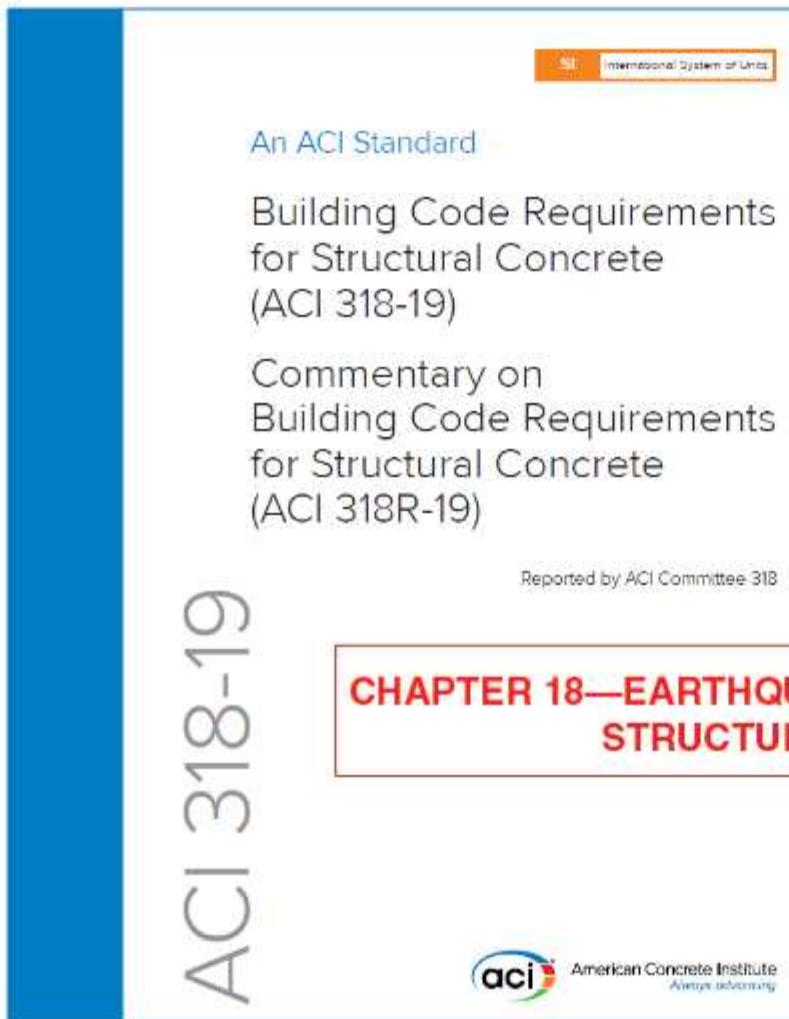
۲- اهم ضوابط لرزه‌ای و آرماتورگذاری قابهای خمیسی تیر - ستونی متوسط

۳- اهم ضوابط لرزه‌ای و آرماتورگذاری قابهای خمیسی دال - ستونی متوسط (دالهای تخت)

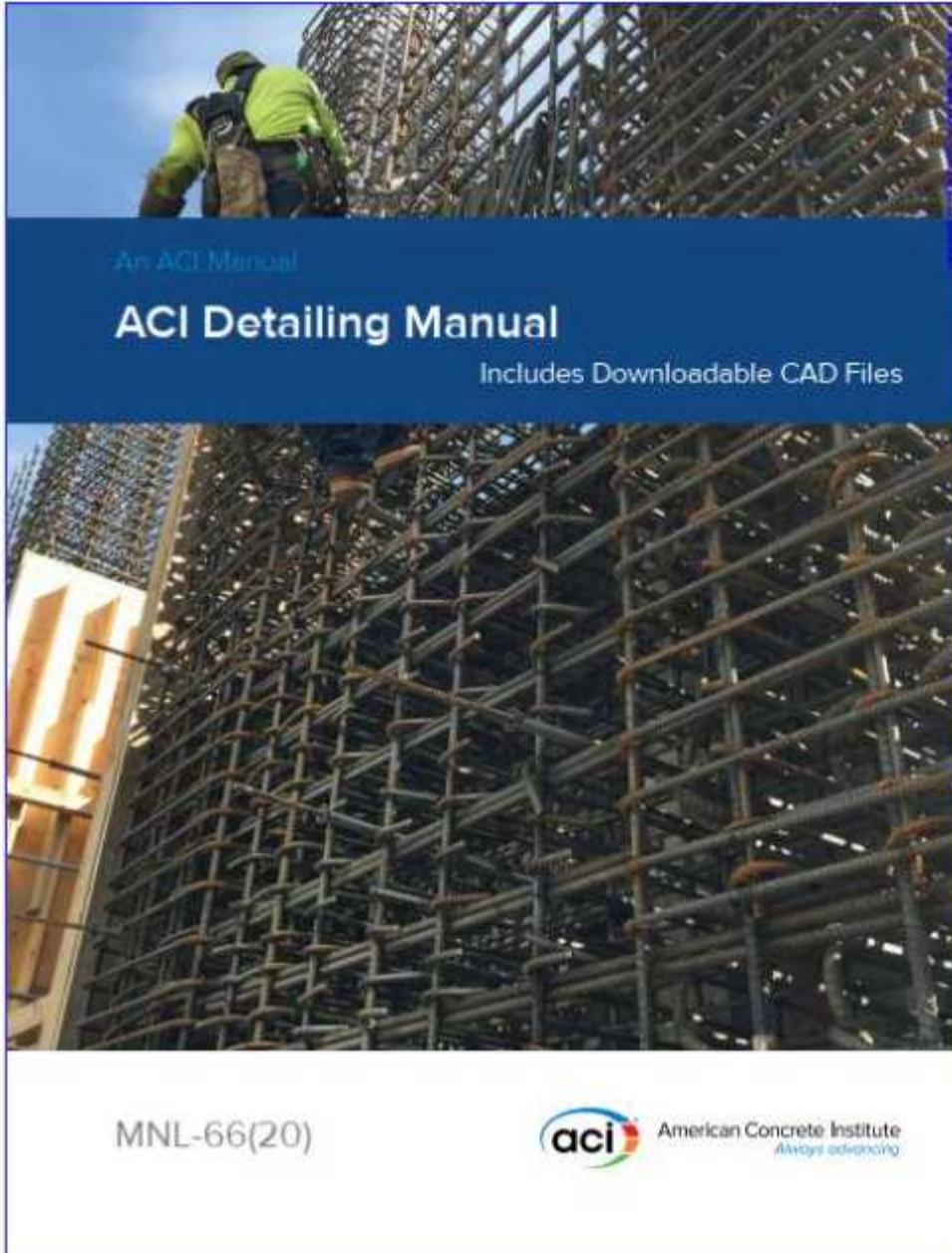
۴- اهم ضوابط لرزه‌ای و آرماتورگذاری قابهای خمیسی تیر - ستونی ویژه

۵- اهم ضوابط لرزه‌ای و آرماتورگذاری دیوارهای برشی (ویژه)، المانهای مرزی

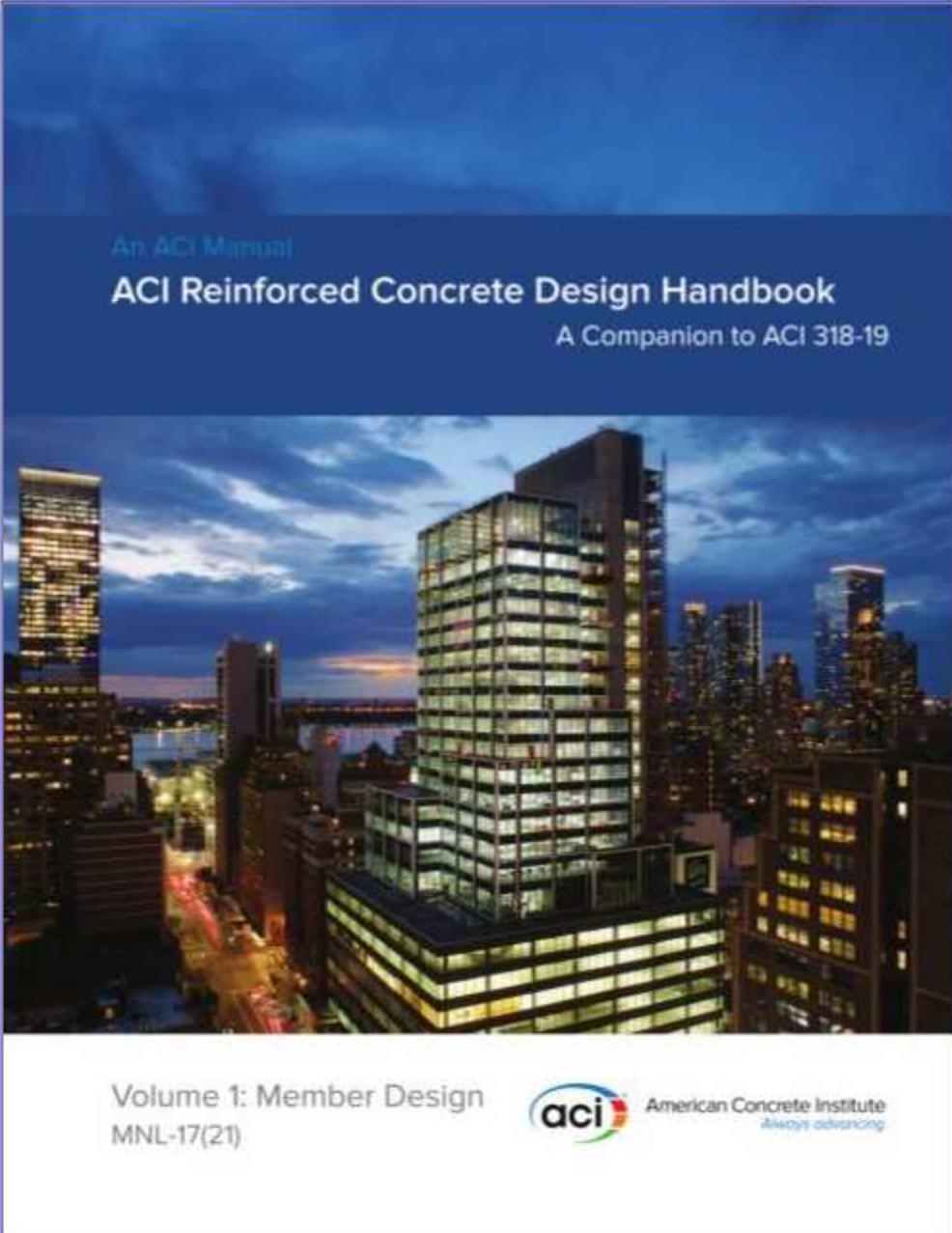
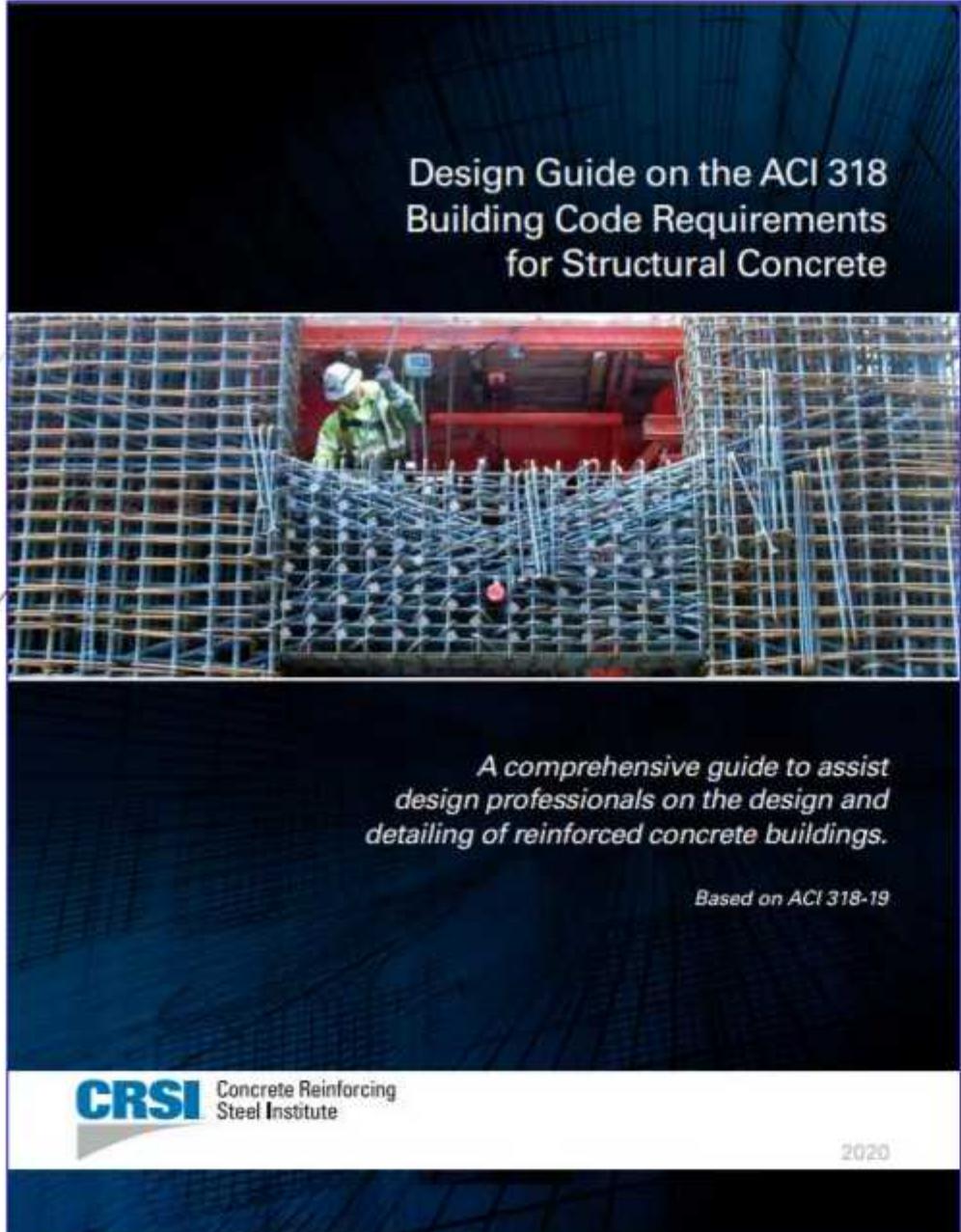


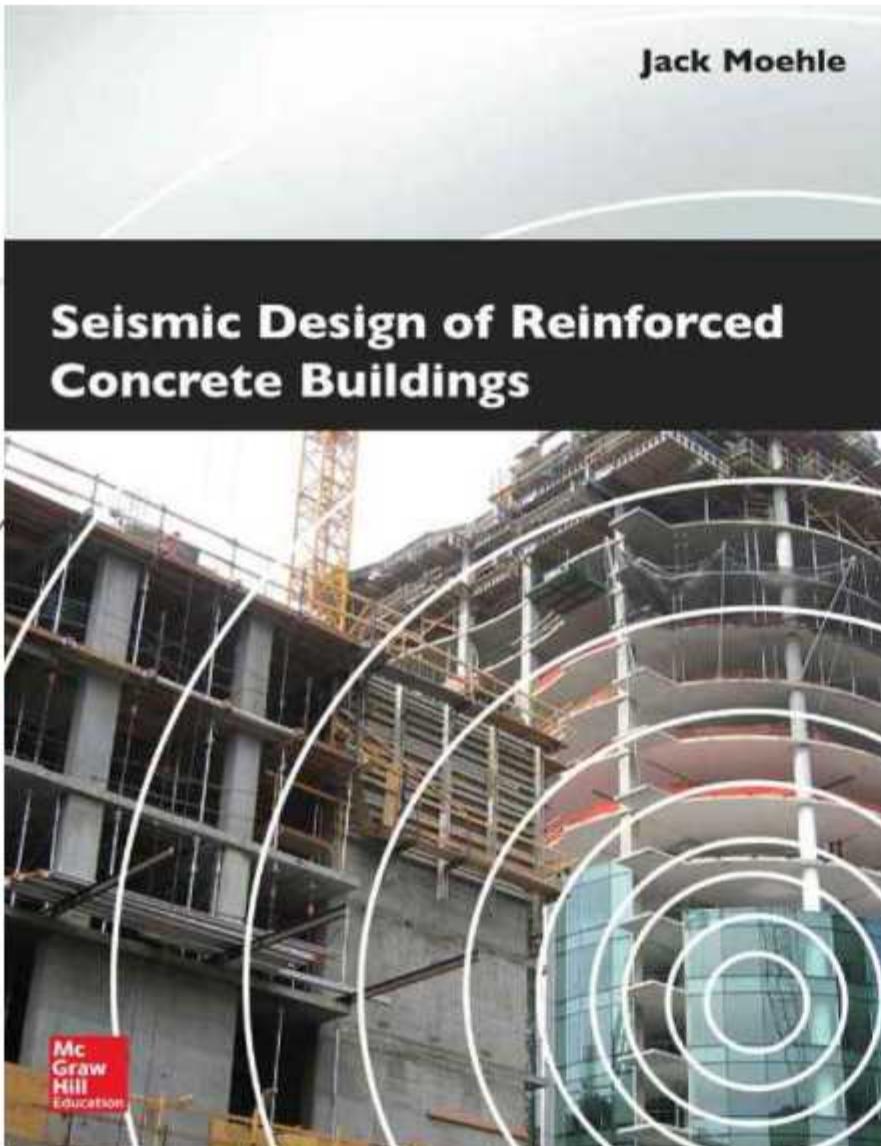


۲۰-۹ - ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله



جزئیاتی برای اجرا که ضوابط لرزه ای آن به فصل
هجدهم ACI 318 - 19 ارجاع شده است.





He has been a member of the ACI 318 Building Code Committee since 1989, chair of ACI 318H (Seismic Provisions) from 1995 to 2014, and is chair of the ACI 318 Building Code Committee for the 2014–2019 code cycle.

NIST GCR 16-917-40



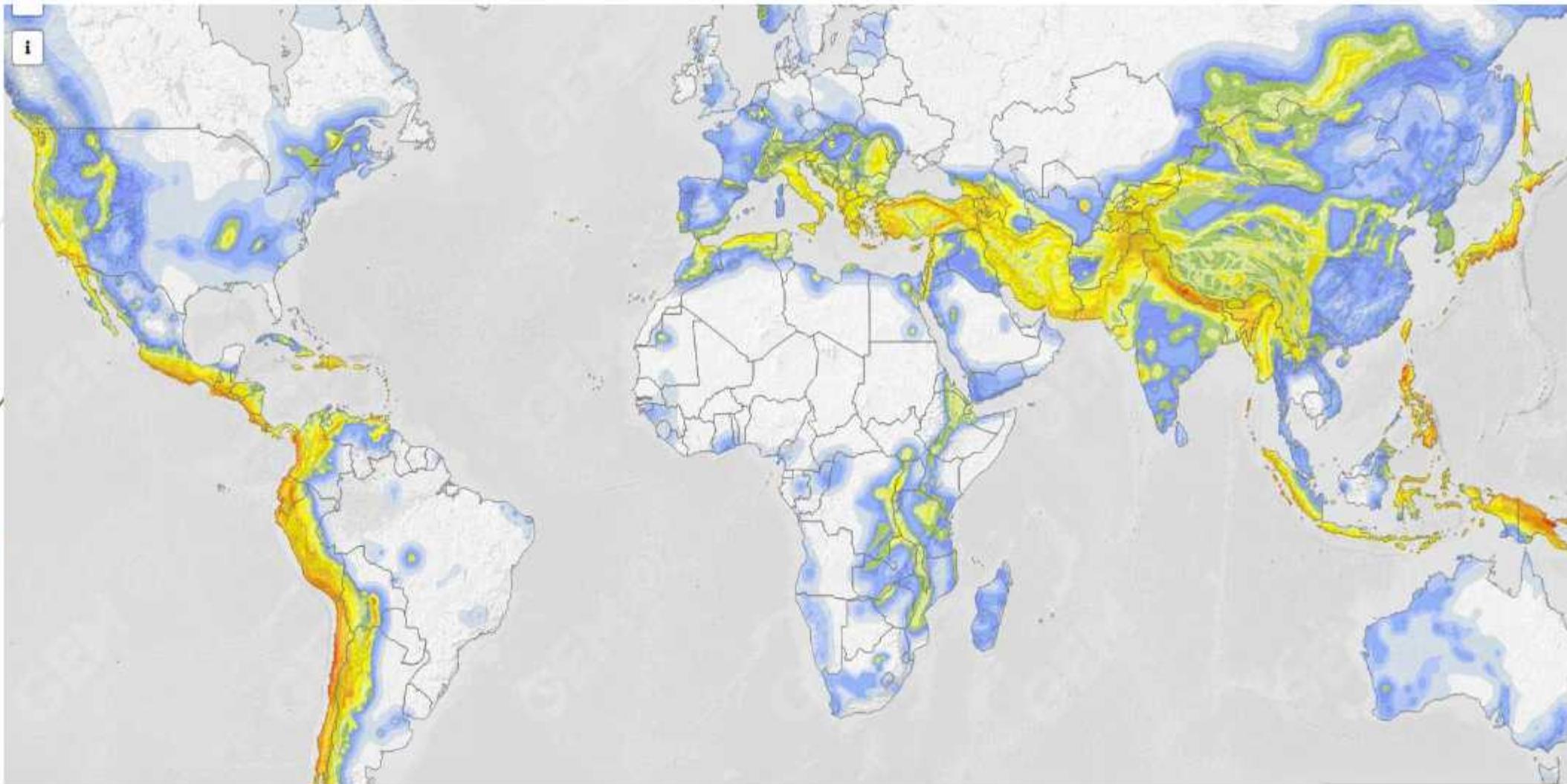
NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 1



Seismic Design of Reinforced Concrete Special Moment Frames
A Guide for Practicing Engineers
SECOND EDITION

Jack P. Moehle
John D. Hooper

چرا طرح لرزه‌ای؟





جدول ۹-۲۰-۱: ضوابط مربوط به سطوح شکل پذیری سیستم های بتن آرمه

سطح شکل پذیری			نوع سیستم
زیاد (ویژه)	متوسط	کم (معمولی)	
۶-۲۰-۹ بند ۹	۵-۲۰-۹ بند ۹	۳-۲۰-۹ بند ۹	قابهای خمشی
۷-۲۰-۹ بند ۹	-	۴-۲۰-۹ بند ۹	دیوارهای سازه‌ای
۸-۲۰-۹ بند ۹	۸-۲۰-۹ بند ۹	-	دیافراگم‌ها و خرپاها
	۹-۲۰-۹ بند ۹		شالوده ها

۱- آیین نامه کانادا

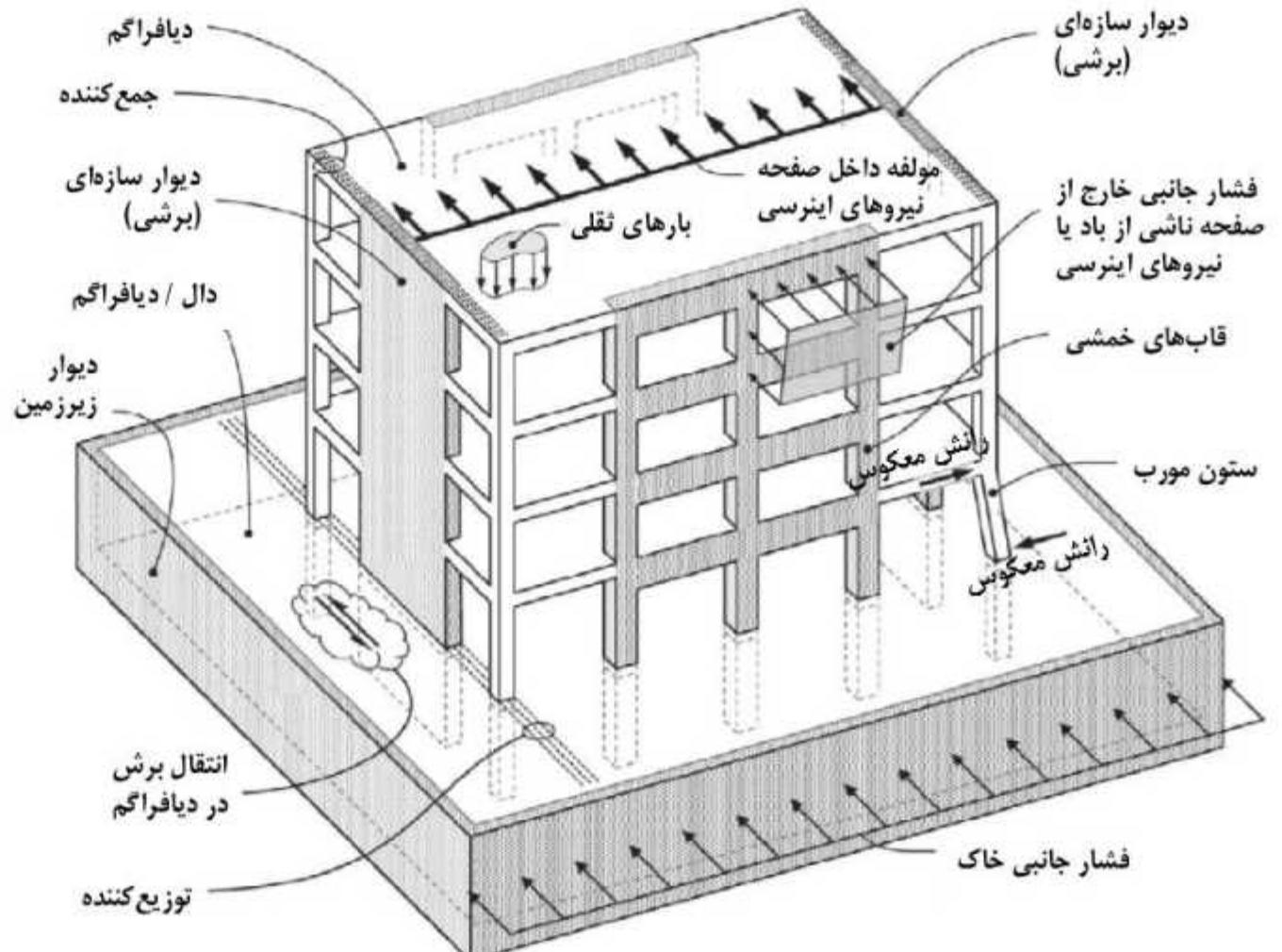
۱-۱- آیین نامه بارگذاری ۲۰۱۵

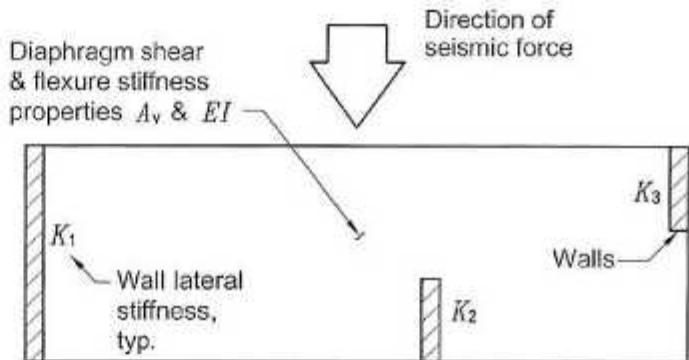
الف- رابطه بار جانبی:

$$V = \frac{S(T_a) M_v I_E}{R_d R_o} W$$

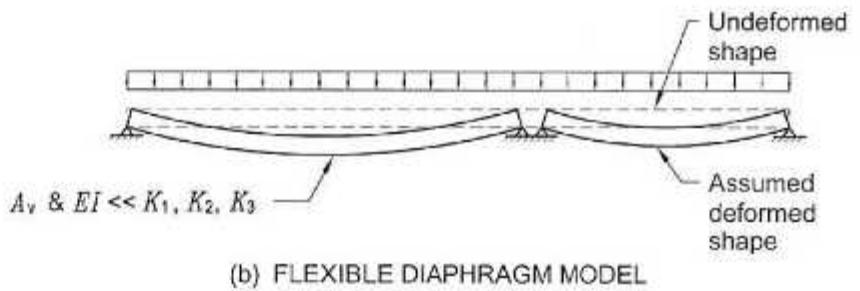
Systems	Rd	Ro	R
Ductile coupled walls	4	1.7	6.8
Ductile partially coupled walls	3.5	1.7	5.95
Ductile shear walls	3.5	1.6	5.6
Moderately ductile-fully coupled shear walls	2.5	1.4	3.5
Moderately ductile-partially coupled shear walls	2	1.4	2.8
Moderately ductile shear walls	2	1.4	2.8

۱۴-۹ - دیافراگم‌ها

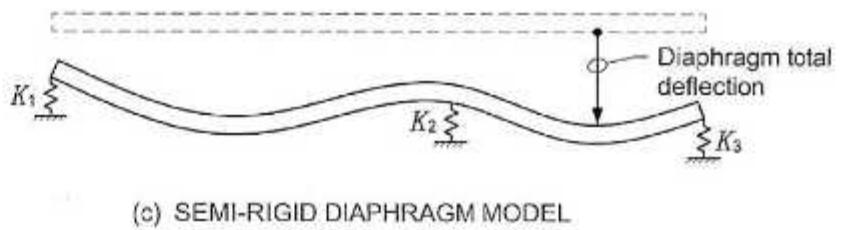




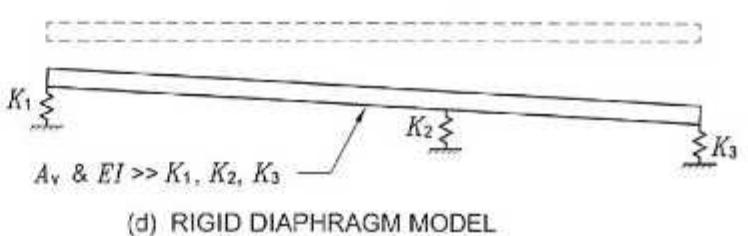
(a) EXAMPLE DIAPHRAGM PLAN



(b) FLEXIBLE DIAPHRAGM MODEL



(c) SEMI-RIGID DIAPHRAGM MODEL



(d) RIGID DIAPHRAGM MODEL

انواع دیافراگم :

در گام اول ارزیابی دیافراگم به بررسی رفتار آن پرداخته می شود. اصولا سه نوع رفتار برای دیافراگم تعریف می شود:

- (d) - رفتار نرم یا انعطاف پذیر (b) - رفتار نیمه صلب (c) - رفتار صلب

ضوابط لرزه‌ای دیافراگم-تفاوت دیافراگم صلب و انعطاف پذیر

۱-۸-۳

ب- در دیافراگم‌هایی که حداقل تغییر شکل افقی ایجاد شده در آنها تحت اثر نیروی جانبی زلزله کمتر از نصف تغییر مکان نسبی متوسط طبقه باشد، دیافراگم صلب تلقی می‌شود. دیافراگم‌های از نوع دال بتنی یا ورق‌های فلزی همراه با بتن‌آرمه رویه دارای نسبت دهانه به عرض ۳ یا کمتر که دارای هیچ‌یک از نامنظمی‌های مندرج در بند ۱-۷-۱) نباشند، ممکن است در این دسته قرار گیرند.

۳- انواع دیافراگم‌ها از نظر صلبیت و انعطاف‌پذیری

نیروی جانبی هر دیافراگم باید بین اجزای قائم سیستم باربری جانبی با توجه به سختی دیافراگم نسبت به سختی اجزای سازه‌ای قائم تقسیم گردد. در واقع اجزای قائم مانند تکیه‌گاه‌های دیافراگم (تیر ورق) عمل می‌نمایند. جامع‌ترین روش تحلیلی برای تعیین نیروهای داخلی دیافراگم‌ها (تلاش‌ها) و توزیع مناسب نیروهای جانبی بین اجزای باربر قائم، مدل نمودن دیافراگم به صورت اجزای محدود (finite elements) همراه با اجزای تیر، ستون و دیوارهای برشی در یک مدل سه‌بعدی کلی است. لیکن به منظور صرفه‌جویی در وقت در دیافراگم‌های متعارفی که قادر بازشوهای بزرگ و نزدیک بهم بوده و دارای پلان نسبتاً منظمی می‌باشند، مطلوب‌تر است از روش‌های ساده‌شده استفاده شود.

پیوست ۴

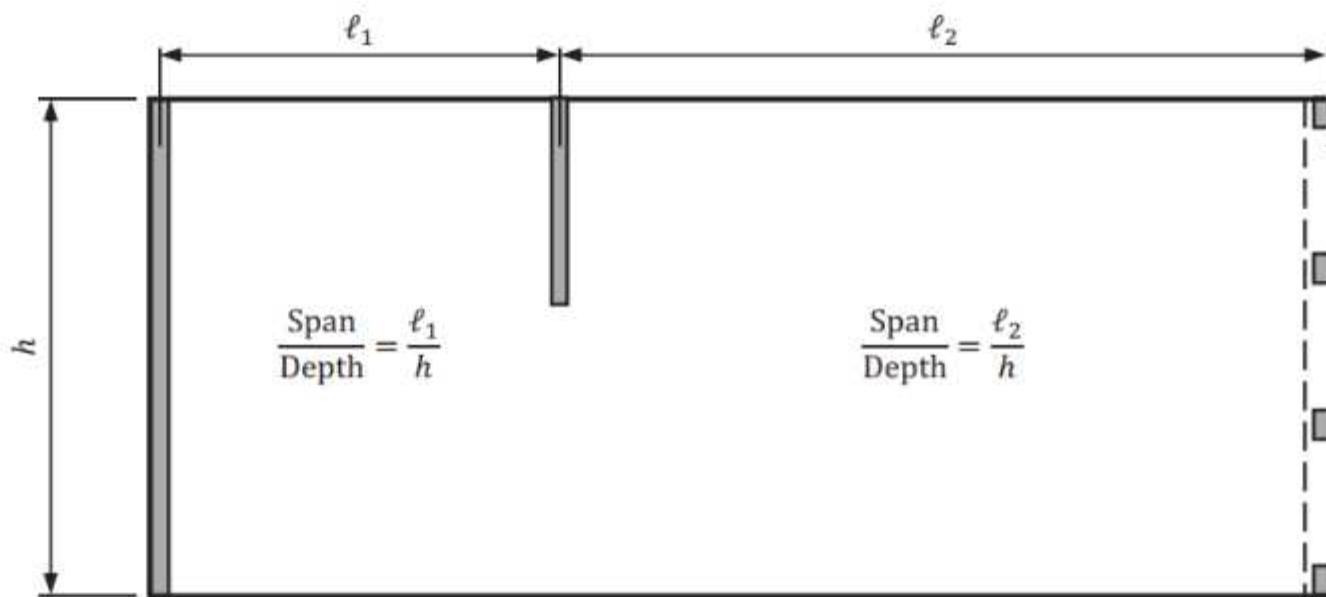
دیافراگم‌ها

Design Guide on the ACI 318 Building Code Requirements for Structural Concrete

CRSI Concrete Reinforcing Steel Institute

- When subjected to lateral seismic forces (ASCE/SEI 12.3.1.2):
 - (a) Span-to depth ratio ≤ 3 and
 - (b) Structure has none of the horizontal irregularities in ASCE/SEI Table 12.3-1

When determining the span-to-depth ratio, the span is equal to the distance between lines of lateral resistance (such as walls and frames) in the direction of analysis (see Figure 9.7). The overall depth of the diaphragm in the direction of analysis is used to determine the span-to-depth ratio.



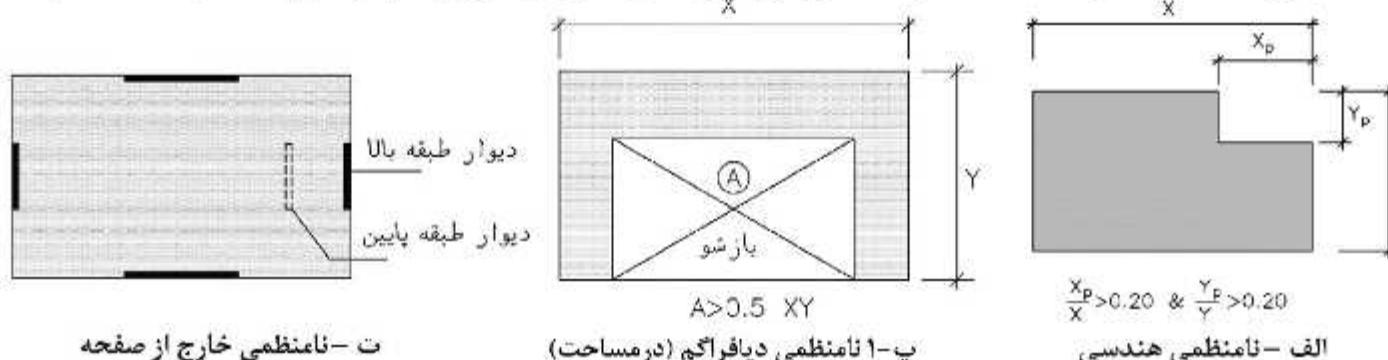
ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

**ASCE/SEI
7-22**

12.3.1.2 Rigid Diaphragm Condition Diaphragms of concrete slabs or concrete-filled metal deck with span-to-depth ratios of 3 or less in structures that do not have a Type 2, 3, 4, or 5 Horizontal Structural Irregularity are permitted to be idealized as rigid.

کجا باید از دیافراگم نیمه صلب استفاده کرد؟

مطابق 16 ATC 72-1 و ASCE7-16 در نامنظمی در پلان با شرایط زیر باید از قیود دیافراگم نیمه صلب استفاده شود:



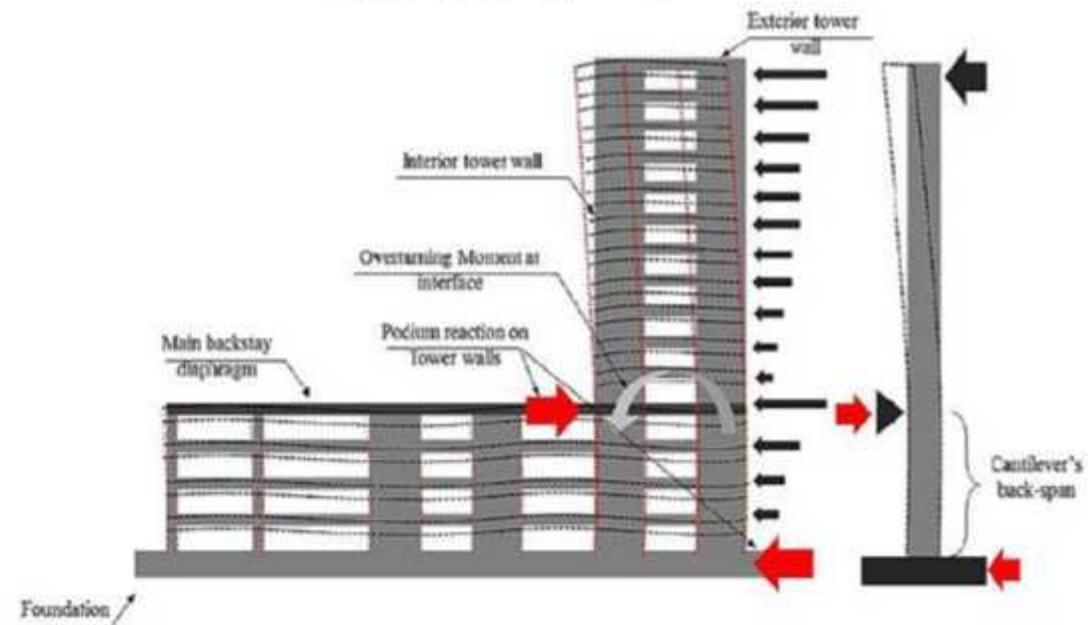
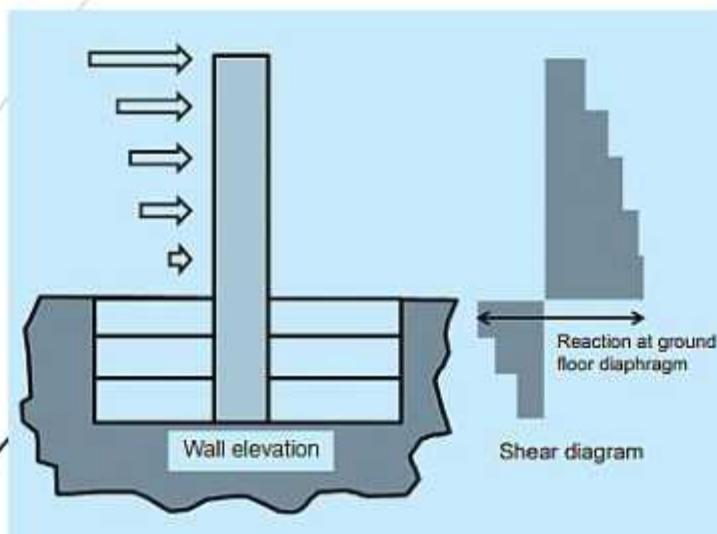
A.6.2 Building Code Requirements

PEER/ATC 72-1

Prior to 2005, building codes did not regulate the choice between diaphragm modeling assumptions. Beginning with ASCE/SEI 7-05 (ASCE, 2006), use of a rigid diaphragm assumption for concrete diaphragms required that no horizontal irregularities be present in the building. Diaphragms in buildings not meeting this requirement must be modeled as semi-rigid.

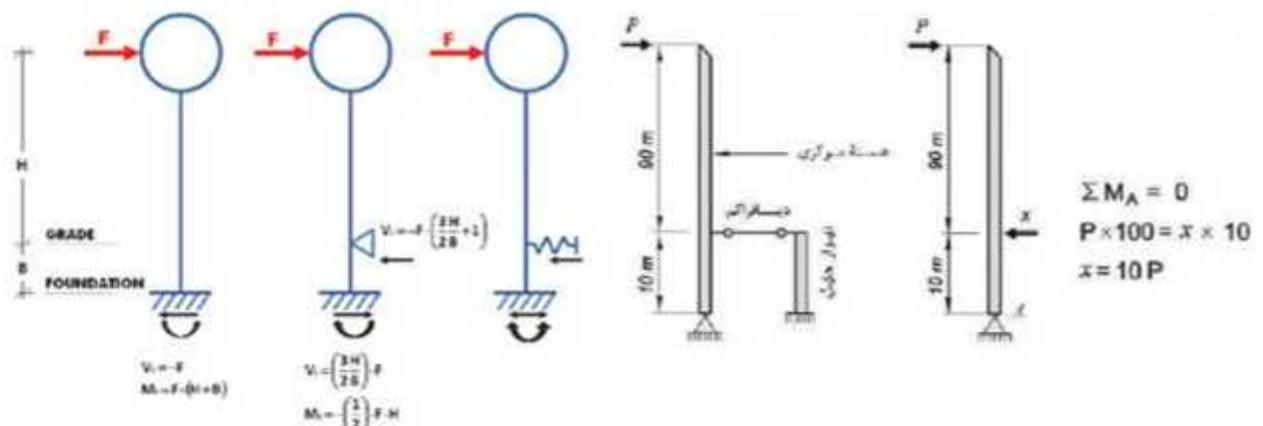
استفاده از قید دیافراگم صلب باعث افزایش قابل ملاحظه برش در دیوار برشی تراز انتقال به پایین می شود. با تغییر قید دیافراگم به نیمه صلب این برش کاهش پیدا کرده اما فشار وارد بر قاب در طبقات بالا بیشتر و دریفت نیز افزایش می یابد.

Backstay effect رانش معکوس



*Basement Modeling in
Tall Buildings*

By Nat Tocci, P.E. and Sanya Levi



ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

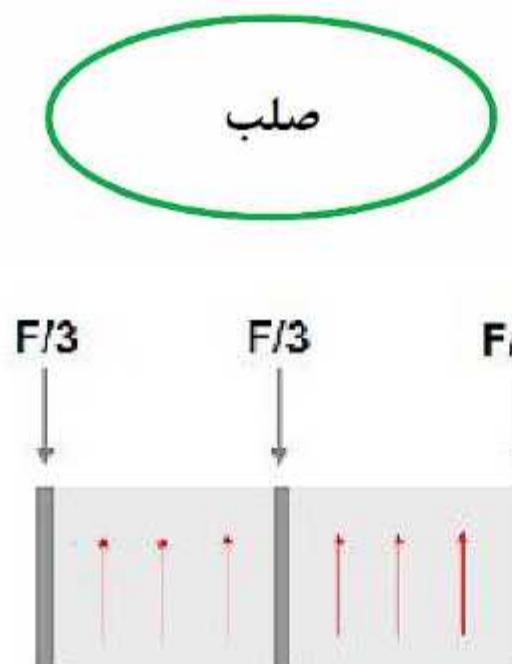
معرفی

دیافراگم، سیستمی افقی یا نزدیک به افقی است که نیروهای اینرسی ایجاد شده در سازه را به اجزای قائم مقاوم در برابر بار جانبی منتقل می‌نماید. این سیستم ممکن است از جان(دال)، جزء لبه، جمع‌کننده و کلاف تشکیل شود.

PEER/ATC 72-1

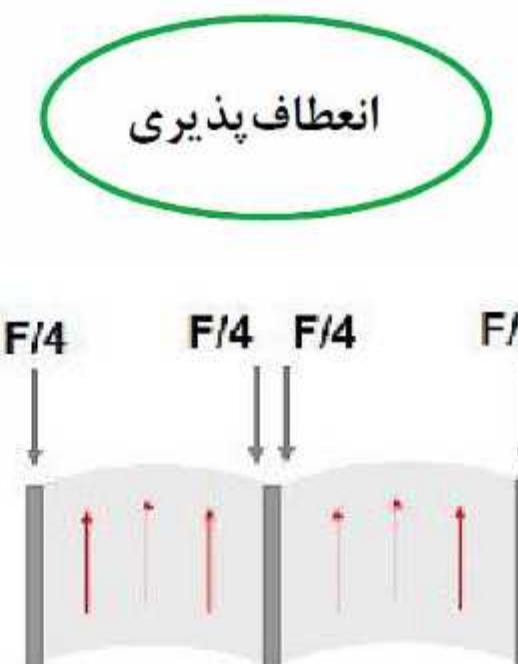
کاربرد	شرح	رابطه	کاربرد	شرح	رابطه
عموماً برای دیافراگم بتن و بتن روی عرضه‌ی فولادی کاربردی نیست. به طور متداول برای دیافراگم‌های چوبی و عرضه‌های فولادی بدون رویه (یعنی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند). عموماً به جای نرم‌افزارهای تحلیل سازه‌ای با محاسبات دستی یا صفحه گستره (مثل اکسل) استفاده می‌شوند.	فرض می‌شود دیافراگم در مقایسه با المان‌های قائم سیستم مقاوم جانبی لرزه‌ای بی‌نهایت انعطاف‌پذیر باشد. دهانه‌های دیافراگم دهانه‌های ساده‌ی بتونی در نظر گرفته می‌شوند و توزیع نیروهای جانبی بین المان‌های قائم بر مبنای جرم مربوطه است.	دیافراگم انعطاف‌پذیر	این فرض متداول ترین رویکرد مدلسازی دیافراگم‌های بتونی و بتون روی عرضه‌ی فولادی می‌باشد. به طور گسترده در نرم‌افزارهای تحلیل سازه‌ای تجاری موجود برای ساختمانها استفاده می‌گردد.	فرض می‌شود دیافراگم در مقایسه با المان‌های قائم سیستم مقاوم جانبی لرزه‌ای بی‌نهایت صلب باشد. توزیع نیروهای جانبی بر مبنای سختی نسبی المان‌های قائم است. اختلافهای بین ساختمانها استفاده می‌گردد.	دیافراگم صلب
در مدل تحلیلی، سختی دیافراگم محدود گنجانده شده است. سختی بر مبنای ضخامت، ابعاد و مشخصات مصالح دیافراگم محاسبه می‌شود. دیافراگم‌ها در آثار backstay مورد استفاده قرار گیرد.	واقعی ترین مدل، اما برای به کار بودن (اعمال)، زمان برتر و دشوارتر. موجود در بعضی نرم‌افزارهای تحلیل سازه‌ای سه بعدی، باید به منظور مدل کردن دیافراگم‌ها در آثار backstay مورد استفاده قرار گیرد.	دیافراگم نیمه‌صلب			

ضوابط لرزه‌ای دیافراگم



RIGID
Center Wall Shear = $F/3$

توزيع به نسبت سختی



FLEXIBLE
Center Wall Shear = $F/2$

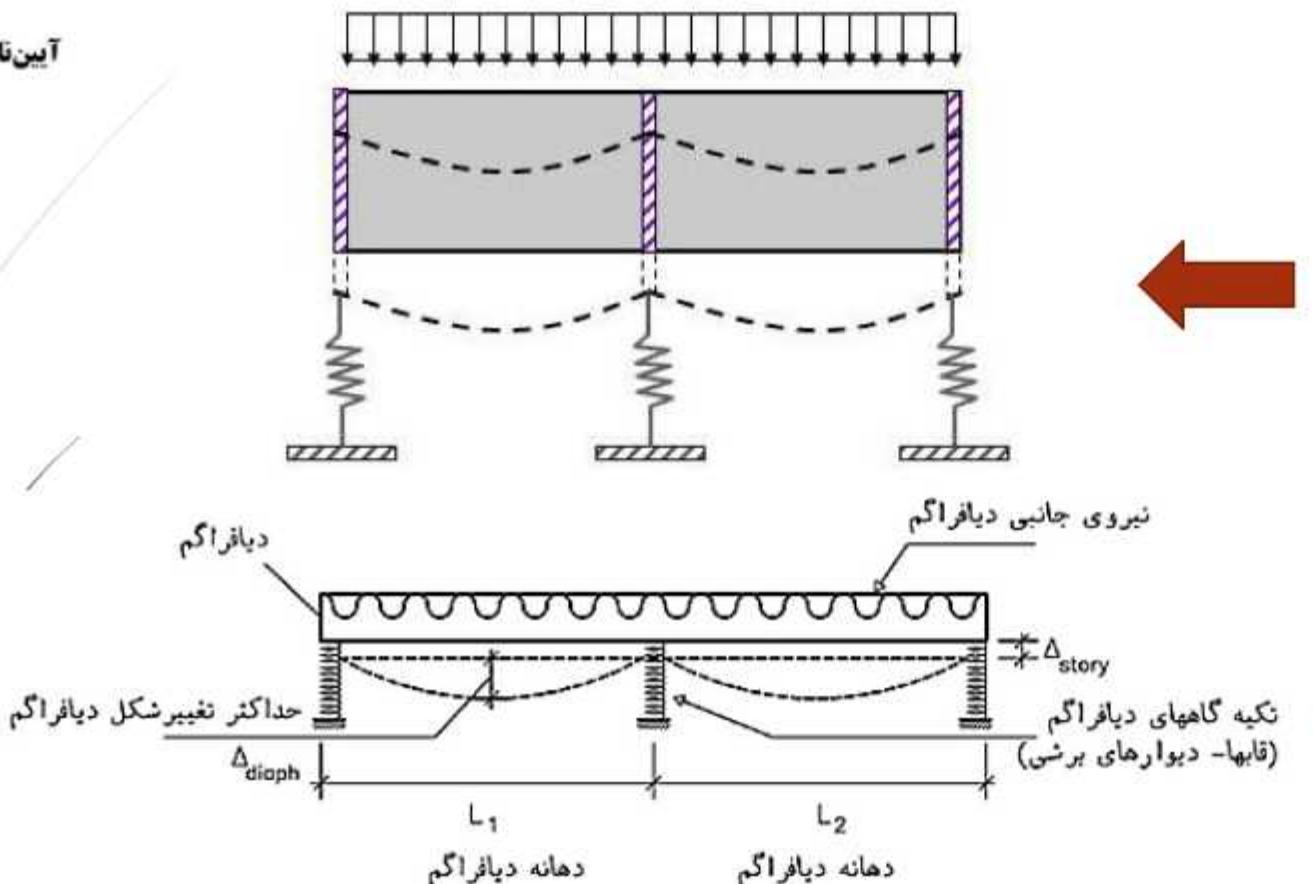
توزيع به نسبت جرم

ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

شرط صلبيت و نحوه محاسبه آن :
 در رو برو پلان يك دیافراگم تحت بار
 جانبی گستره نمایش داده شده است.
 اعضای بار برجانبی (قابهای خمی،
 دیوارهای برشی، مهاربندها) تکیه گاههای
 این سقف هستند که متناسب با سختی
 خود، همانند فنر معادل شده اند: (مقطع
 سقف نیز مانند تیر مدل شده است)

ASCE7

$$\frac{\Delta_{Diaph}}{\Delta_{Story}} < 0.5$$



بر طبق بند (۱-۳-۸) این استاندارد دیافراگم‌ها با توجه به نسبت $\frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}}$ به سه دسته

نرم، نیمه‌صلب و صلب تقسیم می‌شوند.

$$\Delta = \Delta_{diaph} = \text{تغییر مکان نسبی}$$

ضوابط لرزه ای دیافراگم

آین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله

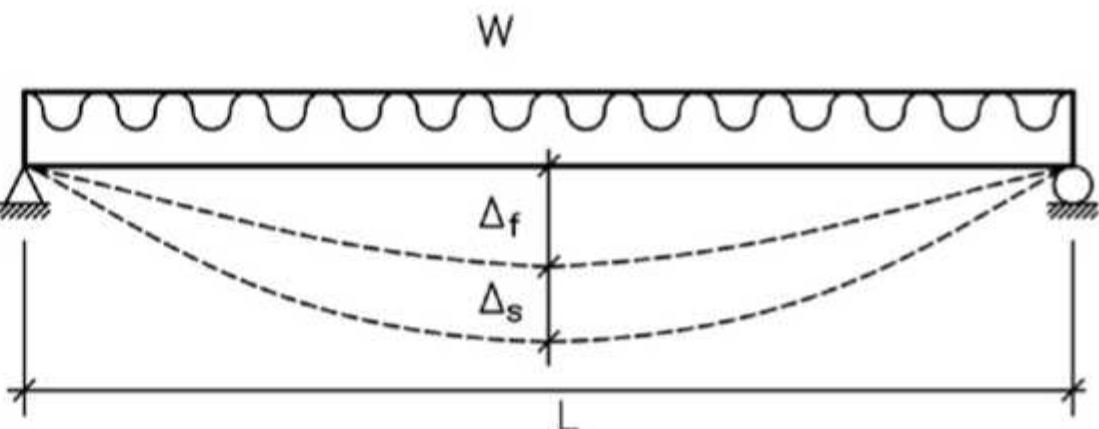
۲۸۰۰

(ویرایش ۴)

پیوست ۴

دیافراگم ها

اگر از تغییر شکل طبقه صرف نظر کنیم، راه حل صلبیت کاهش خیز دیافراگم (Δ_{Diaph}) خواهد بود:



$$\Delta_f = \frac{\alpha w L^4}{384 EI} \quad \text{تغییر شکل خمی}$$

$$\Delta_s = \frac{\alpha w L^4}{\gamma A G} \quad \text{تغییر شکل برشی}$$

w : بار گسترده یکنواخت

E : مدول ارتجاعی ماده

I : گشتاور ماند مقطع

α : ضریب فرم

A : سطح مقطع کل دیافراگم

G : مدول برشی بتن

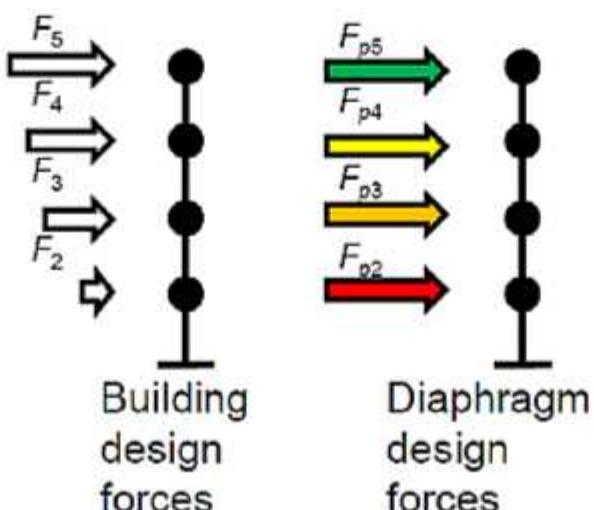
w : بار جانبی یکنواخت

نیروی طراحی دیافراگم : ۱۴-۹-۴-۲-۴ طراحی دیافراگم و اجزاء تشکیل‌دهنده آن از جمله جمع‌کننده‌ها، فارغ از عملکرد صلب یا انعطاف‌پذیر آن، ضروری است.

12.10.1.1 Diaphragm Design Forces

Floor and roof diaphragms shall be designed to resist design seismic forces from the structural analysis, but shall not be less than that determined in accordance with Eq. 12.10-1 as follows:

$$(15-۳) \quad F_{px} = \frac{\sum_{i=x}^n F_i}{\sum_{i=x}^n w_i} w_{px} \quad (12.10-1)$$



نکته: (اگر یک دیافراگم وجود داشته باشد)

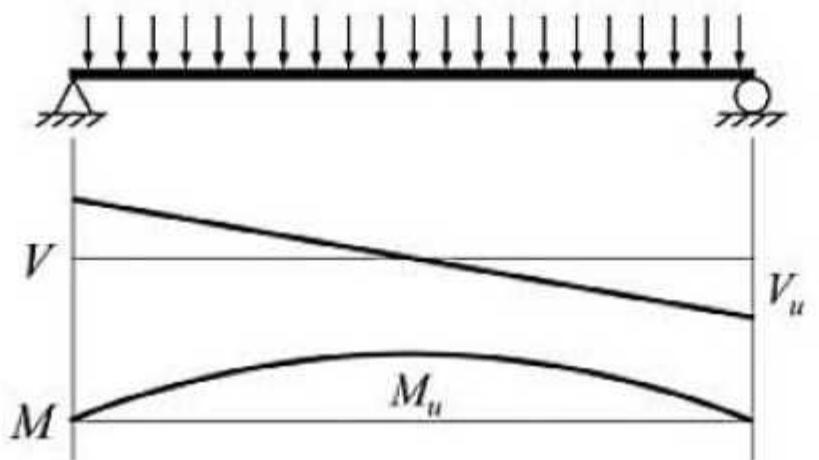
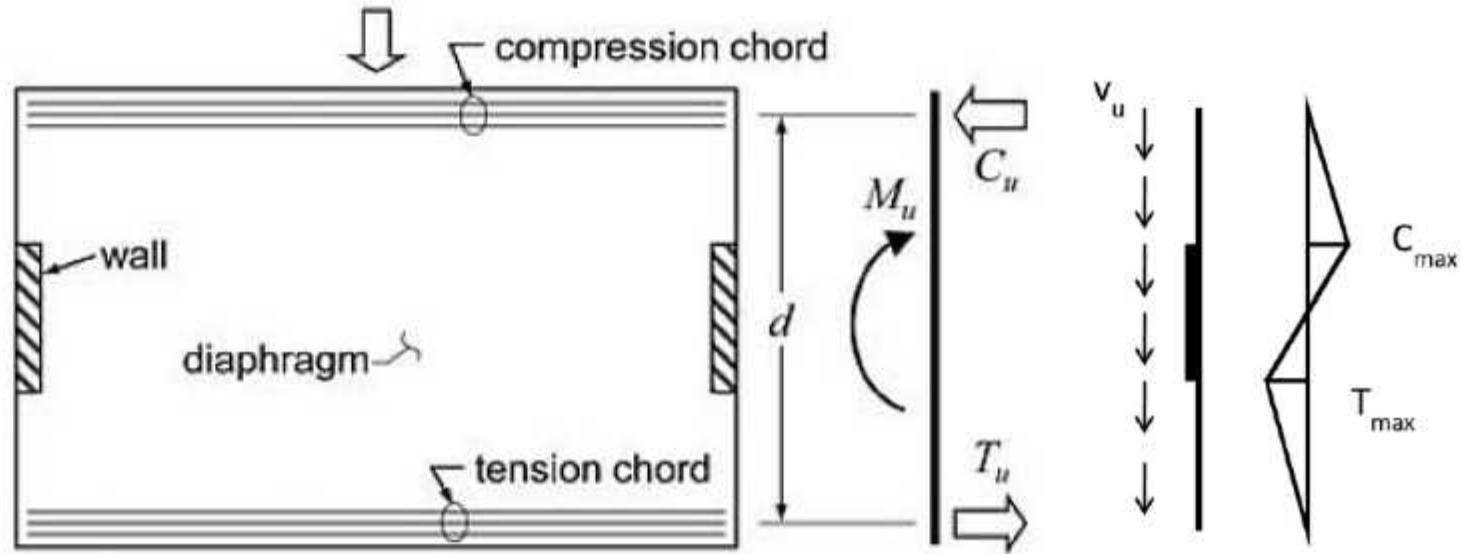
۱- بیشترین نیروی وارد بر دیافراگم در تراز بام و برابر نیروی جانبی بام است.

۲- کمترین نیروی وارد بر دیافراگم برابر با C.W1 در پایین ترین تراز است.

نکته:

این نیرو ترکیبی از طبقه (شتاب) پاسخ طبقه (فصل چهارم ۲۸۰۰) و شکل‌پذیری تقریبی سازه در هر مد (یا کل سازه) است.

ضوابط لرزه‌ای دیافراگم



ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

اجزای تشکیل‌دهنده دیافراگم شامل موارد زیر می‌باشد:

- **دال (بدنه دیافراگم)**

دال‌ها سیستم‌های پوشش کف هستند که عمدتاً برای تحمل بارهای ثقلی به کار بردہ می‌شوند. علاوه بر آن، دال‌ها می‌توانند با عملکرد میانصفحه‌ای، نیروهای ایجاد شده در سازه را از یک جزء قائم مقاوم جانبی به اجزای دیگر منتقل نمایند و همچنین به عنوان مهاربندی خارج از صفحه برای سایر بخش‌های ساختمان عمل نمایند.

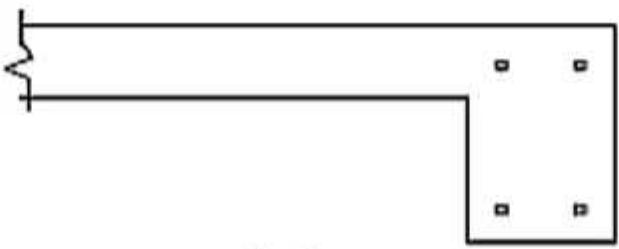
جان یا دال دیافراگم می‌تواند از نوع بتنی درجا، بتنی پیش‌ساخته، کف‌فلزی بدون پوشش یا با پوشش، خرپای فولادی یا طاق ضربی باشد.

- **تیر لبه (Chord) – عملکرد و نیروها**

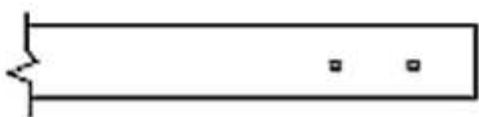
همانگونه که از نام آن روشن است، تیرهایی هستند که در لبه‌های بیرونی دال و لبه بازشوهای داخلی اجرا می‌گردند. این تیرها با هدف تأمین ظرفیت خمشی داخل صفحه دیافراگم در راستای اعمال نیرو می‌باشد. جزئیات عملکرد این اعضا در حین زلزله در شکل زیر نشان داده شده است.

ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

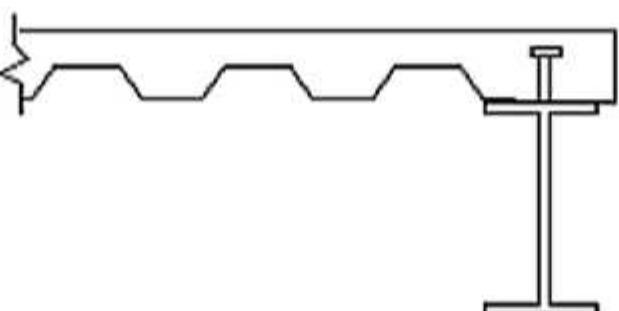
أنواع تير لبه به قرار زير است :



تیر کناری



لبه دال



تیر همبند

نکته:

برای انتقال نیروهای محوری در طول لبه تیر لازم است اولاً برابر کشش موجود، میلگرد طولی قرار داده شود، ثانیاً چنانچه فشار موجود (بدون ضریب اضافه مقاومت) از $0.2f'_c$ بیشتر شود می‌باشد خاموت گذاری انجام شود.

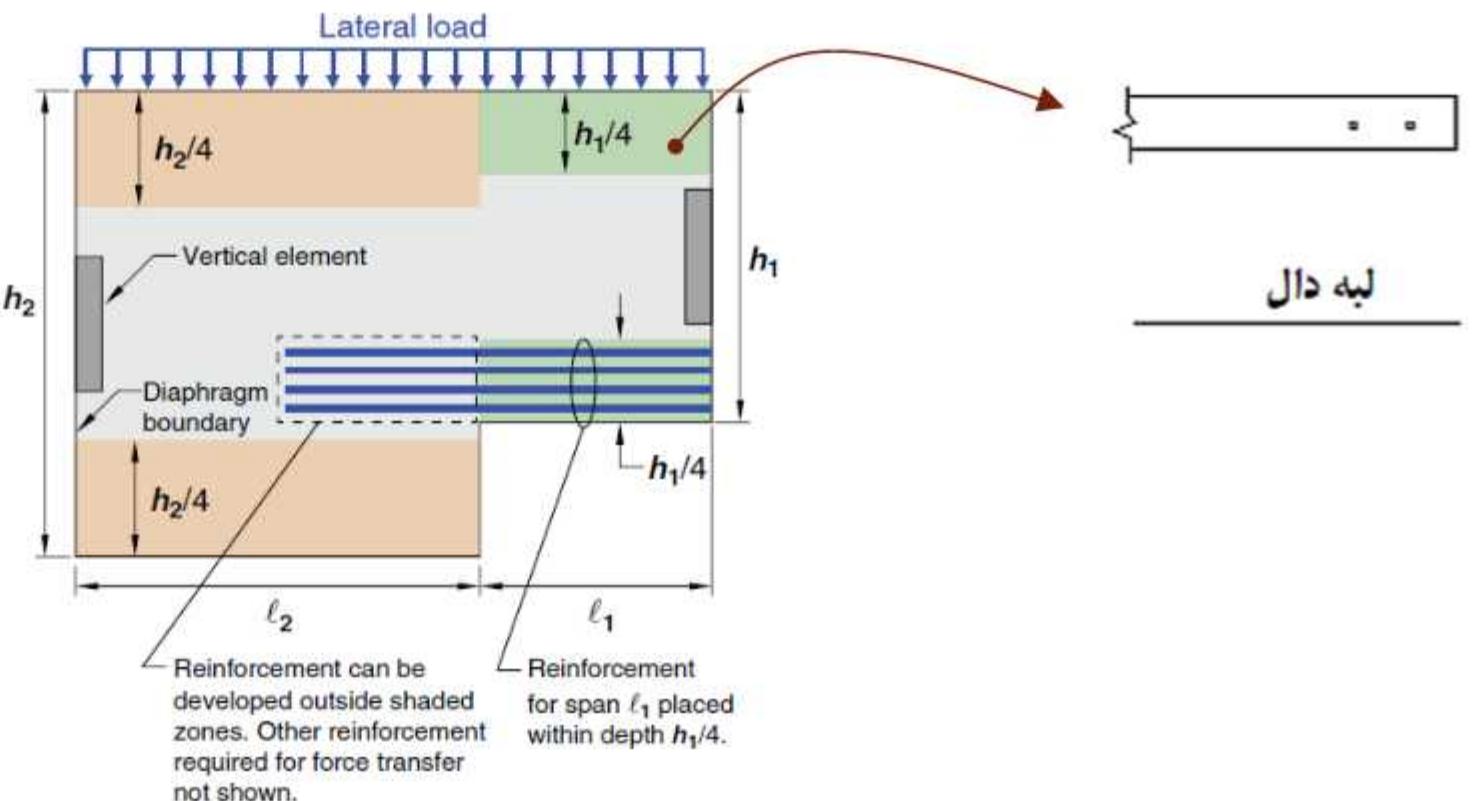
(۹-۸-۷-۵)

ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

۱۴-۹-۳-۲-۵ آرماتورها و اتصال دهنده‌های مکانیکی که برای تحمل کشش ناشی از خمسن به کار برد می‌شوند، باید در

محدوده $\frac{h}{4}$ از لبه کششی دیافراگم تعییه شوند. مقدار h برابر با عمق دیافراگم است که در صفحه دیافراگم و در مقطع

مورد نظر اندازه‌گیری می‌شود. چنانچه عمق دیافراگم در طول دهانه تغییر پیدا کند، لازم است آرماتورها در بخش‌هایی از دیافراگم که در مجاورت مقطع مورد نظر قرار گرفته ولی در محدوده $\frac{h}{4}$ قرار ندارد، مهار شوند.

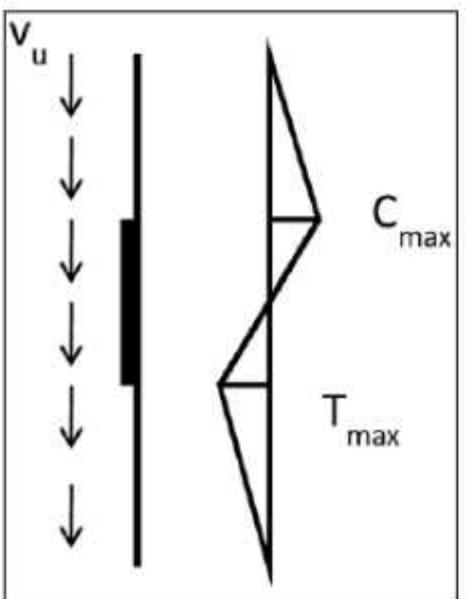


ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

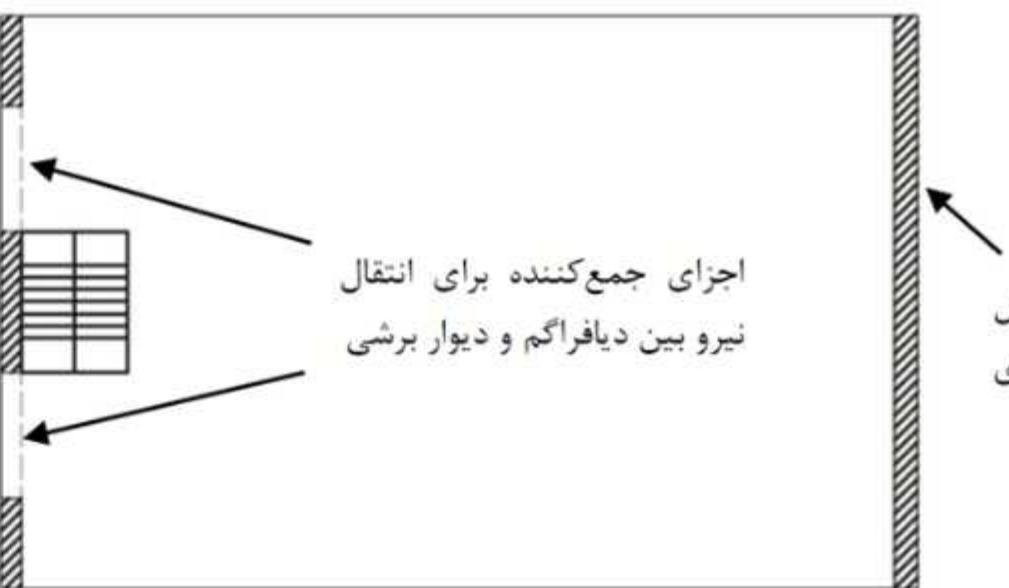
- جمع کننده (Collector) - عملکرد و نیروها

جمع کننده‌ها رابط بین اعضای باربر جانبی و دال سقف می‌باشند. نیروی جانبی زلزله در بدنه دیافراگم (به خصوص زمانیکه دهانه دیوار جابجا شود و یا امکان انتقال نیرو به دیوار به طور مستقیم از محل اتصال به دیوار امکان پذیر نباشد) توسط این اعضا از نقاط مختلف دیافراگم به سیستم باربر جانبی منتقل می‌گردد. همچنین اگر دیوارهای پیرامونی حائل وجود داشته باشد نیاز به توزیع کننده – توزیع نیرو از دیوار به دیافراگم- خواهد بود.

(برشگیر)



دیوار
برشی در
 محل پله



اجزای جمع‌کننده برای انتقال
نیرو بین دیافراگم و دیوار برشی

دیوار برشی کامل
بدون نیاز به اجزای
جمع‌کننده

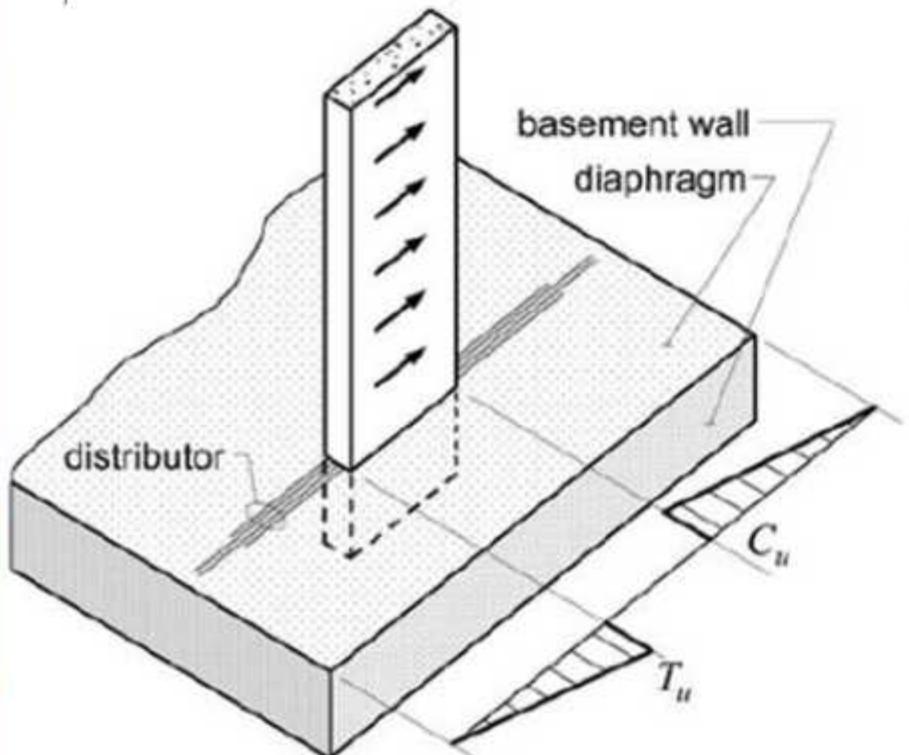
ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

۲-۱-۵-۱۴-۹ مقاومت طراحی دیافراگم

پ- در مواردی که دیافراگم به روش اجزای محدود مدل شده باشد، مقاومت طراحی باید مطابق با ضوابط فصل ۸ تعیین شود. توزیع غیر یکنواخت برش باید در طراحی برشی مورد توجه قرار گیرد. در این موارد، پیش بینی جمع کننده‌ها برای انتقال برش به اجزای قائم سیستم باربر جانبی الزامی است.

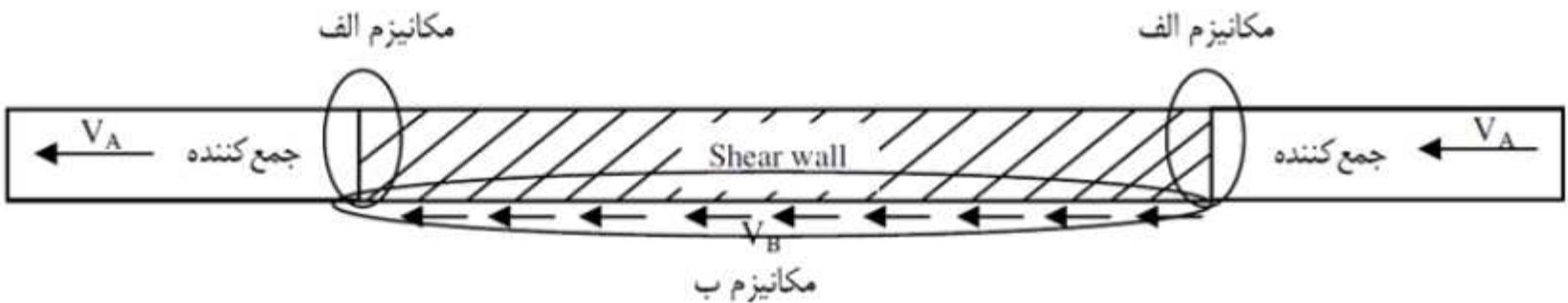
جريان برش در محور (امتداد) اعضای باربر جانبی باعث پدید آمدن نیروهای محوری در اعضای این محور (و برش در لبه دال مجاور) می‌شود که مسیر انتقال برش دیافراگم به اعضای باربر جانبی هستند. جزئیات عملکرد این اعضا در حین زلزله در شکل فوق نشان داده شده است. در اینجا نیز مانند لبه تیر، باید میلگرد طولی برای کشش و نیز خاموت به منظور شکلپذیری در فشار برای جمع کننده‌ها طراحی نمود.

در حالت کلی دو مکانیزم برای انتقال برش موجود در دیافراگم به سیستم مقاومت جانبی متصور می‌باشد:



ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

الف. انتقال مستقیم نیرو از طریق لبه‌های ابتدایی و انتهایی دیوار (محل اتصال دیوار و جمع کننده‌ها) به وسیله ایجاد کشش و فشار در جمع کننده‌ها ب. انتقال برش به دیوار از طریق مکانیزم برش اصطکاکی در محل تماس دیافراگم و دیوار. بهتر است حداقل یک دهانه و یا ۷,۵ متر (بزرگترینشان) برای کنترل ترک خوردگی در اطراف دیافراگم و دیوار. لبه دیوار از جمع کننده استفاده شود!



مکانیزم انتقال برش از دیافراگم به دیوار برشی

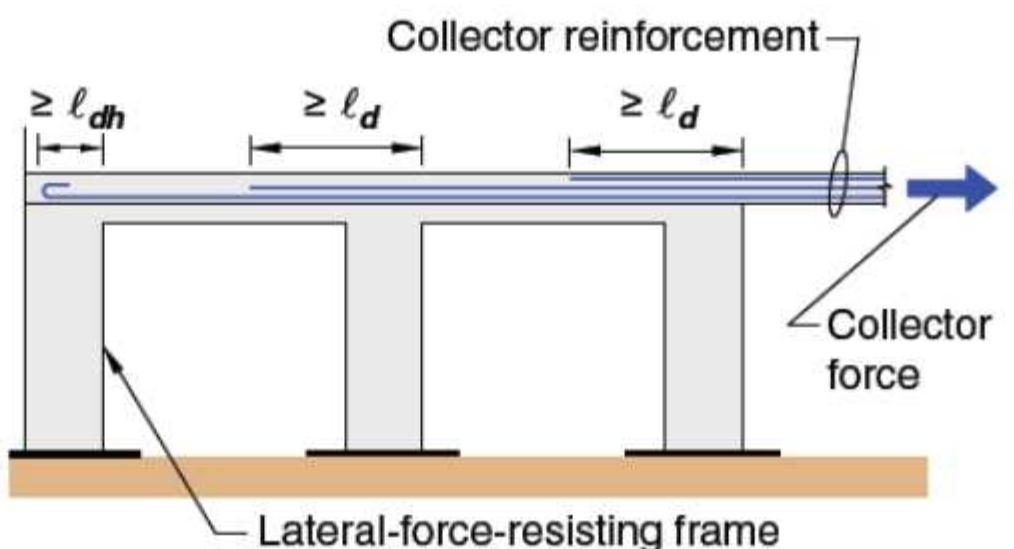
چنانچه روش ب به تنها ی میسر نباشد (و یا برای احتیاط) می‌توان از روش الف و یا ترکیب هر دو روش استفاده نمود. در صورت وجود تیر در امتداد مهاربند یا دیوار برشی این اعضا جمع کننده بوده د غیر ایتصورت لبه دال این وظیفه را انجام خواهد داد. متذکر می‌شود این اعضا برای زلزله تشدید یافته (با ضریب Ω) طراحی می‌گردند.

ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

۱۴-۵-۳-۴ در صورتی که یک جمع کننده برای انتقال نیروها به یک عضو قائم طراحی شود، آرماتورهای جمع کننده باید در طولی بیشتر از آنچه در بندهای (الف) و (ب) آمده است، در عضو قائم باربر جانبی امتداد یابند:

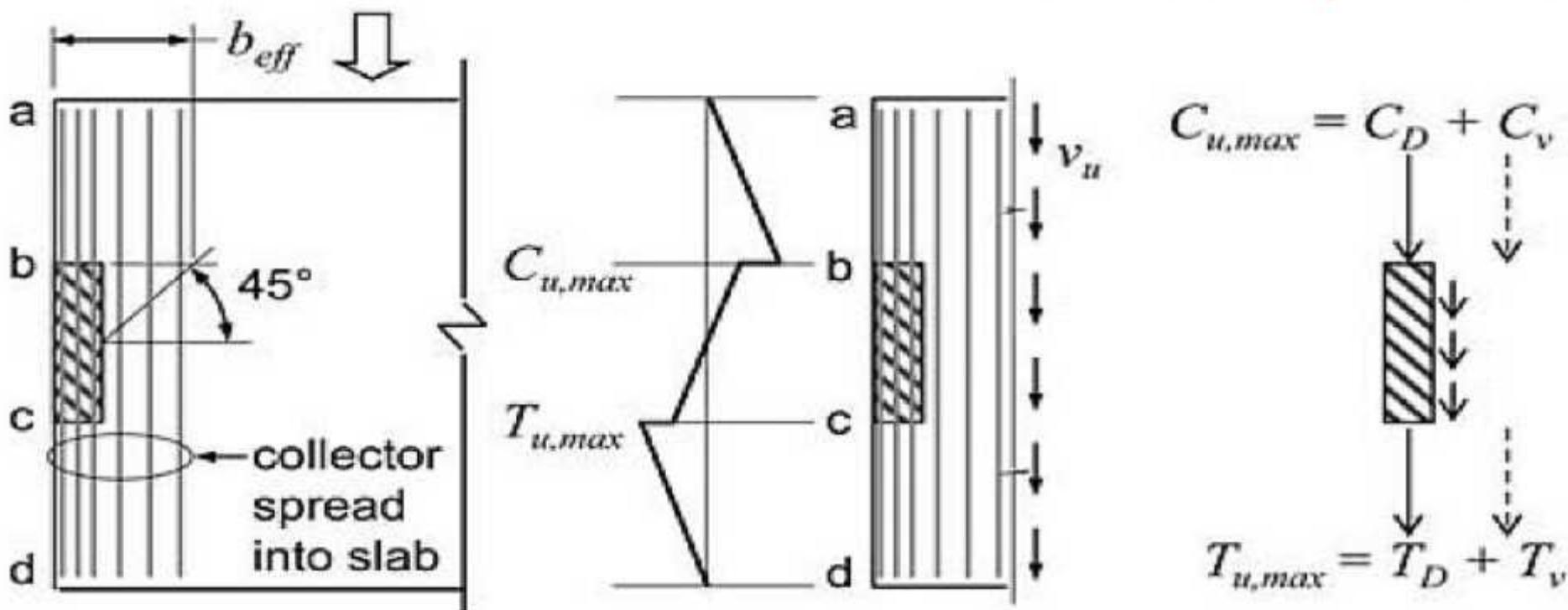
الف- طول مورد نیاز برای گیرایی آرماتور در کشش.

ب- طول مورد نیاز برای انتقال نیروهای طراحی به اعضای قائم، از طریق برش اصطکاکی (مطابق بند ۸-۸-۹)، در اتصال دهنده‌های مکانیکی یا سایر ساز و کارهای انتقال نیرو.



ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

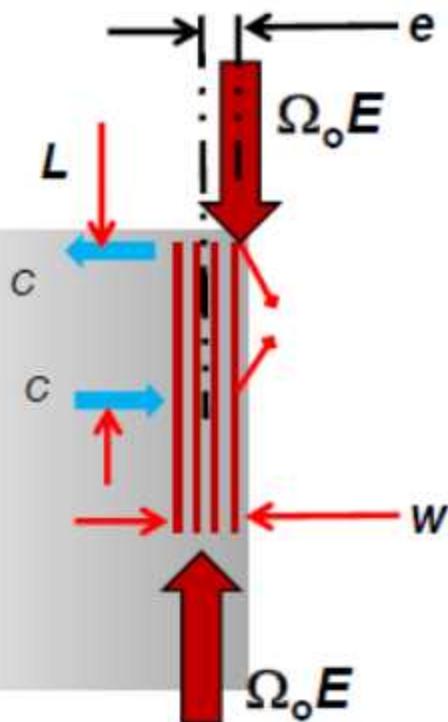
در این حالت (عرض جمع کننده بیشتر از دیوار مثلا در دالهای تخت) نیروی های C_V و T_V به علت **خروج از محوریت دیوار**، باعث وجود آمدن یک **لنگر اضافه** نیز در طول دیوار می شوند:



لذا یک سری **میلگرد خمشی** موازی با میلگردهای اصطکاکی در ابتدا و انتهای دیوار برای مقابله با این لنگر (شکل بعد) نیز مورد نیاز است.

ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

توزيع نیرو



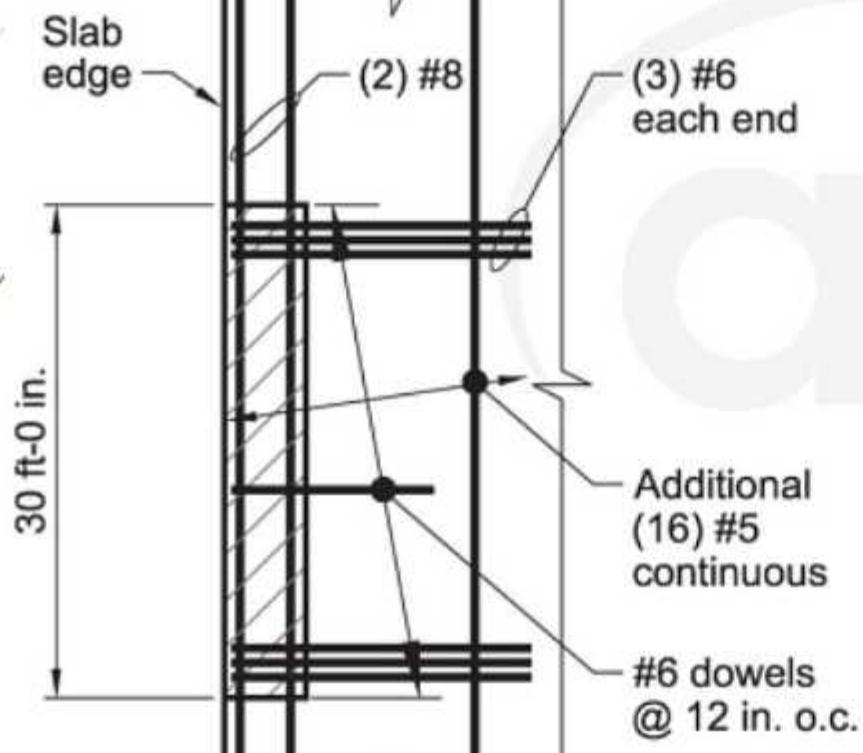
$$\Omega_0 E / A = \leq 0.5 f_c' \\ (\text{unconfined concrete})$$

$$\Omega_0 E / (wt) = \leq 0.5 f_c' \\ w \geq \Omega_0 E / (0.5 f_c' t)$$

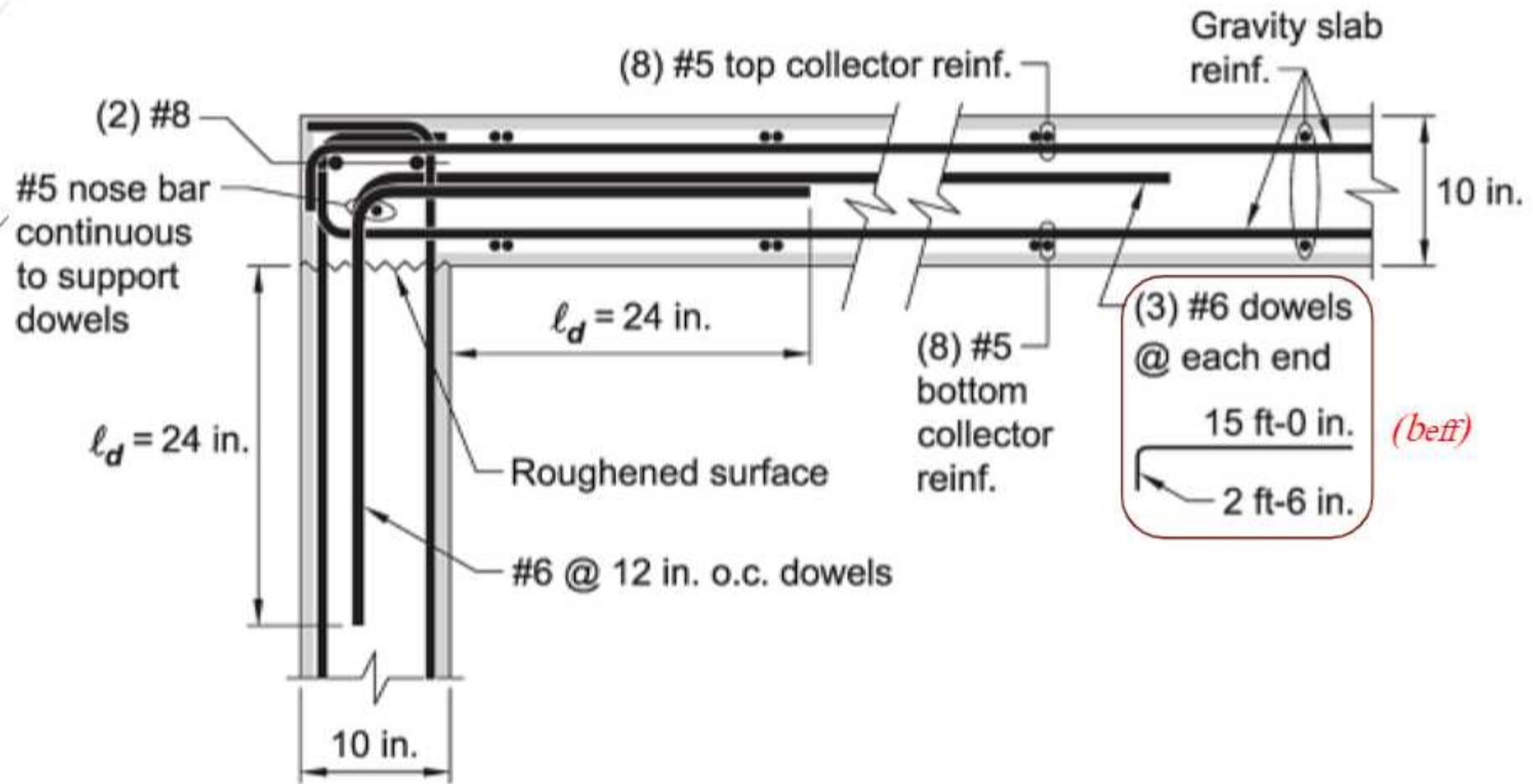
$$e = w/2$$

Local chord force:
 $C = e (\Omega_0 E) / L$

توزيع آرماتور



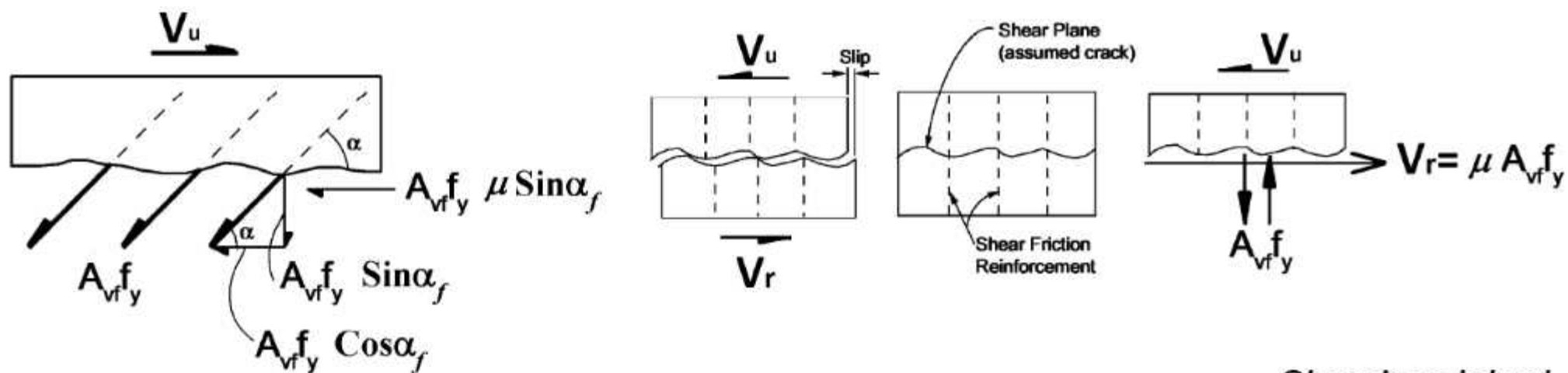
ضوابط لرزه‌ای دیافراگم



ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

۸-۳-۵-۱۴-۹ در کلیه‌ی دیافراگم‌ها، در مواردی که برش از دیافراگم به جمع کننده، و یا از دیافراگم یا جمع کننده به یک عضو قائم از سیستم برابر جانبی منتقل می‌شود، باید ضوابط بندهای (الف) یا (ب) برآورده شوند:

الف- در مواردی که انتقال برش از طریق بتن صورت می‌گیرد، باید ضوابط برش- اصطکاک مطابق بند ۸-۸-۹ رعایت شوند.



ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

۸-۸-۹ مقاومت برش اصطکاکی

۰/۷۵

$\phi V_n \geq V_u$

آرماتور برش-اصطکاک عمود بر صفحه برش باشد

$V_n = \mu A_{yf} f_y$

سطح مقطع آرماتور برش-اصطکاک در صفحه مورد نظر برای تحمل برش

آرماتور برش-اصطکاک نسبت به صفحه برش مورب بوده و نیروی برشی سبب ایجاد کشش در فولادها شود

$V_n = A_{yf} f_y (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)$

زاویه بین آرماتور برش-اصطکاک

μ	شرایط سطح تماس
1.4λ	بتن ریخته شده به صورت یک پارچه
1.0λ	بتن قرار گرفته در مجاور بتن سخت شده که تمیز و عاری از لایه ضعیف بوده، و به عمق تقریبی ۶ میلی متر مضرس شده باشد.
0.6λ	بتن قرار گرفته در مجاور بتن سخت شده که تمیز و عاری از لایه ضعیف بوده، و به صورت عمدی زبر نشده باشد.
0.7λ	بتن قرار گرفته در مجاور فولاد ساختمانی نورد شده، که تمیز و عاری از رنگ بوده، و انتقال برش توسط گل میخ یا میلگرد آجدار جوش شده یا سیم های جوش شده انجام می شود.

بخش ۲-۳-۹ تعیین می‌شود؛ ولی نباید از ۸۵٪ پیش‌تر باشد.

الف- برای بتن معمولی که به طور یک پارچه و یا در مقابل بتن سخت قبلی ریخته شده و عمداً به عمق تقریبی ۶ میلی متر مضرس شده باشد، باید از کمترین مقادیر زیر استفاده نمود:

ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

۴۷-۸-۹

$$V_n \leq \text{Min} \begin{cases} 0.2f'_c A_c \\ (3.3 + 0.08f'_c)A_c \\ 11A_c \end{cases}$$

A_c سطح مقطع بتنی که در انتقال برش مقاومت می‌کند

$$V_n \leq \text{Min} \begin{cases} 0.2f'_c A_c \\ 5.5A_c \end{cases}$$

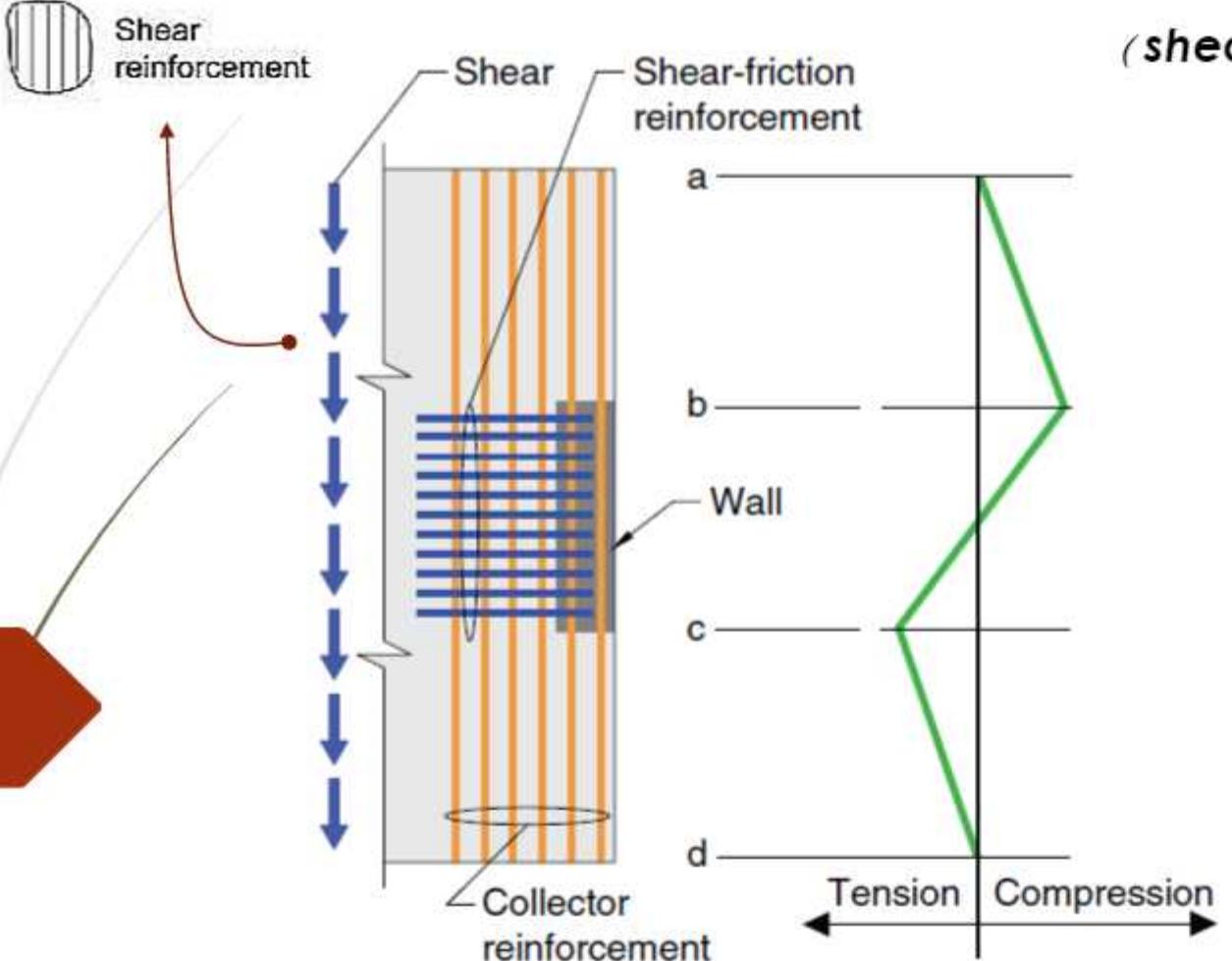
ب- در سایر موارد؛ کمترین از مقادیر زیر:

۳-۱-۸-۸-۹ مقدار f'_c مورد استفاده برای محاسبه برش اصطکاکی اسمی V_n ، بر اساس حدود ارائه شده در فصل ۴-۹ نباید از حد اکثر ۴۲۰ مگاپاسکال بیشتر شود.

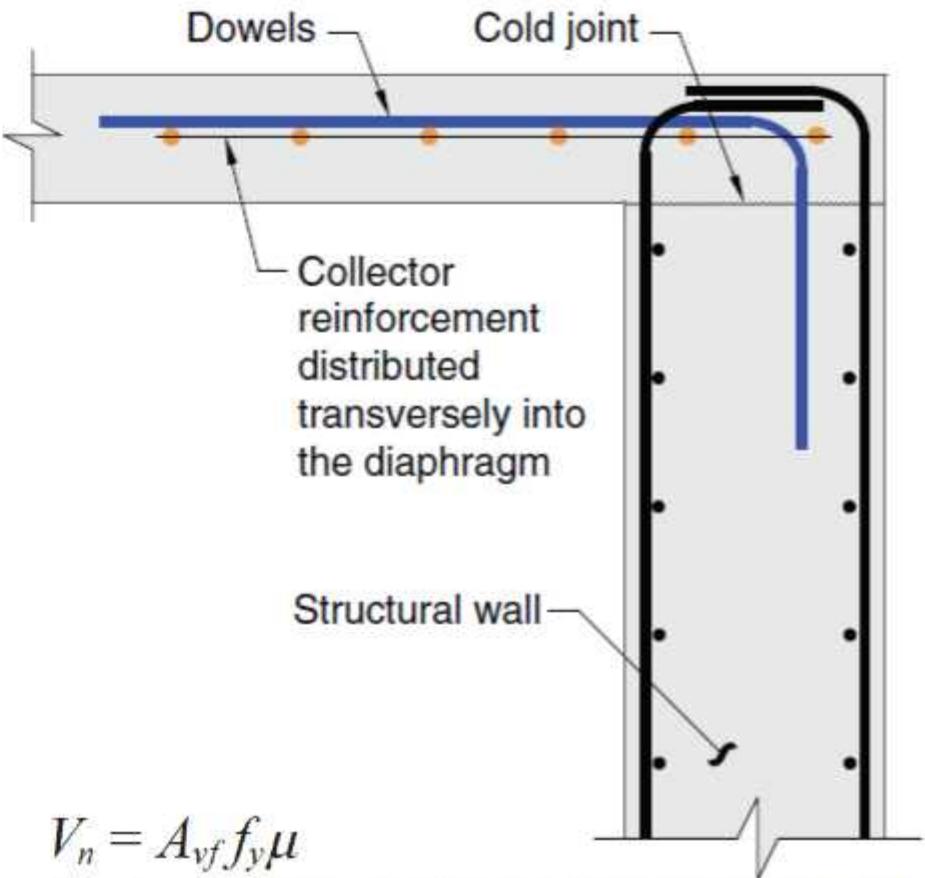
۴-۲-۸-۸-۹ در مواردی که صفحه‌ی برش زیر اثر نیروی فشاری دائمی قرار دارد، می‌توان نیروی اصطکاک ناشی از آن را به مقاومت اسمی V_n اضافه کرد و به این ترتیب آرماتور برش اصطکاکی A_{vf} را کاهش داد.

۵-۲-۸-۸-۹ در مواردی که صفحه‌ی برشی زیر اثر نیروی کششی قرار دارد، آرماتور لازم برای تحمل بار کششی را باید به آرماتور A_{vf} لازم برای تحمل برش اضافه کرد.

ضوابط لرزه‌ای دیافراگم

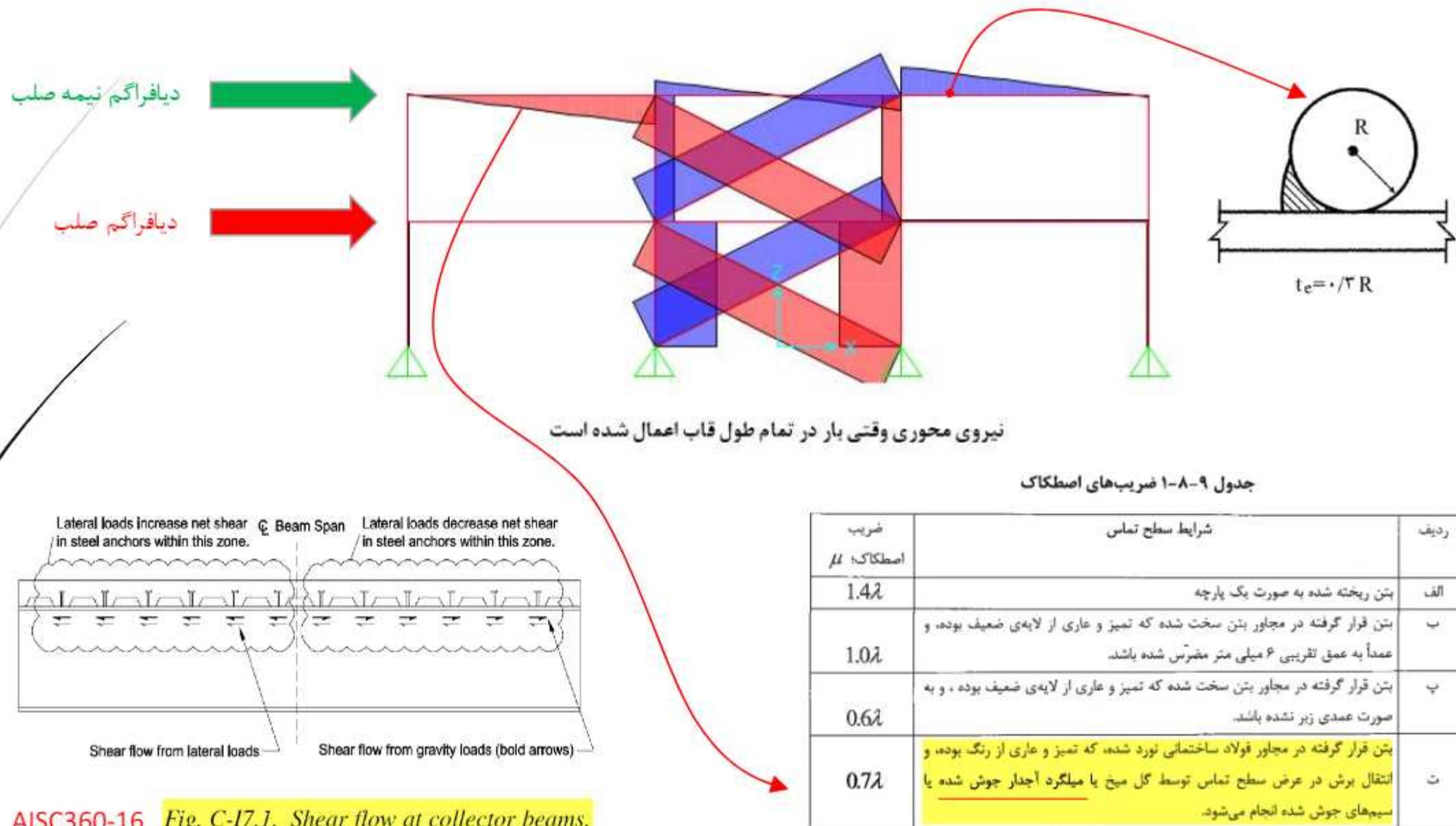


(shear friction reinforcement) میلگرد دوخت



$$V_n = A_{vf} f_y \mu$$

A_{vf} refers to the distributed vertical reinforcement in the wall web; in a wall with boundary elements, A_{vf} can be conservatively calculated as if the distributed vertical web reinforcement continues uninterrupted into the boundary elements.



ضوابط لرزه‌ای

نوع میلگرد

محدودیت استفاده از میلگرد **A4** در سیستم سازه‌ای با شکل پذیری ویژه برداشته شده است.

* طبق اصلاحیه شماره یک مبحث نهم ۹۲ استفاده از میلگردهای **A4** با تنש تسلیم ۵۰۰ و ۵۲۰ مگاپاسکال به جز در دیوارهای برشی ویژه و قاب‌های خمشی ویژه، در صورت احراز شرایط (شکل پذیری روی ۵ برابر قطر حداقل ۱۶٪ باشد و در تولید آن از شمش با کربن بالا استفاده نشده باشد) مجاز بود.

* طبق جدول ۴-۹-۴ مبحث نهم ۹۹، استفاده از میلگردهای با تنش تسلیم حداکثر ۵۵۰ مگاپاسکال در قاب‌های لرزه‌ای ویژه (خمش، نیروی محوری، حرارت، برش) مجاز است.



ضوابط لرزه‌ای

جدول ۳-۴ کاربرد آرماتورهای آجدار طولی و عرضی

نوع میلگرد

کاربرد	محل مورد استفاده	برای کاربرد در محاسبات (مگاپاسکال) (۱)	نوع آرماتور	ملاحظات
پیچش	قاب‌ها لرزه‌ای ویژه	۵۵۰	حداکثر مقدار زیر یا زیر مجاز	سیم‌های آجدار
	تمام اجزای دیوارهای لرزه‌ای ویژه	۵۵۰		زندگانی آجدار
	سایر موارد	۵۵۰		همه رده‌های آجدار
	سیستم‌های ویژه لرزه‌ای	۷۰۰		
	دوربین‌ها	۷۰۰		
	سایر موارد	۵۵۰		همه رده‌های آجدار
	قاب‌ها لرزه‌ای ویژه	۵۵۰		
	تمام اجزای دیوارهای لرزه‌ای ویژه	۵۵۰		همه رده‌های آجدار
	دوربین‌ها	۴۲۰		
	برش اصطکاک	۴۲۰		
	خاموت‌ها، بست‌ها، تنگ‌ها	۴۲۰		همه رده‌های آجدار
	آرماتورهای طولی و عرضی	۴۲۰		

ضوابط لرزه‌ای قلابهای دوخت

۹-۲-۲-۶-۲-۲-۶ قلابهای دوخت باید شرایط زیر را تامین کنند.

الف- سنجاقی باید یک پارچه باشد.

ب- یک انتهای سنجاقی باید دارای قلاب لرزه‌ای بوده، و انتهای دیگر آن باید دارای قلاب با زاویه‌ی حداقل ۹۰ درجه باشد.

پ- قلاب باید در برگیرنده‌ی میلگرد طولی پیرامونی مقطع باشد.

ت- انتهای با خم ۹۰ درجه‌ی دو سنجاقی متواالی که میلگرد طولی را در بر می‌گیرند، باید به طور

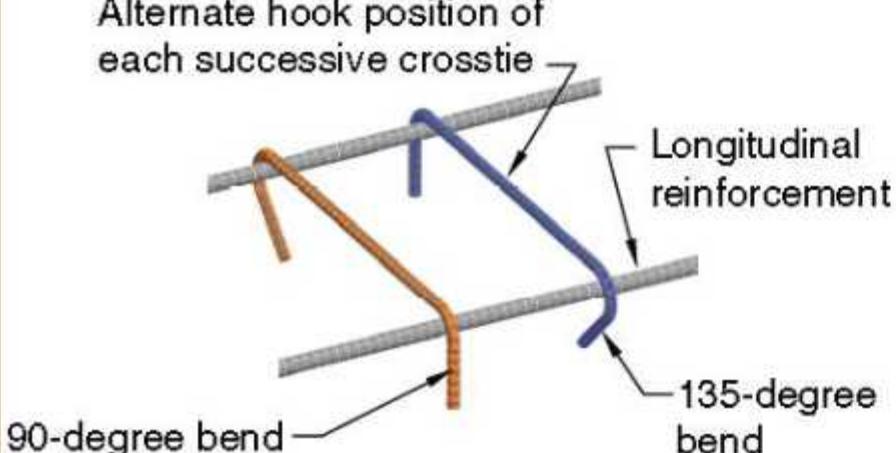
یک در میان در وجود مقاطع قرار گیرند؛ مگر آن که ضوابط بند ۷-۱-۶-۲۱-۹ یا

۹-۲-۳-۶-۲-۶ تامین شوند.

قلاب با خم ۱۳۵ درجه و با بیشتر بر روی
حاموت‌ها، دورگیرها و با سنجاقی‌ها، با طول
مسفیم بعد از خم حداقل ۶ برابر قطر و با ۷۵
میلی‌متر قلابهای متعلق به دورگیرهای دارهای
می‌توانند خم ۹۰ درجه با بیشتر داشته باشند.
قلابهای لرزه‌ای باید آرماتورهای طولی را در بر
گیرید و طول مستقیم آن‌ها را به داخل باند

seismic hook

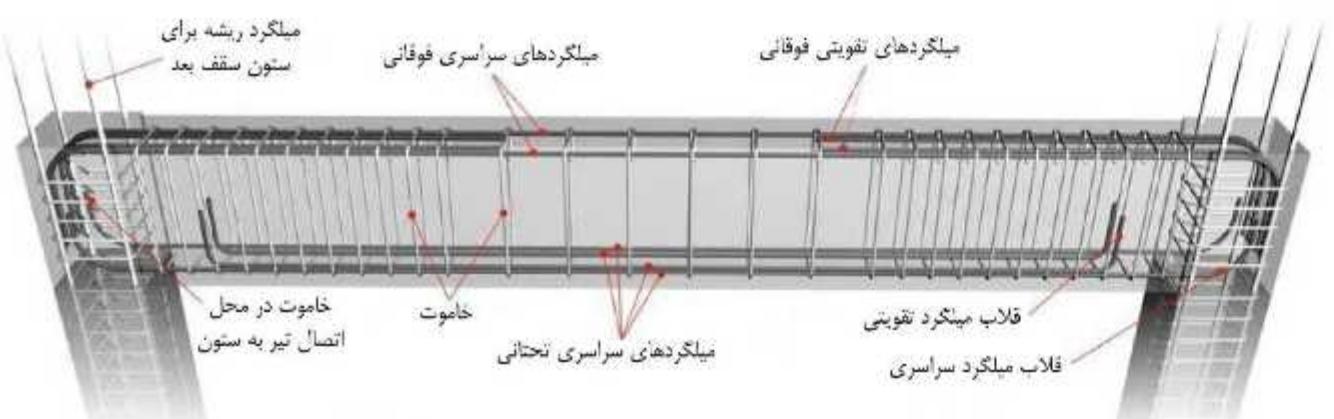
قلاب لرزه‌ای



۲-۲-۵-۲۰-۹ آرماتورهای طولی

۱-۲-۲-۵-۲۰-۹ در هر یک از دو وجه فوقانی و تحتانی تیرها باید حداقل از دو آرماتور سراسری استفاده شود. سطح مقطع آرماتورهای سراسری وجه تحتانی نباید در هیچ مقطع، از یک چهارم بیشترین مقدار سطح مقطع آرماتورهای تحتانی در طول دهانه تیر کمتر باشد. این آرماتورها باید با فرض تامین تنفس تسلیم کششی در بر تکیه گاه مهار شوند.

۲-۲-۵-۲۰-۹ در هر طرف تیر در بر تکیه گاه، مقاومت خمشی مثبت نباید از یک سوم مقاومت خمشی منفی همان تکیه گاه کمتر باشد. همچنین، مقاومت خمشی مثبت یا منفی در هر مقطعی در طول تیر، نباید از یک پنجم حداکثر مقاومت خمشی تیر در مقطع بر تکیه گاه در دو انتهای تیر کمتر باشد.

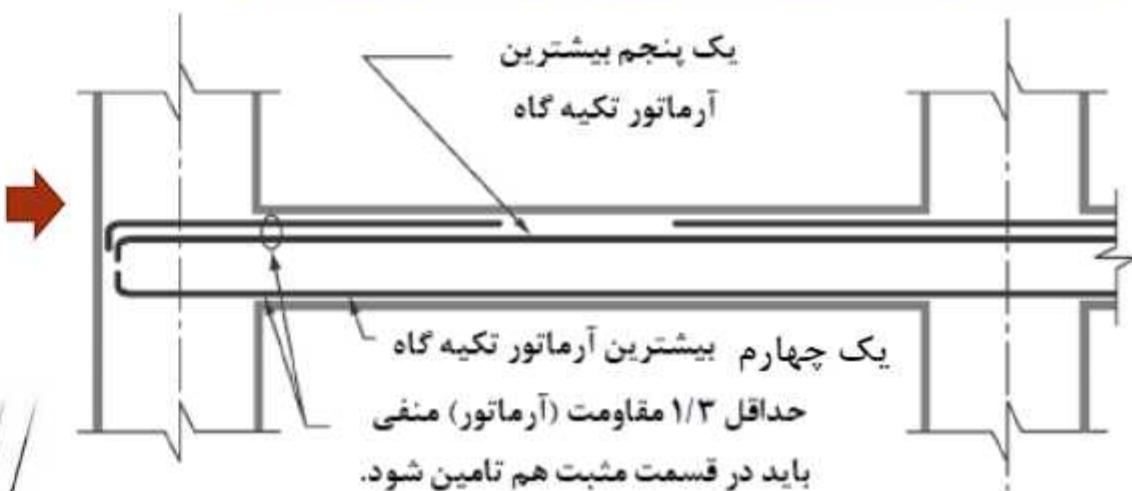


۲-۵-۲۰-۹ تیرها در قاب‌های با شکل پذیری متوسط

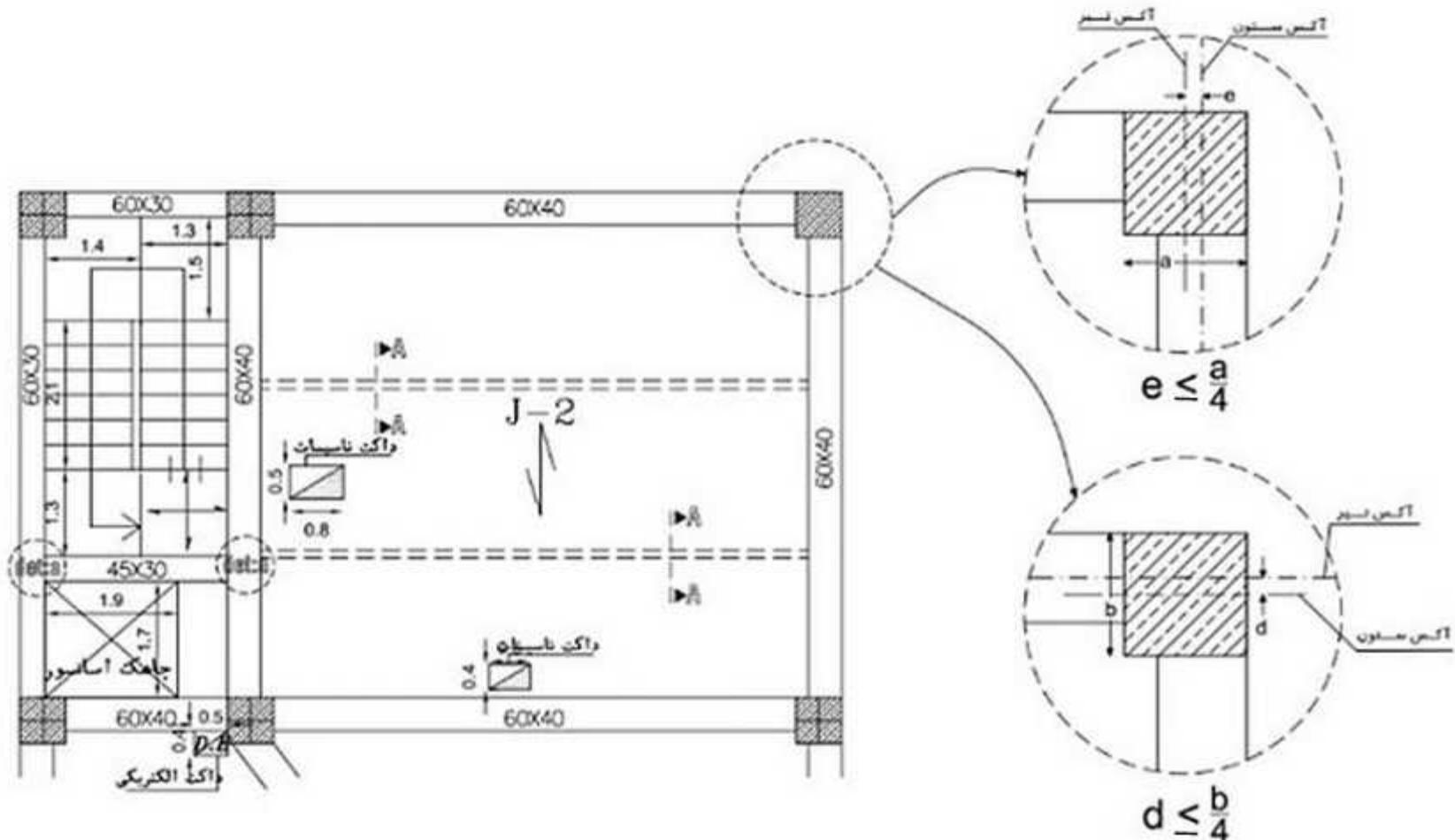
۱-۲-۵-۲۰-۹ محدودیت‌های هندسی

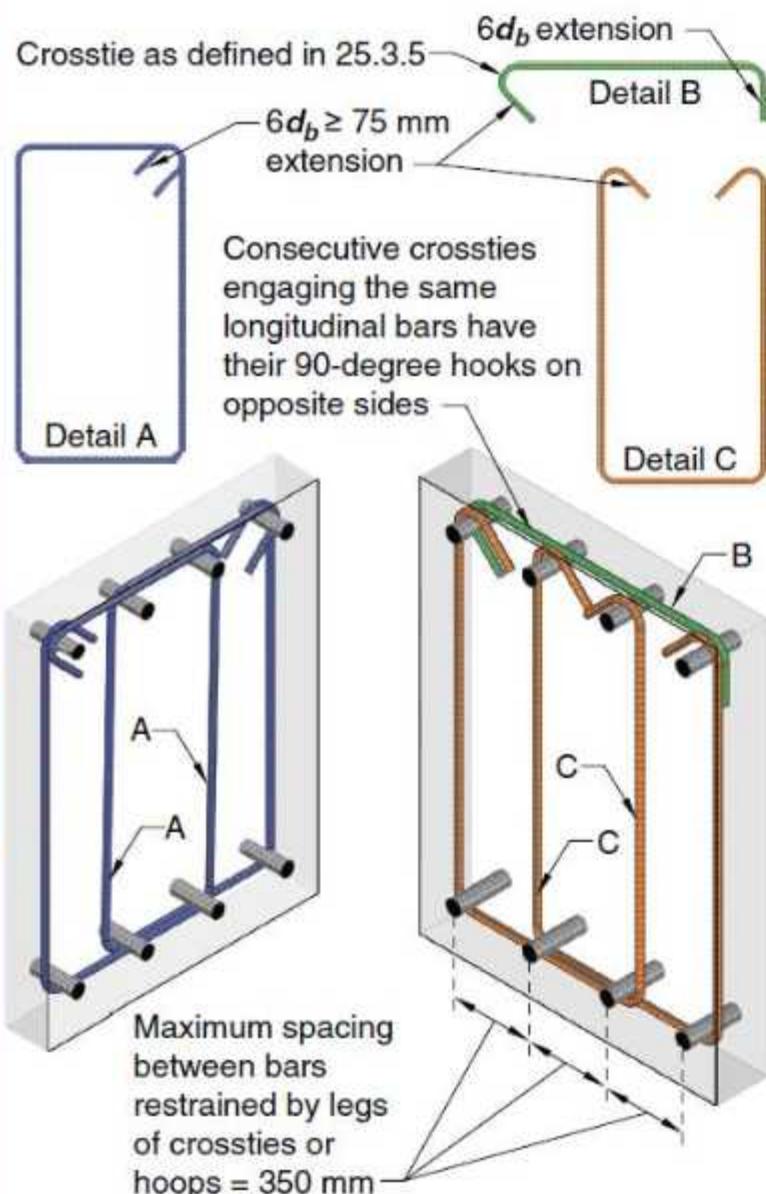
۱-۱-۲-۵-۲۰-۹ در این تیرها محدودیت‌های هندسی (الف) تا (پ) این بند باید رعایت شوند:

- الف- ارتفاع مؤثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد.
- ب- عرض مقطع نباید کمتر از یک چهارم ارتفاع آن و ۲۵۰ میلی متر باشد.



۹-۲۰-۵-۲-۱-۲-۱ برونو محوری هر تیر نسبت به ستونی که با آن قاب تشکیل می‌دهد، یعنی
فاصله‌ی محورهای هندسی دو عضو از یک دیگر، نباید بیشتر از یک چهارم عرض مقطع ستون
باشد.





ضوابط لرزه‌ای - آرماتورگذاری عرضی

۱-۳-۲-۵-۲۰-۹ در تیرها در طول ناحیه‌های بحرانی در دو انتهای تیر که معادل دو برابر ارتفاع مقطع می‌باشد، باید دورگیر مطابق ضوابط بند ۲-۳-۲-۵-۲۰-۹ به کار برد شود، مگر آنکه طراحی برای برش و یا پیچش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب کند.

۲-۳-۲-۵-۲۰-۹ دورگیرها و فواصل آنها از یک دیگر باید دارای شرایط زیر باشند:

الف - قطر دورگیرها کمتر از ۸ میلی متر نباشد.

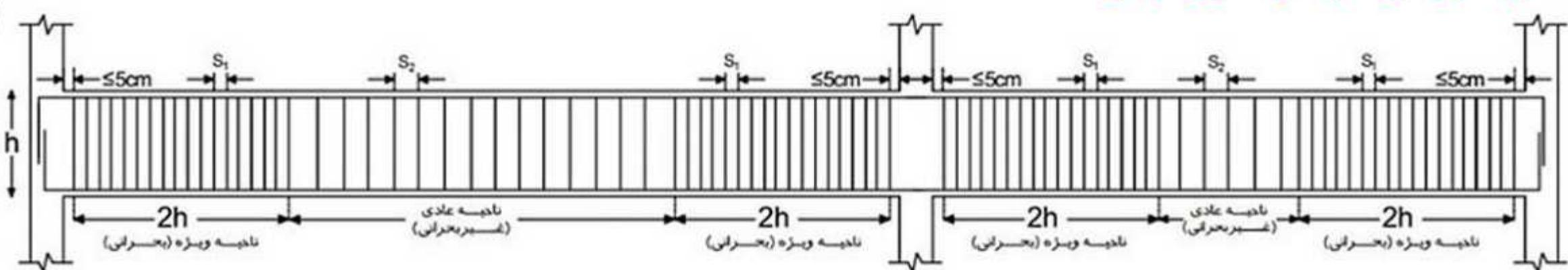
ب - فاصله‌ی دورگیرها از یک دیگر بیشتر از یک چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچک‌ترین آرماتور طولی، ۲۴ برابر قطر دورگیر و ۳۰۰ میلی متر اختیار نشود.

پ - فاصله‌ی اولین دورگیر از بر تکیه‌گاه بیشتر از ۵۰ میلی متر نباشد.

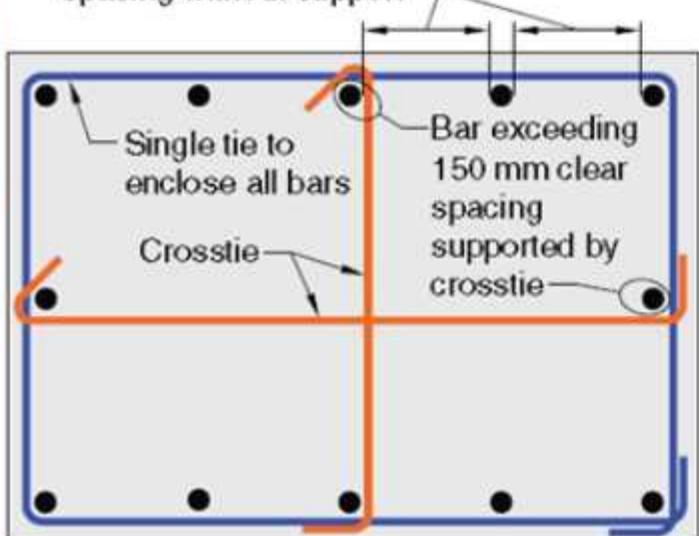
۳-۳-۲-۵-۲۰-۹ در سرتاسر طول تیرها، فاصله‌ی آرماتورهای عرضی از یک دیگر باید بیشتر از نصف ارتفاع مؤثر مقطع اختیار شود.

۶-۳-۲-۶-۲۰-۹ دورگیر در تیرها را می‌توان با **دو قطعه میلگرد** ساخت. یک میلگرد به شکل U که در دو انتهای قلاب لرزه‌ای باشد و **میلگرد دیگر به شکل سنجاقی** که با میلگرد اول یک دورگیر تشکیل دهد. خم ۹۰ درجه سنجاقیهای متواالی که یک میلگرد طولی را در بر می‌گیرند، باید به طور یک در میان در دو سمت تیر قرار داده شود.

ضوابط لرزه‌ای - آرماتورگذاری عرضی



Bars not to exceed 150 mm clear spacing without support



$$\left\{ \begin{array}{l} S_1 \leq \min \left\{ \frac{d}{4}, 8d_b \text{ min}, 24d_b, 30 \text{ cm} \right\} \\ S_2 \leq \frac{d}{2} \end{array} \right.$$

فاصله خاموت‌ها در ناجب
بحراتی و غیربحراتی

۴-۳-۲-۵-۲۰-۹ در تیرهایی که نیروی محوری فشاری ضریب‌دار در آن‌ها از

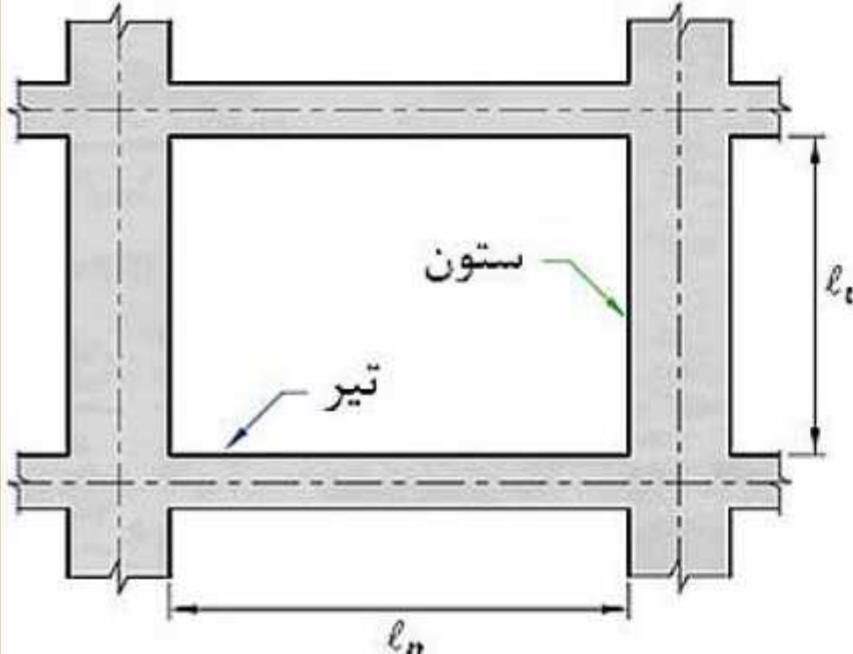
بیش‌تر است، مقدار آرماتورهای عرضی مورد نیاز که بر اساس ضوابط بند ۳-۳-۲-۵-۲۰-۹ محاسبه

می‌گردد باید ضوابط بند ۲-۶-۲۱-۹، و در صورت استفاده از دورپیچ ضوابط بند ۳-۶-۲۱-۹ را نیز

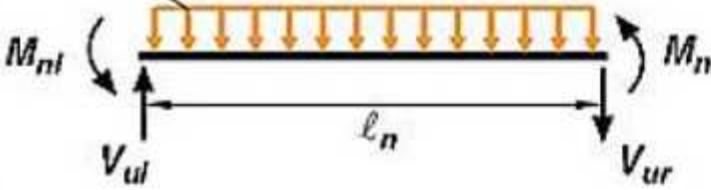
۲-۶-۲۱-۹

رعایت نماید.

الف - هر میلگرد طولی واقع در گوشه مقطع و سایر میلگردهای طولی بصورت یک در میان باید توسط خم با زاویه کمتر
یا مساوی ۱۲۵ درجه مهار شود.



$$w_u = (1.2 + 0.6AI)D + 1.0L + 0.2S$$



$$V_u = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{w_u l_n}{2}$$

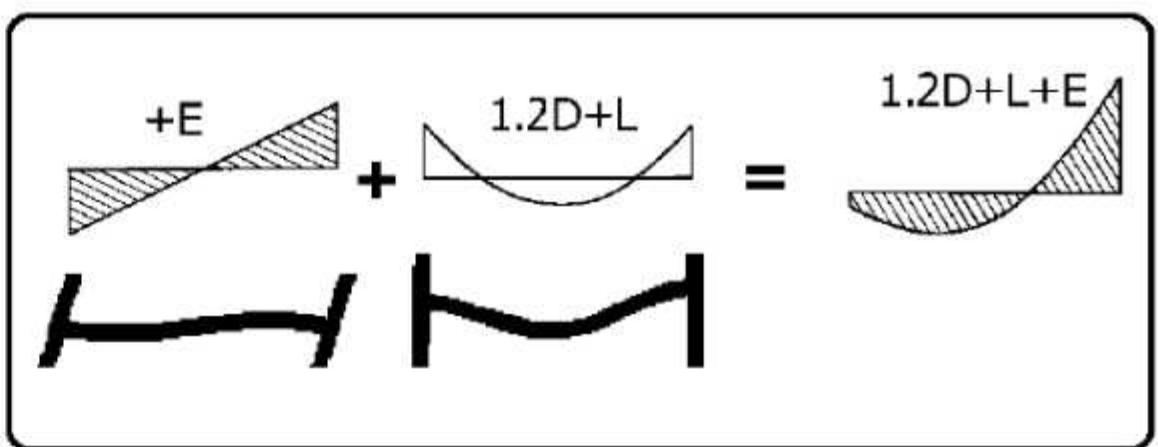
۴-۲-۵-۲۰-۹ بوش در تیرهای با شکل پذیری متوسط

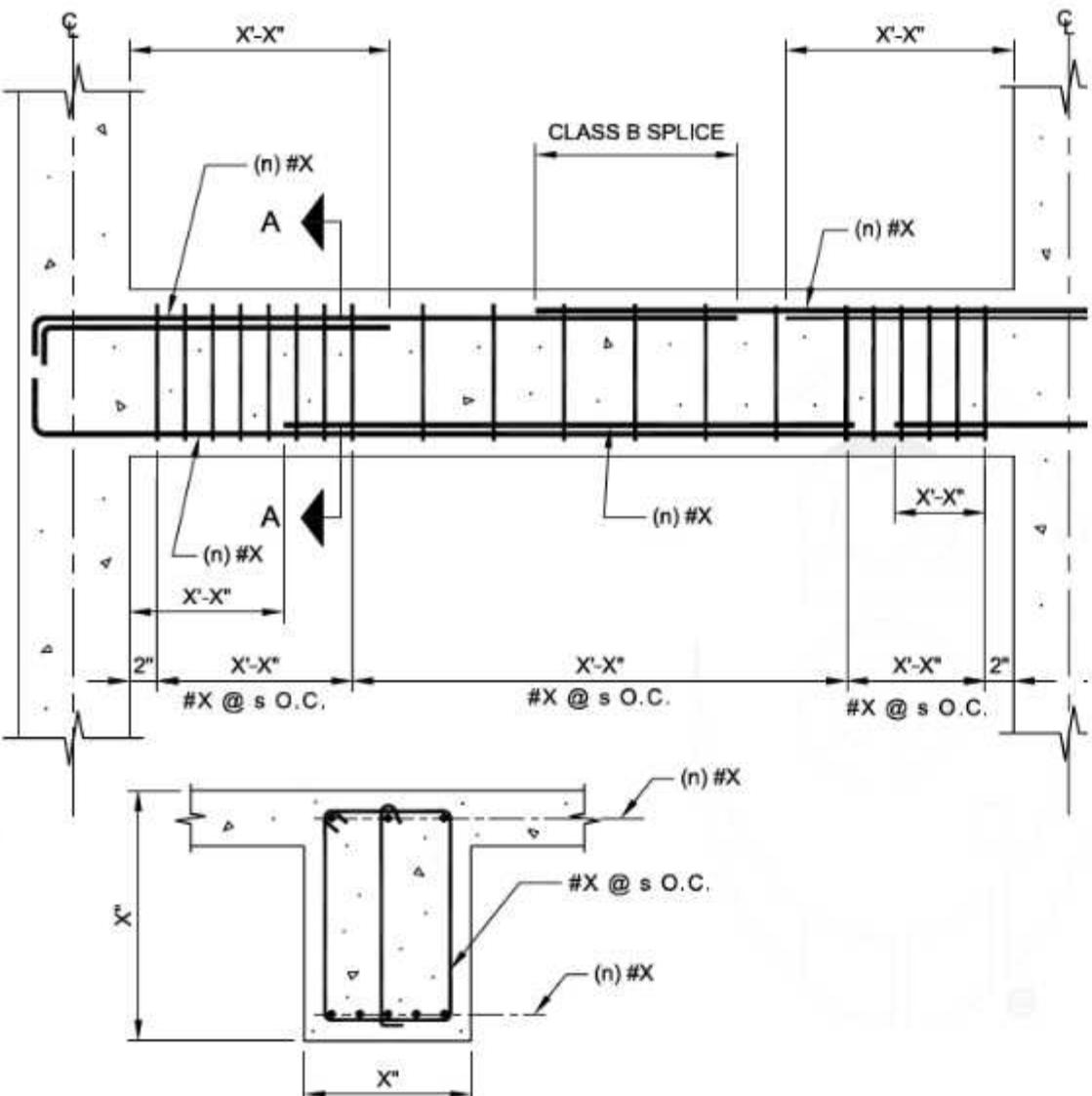
۱-۴-۲-۵-۲۰-۹ مقاومت برشی تیر، ϕV_n , نباید از کوچکترین دو مقدار (الف) و (ب) زیر کمتر

در نظر گرفته شود:

الف- مجموع نیروی برشی ایجاد شده در تیر در اثر بارهای ثقلی ضریبدار و مولفه‌ی قائم زلزله و نیروی برشی متناظر با ظرفیت خمشی اسمی موجود در دو انتهای مقید تیر با منظور نمودن انحنای خمشی دو جهته در بر تکیه گاه‌ها؛

ب- حداقل برش به دست آمده از ترکیب‌های بارگذاری که در آن‌ها به جای برش ناشی از زلزله‌ی مقدار $2E$ جای‌گزین شده باشد.





ضوابط لرزه‌ای - آرماتور گذاری عرضی

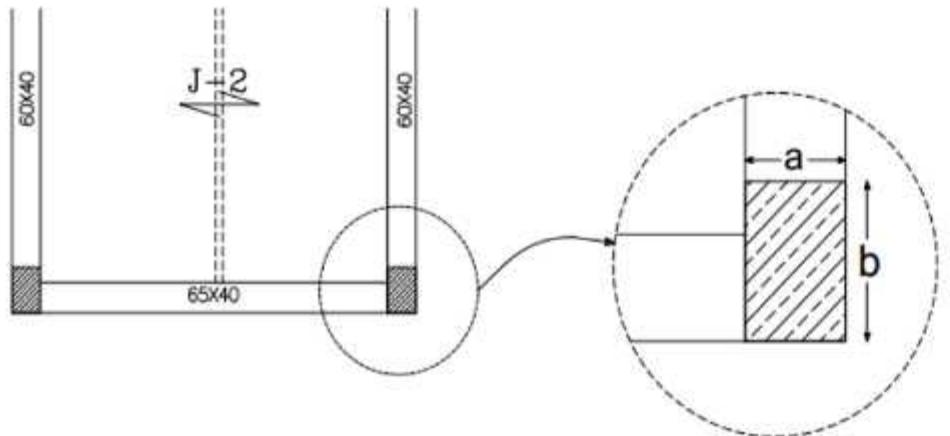
$$V_u = \min \left\{ \begin{array}{l} V_u = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + \frac{w_u L_n}{2} \\ V_u = 2(V_E) + \frac{w_u L_n}{2} \end{array} \right.$$

فاصله ساقها در آرماتور گذاری عرضی تیر (یادآوری)

۳-۵-۶-۱۱-۹ در صورتی که مقاومت برشی مورد نیاز فولادهای برشی $V_s \leq 0.33\sqrt{f_c}b_w d$ باشد، حداکثر فاصله‌ی افقی بین آرماتورهای برشی عمود بر محور عضو نباید از کمترین مقدار $d/2$ و ۶۰۰ میلی متر بیشتر بوده، و حداکثر فاصله‌ی ساق‌ها در عرض مقطع نباید از کمترین مقدار d و ۶۰۰ میلی متر بیشتر باشد. اگر $V_s > 0.33\sqrt{f_c}b_w d$ باشد، حداکثر فاصله بین آرماتورهای برشی در طول عضو نباید از کمترین مقدار $d/4$ و ۳۰۰ میلی متر بیشتر بوده، و حداکثر فاصله‌ی ساق‌ها در عرض مقطع نباید از کمترین مقدار $d/2$ و ۳۰۰ میلی متر بیشتر باشد.

ضوابط لرزه‌ای - ستونها

۳-۵-۲۰-۹ ستون‌ها در قاب‌های با شکل پذیری متوسط



ابعاد مقطع ستون

$$a \geq \max(0.3b, 25 \text{ cm})$$

$$b \geq \max(0.3a, 25 \text{ cm})$$

۱-۳-۵-۲۰-۹ محدودیت‌های هندسی

۱-۱-۳-۵-۲۰-۹ در ستون‌ها محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) این بند باید رعایت شوند:

الف - عرض مقطع نباید کمتر از سه دهم بعد دیگر آن، و نیز نباید کمتر از ۲۵۰ میلی متر باشد.

ب - نسبت عرض مقطع به طول آزاد عضو نباید از $\frac{1}{25}$ کمتر باشد.

۲-۳-۵-۲۰-۹ آرماتورهای طولی

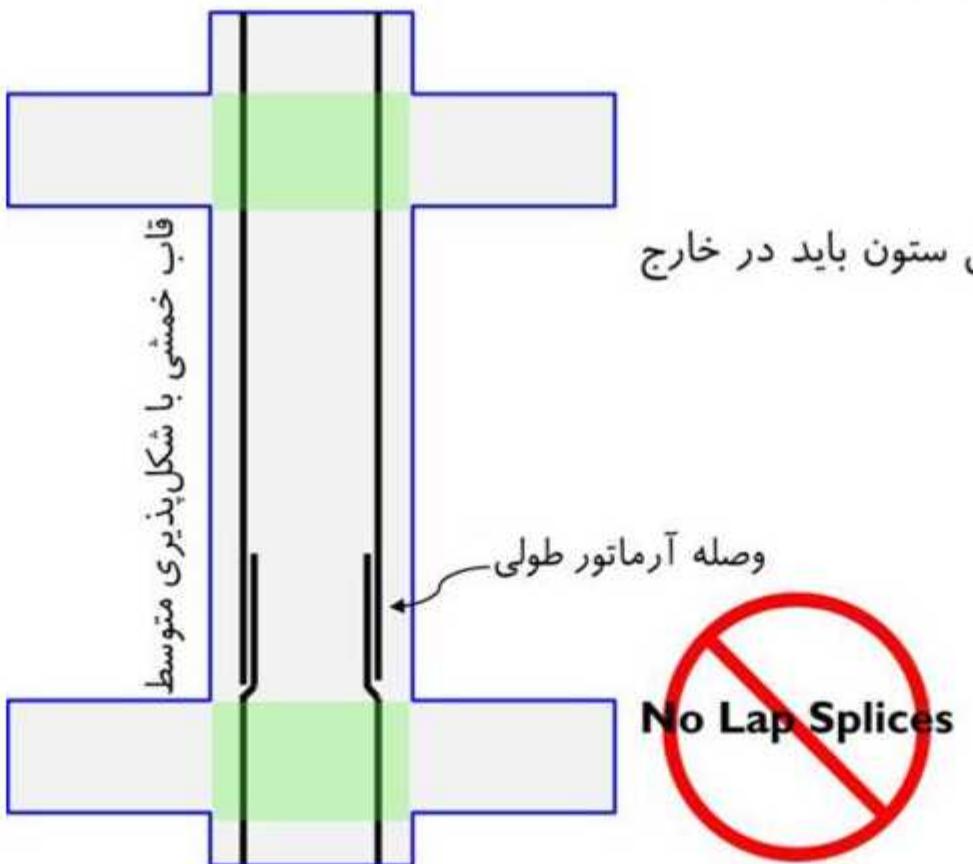
۱-۲-۳-۵-۲۰-۹ در ستون‌ها نسبت سطح مقطع میلگرد‌های طولی به کل سطح مقطع ستون نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از هشت درصد در نظر گرفته شود. این محدودیت باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود.

ضوابط لرزه‌ای - ستونها

محل وصله آرماتور طولی ستون قاب خمشی متوسط

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

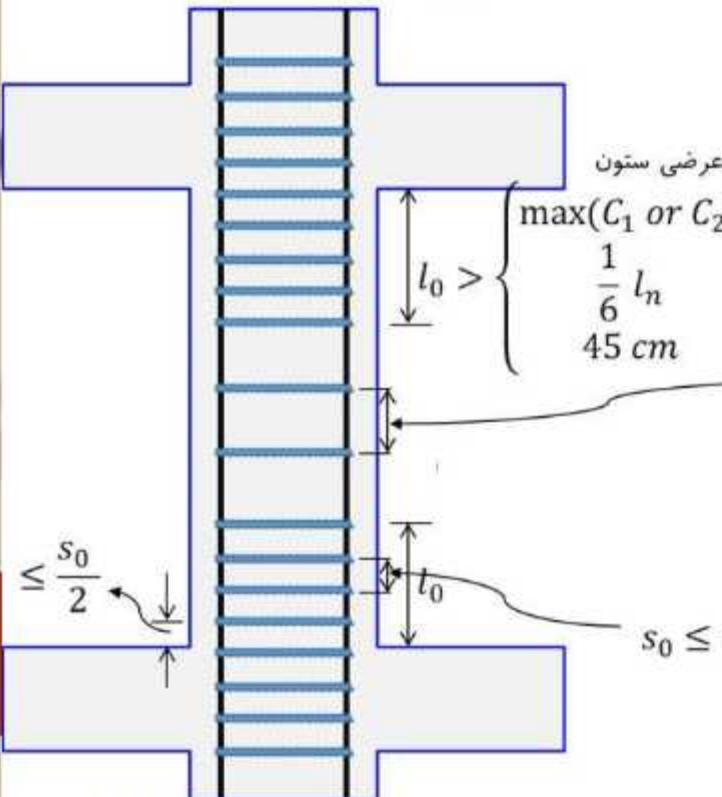
طبق بند ۹-۵-۲-۳-۲-۰-۹، محل وصله آرماتورهای طولی ستون باید در خارج از ناحیه اتصال تیر به ستون باشد.



@AlirezaeiChannel

@AlirezaeiChannel

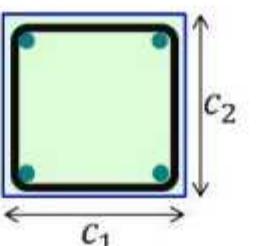
ضوابط لرزه‌ای - ستونها



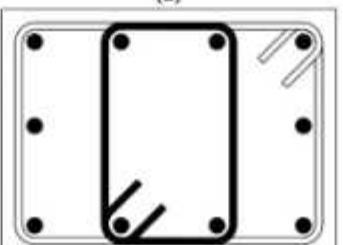
ویرایش ۹۹ مبحث نهم:
اگر قطر آرماتور طولی کمتر مساوی ۳۲ باشد $\emptyset 10$ = حداقل قطر آرماتور عرضی ستون
اگر قطر آرماتور طولی بیشتر مساوی ۳۴ باشد $\emptyset 12$

$$s \leq \begin{cases} V_s \leq 0.33\sqrt{f'_c}b_w d \rightarrow \min \left\{ \frac{d}{2}, 60 \text{ cm} \right\} \\ V_s > 0.33\sqrt{f'_c}b_w d \rightarrow \min \left\{ \frac{d}{4}, 30 \text{ cm} \right\} \end{cases}$$

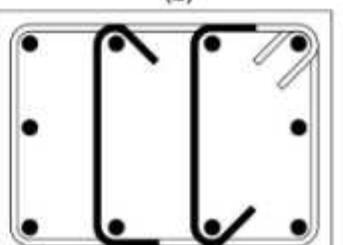
$$s_0 \leq \begin{cases} \min \left(\frac{c_1}{2} \text{ or } \frac{c_2}{2} \right) \\ F_y \leq 420 \text{ Mpa} \quad \begin{cases} 8d_b \\ 20 \text{ cm} \end{cases} \\ F_y \geq 520 \text{ Mpa} \quad \begin{cases} 6d_b \\ 15 \text{ cm} \end{cases} \end{cases}$$



(a)



(b)



(c)

۱-۴-۶-۲۱ دورگیرها باید متشکل از تنگهای بسته یا پیچیده شده به صورت پیوسته باشند. دورگیرها را می‌توان از چند جز که هر یک دارای قلاب لرزه‌ای در دو انتهای ساخت.

۳-۵-۲۰-۹ آرماتورهای عرضی

دقت نمائید برخلاف قاعده معرفی شده برای تیر، از سنجاقی با خم ۹۰ درجه در یک انتهای نمی‌توان برای بستن سمت باز یک تنگ استفاده نمود. در دورگیرها همه ضوابط تنگ‌ها نیز باید رعایت گردد.
۲-۳-۳-۶-۲۰



۴-۶-۲۱ دورگیرها

ضوابط لرزه‌ای - ستونها

SECTION 1—ACI 315R-18

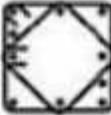
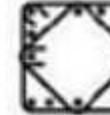
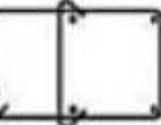
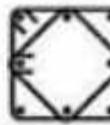
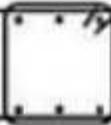
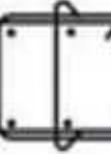
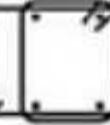
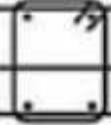
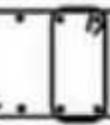
TYPE	4 BAR COL	6 BAR COL	8 BAR COL	10 BAR COL	12 BAR COL
A					
B					
C					
D					

Fig. 5.5.1—Column tie arrangement schedule.

ضوابط لرزه‌ای - ستونها

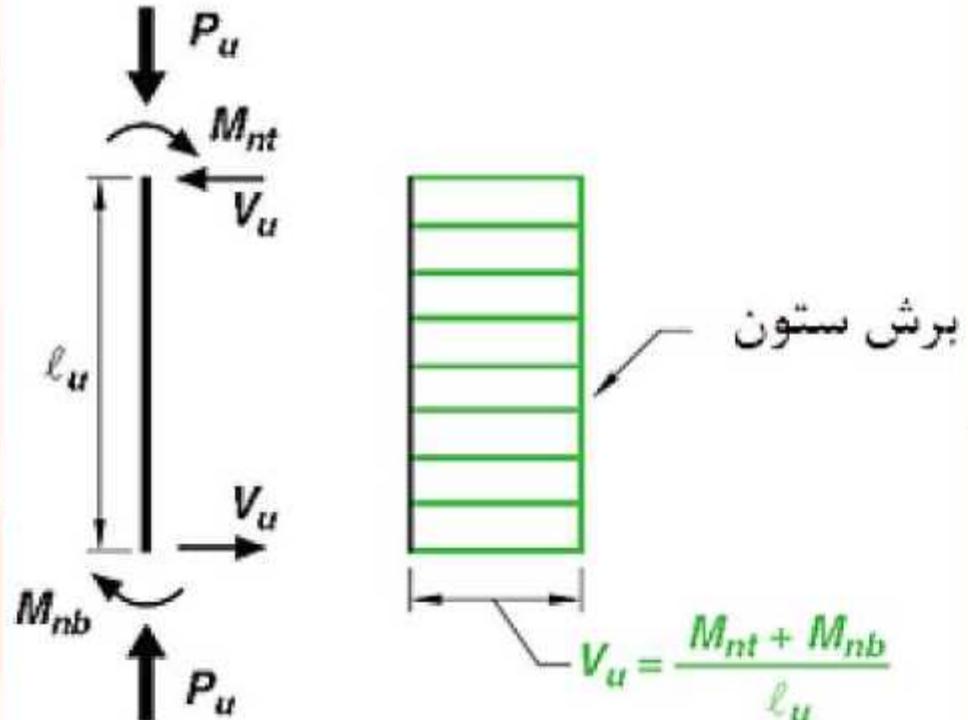
۴-۳-۵-۲۰-۹ برش در ستون‌های با شکل پذیری متوسط

۱-۴-۳-۵-۲۰-۹ در ستون‌ها مقاومت برشی مقطع، ϕV_n ، نباید از کوچک‌ترین دو مقدار (الف) و

(ب) کمتر در نظر گرفته شود:

الف- نیروی برشی ایجاد شده در ستون در اثر بارهای ثقلی ضریب‌دار و نیروی برشی متناظر با لنگرهای خمی اسما می‌باشد در مقاطع انتهایی با انحنای خمی دو جهته، در هر امتداد بار محوری ضریب‌دار باید از ترکیبی در بارگذاری ستون انتخاب شود که بیشترین لنگر خمی اسما متناظر با آن حاصل گردد.

ب- حداقل برش به دست آمده از ترکیب‌های بارگذاری ضریب‌دار شامل زلزله که در آن‌ها به جای برش ناشی از زلزله، $E\Omega_0$ مقدار جای‌گزین شده باشد.



۴-۳-۱۶-۹ در میلگرد های عرضی ناحیه ای اتصال تیر به ستون، باید از تنگها طبق بند ۲-۶-۲۱-۹، دور پیچ ها طبق بند ۳-۶-۲۱-۹ یا دور گیرها طبق بند ۴-۶-۲۱-۹ استفاده نمود.

ضوابط لرزه ای - ستونها

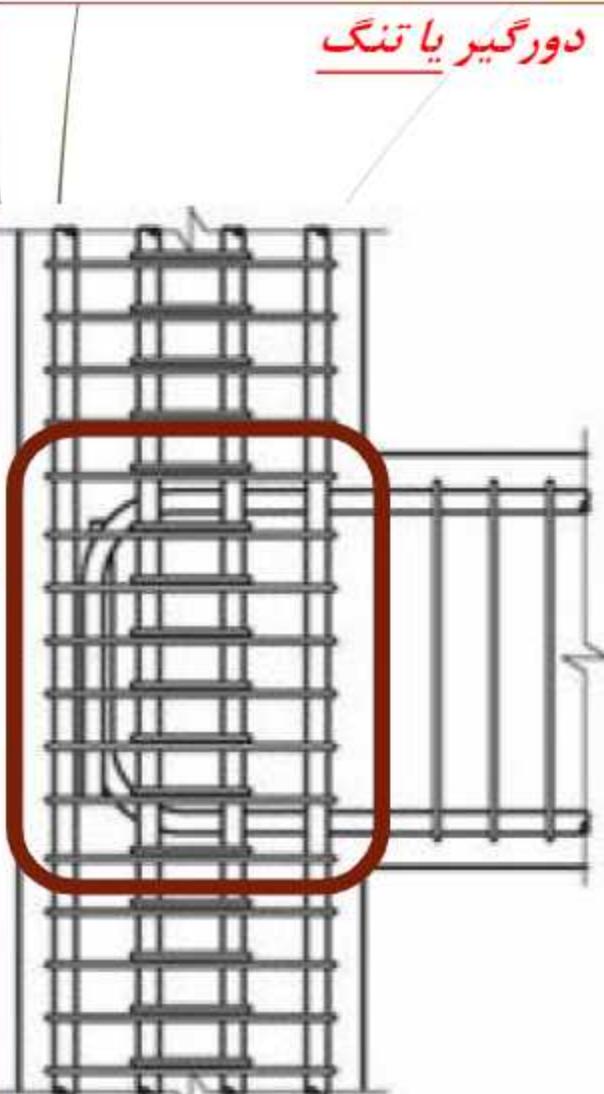
۴-۵-۲۰-۹ ناحیه اتصال تیر به ستون در قاب های متوسط

۱-۴-۵-۲۰-۹ در نواحی اتصال تیر به ستون باید جزئیات بند های ۲-۱-۳-۱۶-۹، ۳-۱-۳-۱۶-۹، و ۲-۴-۵-۲۰-۹ تا ۴-۵-۲۰-۹ رعایت شوند.

۳-۱-۳-۱۶-۹ حداقل دو لایه میلگرد عرضی افقی باید در ارتفاعی معادل کم عمق ترین تیر متصل به ناحیه ای اتصال فراهم نمود.

۴-۴-۵-۲۰-۹ فاصله آرماتور های عرضی ناحیه اتصال تیر به ستون از یکدیگر نباید از کوچکترین مقدار محاسبه شده مطابق بند های ۳-۳-۵-۲۰-۹ (الف) تا (پ) در ارتفاع عمیق ترین تیر متصل به گره بیشتر باشد.

۳-۳-۵-۲۰-۹ آرماتور های عرضی مورد نیاز در طول l_0



ضوابط لرزه‌ای - ستونها

۷-۴-۵-۲۰-۹ برش در ناحیه اتصال تیر به ستون

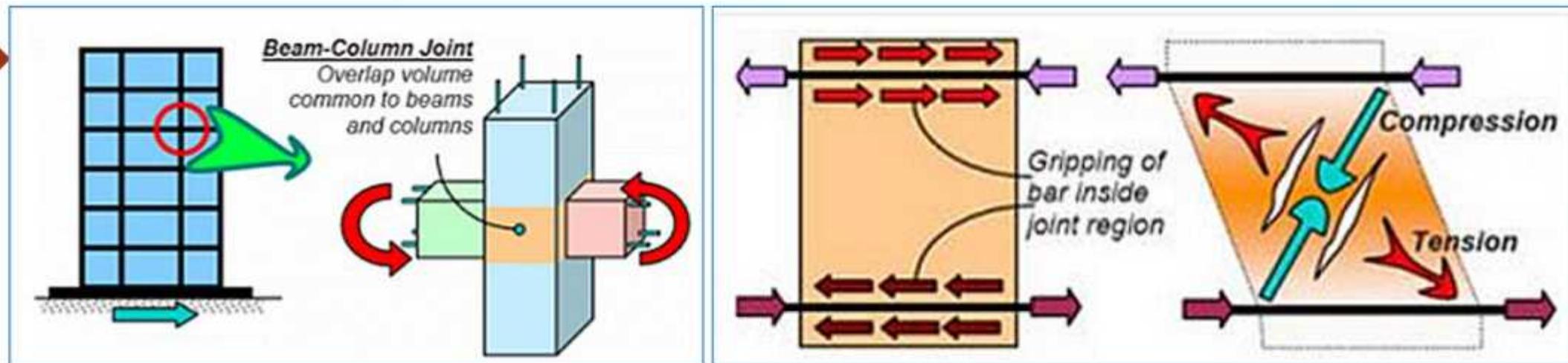
۱-۷-۴-۵-۲۰-۹ مقاومت برشی اتصالات در جا ریخته تیر به ستون باید در رابطه $\emptyset V_n \geq V_u$ صادق باشد.

۲-۷-۴-۵-۲۰-۹ V_u در ناحیه گره بر اساس بند ۳-۲۰-۹ تعیین می‌شود.

۳-۷-۴-۵-۲۰-۹ \emptyset بر اساس بند ۴-۷-۹ برای برش تعیین می‌شود.

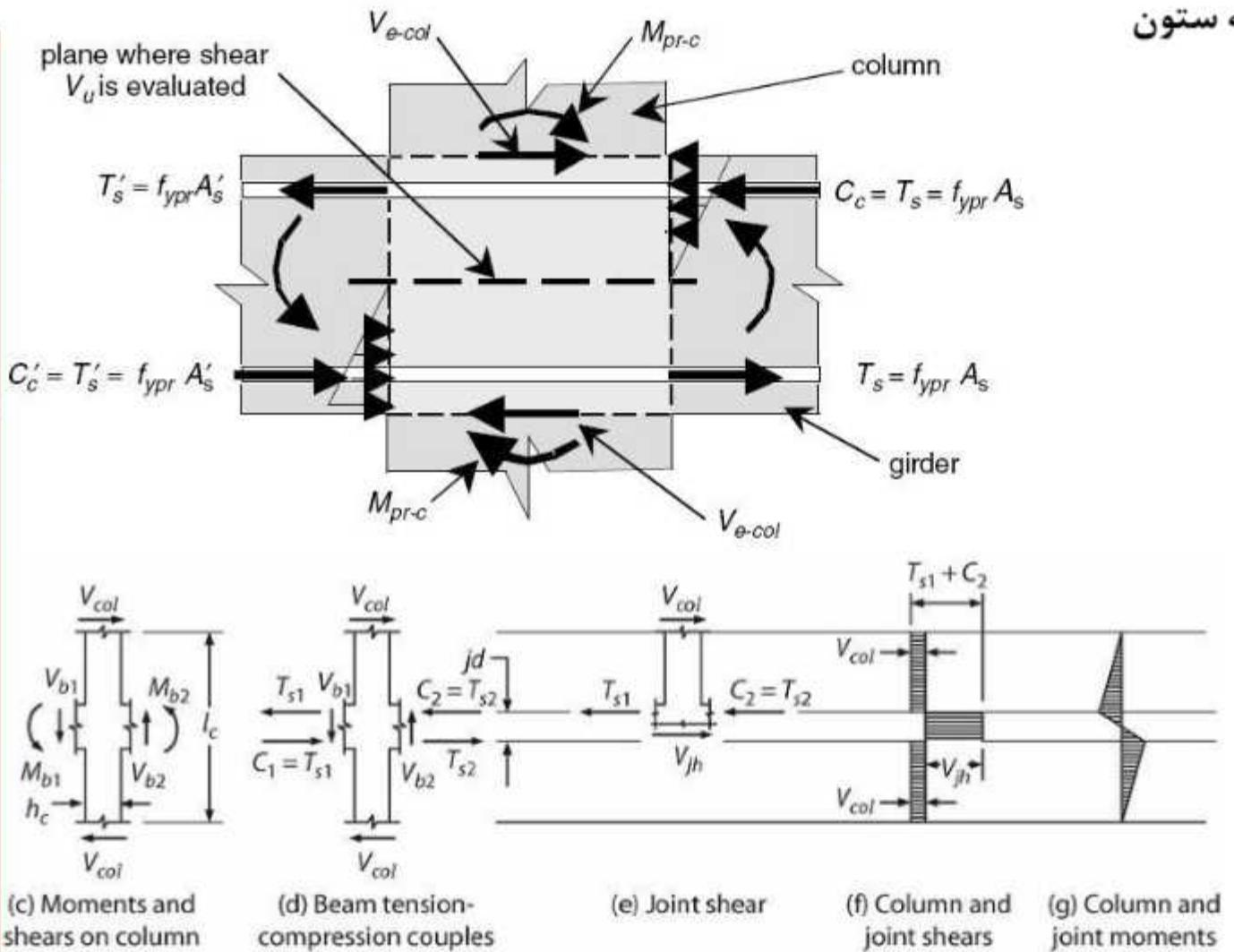
۴-۷-۴-۵-۲۰-۹ V_n در ناحیه گره بر اساس بند ۶-۲۰-۹ تعیین می‌شود.

اتصالات تیر به ستون باید مطابق فصل ۱۶-۹ بوده و برش اتصال V_u باید در صفحه افقی در وسط ارتفاع اتصال تیر به ستون و با منظور نمودن نیروهای کششی و فشاری ناشی از لنگرهای اسمی تیر M_n محاسبه گردد.



ضوابط لرزه‌ای - ستونها

۷-۴-۵-۲۰-۹ برش در ناحیه اتصال تیر به ستون



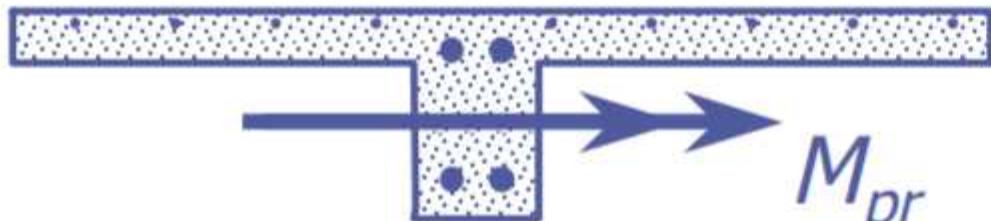
$$V_u = f_{ypr} (A_s + A'_s)_{girder} - (V_e)_{column}$$

$$V_{col} = \frac{1}{l_c} \left[M_{b1} + M_{b2} + (V_{b1} + V_{b2}) \frac{h_c}{2} \right]$$

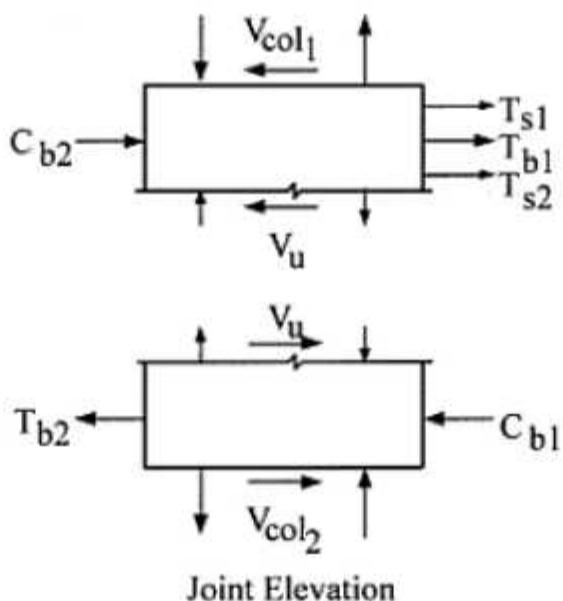
ACI 352R-02

**Recommendations for Design of
Beam-Column Connections in
Monolithic Reinforced Concrete Structures**

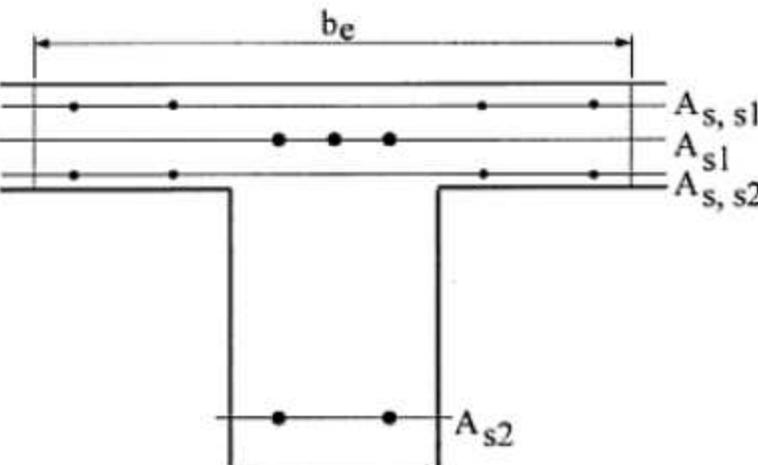
Reported by Joint ACI-ASCE Committee 352



Beam Section



Joint Elevation



Beam Section

$$V_u = T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} + C_{b2} - V_{col1}$$

where:

$$T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} = \alpha f_y (A_{s1} + A_{s, s1} + A_{s, s2})$$

$$C_{b2} = T_{b2} = A_{s2} \alpha f_y$$

ضوابط لرزه‌ای - ستونها

۷-۴-۵-۲۰-۹ برش در ناحیه اتصال تیر به ستون

ضوابط لرزه‌ای - ستونها

۴-۶-۲۰-۹ حداقل مقاومت خمشی ستون‌ها

منظور از میلگردهای اصلی
در راستای **جان** است

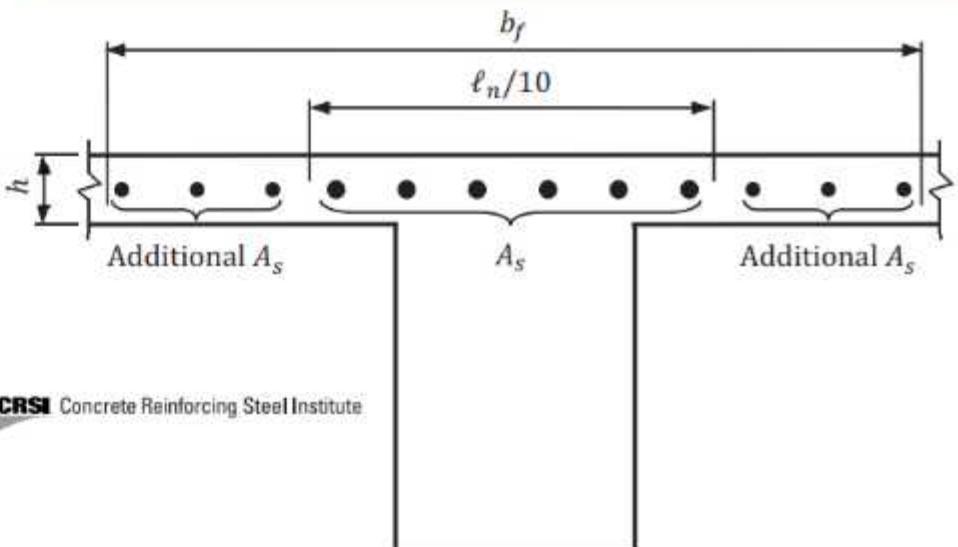
۳-۳-۲-۶-۲۰ در قسمت‌هایی از طول تیر که به دورگیر نیاز است، میلگردهای طولی اصلی در مجاورت رویه‌های کششی و فشاری عضو باید دارای تکیه‌گاه عرضی مطابق بند ۴-۲-۶-۲۱ باشند. فاصله مرکز تا مرکز آرماتورهای خمشی که دارای تکیه‌گاه جانبی هستند، باید بیش از ۳۵۰ میلی‌متر باشد. برای آرماتورهای جلدی که بر اساس ضوابط بند ۱۱-۱-۶ ضروری هستند، نیازی به تکیه‌گاه عرضی نیست.

۳-۱۹ توزیع آرماتور خمشی و کنترل عرض ترک

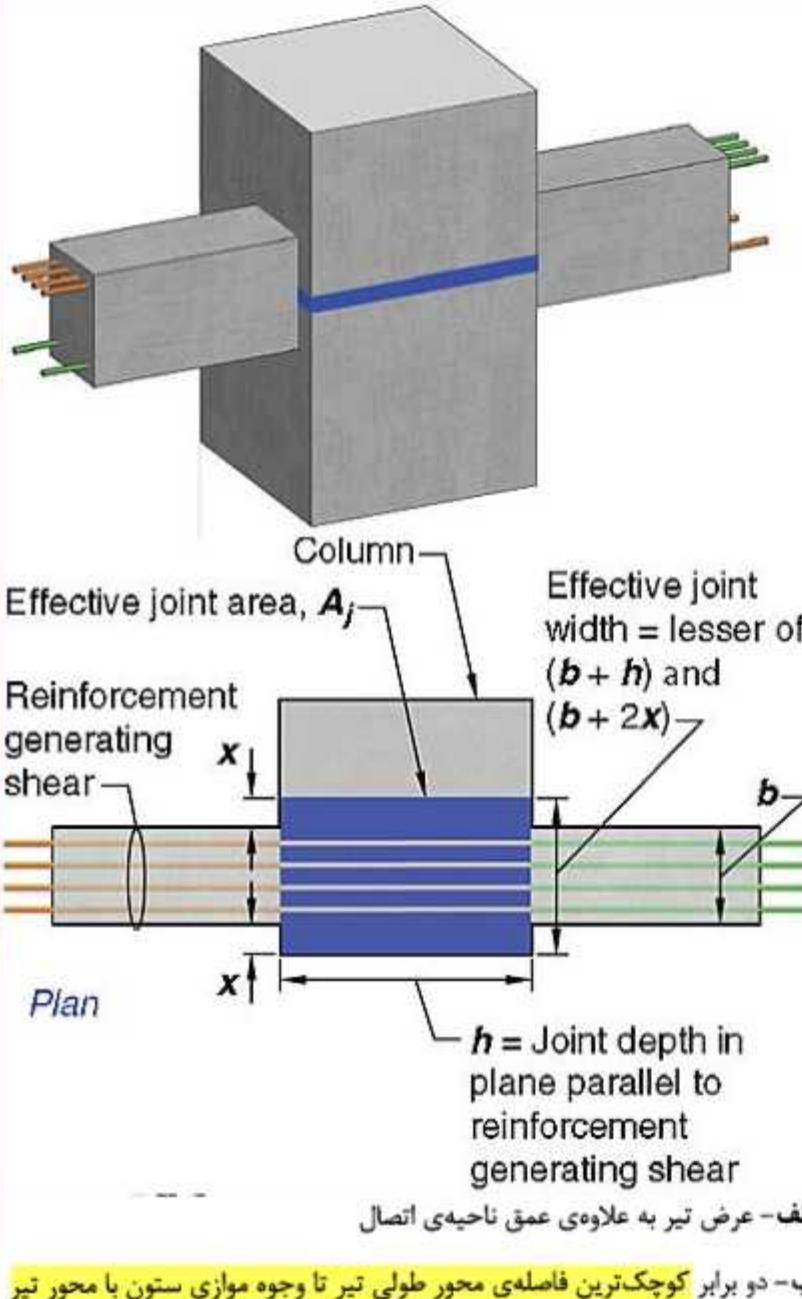
۴-۳-۱۹ در مواردی که بال‌های تیر با مقطع T شکل در کشش قرار دارد، قسمتی از آرماتورهای کششی، طبق بند ۳-۳-۶، باید در طولی به اندازه عرض موثر تیر و نه بیشتر از $l_n/10$ در بال‌ها توزیع شوند و در صورتی که عرض موثر تیر از $10/l_n$ بیشتر باشد، باید در طول اضافی آن آرماتور اضافی پیش‌بینی شود. فاصله این آرماتورها از یکدیگر مشمول ضوابط بند ۱-۳-۱۹ می‌شود.

در تیرهای T شکل

در صورتی که دال در اثر لنگرهای وارد در بر گره تحت کشش قرار گیرد، در محاسبه M_{nb} باید آرماتورهای دال واقع در عرض موثر آن، مطابق بند ۳-۳-۶، که مهار آن‌ها در حد تسليم در مقطع بحرانی خمشی تامین شده باشد، نیز منظور گردند.



$$\text{Additional } A_s(\text{total}) \geq 0.0018 [b_f - (\ell_n/10)] h$$



۴-۵-۶-۲۰-۹ مقاومت برشی ناحیه اتصال تیر به ستون

جدول ۲-۲۰-۹ مقاومت اسمی برشی اتصال تیر به ستون

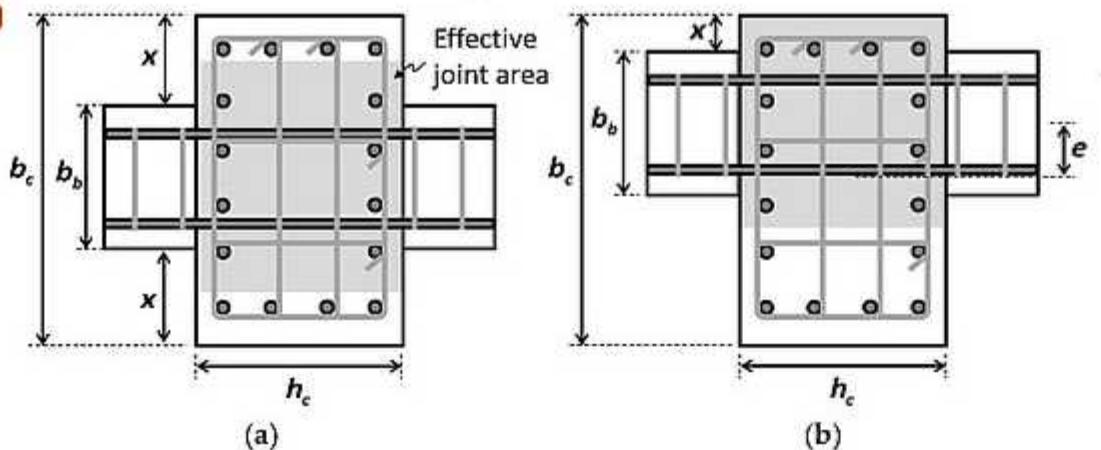
$V_n(\text{MN})$	با تیرهای عرضی مطابق بند ۸-۲-۱۶-۹ محصور است	تیر در امتدادی که حساب شده است	ستون
$1.70\lambda\sqrt{f'_c}A_j$	محصور شده	پیوسته یا مطابق بند	
$1.20\lambda\sqrt{f'_c}A_j$	محصور نشده	۷-۲-۱۶-۹	پیوسته یا مطابق بند
$1.20\lambda\sqrt{f'_c}A_j$	محصور شده		۶-۲-۱۶-۹
$1.00\lambda\sqrt{f'_c}A_j$	محصور نشده	سایر موارد	
$1.20\lambda\sqrt{f'_c}A_j$	محصور شده	پیوسته یا مطابق بند	
$1.00\lambda\sqrt{f'_c}A_j$	محصور نشده	۷-۲-۱۶-۹	سایر موارد
$1.00\lambda\sqrt{f'_c}A_j$	محصور شده		
$0.70\lambda\sqrt{f'_c}A_j$	محصور نشده	سایر موارد	



۲۰-۶-۵-۴ مقاومت برشی ناحیه اتصال تیر به ستون

سوال (۳): در سازه های بتن آرمه در صورتیکه عرض تیر، کمتر از عرض ستونی باشد که به آن متصل می شود، ممکن است در محاسبات مقاومت برشی چشمیه اتصال نادرست عمل کند. روش اصلاح این موضوع در روند طراحی نرم افزاری چگونه می باشد؟ (کد سوال ۱۵۰۰۳.۹۹۱۰۱۳) (CCQ)

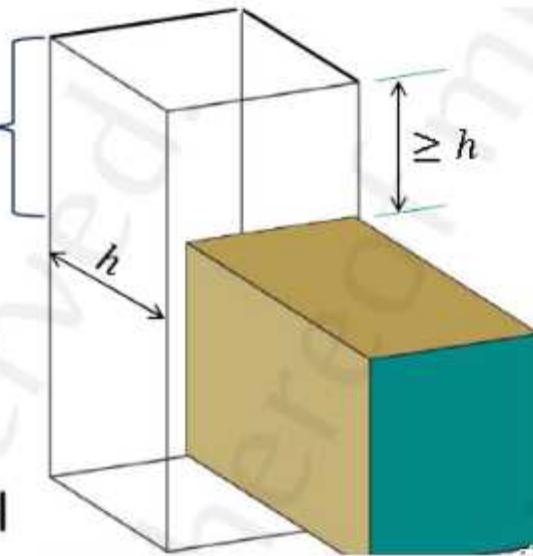
پاسخ: نرم افزار ETABS در محاسبات مقاومت برشی چشمیه اتصال، مقدار A_j را همواره برابر سطح مقطع ستون در نظر می گیرد لیکن مقدار صحیح A_j بر مبنای بند ۳-۲-۴-۱۶-۹ مبحث نهم ممکن است متفاوت از مقدار محاسبه شده نرم افزار باشد. لذا لازم است طراح، نسبت A_j محاسبه شده ETABS (برابر سطح مقطع ستون) به A_j محاسبه شده بر مبنای مبحث نهم را تعیین و این مقدار را در نسبت مقاومت چشمیه اتصال که ETABS گزارش نموده ضرب نماید. متذکر می گردد در مواردی که محور تیر از مرکز ستون عبور نمی کند، اصلاح وضعیت اتصال اعضا با استفاده از گزینه Insertion Point تأثیری بر اصلاح موضوع بحث این سوال ندارد.



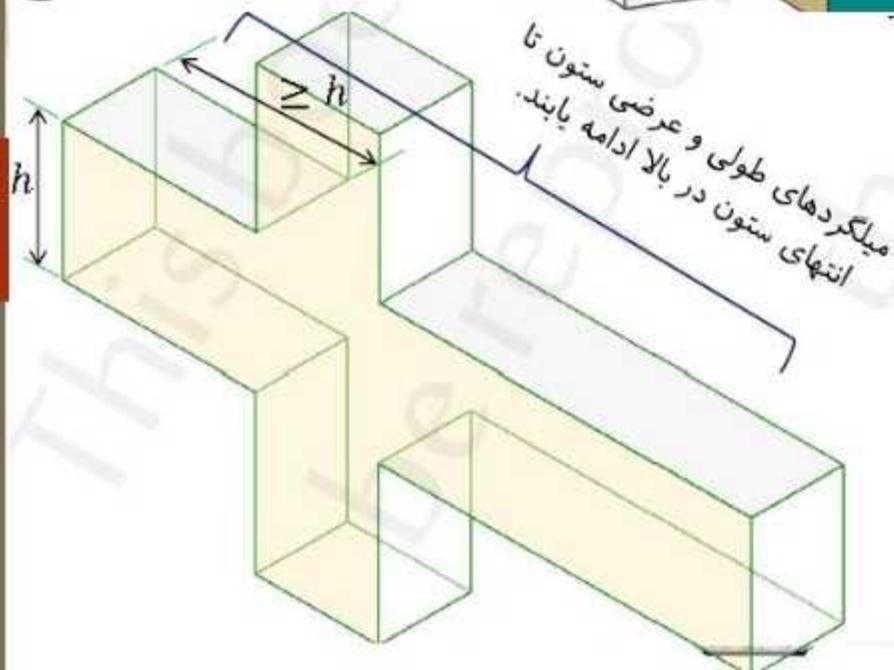
۶-۲-۱۶-۹ پیوستگی ستونها

الف- ستون در بالای ناحیه‌ی اتصال حداقل به میزان یک عمق ستون (h) در امتداد برش مورد بررسی ادامه داشته باشد.

ب- میلگردهای طولی و عرضی ستون در پایین ناحیه‌ی اتصال تا انتهای ستون در بالا ادامه یابند.



@AlirezaeiChannel

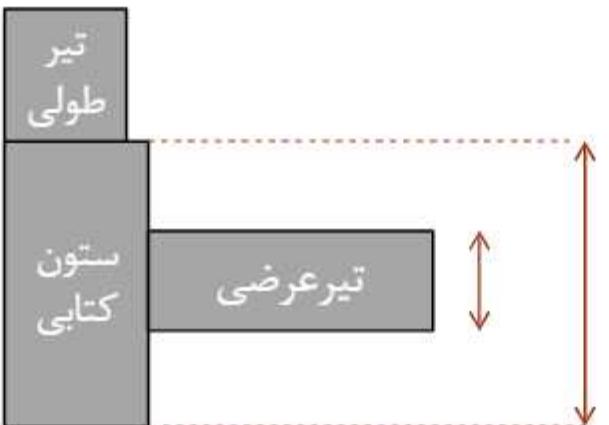


۷-۲-۱۶-۹ پیوستگی تیرها

الف- تیر بعد از ناحیه‌ی اتصال حداقل به میزان یک عمق تیر (h) ادامه داشته باشد.

ب- میلگردهای طولی و عرضی تیر در سمت مقابل ناحیه اتصال تیر به ستون تا انتهای تیر ادامه یابند.

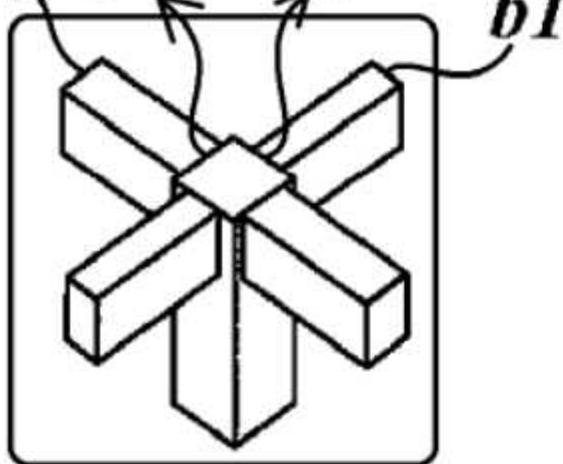
راستایی برش



ضوابط لرزه‌ای - ستونها

محصور شدگی با تیرهای عرضی

۸-۲-۱۶-۹ در ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون در امتداد برش مورد بررسی وقتی دارای شرایط محصور شدگی است که در آن دو تیر عرضی مطابق بندهای (الف) و (ب) و (پ) در زیر قرار داده شود:



الف- عرض هر یک از تیرهای عرضی حداقل سه چهارم عرض ستون در وجه اتصال باشد.

ب- تیرهای عرضی حداقل به طول یک عمق تیر بعد از ناحیه‌ی اتصال ادامه داشته باشند.

پ- تیرهای عرضی حداقل دارای دو میلگرد پیوسته در بالا و پایین مطابق بند ۹-۱۱-۵-۱ باشند؛ و حداقل دارای خاموت‌هایی با قطر ۱۰ میلی متر یا بیشتر مطابق بندهای ۹-۱۱-۵-۲ و ۹-۱۱-۵-۳ باشند.

$$b1 \geq \frac{3}{4} c1$$

$$b2 \geq \frac{3}{4} c2$$

۲۰-۹-۴-۵-۶ مقاومت برشی ناحیه اتصال تیر به ستون

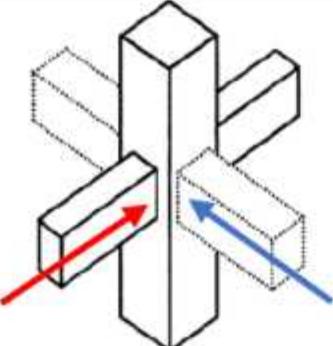
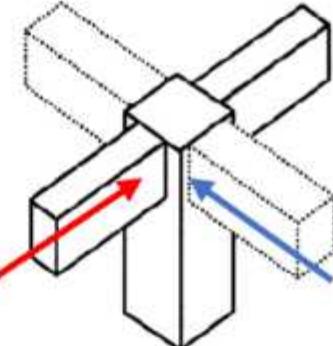
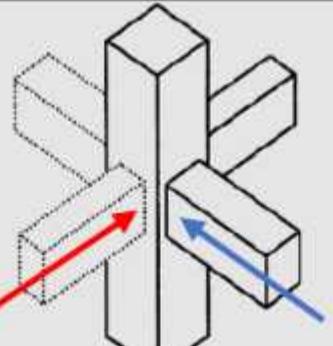
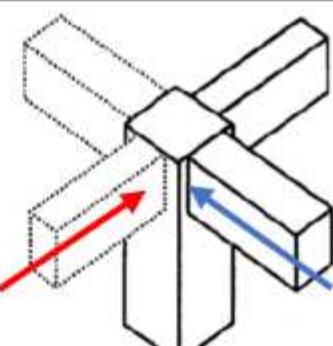
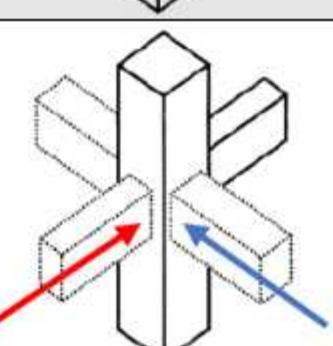
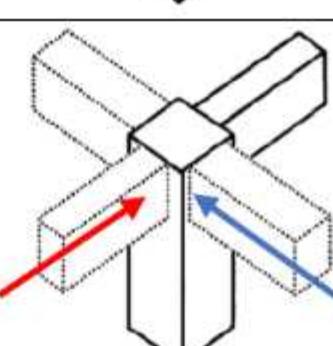
مقدار مقاومت برشی بتن در سطر دوم و سوم و پنجم جدول ۲-۲۰-۹ از مبحث نهم و همچنین در جدول آبین نامه ACI318M-2019 به جای $1/2 \times 1/25$ باید $1/2$ باشد. این عدد از تبدیل واحدها بدست می‌آید.

پاییز ۱۳۹۹

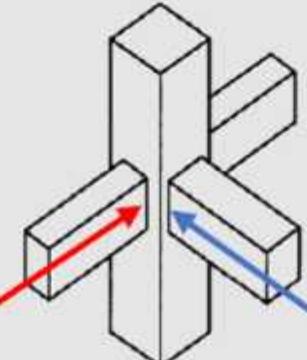
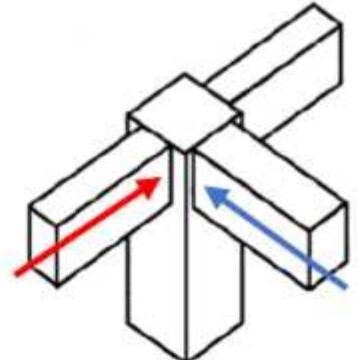
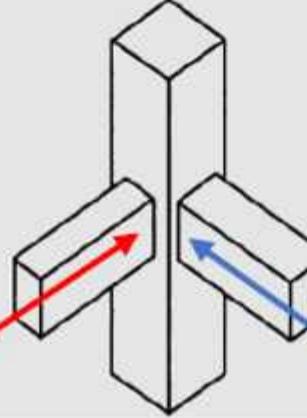
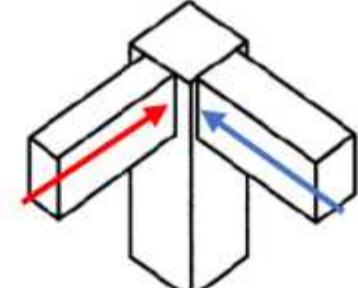
صمد آفازاده - پویا آفازاده

		direction		direction	
1		$1.66\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$1.66\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019		$1.25\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019
		$1.25\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$1.25\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019		$1.00\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019
2		$1.25\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$1.25\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019		$1.00\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019
		$1.25\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$1.25\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019		$1.00\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019

۹-۲۰-۶-۵-۴ مقاومت برشی ناحیه اتصال تیر به ستون

		$1.66\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$1.25\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019		$1.25\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$1.00\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019
3		$1.00\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$1.00\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019		$0.7\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$0.7\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019
4		$1.25\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$1.00\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019		$0.7\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$0.7\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019
5						

۹-۲۰-۶-۵-۴ مقاومت برشی ناحیه اتصال تیر به ستون

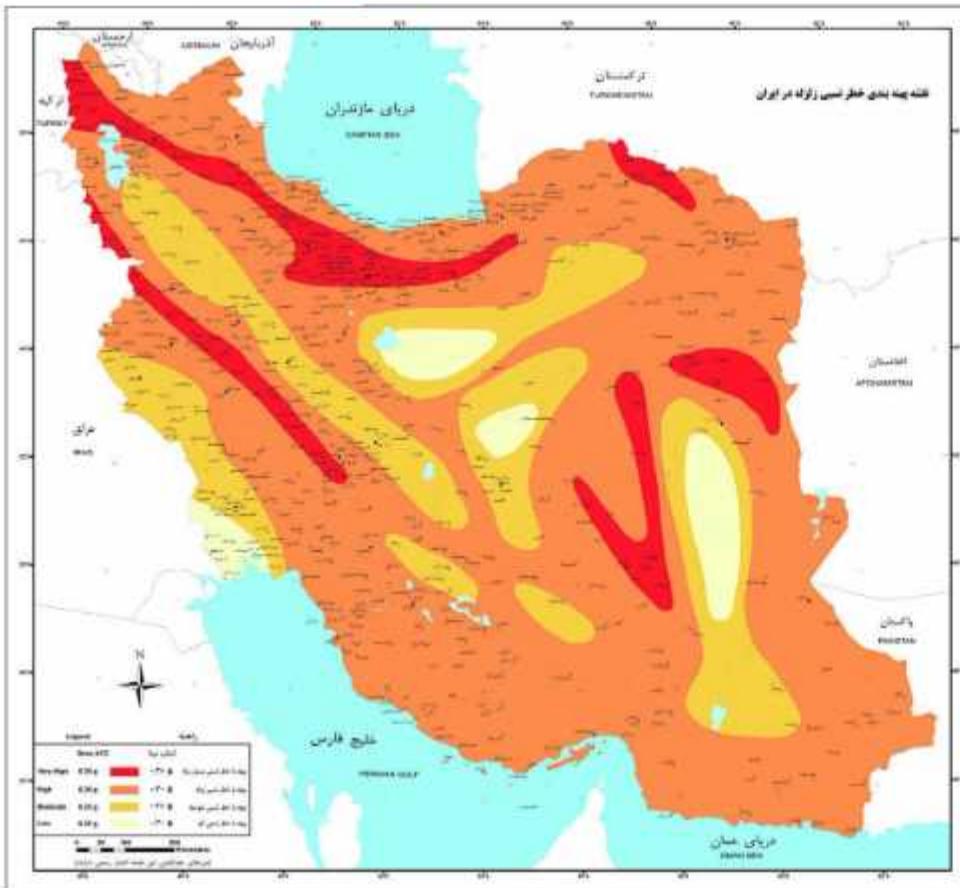
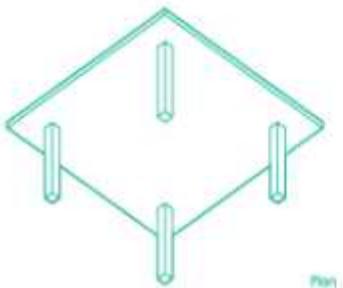
6		$1.25\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$1.25\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019		$1.00\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$1.00\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019
7		$1.00\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$1.00\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019		$0.7\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019	$0.7\sqrt{f'_c}A_j$ ACI318-2019

اهم ضوابط لرزه‌ای قابهای خمیشی تیر - ستونی متوسط

۲۰-۵-۵ دال‌های دو طرفه بدون تیر

۹-۵-۵-۲۰-۹ در سازه‌های با ۱ همیت بسیار زیاد و یا در مناطق با خطر نسبی زلزله بسیار زیاد، استفاده از سیستم دال

و ستون بصورت سیستم قاب متوسط و یا سیستم دو گانه مجاز نمی‌باشد.



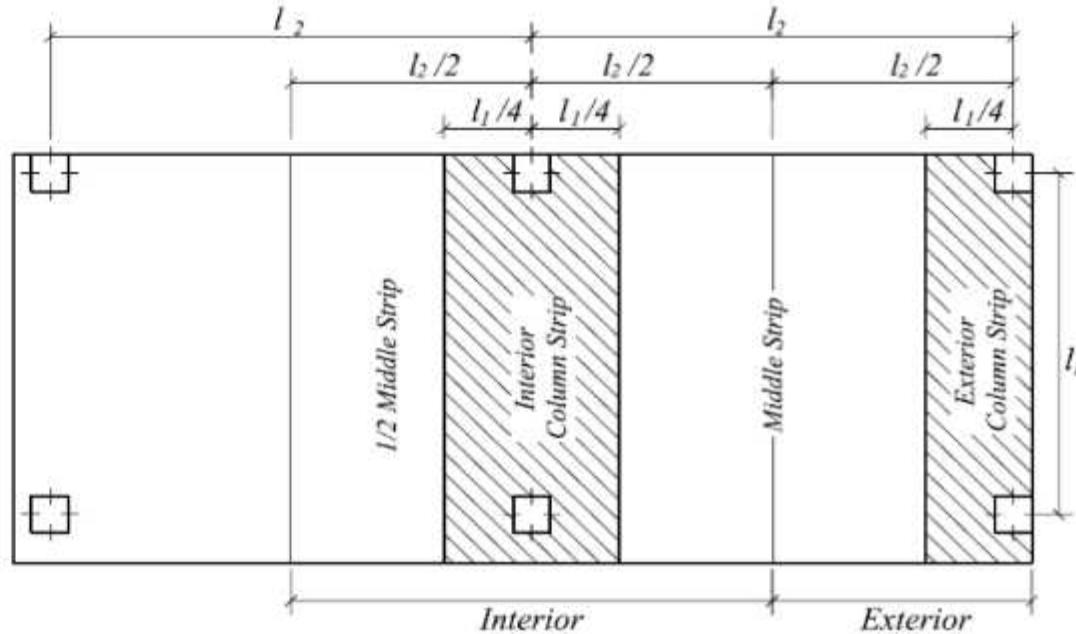
ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله			
			بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم
۴	آبدان	خوزستان	*			
۴۸	اراک	مرکزی	*			
۵۱	اردبیل	اردبیل	*			
۶۲	ارومیه	آذربایجان غربی	*			
۸۶	اصفهان	اصفهان	*			
۱۱۵	اهواز	خوزستان	*			
۶۷	بندر عباس	هرمزگان	*			
۷۱	بندر انزلی	گیلان	*			
۹۳	بوشهر	بوشهر	*			
۱۶	همدان	همدان	*			
۴	یزد	یزد	*			
۳۹	نوشهر	مازندران	*			
۴۷	مشهد	خراسان رضوی	*			
۹	گرگان	گلستان	*			
۸۶	کیش	هرمزگان	*			

ضوابط لرزه‌ای قابهای خمپسی دال - ستونی متوسط (دالهای تخت) - به غیر از تهران و مناطق با خطر نسبی بسیار زیاد

۲۰-۹-۵ دال‌های دو طرفه بدون تیر

۱-۵-۵-۲۰-۹ لنگرهای ضریب دار دالها در تکیه گاهها باید برای ترکیب های بارگذاری، شامل اثرات زلزله، محاسبه

گردند. آرماتور مورد نیاز برای تحمل M_{sc} باید در عرض نوار ستونی تعریف شده در بند ۲-۱۰-۹ قرار داده شوند.



۲-۱۰-۹ نوار ستون

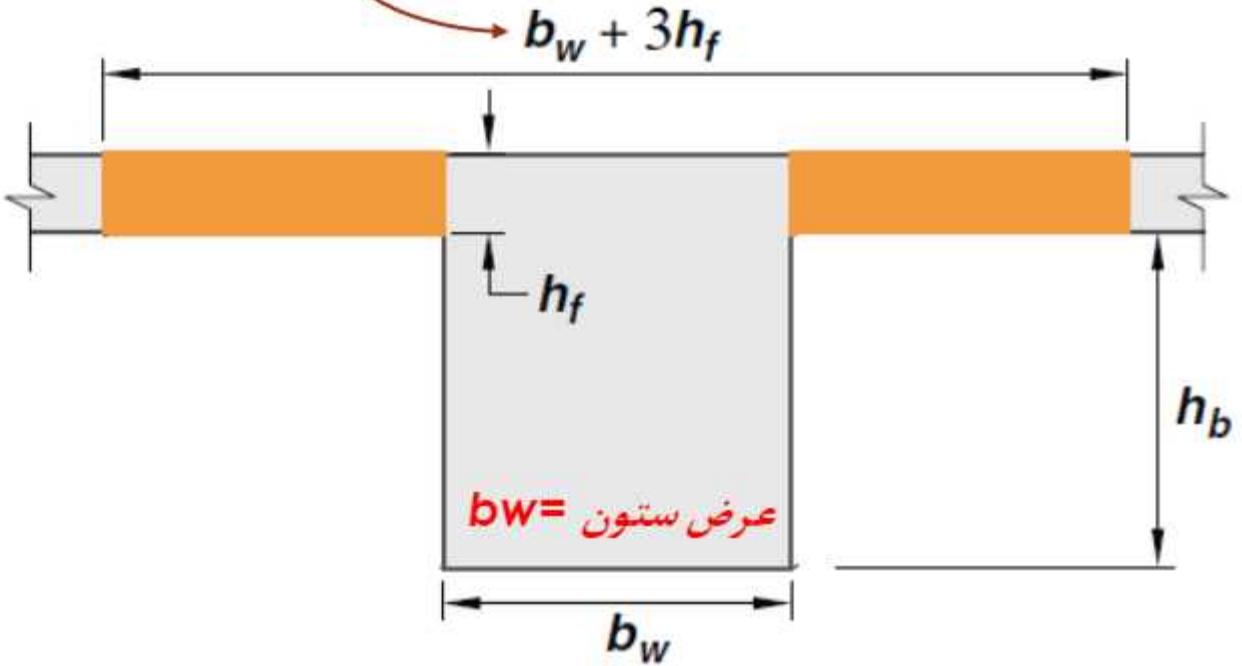
به قسمتی از نوار دال گفته می‌شود که در دو سمت محور ستون‌ها واقع شود و عرض آن در هر سمت محور برابر با کوچک-ترین دو مقدار $0.25l_1$ یا $0.25l_2$ باشد. اگر تیر وجود داشته باشد، باید آن را در نوار ستون منظور نمود.

ضوابط لرزه‌ای قابهای خمپسی دال - ستونی متوسط (دالهای تخت) - به غیر از تهران و مناطق با خطر نسبی بسیار زیاد

۲۰-۹-۵ دال‌های دو طرفه بدون تیر

-۱۰-۹ حد اقل نصف آرماتورهای نوار ستونی در تکیه گاهها باید در محدوده عرض موثر دال، که در بند

۳-۴-۶ تعیین شده است، قرار داده شود.



۴-۵-۲۰-۹ حد اقل یک چهارم آرماتورهای فوقانی نوار ستونی در تکیه گاه باید در تمام طول دهانه دال بصورت ممتد ادامه داده شود.

اعضایی که جزو سیستم باربر جانبی نیستند:

استاندارد ۲۸۰۰

یعنی تمام اعضايی از سازه چه گيردار چه مفصل که جزو سیستم لرزه ای اصلی (ایجاد کننده R) نیستند!

۱۰-۳ طراحی اجزای سازه‌ای که جزئی از سیستم باربر جانبی نیستند:

در ساختمان‌های بلندتر از ۵ طبقه تمام اجزای سازه‌ای که جزئی از سیستم باربر جانبی نیستند ولی از طریق دیافراگم‌های کف‌ها با سیستم باربر جانبی مرتبط هستند، باید برای اثر ناشی از تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی طرح طبقه، بند (۳-۵-۲)، طراحی شوند. در این محاسبات، در صورت نیاز، اثر $\Delta - P$ باید منظور گردد.

مبحث نهم ۹۹

۱۰-۳-۱۰-۹ تیرها، ستون‌ها و اتصالات تیر به ستون درجا ریخته

۱۰-۳-۱۰-۹ طراحی تیرها، ستون‌ها و اتصالات تیر به ستون باید بر اساس مقدار لنگر خمشی و برش ایجاد شده در آن‌ها وقتی تحت تاثیر تغییر مکان جانبی طرح. Δ . قرار گیرند. مطابق بندۀ ۹-۲۰-۲ و یا ۹-۲۰-۳-۱۰-۲، انجام شود. در صورتی که اثرات Δ در محاسبات به صورت مستقیم منظور نگردد، باید ضوابط بند ۹-۲۰-۹-۳-۱۰-۲ تامین گرددند.

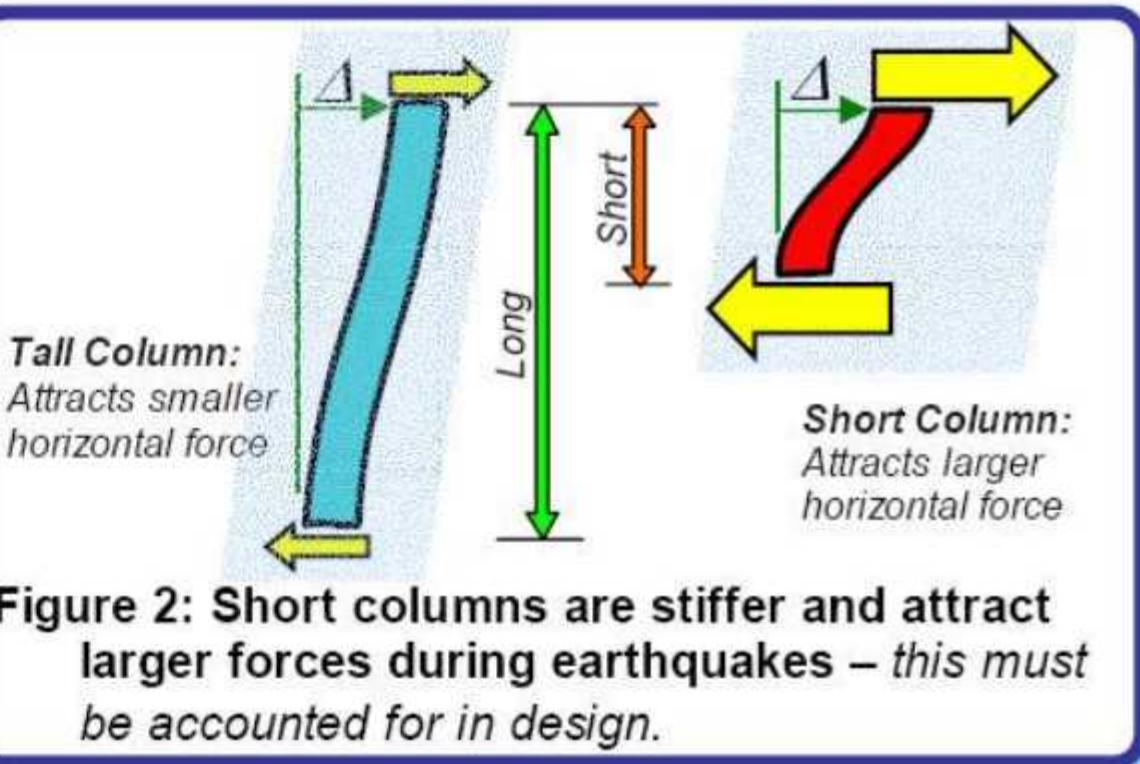
الف- وقتی اتصالات این اعضا مفصل است:

در این حالت صرفا اثرات $P\text{-}\Delta$ تشدید و اعضا کنترل می‌شوند.

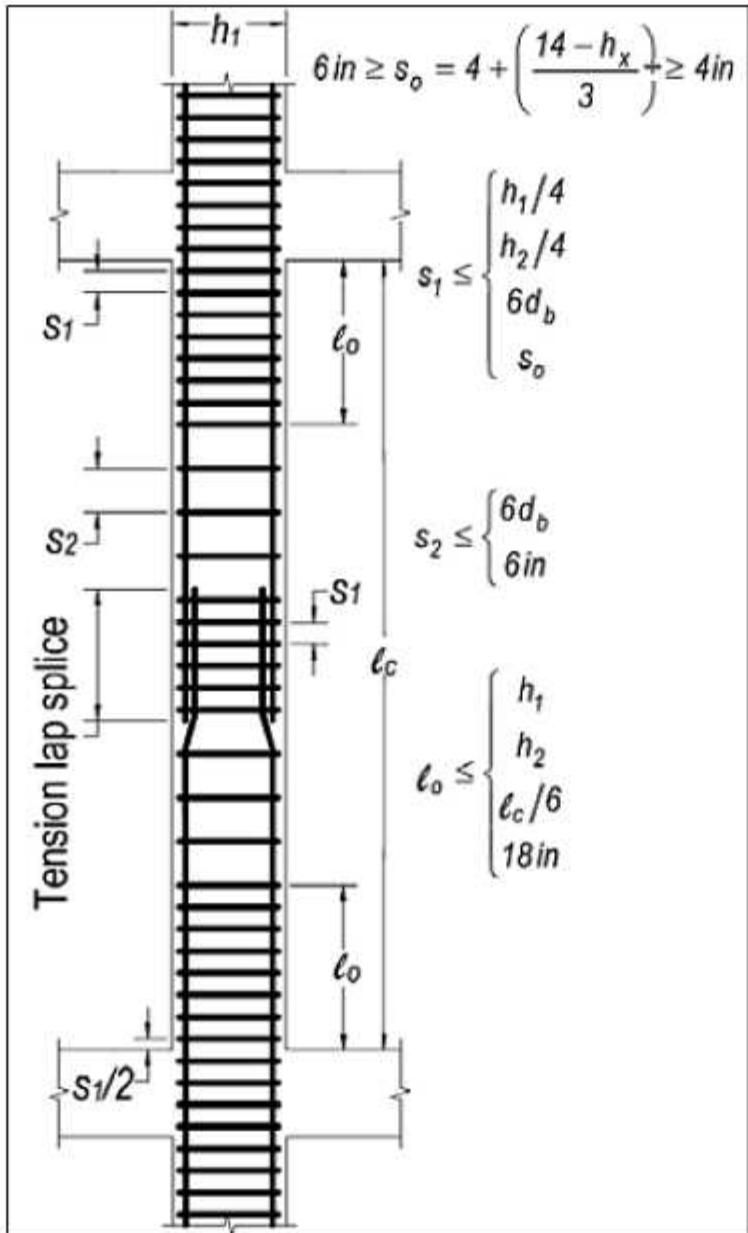
اعضایی که جزو سیستم باربر جانبی نیستند:

$$M = \frac{2EI}{l} \times \frac{3\Delta}{l}$$

$$V = \frac{2M}{l} = \frac{12EI\Delta}{l^3}$$

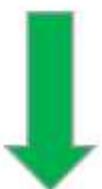


رابطه فوق بر اساس **گیرداری کامل** دو انتهای ستون است. راه ساده شده این است که بجای کنترل لنگر و برش فوق (که متناسب با سختی گره ها تغییر می کند)، ابتدا ضربی زلزله را Cd برابر کرده و سپس این اعضا کنترل شوند که آیا قابلیت طراحی (پاسخگویی) دارند یا خیر. اگر جوابگو بودند ضوابط بند ۲۰-۹-۱۰-۲۰-۳-۲ و اگر نبودند ضوابط بند ۹-۱۰-۲۰-۳-۲ رعایت می شوند.



اعضایی که جزو سیستم باربر جانبی نیستند:
(ستونها در دال تخت)

۳-۳-۱۰-۲۰ در مواردی که لنگر خمشی و نیروی برشی ایجاد شده در عضو قاب بیشتر از ϕV_n یا ϕM_n باشند، ویا در صورتی که مقادیر لنگر خمشی یا برش مطابق بند ۲۰-۲۰ محاسبه نشده باشند، باید ضوابط «الف» تا «ت» زیر رعایت شوند:



پ- در ستون‌ها باید ضوابط بندهای ۳-۳-۶-۲۰، ۲-۳-۶-۲۰ و ۴-۳-۶-۲۰ رعایت شوند.



ستونها در قاب خمشی ویژه

سختی جانبی این اعضاء در مدل لرزه‌ای سازه لحاظ نمی‌شود.

اتصالات اعضاي سازه

ساده

گيردار

اعضا صرفاً ثقلی هستند و اثرات P-Delta اضافه می‌شود.

اعضا برابر جانبی (LFRS) هستند؟

خیر

بله

اعضا صرفاً ثقلی هستند و ستونهای میانی صرفاً نیروی محوری دارند. (دال-ستون)

عضو سیستم لرزه‌ای اصلی (R-SFRS) هستند.

خیر

بله

باید تحت اثر تغییر مکان نهایی کنترل شوند و یا جزئیات شکل‌پذیری رعایت شود. (در خصوص دالها صرفاً برش اتصال کنترل می‌شود)

طراحی لرزه‌ای انجام می‌شود.

قابهای خمی دال - ستونی متوسط (دالهای تخت) - غیرباربر

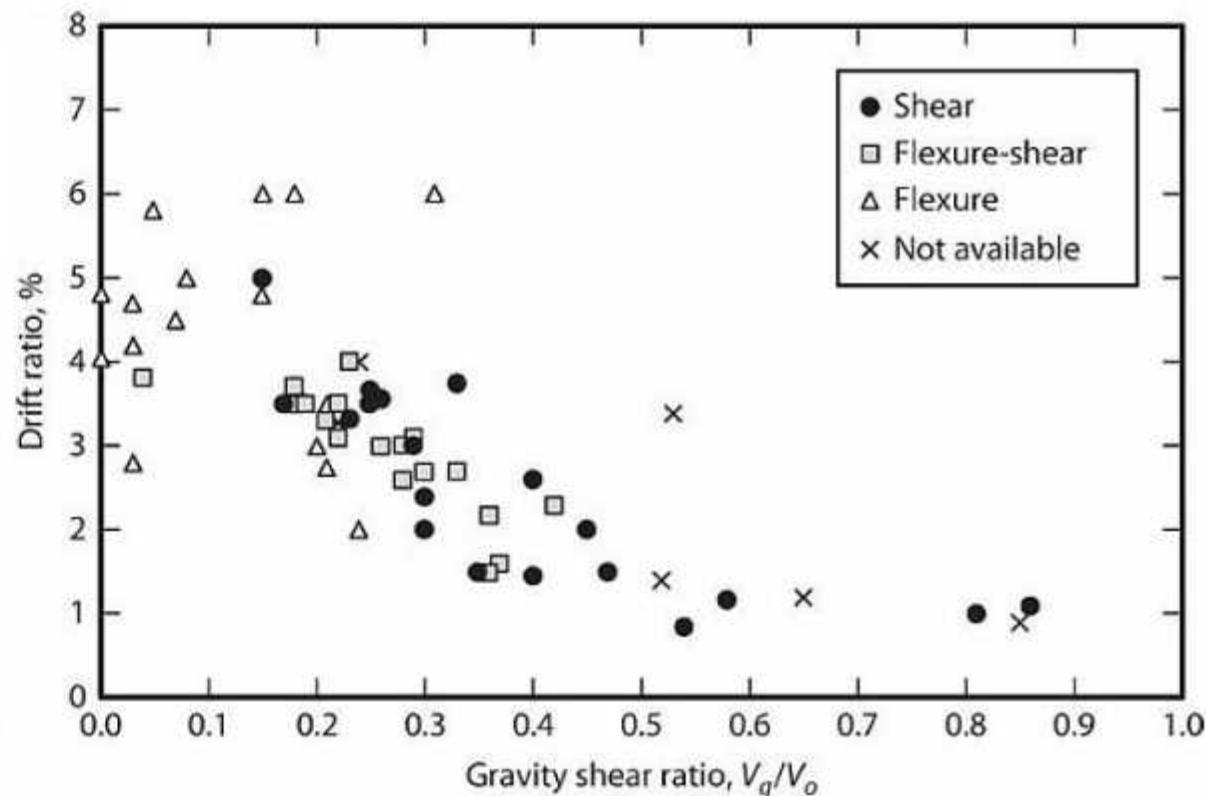
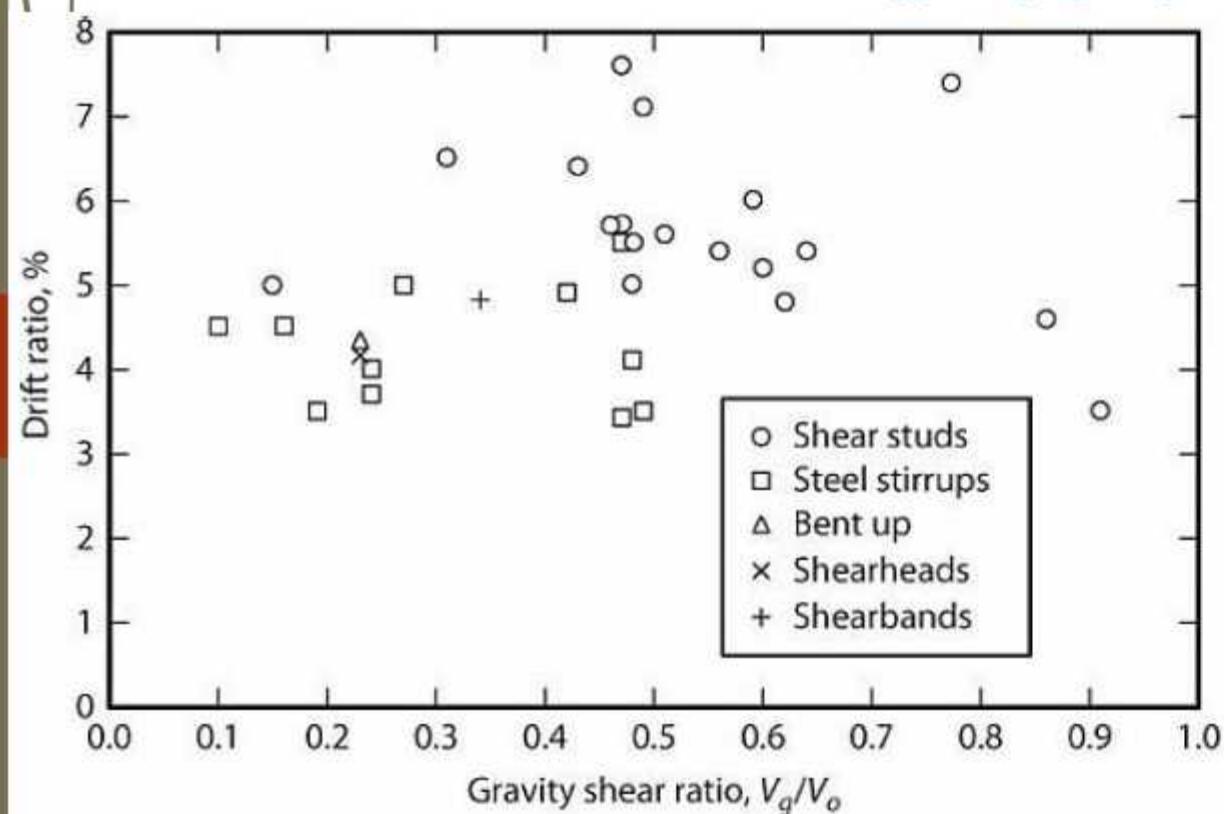
ضوابط لرزه‌ای دال - ستونی (دالهای تخت)

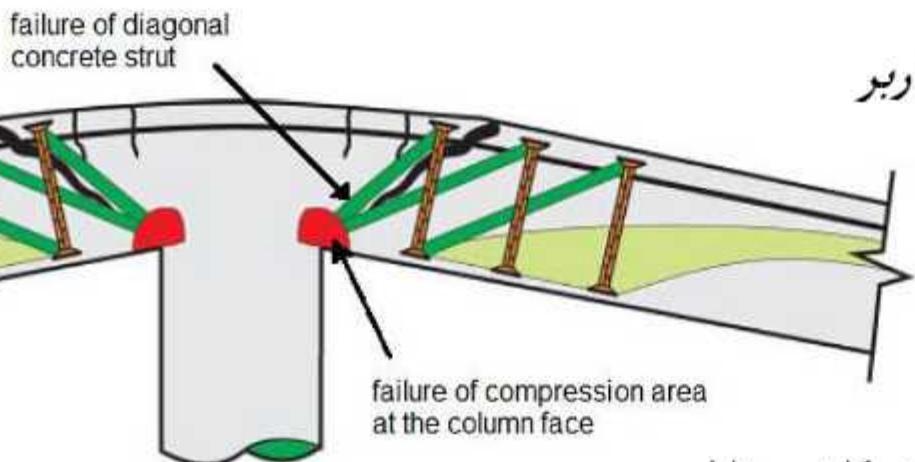
غیر باربر جانبی (اتصالات)

۴-۱۰-۲۰-۹ اتصالات دال به ستون

نمودار رابطه بین ظرفیت تغییر مکان جانبی نسبی طبقه و نسبت برش $\frac{V_g}{V_o}$ به
برش ظرفیت در دو حالت بدون میلگرد برشی (راست) و با میلگرد برشی (چپ)

در اتصال دال به ستون (ACI 352.1R-11)





قابهای خمی دال - ستونی متوسط (دالهای تخت) - غیرباربر

ضوابط لرزه‌ای دال - ستونی (دالهای تخت)

غیر باربر جانبی (اتصالات)

۴-۱۰-۲۰-۹ اتصالات دال به ستون

۱-۴-۱۰-۲۰-۹ در اتصالات دالهای دو طرفه بدون تیر به ستون، باید در کلیه مقاطع

بحرانی که در بند ۱-۲-۵-۸-۹ تعریف شده‌اند، در صورتی که $\frac{\Delta_x}{h_{sx}} \geq 0.035 - \frac{1}{20} \left(\frac{V_{uv}}{\varphi V_c} \right)$

باشد، از آرماتورهای برشی مطابق ضوابط بند ۳-۴-۱۰-۲۰-۹ و یکی از دو بند ۴-۷-۱۰-۹ و ۹-۱۰-۹ استفاده شود. (شماره بندهای صحیح: ۹-۱۰-۷-۳-۷-۲-۳ و ۱-۳-۷ است)

۳-۴-۱۰-۲۰-۹ در مقطع بحرانی دال، آرماتورهای برشی مورد نیاز باید رابطه‌ی

$\frac{\Delta_x}{h_{sx}} \geq 0.29 \sqrt{f'_c}$ را تامین نموده و حداقل تا ۴ برابر ضخامت دال از بر تکیه گاه در مجاورت

مقطع بحرانی دال ادامه داشته باشند.

تغییر مکان جانبی نسبی (واقعی) طرح

ارتفاع طبقه در طبقه x

۲-۴-۱۰-۲۰-۹ در صورتی که $\frac{\Delta_x}{h_{sx}} \leq 0.005$ باشد، نیازی به محاسبه‌ی آرماتور برشی مطابق

بند ۹-۱۰-۲۰-۹-۱ نمی‌باشد.

تشهیار برشی ناشی از بارهای ثقلی و اثرات زلزله قائم بدون انتقال لنگر

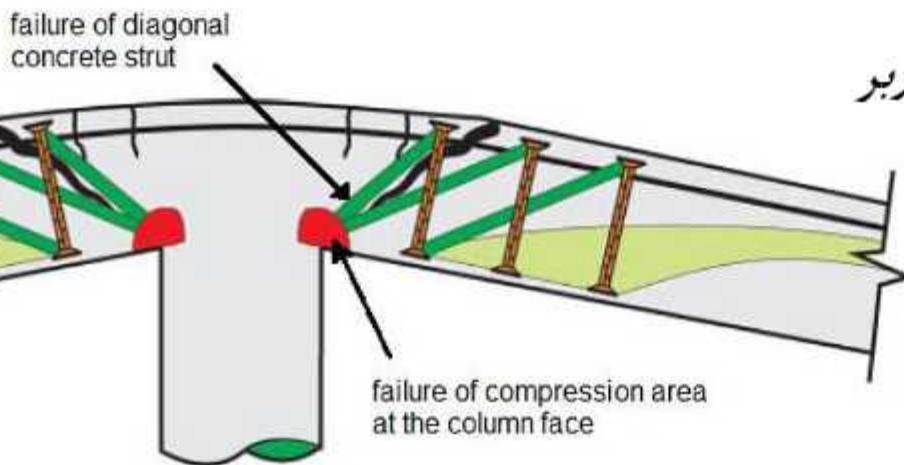
v_{uv} = factored shear stress at the slab critical section due to gravity loads without moment transfer where the factored gravity shear force is determined using the load combinations that include E

قبهای خمی دال - ستونی متوسط (دالهای تخت) - غیرباربر

ضوابط لرزه‌ای دال - ستونی (دالهای تخت)

غیرباربر جانبی (اتصالات)

۴-۱۰-۲۰-۹ اتصالات دال به ستون



Design Guide on the ACI 318

CRSI Concrete Reinforcing Steel Institute

$U = (1.2 + 0.19)D + 0 + 0.5L = 1.39D + 0.5L$ (earthquake effects, Q_E , are equal to zero because the two-way slab and column are not part of the SFRS).

$$q_u = (1.39 \times 110) + (0.5 \times 40) = 173 \text{ lb/ft}^2$$

$$d = 8.0 - 1.25 = 6.75 \text{ in.}$$

$$b_1 = b_2 = 24.0 + 6.75 = 30.75 \text{ in.}$$

$$V_u = 173 \times \left[\left(22.0 \times \frac{20.5 + 19.0}{2} \right) - \frac{30.75^2}{144} \right] = 74,033 \text{ lb}$$

$$b_o = 4 \times 30.75 = 123.0 \text{ in.}$$

$$v_{uv} = \frac{V_u}{b_o d} = \frac{74,033}{123.0 \times 6.75} = 89.2 \text{ psi}$$

$$v_{u,AB} = v_{uv} + \frac{\gamma_v M_{sc} c_{AB}}{J_c}$$

$$v_{u,CD} = v_{uv} - \frac{\gamma_v M_{sc} c_{CD}}{J_c}$$

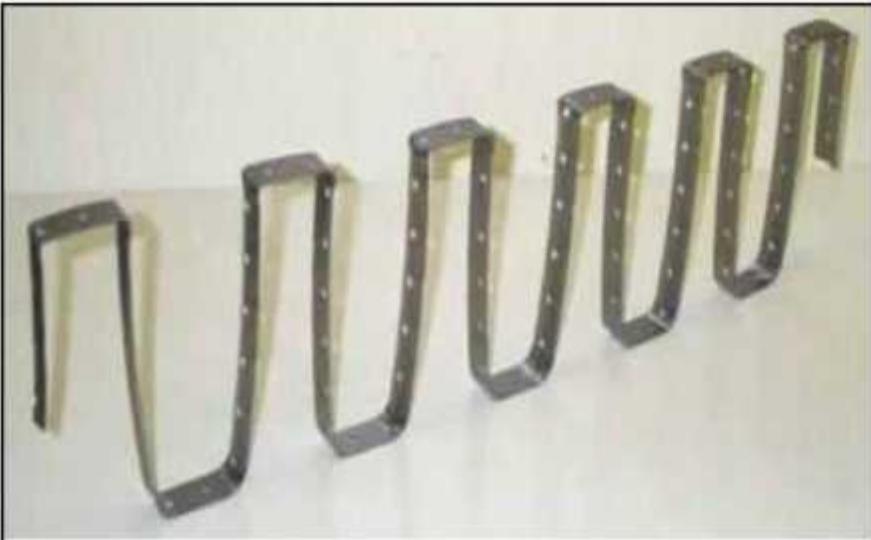


Fig. 2.14: (a) Shear Band, and (b) Placement around column

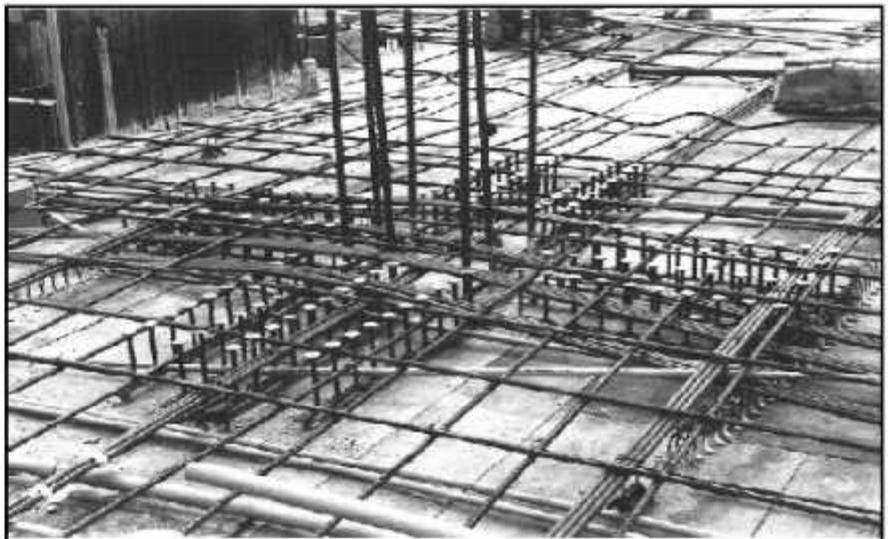
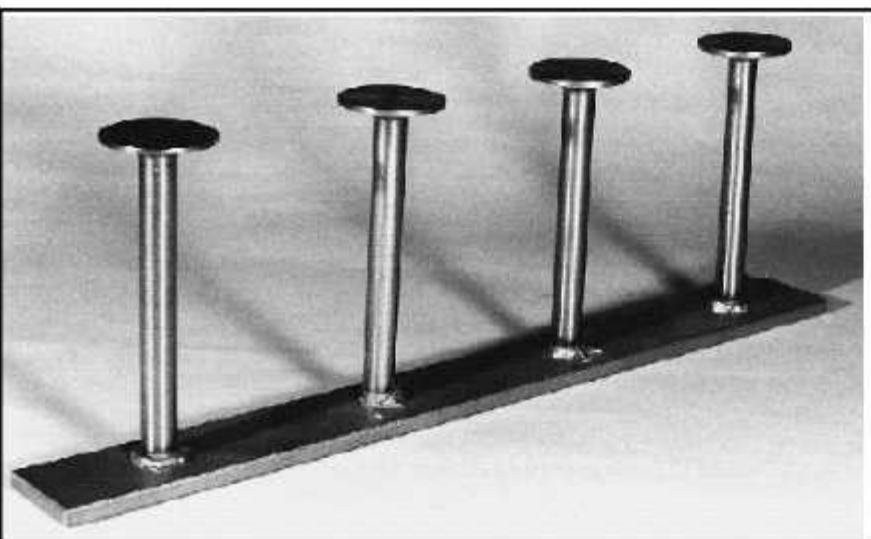
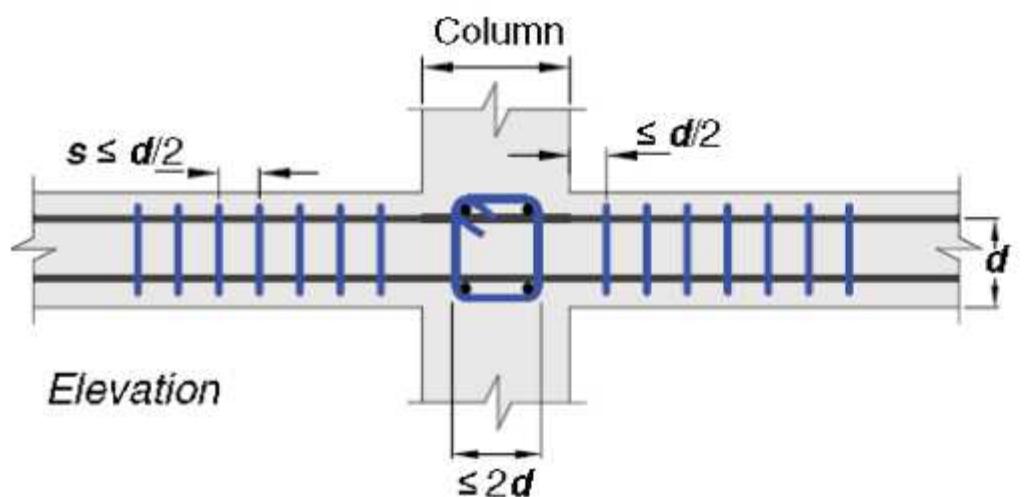


Fig. 2.15: (a) Shear Studs, and (b) Application in Flat Slab

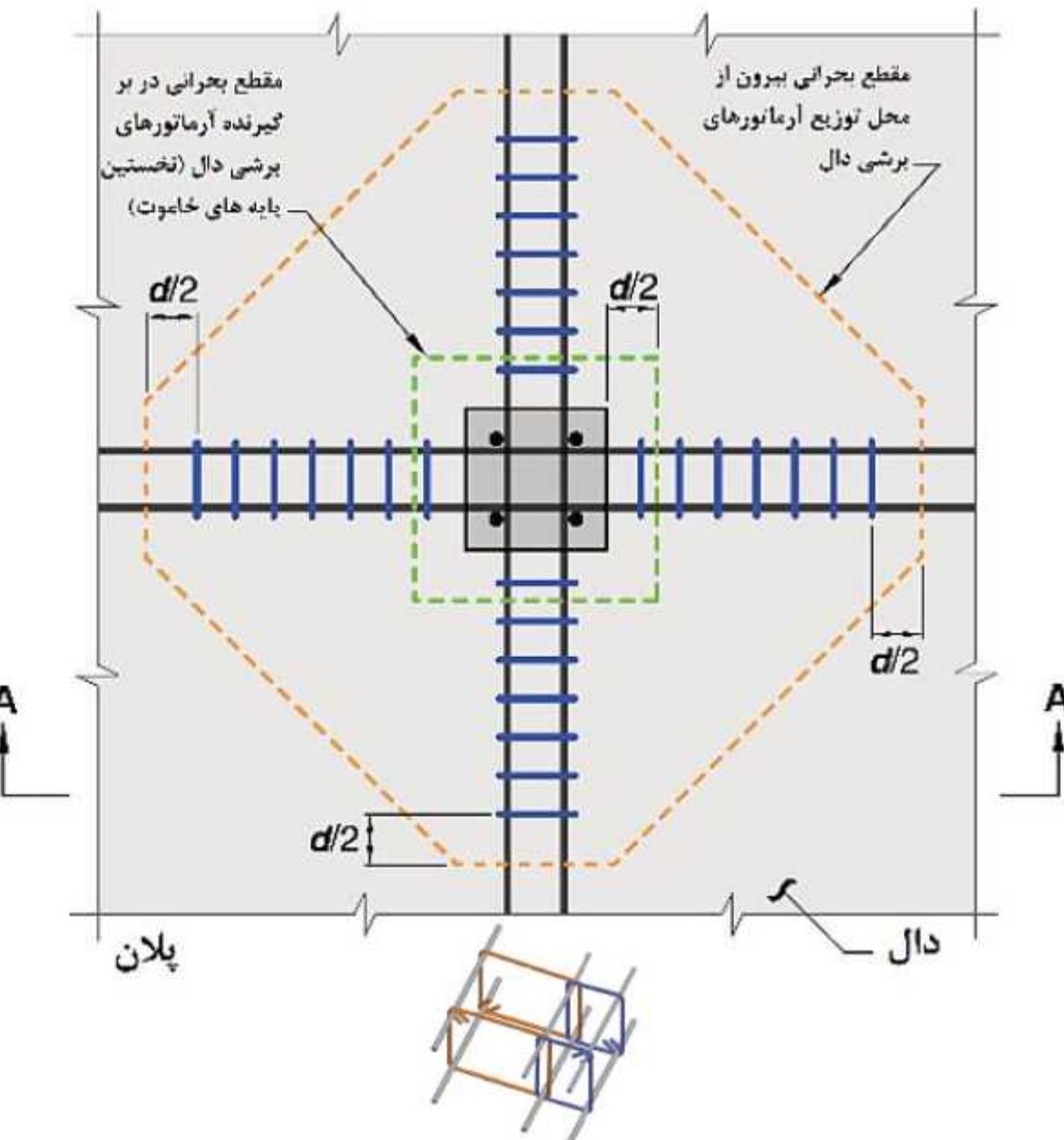
۷-۳-۷-۱۰ آرماتورهای برشی - خاموت‌ها

الف- استفاده از خاموت‌های تک پایه، U ساده، U چند گانه و خاموت بسته به عنوان آرماتور برشی مجاز می‌باشد.



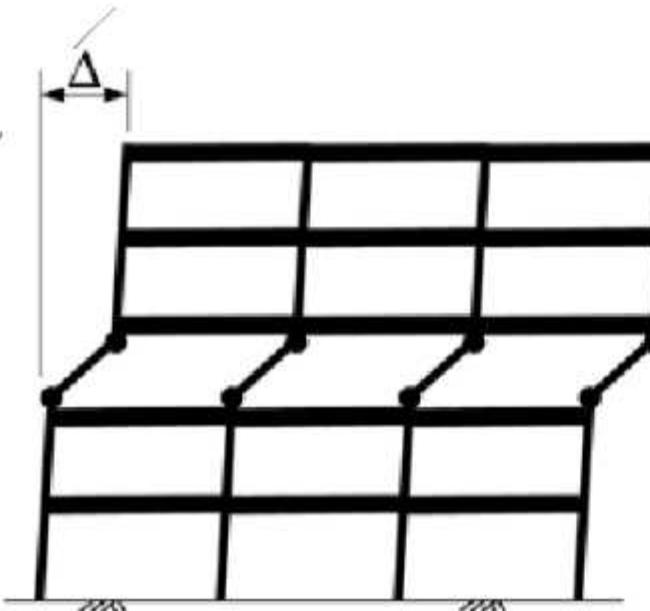
جدول ۴-۱۰ موقعیت اولین خاموت و محدودیت‌های فاصله گذاری

بیشترین فاصله	تعریف اندازه‌گیری	جهت اندازه‌گیری
$\frac{d}{2}$	فاصله از بر سر ستون تا اولین خاموت	عمود بر وجه ستون
$\frac{d}{2}$	فاصله بین خاموت‌ها	موازی با وجه ستون
$2d$	فاصله بین ساق عمودی خاموت‌ها	

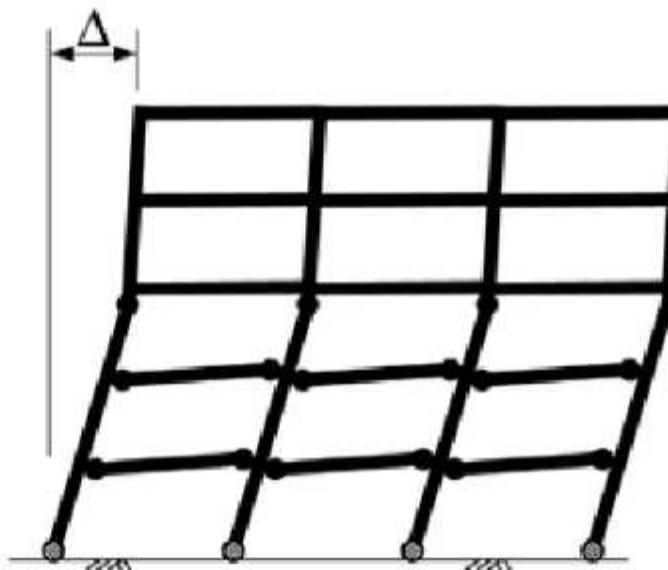


قابهای خمشی ویژه

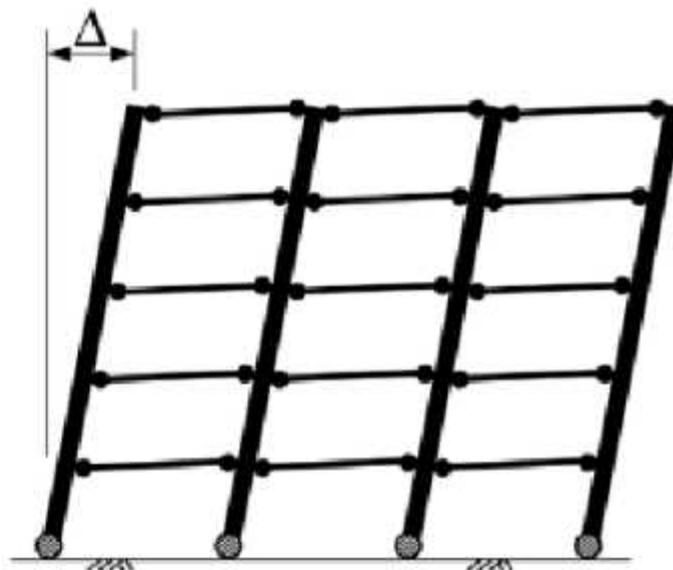
دیوارهای برشی ویژه



(a) Story mechanism



(b) Intermediate mechanism



(c) Beam mechanism

الف- ارتفاع مؤثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه‌ی آزاد باشد.

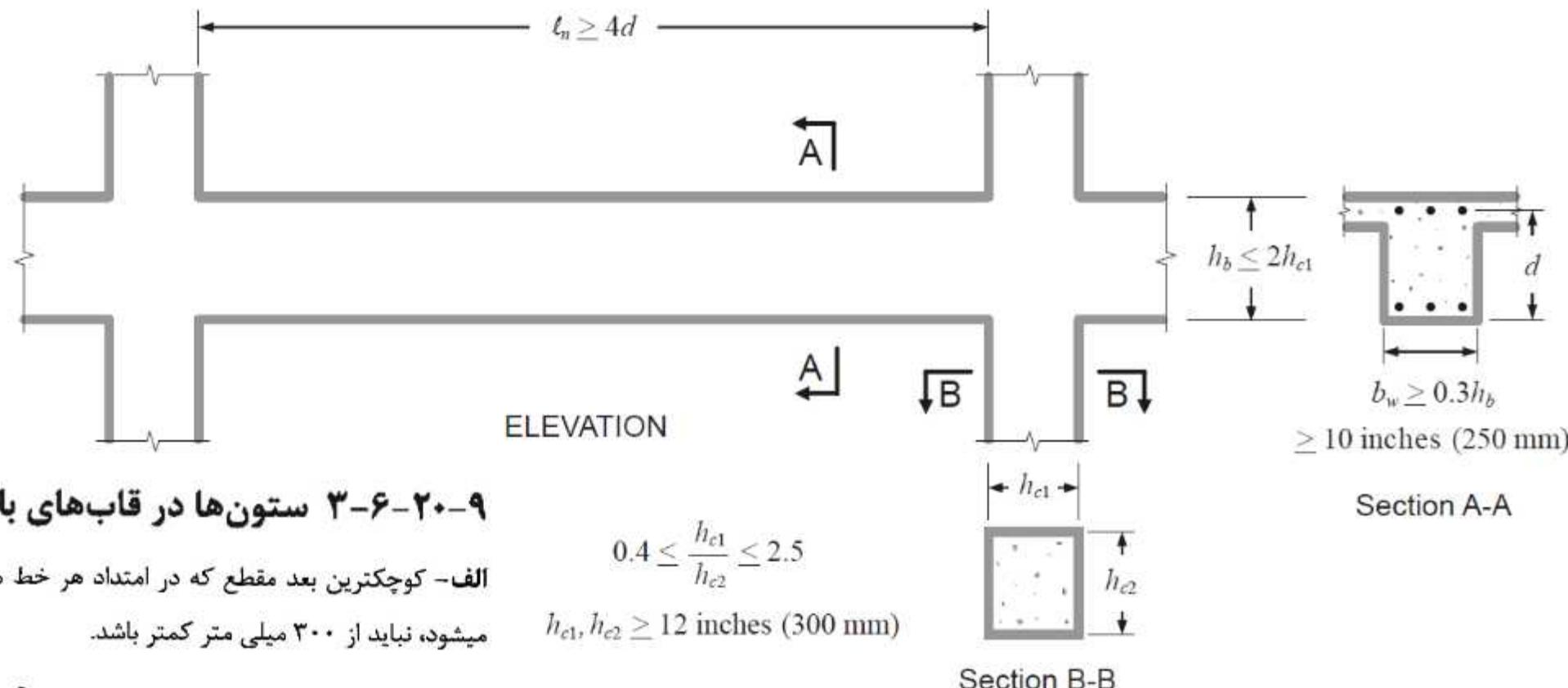
ب- عرض مقطع نباید کمتر از سه دهم ارتفاع آن و ۲۵۰ میلی‌متر باشد.

پ- عرض مقطع نباید بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی، در صفحه‌ی عمود بر محور طولی عضو

۱-۱-۲-۶-۲۰-۹ در این تیرها محدودیت‌های هندسی (الف) تا (پ) این بند باید رعایت شوند: خمی، به اضافه‌ی کوچک‌ترین c_2 و $0.75c_1$ در هر طرف عضو تکیه‌گاهی باشد.

۲-۶-۲۰-۹ تیرها در قاب‌های با شکل پذیری زیاد

۱-۲-۶-۲۰-۹ محدودیت‌های هندسی



۳-۶-۲۰-۹ ستون‌ها در قاب‌های با شکل پذیری زیاد

الف- کوچک‌ترین بعد مقطع که در امتداد هر خط مستقیم گذرنده از مرکز هندسی مقطع تعیین می‌شود، نباید از ۳۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.

ب- نسبت کوچک‌ترین بعد مقطع به بعد عمود بر آن نباید از $0/4$ کمتر باشد.

۲-۳-۶-۲۰-۹ آرماتورهای طولی

۱-۲-۲-۶-۲۰-۹ در تمامی مقاطع تیر نسبت سطح مقطع آرماتور به مقطع موثر بتن، هم در پایین و هم در بالا، نباید کمتر از مقادیر مقرر شده در بند ۹-۱۱-۵-۲-۱ بوده، و نسبت آرماتور کششی برای فولادهای با حد تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و کمتر نباید بیشتر از ۰/۰۲۵، و برای فولادهای با حد تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال بیشتر از ۰/۰۲۰ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر ۱۲ میلی متر باید هم در پایین و هم در بالای مقطع در سراسر طول پیش بینی شوند.

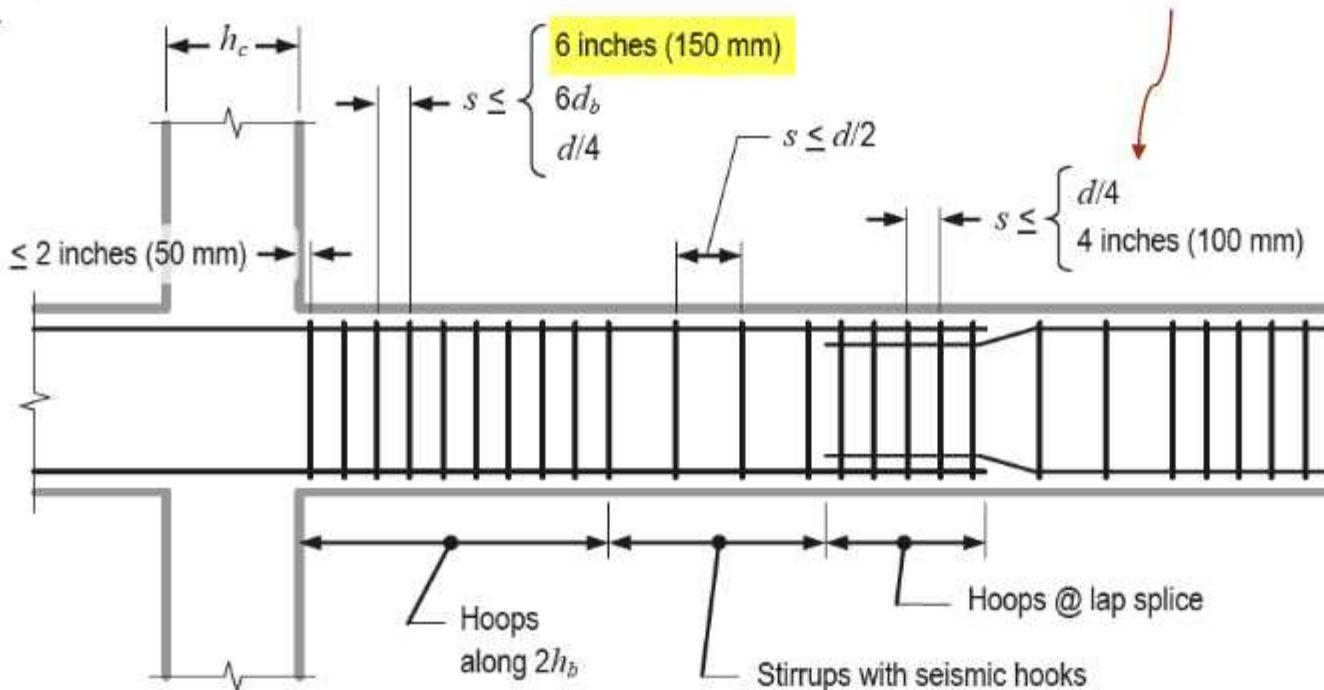
۲-۲-۲-۶-۲۰-۹ در بر تکیه‌گاه‌های تیر، مقاومت خمشی مثبت مقطع در هر تکیه‌گاه باید حداقل برابر نصف مقاومت خمشی منفی همان مقطع باشد.

۳-۲-۲-۶-۲۰-۹ مقاومت خمشی مثبت و منفی هر مقطع در سراسر طول تیر نباید کمتر از یک چهارم حداکثر مقاومت خمشی در مقاطع بر تکیه گاهی در دو انتهای عضو باشد.

الف- قطر دورگیرها مطابق بند ۲-۶-۲۱-۹ باشد. (حداقل ۱۰ میلیمتر)

ب- فاصله‌ی دورگیرها از یک دیگر نباید بیش‌تر از یک چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۶ برابر قطر کوچک‌ترین میلگرد طولی برای میلگردهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و کم‌تر، و ۵ برابر قطر کوچک‌ترین میلگرد طولی برای میلگردهای با مقاومت تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال (به جز میلگرد طولی جلدی) و ۱۵۰ میلی‌متر اختیار شود.

پ- فاصله‌ی اولین دورگیر از بر تکیه‌گاه بیش‌تر از ۵۰ میلی‌متر نباشد.



۳-۶-۲۰-۹ آرماتورهای عرضی

۹-۶-۲-۶-۲۰-۹ استفاده از وصله‌ی پوششی

۹-۶-۲-۶-۲۰-۹ استفاده از وصله‌ی پوششی در محله‌ای زیر مجاز نیست:

الف- در اتصالات تیرها به ستون‌ها؛

ب- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع تیر از بر تکیه‌گاه؛

سفره‌های آرماتور عرضی در بر گیرنده‌ی وصله از یک دیگر، نباید از کوچک‌ترین مقادیر یک چهارم

ارتفاع مؤثر مقطع و ۱۰۰ میلی‌متر بیش‌تر باشد.



NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 1



Seismic Design of Reinforced Concrete Special Moment Frames

A Guide for Practicing Engineers

This publication is available free of charge from:
<http://dx.doi.org/10.6028/NIST.GCR.16-917-40>

August 2016

With references to ASCE 7-16 and ACI 318-14

Dear Amir,

This message is in response to your technical question/inquiry.

Assuming that the supported longitudinal bars are close enough together (within 14 in or about 350 mm), yes, that detail would meet the requirements of those provisions. The reasoning for these transverse reinforcement requirements is to hold as much of the section together as possible in the event of a major earthquake. Note: I am also assuming that you would require that both the vertical and horizontal cross-ties in your example would have alternating 90 degree ends as described in 18.6.4.3.

NIST GCR 16-917-40

٤-٢-٦-٢١ تنگ‌های مستطیلی

۳-۲-۶-۲۰-۹ آرماتورهای عرضی

۳-۲-۶-۲۰ در قسمت‌هایی از طول تیر که به دورگیر نیاز

است، میلگردهای طولی اصلی در مجاورت رویه‌های کششی و

فشاری عضو باید دارای تکیه‌گاه عرضی مطابق بند ٤-٢-٦-٢١

باشند. فاصله مرکز تا مرکز آرماتورهای خمشی که دارای

تکیه‌گاه جانبی هستند، باید بیش از ۳۵۰ میلی‌متر باشد. برای

آرماتورهای جلدی که بر اساس ضوابط بند ۱۱-۱-۶-۳ ضروری

هستند، نیازی به تکیه‌گاه عرضی نیست.

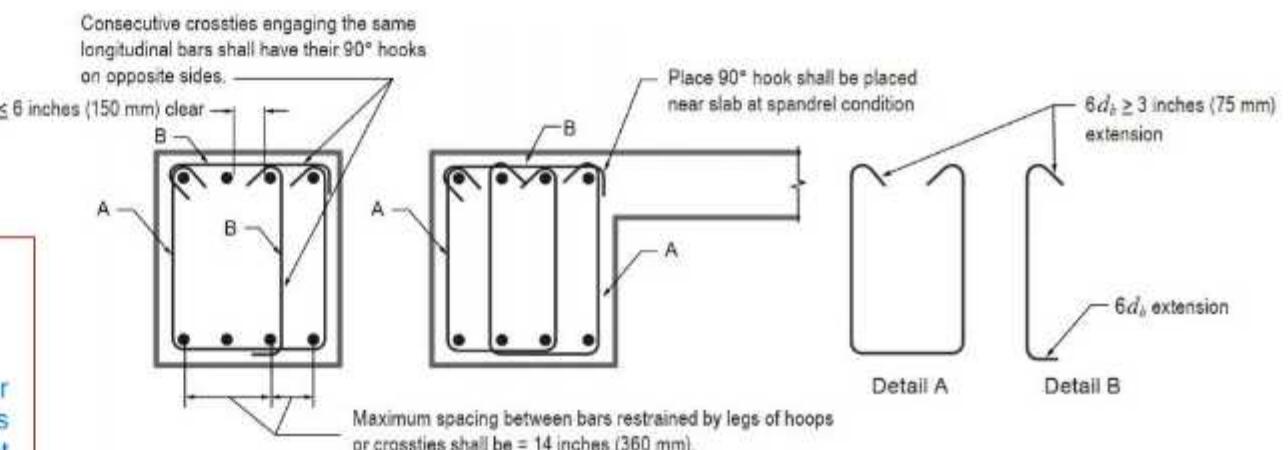
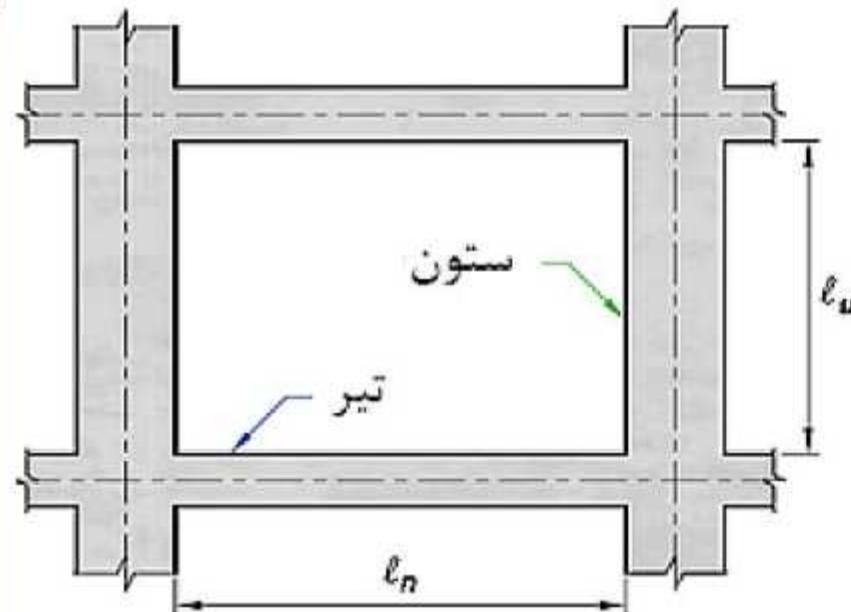


Figure 5-14. Hoop reinforcement detail.



$$w_u = (1.2 + 0.6AI)D + 1.0L + 0.2S$$

M_{pr1} M_{pr2}
 V_{o1} V_{o2}



$$V_o = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{w_u l_n}{2}$$

۴-۲-۶-۲۰-۹ بروش در تیرهای با شکل پذیری زیاد

۱-۴-۲-۶-۲۰-۹ نیروی برشی طراحی تیرها، V_c ، باید با در نظر گرفتن تعادل استاتیکی بارهای قائم ضریب‌دار وارد بر تیر و لنگرهای خمی موجود در مقاطع انتهایی تیر با فرض آن که در این مقاطع مفصل‌های پلاستیک تشکیل شده‌اند، تعیین شود. ظرفیت خمی مفصل‌های پلاستیک، مثبت یا منفی باید برابر با لنگر خمی مقاوم محتمل مقطع، M_{pr} ، در نظر گرفته شود. جهت‌های این لنگرهای خمی باید چنان در نظر گرفته شوند که نیروی برشی ایجاد شده در تیر، بیشترین مقدار باشد.

مقاومت خمی محتمل عضو، با یا بدون بار محوری، در بر گره اتصال که با فرض تنفس کششی در میلگرد‌های طولی حداقل برابر با $1.25f_y$ و ضریب کاهش مقاومت Φ برابر با یک محاسبه می‌شود.

۴-۲-۶-۲۰-۹ در مواردی که هر دو شرط (الف) و (ب) زیر برقرار باشند، طراحی آرماتورهای عرضی در مناطق بحرانی بند ۳-۲-۶-۲۰-۹-۱، باید با فرض V_c برابر با صفر انجام شود:

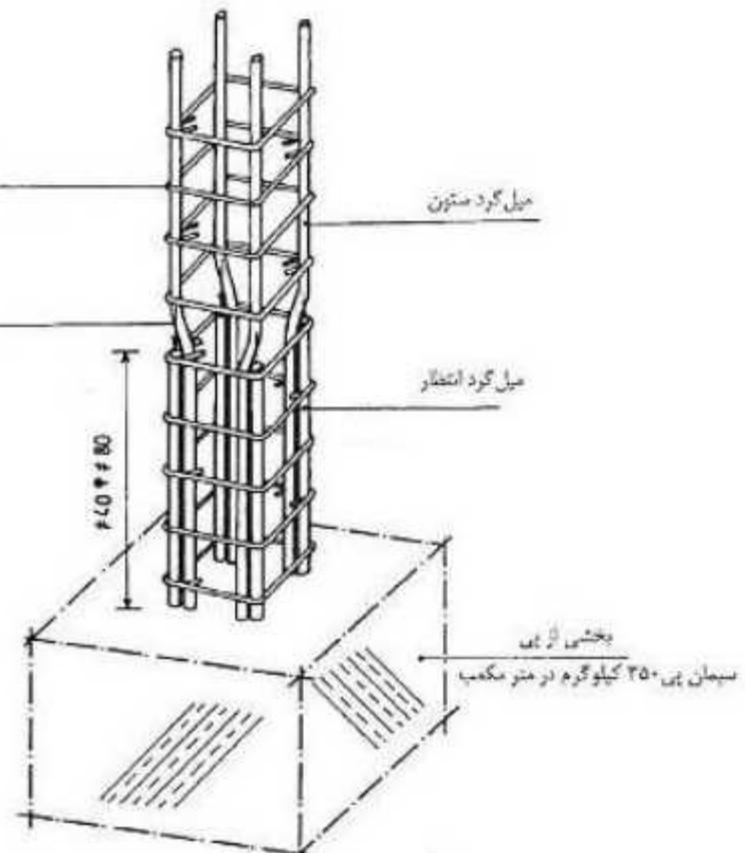
الف - بخش لرزه‌ای برش محاسبه شده بر اساس بند ۴-۲-۶-۲۰-۹-۱، بزرگ‌تر یا مساوی نصف مقاومت برشی حداکثر در مناطق بحرانی باشد. (در ACI: مقاومت برشی مورد نیاز، یعنی نصف برش، ناشی از زلزله باشد)

ب - بار محوری فشاری ضریب‌دار، P_u ، که شامل اثرات زلزله می‌باشد، از $0.05A_g f'_c$ کم‌تر باشد.

۲-۳-۶-۲۰-۹ آرماتورهای طولی

۱-۲-۳-۶-۲۰-۹ در ستون‌ها نسبت سطح مقطع آرماتور طولی به سطح مقطع کل ستون نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از شش درصد در نظر گرفته شود. محدودیت حداقل مقدار آرماتور باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود.

۳-۲-۳-۶-۲۰-۹ در طول آزاد ستون، آرماتورهای طولی ستون باید به گونه‌ای انتخاب شوند که باشد. در این رابطه l_d طول گیرایی آرماتورهای طولی و l_u طول آزاد ستون می‌باشد. (طول گیرایی میلگرد ۲۵ AIII و بتن C25 برابر ۱۲۰ سانتیمتر است*)

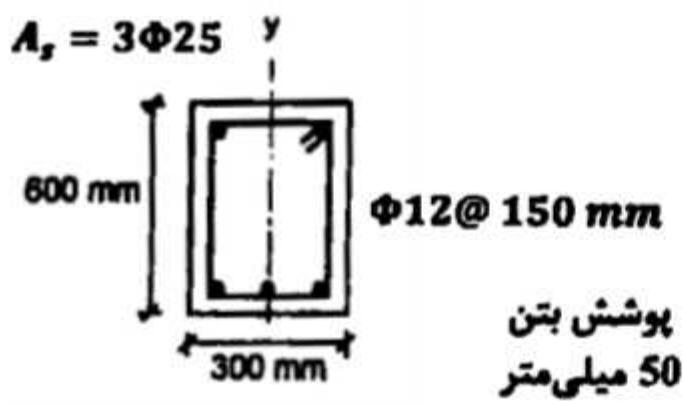


۴-۲-۳-۶-۲۰-۹ استفاده از وصله‌ی پوششی در میلگردهای طولی فقط در نیمه‌ی میانی طول ستون مجاز است. طول پوشش این وصله‌ها باید برای کشش در نظر گرفته شود. در طول این وصله‌ها باید آرماتورهای عرضی مطابق ضوابط بندهای ۲-۳-۳-۶-۲۰-۹ تا ۳-۳-۶-۲۰-۹ به کار آرماتورهای عرضی در ناحیه بحرانی بردۀ شوند.

۳-۲-۳-۶-۲۰-۹ در طول آزاد ستون، آرماتورهای طولی ستون باید به گونه‌ای انتخاب شوند که $1.25l_d \leq l_u/2$ باشد. در این رابطه l_d طول گیرایی آرماتورهای طولی و l_u طول آزاد ستون می‌باشد. (طول گیرایی میلگرد ۲۵ AIII و بتن C25 برابر ۱۲۰ سانتیمتر است*)

Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19)

For example, bars or wires with minimum clear cover not less than $2d_b$ and minimum clear spacing not less than $4d_b$ and without any confining reinforcement would have a $(c_b + K_{tr})/d_b$ value of 2.5

 c_b

is a factor that represents the least of the side cover, the concrete cover to the bar or wire (in both cases measured to the center of the bar or wire), or one-half the center-to-center spacing of the bars or wires

فاصله مرکز میلگرد تا رویه بتن برابر است با:

$$\text{Cover to rebar center} = 50 + 12 + 12.5 = 74.5 \text{ mm}$$

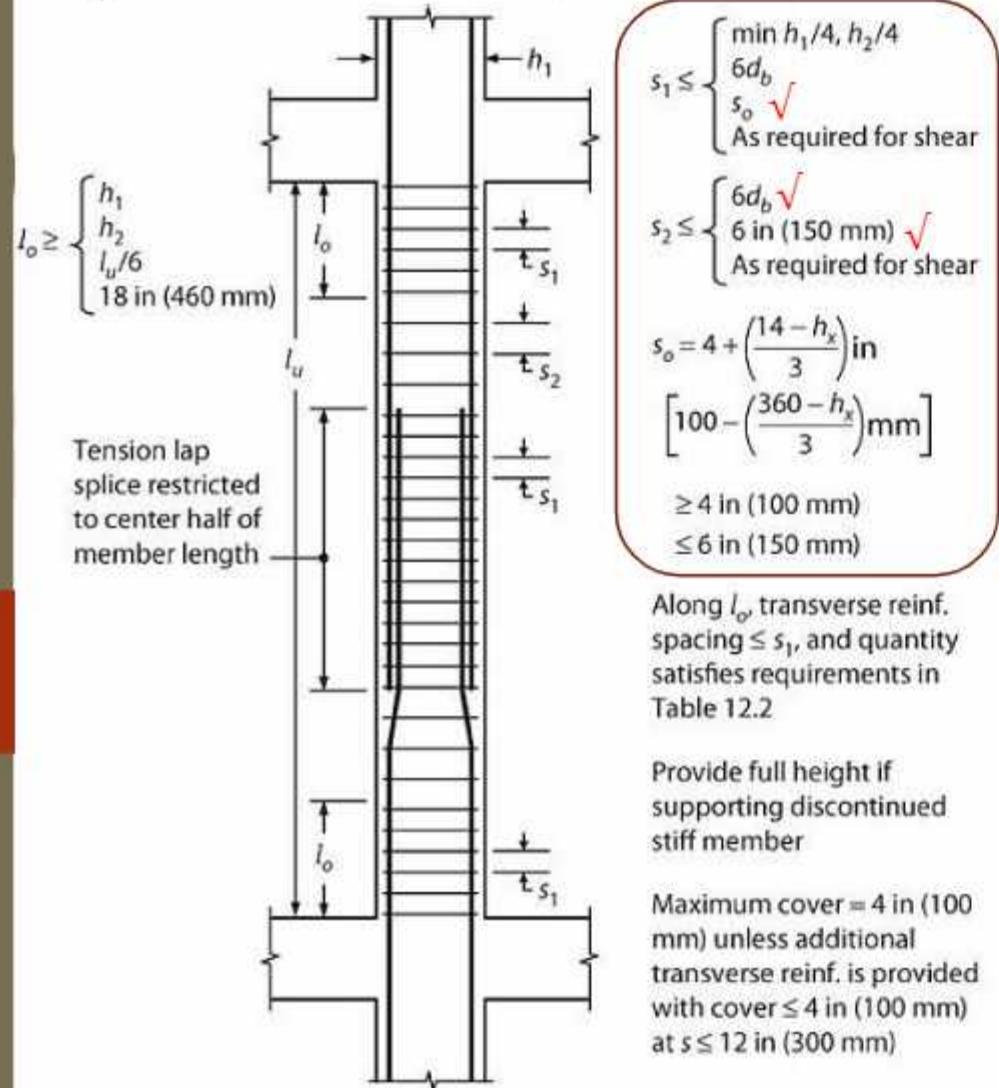
فاصله مرکز تا مرکز میلگردهای کششی از هم برابر است با:

$$S_{\text{bar to bar}} = \frac{300 - 74.5 \times 2}{2} = 75.5 \rightarrow c = \text{Min}\left(74.5, \frac{75.5}{2}\right) = 37.75 \text{ mm}$$

$$K_{tr} = \frac{40(2\pi \times 6^2)}{150 \times 3} = 20.1 \text{ mm}$$

$$\frac{k_{tr} + c}{d_b} = \frac{20.1 + 37.75}{25} = 2.3$$

ضابطه جدید:



ستونها در قاب خمی ویژه:

۳-۶-۲۰-۹ آرماتورهای عرضی (محدوده ویژه)

الف- یک ششم طول آزاد ستون:

ب- عمق ستون مقطع مستطیلی شکل یا قطر مقطع دایره‌ای شکل در بر اتصال به اعضای دیگر و یا سایر مقاطعی که ممکن است در آن‌ها لولای پلاستیک تشکیل شود:

پ- ۴۵۰ میلی متر.

حداقل (10)

۳-۶-۲۰-۹ قطر آرماتورهای عرضی ویژه در ناحیه بحرانی باید مطابق بند ۹ باشد. فاصله‌ی سفره‌ی میلگردی‌های عرضی از یک دیگر نباید بیش‌تر از مقادیر (الف) تا (پ) باشد:

الف- یک چهارم ضلع کوچک‌تر مقطع ستون:

ب- شش برابر کوچک‌ترین قطر میلگرد طولی برای میلگردهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و کوچک‌تر، و پنج برابر قطر کوچک‌ترین میلگرد طولی برای میلگردهای با مقاومت تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال.

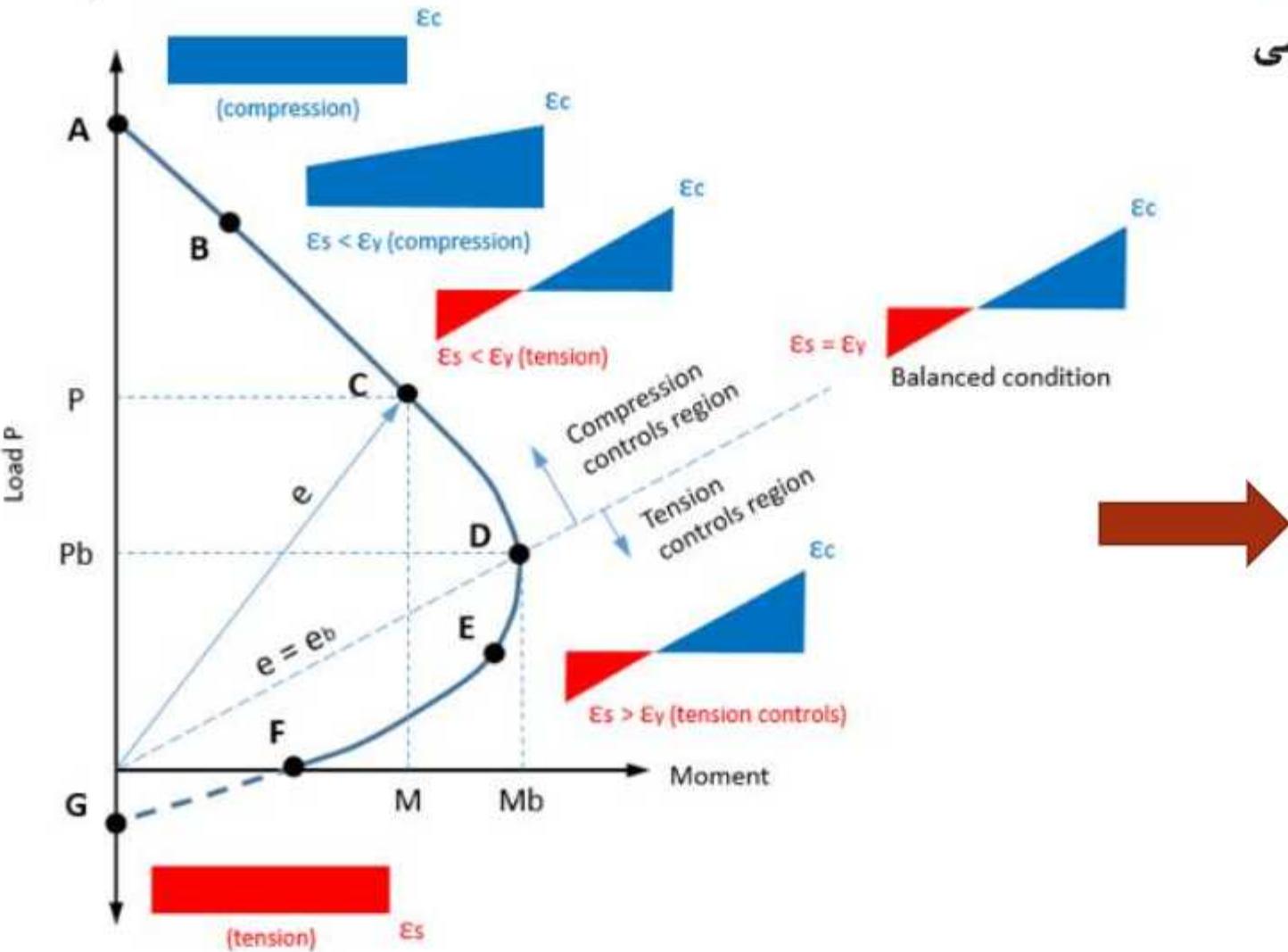
پ- مقدار s_0 که از رابطه زیر محاسبه می‌شود. s_0 باید کمتر از ۱۵۰ میلی متر باشد؛ ولی نیازی نیست که کمتر از ۱۰۰ میلی متر در نظر گرفته شود.

$$s_0 = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \quad (1-20-9)$$

فاصله مرکز به مرکز آرماتور پیرامونی = $hx = xi$

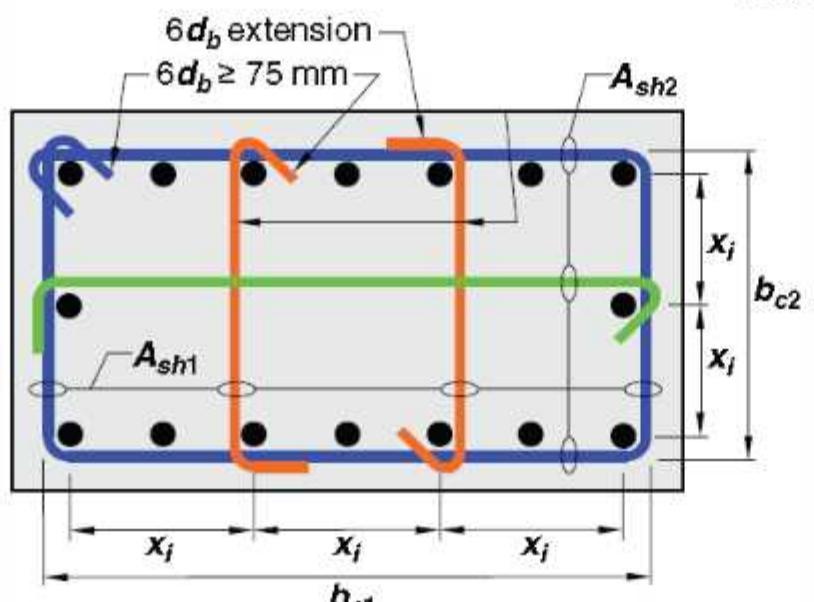
حد $0.3f'cAg$ تقریباً بیانگر مقاومت فشاری در مرز تعادل مقطع است!

ستونها در قاب خمی ویژه:
۳-۳-۶-۲۰-۹ آرماتورهای عرضی



$$\frac{P_b}{P_A} \approx 0.3$$

حالت عمومی



(a) $P_u < 0.3A_g f'_c$ and $f'_c \leq 10,000 \text{ psi} (70 \text{ MPa})$

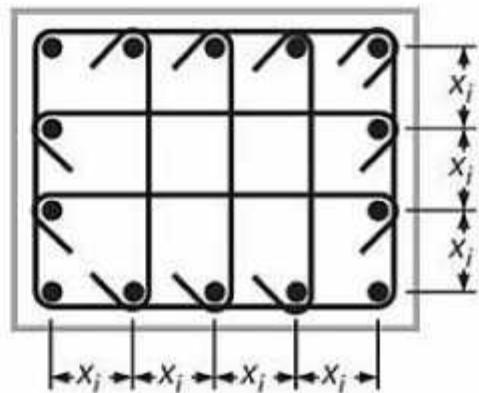
ستونها در قاب خمی ویژه:

۳-۳-۶-۲۰-۹ آرماتورهای عرضی

۲-۳-۳-۶-۲۰-۹

ج- در مواردی که در ستون‌ها از دورگیرهای با خطوط مستقیم استفاده شده و $P_u > 0.3A_g f'_c$ است، کلیه آرماتورهای تکی و یا گروه آرماتورهای طولی در پیرامون هسته ستون باید به گوشه‌های دورگیرها و یا یک قلاب لرزه‌ای متکی بوده و مقدار h_x از میلی‌متر بیش‌تر نشود. مقدار P_u بزرگ‌ترین نیروی محوری فشاری در ترکیب‌های بارگذاری است که شامل زلزله هستند.

حالت خاص



(b) $P_u \geq 0.3A_g f'_c$ or $f'_c > 10,000 \text{ psi} (70 \text{ MPa})$

در ناحیه‌ی بحرانی
ستون در قاب
با شکل پذیری
زیاد

$$\left. \begin{array}{l} P_u \leq 0.3A_g f'_c \\ \text{و} \\ f'_c \leq 70 \text{ MPa} \end{array} \right\} \frac{A_{sh}}{sb_c} \geq \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} P_u > 0.3A_g f'_c \\ \text{یا} \\ f'_c > 70 \text{ MPa} \end{array} \right\} \frac{A_{sh}}{sb_c} \geq \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} \end{array} \right.$$

$$\boxed{\frac{A_{sh}}{sb_c} = 0.2k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}}$$

@hoseinzadehhasi

$$k_f = \frac{f'_c}{175} + 0.6 \geq 1.0$$

ضریب مقاومت بتن

$$k_n = \frac{n_l}{n_l - 2}$$

ضریب تاثیر محصور شدگی

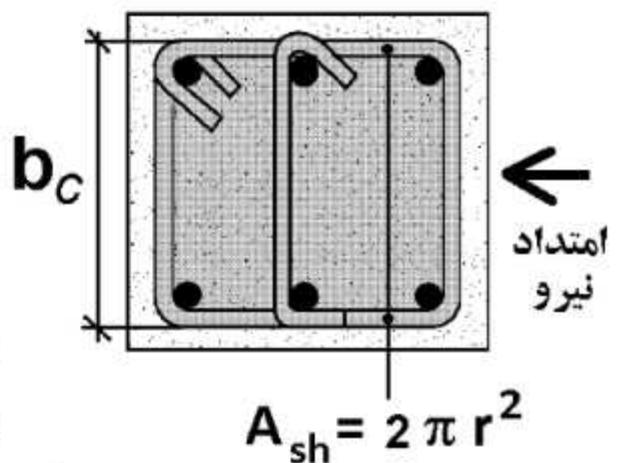
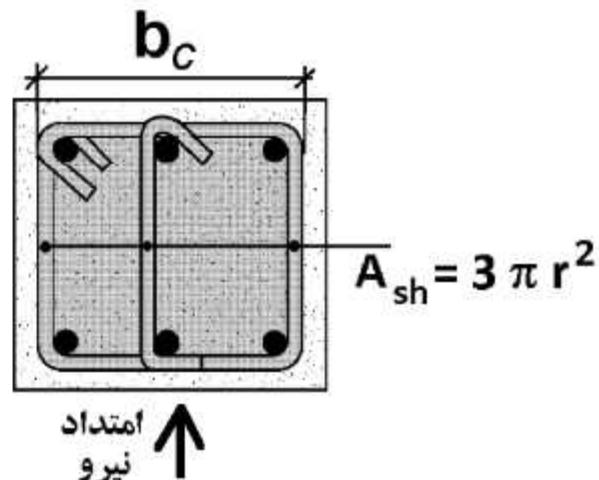
n_l تعداد آرماتورها یا گروه آرماتورهای واقع در محیط هسته‌ستون با دورگیرهای با خطوط مستقیم، که از نظر عرضی به قلاب لرزه‌ای یا گوشه دورگیرها متکی هستند.

A_{sh} سطح مقطع کل آرماتور عرضی، شامل سنجاقی‌ها، در فاصله‌ی s از یک دیگر و عمود بر ضلع b_c

A_{ch} سطح مقطع هسته عضو که تا بر بیرونی آرماتور عرضی

b_c بعد هسته‌ی مرکزی مقطع تا بر خارجی آرماتور عرضی اندازه‌گیری

ستونها در قاب خمشی ویژه:
۹-۲۰-۶-۳-۳-۳-۳ آرماتورهای عرضی



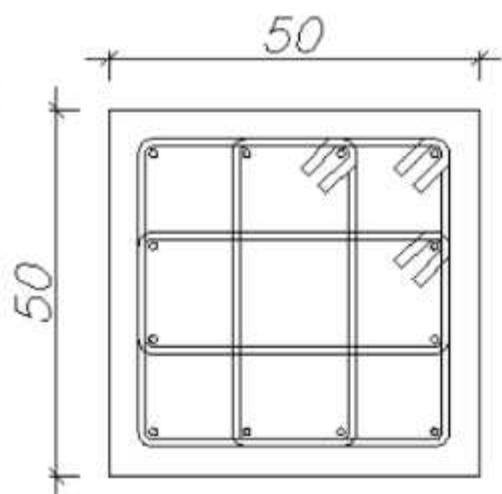
مثال) یک ستون کوتاه تحت اثر بار محوری $P_E = 500 \text{ kN}$ و $P_{Live} = 400 \text{ kN}$ و $P_{dead} = 1000 \text{ kN}$ قرار دارد. ابعاد مقطع ستون $500\text{mm} \times 500\text{mm}$ می باشد. آرماتورهای طولی $A_s = 12\varphi 25 = 5890 \text{ mm}^2$ قطر تنگ ها را $\varphi 10$ فرض نمایید.

$$f'_c = 25 \text{ MPa}, \quad F_y = 400 \text{ MPa}, \quad F_{yt} = 300 \text{ MPa}$$

فوائل تنگها را در ناحیه بحرانی محاسبه نمایید (شکل پذیری ویژه)

$$\left. \begin{array}{l} P_u = 1.2P_D + P_L + P_E = 2100 \text{ kN} \\ 0.3A_g f'_c = 1875 \text{ kN} \end{array} \right\} P_u > 0.3A_g f'_c$$

با توجه به کنترل فوق تمامی میلگردهای طولی نیاز به مهار جانبی توسط قلاب لرزه ای و یا گوشه تنگ بسته دارند:



$$h_x = \frac{500 - 80 - 20 - 25}{3} = 125 \text{ mm} < (200 \text{ mm}) \text{ OK.}$$

$$\frac{C_1}{4} = 125 \text{ mm}$$

$$6d_b = 150 \text{ mm}$$

$$\left. \begin{array}{l} S_{max} = 125 \text{ mm} \\ S_0 = 100 + \left(\frac{350 - 125}{3} \right) = 175 \text{ mm} \rightarrow s_0 = 150 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

$$K_f = \frac{25}{175} + 0.6 = 0.743 \rightarrow K_f = 1$$

$$K_n = \frac{12}{12 - 2} = 1.2$$

$$\left. \begin{aligned} 0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{F_{yt}} &= 0.3 \left(\frac{500^2}{(500 - 80)^2} - 1 \right) \frac{25}{300} = 0.01043 \\ 0.09 \frac{f'_c}{F_{yt}} &= 0.0075 \\ 0.2K_f K_n \frac{P_u}{F_{yt} A_{ch}} &= 0.0095 \end{aligned} \right\} 0.0104$$

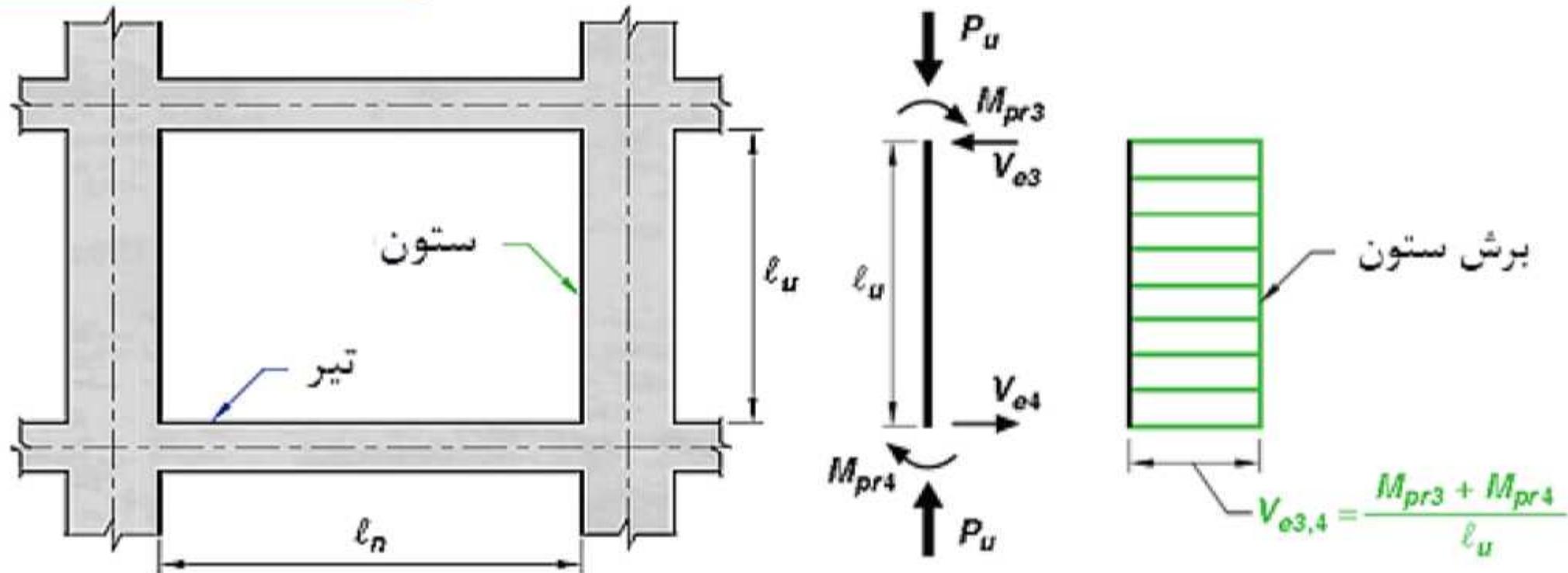
$$\frac{A_{sh}}{sb_c = s(500 - 80)} = \frac{0.748}{s} > 0.0104 \rightarrow s < 71 \text{ mm} \rightarrow \text{Use } s = 70 \text{ mm}$$

۴-۳-۶-۲۰-۹ برش در ستون‌های با شکل پذیری زیاد

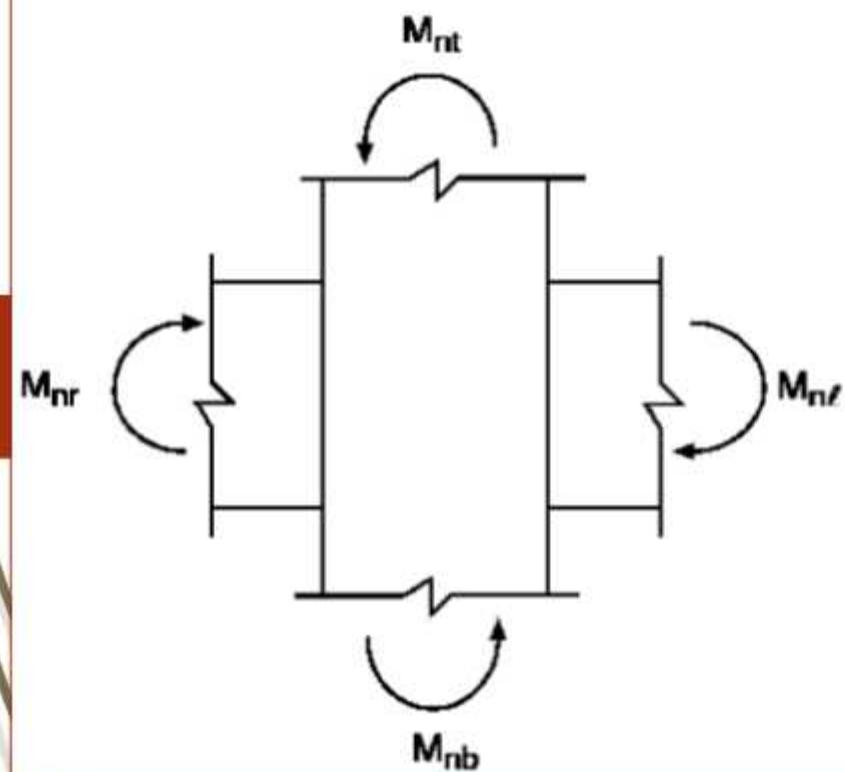
این برش در هیچ حالت نباید کمتر از برش به دست آمده از تحلیل ساختمان زیر اثر بارهای قائم و نیروی جانبی زلزله باشد. هم چنین نیازی نیست که مقدار نیروی برشی ستون، از نیروی محاسبه شده بر اساس مقاومت گره که با فرض لنگر خمشی محتمل، M_{pr} ، در تیرهای منتهی به گره به دست می‌آید، بیشتر باشد.

LENGRHAI ATTAHAYI M_{pr} ستون‌ها نیازی نیست از M_{pr} تیرهایی که با آن‌ها در اتصال تیریه ستون قلب می‌شوند بیشتر باشد.

۱-۴-۳-۶-۲۰-۹ نیروی برشی طراحی، V_u ، در ستون‌ها باید با در نظر گرفتن اندر کنش نیروهای محوری ضربدار و لنگرهای خمشی مقاوم محتمل در مقاطع انتهایی ستون با فرض آن که در این مقاطع مفصل‌های پلاستیک تشکیل شده‌اند، تعیین گردد. نیروی محوری P_u در محدوده‌ی بارهای محوری ضربدار ستون طوری انتخاب می‌شود که بیشترین لنگر خمشی محتمل، M_{pr} ، حاصل شود.



$\sum M_{nb}$ = مجموع لنگرهای مقاوم خمثی اسمی تیرها در دو سمت اتصال که در بر اتصال محاسبه شده‌اند.



۲-۴-۳-۶-۲۰-۹ در ستون‌ها، در حالاتی که هر دو شرط (الف) و (ب) این بند برقرار باشند، به منظور طراحی آرماتورهای عرضی در محدوده‌ی I_0 مطابق بند ۱-۳-۳-۶-۲۰-۹، باید از مقاومت بتن در برش، V_c ، صرف نظر نمود:

الف- برش محاسبه شده بر اساس بند ۱-۴-۳-۶-۲۰-۹، برابر با حداقل نصف مقاومت برشی مورد نیاز در محدوده‌ی I_0 باشد. (یعنی نصف برش سهم زلزله باشد)

ب- نیروی محوری فشاری ضریب‌دار، P_u ، که شامل اثرات زلزله می‌باشد، از $0.05A_g f'_c$ کمتر باشد.

۴-۶-۲۰-۹ حداقل مقاومت خمثی ستون‌ها

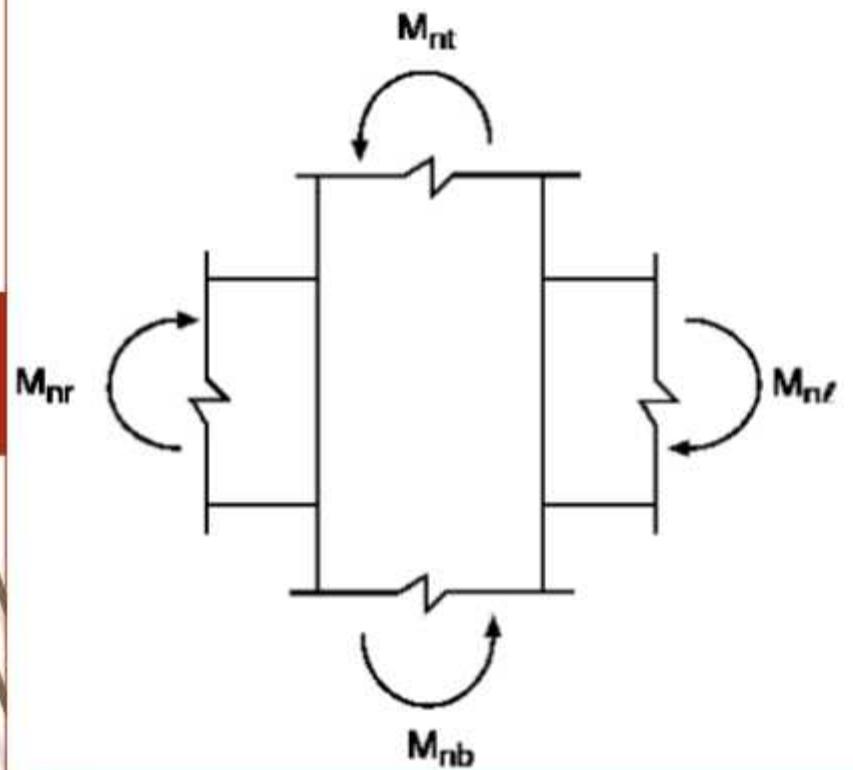
۲-۴-۶-۲۰-۹ به استثنای موارد ذکر شده در بندۀای ۳-۴-۶-۲۰-۹ و ۴-۴-۶-۲۰-۹، لنگرهای خمثی مقاوم ستون‌ها و تیرها در محل اتصال مشترک، باید در رابطه‌ی (۱۰-۲۰-۹) صدق کنند:

$$\sum M_{nc} \geq 1.2 \sum M_{nb} \quad (10-20-9)$$

$\sum M_{nc}$ = مجموع لنگرهای مقاوم خمثی اسمی ستون‌ها در بالا و پایین اتصال که در بر اتصال محاسبه شده‌اند. لنگرهای مقاوم خمثی ستون‌ها باید برای نامساعدترین حالت بار محوری ضریب‌دار، در جهت بارگذاری جانبی مورد نظر، که کمترین مقدار لنگرها را به دست می‌دهد، محاسبه شوند.

۴-۶-۲۰-۹ درستونهایی که مطابق بندهای ۴-۶-۲۰-۹ و ۵-۶-۲۰-۹ عضوی از سیستم باربر لرزه‌ای محسوب می‌شوند، باید میلگرد گذاری عرضی ویژه در تمام طول آن‌ها رعایت شود.

$$(M_{nt} + M_{nb}) \geq \frac{6}{5} (M_{nr} + M_{nf})$$



جمع لنگرهای در رابطه‌ی (۱۰-۲۰-۹) باید چنان صورت گیرد که لنگرهای ستون‌ها در جهت مخالف لنگرهای تیرها قرار گیرند. رابطه‌ی (۱۰-۲۰-۹) باید در حالاتی که لنگرهای خمشی تیرها در هر دو جهت واقع در صفحه‌ی قائم قاب عمل کنند، برقرار باشد. در تیرهای T شکل در صورتی که دال در اثر لنگرهای وارد در برگره تحت کشش قرار گیرد، در محاسبه‌ی M_{nb} باید آرماتورهای دال واقع در عرض موثر آن، مطابق بند ۳-۳-۶-۹، که مهار آن‌ها در حد تسليم در مقطع بحرانی خمشی تامین شده باشد، نیز منظور گردد.

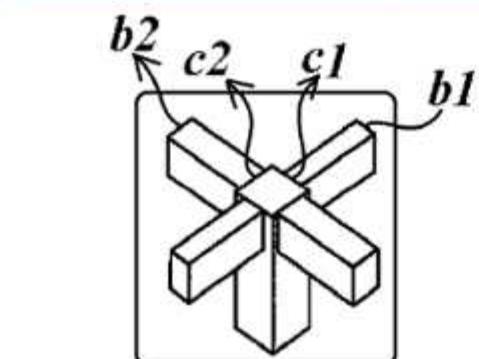
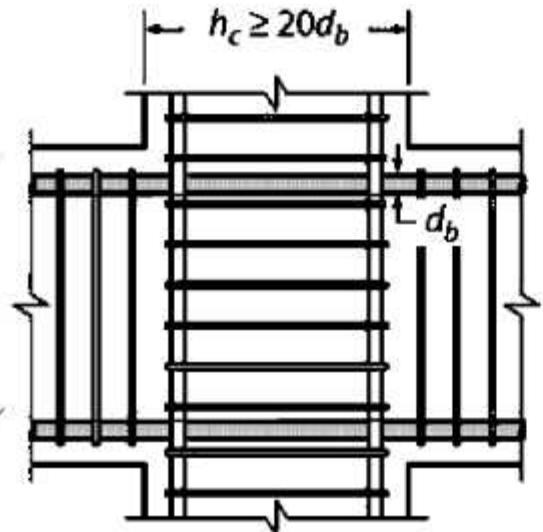
۴-۶-۲۰-۹ چنان‌چه ستونی ضابطه‌ی بند ۲-۴-۶-۲۰-۹ را تامین نکند، باید از کمک آن به سختی جانبی و مقاومت سازه در مقابل بار جانبی ناشی از زلزله صرف نظر شود. این ستون در هر حال باید ضوابط بند ۱۰-۲۰-۹ را تامین نماید.

۴-۶-۲۰-۹ چنان‌چه تعداد ستون‌های موجود در یک طبقه در یک قاب بیشتر از چهار عدد باشند، از هر چهار ستون یک ستون می‌تواند رابطه‌ی (۱۰-۲۰-۹) را تامین نکند؛ ولی در سیستم باربر لرزه‌ای سهیم باشد.

۵-۶-۲۰-۹ در صورتی که تنש‌های محوری ایجاد شده از ترکیب‌های بارهای ضربه‌داری که شامل اثرات E هستند از $0.10A_g f'_c$ کمتر باشند، می‌توان در ستون‌های قاب‌های یک و دو طبقه، و نیز در ستون‌هایی که در بالای اتصال امتداد نمی‌یابند در قاب‌های چند طبقه، رابطه‌ی (۱۰-۲۰-۹) را رعایت ننمود. در این صورت این ستون‌ها باید ضابطه‌ی بند ۶-۴-۶-۲۰-۹ را تامین کنند. این ستون‌ها مشمول ضابطه‌ی بند ۳-۴-۶-۲۰-۹ نمی‌شوند.

18.8—Joints of special moment frames

18.8.2 General



۲۰-۹-۶-۲۰-۵-۳-۲-۵-۶-۲۰-۹ اتصالات تیر به ستون در قاب‌های ویژه

در مواردی که آرماتورهای طولی تیر از ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون عبور می‌کنند، بعد گره، J_1 به موازات آرماتورهای طولی تیر باید بیشترین مقدار به دست آمده از (الف) تا (پ) باشد.

الف- برای میلگردهای با مقاومت تسلیم 420 مگاپاسکال و کمتر برابر با $\frac{20}{\lambda} d_b$ ، که d_b قطر بزرگ‌ترین میلگرد است. (این ضابطه برای ستونهای انتهایی قاب که در آنها تیر ادامه ندارد، برقرار نیست)

۲۰-۹-۶-۲۰-۵-۳-۱ آرماتور گذاری عرضی باید در کلیه‌ی نواحی اتصالی، به جز آن‌هایی که در بند ۲-۳-۵-۶-۲۰-۹ اشاره شده‌اند، مطابق ضوابط بندهای ۴-۳-۳-۶-۲۰-۹ تا ۲-۳-۳-۶-۲۰-۹ و ۷-۳-۳-۶-۲۰-۹ به کار برده شود.

۲۰-۹-۶-۲۰-۵-۲ در نواحی اتصال‌هایی که در چهار سمت توسط تیرها محصور شده‌اند و عرض تیرها کمتر از سه چهارم بعد ستون متصل به آن‌ها نیست، می‌توان در طولی به اندازه‌ی ارتفاع کم عمق‌ترین تیر، J_1 از آرماتور عرضی مساوی با نصف مقدار تعیین شده در بند ۴-۳-۳-۶-۲۰-۹ استفاده نمود؛ و فاصله‌ی آن‌ها را از آن چه بر اساس بند ۳-۳-۳-۶-۲۰-۹-۳ محاسبه شده، تا ۱۵۰ میلی متر افزایش داد.

۴-۵-۶-۲۰-۹ مقاومت برشی ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون

V_n در اتصال تیر به ستون باید مطابق جدول ۲-۲۰-۹ باشد. مشابه قاب خمشی متوسط با ۲ تفاوت زیر:

$$\Phi=1, M_{pr} (f_s=1.25f_y)$$

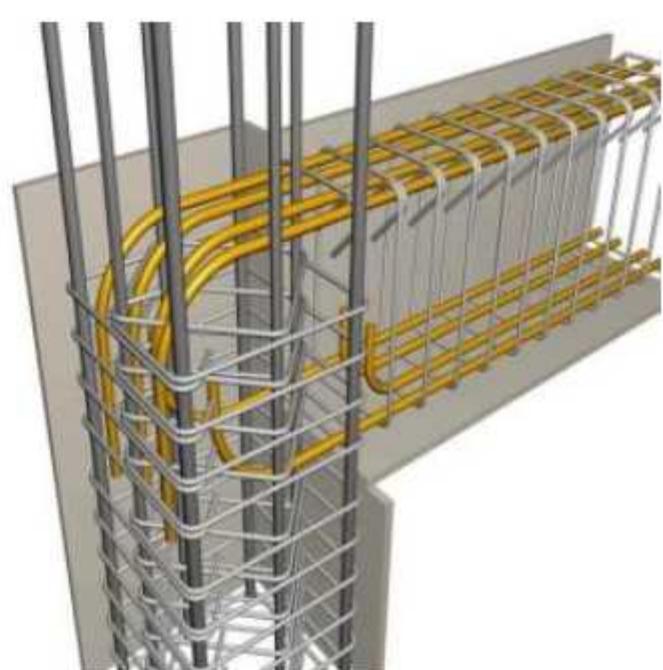
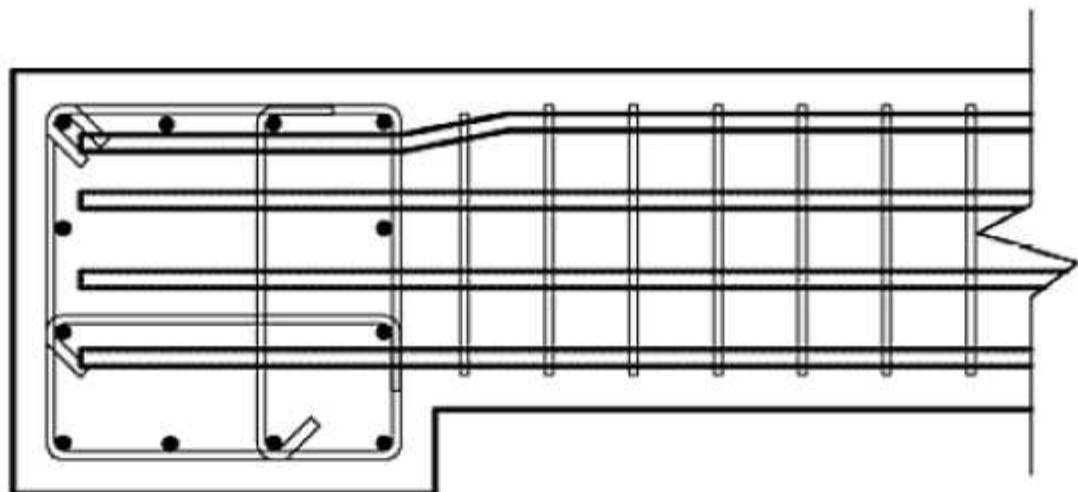
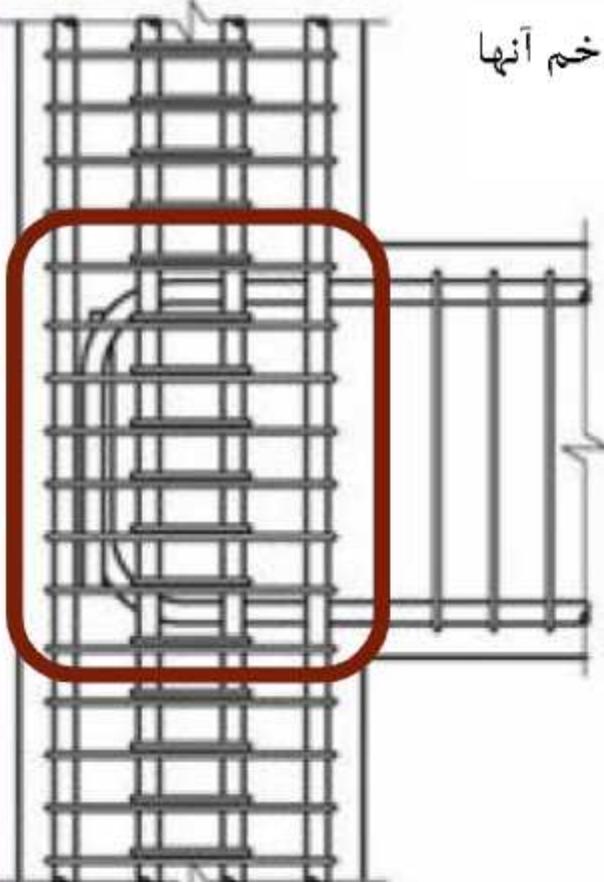
$$\Phi=0.85 \leftarrow$$

۱-۴-۵-۶-۲۰-۹ خمشی محتمل تیرها، M_{pr} محاسبه گردد.

۲-۴-۵-۶-۲۰-۹ ϕ باید بر اساس بند ۵-۴-۷-۹ (ت) محاسبه شود.

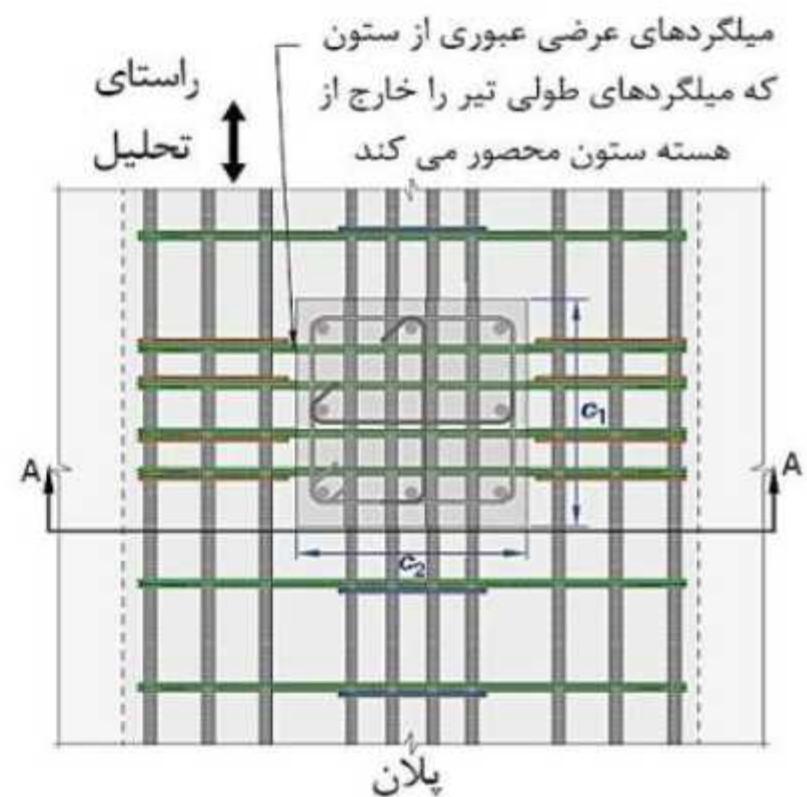
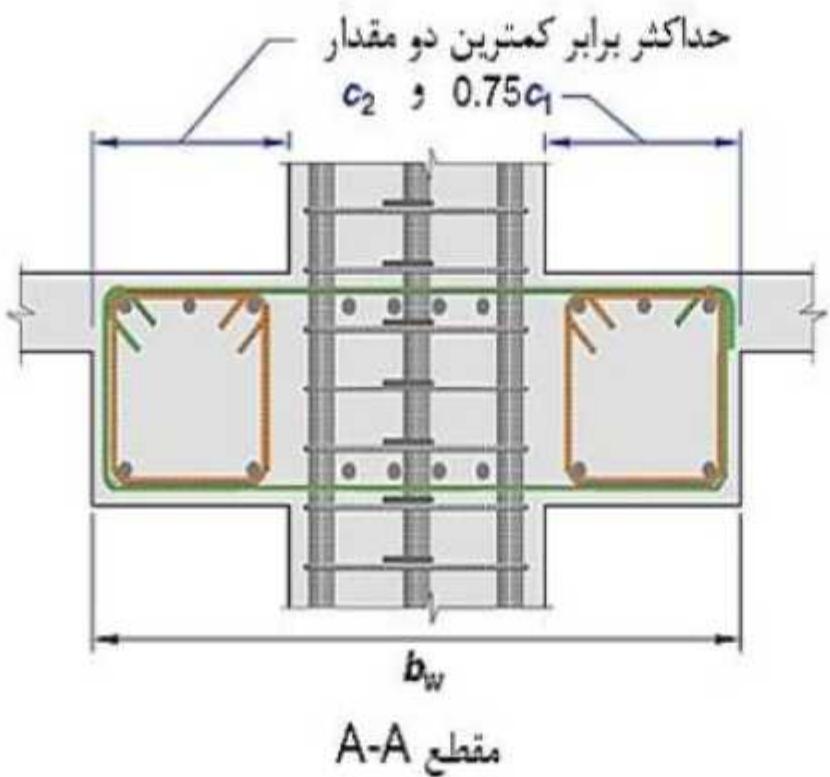
۲-۵-۶-۲۰-۹ قلاب میلگرد تیرها باید در هسته محصور شده ستون‌ها و یا در اجزای لبه دیوارها مهار شده و خم آنها

بطرف داخل ناحیه اتصال باشد.



۱-۲-۶-۲۰ محدودیت‌های هندسی

پ- عرض مقطع نباید بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی عضو خمی، به اضافه کوچک ترین c_2 و $0.75c_1$ در هر طرف عضو تکیه‌گاهی باشد.

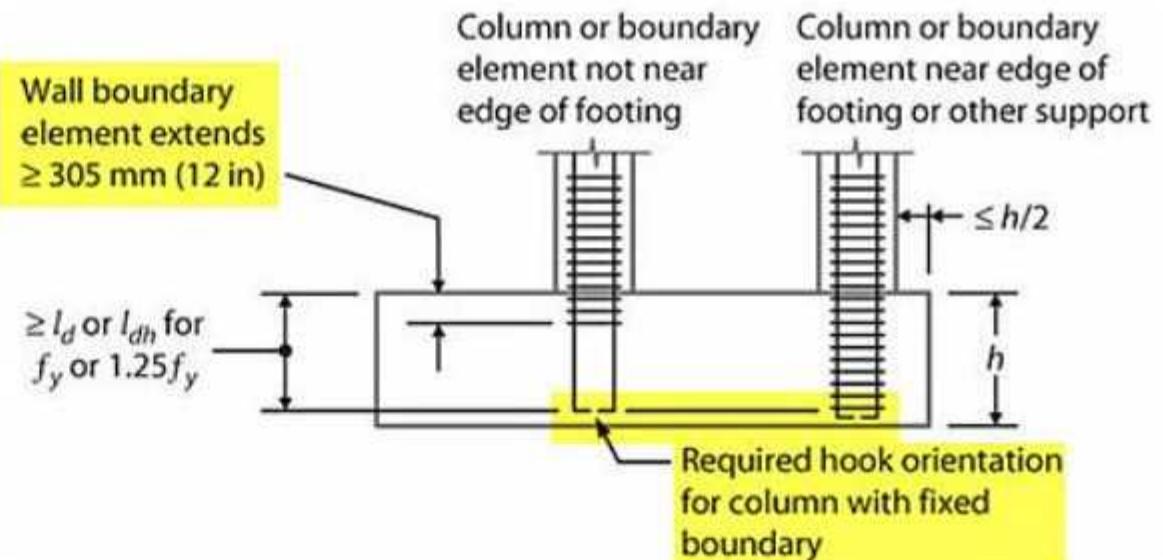


۲-۹-۲۰-۹ شالوده های تکی، نواری، سراسری، و سرشمع ها

۱-۲-۹-۲۰-۹ ضوابط این قسمت باید در سازه های با شکل پذیری متوسط و زیاد رعایت شود.

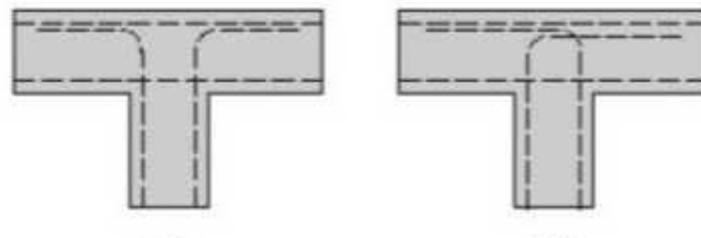
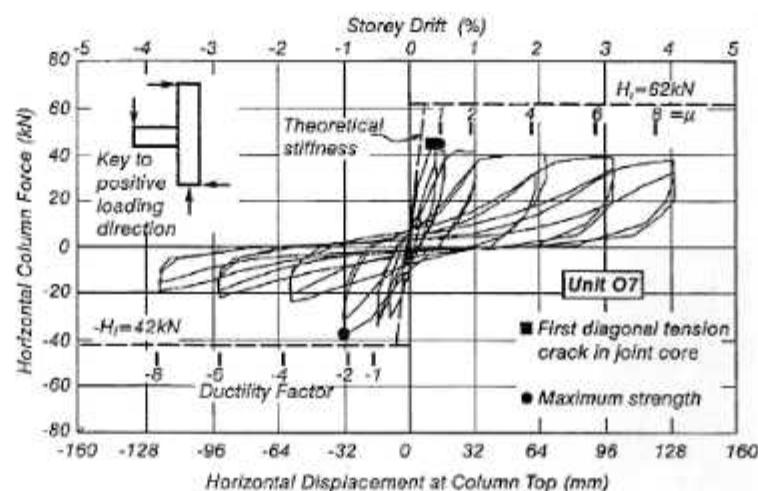
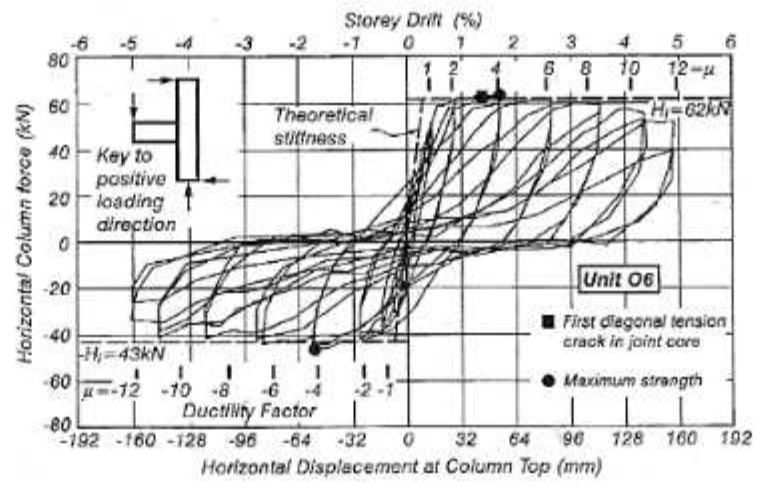
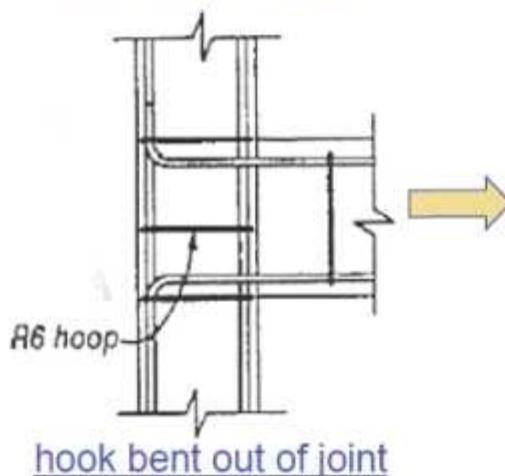
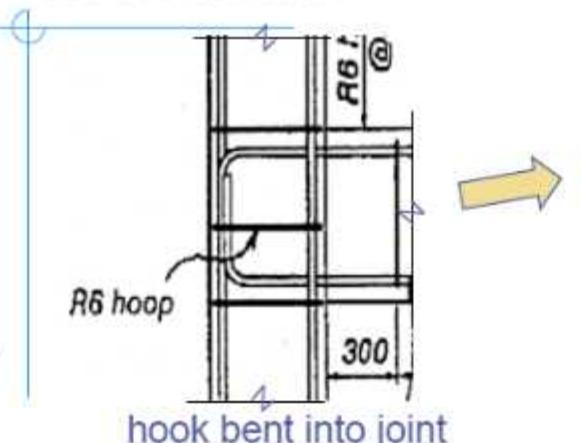
۳-۲-۹-۲۰-۹ درستونهایی که برای اتصال گیردار (صلب) به شالوده طراحی شده اند باید ضوابط بند ۱-۲-۹-۲۰-۹ رعایت شده، و در صورت نیاز به مهاری قلاب دار، انتهای آرماتورهای طولی تعبیه شده برای تحمل خمث باید دارای قلابهای با خم ۹۰ درجه رو بطرف مرکز ستون در نزدیک قسمت تحتانی شالوده باشند.

۴-۲-۹-۲۰-۹ در ستونها و یا اجزاء لبه دیوارهای سازه ای ویژه که فاصله لبه آنها از لبه شالوده از نصف ضخامت شالوده کمتر است باید از آرماتورهای عرضی مطابق ضوابط بندهای ۶-۳-۲۰-۹ الی ۶-۳-۲۰-۹ در قسمت فوقانی شالوده استفاده شود. این آرماتورها باید از روی شالوده به اندازه طول مهاری آرماتورهای طولی ستون و یا جزء لبه دیوار برشی ویژه، که برای تنش f_y محاسبه شده است، در درون شالوده ادامه یابند.



تست اتصالات گیردار با خم های متفاوت:

Exterior joint hook detail

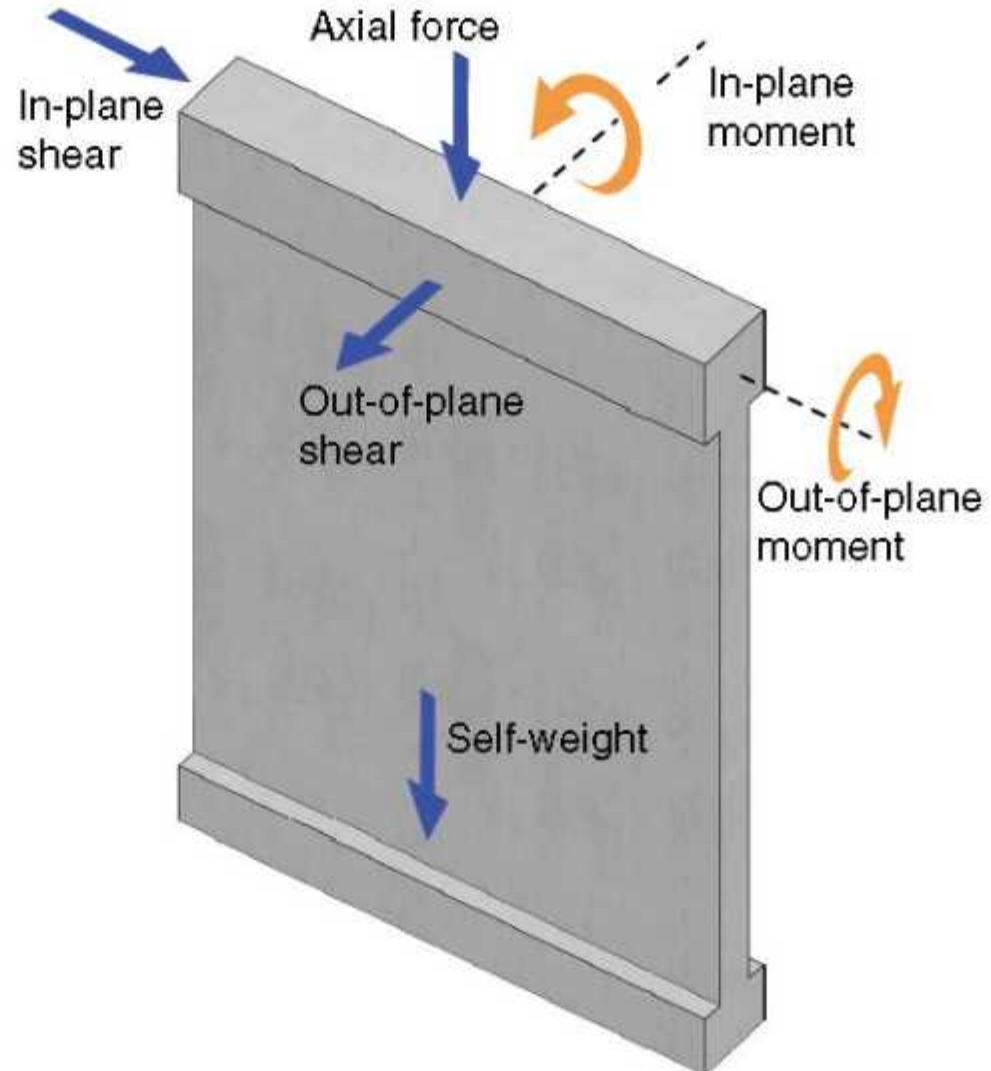


24%-40%

82%-110%

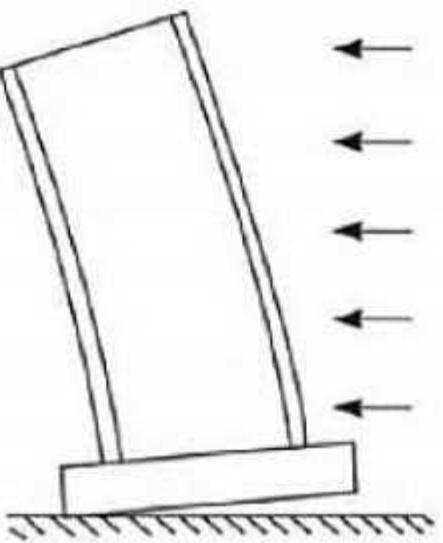
درصد گیرداری

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

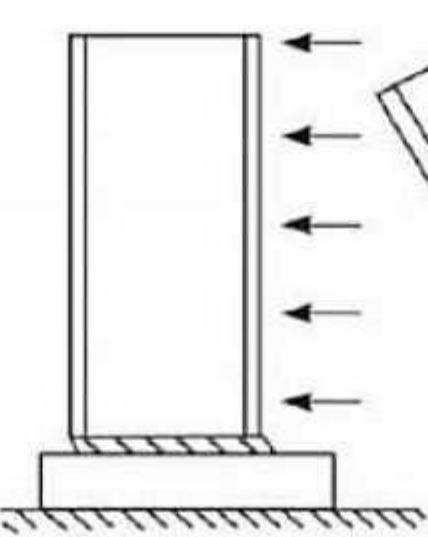


اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

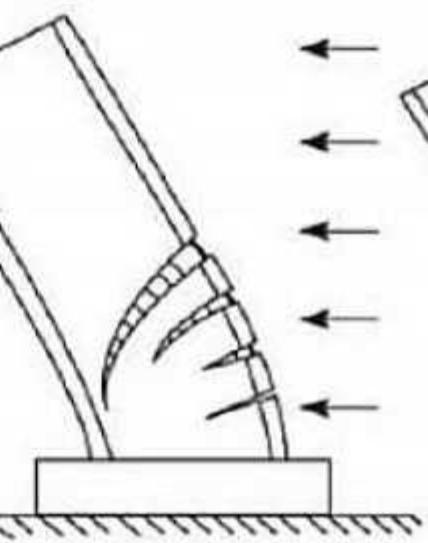
دیوارهای بتُنی ویژه: (مدهای خرابی)



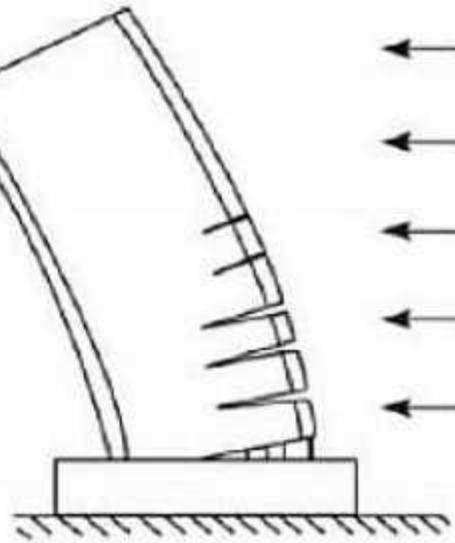
وازگونی پی



برشی-لغزشی



برشی



خمشی

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (مدهای خرابی)

زلزله‌های **۸.۸ ریشتری شیلی (۲۰۱۰)** و **۶.۳ ریشتری نیوزلند (۲۰۱۱)** نشان داد که علیرغم تحقیقات وسیع چندین ساله و بروزرسانی مستمر آیین نامه‌های طراحی، دیوارهای بتن آرمه جدیدالاحداث در این زلزله‌ها رفتار مناسبی از خود نشان نداده و حتی دچار گسیختگی شدند.*

شكل خرابی این دیوارها عمدتاً به صورت **گسیختگی فشاری** و **ناپایداری خارج صفحه دیوار** بوده است که منشا آغاز تحقیقاتی در سرتاسر دنیا گردید.

اهم دلایل خرابی دیوارها در زلزله‌های اخیر:

- ۱- خم ۹۰ درجه میلگردهای محصور کننده
- ۲- هم پوشانی کم میلگردهای طولی و عرضی
- ۳- خرابی قسمت کششی در برگشت به علت ضربه در فشار
- ۴- اندرکنش کشش و برش (خرابی برشی بعد از کشش)

*به نقل از: پروفسور کاترین بیر (Katrín Beyer) استاد موسسه تحقیقاتی و دانشگاه پلی تکنیک لوزان سوئیس (EPFL) و مسئول آزمایشگاه مهندسی زلزله و دینامیک سازه‌ها در EPFL

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (مدهای خرابی)

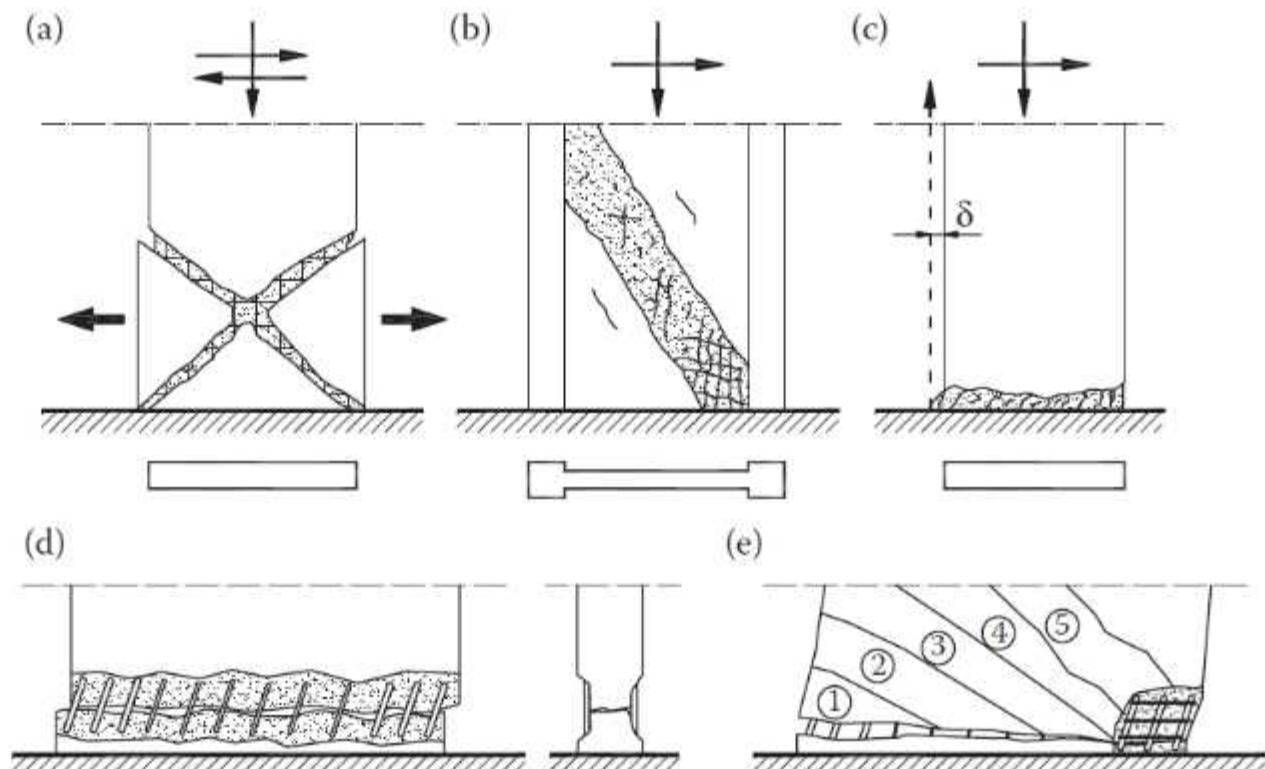
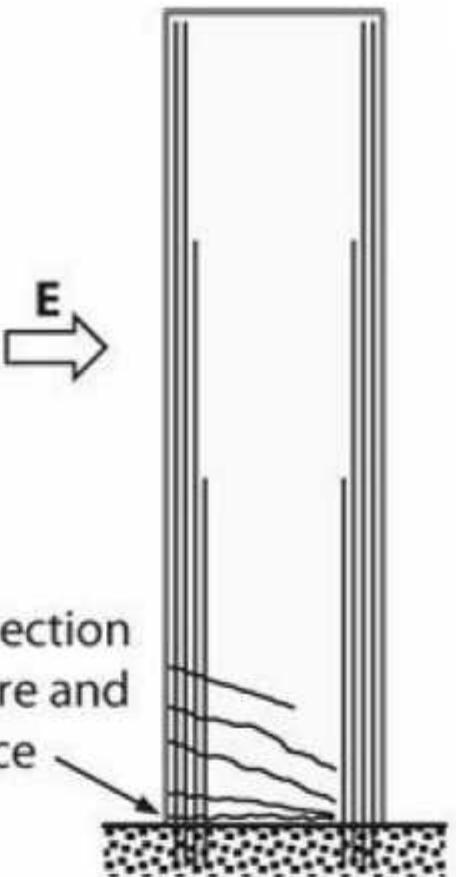
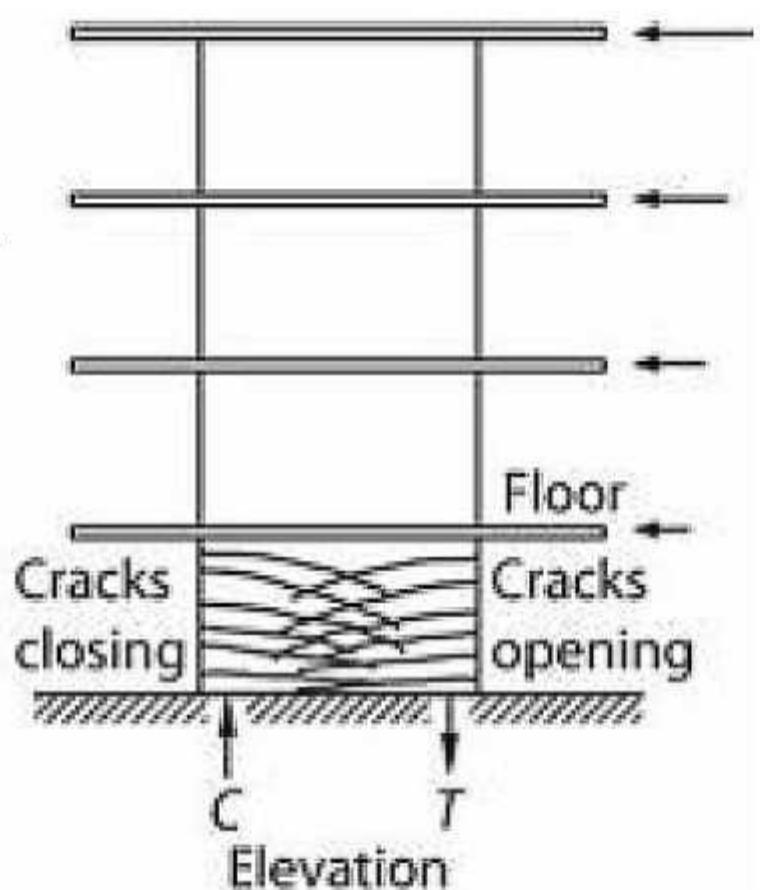


Figure 9.11 Failure modes of walls under prevailing shear: (a) diagonal tension; (b) diagonal compression; (c) sliding shear; (d) detail of sliding shear; (e) bending failure combined with sliding. (From Salonicios, T. 2007. Analytical prediction of the inelastic response of R/C walls with low aspect ratio. ASCE Journal of Structural Engineering, 133(6), 844–854. With permission of ASCE.)

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتُنی ویژه: (طول مفصل پلاستیک و مقطع بحرانی)

- ۱- دیوار دیوار برشی معمولاً شکلپذیری و سختی مناسب دارد.
- ۲- خرابی‌ها معمولاً محدود به طبقات اول هستند.



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتُنی ویژه: (تقسیم بندی دیوار از لحاظ ابعادی)

اعضای قائم با نسبت طول افقی به ضخامت بیشتر از ۳ که برای بار محوری، بار جانبی و یا هر دو طراحی می‌شوند.

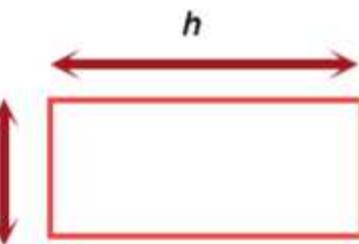
wall

دیوار

wall—a vertical element designed to resist axial load, lateral load, or both, with a horizontal length-to-thickness ratio greater than 3, used to enclose or separate spaces.

$$b < 0.33 h$$

$$b$$



80 cm

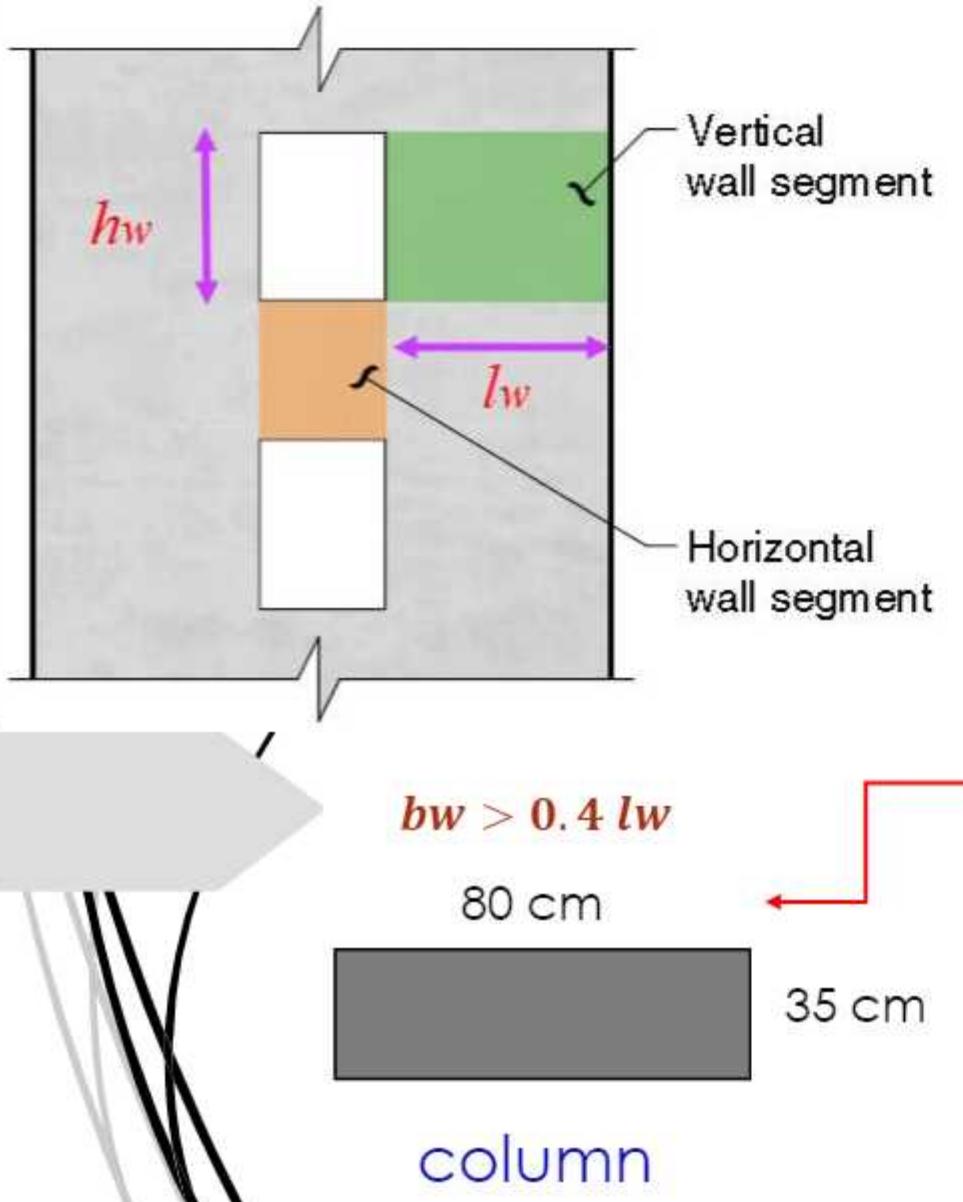


wall

80 cm



column



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (تقسیم بندی دیوارپایه از لحاظ ابعادی)

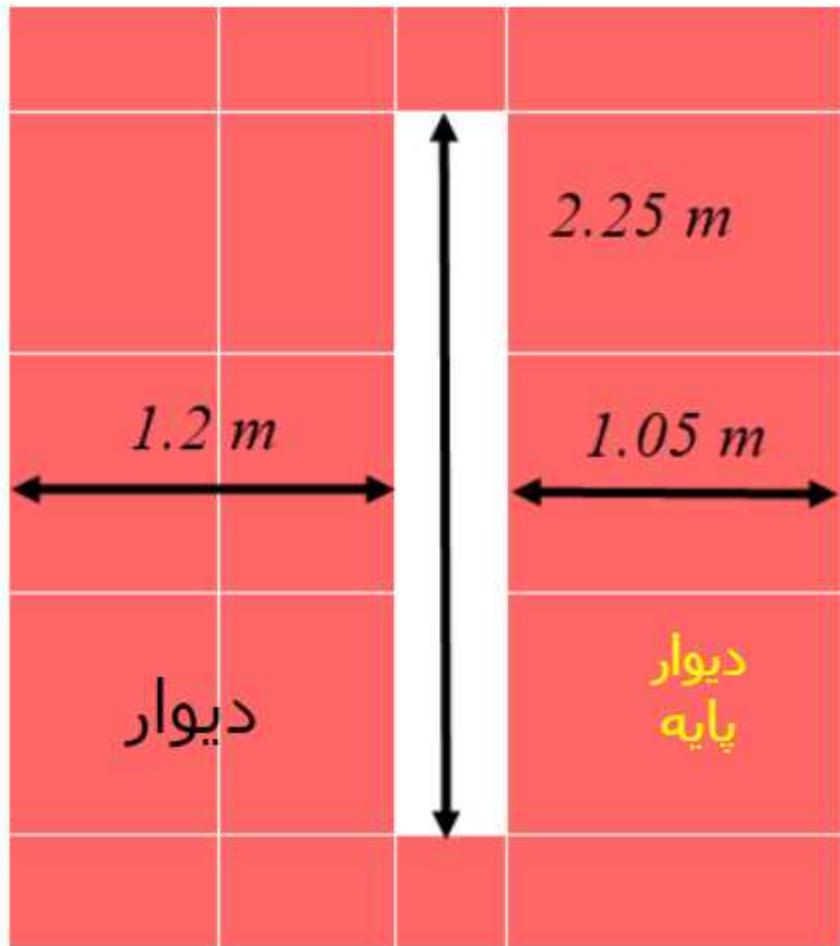
۷-۲۰-۹ دیوارهای سازه‌ای با شکل پذیری زیاد (ویژه)

الف- در مواردی که $h_w/l_w < 2$ و یا $l_w/b_w > 6$ باشد، قطعه‌ی قائم دیوار (شکل ۹-۷-۲۰-۹) باید مشابه دیوار سازه‌ای و با رعایت بندهای ۳-۷-۲۰-۹، ۴-۷-۲۰-۹، و ۹-۷-۲۰-۹ طراحی شود.

ب- در مواردی که $h_w/l_w \geq 2$ و $l_w/b_w \leq 2.5$ باشد، قطعه‌ی قائم دیوار یا دیوار پایه (شکل ۹-۱-۲۰-۹) باید مشابه ستون و با رعایت بندهای ۲-۳-۶-۲۰-۹ و ۳-۳-۶-۲۰-۹ و ۴-۳-۶-۲۰-۹ طراحی شود.

پ- در مواردی که $h_w/l_w \geq 2$ و $l_w/b_w \leq 2.5 < (l_w/b_w) \leq 6$ باشد، قطعه‌ی قائم دیوار یا دیوار پایه را می‌توان به جای رعایت ضوابط قسمت (ب) این بند، با رعایت بند ۶-۷-۲۰-۹(الف) تا ۶-۷-۲۰-۹(پ) طراحی نمود.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)



$$b_w = 0.4 \text{ m}$$

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{2.25}{1.2} = 1.875 < 2 \rightarrow \text{دیوار}$$

$$\left[\begin{array}{l} \frac{h_w}{l_w} = \frac{2.25}{1.05} = 2.14 > 2 \\ l_w = \frac{1.05}{0.4} = 2.625 > 2.5 \end{array} \right] \rightarrow \text{دیوار پایه}$$

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (حداقل آرماتورها)

۳-۷-۲۰-۹ آرماتورهای قائم و افقی

۱-۳-۷-۲۰-۹ در دیوارهای سازه‌ای نسبت سطح مقطع آرماتور به کل مقطع دیوار در هیچ یک از دو امتداد قائم و افقی نباید کمتر از 0.0025 باشد؛ مگر آن که نیروی برشی طرح دیوار، V_u ، از $0.083A_{cv}\lambda\sqrt{f'_c}$ تجاوز نکند. در این حالت برای حداقل میلگرد مورد نیاز افقی در دیوار، ρ_e ، باید ضوابط بند ۶-۱۳-۹ رعایت شوند.

الف- برای آرماتورهای آجدار با قطر 16 میلی متر و کمتر و با تنفس تسلیم مساوی و یا بیشتر از

420 مگاپاسکال: 0.0020

ب- برای آرماتورهای آجدار با قطر 16 میلی متر و کمتر و با تنفس تسلیم کمتر از 420 مگاپاسکال:

0.0025

پ- برای آرماتورهای آجدار با قطر بیشتر از 16 میلی متر: 0.0025

$$V_u \leq 0.50\phi\alpha_c\lambda\sqrt{f'_c} A_{cv}$$

$$\alpha_c = 0.25 \text{ for } h_w/\ell_w \leq 1.5$$

$$\alpha_c = 0.17 \text{ for } h_w/\ell_w \geq 2.0$$

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (حداقل آرماتورها)

ب- حداقل ρ باید برابر با 0.0025 درنظر گرفته شود.

$$V_u > 0.50\phi\alpha_c\lambda\sqrt{f'_c}A_{cv}$$

نشریه ۳۶۰ (دستورالعمل بهسازی):

اگر درصد میلگرد افقی یک دیوار برشی یا قطعه‌ی دیواری، ρ_h ، کمتر از 0.0025 و لی بیشتر از 0.0015 و فاصله میلگردها از یکدیگر کمتر از 45 سانتیمتر باشد، در محاسبه‌ی مقاومت برشی دیوار می‌توان اثر میلگردها را منظور نمود. برای درصد میلگردهای افقی کمتر از 0.0015 ، سهم آرماتور دیوار در مقاومت برشی دیوار را می‌توان مقدار ثابتی براساس مقدار حاصل از $\rho = 0.0015$ در نظر گرفت.

مطالعات نشان می‌دهد که وقتی درصد آرماتور عرضی دیوار کمتر از 0.0015 باشد، مقاومت دیوار به میزان آرماتور عرضی حساس نمی‌باشد.

حداکثر مقدار آرماتور افقی (برشی):

$2-3-5-13-9$ در هیچ مقطع افقی از دیوار، مقدار V_n نباید بیشتر از $0.66\sqrt{f'_c}A_{cv}$ منظور شود.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (طراحی برشی)

۱-۱-۹-۷-۲۰-۹ نیروی برشی طرح V_e مطابق زیر محاسبه می‌شود:

$$V_e = \Omega_v \omega_v V_u \leq 3V_u \quad (18-۲۰-۹)$$

جدول ۴-۲۰-۹ ضریب اضافه مقاومت Ω_v در مقطع بحرانی

Ω_v	هنده‌سه دیوار
M_{pr}/M_u و ۱.۵۰ بیشترین مقدار از Ω_v را بدهد	$h_{wcs}/l_w > 1.50$
۱.۰	$h_{wcs}/l_w \leq 1.50$

در صورتی که $h_{wcs}/l_w < 2$ باشد،
مقدار ω_v را می‌توان برابر $1/0$
فرض نمود. در غیر این صورت

$$\begin{cases} \omega_v = 0.9 + \frac{n_s}{10} & \text{اگر } n_s \leq 6 \text{ باشد} \\ \omega_v = 1.3 + \frac{n_s}{30} \leq 1.80 & \text{اگر } n_s > 6 \text{ باشد} \end{cases}$$

(تعداد طبقات بالای مقطع بحرانی) مقدار n_s نباید کمتر از $0.007h_{wcs}$ منظور شود.

ضریب بزرگنمایی دینامیکی
اضافه مقاومت خمی

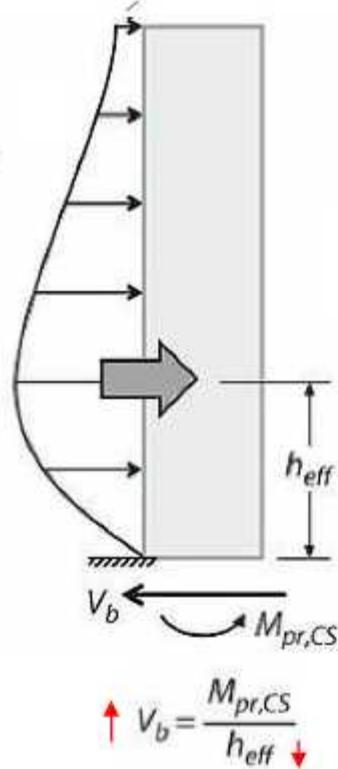
این نامه ۱۹-۳۱۸ ACI چند ضابطه جدید مربوط به طراحی دیوارها را شامل می‌شود. یکی از عمدۀ ترین تغییرات اضافه شدن ضابطه جدیدی است که در پاره‌ای موارد نیازمند بزرگنمایی قابل ملاحظه نیروی برشی طراحی است (بخش ۱۸.۱۰.۳.۱). این ضابطه جدید با توجه به تجربیات بدست آمده این ۱۵ ساله اخیر با استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی در چندین ساختمان با هسته برشی، بیان شده است که براساس آنها نشان داده شده است که نیروهای برشی طرح ممکن است با توجه به اضافه مقاومت ذاتی دیوار و اثرات آشکار مودهای ارتعاشی بالاتر، بزرگنمایی گردد. در پاره‌ای حالات، نیروهای برشی طرح بیشتر از دو برابر برش طراحی آین نامه‌های قبلی است.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

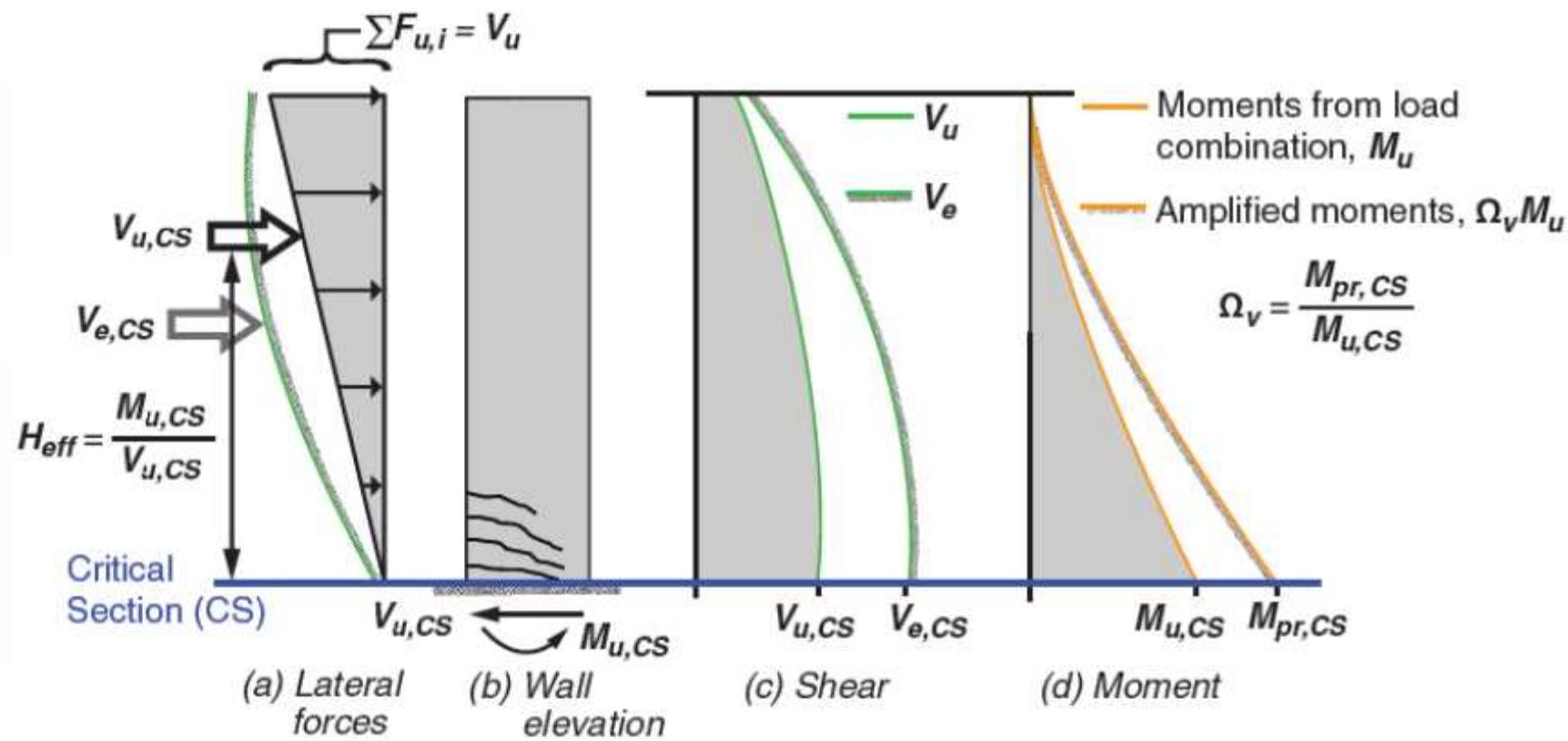
دیوارهای بتُنی ویژه: (طراحی برشی)

مقاومت خمشی محتمل عضو، با یا بدون بار محوری، در برگره اتصال که با فرض تنש کشی در میلگردۀ طولی حداقل برابر با f_y و ضریب کاهش مقاومت ϕ برابر با یک محاسبه می‌شود.

$$M_{pr}$$



$$V_b = \frac{M_{pr,CS}}{h_{eff}}$$



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (طراحی برشی)

در صورتیکه محاسبات سازه با روش

دینامیکی خطی انجام شده باشد نیازی نیست مقدار ω_v بیشتر از مقداری که از رابطه زیر به دست می‌آید منظور شود.

$$\omega_v = 1.20 + \frac{n_s}{50} \leq 1.80$$

مقدار n_s باید کمتر از $0.00028h_{wes}$ منظور شود. (h_{wes} بر حسب میلیمتر است)

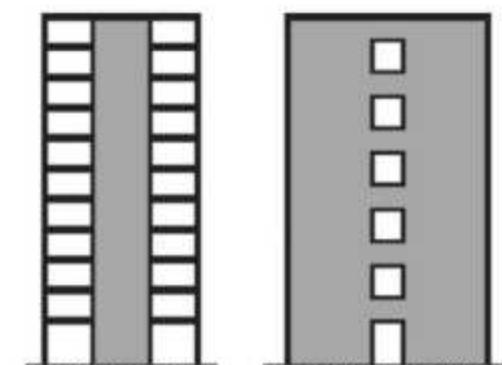
n_s	استاتیکی ω_v	دینامیکی ω_v
1	1	1
2	1.1	1.1
3	1.2	1.2
4	1.3	1.28
5	1.4	1.3
6	1.5	1.32
7	1.5	1.34
8	1.6	1.36
9	1.6	1.38
10	1.6	1.4
11	1.7	1.42
12	1.7	1.44
13	1.7	1.46
14	1.8	1.48
15	1.8	1.5

Design Guide on the ACI 318

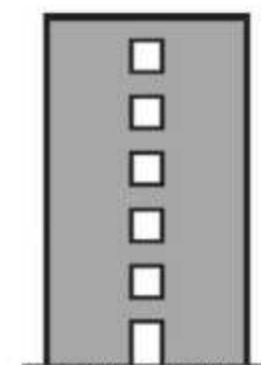


14.5.3 Design Shear Force

For relatively slender walls (that is, walls with an overall height to length ratio greater than 2.0) without significant openings, the behavior is much like a flexural cantilever where the critical section for flexure and axial forces is at the base of the wall where flexural yielding can occur. Due to material overstrength and strain hardening of the reinforcement, a wall yielding in flexure will likely develop a moment at the critical section equal to the probable flexural strength, M_{pr} . Thus, the shear capacity of the wall must be sufficient so that M_{pr} can develop at the critical section prior to shear failure. For nonslender walls, flexural strength is relatively high and inelastic response occurs in shear rather than flexural yielding.



(c) Slender wall



(d) Coupled wall

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (طراحی برشی)

 M_{pr}

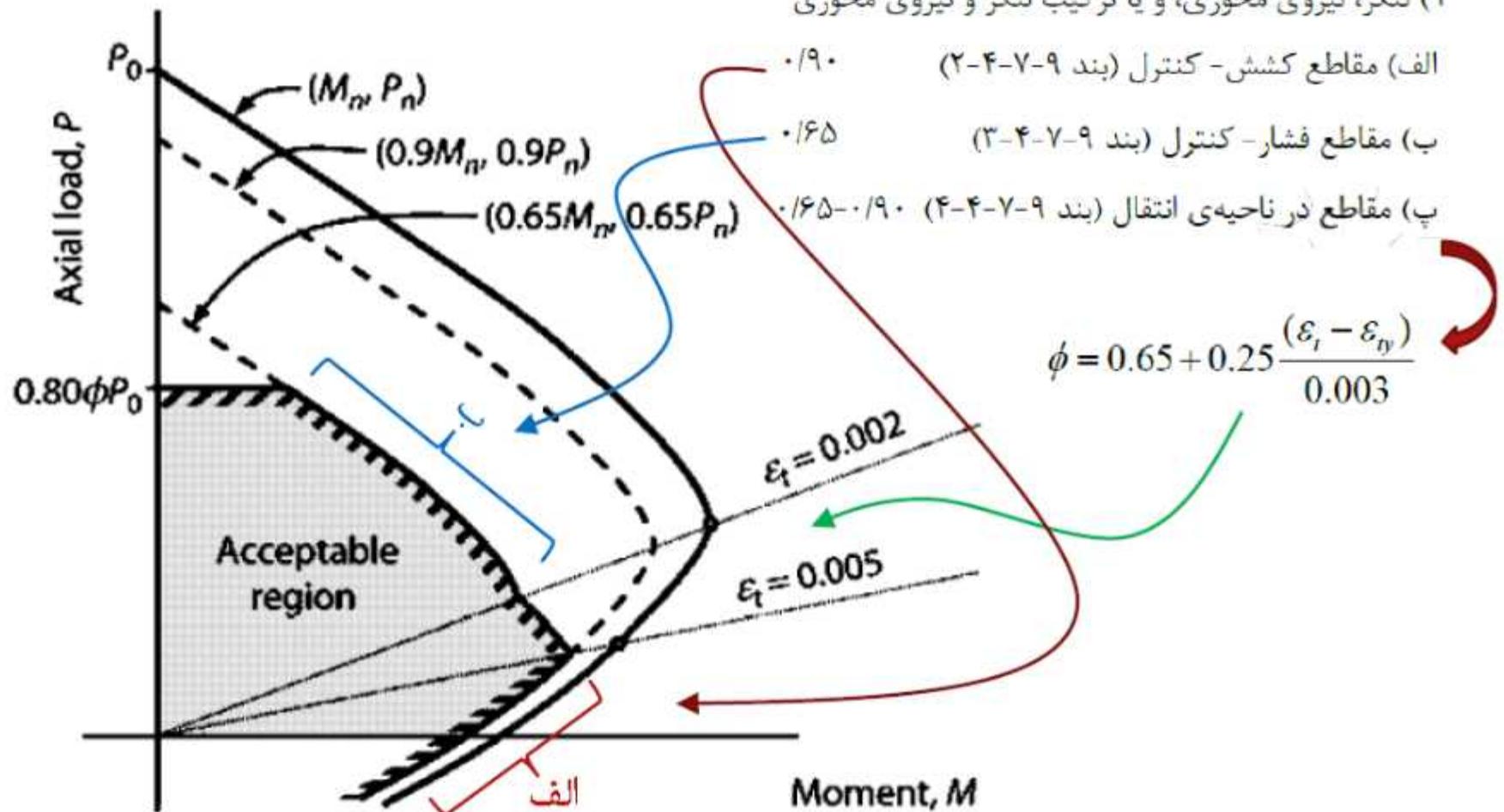
مقاومت خمشی محتمل عضو، یا بدون بار محوری، در برگره اتصال که با فرض تنش کششی در میلگردکهای طولی حداقل برابر با $1.25f_y$ و ضریب کاهش مقاومت ϕ برابر با یک محاسبه می‌شود.

۱) لنگر، نیروی محوری، و یا ترکیب لنگر و نیروی محوری

الف) مقاطع کشش-کنترل (بند ۲-۴-۷-۹)

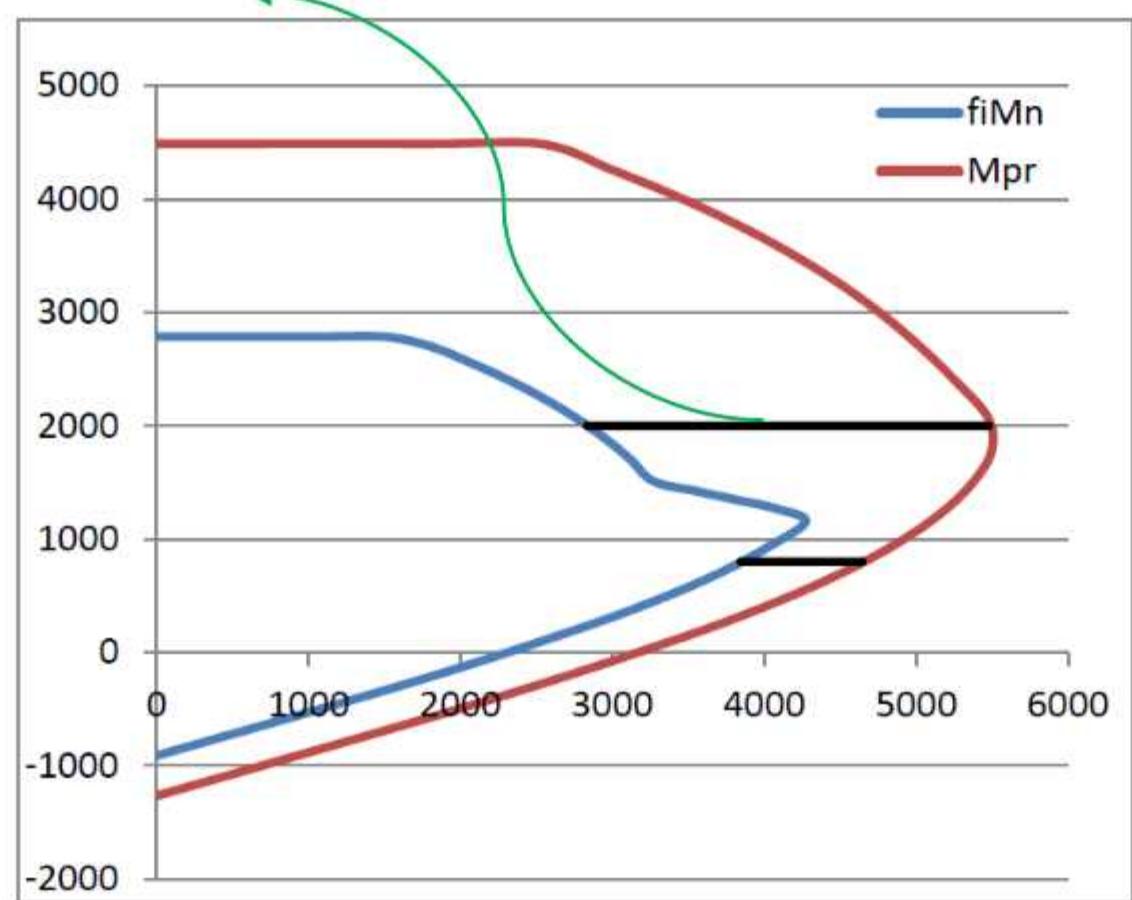
ب) مقاطع فشار-کنترل (بند ۳-۴-۷-۹)

پ) مقاطع در ناحیه‌ی انتقال (بند ۴-۴-۷-۹)



نکته: بهمنظور محاسبه نسبت M_{pr}/M_u , این نسبت از همان ترکیب بارگذاری که مبنای طراحی برای برش است و راستای دیوار بوده، تعیین شود.

$$\left. \begin{array}{l} M_{pr} \approx 1.25M_n \\ M_u < \varphi M_n = 0.65M_n \end{array} \right\} M_{pr}/M_u > 1.93$$



دكتر مسعود فرزام

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (طراحی برشی)

مقایسه اثر نیروی محوری دیوار

P_u (ton)	$D/C = M_u / \varphi M_n$		
	1.0	0.97	0.9
$\Omega_v = M_{pr}/M_u$			
800	1.21	1.25	1.34
2000	1.93	1.99	2.15

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (طراحی برشی)

۷-۹-۷-۲۰-۹

$$\phi = 0.60 \text{ (92)} \rightarrow \phi = 0.75 \text{ (98)}$$

P_u (ton)	$M_{pr}/\emptyset M_n$	D/C= $M_u/\emptyset M_n$		ov ns=15	$V_e = \Omega_v \omega_v V_u$ استاتیکی	$\emptyset V_n(98)/\emptyset V_n(92)$	ETABS	
		D/C=1	0.97				\emptyset (seismic)	
		$\Omega_v = M_{pr}/M_u$			$\frac{0.75}{3} = 0.25$	$\frac{0.65}{2.4} = 0.25$		
800	1.21	1.25	1.34	1.8	2.25	2.41	1.8	1.93
2000	1.93	1.99	2.15	1.8	3.00	3.00	2.4	2.4

(برای ساختمانهای بلندتر از ۸ طبقه)

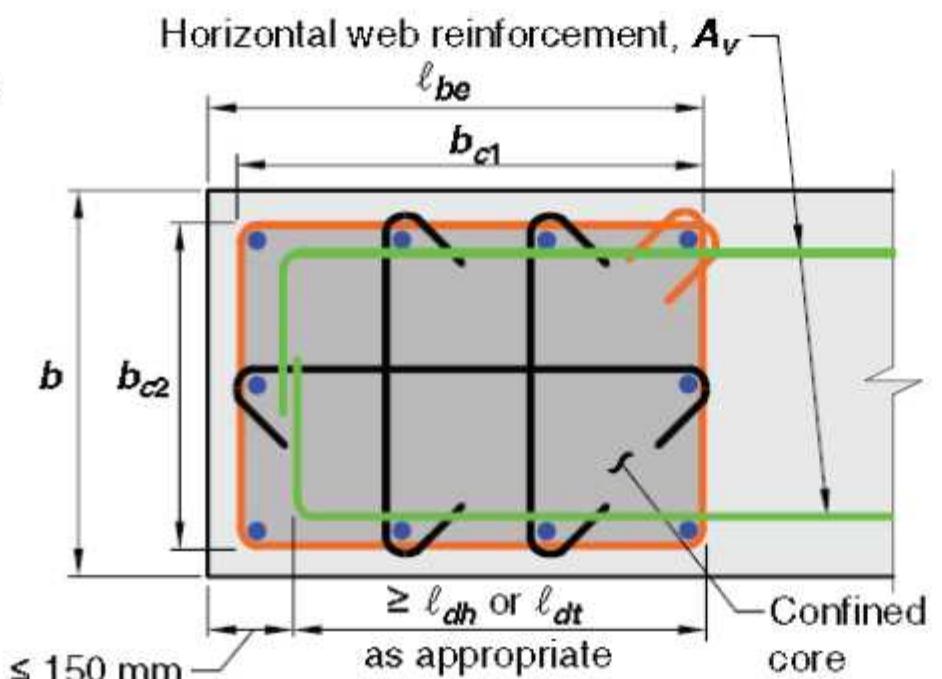
$$8 \leq n \rightarrow 1.567 \leq \omega_v$$

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

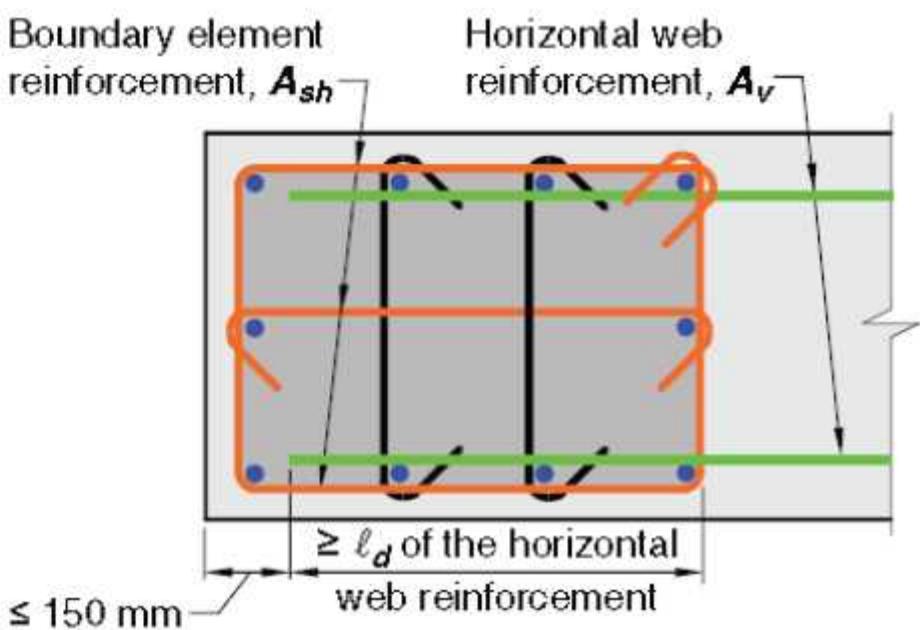
دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۴-۴-۷-۲۰-۹

ذ- آرماتورهای افقی در جان دیوار باید تا ۱۵۰ میلی متری انتهای دیوار ادامه یابند.



Option with standard hooks or headed reinforcement



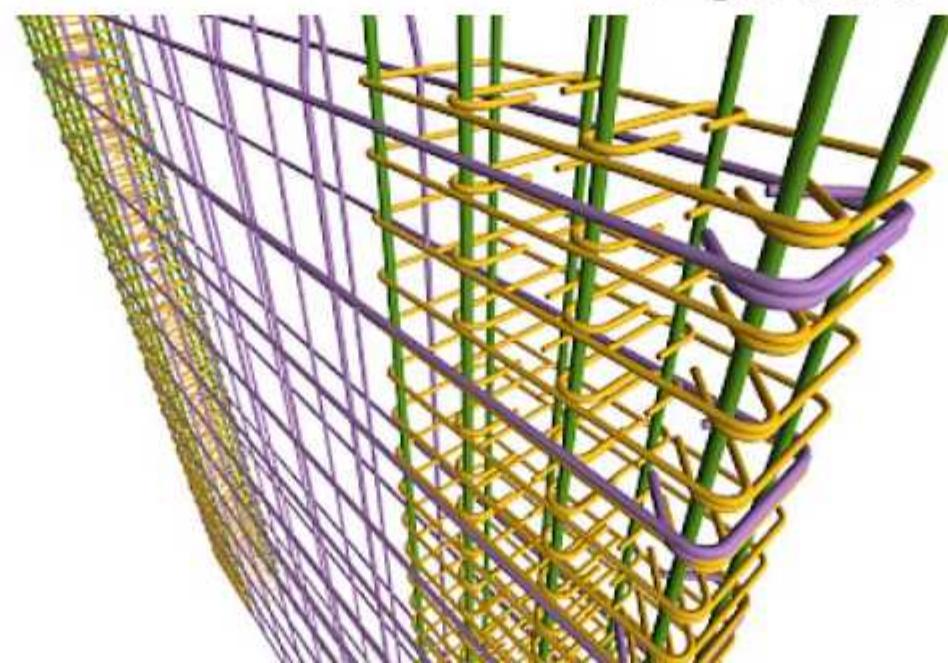
Option with straight developed reinforcement

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۳-۷-۲۰-۹ آرماتورهای قائم و افقی

۲-۳-۷-۲۰-۹ فاصله‌ی مرکز تا مرکز میلگردها از یک دیگر در هر دو امتداد قائم و افقی نباید بیش‌تر از ۳۵۰ میلی متر اختیار شود. میلگردهایی که از آن‌ها برای تامین V_n استفاده می‌شود، باید به صورت ممتد بوده و در سطح صفحه‌ی برش توزیع شوند.



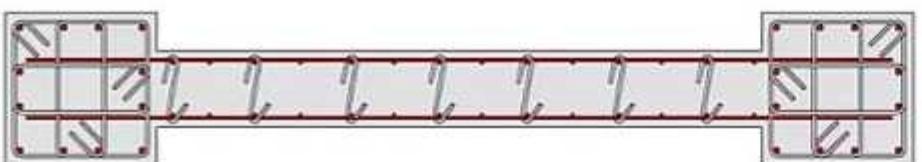
الزام دو لایه آرماتور عمودی

در دیوارهای لاغرتر، پایداری جانبی ناحیه فشاری را تحت بارهای چرخه‌ای بعد از تسلیم آرماتورهای کششی قائم افزایش می‌دهد. در صورتیکه آرماتورهای افقی روی آرماتورهای قائم قرار داده شوند، وصله پوششی آرماتورهای قائم عملکرد بهتری خواهند داشت، **شکل ۱۳-۲۰**.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۹-۷-۲۰-۳ آرماتورهای قائم و افقی



شکل ۱۳-۲۰ توزیع آرماتورهای افقی و قائم در دیوارها

آینه نامه بتن ایران - جلد اول، تحلیل و طراحی

۱۴۰۰/۱/۱

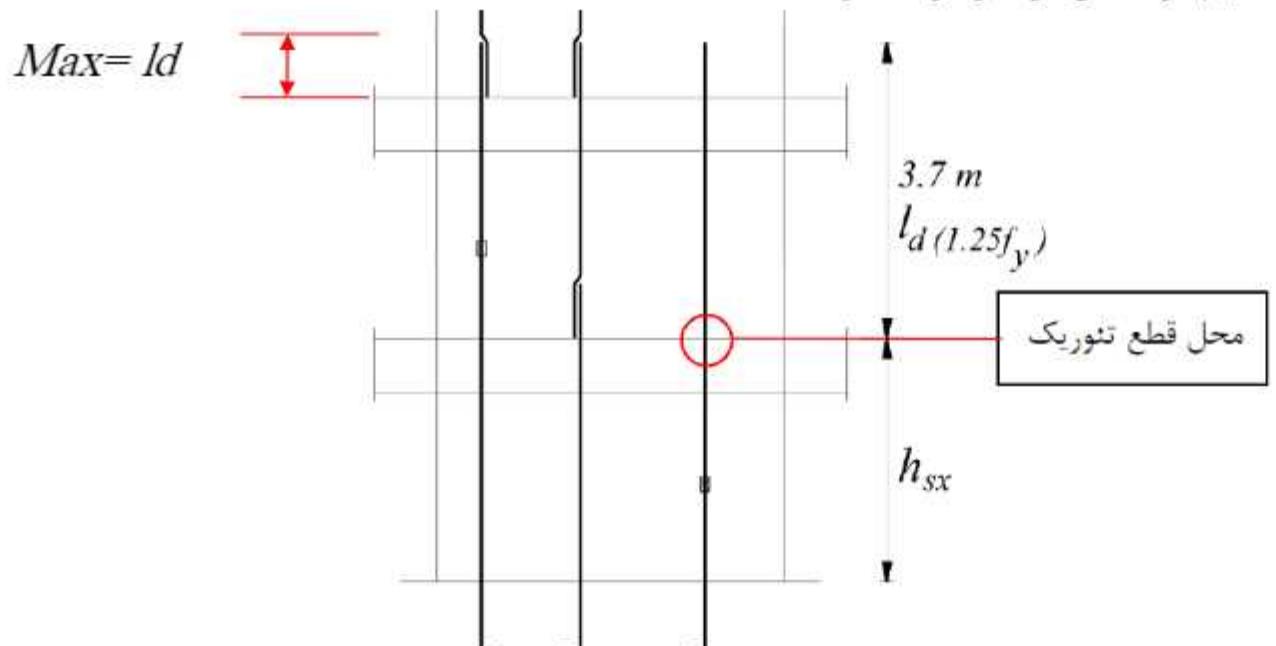
از آنجاکه یکپارچگی عملکرد وصله‌های پوششی به هنگام پاسخ غیرارتجاعی خمشی را نمی‌توان تضمین کرد باید از بکاربردن وصله به خصوص در مقاطع بحرانی پرهیز نمود. در نواحی خارج از این محدوده وصله پوششی باید در وسط وطول دهانه دیوار بوده و برای آرماتور فوقانی محاسبه شود.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (وصله میلگرد قائم) ۴-۳-۷-۲۰-۹

الف - آرماتورهای طولی، بجز در قسمت فوقانی دیوار، باید تا طولی برابر با حداقل 3700 میلیمتر بعد از محلی که دیگر از نظر خمشی مورد نیاز نیستند، ادامه داده شده لیکن در هر حال نیازی نیست که بیشتر از l_d از بالای طبقه فوقانی ادامه داشته باشند.

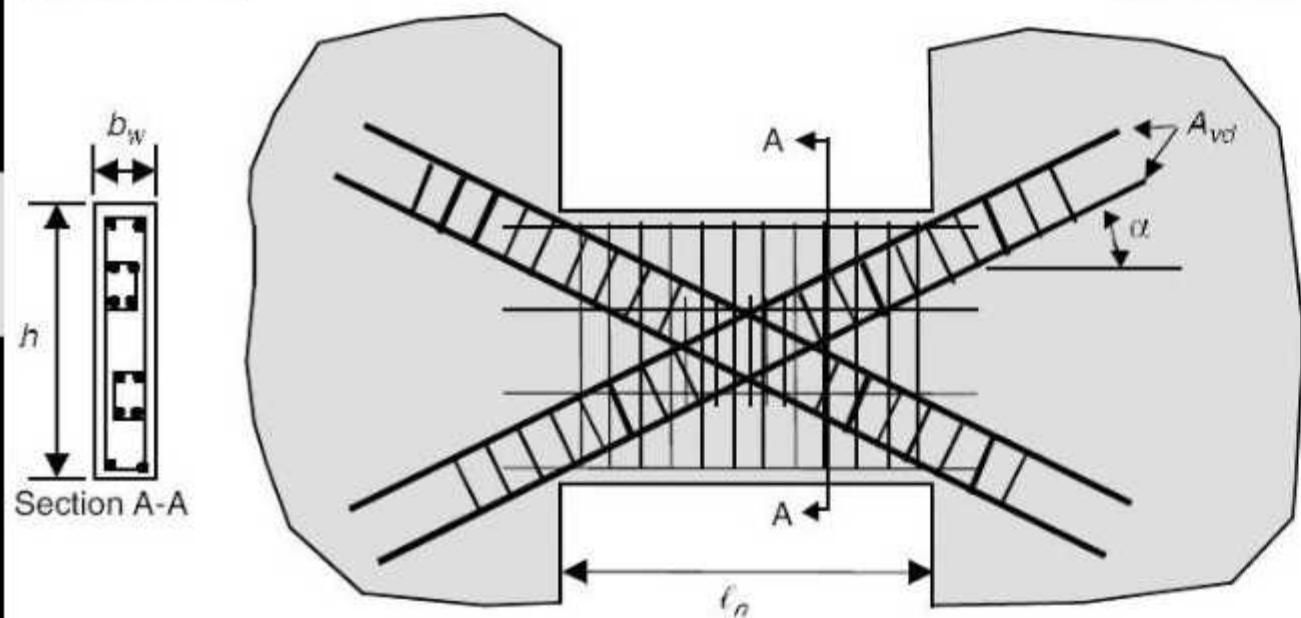
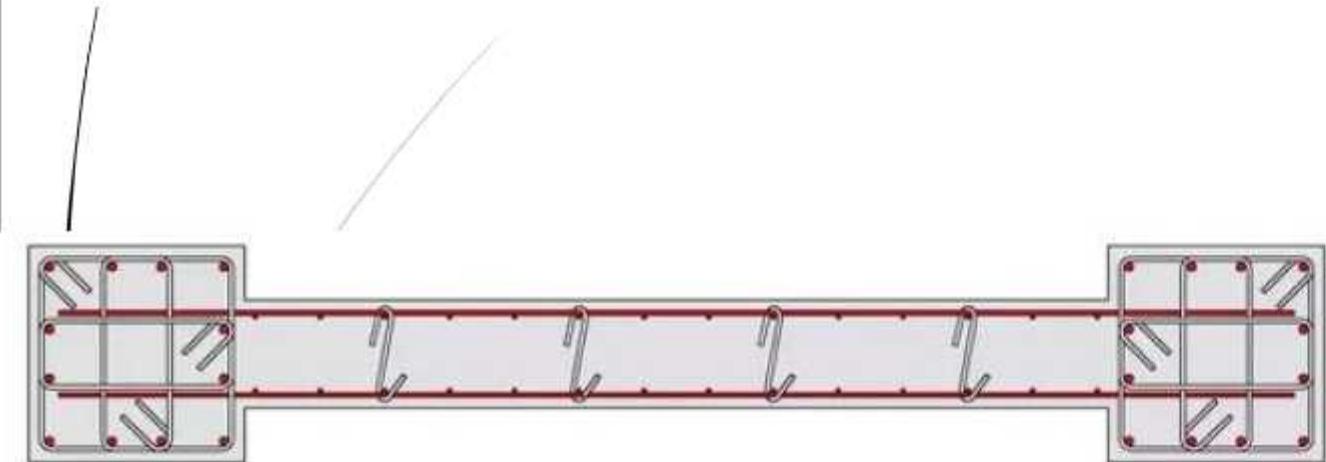
ب - در محل هایی که در اثر تغییر مکانهای جانبی، احتمال تسلیم آرماتورهای طولی وجود دارد، طول مهاری آرماتورها باید $1/25$ برابر طول مهاری محاسبه شده برای تسلیم در کشش در نظر گرفته شود.



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه)

۱- طراحی اعضای مرزی



نکات ویژه طراحی
دیوارهای برشی:

۲- طراحی تیرهای همبند

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

نکته:

ترک های محدود یا تکی باعث تمرکز تغییرشکل‌های آرماتورهای طولی در یک نقطه شده که علاوه بر کاهش شکلپذیری و استهلاک می گردد موجب گسیختگی زود هنگام آرماتورهای طولی، لغزش دیوار و کمانش موضعی آرماتورهای طولی می شود.

دیوارهای بتُنی ویژه: (نکات ویژه) تاثیر عملکرد اعضای مرزی در بهبود رفتار شکلپذیر

Concentrated longitudinal bars

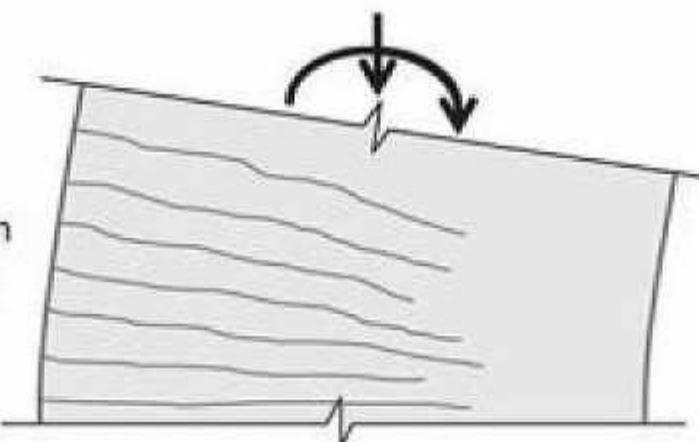
(a) Wall cross section



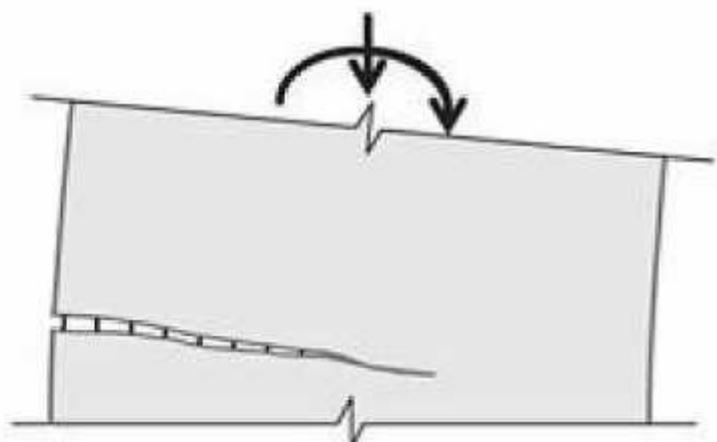
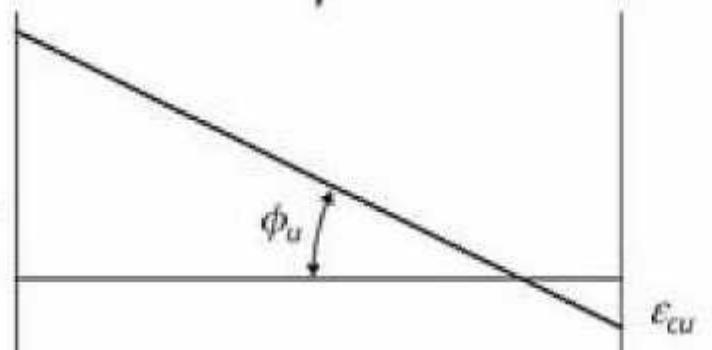
Distributed longitudinal bars



(b) Wall elevation and cracking



(c) Curvature



$$\phi_u$$

$$\epsilon_{cu}$$

$$\epsilon_{cu}$$

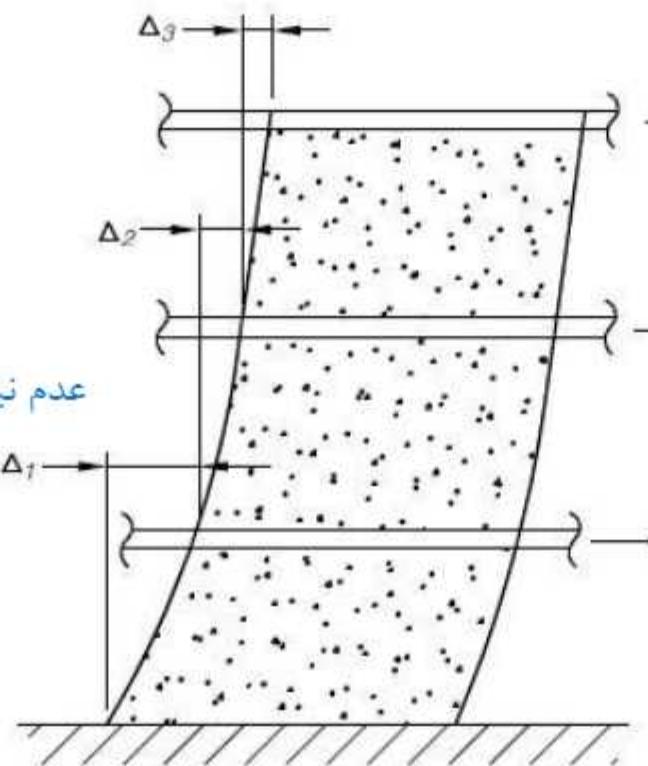
اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه)

۱- نیازمند به اعضای مرزی ویژه (بر اساس معیار کرنش)

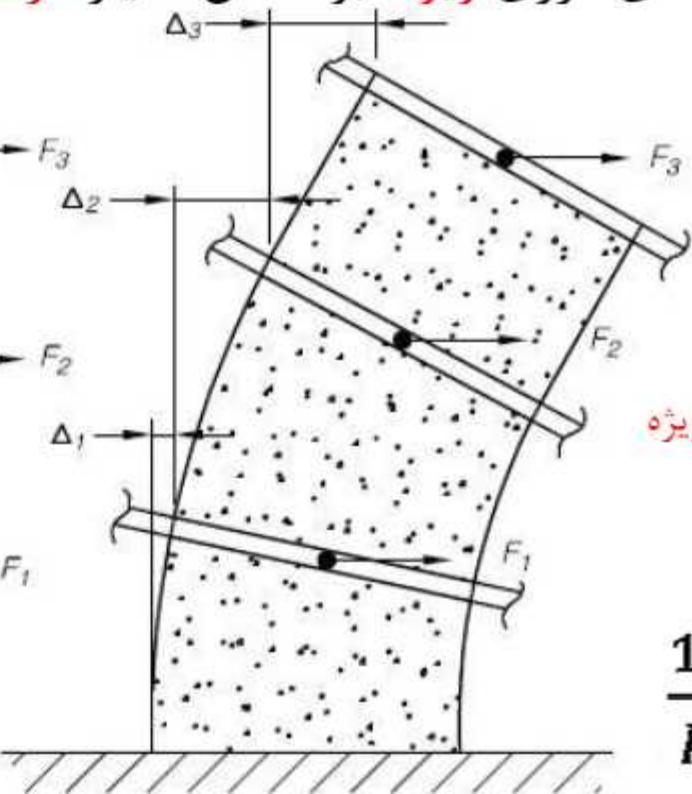
۲-۴-۷-۲۰-۹

عدم نیاز به اعضای مرزی ویژه



(a) Shear Deformation

$$h_w / l_w < 2.0$$



(b) Flexural Deformation

$$h_w / l_w \gg 2.0$$

نیازمند اعضای مرزی ویژه



$$\frac{1.5\delta_u}{h_{wCS}} \geq \frac{l_w}{600c}$$

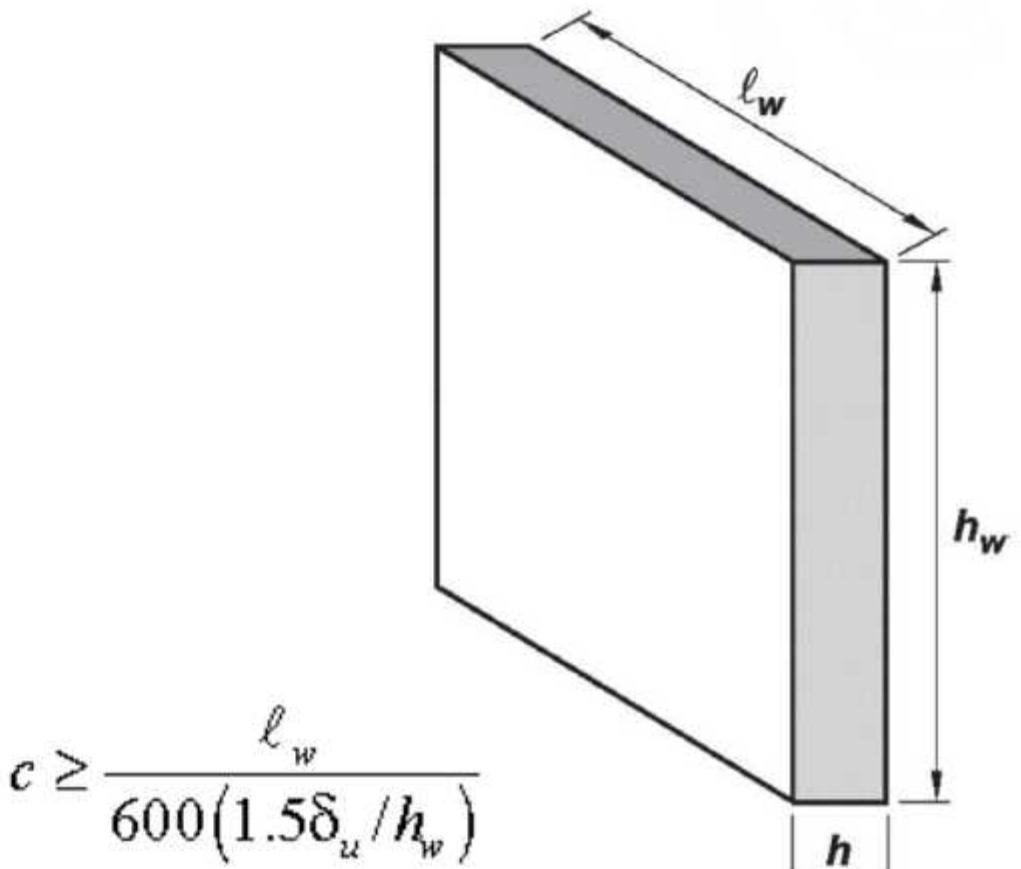
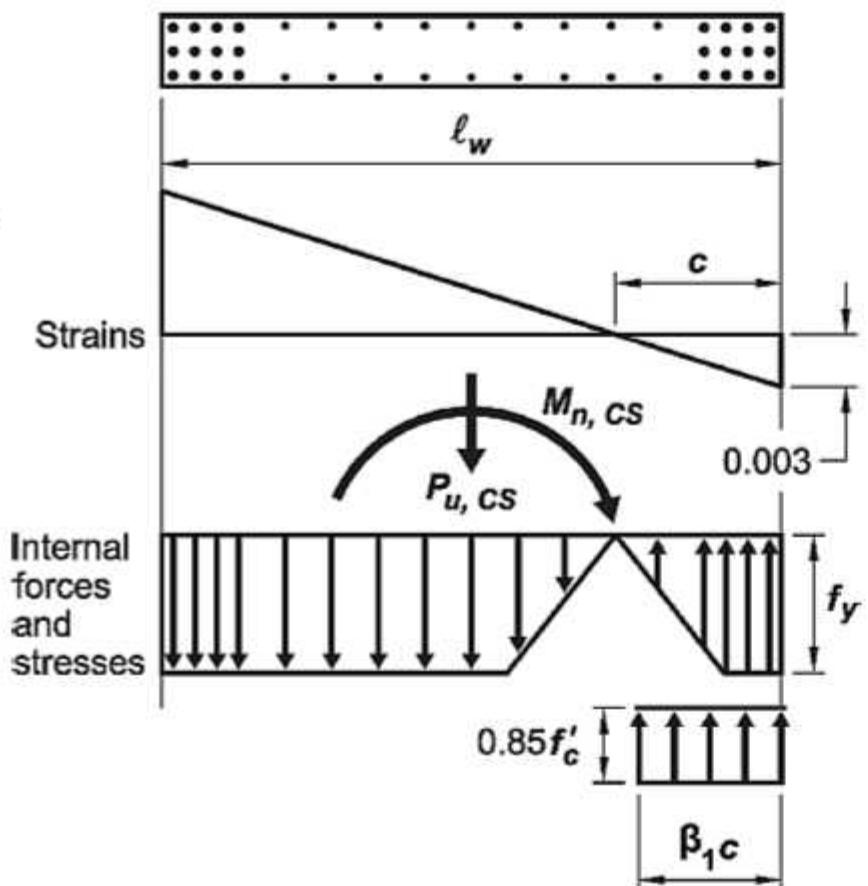


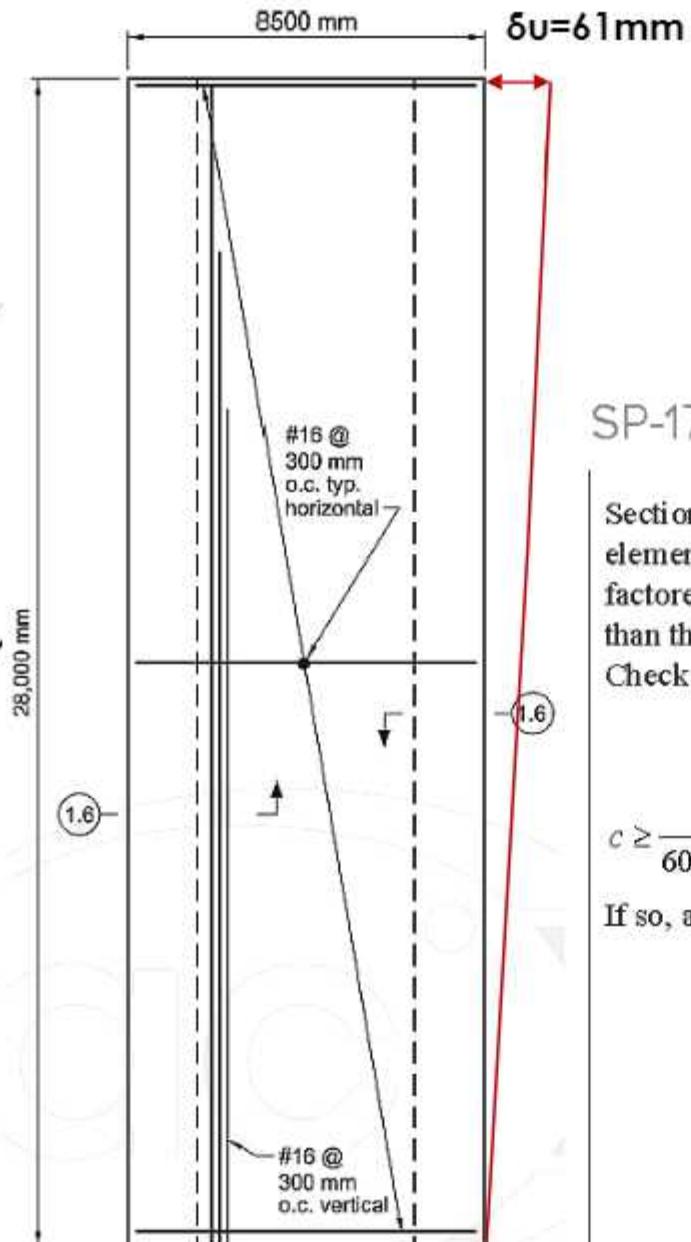
دیوارها و دیوار پایه‌هایی که در آنها

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۱- نیازمند به اعضای مرزی ویژه (بر اساس معیار کرنش)





SP-17M(14)

Section 18.10.6.2 requires a special boundary element if the neutral axis depth calculated for the factored axial force and factored moment is greater than the value in Eq. (18.10.6.2). Check if.

$$c \geq \frac{\ell_w}{600(1.5\delta_u/h_w)}$$

If so, a special boundary element is needed.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتُنی ویژه: (نکات ویژه)

۱- نیازمند به اعضای مرزی ویژه (بر اساس معیار کرنش)



American Concrete Institute
Always advancing

The interaction diagram spreadsheet calculates the neutral axis depth c , which is 1723 mm

The software that analyzes the structure presents the deflection data for the structure. The value of δ_u from the software is 61 mm and does not include the C_d factor of 5 for a special structural concrete wall from ASCE 7-10.

$$\delta_u/h_w = \frac{(61 \text{ mm})(5)}{(28,000 \text{ mm})}$$

$$\delta_u/h_w = 0.0109$$

Therefore, the value determined from Eq. (18.10.6.2) is:

$$c \geq \frac{8500 \text{ mm}}{600(1.5 \times 0.0109)} = 866 \text{ mm}$$

Because c of 1723 mm is greater than 866 mm, Section 18.10.6.2 does require a boundary element.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۲- نیازمند به اعضای مرزی ویژه (بر اساس معیار **تنش**)

۳-۴-۷-۲۰-۹ برای طراحی اجزای مرزی ویژه، می‌توان به جای استفاده از ضوابط بند ۲-۴-۷-۲۰-۹، از ضوابط این بند استفاده نمود.

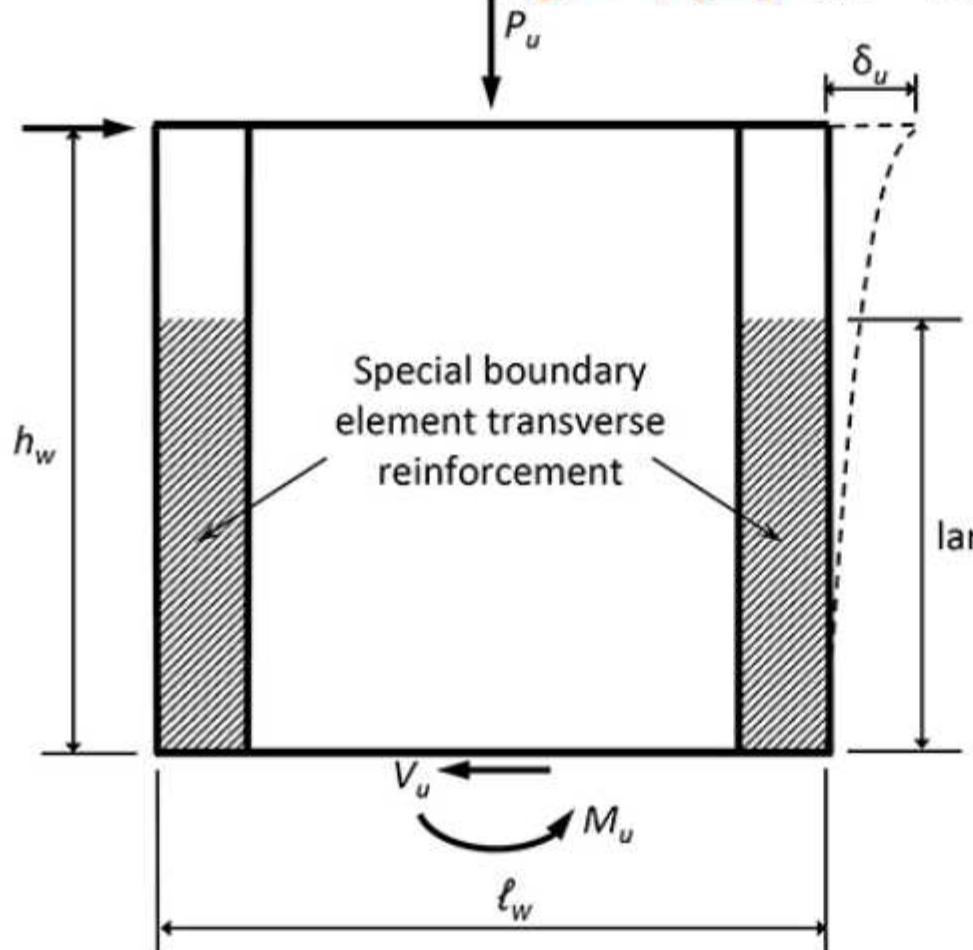
در مواردی که تنش فشاری بتن در دورترین تار فشاری مقطع دیوار تحت اثر ترکیب بارهای ضربه‌دار، شامل اثر زلزله، از f'_c بیشتر باشد، باید اجزای مرزی ویژه پیش‌بینی شوند. این اجزا را می‌توان از مقطعی در امتداد ارتفاع دیوار، که تنش فشاری بتن در آن از $0.15f'_c$ کمتر باشد، قطع کرد. تنش فشاری بتن با فرض توزیع خطی تنش در مقطع دیوار و بر اساس مشخصات مقطع کل محاسبه می‌شود. در دیوارهای با مقطع U و T، باید عرض موثر بال بر اساس ضوابط بند ۳-۲-۷-۲۰-۹ لحاظ شود.

نکته: در دیگر ضوابط قدیمی تر مانند **UBC97** معیار شکلپذیر بودن دیوار و کنترل کننده بودن رفتار خمشی در آن، با محدود کردن نیروی محوری در زیر نقطه تعادل طبق خاباطه $P_U \leq 0.35P$ و یا آیین نامه **EUROCODE** نسبت $P_U \leq 0.4P$ کنترل می‌شد.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه)

۱- نیازمند به اعضای مرزی ویژه (ارتفاع بر اساس معیار کرنش یا تنش)



در ترکیبات بار ضربه‌دار
شامل زلزله

ارتفاع نیازمند اعضای مرزی
ویژه :

بر اساس: معیار تنش - معیار کرنش

نکته: در معیار تنش
نیازی به ارضای شرط
laguer دیوار نیست.

larger of $\left\{ \begin{array}{l} t_w \\ M_u / 4V_u \end{array} \right\}$ or $\sigma \geq 0.15fc$

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه) ۲- طراحی اعضای مرزی ویژه (ارتفاع آرماتور گذاری مرزی)

به دورگیر نیازی نیست

نسبت آرماتورهای طولی عضو مرزی دیوار = ρ

دورگیرها مطابق بند ۵-۷-۲۰-۴ طراحی می‌شوند

(آرماتورهای عرضی مشابه ستونها در قاب شکلپذیر زیاد با نیروی محوری کمتر از $0.3Agf'c$ با فاصله عمودی ۸ برابر قطر یا ۲۰ سانتیمتر جدول ۹-۲۰-۳)

جزء مرزی ویژه (در ادامه)

 $\geq 30 \text{ cm}$ $\geq l_d \text{ for } 1.25f_y$

جزء مرزی با لبه پی فاصله دارد

$$\text{دیوار با نسبت } \frac{h_w}{l_w} \geq 2.0 \text{ و یک مقطع بحرانی}$$

$$\sigma < 0.15f'_c \text{ و } \rho \leq 2.8/f_y$$

$$\sigma < 0.15f'_c \text{ و } \rho > 2.8/f_y$$

$$\max \geq \begin{cases} l_w \\ \left(\frac{M_u}{4V_u} \right) \end{cases} \text{ or } \sigma \geq 0.15f_c$$

جزء مرزی

(۲)

(۱)

(۳)

سامانه اطلاع رسانی

کمیته ایرانی نرم افزارهای محندسی

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

سوال (۱۲): در صورتیکه دیوار برشی دارای المان ستون در دو انتهای خود باشد، آیا لازم است این ستونها بصورت مستقل طراحی شوند؟ (کد سوال ۱۳۹۹۱۲۰۱ CCQ۱۲.۱۲)

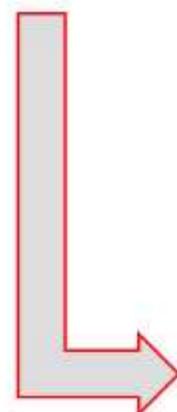
پاسخ: ستونهای مرزی دیوارهای برشی در عملکرد درون صفحه دیوار، بخشی از دیوار محسوب گشته و با دیوار کاملاً یکپارچه می‌باشند و نمی‌توان آنها را ستونهایی مستقل در نظر گرفت. لذا تحت ترکیب بارهای دارای نیروهای زلزله در راستای صفحه دیوار، این ستونها نباید بصورت مستقل طراحی شوند. لیکن تحت ترکیب بارهای دارای نیروهای زلزله در راستای خارج صفحه دیوار، لازم است این ستونها طراحی شوند. در این حالت، در صورتیکه طراح، ضریب اصلاح سختی خمشی ستونهای مرزی، حول محور نظیر با سختی عمود بر صفحه دیوار را مشابه ضریب اصلاح سختی عمود بر صفحه دیوار (مثلًا ۰.۲۵) در نظر گرفته باشد، الزامی به رعایت جزئیات آرماتورگذاری ستون، نظیر با ضوابط شکل پذیری سیستم باربر لرزه‌ای در راستای عمود بر صفحه دیوار نمی‌باشد. لیکن، در صورتیکه ضریب مذکور، مشابه ضریب اصلاح سختی خمشی ستونها، برابر با ۰.۷ منظور شده باشد، لازم است جزئیات آرماتورگذاری ستون، نظیر با ضوابط شکل پذیری سیستم باربر لرزه‌ای در راستای عمود بر صفحه دیوار رعایت گردد.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه) ۳- طراحی اعضای مرزی ویژه (طول مقطع المان مرزی)

۴-۴-۷-۲۰-۹

الف- جزء مرزی باید به صورت افقی تا فاصله‌ای برابر با بیشترین دو مقدار $c - 0.1l_w$ و $\frac{c}{2}$ از دورترین تار فشاری به سمت مرکز مقطع دیوار ادامه یابد. c فاصله‌ی محور خنثی از دورترین تار فشاری است که تحت اثر بار محوری ضربی دار به همراه مقاومت خمثی اسمی، که متناظر با تغییر مکان جانبی طرح، δ_u ، به دست آورده شده است.

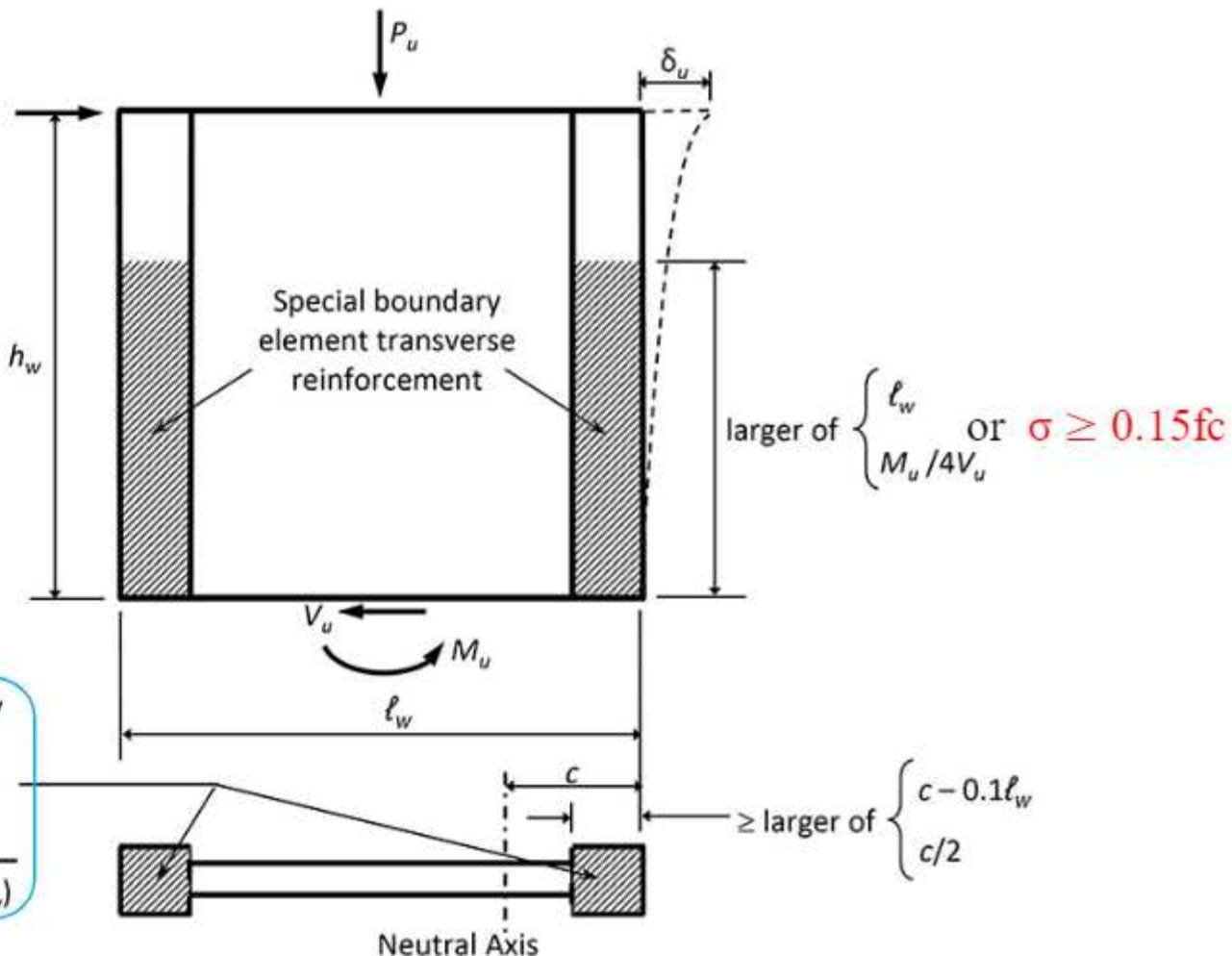


$$(C_{max} \geq l_w/4.5)$$

معیار کرنش

Special boundary elements required when:

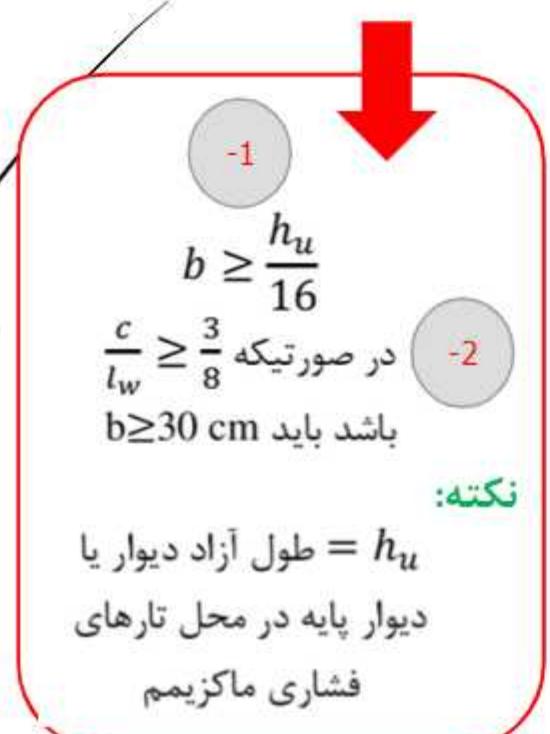
$$c \geq \frac{l_w}{600(1.5\delta_u/h_w)}$$



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه) ۳- طراحی اعضای مرزی ویژه (عرض مقطع المان مرزی)

۴-۴-۷-۲۰-۹

ب- عرض ناحیه‌ی فشاری ناشی از خمش، b در طول افقی،

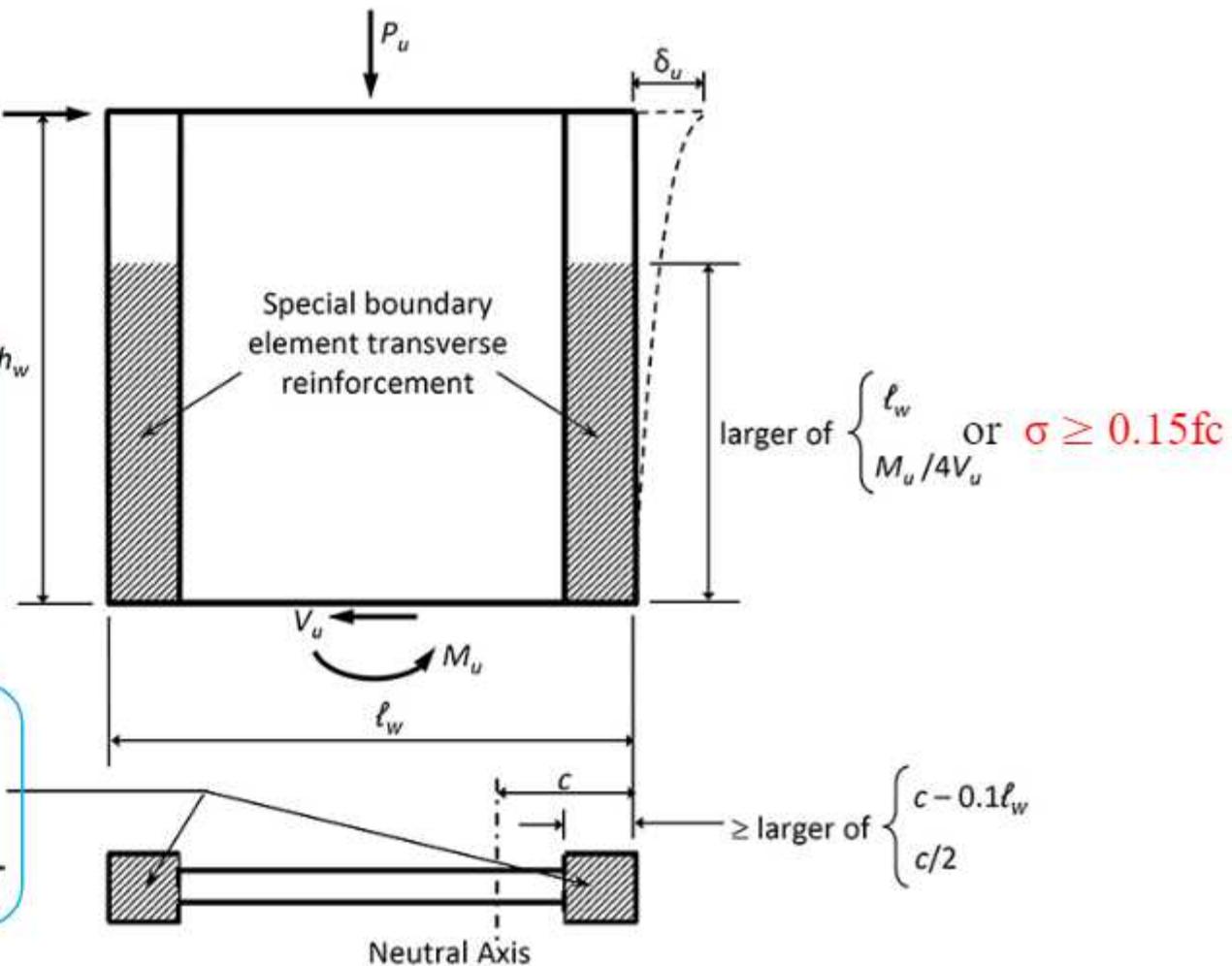
$$(b \geq \frac{h_u}{10})$$

پیشنهاد
پروفسور میلی
در ناحیه ۱

معیار کرنش:

Special boundary elements required when:

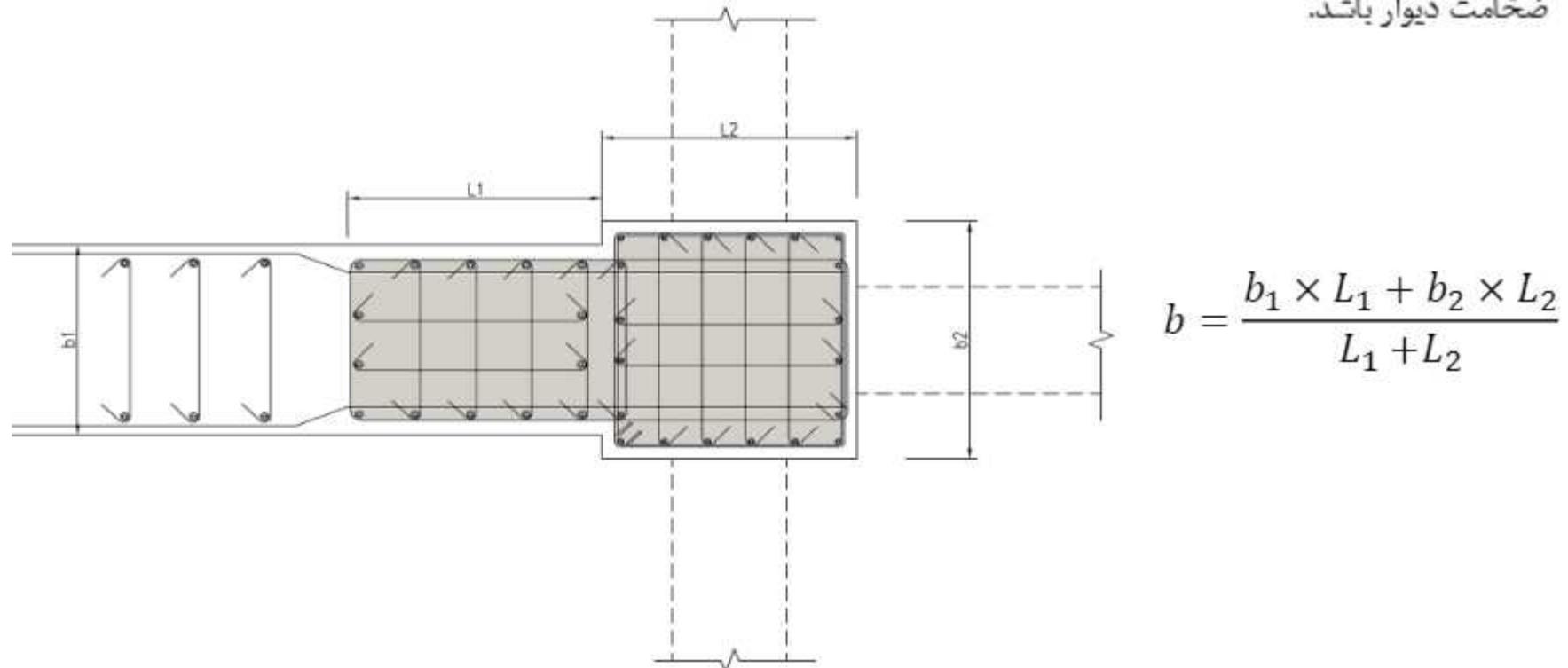
$$c \geq \frac{l_w}{600(1.5\delta_u/h_w)}$$



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه) ۳- طراحی اعضای مرزی ویژه (عرض مقطع المان مرزی)

اگر b در طول C متغیر باشد، باید از مقدار متوسط یا نماینده برای b استفاده شود. به عنوان مثال، در انتهای دیوار بال دار (با ستون متصل، یا عرض مقطع بیش از ضخامت دیوار)، b باید برابر با عرض موثر بال مطابق تعریف بند ۳-۲-۷-۲۰-۹ باشد، اگر C به داخل جان گسترش یابد، باید از یک میانگین وزنی برای b استفاده شود. در انتهای دیوار بدون بال، b باید برابر با ضخامت دیوار باشد.

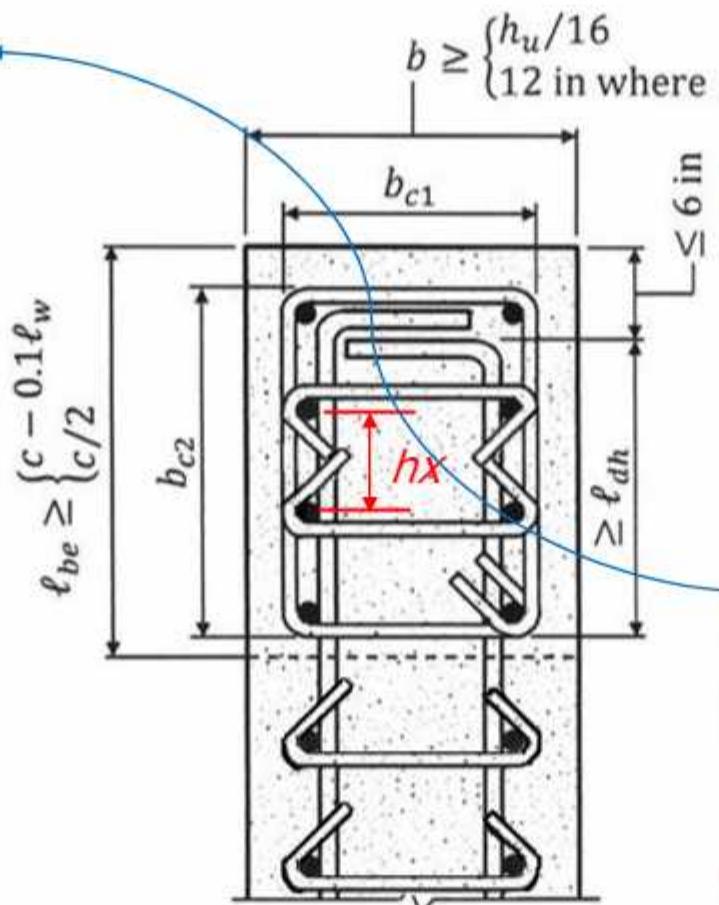


اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

نیاز به مهار همه آرماتورهای طولی جز مرزی **نیست!!** فقط نباید فاصله آرماتورهای طولی مهار شده بیش از این ۲ مقدار شود! (یک در میان یا فاصله ۱۵ سانتیمتر هم مطابق شرایط **تنگها** باید رعایت شود)

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه) ۴- طراحی اعضای مرزی ویژه (آرماتور گذاری عرضی)

۴-۷-۲۰-۹ اجزای مرزی در دیوارهای سازه‌ای با شکل پذیری زیاد (ویژه)



$$b \geq \begin{cases} h_u/16 \\ 12 \text{ in where } c/l_w \geq 3/8 \end{cases}$$

Least dimension of boundary element/3 (b or l_{be})

$$s \leq \begin{cases} 6 \times \text{smallest longitudinal bar diameter} \\ s_0 \end{cases}$$

$$4 \text{ in} \leq s_0 = 4 + \left(\frac{14 - h_x}{3} \right) \leq 6 \text{ in} \quad (150 \text{ mm})$$

$$h_x \leq \begin{cases} 14 \text{ in} \quad (350 \text{ mm}) \\ 2b/3 \end{cases}$$

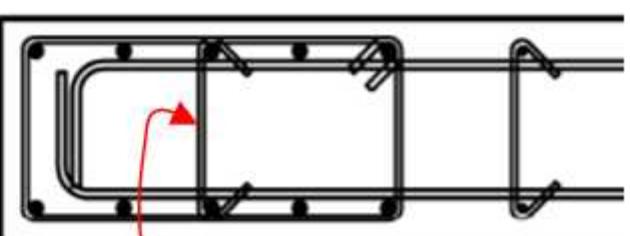
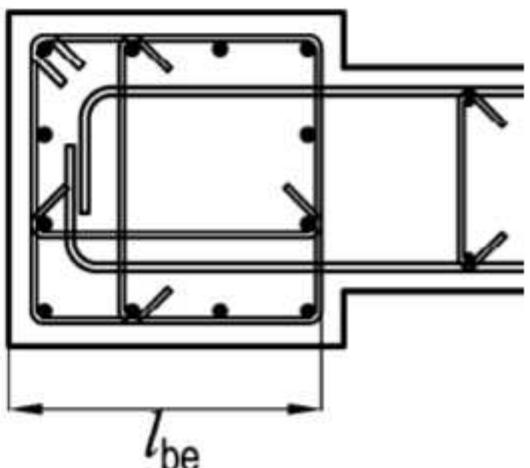
مشابه فواصل آرماتور عرضی
ستونهای ویژه

$$A_{sh} \geq \begin{cases} 0.3s b_c \left(\frac{l_{be} b}{b_{c1} b_{c2}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f'_{yt}} \\ 0.09s b_c \frac{f'_c}{f'_{yt}} \end{cases}$$

سطح مقطع آرماتور عرضی

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

فاصله قائم آرماتورهای عرضی در جز مرزی:



نکته :

برخلاف ستونها قلاب دوخت المان مرزی در هر دو
انتها باید خم ۱۳۵ درجه داشته باشد.(صفحه بعد)

جدول ۳-۲۰-۹ فاصله‌ی عمودی آرماتورهای عرضی در جزء مرزی

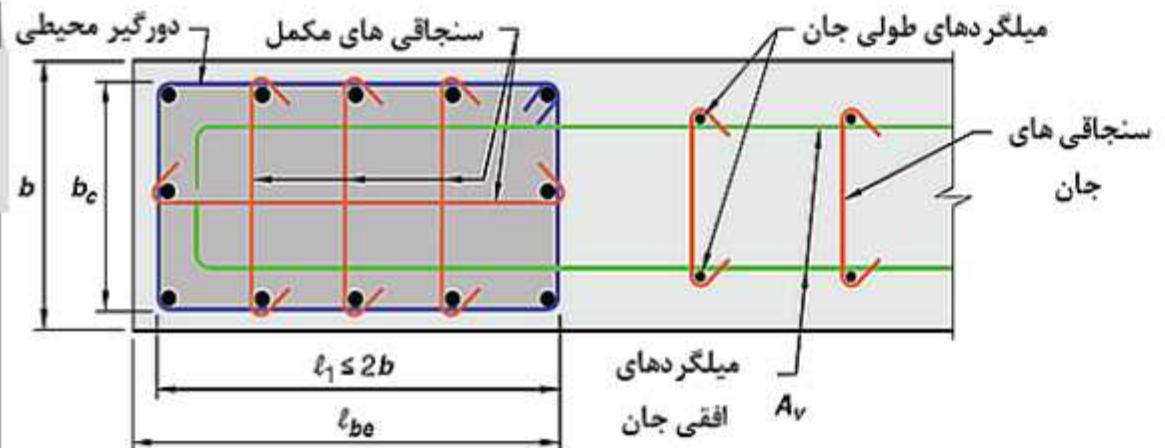
فاصله‌ی عمودی آرماتورهای عرضی	آرماتورهای عرضی مورد نیاز	مقاومت حد تسلیم آرماتورهای اصلی خمشی
کوچک‌ترین مقدار $6d_b$ و ۱۵۰ میلی متر [۱]	در ناحیه‌ای برابر با بزرگ‌ترین مقدار l_w و $M_u / 4V_u$ در بالا و پایین مقطع بحرانی [۲]	۴۲۰ مگاپاسکال
کوچک‌ترین مقدار $8d_b$ و ۲۰۰ میلی متر	در سایر نقاط	
کوچک‌ترین مقدار $5d_b$ و ۱۵۰ میلی متر	در ناحیه‌ای برابر با بزرگ‌ترین مقدار l_w و $M_u / 4V_u$ در بالا و پایین مقطع بحرانی [۲]	۵۲۰ مگاپاسکال
کوچک‌ترین مقدار $6d_b$ و ۱۵۰ میلی متر	در سایر نقاط	

[۱] قطر کوچک‌ترین آرماتور اصلی خمشی است.

[۲] مقطع بحرانی مقطعی است که در آن در اثر تغییر مکان جانبی، امکان جاری شدن آرماتورهای طولی وجود دارد.

ارتفاع المان مرزی (ویژه) ۱ ۴-۴-۷-۲۰-۹

خ- آرماتورهای طولی دیوار در محدودهٔ جان باید در فاصله‌ای مطابق بند ۴-۷-۲۰-۹(ب) در بالا و پایین مقطع بحرانی دارای تکیه گاه جانبی شامل گوشی یک دورگیر و یا یک سنجاقی با قلاب لرزه‌ای در دو انتهای باشند. فاصلهٔ قائم آرماتورهای عرضی از یک دیگر نباید از ۳۰۰ میلی پیشتر بوده و قطر آنها باید مطابق بند ۲-۶-۲۱-۹ تعیین شود.

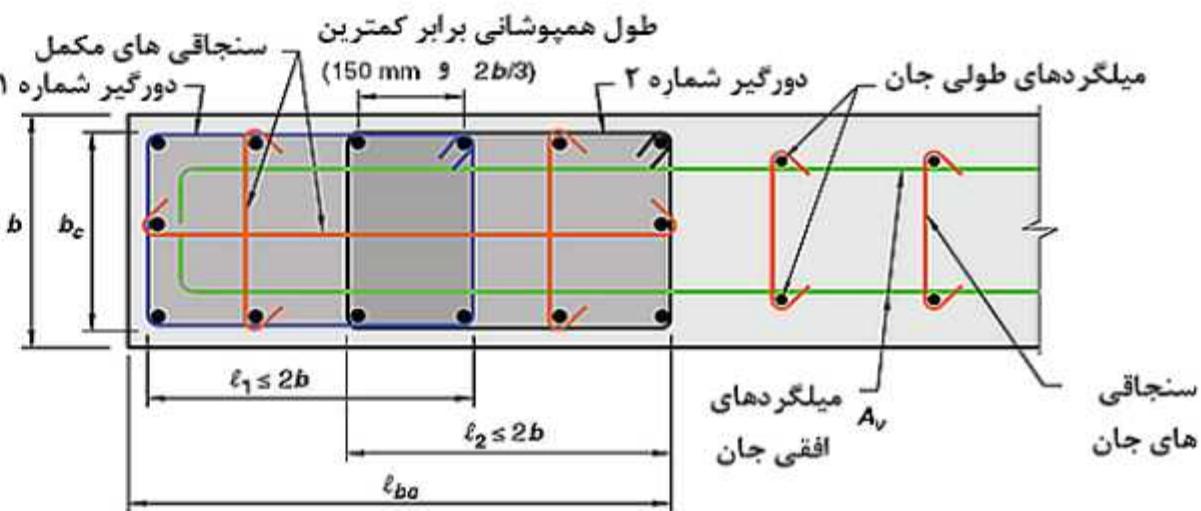


الف- دورگیرمحیطی با سنجاقی های مکمل دارای قلاب ۱۳۵ درجه و سنجاقی های با قلاب ۱۳۵ درجه محصور کننده میلگرد های طولی (قائم) جان

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

ج- جزئیات آرماتورهای عرضی باید به گونه‌ای باشند که فاصله h_x بین آرماتورهای طولی در امتداد محیط جزء مرزی، که دارای تکیه گاه جانبی هستند از کمترین دو مقدار ۳۵۰ میلیمتر و دو سوم ضخامت جزء مرزی بیشتر باشد. تکیه گاه جانبی از طریق قلاب لرزه‌گیر در انتهای یک تنگ عرضی و یا گوشه یک دورگیر تأمین می شود. طول هر ساق یک دورگیر نباید از دو برابر ضخامت جزء مرزی بیشتر بوده و طول پوششی دو دورگیر مجاور نباید از کوچک‌ترین دو مقدار ۱۵۰ میلی متر و یا دو سوم ضخامت جزء مرزی کمتر باشد.



ب- دورگیرهای هم پوشانده با سنجاقی های مکمل با قلاب ۱۳۵ درجه و سنجاقی های با قلاب ۱۳۵ درجه محصور کننده میلگرد های قائم جان

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (جمع بندی المان مرزی)

- ۱- در ارتفاع المان مرزی ۱، میلگردهای طولی (قائم) **المان مرزی** به صورت یک درمیان و حداقل فاصله ۳۵ سانتیمتر مهار شوند.
- ۲- در ارتفاع المان مرزی ۱، تمام میلگردهای طولی (قائم) **جان** دیوار باید با سنجاقی یا دورگیر مهار شوند.
- ۳- در ارتفاع المان مرزی ۱، تمام سنجاقی‌ها باید در **هر دو انتهای** قلاب لرزه‌ای داشته باشند.
- ۴- حداقل فاصله آرماتورهای عرضی در المان مرزی ۱، ۱۵ سانتیمتر و در **جان دیوار** ۳۰ سانتیمتر است.
- ۵- **طول** ساق دورگیر در جز مرزی ۱، حداقل ۲ برابر عرض جز است.

مهار آرماتور جان دیوار محدوده خارج از المان مزدی ویژه (۱)

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

۴-۷-۱۳-۹ تکیه‌گاه جانبی آرماتورهای طولی

۱-۴-۷-۱۳-۹ در مواردی که به آرماتورهای طولی برای تامین مقاومت محوری فشاری نیاز است، و سطح مقطع کل آرماتور طولی $\gg A$ از یک درصد مساحت کل مقطع، $\gg 0.01A$ ، بیشتر است، باید از تنگ‌های عرضی برای مهار آرماتورهای طولی استفاده شود.

۲-۶-۲۱-۹ تنگها

۱-۲-۶-۲۱-۹ تنگها باید از حلقه‌های بسته میلگردی‌های آجدار تشکیل شده و فواصل آنها از یکدیگر شرایط زیر را تامین کنند
ب- فاصله مرکز به مرکز تنگها نباید از هیچیک از مقادیر زیر بیشتر باشد

- ۱۶ برابر قطر میلگرد طولی

- ۴۸ برابر قطر میلگرد عرضی

- کوچکترین بعد عضو

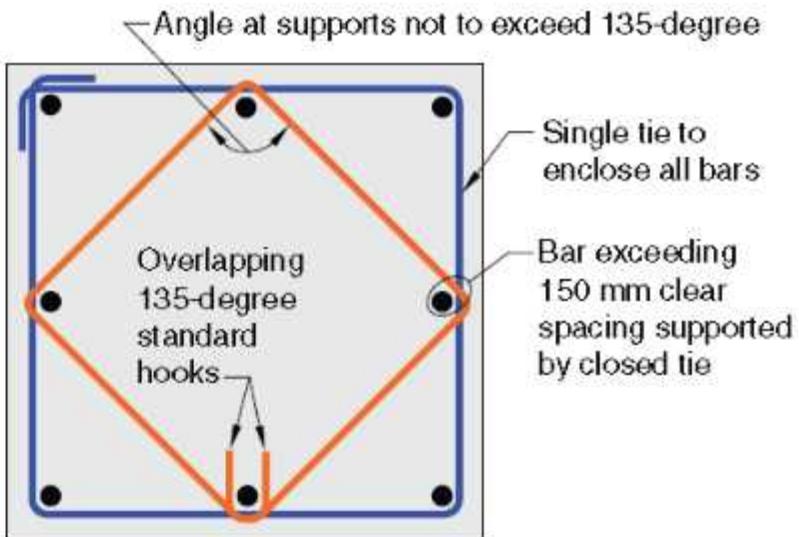
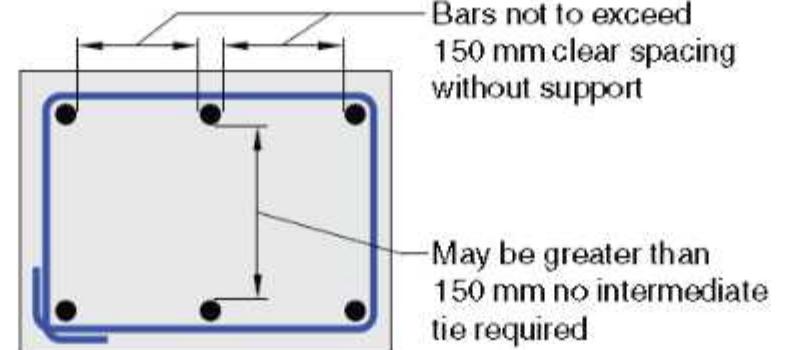
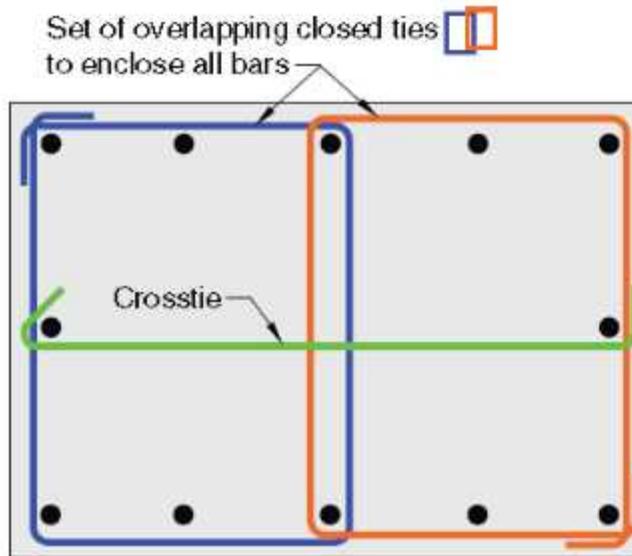
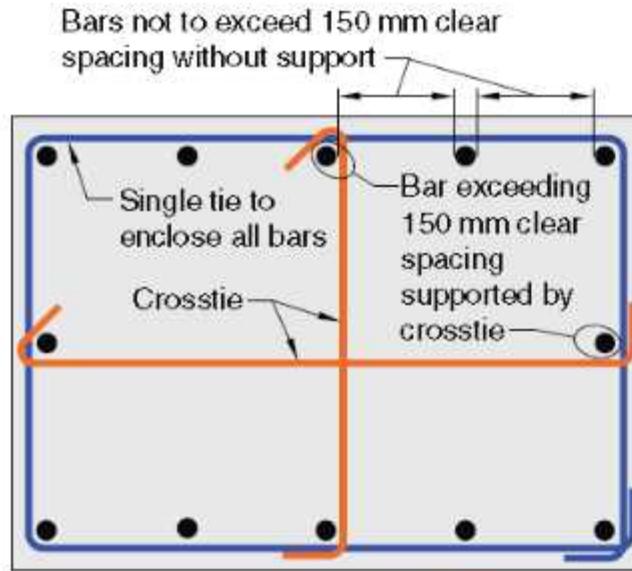
۲-۶-۲۱-۹ قطر تنگها باید حداقل برابر مقادیر زیر باشد:

الف- قطر ۱۰ میلیمتر برای میلگرد طولی تا قطر ۳۲ میلیمتر.

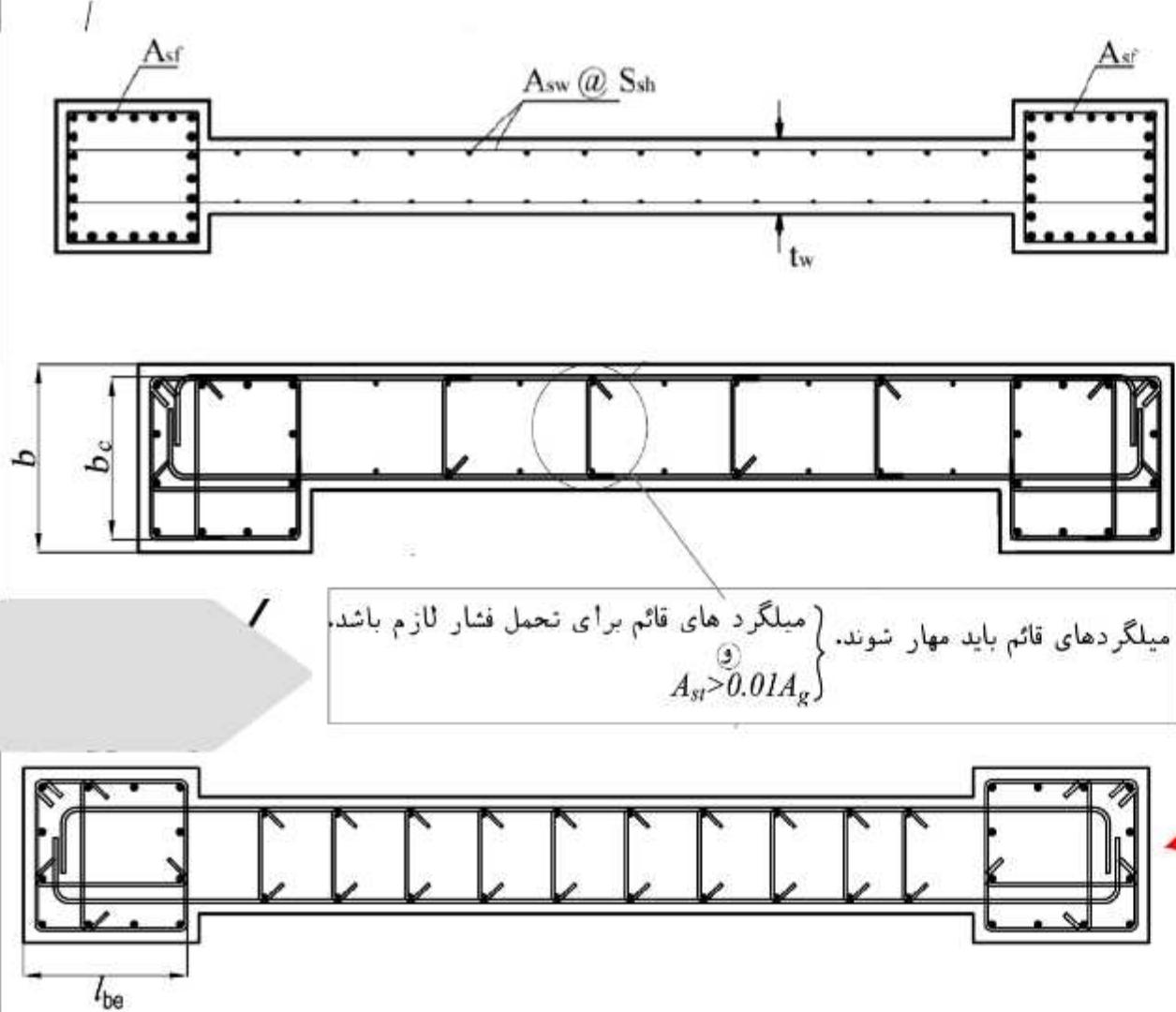
اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

۴-۲-۶-۲۱-۹ تنگه‌های مستطیلی باید شرایط زیر را ارضا کنند

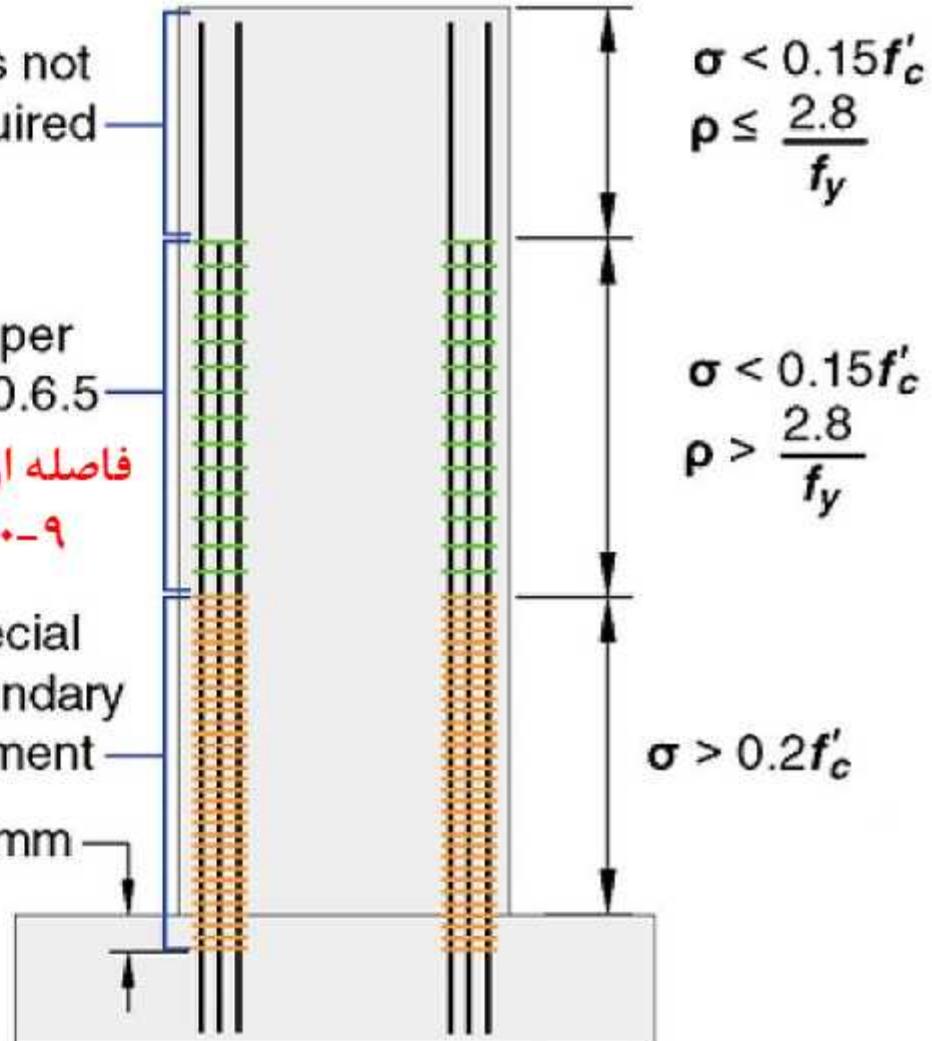
- الف - هر میلگرد طولی واقع در گوشه مقطع و سایر میلگردهای طولی بصورت یک در میان باید توسط خم با زاویه کمتر یا مساوی 135° درجه مهار شود.
- ب - میلگرد طولی بدون مهار جانبی نباید فاصله آزاد بیش از 150 میلیمتر از میلگرد طولی مهار شده داشته باشد.



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویره)



Ties not required

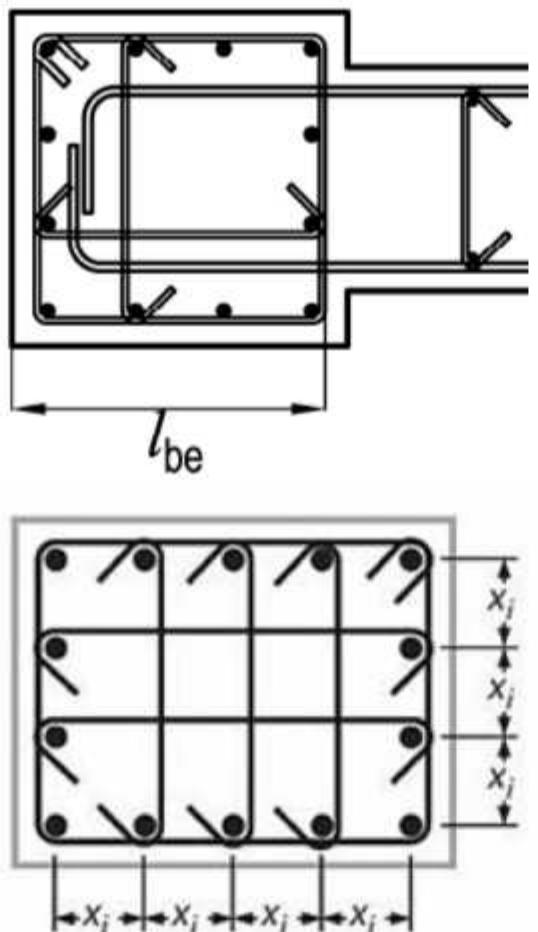
Ties per
18.10.6.5
فاصله از جدول
۳-۲۰-۹Special
boundary
element
 $\geq 300 \text{ mm}$ 

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

تفاوت آرماتور عرضی در المان مرزی ویژه (ناحیه ۱) و ستون در قاب خمی ویژه ($P > 0.3Ag.Fc$):

۱- در المان مرزی ویژه در نیاز به مهار **تمام** آرماتورهای طولی **نیست** مگر فاصله آرماتورهای طولی مهار شده از 350mm یا $\frac{2}{3}$ عرض جز مرزی بیشتر شود ولی در ستون قاب ویژه در صورت ارضای شرط بالا **تمام** آرماتورهای طولی **باید** با قالب لرزه‌ای مهار شوند.

۲- سطح مقطع آرماتور عرضی ویژه در المان مرزی ویژه دیوار مشابه سطح مقطع آرماتور عرضی در ستون ویژه با شرایط $P < 0.3Ag.Fc$ است.



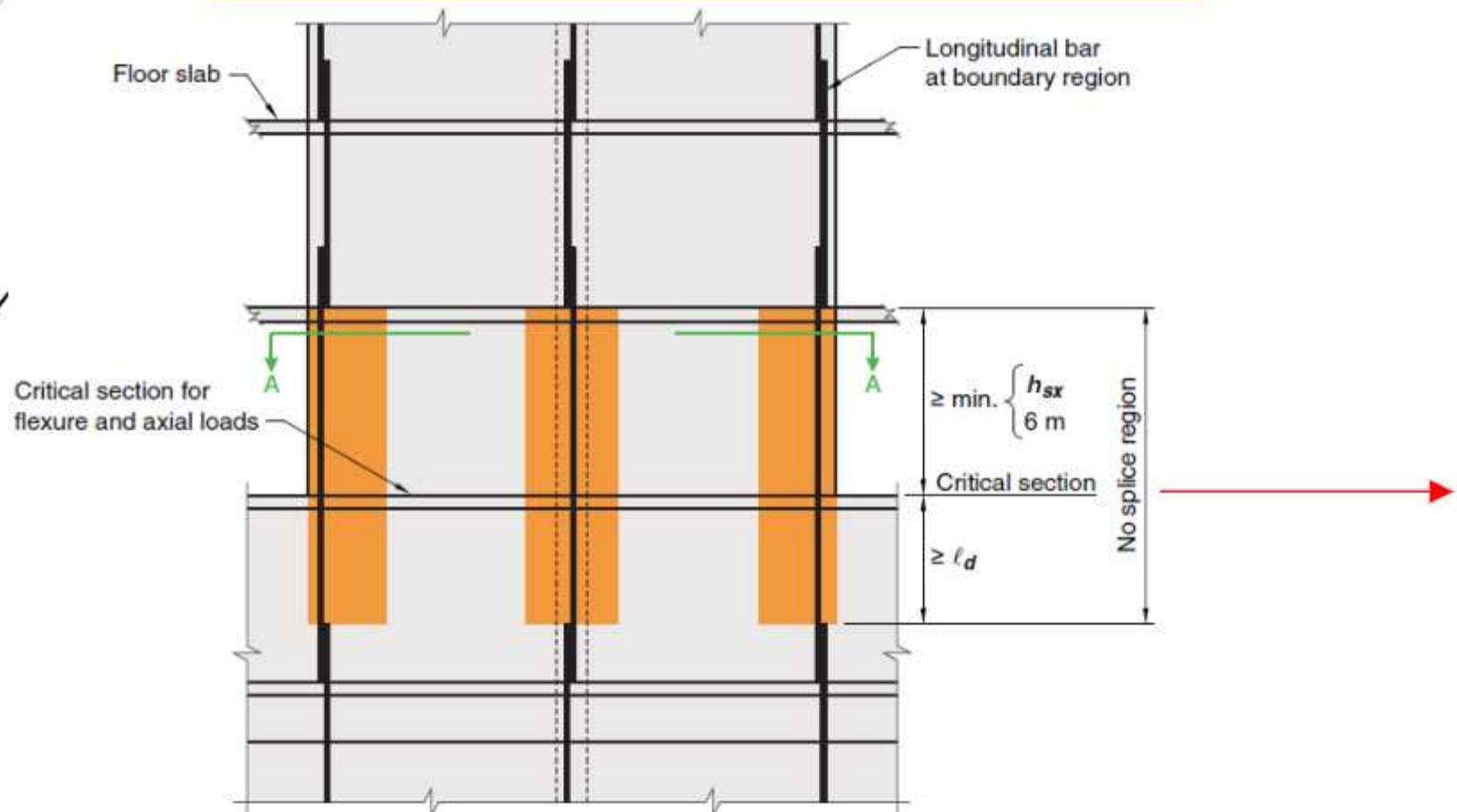
اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

پ - در نواحی مرزی در مقاطع بحرانی دیوار که در آنها در اثر تغییر مکان های جانبی احتمال جاری شدن آرماتورهای طولی وجود دارد استفاده از وصله های پوششی برای آرماتورهای طولی در طولی برابر با کمترین دو مقدار ۶۱۰۰ میلیمتر و ارتفاع طبقه h_{sx} در بالای مقطع و l_d از نزدیک ترین انتهای وصله در زیر مقطع مجاز نمی باشد.

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه)

۵- طراحی اعضای مرزی (وصله)

۴-۳-۷-۲۰-۹



مقطع بحرانی - محل
تشکیل مفصل پلاستیک

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۹-۲۰-۷-۳-۵ دیوارها یا دیوار پایه‌هایی که در آن‌ها نسبت $\frac{h_w}{l_w} \geq 2.0$ بوده و از پایین سازه تا بالای دیوار به طور موثر ادامه دارند، و به گونه‌ای طراحی شده‌اند که در آن‌ها یک مقطع بحرانی برای خمش و بارهای محوری موجود باشد، باید دارای آرماتورهای طولی در دو انتهای قطعه‌ی قائم دیوار بوده و شرایط (الف) تا (ت) در آن‌ها رعایت شوند:

الف - در صد حداقل آرماتورهای طولی در ناحیه‌ای در هر انتهای دیوار به طول $0.15l_w$ و عرضی

$$(f'c=25, f_y=400, \Rightarrow 0.0064) \quad \text{میلی پیشنهاد می کند 1 درصد}$$

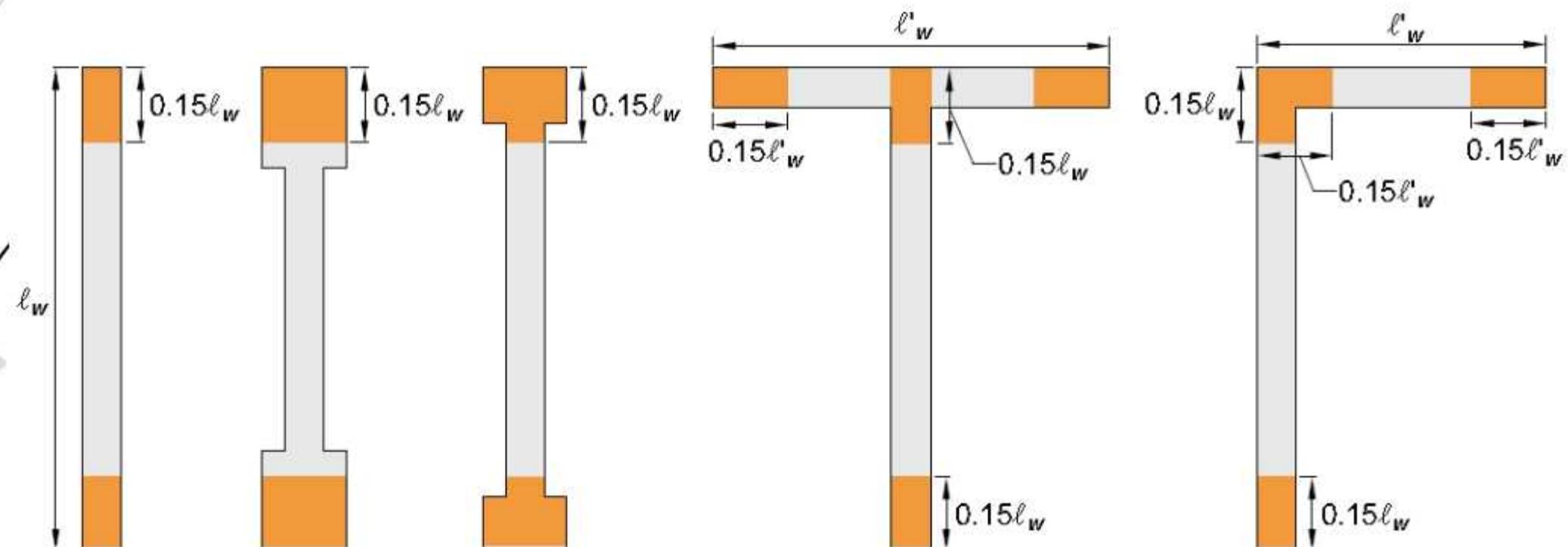
برابر با ضخامت دیوار، برابر $\frac{0.50\sqrt{f'_c}}{f_y}$ باشد.

ب - آرماتورهای طولی مورد نیاز بر اساس بند (الف) باید به اندازه‌ی حداقل l_w و یا $\frac{M_u}{3V_u}$ در بالا و پایین مقطع بحرانی دیوار ادامه داشته باشند.

پ - نباید بیشتر از ۰.۵٪ آرماتورهای مورد نیاز در بند (الف) در یک مقطع قطع شوند.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

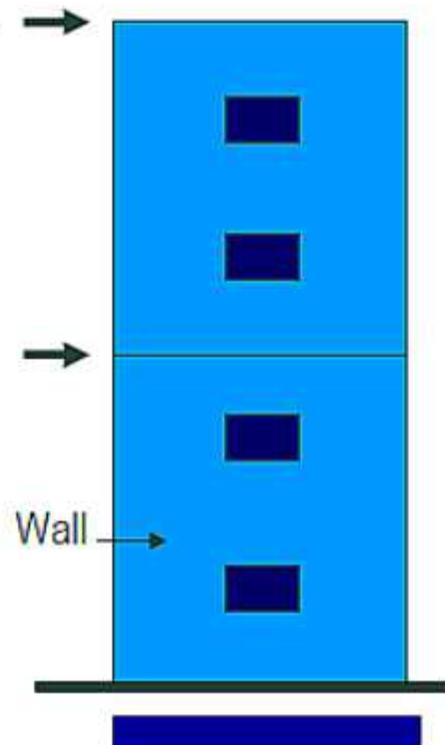
دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۶- دیوارهای بازشو دار (کوپله)

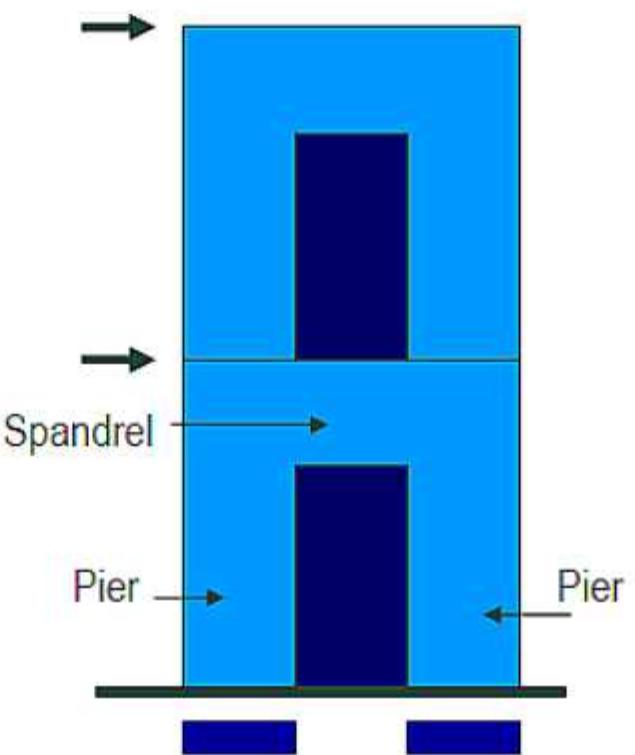
برخی تحقیقات مانند پژوهش منتشر شده آقایان خالد اصلانی و امید کهنه پوشی از دانشگاه آزاد سمنان نشان می‌دهد که چنانچه ابعاد این بازشو کمتر از ۲۵ درصد ابعاد دیوار و در میانه سطح آن باشد، می‌توان از اثرات آن صرف نظر کرد. (شکل سمت چپ)



Very Small Openings
may not alter wall
behavior



Medium Openings
may convert shear
wall to Pier and
Spandrel System



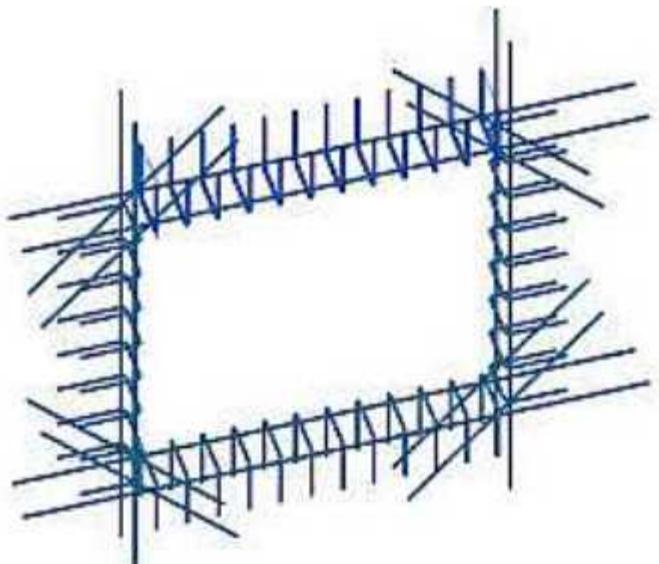
اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۶- دیوارهای بازشو دار (بازشو های کوچک)

۵-۷-۱۳-۹ آرماتور گذاری اطراف بازشو

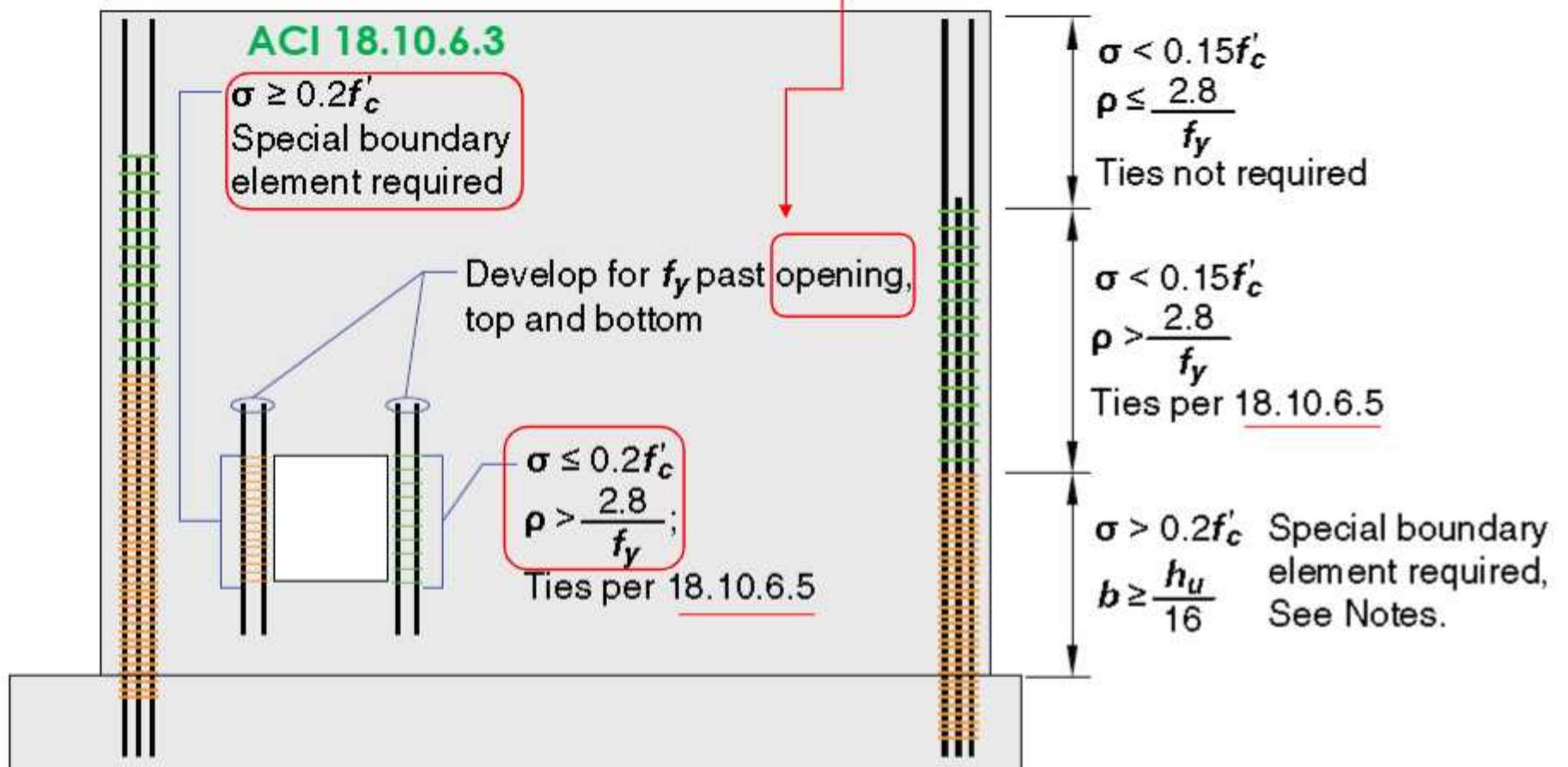
۱۳-۹-۵-۷-۱۳-۹ علاوه بر حداقل آرماتورهای مورد نیاز بند ۱۳-۹، حداقل دو آرماتور با قطر ۱۶ میلی متر یا معادل آن در دیوارهای با دو سفره آرماتور در دو جهت، و یک آرماتور با قطر ۱۶ میلی متر در دیوارهای با یک سفره آرماتور در دو جهت، باید در اطراف بازشوهای درها، پنجره‌ها و یا بازشوهای با اندازه‌ی مشابه تعبیه شوند. این آرماتورها باید برای توسعه‌ی تنفس تسليم میلگرد در گوشه‌های بازشو مهار شوند.



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

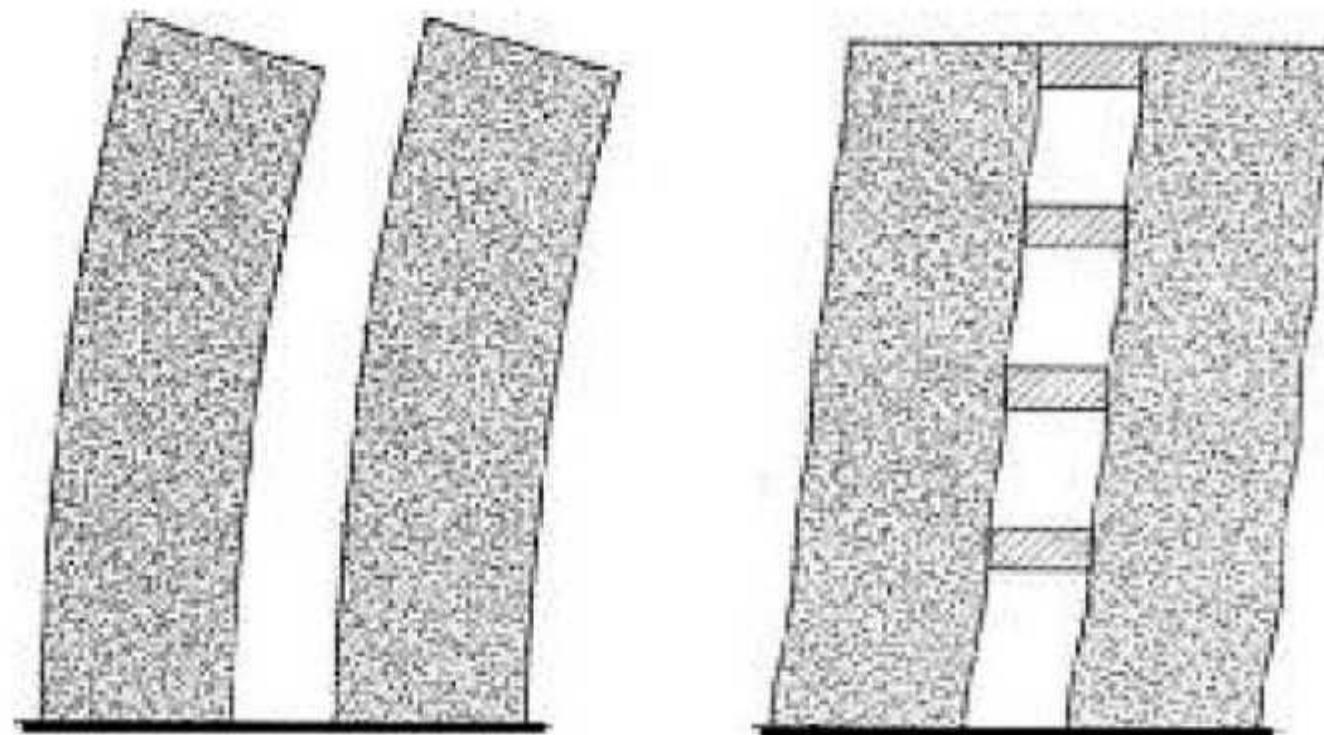
۶- دیوارهای بازشو دار (بازشو های کوچک)



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۶- دیوارهای بازشو دار (کوپله)

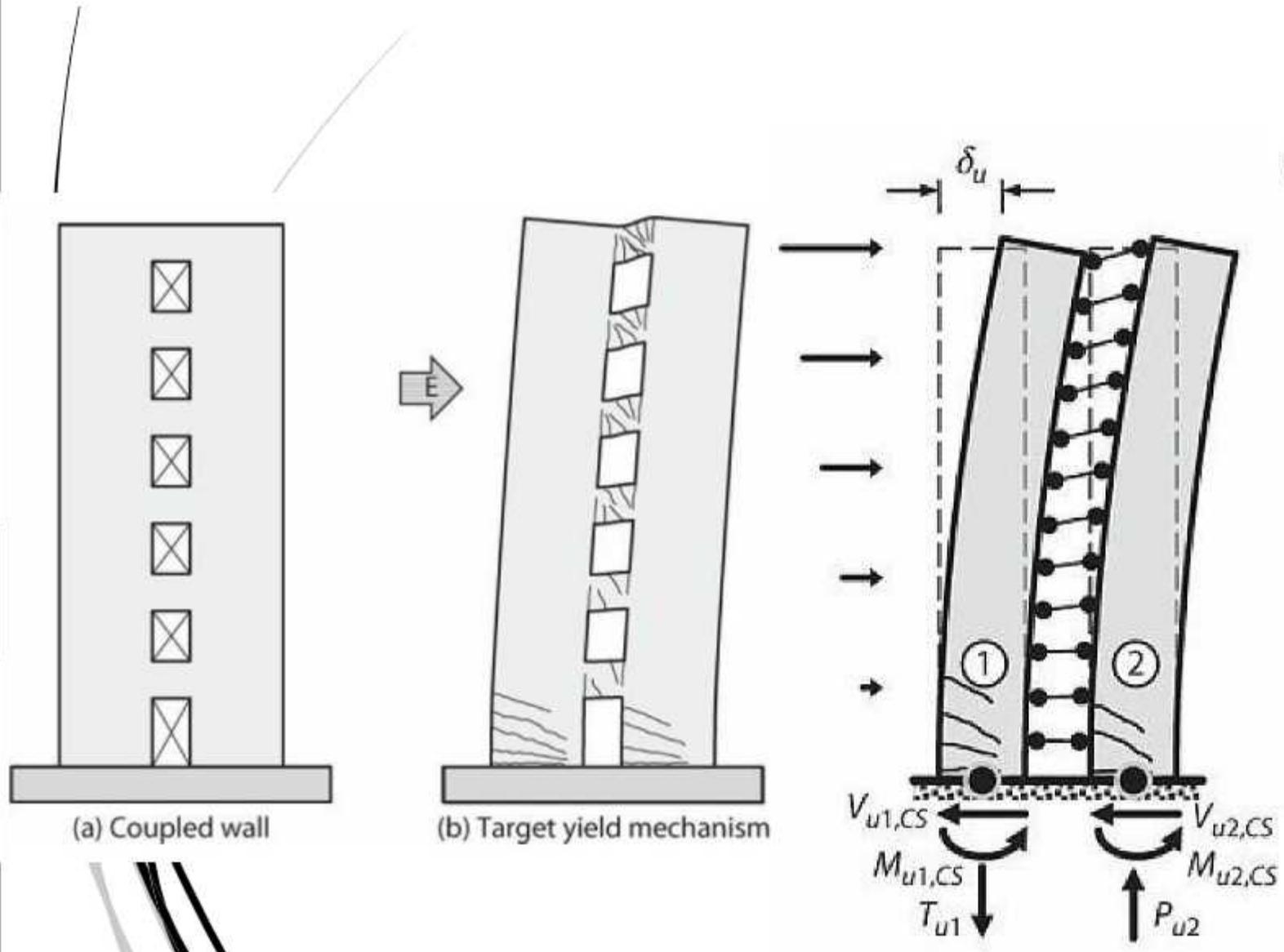
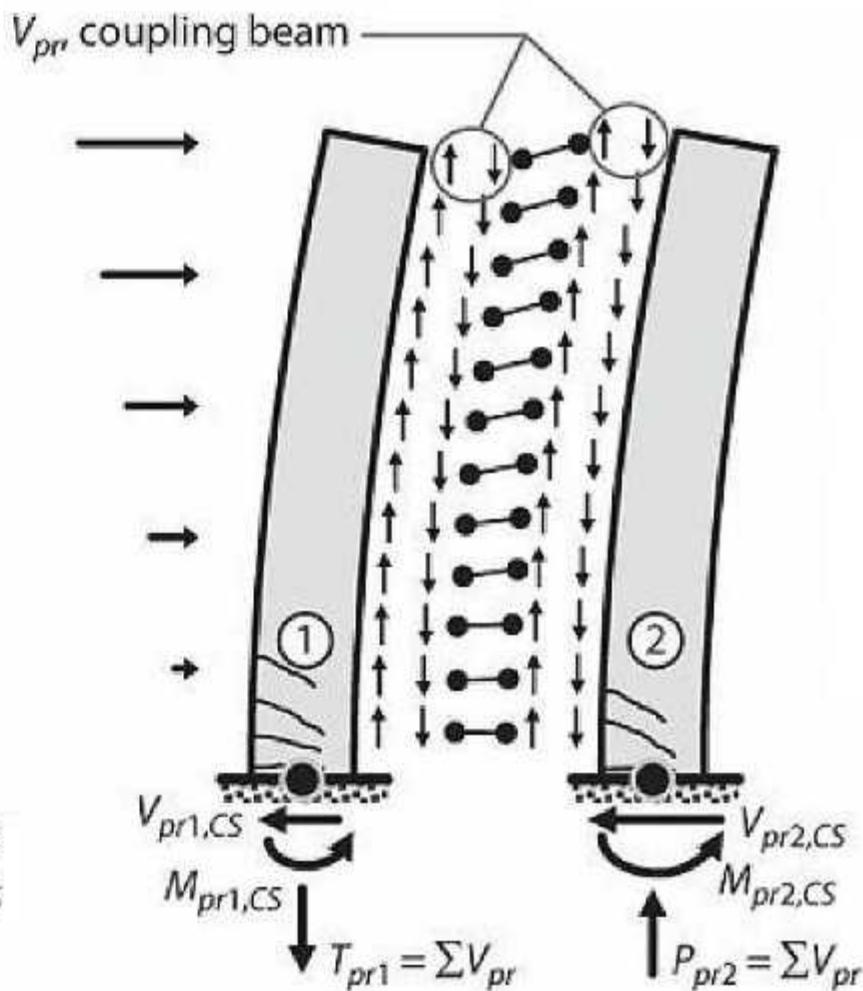


عملکرد دو دیوار برشی مجزا و کوپله

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه)

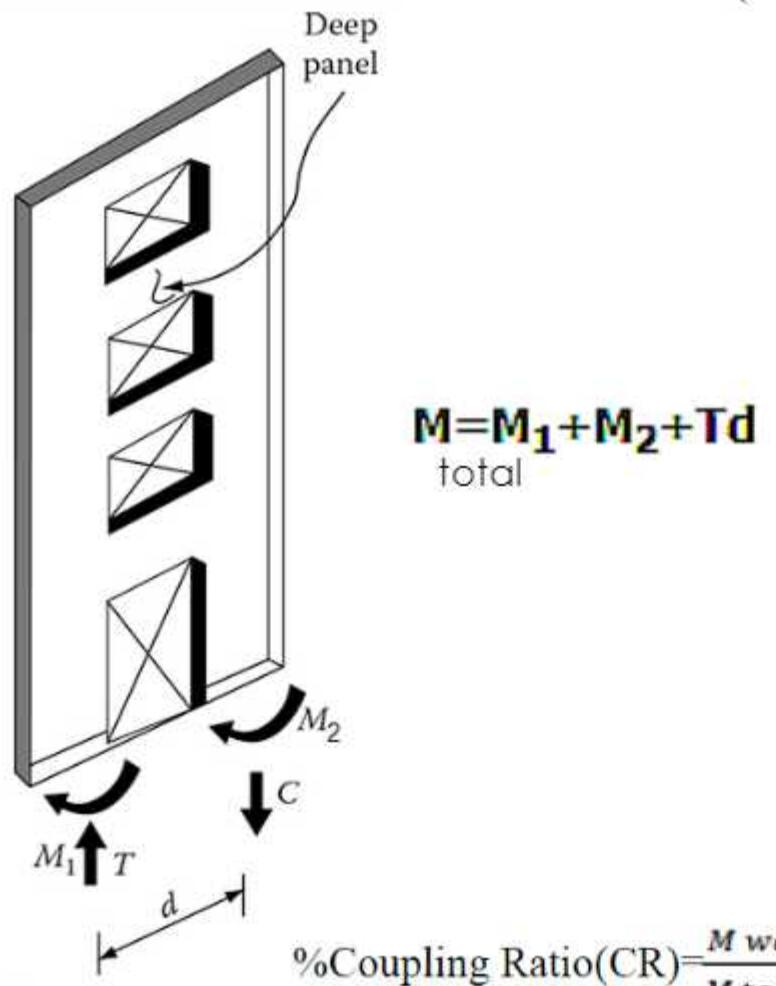
۶- دیوارهای بازشو دار (کوپله)



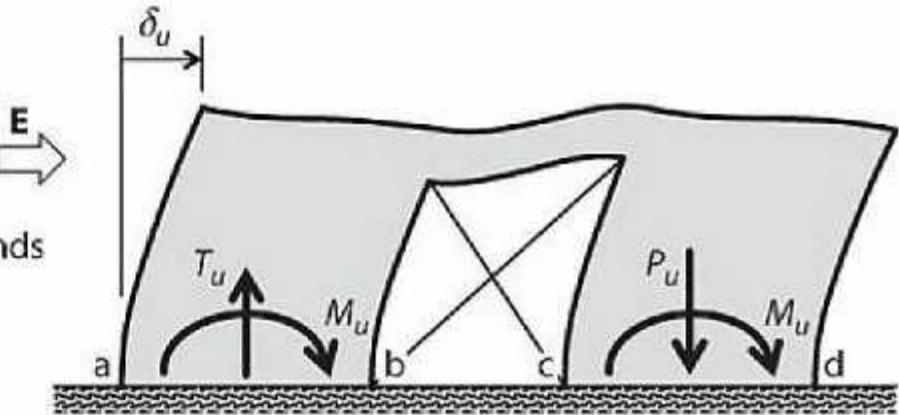
اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه)

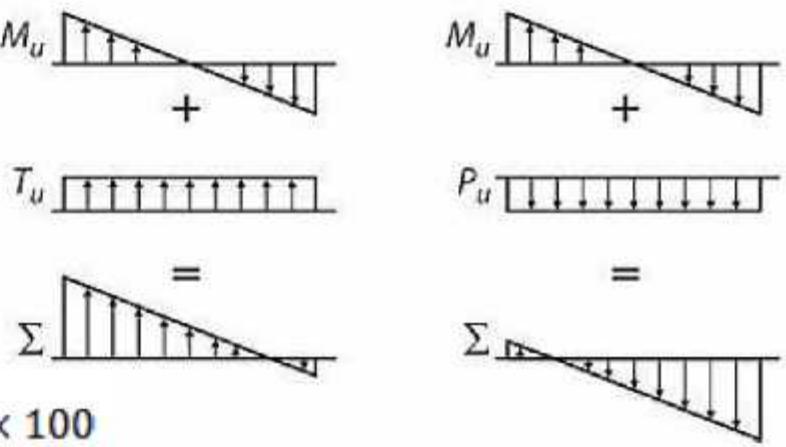
۶- دیوارهای بازشو دار (کوپله) (Degree of coupling (DOC))



(a) Wall demands



(b) Kinematically correct combinations



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۶- دیوارهای بازشو دار (کوپله)

BS EN 1998-1:2004

EN 1998-1:2004 (E)

coupled wall

structural element composed of two or more single walls, connected in a regular pattern by adequately ductile beams ("coupling beams"), able to reduce by at least 25% the sum of the base bending moments of the individual walls if working separately

A23.3-14

Design of concrete structures

دیوارهای برشی همبند کامل

Ductile coupled shear wall — a shear wall system that complies with Clauses 21.2 and 21.5 and has ductile shear walls connected by ductile coupling beams where at least 66% of the base overturning moment resisted by the wall system is carried by axial tension and compression forces resulting from shear in the coupling beam(s). This seismic-force-resisting system qualifies for a force modification factor, R_d , of 4.0 in accordance with the *National Building Code of Canada*.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه)

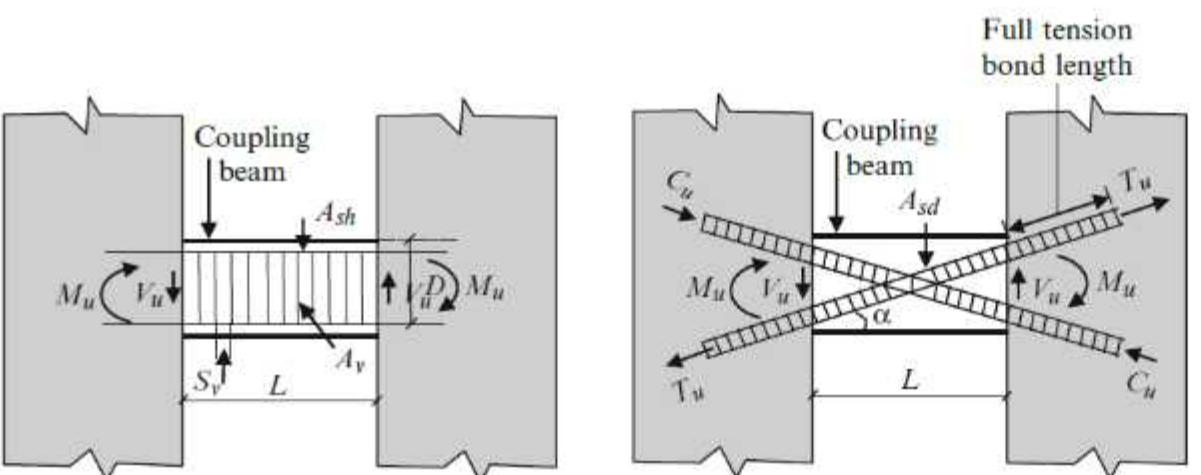
۶- دیوارهای بازشو دار (کوپله)

همانطور که دیده شد، در آیین نامه بتن کانادا (در دیوارهای همبند کامل) این ضریب ۶۶ درصد است. ضریب شکلپذیری R_d در این سیستم ۴ (۲.۵) و برای درجه کوپلینگ کمتر (دیوار همبند نسبی) این ضریب ۳.۵ (۲) خواهد بود.

نکته: هرچه این درصد بیشتر شود طراحی تیر همبند سخت‌تر می‌شود.
حداکثر ۷۰٪ قابل طراحی است)

در تحقیقات Harries, K. A. (2001) نیز **حداکثر** درجه کوپلینگ برای میلگرد گذاری متعارف تیر همبند ۰.۵ و برای میلگرد گذاری قطری تیر همبند ۰.۵۵ توصیه شده است:

Systems	R_d	R_o	R
Ductile coupled walls	4	1.7	6.8
Ductile partially coupled walls	3.5	1.7	5.95
Ductile shear walls	3.5	1.6	5.6
Moderately ductile-fully coupled shear walls	2.5	1.4	3.5
Moderately ductile-partially coupled shear walls	2	1.4	2.8
Moderately ductile shear walls	2	1.4	2.8



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۶- دیوارهای بازشو دار (کوپله)

یکی دیگر از آیین نامه های بزره ای جدید و مشابه کشور، آیین نامه لرزهای ترکیه TBDY-2018 است. در این آیین نامه نیز درجه کوپلینگ حداقل ۰.۳۳ و حداقل آن ۰.۶۷ معرفی شده است:

4.5.4.4 – Bağ kırıslı (boşluklu) perdelerin tanımlanmasında esas alınan *bağ derecesi katsayısı* Ω , Denk.(4.14)'te verilmiştir.

$$\Omega = \frac{c N_V}{M_{DEV}} = \frac{c N_V}{M_1 + M_2 + c N_V} \quad (4.14)$$

4.5.4.5 – Bağ kırıslı (boşluklu) perde, Denk.(4.14)'te verilen *bağ derecesi katsayısı*'nın Denk.(4.15)'te tanımlanan koşulu sağladığı taşıyıcı sistem elemanı olarak tanımlanır:

$$\Omega \geq \frac{1}{3} \quad (4.15)$$

Denk.(4.15)'te tanımlanan koşulun sağlanamaması durumunda perde parçalarının her biri boşluksuz perde sayılır. Bu koşula ek olarak, perde parçalarında aşırı eksenel kuvvetlerin oluşmasını önlemek bakımından $\Omega \leq 2 / 3$ koşulunun da sağlanmasına çalışılmalıdır.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۶- دیوارهای بازشو دار (کوپله)

Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19)

18.10.9 Ductile coupled walls

۱۱-۷-۲۰-۹ دیوارهای برشی همبند شکل پذیر

۱-۱۱-۷-۲۰-۹ در دیوارهای برشی همبند شکل پذیر ضوابط این قسمت باید رعایت شوند.

۲-۱۱-۷-۲۰-۹ در هریک از دیوارها نسبت $\frac{h_{WCS}}{l_w} \geq 2$ بوده و ضوابط بند ۹-۷-۲۰-۹ باید رعایت شوند.

۳-۱۱-۷-۲۰-۹ در تیرهای همبند باید ضوابط بند ۹-۷-۲۰-۵ (ضوابط تیرهای همبند) و موارد (الف) تا (پ) رعایت شوند:

الف - در تیرهای همبند در تمام طبقات ساختمان باید نسبت $\frac{l_n}{h} \geq 2$ رعایت شود.

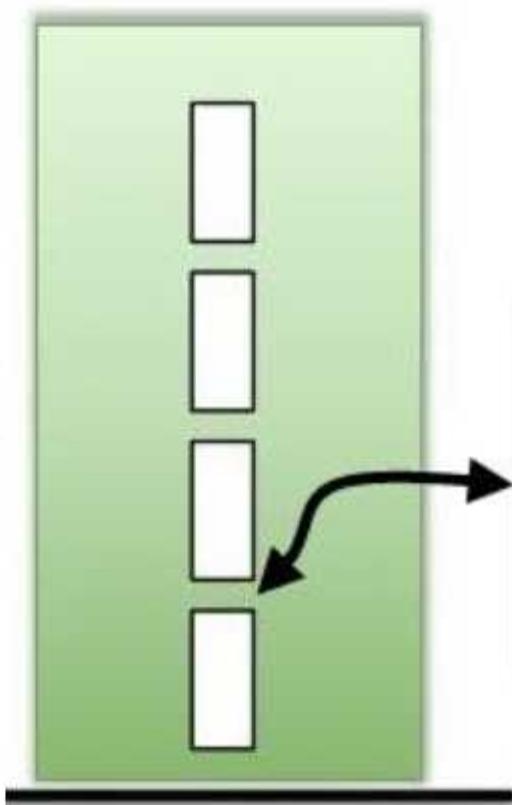
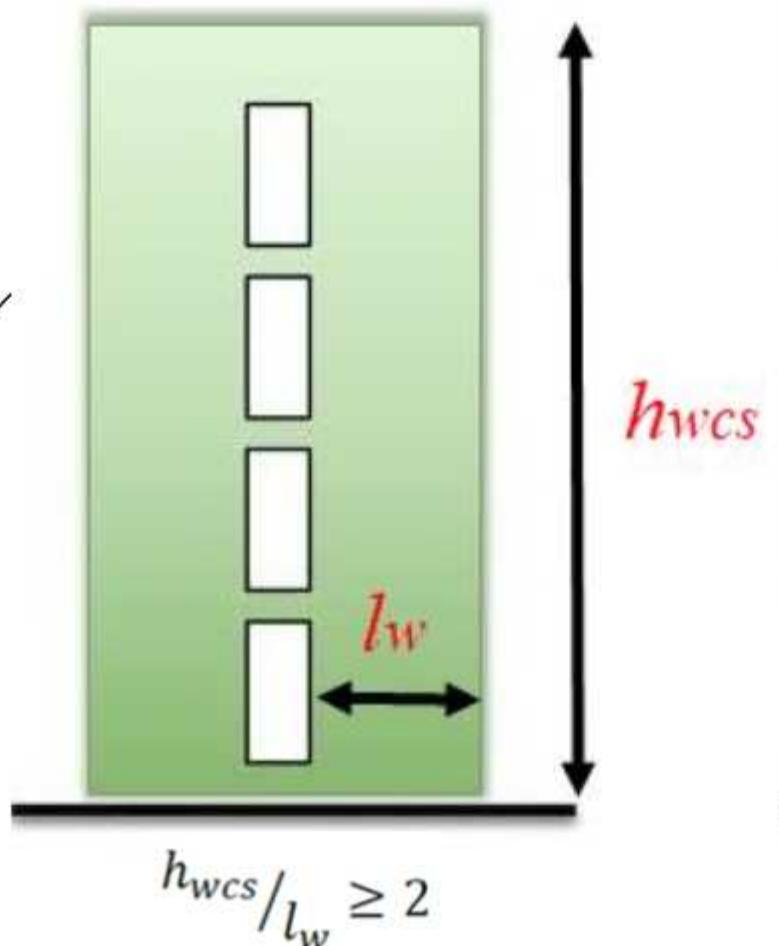
ب - در تمام تیرهای همبند در یک طبقه باید نسبت $5 \leq \frac{l_n}{h} \leq .90$ برای حداقل ۹۰٪ طبقات ساختمان رعایت شود.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

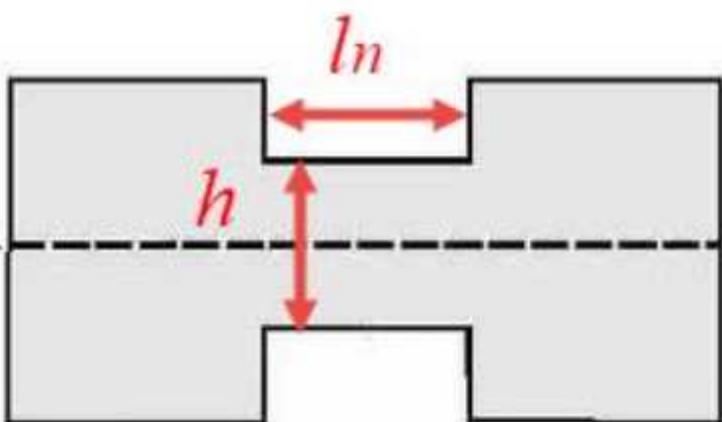
دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه)

۶- دیوارهای بازشو دار (کوپله)

18.10.9 Ductile coupled walls



$$l_n/h \leq 5 \quad \text{and} \quad l_n/h \geq 2$$

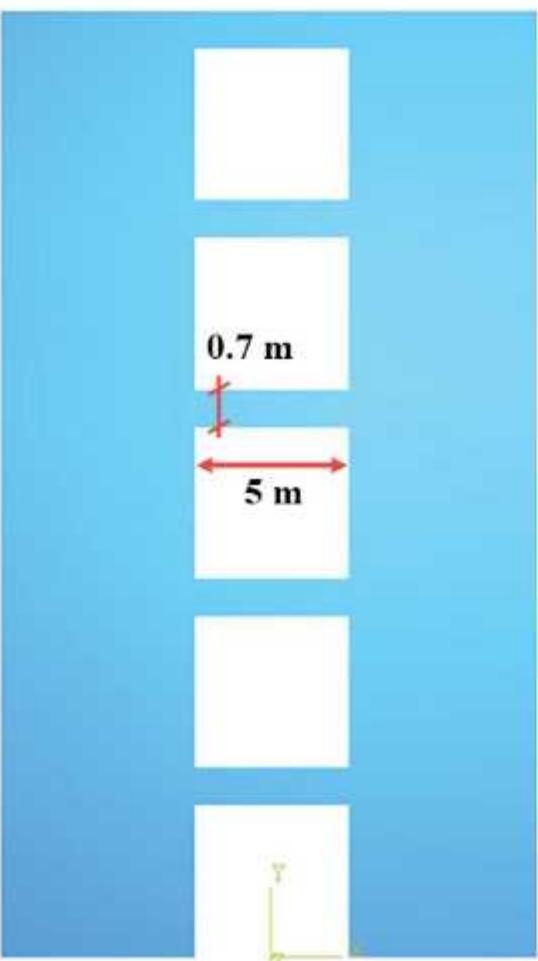


18.10.9 Ductile coupled walls

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه)

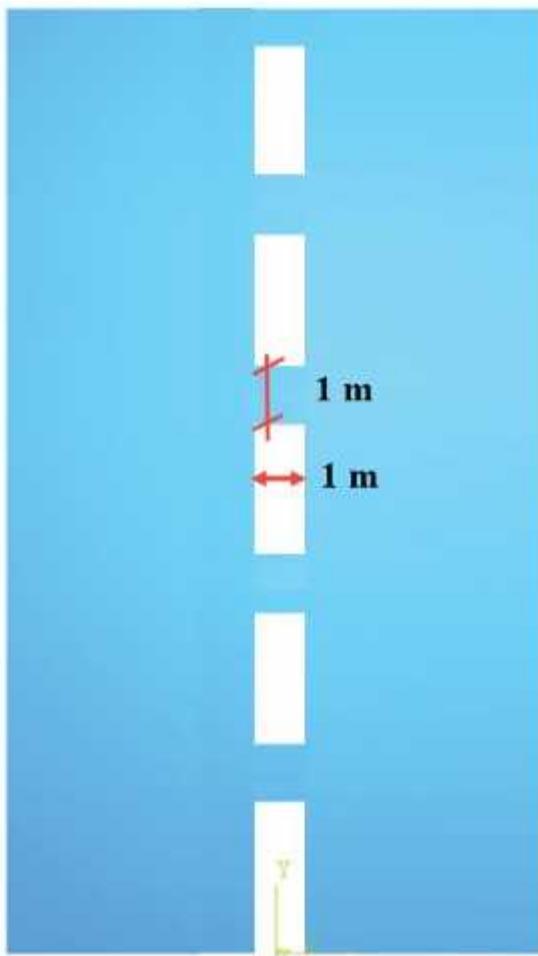
۶- دیوارهای بازشو دار (کوپله)



$$l_n/h \leq 5$$

$$5 / 0.7 = 7.15$$

not ok !



$$l_n/h \geq 2$$

$$1 / 1 = 1$$

not ok!

18.10.9 Ductile coupled walls

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای پرشی (ویژه)

دیوارهای پتنی ویژه: (نکات ویژه)

۶- دیوارهای بازشو دار (کوپله)

Seismic Force-Resisting System	ASCE 7 Section Where Detailing Requirements Are Specified	R	Ω_0	Ca	Structural System Limitations Including Structural Height, h_n (ft) Limits ^d						
					Seismic Design Category						
					B	C	D	E	F		
A. BEARING WALL SYSTEMS		ASCE7-16									
Reinforced concrete ductile coupled walls	14.2	5	8	2½	8	NL	NL	160	160	100	
Cross laminated timber shear walls	14.5		3	3	3	65	65	65	65	65	
Cross laminated timber shear walls with shear resistance provided by high aspect ratio panels only	14.5		4	3	4	65	65	65	65	65	
B. BUILDING FRAME SYSTEMS											
Reinforced concrete ductile coupled walls	14.2	6	8	2½	8	NL	NL	160	160	100	
Steel and concrete coupled composite plate shear walls	14.3		8	2½	5½	NL	NL	160	160	100	
D. DUAL SYSTEMS WITH SPECIAL MOMENT FRAMES...											
Reinforced concrete ductile coupled walls	14.2	7	8	2½	8	NL	NL	NL	NL	NL	
Steel and concrete coupled composite plate shear walls	14.3		8	2½	5½	NL	NL	NL	NL	NL	

REINFORCED CONCRETE DUCTILE COUPLED WALL: A seismic force-resisting system with a minimum height of 60 feet as defined in ACI 318-19 Section 2.3 and complying with ACI 318-19 Section 18.10.9. **(18 m)**

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۷- طراحی تیرهای همبند (در دیوارهای کوپله)

۱-۵-۷-۲۰ در تیرهای همبند که در آن‌ها نسبت طول دهانه

آزاد به ارتفاع تیر مساوی یا بزرگتر از ۴ می‌باشد، $(\frac{l_n}{h} \geq 4)$

باید الزامات بند ۲-۶-۲۰، با فرض آن که لبه‌های دیوارها به

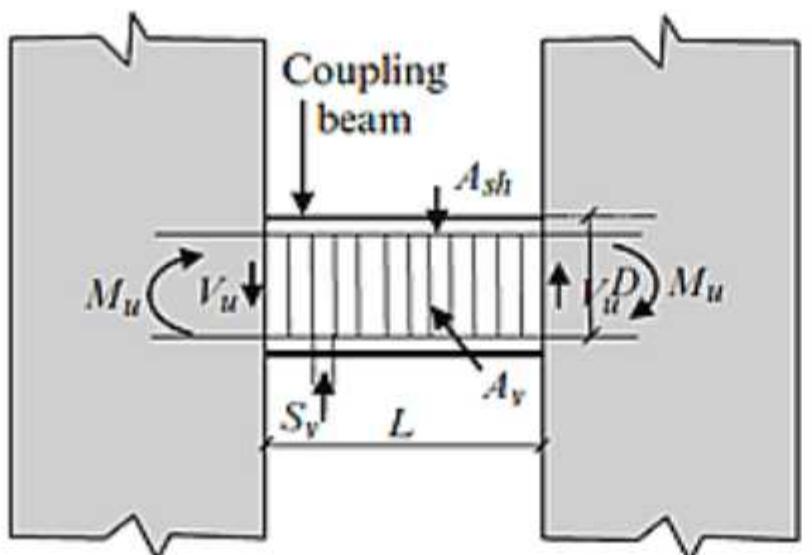
عنوان تکیه‌گاه‌های ستونی عمل می‌کنند، رعایت شوند. در

صورتی که بتوان نشان داد تیر دارای پایداری جانبی مناسب

است، لزومی به اعمال ضوابط بندهای ۱-۲-۶-۲۰ «ب» و «پ»

نمی‌باشد.

ضوابط تیرهای ویژه



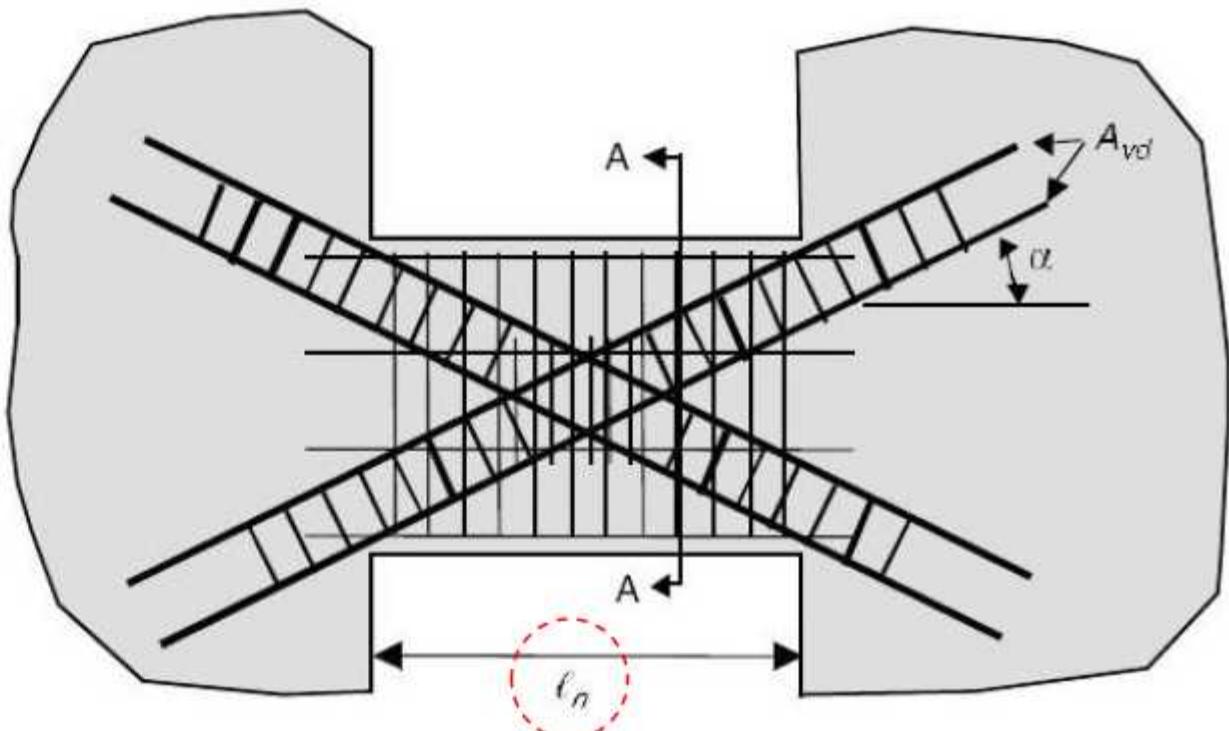
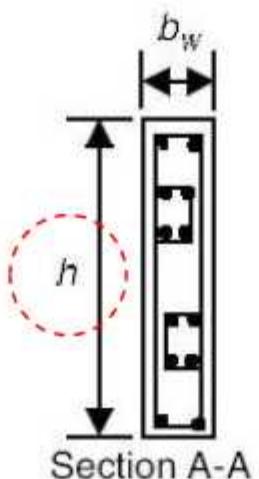
اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه)

۷- طراحی تیرهای همبند (در دیوارهای کوپله)

۲-۵-۷-۲۰-۹ در تیرهای همبند که در آنها نسبت طول دهانه آزاد به ارتفاع، کوچکتر از ۲ بوده ($\frac{l_n}{h} < 2$) ، و

می باشد، باید از دو گروه آرماتورهای قطری متقاطع که نسبت به مرکز تیر متقابن می باشند، استفاده گردد.



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۷- طراحی تیرهای همبند (در دیوارهای کوپله)

۲۰-۵-۷-۳ در تیرهای همبندی که هیچ کدام از شرایط

بندهای ۲۰-۵-۷-۲ یا ۲۰-۵-۷-۱ وجود ندارد، می‌توان از دو

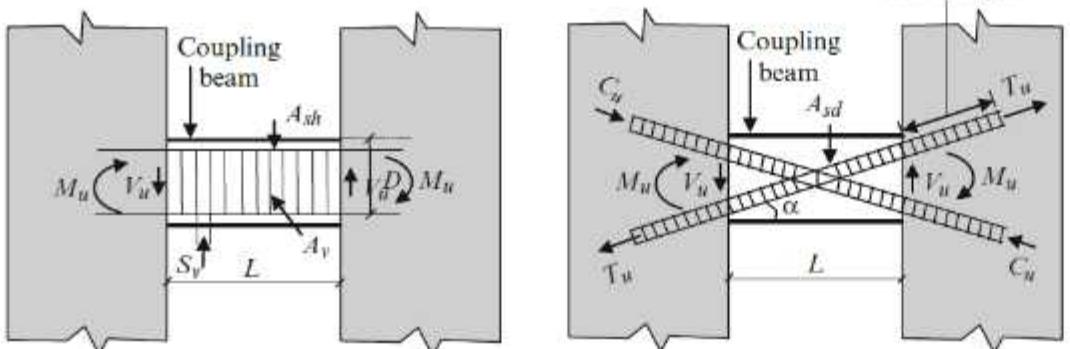
گروه میلگردی قطری متقطع که به صورت متقابن نسبت به

مرکز تیر قرار داده شده‌اند و یا از آرماتورهایی مطابق ضوابط

بندهای ۲۰-۶-۲ تا ۲۰-۶-۴ و با منظور نمودن اجزای

مرزی دیوارها به عنوان تکیه‌گاه‌های ستونی، استفاده نمود.

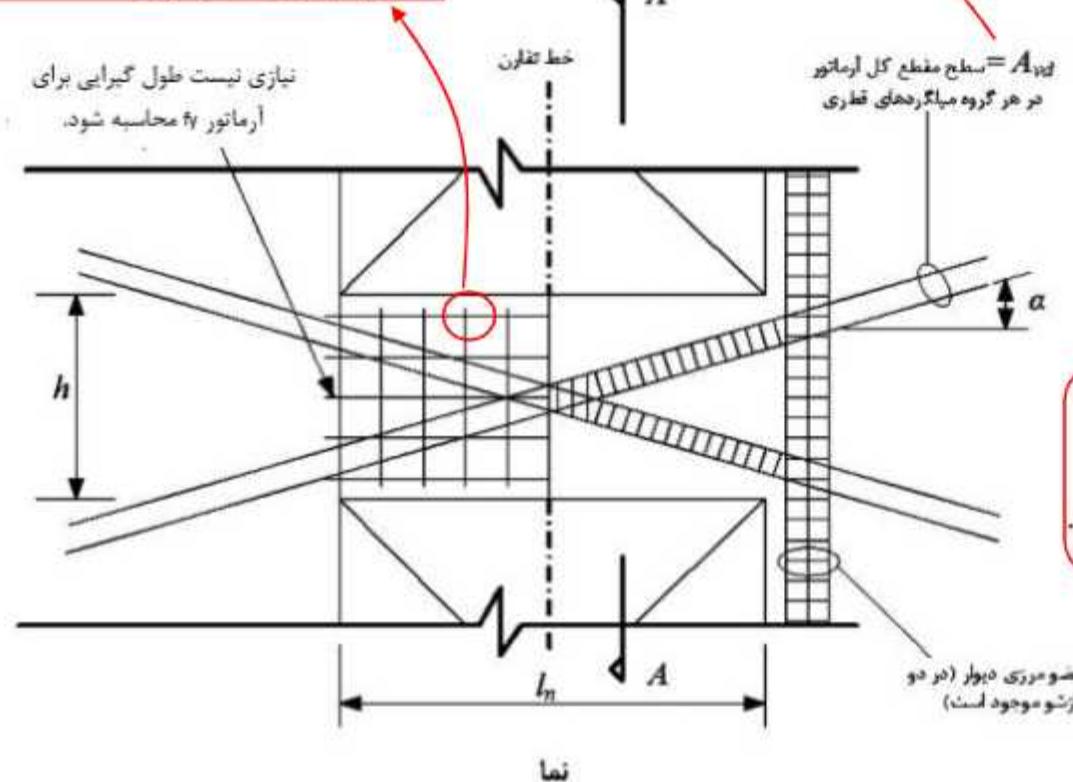
ضوابط آرماتورهای طولی و عرضی قب ویژه



در اطراف محیط مقطع تیر باید

مقداری آرماتور طولی و عرضی اضافی، با سطح مقطعی در هر ۳۰۰ امتداد برابر با حداقل $0.002b_w s$ و به فاصله حداقل ۳۰۰ میلی‌متر از یکدیگر قرارداد.

نیازی نیست طول گیرایی برای آرماتور عرضی محاسبه شود.



$$V_n = 2A_{vd}f_y \sin\alpha \leq 0.83\sqrt{f'_c}A_{cw}$$

$$s \leq \min \left\{ \frac{6d_b}{s_0} \right\}$$

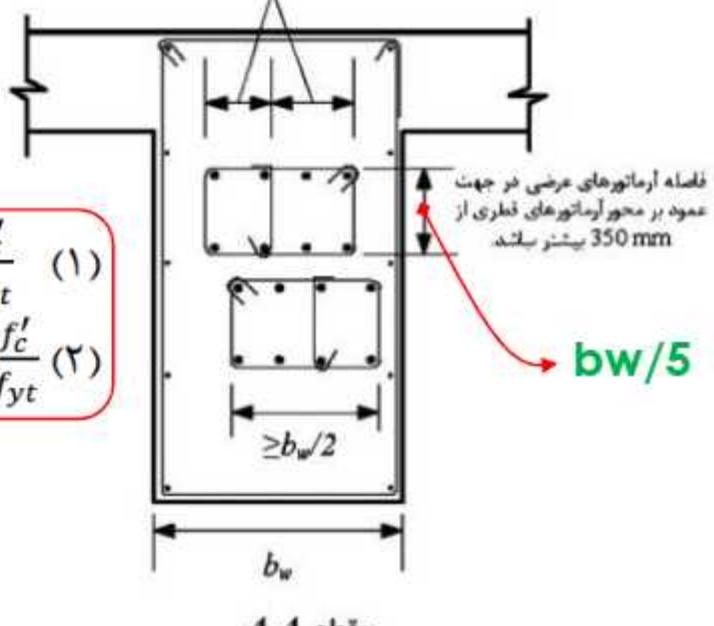
$$100 \leq s_0 = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \leq 150$$

فاصله آرماتورهای عرضی در جهت عمود بر محور آرماتورهای قطری از ۳۵۰ mm بیشتر نباشد.

سطح مقطع آرماتور عرضی آرماتورهای قطری A_{th}

$$= 0.09Sb_c \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad (1)$$

$$0.3Sb_c \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad (2)$$



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

محصور شدگی تیر همبند (روش سخت تر)

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

محصور شدگی تیر همبند (روش راحت تر)

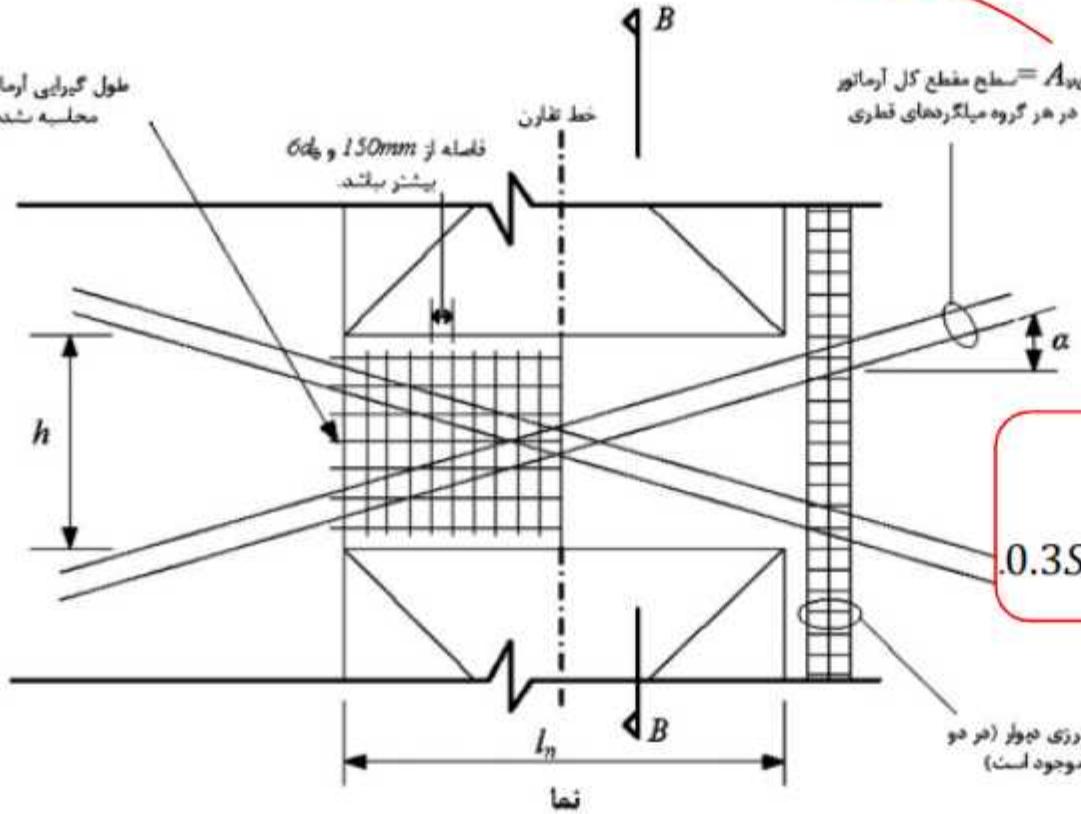
$$V_n = 2A_{vd}f_y \sin\alpha \leq 0.83\sqrt{f'_c} A_{cw}$$

مول گردابی آرماتور برای گزینه
محبیت شده است.

فاصله از
6d_g, 150mm
پیش بیند

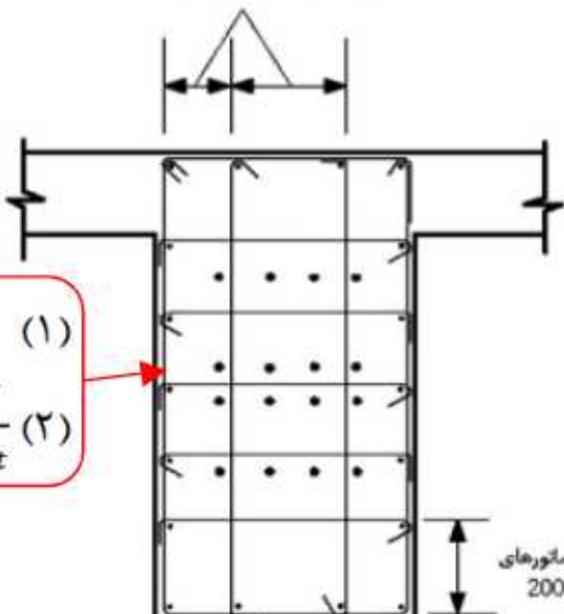
خط نظار

سطح مقطع کل آرماتور
در هر گروه میانگردی قدری



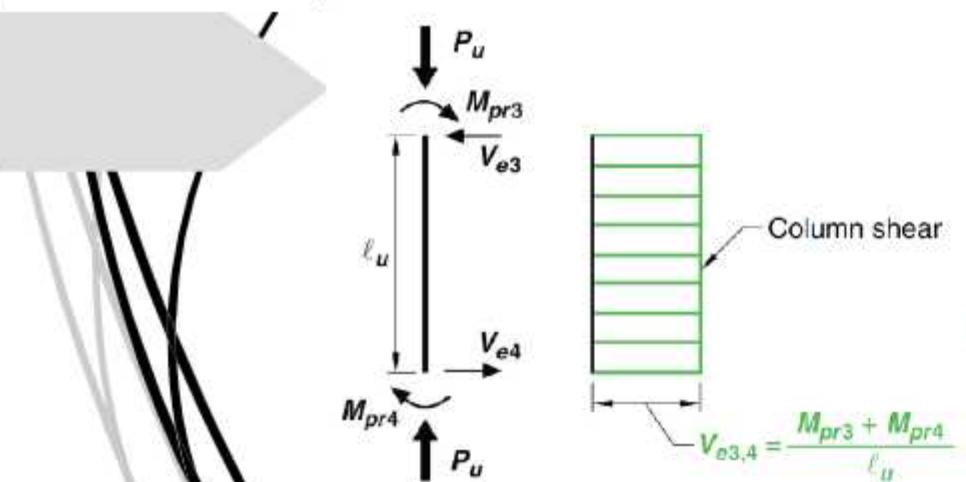
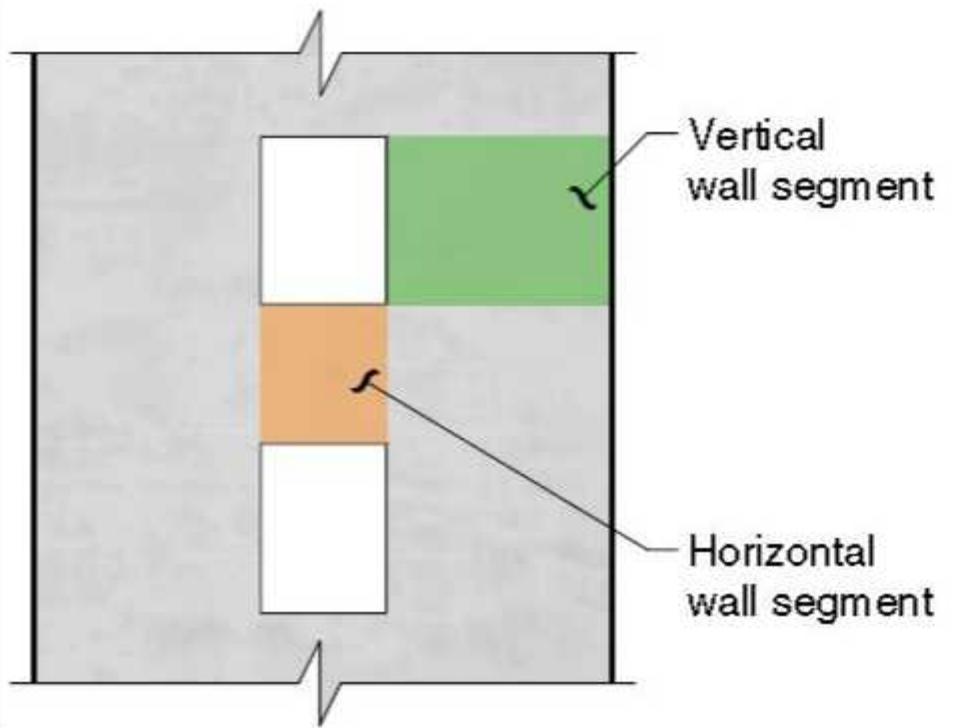
سطح مقطع آرماتور عرضی آرماتورهای قطری A_{th}

حداکثر فاصله آرماتورهای عرضی 200 mm



قطع

حداکثر فاصله آرماتورهای عرضی 200 mm



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه)

۸- دیوار پایه‌ها

الف- در مواردی که $h_w/l_w < 2$ و یا $6 > h_w/l_w > l_w/b_w$ (بلند، قطعه قائم دیوار (شکل ۱-۲۰-۹) باید مشابه دیوار سازه‌ای و با رعایت بندهای ۹-۷-۲۰-۹، ۴-۷-۲۰-۹ و ۹-۷-۲۰-۹ طراحی شود.

ب- در مواردی که $2 \leq h_w/l_w \leq 2.5$ و $l_w/b_w \leq 2.5$ (شکل ۱-۲۰-۹) باید مشابه ستون و با رعایت بندهای ۹-۶-۲۰-۹ و ۳-۳-۶-۲۰-۹ و ۹-۶-۲۰-۹ طراحی شود.

پ- در مواردی که $2.5 < l_w/b_w \leq 6$ و $h_w/l_w \geq 2$ باشد، قطعه قائم دیوار پایه دیوار پایه را میتوان به جای رعایت ضوابط قسمت (ب) این بند، با رعایت بند ۹-۷-۲۰-۹ (الف) الی ۹-۶-۷-۲۰-۹ (پ) طراحی نمود.

۹-۶-۷-۲۰-۹ دیوار پایه‌ها

الف- نیروی برشی طرح، V_n باید مطابق بند ۹-۴-۳-۶-۲۰-۹-۱ به نحوی که سطوح فوقانی و تحتانی ارتفاع آزاد دیوار پایه به عنوان بر اتصال منظور گردد محاسبه شود. در مواردی که، بر اساس ضوابط مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان، سیستم سازه‌ای مقاوم در برابر زلزله باید برای زلزله تشدید یافته طراحی شود، نیازی نیست این برش از Ω_0 برابر برش ضریب دار بددست آمده از تحلیل سازه برای اثرات زلزله بیشتر منظور شود.

اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه) دیوارهای بتنی ویژه: (نکات ویژه)

۸- دیوار پایه‌ها

۶-۷-۲۰-۹ دیوار پایه‌ها

پ- میلگردهای عرضی باید از نوع دورگیر باشند، به جز در مواردی که از آرماتورهای برشی افقی تک ساق و فقط یک سفره به موازات l_w استفاده شده باشد. این آرماتورهای تک ساق باید در دو انتهای به خم‌های 180° درجه ای آرماتورهای طولی انتهای دیوار پایه را در بر میگیرد. ختم شوند.

ت- فاصله قائم آرماتورهای عرضی از یکدیگر نباید از ۱۵۰ میلیمتر بیشتر باشد.

ث- آرماتورهای عرضی باید حد اقل تا ۳۰۰ میلیمتر فراتر از ارتفاع آزاد در بالا و پائین دیوار پایه ادامه یابند.

ج- پیش‌بینی اجزاء مرزی ویژه، در صورتیکه بر اساس بند ۶-۷-۲۰-۹-۴-۳ نیاز باشد، الزامی است.

۶-۷-۲۰-۹ مقاومت برشی اسمی دیوار، V_n ، نباید از مقدار رابطه‌ی (۱۸-۲۰-۹) بیش‌تر باشد

نظر گرفته شود:

$$\alpha_c = 0.25 \text{ for } h_w/l_w \leq 1.5 \\ \alpha_c = 0.17 \text{ for } h_w/l_w \geq 2.0 \quad (19-20-9)$$

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$$



اهم ضوابط لرزه‌ای دیوارهای برشی (ویژه)

دیوارهای بتونی ویژه: (نکات ویژه)

جمع بندی محلهای خرابی و آرماتورگذاری

