به نام خدا

جزئیات آرماتور بندی با توجه به سطح شکل پذیری

سازه های بتنی- دال و دیافراگم

زمستان ۱۴۰۳

علیرضا فاروقی

دکترای تخصصی مهندسی سازه

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 افزار های مهندسی و کارگروه بتن

عضو کمیته فنی استاندارد ملی بارهای طراحی سازه های غیرساختمانی

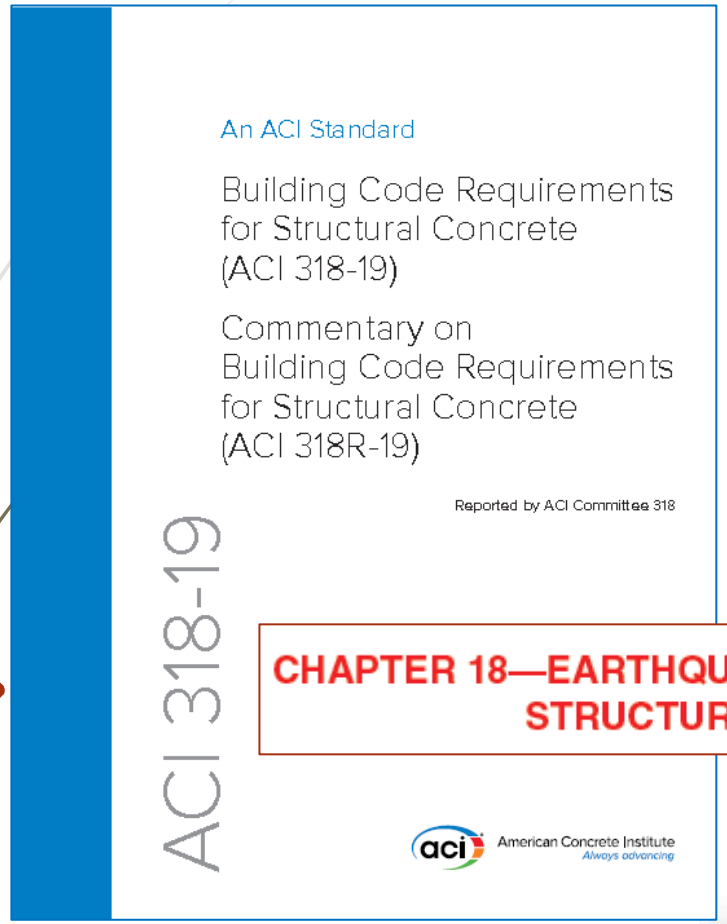
ISTAINS

Faroughi.alireza

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

آی‌ی‌ن نامه های مورد استفاده:



ACI 318 –19

مبحث نهم -۹۹

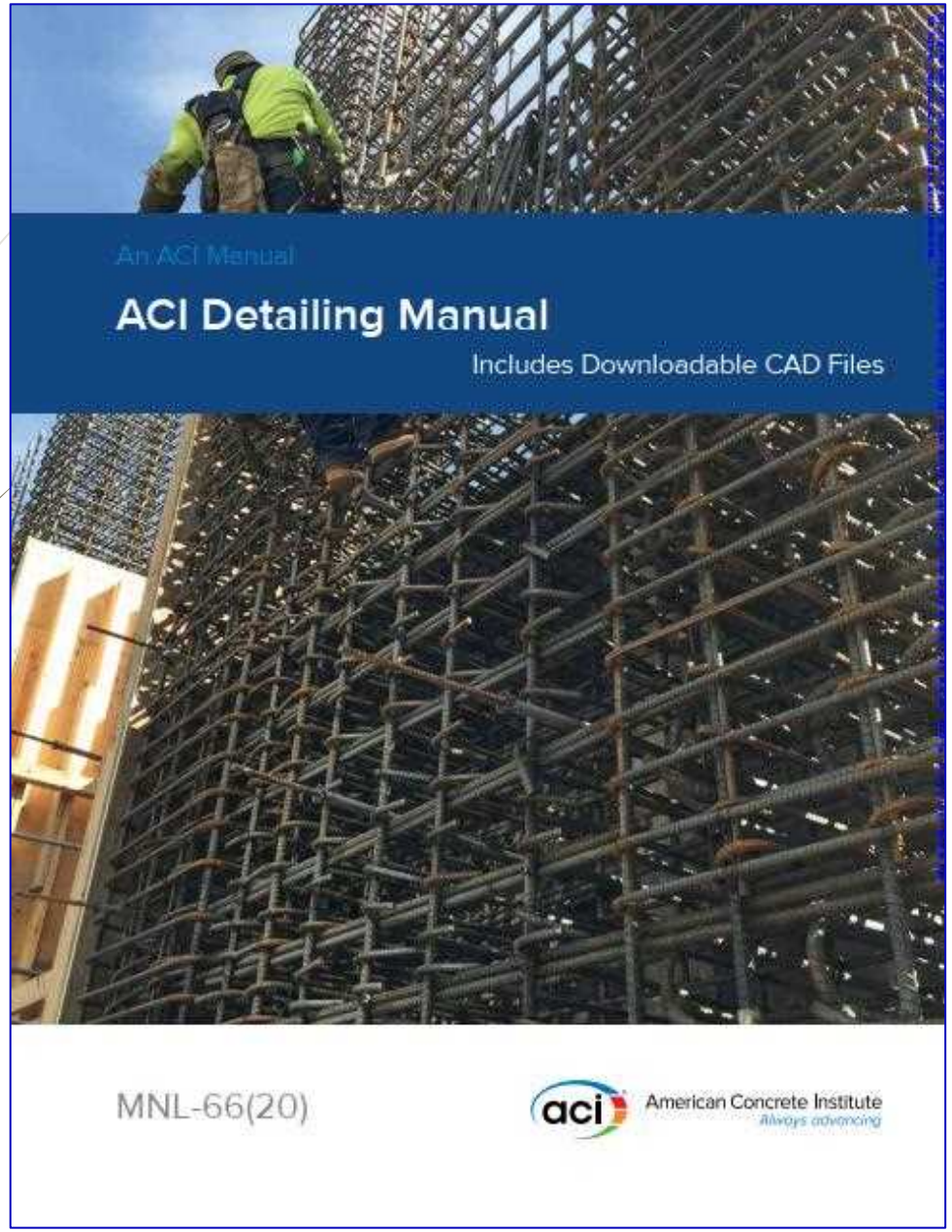
آبا-۱۴۰۰ (وی‌رای‌ش ۱۴۰۲/۰۹/۳۰)

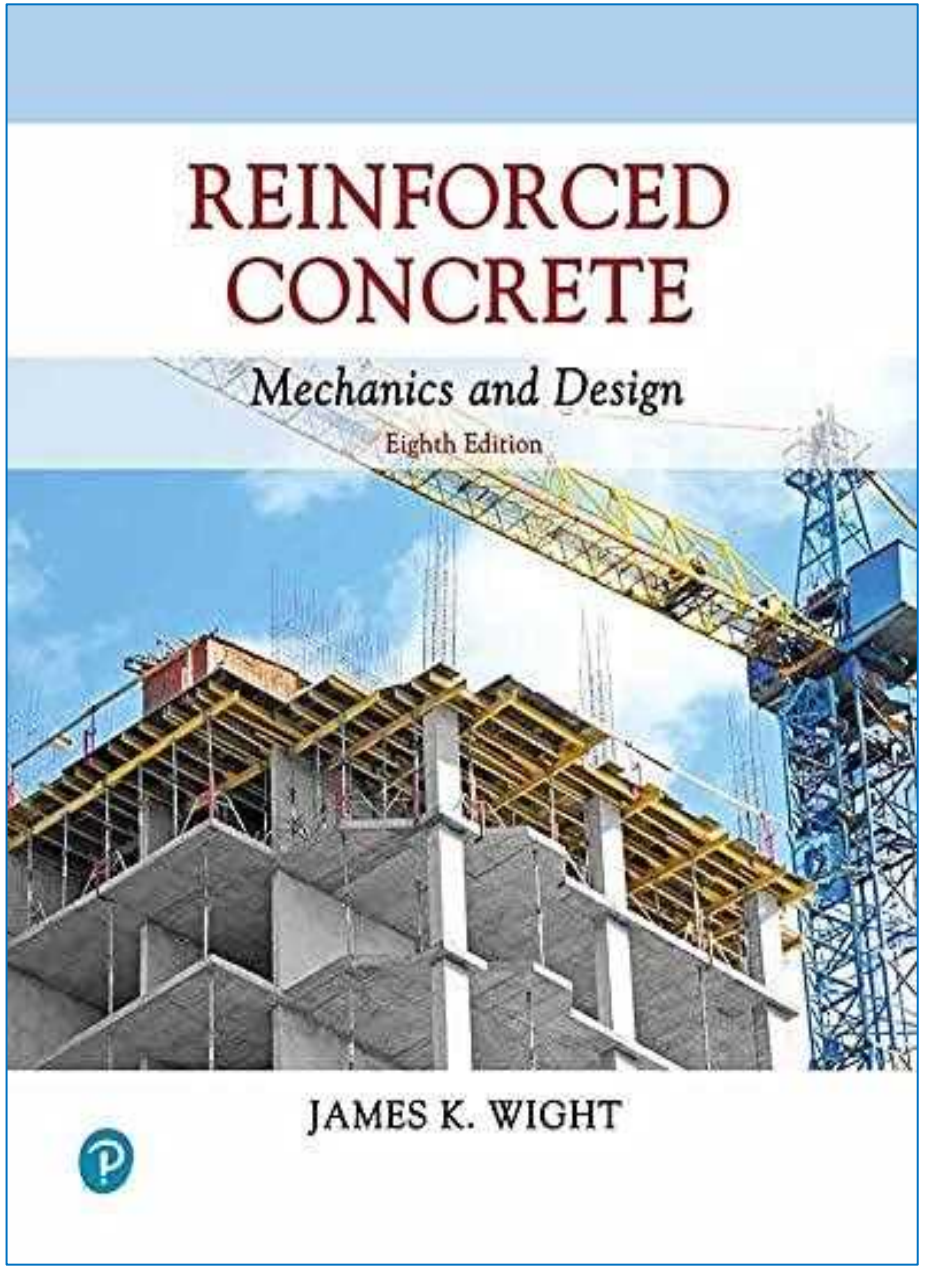
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

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

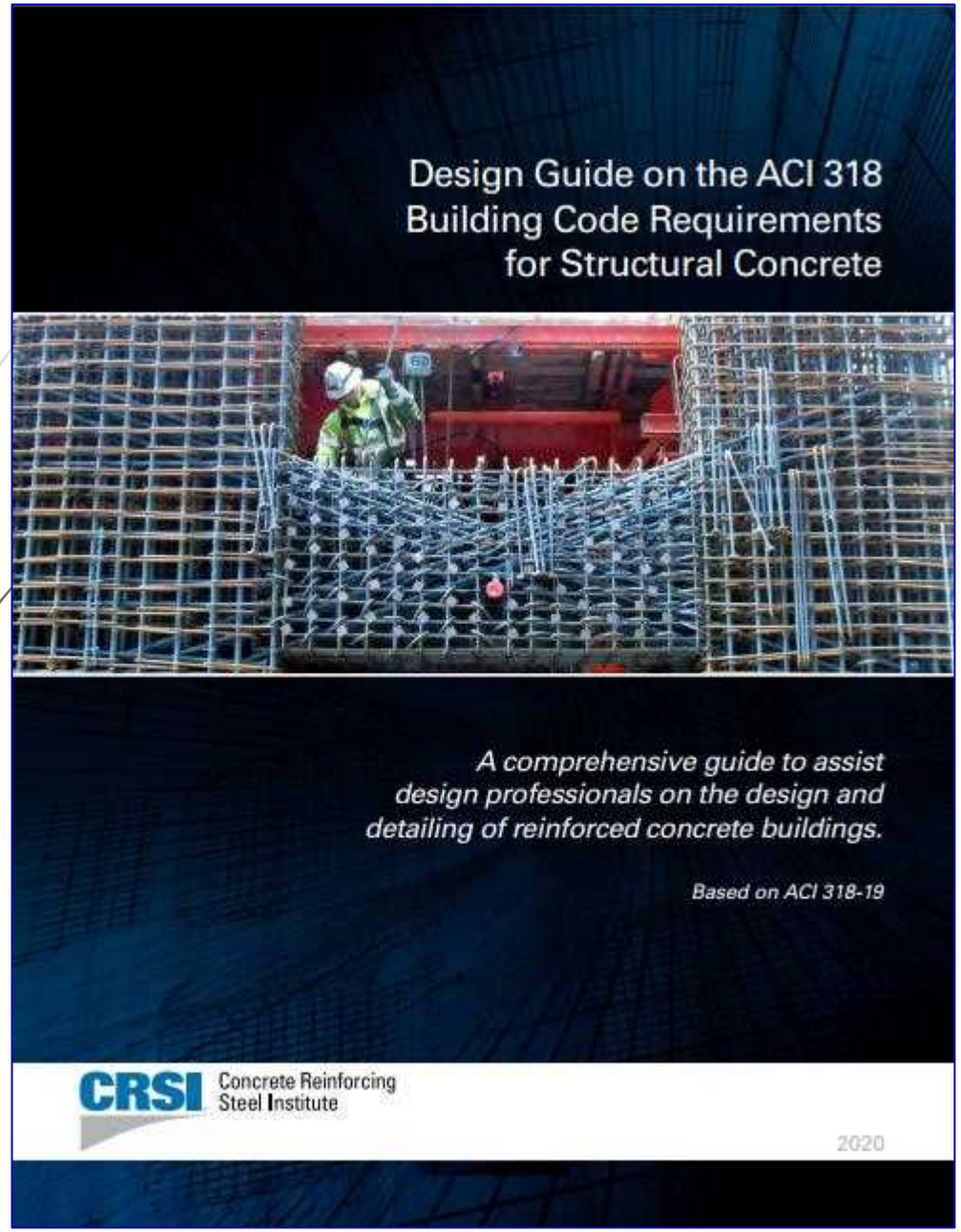
19

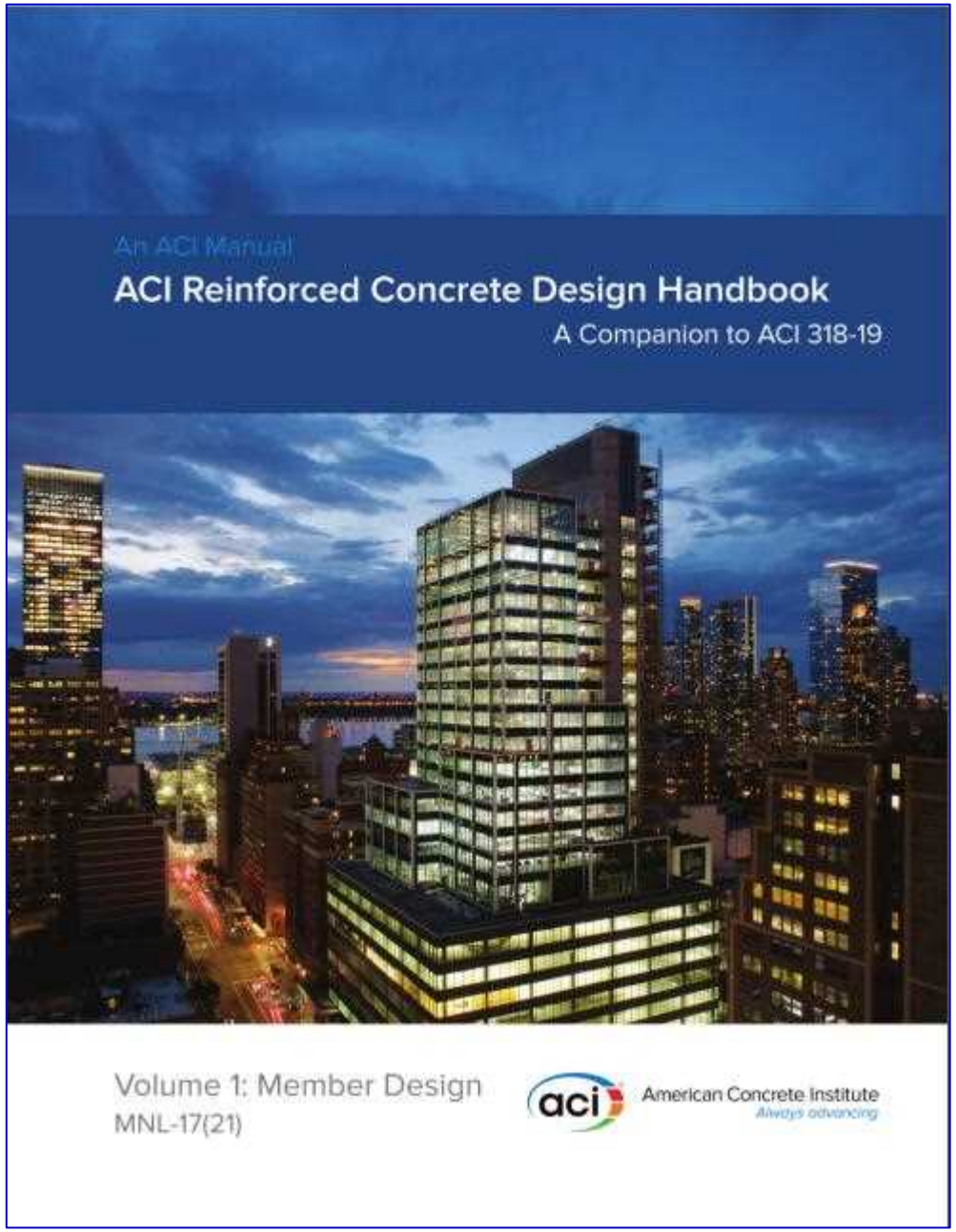




Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

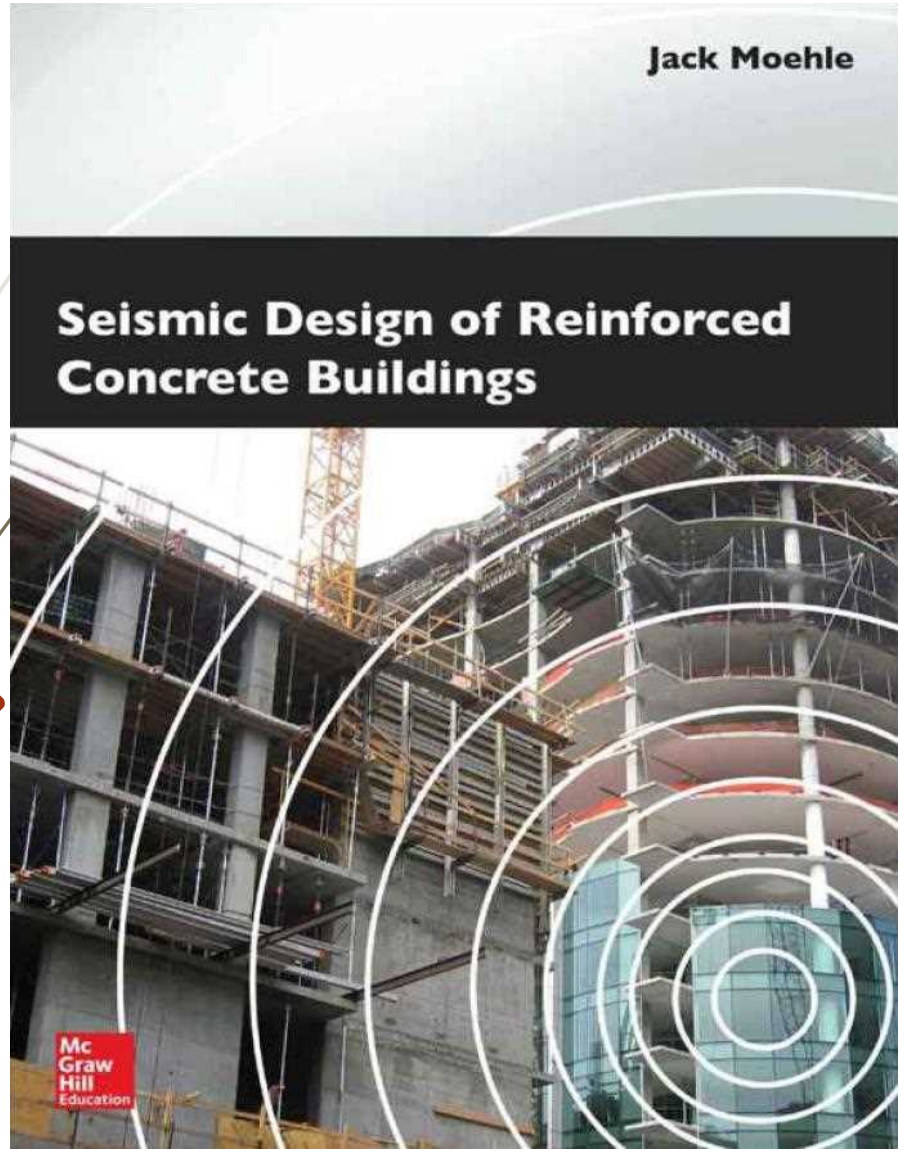




Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

سایر مراجع لرزه ای:



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 **NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 1**

Seismic Design of Reinforced Concrete Special Moment Frames

A Guide for Practicing Engineers

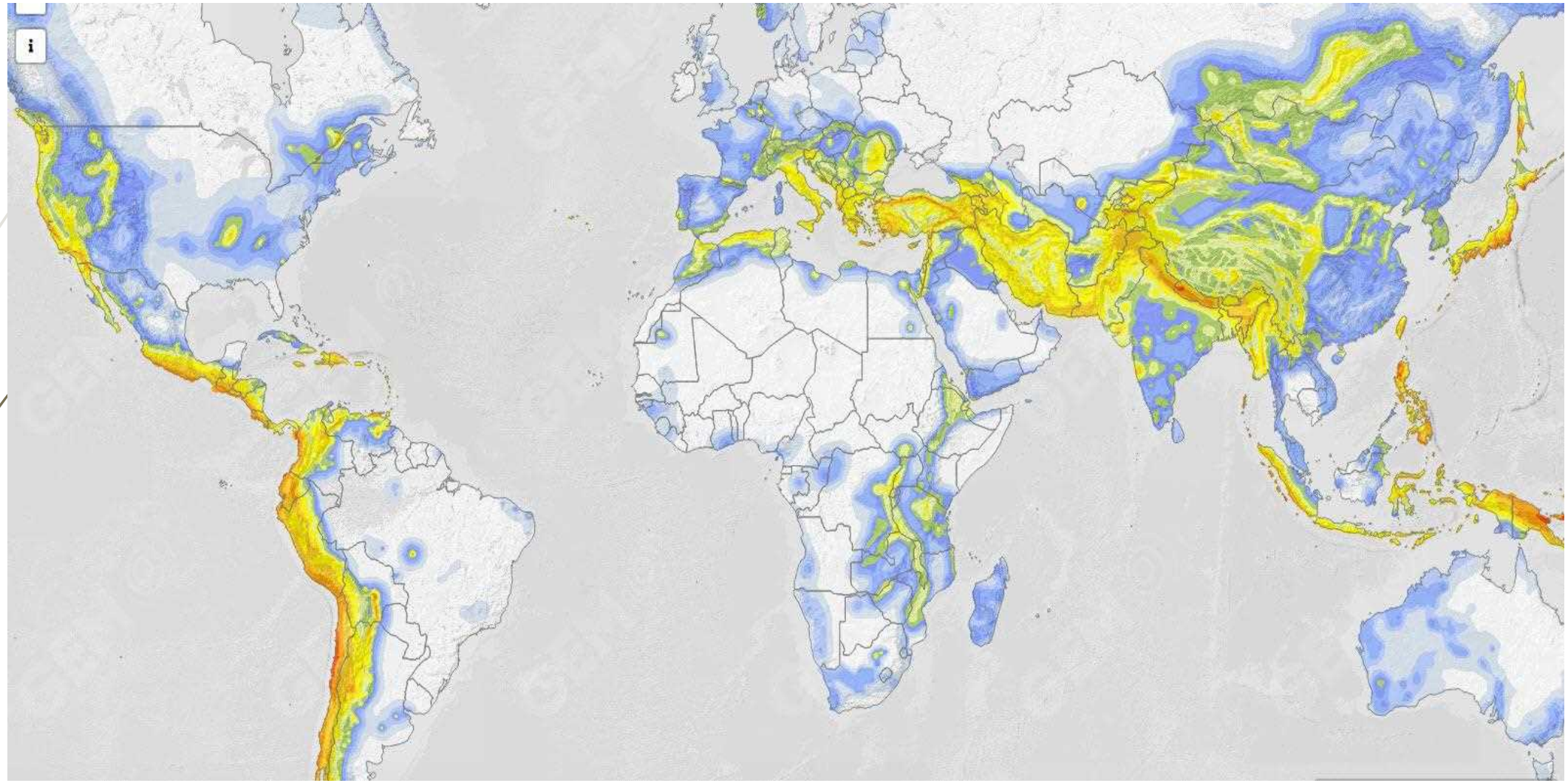
SECOND EDITION

Jack P. Moehle
John D. Hooper

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

چرا طرح لرزه ای؟

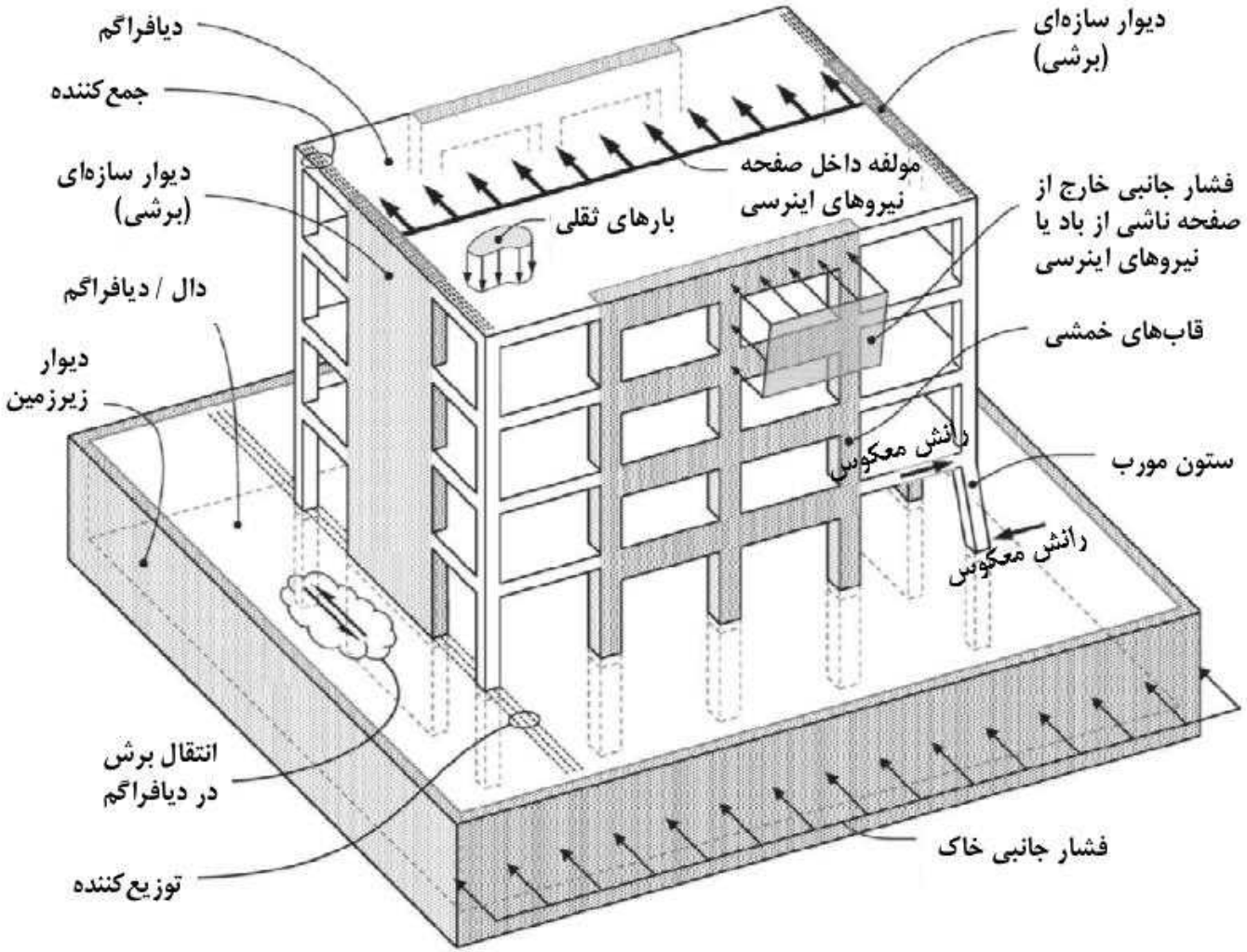


مناطق لرزه خیزی سطح کره زمین (۲۰۲۳)
https://maps.openquake.org/map/gshm-2023-1

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

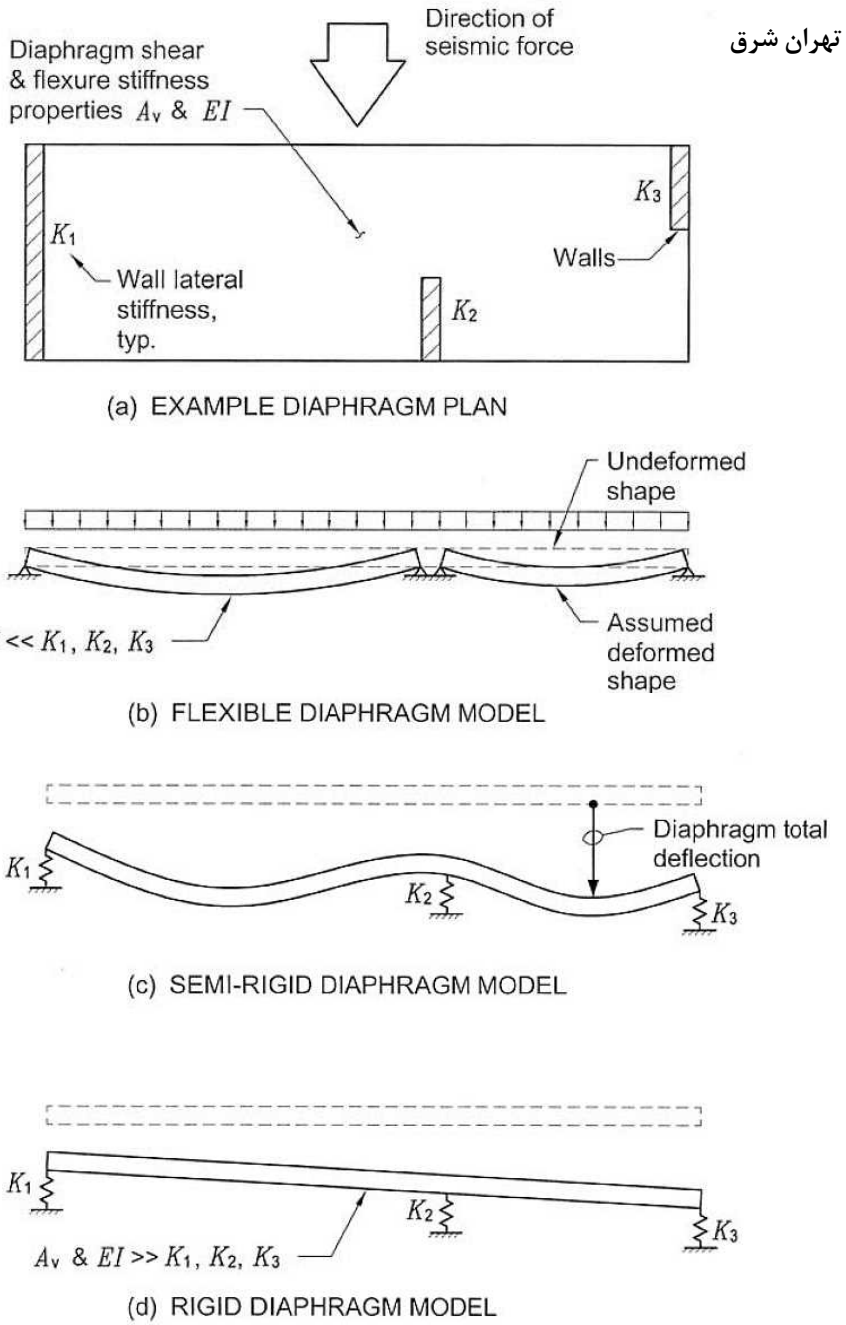
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

۹-۱۴- دیافراگم‌ها



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق



انواع دیافراگم :

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

۱- رفتار نرم یا انعطاف پذیر(b) ۲- رفتار نیمه صلب (c) ۳- رفتار صلب (d)

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

۳-۸-۱

پیوست ۴

دیافراگم‌ها

ب- در دیافراگم‌هایی که حداکثر تغییر شکل افقی ایجاد شده در آنها تحت اثر نیروی جانبی زلزله کمتر از نصف تغییرمکان 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

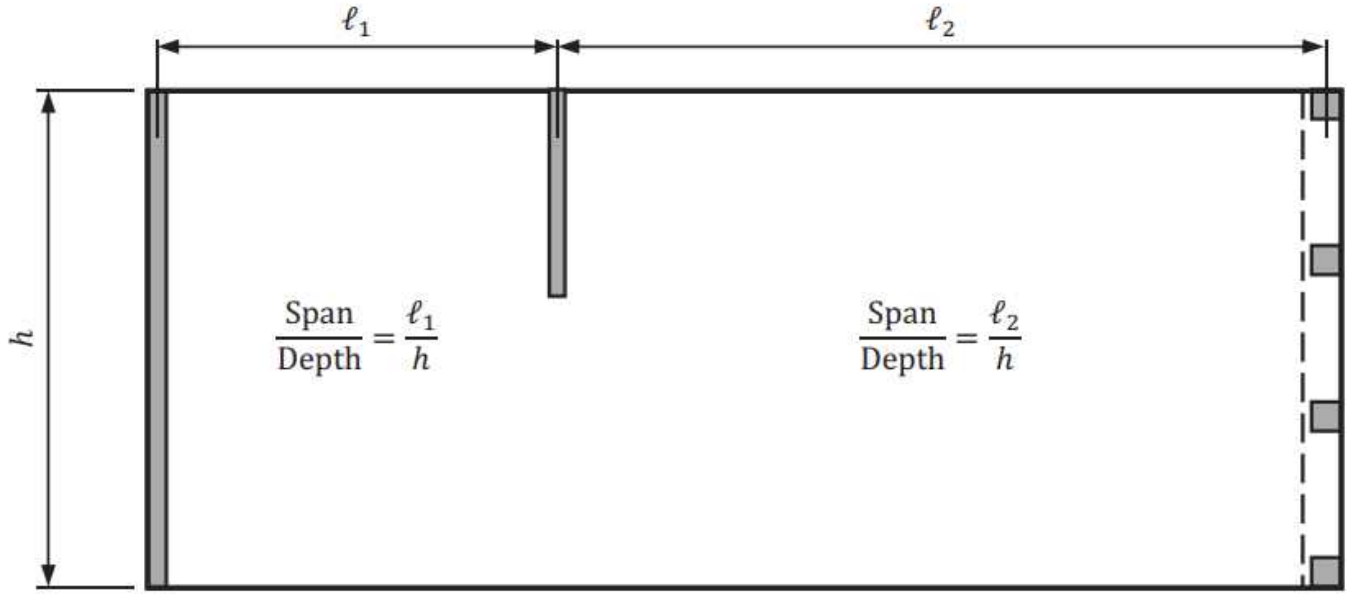
نیروی جانبی هر دیافراگم باید بین اجزای قائم سیستم باربری جانبی با توجه به سختی دیافراگم نسبت به سختی اجزای سازه‌ای قائم تقسیم گردد. در واقع اجزای قائم مانند تکیه‌گاه‌های دیافراگم (تیر ورق) عمل می‌نمایند. جامع‌ترین روش تحلیلی برای تعیین نیروهای داخلی دیافراگم‌ها (تلاش‌ها) و توزیع مناسب نیروهای جانبی بین 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 فاقد بازشوهای بزرگ و نزدیک به‌هم بوده و دارای پلان نسبتاً منظمی می‌باشند، مطلوب‌تر است از روش‌های ساده‌شده استفاده شود.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

- 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.



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

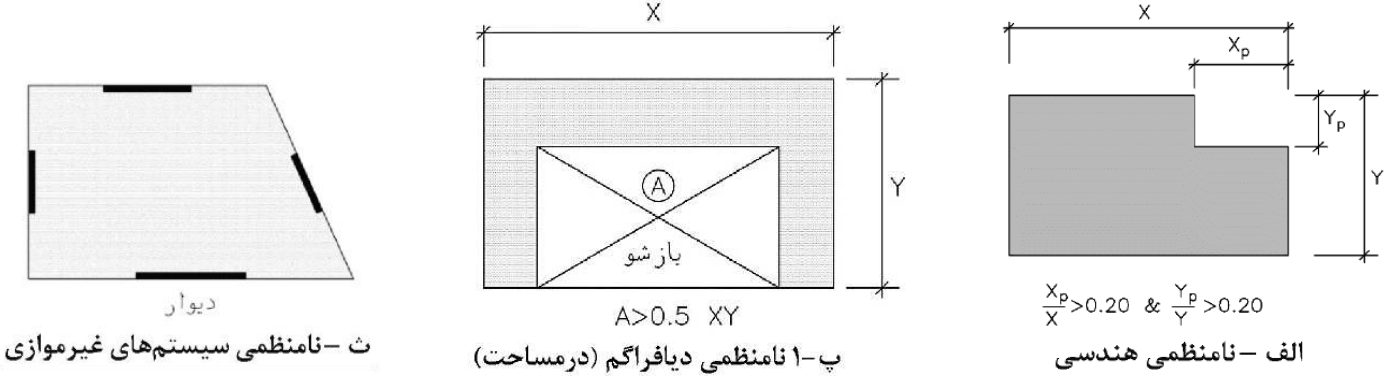
ضوابط لرزه ای دیافراگم

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



الف – نامنظمی هندسی

پ–۱ نامنظمی دیافراگم (درمساحت)

ث – نامنظمی سیستم‌های غیرموازی

A.6.2 Building Code Requirements PEER/ATC 72-1

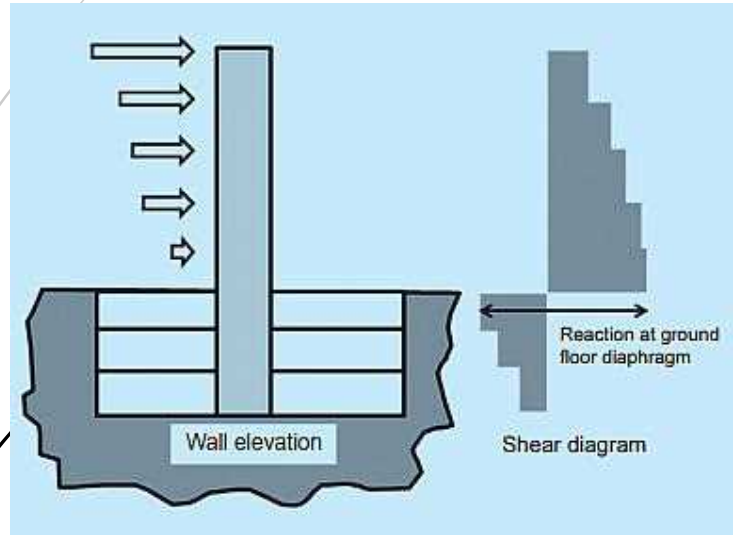
Prior to 2005, building codes did not regulate the choice between diaphragm modeling assumptions. Beginning with ASCE/SEI 7-05 (ASCE, 2006), use of a rigid diaphragm assumption for concrete diaphragms required that no horizontal irregularities be present in the building. Diaphragms in buildings not meeting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

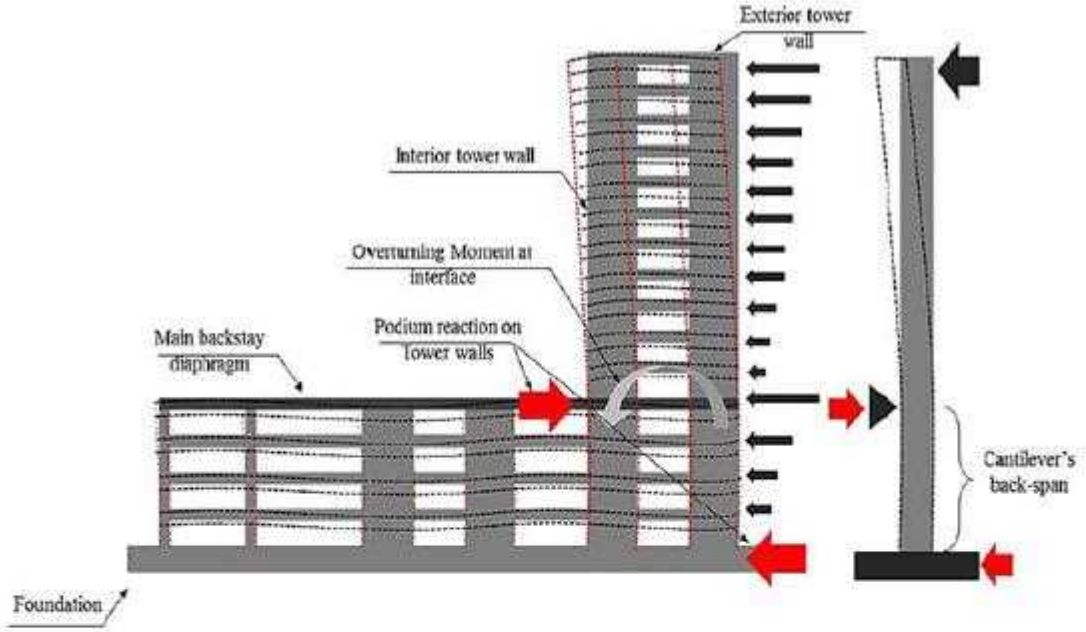
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

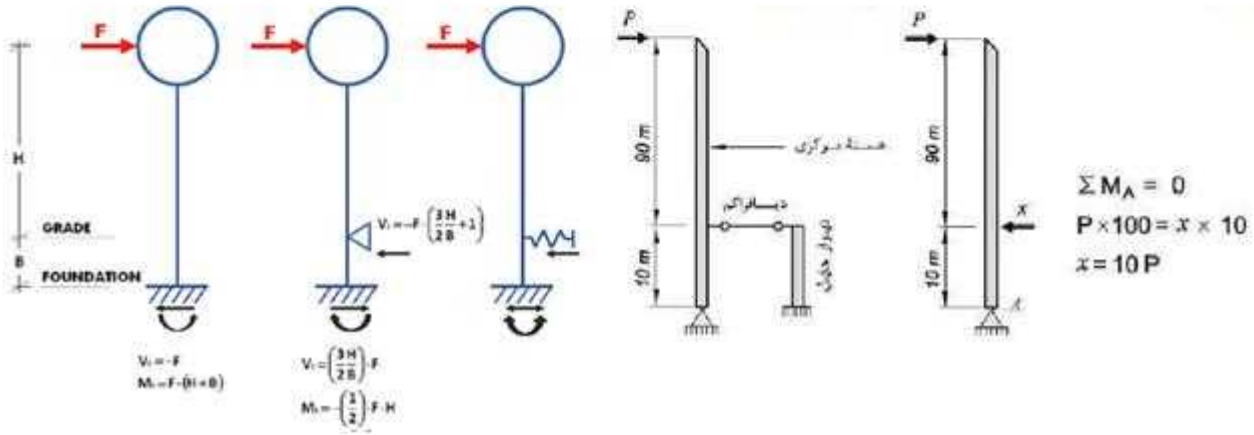
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

Backstay effect:
رانش معکوس

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.







Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

معرفی

دیافراگم، سیستمی افقی یا نزدیک به افقی است که نیروهای اینرسی ایجاد شده در سازه را به اجـزای قـائم مقـاوم در برابـر بـار جانبی منتقل می‌نماید. این سیستم ممکن است از جان(دال)، جزء لبه، جمع‌کننده و کلاف تشکیل شود.

PEER/ATC 72-1

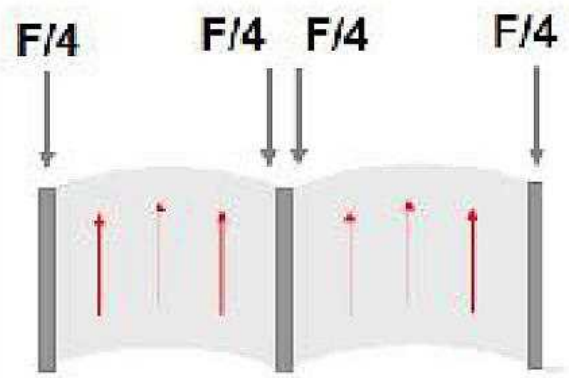
رابطه	شرح	کاربرد
دیافراگم صلب	فرض می‌شود دیافراگم در مقایسه با المان‌های قائم سیستم مقاوم جانبی لرزه‌ای بی‌نهایت صلب باشد. توزیع نیروهای جانبی بر مبنای سختی نسبی المان‌های قائم است. اختلاف‌های بین مرکز جرم و سختی منجر به پیچش پلان می‌شود که بین المان های قائم توزیع می‌گردد.	این فرض متداول‌ترین رویکرد مدلسازی دیافراگم‌های بتنی و بتن روی عرشه‌ی فولادی می‌باشد. به طور گسترده در نرم‌افزارهای تحلیل سازه‌ای تجاری موجود برای ساختمان‌ها استفاده می‌گردد.
دیافراگم نیمه‌صلب	در مدل تحلیلی، سختی دیافراگم محدود گنجانده شده است. سختی بر مبنای ضخامت، ابعاد و مشخصات مصالح دیافراگم محاسبه می‌شود.	واقعی‌ترین مدل، اما برای به کار بردن (اعمال)، زمان‌بر تر و دشوارتر. موجود در بعضی نرم‌افزارهای تحلیل سازه‌ای سه بعدی. باید به منظور مدل کردن دیافراگم‌ها در آثار backstay مورد استفاده قرار گیرد.
دیافراگم انعطاف‌پذیر	فرض می‌شود دیافراگم در مقایسه با المان‌های قائم سیستم مقاوم جانبی لرزه‌ای بی‌نهایت انعطاف‌پذیر باشد. دهانه‌های دیافراگم دهانه‌های ساده‌ی برشی در نظر گرفته می‌شوند و توزیع نیروهای جانبی بین المان‌های قائم بر مبنای جرم مربوطه است.	عموماً برای دیافراگم بتن و بتن روی عرشه‌ی فولادی کاربردی نیست. به طور متداول برای دیافراگم‌های چوبی و عرشه‌های فولادی بدون رویه (ی بتنی) مورد استفاده قرار می‌گیرند. عموماً به جای نرم‌افزارهای تحلیل سازه‌ای با محاسبات دستی یا صفحه گسترده (مثل اکسل) استفاده می‌شوند.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

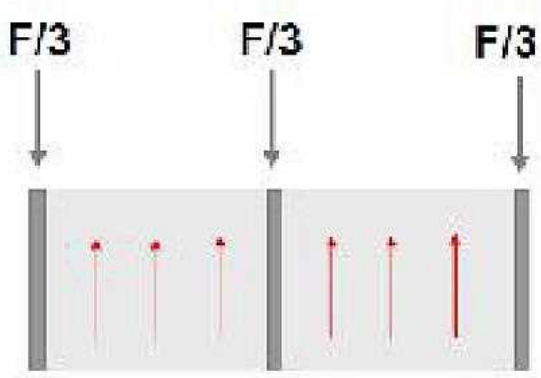
انعطاف پذیری



FLEXIBLE
Center Wall Shear = F/2

توزیع به نسبت جرم

صلب



RIGID
Center Wall Shear = F/3

توزیع به نسبت سختی

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله
استاندارد ۲۸۰۰
(ویرایش ۴)

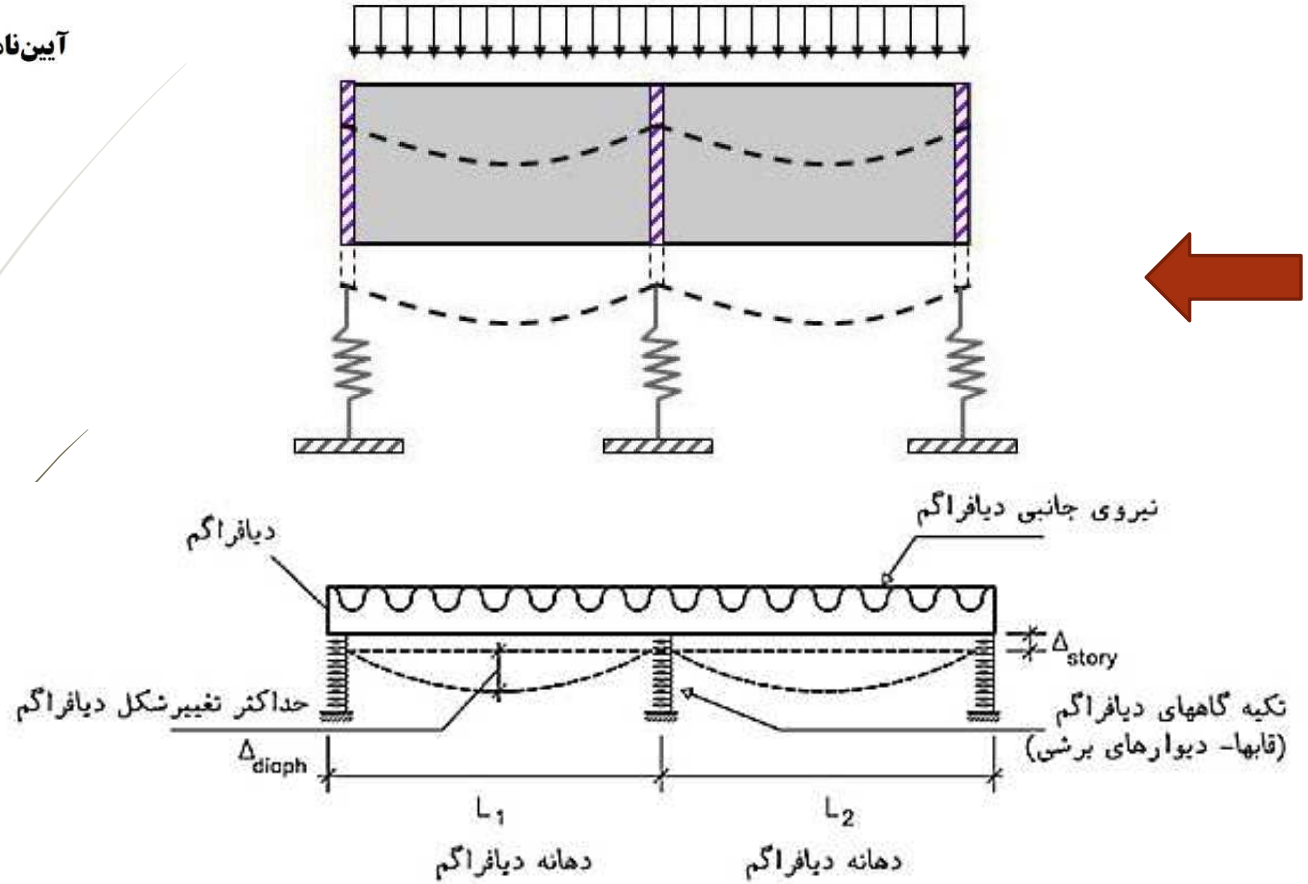
پیوست ۴

دیافراگم‌ها

ضوابط لرزه ای دیافراگم

شرط صلبیت و نحوه محاسبه آن :

در روبرو پلان یک دیافراگم تحت بار جانبی گسترده نمایش داده شده است. اعضای باربرجانبی (قابهای خمشی، 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

شرط صلبیت : $\frac{\Delta_{Diaph}}{\Delta_{Story}} < 0.5$

بر طبق بند (۳-۸-۱) این استاندارد دیافراگم‌ها با توجه به نسبت $\frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}}$ به سه دسته نرم، نیمه‌صلب وصلب تقسیم می‌شوند.

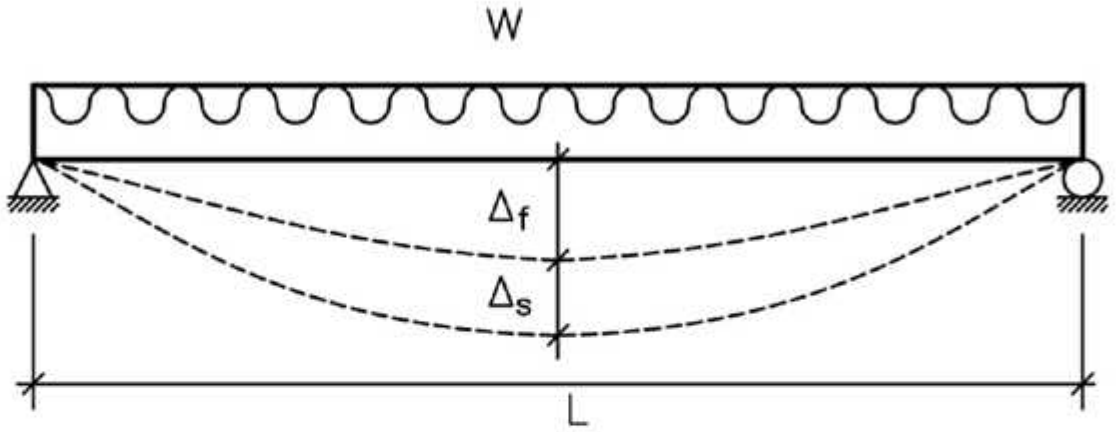
Δ_{story} = تغییر مکان نسبی Δ_{diaph} = حداکثر تغییر شکل دیافراگم

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

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



تغییر شکل خمشی $\Delta_f = \frac{5wL^4}{384EI}$

w = بار گسترده یکنواخت

E= مدول ارتجاعی ماده

I= گشتاور ماند مقطع

تغییر شکل برشی $\Delta_s = \frac{\alpha wL^2}{8AG}$

α: ضریب فرم

A: سطح مقطع کل دیافراگم

G: مدول برشی بتن

w: بار جانبی یکنواخت

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

نیروی طراحی دیافراگم :

۹-۱۴-۴-۲-۴ 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:

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

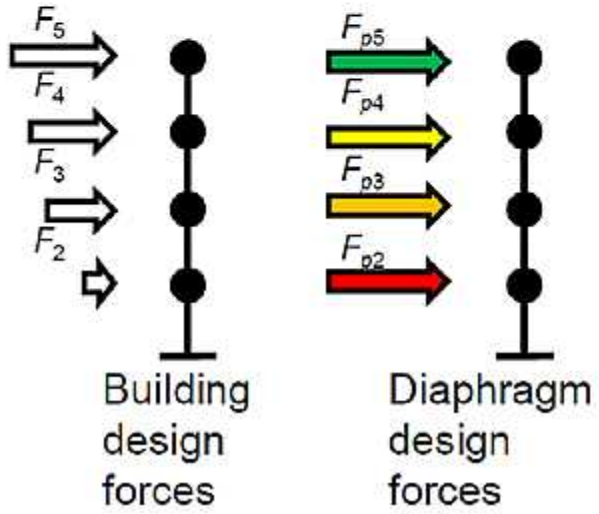
۳-۸ دیافراگم‌ها و جمع‌کننده‌ها

(۱۵-۳)

نکته : (اگر یک دیافراگم وجود داشته باشد)

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

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



نکته:

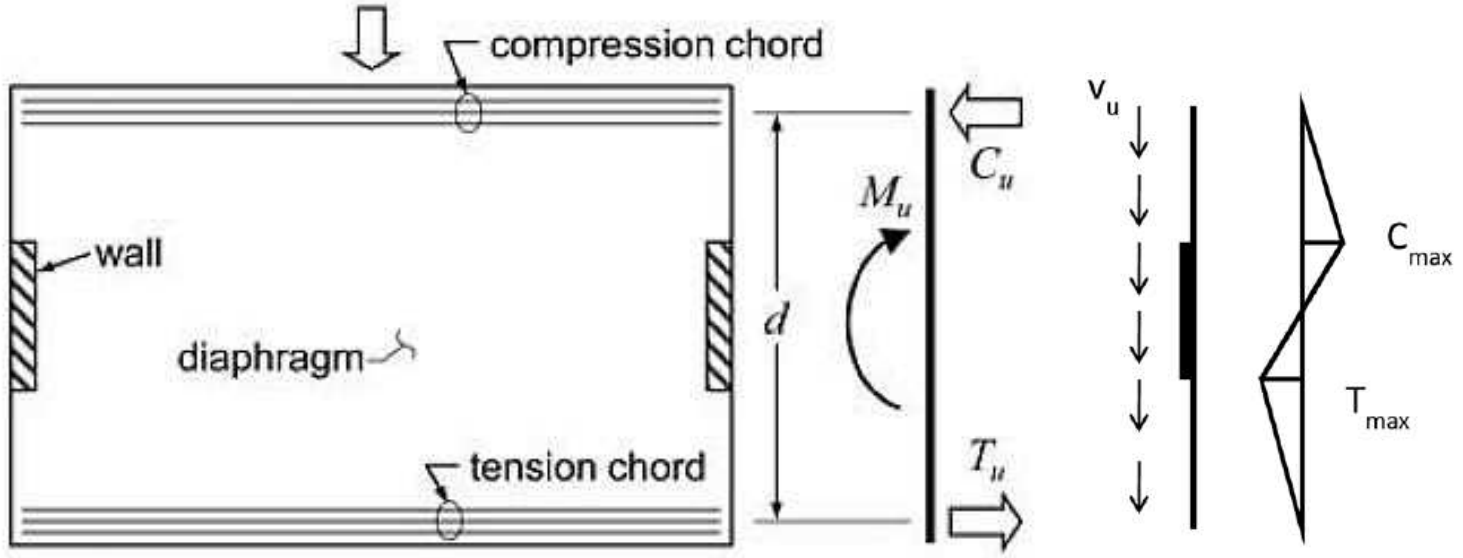
این نیرو ترکیبی از طیف (شتاب) پاسخ طبقه (فصل چهارم ۲۸۰۰) و شکلپذیری تقریبی سازه در هر مد (یا کل سازه) است.

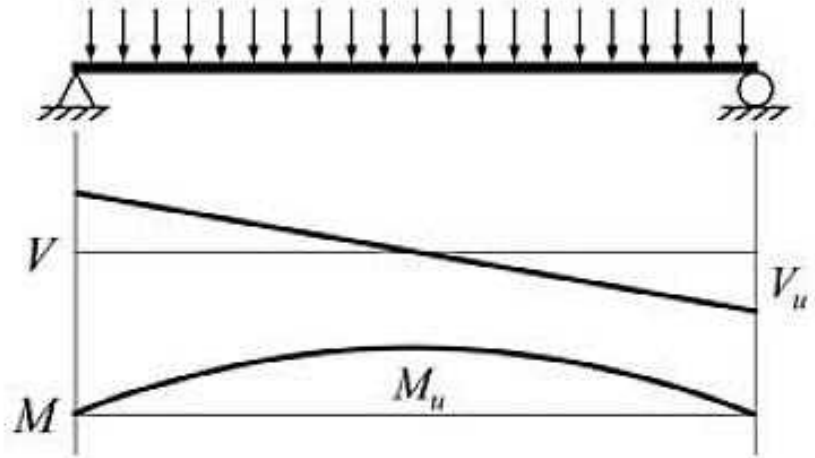
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

Fp

ضوابط لرزه ای دیافراگم





NIST GCR 10-917-4

reduction associated with diaphragm cracking commonly is approximated by applying a stiffness modifier to the diaphragm in-plane gross-section stiffness properties. Stiffness modifiers for reinforced concrete diaphragms commonly fall in the range of 0.15 to 0.50 when analyzing the building for design-level earthquake demands. See Nakaki (2000).

- Slabs (out-of-plane): $I = 0.25I_g$
- Slabs (in-plane): $I = 0.35I_g$

CRSI Concrete Reinforcing Steel Institute

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

اجزای تشکیل‌دهنده دیافراگم شامل موارد زیر می‌باشد:

- **دال (بدنه دیافراگم)**

دال‌ها سیستم‌های پوشش کف هستند که عمدتاً برای تحمل بارهای ثقلی به‌کار برده می‌شوند. عـلاوه بـر آن، دال‌هـا مـی‌تواننـد بـا عملکرد میانصفحه‌ای، نیروهای اینرسی ایجاد شده در سازه را از یک جزء قائم مقاوم جانبی به اجزای دیگر منتقل نمایند و همچنـین 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**

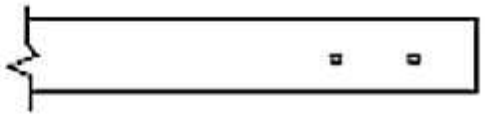
همانگونه که از نام آن روشن است، تیرهایی هستند که در لبه‌های بیرونی دال و لبه بازشوهای داخلی اجرا می‌گردند. این تیرها با هدف تأمین ظرفیت خمشی داخل صفحه دیافراگم در راستای اعمال نیرو می‌باشد. جزئیات عملکرد این اعضا در حین زلزله در شکل زیر نشان داده شده است.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

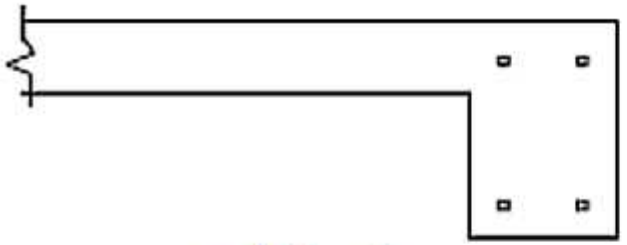
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

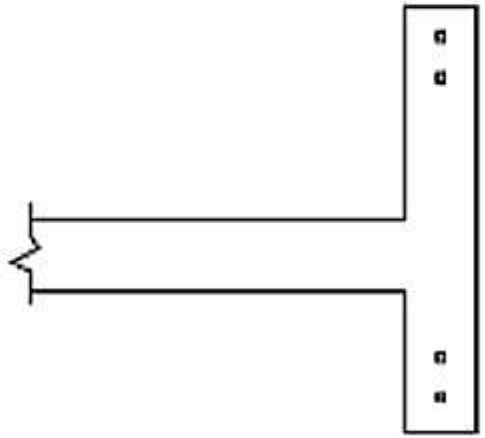
انواع تیر لبه به قرار زیر است :



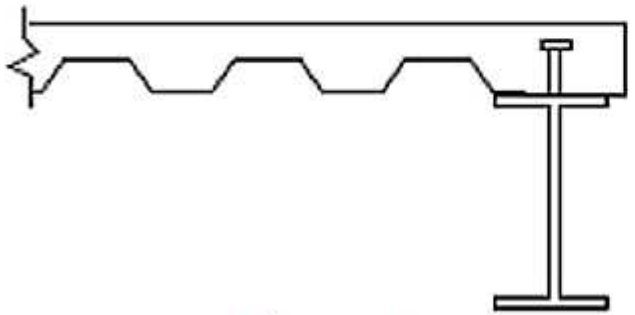
لبه دال



تیر کناری



تیر همبند



تیر مرکب

نکته:

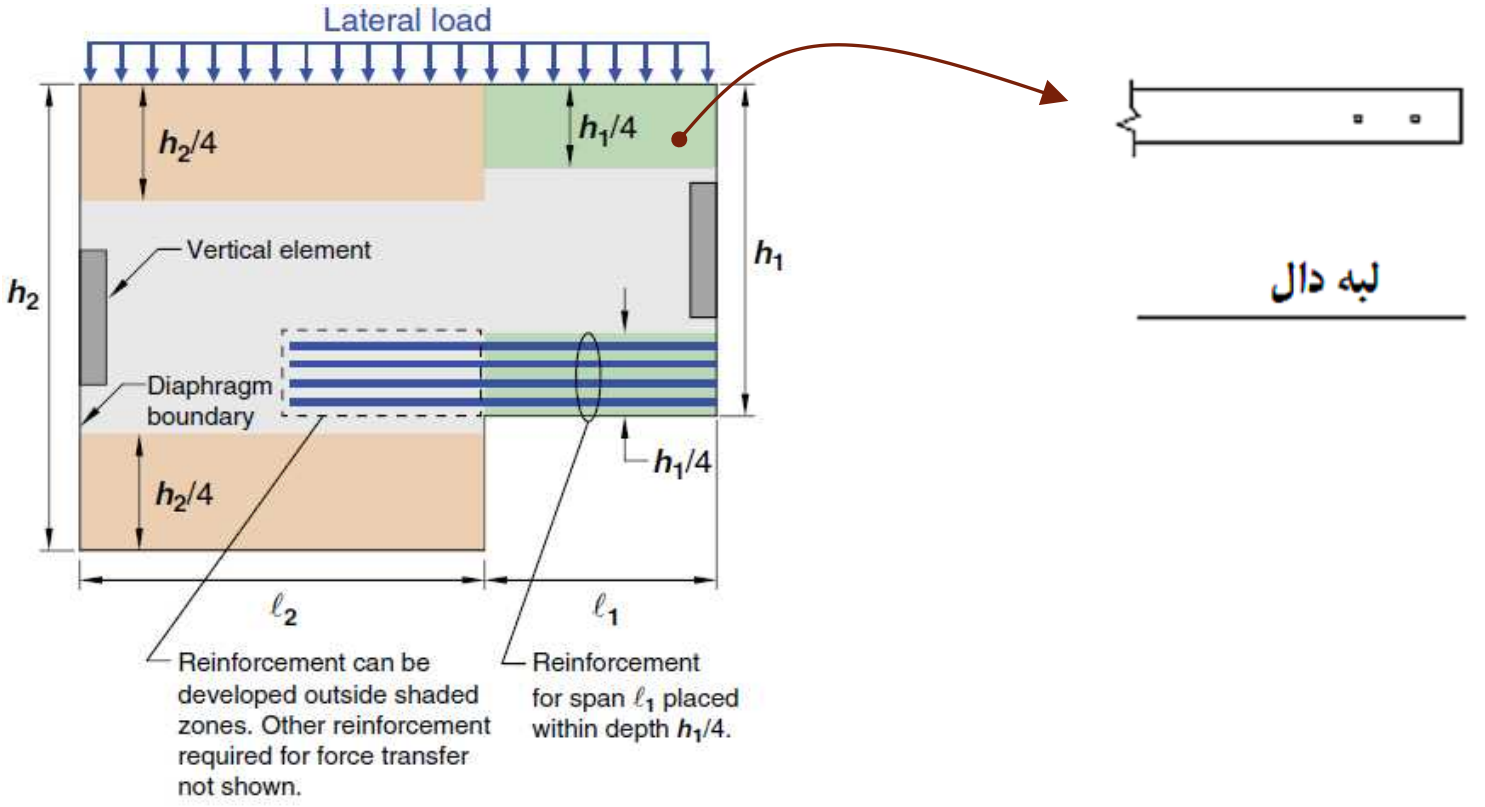
برای انتقال نیروهای محوری در طول لبه تیر لازم است اولا برابر کشش موجود، میلگرد طولی قرار داده شود، ثانیا چنانچه فشار موجود (بدون ضریب اضافه مقاومت) از $0.2f'_c$ بیشتر شود می بایست خاموت گذاری ویژه انجام شود.
(۹-۲۰-۸-۷-۵)

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

۹-۱۴-۵-۲-۳ آرماتورها و اتصال‌دهنده‌های مکانیکی که برای تحمل کشش ناشی از خمش به‌کار برده می‌شوند، باید در محدوده $\frac{h}{4}$ از لبه کششی دیافراگم تعبیه 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.



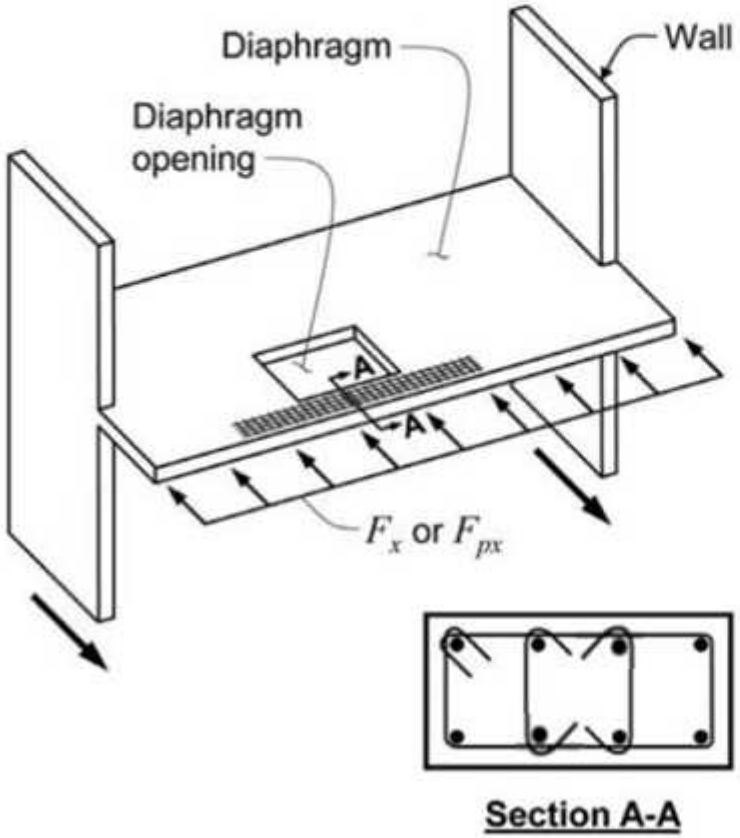
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

- لبه تیر(Chord) – میلگرد گذاری

برای انتقال نیروهای محوری در طول لبه تیر لازم است اولا برابر کشش موجود، میلگرد طولی قرار داده شود، ثانیا چنانچه فشار موجود (بدون ضریب اضافه مقاومت) از $0.2f'_c$ بیشتر شود می بایست خاموت گذاری انجام شود. (۹-۲۰-۸-۷-۵)

ویژه



نکته: فشار اگر از $0.2f'_c$ بیشتر شود یا مطابق نظر ACI-18.12.7.5 چنانچه این فشار با اثر اضافه مقاومت از $0.5f'_c$ بیشتر شود نیاز به خاموت گذاری است.

ویژه

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

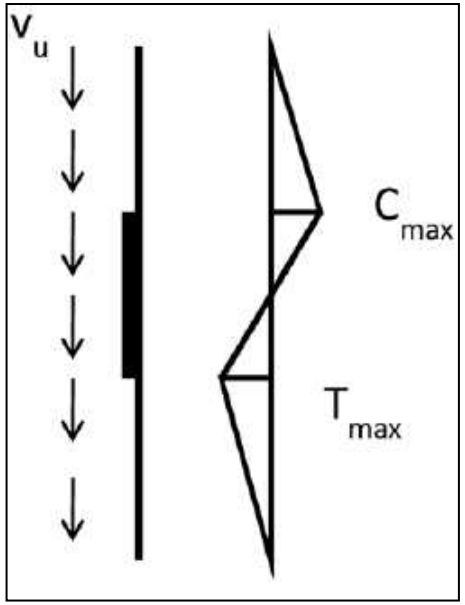
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

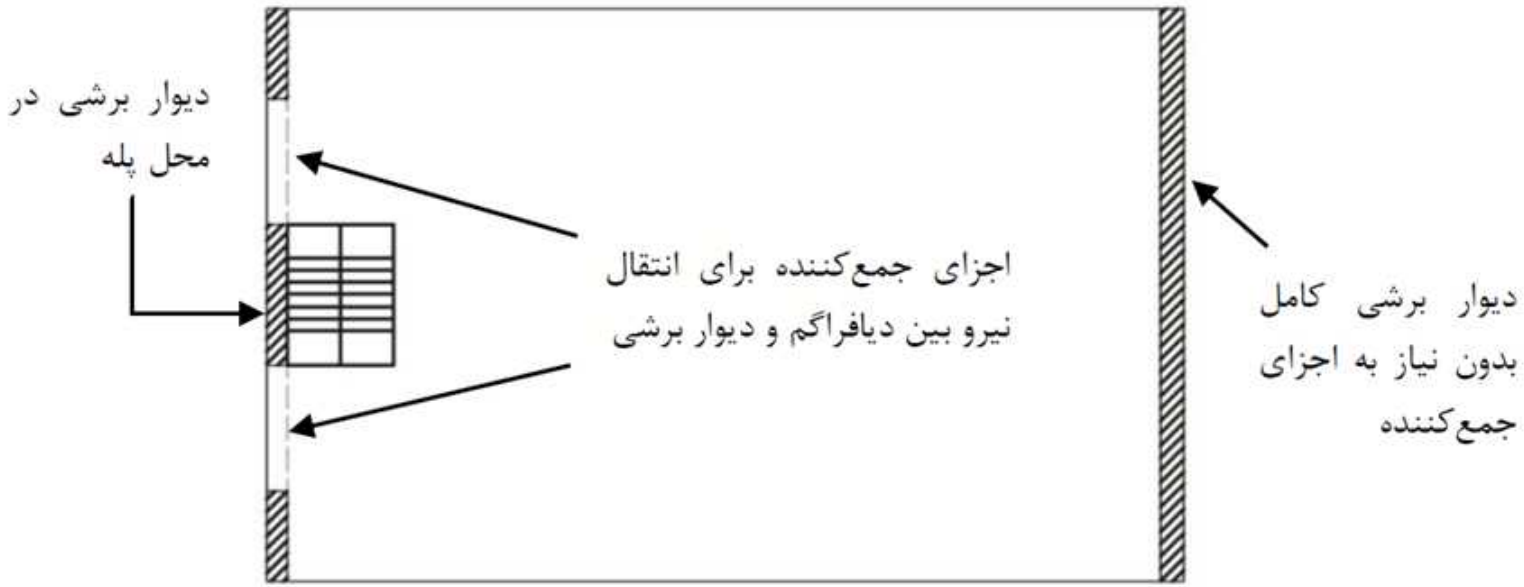
ضوابط لرزه ای دیافراگم

- **جمع کننده (Collector) – عملکرد و نیروها**

جمع‌کننده‌ها 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 می‌گردند. همچنین اگر دیوارهای پیرامونی حائل وجود داشته باشد نیاز به توزیع کننده – توزیع نیرو از دیوار به دیافراگم- خواهد بود.

(برشگیر)





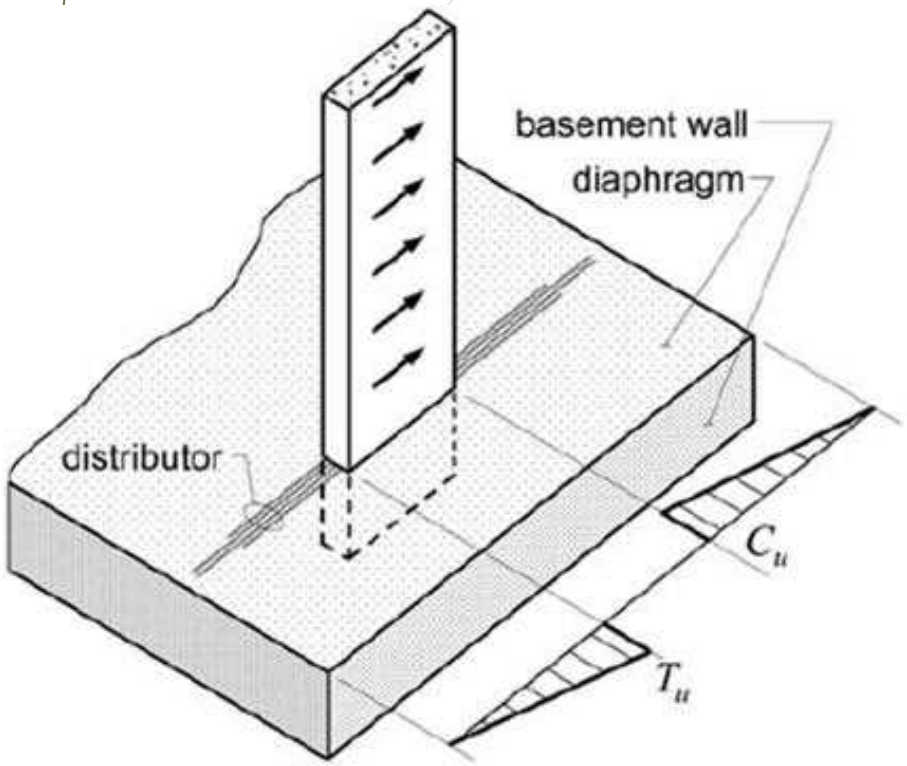
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

۹-۱۴-۵-۱-۲ 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.



جریان برش در محور (امتداد) اعضای باربر جانبی باعث پدید آمدن نیروهای محوری در اعضای این محور (و برش در لبه دال مجاور) می شود که مسیر انتقال برش دیافراگم به اعضای باربر جانبی هستند. جزئیات عملکرد این اعضا درحین 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 درفشار برای جمع کننده ها طراحی نمود.

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

۹-۲۰-۸-۷-۵ در اجزای جمع کننده، در مواردی که تنش فشاری در هر مقطع بیش‌تر از $0.2f'_c$ باشد، باید از آرماتورهای عرضی مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۶-۳-۳-۲(الف) تا (ث) و بند ۹-۲۰-۶-۳-۳-۳ استفاده شود؛

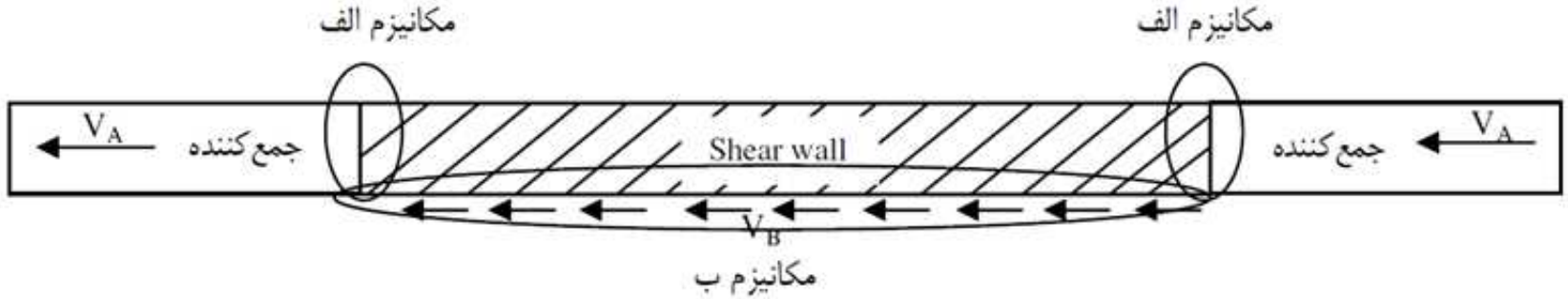
ث- آرماتورها در محیط ستون باید به گونه‌ای آرایش داده شوند که فاصله‌ی آرماتورهای طولی، h_x، که به قلاب‌های دوخت و یا گوشه‌ی دورگیرها متکی هستند، از یک دیگر بیش‌تر از ۳۵۰ میلی‌متر نباشد.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای 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 جمع‌کننده ها 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 لبه دیوار از جمع کننده استفاده شود!



مکانیزم انتقال برش از دیافراگم به دیوار برشی

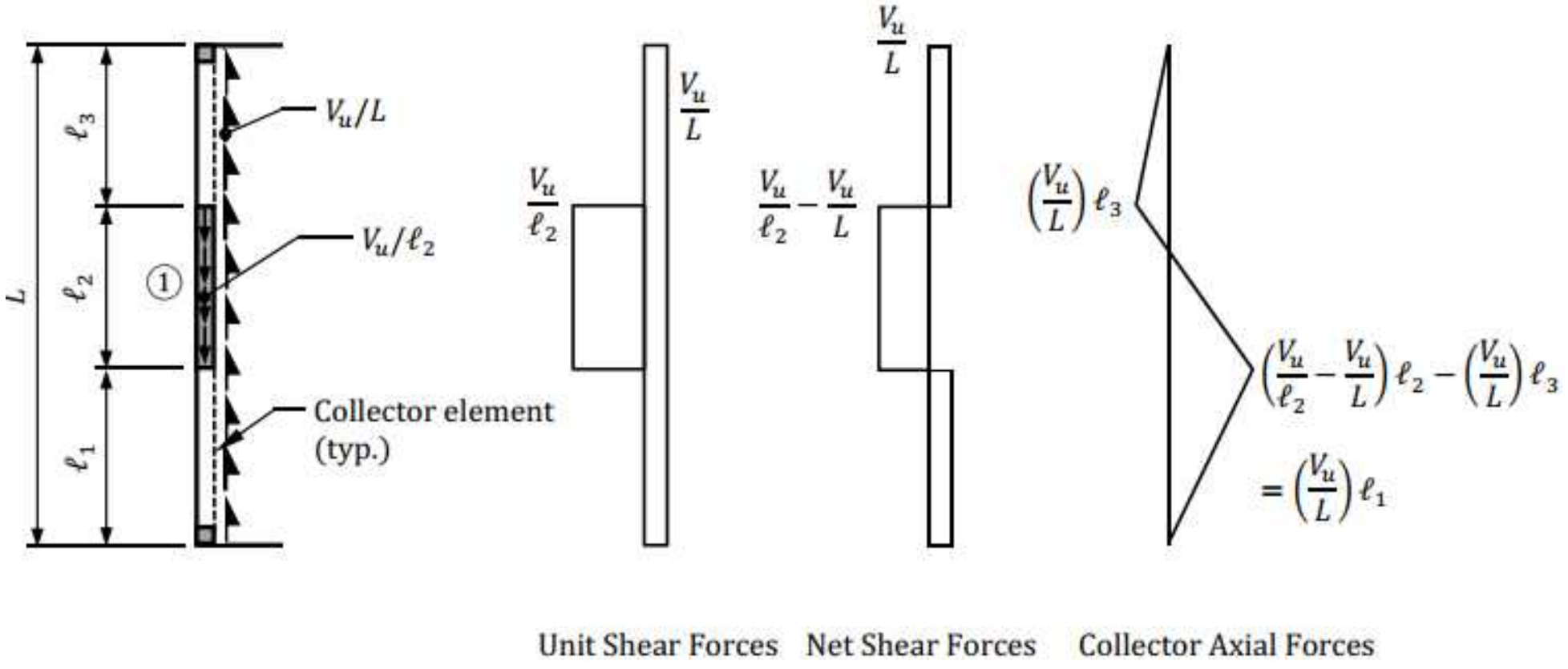
چنانچه روش ب به تنهایی میسر نباشد (و یا برای احتیاط) می توان از روش الف و یا ترکیب هر دو روش استفاده نمود. درصورت وجود تیر در امتداد مهاربند یا دیوار برشی این اعضا جمع کننده بوده د غیر اینصورت لبه دال این وظیفه را انجام خواهد داد. متذکر می شود *این اعضا برای زلزله تشدید یافته (با ضریب Ω) طراحی می گردند.*

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

- توزیع نیروها در محور دیوار:



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

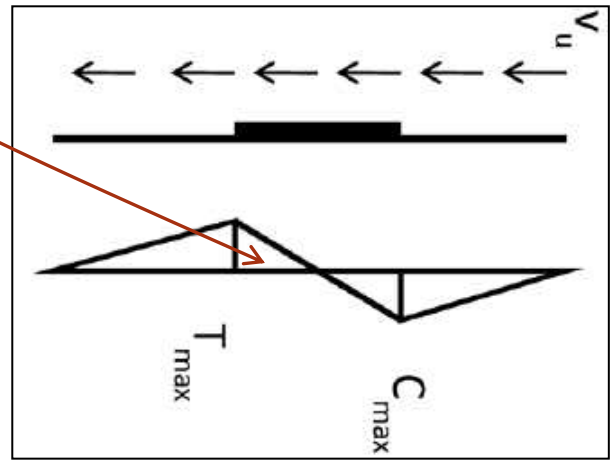
ضوابط لرزه ای دیافراگم

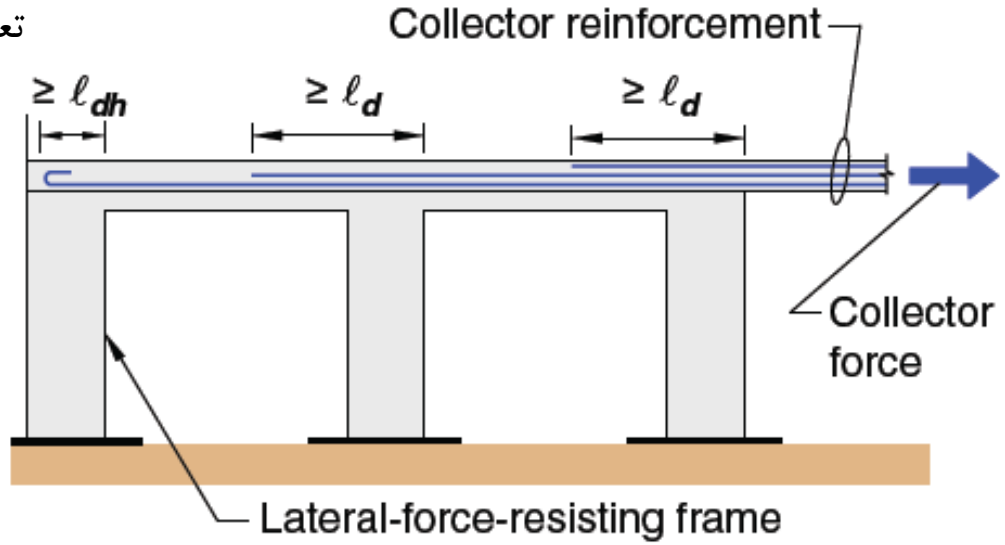
۹-۱۴-۵-۴-۳ در صورتی که یک جمع کننده برای انتقال نیروها به یک عضو قائم طراحی شود، آرماتورهای جمع کننده باید در طولی بیشتر از آنچه در بندهای (الف) و (ب) آمده است، در عضو قائم باربر جانبی امتداد یابند:

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 ۹-۸-۸)، در اتصال‌دهنده‌های مکانیکی یا سایر ساز و کارهای انتقال نیرو.

بنابراین متناسب با کاهش نیروی موجود در آرماتورهای جمع کننده تعدادی در طول دیوار ادامه و برخی که نیاز نیستند می توانند قطع شوند.



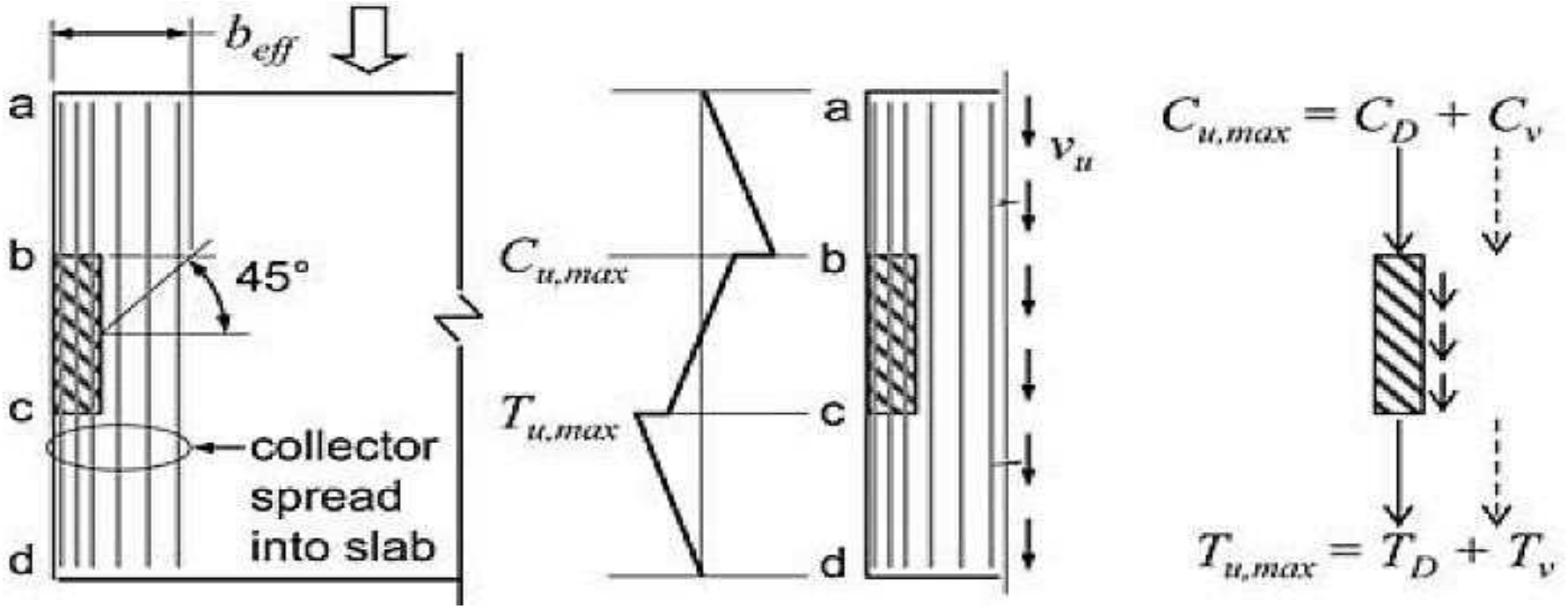


Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

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



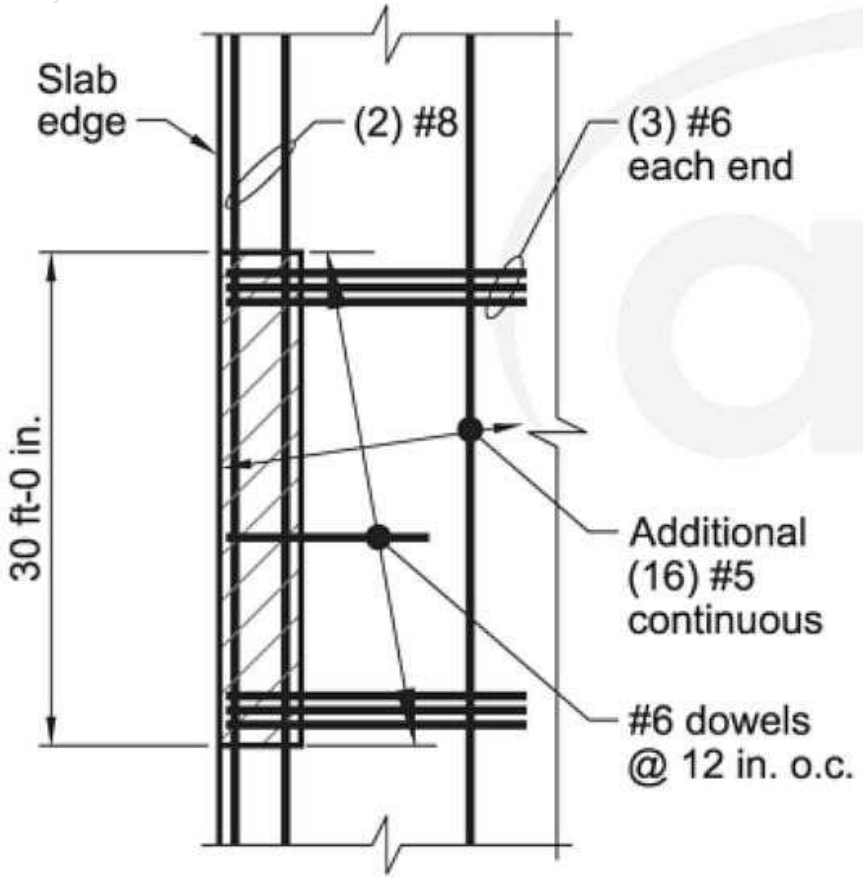
لذا یک سری **میلگرد خمشی** موازی با میلگردهای اصطکاکی در ابتدا و انتهای دیوار برای مقابله با این لنگر (شکل بعد) نیز مورد نیاز است.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

توزیع آرماتور



سهم آرماتورهای خارج از عرض دیوار

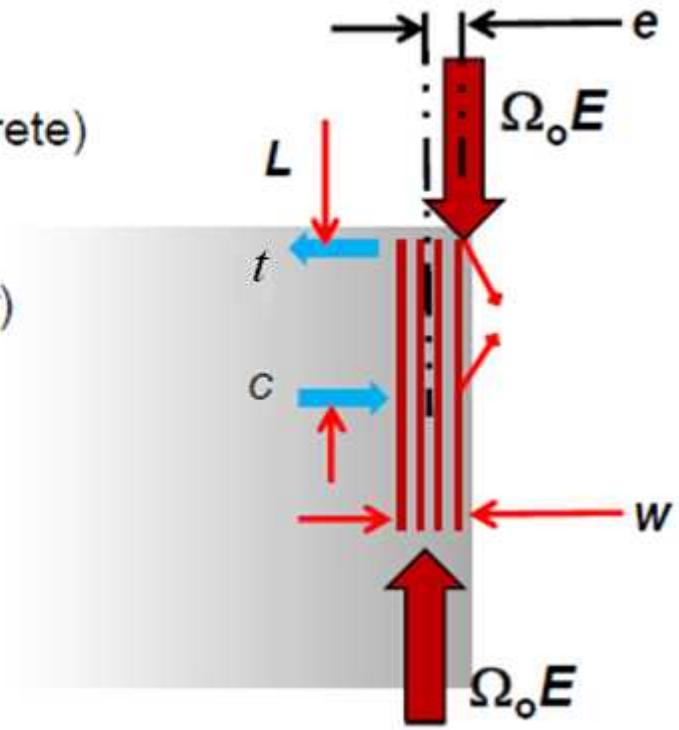
توزیع نیرو

$\Omega_o E / A = \leq 0.5 f_c'$
(unconfined concrete)

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

$e = w/2$

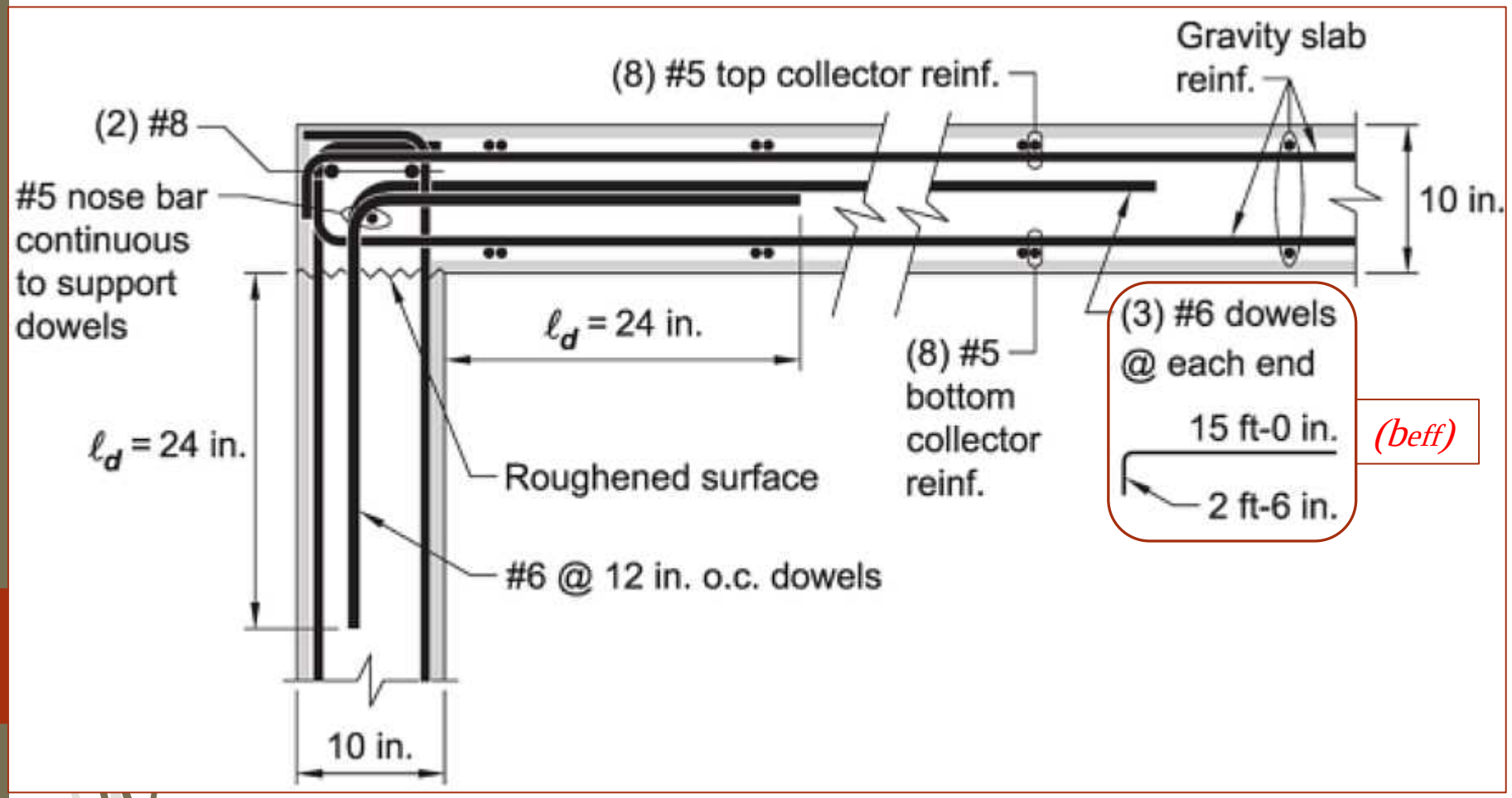
Local chord force:
$C = e (\Omega_o E)/L$



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

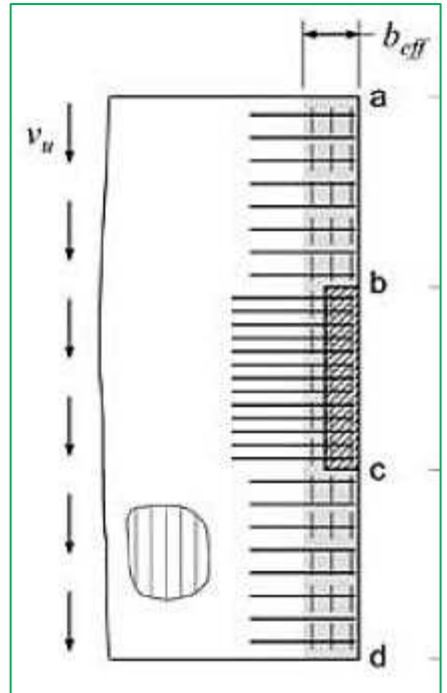
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم



آرماتور برش تیری:

$$\left[A_{cv}\left(\frac{\lambda\sqrt{f'_c}}{6}+\rho_t f_y\right), \text{MPa}\right]$$



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای 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 باربر 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 ۹-۸-۸ رعایت شوند.

منظور انتقال برش از سطح لغزش بین دو قسمت یکپارچه یا مجزای بتنی است.

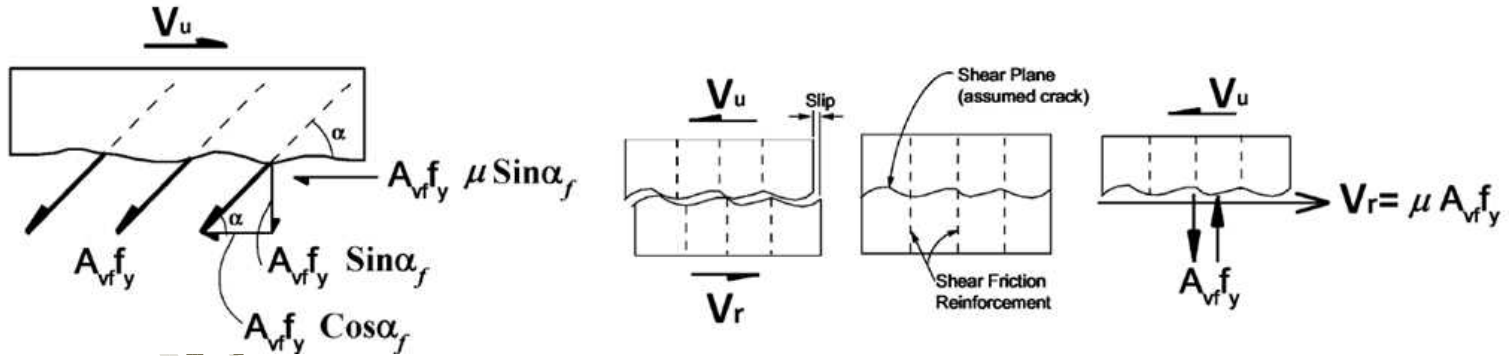
SHEAR FRICTION

From time to time, shear must be transferred across an interface between two members that can slip relative to one another.

در اینحالت فرض می شود که یک ترک در مقطعی ناخواسته مطابق شکل زیر ظاهر شود . با شروع لغزش در امتداد ترک، زبری سطوح در حال تماس ایجاد نیرویی مینماید که تمایل به جدا کردن دو قطعه از یکدیگر دارد. در این صورت میلگردهای موجود در مقطع (Avf) با عمل فوق مخالفت می نمایند. جدا شدنی حدود ۰،۲ میلیمتر برای جاری کردن میلگردی با تنش جاری شدن ۴۰۰ نیوتن بر میلیمتر مربع کافی میباشد نیروی کششی Avf.fy تولید شده در میلگردها، نیروی گیره ای قائم بر سطحی ایجاد میکند که بوجود آورنده مقاومت اصطکاکی μ.Avf.fy در مقطع می شود (مشابه پیشتنیده کردن پیچها). چنانچه کشش ایجاد شده باعث ترک خوردگی و باز شدن ترک ها شود، موثر نیست (برش آزاد می شود مانند کشش خارجی در پیچ) اما اگر خمش باشد، ازآنجا که کوپل نیرو در مقطع فشار تولید می کند و فشار هم برابر As.Fy است لذا می توان معادل آن را فرض نمود اما اگر آرماتور فشاری هم موجود باشد (مانند دال دولایه یا دیوار برشی) لذا آن نیز اضافه می شود معادل آرماتور کششی و هم آرماتورهای فشاری موثر هستند.

(کل آرماتور مقطع).

اثر برش ثقلی (برون صفحه) هم باید لحاظ شود (Vg>0.5Vn)



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

طراحی پیچ

مقاومت پیچهای لغزش‌بحرانی

۱۰-۲-۹-۳-۵ مقاومت کششی طراحی و برشی طراحی در اتصالات اصطکاکی

مقاومت برشی طراحی پیچهای پرمقاومت در اتصالات اصطکاکی بر اساس کنترل لغزش بحرانی تعیین می‌گردد. لغزش بحرانی مساوی ϕR_{nv} می‌باشد

ϕ = ضریب کاهش مقاومت به شرح زیر:

- برای سوراخهای استاندارد و سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد عمود بر راستای نیرو $\phi=1$
- برای سوراخهای بزرگ‌شده و سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد موازی با راستای نیرو $\phi=0/85$
- برای سوراخهای لوبیایی بلند $\phi=0/7$

μ= ضریب اصطکاک به شرح زیر:

رنگ نشده

- برای وضعیت سطحی کلاس A (سطح فلس‌دار تمیز و رنگ شده): $\mu=0/3$
- برای وضعیت سطحی کلاس B (سطح تمیز شده با ماسه پاشی و رنگ‌نشده) : $\mu=0/5$

D_u = نسبت پیش تنیدگی متوسط پیچها به پیش تنیدگی حداقل پیچها و مساوی ۱/۱۳

h_f = ضریب کاهش بخاطر وجود ورق‌های پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر به شرح زیر:

- در صورت عدم نیاز به ورق‌های پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر مساوی ۱
- در صورت استفاده فقط از یک ورق پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر مساوی ۱
- در صورت استفاده از دو یا تعداد بیشتری از ورق‌های پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر مساوی ۰/۸۵

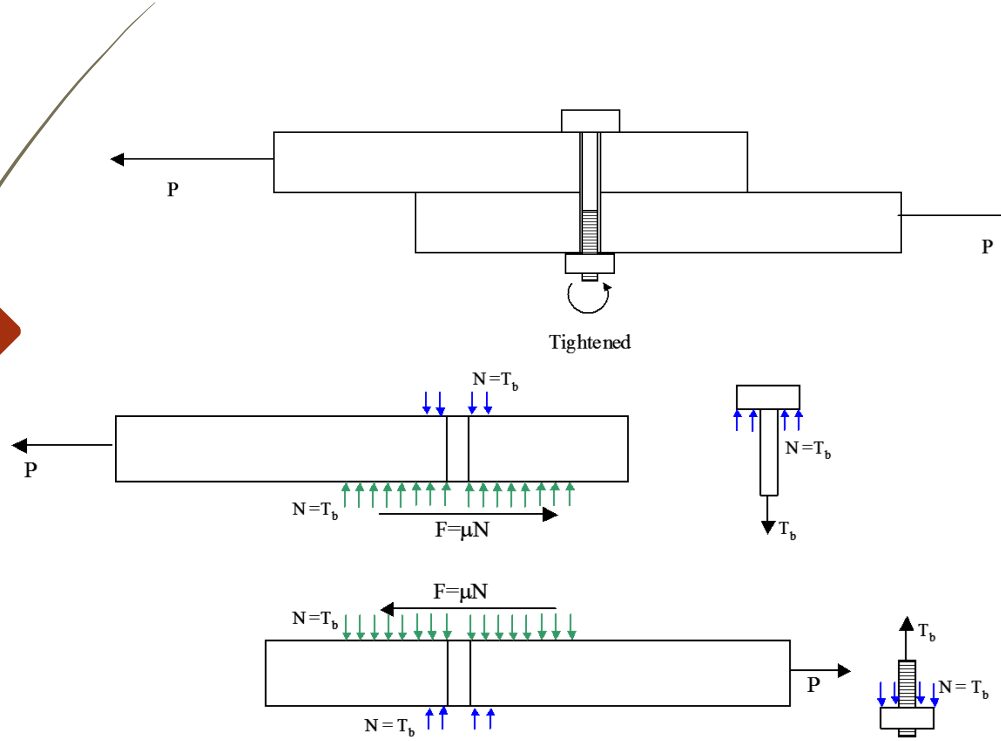
T_b = حداقل نیروی پیش تنیدگی پیچ طبق مقادیر جدول ۱۰-۲-۹-۷

n_s = تعداد صفحات لغزش

نکته :

مقاومت کششی طراحی پیچهای پرمقاومت در اتصالات اصطکاکی عیناً مشابه مقاومت کششی طراحی پیچهای پر مقاومت در اتصالات اتکایی بوده و از ضوابط بند ۱۰-۲-۹-۳-۳ تعیین می‌گردد.

$$R_{nv} = \mu D_u h_f T_b n_s \qquad (۱۰-۹-۲-۱۰)$$



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

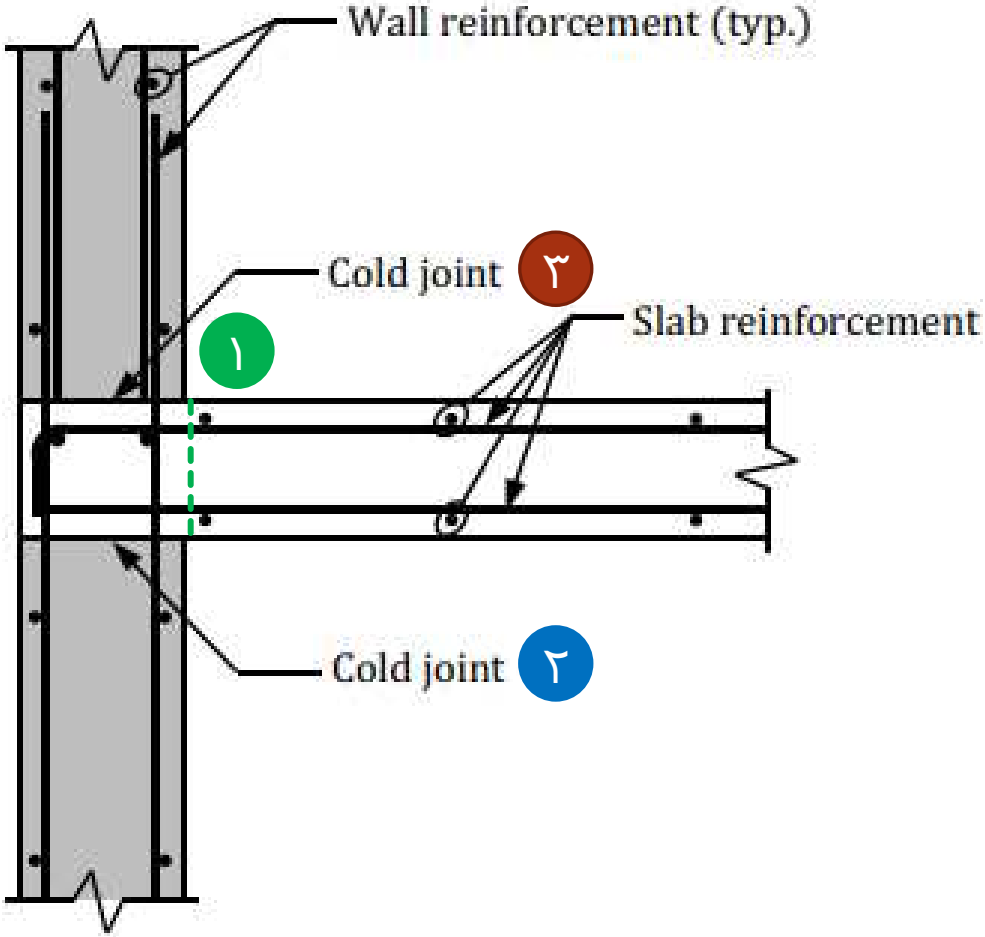
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

- میلگرد دوخت (***shear friction reinforcement***)

CRSI Concrete Reinforcing Steel Institute

In this construction method, cold joints occur on the top and bottom surfaces of the slab along the length of the wall, and shear transfer reinforcement must be determined at the following locations: (1) the face of the wall, (2) the cold joint at the bottom surface of the slab, and (3) the cold joint at the top surface of the slab. The shear transfer reinforcement perpendicular to the face of the wall and perpendicular to the bottom surface of the slab must transfer the shear forces along the length of the wall from the diaphragm to the wall below. Similarly, the vertical reinforcement in the wall must transfer the shear force in the wall above through the top surface of the slab to the wall below. Shear transfer reinforcement must also be provided along the length of the collectors.



$$V_n = A_{vf} f_y \mu$$ ١

Along lengths ab and cd, continuous bottom reinforcement in the diaphragm, if present, may suffice to resist the total shear forces $v_u t l_{ab}$ and $v_u t l_{cd}$, respectively.

The temperature and shrinkage reinforcement oriented in the east-west direction can be used as the shear transfer reinforcement between the diaphragm and the collector beams along column lines 2 and 3.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

محل اتصال دال به تیرجمع کننده و دیوار ۱

اتصال دال به دیوار ۲ ۳

ضوابط لرزه ای دیافراگم

۹-۸-۸ مقاومت برش اصطکاکی

$\phi V_n \geq V_u$ ۰/۷۵

$V_n =$

- آرماتور برش-اصطکاک عمود بر صفحه برش باشد ⇒ $V_n = \mu A_{vf} f_y$
  - سطح مقطع آرماتور برش-اصطکاک درصفحه‌مورد نظر برای تحمل برش
  - μ ضریب اصطکاک
- آرماتور برش-اصطکاک نسبت به صفحه برش مورب بوده و نیروی برشی سبب‌ایجاد کشش در فولادها شود ⇒ $V_n = A_{vf} f_y (\mu \sin\alpha + \cos\alpha)$
  - زاویه بین آرماتور برش- اصطکاک و صفحه‌ی برش مورد نظر

شرایط سطح تماس	μ
بتن ریخته شده به صورت یک پارچه	1.4λ
بتن قرار گرفته درمجاوربتن سخت شده‌که‌تمیزوعاری از لایه ضعیف بوده،وبه عمق تقریبی ۶ میلی متر مضرّس شده باشد.	1.0λ
بتن قرار گرفته در مجاور بتن سخت شده که تمیز و عاری از لایه‌ی ضعیف بوده ، و به صورت عمدی زبر نشده باشد.	0.6λ
بتن قرارگرفته در مجاور فولاد ساختمانی نورد شده،که تمیز وعاری از زنگ بوده، و انتقال برش توسط گل میخ یا میلگرد آجدار جوش‌شده یا سیم‌های جوش شده انجام می‌شود.	0.7λ

$\lambda = 1.0$ برای بتن معمولی؛ برای بتن سبک وزن، λ بر اساس بخش ۹-۳-۲ تعیین می‌شود؛ ولـی نبایـد از ۰/۸۵ بیش‌تر باشد.

عملکرد شاخه ای میلگرد (0.6Fy)

۹-۸-۸-۲-۳ مقدار V_n در عرض صفحه‌ی برش مورد نظر نباید از مقادیر ارائه شده در رابطه‌های (۹-۸-۳۷) بیش‌تر شود. اگر بتن‌های با مقاومت‌های مختلف در مجاورت یک دیگر اجرا شوند، کم‌ترین مقدار f'_c باید در این رابطه‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

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

@hoseinzadehasl

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

- میلگرد دوخت (**shear friction reinforcement**)

۱

$$A_{s(\text{dowel})} \geq \frac{V_{u(\text{total})} / \ell_w}{1.4\phi\lambda f_y}$$

In cases where the width of the collector is equal to the width of the vertical element of the LFRS, $V_{u(\text{total})}$ in this equation is equal the factored shear force in the wall, V_u. Where the collector is wider than the width of the vertical element, $V_{u(\text{total})}$ is equal to $V_u + T_v + C_v$.

Jack Moehle

۲

For the detail shown in Figure 15.23, the entire collector force, amplified by overstrength factor Ω_0, plus any diaphragm shear along the length of the wall, must be transferred to the wall through shear-friction across the cold joint. For the example of Figure 15.22, the total force is $C_{u,max} + T_{u,max} + v_u t l_{bc}$. (Note that the terms $C_{u,max}$ and $T_{u,max}$ include the factor Ω_0 but the term $v_u t l_{bc}$ does not include factor Ω_0.) Dowels crossing the cold joint can provide the required shear-friction reinforcement. If the interface is clean and free of laitance, and is intentionally roughened to an amplitude of ¼ in (6 mm) as required by ACI 318, the friction coefficient is $\mu = 1.0\lambda$.

۲

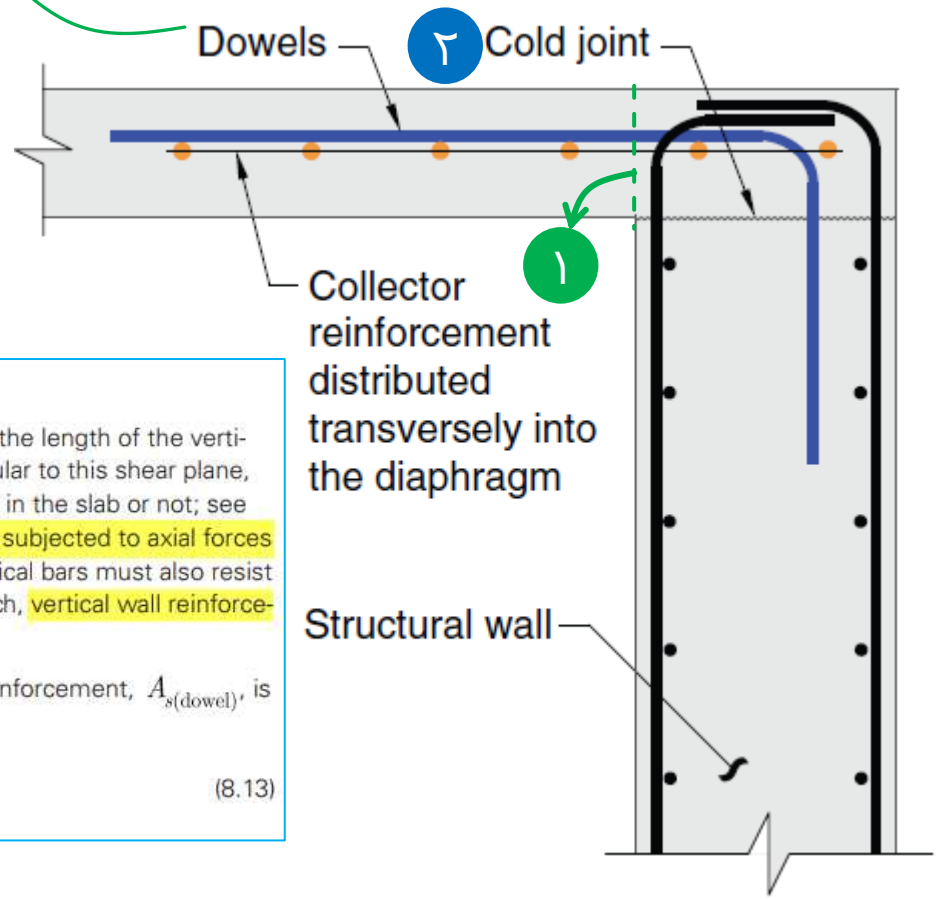
Shear Transfer Reinforcement at Bottom Surface of Slab

At the cold joint between the wall and the bottom surface of the slab, shear-friction requirements along the length of the vertical element of the LFRS can be satisfied, in general, using all the reinforcement that crosses perpendicular to this shear plane, which in the case of Construction Method A, consists of dowel bars (either spliced to the reinforcement in the slab or not; see Figures 8.6 and 8.7) and the vertical reinforcement in the wall. Typically, a wall that is part of the LFRS is subjected to axial forces in combination with flexure, which must be resisted by the vertical reinforcement in the wall. These vertical bars must also resist shear forces from lateral load effects, so the tension forces in these bars are usually not nominal. As such, vertical wall reinforcement is usually not used as shear-friction reinforcement at this location.

Where distinct dowel bars like those illustrated in Figure 8.6 are provided, the required area of dowel reinforcement, $A_{s(\text{dowel})}$, is determined by Equation (8.9):

$$A_{s(\text{dowel})} \geq \frac{V_{u(\text{total})} / \ell_w}{\phi\mu f_y} \qquad (8.13)$$

CRSI Concrete Reinforcing Steel Institute



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

CRSI Concrete Reinforcing Steel Institute

۳

- میلگرد دوخت (*shear friction reinforcement*)

Shear Transfer Reinforcement at Top Surface of Slab

At the cold joint between the wall and the top surface of the slab, shear-friction requirements along the length of the wall must be satisfied using the reinforcement that crosses this shear plane, which is the vertical reinforcement in the wall, A_ℓ. Assuming the factored shear force in the wall above the slab is equal to $V_{u(\text{above})}$, Equation (8.9) can be used to determine the required area of shear-friction reinforcement, A_{vf}:

$$A_{vf} \geq \frac{V_{u(\text{above})} / \ell_w}{\phi \mu f_y} \qquad (8.15)$$

Vu(above): نیروی برشی موجود در دیوار بالا که باید به دیوار پایینی و در نهایت به پی انتقال یابد

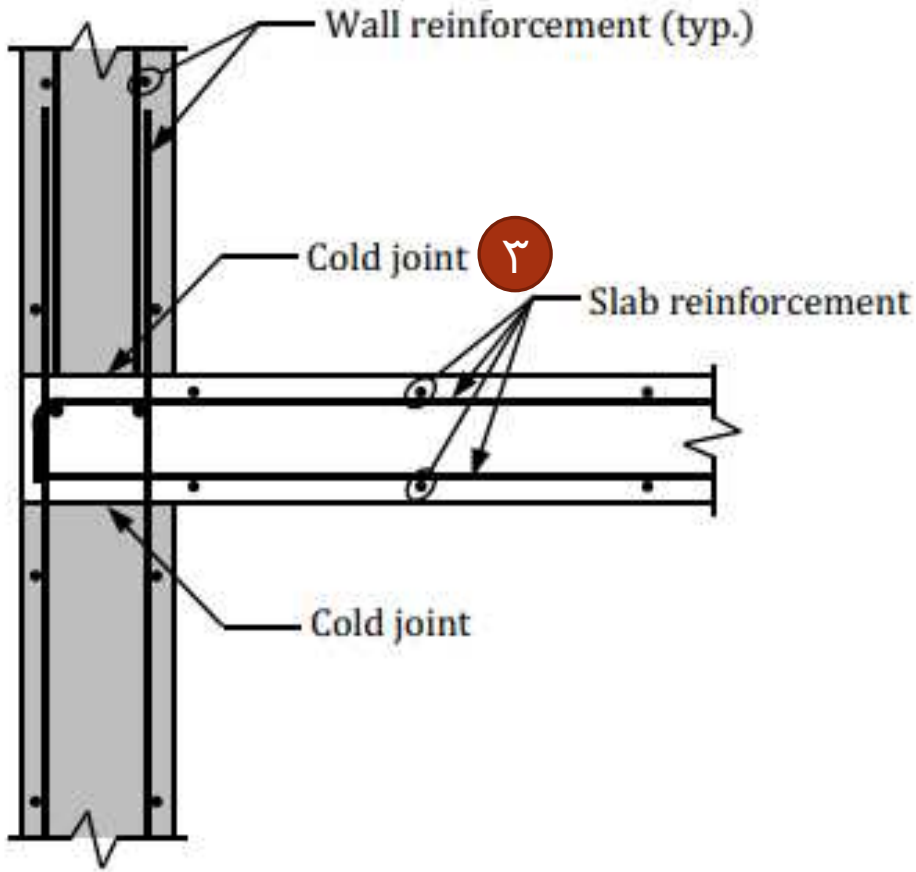
Where the tension forces in the vertical reinforcement of the wall are not nominal, the total area of reinforcement crossing this joint, $A_{\ell(\text{total})}$, must be equal to the area of the reinforcement A_{vf} determined by Equation (8.15) plus A_ℓ (see ACI 22.9.4.6):

$$A_{\ell(\text{total})} \geq \frac{V_{u(\text{above})} / \ell_w}{\phi \mu f_y} + A_\ell \qquad (8.16)$$

R22.9.4.6 Tension across the shear plane may be caused by restraint of deformations due to temperature change, creep, and shrinkage.

Where moment acts on a shear plane, the flexural compression and tension forces are in equilibrium and do not change the resultant compression $A_{vf}f_y$ acting across the shear plane or the shear-friction resistance. It is therefore not necessary to provide additional reinforcement to resist the flexural tension stresses, unless the required flexural tension reinforcement exceeds the amount of shear-transfer reinforcement provided in the flexural tension zone (Mattock et al. 1975).

وقتی لنگر بر صفحه برش عمل می‌کند، نیروی فشاری ناشی از خمش و نیروی کششی در تعادل با یک دیگر بوده و تغییری در برآیند فشاری $A_{vf}f_y$ که در عرض صفحه برش عمل می‌کند، ویا مقاومت برش-اصطکاک، ایجاد نمی‌کنند. بنابراین نیازی به فراهم کردن آرماتورهای اضافی برای تحمل تنش‌های کششی ناشی از خمش نیست؛ مگر آن که آرماتورهای مورد نیاز جهت کشش ناشی از خمش، از میزان آرماتورهای انتقال برش که در ناحیه کشش ناشی از خمش فراهم شده است، فراتر رود. ت-۸-۸-۲-۵



Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

CRSI Concrete Reinforcing Steel Institute

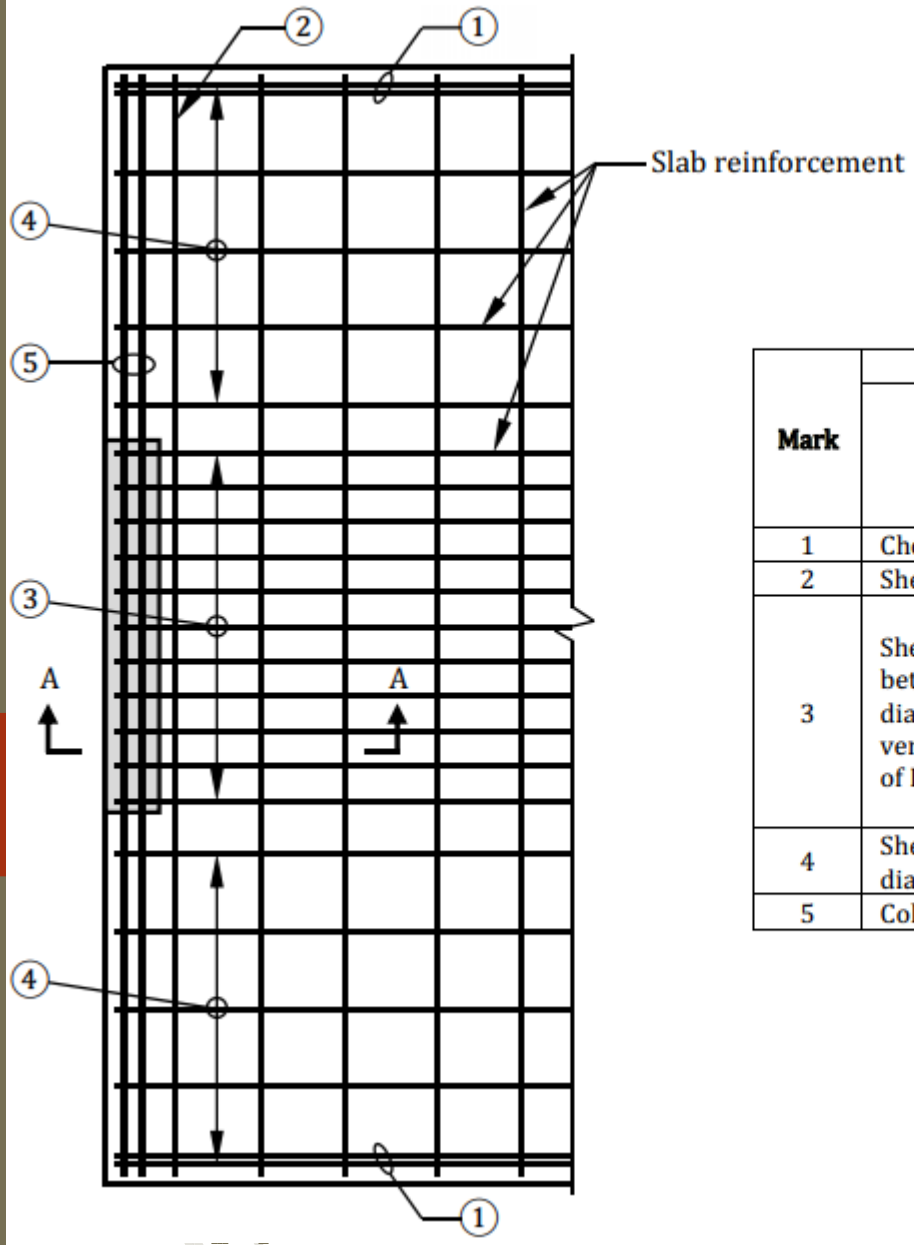
Table 8.2 Required Shear Transfer Reinforcement

Shear Transfer	Location	Type of shear transfer reinforcement	A_{vf}	
			Method A	Method B
Diaphragm and Vertical Elements of the LFRS	Face of wall and bottom surface of slab[1]	۲ Distinct dowel bars	$A_{s(\text{dowel})} \geq \dfrac{V_{u(\text{total})} / \ell_w}{\phi \mu f_y}$	
		۱ Reinforcement in slab[2]	$A_{s(\text{slab})} \geq \dfrac{V_{u(\text{total})} / \ell_w}{\phi \mu f_y}$	
	Top surface of slab	۳ Wall vertical reinforcement	$A_{\ell(\text{total})} \geq \dfrac{V_{u(\text{above})} / \ell_w}{\phi \mu f_y} + A_\ell$	———
Diaphragm and Collector Elements	Interface between diaphragm and collector	Reinforcement in slab[2]	$A_{s(\text{slab})} \geq \dfrac{V_u / L}{1.4 \phi \lambda f_y}$	

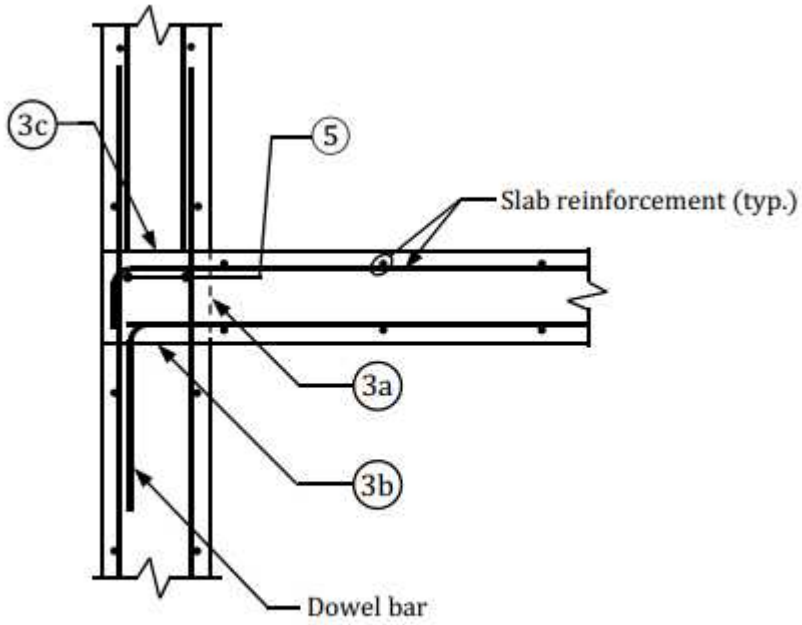
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم



Mark	Reinforcement				
	Type			Equation No.	
				Method A	Method B
1	Chord			8.4	
2	Shear			8.6	
3	Shear transfer between diaphragm and vertical elements of LFRS	a	Face of wall	8.12	8.18
		b	Bottom surface	8.14	—
		c	Top surface	8.16	—
4	Shear transfer between diaphragm and collectors			8.19	
5	Collector			8.27	



Method A

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای دیافراگم

۳۷-۸-۹

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

شروط μ=۱

A_c سطح مقطع بتنی که در انتقال برش مقاومت می کند

اگر درز در دیوار باشد سطح مقطع دیوار است در غیر اینصورت سطح مقطع دال است.

ب- در سایر موارد؛ کم‌ترین از مقادیر زیر:

$$V_n \le \text{Min}\begin{cases} 0.2f'_cA_c \\ 5.5A_c \end{cases}$$

یک پیشنهاد:
Pu=1.2D+1.0 (0.5) L
Pu=0.9 D

۹-۸-۸-۱-۳ مقدار f_y مورد استفاده برای محاسبه‌ی برش اصطکاکی اسمی V_n، بر اساس حدود ارائه شده در فصل ۹-۴ نباید از حداکثر ۴۲۰ مگاپاسکال بیشتر شود.

۹-۸-۸-۲-۴ 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.

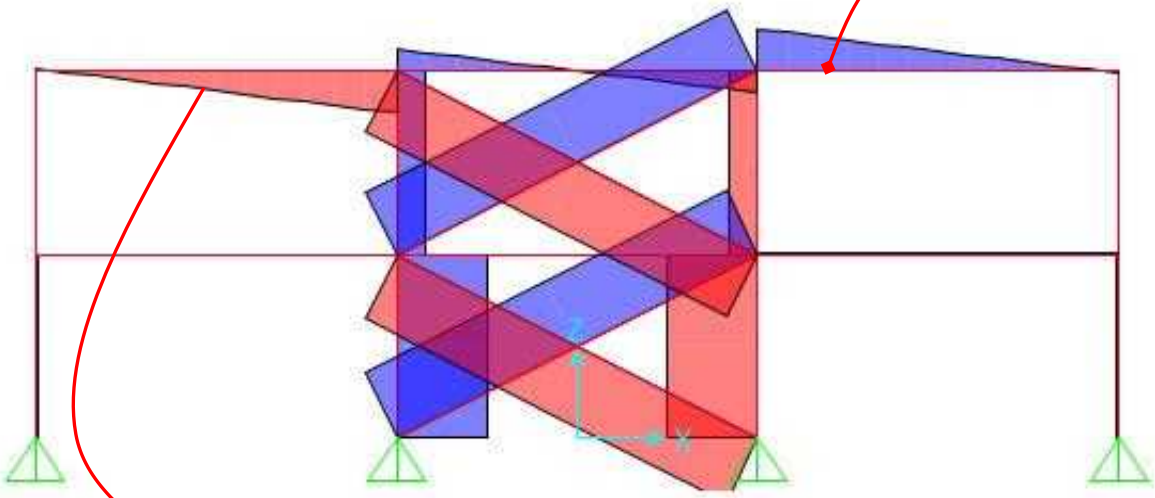
۹-۸-۸-۲-۵ در مواردی که صفحه‌ی برشی زیر اثر نیروی کششی قرار دارد، آرماتور لازم برای تحمل بار کششی را باید به آرماتور A_{vf} لازم برای تحمل برش اضافه کرد.

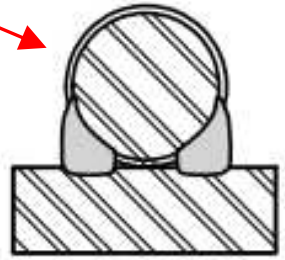
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

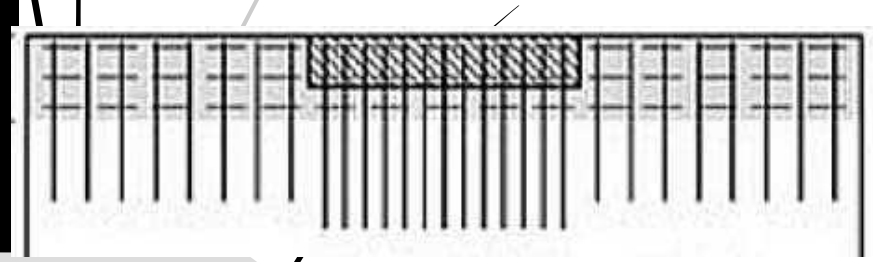
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

دیافراگم نیمه صلب

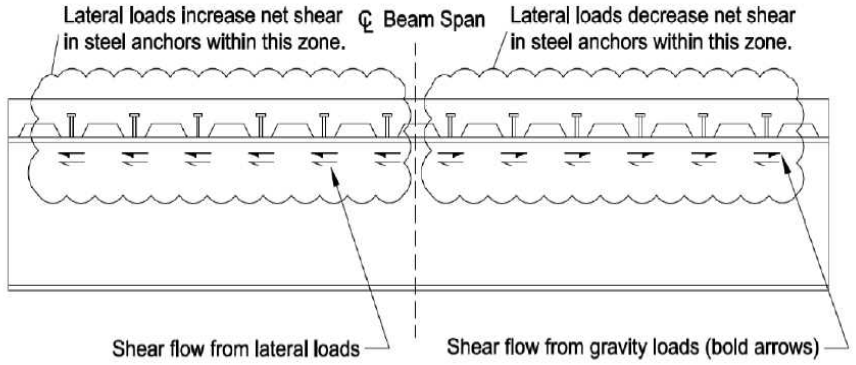
دیافراگم صلب







نیروی محوری وقتی بار در تمام طول قاب اعمال شده است



AISC360-16 *Fig. C-I7.1. Shear flow at collector beams.*

جدول ۹-۸-۱ ضریب‌های اصطکاک

ردیف	شرایط سطح تماس	ضریب اصطکاک؛ μ
الف	بتن ریخته شده به صورت یک پارچه	1.4λ
ب	بتن قرار گرفته در مجاور بتن سخت شده که تمیز و عاری از لایه‌ی ضعیف بوده، و عمداً به عمق تقریبی ۶ میلی متر مضرّس شده باشد.	1.0λ
پ	بتن قرار گرفته در مجاور بتن سخت شده که تمیز و عاری از لایه‌ی ضعیف بوده ، و به صورت عمدی زبر نشده باشد.	0.6λ
ت	بتن قرار گرفته در مجاور فولاد ساختمانی نورد شده، که تمیز و عاری از رنگ بوده، و انتقال برش در عرض سطح تماس توسط گل میخ یا میلگرد آجدار جوش شده یا سیم‌های جوش شده انجام می‌شود.	0.7λ

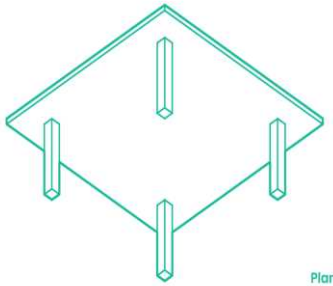
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

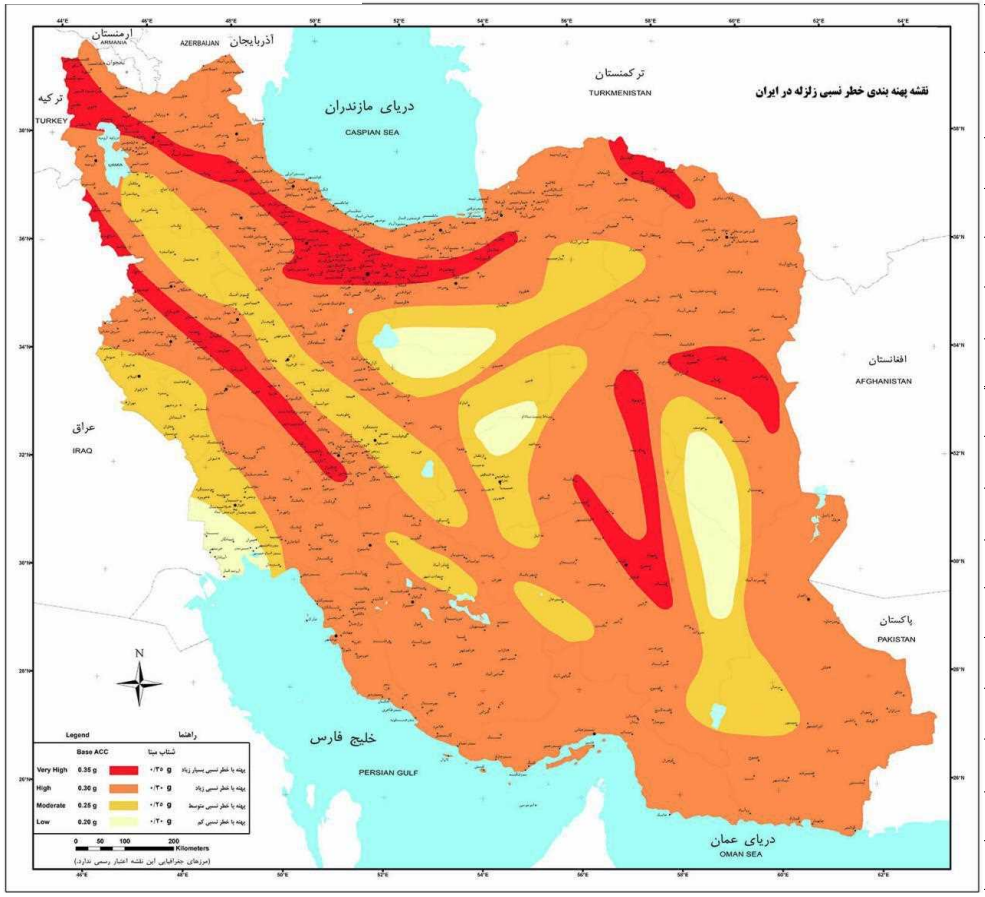
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

اهم ضوابط لرزه ای قابهای خمشی تیر –ستونی متوسط

۹-۲۰-۵-۵ دال های دو طرفه بدون تیر

۹-۲۰-۵-۵-۹ در سازه های با اهمیت 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 نمی باشد.



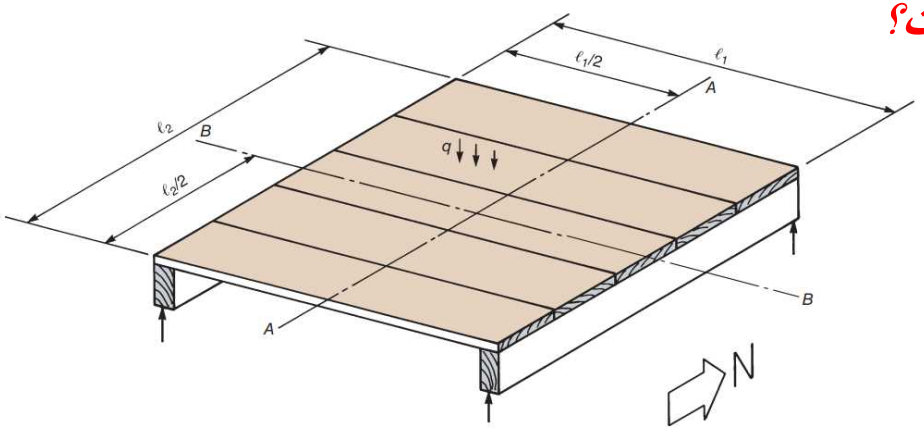


ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله			
			کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
۴	آبادان	خوزستان	*			
۴۸	اراک	مرکزی		*		
۵۱	اردبیل	اردبیل			*	
۶۲	ارومیه	آذربایجان غربی			*	
۸۶	اصفهان	اصفهان		*		
۱۱۵	اهواز	خوزستان		*		
۶۷	بندر عباس	هرمزگان			*	
۷۱	بندر انزلی	گیلان			*	
۹۳	بوشهر	بوشهر			*	
۱۶	همدان	همدان			*	
۴	یزد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

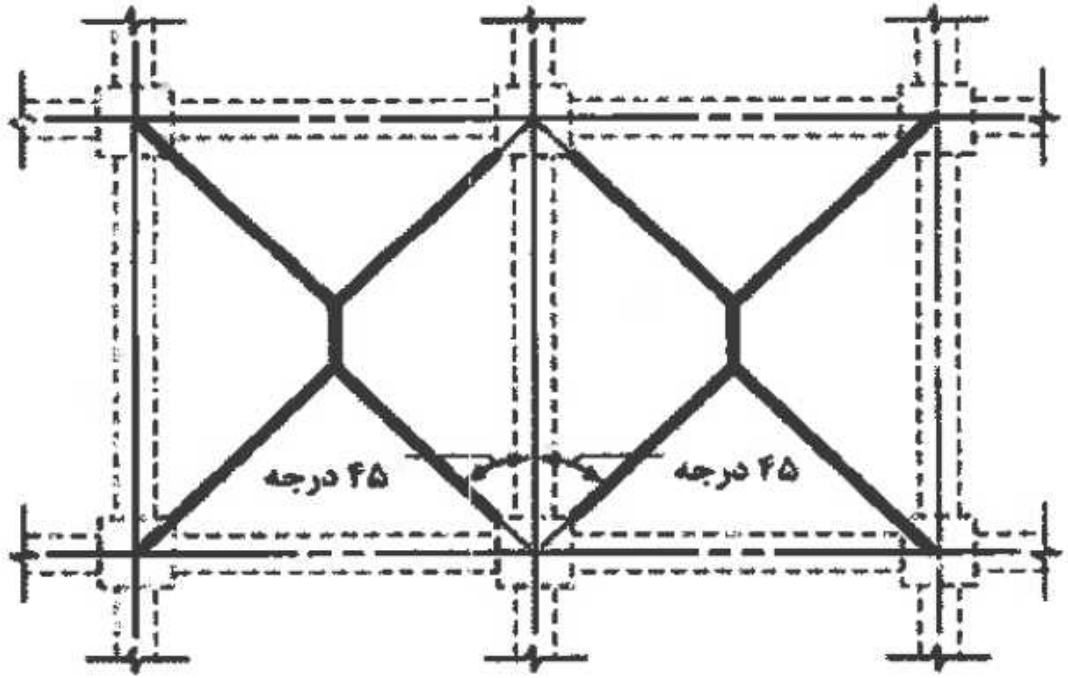
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای قابهای خمشی دال –ستونی متوسط (دالهای تخت) –تیر کامل چیست؟



۹-۱۰-۹-۱۱-۲ تیرهایی که در آن‌ها نسبت $\alpha_{f1}l_2/l_1$ حداقل مساوی با یک باشد، باید برای برش ناشی از باری طراحی شوند که در محدوده‌ی خطوط مورب ۴۵ درجه‌ی رسم شده از گوشه‌های دال‌های دو طرف تیر و محورهای چشمه‌های اطراف به دال‌ها وارد می‌شود. در این موارد برشی مستقیماً از دال به ستون‌ها وارد نمی‌شود.



$$\alpha_f = \frac{E_{cb}\, I_b}{E_{cs}\, I_s}$$

جدول ۹-۱۰-۱۱ قسمتی از برش که توسط تیر تحمل می‌شود

$\alpha_{f1}l_2/l_1$	ضریب توزیع
۰	۰
≥۱	۱

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای قابهای خمشی دال –ستونی متوسط (دالهای تخت) – نبود تیر چیست؟

دال بدون تیر چیست؟

۹-۱۰-۶ ضوابط کلی طراحی دال‌ها

۹-۱۰-۶-۱ حداقل ضخامت دال

۹-۱۰-۶-۱-۱ در دال‌های دوطرفه بدون تیرهای داخلی بین تکیه‌گاه‌ها در تمامی لبه‌ها، و با حداکثر نسبت دهانه‌ی بزرگ به دهانه‌ی کوچک برابر با ۲، حداقل ضخامت دال برای بارهای متعارف باید محدودیت‌های بند (الف) تا (پ) زیر را برآورده کند، مگر این‌که محدودیت‌های مربوط به خیز محاسبه‌شده در بند ۹-۱۰-۶-۲ برآورده شود.

الف- برابر با مقادیر جدول ۹-۱۰-۱؛

ب- برای دال‌های بدون کتیبه برابر با ۱۲۵ میلی‌متر؛

جدول ۹-۱۰-۲ حداقل ضخامت دال‌های دوطرفه با تیرهای بین تکیه‌گاه‌ها در همه‌ی لبه‌ها

حالت	حداقل مقدار h (میلی‌متر)		α_{fm} [۱]
(الف)	بند ۹-۱۰-۶-۱-۱		$\alpha_{fm} \le 0.2$
(ب)[۲] و [۳]	$\frac{l_n\left(0.8+\frac{f_y}{1400}\right)}{36+5\beta\left(\alpha_{fm}-0.2\right)}$	بزرگ‌ترین مقدار از:	$0.2 < \alpha_{fm} \le 2$
(پ)	۱۲۵		
(ت)[۲] و [۳]	$\frac{l_n\left(0.8+\frac{f_y}{1400}\right)}{36+9\beta}$	بزرگ‌ترین مقدار از:	$2 < \alpha_{fm}$
(ث)	۹۰		

[۱] α_{fm} مقدار میانگین α_f برای همه تیرهای لبه‌ی چشمه است.

۹-۱۰-۶-۲-۹ در دال‌هایی که در چهار سمت با تیرهای تکیه‌گاهی عملکرد یکپارچه دارند، باید نسبت سختی تیرها در دو امتداد عمود بر هم، در رابطه‌ی زیر صدق کنند:

$$0.2 \le \frac{a_{f1}\, l_2^2}{a_{f2}\, l_2^2} \le 5.0 \qquad (۹-۱۰-۴)$$

مقادیر α_{f1} و α_{f2} بر اساس رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شوند:

$$\alpha_f = \frac{E_{cb}\, I_b}{E_{cs}\, I_s} \qquad (۹-۱۰-۵)$$

α_f = ratio of flexural stiffness of beam section to flexural stiffness of a width of slab bounded laterally by centerlines of adjacent panels, if any, on each side of the beam

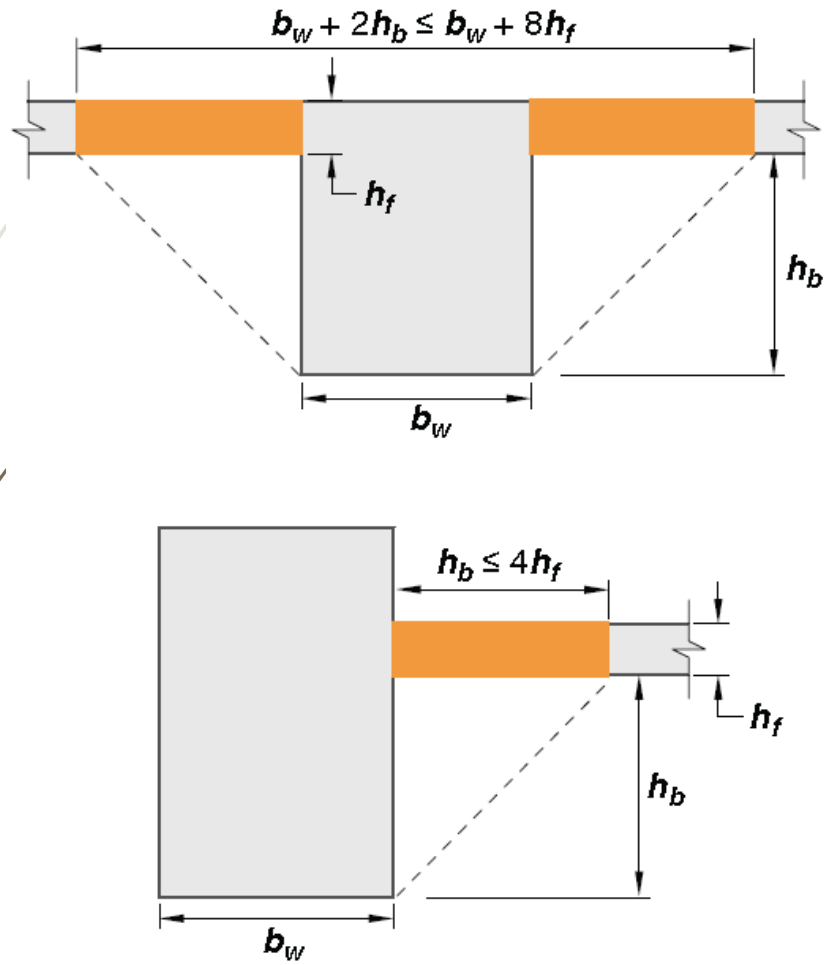
$\alpha_f = E_{cb}I_b/E_{cs}I_s$

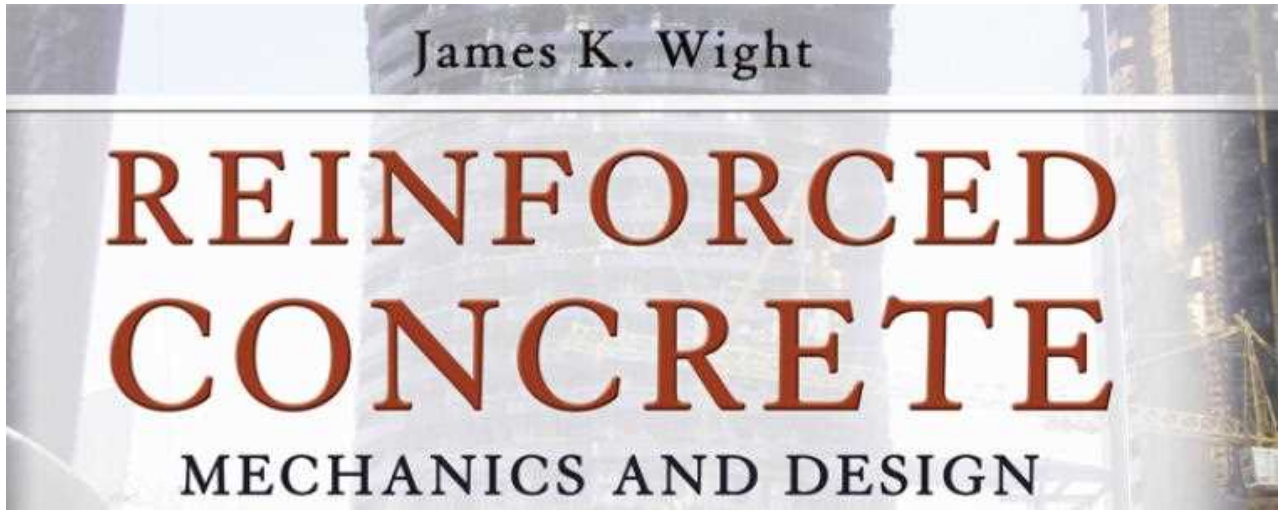
بنابراین دال بدون تیر دالی است که متوسط نسبت آلفا درچهار طرف ان زیر ۰.۲ باشد. چنانچه ارتفاع تیر و سقف هم اندازه باشد این ضریب (الفا) زیر این عدد بدست می آید.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای قابهای خمشی دال –ستونی متوسط (دالهای تخت) –تیر کامل چیست؟



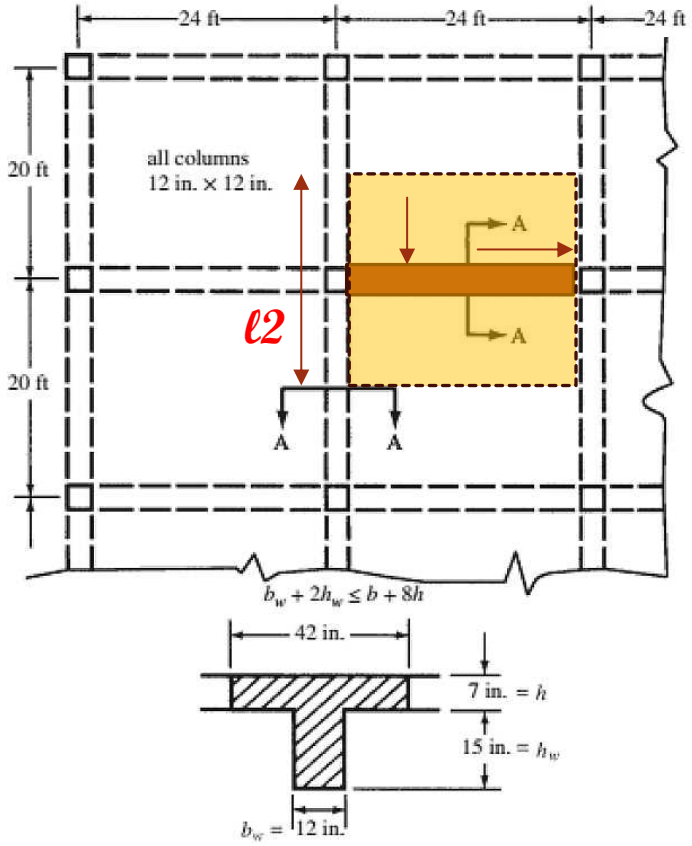


2. Select the slab thickness and beam size. The slab thickness is chosen to satisfy deflection requirements once the beam size is known. If $\alpha_{f1}\ell_2/\ell_1$ exceeds 1.0 for all beams, all the shear is transferred to the columns by the beams, making it unnecessary to check shear while selecting the slab thickness. If there were only edge beams, the minimum slab thickness for deflection would be governed by Table 13-1 and would be $\ell_n/33 = 8.18$ in., based on $\ell_n = 22.5$ ft. To select a thickness for a slab with beams between interior columns, the thickness will be arbitrarily reduced by 15 percent to account for the stiffening effect of the beams, giving a trial thickness of 7 in. Assume a beam with an overall depth of about 2.5 times that of the slab to give a value of α_f a little greater than 1.0.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای قابهای خمشی دال –ستونی متوسط (دالهای تخت) –تیر کامل چیست؟



(Using the Same Concrete for Beams and Slabs)

Computing α_1 for Long (Horizontal) Span for Interior Beams

I_s = gross moment of inertia of slab 20 ft wide

$$= \left(\frac{1}{12}\right)(12 \text{ in./ft} \times 20 \text{ in.})(7 \text{ in.})^3 = 6860 \text{ in.}^4$$

I_b = gross I of T-beam cross section shown in Figure 16.8 about centroidal axis = 18,060 in.^{4}

$$\alpha_1 = \frac{EI_b}{EI_s} = \frac{(E)(18{,}060 \text{ in.}^4)}{(E)(6860 \text{ in.}^4)} = 2.63$$

$$\alpha_{f1}\ell_2/\ell_1 = 2.63 \times \frac{20}{24} = 2.2$$

نکته :

این ضریب باید برای هر دو راستا محاسبه گردد. این بدین معنا است که بار در سطح هاشور خورده در راستای قائم **ابتدا به تیر و بعد به ستون** منتقل می شود و به طور مستقیم در عرض $\ell 2$ (هاشور خورده و در عرض نوار ستونی) به صورت افقی از دال به ستون منتقل نمی شود.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

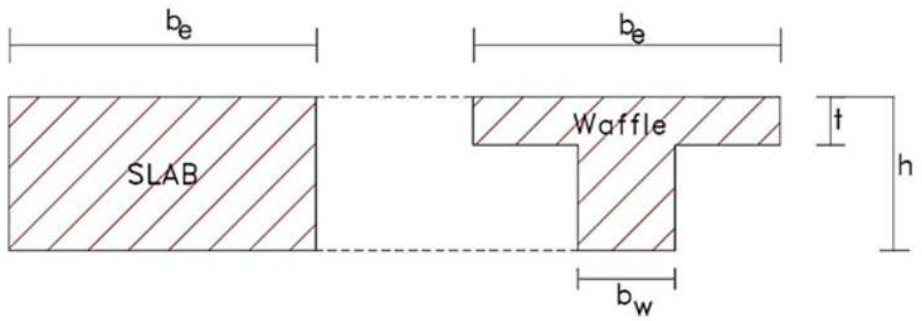
ضوابط لرزه ای قابهای خمشی دال –ستونی متوسط (دالهای تخت) –تیر چیست؟

سایر سقفهای متعارف:

۱- سقف وافل (مشبک)

در سایر سقفها می توان ضریب کاهش سختی موثر را در ممان اینرسی سقف توپر ضرب نمود (Kf)

be=	70	cm
bw=	10	cm
t=	7	cm
h=	30	cm
Iwaffle=	46390.15	cm^4
Islab=	157500	cm^4
kf=	0.295	
teff=	19.96	cm



شکل ۳۰. معادلسازی دال وافل با دال تخت

- اصلاح سختی خمشی (معادل m_{11}, m_{22})

ضریب اصلاح سختی خمشی برابر نسبت ممان اینرسی یک واحد وافل به ممان اینرسی دال توپر محاسبه می شود:

$$k_f = \frac{I_{waffle}}{I_{slab}} = \frac{I_{waffle}}{\frac{1}{12} b_e h^3}$$

$$I_{waffle} = \left(\frac{1}{3}\right)[b_w h^3 + (b_e - b_w)t^3] - [b_w h + (b_e - b_w)t].[0.5\frac{b_w h^2 + (b_e - b_w)t^2}{b_w h + (b_e - b_w)t}]^{\wedge 2}$$

نسبت سختی موثر این سقفها حدود ۰.۳ است لذا ارتفاع ۱.۵ برابر تیر نسبت به ضخامت سقف در اینجا عمدتا قابل قبول است.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

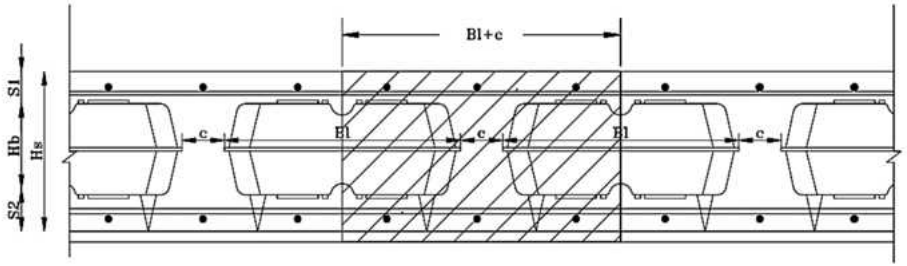
ضوابط لرزه ای قابهای خمشی دال –ستونی متوسط (دالهای تخت) –تیر چیست؟

سایر سقفهای متعارف:

۲- سقف مجوف

در این سقفها نسبت سختی عمدتا بیشتر از سقف وافل بوده و معمولا به قرار زیر است:

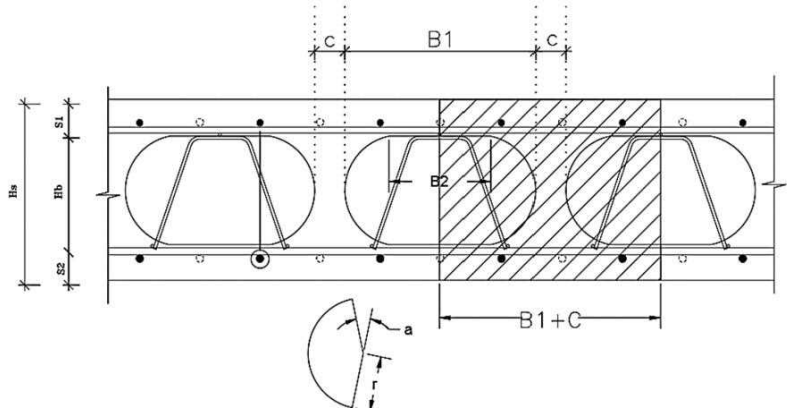
B1=	60	cm
c=	12	cm
Hb=	24	cm
S1,2=	7	cm
Hs=	38	cm
kf=	0.790	



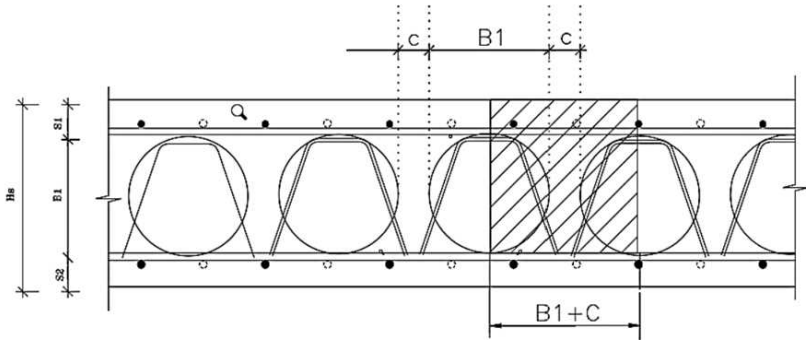
شکل ۳۲. نمونه هندسه دال یوبوت برای معادلسازی

$$k_f = 1 - \frac{B_1 H_b^3}{(B_1 + c) H_s^3}$$

کوبیاکس ۰/۹



بابل دک ۰/۸۷



نسبت سختی موثر این سقفها بین ۰.۸ (یوبوت) تا ۰.۹ (کوبیاکس) است لذا ارتفاع بیشتر از ۲ برابر ضخامت سقف برای تیر در اینجا لازم است.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

جدول ۱۰-۱۰ بخشی از M_u نوار ستونی در تیرها

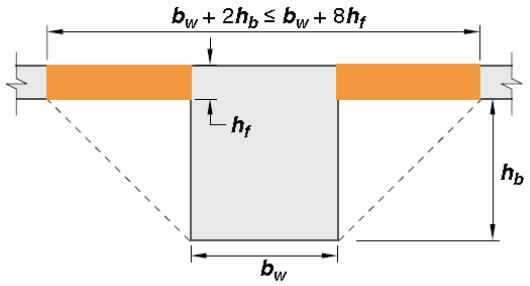
$\alpha f_1 \frac{l_2}{l_1}$	ضریب توزیع
۰/۰	۰/۰
≥۱/۰	۰/۸۵
یادداشت: بین مقادیر نشان داده شده باید درون‌یابی خطی شود.	

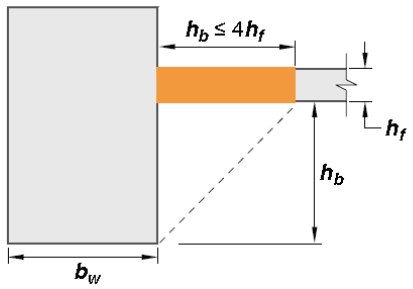
ضوابط لرزه ای قابهای خمشی دال – ستونی متوسط (دالهای تخت)

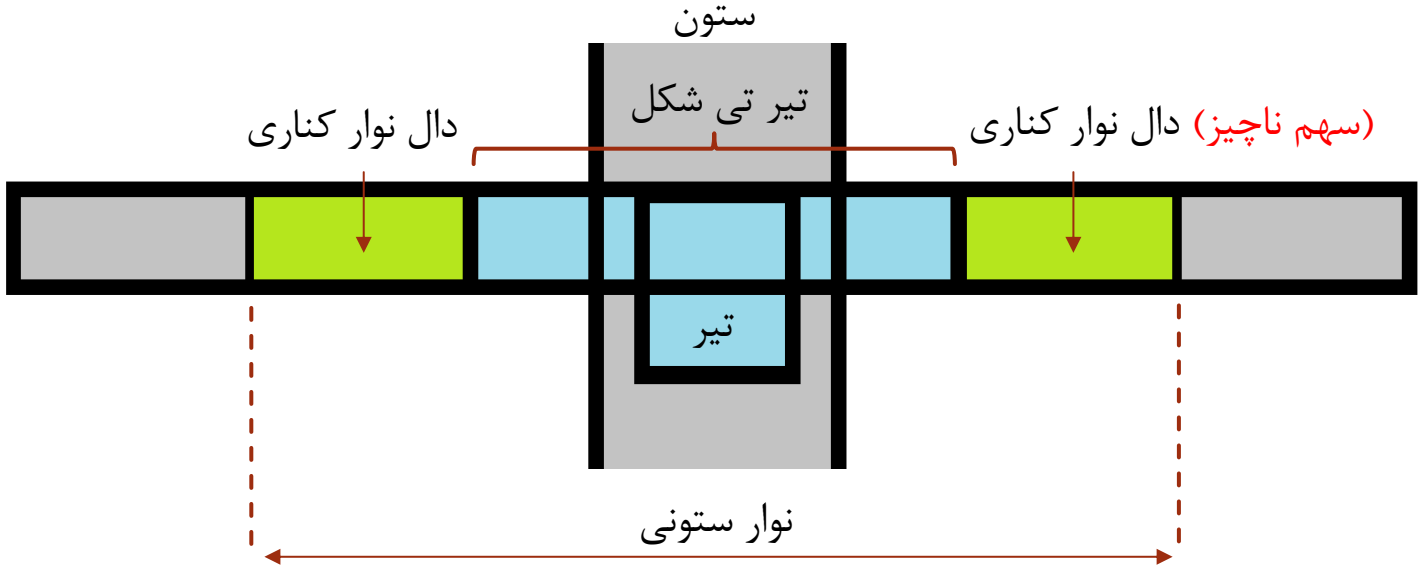
شرط ماندن و استفاده از سقف shell در مدل:

۱- نسبت آلفا در L2/L1 بیشتر از ۱ است: (کل نوار ستونی درگیر نیست و تیرT شکل درگیر است)

در این حالت سختی دال نسبت به تیر کم است و برش ثقلی ابتدا به تیر و بعد به ستون انتقال می یابد همچنین ۰.۸۵ درصد لنگر نوار ستونی (نوار اتصال مستقیم دال به ستون) به تیر T شکل (مقطع زیر) می رسد بنابراین **دال** نوار ستونی سهم ناچیزی دارد. لذا به جای تعریف تیر به صورت T شکل و یا افزایش ضریب سختی موثر، می توان در همه مدلها (تحلیل و طراحی) دال را با ضرایب سختی ۰.۲۵ (طراحی) و ۰.۳۵ (زمان تناوب) و تیر را مستطیلی مدلسازی نمود دقت شود. در قابهای ویژه در این حالت کنترل ضابطه تیرقوی و ستون ضعیف و برش ظرفیتی تیر، تیرها باید با اثرات آرماتورهای عرض موثر دال مدل شوند لذا لازم است یکبارهم تیرها به صورت T شکل مدل شود تا آرماتورهای بیشتری طراحی شده (آرماتورهای عرض موثر تیر) در این کنترل دیده شوند.







Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای قابهای خمشی دال – ستونی متوسط (دالهای تخت)

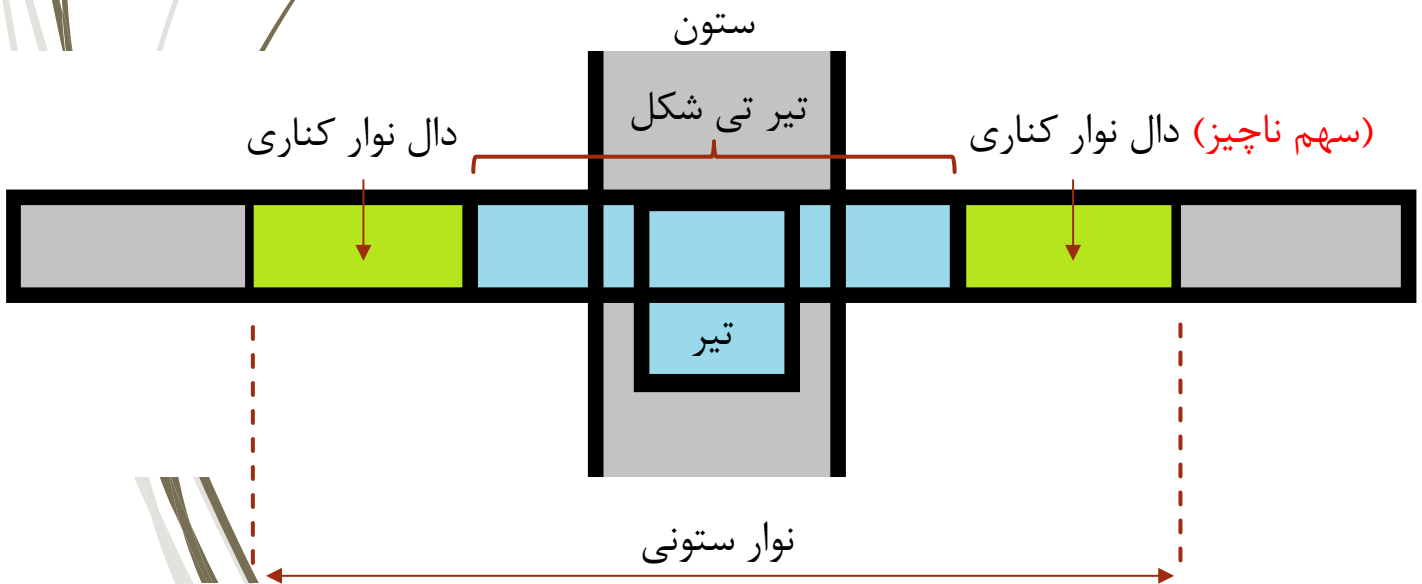
شرط ماندن و استفاده از سقف shell در مدل:

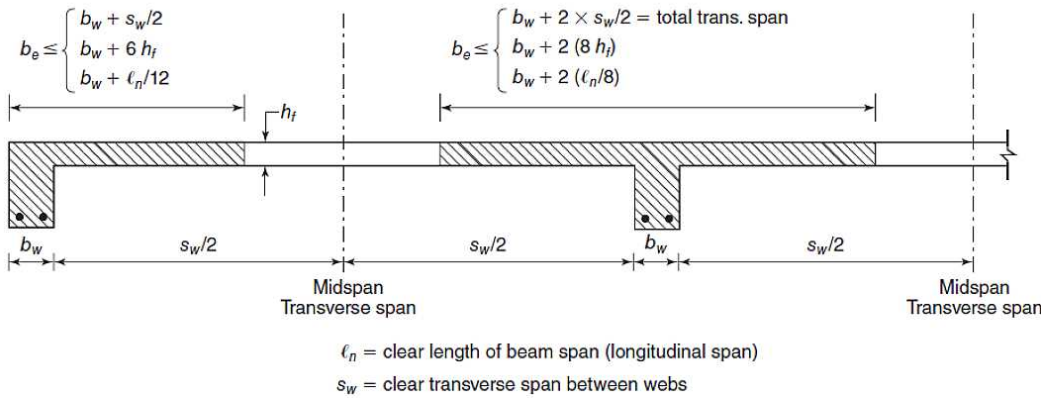
۱- نسبت آلفا در L2/L1 بیشتر از ۱ است: (کل نوار ستونی درگیر نیست و تیرT شکل درگیر است)

همچنین آرماتور منفی طراحی شده در مقطع T شکل باید در عرض مقطع T و با ضابطه روبرو توزیع شود. همچنین چون تیر با مقطع T شکل طراحی شده، صرفا میلگردهای منفی عمود بر تیرها و مثبت وسط دهانه در دو راستا (که رفتارهای ثقلی دارند) می ماند که در مدل مجزا (یا ETABS) و در مدل دال صرفا ثقلی طراحی می شوند. دقت شود اگر در مدل تیر T شکل نداشته باشیم (مثلا قابهای خمشی متوسط) دالها برای محاسبه میلگردهای منفی موازی با تیر در محدوده عرض موثر تیر نه در دال نوار ستونی به خصوص در بارجانبی، باید در بارگذاری های لرزه ای طراحی شوند. مقطع T شکل در بارجانبی و طراحی و توزیع آرماتور مقطع زیر است:

۳-۱۹ توزیـــع آرمـــاتور خمشـــی و کنتـــرل عرض ترک

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





۳-۳-۶ مشخصات هندسی تیر T

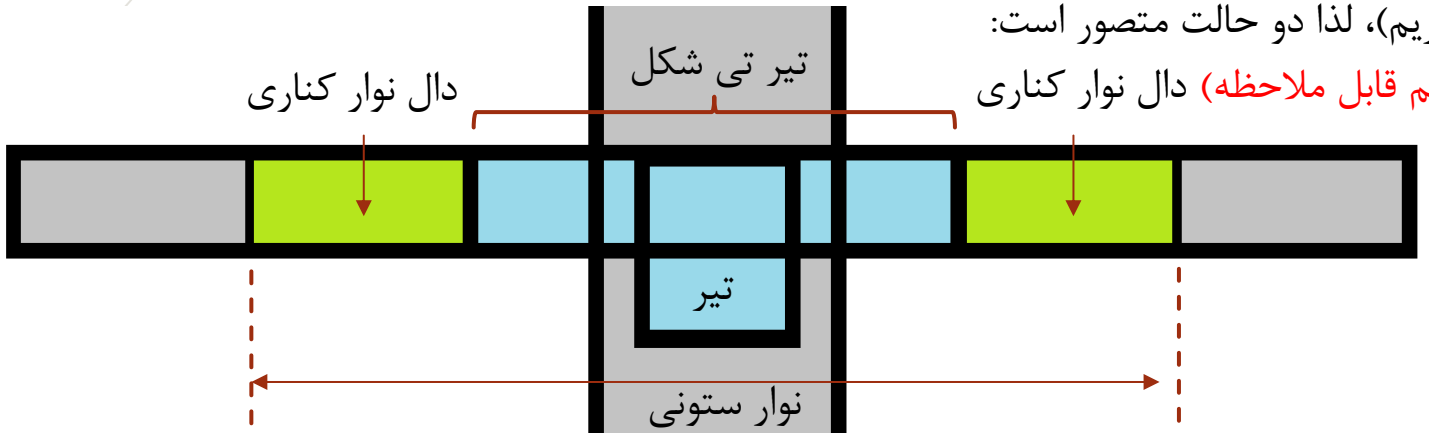
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای قابهای خمشی دال – ستونی متوسط (دالهای تخت)

۲- نسبت آلفا کمتر از ۱ است: (کل نوار ستونی درگیر است)

در این حالت دال (خارج از عرض تیر T شکل) درگیر است یعنی سهمی از بار از طریق **دال** نوار ستونی به ستون منتقل می شود (حتی اگر عرض بال تیر را حالت عریض تر طبق فصل ششم بگیریم)، لذا دو حالت متصور است:



۲-۱- قاب خمشی ویژه است - ***در این حالت امکان حضور دال با اتصال به ستون به عنوان یک سیستم موازی با قاب تیر ستونی (به صورت دال ستون) وجود ندارد*** لذا حتما باید از سیستم باربر جانبی خارج شده و اصلاح سختی تیر به روشهای قبلی (مدلسازی T شکل یا افزایش ضریب سختی) انجام شود. چون آرماتورهای منفی در عرض موثر مقطع T شکل طراحی شده دال به صورت صرفا ثقلی طراحی می شود.

۲-۲- قاب خمشی متوسط است - در اینجا اینکه دال ستون بتواند به عنوان بخشی از سیستم قاب متوسط عمل کند منع آیین نامه ای ندارد (به جز سازه های با اهمیت بسیار زیاد و یا با خطر نسبی خیلی زیاد که در این حالت نیز مانند بند ۲-۱ عمل می شود) هرچند به عقیده برخی طبق ۲۸۰۰ حداکثر تا ۳ طبقه مجاز است. حال دال می تواند حذف شده یا در مدل بماند. بنابراین چنانچه تصمیم به حضور دال در مدل باشد و تیر به صورت مستطیلی مدل شود حال باید علاوه بر طراحی لرزه ای دال (مثلا برای محاسبه آرماتورهای منفی موازی با تیر در عرض نوار ستونی)، ضوابط لرزه ای نیز باید رعایت گردد. ضریب ترک خوردگی دال در این حالت در مدل طراحی سازه بین ۰.۲۵ تا ۰.۵ (مثلا ۰.۳۳) و مدل پریود با افزایش ۱.۴ برابری در و کنترل دریفت ۰.۲۵ است.

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای قابهای خمشی دال – ستونی متوسط (دالهای تخت) -ترک خوردگی

FEMA P2006

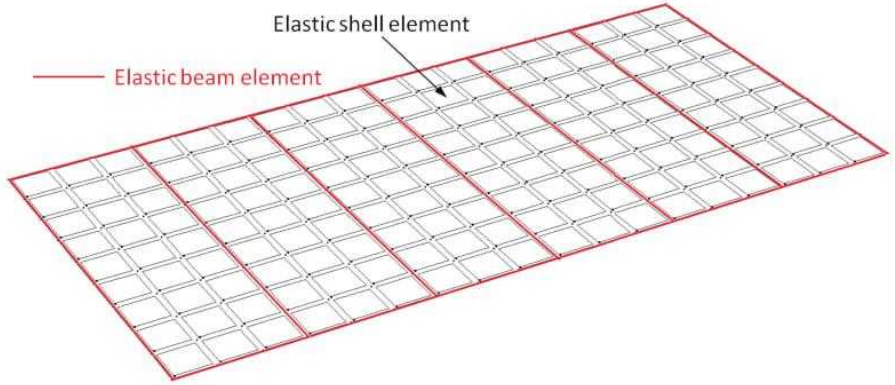


Figure 11-8 An explicitly modeled floor diaphragm with elastic shell and beam elements (each bay is divided into 9 shell elements).

- **Modeling of Diaphragms:** Roof and floor diaphragms are explicitly modeled using elastic shell elements. The effective stiffness values of the shell elements are determined in accordance with ASCE 41-13 Table 10-5. In accordance with ASCE 41-13 § 10.4.4.2, the effective flexural stiffness of the slab used in the model is $1/3E_cI_g$. Although the overall procedure is NSP, the analytical structural model is a combination of linear and nonlinear materials and elements. Thus, to account for the cracked property and other nonlinear response of the linear diaphragm model, a reduced moment of inertia of $1/3E_cI_g$ is used. The axial

$$\beta_{eff} = 4c_1/l_1 \geq 1/3 \qquad \text{(C10-3)}$$

ACI 421.3R-15

Guide to Design of Reinforced Two-Way Slab Systems

7.2.2 *Slab stiffness reduction–*

the given loading condition. When the analysis is used to determine design drifts or moment magnifications caused by wind or earthquake-induced forces, lower-bound slab stiffnesses should be assumed. When the analysis is used to study interactions of slabs with other framing elements, such as structural walls, it is appropriate to consider a range of slab stiffnesses so that the relative importance of slabs on those interactions can be assessed. For nonprestressed slabs, it is normally appropriate to reduce slab bending stiffness to between one-half and one-fourth of uncracked stiffness values based on gross section properties or based on limits prescribed in ACI 318-14, Section 6.6.3.1.1. For prestressed

به طور خلاصه باید برای کنترل دریفت و اثرات PDelta از حد پایین (۰.۲۵) و برای طراحی اعضای سازه ای مانند دیوارها بین ۰.۲۵ تا ۰.۵ فرض نمود.

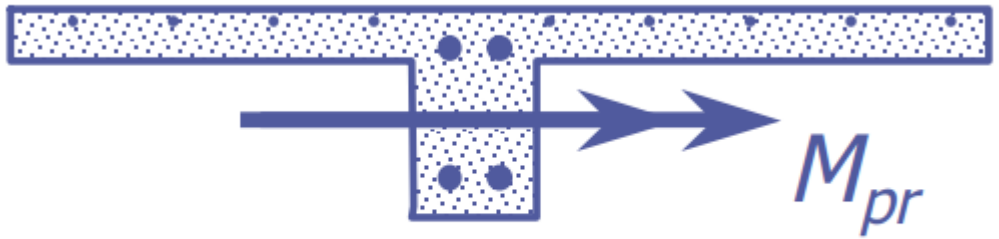
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ACI 352R-02

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

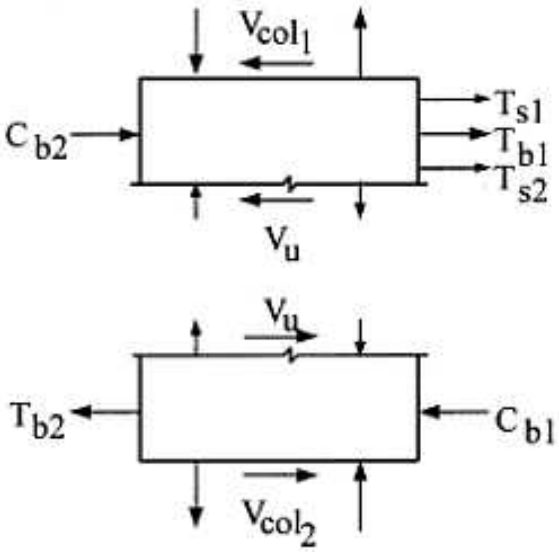
Reported by Joint ACI-ASCE Committee 352



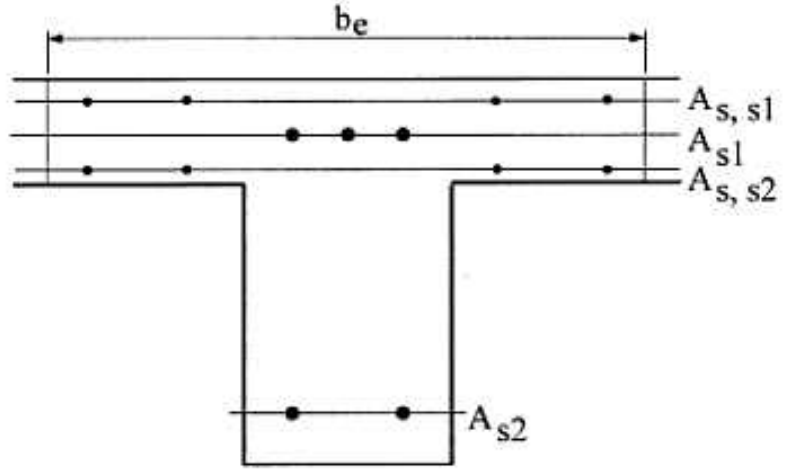
Beam Section

ضوابط لرزه ای- ستونها

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



Joint Elevation



Beam Section

$$V_u = T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} + C_{b2} - V_{col_1}$$

where:

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

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

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

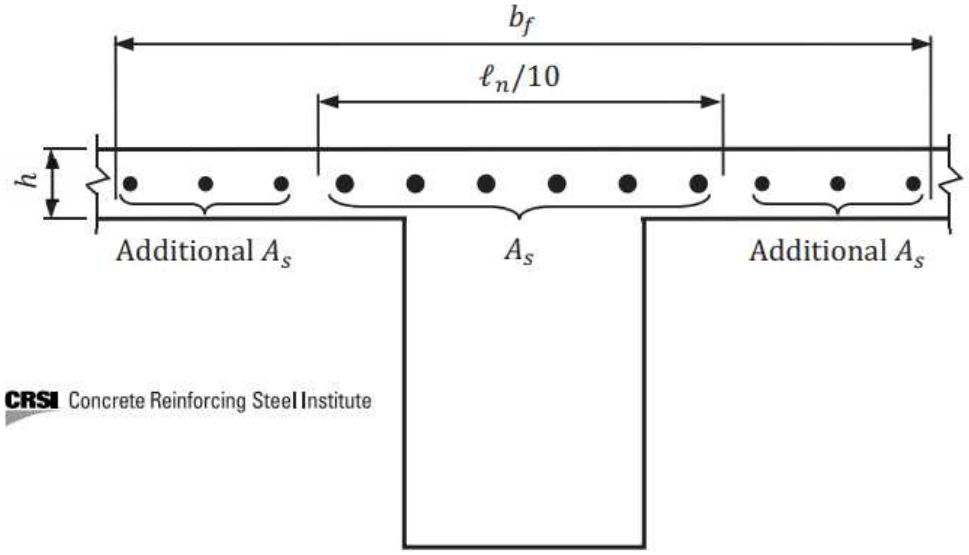
ضوابط لرزه ای- ستونها

۹-۲۰-۶-۴ حداقل مقاومت خمشی ستون‌ها

در تیرهای T شکل

در صورتی‌که 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 ۶-۳-۳، که مهار آن‌ها در حد تسلیم در مقطع بحرانی خمشی تامین شده باشد، نیز منظور گردند.

منظور از میلگردهای اصلی در راستای جان است



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

۲۰-۶-۲-۳-۳ 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 ۲۱-۶-۲-۴ باشند. فاصله مرکز تا مرکز آرماتورهای خمشی که دارای تکیه‌گاه جانبی هستند، نباید بیش از ۳۵۰ میلی‌متر باشد. برای آرماتورهای جلدی که بر اساس ضوابط بند ۱۱-۶-۱-۳ ضروری هستند، نیازی به تکیه‌گاه عرضی نیست.

۱۹-۳ توزیـــع آرمـــاتور خمشـــی و کنتـــرل عرض ترک

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

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

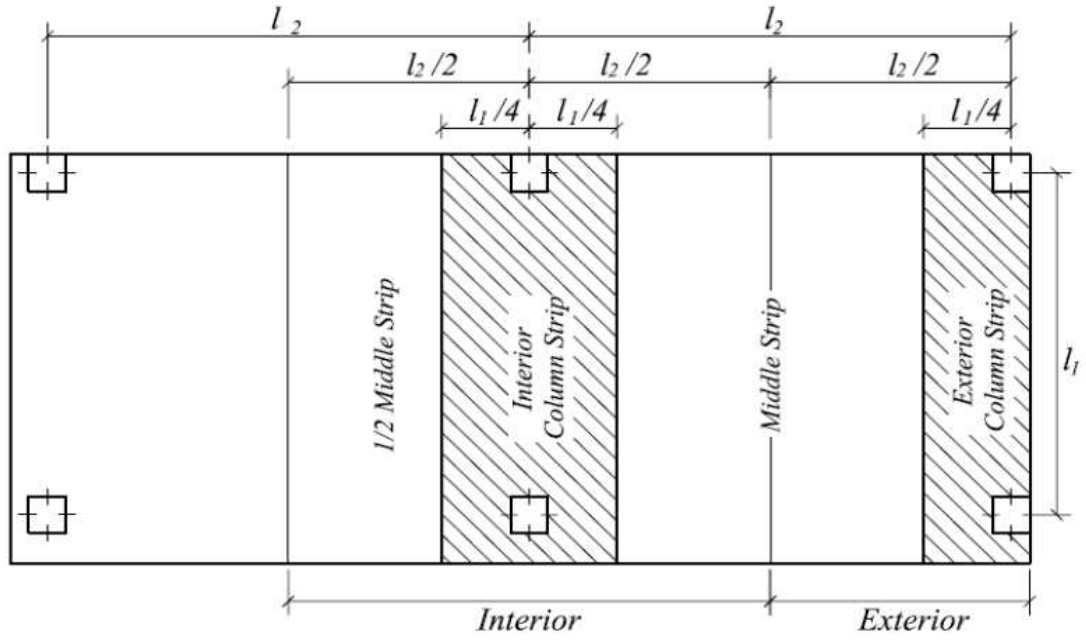
علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای قابهای خمشی دال –ستونی متوسط (دالهای تخت) –به غیر از تهران و مناطق با خطر نسبی بسیار زیاد

۹-۲۰-۵-۵ دال های دو طرفه بدون تیر

۹-۲۰-۵-۵-۱ 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 ۹-۱۰-۲-۵ قرار داده شوند.

(چنانچه دال عضو باربرجانبی باشد)



۹-۱۰-۲-۵ 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.

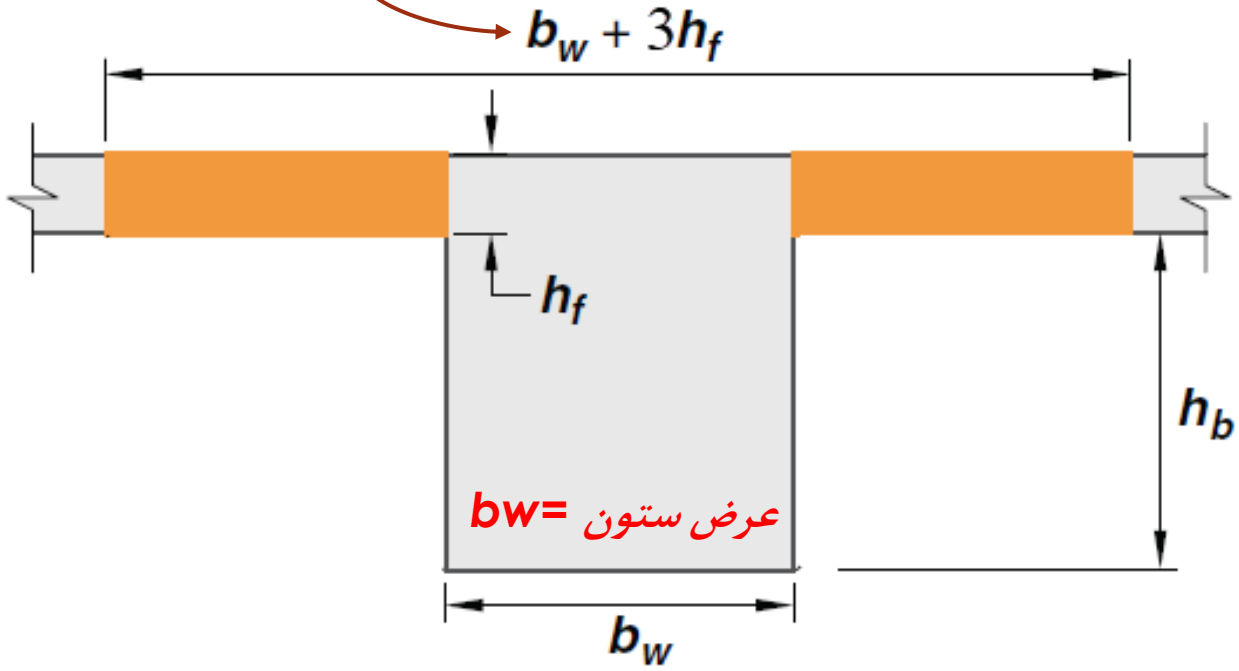
Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

ضوابط لرزه ای قابهای خمشی دال –ستونی متوسط (دالهای تخت) –به غیر از تهران و مناطق با خطر نسبی بسیار زیاد

۹-۲۰-۵-۵ دال های دو طرفه بدون تیر

۹-۲۰-۵-۵-۳ حد اقل نصف آرماتورهای نوار ستونی در تکیه گاهها باید در محدوده عرض موثر دال، که در بند ۹-۱۰-۶-۴-۳ تعیین شده است، قرار داده شود.



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

Alireza Faroughi
Assistant Professor of IAU. East Tehran Branch

علیـــــرضا فـاروقـی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق

با تشکر از توجه شما

@ISTAINS

@Faroughi.alireza