سازمان نظام مهندسی ساختمان

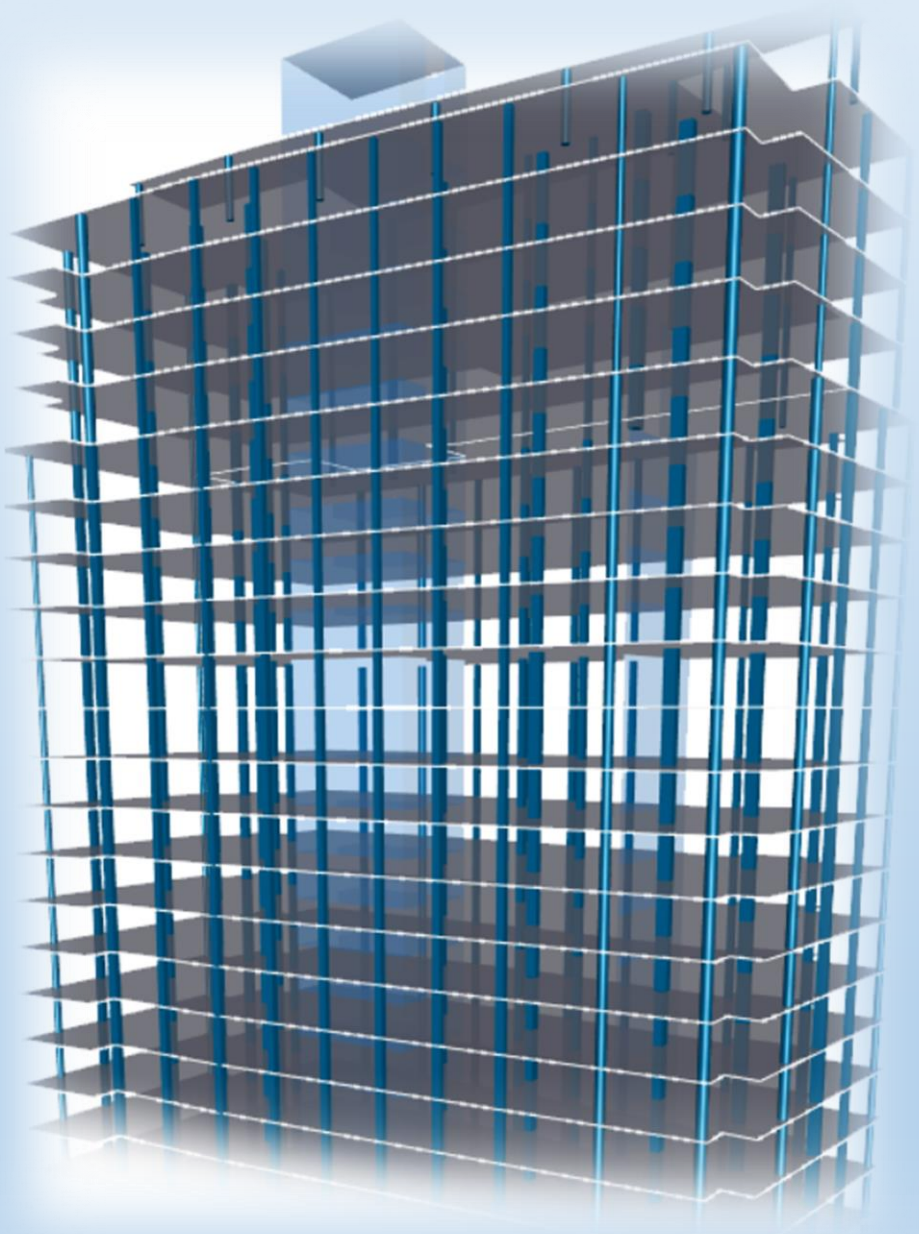
دیوارهای برشی ویژه

بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش سال ۱۳۹۹

ارائه دهنده: داود صفری

همکاران: داود قائدیان رونیزی– علی رحیمی

اسفند ماه ۱۳۹۹



Etabs-SAP.ir

داود صفری

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز-گروه مهندسی عمران
عضو هیئت رئیسه گروه تخصصی عمران سازمان نظام مهندسی استان فارس

Weblog: www.d-safari.blogsky.com
E-mail: davoud.safari@gmail.com

کلیات

تغییرات مهم مبحث نهم مقررات ملی در زمینه طرح لرزه ای

- ✓ الزام کنترل برش چشمه اتصال در قاب های خمشی متوسط
- ✓ تغییر رابطه محاسبه L_{dh} و معمولاً افزایش این طول (غیرلرزه ای)
- ✓ به رسمیت شناختن سیستم دال تخت– ستون به عنوان قاب خمشی متوسط
- ✓ حذف دیوار برشی متوسط و الزام به استفاده از سیستم دیوار برشی ویژه

تغییر دسته بندی شکل پذیری دیوارها

داود صفری

قدیم

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	R_u	Ω_0	C_d	H_m (متر)
ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی)+ دیوارهای برشی بتن‌آرمه ویژه	۷/۵	۲/۵	۵/۵	۲۰۰
	۲- قاب خمشی بتن‌آرمه متوسط+ دیوار برشی بتن‌آرمه ویژه	۶/۵	۲/۵	۵	۷۰
	۳- قاب خمشی بتن‌آرمه متوسط+ دیوار برشی‌بتن‌آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰
	۴- قاب خمشی فولادی متوسط+ دیوار برشی بتن‌آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰

مبحث ۹ جدید

جدول ۹-۲۰-۱ ضوابط مربوط به سطوح شکل پذیری سیستم‌های بتن آرمه

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

تغییر دسته بندی شکل پذیری دیوارها

- در مبحث نهم ویرایش **جدید**، دیوارهای برشی با شکل پذیری **متوسط** **حذف** شده و تنها دیوارهای برشی با **شکل پذیری کم** و دیوارهای برشی با **شکل پذیری زیاد** یا **ویژه** وجود دارد.

- دیوار برشی با **شکل پذیری کم** فقط در مناطق با **لرزه خیزی متوسط** و **کم** برای ساختمان های **با اهمیت متوسط یا کمتر** مجاز هست.

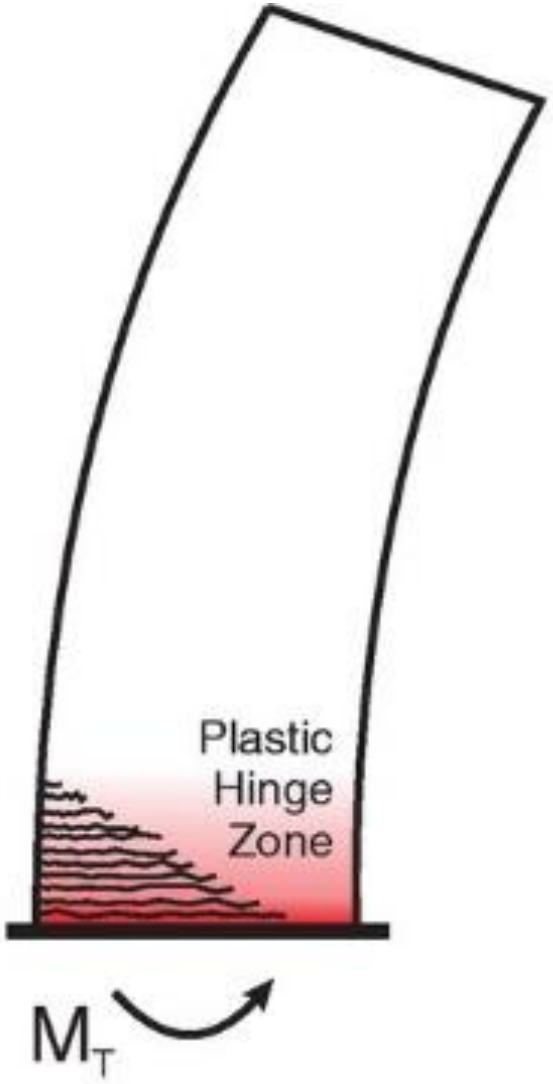
تغییر دسته بندی شکل پذیری دیوارها

قاب خمشی متوسط + دیوار برشی متوسط R=6.0

قاب خمشی متوسط + دیوار برشی ویژه R=6.5

- در دیوار برشی ویژه (و قاب های خمشی ویژه) **حداقل مقاومت** فشاری بتن برابر **۲۵ مگاپاسکال** می باشد.

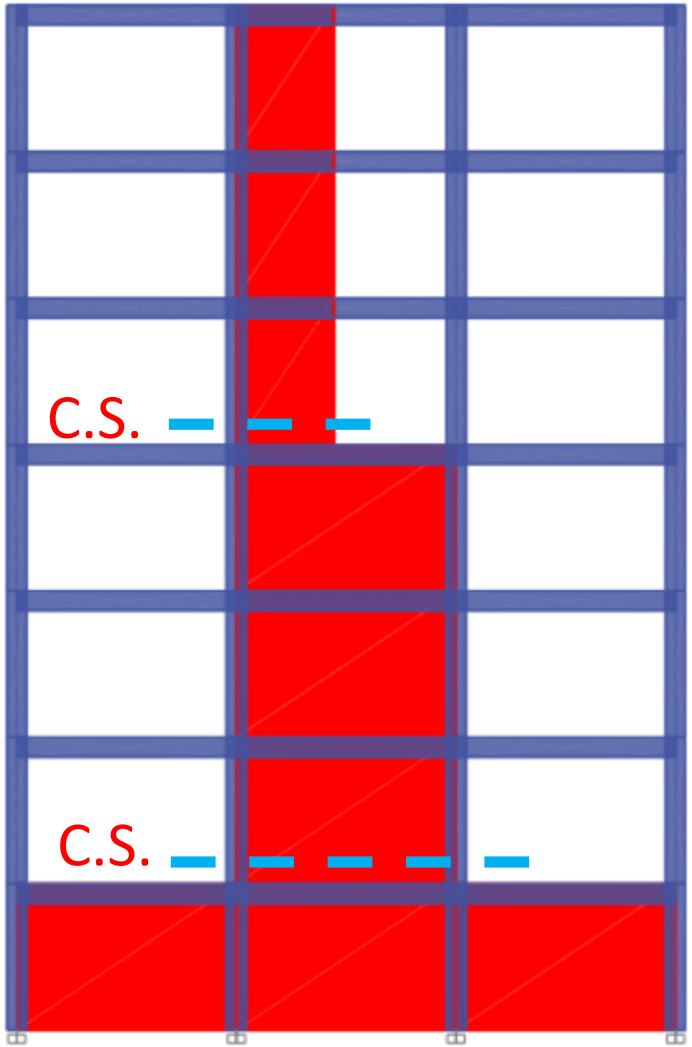
مقطع بحرانی (Critical Section) دیوار برشی

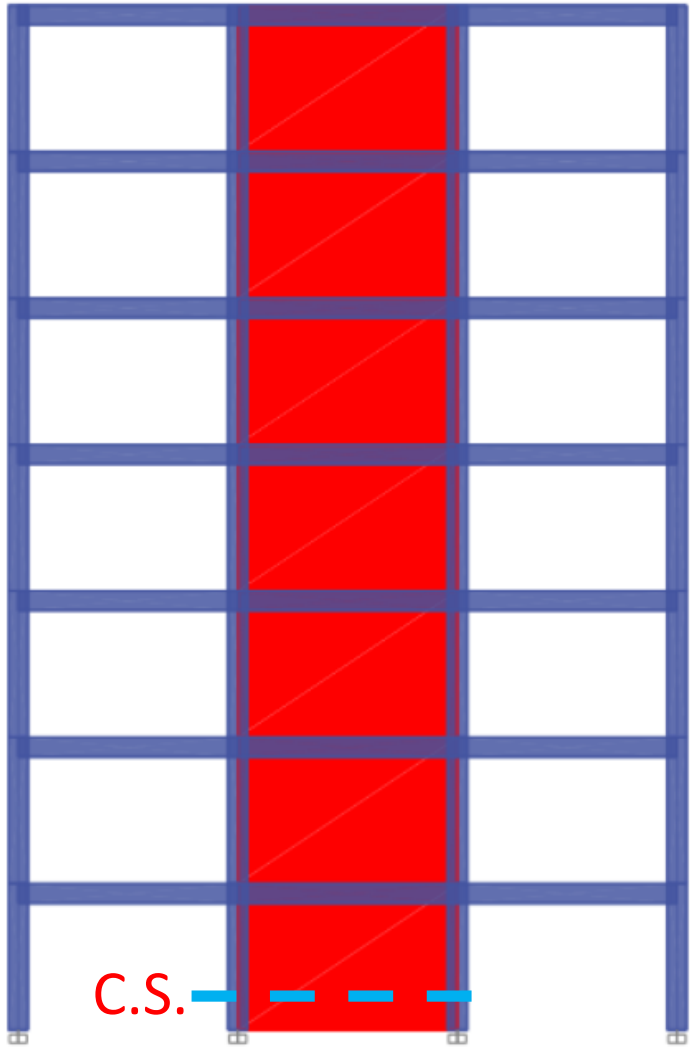


- **مقطع بحرانی** محلی است که **مفصل پلاستیک** (خمشی) دیوار برشی در آن ایجاد می شود.

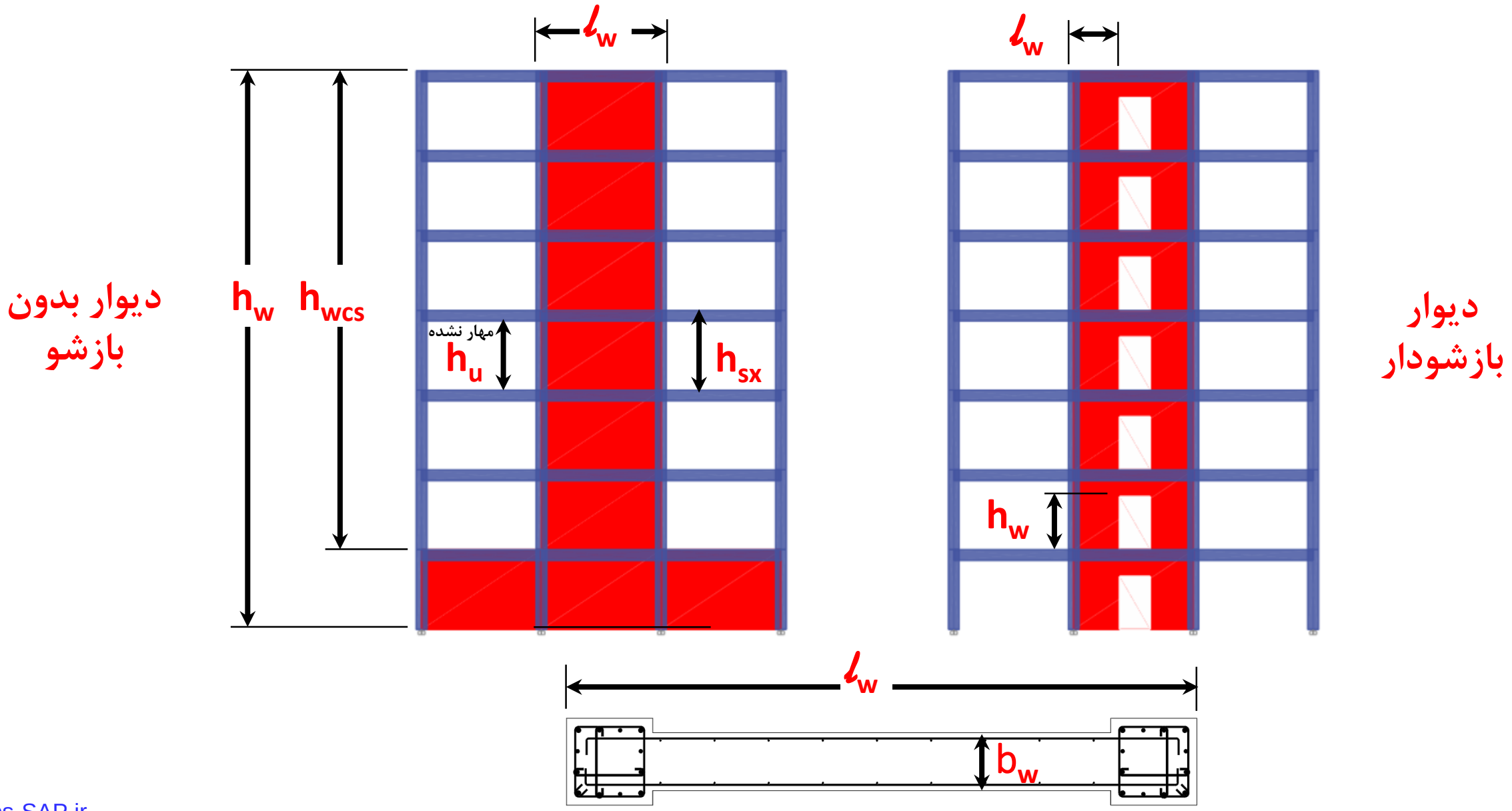
- برخلاف **قاب خمشی** که مفاصل پلاستیک در ارتفاع می تواند **توزیع** شود، در **دیوارهای برشی** محل تشکیل مفصل پلاستیک **محدود** است.

مقطع بحرانی (Critical Section) دیوار برشی

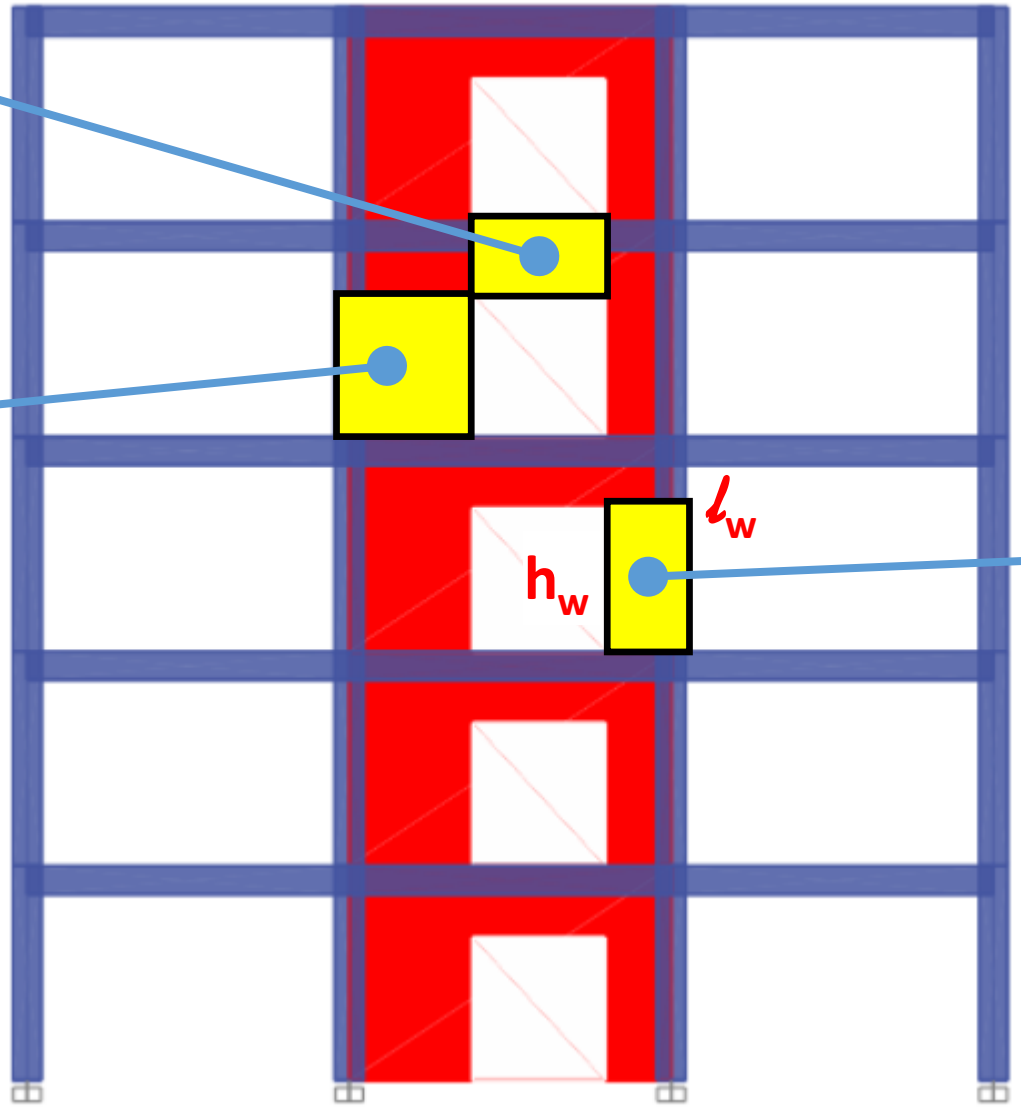




معرفی اندیس ها



معرفی اسم گذاری



قطعه افقی دیوار

قطعه قائم دیوار

دیوار پایه (Wall Pier)

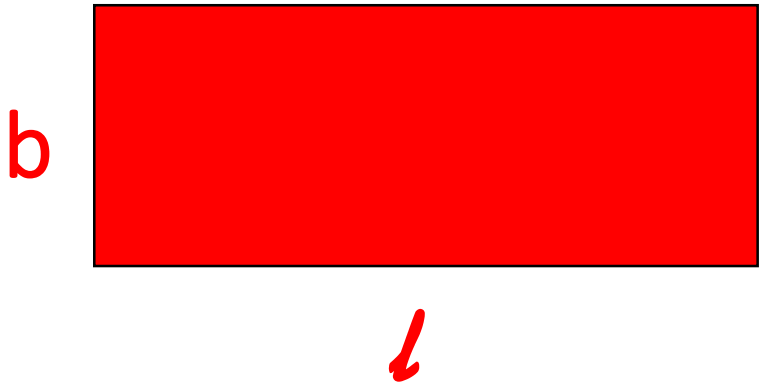
اگر

ارتفاع زیاد $h_w/l_w \geq 2$

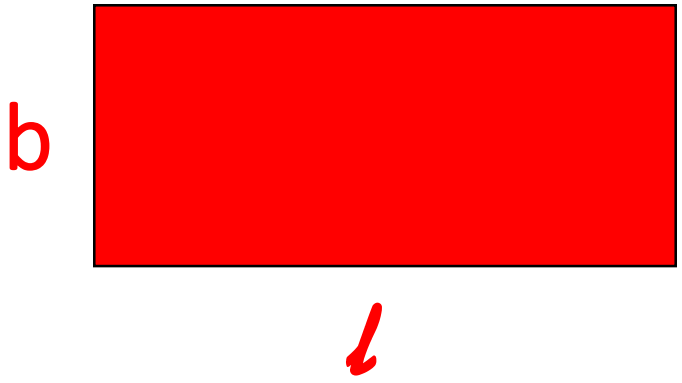
طول کم $l_w/b_w \leq 6$

تفاوت ستون و دیوار

ستون قاب خمشی متوسط $l / b \leq 3.0$



ستون قاب خمشی ویژه $l / b \leq 2.5$



در غیر این صورت المان مورد نظر دیوار برشی می باشد.

تقسیم بندی قطعه قائم کنار بازشو

Table R18.10.1—Governing design provisions for vertical wall segments[1]

Clear height of vertical wall segment/length of vertical wall segment, (h_w/ℓ_w)	$(\ell_w/b_w) \le 2.5$ (قطعه با طول کوتاه)	$2.5 < (\ell_w/b_w) \le 6.0$	$(\ell_w/b_w) > 6.0$ (قطعه با طول بلند)
$h_w/\ell_w < 2.0$ (قطعه با ارتفاع کم)	Wall	Wall	Wall
$h_w/\ell_w \ge 2.0$ (قطعه با ارتفاع زیاد)	Wall pier required to satisfy specified column design requirements; refer to 18.10.8.1	Wall pier required to satisfy specified column design requirements or alternative requirements; refer to 18.10.8.1	Wall

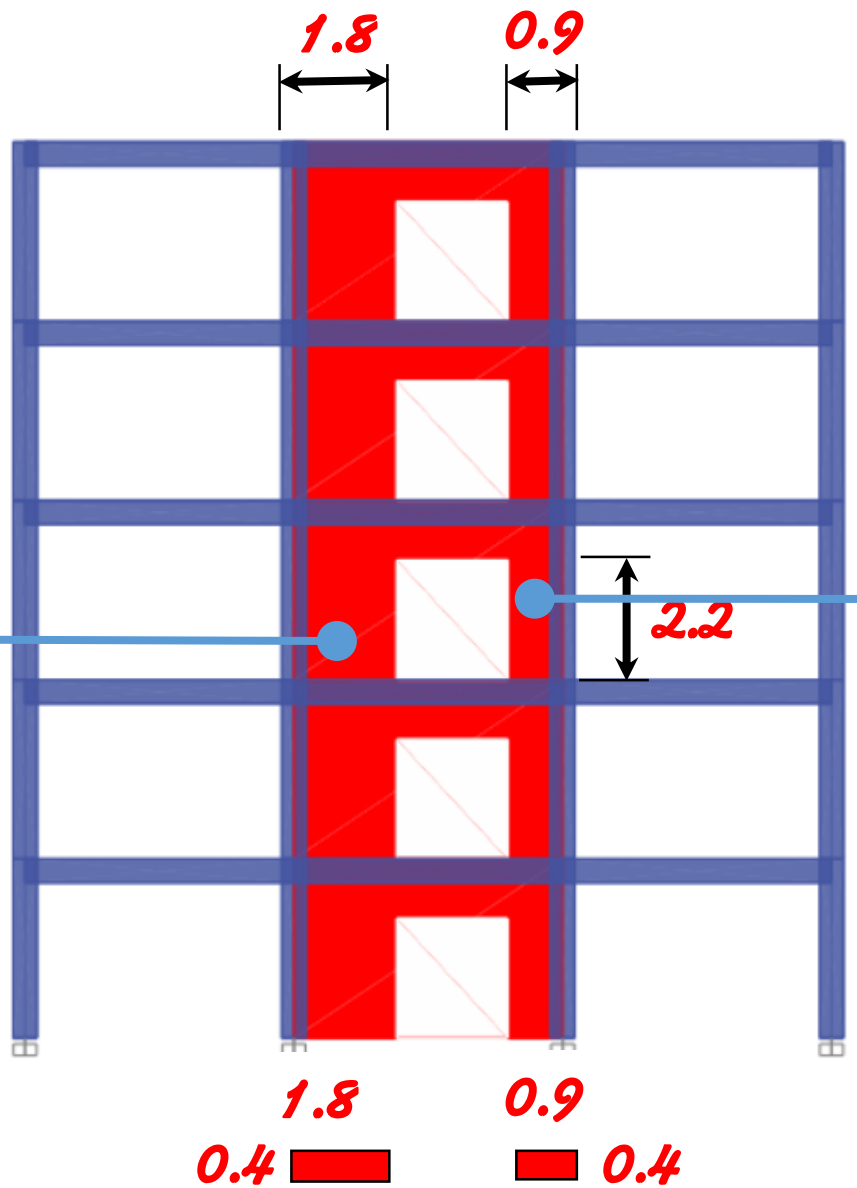
ضوابط دیوار

ضوابط دیوار

برای دیوار پایه ها از ضوابط ستون ویژه استفاده شود.

برای دیوار پایه ها یا ضوابط ستون ویژه یا از روش جایگزین (ضوابط دیوار برشی+ قسمتی از ضوابط ستون ویژه مثل طرح برشی برای زلزله تشدید یافته و استفاده ازدورگیر) استفاده شود.

تقسیم بندی قطعه قائم کنار دیوار



$h_w/\ell_w=1.3 < 2$

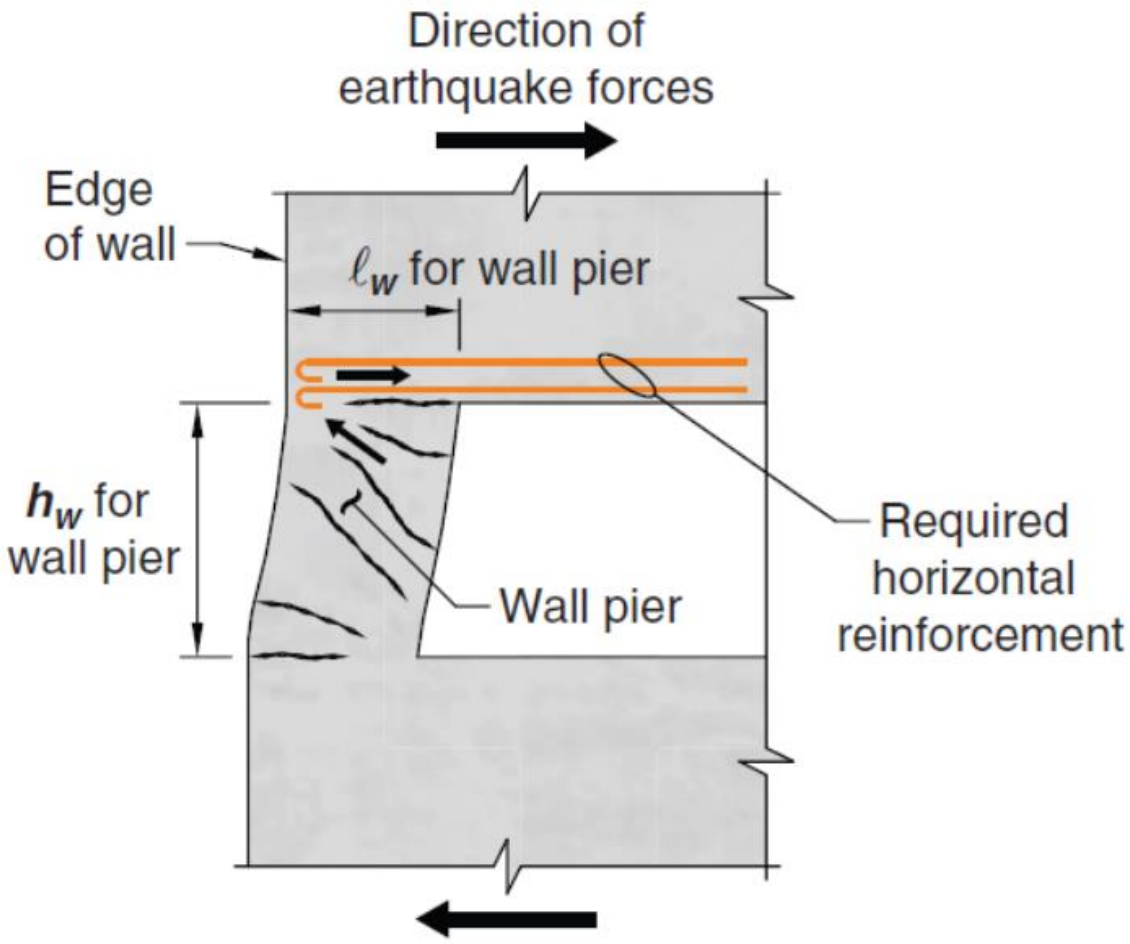
دیوار پایه نبوده و دیوار می باشد

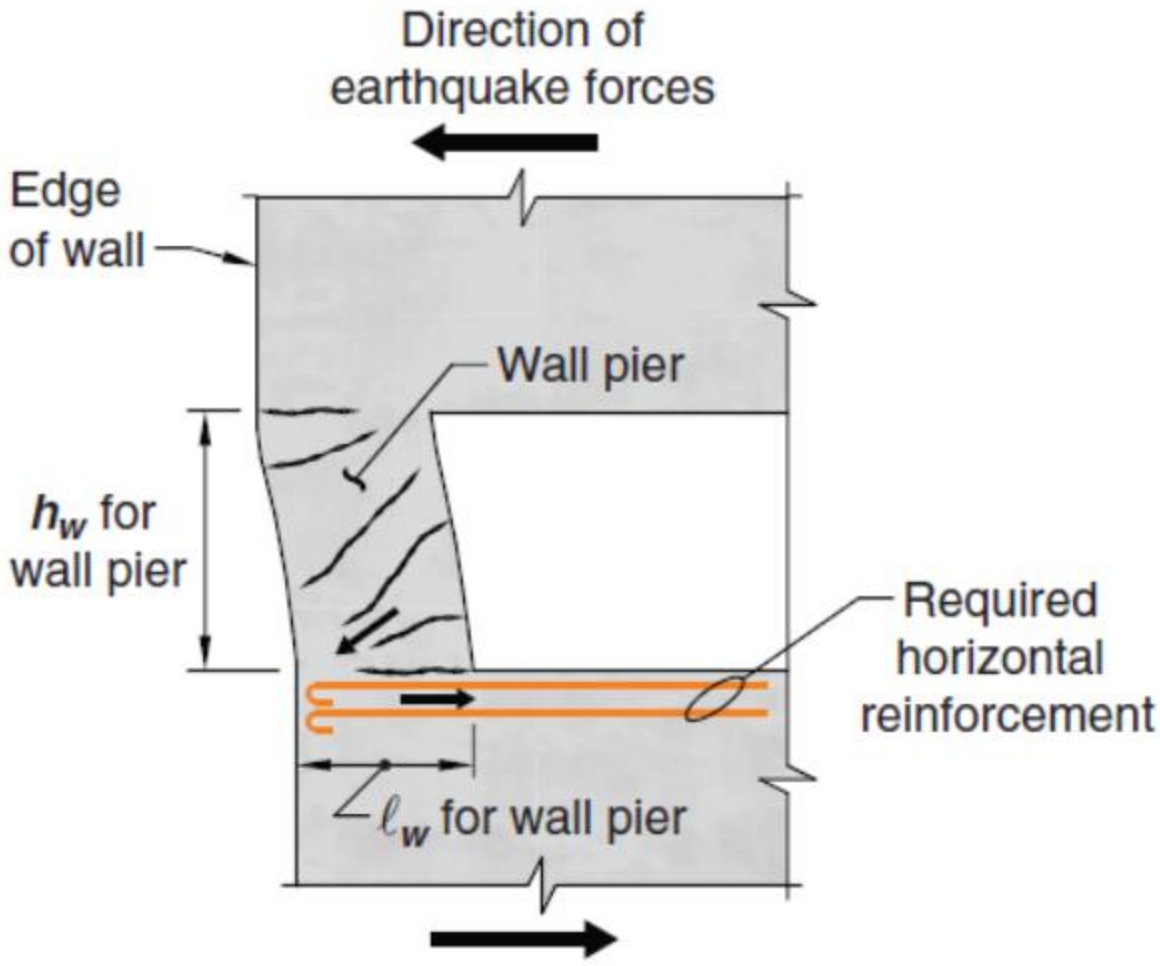
$h_w/\ell_w=2.4 \geq 2$

$\ell_w/b_w= 2.2 \leq 2.5$

دیوار پایه با ضابطه ستون ویژه طرح شود

دیوارهای پایه (Wall Piers)





محاسبه نیروی برشی تشدید یافته دیوارهای

برشی ویژه

نیروی برشی تشدید یافته

- مهمترین تغییری که در ACI318-19 و مبحث نهم مقررات ملی نسبت به ویرایش های قبلی صورت گرفته، افزودن ضریب تشدید برش است.
- این ضابطه از آئین نامه نیوزلند سال ۲۰۰۶ اخذ شده است.
- دو عامل در ضریب تشدید نیروی برشی دیوارها مؤثر است:
  - ضریب اضافه مقاومت خمشی در مقطع بحرانی (ضریب Ω_v)
  - ضریب تشدید دینامیکی بخاطر اثر مودهای بالاتر (ضریب ω_v)

$$V_e = \Omega_v \omega_v V_u \leq 3 V_u$$

ضریب تشدید Ω_v

Table 18.10.3.1.2—Overstrength factor Ω_v at critical section

Condition	Ω_v	
$h_{wcs}/\ell_w > 1.5$	Greater of	M_{pr}/M_u[1]
		1.5[2]
$h_{wcs}/\ell_w \leq 1.5$	1.0	

- هدف یافتن مقدار حداکثر نیروی برشی است که مقدار لنگر پلاستیک مورد انتظار دیوار در مقطع بحرانی را نتیجه می هد.

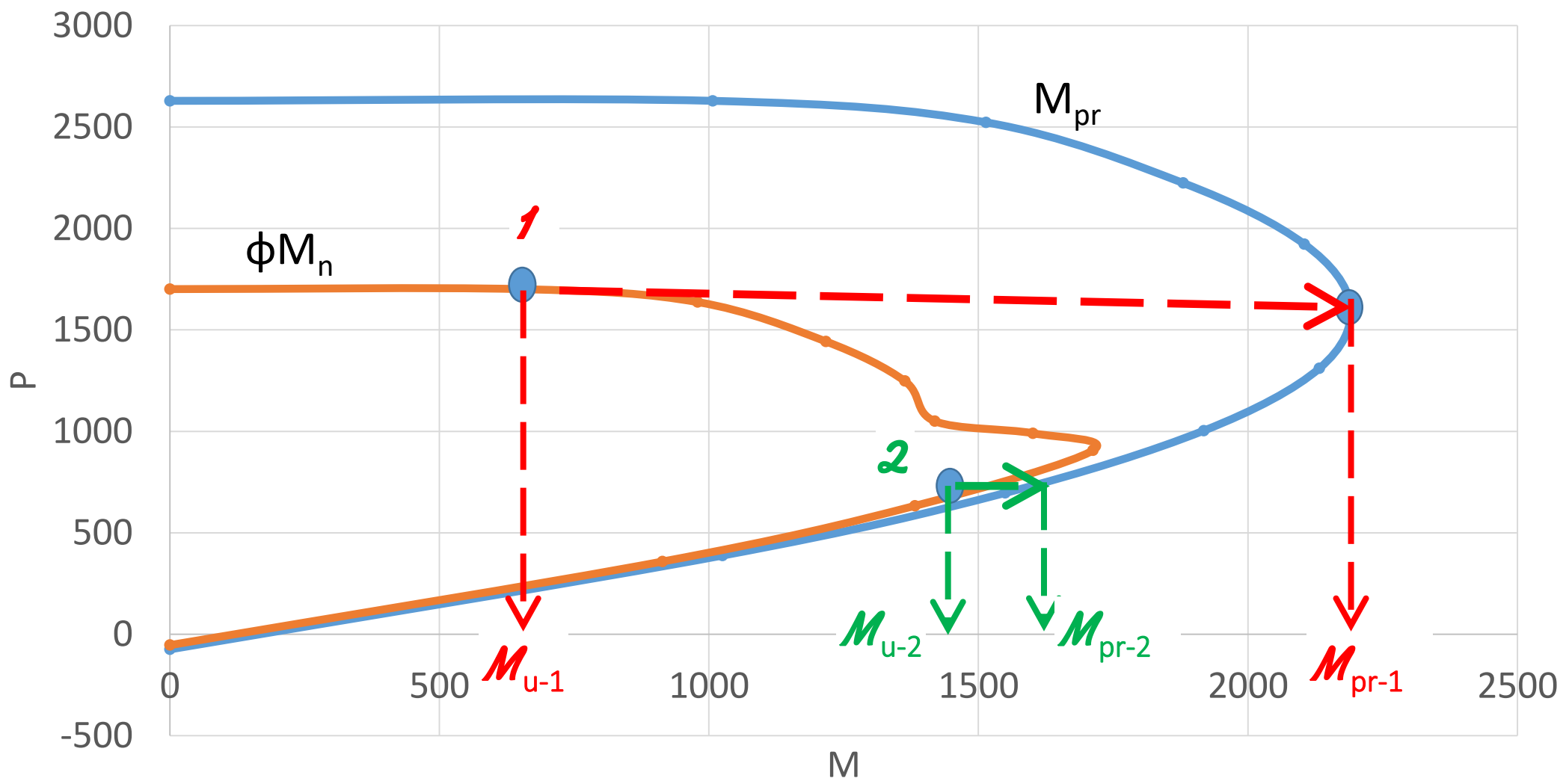
ضریب تشدید Ω_v

- M_{pr}/M_u نسبت **لنگر مقاوم محتمل** به **لنگر طراحی** در ترکیب بار بحرانی در **مقطع بحرانی** می باشد.
- این ضریب **اضافه مقاومت دیوار** برشی نسبت به **نیروی طراحی** را نشان می دهد.
- دو عامل اضافه مقاومت دیوار یکی افزایش تنش تسلیم میلگرد به $1.25f_y$ و دیگری تفاوت $\phi=1$ با مقدار مفروض در محاسبات است.

ضریب تشدید Ω_v

- M_{pr} لنگر در مقطع بحرانی بوده که وابسته به نیروی محوری وارده می باشد.
- هر چه طراحی مقطع بحرانی، OverDeisgn باشد، این نسبت افزایش خواهد یافت.
- همچنین در صورتی که مقطع در ناحیه کنترل فشار نمودار اندرکنش لنگر–نیروی محوری باشد (فشار روی دیوار زیاد باشد)، حتی اگر طراحی بصورت مرزی صورت گرفته باشد، این نسبت زیاد خواهد بود.

ضریب تشدید Ω_v



ضرایب تشدید برش

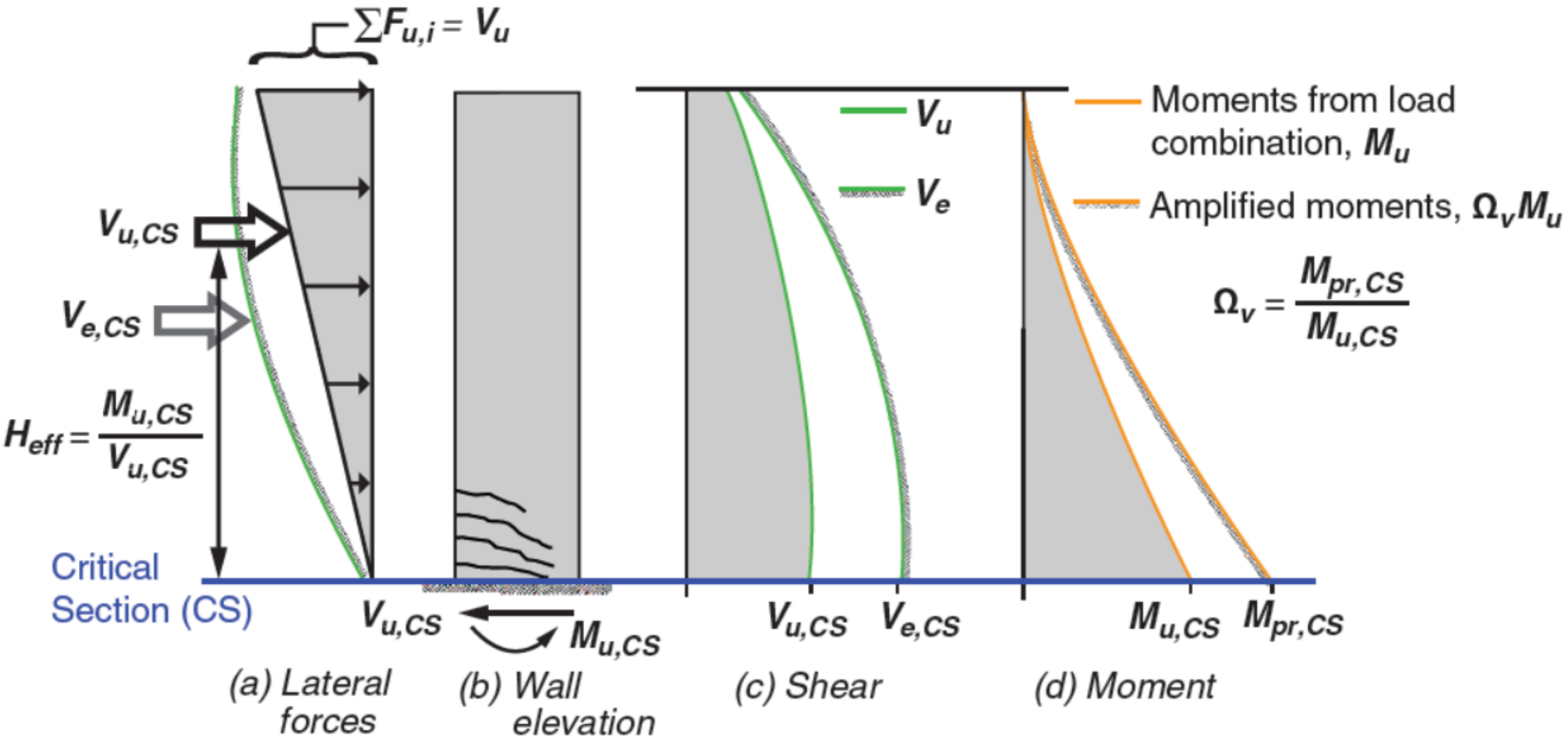


Fig. R18.10.3.1—Determination of shear demand for walls with $h_w/\ell_w \geq 2.0$ *(Moehle et al 2011).*

ضریب تشدید ω_v

- با در نظر گرفتن **اثر مودهای بالاتر**، توزیع نیروهای برشی در ارتفاع دیوارها **خطی نیست.**
- فرم توزیع واقعی بار به گونه ای است که **برآیند** نیروهای وارد به دیوار **به سمت پایین** حرکت می کند.
- با **کاهش بازوی لنگر**، برای آنکه مقدار لنگر یکسان در پای دیوار ایجاد شود، **نیروی برش اعمالی باید افزایش یابد.**

ضریب تشدید ω_v

- ضریب تشدید دینامیکی در ساختمان ها و دیوارهای بلند مقدار بیشتری بوده و وابسته به تعداد طبقات بالای مقطع بحرانی (n_s) است.

$$\omega_v = 1 \quad \text{For} \quad h_w/\ell_w < 2$$

$$\omega_v = 0.9 + n_s/10 \qquad \text{For} \quad n_s \le 6$$

$$\omega_v = 1.3 + n_s/30 \le 1.8 \qquad \text{For} \quad n_s > 6$$

در صورت عدم انجام تحلیل دینامیکی

$$\omega_v = 1.2 + n_s/50 \le 1.8 \qquad \text{For} \quad n_s > 6$$

در صورت انجام تحلیل دینامیکی

این رابطه در ACI318 وجود ندارد

در روابط فوق همواره $n_s \ge 0.00028 \; h_{wcs}$

ضریب تشدید ω_v

n_s	ω_v استاتیکی	ω_v دینامیکی
1	1	1
2	1.1	1.1
3	1.2	1.2
4	1.3	1.3
5	1.4	1.4
6	1.5	1.5
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

?

نکته

۱) مطابق ACI نمی توان بخاطر در نظر گرفتن این ضریب **از** مقدار ρ **صرف نظر** کرد.

۲) برای حالتی که بار وارد بر دیوار **فشار خاک** (دیوار حائل) یا **باد** باشد، نیاز به اعمال این ضریب تشدید نیست.

۳) ضریب کاهش مقاومت برشی لرزه ای در مبحث نهم جدید بجای عدد $\phi=0.6$ به عدد $\phi=0.75$ تغییر کرده است.

نکته

۴) با توجه به **حداکثر** مقدار ضریب تشدید برشی که **3.0** می باشد، می توان گفت نسبت به آئین نامه قدیم، نیروی برشی دیوار حداکثر **2.4** =3x0.6/0.75 می شود.

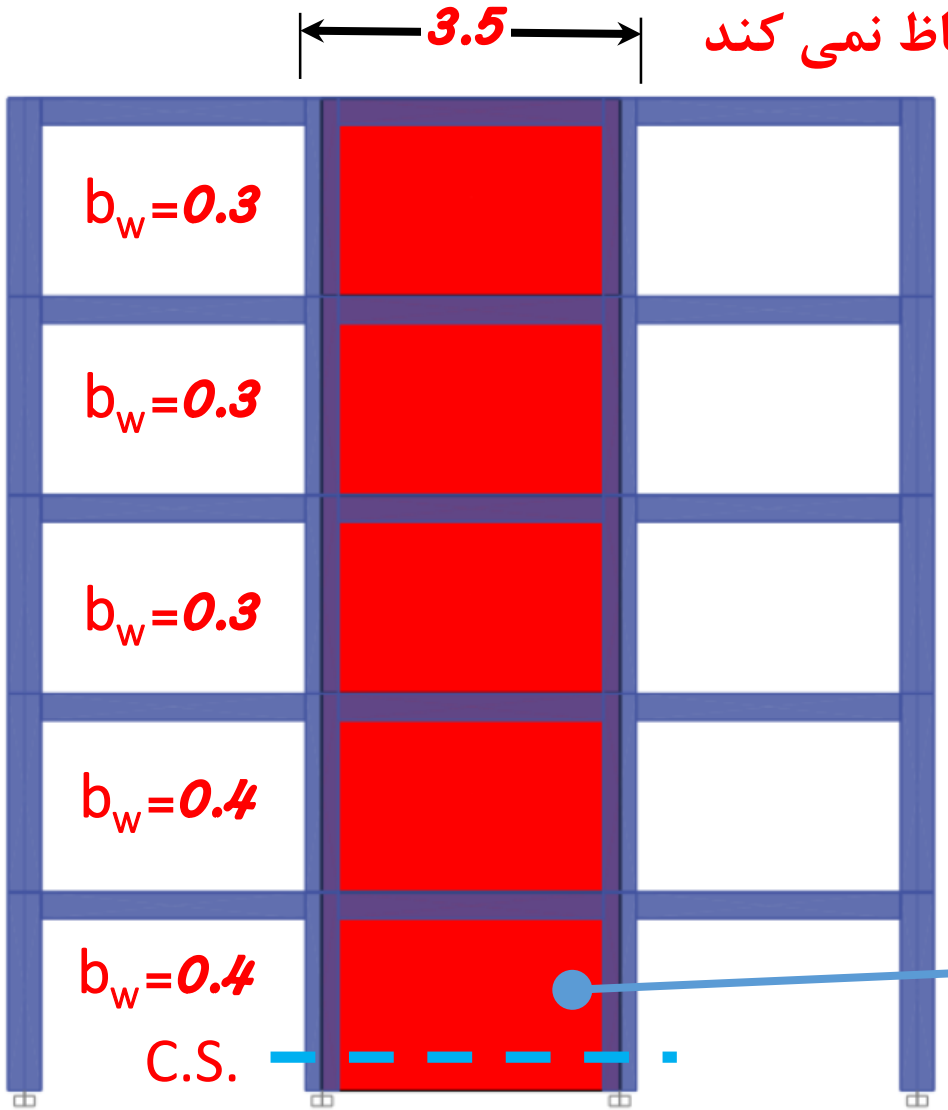
۵) برای ساختمان **۵ طبقه** ضریب تشدید برش حداقل **2.1** خواهد بود.

۶) این بند در آئین نامه ACI318-19 بوده ولی **فعلاً** این آئین نامه تا ابلاغ IBC در کشور آمریکا **لازم الاجراء نیست** (۲ سال دیگر).

نحوه اعمال در برنامه ETABS

محاسبه M_{pr} / M_u

ETABS2019 لحاظ نمی کند



ETABS Shear Wall Design

ACI 318-19 Pier Design

Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
Story1	P1	600	0	300	56.667	1

Material Properties

E_c (kgf/cm²)	f'_c (kgf/cm²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (kgf/cm²)	f_{ys} (kgf/cm²)
238800	250	1	4000	3400

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_C	Φ_V	Φ_V (Seismic)	IP_{MAX}	IP_{MIN}	P_{MAX}
0.9	0.65	0.75	0.75	0.04	0.0025	0.8

Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X_1 cm	Left Y_1 cm	Right X_2 cm	Right Y_2 cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	450	0	750	0	300	40
Bottom	Leg 1	450	0	750	0	300	40

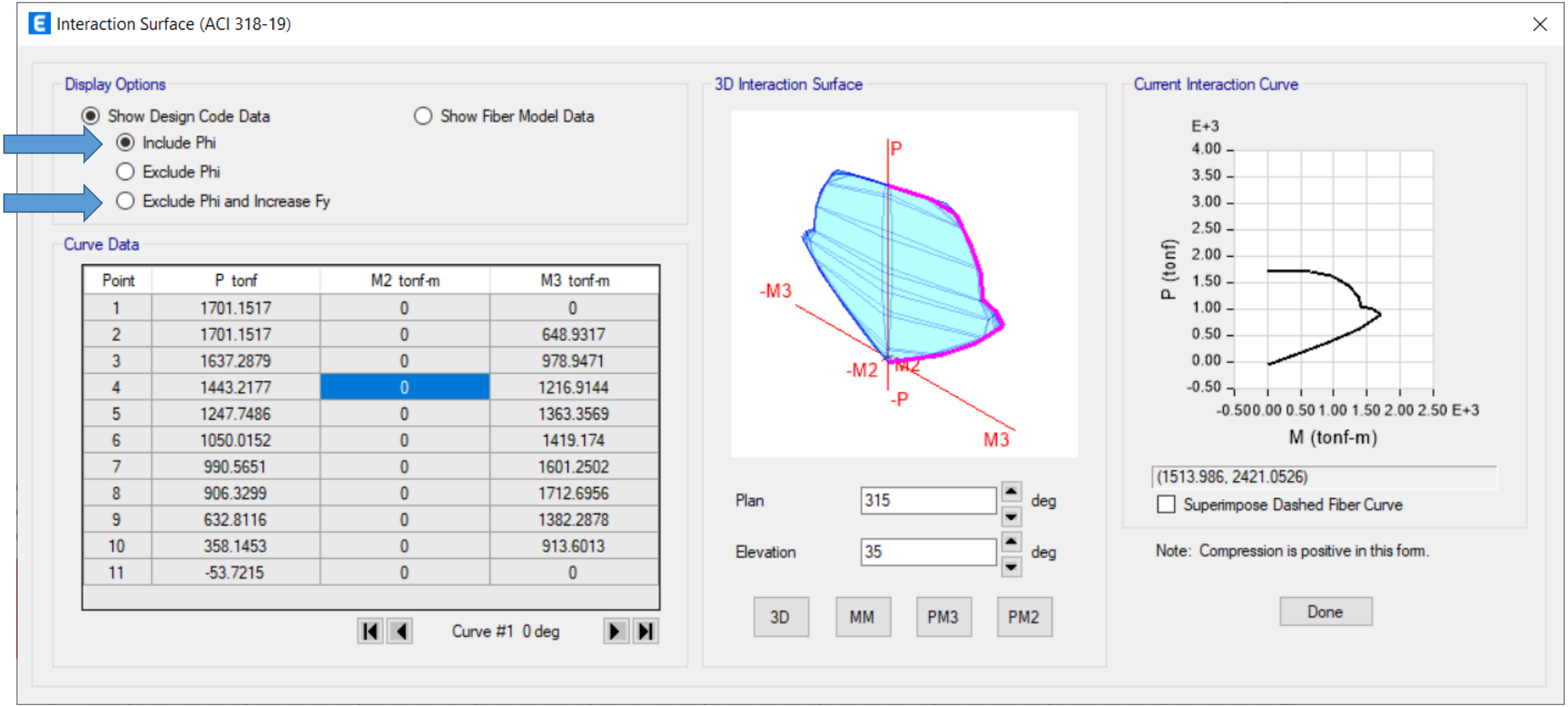
Flexural Design for P, M_3 and M_2

Station	D/C	Flexural	P_u kgf	M_{u2} kgf-cm	M_{u3} kgf-cm
Top	0.672	DWalS6	51863.31	0	-99229244.67
Bottom	0.995	DWalS6	63338.31	0	-145412683

Shear Design

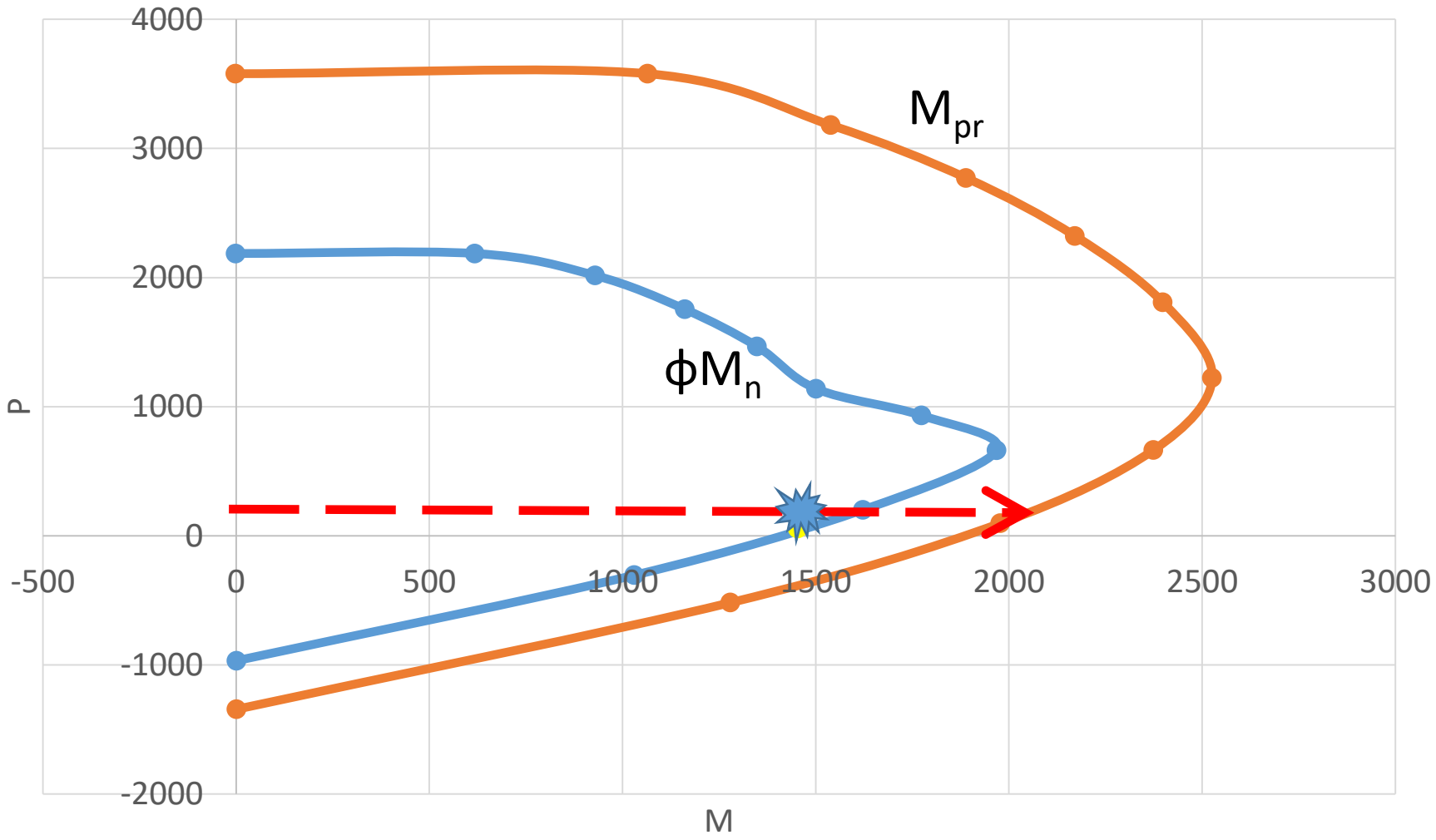
Station Location	ID	Rebar cm²/cm	Shear Combo	P_u kgf	M_u kgf-cm	V_u kgf	ΦV_c kgf	ΦV_n kgf
Top	Leg 1	0.1	DWalS4	30440.51	-4179059.98	151761.26	113196.48	189696.48
Bottom	Leg 1	0.1	DWalS4	41240.51	-49707437.72	151761.26	113196.48	189696.48

ضریب تشدید Ω_v



Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
1	1701.1517	0	0
2	1701.1517	0	648.9317
3	1637.2879	0	978.9471
4	1443.2177	0	1216.9144
5	1247.7486	0	1363.3569
6	1050.0152	0	1419.174
7	990.5651	0	1601.2502
8	906.3299	0	1712.6956
9	632.8116	0	1382.2878
10	358.1453	0	913.6013
11	-53.7215	0	0

محاسبه M_{pr} / M_u



محاسبه M_{pr} / M_u

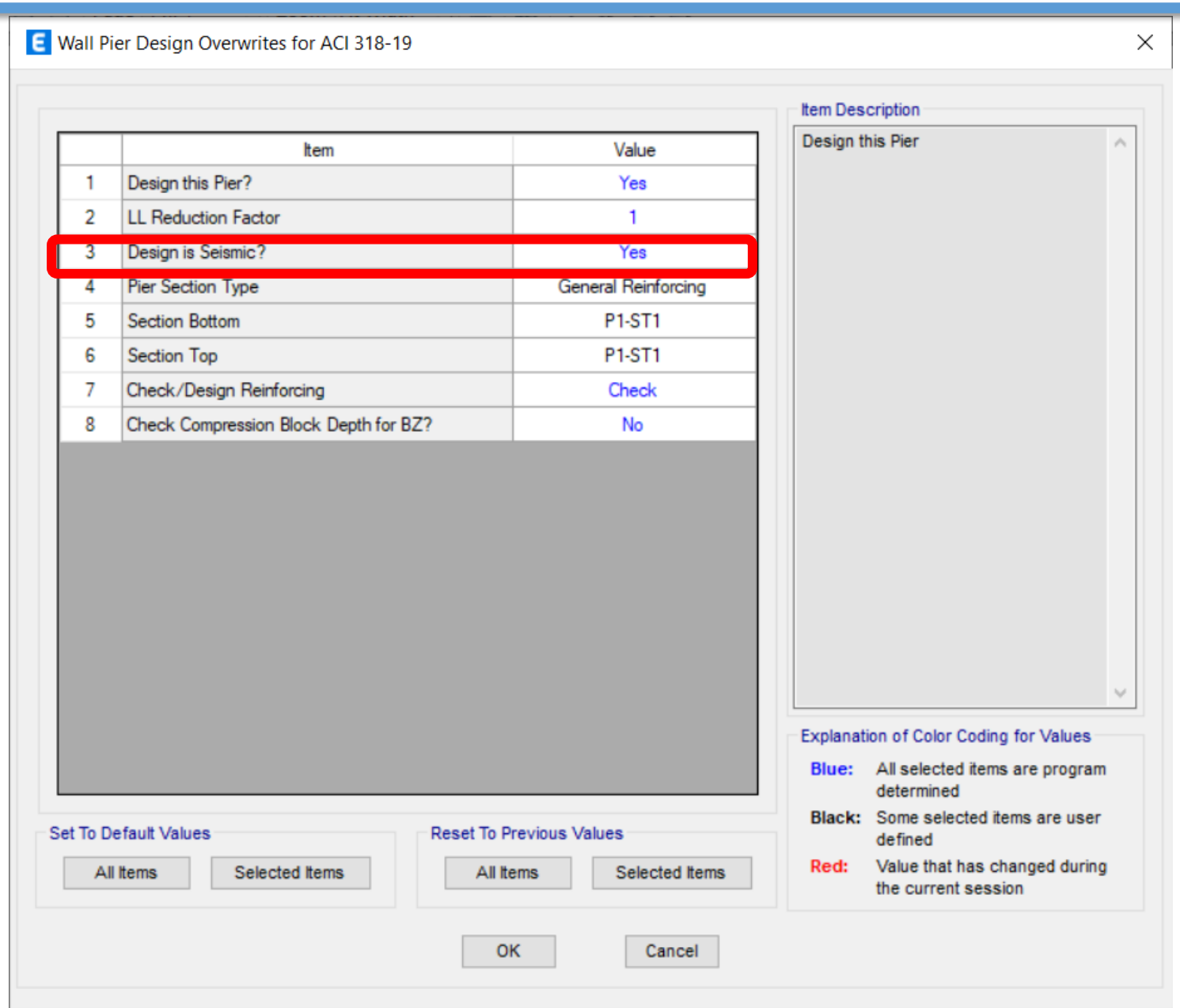
$n_s = 5 \rightarrow \omega_v = 0.9 + n_s/10 = 1.4$

$M_{pr} / M_u = 1905 / 1454 = 1.31 < 1.5 \rightarrow \Omega_v = 1.5$

$\omega_v \Omega_v = 1.4 \times 1.5 = 2.1 < 3.0$

نحوه اعمال ضریب تشدید برشی در ETABS

داود صفری



نحوه اعمال ضریب تشدید برشی در ETABS

داود صفری

برای طراحی برشی هر دیوار برشی از پایین تا بالا یک عدد جداگانه اختصاص یابد

Shear Wall Design Preferences for ACI 318-19

	Item	Value
01	Design Code	ACI 318-19
02	Multi-Response Case Design	Step-by-Step - All
03	Rebar Material	AIII
04	Rebar Shear Material	AII
05	Design System Rho	1
06	Design System Sds	0
07	Importance Factor	1
08	System Cd	5
09	Wall Ductility Type	Special Structural Wall
10	Phi (Tension Controlled)	0.9
11	Phi (Compression Controlled)	0.65
12	Phi (Shear and/or Torsion)	0.75
13	Phi (Shear Seismic)	0.75 / 2.1
14	Pmax Factor	0.8
15	Number of Curves	24
16	Number of Points	11
17	Edge Design PT-Max	0.06
18	Edge Design PC-Max	0.04

Item Description

The strength reduction factor for shear in structures that rely on special moment resisting frames or special reinforced concrete structural walls to resist earthquake effects.

Explanation of Color Coding for Values

Blue: Default Value

Black: Not a Default Value

Red: Value that has changed during the current session

Set To Default Values: All Items | Selected Items

Reset To Previous Values: All Items | Selected Items

OK | Cancel

نحوه اعمال ضریب تشدید برشی در ETABS

داود صفری

ETABS Shear Wall Design

طبقه اول قبل

ACI 318-19 Pier Design

Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
Story1	P1	600	0	300	56.667	1

Material Properties

E_c (kgf/cm²)	f'_c (kgf/cm²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (kgf/cm²)	f_{ys} (kgf/cm²)
238800	250	1	4000	3400

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_C	Φ_V	Φ_V (Seismic)	IP_{MAX}	IP_{MIN}	P_{MAX}
0.9	0.65	0.75	0.75	0.04	0.0025	0.8

Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X_1 cm	Left Y_1 cm	Right X_2 cm	Right Y_2 cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	450	0	750	0	300	40
Bottom	Leg 1	450	0	750	0	300	40

Flexural Design for P, M_3 and M_2

Station	D/C	Flexural	P_u kgf	M_{u2} kgf-cm	M_{u3} kgf-cm
Top	0.672	DWalS6	51863.31	0	-99229244.67
Bottom	0.995	DWalS6	63338.31	0	-145412683

Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm²/cm	Shear Combo	P_u kgf	M_u kgf-cm	V_u kgf	ΦV_c kgf	ΦV_n kgf
Top	Leg 1	0.1	DWalS4	30440.51	-4179059.98	151761.26	113196.48	189696.48
Bottom	Leg 1	0.1	DWalS4	41240.51	-49707437.72	151761.26	113196.48	189696.48

ETABS Shear Wall Design

طبقه اول بعد

ACI 318-19 Pier Design

Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
Story1	P1	600	0	300	56.667	1

Material Properties

E_c (kgf/cm²)	f'_c (kgf/cm²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (kgf/cm²)	f_{ys} (kgf/cm²)
238800	250	1	4000	3400

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_C	Φ_V	Φ_V (Seismic)	IP_{MAX}	IP_{MIN}	P_{MAX}
0.9	0.65	0.75	0.357143	0.04	0.0025	0.8

Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X_1 cm	Left Y_1 cm	Right X_2 cm	Right Y_2 cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	450	0	750	0	300	40
Bottom	Leg 1	450	0	750	0	300	40

Flexural Design for P, M_3 and M_2

Station	D/C	Flexural	P_u kgf	M_{u2} kgf-cm	M_{u3} kgf-cm
Top	0.672	DWalS6	51863.31	0	-99229244.67
Bottom	0.995	DWalS6	63338.31	0	-145412683

Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm²/cm	Shear Combo	P_u kgf	M_u kgf-cm	V_u kgf	ΦV_c kgf	ΦV_n kgf
Top	Leg 1	OS	DWalS4	30440.51	-4179059.98	151761.26	53903.09	151761.26
Bottom	Leg 1	OS	DWalS4	41240.51	-49707437.72	151761.26	53903.09	151761.26

Number of legs where shear force exceeds max allowed (top, bottom) = 1, 1

نحوه اعمال ضریب تشدید برشی در ETABS

داود صفری

طبقه اول بعد با
روش T & C

Wall Pier Design Overwrites for ACI 318-19

	Item	Value
01	Design this Pier?	Yes
02	LL Reduction Factor	1
03	Design is Seismic?	Yes
04	Pier Section Type	Simplified T and C
05	Thick Bottom	40
06	Length Bottom	350
07	DB1 Left Bottom	0
08	DB2 Left Bottom	0
09	DB1 Right Bottom	0
10	DB2 Right Bottom	0
11	Thick Top	40
12	Length Top	350
13	DB1 Left Top	0
14	DB2 Left Top	0
15	DB1 Right Top	0
16	DB2 Right Top	0
17	Material	C25
18	Edge Design PT-Max	0.06

Item Description

Length Top

Explanation of Color Coding for Values

Blue: All selected items are program determined

Black: Some selected items are user defined

Red: Value that has changed during the current session

Set To Default Values: All Items | Selected Items

Reset To Previous Values: All Items | Selected Items

OK | Cancel

ETABS Shear Wall Design

ACI 318-19 Pier Design

Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LL
Story1	P1	600	0	300	56.667	1

Material Properties

E_c (kgf/cm²)	f'_c (kgf/cm²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (kgf/cm²)	f_{ys} (kgf/cm²)
238800	250	1	4000	3400

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_C	Φ_V	Φ_v (Seismic)	IP_{MAX}	IP_{MIN}	P_{MAX}
0.9	0.65	0.75	0.357143	0.04	0.0025	0.8

Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X_1 cm	Left Y_1 cm	Right X_2 cm	Right Y_2 cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	450	0	750	0	300	40
Bottom	Leg 1	450	0	750	0	300	40

Flexural Design for P and M_3 —Tension Reinforcement

Station Location	Edge Length cm	Rebar Area cm²	Tension Combo	P_u kgf	M_{u3} kgf-cm
Left Top	56.667	106.07	DWalS5	51863.31	99229739.83
Right Top	56.667	106.07	DWalS6	51863.31	-99229244.67
Left Bot	80	140.81	DWalS5	63338.31	145413175.96
Right Bot	80	140.8	DWalS6	63338.31	-145412683

Flexural Design for P and M_3 —Compression Reinforcement

Station Location	Edge Length cm	Rebar Area cm²	Compression Combo	P_u kgf	M_{u3} kgf-cm
Left Top	56.667	44.45	DWalS4	69151.08	-99229162.14
Right Top	56.667	44.45	DWalS3	69151.08	99229822.36
Left Bot	80	115.35	DWalS4	84451.08	-145412601
Right Bot	80	115.36	DWalS3	84451.08	145413258.09

Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm²/cm	Shear Combo	P_u kgf	M_u kgf-cm	V_u kgf	ΦV_c kgf	ΦV_n kgf
Top	Leg	0.213	DWalS4	69151.08	-99229162.14	153944.8	76362.71	153944.8
Bottom	Leg	0.2143	DWalS4	84451.08	-145412601	153944.8	62886.94	153944.8

نحوه اعمال ضریب تشدید برشی در ETABS

داود صفری

طبقه دوم
قبل

ETABS Shear Wall Design

ACI 318-19 Pier Design

Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
Story2	P1	600	0	300	56.667	1

Material Properties

E_c (kgf/cm²)	f'_c (kgf/cm²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (kgf/cm²)	f_{ys} (kgf/cm²)
238800	250	1	4000	3400

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_C	Φ_V	Φ_V (Seismic)	IP_{MAX}	IP_{MIN}	P_{MAX}
0.9	0.65	0.75	0.75	0.04	0.0025	0.8

Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X_1 cm	Left Y_1 cm	Right X_2 cm	Right Y_2 cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	450	0	750	0	300	40
Bottom	Leg 1	450	0	750	0	300	40

Flexural Design for P, M_3 and M_2

Station	D/C	Flexural	P_u kgf	M_{u2} kgf-cm	M_{u3} kgf-cm
Top	0.393	DWalS6	37970.38	0	-58905583.57
Bottom	0.688	DWalS6	49445.38	0	-101204174

Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm²/cm	Shear Combo	P_u kgf	M_u kgf-cm	V_u kgf	ΦV_c kgf	ΦV_n kgf
Top	Leg 1	0.1	DWalS4	21796.01	3326073.6	139284.66	113196.48	189696.48
Bottom	Leg 1	0.1	DWalS4	32596.01	-38459323.48	139284.66	113196.48	189696.48

طبقه دوم
بعد

ETABS Shear Wall Design

ACI 318-19 Pier Design

Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
Story2	P1	600	0	300	56.667	1

Material Properties

E_c (kgf/cm²)	f'_c (kgf/cm²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (kgf/cm²)	f_{ys} (kgf/cm²)
238800	250	1	4000	3400

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_C	Φ_V	Φ_V (Seismic)	IP_{MAX}	IP_{MIN}	P_{MAX}
0.9	0.65	0.75	0.357143	0.04	0.0025	0.8

Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X_1 cm	Left Y_1 cm	Right X_2 cm	Right Y_2 cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	450	0	750	0	300	40
Bottom	Leg 1	450	0	750	0	300	40

Flexural Design for P, M_3 and M_2

Station	D/C	Flexural	P_u kgf	M_{u2} kgf-cm	M_{u3} kgf-cm
Top	0.393	DWalS6	37970.38	0	-58905583.57
Bottom	0.688	DWalS6	49445.38	0	-101204174

Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm²/cm	Shear Combo	P_u kgf	M_u kgf-cm	V_u kgf	ΦV_c kgf	ΦV_n kgf
Top	Leg 1	0.2344	DWalS4	21796.01	3326073.6	139284.66	53903.09	139284.66
Bottom	Leg 1	0.2344	DWalS4	32596.01	-38459323.48	139284.66	53903.09	139284.66

نحوه اعمال ضریب تشدید برشی در ETABS

داود صفری

ETABS Shear Wall Design

طبقه سوم
قبل

ACI 318-19 Pier Design

Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
Story3	P1	600	0	300	46.667	1

Material Properties

E_c (kgf/cm²)	f'_c (kgf/cm²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (kgf/cm²)	f_{ys} (kgf/cm²)
238800	250	1	4000	3400

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_C	Φ_V	Φ_V (Seismic)	IP_{MAX}	IP_{MIN}	P_{MAX}
0.9	0.65	0.75	0.75	0.04	0.0025	0.8

Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X_1 cm	Left Y_1 cm	Right X_2 cm	Right Y_2 cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	450	0	750	0	300	30
Bottom	Leg 1	450	0	750	0	300	30

Flexural Design for P, M_3 and M_2

Station	D/C	Flexural	P_u kgf	M_{u2} kgf-cm	M_{u3} kgf-cm
Top	0.154	DWalS5	26124.87	0	26674250.06
Bottom	0.37	DWalS5	35574.87	0	62115620.08

Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm²/cm	Shear Combo	P_u kgf	M_u kgf-cm	V_u kgf	ΦV_c kgf	ΦV_n kgf
Top	Leg 1	0.075	DWalS4	12248.04	9672825.28	116034.44	84897.36	142272.36
Bottom	Leg 1	0.075	DWalS4	20348.04	-25137507.39	116034.44	84897.36	142272.36

ETABS Shear Wall Design

طبقه سوم
بعد

ACI 318-19 Pier Design

Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
Story3	P1	600	0	300	46.667	1

Material Properties

E_c (kgf/cm²)	f'_c (kgf/cm²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (kgf/cm²)	f_{ys} (kgf/cm²)
238800	250	1	4000	3400

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_C	Φ_V	Φ_V (Seismic)	IP_{MAX}	IP_{MIN}	P_{MAX}
0.9	0.65	0.75	0.357143	0.04	0.0025	0.8

Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X_1 cm	Left Y_1 cm	Right X_2 cm	Right Y_2 cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	450	0	750	0	300	30
Bottom	Leg 1	450	0	750	0	300	30

Flexural Design for P, M_3 and M_2

Station	D/C	Flexural	P_u kgf	M_{u2} kgf-cm	M_{u3} kgf-cm
Top	0.154	DWalS5	26124.87	0	26674250.06
Bottom	0.37	DWalS5	35574.87	0	62115620.08

Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm²/cm	Shear Combo	P_u kgf	M_u kgf-cm	V_u kgf	ΦV_c kgf	ΦV_n kgf
Top	Leg 1	OS	DWalS4	12248.04	9672825.28	116034.44	40427.33	116034.44
Bottom	Leg 1	OS	DWalS4	20348.04	-25137507.39	116034.44	40427.33	116034.44

Number of legs where shear force exceeds max allowed (top, bottom) = 1, 1

Etabs-SAP.ir

نحوه اعمال ضریب تشدید برشی در ETABS

داود صفری

طبقه سوم بعد
با روش T & C

Wall Pier Design Overwrites for ACI 318-19

	Item	Value
01	Design this Pier?	Yes
02	LL Reduction Factor	1
03	Design is Seismic?	Yes
04	Pier Section Type	Simplified T and C
05	Thick Bottom	30
06	Length Bottom	350
07	DB1 Left Bottom	0
08	DB2 Left Bottom	0
09	DB1 Right Bottom	0
10	DB2 Right Bottom	0
11	Thick Top	30
12	Length Top	350
13	DB1 Left Top	0
14	DB2 Left Top	0
15	DB1 Right Top	0
16	DB2 Right Top	0
17	Material	C25
18	Edge Design PT-Max	0.06

Item Description
Length Top

Explanation of Color C
Blue: All selected determined
Black: Some selec defined
Red: Value that h the current

Set To Default Values: All Items | Selected Items
Reset To Previous Values: All Items | Selected Items
OK | Cancel

ACI 318-19 Pier Design

Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LL
Story3	P1	600	0	300	46.667	1

Material Properties

E_c (kgf/cm²)	f'_c (kgf/cm²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (kgf/cm²)	f_{ys} (kgf/cm²)
238800	250	1	4000	3400

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_C	Φ_V	Φ_V (Seismic)	IP_{MAX}	IP_{MIN}	P_{MAX}
0.9	0.65	0.75	0.357143	0.04	0.0025	0.8

Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X_1 cm	Left Y_1 cm	Right X_2 cm	Right Y_2 cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	450	0	750	0	300	30
Bottom	Leg 1	450	0	750	0	300	30

Flexural Design for P and M_3 —Tension Reinforcement

Station Location	Edge Length cm	Rebar Area cm²	Tension Combo	P_u kgf	M_{u3} kgf-cm
Left Top	30	19.53	DWalS5	26124.87	26674250.06
Right Top	30	19.53	DWalS6	26124.87	-26673965.93
Left Bot	45	51.63	DWalS5	35574.87	62115620.08
Right Bot	45	51.63	DWalS6	35574.87	-62115345.09

Flexural Design for P and M_3 —Compression Reinforcement

Station Location	Edge Length cm	Rebar Area cm²	Compression Combo	P_u kgf	M_{u3} kgf-cm
Left Top	30	0.67	DWalS4	34833.16	-26673918.57
Right Top	30	0.67	DWalS3	34833.16	26674297.41
Left Bot	45	39.7	DWalS4	47433.16	-62115299.26
Right Bot	45	39.71	DWalS3	47433.16	62115665.91

Shear Design

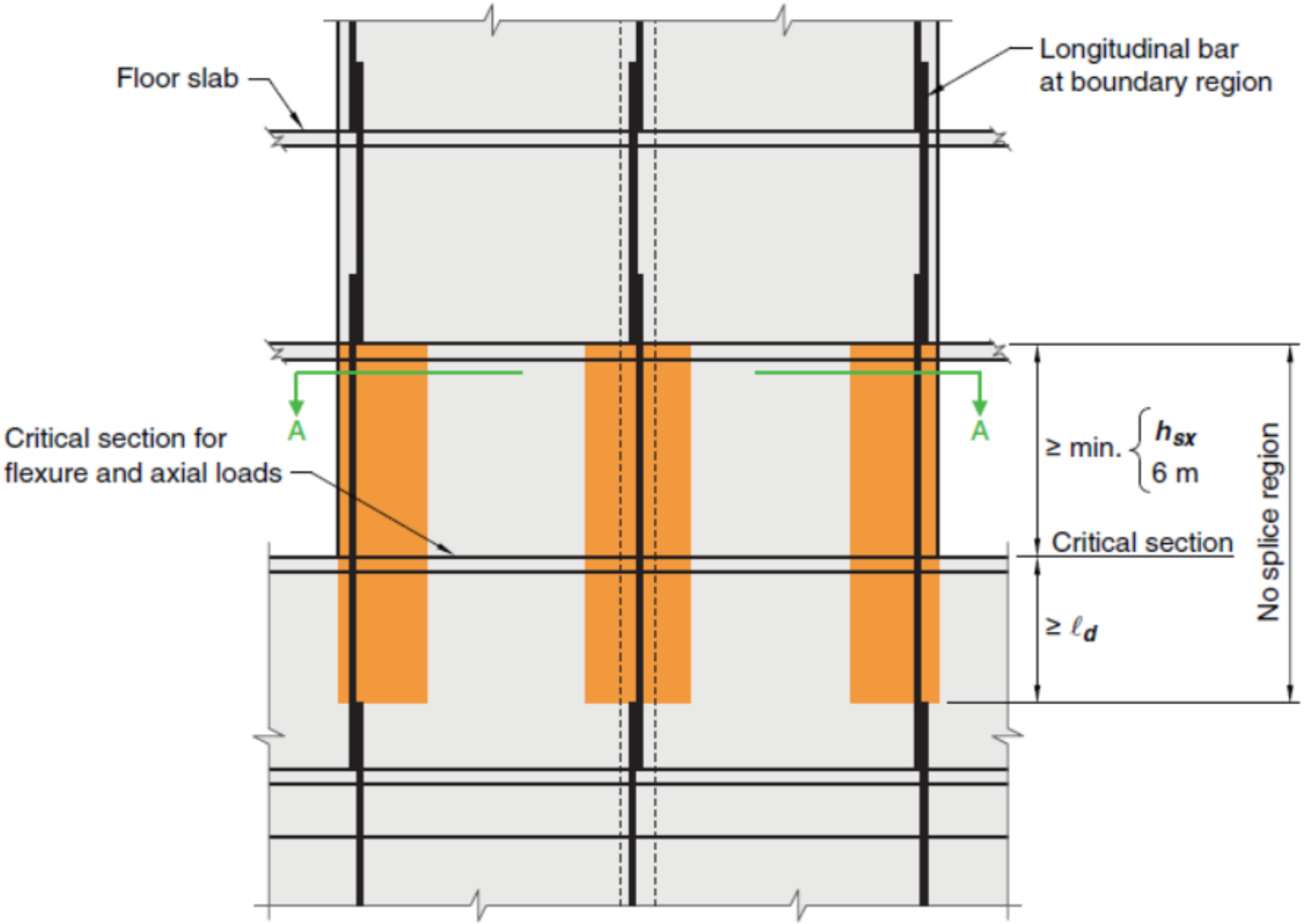
Station Location	ID	Rebar cm²/cm	Shear Combo	P_u kgf	M_u kgf-cm	V_u kgf	ΦV_c kgf	ΦV_n kgf
Top	Leg 1	0.167	DWalS4	34833.16	-26673918.57	118137.94	47165.22	118137.94
Bottom	Leg 1	0.167	DWalS4	47433.16	-62115299.26	118137.94	47165.22	118137.94

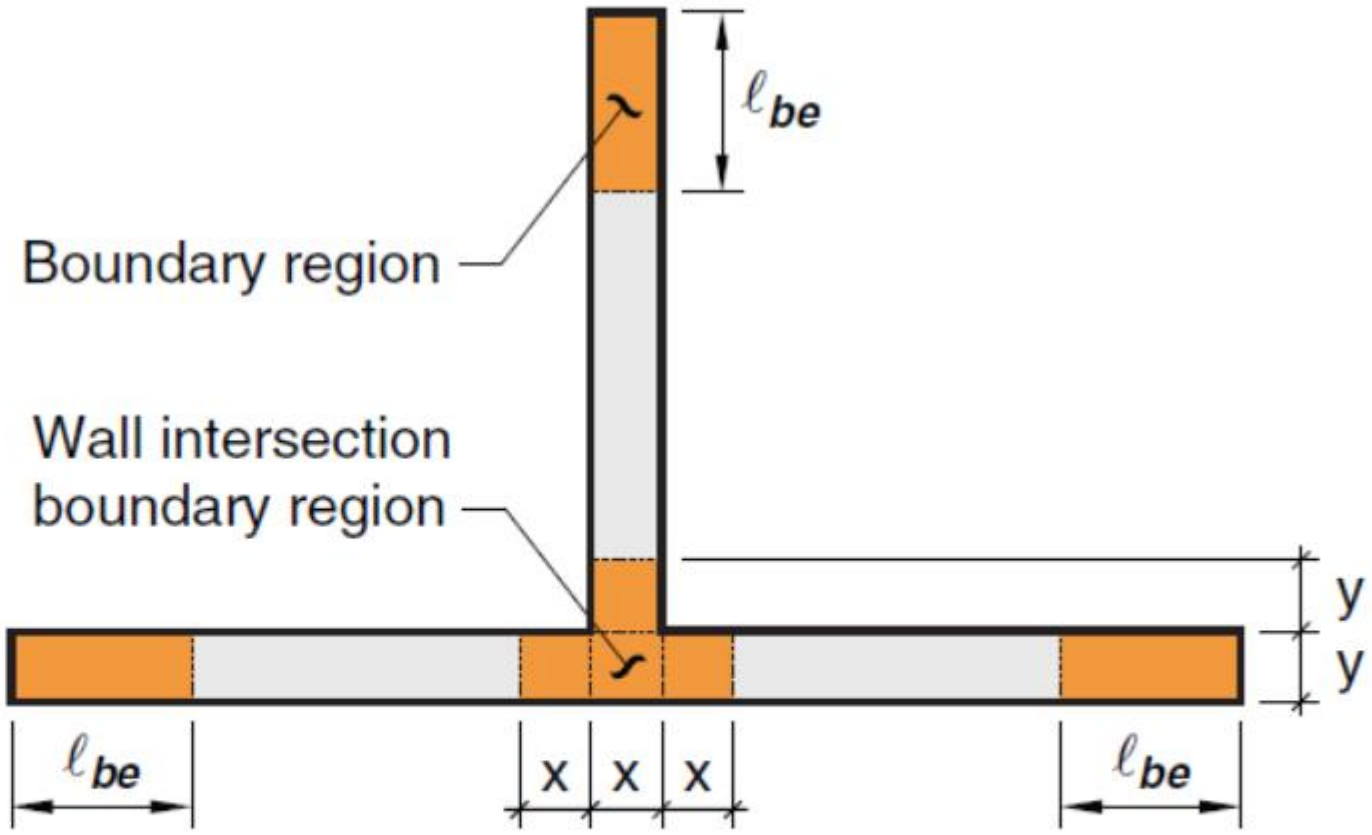
قطع و وصله میلگردهای دیوار

قطع و وصله میلگردها

۱) وصله پوششی میلگردها طولی در نواحی المان های مرزی دیوار، به اندازه یک طبقه روی مقطع بحرانی، که لازم نیست از ۶ متر بیشتر شود، و در طول ℓ_d پایین مقطع بحرانی مجاز نیست.

- المان مرزی در مقاطع بالدار به اندازه ضخامت دیوار از هر سمت نقطه تلاقی بال و جان را نیز شامل می شود.
- وصله مکانیکی یا جوشی در نواحی ذکر شده بلامانع است.


Floor slab
Longitudinal bar
at boundary region
A
A
Critical section for
flexure and axial loads
≥ min. h_{sx}
6 m
Critical section
≥ ℓ_d
No splice region



(b) Section A-A

***Fig. R18.10.2.3**—Wall boundary regions within heights where lap splices are not permitted.*

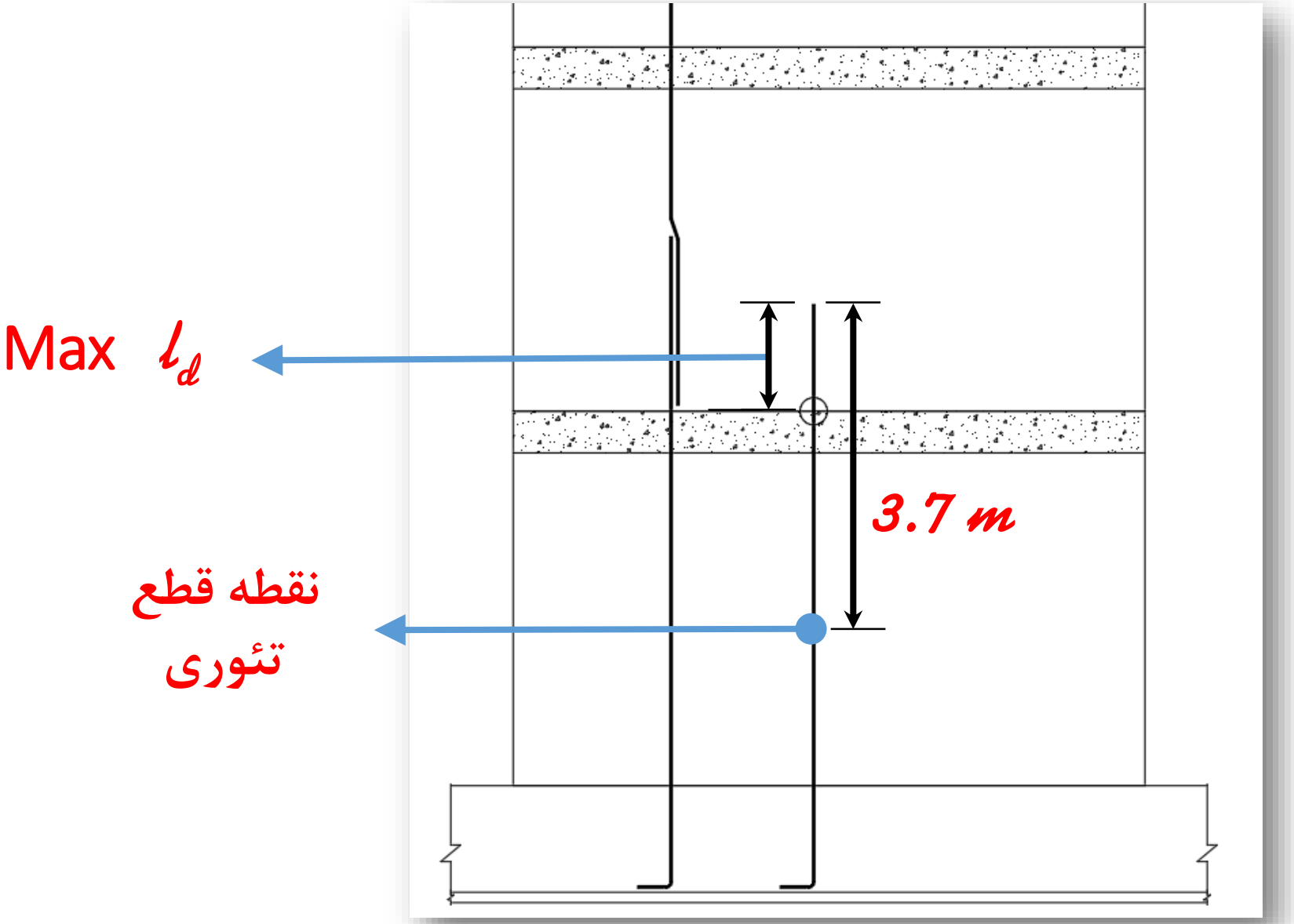
قطع و وصله میلگردها

۲) در مقاطع بحرانی، طول مهار میلگردها با در نظر گرفتن $1.25\ f_y$ محاسبه شود (طول وصله پوششی ۱/۲۵ برابر شود).

۳) وصله میلگرد افقی مجاز نمی باشد.

الف– آرماتورهای طولی، به جز در قسمت فوقانی دیوار، باید تا طولی برابر با حداقل ۳۷۰۰ میلی متر بعد از محلی که دیگر از نظر خمشی مورد نیاز نیستند، ادامه داده شوند؛ ولی در هر حال نیازی نیست که بیش‌تر از l_d از بالای طبقه‌ی فوقانی ادامه داشته باشند.

قطع و وصله میلگردها



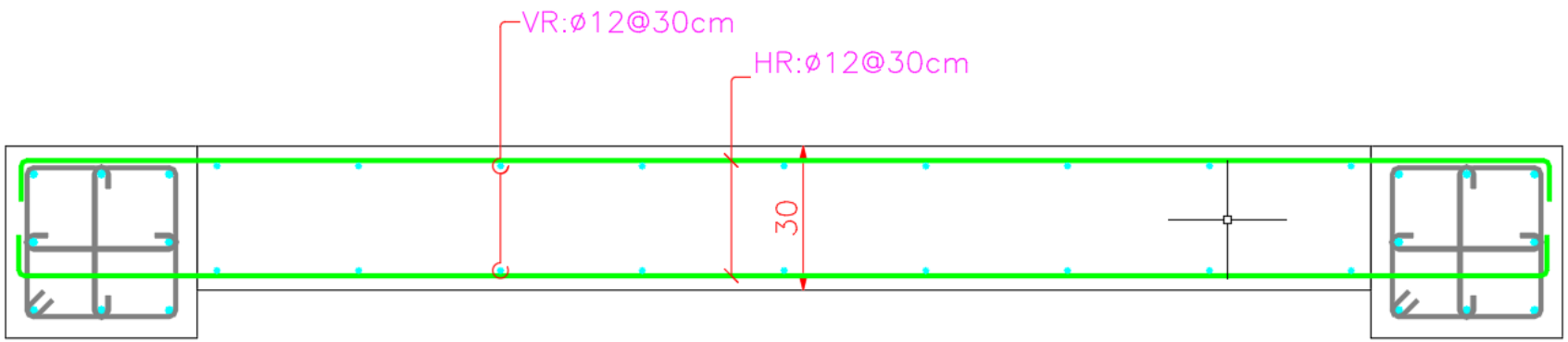
حداقل و حداکثر میلگردهای دیوار

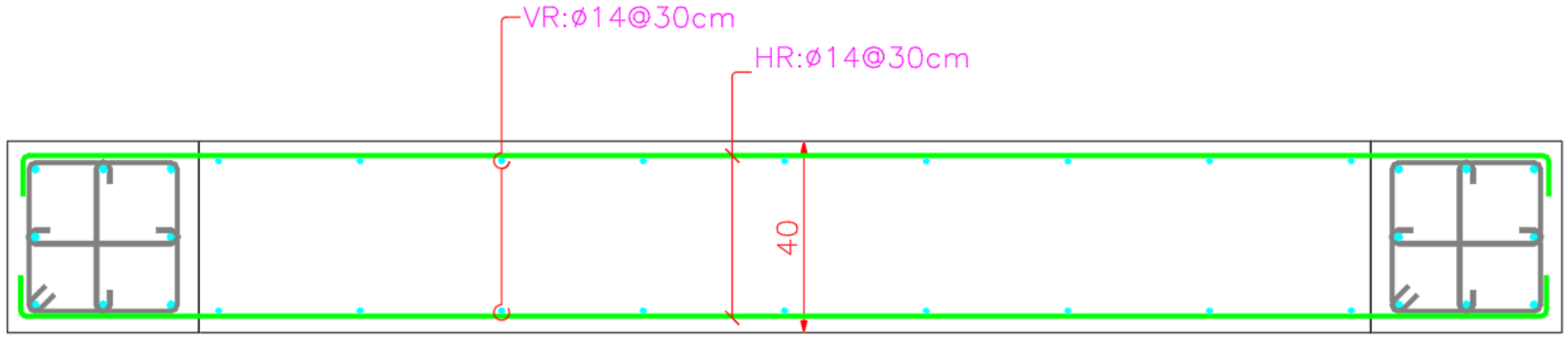
حداقل و حداکثر میلگردهای دیوار

- **حداقل** درصد میلگرد **افقی و قائم** دیوار برشی برابر **۰/۰۰۲۵** می باشد.
- در صورتی که **نیروی برشی** دیوار از **نصف** مقاومت برشی **مقطع بتنی تنها** کمتر باشد، می توان درصد میلگرد **قائم** را تا **۰/۰۰۱۵** یا **۰/۰۰۱۲** کاهش داد.
- درصد حداکثری برای **میلگرد قائم** دیوار برشی **تعریف نشده** است. اما **توصیه** می شود مخصوصاً **در ناحیه المان مرزی** از **۳٪** (با در نظر گرفتن وصله پوششی) بیشتر نشود.

حداقل میلگرد دیوارهای برشی ویژه

میلگردهای افقی و قائم حداقل

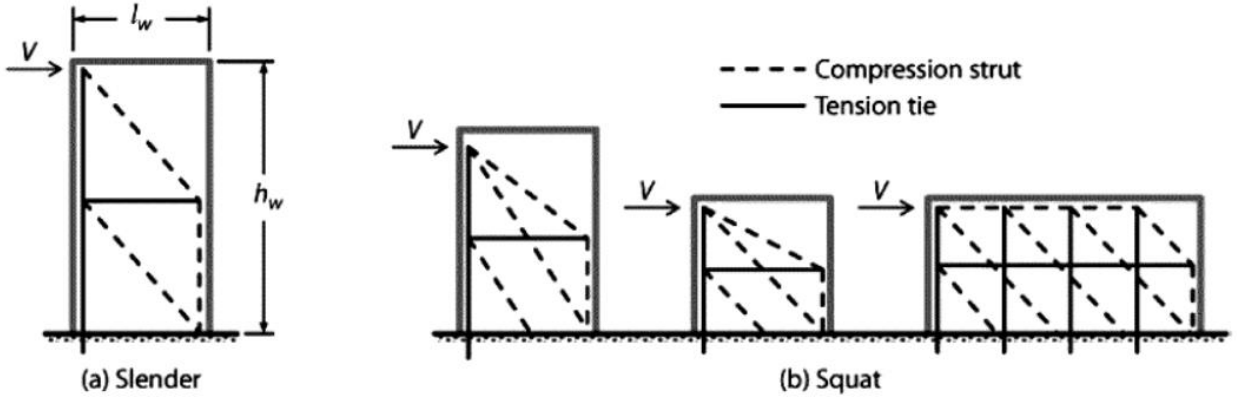




حداقل و حداکثر میلگردهای دیوار

- در دیوارهای کوتاه با $h_w/l_w < 2.5$ درصد میلگردهای قائم حداقل **به اندازه میلگرد های افقی** باشد (فصل دیوارها– ضابطه غیرلرزه ای). در این حالت میلگرد قائم علاوه بر تحمل خمش و نیروی محوری، در **انتقال نیروی برشی** نیز سهیم است.

- در دیوارهای لاغر برای مقابله با کشش در محل **دستک های کششی افقی** از میلگردهای افقی و در دیوارهای چاق با توجه به وقوع **دستک های کششی قائم**، این میلگردها نیز برای تحمل برش لازم است.



حداقل میلگرد ناحیه انتهایی دیوار

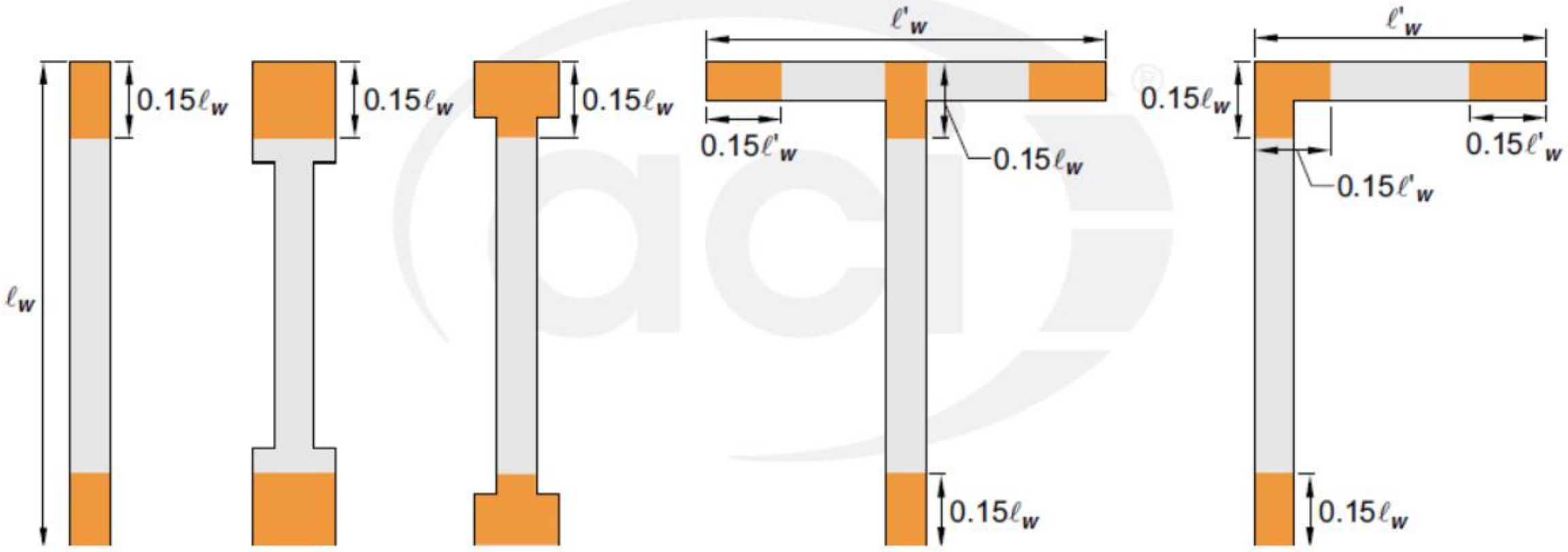


Fig. R18.10.2.4—Locations of longitudinal reinforcement required by 18.10.2.4(a) in different configurations of wall sections.

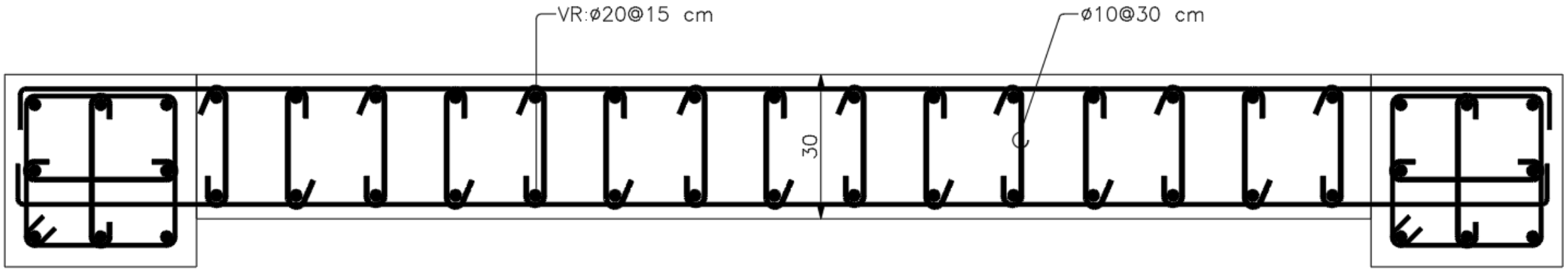
If $h_w/\ell_w > 2$ → $\rho_{\ell\text{ - min}} = 0.5\sqrt{f'_c}/f_y$ for $f'_c=25$ $f_y=400$ → $\rho_{\ell\text{ - min}} = 0.0064$

بهتر است در ۰/۱۵ انتهای طول دیوار مانند ستون ضابطه حداقل ۱٪ میلگرد قائم را رعایت شود.

مهار میلگردهای قائم فشاری دیوار

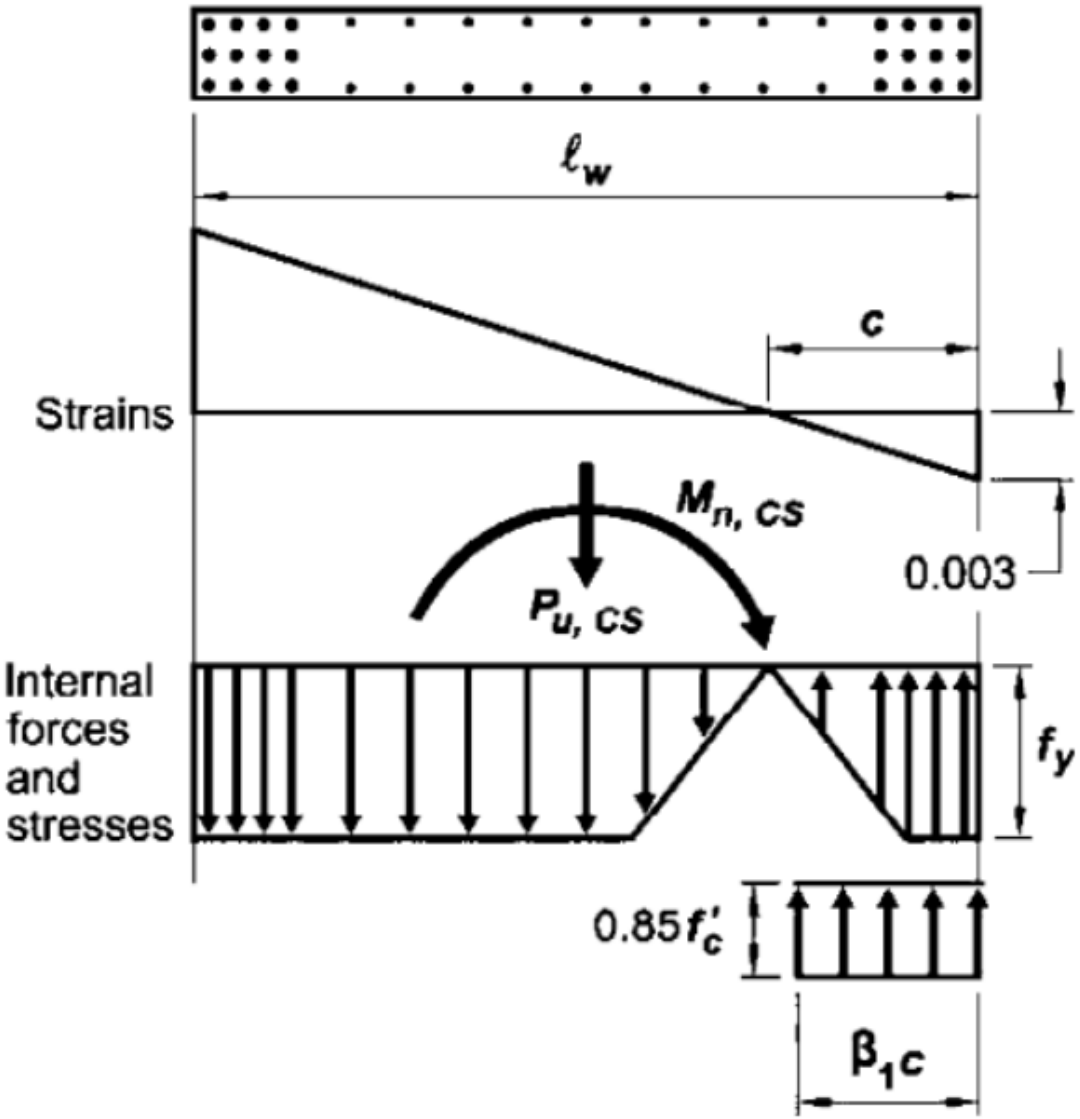
- در صورتی که **میلگردهای قائم** دیوار برشی از **۱٪** بیشتر باشد، نیاز به **سنجاق** برای مهار جانبی **میلگردهای فشاری** دارند (فصل دیوارها–ضابطه غیرلرزه ای).
- مهار **همگی** میلگردهای جان **نیاز نبوده** و می توان **یک در میان** با فاصله خالص بین یک میلگرد مهار شده با میلگرده مهار نشده مجاور از **۱۵ سانتیمتر کمتر** باشد.
- فاصله سنجاق ها در ارتفاع، حداکثر به اندازه **ضخامت دیوار** و $16d_b$ و $48d_s$ می باشد (مانند ضوابط مهار میلگردهای فشاری ستون ها).

مهار میلگردهای قائم فشاری دیوار



$$\rho_l = \frac{2\,A_l}{\mathrm{b\ s}} = \frac{2\times 3.14}{30\times 15} = 1.4\% \ \geq\ 1\%$$

مهار میلگردهای قائم فشاری دیوار



مهار میلگردهای قائم فشاری دیوار

- **فقط میلگردهای قائم در طول ناحیه فشاری (c) نیاز به مهار دارند.**

Boundary Element Check (ACI 18.10.6.3, 18.10.6.4)

Station Location	ID	Edge Length (cm)	Governing Combo	P_u kgf	M_u kgf-cm	Stress Comp kgf/cm²	Stress Limit kgf/cm²	C Depth cm	C Limit cm
Top–Left	Leg 1	Not Required	DWalS3	30440.51	4179206.29	-4.43	50		
Top–Right	Leg 1	Not Required	DWalS3	30440.51	4179206.29	9.5	50		
Bottom–Left	Leg 1	39.791	DWalS4	41240.51	-49707437.72	86.28	50	69.791	66.667
Botttom–Right	Leg 1	39.901	DWalS4	41240.51	49707581.46	86.28	50	69.901	66.667

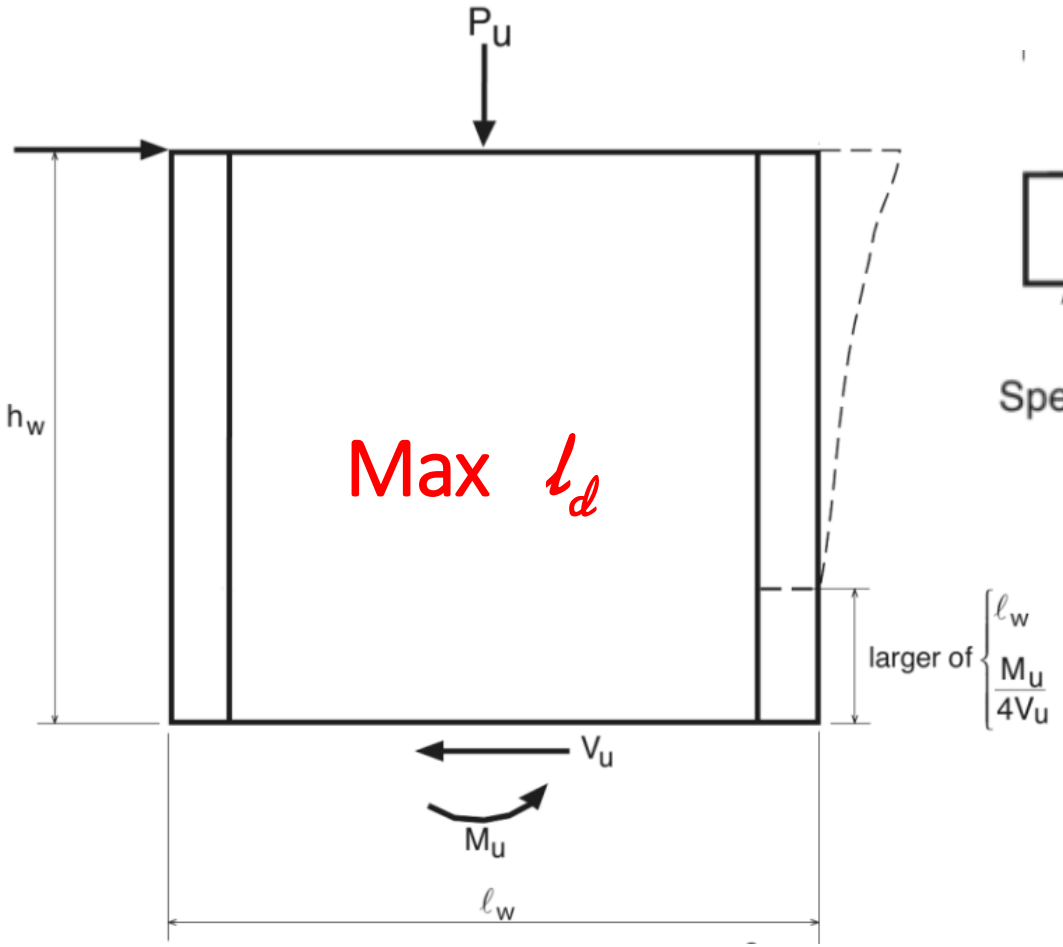
المان مرزی دیوارهای برشی ویژه

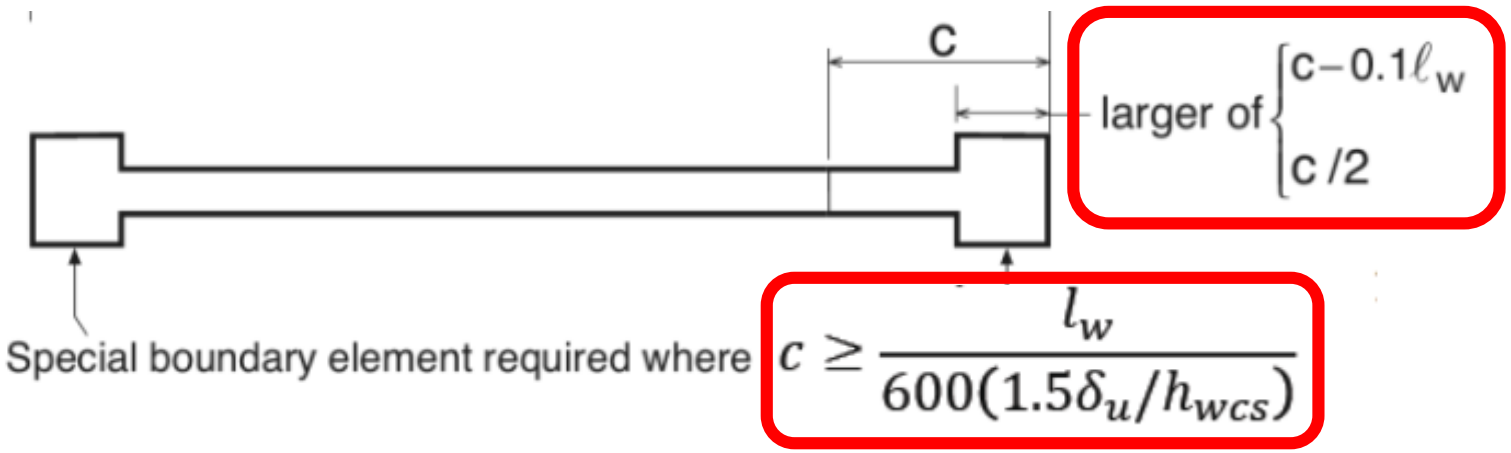
تعریف المان مرزی

- المان مرزی قسمت های **انتهایی دیوار** برشی بوده که تحت اثر بارهای **ثقلی** و **زلزله** رفت و برگشتی، **فشار زیادی** را متحمل می شوند.
- در این المان ها برای جلوگیری از **خرد شدن بتن فشاری** از میلگردهای **قائم** و **تنگ های بسته** استفاده می شود.
- همچنین برای جلوگیری از **کمانش میلگردهای قائم**، از **تنگ یا سنجاق لرزه ای** استفاده می شود.
- المان مرزی ممکن است انتهای **دیوار**، انتهای **بازشو** دیوار، محل **تقاطع یال های** دیوارهای برشی بال دار بوده و معمولاً **ضخامتی بیشتر** از خود المان دارند.

تعریف المان مرزی

نیاز به المان مرزی ویژه- روش کنترل طول ناحیه فشاری





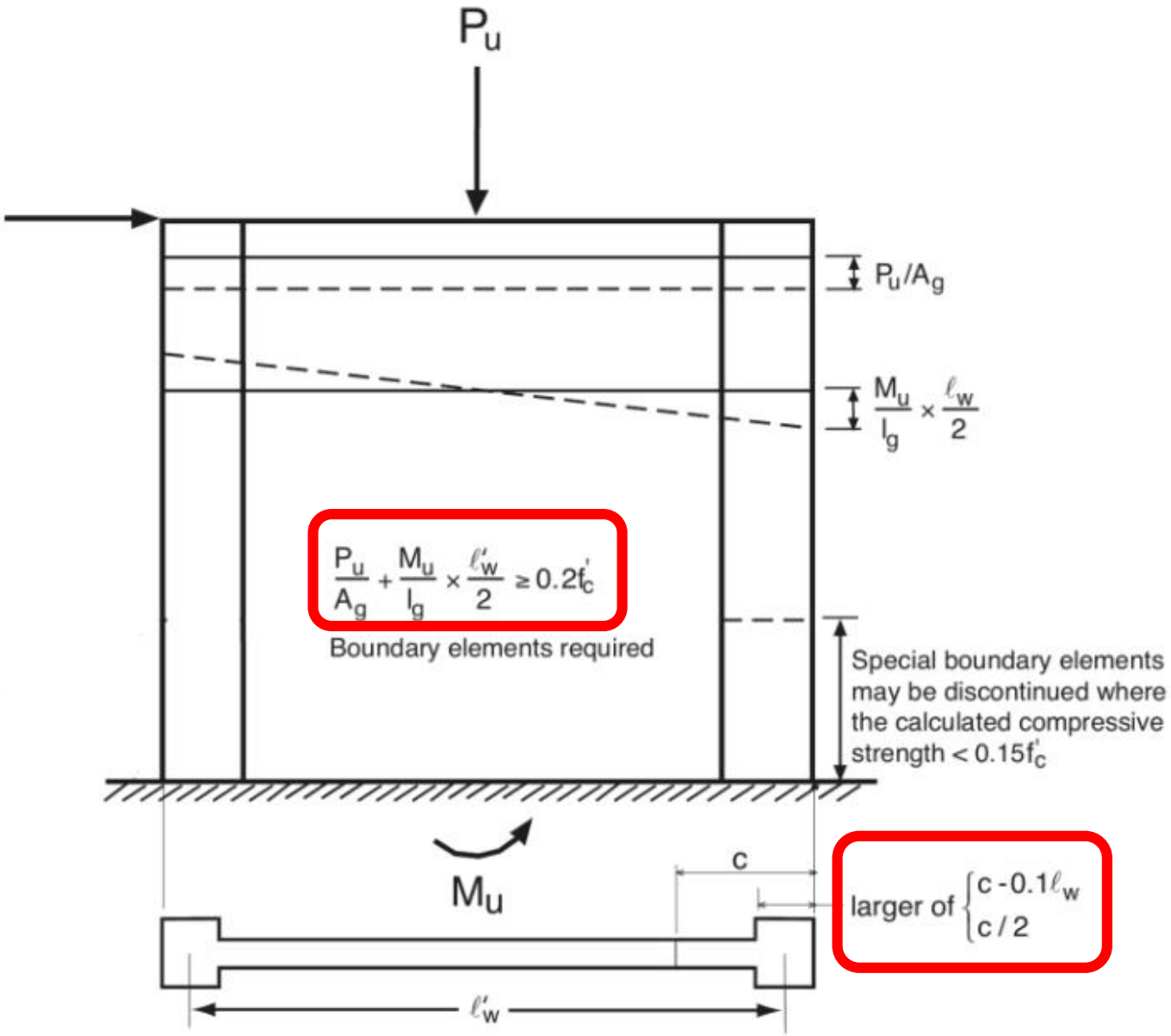
$$\delta_u / h_{wcs} \geq 0.005$$

$$\text{ASCE7:} \quad \delta_u = C_d \delta_e / I$$

دوگانه قاب خمشی متوسط+ دیوار برشی ویژه $\quad C_d = 5$

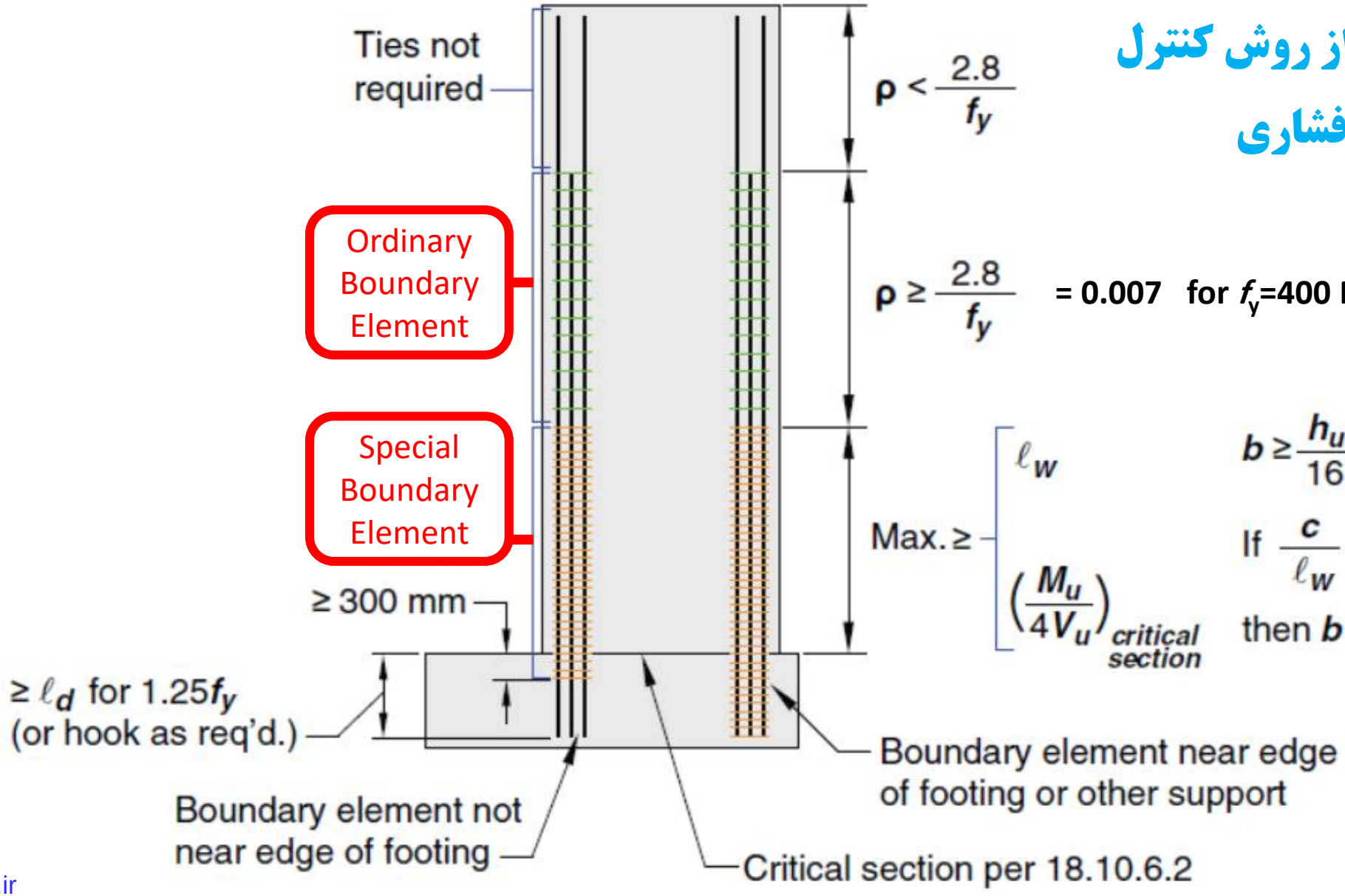
- h_{wcs} ارتفاع **کل** دیوار بوده که برنامه ETABS به اندازه ارتفاع طبقه در نظر می گیرد.

نیاز به المان مرزی ویژه- روش کنترل تنش فشاری



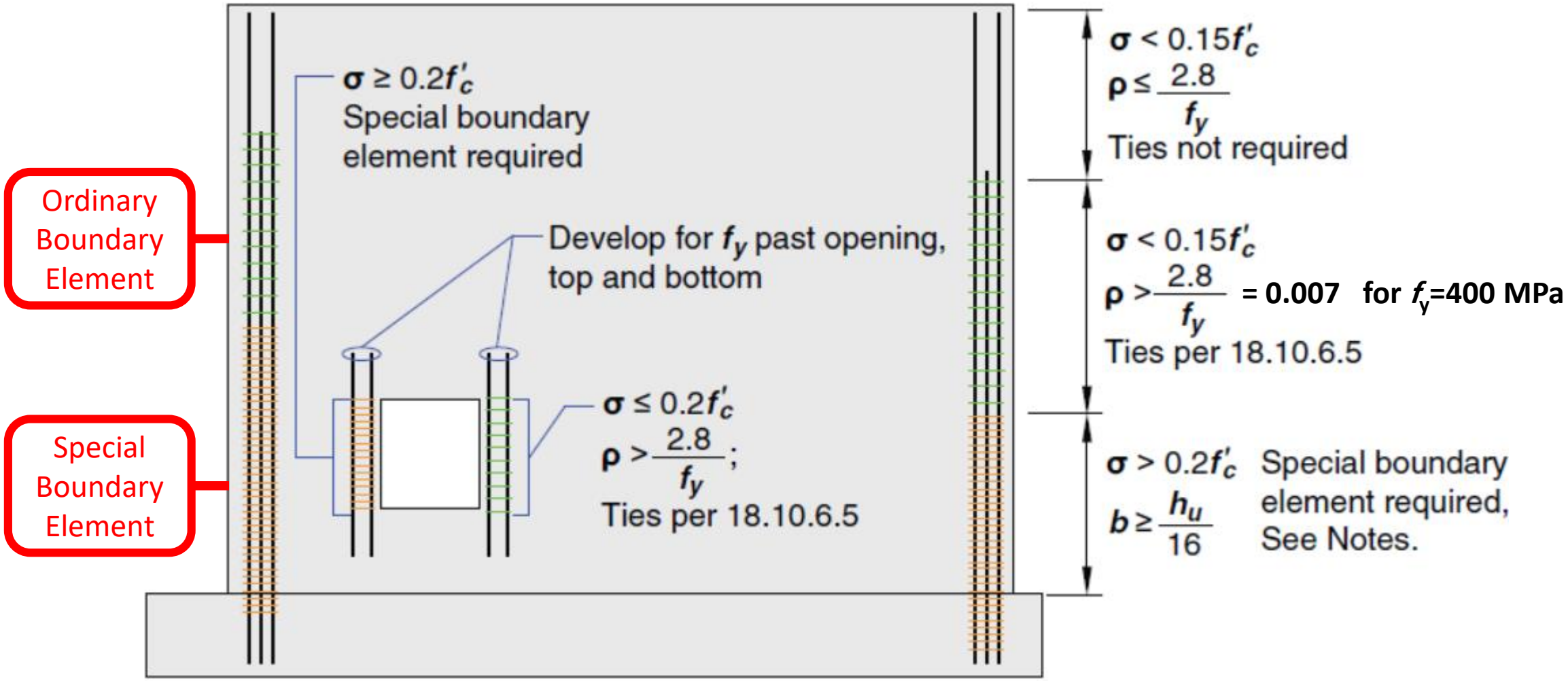
المان مرزی دیوارهای برشی ویژه

در صورت استفاده از روش کنترل طول ناحیه فشاری

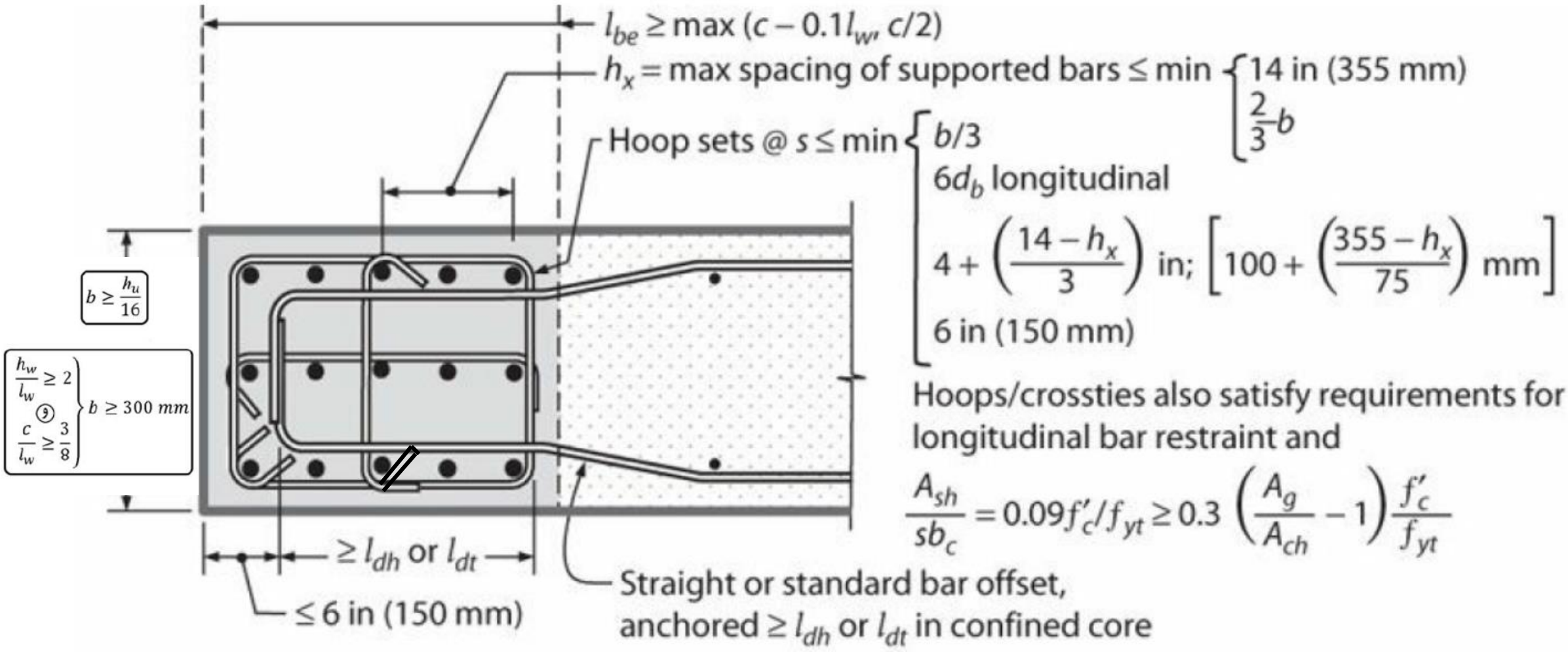


المان مرزی دیوارهای برشی ویژه

در صورت استفاده از روش کنترل تنش فشاری

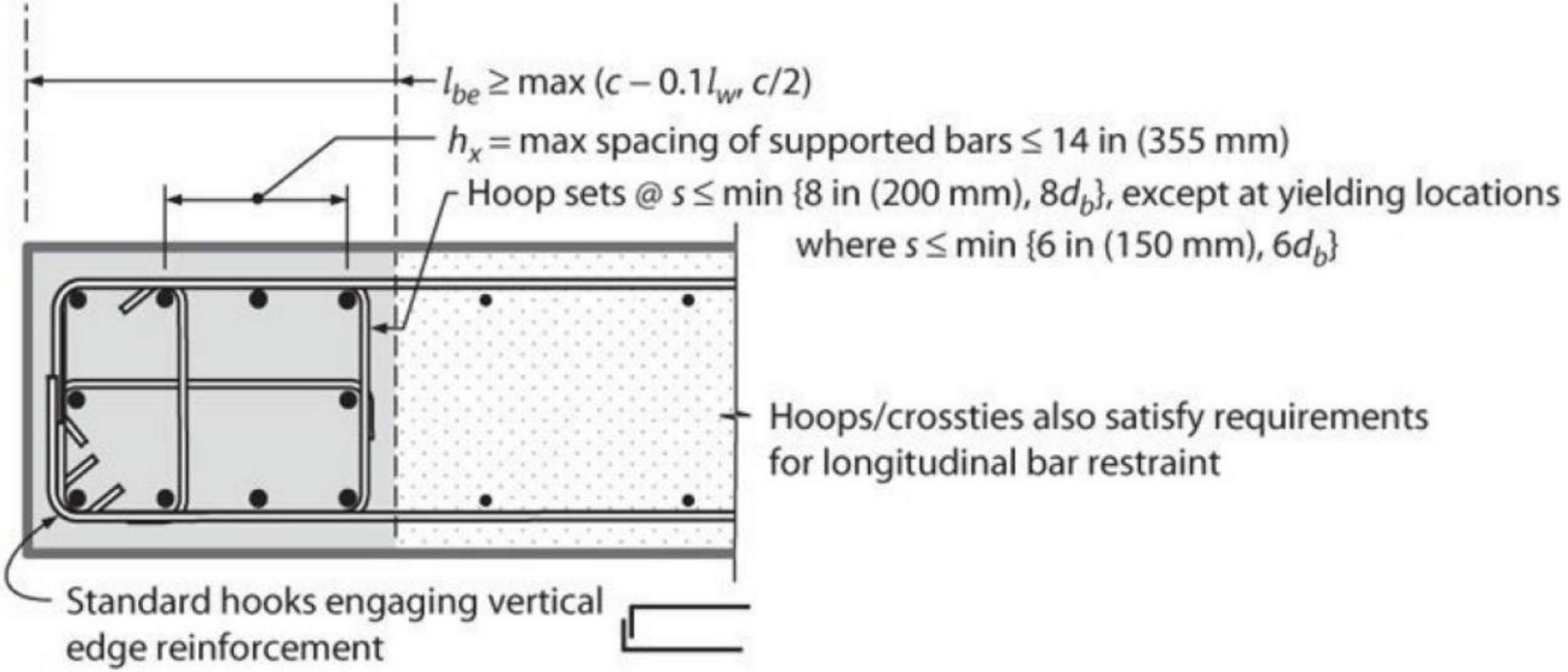


ضوابط المان مرزی ویژه



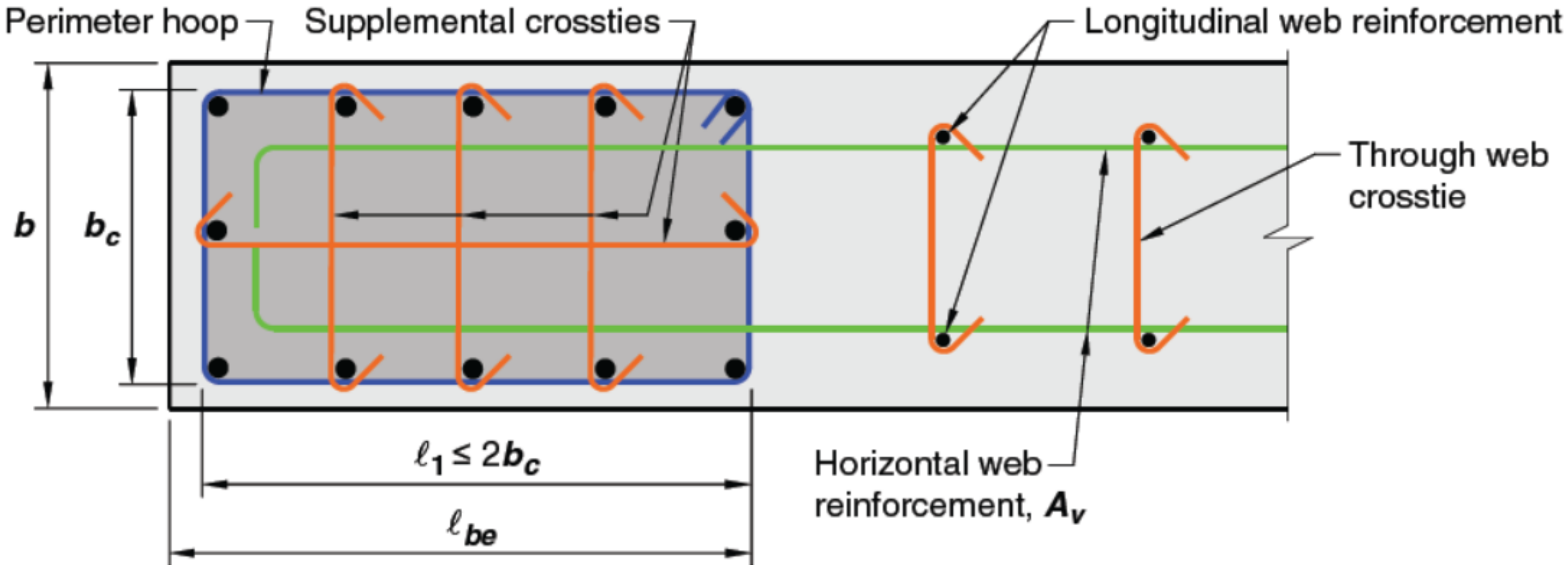
(a) Special boundary element

ضوابط المان مرزی معمولی

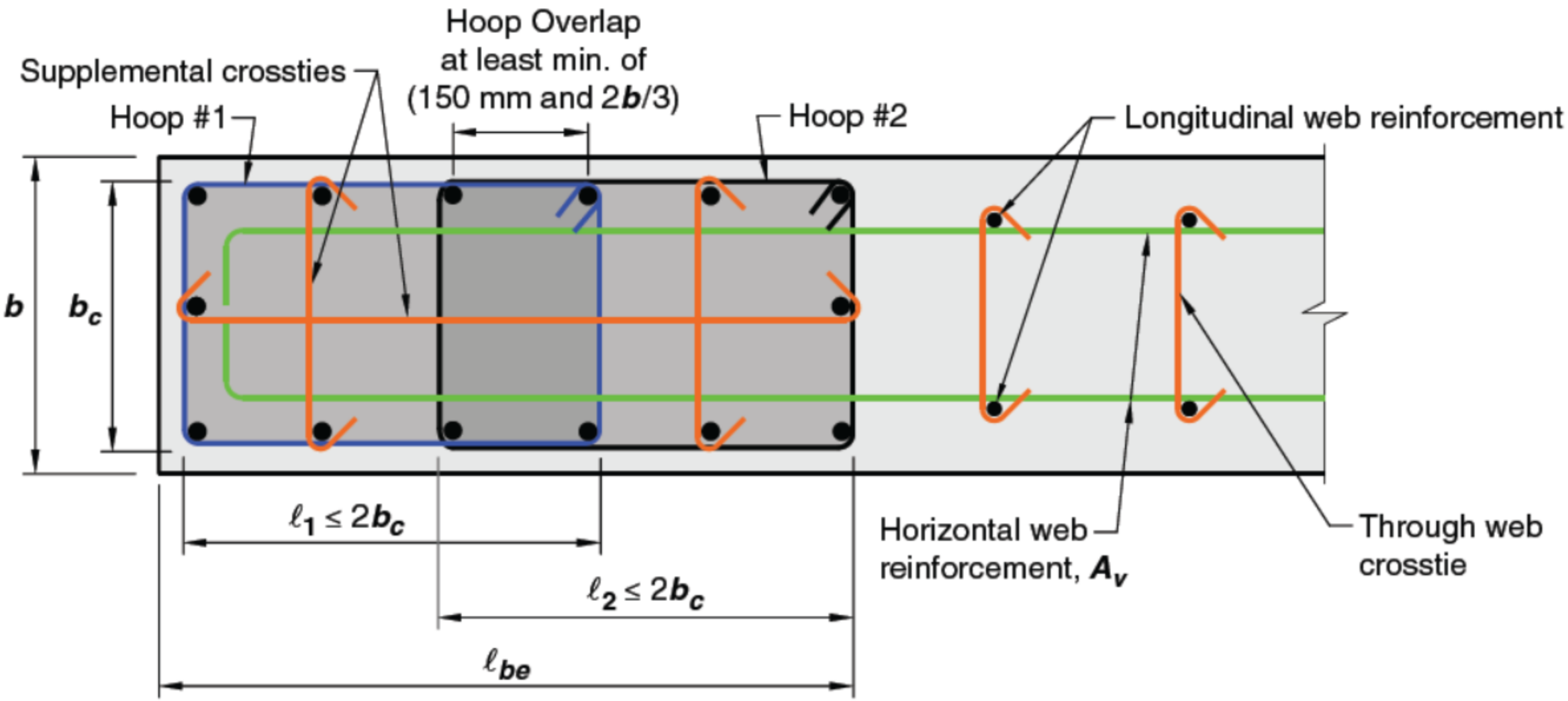


(b) Ordinary boundary element where $\rho_{be} > 400/f_y$, psi ($2.8/f_y$, MPa)

ضوابط المان مرزی ویژه



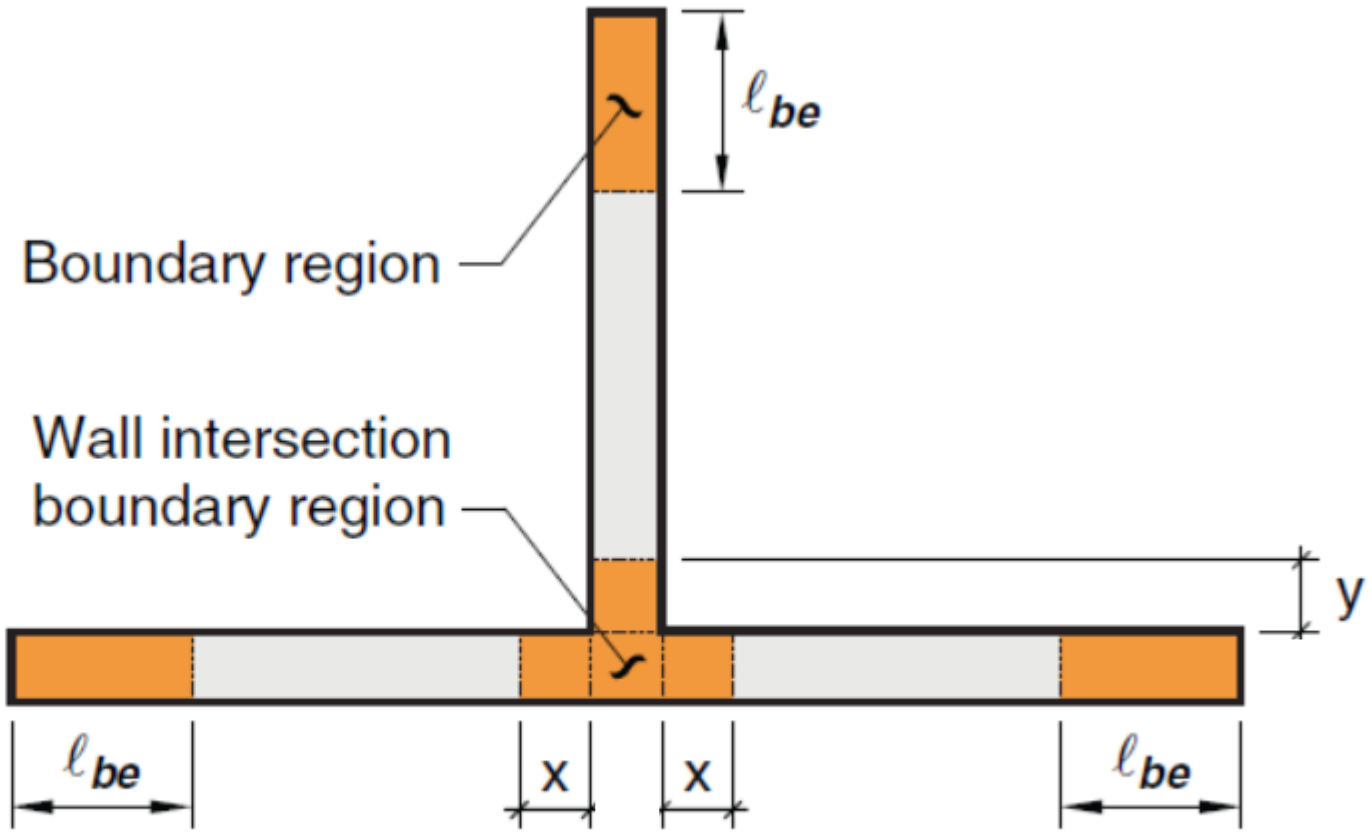
ضوابط المان مرزی ویژه



ضوابط المان مرزی ویژه

- سنجاق های لرزه ای هر دو سر به خم ۱۳۵ درجه ختم می شوند.
- نسبت طول به عرض تنگ بسته کمتر از ۲ باشد.
- در صورت استفاده از تنگ های بسته بصورت تودرتو، طول هم پوشانی حداقل ۱۵ سانتیمتر و 2/3 b می باشد.
- مقاومت فشاری بتن در جزء مرزی در محدوده ضخامت دال نباید از ۷۰٪ مقاومت فشاری بتن دیوار کم تر باشد.
- در قسمت پایین و بالای مقطع بحرانی در ارتفاعی به اندازه ℓ_w و $M_u/4V_u$، تمامی میلگردهای قائم جان دیوار کنج تنگ بسته یا سنجاق لرزه دو سر ۱۳۵ درجه قرار گیرند.

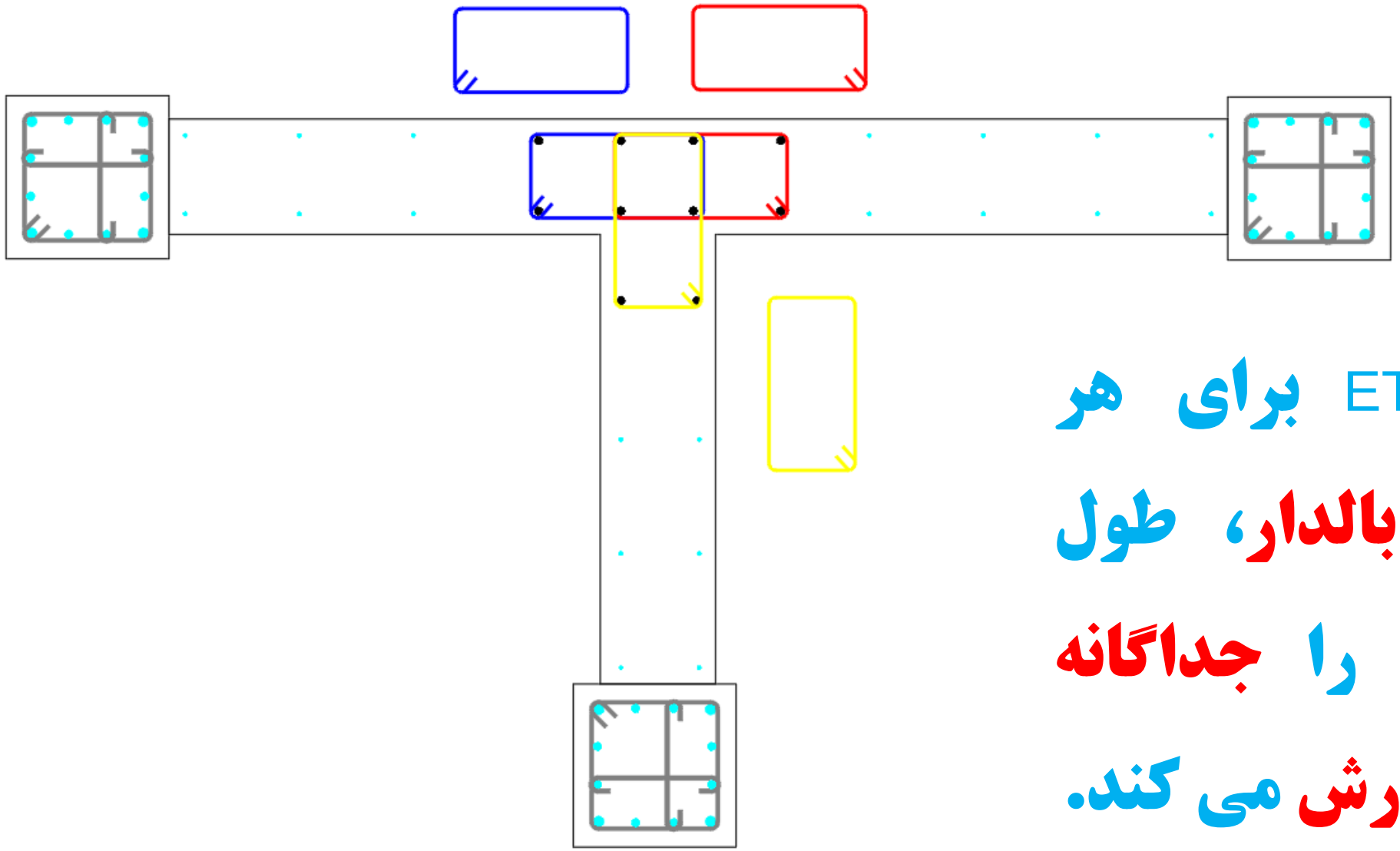
امتداد المان مرزی ویژه در مقاطع بالدار



(b) Section A-A

x = y = 30 cm

امتداد المان مرزی ویژه در مقاطع بالدار



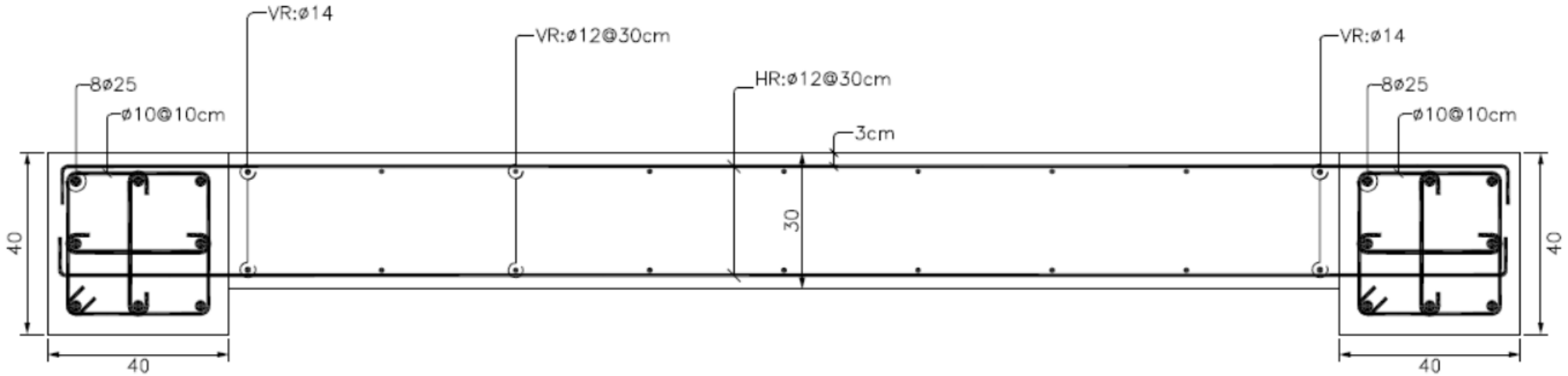
برنامه ETABS برای هر ساق دیوار بالدار، طول المان مرزی را جداگانه محاسبه و گزارش می کند.

مثال

در صورتی که در **دیوار برشی ویژه** به شکل زیر، ابعاد المان مرزی ۴۰ در ۴۰ باشد، مطلوب است **طراحی میلگردهای عرضی المان مرزی**.

مقاومت بتن ۲۵۰ و مقاومت میلگرد عرضی ۳۴۰۰ kgf/cm^2 می باشد.

کاور بتن ۴ سانتیمتر فرض شود.



مثال

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = 0.09 f'_c / f_{yt} \geq 0.3\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right)\frac{f'_c}{f_{yt}}$$

A_{sh} مساحت میلگردهای عرضی راستای مورد نظر

A_{ch} مساحت المان مرزی از بیرون میلگرد عرضی

A_g مساحت کل المان مرزی

b عرض المان مرزی عمود بر راستای میلگرد عرضی

s فاصله قائم میلگردهای عرضی

b_c =40 cm $\quad f'_c = 250 \ \frac{kgf}{cm^2} \quad f_{yt} = 3400 \ \frac{kgf}{cm^2}$

$A_g = 40 \times 40 = 1600 \quad cm^2$

$A_{ch} = (40 - 4.0) \times (40 - 4.0) = 1260 \quad cm^2$

1) $\frac{A_{sh}}{s} = \frac{0.09 f'_c}{f_{yt}} b_c = \frac{0.09 \times 250}{3400} \times 40 = 0.2647 \quad cm^2/cm$

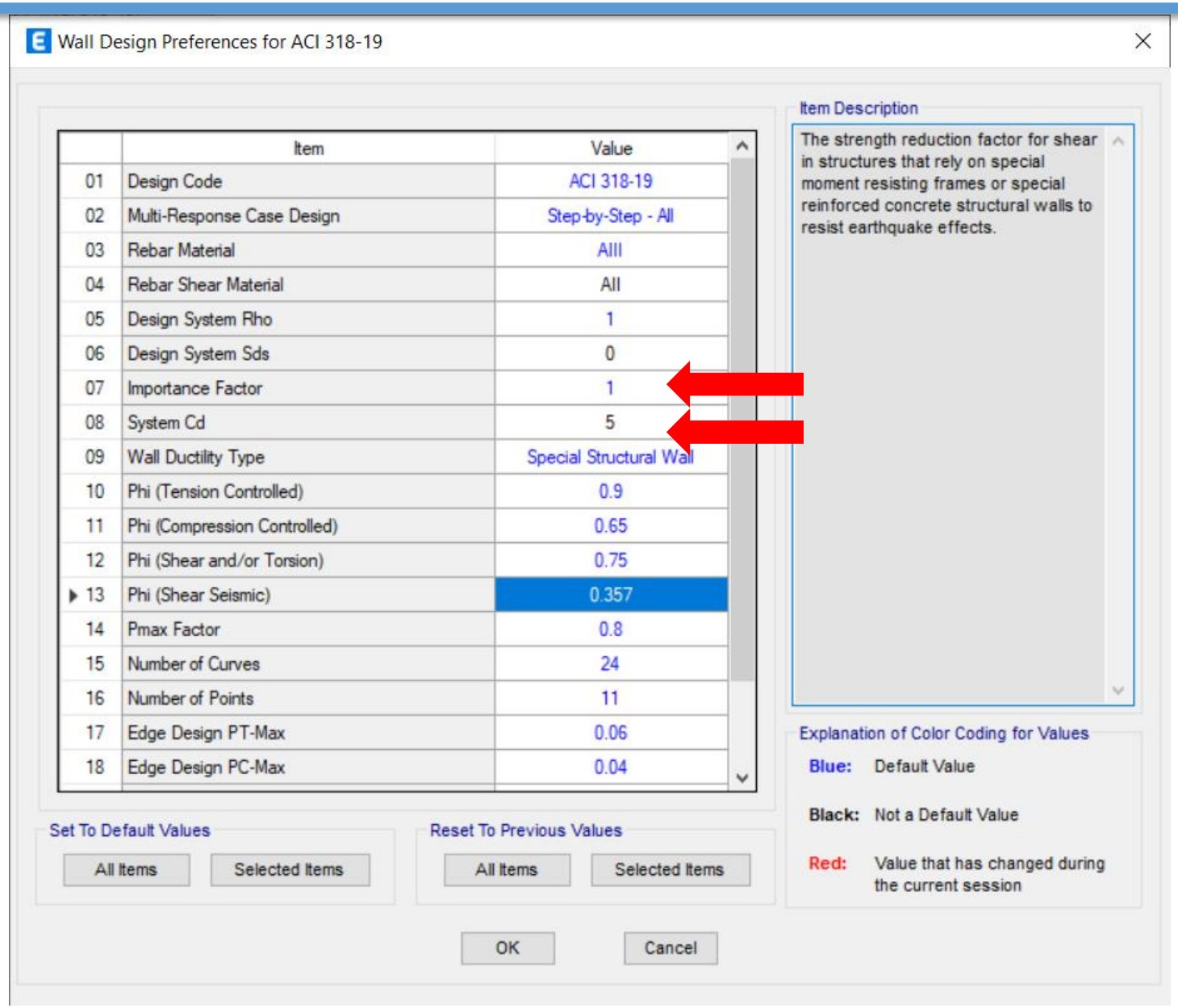
2) $\frac{A_{sh}}{s} = 0.3\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right)\frac{f'_c}{f_{yt}} b_c = 0.3 \times \left(\frac{1600}{1260} - 1\right) \times \frac{250}{3400} \times 40 = 0.2381 \quad cm^2/cm$

Assume : s=10 cm → $A_{sh} = 10 \times 0.2647 = 2.647 \ cm^2$ → $\frac{A_{sh}}{3} = 0.794 \ cm^2$ → USE

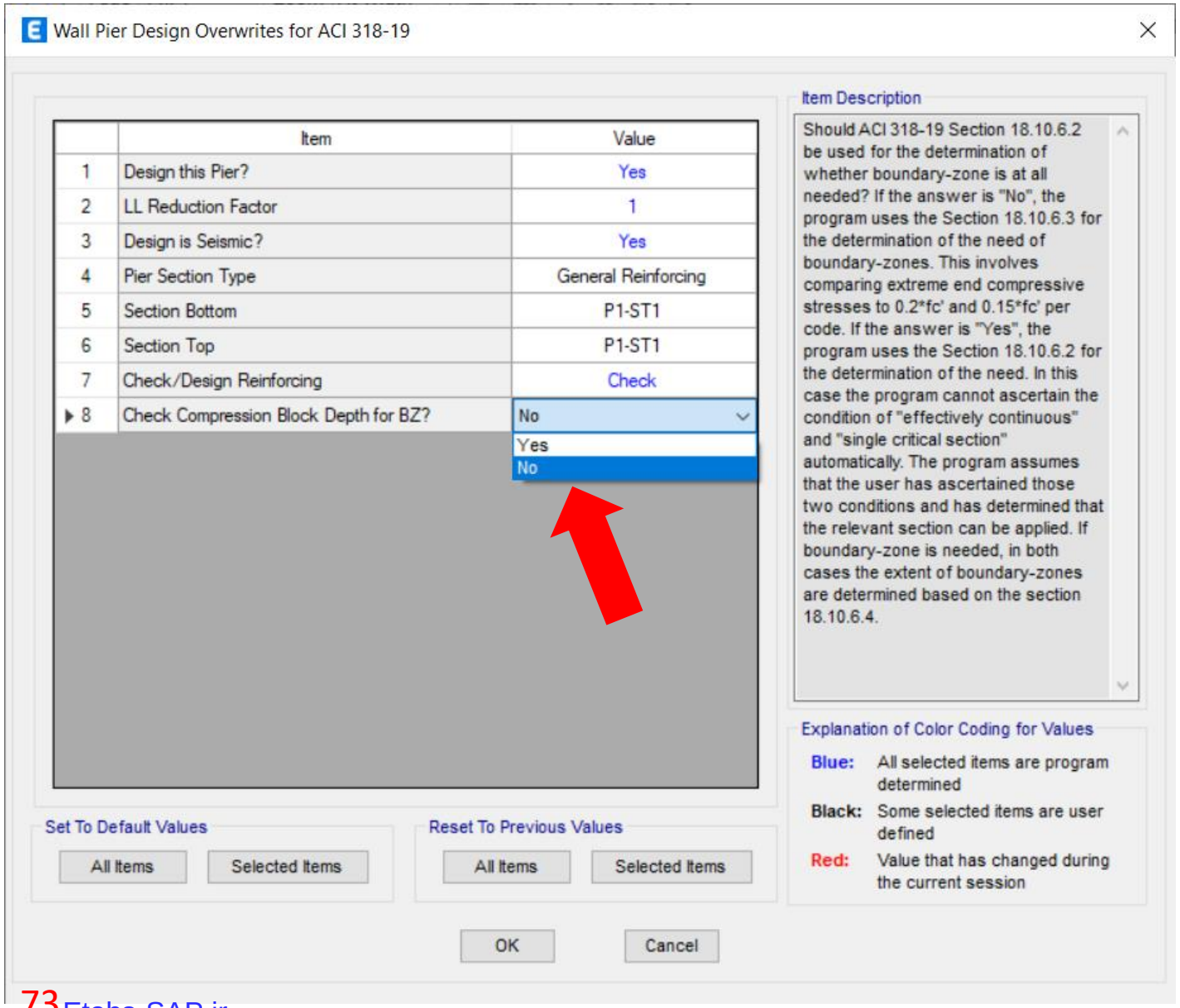
Φ10@10

محاسبه طول المان مرزی در ETABS

کنترل طول المان مرزی



کنترل طول المان مرزی



YES :

برنامه ضابطه کنترل طول ناحیه فشاری c با مقدار مجاز را هم علاوه بر کنترل تنش فشاری استفاده می می کند.

No :

ضابطه کنترل تنش فشاری با مقدار مجاز $0.2f'_c$ تنها کنترل می شود.

کنترل طول المان مرزی

انتخاب گزینه No – برنامه فقط با $0.15\ f'_c$ کنترل می نماید.

C/2

$0.2\ f'_c$

Boundary Element Check (ACI 21.9.6.3, 21.9.6.4)

Station Location	ID	Edge Length (cm)	Governing Combo	P_u kgf	M_u kgf-cm	Stress Comp kgf/cm²	Stress Limit kgf/cm²	C Depth cm	C Limit cm
Top–Left	Leg 1	11.574	ECOMB14	129726.7	-1668378.37	46.56	50	23.148	25.778
Top–Right	Leg 1	11.813	ECOMB14	132453.09	2872882.51	60.57	50	23.413	25.778
Bottom–Left	Leg 1	12.562	ECOMB14	142238.25	-2842077.07	62.34	50	24.162	25.778
Botttom–Right	Leg 1	12.807	ECOMB14	144690.71	6869575.38	107.76	50	24.407	25.778

با توجه به آنکه برنامه ETABS روش اول کنترل لزوم المان مرزی را اشتباه حساب می کند،

بهتر است از همین روش (روش دوم) استفاده شود.

کنترل طول المان مرزی

انتخاب گزینه Yes

Boundary Element Check (ACI 21.9.6.2, 21.9.6.4)

Station Location	ID	Edge Length (cm)	Governing Combo	P_u kgf	M_u kgf-cm	Stress Comp kgf/cm²	Stress Limit kgf/cm²	C Depth cm	C Limit cm
Top–Left	Leg 1	Not Required	ECOMB12	131619	-49759.52	28.92	50	23.301	25.778
Top–Right	Leg 1	Not Required	ECOMB12	132453.09	2872882.51	60.57	50	23.413	25.778
Bottom–Left	Leg 1	Not Required	ECOMB14	142238.25	-2842077.07	62.34	50	24.162	25.778
Botttom–Right	Leg 1	Not Required	ECOMB14	144690.71	6869575.38	107.76	50	24.407	25.778

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

تیرهای کوپله

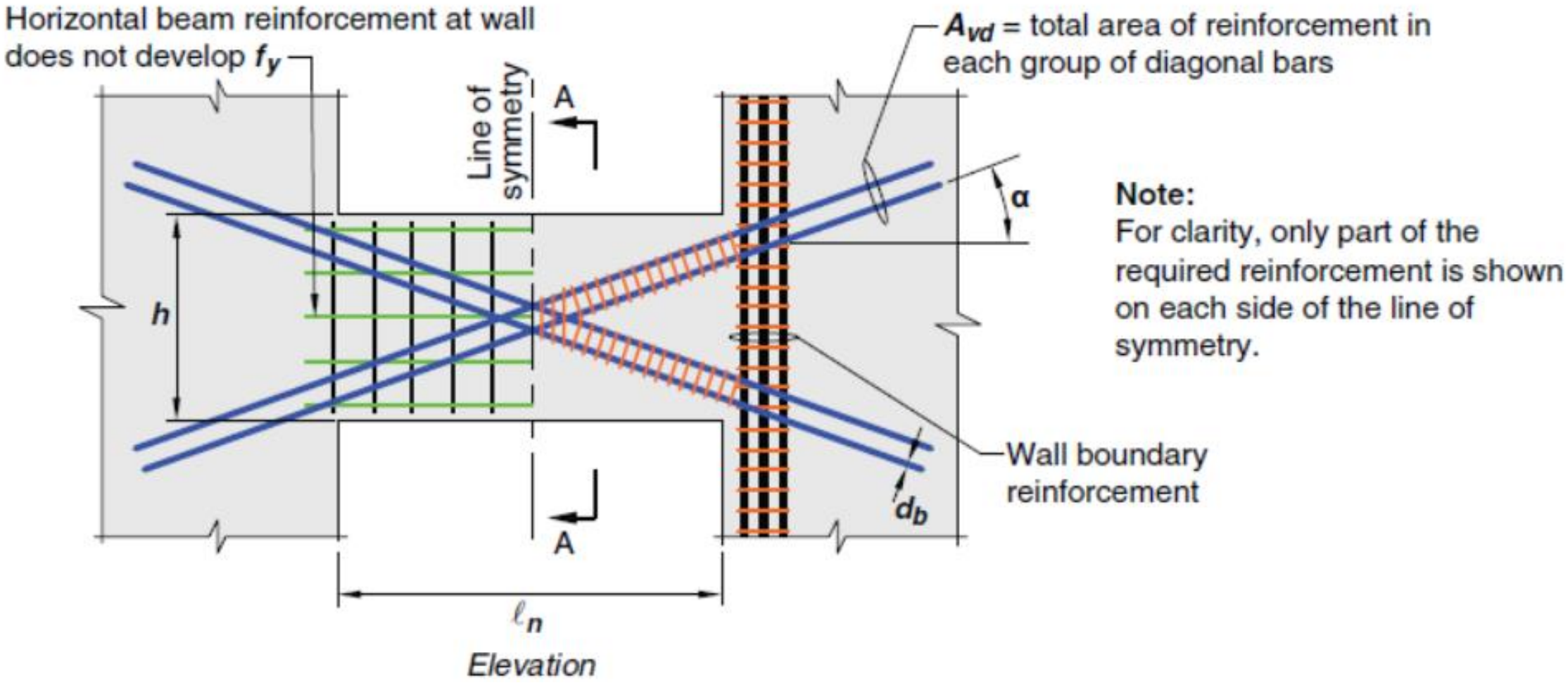
تیرهای کوپله

- در تیرهای همبندی که $\ell_n / h \geq 2$ بوده و مقدار نیروی برشی وارده بر تیر از دو برابر برش مقاوم بتن بیشتر باشد، بایستی از دو گروه میلگردهای قطری متقاطع و متقارن نسبت به مرکز تیر استفاده کرد.

- در مبحث نهم بجز روش قبلی برای محصور کردن میلگردهای قطری با استفاده از دورگیر، روش دیگری هم ارائه شده است.

تیرهای کوپله- گزینه اول

- محصور کردن گروه میلگردهای قطری



تیرهای کوپله- گزینه اول

- محصور کردن گروه میلگردهای قطری

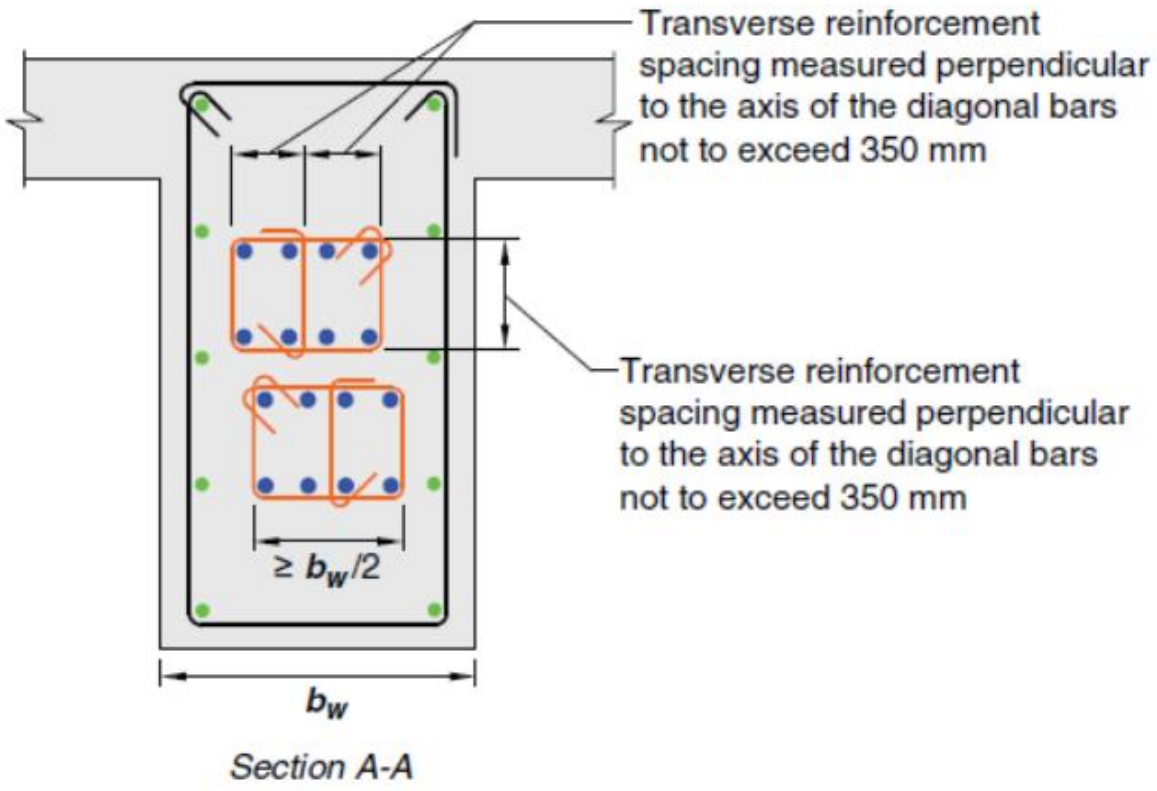
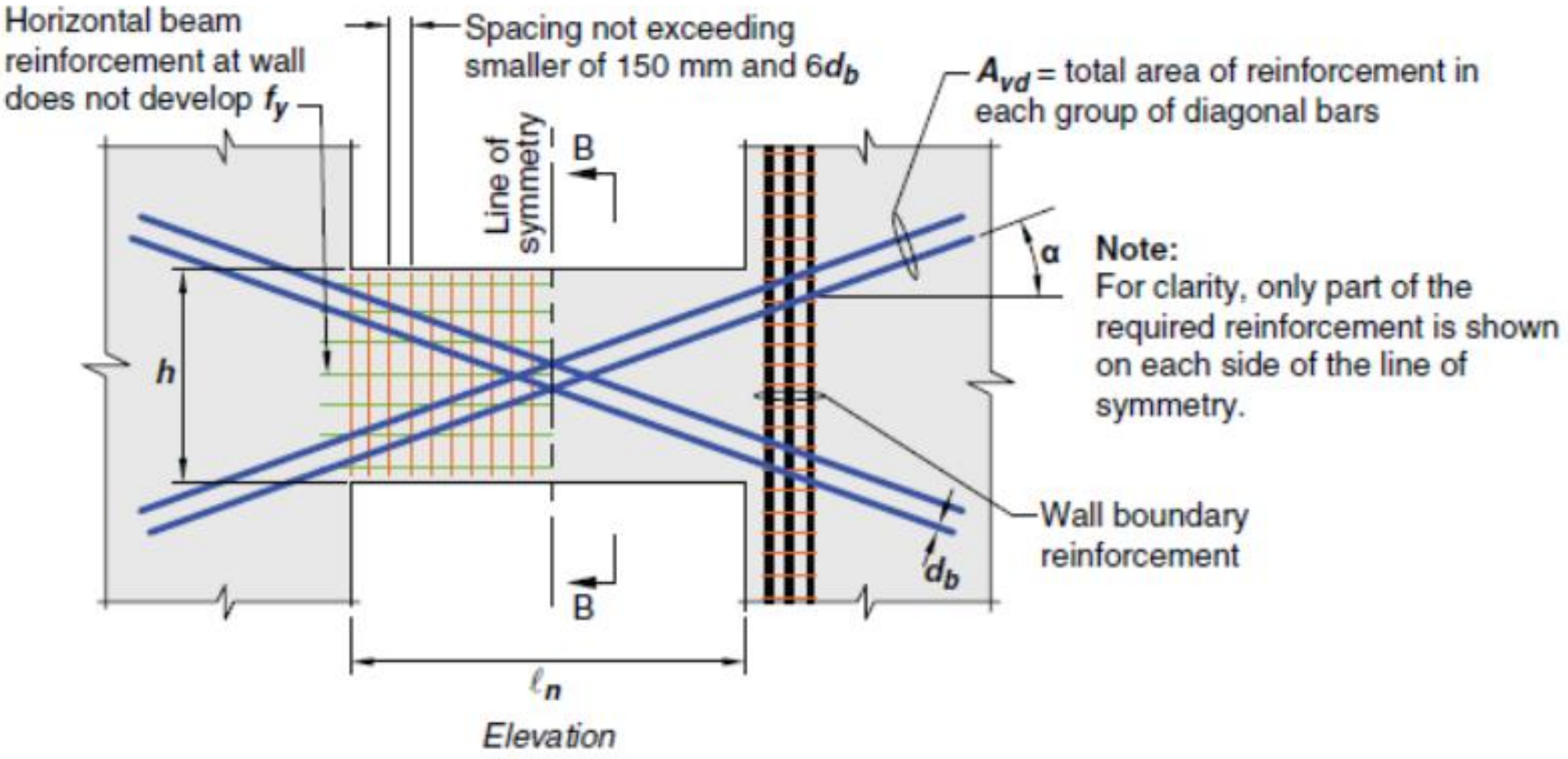


Fig. R18.10.7a—Confinement of individual diagonals in coupling beams with diagonally oriented reinforcement.

تیرهای کوپله- گزینه دوم

- اجرای میلگردهای طولی و عرضی پیرامونی روی کل تیر



تیرهای کوپله- گزینه دوم

- اجرای میلگردهای طولی و عرضی پیرامونی روی کل تیر

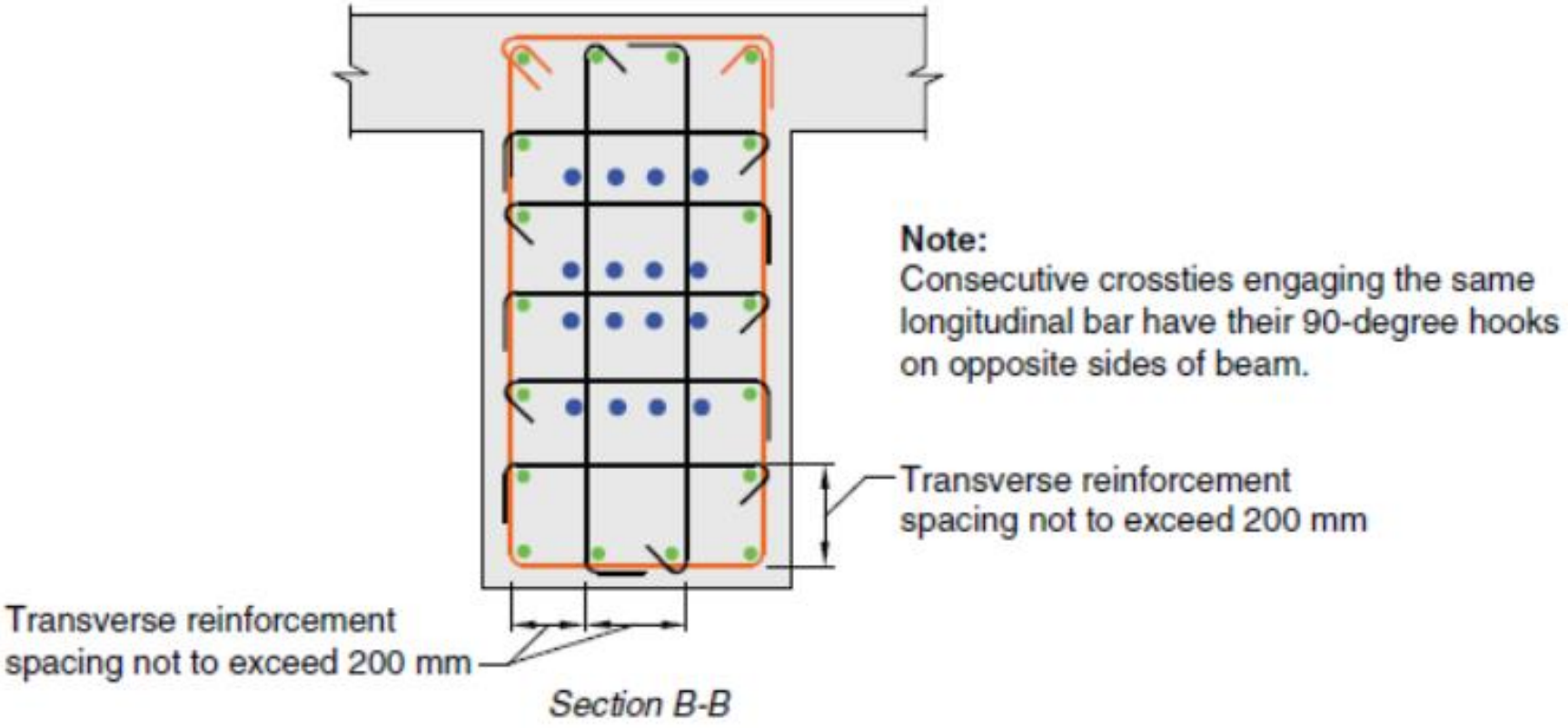


Fig. R18.10.7b—Full confinement of diagonally reinforced concrete beam section in coupling beams with diagonally oriented reinforcement. Wall boundary reinforcement shown on one side only for clarity.