



جلسه دوازدهم – بخش ۲۰

✓ ضوابط و الزامات ابعادی المان مرزی (۹-۲۰-۷-۴-۴)

✓ ضوابط آرماتورهای طولی المان مرزی و وصله پوششی اون‌ها

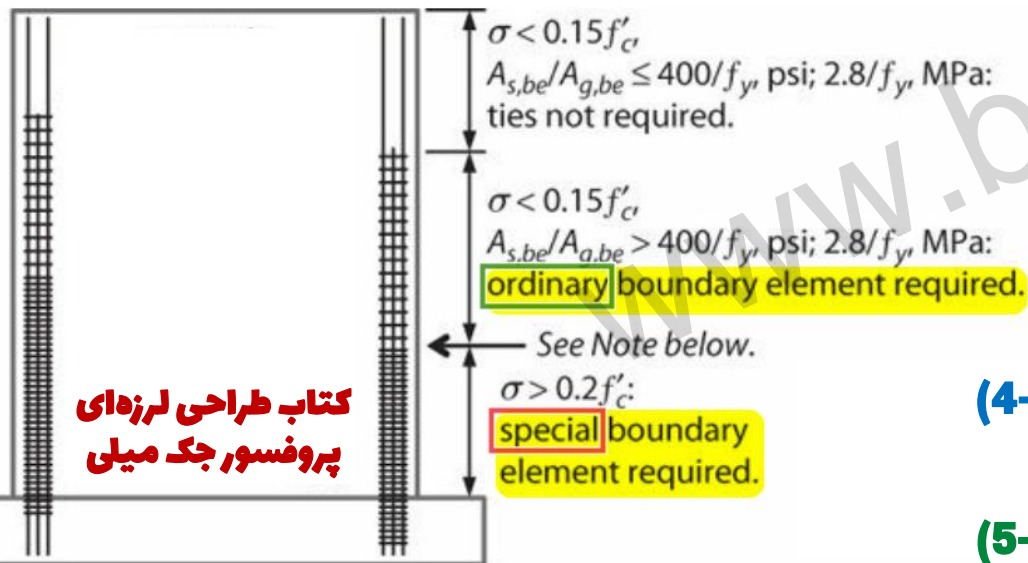
✓ ضوابط آرماتورهای عرضی المان مرزی، زیر مقطع بحرانی و فونداسیون

بندها و ضوابط اجزای مرزی (المان مرزی) ویژه



مبحث نهم ۹۹

۴-۷-۲۰-۹ اجزای مرزی در دیوارهای سازه‌ای با شکل پذیری زیاد (ویژه)
۱-۴-۷-۲۰-۹ نیاز به اجزای مرزی ویژه در لبه‌ی دیوارها بر اساس یکی از ضوابط بندهای
۲-۴-۷-۲۰-۹ یا ۳-۴-۷-۲۰-۹ تعیین می‌شود. علاوه بر آن، ضوابط بندهای ۴-۴-۷-۲۰-۹ و
۵-۴-۷-۲۰-۹ نیز باید رعایت گردند.



کتاب طراحی لرزه‌ای
پروفسور جک میلی

روش جابه‌جایی (بند ۲-۴-۷-۲۰-۹)

روش تنش‌فشاری (بند ۳-۴-۷-۲۰-۹)

تشخیص نیاز به
المان مرزی ویژه

ضوابط آرماتورگذاری المان مرزی (بند ۴-۴-۷-۲۰-۹)

ناحیه بدون المان مرزی ویژه
(المان مرزی معمولی)
(بند ۵-۴-۷-۲۰-۹)

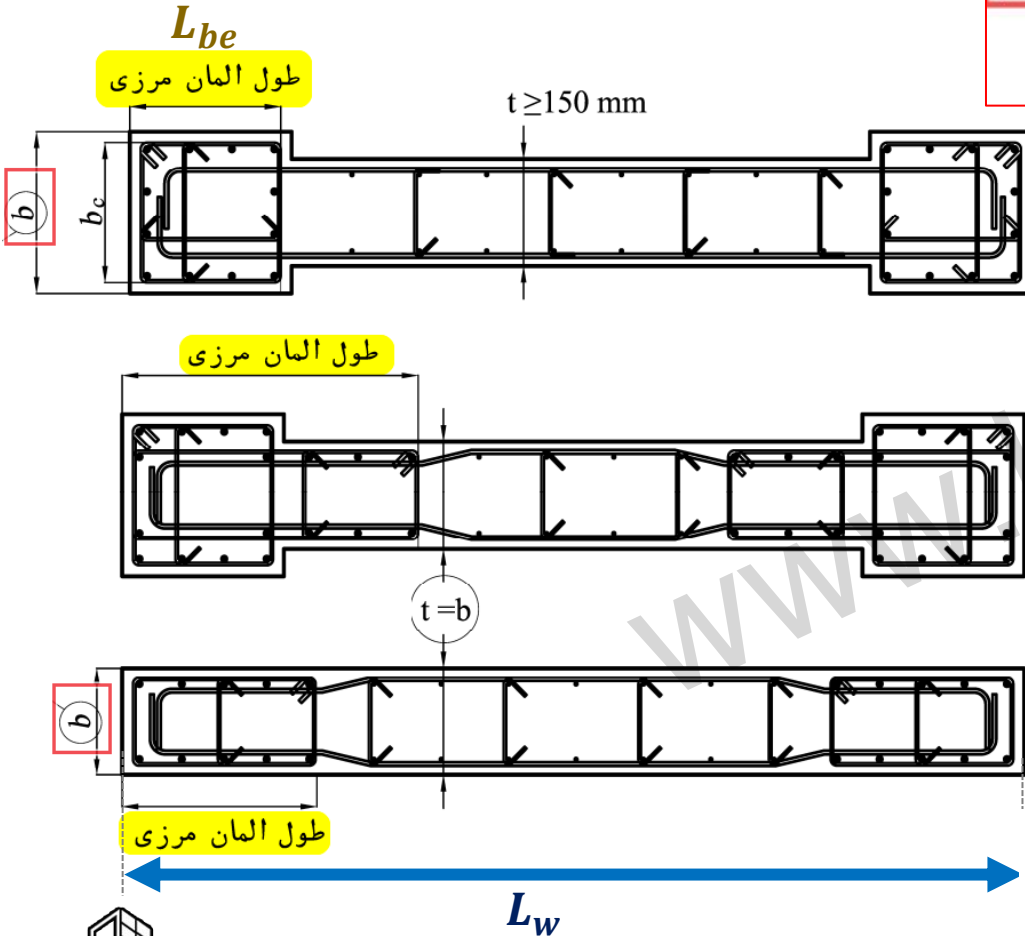
ضوابط



مقدار طول المان مرزی (در راستای افقی دیوار)



طولی که آرماتور عرضی ویژه داریم

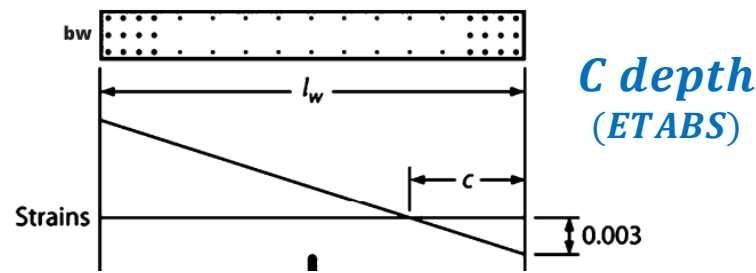
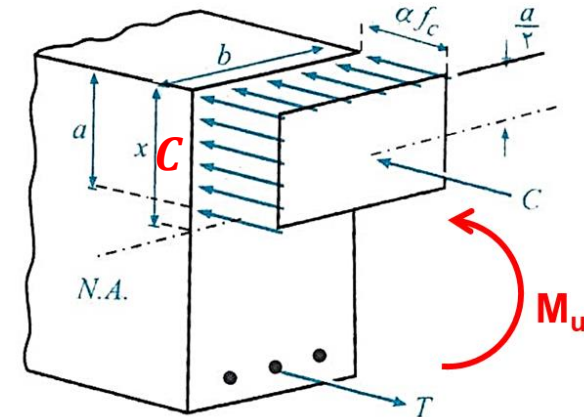


۴-۴-۷-۲۰-۹ اگر بر اساس بندهای ۲-۴-۷-۲۰-۹ یا ۳-۴-۷-۲۰-۹ به اجزای مرزی ویژه نیاز

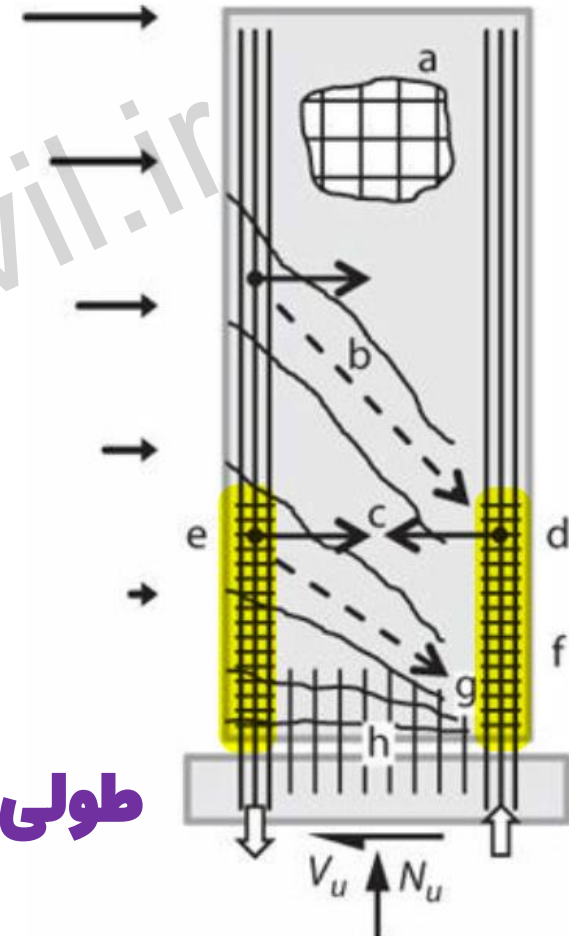
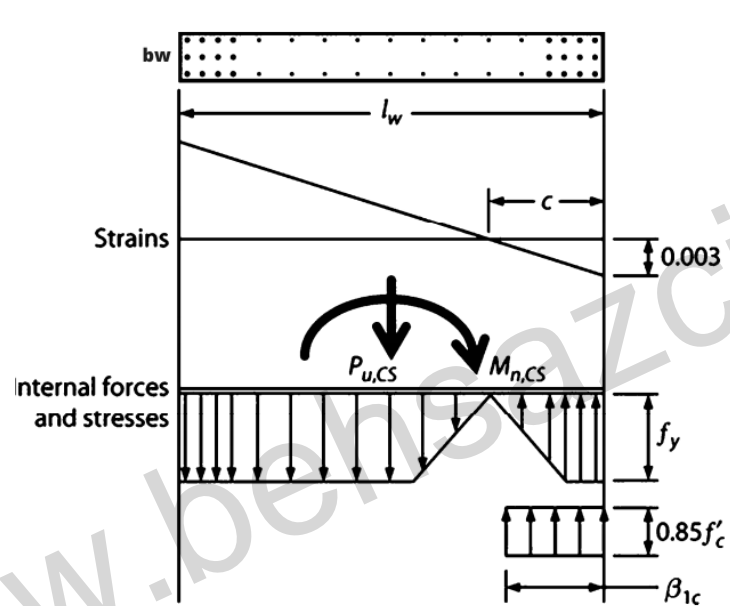
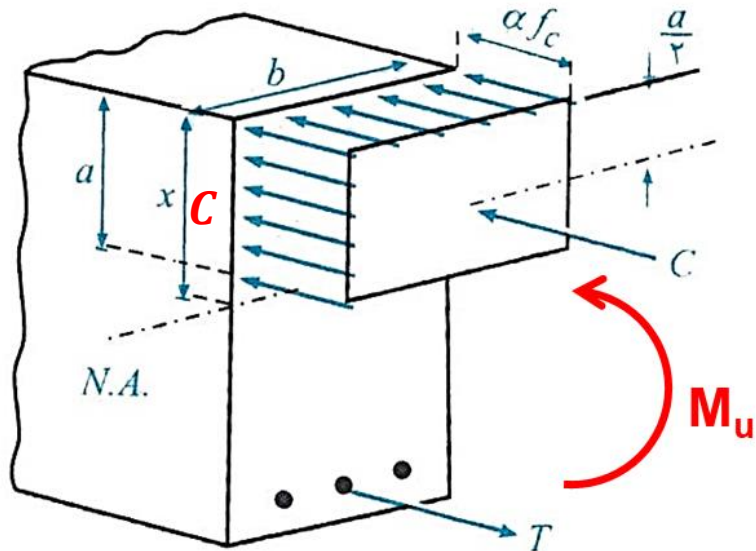
باشد، الزامات بندهای (الف) تا (ذ) زیر باید برآورده شوند:

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

$$L_{be}: \max \begin{cases} C - 0.1L_w \\ \frac{C}{2} \end{cases}$$



طول المان مرزی در ارتفاع (ثابت یا متغیر؟)



طولی که آرماتور عرضی ویژه داریم

طول المان مرزی تا بالا
ثابت رسم شده است



علت انتخاب حداقل عرض برای المان مرزی ویژه



۹-۲۰-۷-۲ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۰-۷-۲-۱ در دیوارهای سازه‌ای محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) زیر باید رعایت شوند:

الف- ضخامت دیوار نباید کمتر از ۱۵۰ میلی متر اختیار شود.

ب- در دیوارهایی که در آنها اجزای مرزی مطابق بند ۹-۲۰-۷-۴ به کار گرفته می‌شوند، عرض

عضو مرزی نباید کمتر از مقدار مشخص شده در بند ۹-۲۰-۷-۴-۴ پ باشد.



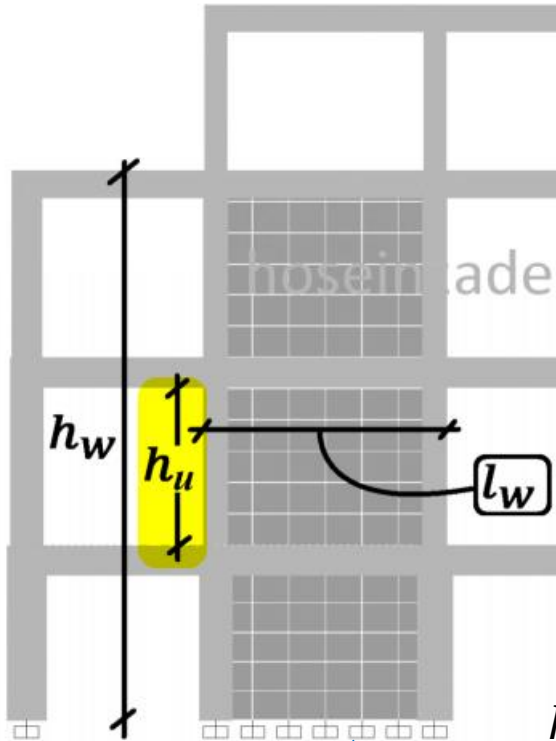
جلوگیری از وقوع کمانش در دیوار ← **حداقل عرض المان مرزی**
(تحت زلزله‌های رفت و برگشتی)

حداقل عرض المان مرزی ویژه (b)



ب- عرض ناحیه‌ی فشاری ناشی از خمش، b ، در طول افقی، که مطابق بند (الف) به دست آورده شده است و شامل بال دیوار در صورت وجود نیز می‌شود، نباید از $\frac{h_u}{16}$ کمتر باشد.

پ- در دیوارها یا دیوار پایه‌هایی که $\frac{h_{wcs}}{l_w} \geq 2.0$ بوده و به صورت پیوسته از روی شالوده تا بالای دیوار ادامه دارند، و به گونه‌ای طراحی شده‌اند که دارای تنها یک مقطع بحرانی برای خمش و بارهای محوری بوده و در آن‌ها $\frac{c}{l_w} \geq \frac{3}{8}$ است، عرض ناحیه‌ی فشاری ناشی از خمش، b ، در طولی که مطابق بند (الف) محاسبه شده است، باید برابر یا بزرگ‌تر از ۳۰۰ میلی متر باشد.



دیوار لاغر

فشار کنترل

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h_w}{l_w} \geq 2 \\ \frac{c}{l_w} \geq \frac{3}{8} \end{array} \right\} \rightarrow b \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{h_u}{16} \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right.$$

دیوار کوتاه

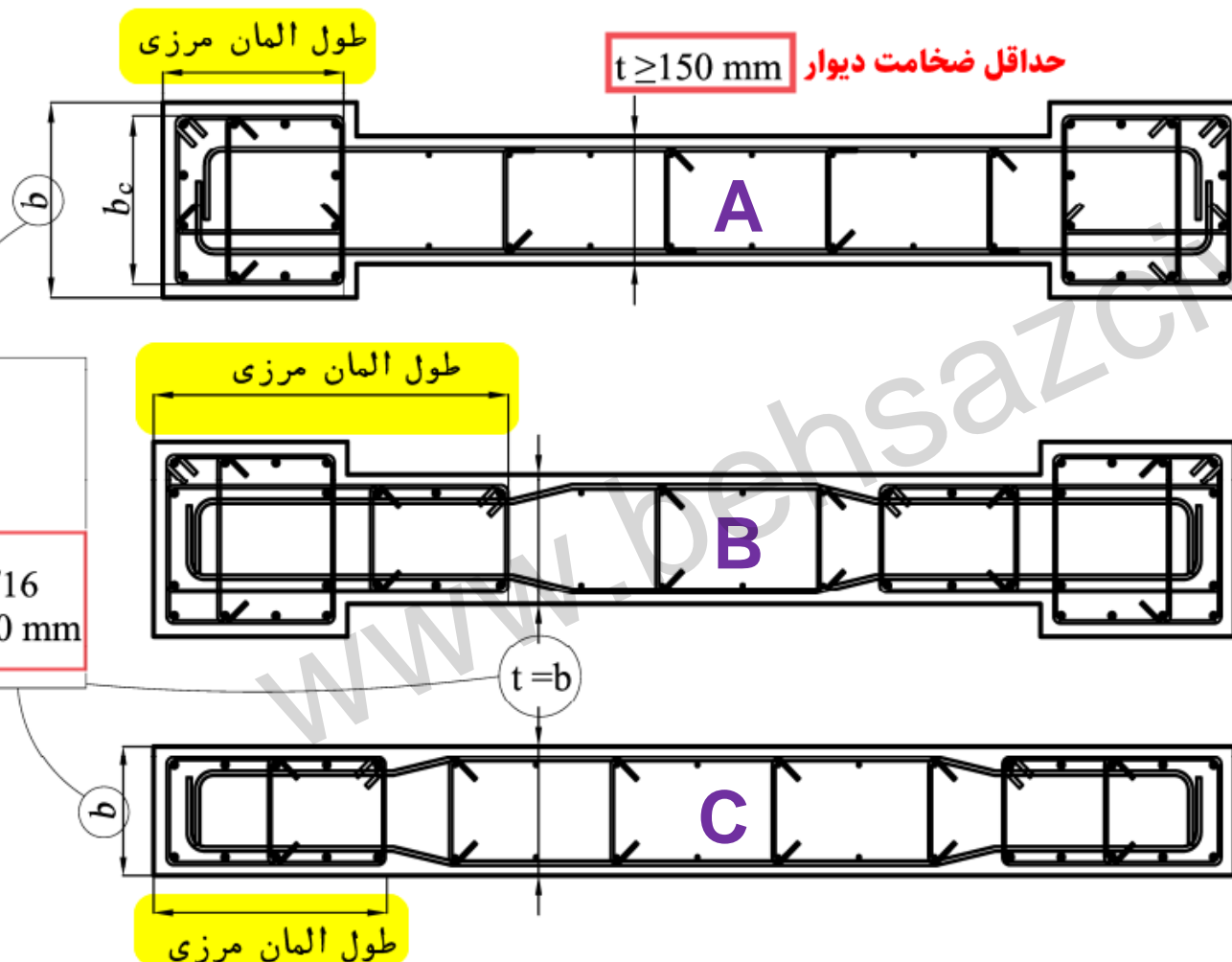
کشش کنترل

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h_w}{l_w} < 2 \\ \frac{c}{l_w} < \frac{3}{8} \end{array} \right\} \rightarrow b \geq \frac{h_u}{16}$$

$$b \geq \sqrt{0.025cl_w}$$



حداقل عرض المان مرزی (b) در حالات مختلف دیوار



تول المان مرزی
(کمتر مساوی طول ستون سروکله)

تول المان مرزی
(بیش از طول ستون سروکله)

تول المان مرزی
(بدون ستون سروکله)

دیوار کوتاه
یا کشش کنترل

$$\left. \begin{array}{l} h_w/l_w \leq 2 \\ \text{یا} \\ c/l_w \leq \frac{3}{8} \end{array} \right\} b \geq h_u/16$$

$$\left. \begin{array}{l} h_w/l_w \geq 2 \\ \text{و} \\ c/l_w \geq \frac{3}{8} \end{array} \right\} b \geq \max \left\{ \begin{array}{l} h_u/16 \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right.$$

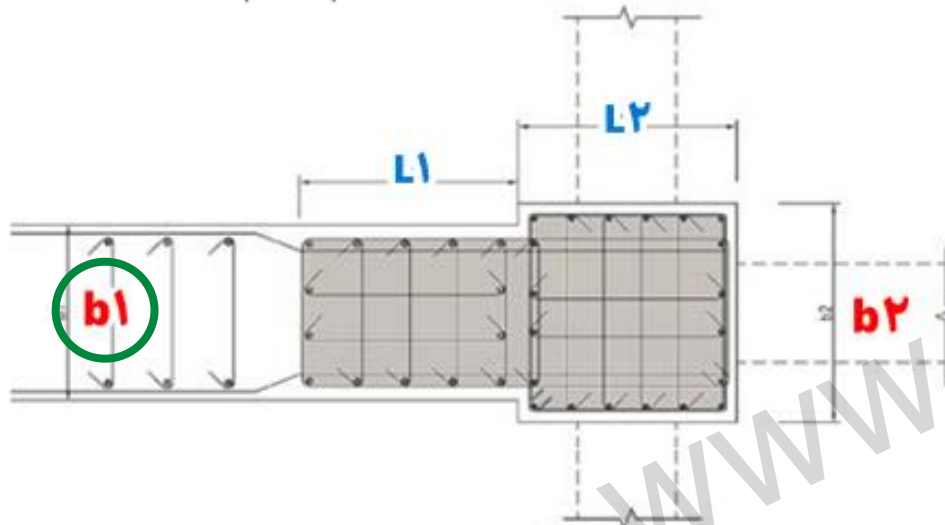
دیوار بلند
و فشار کنترل



عرض b میانگین در دیوارهای دمبلی شکل



$$b = \frac{b_1 \times L_1 + b_2 \times L_2}{L_1 + L_2}$$



شکل ۲۰-۱۶ محاسبه عرض متوسط وزنی در جز مرزی

ملاک b در سایر بندها
میانگین وزنی باشد



شرایط B

در مواردی که ستون سروکله داریم
طول المان مرزی هم بیش از ستون سروکله

ث - آرماتورهای عرضی جزء مرزی باید ضوابط مندرج در بند ۹-۲۰-۶-۳-۳-۲ (الف) تا (ث) و نیز بند ۹-۲۰-۶-۳-۳-۳ را تامین نمایند. فاصله ی آرماتورهای عرضی که بر اساس شرط (الف) بند ۹-۲۰-۶-۳-۳-۳ حساب شده است، باید برابر با یک سوم کمترین بعد عضو مرزی باشد. حداکثر فاصله ی عمودی آرماتورهای عرضی در جزء مرزی باید مطابق جدول ۹-۲۰-۳ باشد.

ج - جزئیات آرماتورهای عرضی باید به گونه ای باشند که فاصله h_x بین آرماتورهای طولی در امتداد محیط جزء مرزی، که دارای تکیه گاه جانبی هستند از کمترین دو مقدار ۳۵۰ میلیمتر و دو سوم ضخامت جزء مرزی بیشتر باشد.



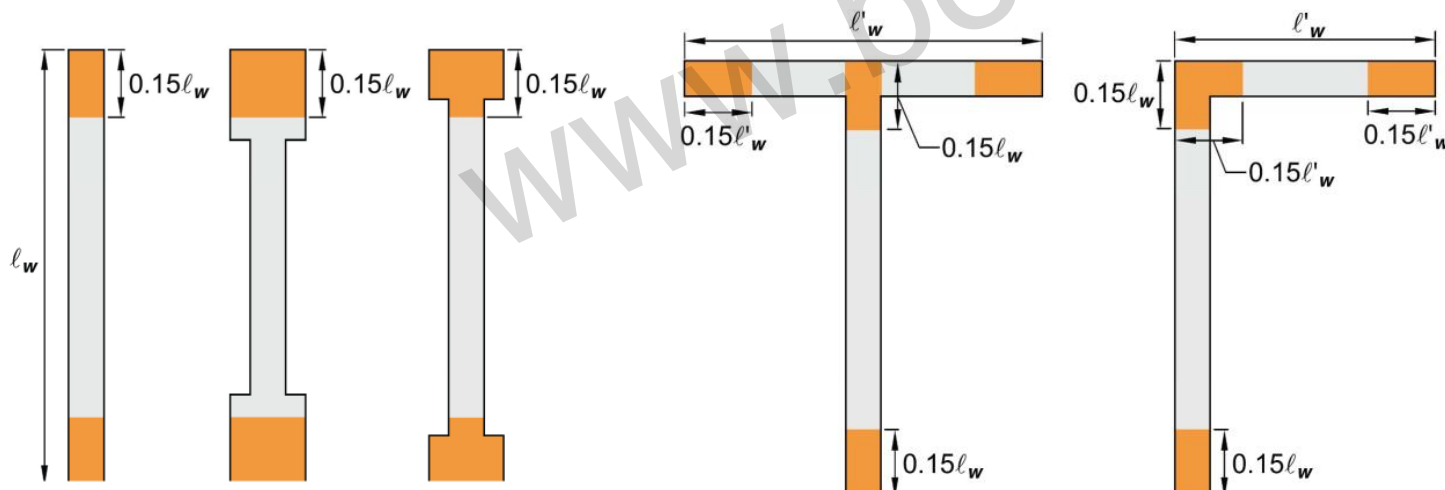
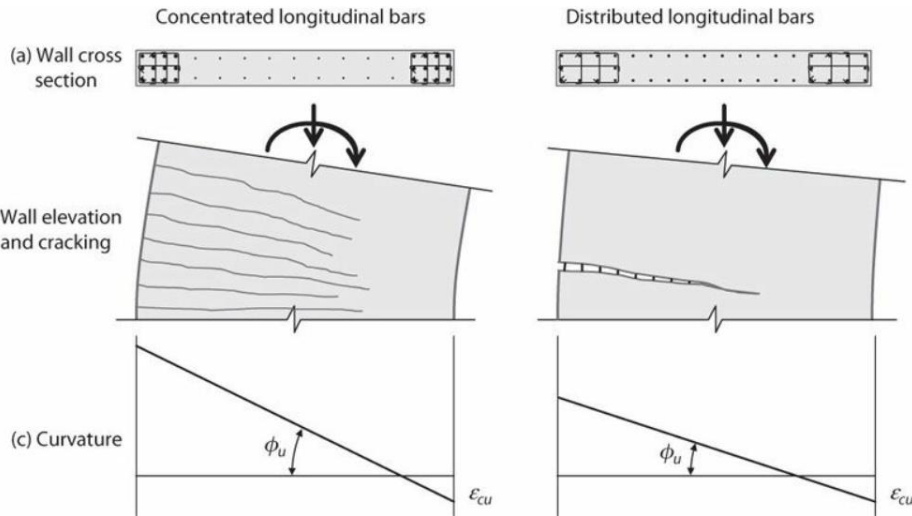
ضوابط آرماتورهای طولی در المان مرزی



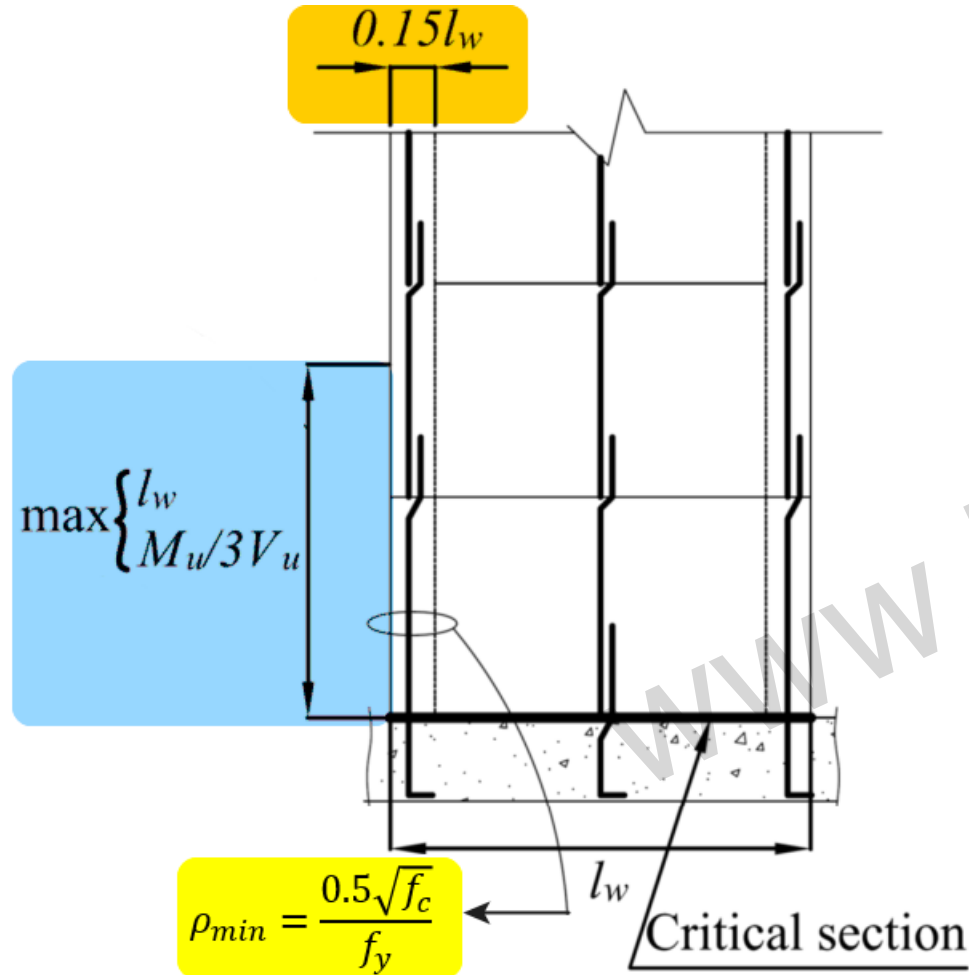
۵-۳-۷-۲۰-۹ دیوارها یا دیوار پایه‌هایی که در آنها نسبت $\frac{h_w}{l_w} \geq 2.0$ بوده و از پایین سازه تا بالای دیوار به طور موثر ادامه دارند، و به گونه‌ای طراحی شده‌اند که در آنها یک مقطع بحرانی برای خمش و بارهای محوری موجود باشد، باید دارای آرماتورهای طولی در دو انتهای قطعه‌ی قائم دیوار بوده و شرایط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

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

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



ضوابط آرماتورهای طولی در المان مرزی



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

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

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

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

پ- نباید بیش‌تر از ۵۰٪ آرماتورهای مورد نیاز در بند (الف) در یک مقطع قطع شوند.

۲ توصیه: تا بالای دیوار حداقل میلگرد رو ادامه بدیم
در محل مقطع بحرانی بهینه طراحی کنیم.
(میلگرد زیاد نداریم): تشکیل مفصل پلاستیک

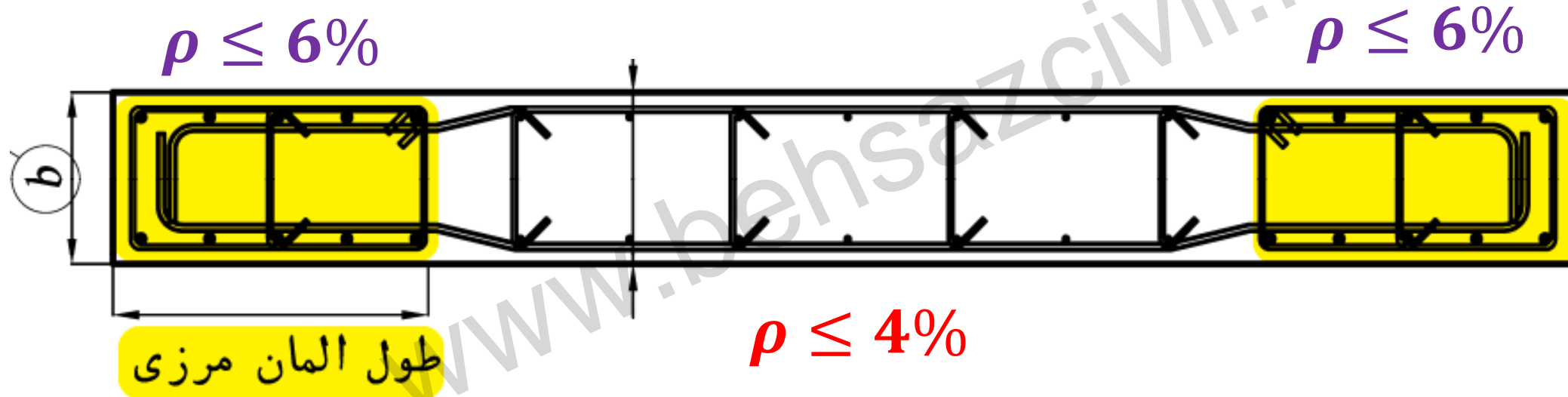
✓ حداکثر درصد میلگرد قائم چیه؟!!



مقدار حداکثر میلگرد قائم ناحیه المان مرزی و جان دیوار



✓ حداکثر میلگرد قائم (توصیه)



(در محل وصله پوششی رعایت شود)



دستیابی به تسلیم خمشی شکل پذیر در دیوارها



در نزدیکی مقاطع بحرانی دیوار

Achieve Ductile Flexural Yielding

The wall around the intended critical section should be proportioned and detailed to be capable of multiple inelastic deformation cycles. **Key factors for improving cyclic ductility are** (a) keep global compressive and shear stresses low; (b) design confined, stable flexural compression zones; and (c) avoid splice failures.

فاکتورهای مهم برای رفتار شکل پذیر در چرخه های بارگذاری

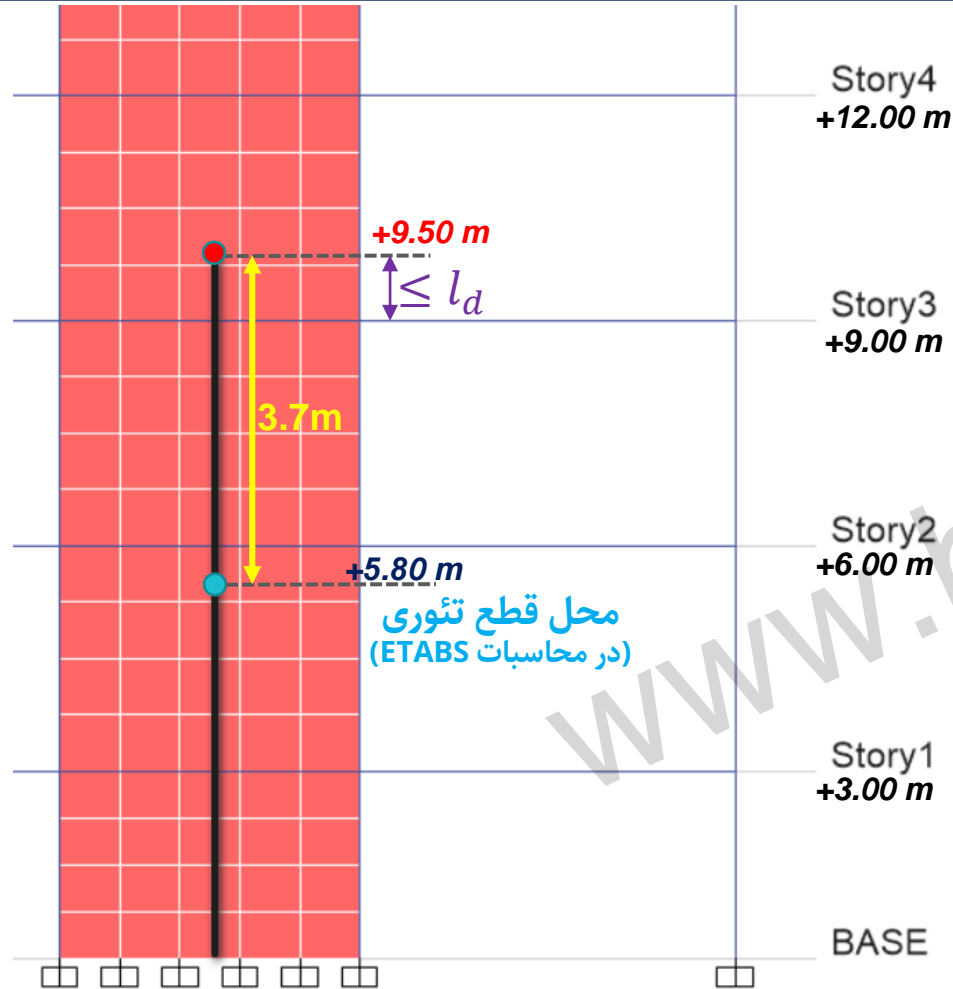
۱- پایین نگهداشتن تنش های فشاری و برشی

۲- محصورشدگی و پایداری در مناطق فشاری

۳- جلوگیری از شکست در وصله ها



محل قطع عملی آرماتورهای طولی دیوار



۴-۳-۷-۲۰-۹ میلگردها در دیوارهای سازه‌ای باید به گونه‌ای وصله یا مهار شوند که مطابق بندهای ۳-۲۱-۹ و ۴-۲۱-۹ و موارد (الف) تا (پ) این بند، در آنها امکان ایجاد تنش کششی تسلیم، f_y ، به وجود آید:

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.

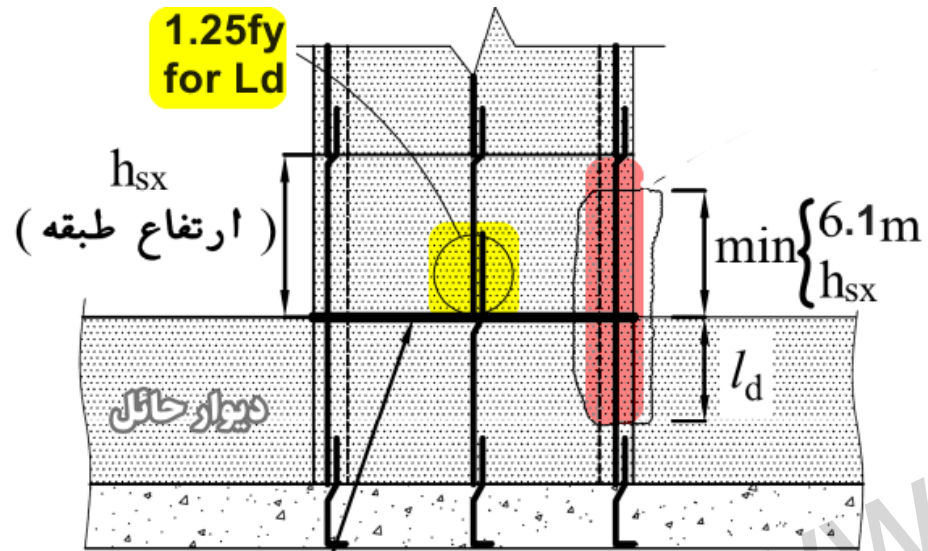
❖ محل قطع عملی

$$5.8 + 3.7 = 9.5 \text{ m}$$

$$l_d = \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\lambda \left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \frac{0.9 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b$$



محل قطع و وصله پوششی آرماتور طولی (در نواحی بحرانی)



Critical section
مقطع بحرانی

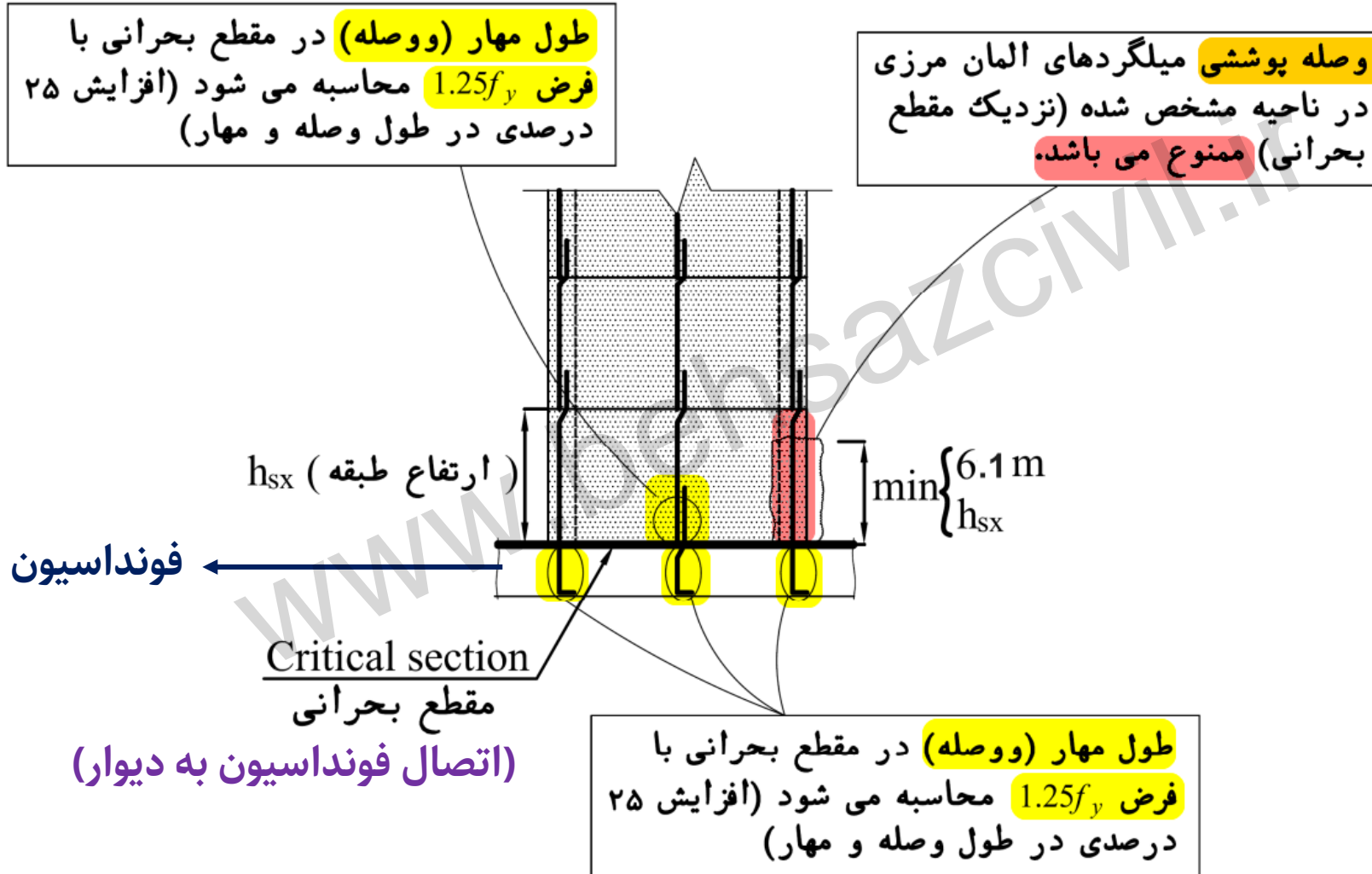
(تلاقی دیوار حائل و دیوار برشی)

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

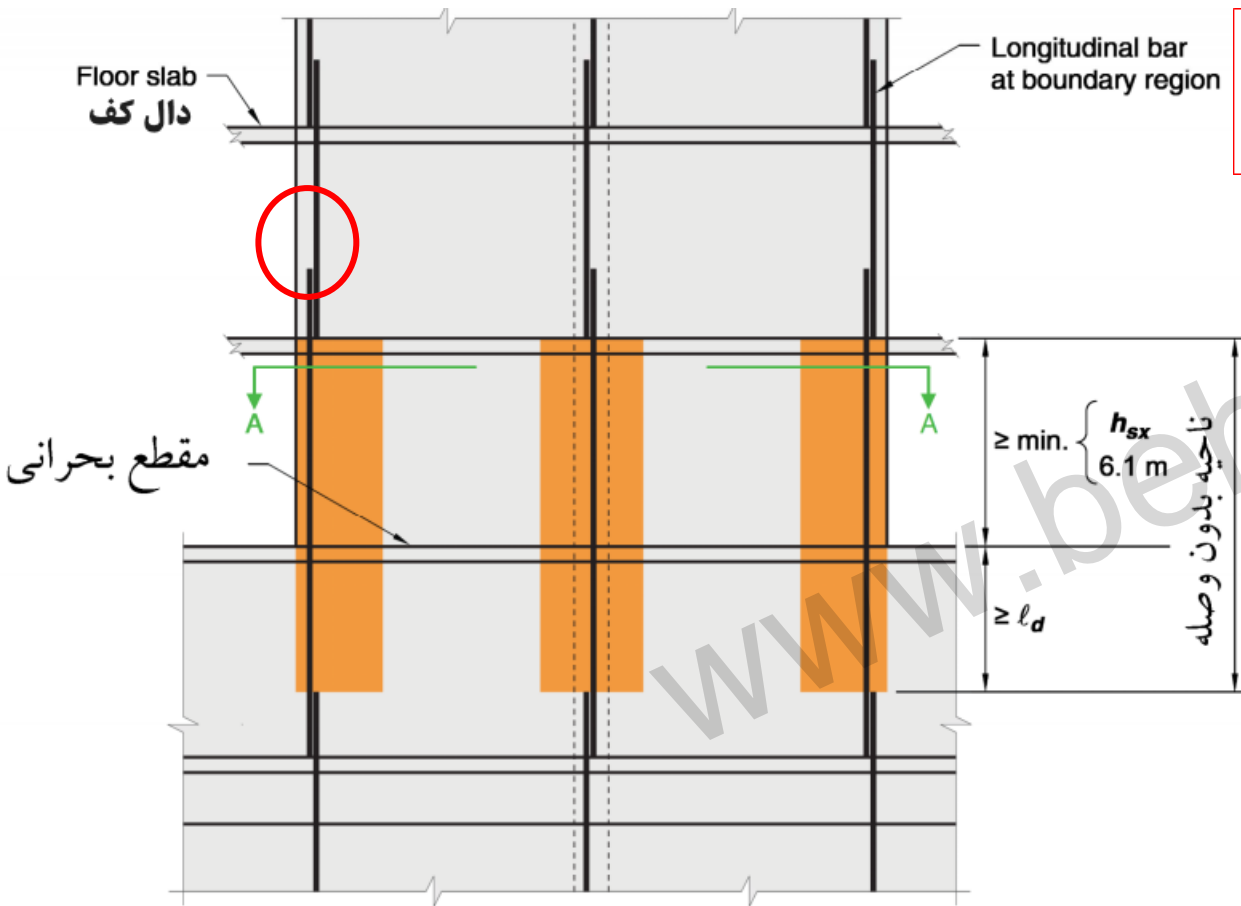
پ- در نواحی مرزی در مقاطع بحرانی دیوار که در آن‌ها در اثر تغییر مکان‌های جانبی احتمال جاری شدن آرماتورهای طولی وجود دارد، استفاده از وصله‌های پوششی برای آرماتورهای طولی در طولی برابر با کم‌ترین دو مقدار 6100 میلی متر و ارتفاع طبقه، h_{sx} ، در بالای مقطع، و l_d زیر مقطع مجاز نمی‌باشد. نیازی نیست طول h_{sx} را بیشتر از 6100 میلیمتر در نظر گرفت. نواحی بحرانی شامل قسمت‌های ذکر شده در بند ۹-۲۰-۷-۴-۴(الف)، و قسمت‌هایی به اندازه‌ی ضخامت دیوار از هر دیوار در هر کدام از دیوارهای متقاطع در هر جهت می‌باشند.



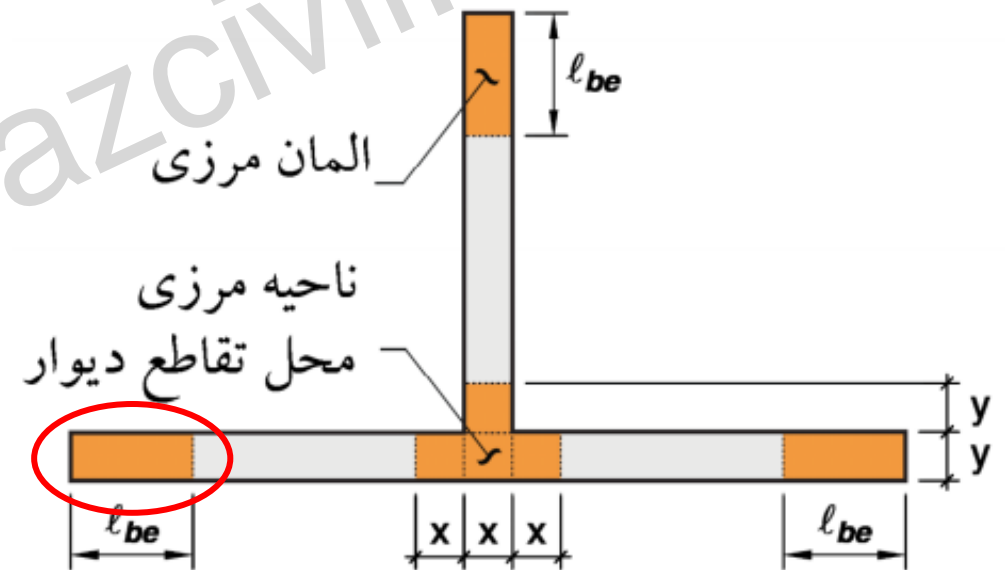
محل قطع و وصله پوششی آرماتور طولی (در نواحی بحرانی)



محل قطع و وصله پوششی آرماتور طولی (در نواحی بحرانی) - دیوار متقاطع



بحرانی شامل قسمت‌های ذکر شده در بند ۹-۲۰-۷-۴-۴ (الف)، و قسمت‌هایی به اندازه‌ی ضخامت دیوار از هر دیوار در هر کدام از دیوارهای متقاطع در هر جهت می‌باشند.



(b) Section A-A

✓ اگر در سمت دیگه قاب خمشی ویژه (ستون ویژه) داشتی حواست باشه!



آرماتورهای عرضی (سنگجاقی) در جان دیوار (در نواحی بحرانی)



۴-۴-۷-۲۰-۹ اگر بر اساس بندهای ۲-۴-۷-۲۰-۹ یا ۳-۴-۷-۲۰-۹ به اجزای مرزی ویژه نیاز باشد، الزامات بندهای (الف) تا (ذ) زیر باید برآورده شوند:

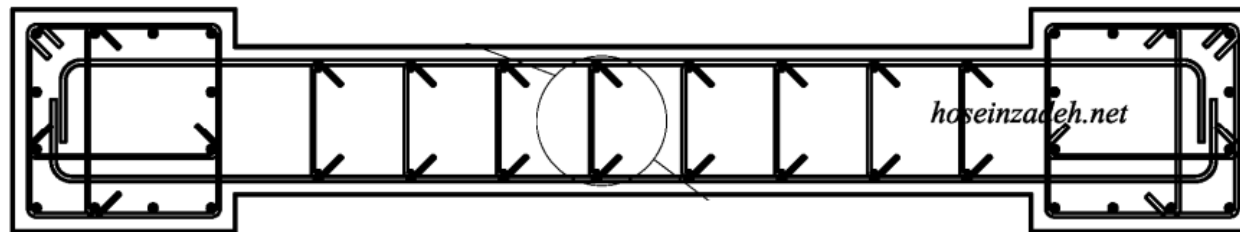
ح- مقاومت مشخصه بتن در جزء مرزی در محدوده ضخامت دال نباید از ۷۰٪ مقاومت مشخصه f'_c دیوار کمتر باشد.

خ- آرماتورهای طولی دیوار در محدوده‌ی جان باید در فاصله‌ای مطابق بند ۲-۴-۷-۲۰-۹ (ب) در بالا و پایین مقطع بحرانی دارای تکیه گاه جانبی شامل گوشه‌ی یک دورگیر و یا یک سنگجاقی با قلاب لرزه‌ای در دو انتها باشند. فاصله‌ی قائم آرماتورهای عرضی از یک دیگر نباید از ۳۰۰ میلی متر بیش‌تر بوده، و قطر آن‌ها باید مطابق بند ۲-۲-۶-۲۱-۹ تعیین شود.

قطر سنگجاقی میلگرد طولی

$\varnothing \leq 32 \rightarrow \varnothing 10$

$\varnothing \geq 34 \rightarrow \varnothing 12$
یا گروه میلگرد



آرماتورهای عرضی (سنجاقی) در جان دیوار (نگاه کلی)



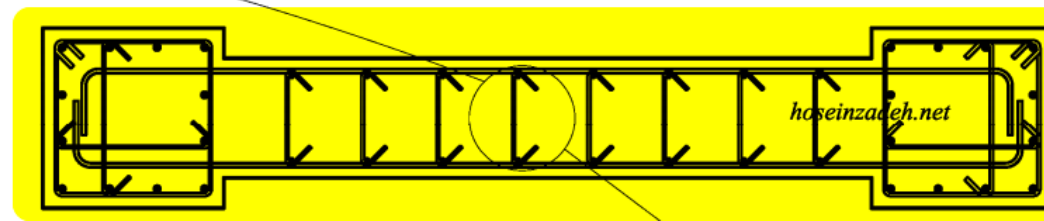
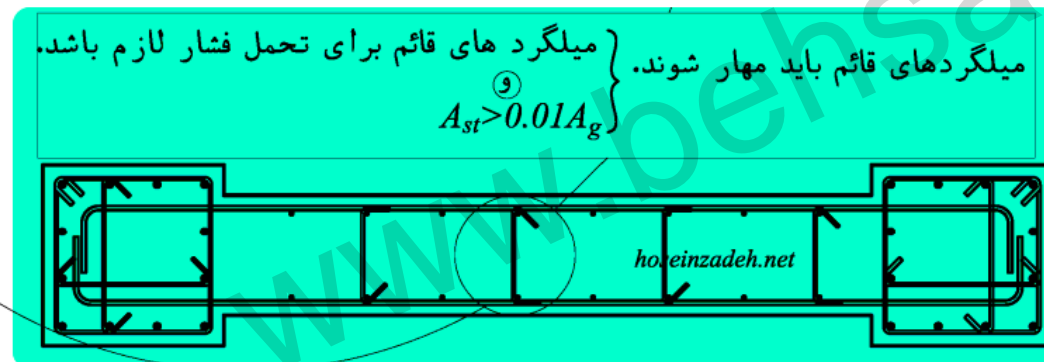
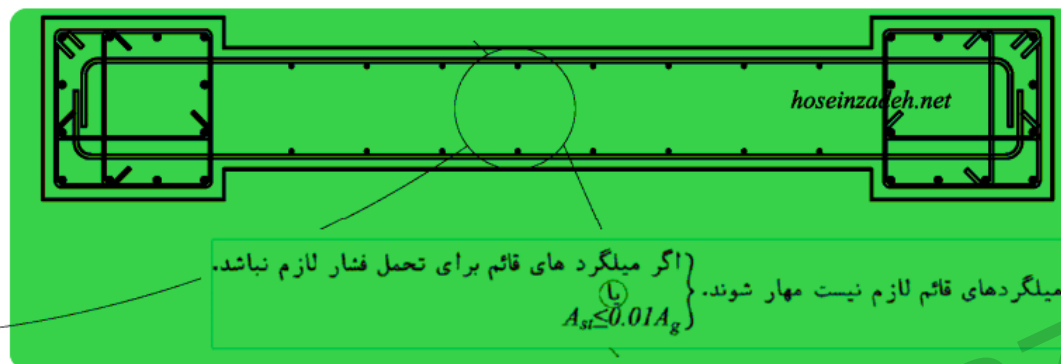
✓ فاصله سنجاقی‌ها در راستای قائم

حداکثر ۳۰ سانت (در ارتفاع دیوار)

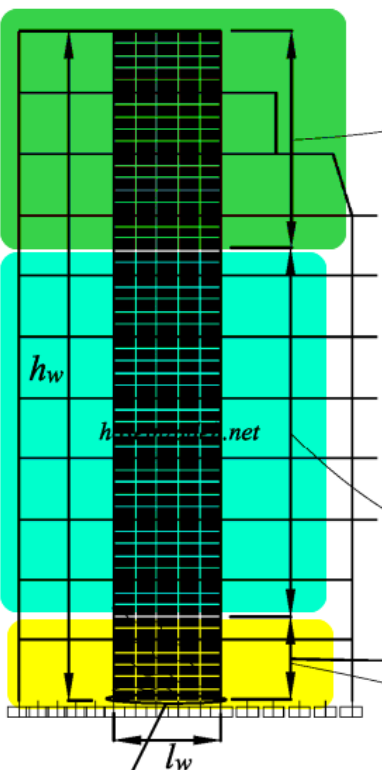


سنجاقی هر ۲ یا ۳ میلگرد درمیان
(در راستای افقی دیوار)

سنجاقی دور تمام آرماتورها
(در راستای افقی دیوار)



$$\text{طول مفصل پلاستیک} = \max \left\{ \frac{l_w}{M_u/4V_u} \right\}$$



Critical section
مقطع بحرانی

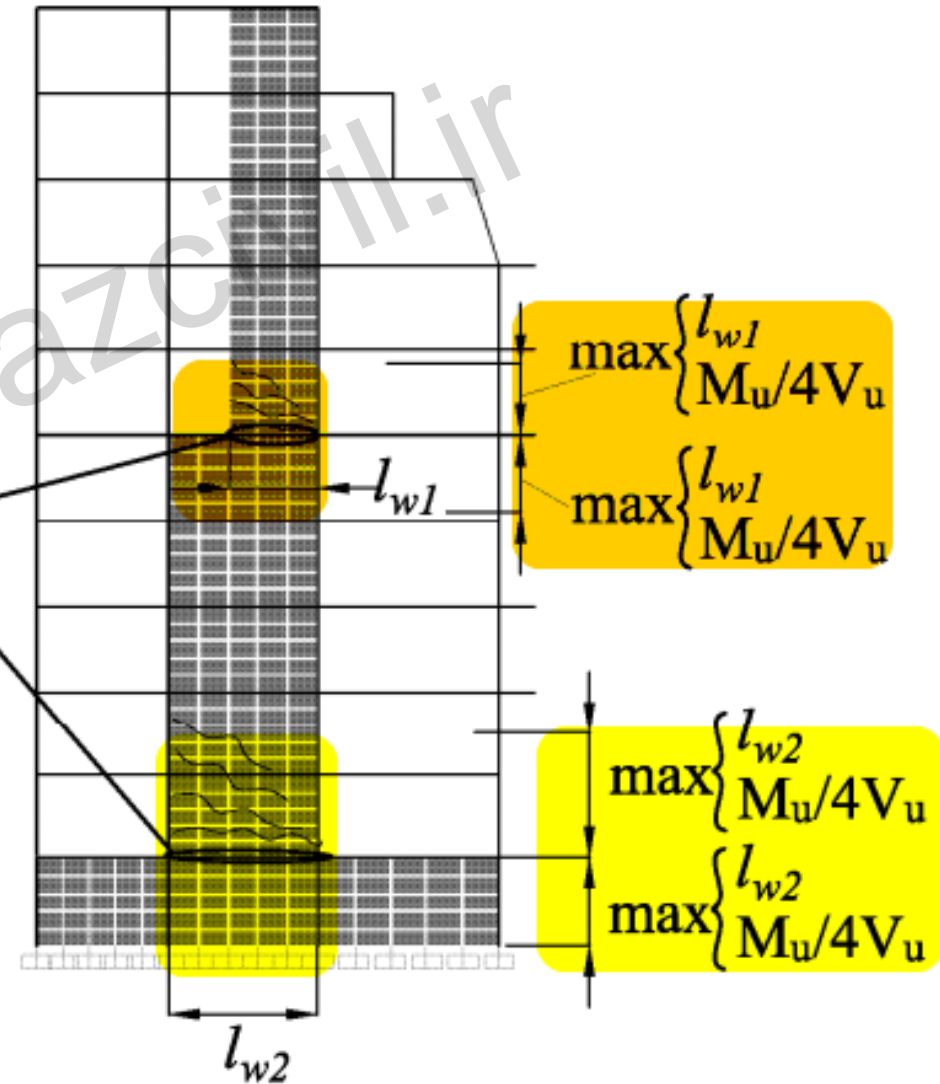
امتداد سنجاقی‌های دوسر قلاب لرزه‌ای در ارتفاع دیوار



✓ در مواردی که محل مقطع بحرانی روی فونداسیون (پی) نباشد.

✓ یا داشتن چند مقطع بحرانی در ارتفاع

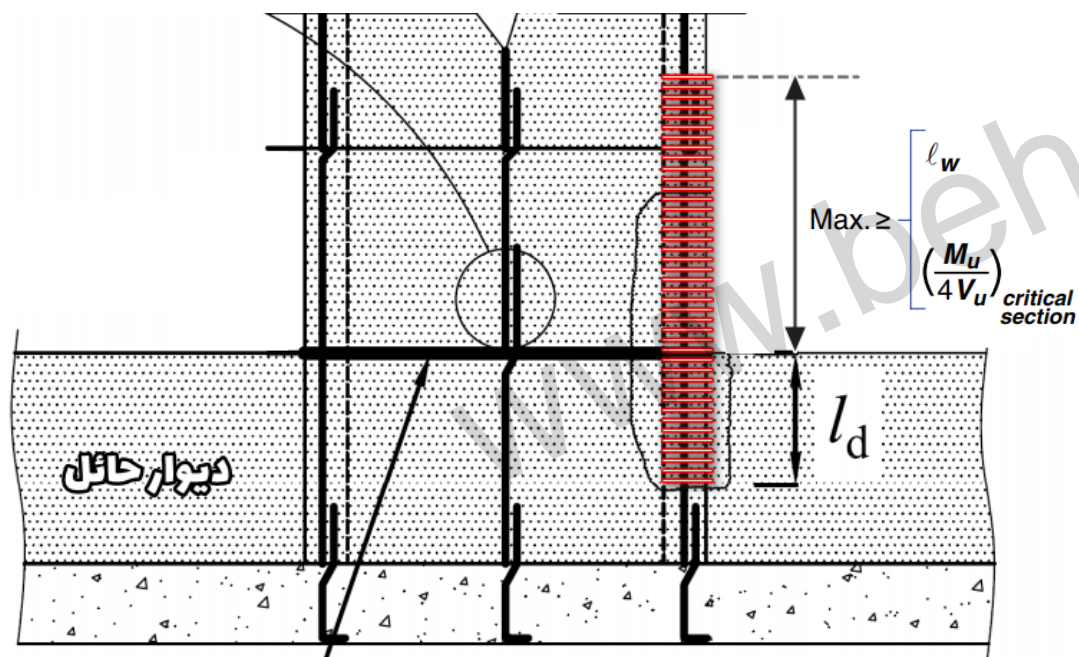
Critical section
مقطع بحرانی



امتداد آرماتورهای عرضی المان مرزی ویژه زیر مقطع بحرانی



د- در مواردی که مقطع بحرانی دیوار در تراز تحتانی آن واقع شده باشد، لازم است آرماتورهای عرضی اجزای مرزی آن مقطع بر اساس ضوابط بند ۹-۲۰-۷-۳-۴، به اندازه‌ی حداقل l_d که برای بزرگ‌ترین میلگرد طولی عضو مرزی محاسبه شده است، در داخل تکیه گاه دیوار ادامه یابند.



Critical section
مقطع بحرانی

بر اساس قطر بزرگترین
میلگرد طولی

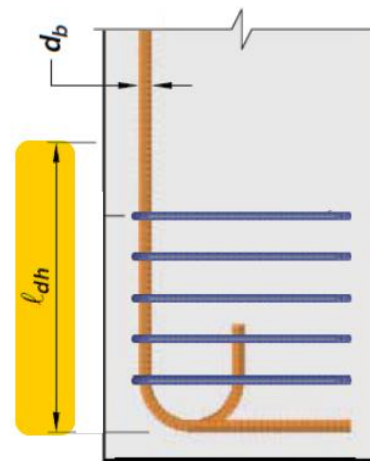
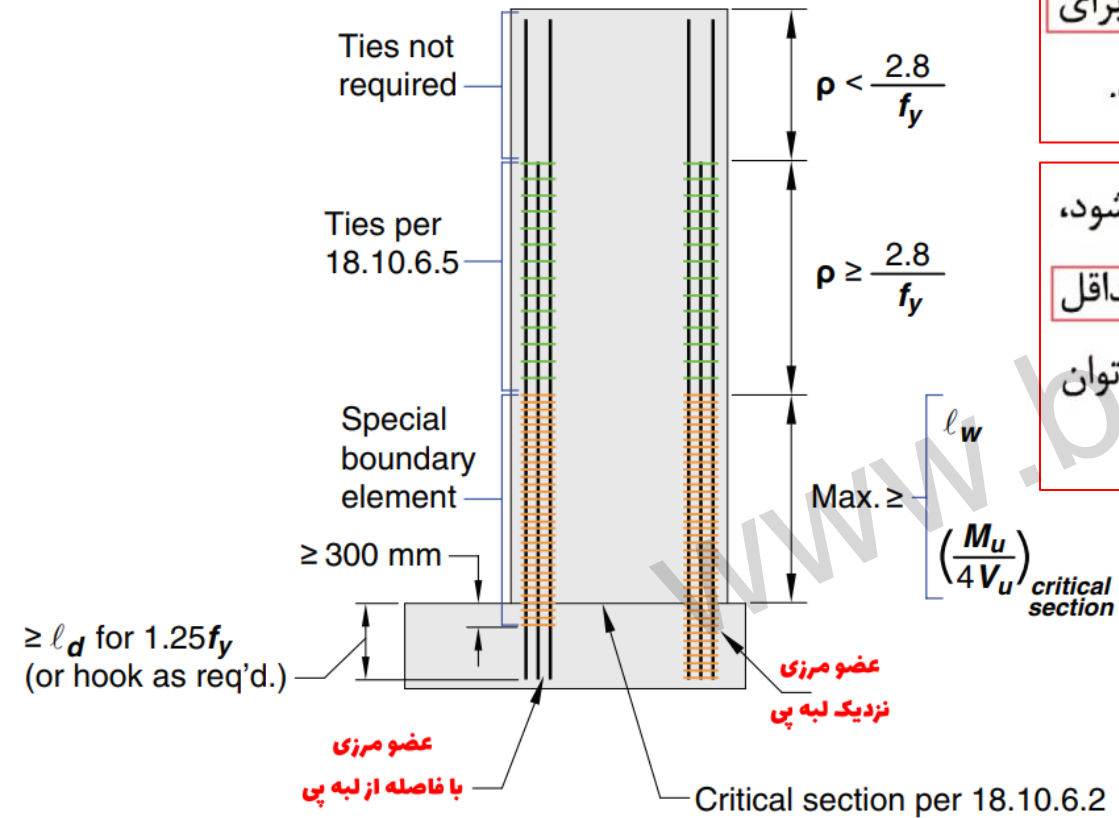
$$l_d = \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\lambda \left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \frac{0.9 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b$$

امتداد آرماتورهای عرضی المان مرزی ویژه در فونداسیون



د- در مواردی که مقطع بحرانی دیوار در تراز تحتانی آن واقع شده باشد، لازم است آرماتورهای عرضی اجزای مرزی آن مقطع بر اساس ضوابط بند ۹-۲۰-۷-۳-۴، به اندازه‌ی حداقل l_d که برای بزرگ‌ترین میلگرد طولی عضو مرزی محاسبه شده است، در داخل تکیه گاه دیوار ادامه یابند.

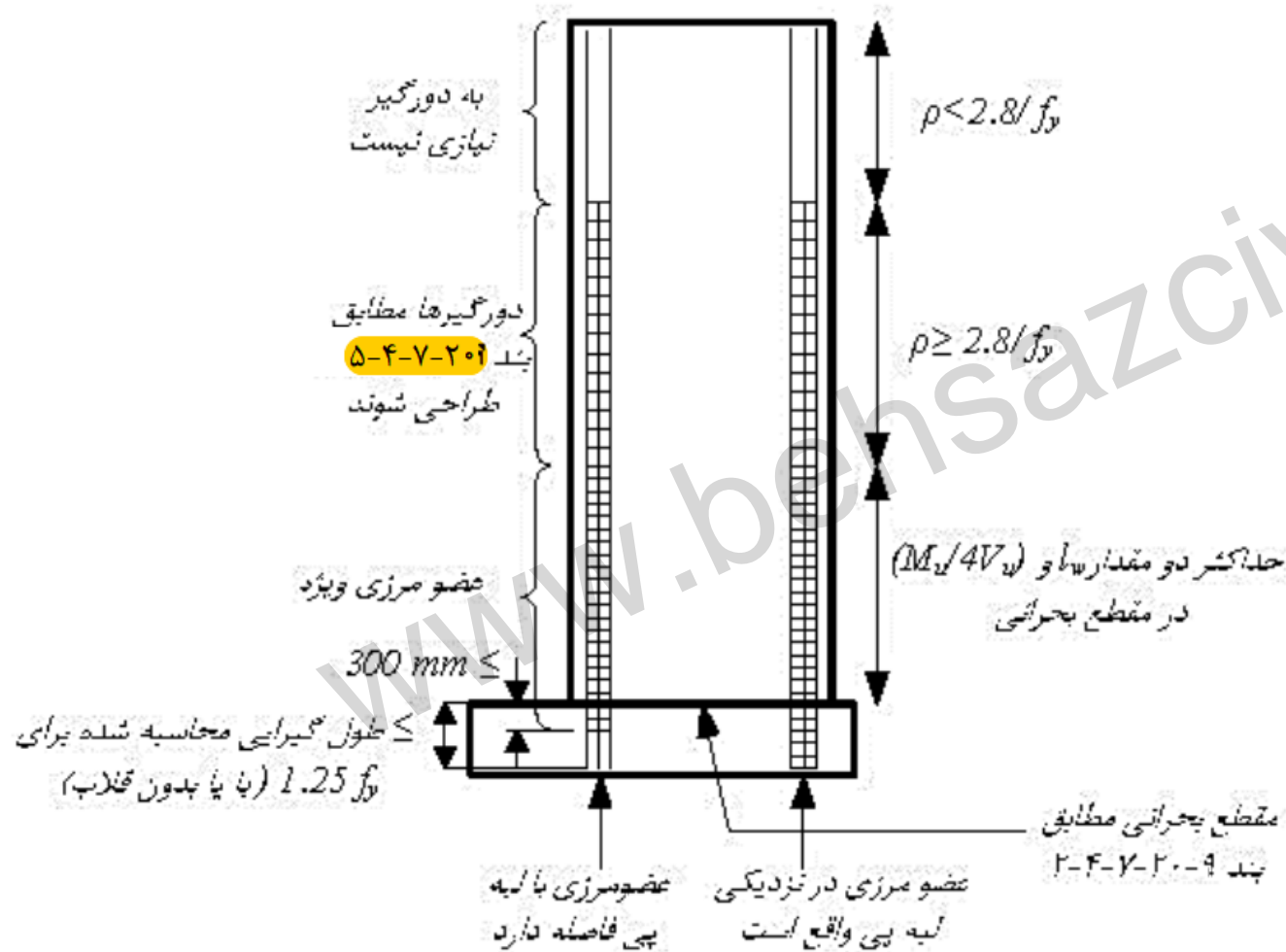
در صورتی که عضو مرزی ویژه باید بر روی پی، شالوده‌ی سراسری، و یا سر شمع ختم شود، آرماتورهای عرضی عضو مرزی ویژه به اندازه‌ی مقدار به دست آمده از بند ۹-۲۰-۹-۲ و ۴ حداقل ۳۰۰ میلی متر، در داخل پی یا سر شمع ادامه یابند (شکل ۹-۲۰-۲). در پی‌ها به جای l_d می‌توان از l_{dh} با فرض $1.25f_y$ استفاده نمود.



$$l_{dh} = \frac{\psi_e \psi_r \psi_o \psi_c}{\lambda} \frac{0.043 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5}$$



ضوابط المان مرزی ویژه (دیوار لاغر، روش جابه جایی)



دورترین تار فشاری

در این طول $b \geq h/16$ باید باشد که h_e
 طول آزاد دیوار یا دیوار پایه در محل
 تارهای فشاری ماکزیمم می باشد.
 اگر $c/h \geq 3/8$ باشد انتاء $b \geq 300 \text{ mm}$
 باید باشد.



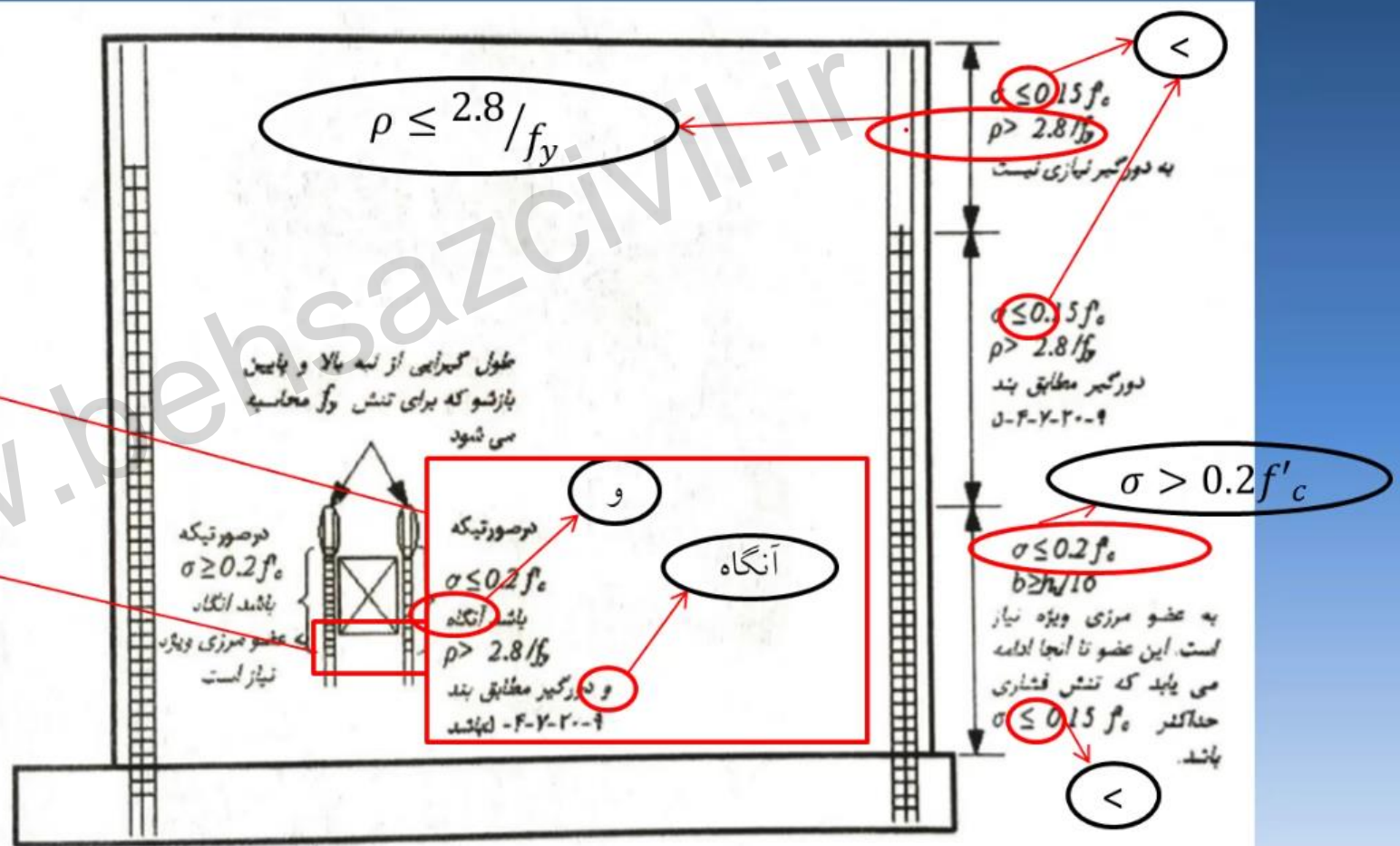
ضوابط المان مرزی ویژه (دیوار کوتاه، روش تنش فشاری)



@Amirhossein_Shodja

در غلط نامه اصلاح
نشده است

مشخص نیست که
آیا تفاوت با
ACI318-19
تعمدی است یا خیر



عمران به زبان ساده - دوره پایه طراحی سازه