

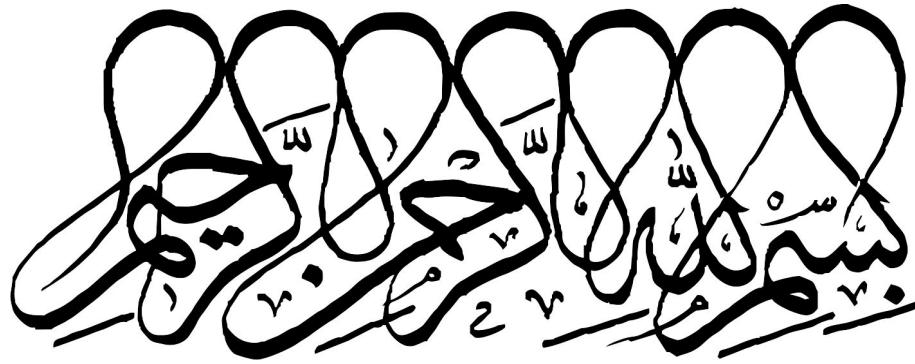
# مرجع تخصصی مهندسی عمران

[www.Mcivil.ir](http://www.Mcivil.ir)

دانلود (نوع پروژه های دانشجویی مهندسی عمران

فیلم های آموزشی نرم افزار

آکھی های استفاده ای عمران به صورت روزانه



موضوع: دیواربرشی

تئه کنندہ: مسعود شفیعی سامانی

شماره دانشجویی: ۹۳۲۱۴۲۲۰۱۸

استاد مربوط: آقای مهندس پاپاداچی

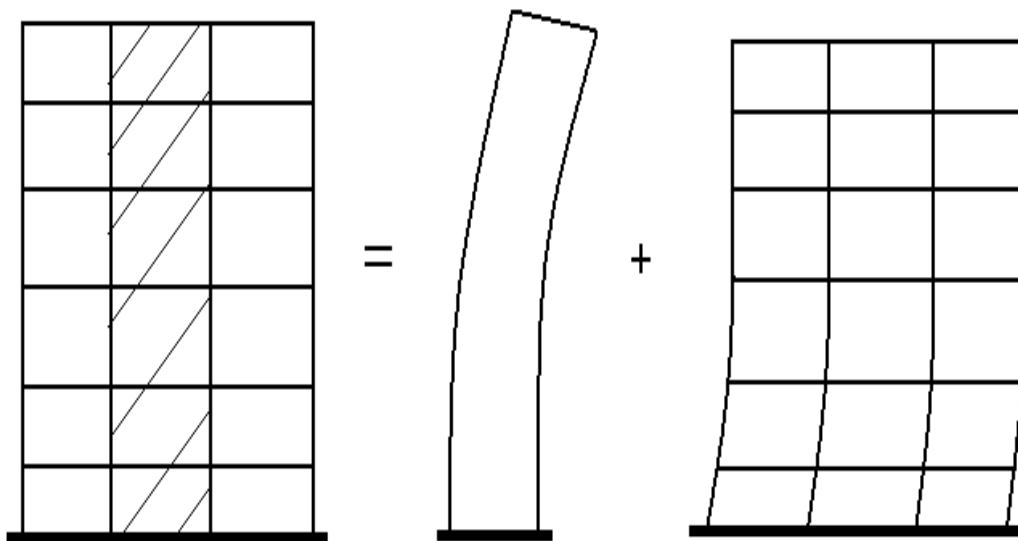
رشته عمران

## دیوارهای برشی:

دیوارهای سازه ای یا دیوارهای برشی معمولاً برای تحمل بخش اعظمی از بار جانبی استفاده می‌شوند. سیستم‌های مقاوم در برابر بار جانبی در سازه‌های بتنی شامل قاب خمشی، دیوار برشی و یا ترکیب آن دو است. استفاده کردن از قاب خمشی به عنوان عنصر مقاوم در برابر بار جانبی نیازمند در نظر گرفتن تمہیدات خاصی برای افزایش شکل پذیری آن است که عموماً مقرراتی دست و پاگیر و دارای جزئیات زیاد است و اجرای آن نیازمند وجود نظارت قوی در کارگاه است. بنابراین استفاده کردن از دیوار برشی به عنوان عنصر مقاوم در برابر بار جانبی در ترکیب با قاب خمشی گزینه‌ای مناسب برای سیستم باربری جانبی سازه است.

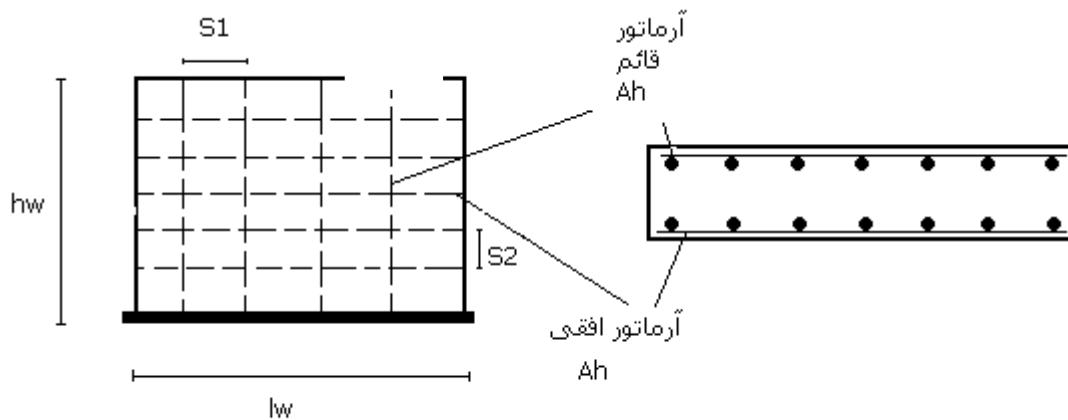
از سوی دیگر عملکرد دیوارهای برشی در زلزله‌های به وقوع پیوسته نشان دهنده قدرت بالای جذب انرژی این عناصر است به شرط اینکه هنگام طراحی و اجرای این عناصر بعضی نکات خاص مانند در نظر گرفتن اجزای لبه و دورگیری آرماتورهای طولی رعایت شده باشد. عملکرد دیوار برشی به صورت یک تیر طره عمیق است که در صورتی که دیوار کوتاه باشد عموماً برش و اگر دیوار بلند باشد عموماً خمش تعیین کننده است. ولی به هر حال دیوار برشی باید برای خمش و برای برش طراحی و کنترل شود.

عملکرد مناسب دیوارهای برشی در سازه‌های نسبتاً بلند نمود بیشتری پیدا می‌کند. در این سازه‌ها دیوار برشی به صورت یک تیرطره بلند عمل می‌کند و بنابراین تغییر شکل آن خمشی است. از سویی دیگر قاب خمشی دارای تغییر شکلهای برشی است. در این حالت اندر کنش قاب خمشی و دیوار برشی باعث می‌شود در پائین سازه که تغییر شکلهای برشی قاب خمشی زیاد و تغییر شکلهای دیوار برشی کم است، تغییر شکل سازه توسط دیوار برش محدود شود و در مقابل در بالای سازه که تغییر شکلهای خمشی زیاد و تغییر شکلهای برشی کم است تغییر شکلهای سازه توسط قاب خمشی محدود شود و به این ترتیب می‌توان تغییر شکلهای سازه‌های بلند مرتبه را تا حدی کنترل و محدود کرد.



## ۱- طراحی دیوارهای برشی در برابر برش:

در صورتی که سازه خیلی بلند نباشد معمولاً دیوار را در برابر برش طراحی می‌کنند و سپس آنرا در برابر خمش کنترل کرده و در صورت لزوم تقویت می‌کنند. مشابه مبحث تیرهای عمیق، آرماتورهای برشی از دو سری میلگرد عمود بر هم تشکیل شده است که مانند خاموت در تیرها عمل می‌کنند.



این میلگردها ممکن است در یک یا دو سفره قرار گیرند ولی آرایش میلگردها در ۲ سفره متداول تر می‌باشد. در صورتی

که برش حداکثر واردہ در ستون  $V_u$  باشد باید داشته باشیم

$$V_u \leq V_r$$

$$V_r = V_c + V_s$$

مقاومت برشی نهایی دیوار در هیچ حالت نمی‌تواند از مقدار زیر بیشتر اختیار شود.

$$V_{r_{\max}} = 5V_c hd = 5 \times 0.2 \times \phi_c \sqrt{f'_c} hd = \phi_c \sqrt{f'_c} hd$$

که در آن

$f'_c$ : مقاومت فشاری مشخصه بتن

$h$ : ضخامت دیوار برشی

$d$ : عمق موثر دیوار برشی (که می‌توان به صورت ساده برابر  $0.8L_w$  فرض شود).

نیروی مقاوم برشی دیوارها مانند ستونها از جمع نیروی مقاوم برشی بتن و نیروی مقاوم برش آرماتور به دست می‌آید.

برای محاسبه نیروی برشی مقاوم بتن،  $V_c$  دو رابطه نسبتاً دقیق و ساده موجود است.

رابطه دقیق محاسبه نیروی برشی مقاوم بتن

$$V_c = \min \left\{ \begin{array}{l} V_c = 1.65 \times (0.2 \times \phi_c \sqrt{f'_c}) hd + \frac{N_u d}{5 l_w} \\ V_c = \left[ 0.06 \phi_c \sqrt{f'_c} + \frac{0.12 \phi_c \sqrt{f'_c} + 0.15 \frac{N_u}{l_w h}}{\left( \frac{M_u}{V_u l_w} - \frac{1}{2} \right)} \right] hd \end{array} \right\}$$

در رابطه دوم اگر نسبت  $\frac{M_u}{V_u l_w} - \frac{1}{2}$  منفی شود برای محاسبه  $V_c$  فقط از رابطه اول استفاده می شود.

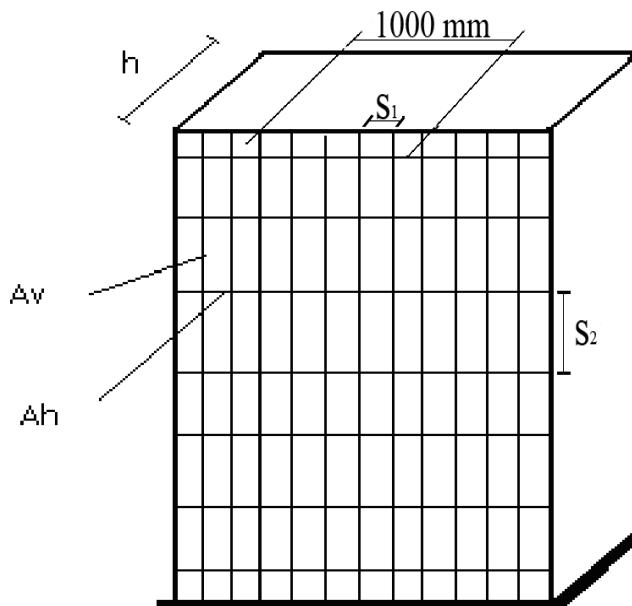
رابطه ساده محاسبه نیروی برشی مقاوم مقطع:

$$N_u = 0 \text{ اگر } V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f'_c} h d \text{ یا فشاری باشد.}$$

اگر  $N_u$  کششی باشد.

$$h d V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f'_c} \left( 1 - \frac{N_u}{3 A g} \right)$$

در روابط بالا  $N_u$  نیروی محوری وارده بر دیوار و  $M_u$  لنگر خمشی نهایی وارد بر دیوار می باشند که در این روابط برای محاسبه  $V_c$  باید از بحرانی ترین ترکیب  $N_u$  و  $M_u$  که به صورت همزمان وارد می شوند استفاده کرد. به عبارت دیگر  $Nu$  و  $Mu$  باید مربوط به یک ترکیب بارگذاری باشند و کمترین مقدار  $V_c$  را نتیجه دهند. در صورتی که دیوار برشی دارای ارتفاع زیاد باشد کنترل برشی و خمشی مقطع در ترازهای مختلف صورت می گیرد. طبق تعریف مقطع بحرانی برای برش و خمش که در آن عموماً برش و خمش حداکثر است برابر با مینیمم دو مقدار  $\frac{h_w}{2}$  یا  $\frac{l_w}{2}$  از پایه دیوار می باشد، بنابراین نیازی به کنترل خمش و برش دقیقاً در پای دیوار نیست. پس از محاسبه  $V_c$  آرماتور های لازم برای برش با توجه به  $V_u$  و درصد آرماتور های قائم وافقی و نیز با فرض قرار گرفتن آرماتور ها در ۲ ردیف به صورت زیر به دست می آید.



$$\begin{cases} \rho_v = \frac{n A_v}{1000 \times h} \\ n = \frac{2 \times 1000}{S_1} \end{cases} \Rightarrow S_1 = \frac{2 A_v}{h \times \rho_v} \leq S_{\max}$$

$$S_2 = \frac{2A_h}{h \times \rho_h} \leq S_{\max}$$

۹

$$S_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{l_w}{3} \\ 3h \\ 350 \text{ mm} \end{array} \right.$$

اگر آرماتور ها در یک ردیف قرار کیرند:

$$S_1 = \frac{A_v}{h \times \rho_v} \leq S_{\max}$$

$$S_2 = \frac{A_h}{h \times \rho_h} \leq S_{\max}$$

که در آن  $h$  ضخامت دیوار،  $S_1$  فاصله محور تا محور آرماتورهای افقی و  $S_2$  فاصله محور تا محور آرماتورهای قائم است.  $\rho_h, \rho_v$  بترتیب درصد آرماتور های قائم وافقی هستند.  $A_h$  و  $A_v$  هم بترتیب مساحت یک ساق از آرماتورهای قائم وافقی هستند، بسته به اینکه آرماتورها در یک یا دو سفره قرار گرفته اند می باشد. معمولاً برای طراحی آرماتور دیوارها، یک نوع آرماتور فرض می شود سپس فاصله لازم میان آرماتورها محاسبه می شود. این فاصله باید از فاصله حداقل تعیین شده توسط آئین نامه کمتر باشد.

در کل مرزهای اجرایی افقی دیوارها، که بر اثر بتون ریزی در زمانهای متفاوت پدید می آید، مقاومت برشی دیوار  $V_r$  باید براساس روابط برش اصطکاکی تعیین شود.

## ۲- طراحی دیوارهای برشی در برابر خمش:

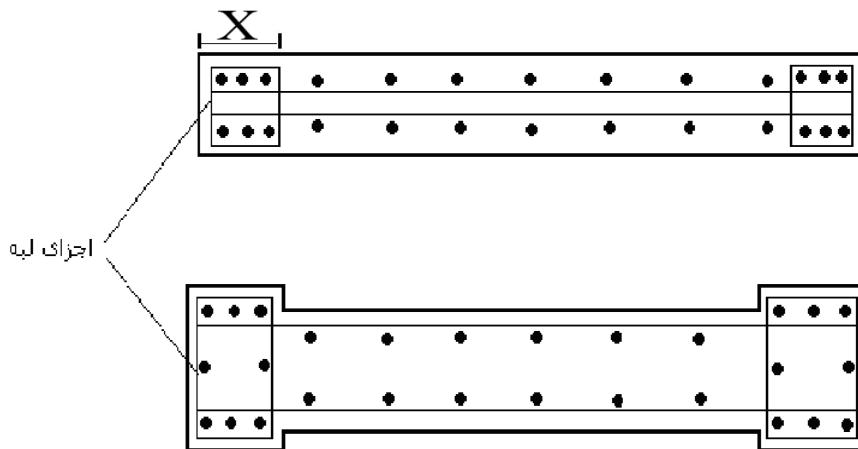
در طراحی دیوارهای برش برای تحمل خمش واردہ ابتدا لزوم یا عدم لزوم اجزای لبه بررسی می شود. اجزای لبه بخشهایی از دو انتهای دیوار می باشند که آرماتور های خمشی در آنها متمرکز شده و توسط خاموتهای ویژه دورگیری شده اند. در صورتیکه مقدار تنش در دورترین تار فشاری بیش از  $0.2f'_c$  باشد اجرای اجزای لبه اجباری است. اجزای لبه از جایی که تنش فشاری بتون از  $0.15f'_c$  بیشتر بشود شروع می شوند و تا لبه دیوار امتداد می یابند.

$$\sigma_{\max} = \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_u}{S} \geq 0.2f'_c \quad \text{لزوم اجرای اجزای لبه} \rightarrow$$

$$A = h \times l_w$$

$$S = h \times \frac{l_w^2}{6}$$

$$\sigma = \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_u \times \left( \frac{l_w}{2} - X \right)}{I} = 0.15f'_c \rightarrow X = \dots$$



در حالت کلی برای محاسبه ظرفیت خمشی دیوار برپشی ۳ روش موجود است.

#### ۱-۱- روش تقریبی با فرض توزیع یکنواخت آرماتور در مقطع

- این روش هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نیاز به استفاده از اجزای لبه نباشد  
در دیوارهای کوتاه که برش کنترل کننده است عموماً آرماتورهای قائم حداقل که برای کنترل برش در دیوار قرار گرفته است جوابگوی تلاشهای خمشی نیز می‌باشد. در این حالت اگر مقدار کل آرماتورهای قائم دیوار  $A_{st}$  باشد مقاومت خمشی دیوار از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$M_r = 0.5A_{st}(\phi_s f_y)l_w [1 + \frac{N_u}{A_{st}(\phi_s f_y)}] (1 - C/l_w)$$

$$\frac{C}{l_w} = \omega + \frac{\alpha}{2\omega + 0.85\beta_1}$$

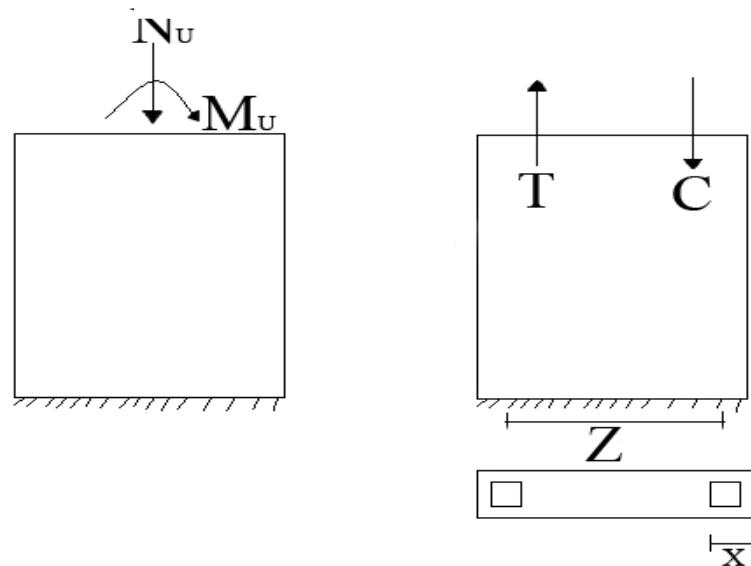
$$\omega = \frac{A_{st}}{l_w h} \times \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}$$

$$\alpha = \frac{N_u}{l_w h (\phi_c f_c)}$$

اگر ظرفیت خمشی مقطع کمتر از لنگرنهایی وارد دیوار باشد مقطع باید تقویت شود. این تقویت می‌تواند توسط افزایش قطر آرماتور یا کاهش فاصله بین آرماتورها انجام شود.  
نکته ای که در اینجا باید مورد توجه قرار گیرد این است که چون از نظر محاسباتی نیازی به آرماتور قائم نیست نیازی به افزودن آرماتور خمشی بر آرماتور قائم برشی نمی‌باشد و آن مقدار آرماتوری که جوابگوی محاسبات خمش است اگر شرایط حداقل برش را تامین کند، کافی خواهد بود.

#### ۱-۲- روش ساده شده نیروی فشاری و کششی:

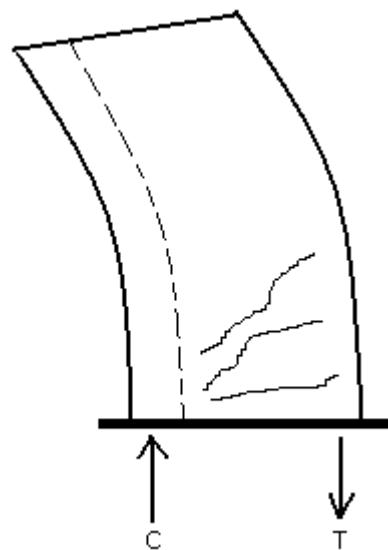
در این روش فرض می‌شود که لنگر مقاوم دیوار توسط یک کوپل نیروی فشاری و کششی که در دو انتهای دیوار وارد می‌شوند ایجاد می‌شود.



$$Z = l_w - X$$

$$C = N_u + \frac{M_u}{Z}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T = \frac{M_u}{Z} \rightarrow \frac{T}{\phi_s f_y} = A_{st} \\ n = \frac{A_{st}}{A_b} \rightarrow n = \dots \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{A_{st}}{bd} > 1\%$$



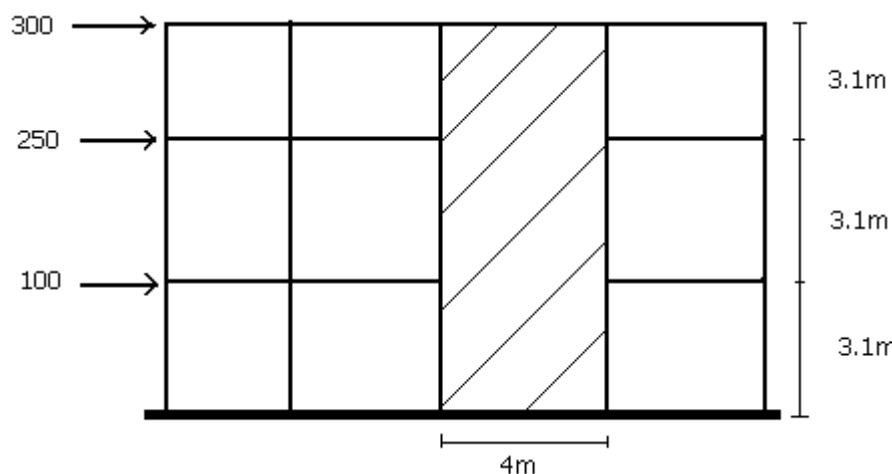
این روش بیشتر برای مواقعی استفاده می شود که در دیوار اجزای لبه قرار گرفته است. در این حالت نیروی فشاری  $C$  توسط اجزای لبه فشاری که مانند یک ستون کوتاه عمل می کند تحمل می شود. نیروی کششی  $T$  نیز توسط آرماتورهای موجود در اجزای لبه کششی تحمل می شود. این دیوارهای دارای اجزای لبه معمولاً عملکرد بسیار مناسبی در هنگام زلزله از خود نشان می دهند. نکته ای که در هنگام طراحی این دیوارها باید مورد توجه دقیق قرار گیرد آرایش خاموتهای دور گیر کننده در اجزای لبه است که مانع خردشگی ناحیه فشاری بتن می شوند.

### ۲-۳- روش دقیق رسم نمودار اندرکنش دیوار:

در این روش دیوار مانند یک ستون در نظر گرفته می شود که تحت اثر نیروی محوری  $M_u$  و لنگر خمشی  $N_u$  قرار گرفته است. پس از رسم نمودار اندرکنش مقطع انتخاب شده برای دیوار می توان لنگر مقاوم مقطع را محاسبه کرد. در این حالت باید به حالات خامی که ممکن است دیوار تحت اثر لنگر دو محوره قرار گیرد توجه کرد. مانند دیوارهای برشی زیرزمین که به صورت همزمان به عنوان حائل خاک نیز عمل می کنند. در این حالت باید نمودار اندرکنش دیوار تحت اثر خمش دو کوره ترسیم گردد. بعلاوه ممکن است دیوار برای خمش در جهت نازکی دیوار به صورت ستون لاغر عمل کند.

**مثال ۱ :** مطلوبست طراحی دیوار برشی ساختمان:

$$\text{در دو لایه } \phi 10, S 400, C 30, P_i = 0, P_d = 300 KN$$



(۱) گام

$$D + 1.2L + 1.2E$$

$$M_u = 300(9.3 - 2) + 250(6.2 - 2) + 100(3.1 - 2)$$

$$M_u = 3350 KN.m \quad \text{هر طبقه} \quad P_u = P_d = 300 KN$$

$$\min\left(\frac{l_w}{2}, \frac{h_w}{2}\right) \quad \text{مقطع بحرانی}$$

$$(2,4.65) = 2m$$

$$N_u = 3P_u = 900 KN$$

$$V_u = 650 KN$$

:  $V_c$  گام ۲) محاسبه

$$d = 0.8 l_w = 3.2m$$

$$V_c = 0.2 \varphi_c \sqrt{f'_c} hd = 525 KN$$

$$V_u > V_c$$

گام ۳) محاسبه آرماتور برشی:

$$V_s = V_u - V_c = 170 KN$$

$$\rho_h = \frac{V_s}{\varphi_s f_y 250d} = 0.000625 \geq 0.0025$$

$$\Rightarrow \rho_h = 0.0025$$

$$\rho_v = 0.0025 + 0.5 \left( 2.5 - \frac{h_w}{l_w} \right) (\rho_h - 0.0025) = 0.0025$$

چون آرماتورها را در ۲ ردیف گذاشتیم

↑

$$S_2 = S_1 = \frac{A_v}{h \times \rho_v} = \frac{2\phi 12}{250 \times 0.0025} = 362 mm$$

$$S_{max} = \min \begin{cases} \frac{l_w}{3} = 1333 \\ 3h = 750 \Rightarrow \phi 12 @ 35cm \\ 350 = 350 \end{cases}$$

گام ۴

$$\delta = \frac{M_u}{s} + \frac{N_u}{A} = \frac{3350 \times 10^6}{667 \times 10^6} + \frac{900 \times 10^3}{10^6} = 5 + 0.9 = 5.9$$

$$S = \frac{250 \times 4000^2}{6} = 667 \times 10^6$$

استفاده از اجزای لبه الزامی نیست

$$A = 250 \times 4000 = 10^6$$

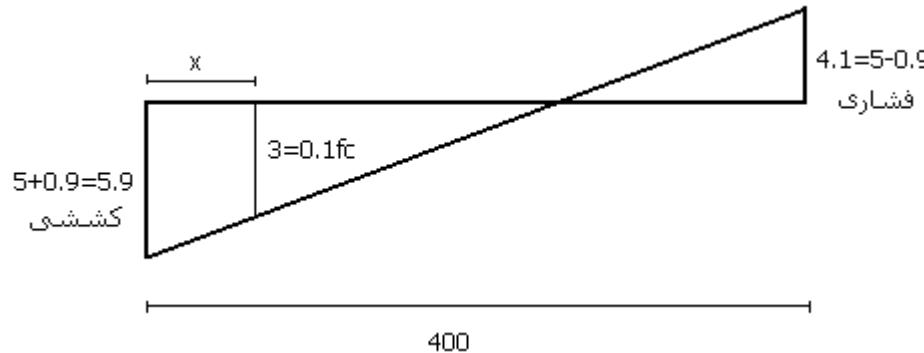
$$\alpha = \frac{N_u}{h l_w \varphi_c f'_c} = 0.05$$

$$A_{st} = 24 * 113 = 2712 \quad \omega = \frac{A_{st}}{l_w h} \times \frac{\varphi_s f_y}{\varphi_c f'_c} = 0.051 \Rightarrow$$

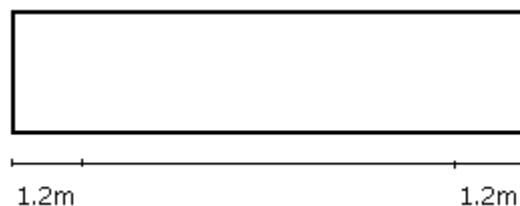
$$\frac{C}{l_w} = \frac{\omega + \alpha}{2\omega + 0.85\beta_1} = 0.122$$

$$M_r = \frac{1}{2} A_{st} + \varphi_s f_y l_w \left( 1 + \frac{N_u}{A_{st} \varphi_s f_y} \right)$$

ادامه گام ۵ با فرض استفاده از اجزای لبه الزامی است:



$$\delta_{(x)} = \frac{10}{400} \times X - 5.9 = -3 \Rightarrow X = 116 \text{ cm} \cong 1.2 \text{ m}$$



$$mm^2 A_{st} = \frac{T}{\varphi_s f_y} = 3517 \quad Z = 4 - 1.2 = 2.8 \text{ m}$$

$$n = \frac{A_{st}}{1\phi 20} = 11.2 \cong 12 \Rightarrow 12\phi 20$$

$$C = \frac{M_u}{Z} + N_u = 2096$$

$$\% 1\langle\rho\rangle = \frac{12\phi 20}{1200 \times 250} = 0.013\langle \% 3 \rangle$$

$$T = \frac{M_u}{Z} = 1196$$

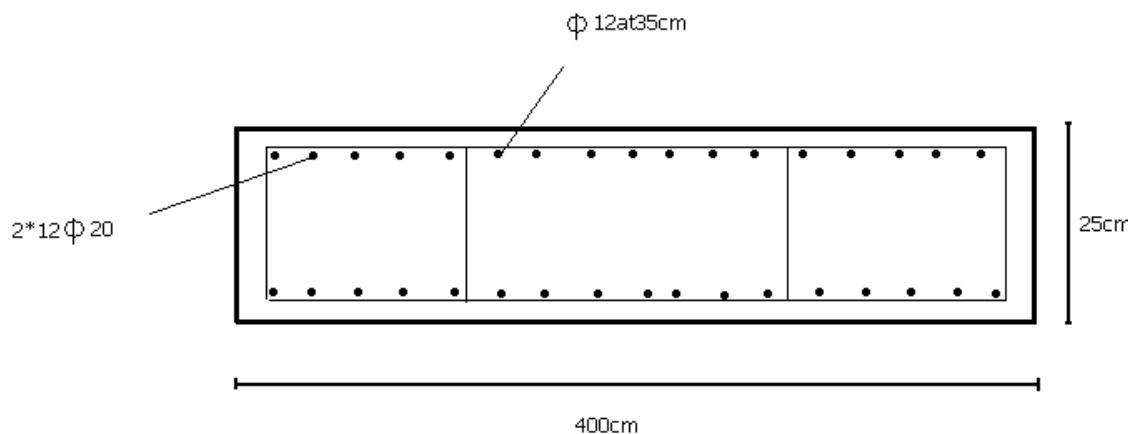
$$\left. \begin{array}{l} \text{اگر } \rho > 3\% \rightarrow \text{دبل} \\ \text{اگر } \rho = 1\% \rightarrow \rho' = 1\% \end{array} \right\}$$

$$A_{ST} \phi_s f_y = T$$

$$(A_g - A_{ST}) \times 0.85 \phi_c f'_c + A_{ST} \phi_s f_y = C$$

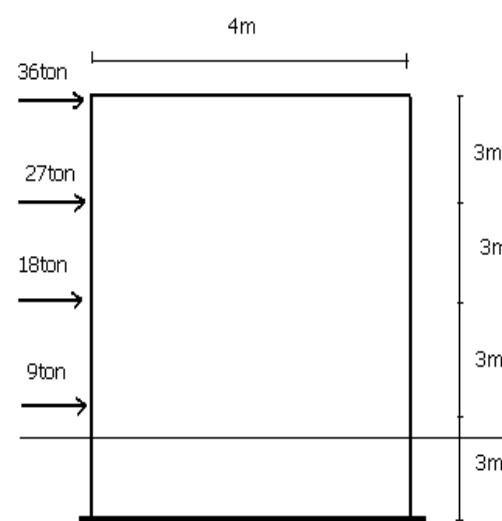
$$C = 2096 \geq 5813 KN$$

معمولًاً طراحی اجزای لبه بر مبنای نیروی کششی  $T$  انجام می شود سپس امکان تحمل نیروی فشاری  $C$  توسط جزء لبه بررسی می گردد در صورتی که جواب نداد آرماتور اضافه می کنیم (تقویت)



مثال ۲ : مطلوبست طراحی دیوار برشی زیر :

$$(h = 0.25m, f'_c = 25 Mpa, f_y = 400 Mpa)$$



ابتدا در مقطع بحرانی، برش و خمش را محاسبه می کنیم، مقطع بحرانی فاصله  $\frac{l_w}{2}, \frac{h_w}{2}$  از پایه قرار دارد:

$$\frac{h_w}{2} = 6m$$

$$\frac{l_w}{2} = 2m$$

$$V_u = 9 + 18 + 27 + 36 = 90 \text{ Ton} = 900 \text{ KN}$$

$$KN.m M_u = 9 \times 1 + 18 \times 4 + 27 \times 7 + 36 \times 10 = 630 \text{ T.m} = 6300$$

\* طراحی برای برش:

$$V_c = \min \left\{ \begin{array}{l} 1.65 \times 0.2 \varphi_c \sqrt{f'_c} h d + \frac{N_u d}{5 l_w} \\ = 1.65 \times 0.2 \times 0 / 6 \sqrt{25} \times 250 \times 0 / 8 \times 4000 + \frac{2000 \times 0 / 8 \times 4 \times 10^3}{5 \times 4} = 1112 \text{ KN} \\ \left[ 0.6 \times \varphi_c \sqrt{f'_c} + \frac{0.12 \varphi_c \sqrt{f'_c} + 0.15 \frac{N_u}{l_w k}}{\left( \frac{M_u}{V_u l_w} - \frac{1}{2} \right)} > 0 \right] \\ \Rightarrow V_c = 1112 \text{ KN} \end{array} \right.$$

$$\frac{V_c}{2} = 556 \leq V_u = 900 \text{ KN} \quad \langle V_c = 1112$$

$$\Rightarrow \rho_h = \rho_h = 0 / 0025$$

افقی

$$A_{st(H)} = 0.0025 \times 12000 \times 250 = 7300 \text{ mm}^2$$

قائم

$$A_{st(V)} = 0.0025 \times 4000 \times 250 = 2500 \text{ mm}^2$$

$$S_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{l_w}{3} = \frac{4000}{3} = 1333 \\ 3h = 3 \times 250 \\ 350 \text{ mm} \end{array} \right.$$

mm 33×2T 12 @ 330

آرماتور افقی در دو لایه

mm 11×2T 12 @ 330

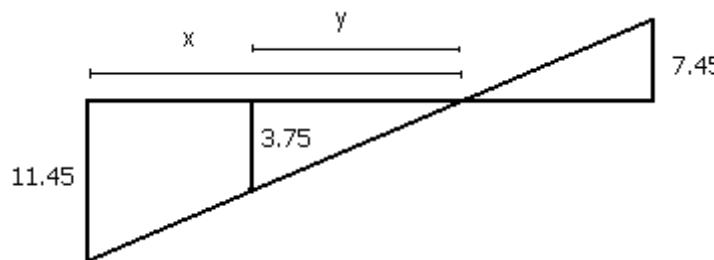
آرماتور قائم در دو لایه

\* کنترل جزء لبه:

$$\delta = \frac{P}{A} \pm \frac{M_c}{I} = \frac{2000}{4 \times 0.25} \pm \frac{6300 \times 2 \times 12}{0.25 \times 4^3} = 11.45 Mpa$$

$0.2f'_c = 0.2 \times 25 = 5 Mpa$   
 پس جزء لبه می خواهیم، جزء لبه که تنش فشاری بتن از  $0.15f'_c$  بیشتر می شود، شروع می گردد.

$$Mpa 0.15f'_c = 3.75$$



$$\frac{X}{11.45} = \frac{4-X}{7.45} \Rightarrow X = 2.433m$$

$$\frac{y}{2.423} = \frac{3.75}{11.450} \Rightarrow y = 0.7936m$$

$$\Rightarrow \text{طول جزء لبه} = 1.62m \cong 1.7m$$

$$m Z = 4 - 1.7 = 2.3$$

فشاری  $C = N_u + \frac{M_u}{Z} = 2000 + \frac{6300}{2.3} = 4740 KN$

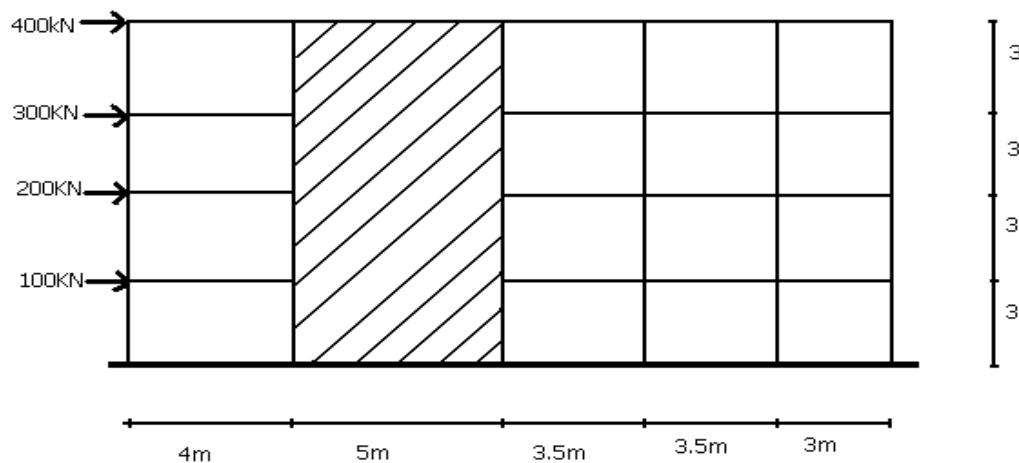
کششی  $T = \frac{M_u}{Z} = \frac{6300}{2.3} = 2740 KN$

طراحی جزء لبه برای کشش:

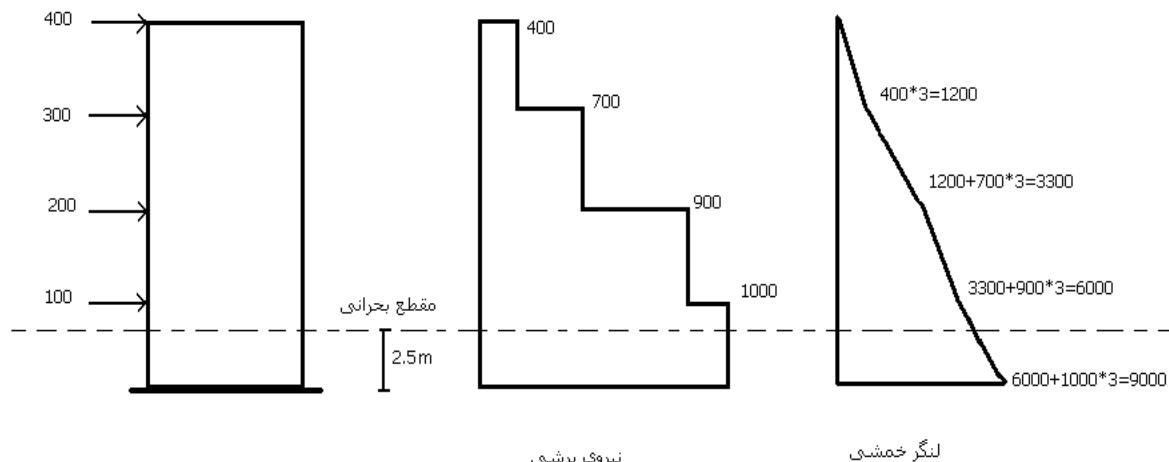
$$mm \rightarrow 2 \times 13\phi 20 @ 140 \text{ mm}^2 A_s = 3060 \quad A_s \varphi f_y = 2740 \times 10^3 = T \Rightarrow$$

**مثال 3**

نمای جانبی یک قاب ساختمانی در شکل نشان داده شده است. پایداری قاب در برابر بارهای جانبی توسط یک دیوار برشی به ضخامت 25cm تامین می‌گردد. دیوار نشان داده شده به صورت کامل تحلیل و طراحی گردد. مصالح C30 و آرماتور  $\Phi 8$  می‌باشد. نیروی محوری دیوار برشی در هر طبقه 300kN بوده و شرایط محیطی متوسط و آرماتور  $P_L = 100KN$ ,  $P_D = 200KN$  می‌باشد.



گام ۱) تحلیل دیوار و تعیین برش و خمش در مقطع بحرانی: با فرض آن که کل بارهای جانبی وارد بر سازه توسط دیوار برشی تحمل گردد دیاگرام لنگر خمشی و نیروی برشی دیوار ترسیم می‌گردد سپس مقادیر نیروها در مقطع بحرانی تعیین می‌شود.



مقطع بحرانی به فاصله  $i$  از پای دیوار قرار دارد مقادیر برش و خمش در مقطع بحرانی محسوبه می‌گردد:



$$\min \left\{ \frac{l_w}{2}, \frac{h_w}{2} \right\} = \min \left\{ \frac{5}{2}, \frac{12}{2} \right\} = 2.5m$$

$$V_e = 1000KN, N_e = 0$$

$$M_e = 6000 + 1000(3 - 2.5) = 6500KN.M$$

مقادیر داده شده ناشی از نیروی زلزله می باشند بنابر این با اندیس  $e$  نشان داده شده اند. به دلیل نیروی زلزله در دیوار برشی خمث و برش ایجاد می شوداما نیروی محوری وجود ندارد. نیروی محوری در این دیوارها به واسطه ای بارهای ثقلی ایجاد می گردد.

$$N_D = 4P_D = 800KN, \quad V_D = 0 \quad M_D = 0$$

$$N_L = 4P_L = 400KN, \quad V_L = 0 \quad M_L = 0$$

بنابر این بارهای نهایی ضریب دار در مقطع بحرانی قابل محاسبه اند ترکیبات بارگذاری زیر بررسی می گردد:

1)  $1.25D + 1.5L$

2)  $D + 1.2L + 1.2E$

3)  $0.85D + 1.2E$

ترکیب بار (1) در دیوار برشی بحرانی نیست بنابر این دو حالت بعدی بررسی می گردد:

$$N_{w2} = 800 + 1.2 \times 400 = 1280KN$$

$$V_{w2} = 1.2 \times 1000 = 1200KN$$

$$M_{w2} = 1.2 \times 6500 = 7800KN.M$$

ترکیب بار (2):

$$N_{w3} = 0.85 \times 800 = 680KN$$

$$V_{w3} = 1.2 \times 1000 = 1200KN$$

$$M_{w3} = 1.2 \times 6500 = 7800KN.M$$

: گام (2) محاسبه ای  $V_C$

به دلیل متغیر بودن مقدار بارها در ترکیبات بارگذاری مختلف در صورت استفاده از روش دقیق برای محاسبه ای  $V_C$  مقدار آن برای هر ترکیب بار به صورت مجزا محاسبه می گردد:

$$V_C = \min \left\{ \begin{array}{l} 1.65 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f'_c} h d + \frac{N_u d}{5l_w} \\ \left[ 0.06 \phi_c \sqrt{f'_c} + \frac{0.12 \phi_c \sqrt{f'_c} + 0.15 \frac{N_u}{l_w h}}{\left( \frac{M_u}{V_u l_w} - \frac{1}{2} \right)} \right] h d \end{array} \right\}$$

ترکیب بار (3):

$$V_c = \min \left\{ \begin{array}{l} 1.65 \times 0.2 \times 0.6 \sqrt{30} 250 \times 4000 + \frac{1280 \times 10^3 \times 4000}{5 \times 5000} = 1290 KN \\ 0.06 \times \sqrt{30} + \frac{0.12 \times 0.6 \sqrt{30} + 0.15 \frac{1280 \times 10^3}{5000 \times 250}}{\left( \frac{7800 \times 10^6}{1200 \times 5000 \times 10^3} - \frac{1}{2} \right)} \times 250 \times 4000 = 1014 KN \end{array} \right\} \Rightarrow V_{c2} = 1014 KN$$

ترکیب بار (۳):

$$V_c = \min \left\{ \begin{array}{l} 1.65 \times 0.2 \times 0.6 \sqrt{30} \times 250 \times 4000 + \frac{680 \times 10^3 \times 4000}{5 \times 5000} = 1194 KN \\ 0.06 \sqrt{30} + \frac{0.12 \times 0.6 \sqrt{30} + 0.15 \frac{680 \times 10^3}{5000 \times 250}}{\left( \frac{7800 \times 10^6}{1200 \times 5000} - \frac{1}{2} \right)} \times 250 \times 4000 = 1014 KN \end{array} \right\} \Rightarrow V_{c3} = 1014 KN$$

$$\Rightarrow V_{c3} = 1014 KN$$

برای تکمیل بحث محاسبه‌ی برش مقاوم برش مبنای روش ساده نیز انجام می‌گردد:

$$V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f'_c} h d = 657 KN$$

همانطور که مشاهده می‌شود مقدار بدست آمده از روش دقیق بیش از مقدار بدست آمده از روش ساده و محافظه کارانه است:

$$V_u = 1200 KN \geq V_c = 924 KN$$

پس برای کنترل برش به خاموت نیز نیاز است.

گام (۳): محاسبه‌ی آرماتور برشی:

$$V_s = V_u - V_c = 1200 - 924 = 276 KN$$

$$\rho_n = \frac{\nu_s}{\rho_s f_y h d} = \frac{276 \times 10^3}{0.85 \times 300 \times 250 \times 4000} = 0.0011 \not\geq 0.0025 \Rightarrow \rho_n = 0.0025$$

$$\varphi_v = 0.0025 + 0.5(205 - \frac{h_w}{l_w})(\varphi_n - 0.0025) = 0.0025$$

$$S_1 = S_2 = \frac{A_v}{h\varphi_v} = \frac{2\phi 8}{250 \times 0.0025} = 161mm$$

$$S_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{l_w}{3} = \frac{5000}{3} = 1667mm \\ 3h = 750mm \Rightarrow S_{\max} = 350mm \\ 350mm \end{array} \right.$$

بنابراین انتخاب می شود:

$2\phi 8 @ 16cm$

گام (۴): کنترل استفاده از اجزای لبه:

$$A = 250 \times 5000 = 1.25 \times 10^6 mm^2$$

$$S = \frac{250 \times 5000^2}{6} = 1042 \times 10^6 mm^3$$

ترکیب بار (۱):

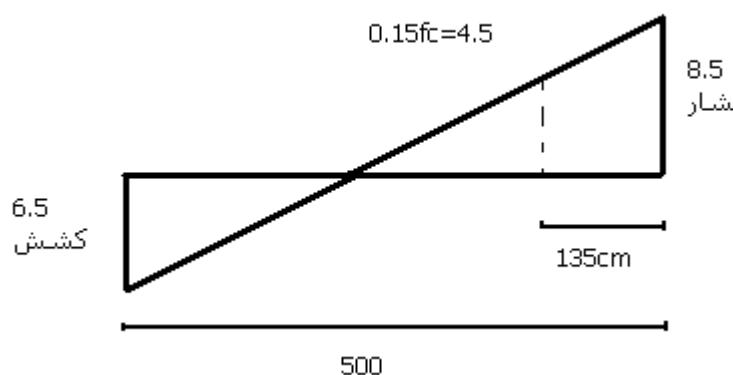
$$\sigma = \frac{M_u}{S} + \frac{N_u}{A} = \frac{7800 \times 10^6}{1042 \times 10^6} + \frac{1280 \times 10^3}{1.25 \times 10^6} = 8.5 \geq 0.2f'$$

ترکیب بار (۲):

$$\sigma = \frac{M_u}{S} + \frac{N_u}{A} = \frac{7800 \times 10^6}{1042 \times 10^6} + \frac{680 \times 10^3}{1.25 \times 10^6} = 8 \geq 6$$

بنابراین استفاده از اجزای لبه الزامی است:

گام (۵): طراحی خمی با فرض استفاده از اجزای لبه:



$$\sigma(a) = \frac{(8.5 + 6.5)}{500} \times x - 8.5 = -4.5 \Rightarrow x = 133cm \approx 135cm$$

به دلیل بحرانی بودن ترکیب بار (۲) این ترکیب بار بررسی می‌گردد:

$$Z = l_w - 1.35 = 5 - 1.35 = 3.65m$$

$$C = \frac{M_u}{Z} + N_u = \frac{7800}{3.65} + 1280 = 3417KN$$

$$T = \frac{M_u}{Z} = 2137KN$$

مقدار آرماتور کششی مورد نیاز بر مبنای نیروی  $T$  محاسبه می‌گردد:

$$A_{st} = \frac{T}{\Phi_s f_y} = \frac{2137}{0.85 \times 300} = 8380mm^2$$

$$n = \frac{A_{st}}{1\phi 25} = \frac{8380}{491} = 17.06 \approx 18\phi 20$$

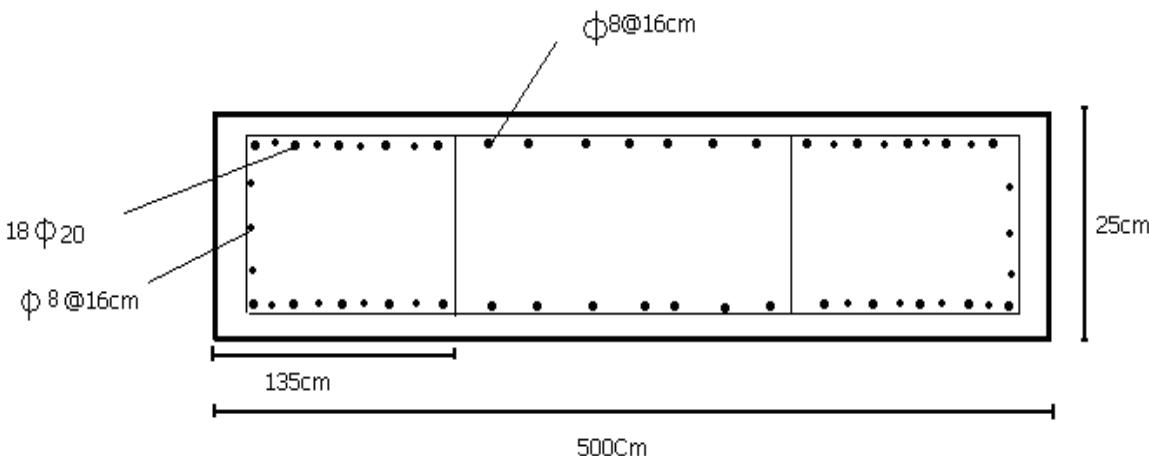
درصد آرماتور کنترل می‌گردد:

$$\% 1 \leq \phi = \frac{18\phi 25}{1350 \times 250} = \% 2.6 \leq \% 3$$

سپس جزء لبه‌ی مورد نظر برای تحلیل نیروی فشاری محاسبه می‌گردد:

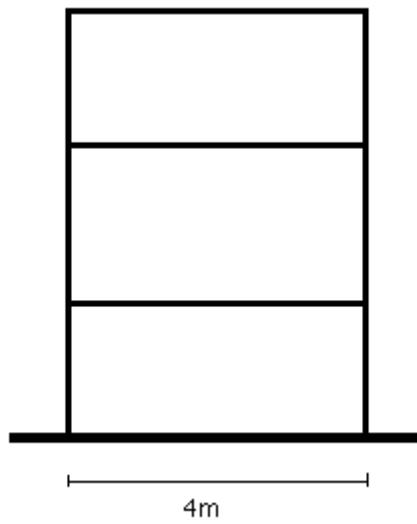
$$\begin{aligned} p_r &= (A_g - A_{st}) 0.85 \phi_c f'_c + A_{st} \phi_s f_y \\ &= (1350 \times 250 - 8838) 0.85 \times 0.6 \times 30 + 8838 \times 0.85 \times 300 \\ &= 5029 + 2254 = 7283KN \\ \Rightarrow P_r &\geq C \end{aligned}$$

پس آرماتورهای کششی برای تحمل نیروی فشاری نیز کفايت می‌کند:



**مثال 4** مطلوبست طراحی دیوار برپشی با مشخصات زیر

$$V_1 = 100, V_2 = 250, V_3 = 300 \\ h_1 = h_2 = h_3 = 3.1m, L_w = 4m \\ P_L = 0, P_D = 300KN, C_{30}, S_{400}$$



گام اول :

$$1) h_w = h_1 + h_2 + h_3 = 3.1 + 3.1 + 3.1 \Rightarrow h_w = 9.3m$$

$$2) \begin{cases} D + 1.2L + 1.2E \\ N_u = 3 \times 300 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} P_u = 300KN \\ N_u = 900KN \end{cases}$$

$$3) x = \min \left[ \frac{4}{2}, \frac{9.3}{2} \right] \Rightarrow x = 2m$$

$$4) \begin{aligned} V_u &= 100 + 250 + 300 \Rightarrow V_u = 650KN \\ M_u &= [300(9.3 - 2)] + [250(6.2 - 2)] + [100(3.1 - 2)] \Rightarrow M_u = 3350KN.M \end{aligned}$$

گام دوم :

$$d = 0.8 \times 4 \Rightarrow d = 3.2m, h = 25cm$$

$$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 250 \times 3200 \Rightarrow V_c = 526KN$$

$$V_s = 650 - 526 \Rightarrow V_s = 124 KN$$

$$P_n = \frac{124 \times 10^3}{0.85 \times 300 \times 250 \times 3200} \Rightarrow P_n = 0.000607 < 0.0025 \Rightarrow P_n = 0.0025$$

$$P_v = 0.0025 + \left[ 0.5 \left( 2.5 - \frac{9300}{4000} \right) (0.0025 - 0.0025) \right] \Rightarrow P_v = 0.0025$$

گام چهارم :

$$S_{\max} = \min \begin{cases} \frac{4000}{3} = 1333.34 mm \\ 3 \times 250 = 750 mm \Rightarrow S_{\max} = 350 mm \\ 350 mm \end{cases}$$

$$S_1 = \frac{2\Phi 12}{250 \times 0.0025} \Rightarrow S_1 = 362 mm$$

$$S_2 = \frac{2\Phi 12}{250 \times 0.0025} \Rightarrow S_2 = 362 mm$$

$$A = 250 \times 4000 = 10 \times 10^5$$

$$S = 250 \times \frac{4000^2}{6} = 667 \times 10^6$$

$$\sigma = \frac{3350 \times 10^6}{667 \times 10^6} + \frac{900 \times 10^3}{10 \times 10^5} \leq 0.2 \times 30 \Rightarrow 5.9 < 6$$

گام پنجم :

$$\alpha = \frac{900 \times 10^3}{4000 \times 250 \times 0.6 \times 30} \Rightarrow \alpha = 0.05$$

$$W = \frac{2500}{250 \times 4000} \times \frac{0.85 \times 400}{0.6 \times 30} \Rightarrow W = 0.047$$

$$A_{st} = 0.0025 \times 250 \times 4000 = 2500$$

$$\frac{C}{L_w} = \frac{0.047 + 0.05}{(2 \times 0.047) + (0.85 \times 0.85)} 0.047$$

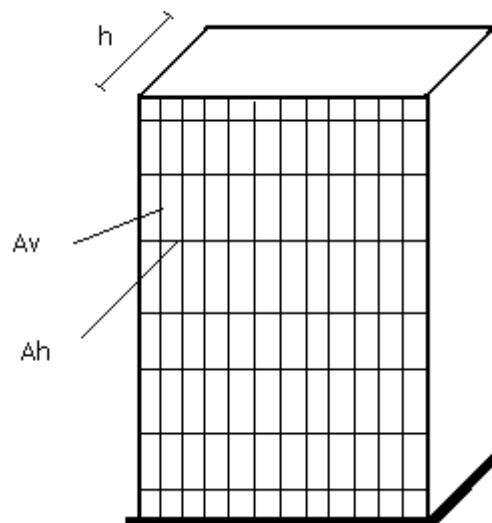
$$M_r = \frac{1}{2} 2500 \times 0.85 \times 400 \times 4000 \left( 1 + \frac{900 \times 10^3}{2500 \times 0.85 \times 400} \right) (1 - 0.119)$$

$$\Rightarrow M_r = 3083.5 KN \cdot M$$

**۳- الگوریتم طراحی دیوار برشی :**

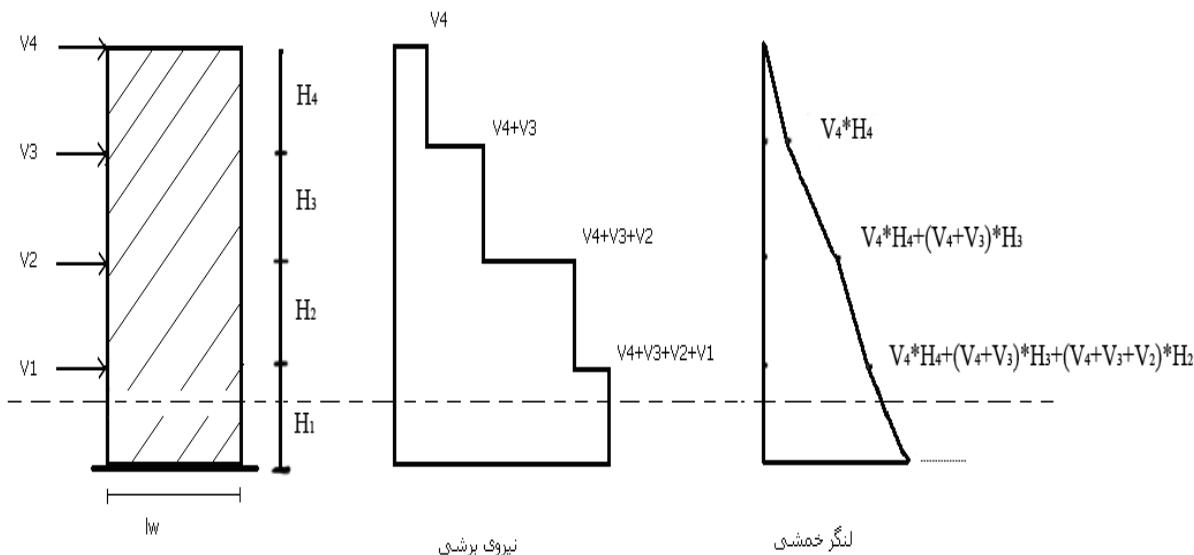
دیوار برشی مانند یک تیره طره عمیق می باشد که باید برای برش و خمش طراحی گردد. در صورتی که ارتفاع دیوار برشی نسبت به طول آن چندان زیاد نباشد معمولاً برش تعیین کننده است از طرف دیگر دیوار برشی نسبتاً بلند باشد معمولاً خمش نسبت به برش تعیین کننده تر است.

\* ضخامت دیوار معمولاً بین ۲۰ تا ۳۰ cm می باشد.



الف) طراحی برشی

گام اول : تحلیل سازه :



۱- مقطع بحرانی :

$$x = \min \left[ \frac{l_w}{2}, \frac{h_w}{2} \right]$$

$$h_w = h_1 + h_2 + h_3$$

$$P_U = D + 1.2L + 1.2E$$

$$N_U = n \times P_U$$

$$V_U = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

$$M_U = V_1(h_w - x) + V_2(h_w - x) + \dots$$

گام دوم : محاسبه  
الف) روش دقیق:

$$V_c = \min \left\{ \begin{array}{l} V_c = 1.65 \times \left( 0.2 \times \phi_c \sqrt{f'_c} \right) h d + \frac{N_u d}{5 l_w} \\ V_c = \left[ 0.06 \phi_c \sqrt{f'_c} + \frac{0.12 \phi_c \sqrt{f'_c} + 0.15 \frac{N_u}{l_w h}}{\left( \frac{M_u}{V_u l_w} - \frac{1}{2} \right)} \right] h d \end{array} \right\}$$

- در رابطه دوم اگر عبارت  $\left( \frac{M_u}{V_u l_w} - \frac{1}{2} \right)$  منفی شد  $V_c$  را از رابطه اول محاسبه می کنیم.

ب) روش ساده شده:

$$\begin{aligned} N_u &= 0 \quad \text{فشاری یا} \quad N_u \quad \text{اگر} \rightarrow V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f'_c} h d \\ N_u &\quad \text{کششی} \quad \rightarrow V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f'_c} \left( 1 - \frac{N_u}{3 A g} \right) h d \\ d &= 0.8 l_w \\ A_g &= l_w \times h \end{aligned}$$

$h$  : ضخامت دیوار

$A_g$  : سطح مقطع کل دیوار

حال خواهیم داشت :

$$1) \text{ if } V_U \leq \frac{V_c}{2} \Rightarrow P_h = \begin{cases} \text{if } f_y \geq 400, d_b \leq 16 \rightarrow P_h = 0.002 \\ \text{if } f_y \geq 400, d_b > 16 \rightarrow P_h = 0.0025 \\ \text{if } d_b \leq 16, \quad \rightarrow P_h = 0.002 \end{cases}$$

$$P_v = \begin{cases} \text{if } f_y \geq 400, d_b \leq 16 \rightarrow P_v = 0.0012 \\ \text{if } f_y \geq 400, d_b > 16 \rightarrow P_v = 0.0015 \\ \text{if } d_b \leq 16, \quad \rightarrow P_v = 0.0012 \end{cases}$$

$$2) \text{ if } \frac{V_c}{2} \leq V_U \leq V_c \Rightarrow (P_h = 0.002, P_v = 0.0025)$$

3) if  $V_u > V_c \Rightarrow$

$$V_s = V_u - V_c$$

$$\rho_h = \frac{V_s}{\varphi f_y h d} \geq 0.0025$$

$$\rho_v = 0.0025 + 0.5 \left( 2.5 - \frac{h_w}{l_w} \right) (\rho_h - 0.0025) \geq 0.002$$

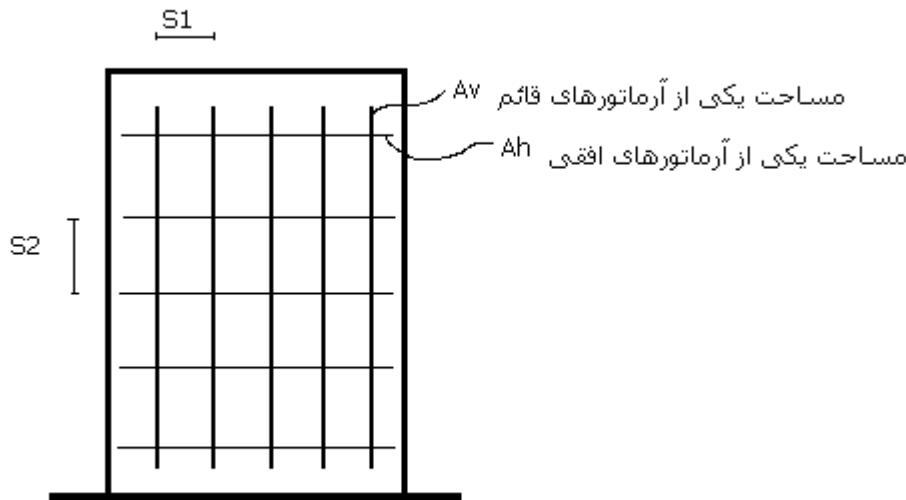
گام سوم: تعیین آرایش آرماتور ها

فاصله ی آرماتورهای قائم:

$$S_1 = \frac{2A_v}{h \rho_v} \leq S_{\max}$$

فاصله ی آرماتورهای افقی:

$$S_2 = \frac{2A_h}{h \rho_h} \leq S_{\max}$$



ب) طراحی خمی:

گام چهارم: کنترل لزوم استفاده از اجزای لبه

اگر رابطه ی زیرقرار باشد نیازی به اجرای لبه نیست.

$$\sigma = \frac{M_u}{S} + \frac{N_u}{A} \leq 0.2 f'_c$$

$$A = h \cdot l_w$$

$$S = h \times \frac{l_w^2}{6}$$

در این صورت محاسبه  $M_r$  و طراحی خمشی از روابط زیر صورت می گیرد :

$$M_r = \frac{1}{2} A_{ST} \varphi_s f_y l_w \left( 1 + \frac{N_u}{A_{ST} \cdot \varphi_s f_y} \right) \left( 1 - \frac{C}{l_w} \right)$$

$$\alpha = \frac{N_u}{l_w \cdot h \cdot \varphi_c f'_c}$$

$$W = \frac{A_{ST}}{l_w \cdot h} \times \frac{\varphi_s f_y}{\varphi_c f'_c}$$

$$A_{ST} = P_v \cdot h \cdot l_w$$

$$\frac{C}{l_w} = \frac{W + \alpha}{2W + 0.85\beta_1}$$

مقدار  $M_u$  را که از تحلیل سازه محاسبه شد با مقدار  $M_r$  محاسبه شده در بالا مقایسه نموده و در صورتی که  $M_u > M_r$  باشد مقطع در برابر خمش جوابگو است در غیر اینصورت مقطع در برابر خمش باید تقویت شود. برای تقویت مقطع تعداد آرماتور قائم اضافه می شود.

- اگر رابطه زیر برقرار باشد آنگاه استفاده از اجرای لبه الزامی است.

$$\sigma = \frac{N_u}{A} + \frac{M_u}{S} > 0.2f'_c$$

در ابتدا محل اجزای لبه مشخص می گردد. اجزای لبه از تقاطعی شروع می شود که تنش فشاری بتن از  $C$  بیشتر شود سپس پارامتر  $Z$  تعیین می شود (فاصله مرکز تا مرکز اجزای لبه)، در این صورت محاسبه  $M_r$  و طراحی خمشی بصورت کوپل نیروی فشاری و کششی از روابط زیر صورت می گیرد :

$$C_1 = \frac{M_u}{Z} + N_u$$

$$T = \frac{M_u}{Z}$$

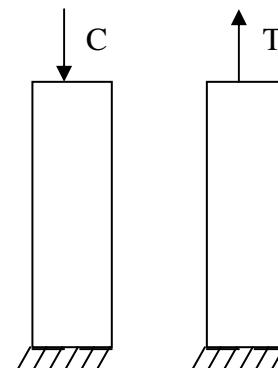
$$A_{ST} = \frac{T}{\varphi_s f_y} \Rightarrow n = \frac{A_{ST}}{A_b} \Rightarrow \frac{A_{ST}}{bd} > \% 1$$

$$C_2 = [(A_g - A_{ST}) 0.85 \varphi_c f'_c] + A_{ST} \varphi_s f_y$$

$$A_g = bd$$

$$C_2 \geq C_1$$

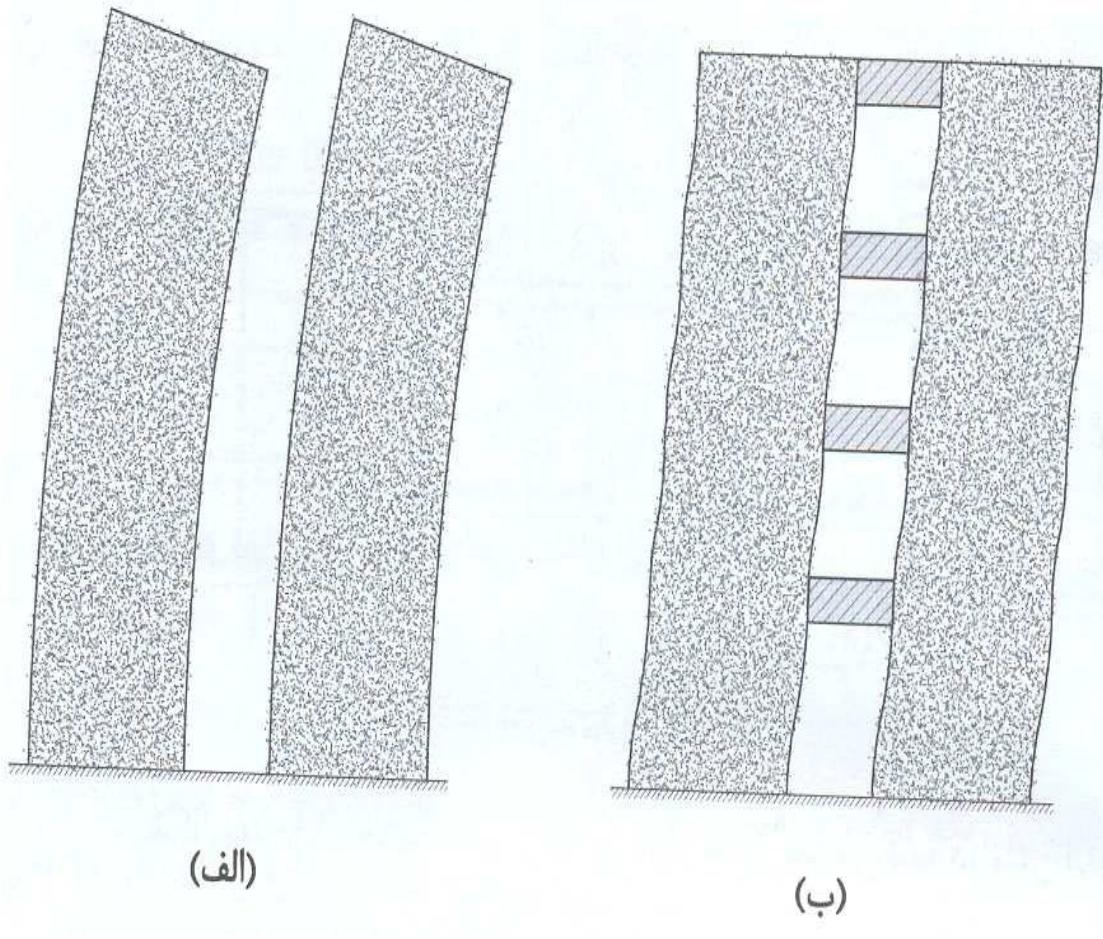
در صورتی که  $C_2 < C_1$  بدین معناست که ضخامت دیوار  $h$  باید افزایش یابد که در اینصورت مقطع دیوار بصورت دمبلي شکل خواهد شد



#### ۴- دیوارهای برشی هم بسته و تیرهای هم بند:

دو دیوار برشی مجزا و مجاور را که به دلیل وجود بازشوهای بزرگ از یکدیگر جدا شده اند میتوان به وسیله‌ی اعضا سازه‌ای مقاوم در مقابل بارهای محوری و لنگرهای خمشی به یکدیگر متصل نمود. در این حالت دیوارهای برشی متصل شده به یکدیگر به نام "دیوارهای برشی هم بسته" یا "دیوارهای برشی ممزوج" و تیر رابط به نام تیر "هم بند" یا "تیر پیوند" خوانده می‌شود. سختی ترکیبی دو دیوار برشی هم بسته از جمع سختی آن دو دیوار به صورت مجزا بیشتر است. دیوارهای برشی هم بسته تغییر شکل جانبی ساختمان و نیز میزان لنگرهای خمشی طراحی در دیوار را کاهش می‌دهد.

در شکل زیر دو دیوار برشی مجاور به صورت مجزا و به صورت هم بسته نشان داده شده است. در این شکل ملاحظه می‌شود که تغییر شکل دیوارهای برشی مجزا و دیوارهای برشی هم بسته کاملاً با هم متفاوت است. در حقیقت دو دیوار برشی مجاور و مجزا تغییر شکل خمشی از خود نشان می‌دهند. در حالی که تیر هم بند با انتقال برش و لنگر خمشی بین دو دیوار رفتار دیوارهای برشی هم بسته را به رفتار قاب خمشی نزدیک کرده و تغییر شکل جانبی را نیز به تغییر شکل برشی نزدیک می‌کند. سختی تیر رابط (تیر پیوند یا تیر هم بند) تاثیر به سزاپی در رفتار دیوارهای برشی هم بسته دارد به طوری که اگر سختی آن کم باشد رفتار مجموعه به رفتار دو دیوار برشی مجزا و اگر سختی تیر پیوند کاملاً زیاد باشد رفتار مجموعه به رفتار یک دیوار برشی کامل و پیوسته در محدوده‌ی آن دو دیوار نزدیک می‌شود.

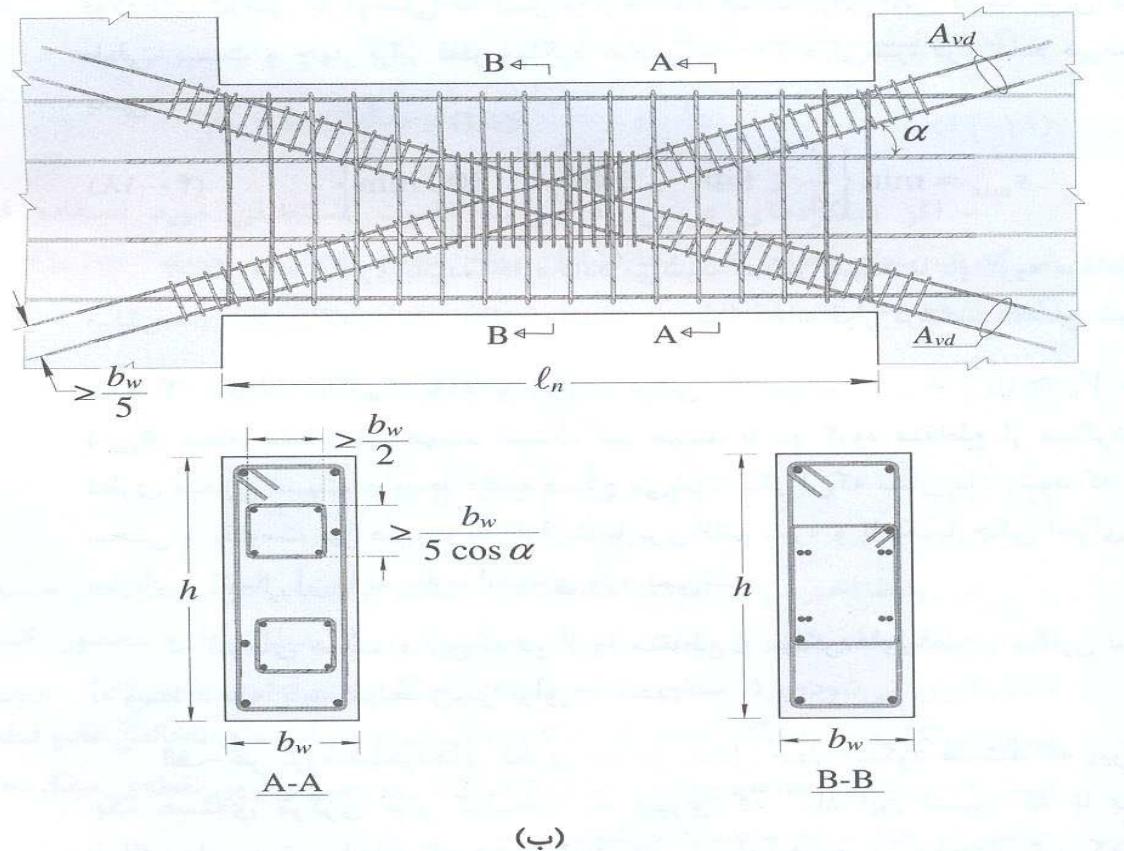
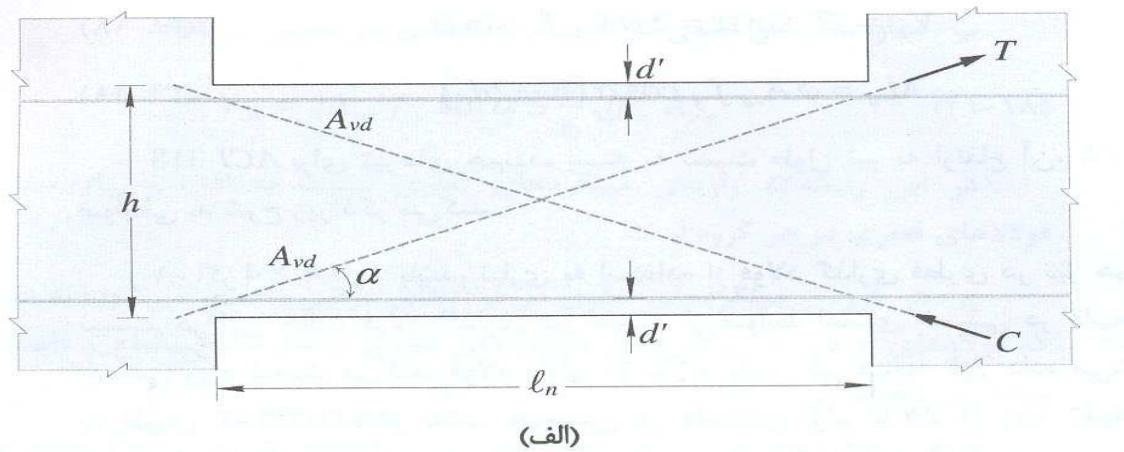


از آنجا که تیر هم بند نیروی برشی قابل توجهی را از یک دیوار برشی با عملکرد کنسولی به دیوار برشی دیگر انتقال می‌دهد تغییر شکل برشی زیادی در آن به وقوع می‌پیوندد. در نتیجه این تیر در زلزله سریعاً "تحریک می‌شود. تحقیقات نشان داده است که قرار دادن میلگرد های قطری طولی و عرضی در تیر هم بند تاثیر به سزاپی در بهبود رفتار این تیر در بارهای تناوبی دارد. این فولاد گذاری همان طور که در شکل زیر قسمت الف نشان داده شده است به صورت خرپا عمل کرده و نیروی کششی  $T$  و نیروی فشاری  $C$  را منتقل می‌کند. به طوری که این عملکرد می‌تواند منجر به انتقال نیروی برشی  $V$  و لنگر خمشی  $M$  به صورت زیر شود:

$$T = C = \Phi A_{Vd} f_y$$

$$V_u = 2T \sin \alpha = 2\Phi A_{vd} f_y \sin \alpha$$

$$M_u = \Phi A_{vd} f_y \cos \alpha (h - 2d')$$



شکل ۱۳-۱۸ (الف) عملکرد خرپایی فولادهای قطری در تیر همبند؛ ب) فولاد گذاری آبین نامه‌ای در تیر همبند

۵- آبین نامه‌ی بتن ایران در مورد دیوارهای سازه‌ای و تیرهای هم بند

## ۱-۵- ضوابط عمومی و فولاد حداقل:

ضخامت دیوار حداقل 150mm اختیار میشود. در دیوارهای سازه ای باید تا حد امکان از ایجاد بازشوهای بزرگ خودداری کرد. و در صورت ضرورت وجود بازشوهای با ابعاد بزرگ موقعیت هندسی آنها را طوری در نظر گرفت که دیوار بتواند به صورت دیوارهای "هم بسته" عمل کند. در غیر این صورت باید به کمک تحلیل دقیق یا آزمایش اثر وجود بازشو را در عملکرد دیوار بررسی نمود.

در طراحی دیوارهای با مقطع U و T عرض موثر بال که در هر قسمت از بر جان اندازه گیری می شود نباید در محاسبات بیش از کمترین مقدار از نصف فاصله‌ی بین جان دیوار تا جان دیوار مجاور و ده درصد ارتفاع کل دیوار در نظر گرفته شود.

در دیوارهای سازه ای حداقل نسبت فولاد در هر یک از دو امتداد قائم و افقی ۰۰۰۲۵ منظور می شود. در حالتی که نیروی برشی نهایی موجود در مقطع دیوار کمتر از  $0.5A_{cv}V_c$  باشد حداقل فولاد مورد نیاز در دیوار بر اساس ضوابطی تعیین می شود. در عبارت فوق  $V_c = 0.2\Phi_c \sqrt{f_c}$  بوده و  $A_{cv}$  مساحت مقطع بتنی دیوار است که به ضخامت جان و طول مقطعد مر امتداد نیروی برشی محدود می شود.

در دیوارهایی که نیروی برشی نهایی آنها از  $A_{cv}V_c$  بیشتر شود به کارگیری دو شبکه میلگرد در هر یک از دو جهت متعامد الزام است. نسبت میلگرد های قائم در هیچ ناحیه از طول دیوار نباید از ۴ درصد بیشتر باشد. فاصله‌ی میلگرد ها در هر دو امتداد قائم و افقی نباید بیش از 350mm اختیار شود.

## ۲-۵- تیرهای هم بند و دیوارهای هم بسته:

جهت ایجاد عملکرد سازه ای واحد برای دو دیوار سازه ای مجاور و مجزا و یا برای اجزای دو طرف بازشو در دیوارهای شامل بازشوهای بزرگ‌گاز تیرهای رابط با شکل پذیری زیاد به نام "تیرهای هم بند" استفاده می شود. در این حالت دیوارهایی که به هم متصل می شوند به نام "دیوارهای هم بسته" خوانده می شوند. رعایت ضوابط این قسمت فقط برای دیوارهای سازه ای با شکل پذیری زیاد لازم است. این ضوابط برای تیرهای هم بند که نیروی برشی نهایی در آن ها بیشتر

از  $2A_{cv}V_c$  بوده و نسبت طول دهانه‌ی آزاد به ارتفاع آن ها  $\frac{l}{h} > 3.0$  باشد ذکر می گردد. در غیر این صورت فولاد گذاری تیر هم بند مطابق ضوابط متداول قطعات خمشی انجام می گیرد. در هر حال عرض تیر هم بند حداقل باید 200mm باشد.

مقاومت برشی در تیر هم بند تماماً به وسیله‌ی میلگردهای قطری و متقارن که به صورت ضربدری و متقارن در سراسر طول تیر ادامه داده می شوند تأمین می گردد. این میلگردهای قطری در دیوارهای دو طرف تیر هم بند در طولی برابر ۱.۵ برابر طول گیرایی میلگرد مهار می شوند. سطح مقطع مجموع فولاد های قطری در هر یک از شاخه های ضربدری  $A_{vd}$  از رابطه‌ی زیر تعیین می شود:

$$A_{vd} = \frac{V_u}{2f_y \sin \alpha}$$

در این رابطه  $V_u$  نیروی برشی نهایی در مقطع تیر هم بند و  $\alpha$  زاویه‌ی بین میلگردهای قطری و محور طولی تیر است مقاومت خمشی تأمین شده توسط میلگردهای قطری را می توان در محاسبه‌ی ظرفیت خمشی تیر هم بند منظور نمود.

فولاد قطری در تیر هم بند باید به وسیله‌ی میلگردهای عرضی به صورت مارپیچ یا خاموت با قطر حداقل ۸ میلی متر محصور شوند. فاصله‌ی حداقل این میلگردهای عرضی به صورت زیر تعیین می شود: در این رابطه  $\Phi_L$  قطر کوچکترین میلگرد قطری در تیر هم بند و  $\Phi_T$  قطر تنگ یا مارپیچ به کار رفته در تیر هم بند است

$$S_{max} = \{8\Phi_L, 24\Phi_T, 125mm\}$$

## \*دیوار برشی در ETABS\*

### انتخاب مکان مناسب جهت قرارگیری دیوارهای برشی:

۱- قرارگیری دیوار برشی در دهانه‌های بلند نسبت به دهانه‌های کوتاه ارجح است.

۲- قرارگیری دیوار برشی در دهانه‌های متواالی ارجح است.

۳- طرز انتخاب محل‌های دیوار برشی بهتر است به گونه‌ای باشد که سازه منظم باشد و بین مرکز جرم و سختی فاصله نیافتد.

۴- بهتر است تعداد دهانه‌های دیوار برشی از طبقات بالا به پایین به تدریج اضافه شود.

۵- بهتر است دیوارهای برشی بین ستون‌ها قرار گیرند هر چند منعی برای این موضوع وجود ندارد.

### تقریب و برآورد اولیه طول مورد نیاز برای دیوار برشی:

تقریب و برآورد اولیه طول لازم برای دیوار در سیستم‌های دوگانه باعث می‌شود که قاب‌های ساختمان برای ۲۵% و دیوارهای برشی برای ۷۵% برابر جانی طرح شوند. بطوریکه محاسبه کردن اولیه طول لازم برای دیوار برشی، طراح را به سوی یک طرح بهینه هدایت خواهد کرد. طول مورد نیاز برای دیوار برشی در هر جهت با استفاده از رابطه تقریبی زیر بدست می‌آید:

$$L_w \geq \frac{1.05 V}{(0.318 \sqrt{f'c} + 0.002 \alpha f_y) t w}$$

در رابطه بالا:  $V$  برش پایه در هر راستای  $X$  و  $Y$  ساختمان،  $f'y$  تنش تسلیم آرماتورهای افقی دیوار،  $f'c$  مقاومت فشاری مشخصه بتن،  $t w$  ضخامت دیوار است که معمولاً برابر ۲۵ سانتی‌متر قرار می‌دهیم و  $\alpha$  نسبت آرماتور افقی پیش‌بینی شده در تراز پایین دیوار نسبت به آرماتور حداقل آیین نامه می‌باشند. مقدار آرماتور افقی دیوار برشی در یک ساختمان متعارف در طبقه پایین، چیزی در حدود ۲ تا ۳ برابر مقدار حداقل آیین نامه‌ای (آرماتور حداقل آیین نامه برابر ۰.۰۰۲۵) می‌باشد.

مقدار طولی که از رابطه بالا برای دیوار بدست می‌آید، می‌بایست مقدار آن به سمت بالا گرد شود و در هر جهت  $X$  و  $Y$  بطور جداگانه تامین شود. به‌طور مثال اگر مقدار  $Iw$  برابر ۶.۳ متر بدست آمد، بایستی مقدار ۷ متر دیوار برشی در هر امتداد  $X$  و  $Y$  جانمایی شود. چنانچه به دلیل ضوابط معماری نتوانستید این مقدار از دیوار برشی را در یک یا هر دو جهت تامین نمایید؛ نگران نباشید که ساختمان شما قادر به تحمل برش حاصل از بار جانبی نیست، بلکه سهم دیوار برشی ساختمان شما از برش پایه کمتر شده و سهم قاب‌ها بیشتر می‌گردد و در نتیجه مقاطع قاب‌ها بزرگ‌تر بدست می‌آیند. یعنی سهم قاب‌های ساختمان شما در برابری جانبی بیشتر از ۲۵٪ و سهم دیوارها کمتر از ۷۵٪ خواهد شد.

۱-۲-۳-۴-۲۰-۹ - در دیوارهای سازه‌ای محدودیت‌های هندسی زیر باید مورد توجه قرار گیرند:

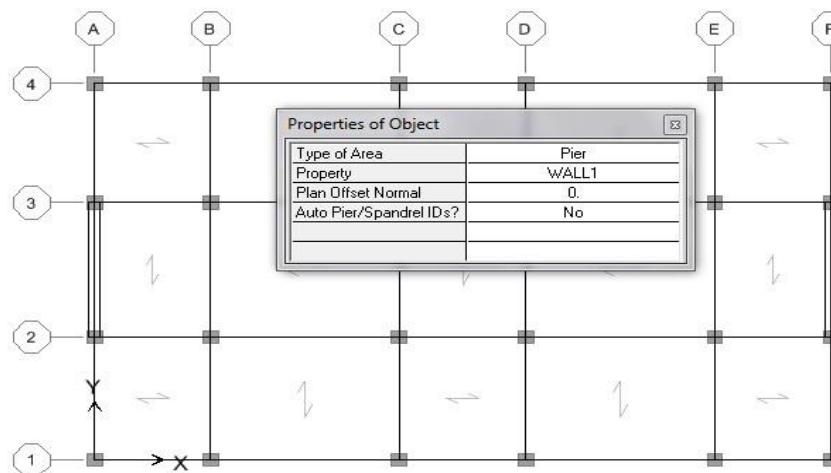
الف - ضخامت دیوار نباید کمتر از ۱۵۰ میلیمتر اختیار شود.

ب - در دیوارهایی که در آنها اجزای مرزی مطابق بند ۳-۴-۲۰-۹ به کار گرفته می‌شود، عرض عضوی مرزی نباید کمتر از ۳۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.

### **:ETABS مراحل در**

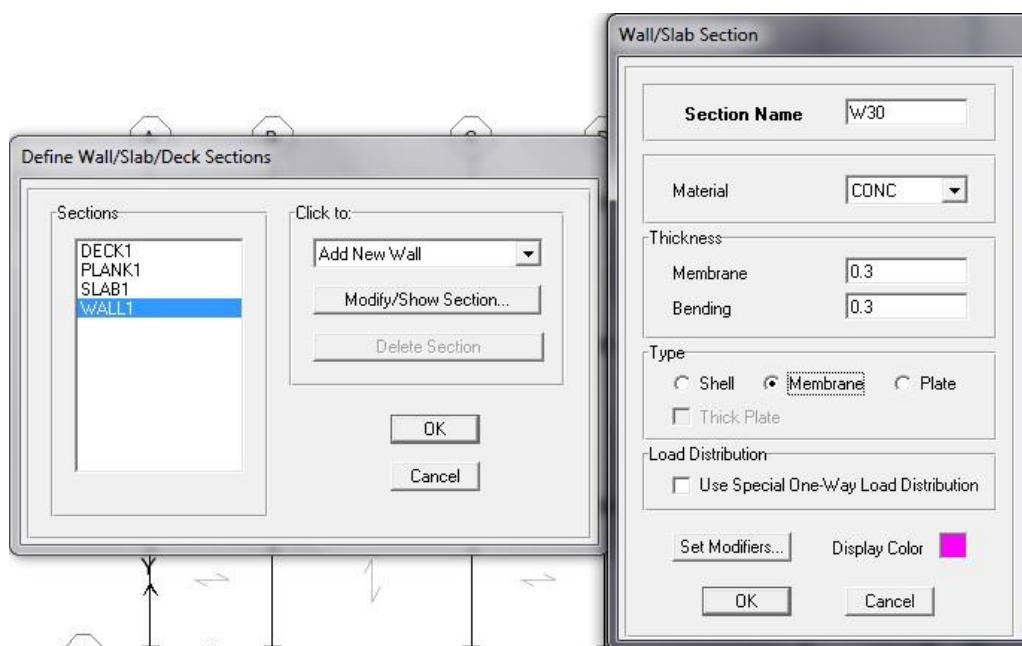
**Draw > Draw Area Objects > Create Walls in Region or at Clicks (plan)**

**۱- ترسیم دیوارهای برشی:**



**Define > Wall/Slab/Sections**

**۲- معرفی مقاطع دیوارهای برشی:**





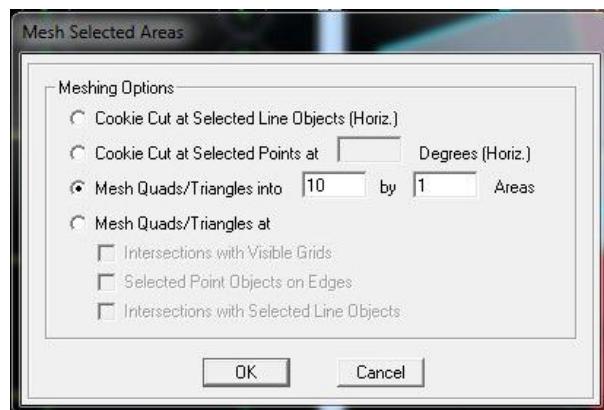
### 3- اختصاص مقاطع دیوار برشی:

Select > by Area Object Type → WALL

Assign > Shell/Area > Wall/Slab/Deck Section → V30

### 4- مشبندی دیوارهای برشی: برای مشبندی مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

- ✓ ابتدا تمامی دیوارها را انتخاب می‌کنیم. سپس دستور Edit > Mesh Areas را اجرا می‌کنیم.
- ✓ در پنجره باز شده جهت مشبندی طولی و ارتفاعی دیوار می‌باشد گزینه Mesh Quads/Triangles into را انتخاب کنیم.
- ✓ با انتخاب گزینه سوم دو جعبه مقابل آن فعال می‌شود که جعبه اول تعداد مشبندی در جهت طولی می‌باشد که هر چقدر تعداد المان‌ها بیشتر شود دقت محاسبات بیشتر خواهد شد. معمولاً عرض المان‌ها نباید بیشتر از 0.5 متر شود. در جعبه دوم تعداد مشبندی در ارتفاع دیوار می‌باشد که در صورت عدم وجود بازشو و انتخاب حالت دیوار از نوع Membrane باید در ارتفاع از عدد 1 استفاده کنیم و سپس بر روی دکمه OK کلیک می‌نمائیم.



**نکته:** بعد از مشبندی دیوارها یک سری نقاط در تراز فونداسیون ایجاد می‌شوند که این نقاط باید همانند بقیه نقاط در این تراز با مراجعه به قسمت Assign > Joint/Point > Restraints (Supports) محدود شوند. تکیه‌گاهی که اینجا تعریف می‌شود به صورت گیردار کامل باید تعریف شود (تعریف این تکیه‌گاه به صورت مفصلی هم معمولاً در نتایج نرم‌افزار باعث تغییر قابل ملاحظه نسبت به حالت قبل نخواهد شد).

### 5- نام‌گذاری دیوارهای برشی و ستون‌های متصل به آن:

برای طراحی دیوارهای برشی باید آنها را نام‌گذاری کرد (این نام‌گذاری تاثیری در محاسبات ندارد فقط امکان خروجی و طراحی دیوارهای برشی به وجود می‌آید). ستون‌های اطراف دیوار برشی نیز با دیوارها باید نام‌گذاری شوند که می‌باشد برای هر دیوار سطحی و ستون‌های خطی اطراف آن یک نام برای آنها تعریف کنیم. برای این کار مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

ابتدا ستون‌های دیوار برشی را انتخاب کرده (اجزای مرزی):

Assign > Frame/Line > Pier Labels → P1 سپس دیوار برشی را انتخاب کرده:

برای سایر دیوارها و ستون‌های متصل به دیوارها همانند روش قبل عمل می‌کنیم فقط در قسمت انتخاب Pier باید یک نام‌گذاری جدید برای دیوارها و ستون‌ها را ایجاد کنیم.

**نکته:** تیرهای متصل به دیوار برشی بهتر است که طراحی نشوند. به این خاطر به این تیرها مقطعي اختصاص نمی‌دهیم. برای این شرکت ابتدا تمامی تیرهای متصل به دیوار برشی را انتخاب کرده و دستور Assign > Frame/Line > Frame Section را اجرا می‌کنیم و گزینه NONE را انتخاب می‌کنیم و بر روی گزینه OK کلیک می‌نماییم.

## 6- بررسی ترک خوردگی یا عدم ترک خوردگی دیوارهای برشی:

\*برای این مرحله ابتدا می‌بایست سازه را تحلیل کرده باشیم\*

برای دیوارهای ترک خورده جهت آنالیز و طراحی سازه از ضریب 0.35 و برای دیوارهای ترک نخورده از ضریب 0.7 استفاده می‌شود. برای بررسی ترک خوردگی دیوارها باید در ترکیب بارهای بحرانی (ترکیب بارهایی که در آنها بیشترین تنش کششی در دیوار به وجود می‌آید) مقدار تنشهای کششی ماکزیمم را مشاهده کرده و با تنش کششی ترک خوردگی بتن (که از رابطه ۹-۱۴-۳ مبحث نهم بر حسب واحد نیوتن بر میلی‌متر مربع به دست می‌آید) مقایسه نمود.

$$fr = 0.6 \times \sqrt{fc} \quad (9-14-3)$$

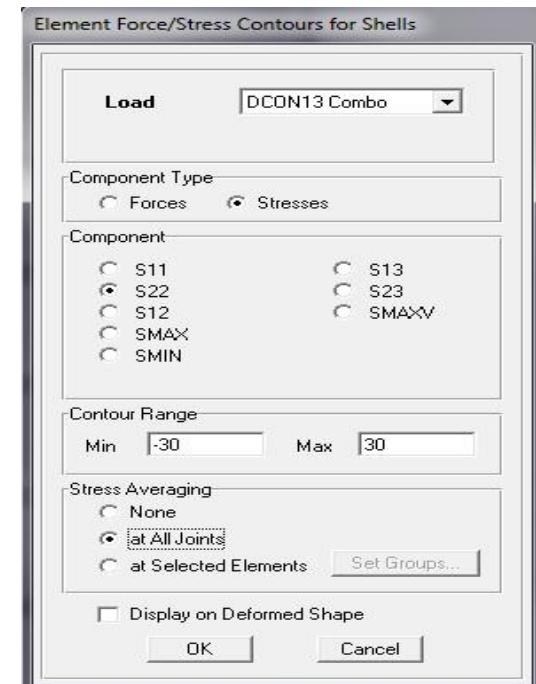
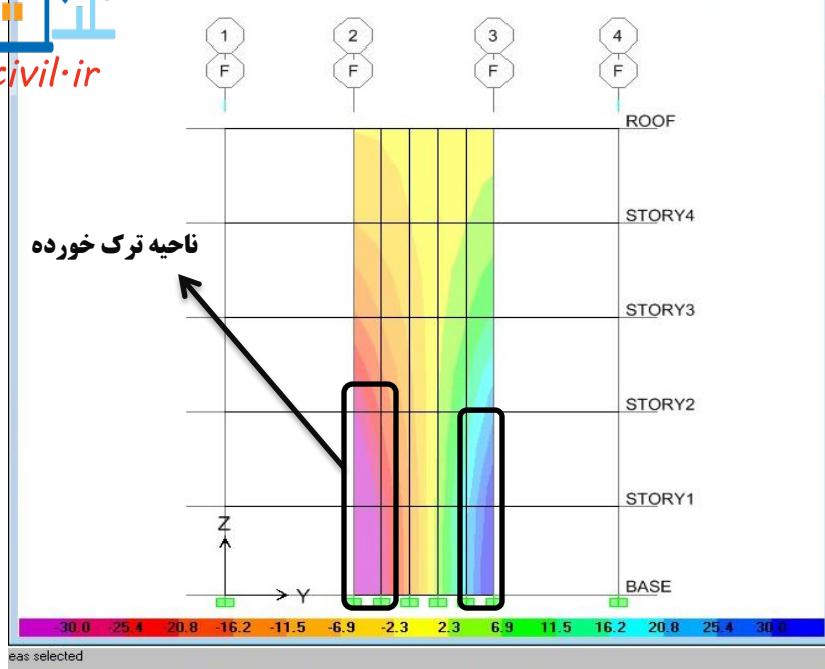
در صورتی که مقدار تنش موجود از تنش ترک خوردگی مذکور کمتر باشد دیوار ترک نخورده و در غیر این صورت دیوار ترک خورده است. ترکیب بارهایی که طبق آنها این کنترل انجام می‌شود همان ترکیب بارهای طراحی سازه است. انتخاب ترکیب بار باید به گونه‌ای انجام شود که کمترین بار فشاری در دیوارها ایجاد شود. به همین جهت بهتر است که از ترکیب بارهایی استفاده کنیم که شامل بار زنده نباشند و همچنین ضریب بار مرده آنها حداقل باشد. از بین این ترکیب بارها باید ترکیب باری انتخاب شود که شامل حالت بار زلزله به موازات راستای دیوار مورد نظر باشد. یعنی اگر دیوار در راستای محور X باشد باید ترکیب باری که شامل زلزله جهت X است و یا زلزله جهت X در آن ضریب بزرگتری دارد استفاده شود.

برای مشاهده تنشهای دیوار تحت هر یک از این ترکیب بارها هم باید به منوی:

دستور Display > Show Member Forces/Stress Diagram > Shell Stresses/ Forces اجرا کرده و در پنجره ظاهر شده ترکیب بار مورد نظر را انتخاب کرده و در ناحیه Component Type گزینه Stresses را فعال کرده و گزینه S22 که نشان دهنده تنش قائم دیوار است باید انتخاب گردد. برای اینکه بتوان به راحتی نواحی کششی که دارای تنش بیش از مقدار تنش ترک خوردگی بتن هستند را تشخیص داد، بهتر است که در قسمت Contour Range برای مقادیر Min و Max به ترتیب همان تنش ترک خوردگی مثبت و منفی را انتخاب می‌کنیم. در قسمت Stress Averaging هم بهتر است گزینه at All Joints انتخاب شود.

از دستور گفته شده ترکیب بارهای مختلف را انتخاب کرده و تنشهای موجود را با مقدار تنش مجاز که از رابطه زیر بدست می‌آوریم مقایسه می‌کنیم:

$$\text{مثال: } f_c = 25 \text{ MPa or N/mm}^2 \implies f_r = 0.6 * \sqrt{25} = 3 \text{ N/mm}^2 = 30 \text{ kg/cm}^2$$



همان‌طور که در شکل بالا پیداست دیوار در طبقه اول، دوم و سوم در گوشه خود دچار ترک‌خوردگی شده است که می‌بایست ضربت ترک‌خوردگی را به دیوارها و ستون‌های آنها وارد کنیم.

## 7- اعمال ضرائب ترک‌خوردگی به دیوارهای برشی و ستون‌های متصل به آن:

بعد از مشخص شدن تکلیف ترک‌خوردگی یا عدم ترک‌خوردگی دیوارها باید قفل برنامه را باز کرده و به مرحله قبل از آنالیز سازه برگردیم و این ضرایب را به دیوارهای برشی و ستون‌های متصل به آنها که جزیی از سیستم دیوار برشی می‌باشند اعمال نماییم. Assign > Shell/Area > Shell Stiffness Modifiers برای اعمال ضرایب ترک‌خوردگی به دیوارها بعد از انتخاب آنها باید به منوی Assign > Frame/Line > Frame Property Modifiers و برای ستون‌های متصل به آنها به منوی Assign > Frame/Line > Frame Property Modifiers مراجعه می‌کنیم.

برای دیوارها: در پنجره جدید باز شده برای اعمال ضرائب ترک‌خوردگی یا عدم ترک‌خوردگی دیوارها در حالت استفاده حالت مقدار زیر را وارد می‌کنیم: Membrane

**Membrane f22 Modifier = 0.35** = دیوار ترک خورده

**Membrane f22 Modifier = 0.7** = دیوار ترک نخورده

برای ستون‌های متصل به دیوار: در این حالت علاوه بر ممان اینرسی باید مساحت نیز در ضربت اصلاح ضرب شود. این به دلیل نقش مهم مساحت ستون در محاسبه ممان اینرسی کل دیوار است. برای ضربت اصلاح ممان اینرسی هم، حول محوری این ضربت را اعمال کنیم که در محاسبه ممان اینرسی دیوار موثر است. پس باید این اصلاح را حول محوری که عمود بر صفحه دیوار است اعمال کنیم. چون قبلً یک ضربت 0.7 از طریق منوی Define برای ستون‌ها اعمال کردہ‌ایم برای ضربت ترک‌خوردگی ممان اینرسی اگر دیوار ترک نخورده باشد دیگر لازم به اعمال ضربت دوم نیست. اما اگر دیوار ترک‌خوردگی باشد باید یک ضربت 0.5 را اعمال کنیم که تا در ضربت 0.7 قبل ضرب شده و عدد 0.35 که مورد نظر است نتیجه شود. به این ترتیب خواهیم داشت:

ستون متصل به دیوار ترک نخورده :

Cross - Section (axial ) Area = 0.7

ستون متصل به دیوار ترک خورده :

Cross - Section (axial ) Area = 0.35

(اگر محور ۲ ستون عمود بر صفحه دیوار باشد) Moment of Inertia about 2 axis = 0.5

(اگر محور ۳ ستون عمود بر صفحه دیوار باشد) Moment of Inertia about 3 axis = 0.5

Analysis Stiffness Modification Factors

| Stiffness Modifiers   |      |
|-----------------------|------|
| Membrane f11 Modifier | 1    |
| Membrane f22 Modifier | 0.35 |
| Membrane f12 Modifier | 1    |
| Bending m11 Modifier  | 1    |
| Bending m22 Modifier  | 1    |
| Bending m12 Modifier  | 1    |
| Shear v13 Modifier    | 1    |
| Shear v23 Modifier    | 1    |
| Mass Modifier         | 1    |
| Weight Modifier       | 1    |

OK Cancel

Analysis Stiffness Modification Factors

| Stiffness Modifiers   |     |
|-----------------------|-----|
| Membrane f11 Modifier | 1   |
| Membrane f22 Modifier | 0.7 |
| Membrane f12 Modifier | 1   |
| Bending m11 Modifier  | 1   |
| Bending m22 Modifier  | 1   |
| Bending m12 Modifier  | 1   |
| Shear v13 Modifier    | 1   |
| Shear v23 Modifier    | 1   |
| Mass Modifier         | 1   |
| Weight Modifier       | 1   |

OK Cancel

مشخصات دیوار ترک خورده

مشخصات دیوار ترک نخورده

Analysis Property Modification Factors

| Property Modifiers             |      |
|--------------------------------|------|
| Cross-section (axial) Area     | 0.35 |
| Shear Area in 2 direction      | 1    |
| Shear Area in 3 direction      | 1    |
| Torsional Constant             | 1    |
| Moment of Inertia about 2 axis | .35  |
| Moment of Inertia about 3 axis | 0.7  |
| Mass                           | 1    |
| Weight                         | 1    |

OK Cancel

Analysis Property Modification Factors

| Property Modifiers             |     |
|--------------------------------|-----|
| Cross-section (axial) Area     | 0.7 |
| Shear Area in 2 direction      | 1   |
| Shear Area in 3 direction      | 1   |
| Torsional Constant             | 1   |
| Moment of Inertia about 2 axis | 0.7 |
| Moment of Inertia about 3 axis | 0.7 |
| Mass                           | 1   |
| Weight                         | 1   |

OK Cancel

مشخصات ستون متصل به دیوار

برشی ترک خورده

مشخصات ستون متصل به دیوار

برشی ترک نخورده

## 8- تنظیمات طراحی دیوار برشی:

دستور Options > Preferences > Shear Wall Design می‌دهیم:

1) آین نامه **ACI 318-99** : مطابق بند 9-20-4-3-2-1 مبحث نهم در دیوارهای سازه‌ای نسبت آرماتور در هیچ قسمت نباید از 0.0025 سطح دیوار کمتر باشد. مطابق بند 9-20-4-3-2-2 مبحث نهم هم حداکثر این مقدار 0.04 است. بر این اساس باید در قسمت Edge Design PC-Max و Edge Design PT-Max (به ترتیب معرف حداکثر درصد فولاد کششی و فشاری المانهای مرزی یا به عبارتی میلگردهای انتهایی که در ستون‌های اطراف دیوار قرار می‌گیرند) عدد 0.04 را وارد کنیم و در قسمت Section Design IP-Min (معرف حداقل درصد میلگرد قائم دیوار می‌باشد) عدد 0.0025 را وارد نماییم. در قسمت مربوط به جلوگیری از تراکم آرماتور و رعایت محدودیت‌های اجرایی و محل وصله بهتر است همان پیش فرض برنامه یعنی عدد 0.02 را قبول نماییم. در قسمت Rebar/Length Units واحد cm<sup>2</sup>/m و در قسمت Rebar Units واحد cm<sup>2</sup> را انتخاب می‌نماییم.

2- آین نامه **ACI 318-05**: تمام تنظیمات آن مشابه آین نامه ACI 318-99 می‌باشد ولی در قسمت System Cd باید مقدار 0.7R را وارد نمایید.

| Design Code              | ACI 318-99         |
|--------------------------|--------------------|
| Rebar Units              | cm <sup>2</sup>    |
| Rebar/Length Units       | cm <sup>2</sup> /m |
| Phi (Bending-Tension)    | 0.9                |
| Phi (Compression)        | 0.7                |
| Phi (Shear)              | 0.85               |
| Phi (Shear Seismic)      | 0.6                |
| Pmax Factor              | 0.8                |
| Number of Curves         | 24                 |
| Number of Points         | 11                 |
| Edge Design PT-Max       | 0.04               |
| Edge Design PC-Max       | 0.04               |
| Section Design IP-Max    | 0.02               |
| Section Design IP-Min    | 0.0025             |
| Utilization Factor Limit | 0.95               |

| Design Code                  | ACI 318-05/IBC 2003 |
|------------------------------|---------------------|
| Rebar Units                  | cm <sup>2</sup>     |
| Rebar/Length Units           | cm <sup>2</sup> /m  |
| Importance Factor            | 1.                  |
| System Cd                    | 5.6                 |
| Phi (Tension Controlled)     | 0.9                 |
| Phi (Compression Controlled) | 0.65                |
| Phi (Shear and/or Torsion)   | 0.75                |
| Phi (Shear Seismic)          | 0.6                 |
| Pmax Factor                  | 0.8                 |
| Number of Curves             | 24                  |
| Number of Points             | 11                  |
| Edge Design PT-Max           | 0.04                |
| Edge Design PC-Max           | 0.04                |
| Section Design IP-Max        | 0.02                |
| Section Design IP-Min        | 0.0025              |
| Utilization Factor Limit     | 0.95                |

## 9- تنظیمات قبل از طراحی دیوارهای برشی:

برای طراحی دیوارهای برشی در برنامه سه روش مختلف تعریف شده است که می‌توان به یکی از این سه روش برای طراحی دیوارها استفاده کنیم. این سه روش عبارت‌اند از:

روش تبدیل لنگر و نیروی محوری دیوار به دو ستون روی المان‌های لبه‌ای کناری، این روش به روش المان مرزی موسوم است. چنانچه از این روش استفاده کنیم برنامه دو As برای المان‌های لبه‌ای ارائه می‌دهد و برای آرماتورهای طولی و عرضی در دیوار می‌توانیم از آرماتور حداقل استفاده کنیم.

روش میلگرد گذاری یکنواخت، که در این روش دور تا دور دیوار از یک میلگرد یکنواخت استفاده می‌شود. • Uniform Reinforcing •

این روش به روش طراحی عمومی شناخته می‌شود. در این روش، مقطع دیوار به طور کامل در برنامه SD ساخته شده و سپس مقطع ساخته شده به دیوارها اختصاص داده می‌شود. برنامه بر اساس مقطع نسبت داده شده طراحی را انجام می‌دهد. این روش برای هر نوع دیوار با هر نوع شکلی قابل استفاده است. • General Reinforcing •

### 1-9 روش طراحی ساده (Simplified T and C)

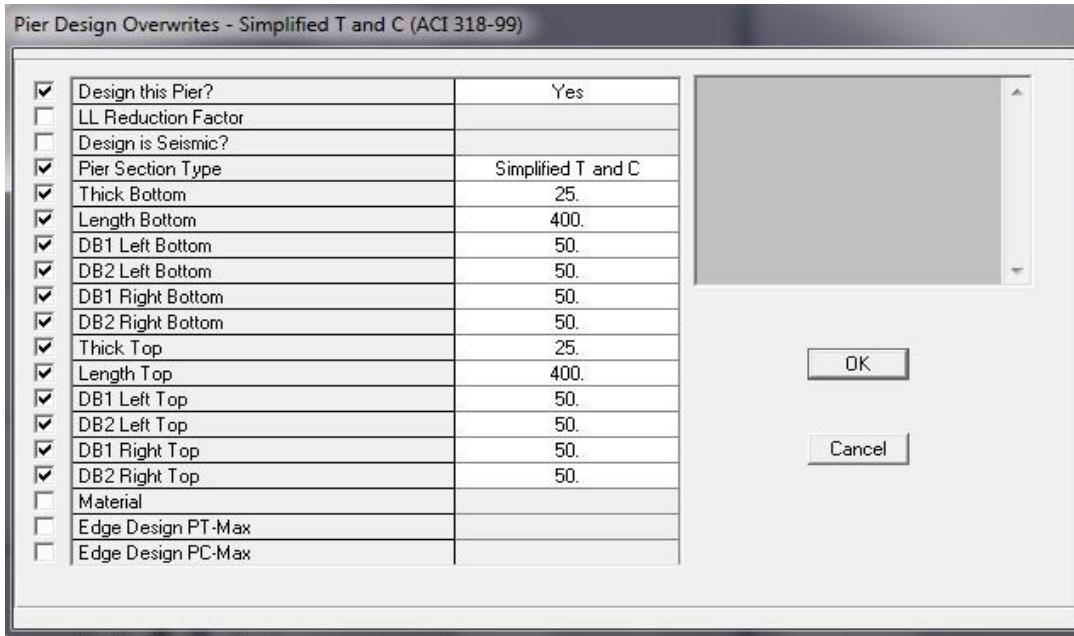
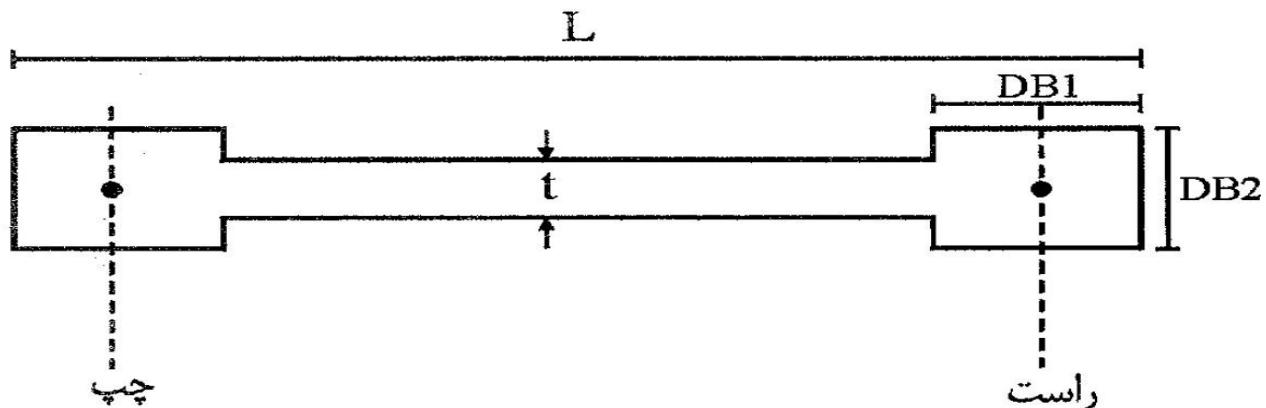
✓ دستور Select > by Pier Ids را اجرا کرده و همه نوع دیوارها را انتخاب می‌کنیم.

✓ دستور Design > SWD > Assign Pier Section for Checking > simplified c and t Section را اجرا کرده تا برای طراحی دیوارها از روش طراحی المان لبه‌ای استفاده شود.

✓ دوباره دستور Select > by Pier Ids را اجرا کرده و همه نوع دیوارها را انتخاب می‌کنیم.

✓ دستور Design > Shear Wall Design > View/Revise Overwrites را اجرا کرده و تنظیمات آن را مطابق شکل

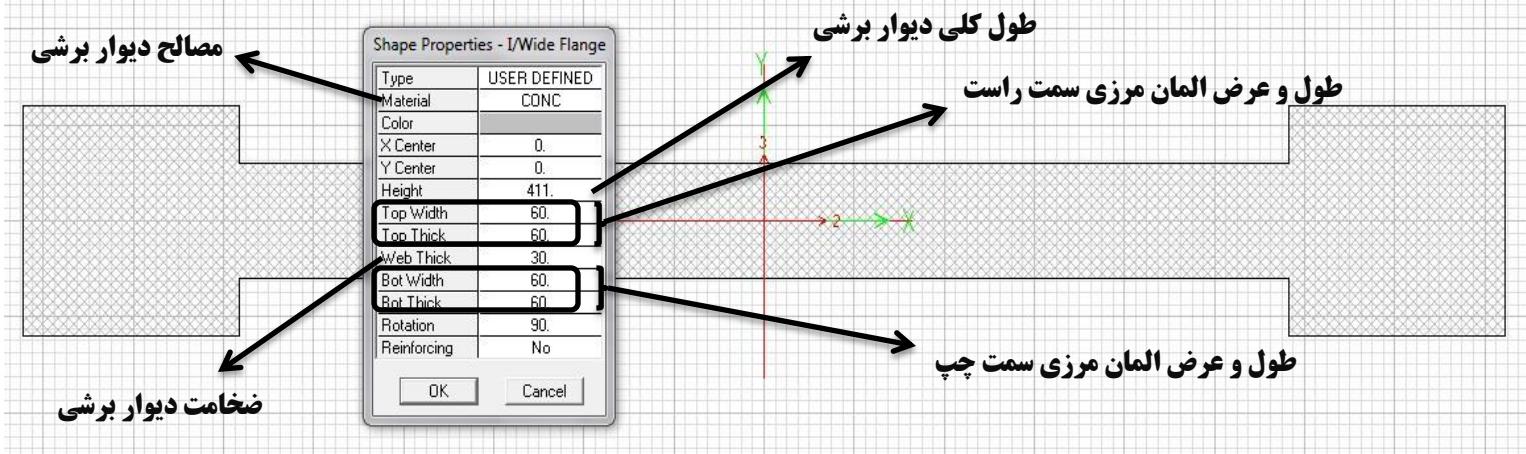
زیر انجام می‌دهیم:



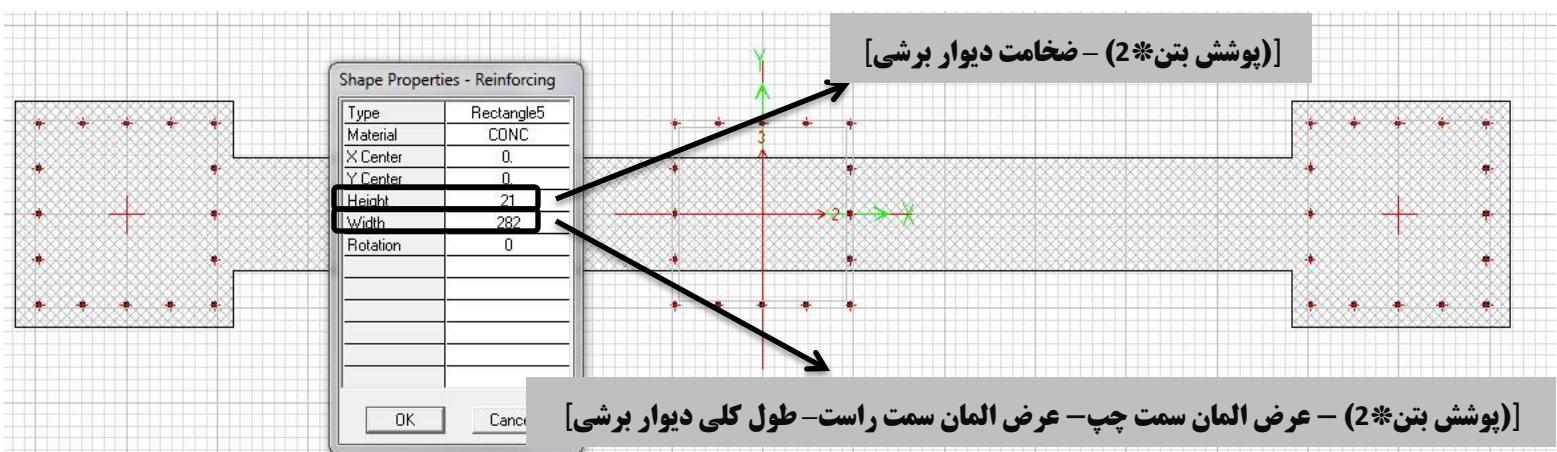
## 2-9 روش طراحی عمومی (General Reinforcing)

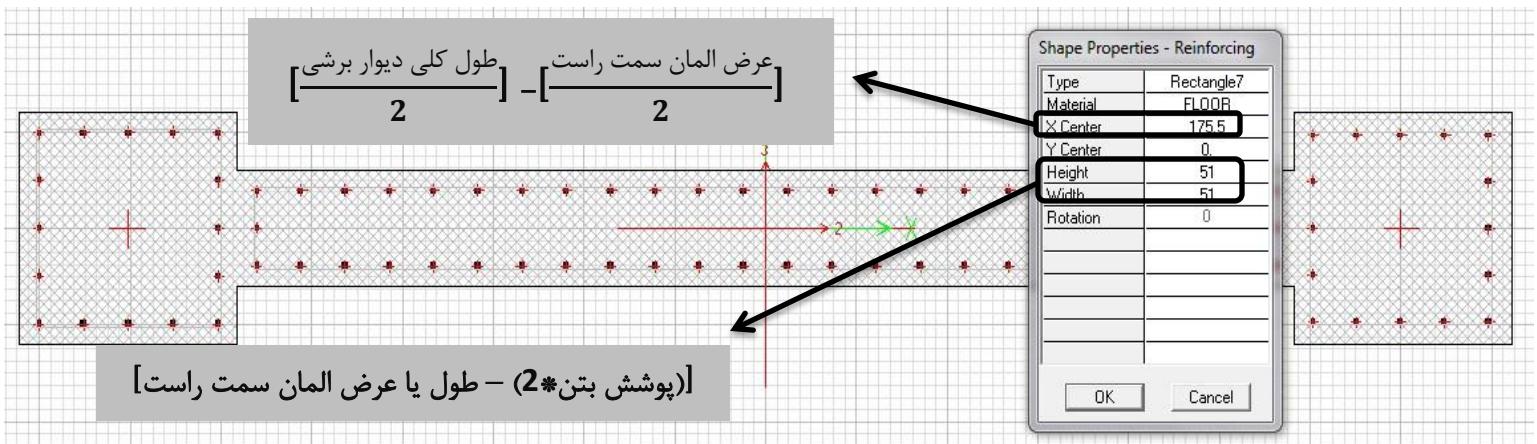
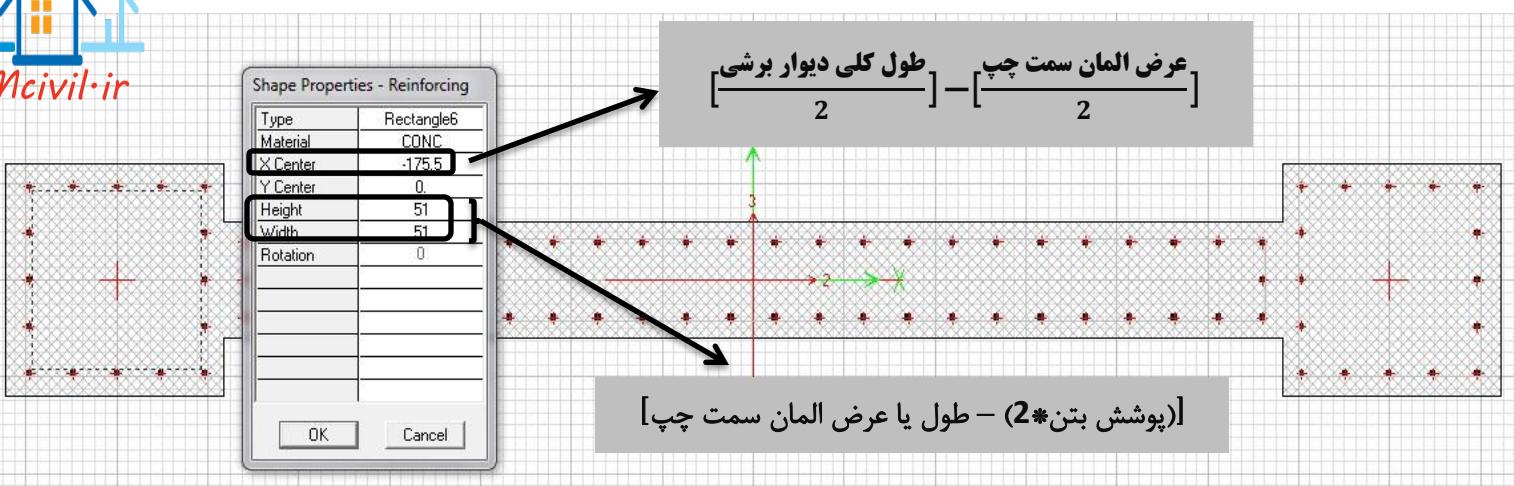
روش استفاده از برنامه SD بسیار دقیق است. در این روش مقطع دیوار در برنامه SD ساخته شده و پس از اختصاص مقاطع به دیوارها، کفایت مقاطع دیوارها بررسی می‌شود. مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

- ✓ دستور Design > Shear Wall Design > Define Pier Sections for Checking را اجرا کرده و در جعبه ظاهر شده روی دکمه Add Pier Section کلیک نمائید.
- ✓ در جعبه ویرایش Section Name نام دیوار مثلًا W1 را وارد کرده و از کشوی Base Material مصالح مورد نظر را انتخاب کرده و دکمه Section Designer را کلیک نمائید.
- ✓ پنجره برنامه Draw > Draw Structural Shape > I/Wide Flange ظاهر می‌شود. دستور Section Designer را اجرا کرده و در مبدأ مختصات کلیک نمائید و از حالت ترسیم خارج شوید. سپس روی مقطع I ایجاد شده کلیک راست کنید و مشخصات مقطع را وارد نمائید:



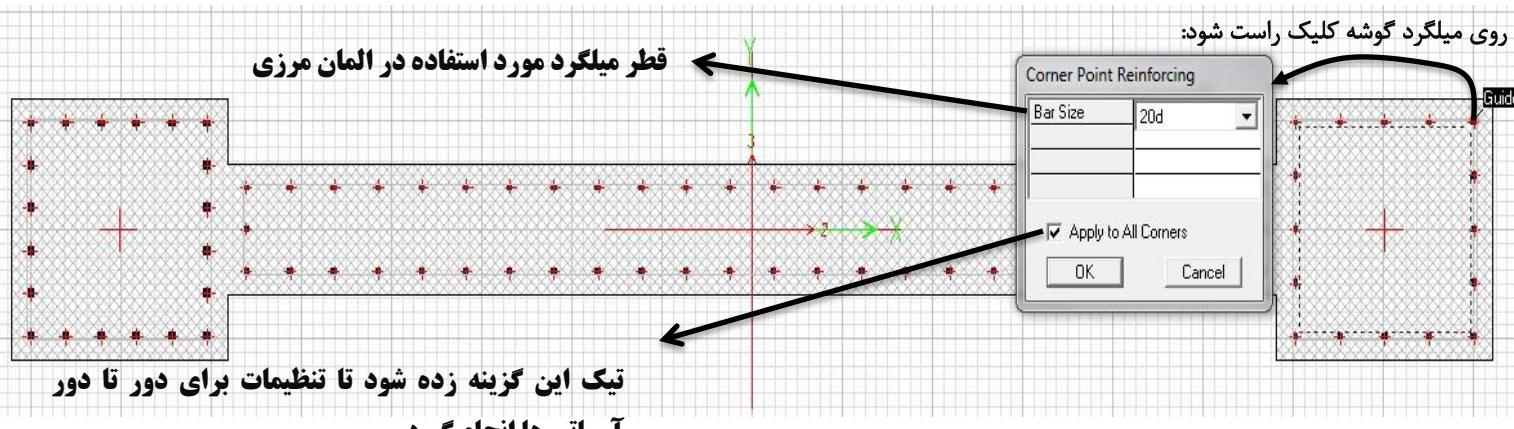
- ✓ دستور Draw > Draw Reinforcing Shape > Rectangular Pattern را اجرا کرده و در سه موقعیت (یکی مبدأ مختصات، یکی سمت راست و یکی سمت چپ) کلیک نمائید. روی هر یک از میله‌گرهای ایجاد شده کلیک راست کرده و مشخصات آنها را وارد نمائید:

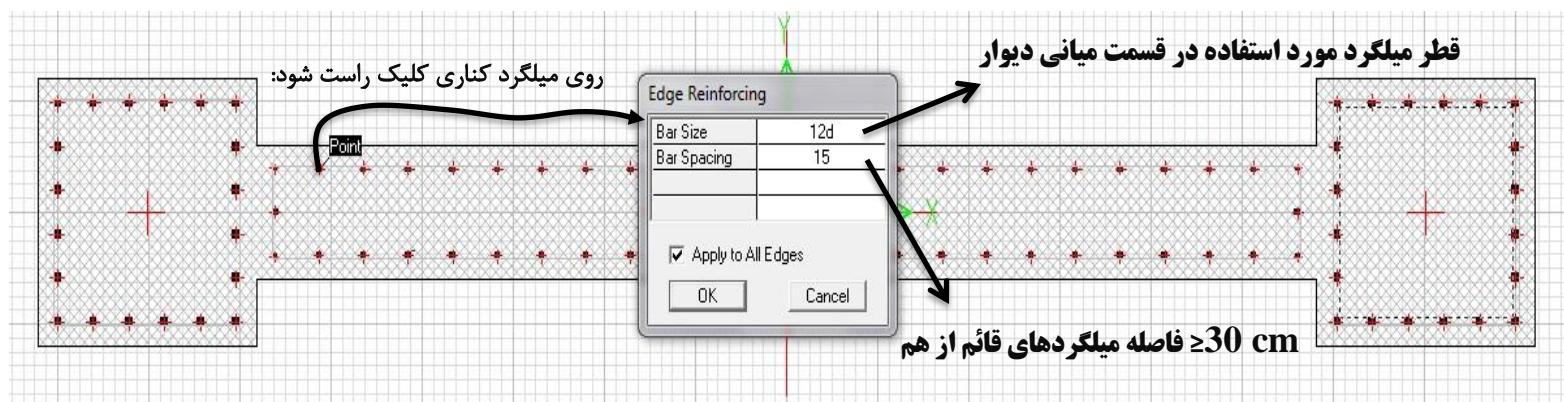
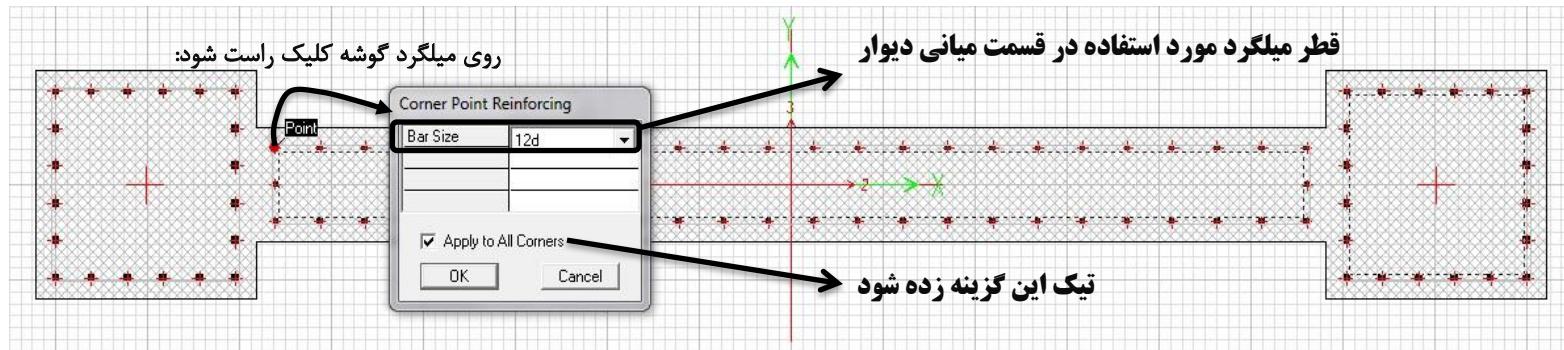
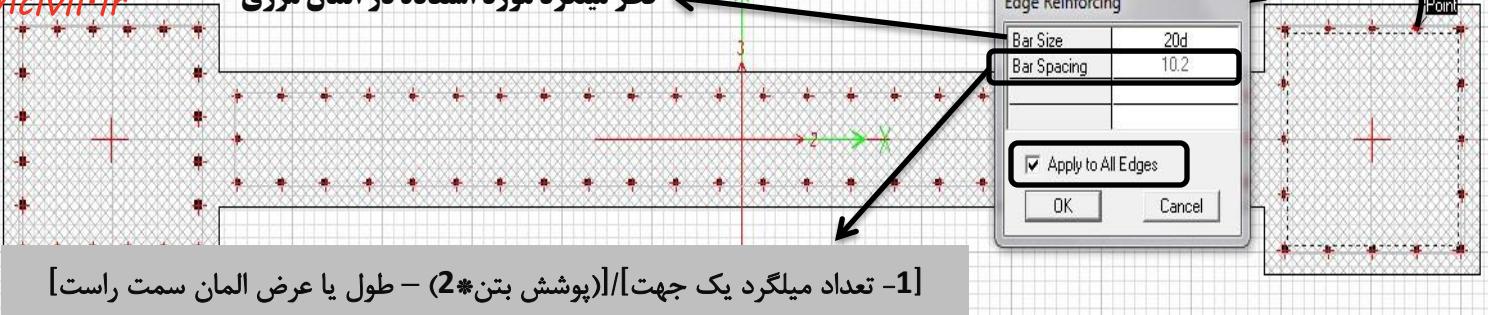




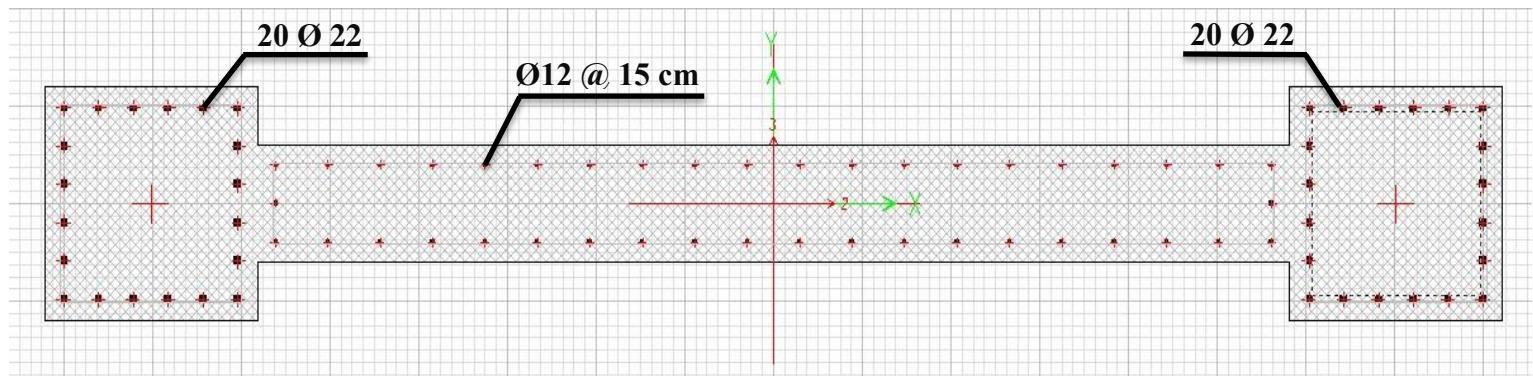
**نکته:** در برنامه SD، پوشش بتن از روی میلگرد در نظر گرفته می‌شود. بنابراین ابعاد آرایش مستطیلی میلگردها برابر [پوشش بتن<sup>(\*)</sup>] – طول یا عرض المان] خواهند بود. بعد میلگردگذاری اندازه بیرون تا بیرون آرایش میلگردگذاری است.

- ✓ روی آرایش میلگردهای سمت چپ و راست و وسط مقطع کلیک راست کرده و مشخصات آنها را مطابق شکل‌های زیر وارد می‌کنیم:





✓ با کلیک روی دکمه Done مقاطع ساخته خواهند شد:

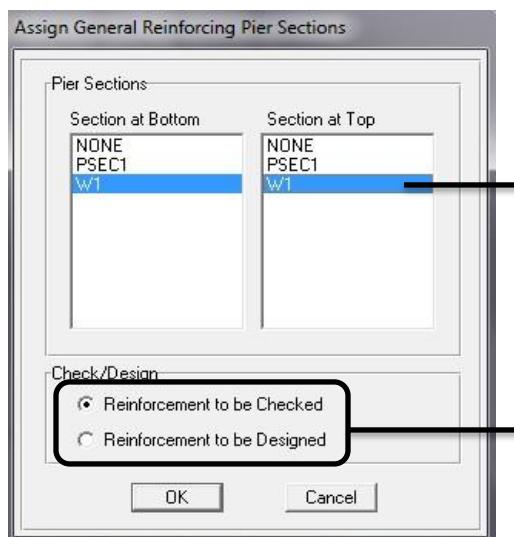


✓ سپس روی دکمه OK کلیک می‌کنیم تا دیوار W1 به برنامه تعریف گردد.

### چند نکته در مورد مدل کردن دیوارهای برشی:

- ❖ دیوارها چه در جهت X باشند و چه در جهت Y در هر صورت باید به صورت افقی همانند روش بالا مدل شوند. دلیل آن این است که باید محور 3 در برنامه SD به دیوار عمود باشد چون‌که محورهای محلی در ETABS، همیشه محور 3 عمود بر دیوار می‌باشد.
- ❖ طول دیوارها را باید برابر آکس به آکس محور مور نظر (که قرار است دیوار در آنجا قرار گیرد) به اضافه یک بعد ستون در نظر گرفت (برای ستون‌های دارای عرض مساوی در دو طرف).
- ❖ ستون‌ها را می‌توان در این روش جزء دیوار مدل کرد و آرماتورهای مورد نیاز المان لبه‌ای یا مرزی در این ستون‌ها قرار داد و از نتایج برنامه در مورد ستون‌ها صرف نظر کرد و این نتایج را در آخر برای ستون‌ها در نظر گرفت.

✓ با استفاده از دستور Select > by Pier Ids دیوار مورد نظر (برای اختصاص مقطع) را انتخاب کرده و سپس با استفاده از Design > SWD > Assign Pier Sections for Checking > General Reinforcing Pier Section دستور مقطع مورد نظر را به دیوار اختصاص می‌دهیم:



مقطع اختصاص داده شده به دیوار

باید گزینه Reinforcement to be Checked انتخاب شود تا برنامه فقط دیوار مدل شده را مورد کنترل قرار دهد نه طراحی.

### 10-انتخاب ترکیب بار طراحی دیوارهای برشی:

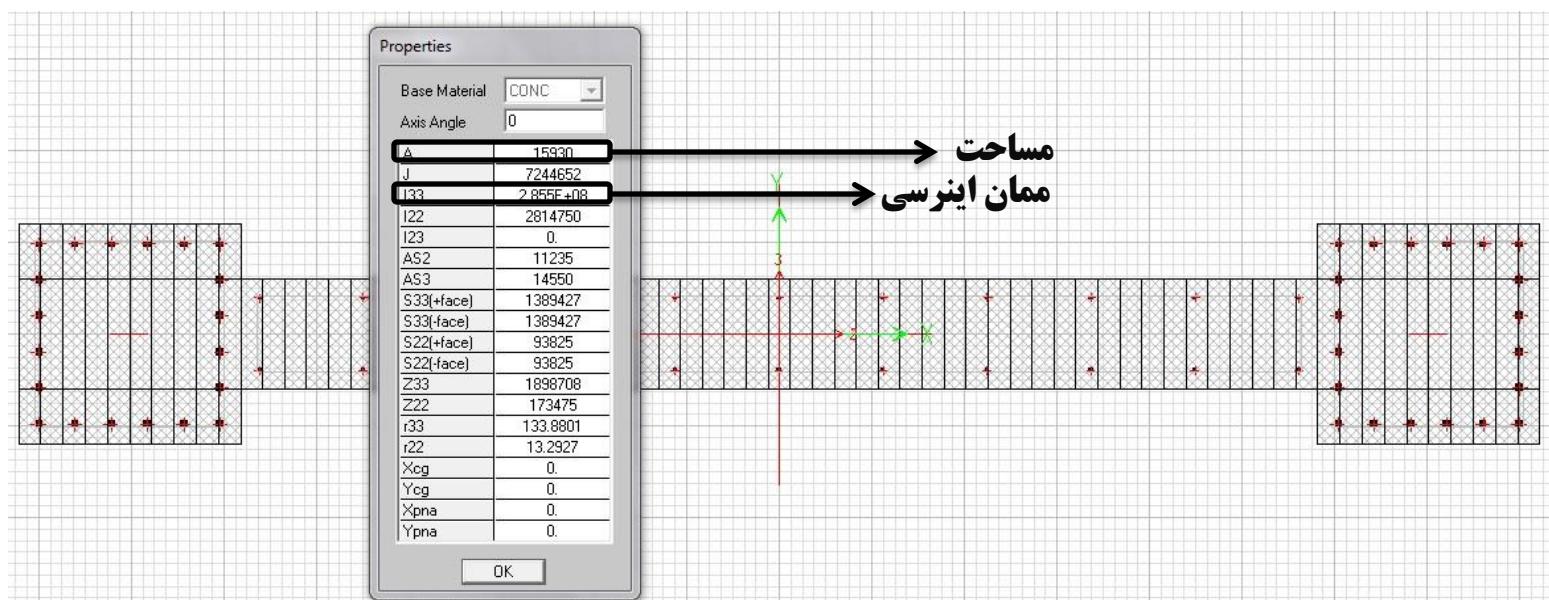
برای انتخاب ترکیب بارهای طراحی دیوارها به قسمت Design > Shear Wall Design > Select Design Combo مراجعت نموده و در قسمت List Of Combos ترکیب بارهای مورد نظر را انتخاب کرده و با زدن بر روی دکمه Add ترکیب بارهای مورد نظر به سمت راست (برای طراحی) منتقل می‌شوند. (همان ترکیب بارهایی که برای طراحی سازه بتنی به نرم افزار معرفی نموده‌ایم).

۱-۲-۳-۴-۲۰-۹ در کناره‌ها و اطراف بازشوها در دیوارهای سازه‌ای و دیافراگم‌ها که در آنها تنش فشاری بتن

در دورترین تا فشاری مقطع تحت اثر بارهای نهایی، به انضمام اثر زلزله، از  $0.2 f_c$  بیشتر باشد باید اجزای لبه مطابق ضوابط بندهای ۲-۳-۴-۲۰-۹ تا ۴-۳-۴-۲۰-۹ پیش‌بینی می‌شود. مگر آنکه در تمام طول دیوار یا دیافراگم میلگردگذاری عرضی ویژه پیش‌بینی شده باشد. اجزای مرزی را می‌توان در قسمت‌هایی که تنش فشاری بتن در آنها از  $0.15 f_c$  کمتر باشد قطع کرد. تنش فشاری بتن با فرض توزیع خطی تنش در مقطع دیوار و بر اساس مشخصات مقطع ترک نخورده محاسبه می‌شود.

مطابق با بند آیین نامه در محل‌هایی که تنش فشاری از مقدار  $0.2 f_c$  بیشتر شود باید از اجزا لبه‌ای استفاده نمود و در آن ناحیه از میلگردهای عرضی ویژه استفاده نمود. مراحل کار به صورت زیر می‌باشد:

- ✓ محاسبه مساحت و ممان اینرسی مقاطع. برای این کار دستور Design>SWD >Define Pier Sections for Checking را اجرا نموده و مقطع دیوار مورد نظر را انتخاب نموده و گزینه Modify>Show Pier Section را انتخاب می‌نماییم و در جعبه ظاهر شده گزینه Section Designer را اجرا Display > Show Section Properties کلیک می‌کنیم و سپس دستور Section Designer را اجرا نموده و مساحت و ممان اینرسی مقطع نشان داده می‌شوند:



- ✓ می‌توان از ترکیب بار (1.05DL+1.275LL+1.4025E) در صورت استفاده از آیین‌نامه ACI 318-99 برای محاسبه تنش فشاری حداکثر استفاده نمود. دستور Display>Show Tables را اجرا کرده و به قسمت ANALYSIS RESULTS رفته و تیک گزینه Select Load Cases/Combos را زده و در قسمت Wall Output تنش فشاری را ایجاد می‌کند (همان ترکیب بار بالا) را انتخاب می‌کنیم و OK می‌نماییم:

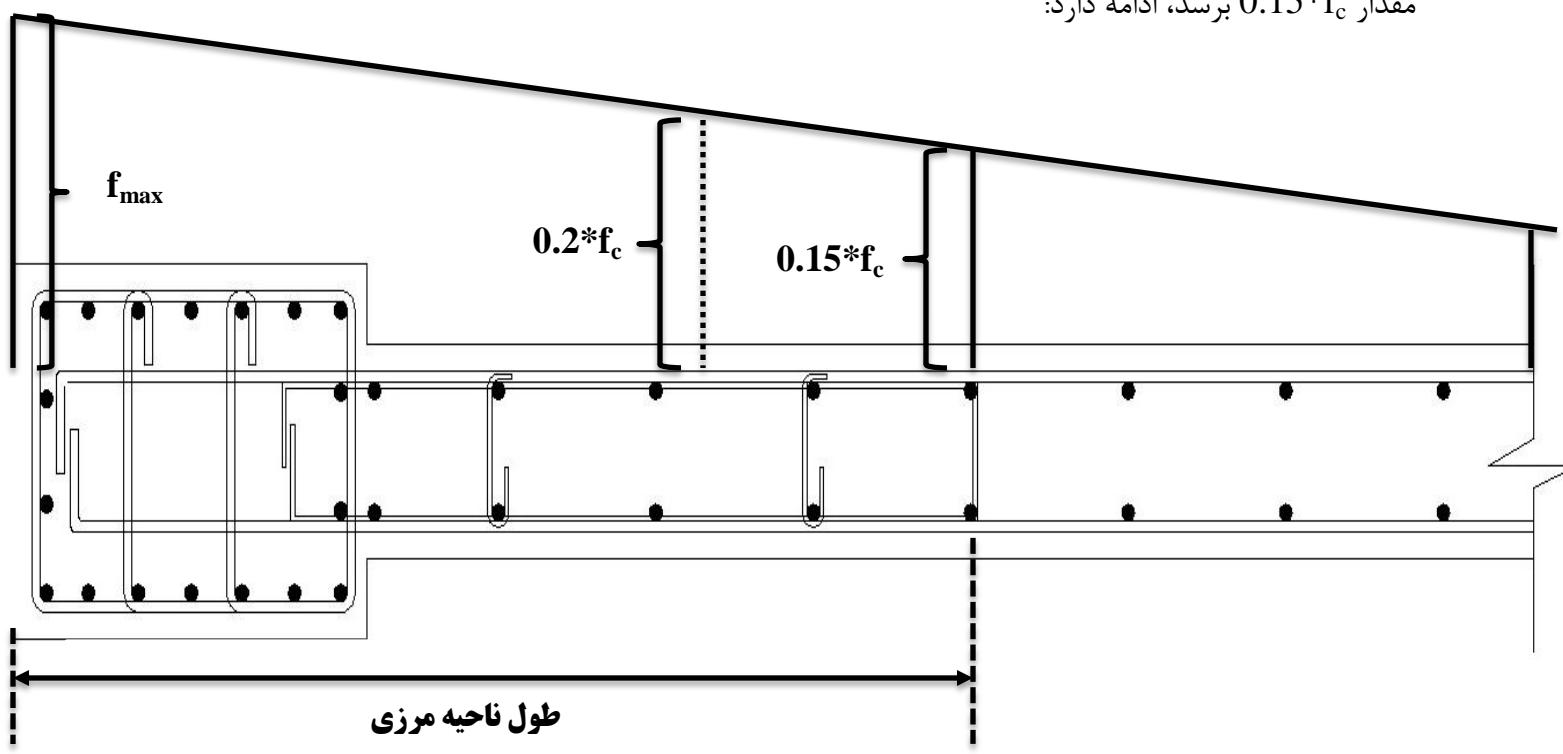
## Pier Forces

|   | Story  | Pier | Load   | Loc    | P          | V2        | V3       | T          | M2          | M3           |
|---|--------|------|--------|--------|------------|-----------|----------|------------|-------------|--------------|
| ► | ROOF   | P2   | DCONS5 | Top    | -18907.18  | 25228.93  | -2581.29 | 215106.654 | 440750.837  | -1563491.325 |
|   | ROOF   | P2   | DCONS5 | Bottom | -34404.18  | 25228.93  | -2581.29 | 215106.654 | -333637.425 | 6011662.985  |
|   | STORY4 | P2   | DCONS5 | Top    | -61982.35  | 66795.67  | -1635.02 | 140944.897 | 275773.557  | 4284597.923  |
|   | STORY4 | P2   | DCONS5 | Bottom | -77479.35  | 66795.67  | -1635.02 | 140944.897 | -214731.550 | 24340101.593 |
|   | STORY3 | P2   | DCONS5 | Top    | -106160.13 | 90564.12  | -2572.07 | 240068.438 | 438015.023  | 22279073.617 |
|   | STORY3 | P2   | DCONS5 | Bottom | -123453.30 | 90564.12  | -2572.07 | 240068.438 | -333605.428 | 49472588.89  |
|   | STORY2 | P2   | DCONS5 | Top    | -151767.53 | 115133.48 | -1712.95 | 141638.161 | 286330.543  | 47752781.92  |
|   | STORY2 | P2   | DCONS5 | Bottom | -169060.71 | 115133.48 | -1712.95 | 141638.161 | -227554.662 | 82317863.46  |
|   | STORY1 | P2   | DCONS5 | Top    | -199105.06 | 115089.62 | -1843.51 | 150229.956 | 353439.063  | 80670932.48  |
|   | STORY1 | P2   | DCONS5 | Bottom | -217294.32 | 115089.62 | -1843.51 | 150229.956 | -162744.583 | 112909775.26 |

نصف طول دیوار برشی در طبقه اول

$$f_{max} = \frac{P}{A} + \frac{M \cdot C}{I} = \frac{217294.32}{15930} + \frac{112909775.26 \cdot 205.5}{2.86E+08} = 94.77 \text{ kg/cm}^2$$

✓ مقایسه کردن تنش فشاری حداکثر با مقدار مجاز آیین نامه. اگر مقدار آن از مقدار  $0.2*f_c$  کمتر باشد یعنی نیازی به اجزا لبه‌ای ندارد ولی اگر مقدار آن بیشتر از  $0.2*f_c$  باشد، نیاز به اجزا لبه‌ای داشته و طول جزء لبه‌ای تا قسمتی که تنش به مقدار  $0.15*f_c$  برسد، ادامه دارد:



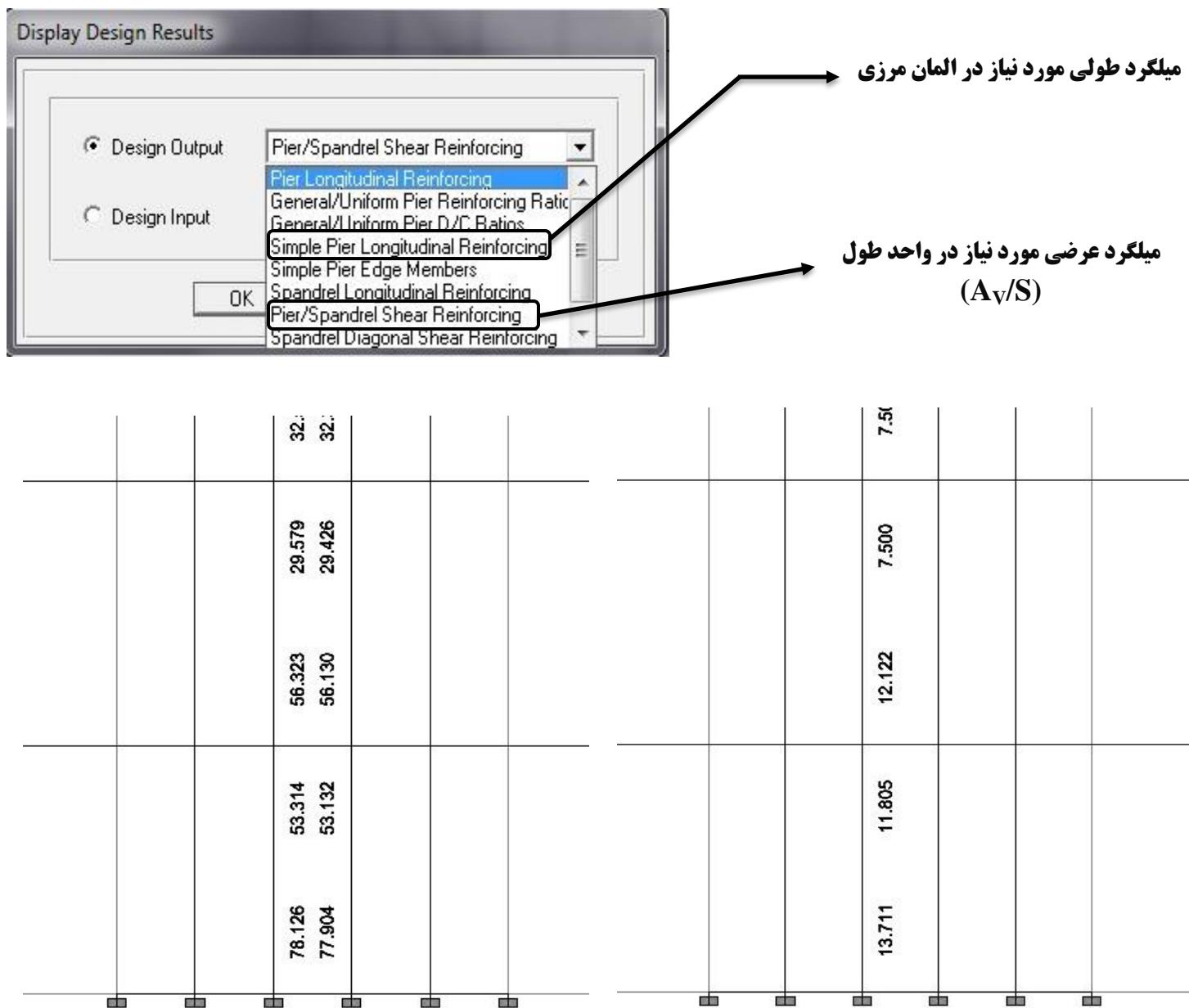
## 12- شروع به طراحی دیوارهای برشی:

برای طراحی و کنترل دیوارهای برشی از منوی Shear Wall Design بر روی گزینه Design رفته و دستور طراحی یعنی گزینه Start Design/Check of Structure را اجرا می‌کنیم.

بعد از چند ثانیه عمل طراحی دیوارها به پایان می‌رسد. برای مشاهده نتایج باید به منوی Design>SWD>Display Design Info برویم:

**Design>SWD>Display Design Info**

الف) نتایج روش طراحی ساده (Simplified T and C)



میکرده طولی مورد نیاز در المان مرزی

میکرده عرضی مورد نیاز در واحد طول

( $A_v/S$ )

## مثال: طراحی مقطع دیوار در طبقه اول؟

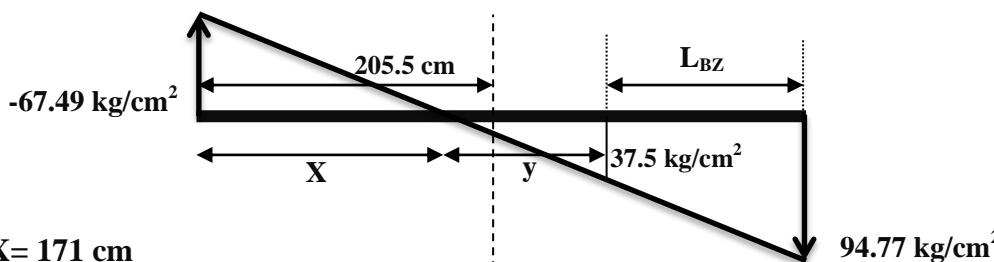
حداکثر مساحت میلگرد مورد نیاز در المان مرزی حدود  $79 \text{ cm}^2$  است که معادل  $21\varnothing 22$  است. قرار دادن  $\varnothing 22$  در مقطع، تقریباً جوابگوی میلگرد مورد نیاز است. میلگرد برشی  $13.71 \text{ cm}^2/\text{m}$  معادل  $\varnothing 12@15 \text{ cm}$  است. همچنین میلگرد  $\varnothing 12@30 \text{ cm}$  تامین کننده حداقل 0.0025 نسبت میلگرد در دیوارها است و این میلگرد در جان مقطع دیوار قرار می‌گیرد.

**محاسبه طول المان لبه‌ای:** مساحت و ممان اینرسی مقطع دیوار در طبقه اول به ترتیب برابر  $A=15930 \text{ cm}^2$  و  $I=2.86E+08 \text{ cm}^4$  می‌باشد و دستور **Display>>Show Tables** را اجرا کرده و به قسمت ANALYSIS RESULTS رفته و با انتخاب ترکیب بارهایی که بیشترین تنش فشاری را روی مقطع مورد نظر ایجاد می‌کنند، مقدار حداکثر نیروی فشاری و لنگر خمشی در طبقه اول را بدست می‌آوریم ( $P=217294.32 \text{ kg}$ ,  $M=112909775.26 \text{ kg.cm}$ ). سپس تنش فشاری حداکثر را محاسبه نموده و با مقدار آین نامه‌ای  $0.2*f_c$  بررسی می‌کنیم:

$$f_{\max} = \frac{P}{A} + \frac{M*C}{I} = \frac{217294.32}{15930} + \frac{112909775.26*205.5}{2.86E+08} = 94.77 \text{ kg/cm}^2 < 0.2*f_c = 0.2*250 = 50 \text{ kg/cm}^2 \text{ N.G}$$

$$f_{\min} = \frac{P}{A} - \frac{M*C}{I} = \frac{217294.32}{15930} - \frac{112909775.26*205.5}{2.86E+08} = -67.49 \text{ kg/cm}^2$$

چون مقدار تنش فشاری حداکثر از مقدار  $0.2*f_c$  بیشتر است بنابراین می‌بایست از المان مرزی استفاده نمود. طول المان مرزی از بر خارجی ستون تا مقطعی که تنش فشاری برابر  $0.15*f_c=0.15*250=37.5 \text{ kg/cm}^2$  شود، می‌باشد.



$$\frac{67.49}{94.77} = \frac{x}{(411-x)} \Rightarrow x = 171 \text{ cm}$$

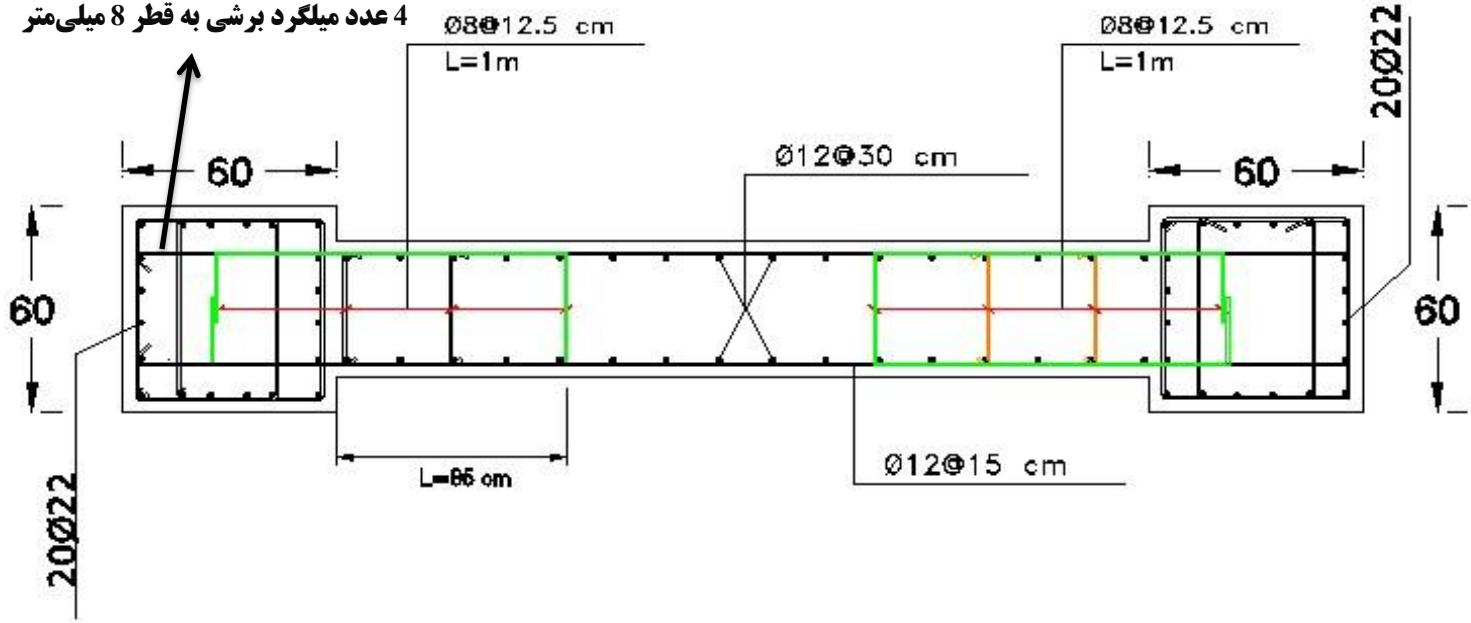
$$\frac{y}{x} = \frac{37.5}{67.49} \Rightarrow y = 95 \text{ cm}$$

$$L_{BZ} = 411 - (x+y) = 411 - (171+95) = 145 \text{ cm}$$

$$\text{بعد ستون} - L_{BZ} = \text{طول ناحیه لبه‌ای برای خاموت‌گذاری ویژه از بر داخلی ستون} = 145 - 60 = 85 \text{ cm}$$

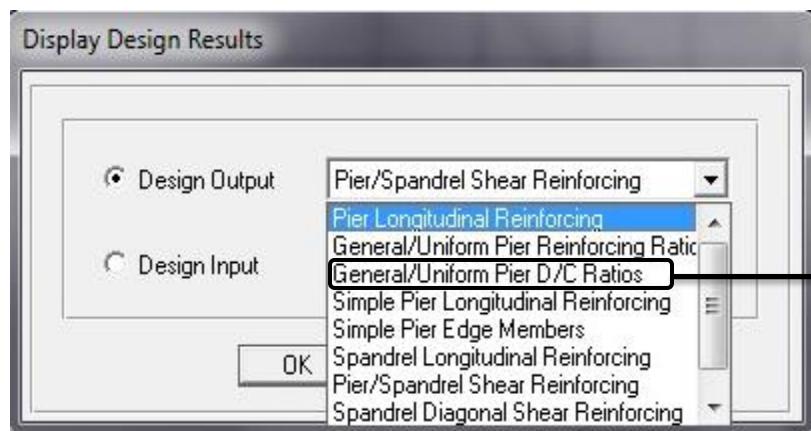
طبق آین نامه در ناحیه ویژه قطر خاموت‌ها حداقل 8 سانتی متر و فاصله خاموت‌ها از هم برابر کوچکترین مقدار { یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون  $(1/4 * 60=15 \text{ cm})$  ، هشت برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی  $(8*2.2=17.6 \text{ cm})$  ، 12.5 سانتی متر } می‌باشد. در عضوهایی که قسمتی از ارتفاع آنها با یک دیوار بتنی گرفته شده است، در تمام قسمت آزاد عضو باید آرماتور‌گذاری ویژه اجرا شود. میلگرد برشی  $13.71 \text{ cm}^2/\text{m}$  می‌باشد بنابراین از خاموت‌های  $\varnothing 8@12.5 \text{ cm}$  در تمام طول ستون و در طول ناحیه لبه‌ای (85 cm) استفاده می‌کنیم:

4 عدد میلگرد برشی به قطر 8 میلی متر



Design>SWD>Display Design Info

ب) نتایج روش طراحی عمومی (General Reinforcing)



مثال: با توجه به نمونه طراحی به روش ساده مشاهده می شود که در هر یک از ستون ها به 21Ø22 میلگرد نیاز است. اما چون ما در این مثال از تعداد 20Ø22 میلگرد در المان مرزی استفاده نمودیم (قطع ساخته شده در SD)، نسبت تنش در این دیوار کمی از 1 بیشتر گشت که اگر میلگردهای قسمت میانی دیوار را از Ø12@15 cm به Ø12@30 cm تغییر دهیم این نسبت کمتر از 1 می شود.

محاسبه طول المان لبه ای: مساحت و ممان اینرسی مقطع دیوار در طبقه اول به ترتیب برابر  $A=15930 \text{ cm}^2$  و  $I=2.86E+08 \text{ cm}^4$  می باشد و دستور ANALYSIS RESULTS>Display>Show Tables را اجرا کرده و به قسمت خمی در طبقه اول را بدست می آوریم ( $P=217294.32 \text{ kg}$ ,  $M= 112909775.26 \text{ kg.cm}$ ). سپس تنش فشاری حداکثر را محاسبه نموده و با مقدار آیین نامه ای  $0.2*f_c$  بررسی می کنیم:

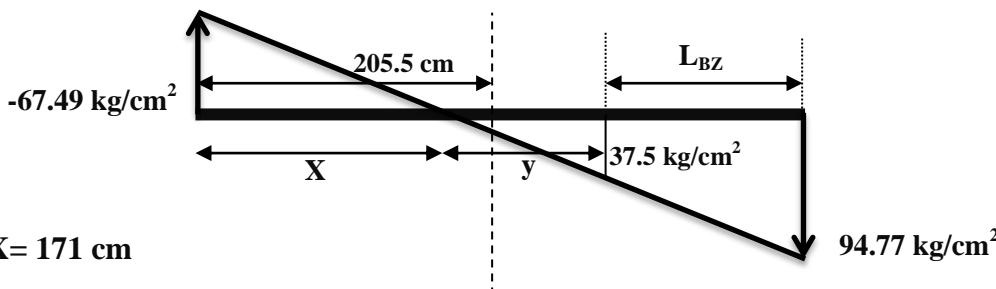


Mcivil.jr

$$f_{\max} = \frac{P}{A} + \frac{M \cdot C}{I} = \frac{217294.32}{15930} + \frac{112909775.26 \cdot 205.5}{2.86E+08} = 94.77 \text{ kg/cm}^2 < 0.2 \cdot f_c = 0.2 \cdot 250 = 50 \text{ kg/cm}^2 \text{ N.G}$$

$$f_{\min} = \frac{P}{A} - \frac{M \cdot C}{I} = \frac{217294.32}{15930} - \frac{112909775.26 \cdot 205.5}{2.86E+08} = -67.49 \text{ kg/cm}^2$$

چون مقدار تنش فشاری حد اکثر از مقدار  $0.2 \cdot f_c$  بیشتر است بنابراین می بایست از المان مرزی استفاده نمود. طول المان مرزی از بر خارجی ستون تا مقطعی که تنش فشاری برابر باشد، می باشد.



$$\frac{67.49}{94.77} = \frac{X}{(411-X)} \Rightarrow X = 171 \text{ cm}$$

$$\frac{y}{x} = \frac{37.5}{67.49} \Rightarrow y = 95 \text{ cm}$$

$$L_{BZ} = 411 - (x+y) = 411 - (171+95) = 145 \text{ cm}$$

$$\text{بعد ستون} - L_{BZ} = \text{طول ناحیه لبه‌ای برای خاموت‌گذاری ویژه از بر داخلی ستون} = 145 - 60 = 85 \text{ cm}$$

طبق آیین نامه در ناحیه ویژه قطر خاموت‌ها حداقل 8 سانتی متر و فاصله خاموت‌ها از هم برابر کوچکترین مقدار { یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون  $(1/4 * 60 = 15 \text{ cm})$  ، هشت برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی  $(8 * 2.2 = 17.6 \text{ cm})$  ، 12.5 (8\*2.2=17.6 cm)، 12.5 سانتی متر } می باشد. در عضوهایی که قسمتی از ارتفاع آنها با یک دیوار بتی گرفته شده است، در تمام قسمت آزاد عضو باید آرماتور‌گذاری ویژه اجرا شود. میلگرد برشی  $13.71 \text{ cm}^2/\text{m}$  می باشد بنابراین از خاموت‌های  $\text{Ø}8 @ 12.5 \text{ cm}$  در تمام طول ستون و در طول ناحیه لبه‌ای (85 cm) استفاده می کنیم:

