

فهرست مطالب

۱.....	مشخصات بتن
۲.....	مشخصات فولاد
۳.....	فرآیند طراحی
۶.....	روش طرح مقاومت
۸.....	طراحی خمشی تیرها
۱۶.....	ضوابط آرماتورهای خمشی تیرها
۱۹.....	طراحی برشی تیرها
۲۰.....	مقاومت برشی آرماتور
۲۲.....	فاصله بین آرماتورهای برشی
۲۳.....	طراحی برشی اعضای بتنی مرکب
۲۴.....	برش اصطکاکی
۲۵.....	طراحی پیچشی تیرها
۲۸.....	ضوابط قلاب استاندارد آرماتورهای عرضی
۲۹.....	ضوابط لرزه‌ای آرماتورهای عرضی تیرها
۳۱.....	طراحی اتصال اتکایی
۳۲.....	مهار و وصله آرماتورهای طولی
۳۹.....	الزامات بهره‌برداری تیرها
۴۱.....	ضوابط قطع آرماتورها در تیرها
۴۲.....	طراحی ستون‌ها
۴۵.....	محدودیت آرماتور طولی در ستون‌ها

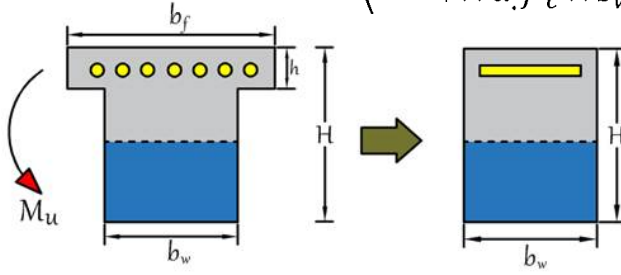
۴۵.....	ضوابط خم آرماتور طولی ستون
۴۶.....	ضوابط لرزه‌ای ستون‌ها
۴۷.....	طراحی برشی ستون‌ها
۴۸.....	ضوابط لرزه‌ای آرماتورهای عرض ستون‌ها شکل پذیری متوسط
۵۰.....	ضوابط لرزه‌ای آرماتورهای عرض ستون‌ها شکل پذیری متوسط
۵۲.....	ضوابط لاغری در ستون‌ها.....
۵۵.....	طراحی دال‌ها
۵۵.....	طراحی دال‌های یکطرفه
۵۶.....	کنترل خیز در دال یکطرفه
۵۷.....	کنترل ترک در دال‌ها
۵۷.....	طراحی دال‌های دوطرفه
۶۵.....	انتقال لنگر خمشی ضریب دار در اتصال دال به ستون
۶۸.....	مقاومت برشی دال دوطرفه
۷۰.....	طراحی دیوارها
۷۴.....	محاسبه نیروی محوری و لنگر خمشی مقاوم دیوار
۷۳.....	روش جایگزین برای تحلیل خارج صفحه دیوارهای لاغر
۷۵.....	ضوابط مدلسازی
۷۶.....	طراحی دیوارها برای برش داخل صفحه
۷۷.....	طراحی دیوارها برای برش خارج صفحه
۷۷.....	ضوابط عمومی آرماتور گذاری دیوارها.....
۷۸.....	ضوابط عمومی حداقل درصد آرماتور در دیوارها
۷۹.....	ضوابط عمومی حداکثر فاصله آرماتورها در دیوارها

طراحی دیوارها در قاب‌های با شکل‌پذیری زیاد	۸۱
طراحی برشی دیوارهای با شکل‌پذیری زیاد.....	۸۱
جزئیات آرماتورگذاری در دیوارهای با شکل‌پذیری زیاد	۸۲
اجزا مرزی در دیوارها	۸۴
ضوابط آرماتور رزی در المان مرزی	۸۵
چه زمانی نیاز به جز مرزی نداریم؟.....	۸۹
تیرهای همبند	۹۰
دیوار پایه‌ها	۹۳
شالوده‌ها	۹۴
ضوابط کلی شالوده‌های سطحی	۹۶
ضوابط شالوده‌های سطحی منفرد دو طرفه	۹۷
ضوابط کلاف‌های رابط شالوده‌های سطحی در شکل‌پذیری کم	۹۸
ضوابط کلاف‌های رابط شالوده‌های سطحی در شکل‌پذیری متوسط و زیاد	۹۸
طراحی سازه‌ای شمع‌ها	۱۰۰
ضوابط شمع‌های درجاریز	۱۰۲
ضوابط شمع‌های پیش ساخته	۱۰۶
ناحیه اتصال تیر و دال به ستون	۱۱۰
نیروی برشی ناحیه اتصال Vu	۱۱۲
مقاومت برشی ناحیه اتصال در شکل‌پذیری کم	۱۱۲
انتقال نیروی محوری ستون از طریق سیستم کف	۱۱۴
مقاومت برشی ناحیه اتصال تیر به ستون با شکل‌پذیری زیاد	۱۱۴
ضوابط تکمیلی اتصال تیر به ستون	۱۱۶

طراحی تیرهای T شکل

۱ تیر T شکل تحت لنگر خمشی منفی

$$f_y \times A_s = \alpha \cdot f'_c \times \beta c \times b_w$$

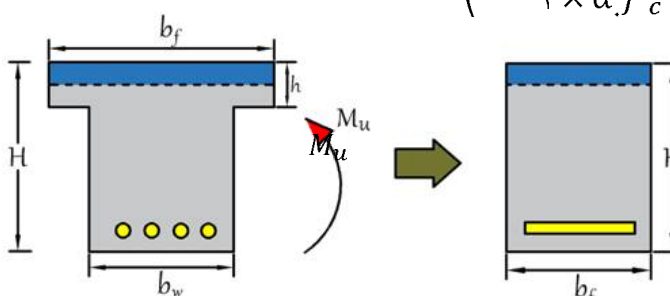
$$\phi M_n = \phi f_y \times A_s \left(d - \frac{f_y \times A_s}{\gamma \times \alpha \cdot f'_c \times b_w} \right)$$


۲ تیر T شکل تحت لنگر خمشی مثبت

۲-الف

عمق تار فشاری
مقطع کوچکتر از
ضخامت بال تیر باشد

$$f_y \times A_s = \alpha \cdot f'_c \times \beta c \times b_f$$

$$\phi M_n = \phi f_y \times A_s \left(d - \frac{f_y \times A_s}{\gamma \times \alpha \cdot f'_c \times b_f} \right)$$


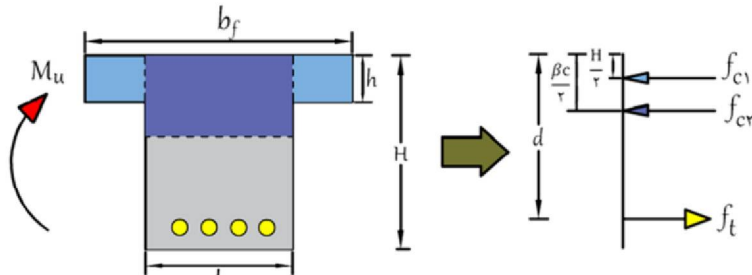
۲-ب

عمق تار فشاری مقطع بزرگتر از ضخامت بال تیر باشد

$$\phi M_n = \phi \left(\alpha \cdot f'_c \times (b_f - b_w) \times h \times \left(d - \frac{h}{\gamma} \right) + \alpha \cdot f'_c \times \beta c \times b_w \times \left(d - \frac{\beta c}{\gamma} \right) \right)$$

$$f_{c1} = \alpha \cdot f'_c \times (b_f - b_w)$$

$$f_{c2} = \alpha \cdot f'_c \times \beta c$$

$$f_t = A_s f_y$$


۲-ب

عمق تار فشاری مقطع بزرگتر از ضخامت بال تیر باشد

محدودیت مساحت آرماتورها در تیرها

$$A_{smax} = \frac{\alpha \cdot f'_c \times \beta_1 \times \frac{0.300}{\epsilon_y + 0.00001} d_t \times b}{f_y}$$

$$\rho_{max} = \frac{\alpha \cdot f'_c \times \beta_1 \times \frac{0.300}{\epsilon_y + 0.00001} d_t}{f_y d}$$

شکل پذیری کم و متوسط

حداکثر آرماتور
کششی مقطع

$$\rho_{max} \leq 0.25 \Leftarrow F_v \leq 42.0 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{max} \leq 0.25 \Leftarrow F_y = 52.0 \text{ Mpa}$$

شکل پذیری زیاد

$$A_{smin} = \min \left\{ \max \left\{ 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d, \frac{1}{4} \frac{b_w d}{f_y} \right\}, \frac{1}{33} A_{s-محاسبات} \right\}$$

شکل پذیری کم و متوسط

حداقل آرماتور
کششی مقطع

$$\rho_{min} = \min \left\{ \max \left\{ \frac{1}{4} \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y}, \frac{1}{33} \rho_{محاسباتی} \right\} \right\}$$

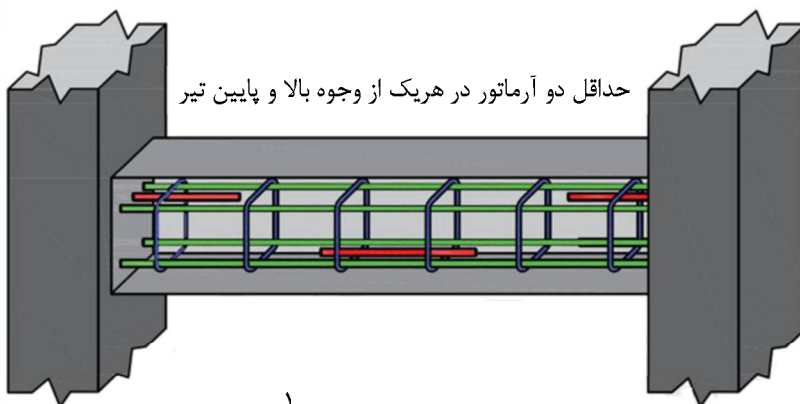
$$\rho_{min} = \max \left\{ \frac{1}{4} \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y}, \frac{1}{33} \rho_{محاسباتی} \right\} \leftarrow \text{شکل پذیری زیاد}$$

ضوابط شکل پذیری در طراحی خمشی

شکل پذیری کم

۱

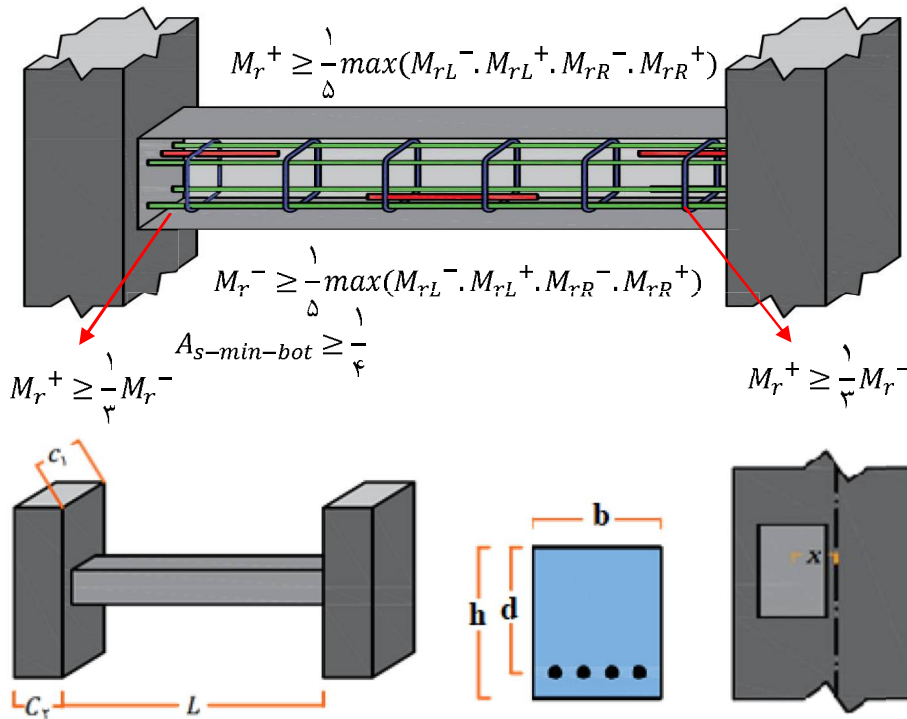
حداقل دو آرماتور در هریک از وجوه بالا و پایین تیر



$$A_{smin-bot} \geq \frac{1}{4} \text{ مساحت آرماتور تحتانی در وسط مقطع}$$

۲

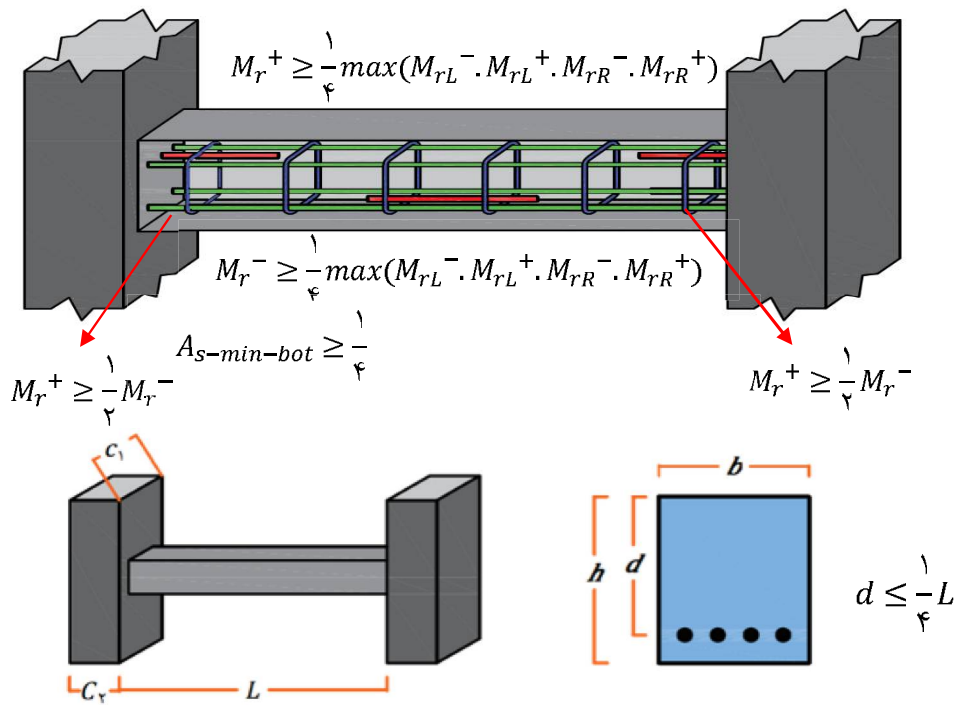
شکل پذیری متوسط



$$b \geq \max \left\{ \frac{1}{f} h, 25 \cdot mm \right\} \quad d \leq \frac{1}{f} L \quad b \leq \min \left\{ \left(c_1 + \frac{3}{4} h + \frac{3}{4} h \right) \cdot \left(c_1 + \frac{1}{4} c_v + \frac{1}{4} c_v \right) \right\}$$

۳

شکل پذیری زیاد



$$b \geq \max \left\{ \frac{3}{4} h \& 25 \cdot mm \right\} \quad b \leq c_1 + \min \left\{ c_1 \& \cdot / \sqrt{5} c_v \right\}$$

مقاومت برشی آرماتور (V_s)

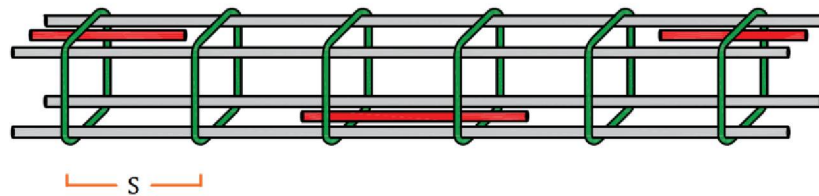
A_v : مساحت دو ساق خاموت $(2 \times \frac{\pi d^2}{4})$

f_{yt} : تنش تسلیم خاموت

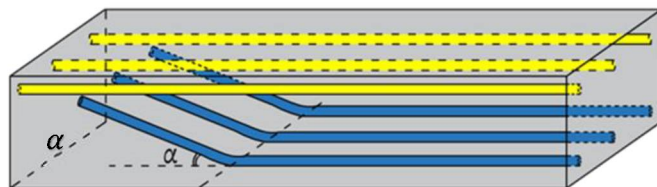
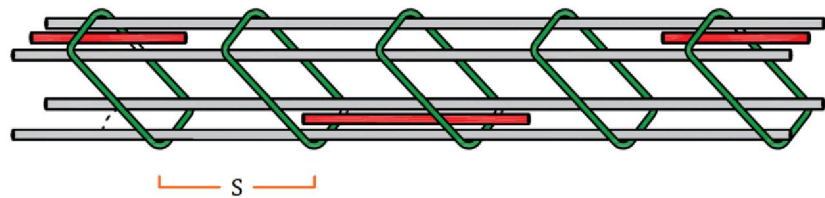
d : عمق موثر تیر

s : فاصله بین خاموتها

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad \leftarrow \text{حالت اول}$$

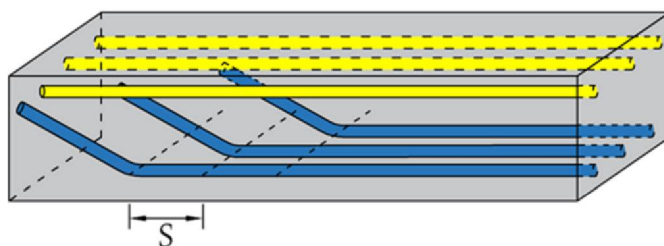


$$V_s = \frac{A_v f_{yt} (\sin \alpha + \cos \alpha) d}{s} \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad \leftarrow \text{حالت دوم}$$



$$V_s = \min \left\{ \begin{array}{l} A_v f_y \sin \alpha \\ \sqrt{f'_c} b_w d \end{array} \right\} \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad \leftarrow \text{حالت سوم}$$

$$V_s = \frac{A_v f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) d}{s} \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad \leftarrow \text{حالت چهارم}$$



$$V_u \leq \phi \frac{V_c}{\gamma} \Leftarrow \text{نیاز به طراحی برشی نیست}$$

$$\phi \frac{V_c}{\gamma} < V_u \leq \phi V_c \Leftarrow \text{باید } A_{r_{min}} \text{ در عضو قرار داده شود}$$

$$V_s \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c \Leftarrow V_u > \phi V_c$$

$$V_{n_{max}} = \left(V_c + 0.166 \sqrt{f'_c} b_w d \right)$$

$$\frac{A_{v_{min}}}{s} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.166 \sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}} \\ 0.175 \frac{b_w}{f_{yt}} \end{array} \right.$$

نکات طراحی
برشی تیرها

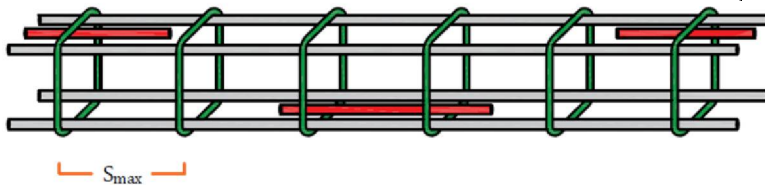
در موارد زیر اگر $V_u \leq \phi V_c$ باشد نیاز به قرار دادن حداقل آرماتور برشی ($A_{v_{min}}$) در عضو نیست

شرایط	نوع تیر
$h \leq 250 \text{ mm}$	کم عمق
$h \leq \max \{ 2/5 t_f, 5/0 b_w \}$ و $h \leq 600 \text{ mm}$	یکپارچه با دال
$h \leq 600 \text{ mm}$ و $V_u \leq \lambda \phi 171.0 \sqrt{f'_c} b_w d$	ساخته شده با بتن معمولی مسلح به الیاف فولادی و $f'_c \leq 40 \text{ MPa}$

فاصله بین آرماتورهای برشی

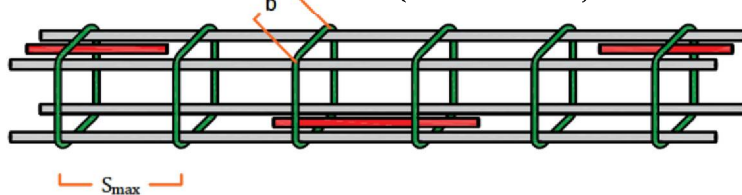
$$s \leq \min \left\{ \frac{d}{4} \text{ \& } 600 \text{ mm} \right\} \leftarrow V_s \leq 0.33 \sqrt{f'_c} b_w d$$

۱



$$s \leq \min \left\{ \frac{d}{4} \text{ \& } 300 \text{ mm} \right\} , b \leq \min \left\{ \frac{d}{4} \text{ \& } 300 \text{ mm} \right\} \leftarrow V_s > 0.33 \sqrt{f'_c} b_w d$$

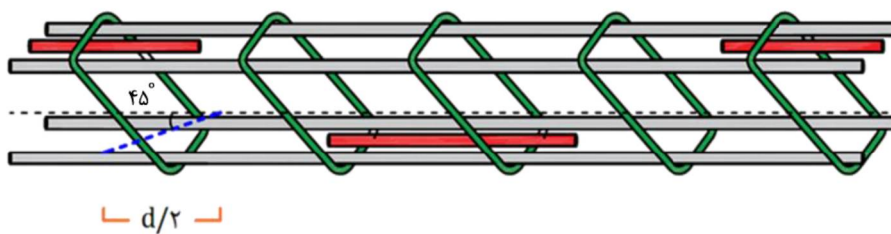
۲



d : ارتفاع موثر تیر

برش دو محوره

۳



$$\frac{V_{u,x}}{\phi V_{n,x}} \leq 0.5$$

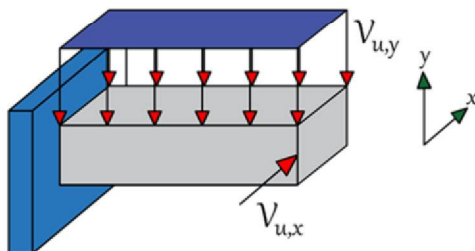
$$\frac{V_{u,y}}{\phi V_{n,y}} \leq 0.5$$

عضو در هر راستا بصورت مجزا طراحی برشی شود

اگر یک شرط برقرار

در صورت تایید نشدن دو رابطه بالا جهت در نظر گرفتن اثر متقابل برش رابطه زیر باید برقرار باشد.

$$\frac{V_{u,x}}{\phi V_{n,x}} + \frac{V_{u,y}}{\phi V_{n,y}} \leq 1.5$$



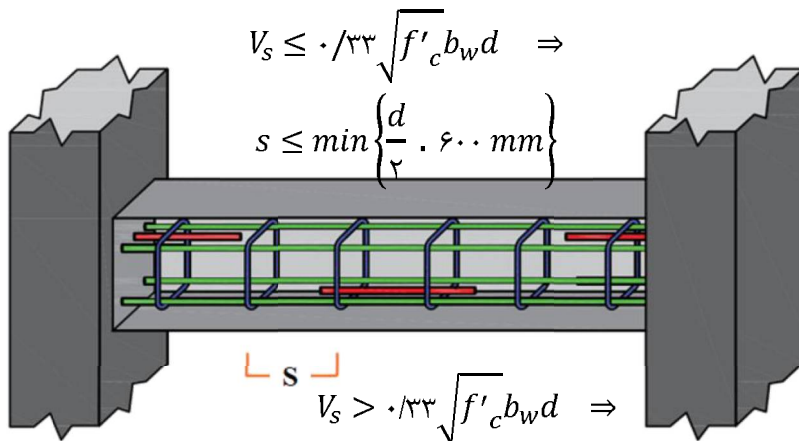
طراحی عضو برای برش ایجاد شده در حدفاصل d (ارتفاع موثر) از برتکیه‌گاه

عکس‌العمل تکیه‌گاهی در جهت برش اعمال شده در نواحی انتهایی عضو ایجاد فشار کند

بارها در سطح بالای عضو و یا نزدیک به آن اعمال شوند

هیچ بار متمرکزی در محدودی بر داخلی تکیه‌گاه تا فاصله d از بر تکیه‌گاه اعمال نشود

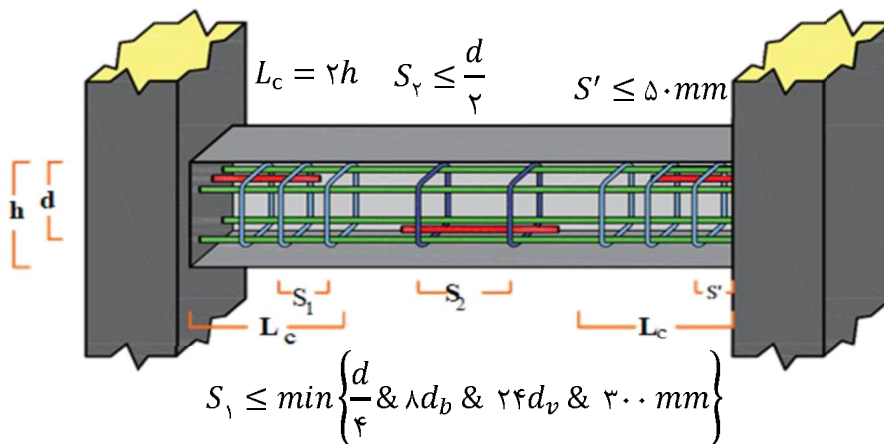
ضوابط طراحی لرزه‌ای آرماتورهای عرضی



شکل پذیری کم

$$s \leq \min \left\{ \frac{d}{4} \cdot 300 \text{ mm} \right\} \text{ و } b \leq \min \left\{ \frac{d}{4} \cdot 300 \text{ mm} \right\}$$

شکل پذیری متوسط

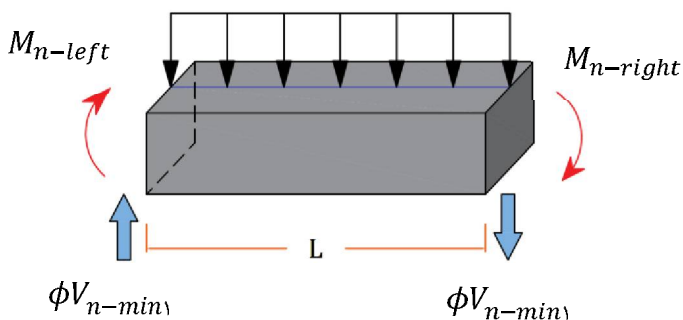


آرماتور عرضی

$$\phi V_{n-\min 1} = \frac{M_{n-\text{left}} + M_{n-\text{right}}}{L} + \frac{qL}{2}$$

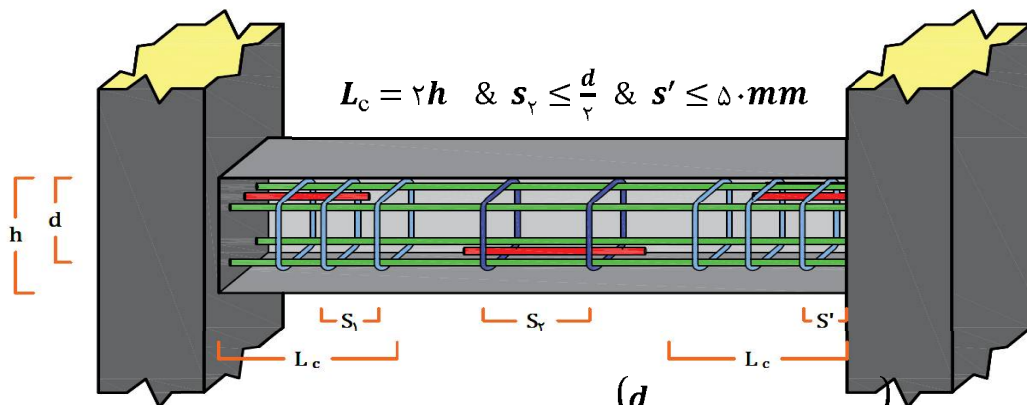
حداقل مقاومت برشی $\leftarrow \text{min}$

$$\phi V_{n-\min 2} = 1/2 V_D + 0.33 V_E + 0.33 V_L$$



شکل پذیری زیاد

آرماتور عرضی

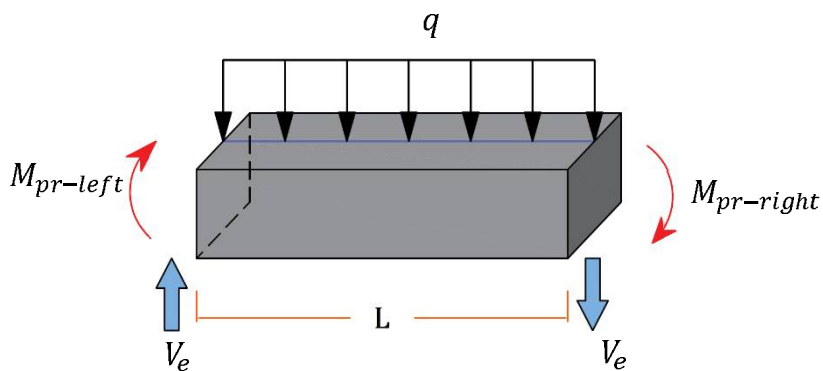


$$L_e = 2h \quad \& \quad s_r \leq \frac{d}{4} \quad \& \quad s' \leq 50 \text{ mm}$$

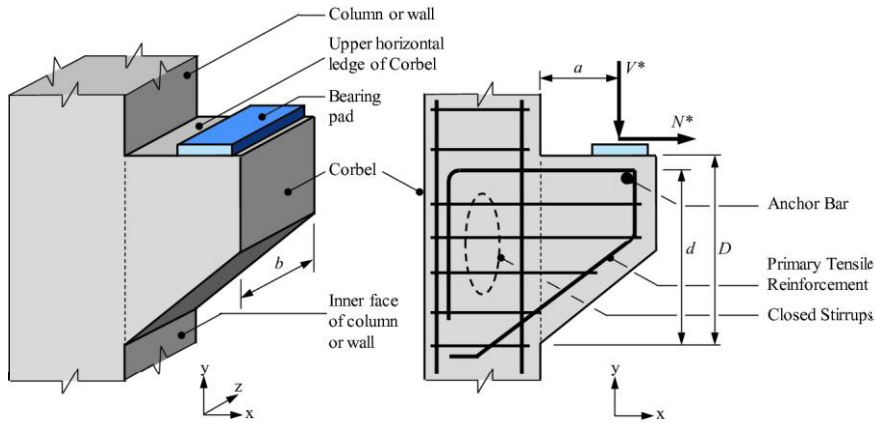
$$f_y \leq 420 \text{ MPa} \quad s_l \leq \min \left\{ \frac{d}{4} \quad \& \quad d_b \quad \& \quad 150 \text{ mm} \right\}$$

$$f_y = 520 \text{ MPa} \quad s_l \leq \min \left\{ \frac{d}{4} \quad \& \quad d_b \quad \& \quad 150 \text{ mm} \right\}$$

$$V_{u-\min} = \phi V_{n-\min} = \frac{M_{pr-left} + M_{pr-right}}{L} + \frac{qL}{2} \quad \leftarrow \text{حداقل مقاومت برشی}$$

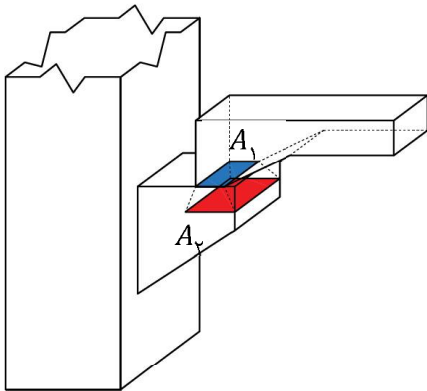


مقاومت اتکایی



$$\left. \begin{aligned} \phi B_n &\geq B_u \\ \text{بار اتکایی} &= B_u \\ \phi &= 0.65 \\ B_n &= \text{مقاومت اتکایی} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{طراحی به روش} \\ \text{طرح مقاومت} \end{array}$$

$$B_n = \min \left\{ \sqrt{\frac{A_v}{A_1}} \left(0.185 f'_c A_1 \right) \& \; 2 \left(0.185 f'_c A_1 \right) \right\} \leftarrow \begin{array}{l} \text{اگر سطح تکیه‌گاهی در تمام وجوه} \\ \text{عریض‌تر از سطح بارگذاری باشد} \end{array} \quad B_n$$



$$B_n = 0.185 f'_c A_1 \leftarrow \text{برای سایر موارد}$$

$$\left. \begin{array}{l} S: \text{فاصله مرکز تا مرکز آرماتورهای طولی} \\ C_c: \text{کمترین فاصله سطح میلگردهای کششی آجدار از وجه کشش} \end{array} \right\} s \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 38 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2/5 C_c \\ 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) \end{array} \right.$$

در تیرهای عمیق ($h \geq 900 \text{ mm}$) در فاصله $h/4$ از وجه کششی آرماتورهای گونه با فاصله کمتر از S قرار داده شود

$10 \text{ mm} \leq \text{قطر آرماتور گونه} \leq 16 \text{ mm}$

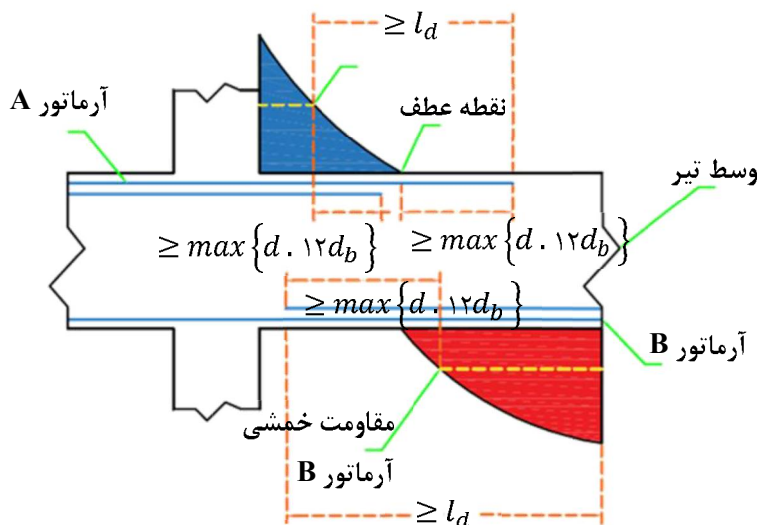
سطح مقطع شبکه جوش شده آرماتور گونه 210 mm

کنترل ترک

$$b = \text{ناحیه آرماتور کششی} = \min \left\{ \frac{l_n}{11}, \min \{ 2b_w, b_f \} \right\}$$

اگر $b = \frac{l_n}{11}$ ، شود ناحیه اضافی بال باید آرماتورهای طولی با فاصله حداکثر S قرار داده شود

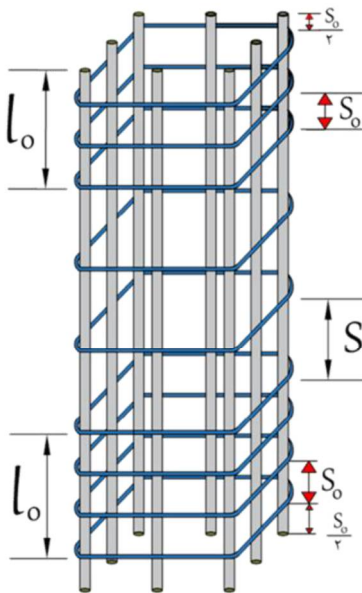
ضوابط آرماتورگذاری تیرها



حداقل یک سوم آرماتورهای خمشی منفی موجود در تکیه‌گاه در یک عضو خمشی پس از نقطه عطف به میزان $\max \left\{ d, 12d_b, \frac{l_n}{16} \right\}$ ادامه یابد

ضوابط لرزه‌ای آرماتورهای عرضی ستون‌ها

در شکل پذیری متوسط



$$l_u = \max \left\{ \frac{1}{6} l_u, c_y, 450 \text{ mm} \right\} \leftarrow \text{طول ناحیه بحرانی ستون}$$

$$S \leq \min \left\{ 14 d_b, \frac{c_y}{2}, 200 \text{ mm} \right\} \leftarrow \text{برای فولادهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و}$$

$$S \leq \min \left\{ 6 d_b, \frac{c_y}{2}, 150 \text{ mm} \right\} \leftarrow \text{برای فولادهای با مقاومت تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال و}$$

در نواحی بحرانی و غیر بحرانی ستون باید ضوابط زیر رعایت شوند:

$$V_s \leq 0.33 \sqrt{f'_c} b_w d \Rightarrow s \leq \min \left\{ \frac{d}{2}, 600 \text{ mm} \right\}$$

$$V_s > 0.33 \sqrt{f'_c} b_w d \Rightarrow s \leq \min \left\{ \frac{d}{4}, 300 \text{ mm} \right\}$$

فاصله آزاد دورگیرها همواره باید از ۱.۳۳ برابر حداکثر قطر اسمی سنگدانه بیشتر باشد.

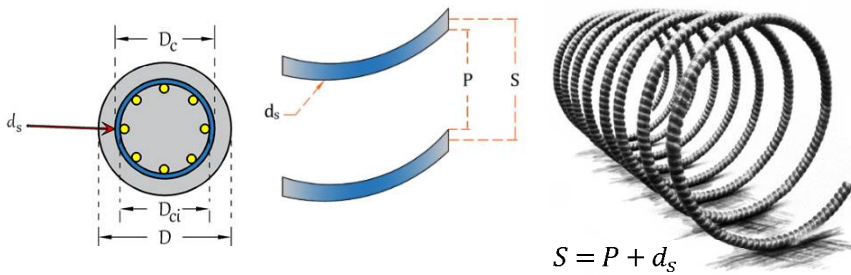
C_1 : کوچکترین بعد مقطع ستون

C_y : بزرگترین بعد مقطع ستون یا قطر مقطع دایره‌ای شکل آن

l_u : طول دهانه آزاد ستون

در محل اتصال ستون با شکل‌پذیری متوسط به شالوده، آرماتور طولی ستون که به داخل شالوده ادامه داده شده است،

باید در طول حداقل ۳۰۰ میلی‌متر با استفاده از آرماتور عرضی با فواصل حداکثر S محصور گردد.



شکل پذیری متوسط ← دور پیچ

$$A_g = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ch} = \frac{\pi D_c^2}{4}$$

حجم حداقل دورپیچ

$$\rho_s = \frac{\pi d_s^2}{D_c S} \geq 0.45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

 d_s : قطر دورپیچ

 D_c : قطر دایره شکل گرفته توسط پشت تا پشت خاموت‌ها دورپیچ

 S : گام دورپیچ

 P : فاصله خالص دورپیچ‌ها

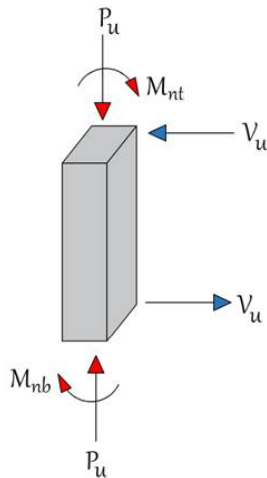
 f_{yt} : تنش جاری شدن دورپیچ‌ها (مقدار آن نباید از ۷۰۰ مگاپاسکال بیش‌تر در نظر گرفته شود).

قطر دورپیچ‌ها در ستون‌های با شکل‌پذیری متوسط باید همواره بیشتر از ۱۰ میلی‌متر باشد و با پیچاندن یک و نیم دور اضافی دورپیچ در هر انتها مهار دورپیچ تامین شود

فاصله آزاد دورپیچ‌ها ← $75 \text{ mm} \leq P \leq \{ 25 \text{ mm} \text{ مقدار } 1/33 \text{ برابر اندازه بزرگترین سنگدانه} \}$

الزامات امتداد دورپیچ‌ها در بالای ستون

الزامات امتداد دورپیچ	وضعیت انتهای ستون
امتداد تا تراز پایین‌ترین آرماتور افقی، در اعضایی که دارای تکیه‌گاه فوقانی هستند.	در صورت اتصال تیر یا دستک به کلیه وجوه ستون
امتداد تا تراز پایین‌ترین آرماتورهای افقی در اعضایی که دارای تکیه‌گاه فوقانی هستند. آرماتور عرضی اضافی پس از محل قطع فوقانی دورپیچ‌ها تا قسمت پایین دال، پهنه، و کلاhek برشی امتداد می‌یابد.	در صورت عدم اتصال تیر یا دستک به کلیه وجوه ستون
امتداد تا تراز که قطر یا عرض سر ستون دو برابر قطر یا عرض ستون باشد	ستون با سر ستون



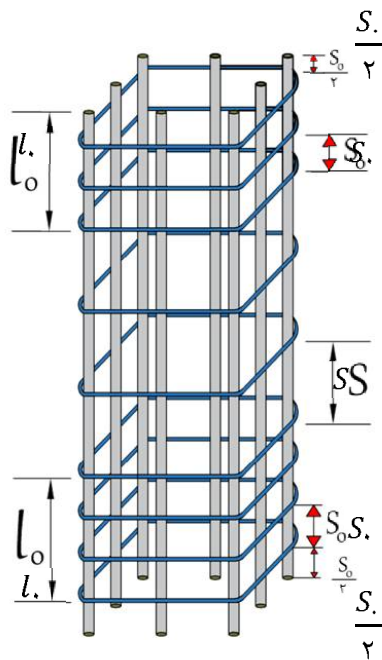
$$V_u = \min \left\{ \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u}, \frac{1}{2}V_D + \Omega \cdot V_E + \frac{1}{4}V_L + \frac{1}{2}V_S \right\}$$

← حداقل برش
طراحی ستون

شکل پذیری زیاد ← دورگیرها

$$l \geq \max \left\{ \frac{1}{6}l_u \text{ \& } c_p \text{ \& } 450 \text{ mm} \right\}$$

← طول ناحیه بحرانی
ستون دارای دورگیر
و دورپیچ



$$S \leq \min \left\{ \epsilon d_b \text{ \& } \frac{c_1}{4} \text{ \& } S' \right\}$$

← برای فولادهای با مقاومت
تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و

$$S \leq \min \left\{ \epsilon d_b \text{ \& } \frac{c_1}{4} \text{ \& } S' \right\}$$

← برای فولادهای با مقاومت
تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال و

$$100 \text{ mm} \leq S' = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \leq 150 \text{ mm}$$

برای آرماتورهای طولی با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و

$$S = \min \{ \epsilon d_b \text{ \& } 150 \text{ mm} \}$$

برای فولادهای با مقاومت تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال و بیشتر

$$S = \min \{ \epsilon d_b \text{ \& } 150 \text{ mm} \}$$

فاصله مرکز به مرکز
دورگیرها در ناحیه
غیر بحرانی ستون

فاصله آزاد دورگیرها همواره باید از ۱/۳۳ برابر حداکثر قطر اسمی سنگدانه بیشتر باشد

c_1 : کوچکترین بعد مقطع ستون

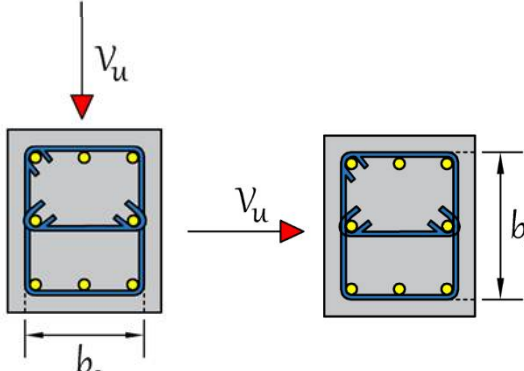
c_p : بزرگترین بعد مقطع ستون یا قطر مقطع دایره‌ای شکل

آن

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} \geq \max \begin{cases} \cdot/3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ \cdot/0.9 \frac{f'_c}{f_{yt}} \end{cases} : f'_c \leq 70 \text{ Mpa یا } P_u \leq \cdot/3 A_g f'_c \quad \leftarrow \text{حداقل دورگیرها}$$

A_{sh} : سطح مقطع کل آرماتور عرضی، شامل سنجاقی‌ها، در فاصله‌ی S از یکدیگر و عمود بر ضلع b_c از مقطع عضو.

b_c : بعد هسته مرکزی مقطع ستون که رد محاسبه‌ی مساحت A_{sh} به کار می‌رود، این عرض تا بر خارجی آرماتور عرضی اندازه‌گیری می‌شود.



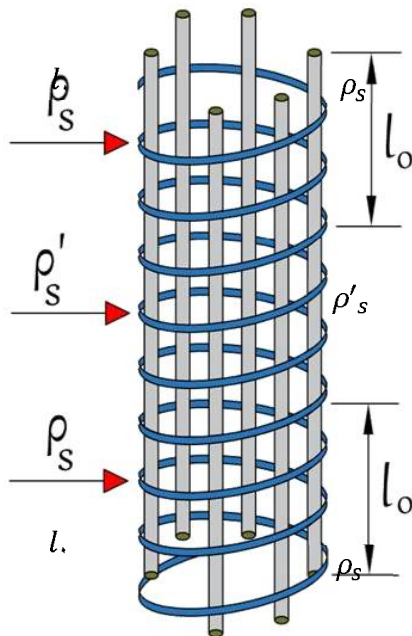
$$\frac{A_{sh}}{sb_c} \geq \max \begin{cases} \cdot/3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ \cdot/0.9 \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ \cdot/2 k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \end{cases} : f'_c > 70 \text{ Mpa یا } P_u > \cdot/3 A_g f'_c$$

$$A_{sh} = 2 \frac{\pi d^2}{4} \quad A_{sh} = 3 \frac{\pi d^2}{4}$$

n_i : تعداد آرماتورها یا گروه آرماتورهای واقع در محیط هسته‌ی ستون با دورگیرهای با خطوط مستقیم است، که از نظر عرضی به قلاب‌های لرزه-

ای و یا گوشه‌ی دورگیرها متکی هستند

$$k_n = \frac{n_i}{n_i - 2} \quad k_f = \frac{f'_c}{175} + 0.16 \geq 0.1$$



در صورتی که $f'_c \leq 70 \text{ MPa}$ یا $P_u \leq \cdot/3 A_g f'_c$

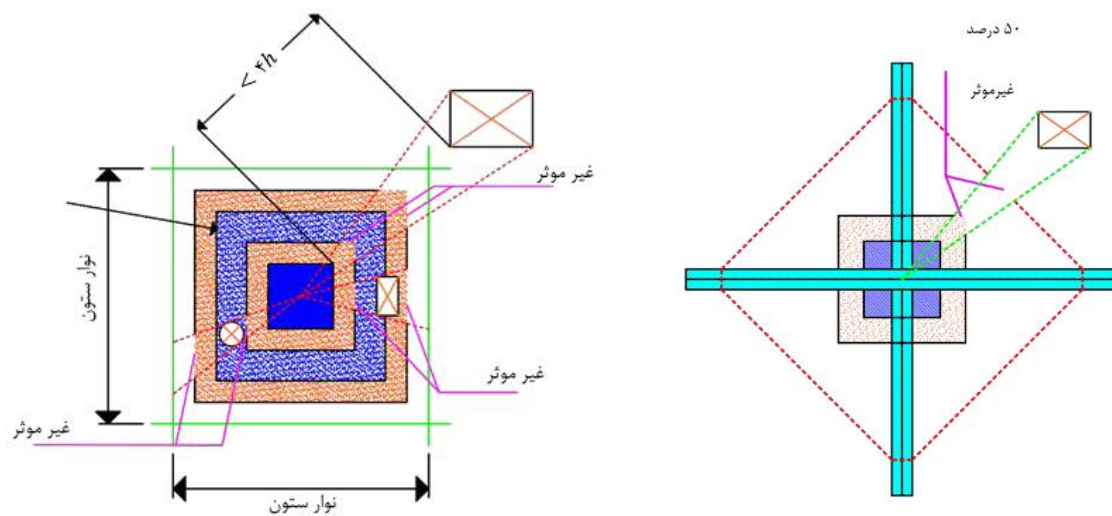
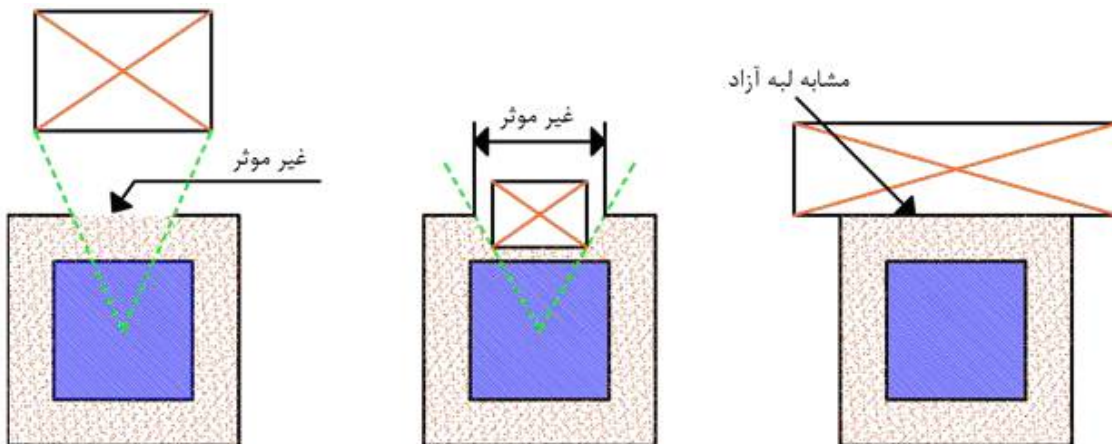
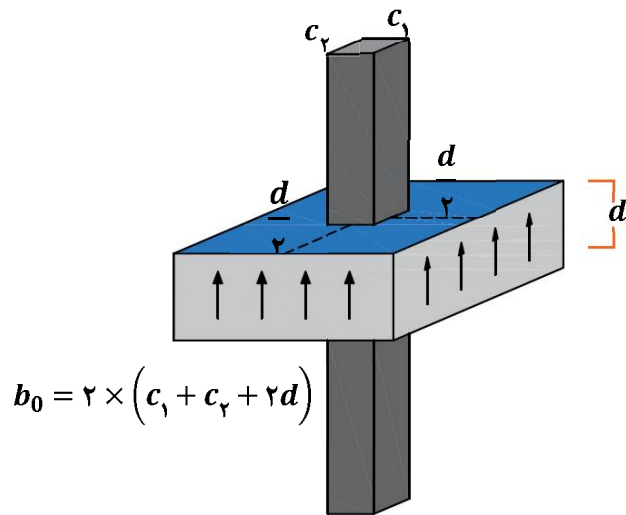
$$\rho_s = \frac{\pi d_s^2}{D_c S} \geq \max \begin{cases} \cdot/45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ \cdot/12 \frac{f'_c}{f_{yt}} \end{cases}$$

حداقل دورپیچ در صورتی که $f'_c > 70 \text{ MPa}$ یا $P_u > \cdot/3 A_g f'_c$

$$\rho_s = \frac{A_{sh}}{sb_c} \geq \max \begin{cases} \cdot/45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ \cdot/12 \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ \cdot/35 k_f \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \end{cases}$$

برش دوطرفه

مقطع بحرانی طراحی برشی



مقاومت برشی دال‌ها

$$v_c = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.33 \\ 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \times \lambda_s \lambda \sqrt{f'_c} \\ 0.183 \left(2 + \frac{a_s d}{b} \right) \end{array} \right. \quad \leftarrow V_c = v_c b d$$

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{2}{1 + 0.04 d}} \leq 1.0$$

$$v_c \leq 0.17 \lambda_s \lambda \sqrt{f'_c}$$

مقاومت برشی دوطرفه

$$v_c = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.25 \\ 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \times \lambda_s \lambda \sqrt{f'_c} \\ 0.183 \left(2 + \frac{a_s d}{h} \right) \end{array} \right.$$

$$A_v / s \geq \frac{0.17 \sqrt{f'_c} b}{f_{yt}}$$

$$\sqrt{f'_c}$$

$$\lambda_s = 1$$

مقاومت برشی دوطرفه
در حالت استفاده گلمیخ

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

جهت اندازه‌گیری	شرح اندازه‌گیری	شرط لازم	حداکثر فاصله
عمود بر وجه ستون	فاصله وجه ستون تا اولین خط محیطی گل‌میخ‌ها	همه موارد	$\frac{d}{2}$
	فاصله ثابت بین خطوط محیطی گل‌میخ‌های برشی	اگر $v_u \leq \phi \cdot \sqrt{f'_c}$	$\frac{3d}{4}$
		اگر: $v_u \geq \phi \cdot \sqrt{f'_c}$	$\frac{d}{2}$
موازی با وجه ستون	فاصله بین گل‌میخ‌های مجاور بر روی نزدیک‌ترین محیط به وجه ستون	همه موارد	۲

ارتفاع گل‌میخ $\leq \left\{ \text{نصف قطر میلگرد کششی} + \text{پوشش روی ریل پایه گل‌میخ} + \text{پوشش بتن میلگرد فوقانی خمشی} \right\} - \text{ضخامت دال}$

در صورت استفاده از خاموت $v_u \leq \phi \cdot \sqrt{f'_c}$

در صورت استفاده از گل‌میخ برشی سردار $v_u \leq \phi \cdot \sqrt{f'_c}$

$$\phi = 0.75$$

اگر $d \geq 150$ و $d \geq 16d_b$ $\leftarrow$ خاموت برشی می‌توان استفاده کرد

$$v_s = \frac{A_v f_{yt}}{b \cdot s}$$

$$V_s = \frac{A_v f_{yt}}{s} d$$

طراحی دیوارها

پهنای سطح اثر بار به اضافه دوبرابر ضخامت دیوار
در هر طرف سطح اثر



$$\min \geq L_e$$

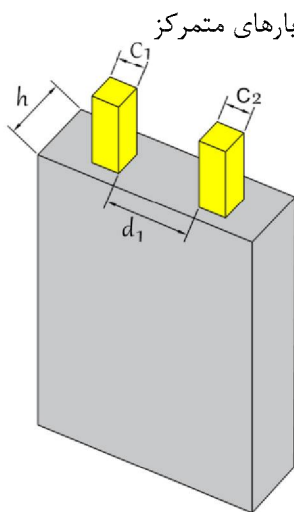
طول ناحیه موثر دیوار
تحت اثر بار متمرکز

محدودیت

هندسی دیوارها

$$L_e = \min (C_1 + 4h, d_1) \quad \leftarrow \text{برای ستون شماره (۱)}$$

$$L_e = \min (C_2 + 4h, d_1) \quad \leftarrow \text{برای ستون شماره (۲)}$$



نکته: ضخامت دیوارها نباید کمتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود مگر تحلیل سازه
بیانگر مقاومت و پایداری کافی دیوار تحت اثر بارهای وارده باشد.

h_{min} حداقل ضخامت دیوار

h_w : ارتفاع مهارنشده دیوار

L_w : طول مهارنشده دیوار

h_{min}

max



min

$$\frac{1}{3} L_w$$

$$\frac{1}{3} h_w$$



...

روش ساده شده

$$\phi = 0.65$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

طراحی محوری

دیوارها با شکل پذیری

کم (دیوار باربر)

دیوار با مقطع



دیوار تحت اثر
بارمحوری و لنگر خارج
از صفحه

$$e < \frac{1}{6} h$$



$$P_n = 0.55 f_c A_g \left[1 - \left(\frac{K L_c}{32 h} \right)^2 \right]$$

لزوم پیش بینی اجزای مرزی و ارتفاع لازم برای اجزاء مرزی (شکل پذیری زیاد)

(۱)

اگر این شرایط برقرار باشد

الف

در طراحی دیوار فقط از یک مقطع بحرانی برای خمش و بار محوری استفاده شده باشد.

ب

دیوار از روی شالوده تا بالا پیوسته باشد

ج

$$\frac{h_{wcs}}{L_w} \geq 2$$

چ

$$C \geq \frac{L_w}{900 \frac{\delta_u}{h_{wcs}}}, \quad \frac{\delta_u}{h_{wcs}} \geq 0.005$$

نواحی فشاری باید با اجزای مرزی تقویت شود

ارتفاع جزء مرزی $\rightarrow \max\left(\frac{M_u}{4V_u}\right)$

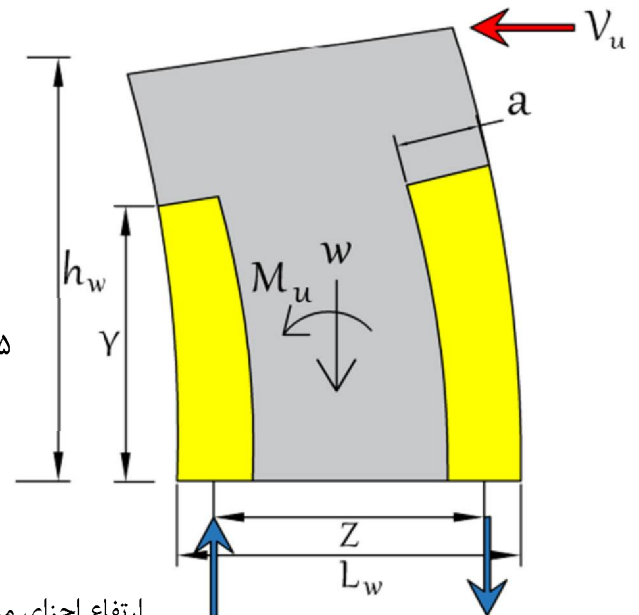
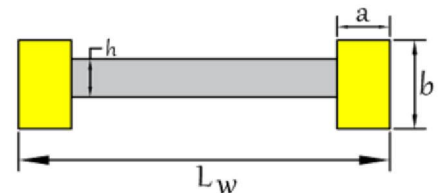
الزامات

$$b \geq 4\sqrt{cL_w}$$

یا

$$\frac{\delta_c}{h_{wcs}} \geq 1.5 \frac{\delta_u}{h_{wcs}}$$

$$\frac{\delta_c}{h_{wcs}} = \frac{1}{100} \left[4 - 1.5 \left(\frac{L_w}{b} \right) \left(\frac{c}{b} \right) - \frac{V_e}{0.66\sqrt{f_c}A_{cv}} \right] \geq 0.15$$



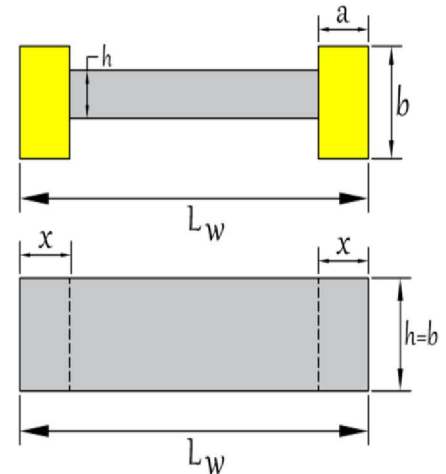
$(\sigma_u)_{max} \geq 0.2f_c$ $\rightarrow$ جز مرزی باید پیش بینی شود

ارتفاع اجزای مرزی از پایین دیوار تا ارتفاعی از دیوار که در آن تنش فشاری به $0.15f_c$ می‌رسد ادامه داده شود و ارتفاع از حل معادله زیر بدست می‌آید:

$$\frac{P_u}{A} + \frac{[M_u + V_u(h_w - y)] \times \frac{L_w}{y}}{I} = 0.15f_c$$

ارتفاع جزء مرزی

$$(\sigma_u)_{max} = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u \frac{L_w}{y}}{I}$$



$$x = \max\left(\frac{c}{\gamma}, c - 0.1L_w\right)$$

$$\frac{h_{wcs}}{L_w} \geq 2$$

$$\frac{c}{L_w} \geq \frac{3}{8}$$

الف

در صورت برقراری
همه موارد

دیوار از روی شالوده تا بالا پیوسته باشد
در طراحی دیوار فقط از یک مقطع بحرانی برای
خمش و بار محوری استفاده شده باشد

$$b \geq 300 \text{ mm}$$

طول لازم اجزای
مرزی (شکل
پذیری زیاد)

b

ب

سایر موارد

$$b \geq \frac{h_u}{16}$$

h_u : ارتفاع مهارنشده جانبی دیوار

b : عرض ناحیه فشاری

b_e : عرض موثر بال در فشار

ج

دیوار با مقطع L و T و U

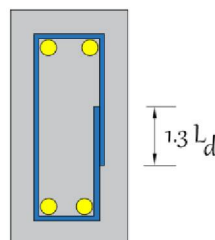
$$b \geq b_e$$

$$x \geq 300 \text{ mm}$$

ضوابط آرماتورهای عرضی در المان مرزی

الف

آرماتورهای عرضی در ناحیه بحرانی را می‌توان با دورپیچ‌های تکی و یا چند قطعه‌ای که با یکدیگر
همپوشانی دارند، دورگیرهای دایره‌ای و یا دورگیرهای با خطوط مستقیم تکی و یا چند قطعه‌ای که با
یکدیگر همپوشانی دارند یا بدون قلاب دوخت، ساخت.



ب

دورگیرهای با خطوط مستقیم و یا قلاب‌های دوخت باید در محل خم دربرگیرنده آرماتورهای طولی باشد

مشخصات آرماتور
های عرضی

ابعاد تیر

$$b_d \geq \frac{b_w}{2}$$

$$h_d \geq \frac{b_w}{5}$$

همانند ضوابط ستون های با شکل پذیری ویژه →

مقدار آرماتور عرضی ویژه → $A_{sh} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 0.3 S b_c \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c}{f_{yt}} \\ 0.09 S b_c \frac{f_c}{f_{yt}} \end{array} \right.$

نکته: برای محاسبه A_g در تیر قطری باید طبق ضوابط همین مبحث کاور بتن در نظر گرفته شود

$S_1 \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 100 + \frac{350 - h_x}{3} \\ 150 \text{ mm} \\ \epsilon d_{b \min} \end{array} \right.$

الف

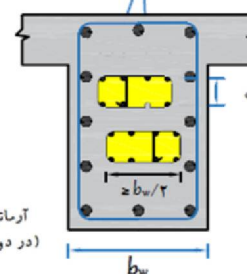
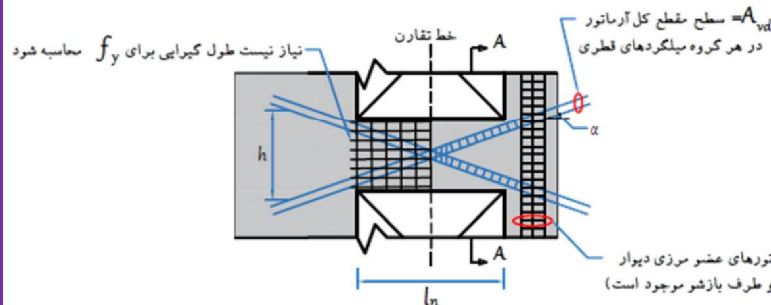
فاصله سنجاقی ها → $S_2 \leq 350 \text{ mm}$

آرماتورهای اضافی اطراف محیط $\left\{ \begin{array}{l} A_s \geq 0.002 b_w s \\ S_3 \leq 300 \text{ mm} \end{array} \right.$

فاصله آرماتورهای عرضی در جهت عمود بر محور آرماتورهای قطری از

۳۵۰mm

بیشتر نباشد.

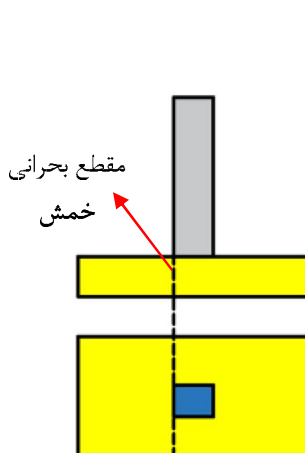


مقطع A-A

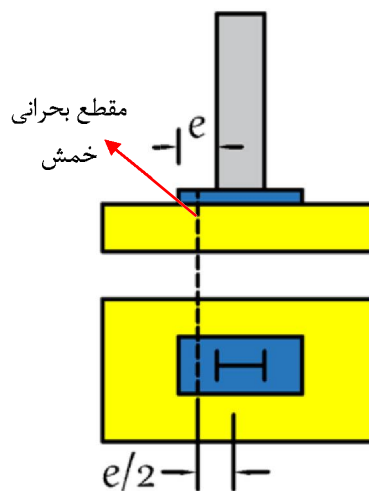
شالوده ها

مقطع بحرانی در خمش

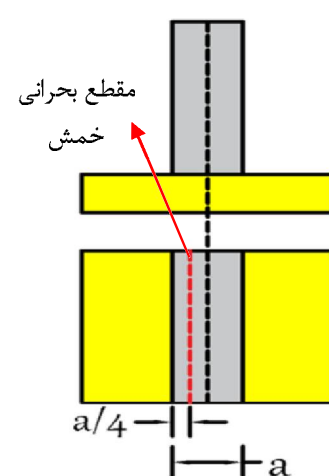
عضو متکی	محل مقطع بحرانی
ستون یا ستون پایه	بر ستون یا ستون پایه
ستون با کف ستون فولادی	وسط فاصله ی بر ستون و لبه کف ستون فولادی
دیوار بتنی	بر دیوار
دیوار مصالح بنایی	وسط فاصله مرکز و دیوار بنایی



شالوده زیر ستون، ستون پایه یا دیوار بتنی

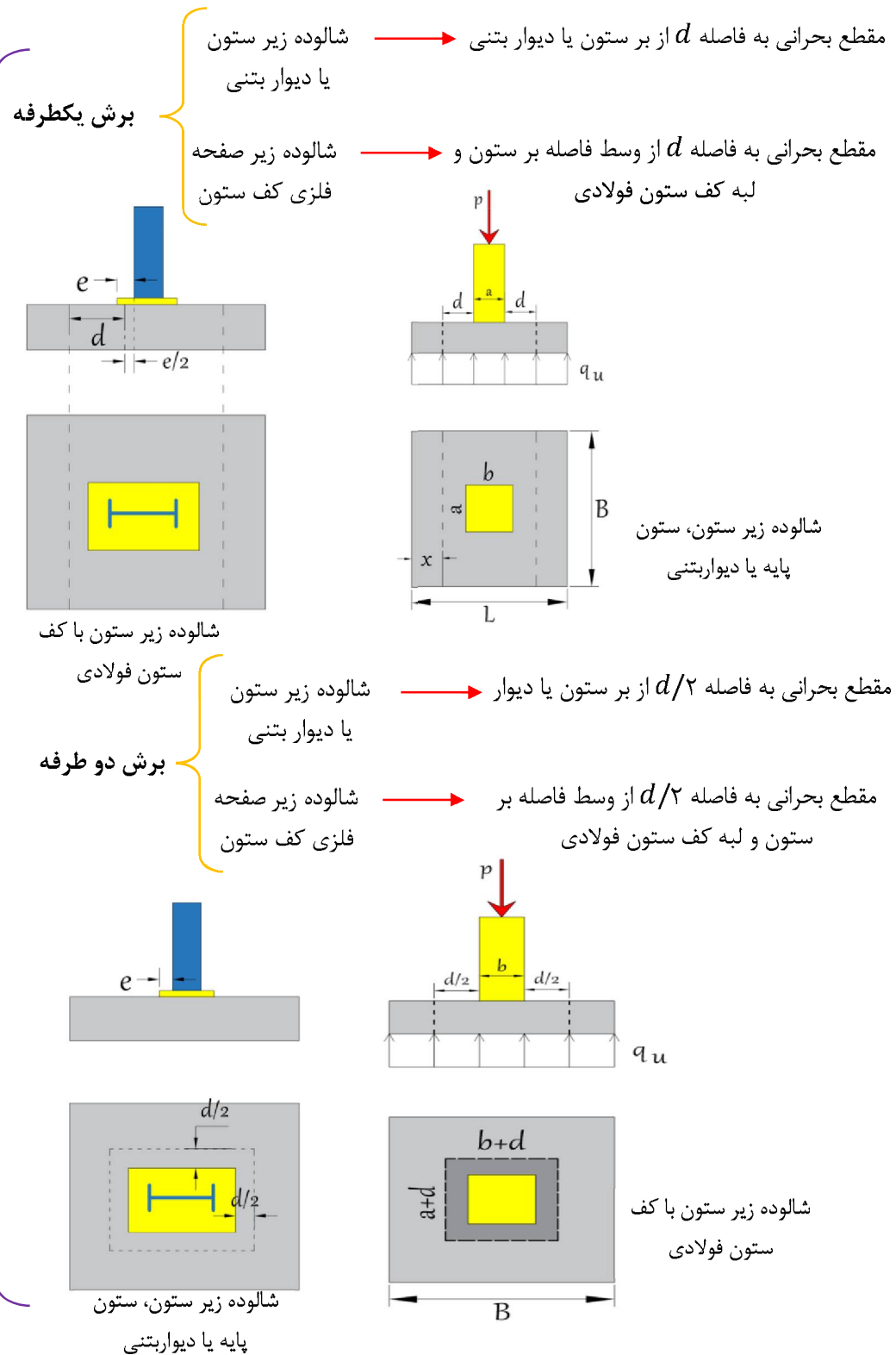


شالوده زیر ستون با کف ستون فولادی



شالوده زیر دیوار با مصالح بنایی

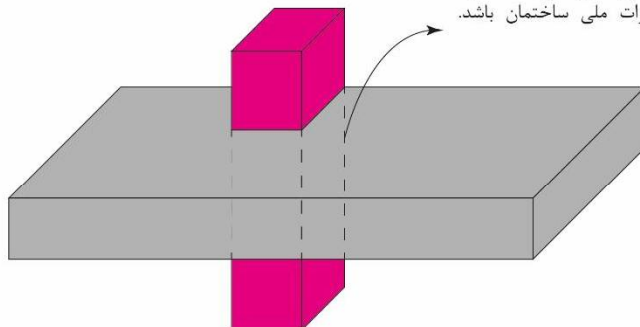
نکته: ستون ها یا ستون پایه های بتنی با مقطع دایره یا چند ضلعی منظم را می توان به عنوان اعضای با مقطع مربعی با مساحت معادل برای محاسبه محل های مقاطع بحرانی لنگر، بش و طول مهارتی میلگرد منظور نمود.



مقطع بحرانی در
برش

نکته: موقعیت مقطع بحرانی را برای برش ضریب دار در برش یکطرفه می‌توان به فاصله d از محل مقطع بحرانی M_u مطابق بندهای ۹-۴-۲ و ۹-۴-۳ و در برش دو طرفه به فاصله $d/۲$ از محل مقطع بحرانی M_u تعیین نمود.

بجز در مواردی که ناحیه اتصال از چهار طرف به دال متصل است، میلگردهای عرضی ستون شامل تنگ ها، دورپیچ ها یا دورگیرها باید در ناحیه اتصال شامل سرستون، کتیبه یا کلاهک برشی مطابق ضوابط استاندارد فصل ۲۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

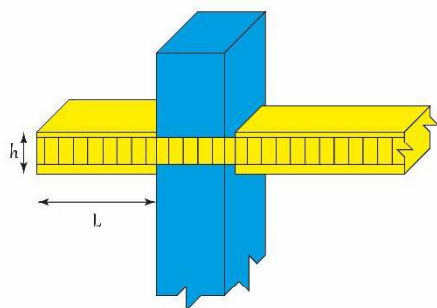


چه زمانی توسعه یک ستون شرایط پیوستگی در ناحیه اتصال را در جهت برش مورد بررسی تأمین می نماید؟

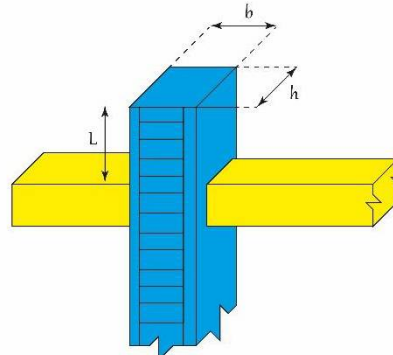
الف) ستون در بالای ناحیه اتصال حداقل به میزان عمق ستون در امتداد برش مورد بررسی ادامه داشته باشد.
ب) میلگردهای طولی و عرضی ستون در پایین ناحیه اتصال تا انتهای ستون در بالا ادامه یابد.

چه زمانی توسعه یک تیر شرایط پیوستگی در ناحیه اتصال را در جهت برش مورد بررسی تأمین می نماید؟

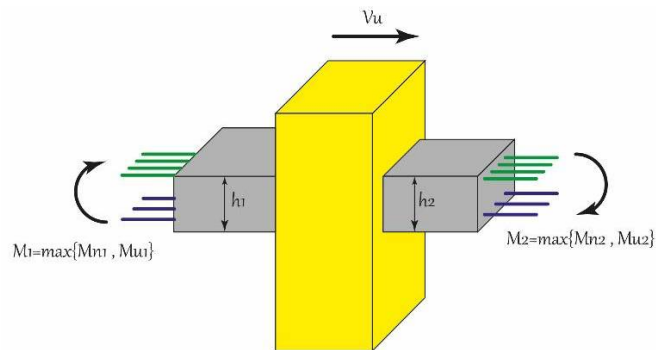
الف) تیر بعد از ناحیه اتصال حداقل حداقل به میزان عمق تیر ادامه داشته باشد.
ب) میلگردهای طولی و عرضی تیر در سمت مقابل ناحیه اتصال به ستون تا انتهای تیر ادامه یابند.



جهت برش مورد بررسی



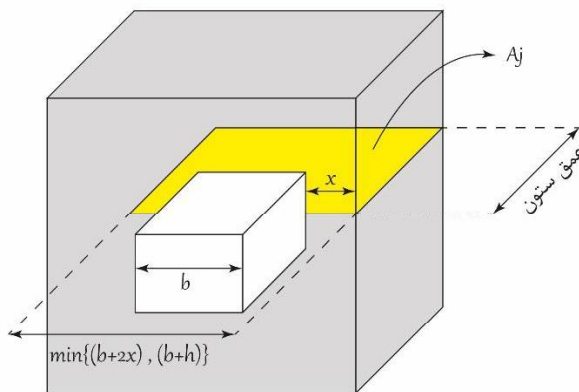
نیروی برشی ناحیه اتصال (V_u):



$$V_{\text{برش تقاضا در اتصال}} = \frac{M_1}{h_1} + \frac{M_2}{h_2} - V_u$$

مقاومت برشی ناحیه اتصال (ϕV_n):

$$\phi : 0.75$$



درحالتی که عرض تیر از عرض ستون کمتر باشد.