

فلوچارت طراحی سازه های بتن آرمه

(ویژه آزمون نظام مهندسی)

بر اساس ACI 318-19
و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۹۹

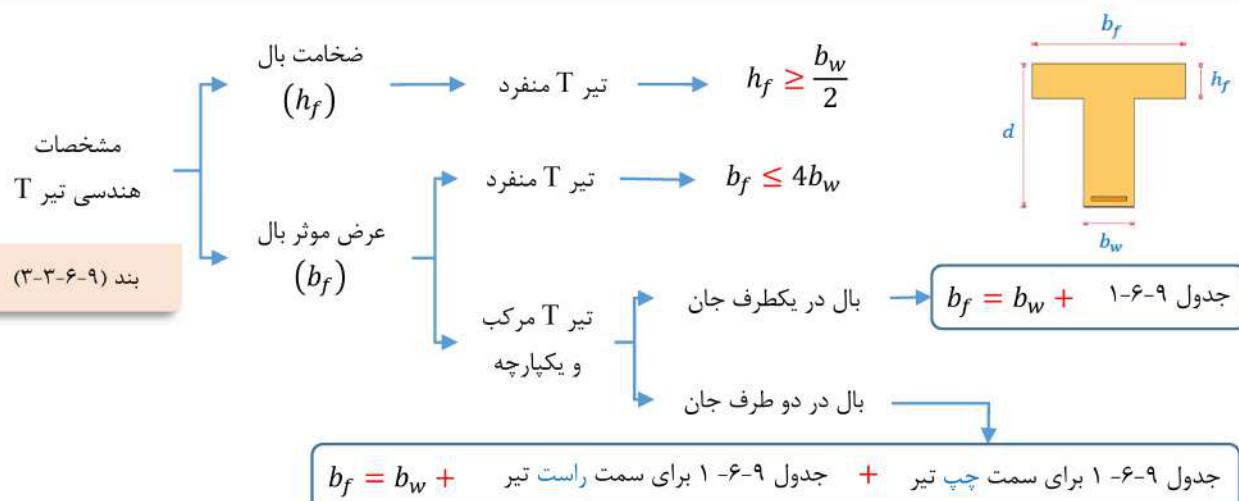


مولفین: مهندس مصطفی مهدی
مهندس وحید عسگری

کلیات

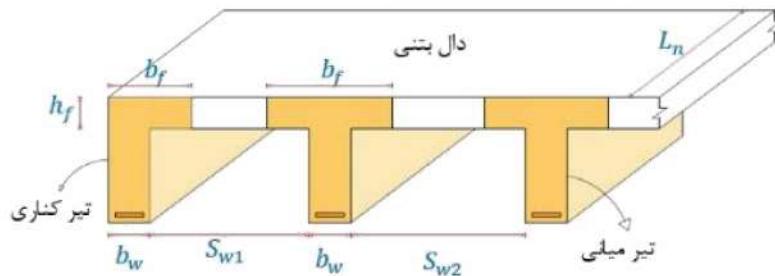
نکته:

دال های یک طرفه ی توپر و سیستم های تیرچه ای با دهانه های آزاد کم تر یا مساوی سه متر را که با تکیه گاه های خود به صورت یکپارچه ساخته می شوند، می توان به صورت دال های یک سره روی تکیه گاه های ساده، بدون منظور نمودن عرض تکیه گاه، و با طول آزاد دهانه های آن ها در نظر گرفت.



- (h_f) : ضخامت دال = h
- (b_f) : عرض موثر بال
- (b_w) : عرض جان تیر
- (s_w) : فاصله آزاد بین جان تیر مورد نظر و جان تیر مجاور آن
- (l_n) : دهانه آزاد

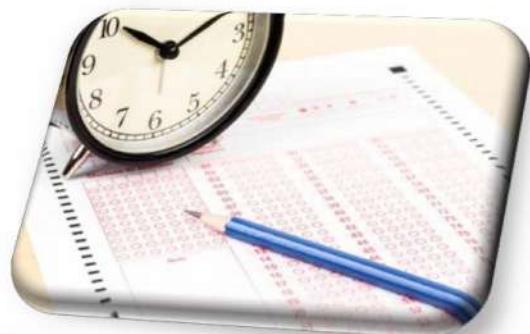
جدول ۱-۶-۹	
عرض موثر بال، از بر جان تیر	وضعیت
$8h$	
$s_w/2$	کم ترین از:
$l_n/8$	
$6h$	
$s_w/2$	کم ترین از:
$l_n/12$	بال در یک طرف جان



فصل ششم : تیرها

- ضوابط هندسی**
 - ▶ کنترل نیروی محوری و پایداری جانبی
 - ▶ تیر های T
 - ▶ حداقل ارتفاع تیر
 - ▶ محدودیت های هندسی در شکل پذیری متوسط و زیاد

- طراحی خمسي**
 - ▶ رفتار مقطع تحت خمس
 - ▶ طراحی خمسي مقاطع **تک آرمه**
 - ▶ مقاطع مستطيلي
 - ▶ مقاطع T شكل
 - ▶ طراحی خمسي مقاطع مستطيلي **دوبل آرمه**



ضوابط آرماتور گذاري خمسي

سيستم تيرچه يك طرفه

طراحی خمسي مقاطع مرکب بتنی

- طراحی برشی**
 - ▶ طراحی برشی تیرها در شکل پذیری کم ، متوسط و **زياد**
 - ▶ ضوابط برشی تیرها
 - ▶ برش مقاوم تامين شده توسيع **بن**
 - ▶ برش مقاوم تامين شده توسيع **فولاد**

ضوابط آرماتور گذاري برشی

- طراحی پيچشي**
 - ▶ الزامات طراحی پیچشی
 - ▶ مقاومت پیچشی **آستانه**
 - ▶ مقاومت پیچشی **ترك خوردگي**
 - ▶ مقاومت پیچشی **نهائي**
 - ▶ پیچش نهائي وارد بر مقطع

ضوابط آرماتور گذاري پيچشي

تیرهای عميق

طراحی خمشی ($P_u < 0.10 f_c A_g$) ⇔ حالت پلاستیک ⇔ تیرهای تک آرماتور

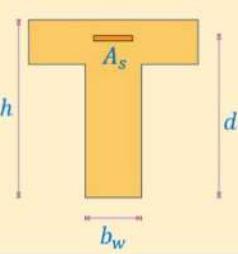
کنترل درصد آرماتور
مقطع T
 $\rho_{min} = \max\left(\frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y}, \frac{1.4}{f_y}\right)$ جدول طلایی یا
 $\rho_{max_T} \geq \rho \geq \rho_{min}$ $\text{IF } \rho_{\text{محاسباتی}} < \rho_{min} \rightarrow \min(1.33\rho, \rho_{min})$

$$\rho_{max_T} = \rho_{max} + \frac{A_{sf}}{b_w d}$$

$$\rho_{max} = \frac{\sigma_c \beta_1}{f_y} \left(\frac{0.003}{\varepsilon_{ty} + 0.006} \right)$$
 جدول طلایی یا

توجه: در سازه های با شکل پذیری متوسط و ویژه حتما برای کنترل درصد آرماتور به جدول طلایی یا بخش لرزه ای آرماتورها رجوع شود

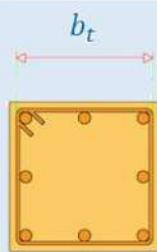
نکات: در مقطع T شکل که بال مقطع در کشش قرار دارد برای محاسبه درصد آرماتور به جای b_e باید از b_w استفاده کرد.



$$b_e = \min(b_f, 2b_w) \quad , \quad \rho = \frac{A_s}{b_e d}$$

ضوابط آرماتورگذاری پیچشی

- آرماتورهای طولی باید پیرامون مقطع در داخل محیط خاموت بسته و یا دورگیر به طور یکنواخت توزیع شوند.
- مشخصات
 - $S_{L max} \leq 300 \text{ mm}$
 - حداقل یک آرماتور طولی پیچشی در گوشه خاموت باید قرار داده شود.
 - $\varphi_L \geq \max(0.042S, 10 \text{ mm})$
- آرماتورهای طولی از محلی که به لحاظ محاسباتی دیگر نیازی به آرماتور طولی پیچشی نیست باید به اندازه $b_t + d$ ادامه یابند.



b_t : عرض قسمتی از سطح مقطع که خاموت های بسته مقاوم در برابر پیچش را در بر می گیرد.

$S_{L max}$: حداقل فاصله آرماتور پیچشی طولی

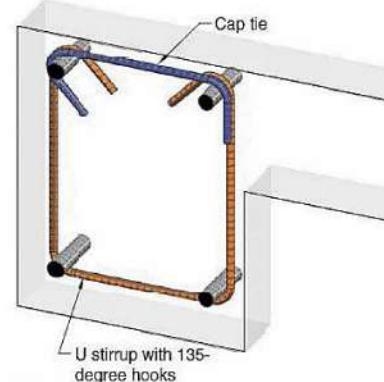
d : عمق موثر مقطع

S : فاصله خاموتهای پیچشی

φ_L : قطر آرماتور طولی پیچشی

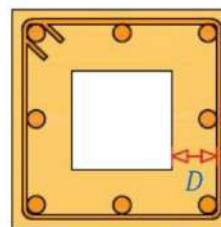
خاموت پیچشی هم می تواند خاموت بسته باشد و هم (سنjacی+U)

$$S_{T max} \leq \min \left\{ \frac{P_h}{8}, 300 \text{ mm} \right\}$$



خاموت ها باید از محلی که بر اساس محاسبات پیچشی دیگر به آن ها نیازی نیست حداقل به اندازه $b_t + d$ امتداد یابند.

$$\text{مقاطع توخالی تحت پیچش} \rightarrow D \geq \frac{0.5 A_{oh}}{P_h}$$



$$P_h = 2(x_0 + y_0)$$

$$A_{oh} = x_0 \times y_0$$

$$x_0 = b - 2cover - d_v$$

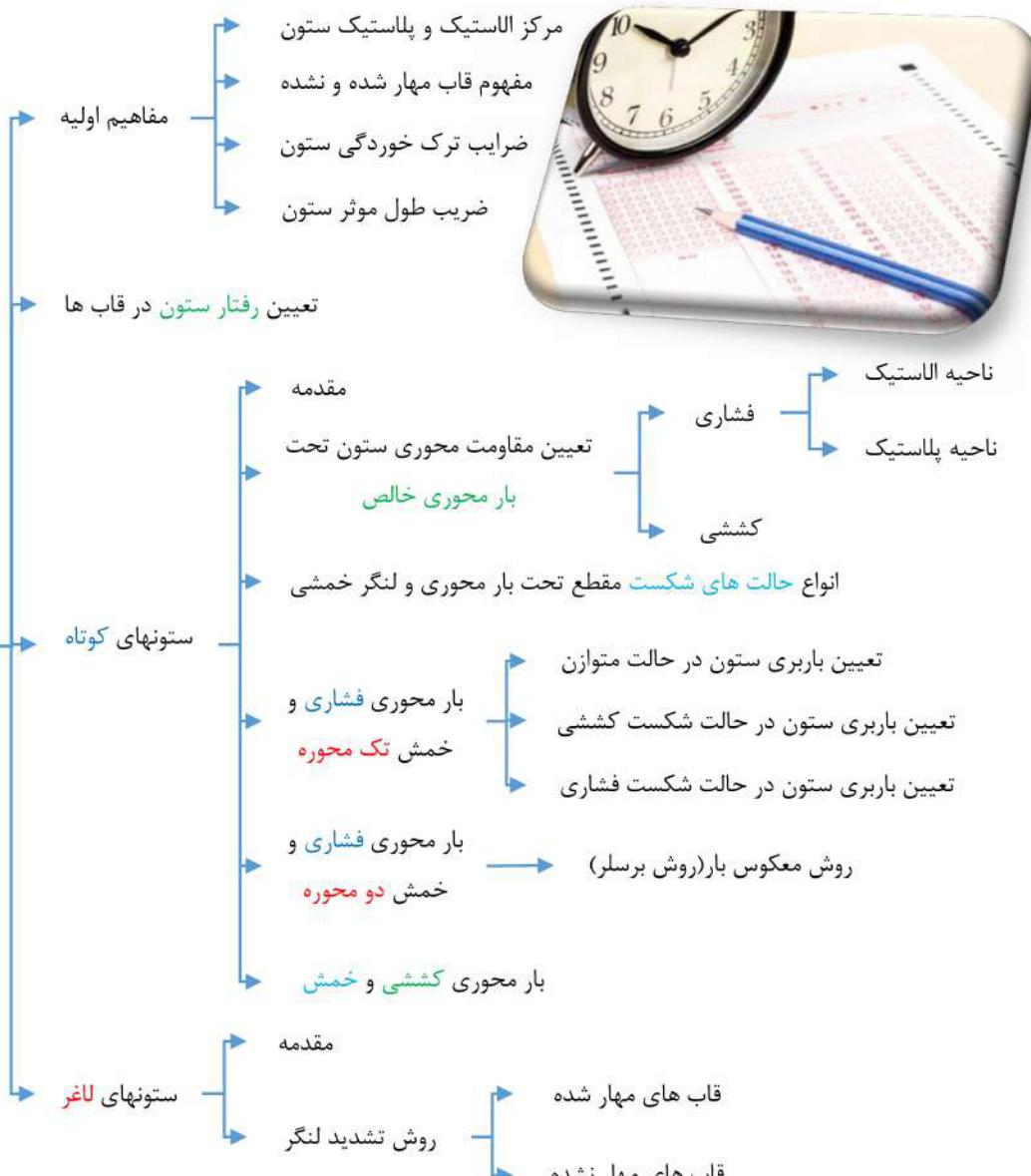
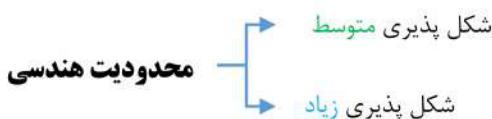
$$y_0 = h - 2cover - d_v$$

b_t : عرض قسمتی از سطح مقطع که خاموت های بسته مقاوم در برابر پیچش را در بر می گیرد.

$S_{T max}$: حداقل فاصله بین آرماتور پیچشی عرضی

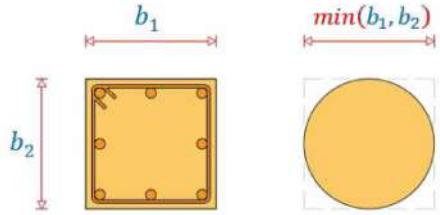
d_v : قطر آرماتور عرضی پیچشی

فصل هفتم: ستون

ضوابط**ضابطه تیر ضعیف - ستون قوی در شکل پذیری زیاد****جزئیات آرماتور گذاری طولی****جزئیات آرماتور گذاری برشی**

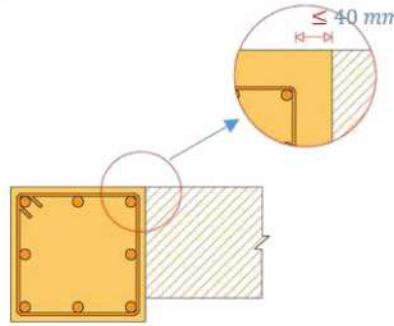
ضوابط

در ستون ها به جای منظور کردن مقطع کل در طراحی، می توان مساحت ناخالص مقطع، مقدار آرماتور مورد نیاز و مقاومت طراحی را بر اساس یک مقطع دایروی، با بزرگترین قطری که بتواند در داخل آن شکل محاط شود جایگزین نمود.



۱

اگر ستون با دیوار بتی یکپارچه ساخته می شود.



۲

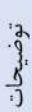
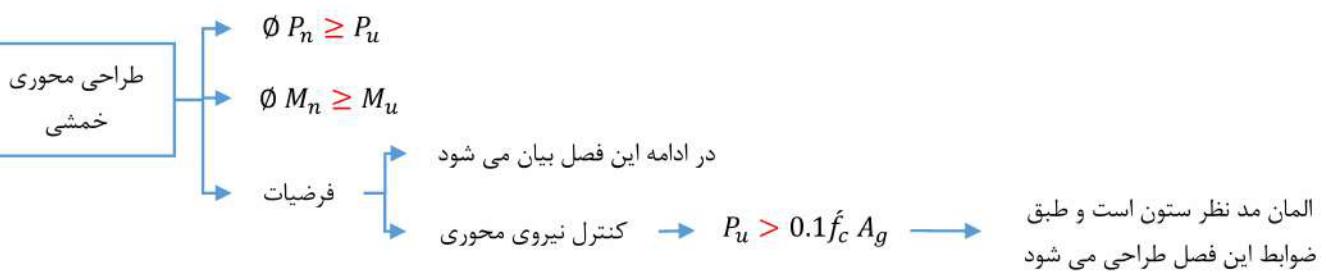
سطح مقطع موثر ستون باید بر اساس فاصله ای برابر حداقل پوشش بتی مورد نیاز در خارج از دوربیج ها محاسبه شود.

۳

در صورتی که سطح مقطع موثر کاهش یافته در ستون بر اساس شماره های ۱، ۲، و ۳ منظور شود آنالیز و طراحی سایر قسمت های سازه که با آن ستون مرتبط هستند باید بر اساس مقطع واقعی ستون انجام پذیرد.

۴

طراحی ستون ها

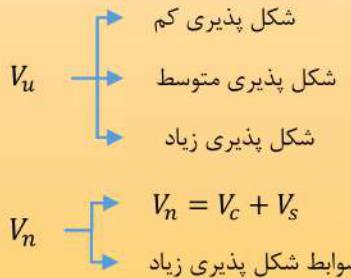


بر اساس تلاش خمثی در بر تکیه گاه و اتصال با تیر تعیین می شود.

$M_n, P_n \rightarrow$ مقطع مستطیلی

طراحی برشی

$$\Ø V_n \geq V_u$$



شکل پذیری کم

شکل پذیری متوسط

شکل پذیری زیاد

$$V_n = V_c + V_s$$

ضوابط شکل پذیری زیاد

طراحی پیچشی

$$\Ø T_n \geq T_u$$

$T_u < \Ø T_{th} \rightarrow$ می توان از پیچش صرف نظر کرد.

$T_u \geq \Ø T_{th} \rightarrow$ طراحی پیچشی الزامی است.

بر اساس لنگر پیچشی در بر تکیه گاه تعیین می شود.

اگر هیچ لنگر پیچشی متمرکزی در فاصله بر تکیه گاه تا فاصله d از بر تکیه گاه وجود نداشته باشد.

عضو برای $\Ø T_{cr}$ طراحی می شود.

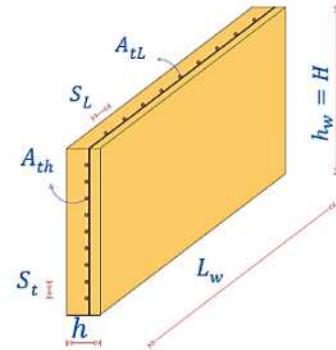
$T_{th}, T_{cr}, T_n \rightarrow$ مقاطع توپر

طراحی دیوارها در شکل پذیری کم ⇔ طراحی برشی

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset = 0.75$$

$$V_n = \left(\alpha_c \lambda \sqrt{f_c} + \rho_t f_{yt} \right) A_{cv} \leq 0.66 \sqrt{f_c} A_{cv}$$



$$\rho_t = \frac{A_{th}}{h \times h_w} = \frac{\text{مساحت آرماتور عرضی افقی}}{\text{سطح مقطع ناخالص بتن عمود بر آرماتورهای افقی}}$$

$$\alpha_c = \begin{cases} \frac{h_w}{L_w} \geq 2 \rightarrow \alpha_c = 0.17 \\ \frac{h_w}{L_w} \leq 1.5 \rightarrow \alpha_c = 0.25 \\ 1.5 < \frac{h_w}{L_w} < 2 \rightarrow \alpha_c = \text{درون یابی خطی} \\ \text{دیوار تحت نیروی خالص کشش} \end{cases}$$

کششی ← منفی

$$\alpha_c = 0.17 \left(1 + 0.29 \frac{N_u}{A_g} \right) \geq 0$$

نکات: ۱- برای دیوارهای با $\frac{h_w}{L_w} < 2$ طراحی برای برش داخل صفحه را می‌توان بر اساس روش خرپایی (۹-پ ۳) نیز انجام داد.

۲- در دیوارهایی که متشکل از تعدادی قطعه‌ی دیوار قائم باشد:

$$\sum V_{ni} \leq 0.66 \sqrt{f_c} A_{cv} , \quad V_{ni} \leq 0.83 \sqrt{f_c} A_{cw}$$

A_g : سطح مقطع ناخالص دیوار (طول مقطع در راستای نیروی برشی × ضخامت جان A_{cv})

f_{yt} : تنش تسلیم فولادهای عرضی

A_{cw} : سطح مقطع هر قطعه دیوار

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset = 0.75$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \begin{cases} \text{تقریبی} & 0.17 \lambda \sqrt{f_c} + \frac{N_u}{6 A_g} L_w d \\ \text{دقیق} & 0.66 \lambda (\rho_w)^{1/3} \sqrt{f_c} + \frac{N_u}{6 A_g} L_w d \end{cases}$$

فشاری ← مشبت

کششی ← منفی

$$V_c = \begin{cases} \text{دقیق} & 0.66 \lambda \lambda_s (\rho_w)^{1/3} \sqrt{f_c} + \frac{N_u}{6 A_g} L_w d \end{cases}$$

$$d = h$$

$$V_c = \left[0.66 \lambda \lambda_s (\rho_w)^{1/3} \sqrt{f_c} + \frac{N_u}{6 A_g} \right] L_w d$$

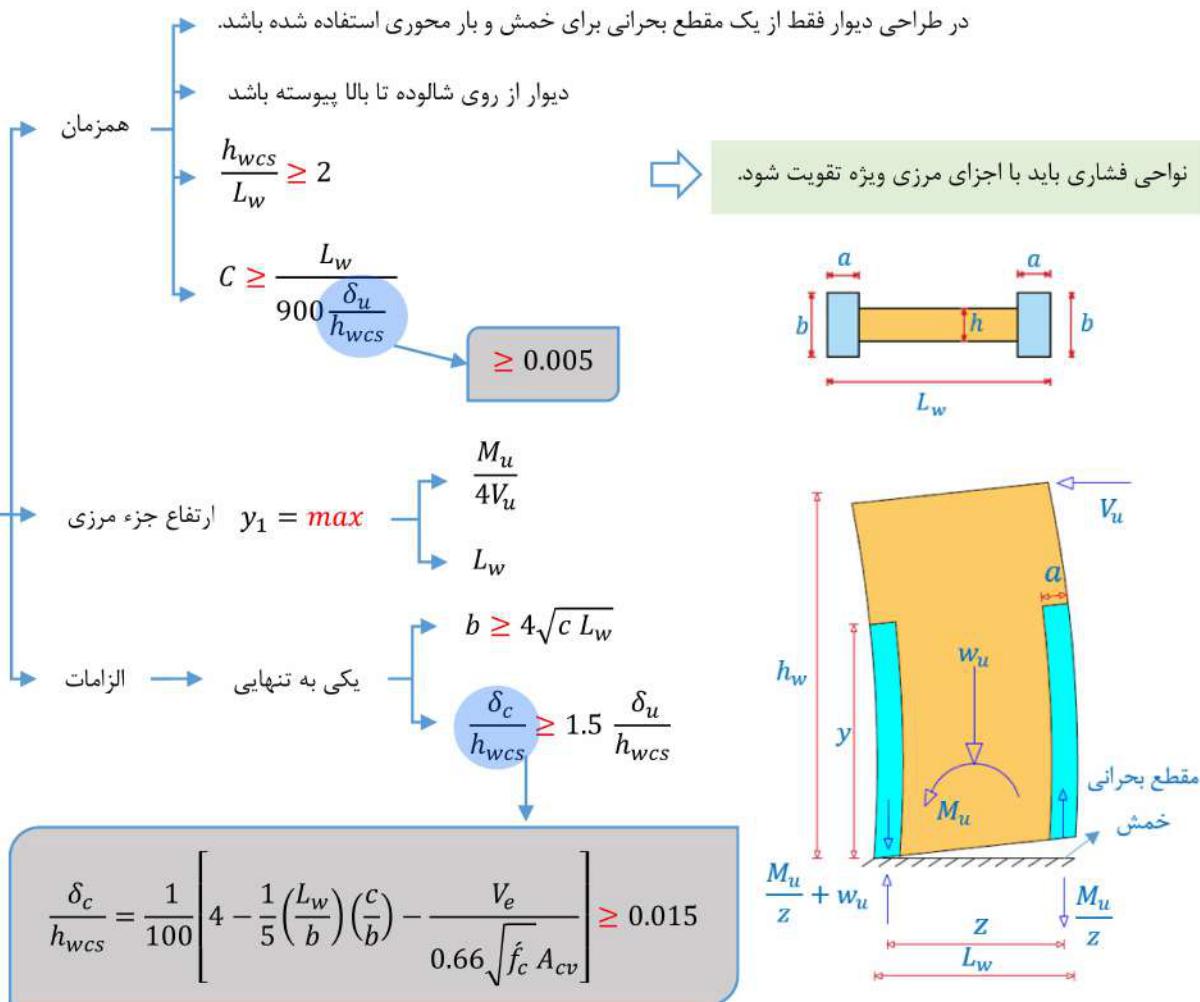
$$0 \leq V_c \leq 0.42 \lambda \sqrt{f_c} b_w d$$

محدودیت

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{h}{250}}} \leq 1 , \quad \frac{N_u}{6 A_g} \leq 0.05 f_c$$

طراحی دیوارها در قاب های با شکل پذیری زیاد \Leftarrow اجزاء مرزی

لرمه پیش بینی اجزای مرزی و ارتفاع لازم برای اجزاء مرزی (پندت ۴-۳-۲-۱-۲-۱)



۲ ارتفاع جزء مرزی

$(\sigma_u)_{max} \geq 0.2 \hat{f}_c \rightarrow$ باید اجزای مرزی پیش بینی شود.

$(\sigma_u)_{max} = \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_u \frac{L_w}{2}}{I}$

ارتفاع اجزای مرزی از پایین دیوار تا ارتفاعی از دیوار که در آن تنش فشاری به $0.15 \hat{f}_c$ می رسد باید ادامه داده شود.

$(\sigma_u)_{max} \geq 0.15 \hat{f}_c \rightarrow \frac{P_u}{A} + \frac{[M_u + V_u(h_w - y_2)] \times \frac{L_w}{2}}{I} = 0.15 \hat{f}_c \rightarrow y_2 = ?$

 δ_u : تغییر مکان جانبی طرح: ارتفاع کل دیوار در بالای مقطع بحرانی خمش و بار محوری h_{wes}

C: فاصله محور خنثی از دورترین تار فشاری

: طول دیوار L_w : ارتفاع لازم برای اجزاء مرزی y