

# فلوچارت طراحی سازه های بتن آرمه

(ویژه آزمون نظام مهندسی)

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

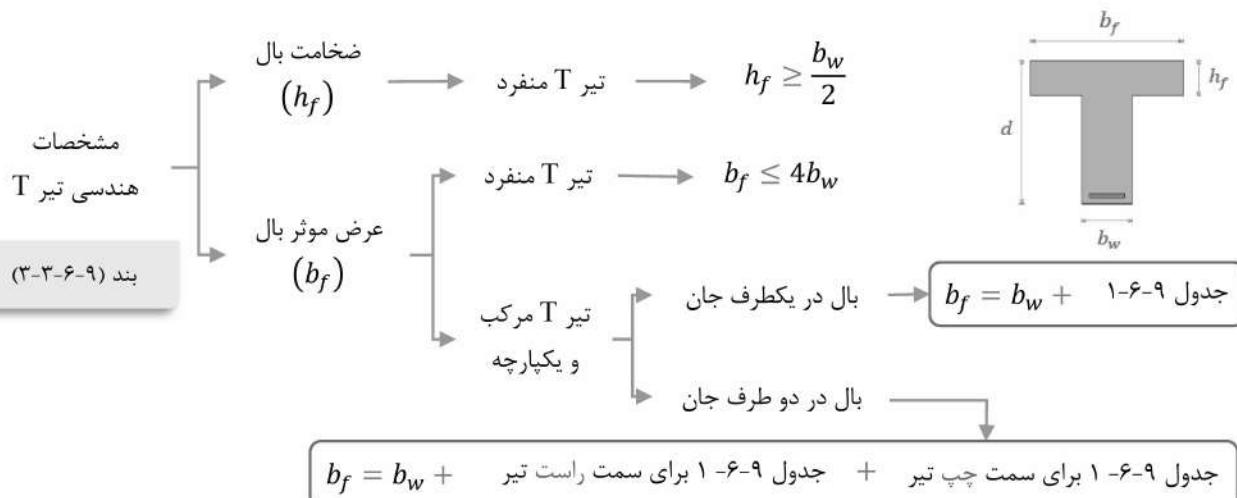


مولفین: مهندس مصطفی مهدی  
مهندس وحید عسگری

## 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.



مدلسازی (بند ۳-۶-۹)

$$(h_f) : \text{ضخامت دال} = h$$

$$(b_f) : \text{عرض موثر بال}$$

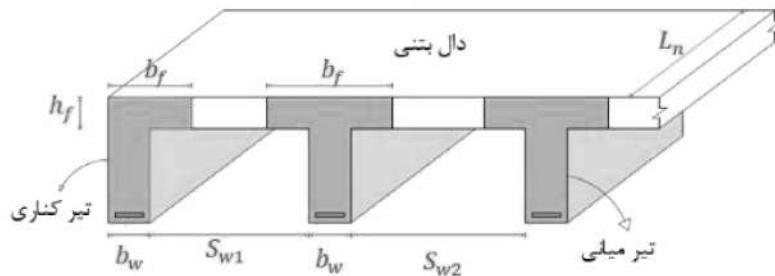
$$(b_w) : \text{عرض جان تیر}$$

$$s_w : \text{فاصله آزاد بین جان تیر مورد نظر و جان تیر مجاور آن}$$

$$l_n : \text{دهانه آزاد}$$

جدول ۱-۶-۹

وضعیت	عرض موثر بال، از بر جان تیر
بال در دو طرف جان	$8h$
بال در یک طرف جان	$s_w/2$
بال در یک طرف جان	$l_n/8$
بال در دو طرف جان	$6h$
بال در یک طرف جان	$s_w/2$
بال در دو طرف جان	$l_n/12$



## 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 خمثی

- ▶ رفتار مقطع تحت خمث
- ▶ طراحی خمثی مقاطع تک آرمه
- ▶ مقاطع مستطیلی
- ▶ مقاطع T شکل
- ▶ طراحی خمثی مقاطع مستطیلی دوبل آرمه

### ضوابط آرماتور گذاری خمثی

#### سیستم تیرچه یک طرفه

#### طراحی خمثی مقاطع مرکب بتنی

### طراحی برشی

- ▶ طراحی برشی تیرها در شکل پذیری کم ، متوسط و زیاد
- ▶ ضوابط برشی تیرها
- ▶ برش مقاوم تامین شده توسط بتن
- ▶ برش مقاوم تامین شده توسط فولاد

### ضوابط آرماتور گذاری برشی

### طراحی پیچشی

- ▶ الزامات طراحی پیچشی
- ▶ مقاومت پیچشی آستانه
- ▶ مقاومت پیچشی ترک خوردگی
- ▶ مقاومت پیچشی نهایی
- ▶ پیچش نهایی وارد بر مقطع

### ضوابط آرماتور گذاری پیچشی

#### تیرهای عمیق

طراحی خمشی ( $P_u < 0.10\bar{f}_c A_g \Leftarrow$  تیرهای تک آرمه)

کنترل درصد آرماتور مقطع T

$$\rho_{max_T} \geq \rho \geq \rho_{min}$$

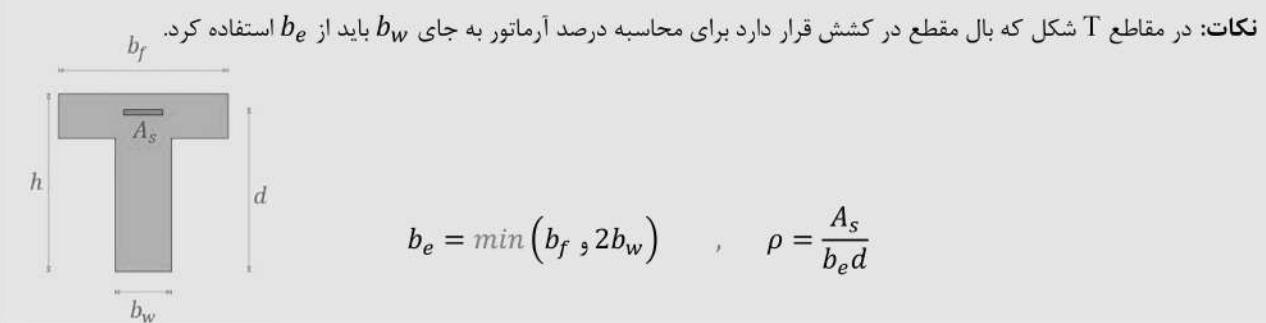
$$\rho_{min} = \max\left(\frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y}, \frac{1.4}{f_y}\right) \quad \text{جدول طلایی یا جدول طلایی و محاسباتی}$$

$$IF \rho_{\text{محاسباتی}} < \rho_{min} \rightarrow \min(1.33\rho, \rho_{min})$$

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

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

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

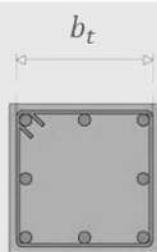


### ضوابط آرماتورگذاری پیچشی

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

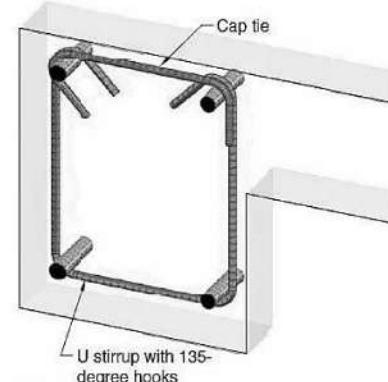
$d$ : عمق موثر مقطع

$S$ : فاصله خاموتهای پیچشی

$\varphi_L$ : قطر آرماتور طولی پیچشی

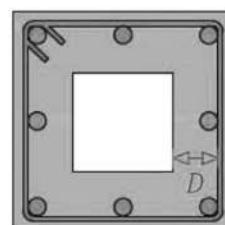
خاموت پیچشی هم می تواند خاموت بسته باشد و هم (سنjacی+U)

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



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

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



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

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

$$x_0 = b - 2\text{cover} - d_v$$

$$y_0 = h - 2\text{cover} - d_v$$

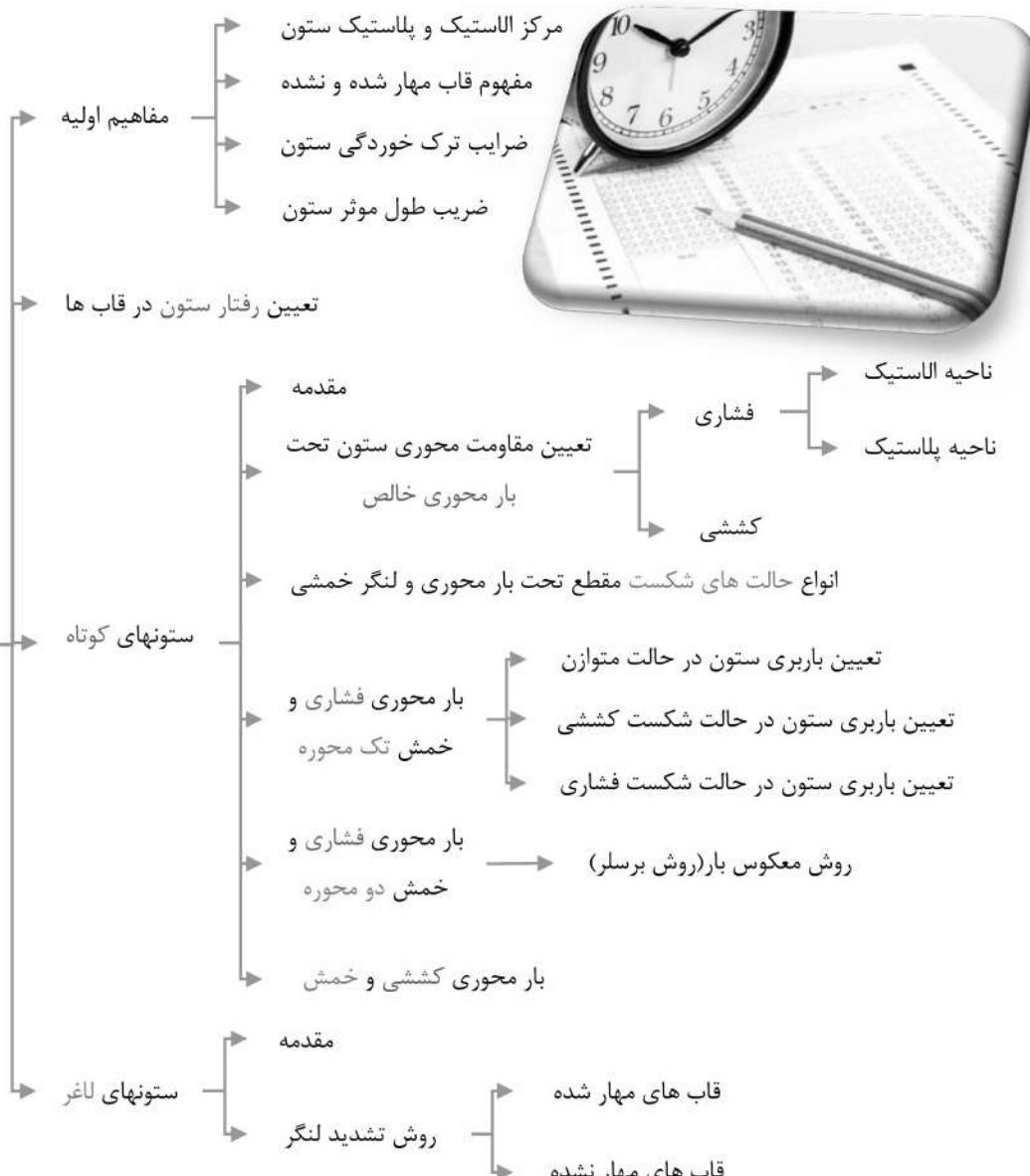
$b_t$ : عرض قسمتی از سطح مقطع که خاموت های بسته مقاوم در برابر پیچش را در بر می گیرد.

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

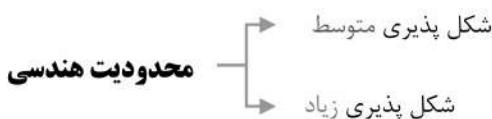
$d_v$ : قطر آرماتور عرضی پیچشی

## فصل هفتم : ستون

### ضوابط



**ضابطه تیر ضعیف - ستون قوی در شکل پذیری زیاد**



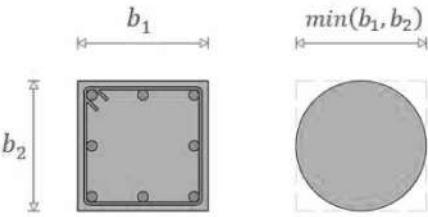
### جزئیات آرماتور گذاری طولی



### جزئیات آرماتور گذاری برشی

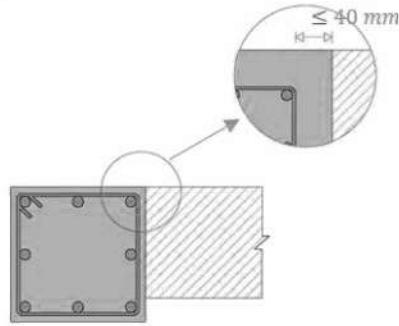
## ضوابط

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.  $\Rightarrow$



۲

سطح مقطع موثر ستون باید بر اساس فاصله ای برابر حداقل پوشش بتی مورد نیاز در خارج از ستون با دو یا چند دورپیچ دورپیچ 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

طراحی محوری خمثی

$$\begin{aligned} \emptyset P_n &\geq P_u \\ \emptyset M_n &\geq M_u \end{aligned}$$

در ادامه این فصل بیان می شود

فرضیات

$$\text{کنترل نیروی محوری} \rightarrow P_u > 0.1 f_c A_g \rightarrow$$

المان مد نظر ستون است و طبق  
ضوابط این فصل طراحی می شود

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

$M_n, P_n \rightarrow$  مقطع مستطیلی

طراحی برشی  $\rightarrow \emptyset V_n \geq V_u$

$V_u$

- ▶ شکل پذیری کم
- ▶ شکل پذیری متوسط
- ▶ شکل پذیری زیاد

$V_n$

- ▶  $V_n = V_c + V_s$
- ▶ ضوابط شکل پذیری زیاد

طراحی پیچشی  $\rightarrow \emptyset T_n \geq T_u$

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

$T_u \geq \emptyset T_{th} \rightarrow$  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  $\emptyset T_{cr}$  طراحی می شود.

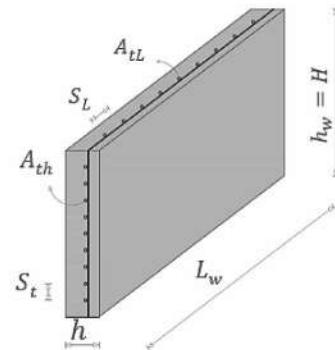
$T_u, T_{th}, T_{cr}, T_n \rightarrow$  مقاطع توپر

## 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 می توان بر اساس روش خربایی (۹-پ ۳) نیز انجام داد.

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

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

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

: تنش تسلیم فولادهای عرضی  $f_{yt}$

: سطح مقطع هر قطعه دیوار  $A_{cw}$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset = 0.75$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$\text{تقریبی} \quad V_c = \left[ 0.17 \lambda \sqrt{f_c} + \frac{N_u}{6 A_g} \right] L_w d$$

فشاری ← مشبت

کششی ← منفی

$$V_c$$

$$A_v \geq A_{v min}$$

دقیق

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

 $d = h$ 

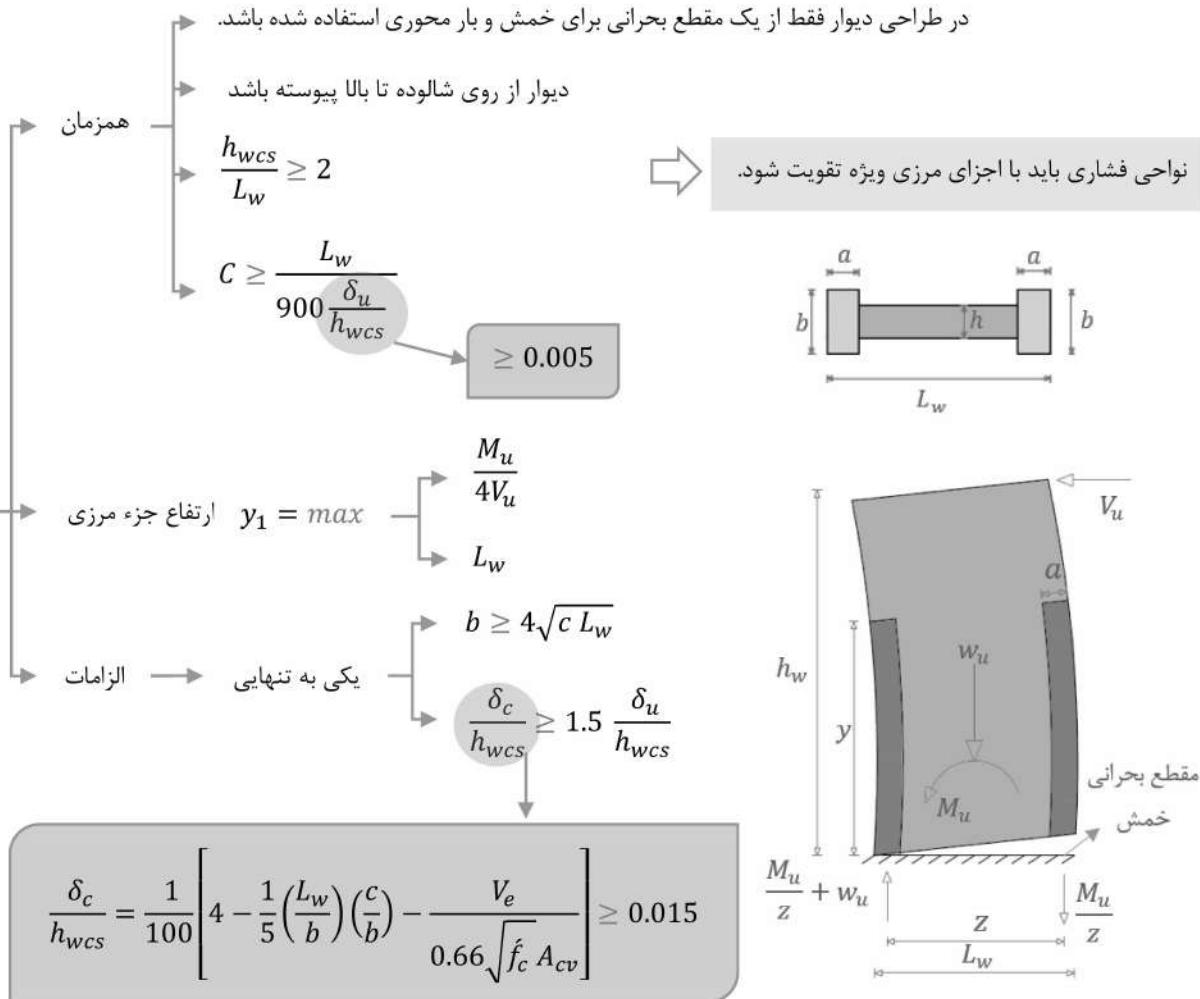
$$A_v < A_{v min} \rightarrow V_c = \left[ 0.66 \lambda \lambda_s (\rho_w)^{1/3} \sqrt{f_c} + \frac{N_u}{6 A_g} \right] L_w d$$

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

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

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

بروگ پیش بینی اجزای مرزی و ارتفاع لازم برای اجزاء مرزی (بدد ۴-۳-۷-۶-۵-۴-۱)



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.

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

 $\delta_u$ : تغییر مکان جانبی طرح $h_{wes}$ : ارتفاع کل دیوار در بالای مقطع بحرانی خمش و بار محوری $C$ : فاصله محور خنثی از دورترین تار فشاری $L_w$ : طول دیوار $y$ : ارتفاع لازم برای اجزاء مرزی