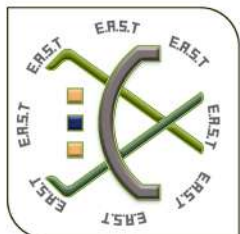


فلوچارت طراحی سازه های بتن آرمه

(ویژه آزمون نظام مهندسی)

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



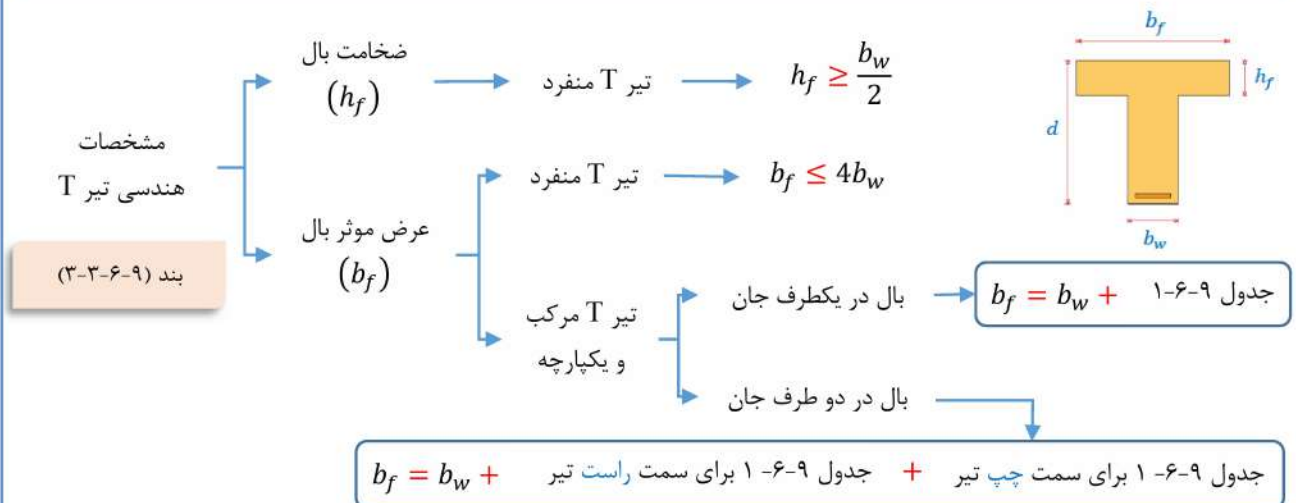
East_omran

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 : ضخامت دال = (h_f)

b_f : عرض موثر بال

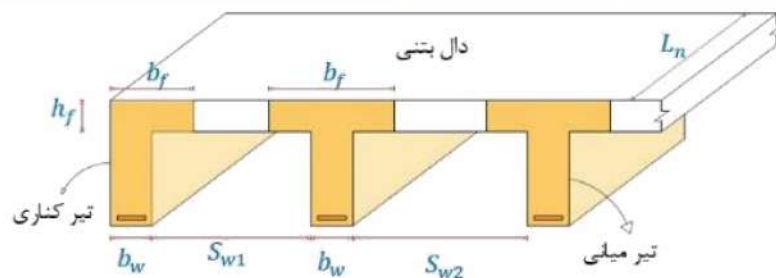
b_w : عرض جان تیر

s_w : فاصله آزاد بین جان تیر مورد نظر و جان تیر مجاور آن

l_n : دهانه آزاد

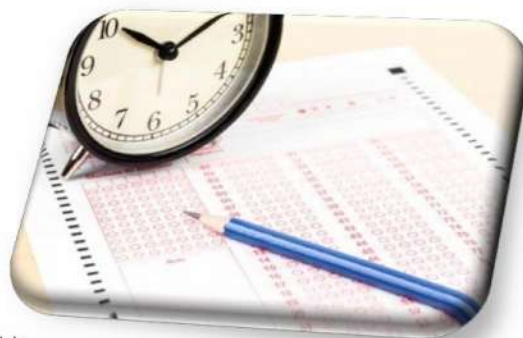
جدول ۱-۶-۹

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



فصل ششم: تیرها

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



- طراحی خمشی**
- رفتار مقطع تحت خمش
 - مقاطع مستطیلی
 - مقاطع T شکل
 - طراحی خمشی مقاطع تک آرمه
 - طراحی خمشی مقاطع مستطیلی دوبل آرمه

ضوابط آرماتور گذاری خمشی

سیستم تیرچه یک طرفه

طراحی خمشی 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

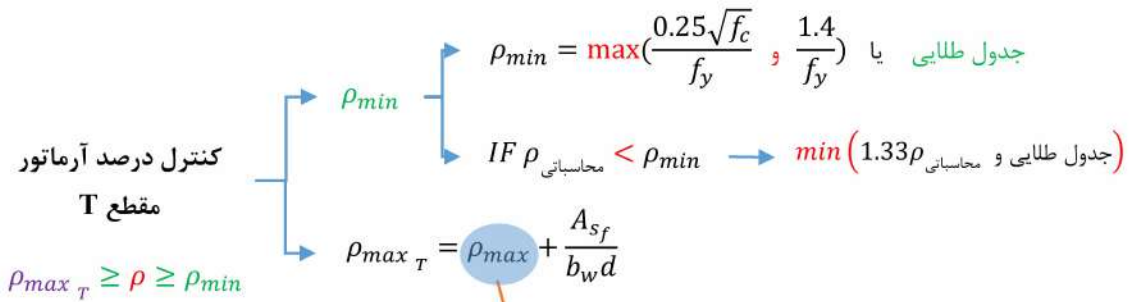
- طراحی پیچشی**
- الزامات طراحی پیچشی
 - مقاومت پیچشی آستانه
 - مقاومت پیچشی ترک خوردگی
 - مقاومت پیچشی نهایی
 - پیچش نهایی وارد بر مقطع

ضوابط آرماتور گذاری پیچشی

تیرهای عمیق



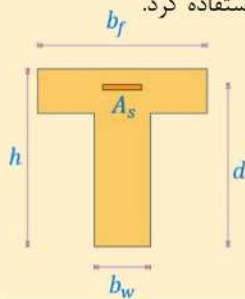
طراحی خمشی $(P_u < 0.10 f_c A_g)$ $\Leftarrow$ حالت پلاستیک $\Leftarrow$ تیرهای تک آرمه



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

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

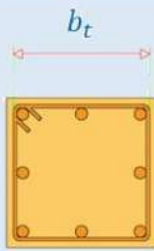


$$b_e = \min(b_f, 2b_w) \quad , \quad \rho = \frac{A_s}{b_e d}$$

ضوابط آرماتورگذاری پیچشی

ضوابط آرماتورهای پیچشی (بند ۹-۱۱-۴-۶)

- آرماتورهای پیچشی طولی باید پیرامون مقطع در داخل محیط خاموت بسته و یا دورگیر به طور یکنواخت توزیع شوند.
- مشخصات
- $S_{Lmax} \leq 300 \text{ mm}$
 - حداقل یک آرماتور طولی پیچشی در گوشه خاموت باید قرار داده شود.
 - $\phi_L \geq \max(0.042S, 10 \text{ mm})$
- قطع عملی $\rightarrow$ $b_t + d$ به اندازه $b_t + d$ باید به پیچشی نیست
- 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.

d : عمق موثر مقطع

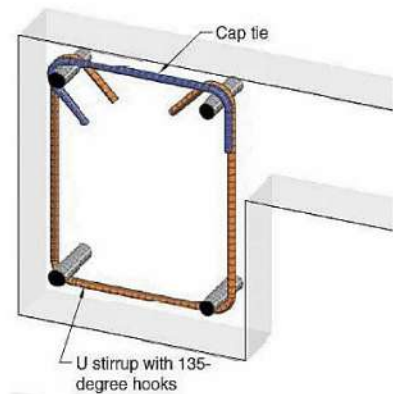
S_{Lmax} : حداکثر فاصله آرماتور پیچشی طولی

S : فاصله خاموتهای پیچشی

ϕ_L : قطر آرماتور طولی پیچشی

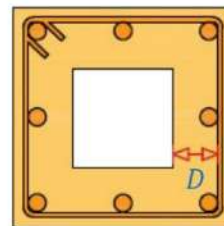
خاموت پیچشی هم می تواند خاموت بسته باشد و هم (سنجاقی U)

$$S_{Tmax} \leq \min \begin{cases} \frac{P_h}{8} \\ 300 \text{ mm} \end{cases}$$



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

محل قطع عملی خاموت $\rightarrow$ مقاطع توخالی تحت پیچش $D \geq \frac{0.5 A_{oh}}{P_h}$



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

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

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

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

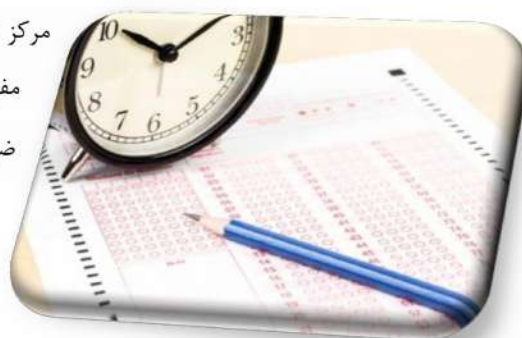
b_t : عرض قسمتی از سطح مقطع که خاموت های بسته مقاوم در برابر پیچش را در بر می گیرد.

S_{Tmax} : حداکثر فاصله بین آرماتور پیچشی عرضی

d_v : قطر آرماتور عرضی پیچشی

ضوابط آرماتورهای پیچشی عرضی (بند ۹-۱۱-۵-۶)

فصل هفتم : ستون



ضوابط

- مفاهیم اولیه
 - مرکز الاستیک و پلاستیک ستون
 - مفهوم قاب مهار شده و نشده
 - ضرایب ترک خوردگی ستون
 - ضریب طول موثر ستون

تعیین رفتار ستون در قاب ها

طراحی محوری خمشی

- ستونهای کوتاه
 - مقدمه
 - تعیین مقاومت محوری ستون تحت بار محوری خالص
 - فشاری
 - ناحیه الاستیک
 - ناحیه پلاستیک
 - کششی
 - انواع حالت های شکست مقطع تحت بار محوری و لنگر خمشی
 - بار محوری فشاری و خمش تک محوره
 - تعیین باربری ستون در حالت متوازن
 - تعیین باربری ستون در حالت شکست کششی
 - تعیین باربری ستون در حالت شکست فشاری
 - بار محوری فشاری و خمش دو محوره
 - روش معکوس بار (روش برسلر)
 - بار محوری کششی و خمش
- ستونهای لاغر
 - مقدمه
 - روش تشدید لنگر
 - قاب های مهار شده
 - قاب های مهار نشده

ضابطه تیر ضعیف - ستون قوی در شکل پذیری زیاد

- محدودیت هندسی
 - شکل پذیری متوسط
 - شکل پذیری زیاد

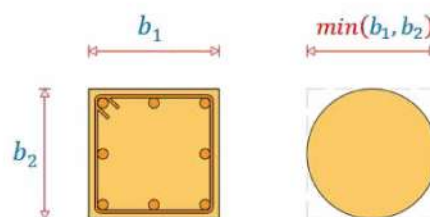
جزئیات آرماتور گذاری طولی

- طراحی برشی ستون ها در شکل پذیری کم
- طراحی برشی ستون ها در شکل پذیری متوسط
- طراحی برشی ستون ها در شکل پذیری زیاد
- ضوابط برشی ستون ها

جزئیات آرماتور گذاری برشی



ضوابط

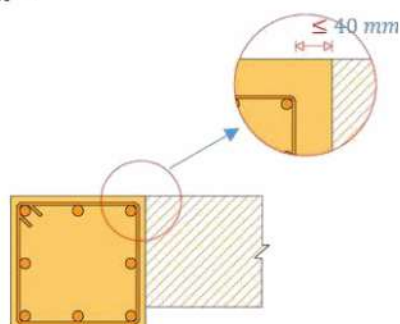


۱

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.

۲

⇒ اگر ستون با دیوار بتنی یکپارچه ساخته می شود.



۳

⇒ ستون با دو یا چند دورپیچ سطح مقطع موثر ستون باید بر اساس فاصله ای برابر حداقل پوشش بتنی مورد نیاز در خارج از دورپیچ ها محاسبه شود.

۴

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.

طراحی ستون ها

طراحی محوری خمشی

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

فرضیات

در ادامه این فصل بیان می شود

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

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

توضیحات:

 $M_u, P_u \rightarrow$ بر اساس تلاش خمشی در بر تکیه گاه و اتصال با تیر تعیین می شود.

 $M_n, P_n \rightarrow$ مقطع مستطیلی

طراحی برشی

$$\phi V_n \geq V_u$$

توضیحات:

 $V_u \rightarrow$ شکل پذیری کم

 $V_u \rightarrow$ شکل پذیری متوسط

 $V_u \rightarrow$ شکل پذیری زیاد

$$V_n = V_c + V_s$$

 $V_n \rightarrow$ ضوابط شکل پذیری زیاد

طراحی پیچشی

$$\phi T_n \geq T_u$$

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

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

توضیحات:

 $T_u \rightarrow$ بر اساس لنگر پیچشی در بر تکیه گاه تعیین می شود.

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

استثناء

پیچش همسازی

$$T_u = \phi T_{cr} \rightarrow \text{عضو برای } \phi T_{cr} \text{ طراحی می شود.}$$

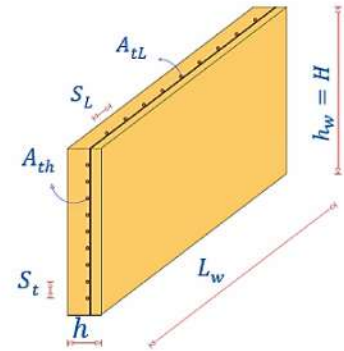
 $T_{th}, T_{cr}, T_n \rightarrow$ مقاطع توپر

طراحی دیوارها در شکل پذیری کم ← طراحی برشی

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi = 0.75$$

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



پارامترها

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

$$\alpha_c = \begin{cases} \frac{h_w}{L_w} \geq 2 \rightarrow \alpha_c = 0.17 \\ \frac{h_w}{L_w} \leq 1.5 \rightarrow \alpha_c = 0.25 \\ 1.5 < \frac{h_w}{L_w} < 2 \rightarrow \alpha_c = \text{درون یابی خطی} \\ \text{دیوار تحت نیروی خالص کشش} \rightarrow \alpha_c = 0.17 \left(1 + 0.29 \frac{N_u}{A_g} \right) \geq 0 \end{cases}$$

کششی ← منفی

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

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

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

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

f_{yt} : تنش تسلیم فولادهای عرضی

A_{cw} : سطح مقطع هر قطعه دیوار

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi = 0.75$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \begin{cases} \text{تقریبی} & V_c = \left[0.17 \lambda \sqrt{f_c} + \frac{N_u}{6 A_g} \right] L_w d \\ \text{دقیق} & V_c = \left[0.66 \lambda (\rho_w)^{1/3} \sqrt{f_c} + \frac{N_u}{6 A_g} \right] L_w d \\ A_v < A_{v \min} & V_c = \left[0.66 \lambda \lambda_s (\rho_w)^{1/3} \sqrt{f_c} + \frac{N_u}{6 A_g} \right] L_w d \end{cases}$$

فشاری ← مثبت

کششی ← منفی

$$d = h$$

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

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



طراحی دیوارها در قاب های با شکل پذیری زیاد < اجزاء مرزی

لرزه پیش بینی اجرای مرزی و ارتفاع لازم برای اجزاء مرزی

(بند ۹-۲-۷-۴-۱)

