www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

ارائه کتابها و جزوات رایگان مهندسی عمران

بهترین و برترین مقالات روز عمران

انجمن های تخصصی مهندسی عمران

فروشگاه تخصصی مهندسی عمران

@icivilir

icivil.ir

www.hoseinzadeh.info

جزوه طراحی سازه های بتن آرمه با رویکرد تغییرات ACI-۲۰۰۸

این جزوه توسط آقای مهندس بهداد مهر در کلاس ارتقا پایه دو به پایه یک نظام مهندسی اصفهان نوشته شده است (با تشکر از ایشان که جزوه را در اختیار سایت قرار داده اند).
مدرس دوره جناب آقای دکتر مستوفی نژاد، استاد دانشگاه صنعتی اصفهان می باشند

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

سرفصل مطالب

۱- مروری بر خصوصیات بارگذاری

۲- مروری بر طراحی خمشی بتن آرمه

۳- مروری بر طرح برشی بتن آرمه

۴- مروری بر رفتار ستون ها

۵- تأثیر های خمشی بعضوان عناصر مقاوم جانبی و ضوابط خاص آنها

۶- دیوارهای برشی به عنوان عناصر مقاوم بتن آرمه

- دیوارهای کوتاه
- دیوارهای بلند

۷- محاسبه ضوابط دیوارهای برشی در برابر بارهای جانبی

۸- بازشوها در دیوارهای برشی و تأثیرات رفتاری آنها

۹- تیرهای هم خط در دیوارهای برشی با بازشو

۱۰- ضوابط شکل پذیری

مراجع: کتاب دستورالعمل های بتن آرمه جلد اول و دوم

www.hoseinzadeh.info

۱- ضریب بارگذاری

تا سال 1999

برای بار ثقل: $1.4D + 1.7L$

برای بار ثقل + زلزله:
$0.75(1.4D + 1.7L \pm 1.87E)$
$0.9D \pm 1.43E$

از سال 2002

بار ثقل:
$1.4D$
$1.2D + 1.6L$

بار ثقل + زلزله:
$1.2D + 1L \pm (1.9E \text{ یا } 1E)$
$0.9D \pm (1.4E \text{ یا } 1.0E)$

ضوابط کامل در صفحات 101, 102 جلد اول کتاب

اگر بارگذاری زلزله براساس تئوری طرح مقاومت باشد از 1E استفاده می‌کنیم و اگر بارگذاری زلزله براساس تئوری طرح بهره‌برداری باشد از 1.4E استفاده می‌شود.

Strength Level Design

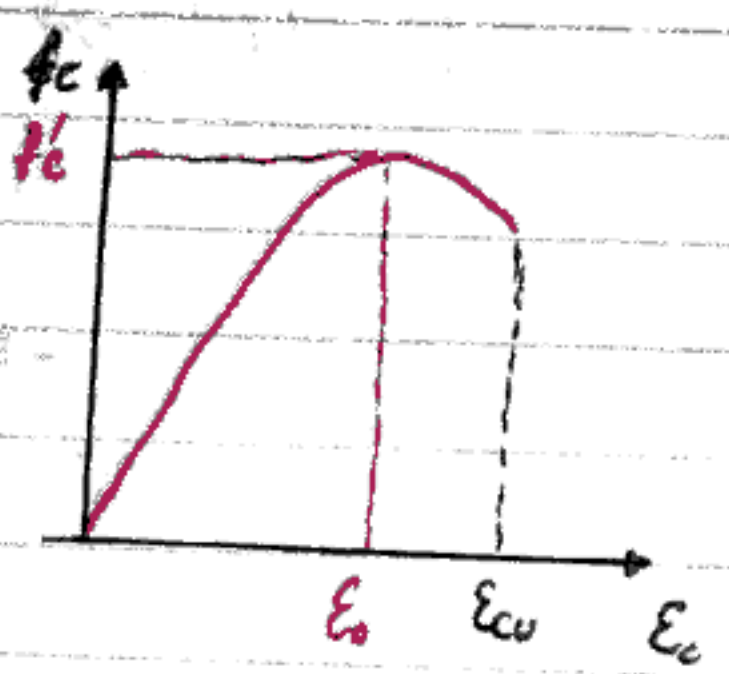
Service Level Design

برای بار باد 1.3W و 1.6W دادیم باتوجه به آئین‌نامه‌ایران فعلاً باید از 1.3W استفاده شود.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Date:

۲- طراحی خمشی تیر آرمه



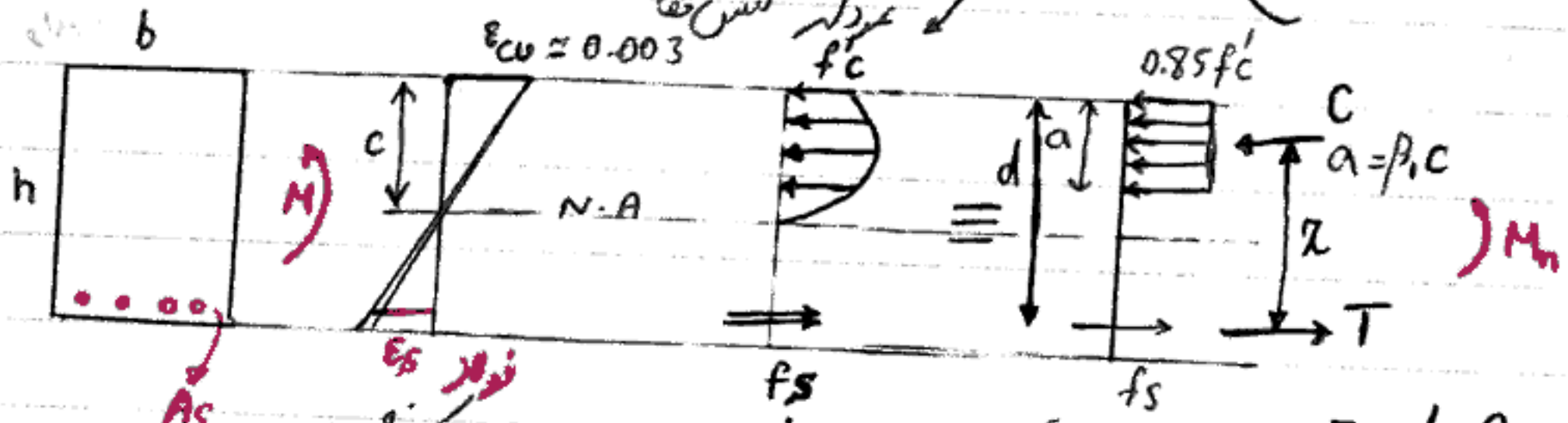
$\varepsilon_0 \simeq 0.002$, $\varepsilon_{cu} \simeq 0.003 - 0.004$

$$f_c = f_c' \left(2\left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0}\right) - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0}\right)^2 \right)$$

سهمی درجه دوم

برای بررسی مقطع تحت خمش

نمودار تنش‌ها ← نمودار کرنش‌ها

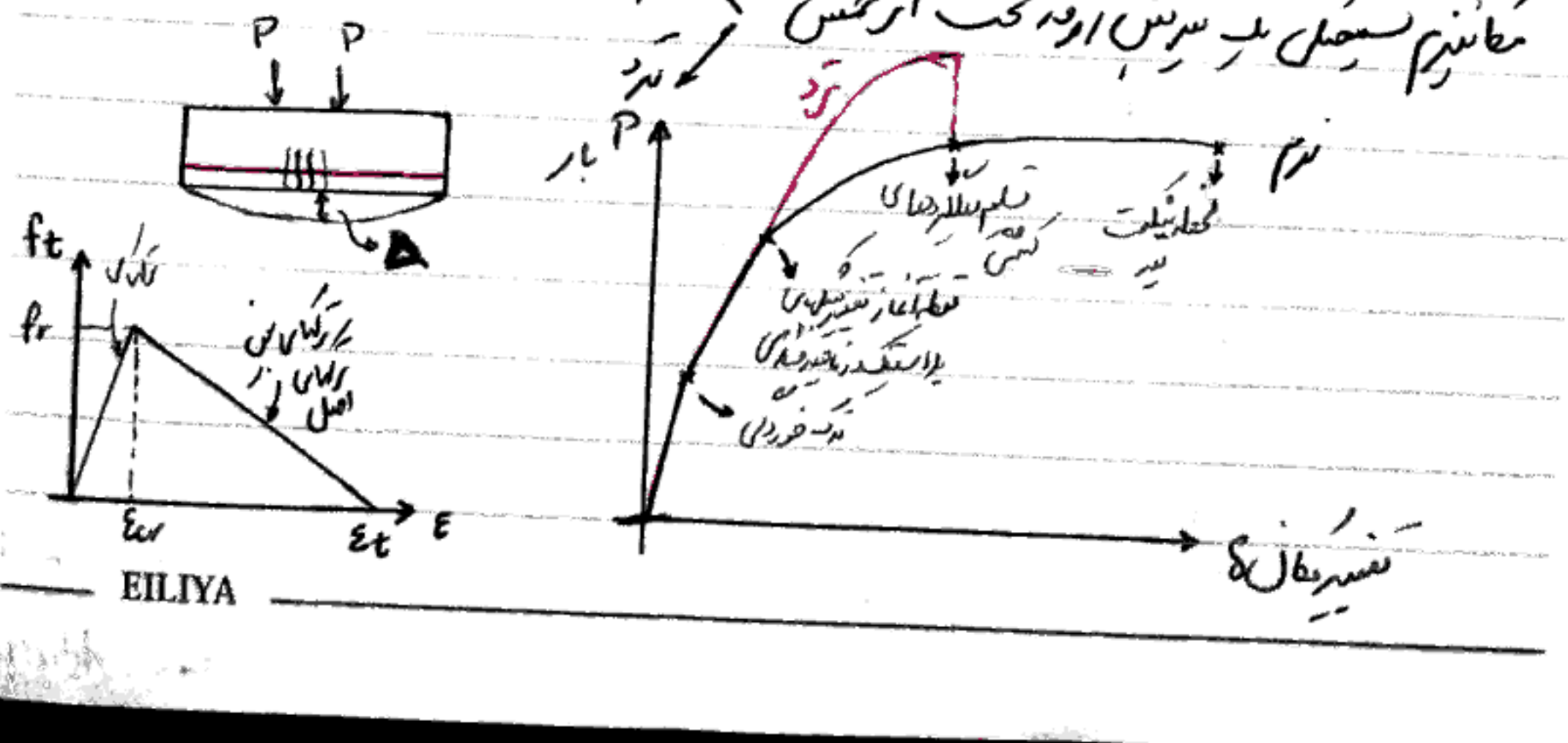


مستطیل معادل تنش $z = d - \frac{a}{2}$

M_n: ضریب خمشی اسمی مقطع در لحظه شکست

nominal

مکانیزم شکست یک تیر بتن آرمه تحت اثر خمش



www.hoseinzadeh.info

مزیت‌های شکست نرم

۱- همراه با زنگ خطر است، با تغییر شکل بزرگ زنگ خطری برای شکست قریب الوقوع به صدا درمی‌آورد.

۲- شکل پذیری مناسب است با سطح زیر منحنی بار - تغییر مکان Ductility

عبارت است از جذب انرژی در هنگام شکست به خصوص در مقابل بارهای دینامیکی از جمله زلزله

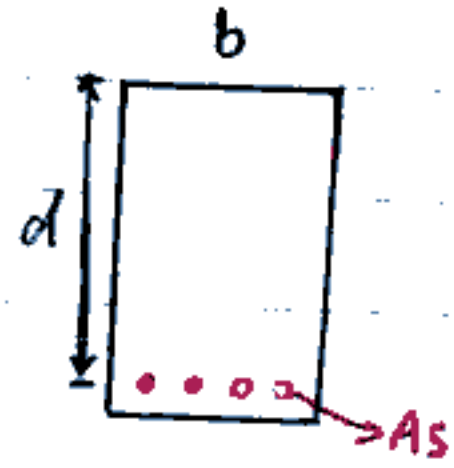
شکل پذیری: فولاد ۱۰ ، بتن ۲۰

عامل تعیین کننده در کنترل نوع شکست، درصد آرماتور ← میزان فولادهای کششی است

فولادهای متوازن (فولاد بالانس) Ballanced Steel ← (A_{sb})

اگر $A_{s\,موجود} \leq A_{sb}$ → شکست نرم

$A_{s\,موجود} > A_{sb}$ → شکست ترد



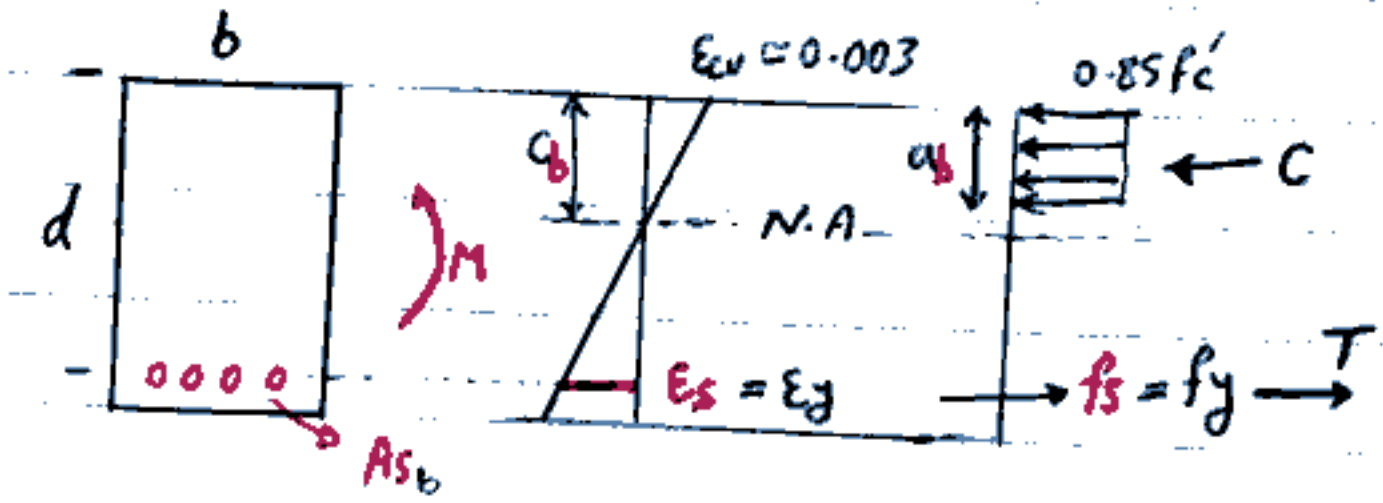
$\rho = \frac{A_s}{bd}$

$\rho_b = \frac{A_{sb}}{bd}$

تحت مسلح Under Reinforced UR ← $\rho \leq \rho_b$ شکست نرم

فوق مسلح Over Reinforced OR ← $\rho > \rho_b$ شکست ترد

فولاد متوازن چگونه است؟



$a = \beta_1 c$

$a_b = \beta_1 c_b$

$\sum F_x = 0 \rightarrow C = T$

$0.85 f'_c . a_b . b = A_{sb} . f_y$

$\Rightarrow A_{sb} = 0.85 \frac{f'_c}{f_y} a_b . b$

$$\beta_1 = \begin{cases} 0.85 & f'_c \leq 30\ Mpa \\ 0.85 - \frac{0.05}{7}(f'_c - 30) & f'_c > 30\ Mpa \end{cases}$$

EILIYA

$1.064 - 0.0071 f'_c$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

در نمودار کرنش ها از تشابه مثلث ها استفاده می شود

همسازی در نمودار کرنش

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_y} = \frac{c_b}{d-c_b}$$

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu}+\varepsilon_y} = \frac{c_b}{d} \rightarrow \boxed{c_b = \frac{600}{600+f_y}\,d}$$

$E_s = 200000$
$\varepsilon_{cu} = 0.003$ $\rightarrow E_s \times \varepsilon_{cu} = 600$

$\sigma = E\varepsilon \quad \frac{f_y}{E_s}$

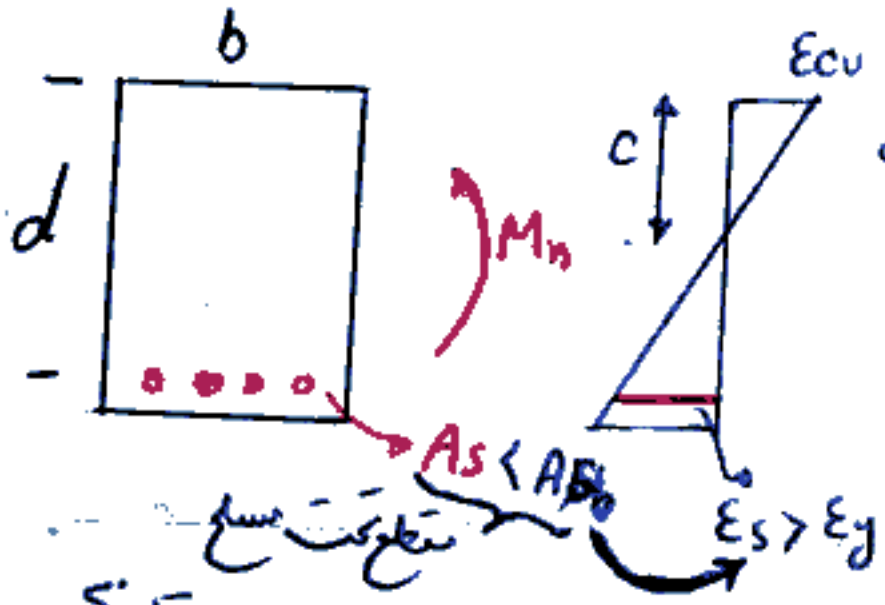
$$A_{sb} = 0.85\beta_1 \frac{f'_c}{f_y}\,\frac{600}{600+f_y}\,bd$$

$$\rho_b = \frac{A_{sb}}{bd} \rightarrow \boxed{\rho_b = 0.85\beta_1 \frac{f'_c}{f_y}\,\frac{600}{600+f_y}}$$

* اگر $\rho_{موجود} \leq \rho_b \rightarrow$ کم‌سلح (تسلیم رخ) $\rightarrow UR$
* اگر $\rho_{موجود} > \rho_b \rightarrow$ پرسلح (تسلیم رد) $\rightarrow OR$

* ظرفیت خمشی مقطع جلوگیری تعیین می شود؛

برای مقطع کم‌سلح



$$\sum F_x = 0 \rightarrow T = C \rightarrow A_s f_y = 0.85 f'_c\, a\, b$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$\sum M = 0 \rightarrow M_n = Tz = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) \rightarrow M_n = \left(d - \frac{A_s f_y}{1.7 f'_c b}\right) A_s f_y$$

$$\rightarrow \boxed{M_n = \rho b d^2 f_y \left(1 - 0.59\frac{\rho f_y}{f'_c}\right)}$$

ظرفیت خمشی اسمی مقطع

www.hoseinzadeh.info

نشتل $M_u \leq \phi M_n$

M_u : لنگرهای محاسبه شده تحت بارهای با ضریب

ϕ : ضریب کاهش مقاومت Strength Reduction Factor

طراحی $M_u = \phi M_n$

* تعیین ϕ

تا سال 1999 $\phi = 0.9$

* از سال 2002

۱- مقاطع کنترل تحت کشش (TC) Tension-Controlled Sections $\phi = 0.9$

۲- مقاطع کنترل تحت فشار (CC) Compression-Controlled Sections $\phi = 0.65$

مقاطع با کنترل متغیر

$\phi = 0.7$

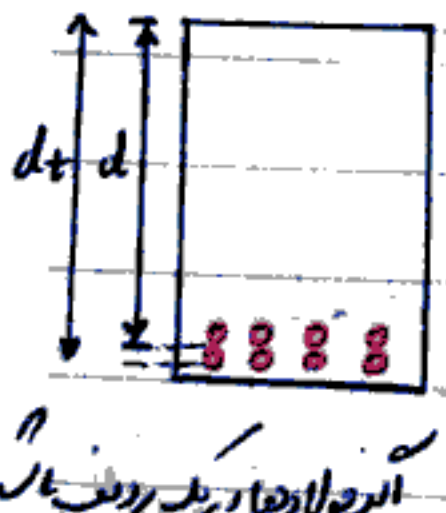
۳- مقاطع در ناحیه انتقالی (TZ) Sections in Tranzitian Zone

$\phi = 0.567 + 66.7\varepsilon_t$

$\phi = 0.483 + 83.3\varepsilon_t$

براساس آئین نامه ϕ با درون یابی خطی بین 0.9 و 0.65 (0.7) تعیین می شود

سنجای رفتاری مقطع ← کرنش ایجاد شده در دورترین فولاد کششی



اگر $\varepsilon_t \geq 0.005$ ← مقطع با کنترل تحت کشش

اگر $\varepsilon_t \leq \varepsilon_y$ ← مقطع با کنترل تحت فشار

اگر $\varepsilon_y < \varepsilon_t < 0.005$ ← مقطع در ناحیه انتقالی

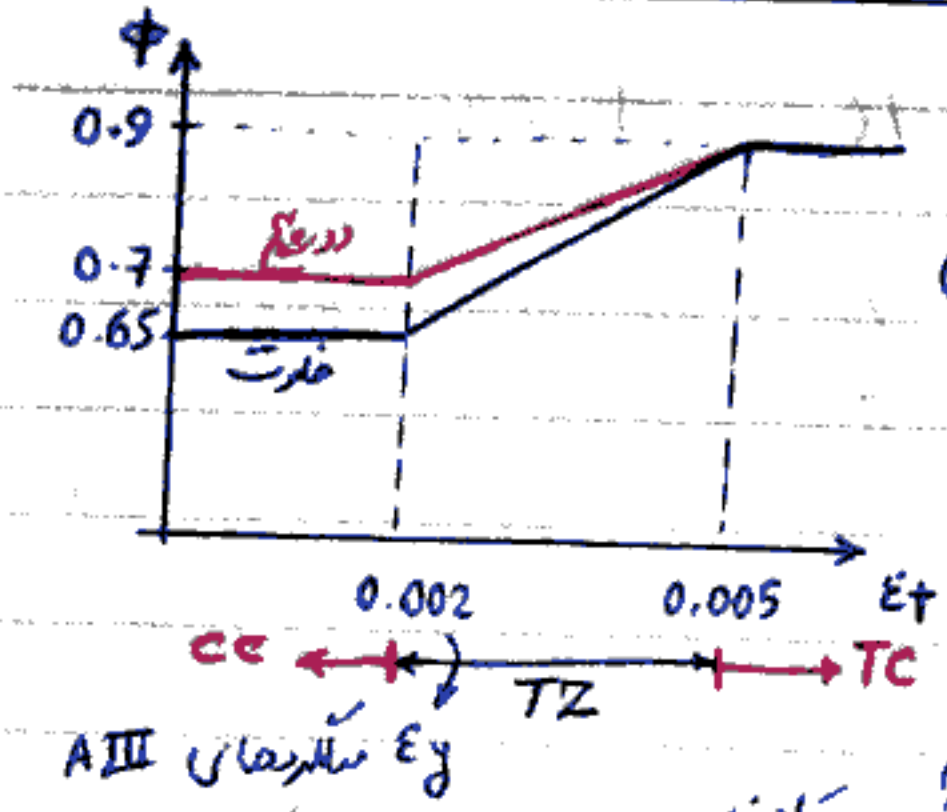
اگر فولادها در یک ردیف باشند $d = d_t$

d : عمق موثر ← فاصله هر فیبر مقطع تا فولادهای کشش از دورترین تار فشاری مقطع

d_t : فاصله هر فیبر مقطع دورترین فولادهای کشش از دورترین تار فشاری مقطع

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

(V) Date:



$$c = \frac{A_s f_y}{0.85 \beta_1 f'_c b}$$

صفحه 169 جلد اول

خارت $\Phi = 0.483 + 83.3\,\varepsilon_t$ در ماده‌ی اتصال

دورعایت $\Phi = 0.567 + 66.7\,\varepsilon_t$

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{cu}\left(\frac{d_t - c}{c}\right)$$

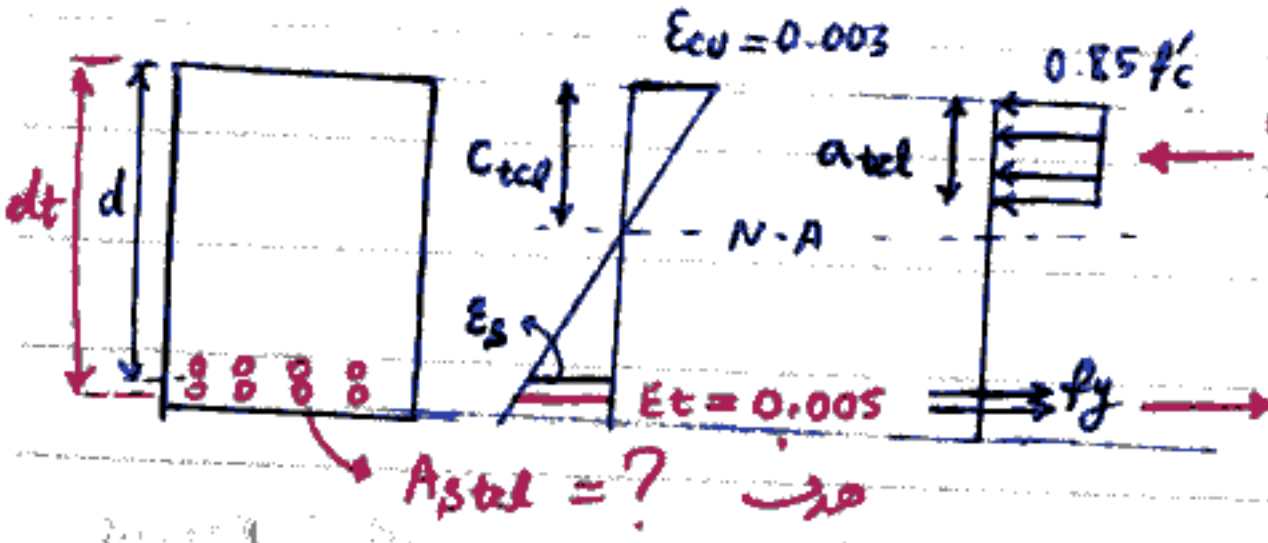
برای تعیین وضعیت مقطع

آزمایشات نشان داده که از ۲۵ تا ۳۰ درصد مقاومت طراحی با شکل می‌توان تقویت کرد و در غیر این صورت قابل تقویت نیست.

در بعضی آئین نامه‌ها 17 MPa، بتن سازه‌ای است.

ACI: اگر مقاومت بتن (تیر و دال) با ستون تا ۲۰٪ باشد می‌توان پیوستگی را حفظ کرد و در غیر این صورت برای سرویس اتصال باید بتن با مقاومت قوی‌تر ریخته شود.

تعیین وضعیت کنترل تحت کشش



* سه حالت کنترل تحت کشش tcl

Tension Control Limit

همسازی در دیاگرام کرنش

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_t} = \frac{c_{tcl}}{d_t - c_{tcl}} \Rightarrow \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_t + \varepsilon_{cu}} = \frac{c_{tcl}}{d_t} \rightarrow c_{tcl} = \frac{3}{8} d_t$$

$$\Rightarrow a_{tcl} = \frac{3}{8} d_t \beta_1 \Rightarrow \boxed{\frac{a_{tcl}}{d_t} = \frac{3}{8}\beta_1}$$

$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow T = C \quad A_{stcl} f_y = 0.85 f'_c a_{tcl} \cdot b \Rightarrow A_{stcl} = 0.85 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{3}{8}\beta_1 d_t \cdot b$

EILIYA

$$A_{stcl} = 0.319 \frac{f'_c}{f_y} \beta_1 d_t \cdot b \rightarrow \boxed{\rho_{tcl} = 0.319 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{d_t}{d}}$$

www.hoseinzadeh.info

اگر $\rho_{مقطع} \leq \rho_{tcl}$ آنگاه مقطع TC $\rightarrow \phi = 0.9$

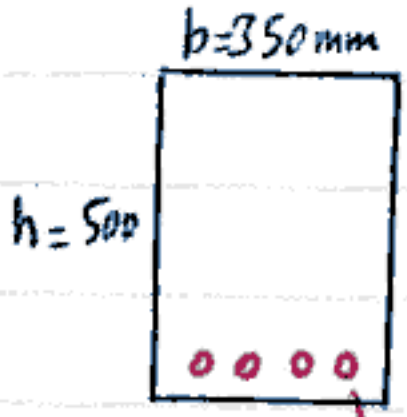
تشخیص حالت شکست TC

۱) اگر $\varepsilon_t \geq 0.005$ آنگاه

۲) $\rho_{مقطع} \leq \rho_{tcl} = 0.319 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{d_t}{d}$

۳) اگر $\frac{a}{d_t} \leq \frac{a_{tcl}}{d_t} = \frac{3}{8}\beta_1$

در اکثر سئوال دوی دسوی راحت ترکیب ۰ و ۱ و ۲ را داشته باشیم حالت سوم راحت ترکیب.



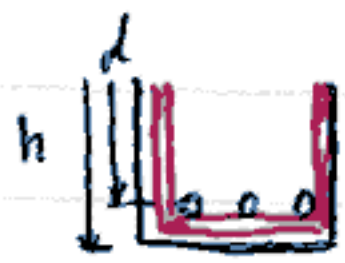
$f'_c = 28$ Mpa

$f_y = 400$ Mpa

مطلوب: $M_u = ?$

$A_s = 4 \times \frac{\pi \times 25^2}{4} = 1963 \text{ mm}^2$

$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{1963}{350 \times (500-65)}$ $\quad d \simeq h - 65 \text{ mm}$



$d = h - \{ \text{Cover} + \text{قطر خاموت} + \frac{1}{2} \text{قطر میلگرد} \}$

$= h - \{ 40 + \frac{10}{12} + \frac{1}{2}(30) \} = h - 65 \text{ mm}$

اگر خواسته دقیق نباشد میگیریم

$d \simeq h - 90 \text{mm}$ اگر دوولایه باشد

$M_n = \rho b d^2 f_y (1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c}) = 304.5 \times 10^6 = N.mm = 304.5 \text{ KN.m}$

برای تعیین ϕ $\quad \rho_{tcl} = 0.319 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{d_t}{d} = 0.019$

$\rho \leq \rho_{tcl} \rightarrow$ TC بله $\rightarrow \phi = 0.9 \rightarrow M_u = 274.1 \text{ KN.m}$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Date: جلسه دوم 12-3-89

محدودیت‌های میلگرد در مقاطع خمشی از نظر کنترل نحوه گسیختگی

$$\rho_{min} = \max\left\{ \frac{1.4}{f_y} \right.$$ حداقل میلگرد

$$\left. \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} \right.$$

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

* نکته: جریان در مقاطع خمشی میلگردی کمتر از ρ_{min} داشته باشیم به شرط اینکه میلگرد به کار رفته حداقل 1/33 بیشتر از میلگرد مورد نیاز باشد.

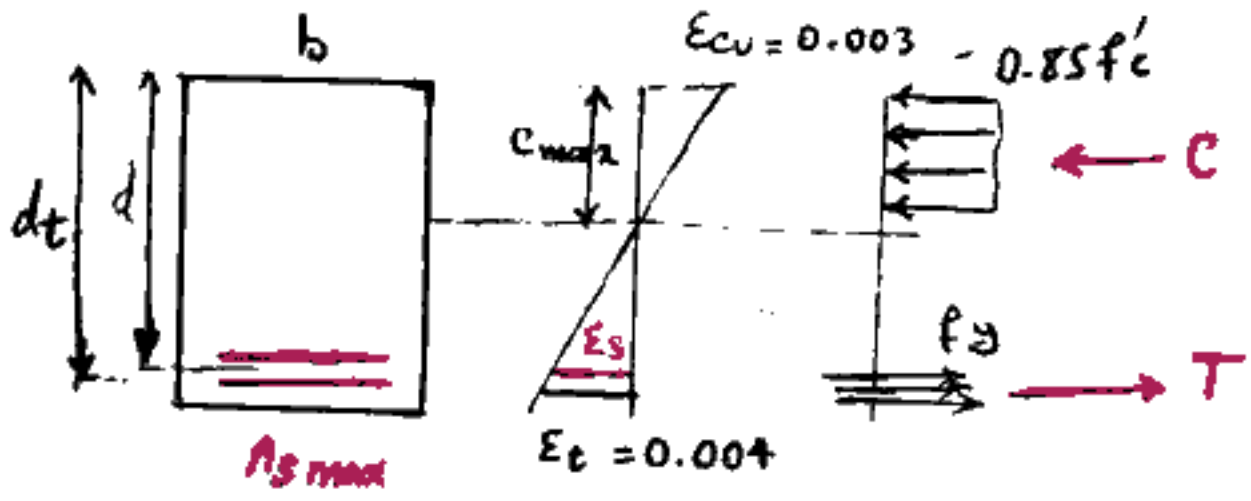
فولاد موجود $= 1.33\rho_{محاسبه}$ $< \rho_{min}$ O.K.

یا $\rho \geq \rho_{min}$

۲- محدودیت حداکثر میلگرد

آیین‌نامه 1999 $\rho_{max} = 0.75\rho_b$ و $\rho \leq \rho_{max}$

آیین‌نامه 2002 حداکثر فولاد در مقاطع خمشی چنان تعیین می‌شود که کرنش کششی خالص در دورترین فولاد کششی حداقل 0.004 باشد.



$$\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_t} = \frac{c_{max}}{d_t - c_{max}} \Rightarrow \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu}+\varepsilon_t} = \frac{c_{max}}{d_t} \Rightarrow c_{max} = \frac{3}{7}d_t \Rightarrow \boxed{\frac{a_{max}}{d_t} = \frac{3}{7}\beta_1}$$

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow A_{s\,max} f_y = 0.85 f'_c a_{max} b \Rightarrow \boxed{\rho_{max} = 0.364\beta_1 \frac{f'_c}{f_y}\frac{d_t}{d}}$$

$\varepsilon_t > 0.004 \longrightarrow \rho < \rho_{max}$

$$\frac{a}{d_t} \leq \frac{a_{max}}{d_t} = \frac{3}{7}\beta_1$$

www.hoseinzadeh.info

آنالیز و طراحی مقاطع خمشی تیر آرمه

آنالیز ← فولاد و ابعاد معلوم هستند ظرفیت خمشی مجهول است.

$$M_n = \rho b d^2 f_y \left(1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c}\right)$$

$$M_u = \phi M_n$$

طراحی ← تیر خمشی داریم مقطع: معلوم
ابعاد و یا فولاد نداریم: مجهول

* طراحی فقط فولاد
تیر خمشی: معلوم
ابعاد مقطع: معلوم
فولاد نداریم: مجهول

روش حل: $\frac{M_u}{\phi} = M_n = \rho b d^2 f_y \left(1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c}\right)$

فقط ρ مجهول

حل معادله درجه دوم برحسب ρ

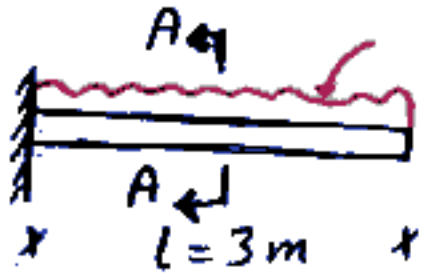
$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}}\right)$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} \quad , \quad R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

۱- برای حل باید یک ϕ فرض کرد و حداقل تا حاصل شود را ρ_{tcl} حساب کنیم تا سیم وضع اولیه صحیح بوده یا نه

۲- باید چک شود $\rho < \rho_{min}$ نباشد، $\rho > \rho_{max}$ نباشد.

مثال: حداقل تحمل تنش فولادهای کششی در تیر؟

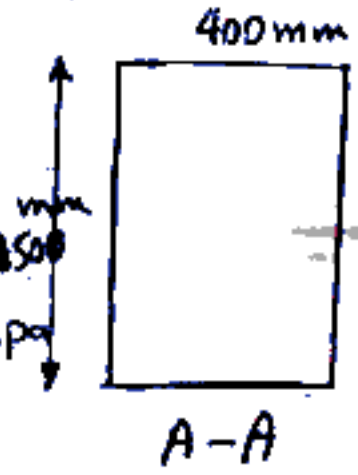


$DL = 600 \frac{daN}{m^2}$, $LL = 350 \frac{daN}{m^2}$

عرض باریکشول = 6m

ابعاد

$f_y = 400 Mpa$, $f'_c = 30 Mpa$



حل: $\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}}\right)$

$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = 15.69$, $R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi b d^2}$ $M_u = \frac{q_u l^2}{2}$

$q_u = 1.2 q_D + 1.6 q_L = 1.2 \times 600 \times 6 + 1.6 \times 350 \times 6 = 7680 \times 10^{-2} = 76.8 \frac{KN}{m}$ ↓ $\frac{daN}{m}$

$\Rightarrow M_u = 345.6 KN.m$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Date:

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{345.6 \times 10^6}{0.9 \times 400 \times 435^2} = 5.07$$

(باید فشرل شود) — $h-65$

$$\rho = \frac{1}{15.69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 5.07}{400}}\right)$$

$$\rho = 0.0143$$

کنترل حداقل بالانس فولاد

$$\rho_{min} = \max \begin{cases} \frac{1.4}{f_y} = 0.0035 \\ \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} = 0.0034 \end{cases} \qquad 0.0035$$

$$\Rightarrow \rho > \rho_{min}$$

کنترل تعادل ← $\rho_{tcl} = 0.319 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y}\left(\frac{d_t}{d}\right) = 0.0203$ (برای تنش‌های کششی $d_t = 1$)

اگر $f'_c \leq 30$ MPa
$\rightarrow \beta_1 = 0.85$

$\rho < \rho_{tcl} \rightarrow$ مقطع کنترل تنش $\rightarrow$ فرض $\phi = 0.9$ صحیح است

کنترل حد بالائی فولاد

ρ_{max} همیشه بیشتر از $\frac{6}{7}\rho_{tcl}$ برای تیرهاست

$$\rho < \rho_{tcl} < \rho_{max}$$

در نتیجه $\rho = 0.0143$ قابل قبول بوده و جواب مسأله است.

جدول صفحه 196 جلد دوم کتاب — مقدار خیز آکنونی تیر کنسول

$$\frac{1}{4} M \frac{l^2}{EI} = \frac{Pl^2}{8EI} \times l^2 = \frac{Pl^4}{8EI}$$

خیز دوازده برابر خیز آکنونی است

$A_s = \rho b d = 0.0143 \times 400 \times 435 = 2488\ mm^2$ (Top)

چون تیر طره است

اگر $\rho < \rho_{min}$ باشد $\rightarrow \rho = \rho_{min}$

$\rho = 1.33 \rho$ محاسباتی

اگر $\rho > \rho_{max}$ باشد $\rightarrow$ لازم است از فولادهای فشاری در مقطع استفاده شود.

اگر فولاد فشاری نداشته باشیم اصلاً نباید بیشتر از ρ_{max} داشته باشیم.

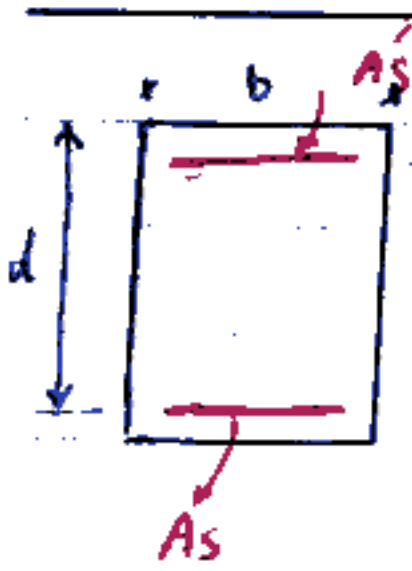
وجود فولاد فشاری قطعاً سبب نرم‌تر شدن و شکل‌پذیرتر شدن مقطع می‌شود.

در عمل $\rho > \rho_{tcl}$ از فولادهای فشاری استفاده می‌شود.

در طراحی سعی می‌شود ρ از ρ_{tcl} بیشتر شود چون اولاً مقطع شکل‌پذیرتر می‌شود.

www.hoseinzadeh.info

مقاطع تحت اثر فولادهای فشاری



$$\rho = \frac{A_s}{bd} \quad , \quad \rho' = \frac{A'_s}{bd}$$

نتایج استفاده از فولادهای فشاری

۱- کمک به ظرفیت فشاری بتن و افزایش ظرفیت مقطع

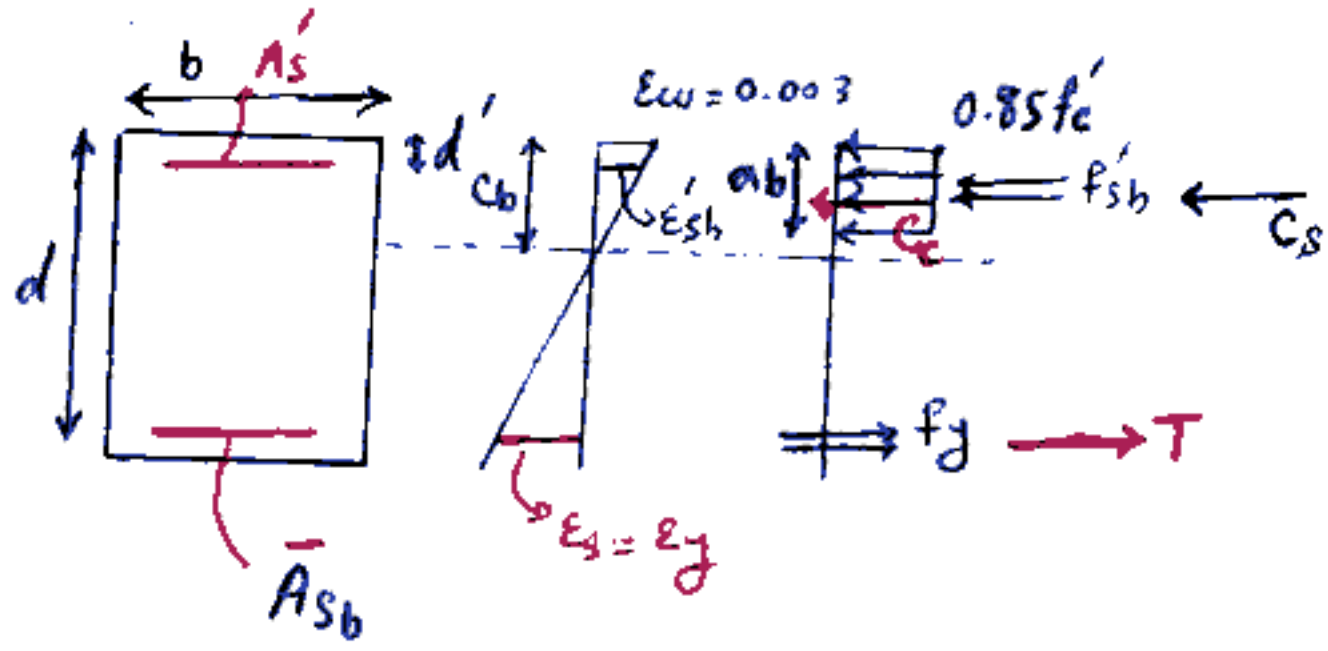
۲- افزایش شکل پذیری (Ductility)

۳- کاهش خیز درازمدت در صورتی که فولاد فشاری در صورت بتن در جهت کشش عمل کند.

* جاری شدن یا جاری نشدن فولادهای کششی ؟

* جاری شدن یا جاری نشدن فولادهای فشاری ؟

۱- بررسی جاری شدن فولادهای کششی



$\bar{A}_{sb}$: فولاد متوازن مرزی در حالتی که در مقطع فولاد فشاری هم دارد

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow T = C_c + C_s$$

$$\bar{A}_{sb} f_y = 0.85 f'_c a'_b b + A'_s f'_{sb}$$

$$\bar{A}_{sb} = 0.85 \frac{f'_c}{f_y} \beta_1 c_b b + A'_s \frac{f'_{sb}}{f_y}$$

از تشابه $\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_y} = \frac{c_b}{d - c_b} \rightarrow c_b = \frac{600}{600 + f_y} d$

$$\Rightarrow \bar{A}_{sb} = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} bd + A'_s \frac{f'_{sb}}{f_y}$$

$$\bar{\rho}_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} + \rho' \frac{f'_{sb}}{f_y} \Rightarrow \boxed{\bar{\rho}_b = \rho_b + \rho' \frac{f'_{sb}}{f_y}}$$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Date:

هشاری $\frac{\varepsilon'_{sb}}{\varepsilon_{cu}} = \frac{c_b - d'}{c_b} \rightarrow \varepsilon'_{sb} = \varepsilon_u\left(1 - \frac{d'}{c_b}\right)$

$$a = \frac{A_s f_y - A'_s f'_y}{0.85 f'_c b}$$

$a = \beta_1 c$ عمق بلوک فشاری

$$\varepsilon'_{sb} = \varepsilon_{cu}\left(1 - \frac{d'}{d}\,\frac{600+f_y}{600}\right)$$

$$f'_{sb} = E_s \varepsilon'_{sb} = 600 - \frac{d'}{d}(600+f_y)$$

$$\Rightarrow f'_{sb} = 600 - \frac{d'}{d}(600+f_y) \ll f'_y$$

اگر $\rho < \bar{\rho}_b \rightarrow$ UR تک مسلح

۲- بررسی جاری شدن فولادهای فشاری

$\bar{A}_{s\min}$: حداقل فولادکششی به منظور جاری شدن فولادهای فشاری می شود.

$$\bar{\rho}_{\min} = \frac{\bar{A}_{s\min}}{bd}$$

$\rho < \rho_{max}$ $\varepsilon_t \geq 0.004$ $\bar{A}_{s\min}$ — ر 200-207

$$\bar{\rho}_{max} = \rho_{max} + \rho' \frac{f'_{st}}{f_y}$$

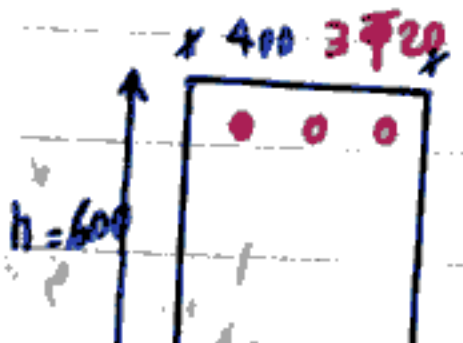
$$f'_{st} = 600\left(1 - \frac{7}{3}\frac{d'}{dt}\right) \leq f'_y$$

$$\bar{\rho}_{\min} = 0.85\beta_1 \frac{f'_c}{f_s}\frac{d'}{d}\frac{600}{600 - f'_y} + \rho' \frac{f'_y}{f_s}$$

$$f_s = \frac{d}{d'}(600 - f'_y) - 600 \leq f_y$$

اگر $\rho \geq \rho_{min} \rightarrow$ فولادهای فشاری هم جاری می شوند

مثال: در تیری که مقطع آن مانند شکل است ظرفیت خمشی مقطع چقدر است؟



$f'_c = 30\ MPa$, $f_y = 400\ MPa$

$A_s = \frac{5\pi \times 28^2}{4} = 3078\ mm^2$

$A'_s = 942\ mm^2$ $\rightarrow \rho = \frac{A_s}{bd} = 0.0144$

$\rho' = \frac{A'_s}{bd} = 0.0044$

www.hoseinzadeh.info

$$\bar{\rho}_b = \rho_b + \rho' \frac{f'_{sb}}{f_y} \quad , \quad \rho_b = 0.85\,\beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{600}{600+f_y} = 0.0325$$

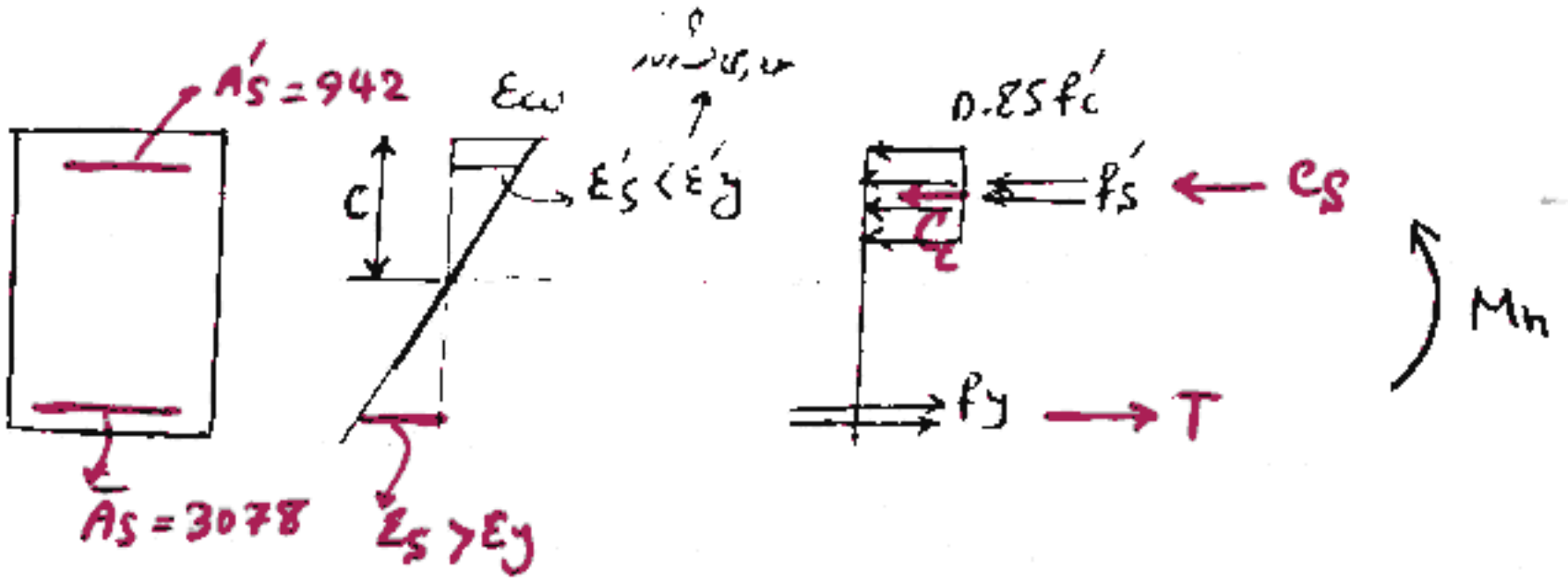
$$f'_{sb} = 600 - \frac{d''/65}{d}(600+f_y) = 478 \text{ MPa} < f'_y$$

$$\bar{\rho}_b = 0.0325 + 0.0044 \times \frac{400}{400} = 0.0369$$

$\rho = 0.0144 < \bar{\rho}_b = 0.0369 \rightarrow$ حبار، تسلیح فولادهای کششی

$\bar{\rho}_{min} = 0.024 \qquad f_s = 400\ MPa$

$\rho = 0.0144 < \bar{\rho}_{min} \rightarrow$ فولادهای فشاری جاری نمی‌شوند



$$\sum F_x = 0 \rightarrow T = C_c + C_s \rightarrow A_s f_y = 0.85 f'_c\, a.b + A'_s f'_s \quad (1)$$

همسازی $\frac{\varepsilon'_s}{\varepsilon_{cu}} = \frac{c-d'}{c} \rightarrow \varepsilon'_s = \varepsilon_{cu}\left(1-\frac{d'}{c}\right)$

$$f'_s = E_s \varepsilon'_s = 600\left(1-\frac{\beta_1 d'}{a}\right) \quad (2)$$

از حل (1) و (2) $a^2 + \frac{600A'_s - A_s f_y}{0.85 f'_c b} a - \frac{600 A'_s \beta_1 d'}{0.85 f'_c b} = 0 \Rightarrow a = 96.9\ mm$

$f'_s = 258\ MPa \qquad \sum M = 0 \rightarrow M_n = C_c \times Z_c + C_s \times Z_s$

$\Rightarrow M_n = 0.85 f'_c\, ab\left(d-\frac{a}{2}\right) + A'_s f'_s (d-d') = 595 \times 10^6\ N.mm$

$M_u = \phi M_n \qquad \frac{a}{d_t} ? \frac{a_{tcl}}{d_t} = \frac{3}{8}\beta_1 \rightarrow \frac{96.9}{535} = 0.181 < \frac{3}{8}\beta_1 = 0.319$

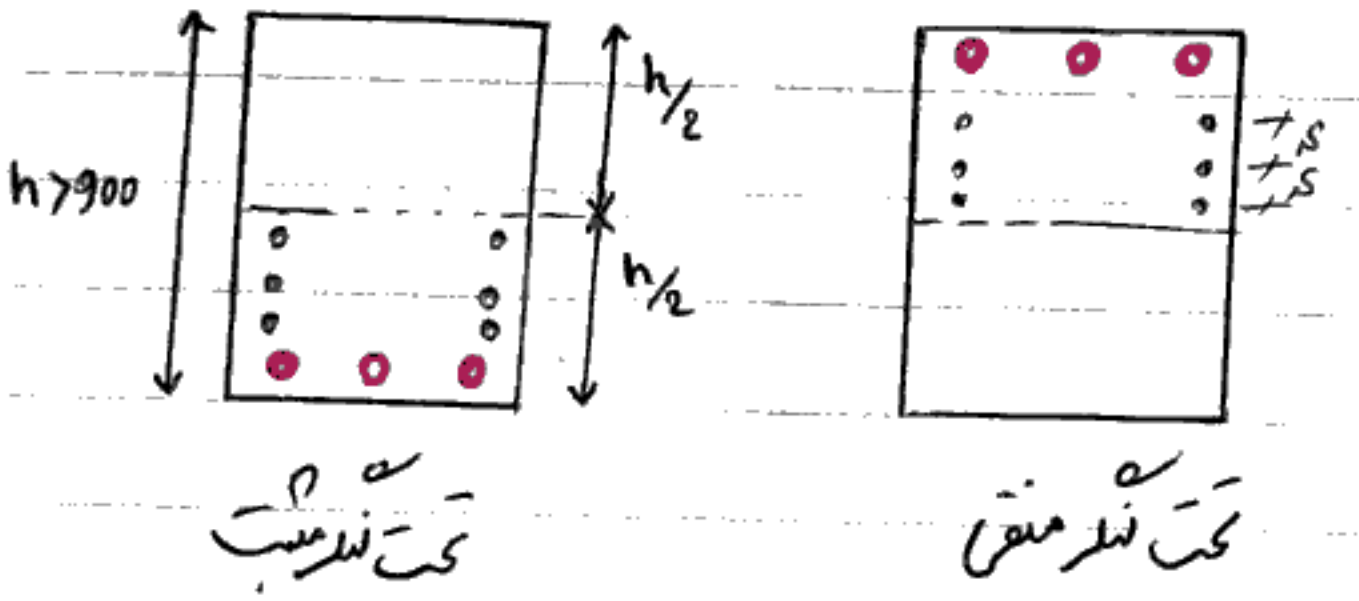
$M_u = 536\ KN.m$

$\phi = 0.9$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

فولادهای جلدی و لزوم به کار بردن آنها در مقاطع با ارتفاع زیاد

اگر $h > 900\ mm$ → مقطع با ارتفاع زیاد → لازم است از فولادهای جلدی در نامه کشی در دو طرف مقطع استفاده شود



حداکثر فاصله میلگردهای جلدی

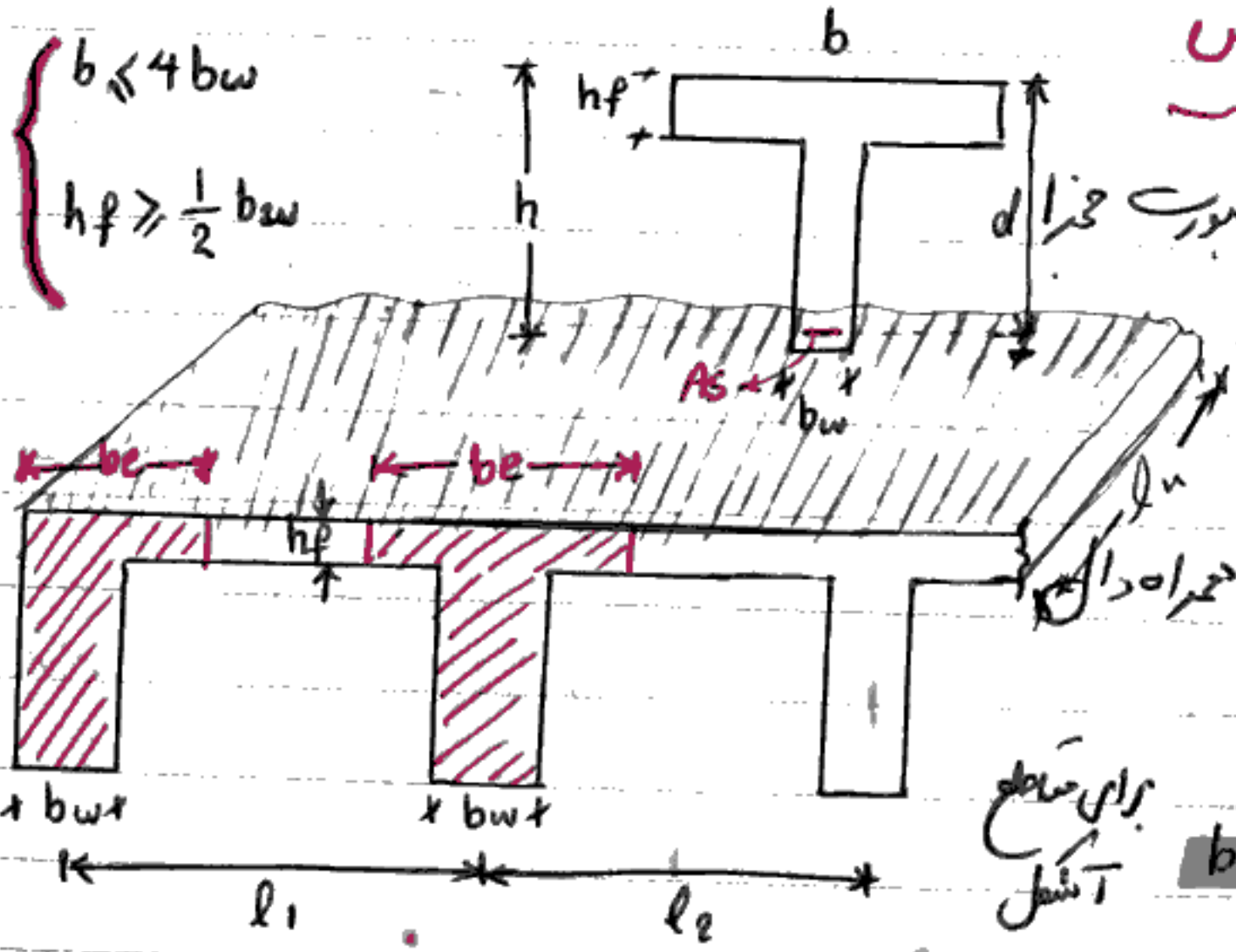
$$S \leq \frac{106000}{f_s} - 2.5 C_c$$

$$* \left(S \leq \frac{106000}{f_s} - 2.5 C_c \leq 300 \left(\frac{280}{f_s}\right) \right)$$

$f_s \simeq 0.6 f_y$ C_c = پوشش روی میلگرد خمشی $\simeq 50\ mm$

مقطع با بال در تحت خمش

T شکل ← ۱- صورت حذا



ضوابط:
- $b \leq 4 b_w$
- $h_f \geq \frac{1}{2} b_w$

برای مقطع T شکل

وسط

$$b_e = \min \begin{cases} (l_1 + l_2)/2 \\ b_w + 16 h_f \\ l_n/4 \end{cases}$$

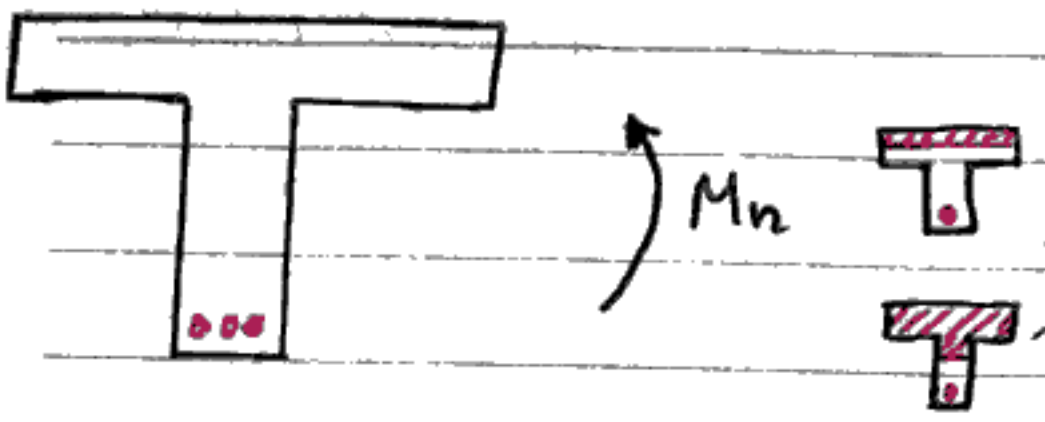
تکیه‌گاهی

$$b_e = \min \begin{cases} l_1/2 + b_w \\ b_w + 6 h_f \\ l_n/2 + b_w \end{cases}$$

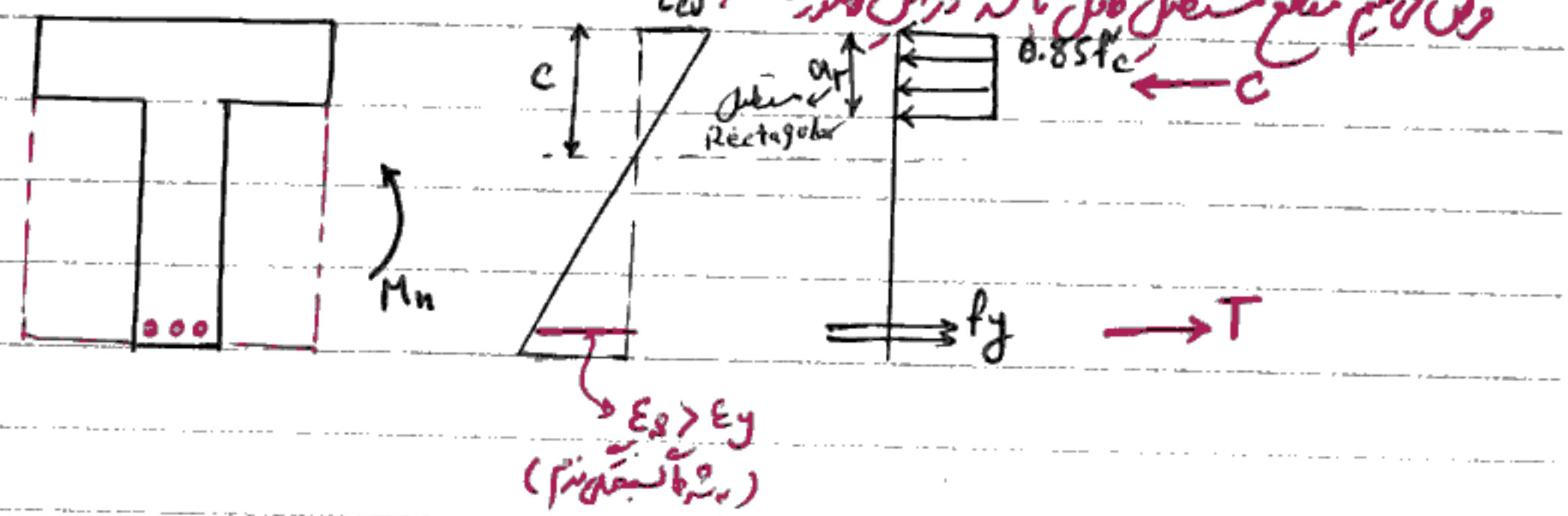
www.hoseinzadeh.info

بررسی مقاطع T شکل تحت خمش

سؤال: موقعیت بلوک فشاری تنش: بال یا جان؟



فرض می‌کنیم مقطع مستطیل کامل باشد در این صورت:



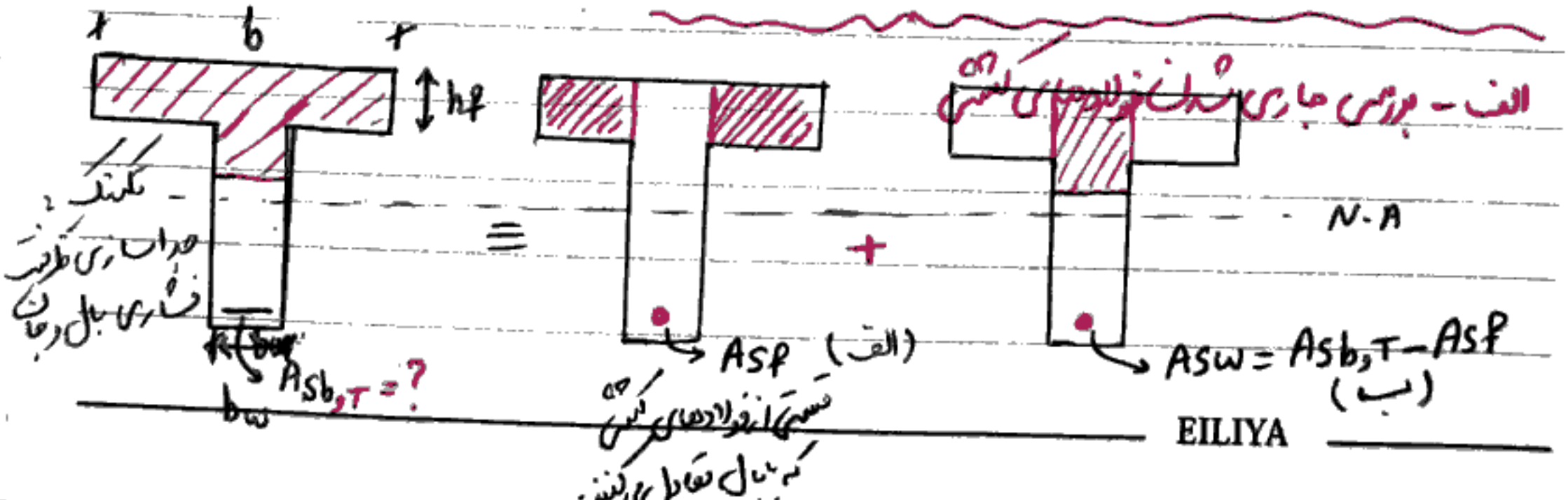
$$\sum F_x = 0 \rightarrow C = T$$

$$0.85 f'_c \, a_r \cdot b = A_s f_y \rightarrow a_r = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

اگر $a_r \leq h_f$ → تمام ناحیه فشاری تنش در بال واقع می‌شود → عملکرد مستطیلی

$a_r > h_f$ → قسمتی از ناحیه فشاری تنش از بال گذشته و به جان سرایت می‌کند → عملکرد T شکل

بررسی مقاطع T شکل با عملکرد $a_r > h_f$



www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

الف) $\sum F_x = 0 \rightarrow T = C$

$$A_{sf} f_y = 0.85 f'_c h_f (b - b_w)$$

$$\boxed{A_{sf} = \frac{0.85 f'_c}{f_y} h_f (b - b_w)}$$

ب) $\sum F_x = 0 \longrightarrow T = C$

$$(A_{sb,T} - A_{sf}) f_y = 0.85 f'_c a_b \cdot b_w$$

$$A_{sb,T} = A_{sf} + 0.85 \frac{f'_c}{f_y} b_w \times \beta_1 c_b \quad \nearrow \frac{600}{600 + f_y} d$$

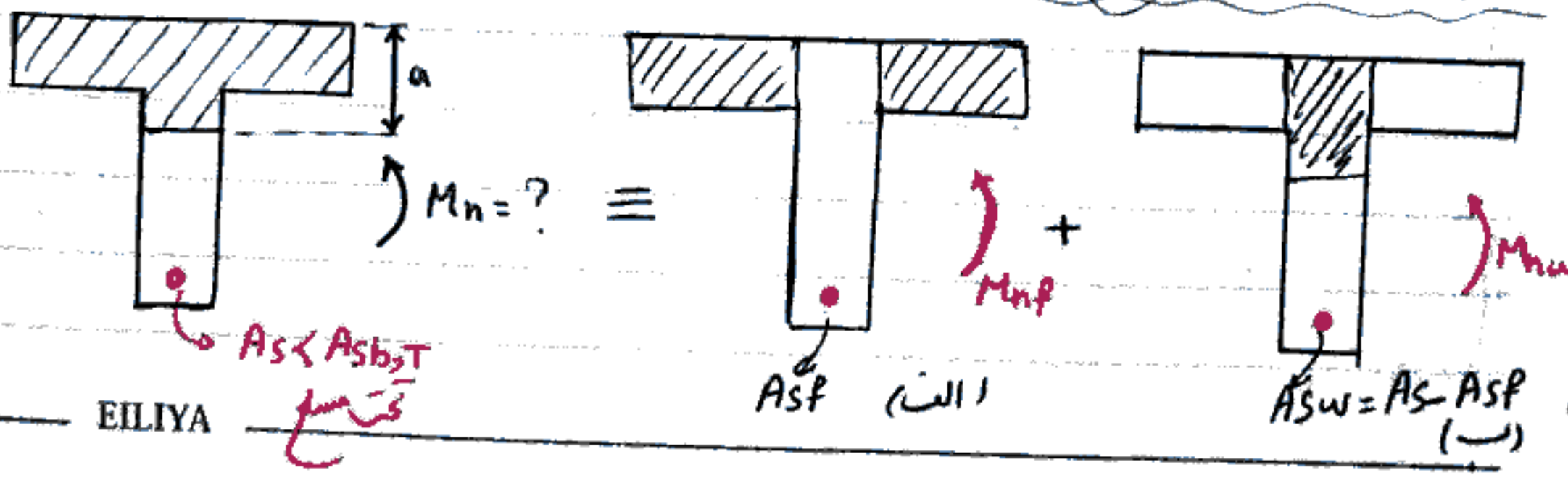
$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} \;,\; \rho_{b,T} = \frac{A_{sb,T}}{b_w d} \;,\; \boxed{\rho_f = \frac{A_{sf}}{b_w d}}$$

$$\Rightarrow \rho_{b,T} = \rho_f + 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \Rightarrow \boxed{\rho_{b,T} = \rho_b + \rho_f}$$

اگر $\rho_T \leq \rho_{b,T} \longrightarrow$ UR تحت مسلح

اگر $\rho_T > \rho_{b,T} \longrightarrow$ OR فوق مسلح

تعیین ظرفیت خمشی مقطع T شکل با محاسبه a شکل



www.hoseinzadeh.info

الف) $\Sigma F_x = 0 \rightarrow T = C$

$$A_{sf} = 0.85 \frac{f'_c}{f_y} h_f (b - b_w)$$

$$\Sigma M = 0 \longrightarrow \boxed{M_{nf} = A_{sf} f_y \left(d - \frac{h_f}{2}\right)}$$

ب) $\Sigma F_x = 0 \rightarrow T = C$

$$0.85 f'_c b_w a = (A_s - A_{sf}) f_y \rightarrow \boxed{a = \frac{(A_s - A_{sf}) f_y}{0.85 f'_c b_w}}$$

$$\Sigma M = 0 \longrightarrow \boxed{M_{nw} = (A_s - A_{sf}) f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$\boxed{M_n = M_{nf} + M_{nw}}$$

$$\boxed{M_u = \phi M_n}$$

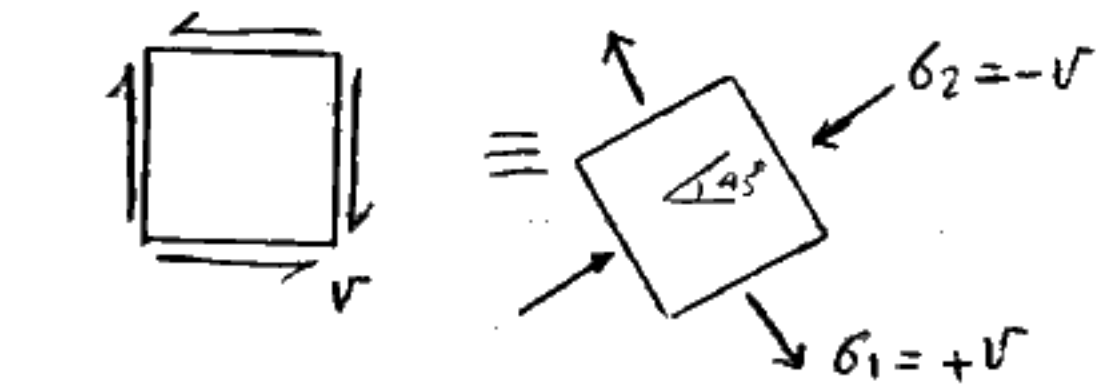
$\frac{a}{d_t} \overset{?}{<} \frac{3}{8}\beta_1 \rightarrow \phi = \cdots$ برای

جلسه سوم 19-3-89

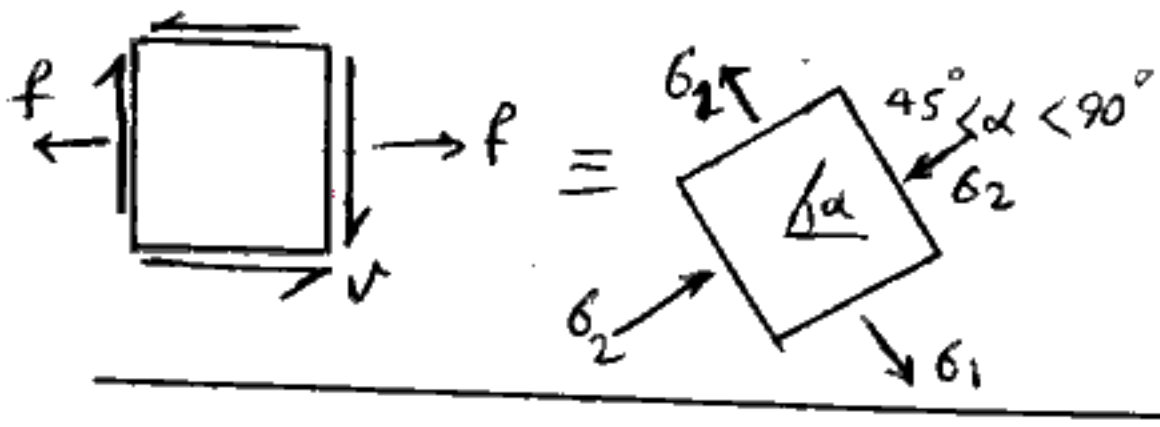
برش در تیر آرمه

برش خالص ← تنش‌های کششی اصلی در یک راستای مورب ایجاد می‌شود.
برش + خمش

برش خالص در کشش تنش ضعیف است.

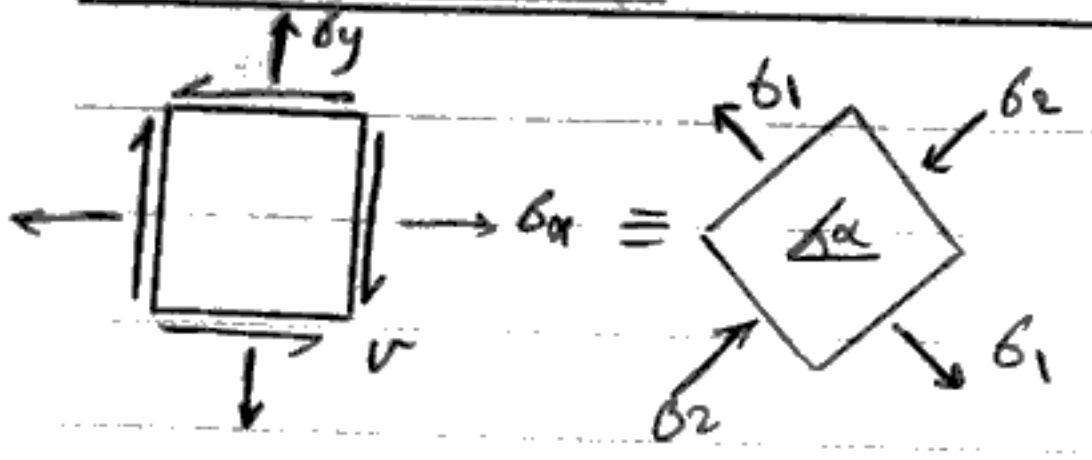


برش + خمش



www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

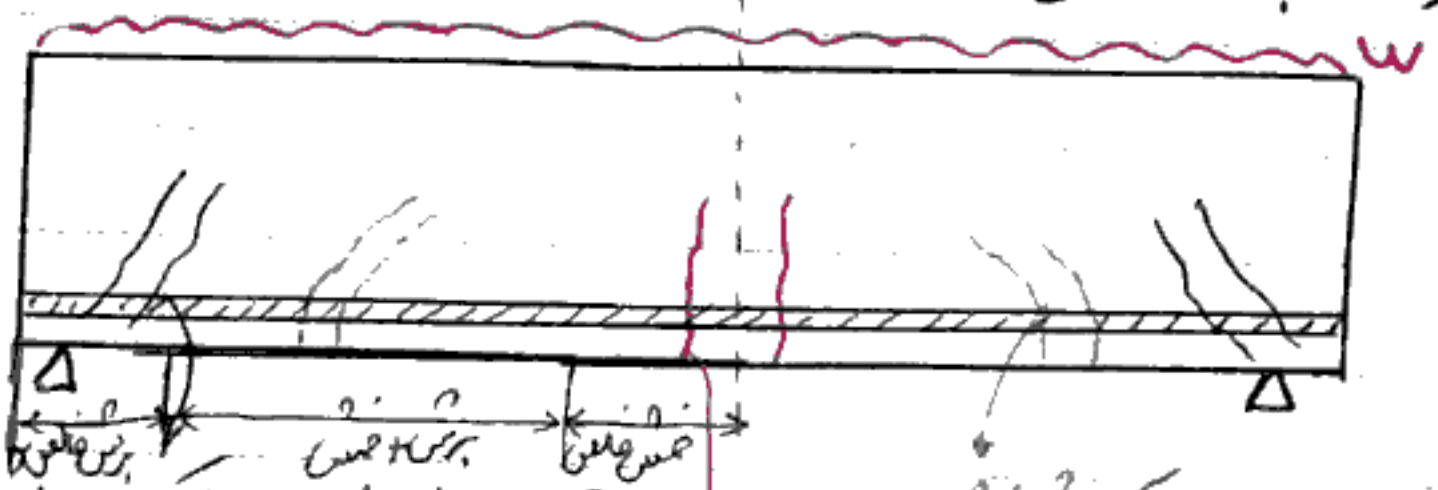
Date:



$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x+\sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x-\sigma_y}{2}\right)^2+\upsilon^2}$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{\upsilon}{(\sigma_x-\sigma_y)/2}$$

مقاطع تحت برش بایت برش + خمش ← ترک‌های مورب.



ترک‌های برشی جان
Web Shear Cracks

برش خالص این ترک‌ها از زیر تیر دیده نمی‌شوند ولی از کنار، دیده می‌شوند

راستای 45° دارد

ترک‌های خمشی خالص از زیر مشخص است

Shear Flexure Crack

ترک‌های تنش خمشی که زیر شروع می‌شود ولی ترک‌های برشی از زیر شروع شده و در جان تیر هستند

برای جلوگیری از ترک‌های ایجاد شده باید از خاموت گذاری استفاده شود.

{ Vertical Reinforcement
Transverse "
web Reinforcement

۱- فولادهای قائم - فولادهای عرضی - فولادهای جان

محاسبات برشی تیرهای بتن آرمه

ظرفیت برشی بتن مقطع

$$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'_c}\, b_w d$$

N MPa mm mm

b_w : عرض جان

d : عمق مؤثر مقطع

www.hoseinzadeh.info

Date:

ACI 318

اگر $V_u \leq \frac{1}{2}\Phi V_c$ ← نیازی به خاموت برشی نیست

$\frac{1}{2}\Phi V_c < V_u < \Phi V_c$ ← نیاز به فولاد برشی محاسباتی نیست ولی لازم است از فولاد برشی حداقل استفاده شود

$V_u > \Phi V_c$ ← نیاز به فولاد برشی محاسباتی است.

V_u : برش با ضریب ایجاد شده در مقطع

Φ : ضریب کاهش مقاومت برشی

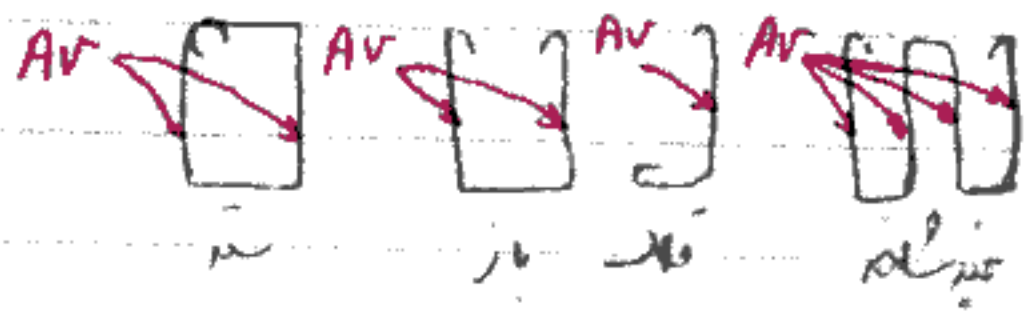
$\Phi = 0.85$ ~~1999~~ سال

$\Phi = 0.75$ 2002 ارسال

1.2D + 1.6L

محاسبات برش در حالتی که $V_u > \Phi V_c$

۱) آرایش خاموت های برشی عام استفاده شود.



A_v: سطح مقطع شاخه های عام خاموت

S = فاصله افقی خاموت ها

f_{yt} : تنش مربوط به آرماتورهای عرضی

ظرفیت برشی خاموت ها $V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{S}$

ظرفیت برشی اسمی مقطع $V_n = V_c + V_s$

در طراحی دو طرف نامساوی برابر در نظر گرفته می شوند. $V_u \leq \Phi V_n$ تبدیل

مسائل برش در سه آرایش ارائه

۱- آرایش مشخصات مقطع و فولادهای معلوم ظرفیت برشی مقطع مجهول

$V_n = V_c + V_s = \frac{1}{6}\sqrt{f'_c}\, b_w d + \frac{A_v f_{yt} d}{S}$, $V_u \simeq \Phi V_n \Rightarrow V_u = \dots$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

۲- حالت طراحی — ابعاد مقطع و پرش مقطع معلوم — خاموت‌های مجهول

$$V_u = \Phi (V_c + V_s)$$

$$V_s = \frac{V_u}{\Phi} - V_c$$

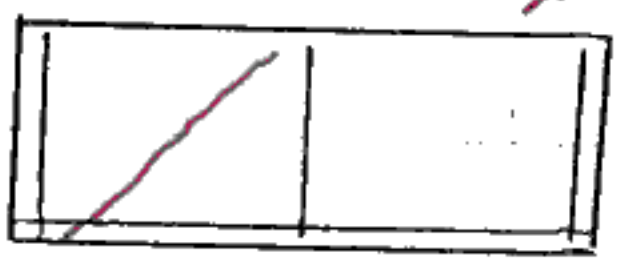
$$\frac{A_v f_{yt} d}{s} = \frac{V_u}{\Phi} - V_c \rightarrow \left(\frac{A_v}{s}\right)_{req} = \frac{\frac{V_u}{\Phi} - V_c}{f_{yt} d}$$

مقدار مقاومت برشی و فاصله دانه‌بار بودن آنرا انتخاب کرده در نتیجه s ---

نکات آئین‌نامه‌ای برش

الف- حداکثر فاصله خاموت‌ها S_{max}

ترک ازبین خاموت‌ها عبور می‌کند



فاصله خاموت‌ها زیاد

* اگر $V_s = V_n - V_c \leq 2V_c$

$$\rightarrow S_{max} = \min\left\{\frac{d}{2}, 600\,mm\right\}$$

* اگر $V_s = V_n - V_c > 2V_c$

$$\rightarrow S_{max} = \min\left\{\frac{d}{4}, 300\,mm\right\}$$

ب- حداقل فولاد برشی آئین‌نامه‌ای

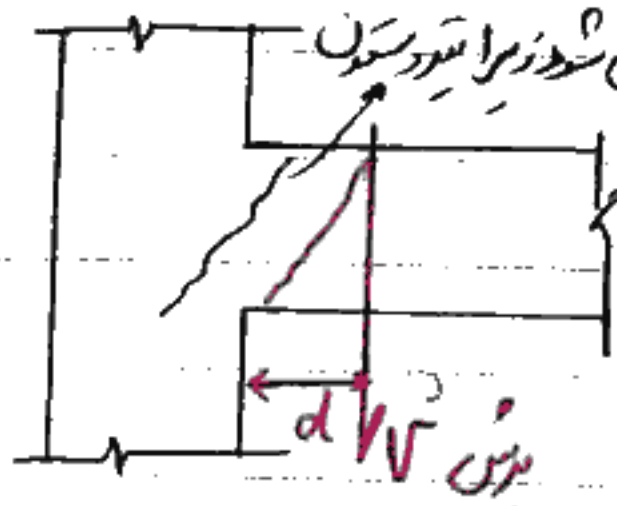
$$\left(\frac{A_v}{s}\right)_{min} = \max\begin{cases} \frac{1}{3}\frac{b_w}{f_{yt}} \\ \frac{1}{16}\sqrt{f'_c}\frac{b_w}{f_{yt}} \end{cases}$$

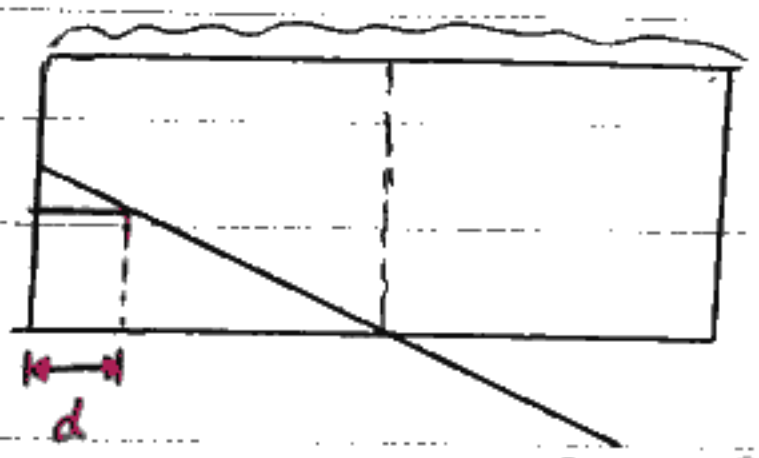
① توجه: $\left(\frac{A_v}{s}\right)_{req}$ همیشه باید بیشتر یا مساوی $\left(\frac{A_v}{s}\right)_{min}$ گرفته شود.

② هرجا که $\frac{1}{2}\Phi V_c < V_u < \Phi V_c$ باید از فولاد مینیمم استفاده شود.

www.hoseinzadeh.info

ج) در حالتی که برش تکیه‌گاه در روی برش با فاصله d از بر تکیه‌گاه راستای قائم قرار دارد.





د) نحوه آرایش میلگرد برشی

الف) جهت جلوگیری از شکست برشی

ب) جهت جلوگیری از باز شدن ترک‌های برشی در بهره‌برداری (باز شدن ترک‌ها اکسپوژر دارد و سطح زیر دیده‌شده و زیبایی خود را از دست می‌دهد)

$V_s \leq 4V_c$ یا $V_n \leq 5V_c$

$V_u \leq 5\phi V_c$ یا $\left(\frac{A_v}{s}\right)_{max} \leq \frac{2}{3}\sqrt{f'_c}\frac{b_w}{f_{yt}}$

تذکر: هر خاموت $\frac{s}{2}$ از سمت چپ و $\frac{s}{2}$ از سمت راست عرضه نفوذ دارد لذا اولین خاموت را باید به فاصله $\frac{s}{2}$ از بر تکیه‌گاه قرار دهیم.

مثال: طرح خاموت گذاری تیر در تکیه‌گاه؟

$DL = 45\ KN/m$, $LL = 18\ KN/m$

$f'_c = 25\ MPa$, $f_{yt} = 400\ MPa$

$q_u = 1.2D + 1.6L = 82.8\ KN/m > 1.4D = 63\ KN/m$

برش در فاصله d از بر تکیه‌گاه $= V_u = q_u \times (l-d) = 82.8(3-0.335) = 220.7\ KN$

کنترل مقاومت خاموت: $V_u \leq 5\phi V_c$ $\quad V_c = 83.75 \times 10^3 N \rightarrow$ O.K. شکست قطری برشی سالم

مقدار خاموت باید طوری تعیین شود

$\left(\frac{A_v}{s}\right)_{req} = \frac{\frac{V_u}{\phi} - V_c}{f_{yt}\, d} = 1.57\ mm$

حداقل $\left(\frac{A_v}{s}\right)_{min} = Max\begin{cases}0.25 \\ 0.23\end{cases}$ که کنترل از این تعیین نشده

$\left(\frac{A_v}{s}\right)_{req} > \left(\frac{A_v}{s}\right)_{min}$ O.K.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Date:

Try Φ10 خاموت ② ⊓

$$A_v = \frac{② \pi \times 10^2}{4} = 157\,mm^2$$

$$S_{req} = \frac{A_v}{(\frac{A_v}{S})_{req}} = \frac{157}{1.57} = 100\,mm$$

فاصله خاموت‌ها $V_s = V_n - V_c = \frac{V_u}{\phi} - ② 2V_c$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{220.7}{0.75} - 83.75 = 210.5\,kN$$

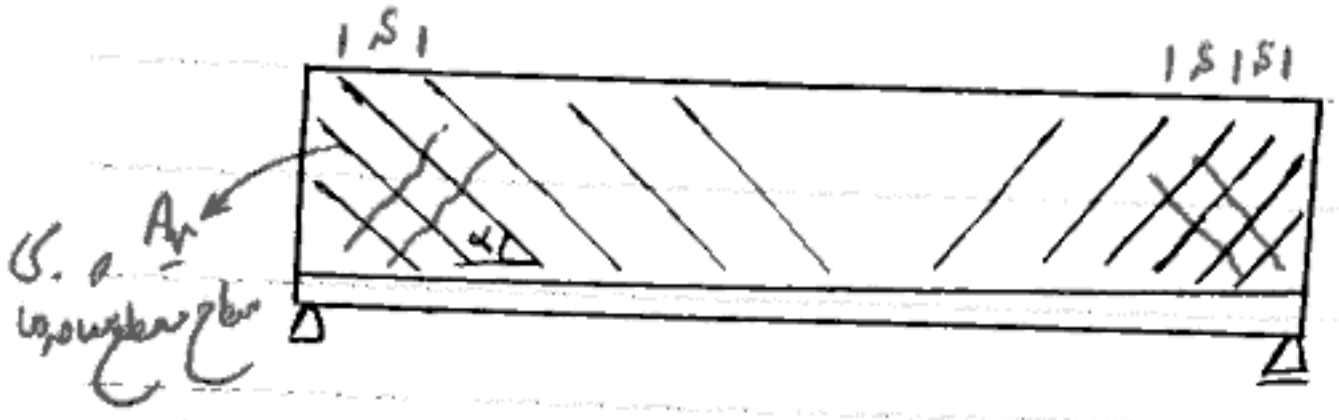
$$V_s > 2V_c$$

$$S_{max} = \min\left\{\frac{d}{4}, 300\,mm\right\} = 83.75$$

USE Φ10 ⊓ @ 80mm در کلیه ۵

بدلیل این که از جهت اقتصادی مقرون به صرفه نیست که شدن میلگردی برشی در طول تیر فاصله خاموت‌ها را افزایش داد.

فولادگذاری برشی مایل



مایل

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{S}(\sin\alpha + \cos\alpha)$$

$V_n = V_c + V_s$, $V_u \leq \phi V_n$ اگر $\alpha = 90 \rightarrow \sin\alpha + \cos\alpha = 1$

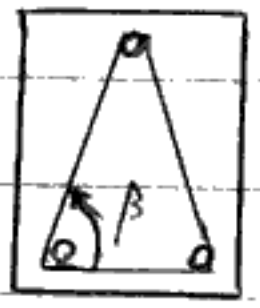
www.hoseinzadeh.info

حداکثر V_s با شیب میلگردهای برشی نسبت به تنش $\alpha = 45^\circ$ خواهد شد. ←

راندمان محاسباتی ⟵ $\simeq \sqrt{2} \equiv 40\%$

راندمان اقتصادی $< 40\%$ ← حدود طول میلگردهای مایل هم محدود است و نزدیک تکیه‌گاه‌ها تعدادشان کم است.

آرایش عرضی خاموت

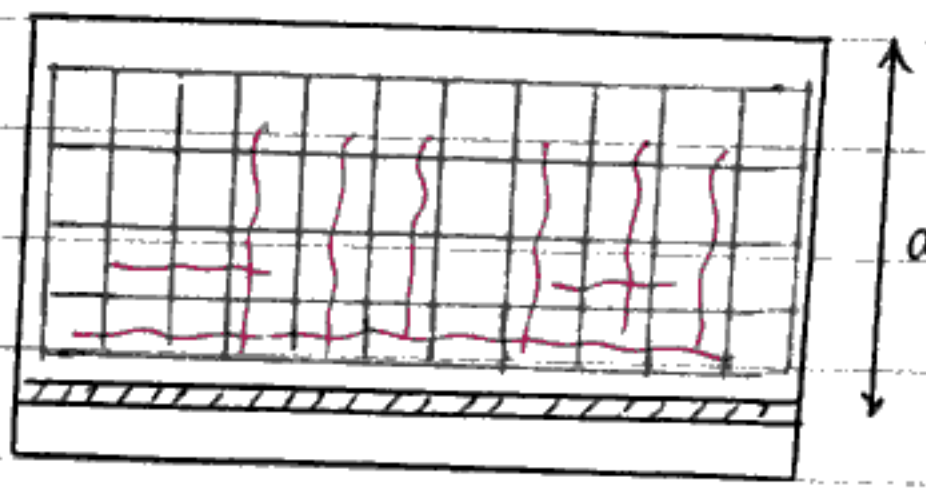


$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \cdot \sin\beta$$

اگر هم تنگ طولی و هم تنگ عرضی داشته باشیم مثلاً در تیرچه‌ها

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \cdot \underbrace{\sin\alpha \sin\beta}_{\text{تنگ عرضی تنگ طولی}}$$

برش در تیرهای عمیق (Deep Beam)



در تیر عمیق لازم است از یک شبکه متعامد فولاد برشی استفاده شود.

محاسبات فولادگذاری در تیر عمیق در دو کتاب

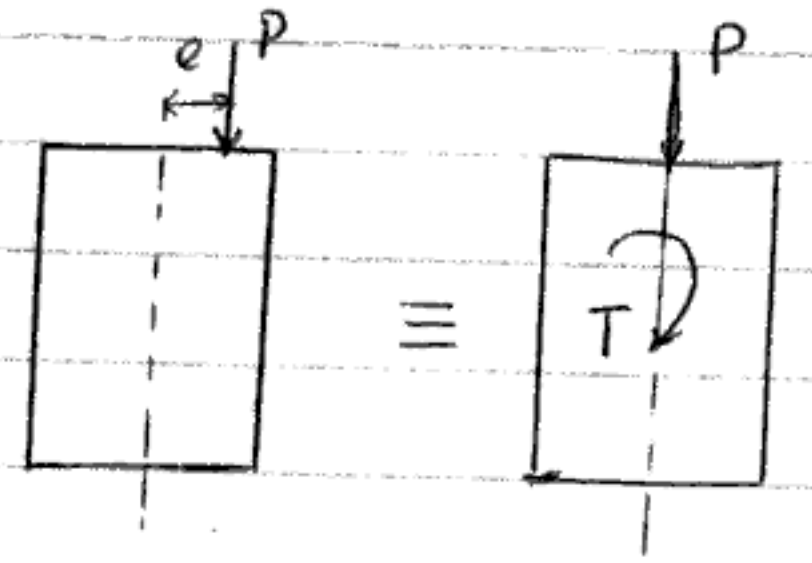
تا سال 1999	$\frac{l_n}{d} \leqslant 5$	تیر عمیق
از سال 2002	$\frac{l_n}{d} \leqslant 4$	تیر عمیق

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

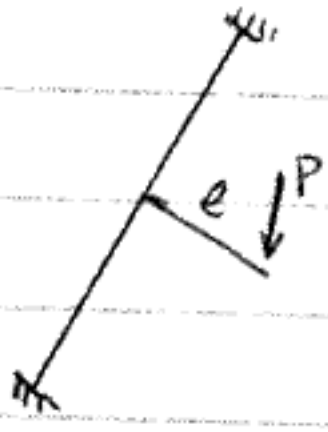
پیچش در تیر آرمه

دلائل ایجاد پیچش در تیر آرمه

۱- وجود بار خارج از محور

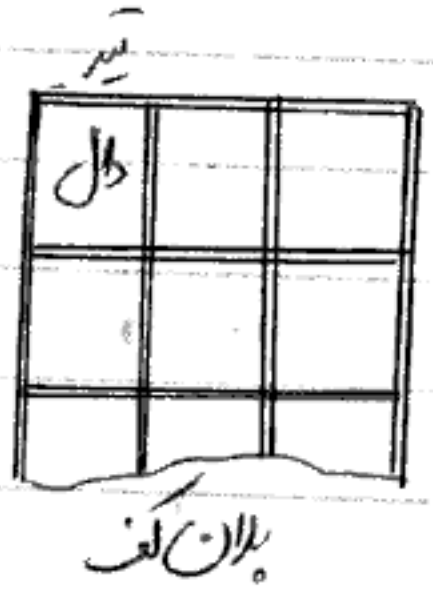


$T = P \cdot e$



۲- پیوستگی اعضای تیر آرمه (دال و تیر)

تیرهای کناری تحت پیچش خارجی ندرتی تیرهای میانی تقریباً بدون پیچش می‌باشند.



بررسی پیچش در سازه‌های بتنی

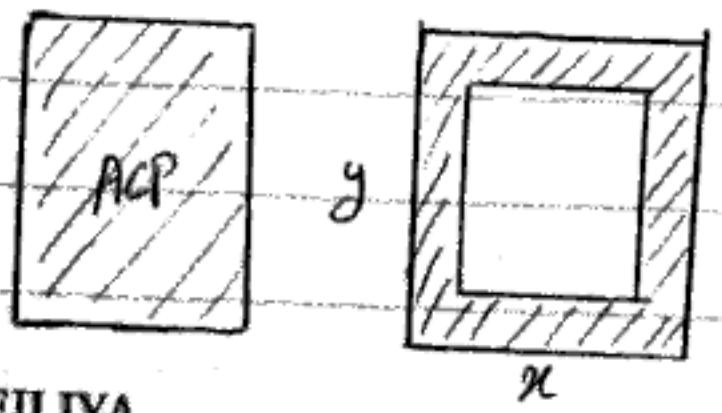
T_{cr} : پیچش ترک‌خوردگی Cracking

$$T_{cr} = \frac{1}{3}\sqrt{f'_c}\,\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

A_{cp} : مساحت محصور بیرونی ترین خطوط در برگیرنده مقطع

P_{cp} : محیط بیرونی ترین خطوط در برگیرنده مقطع

چون ضخامت مقطع جدار نازک میان پیچش استفاده می‌شود لذا این قسمت وسط در نظر گرفته می‌شود و کار می‌کند.

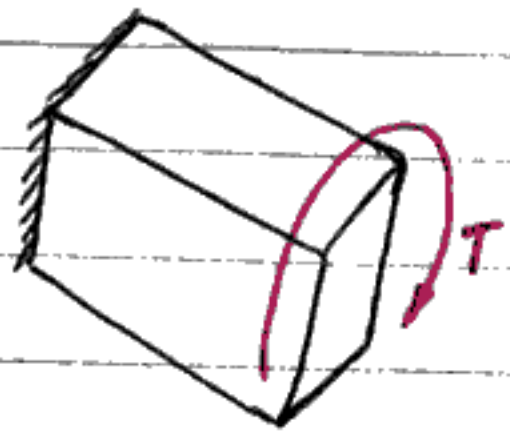


EILIYA

$ACP = xy$ $\quad ACP = xy$

$PCP = 2(x+y)$ $\quad PCP = 2(x+y)$

www.hoseinzadeh.info



اگر $T_u \leq \Phi T_{cr}$ → تاثیر خمش پیچشی در مقطع اتفاق نمی‌افتد.

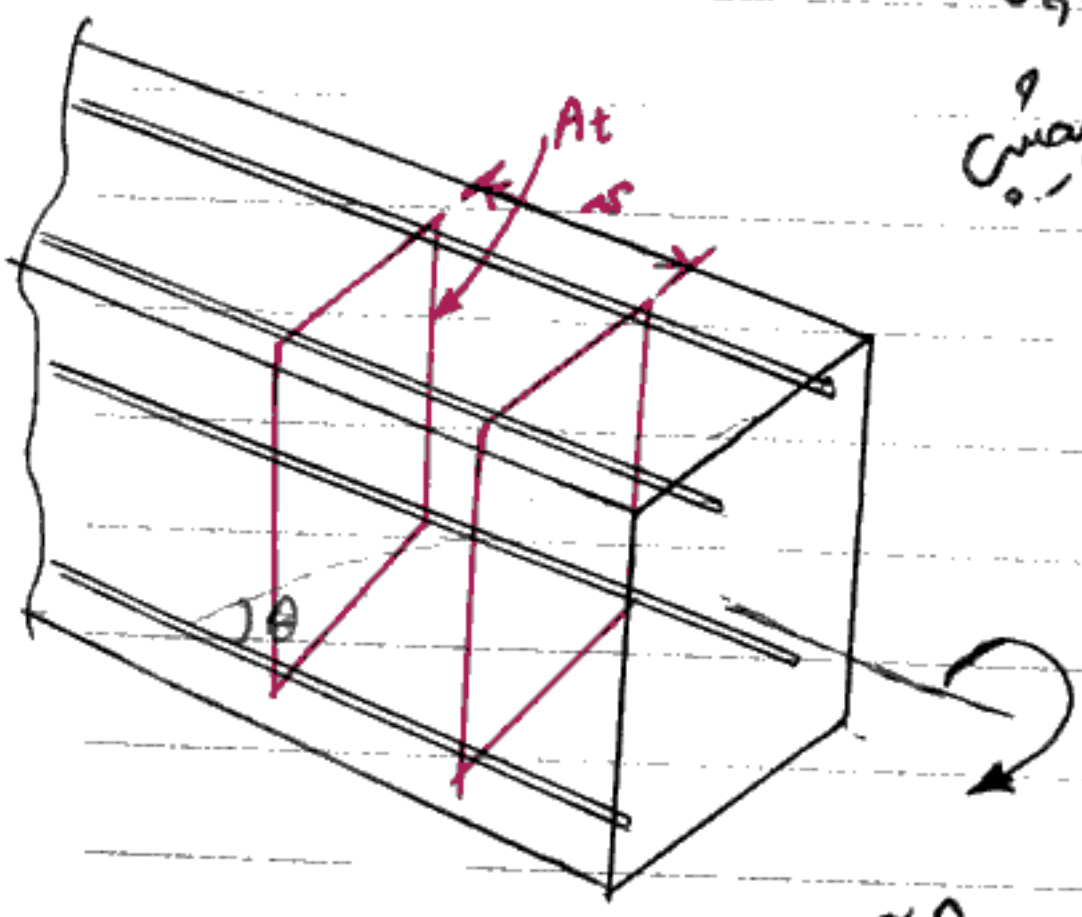
ACI 318

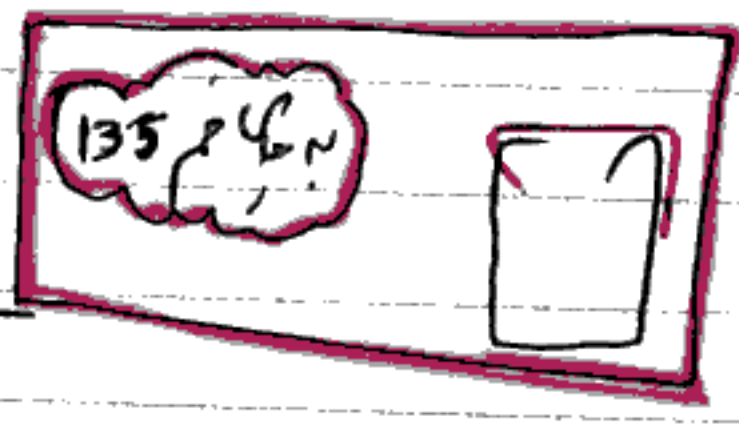
اگر $T_u \leq \frac{1}{4}\Phi T_{cr}$ → پیچش در محاسبات قابل صرفنظر کردن می‌باشد.

شرط صرفنظر کردن از وجود پیچش در محاسبات $T_u \leq \frac{1}{12}\Phi\sqrt{f'_c}\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$

اگر پیچش در محاسبات وارد شود

فولادهای پیچشی لازم → خاموت بسته پیچشی
→ فولادهای طولی پیچشی





* چون تنش ایجاد شده در اثر پیچش هم برشی است تمام ظرفیت برشی بتن به برش تخصیص می‌یابد و ظرفیت برشی برای پیچش بتن صفر در نظر گرفته می‌شود

$T_n = T_c + T_s$ ظرفیت پیچشی اسمی مقطع $\Rightarrow$ ($T_c \simeq 0$)

$$T_s = \frac{1.7 A_{oh} f_{yt} A_t}{s}$$

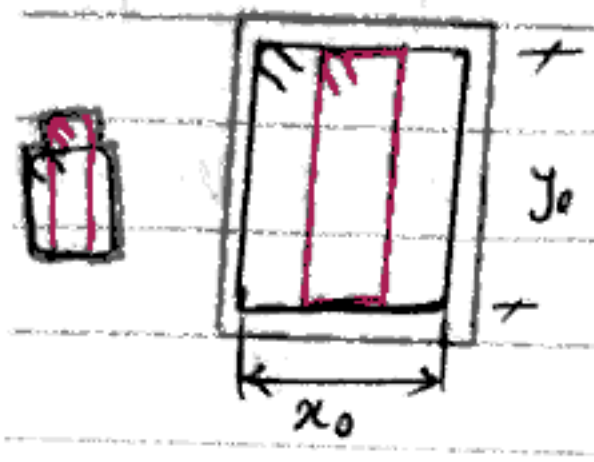
f_{yt} : تنش تسلیم فولادهای عرضی
A_t : سطح مقطع یک شاخه آرماتور
s : فاصله افقی خاموت‌ها

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Date:

A_{oh}: مساحت محصور به بیرون‌ترین خاموت بسته پیرامونی

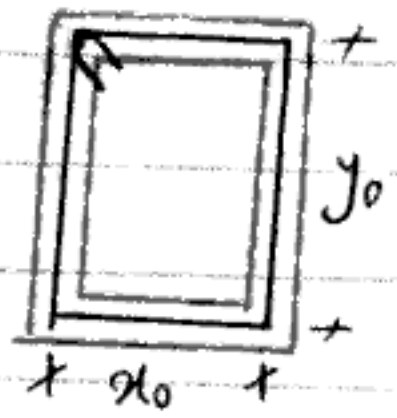
x_0 و y_0 مرکز تا مرکز خاموت‌ها



$A_{oh} = x_0 y_0$

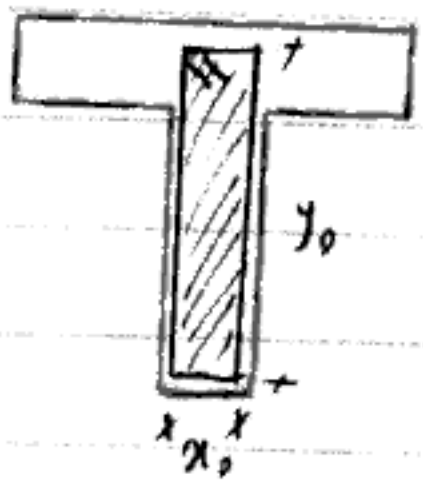
$P_h = 2(x_0 + y_0)$

خاموت قرنیز زیاد اثری در محاسبه ندارد.



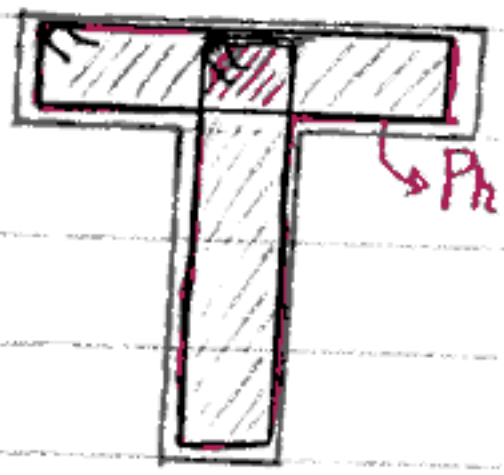
$A_{oh} = x_0 y_0$

$P_h = 2(x_0 + y_0)$



$A_{oh} = x_0 y_0$

اگر دو خاموت هم بسته شده باشند مثلاً 2 تا 10



مقدار A_{oh} عبارت است از A_t دورتر قرنیز − بسته

می‌شود.

جریان فرمول $T_s = \frac{2 A_o f_{yt} A_t}{s} \cdot \cot\theta$ $\quad A_o \simeq 0.85 A_{oh}$, $\theta \simeq 45°$

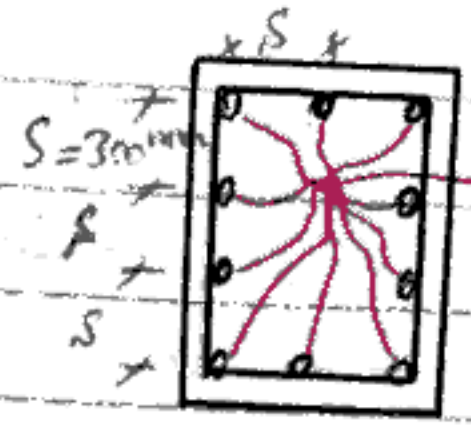
$T_u \leq \phi T_n \rightarrow T_u \leq \frac{1.7 \phi A_{oh} f_{yt} A_t}{s}$

مقاومت بسته پیچشی

$$\left(\frac{A_t}{s}\right)_{req} = \frac{T_u}{1.7 \phi f_{yt} A_{oh}} \qquad \phi = 0.75$$

* مقاومت فولادهای طولی پیچشی

P_h: محیط بیرونی ترین خاموت بسته پیچشی



Longitudinal طولی

$$A_l = \left(\frac{A_t}{s}\right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y} \cdot \cot^2\theta$$

$\theta = 45$

www.hoseinzadeh.info

نکات آئین نامه ای

۱- فولادهای طولی پیچش باید در هر ۴ طرف مقطع توزیع شود.

۲- حداقل $\Phi 10$

۳- فاصله حداکثر 300 mm باشد.

۴- مسلح طولی پیچش باید در حاسبا خمش مورد استفاده قرار گیرد

۵- مسلح طولی پیچش می تواند به عنوان مسلح جانبی یا کوشه نیز در تیرهای با ارتفاع زیاد مورد استفاده قرار گیرد.

* در پیچش مسلح های طولی به کشش می افتند و تنش به علت بارهای ثقلی در آنها وجود خواهد داشت ایجاد می شود ص ۳۸۸ کتاب

نکات آئین نامه ای

۱- فاصله حداکثر طولی پیچشی S_{max}

$$S_{max} = \min \begin{cases} \frac{Ph}{8} \\ 300\ mm \end{cases}$$

۲- مسلح های طولی پیچشی حداقل

$$A_l = \left(\frac{A_t}{S}\right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y} \geq A_{l,min}$$

ص ۳۹۸ کتاب $A_{l,min} = \frac{5}{12}\frac{\sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{S}\right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y}$

۳- ترکیب برش و پیچش

الف- فولادهای عرضی لازم برای پیچش و برش بطور جداگانه محاسبه شده و با هم جمع می شوند.

$$\left(\frac{A_v}{S}\right)_{req} = \frac{V_u/\Phi - V_c}{f_{yt} d}$$

$$\left(\frac{A_t}{S}\right)_{req} = \frac{T_u}{1.7 \Phi A_{oh} f_{yt}}$$

$$\rightarrow \frac{A_T}{S} = \left(\frac{A_v}{S}\right)_{req} + 2\left(\frac{A_t}{S}\right)_{req}$$

A_T سطح مقطع دو ساقه خاموت بسته

EILIYA

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

ب ـ فاصله حداکثر خاموت برش پیچش

$$S_{max} = \min \left\{ S_{max\,برش} \;,\; S_{max\,پیچش} \right\}$$

ج ـ برش و پیچش تکیه‌گاه می‌توان، برش و پیچش d از بر تکیه‌گاه را مبنای محاسبات قرار داد.

د ـ به‌عنوان حداقل خاموت برش-پیچش

در برش خالص $\left(\frac{A_v}{S}\right)_{min} = max \left\{ \frac{1}{3}\frac{b_w}{f_{yt}} \;,\; \frac{1}{16}\sqrt{f'_c}\frac{b_w}{f_{yt}} \right\}$

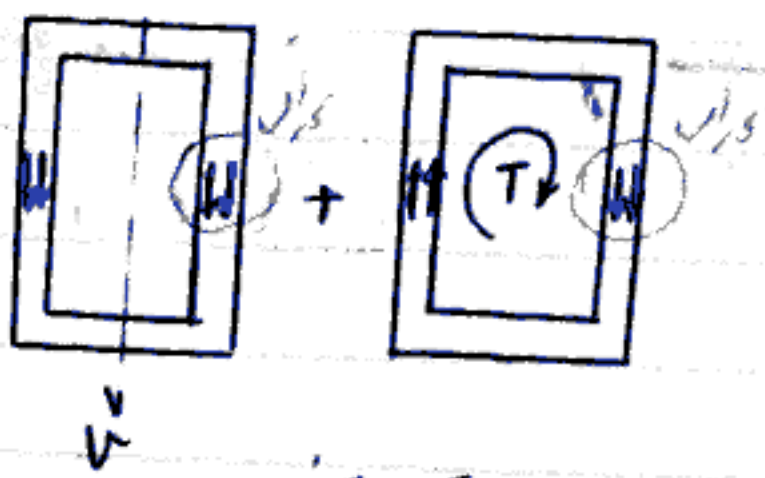
در پیچش خالص $2\left(\frac{A_t}{S}\right)_{min} =$ 4

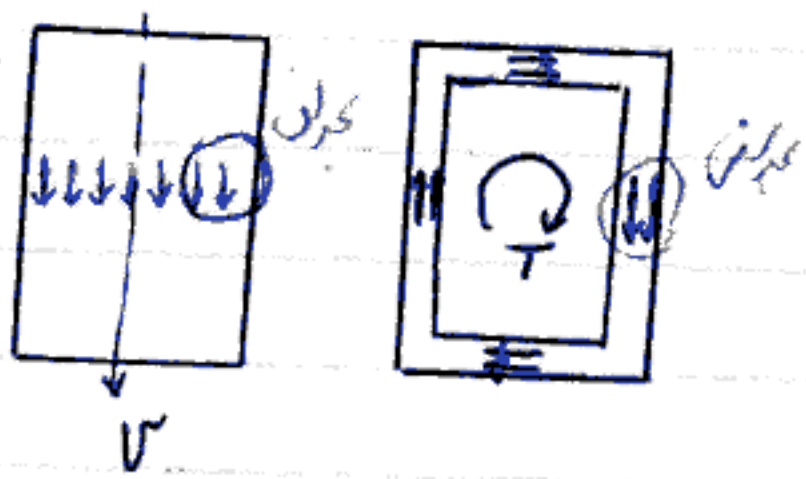
در برش + پیچش $\left(\frac{A_T}{S}\right)_{min} =$ 4

هـ ـ حداکثر خاموت برش پیچش (شرط جلوگیری از شکل‌پذیری از شکل‌پذیری برش-پیچش)

i) برای مقاطع توخالی $\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u \cdot P_h}{1.7 A_{oh}^2} \leqslant \Phi\left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{2}{3}\sqrt{f'_c}\right) \simeq \Phi\frac{5}{6}\sqrt{f'_c}$

ii) برای مقاطع توپر $\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \leqslant \Phi\left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{2}{3}\sqrt{f'_c}\right)$





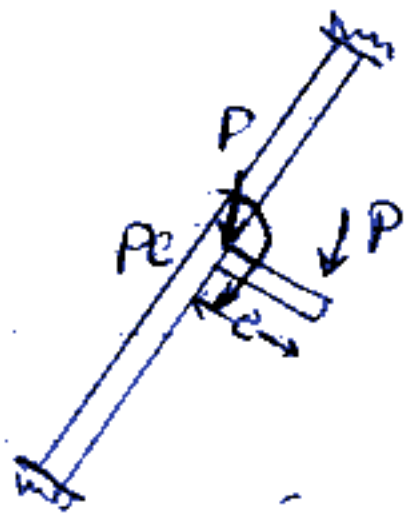
www.hoseinzadeh.info

جلسه چهارم 26-3-89

پیچش { تعادلی / همسازی

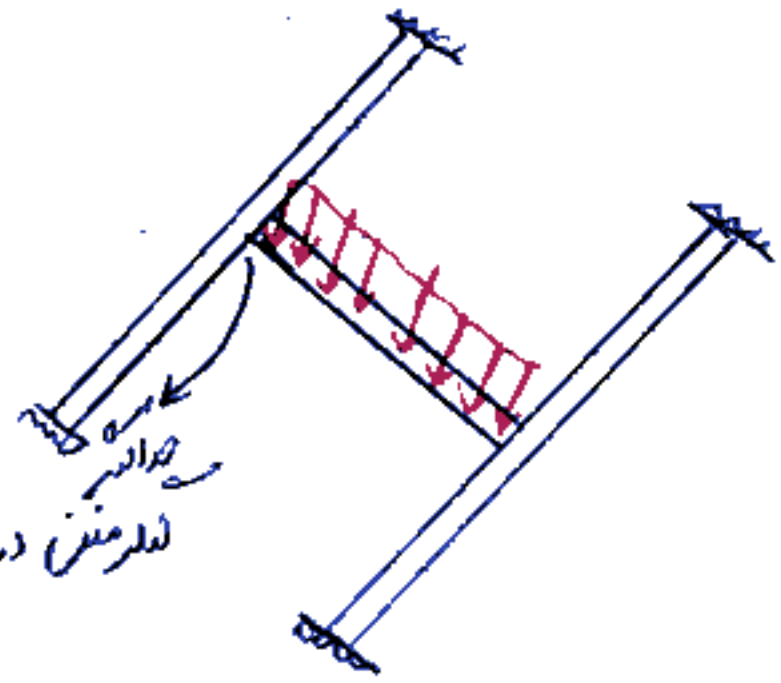
در یک سازه معین و یا قسمتی معین سازه ایجاد می‌شود. مقدار این پیچش براساس معادلات تعادلی تعیین شده و مقدار آن کاملا مشخص است.

در یک سازه نامعین ایجاد می‌شود و مقدار آن علاوه بر سختی اعضاء و نکیه‌گاه داشته و براساس ترکیب معادلات تعادل و همسازی تعیین می‌شود.



تعادل

لنگر مقاوم در این نقطه ϕT_{cr} است.



همسازی

لنگر ایجاد شده در سرتاسر سبب پیچش سرتیرهای اطراف می‌شود.

مشخص است کلیه تیر و اتصال آن به تیرهای اطراف بیرداری یابد؟

اگر آزادی تکیه‌گاهی داشته باشد مقدار آن به دو سر متصل بیشتر است.

برای اولین ترک‌های پیچشی این اتصال شروع به چرخش می‌کند و در نتیجه لنگر کاهش می‌یابد.

این را به خاطر بسپارید: مقدار پیچش همسازی در سازه‌های بتن آرمه بعد از پیچش ترک خوردگی (ϕT_{cr}) محدود می‌شود.

(نهم)

$$T_{cr} = \frac{1}{3}\sqrt{f'_c}\,\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

پیچش همسازی $T_u \leq \frac{1}{3}\phi\sqrt{f'_c}\,\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$

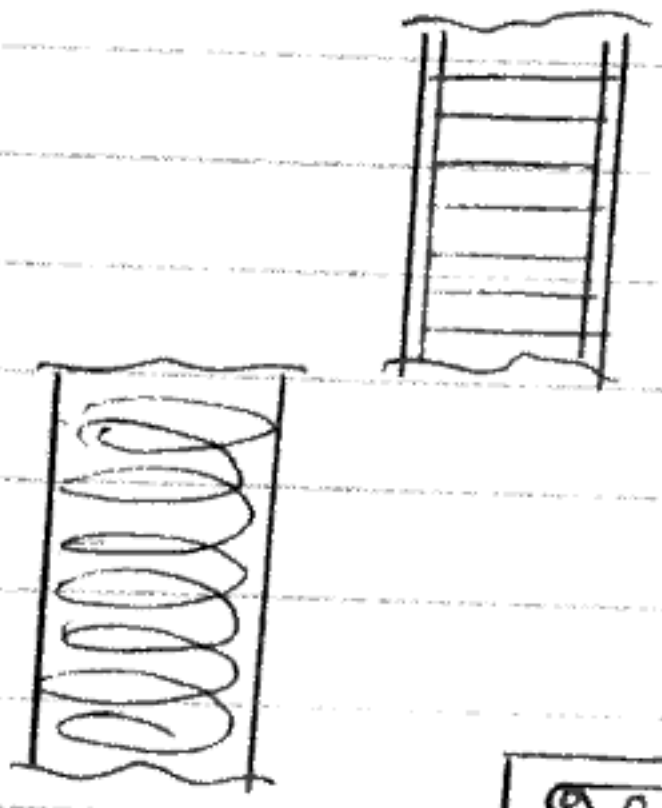
باید در مدل سازی کامپیوتری پیچش لحاظ شده و ϕT_{cr} تنزل شود. باید با تغییر ابعاد سعی پیچش تیر این تنزل را جبران شود.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

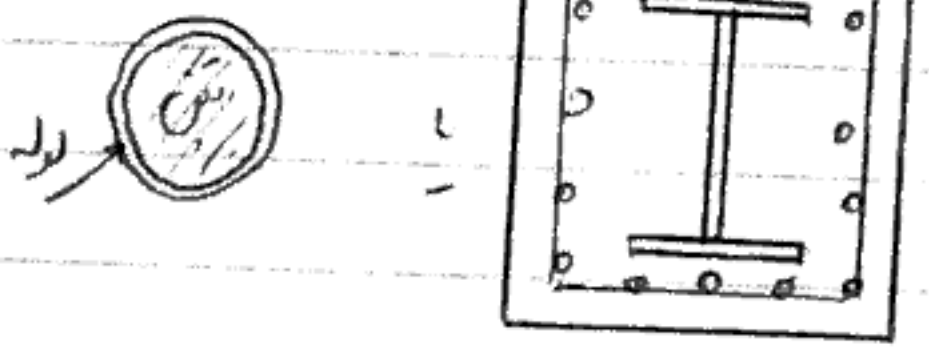
قطعات فشاری ← تحت فشار محوری
تحت فشار + خمش

ستون ها - قوس ها - جزء پاهای فشاری خرپا

۱- قطعات فشاری با مقاطع طولی و عرضی یکسان



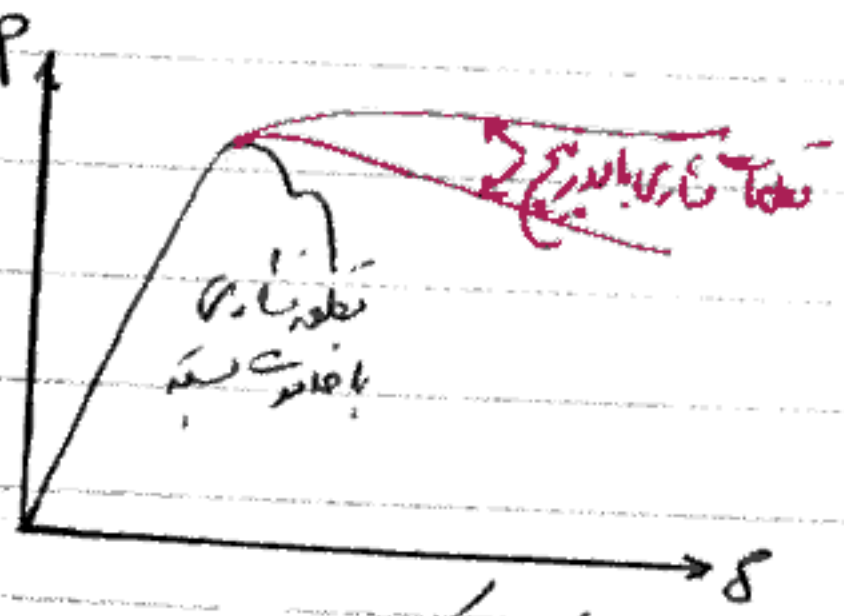
۲- قطعات فشاری با مقاطع طولی دو یا چند محور تقارن



۳- قطعات فشاری با مقاطع مرکب

رفتار قطعات فشاری

بر اساس منحنی بار - تغییر مکان



شکل بدیهی: جذب انرژی هنگام شکست ← سطح زیر منحنی بار - تغییر مکان

قطعات فشاری با لاغری بیشتر شکل بدیهی تری از عمل می کنند زیرا که این مسأله در هنگام عملکرد بارهای دینامیکی و ازجمله بار زلزله فوق العاده حائز اهمیت است.

اثر قطعات فشاری با لاغری بیشتر طوری طراحی شده که فواصل حامل ها بیشتر از حالت بدیهی در نظر گرفته شود، شکل بدیهی

EILIYA

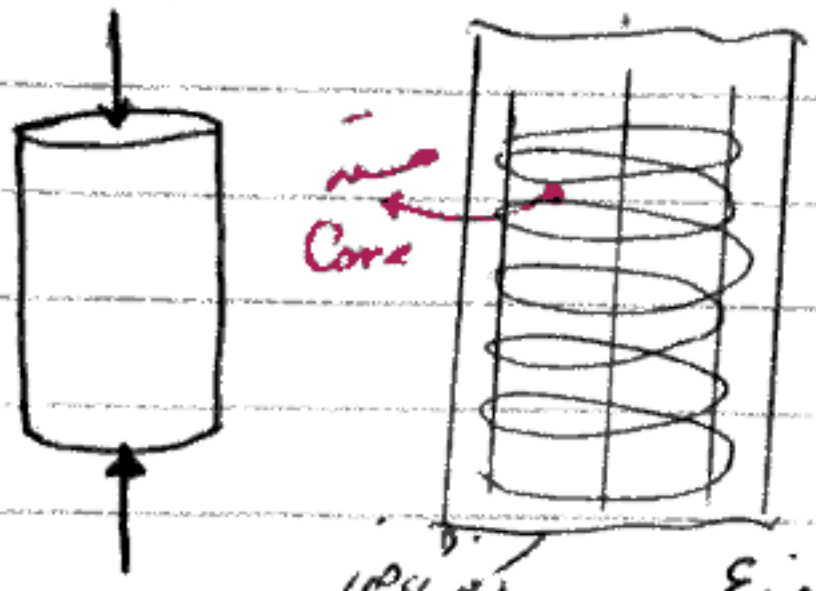
از دیدگاه بافته در رفتار به قطعات با لاغری نمی نگریسته شود.

www.hoseinzadeh.info

علت ؟ (از دانستن شکل پذیری چه استفاده ای میکنیم)

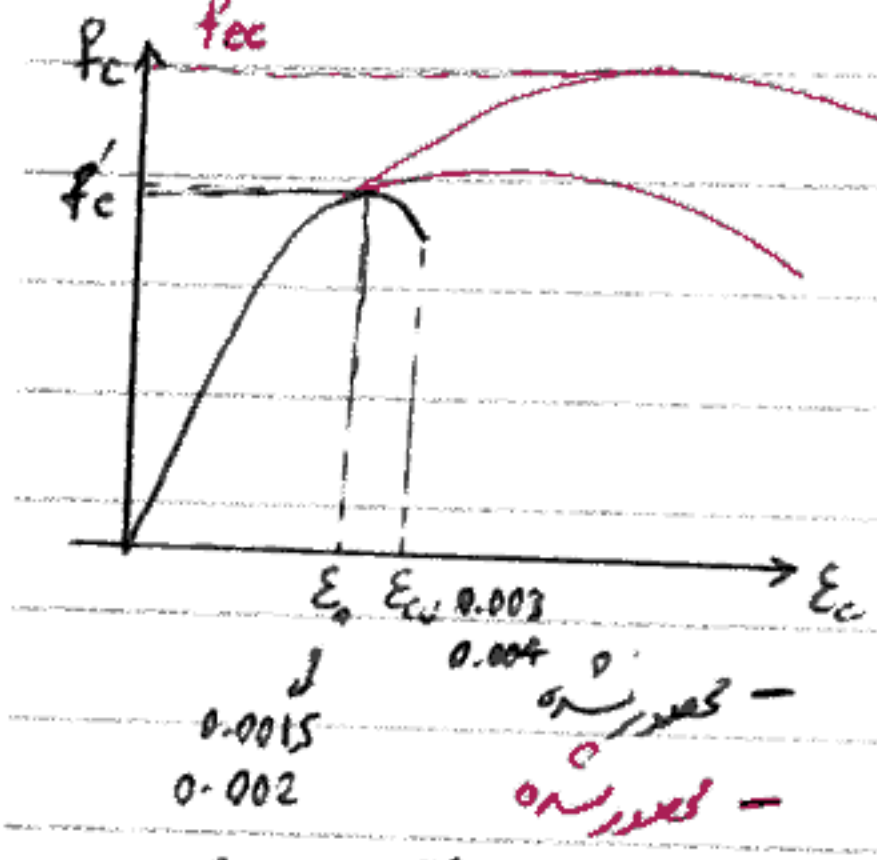
محصور شدگی بتن Confinement

جلوگیری از انتشال جانبی بتن



$\sigma = E\varepsilon$ $\quad \nu = \frac{\text{کرنش عرضی}}{\text{کرنش طولی}} = \frac{\text{درصد ع}}{\text{طولی ع}}$

مثلاً محیط آرمین یک لوله فلزی در استوانه مسلح دهانه دورپیچ



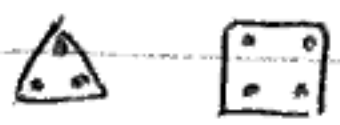
شکل پذیری مناسب: مقطع در مقابل بتن - کرنش

خاصیت ۱۲۵ در قطب بتن رفته ولی خم معمول در پوسته قرار دارد و با خنثی پوسته دیگر در بتن قرار ندارد.

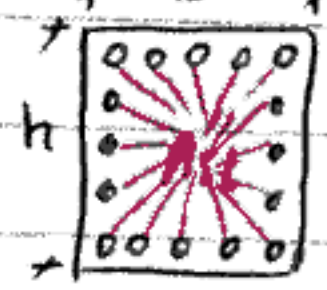
نکات آئین نامه ای

الف - میلگردهای طول

۱- تعداد: در مقاطع چهار گوش حداقل ۴ عدد و در مقاطع ۳ گوش حداقل ۳ عدد.



۲- مقدار حداکثر میلگردهای طول



$\rho_t = \rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}$ ناخالص $\quad A_g = bh$

$\rho_t \leq 8\%$ (حداکثر ضوابط لرزه ای رعایت شود)

$\rho_t \leq 6\%$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Date:

- ضوابط حداکثر میلگرد طولی در جمع‌ها و از جمله سر محل وصله‌ها رعایت شود.

کنترل: ۵۰ درصد میلگردها در یک تراز و ۵۰ درصد در تراز بالاتر وصله شوند

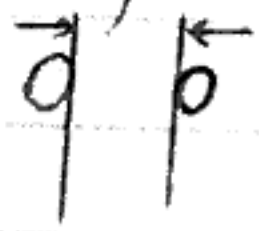
۳- حداقل میلگردهای طولی

$$P_{t,min} = 1\%$$

مگر آنکه مقطع دیگر رفته بزرگتر از مقطع مورد نیاز باشد که در این صورت می‌توان ۰.۵ درصد کاهش داد.

۴- فاصله آزاد بین میلگردهای طولی

$$\text{فاصله آزاد} \geq \text{Max}\left\{1.5\,db,\ 40\,mm\right\}$$



در تیرها : $\max\left\{db,\ 25\,mm\right\}$

ب - میلگردهای عرضی یا خاموت

۱- قطر

$$\Phi_L \leq 32\,mm \Rightarrow \Phi_t \geq 10\,mm$$

قطر میلگرد طولی — قطر میلگرد عرضی

$$\Phi_L > 32\,mm \Rightarrow \Phi_t \geq 13\,mm$$

۲- فاصله خاموت S

$$S_{max} = \min\begin{cases} 16\,\Phi_L \\ 48\,\Phi_t \\ h_{min} \text{ کوچکترین بعد مقطع} \end{cases}$$

۳- آرایش یا چیدمان Arrangment

میلگردهای عرضی به طوری در مقطع قرار داده شوند که:

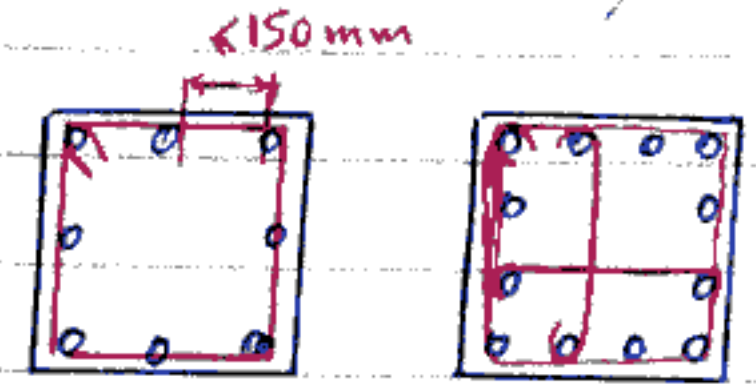
www.hoseinzadeh.info

i) همهٔ میلگردهای طولی واقع در گوشه‌ها، در گوشه خاموت واقع شوند.

ii) سایر میلگردهای طولی حداقل هر یک میل در گوشه تو آرماتور عرضی قرار گیرند.

iii) فاصلهٔ آزاد میلگرد طولی غیر واقع در گوشه تو آرماتور عرضی از میلگرد طولی مجاور حداکثر 150 mm باشد.

iv) زاویهٔ داخلی خاموت از 135° بیشتر شود.

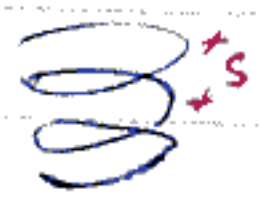


ج- میلگردهای عرضی به صورت دورپیچ Spiral

۱- قطر min = 10 mm

۲- گام (Pitch) S

$25^{mm} \leq S \leq 75^{mm}$



۳- از نظر مقدار میلگردهای دورپیچ ρ_{sp}

$$\rho_{sp} = \frac{\text{حجم میلگردهای دورپیچ}}{\text{حجم هسته}} \geq 0.45\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right)\frac{f'_c}{f_{yt}}$$

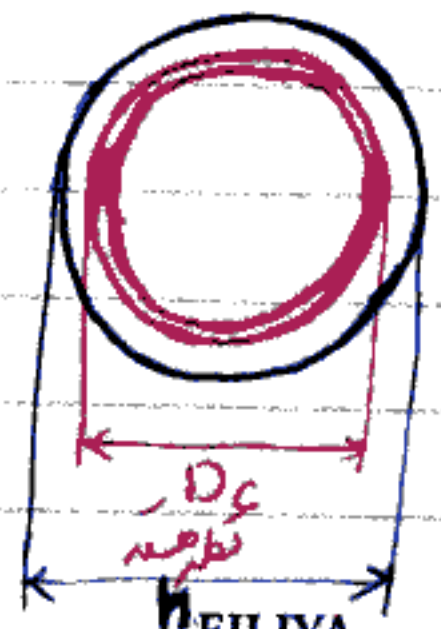
f_{yt}: تنش تسلیم میلگردهای عرضی

A_g: سطح مقطع ناخالص بتن

A_{ch}: سطح مقطع هسته

$\frac{\pi h^2}{4}$ سطح مقطع دایره به قطر h

$\frac{\pi D_c^2}{4}$



$$\rho_{cp} = \frac{\pi D_c \times A_{sp}}{\frac{\pi D_c^2}{4} \times S} = \frac{4A_{sp}}{D_c S} \geq \rho_{s,min}$$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Date:

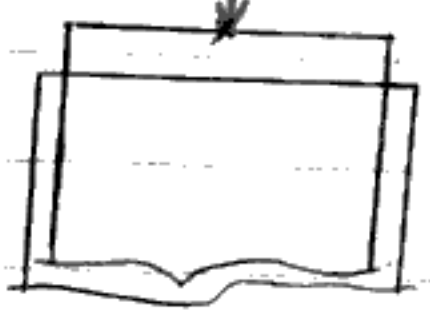
$$\left(\frac{A_{sp}}{s}\right)_{req} = \frac{D_c}{4} \times 0.45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right) \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

محاسبات اعضای فشاری

الف - اعضای فشاری تحت بارمحوری خالص

* بارمحوری خالص باری است که بر مرکز پلاستیک مقطع اثر کند.

مرکز پلاستیک: نقطه‌ای که اگر بارمحوری بر آن نقطه وارد شود تضمین کند که در لحظه اسمی نهایی مقطع، همه اجزاء مقطع به طور همزمان به کرنش اسمی $\varepsilon_{cu} = 0.003$ برسند.



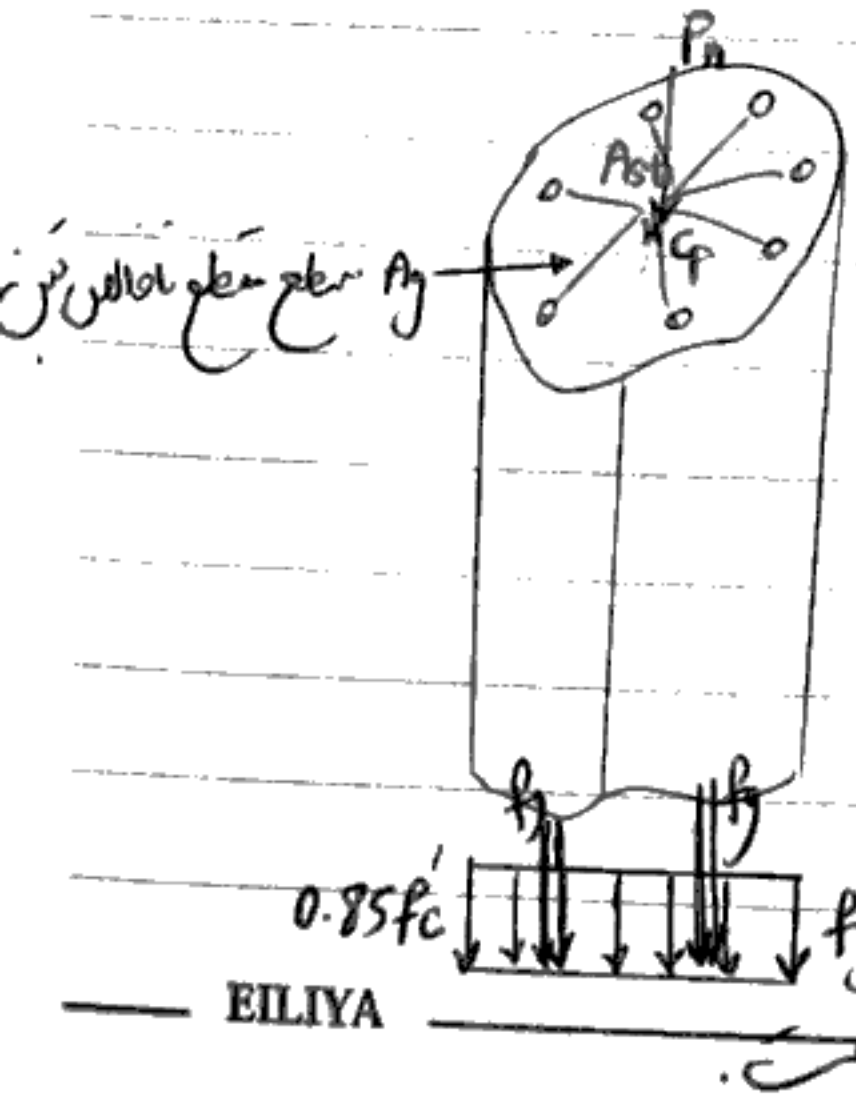
بارمحوری باید در نقطه اسمی نهایی محوری عمل کند.

تعیین مرکز پلاستیک مقطع به سادگی ← با معادلات تعادل

اگر در یک مقطع تقارن کامل از نظر بتن و میلگردها برقرار باشد، مرکز پلاستیک و مرکز سطح بر هم منطبق خواهند بود:

$C_p = C_A$

* اعضای فشاری با بارمحوری خالص



$$P_{no} = 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$$

P_o معادل بیشتر

نکته: رعایت حداقل خروج از مرکزیت الزامی است.

$e_{min} \simeq 30 - 40\ mm$

به دلیل رعایت حداقل خروج از مرکزیت

حدود بیش $0.85 P_o$ ، بستن باطور $P_{n,max} = 0.8 P_o$

www.hoseinzadeh.info

کنترل $P_u \leq \Phi P_{n,max}$

بارمحوری خالص

Φ : ضریب کاهش مقاومت

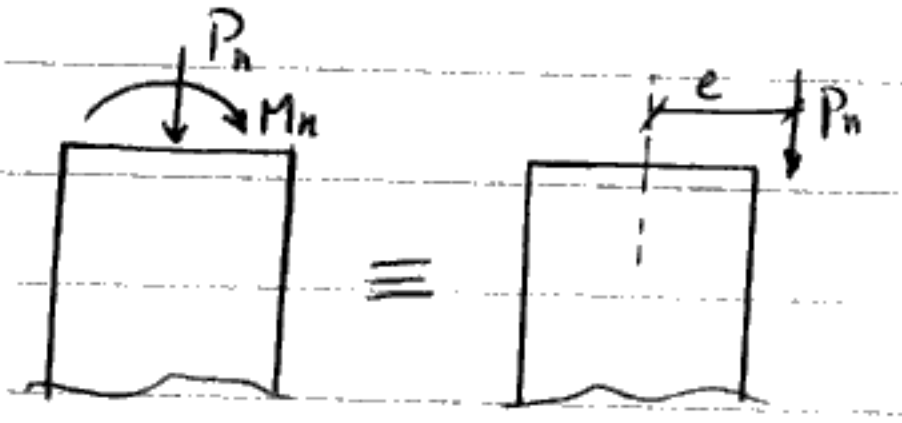
تحت بارمحوری خالص قطعاً مقطع CC در نتیجه

خاموت $\Phi = 0.65$

دورپیچ $\Phi = 0.7$ → از سال 2008 $\Phi = 0.75$

ستون با خاموت $P_u = 0.65 \times 0.8 \times P_0 = 0.52 P_0$

ب- ستون با بارمحوری + لنگر خمشی



$P_n \times e = M_n$

$e = \frac{M_n}{P_n}$

* منحنی رفتاری ستون تحت بارمحوری و لنگر خمشی

منحنی اندرکنش Interaction curve

شکست کششی ستون

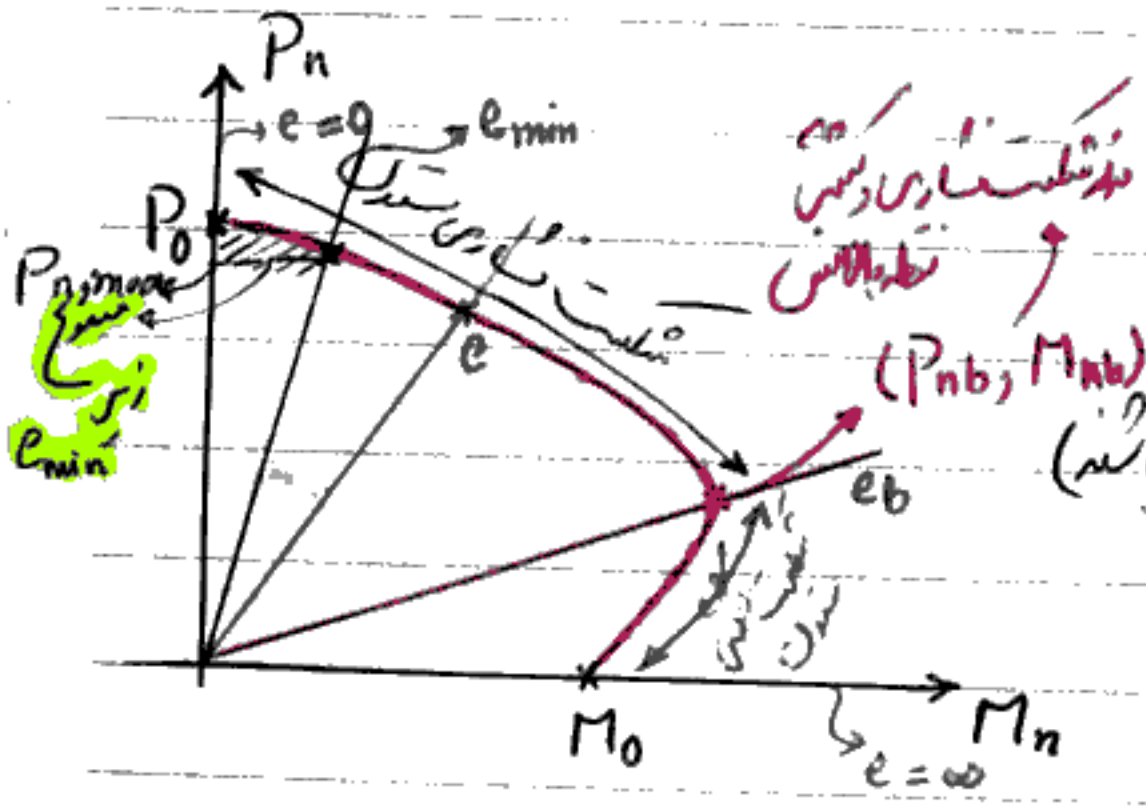
(از مقاطعی که یک وجه ستون در کشش به تسلیم رسیده باشد)

شکست فشاری ستون

(یا مقاطعی که اصلا به کشش نیافتاده یا اگر بیافتاده تسلیم نشده)

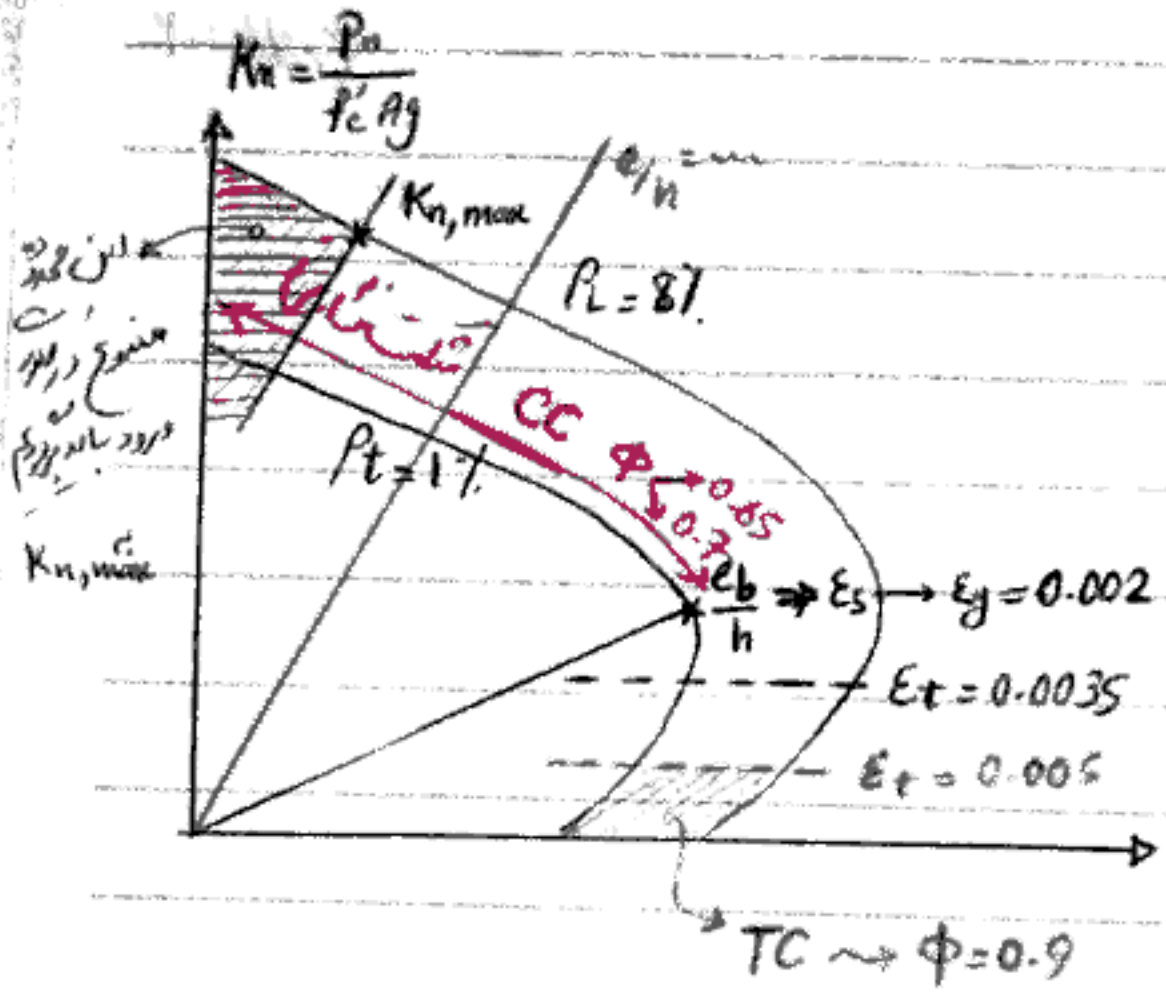
هر خط که از مبدا مختصات منحنی را قطع کند

Tan θ = e



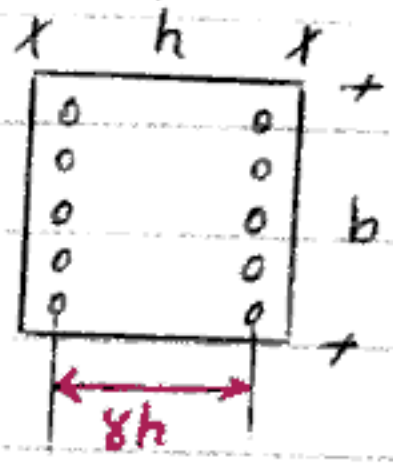
www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

منحنی‌های طراحی ستون با محوری بدون بعد



محور قائم نامی‌لز P_n بدون بعد

محور افقی نامی‌لز M_n بدون بعد



$\gamma = \frac{d-d'}{h}$

برای تعیین ϕ از روی

۱- اگر از رفتار شکست فشاری واقع شدم $\phi = 0.65-0.7$

۲- اگر در رفتار $\varepsilon_t > 0.005$ $\phi = 0.9$

۳- اگر در رفتار شکست کششی $0.002 < \varepsilon_t < 0.005$

با دانستن حدس ε_t خوانده شده و از فرمول

$\phi = 0.483 + 83.3\varepsilon_t \rightsquigarrow$ خاموت

$\phi = 0.567 + 66.7\varepsilon_t \rightsquigarrow$ دورپیچ

استفاده از نرم‌افزار ستون‌ها

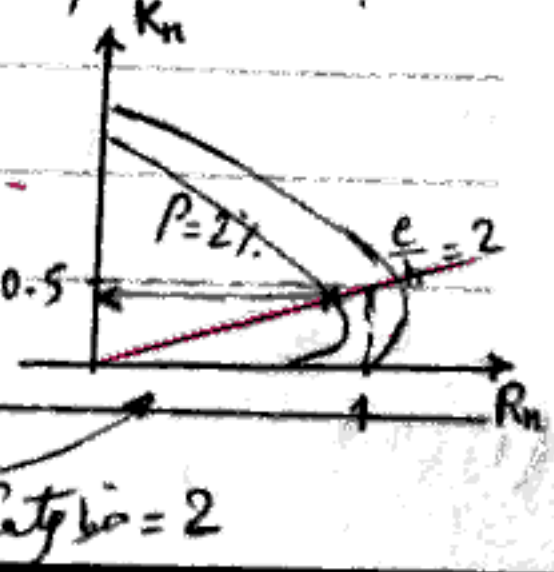
۱- برای آنالیز

ابعاد ستون معلوم، فولادگذاری معلوم ← باربری ستون در یک خروج از مرکزیت مشخص مجهول

$e = 300$ mm $\rightarrow P_n = ?$

$f'_c = \cdots$; $\rho_t = \frac{A_{st}}{bh} = \cdots$; $\gamma = \frac{d-d'}{h} = \cdots$; $\frac{e}{h} = \cdots$

$K_n = \frac{P_n}{f'_c A_g} \rightarrow P_n = \cdots$ از روابط $\phi = \cdots$ تعیین $\rightsquigarrow P_u = \phi P_n$



$\frac{e}{h} = 2$ حدود $\rightarrow$ Catalog خط = 2

www.hoseinzadeh.info

۲- طراحی

- بار محوری و لنگر خمشی نهایی معلوم
- فولادگذاری و ابعاد مجهول

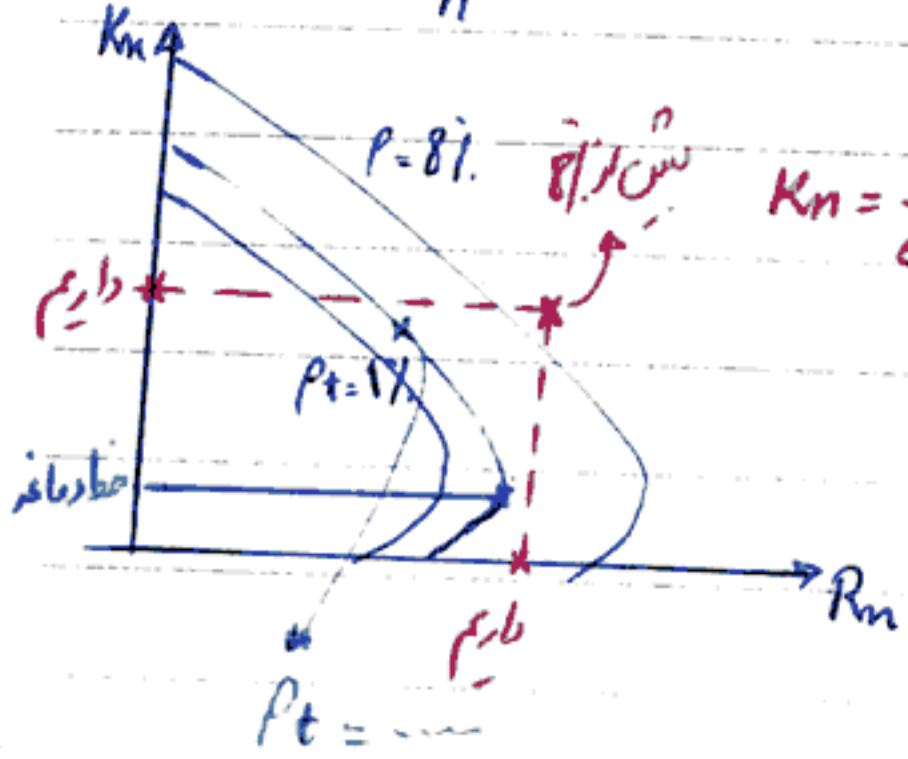
P_u = ... معلوم M_u = ... معلوم

b, h, A_{st} = مجهول

ابتدا b و h باید حدس زده شود

Try $b = 400\,mm$, $h = 600\,mm$

$\gamma = \frac{d-d'}{h}$, f'_c = ... , f_y = ... → برای شیب می‌شود



$K_n = \frac{P_u}{\phi f'_c A_g}$, $R_n = \frac{M_u}{\phi f'_c A_g h}$

برای حدس ϕ (کمک آبدا ج $\frac{e}{h}$ رسم می‌شود) اگر بالای خط دامنه بود $\phi = 0.65$

شروع می‌شود معمولاً $\phi = 0.65$

بیش از 1٪ شکال دارد در سمی و خطای بعدی ایجاد شدن انتخاب می‌شود.

وقتی ϕ داریم → آمد در منطقه فشاری

آمد در منطقه کششی → ϕ را عوض کرده K_n , R_n عوض می‌شود

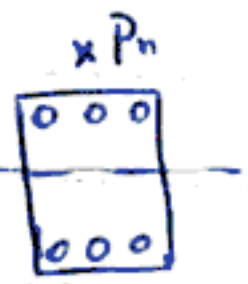
دوباره نگاه می‌کنیم

مثلاً CC و TC دامنه است آمد بالای خط 0.65 = ϕ را آمد زیر خط دامنه را شرایط مجهول قبلی

ϕ به سمت آمد

پیوست ۱ کتاب جداول

۱- برای ستونهای مستطیلی با فولادگذاری در ۲ وجه مقاوم محور خمش شکل پ ۱-۱ تا شکل پ ۱-۱۶



۲- برای ستونهای مستطیلی با فولادگذاری در ۴ وجه متقارن شکل پ ۱-۱۷ تا پ ۱-۲۳

۳- برای ستونهای دایروی شکل پ ۱-۲۴ تا پ ۱-۴۸

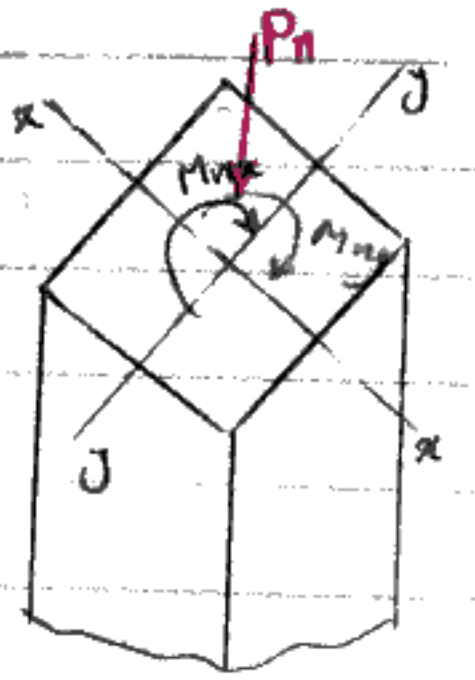
۴- برای ستونهای مربعی با فولادگذاری دایروی شکل پ ۱-۴۹ تا پ ۱-۶۴

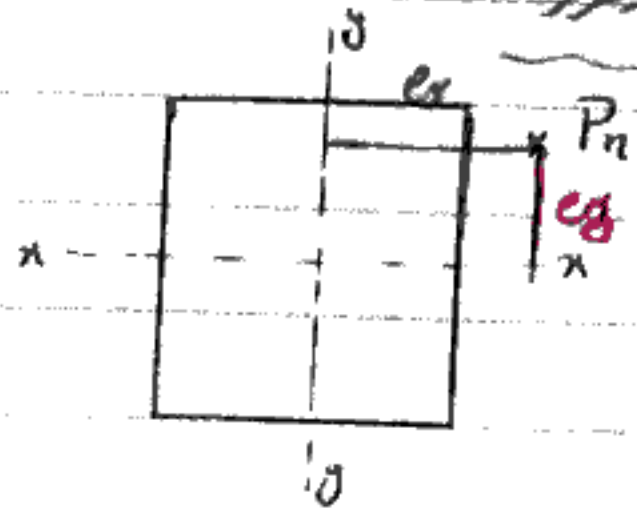
(مجموعاً ۲ کتاب بودجه بندی آبا)

EILIYA

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

بررسی ستون‌ها تحت خمش دومحوره





$$P_n \times e_x = M_{ny} \rightarrow e_x = \frac{M_{ny}}{P_n}$$

$$P_n \times e_y = M_{nx} \rightarrow e_y = \frac{M_{nx}}{P_n}$$

۱- روش تعادل بار ← آنالیز

۲- روش منفی های هم بار ← طراحی

۳- روش برگشت تعادل ← آنالیز و طراحی

خروج از

روش اول

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_o}$$

P_n: بار محوری تحت خروج از مرکزیت e_x و e_y

P_{nx} { $e_x = 0$; $e_y =$ --- } بار محوری در حالت

P_{ny} { $e_x =$ --- ; $e_y = 0$ } بار محوری در حالت

روش سوم ← روش ساده طراحی - [redacted]

صفحه 526 کتاب

$0.5 \leq \frac{x}{y} \leq 2$

اگر $\frac{e_x}{x} \geq \frac{e_y}{y} \rightarrow e_{ox} = e_x + \alpha e_y \frac{x}{y}$

اگر $\frac{e_x}{x} < \frac{e_y}{y} \rightarrow e_{oy} = e_y + \alpha e_x \frac{y}{x}$

EILIYA

مقطع

P_n, e_x, e_y → P_n, e_{ox} ; P_n, e_{oy}

P_n, e_x, e_y ← نسبت به محور x ; نسبت به محور y

محدودیت این روش: $0 < \gamma < 1$

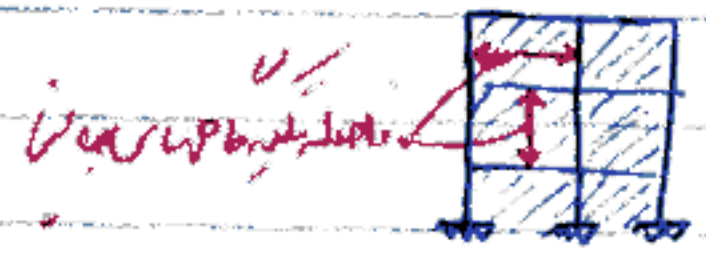
اگر $\frac{P_u}{f'_c A_g} \leq 0.4 \rightarrow \alpha = (0.5 + \frac{P_u}{f'_c A_g}) \frac{f_y + 250}{700} \rightarrow 0.6$

اگر $\frac{P_u}{f'_c A_g} > 0.4 \rightarrow \alpha = (1.3 - \frac{P_u}{f'_c A_g}) \frac{f_y + 250}{700} \rightarrow 0.5$

www.hoseinzadeh.info

دیوارهای تن آرمه فصل ۱۸ آبا

انواع دیوارهای تن آرمه



۱- دیوارهای محیطی متصل به تاب Panel wall

۲- دیوارهای محیطی جدا شده از تیرها Curtain wall

در این حالت تنها است ولی بار دیوارها به تاب متصل شده و تاب فقط تکیه گاه جانبی محسوب می شود.

۳- دیوارهای جداکننده یا تیغه ها Partition wall

۴- دیوارهای حائل ← Retaining wall ← در مقابل بار جانبی خاک قرار گرفته اند.

۵- دیوارهای زیرزمین ← Basement wall ← اگر دیوار حائل در تاب قرار گرفته باشد بنام دیوار زیرزمین خوانده می شود.

۶- دیوار برشی ← دیوارهای قدرتمندی که هم تغییر مکان حاصل از زلزله و هم نیروی ناشی از زلزله را تحمل می کنند.

* دیوارهای تن آرمه
  - دیوارهای باربر ← اگر بار ثقلی نیز به دیوار منتقل شود. (بجز وزن دیوار)
  - دیوارهای غیرباربر ← به جز حالت فوق

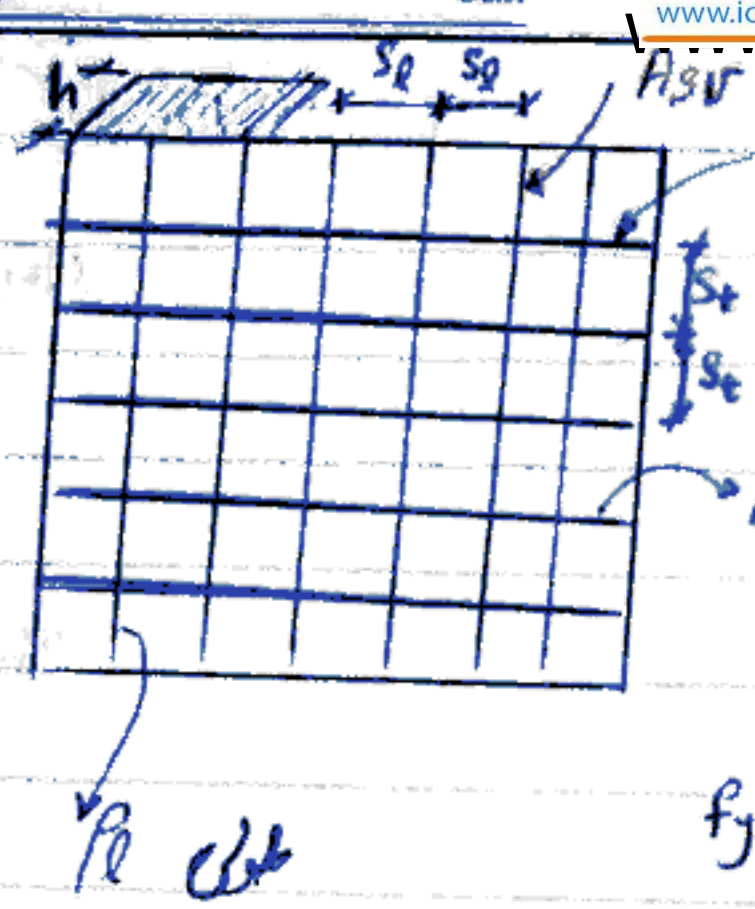
ضوابط عمومی دیوارهای تن آرمه (همه دیوارها اعم از باربر و غیرباربر)

۱- ضخامت دیوار ← حداقل برابر با $\frac{1}{30}$ کمترین فاصله تکیه گاههای جانبی دیوار و حداقل برابر با 100 mm

قلم دوم در دیوارهای تن پیش ساخته که حداقل ضخامت آن تا 50 mm قابل کاهش می باشد

تکیه گاههای جانبی تیرها و ستونها هستند $\frac{1}{30}$ ی متوسط فاصله آنها

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران



۲- در مورد حداقل آرماتورهای طولی و عرضی دیوار

الف- حداقل نسبت میلگردهای طولی (میلگردهای قائم) به سطح مقطع ناخالص بتن عمود بر میلگردها، ρ_l به صورت زیر است.

- برای میلگردهای آجدار با قطر حداکثر ۱۶ میلیمتر و با $f_y \geq 420\ MPa$

$$\rho_{l,min} = 0.0012$$

- برای سایر میلگردهای آجدار

$$\rho_{l,min} = 0.0015$$

- برای میلگردهای ساده (صاف) به صورت شبکه سیمی جوش شده و با قطر حداکثر ۱۶ میلیمتر یا آجدار

$$\rho_{l,min} = 0.0012$$

ب- حداقل نسبت میلگردهای عرضی (میلگردهای افقی) به سطح مقطع ناخالص بتن عمود بر میلگردها ρ_t به صورت زیر است.

- برای میلگردهای آجدار با قطر حداکثر ۱۶ میلیمتر و $f_y \geq 420\ MPa$

$$\rho_{t,min} = 0.002$$

- برای سایر میلگردهای آجدار

$$\rho_{t,min} = 0.0025$$

- برای میلگردهای ساده یا آجدار به صورت شبکه جوش شده و با قطر حداکثر ۱۶ میلیمتر

$$\rho_{t,min} = 0.002$$

$$\rho_l = \frac{A_{SV}}{S_l \cdot h} \geq \rho_{l,min} \qquad \rho_t = \frac{A_{SH}}{S_t \cdot h} \geq \rho_{t,min}$$

A_{SH} مجموع سطح مقطع میلگردهای افقی با S_t یک لایه است و اگر دو لایه میلگرد داشتیم جمع سطح مقطع هر دو برابر A_{SV}

EILIYA

www.hoseinzadeh.info

۳- حداکثر فاصلهٔ میلگردها

الف - در مورد میلگردهای قائم دیوار (میلگردهای طولی)

$$S_{max} = \min \left\{ 3h \, , \, 450\,mm \right\}$$

ب - در مورد میلگردهای افقی دیوار (میلگردهای عرضی)

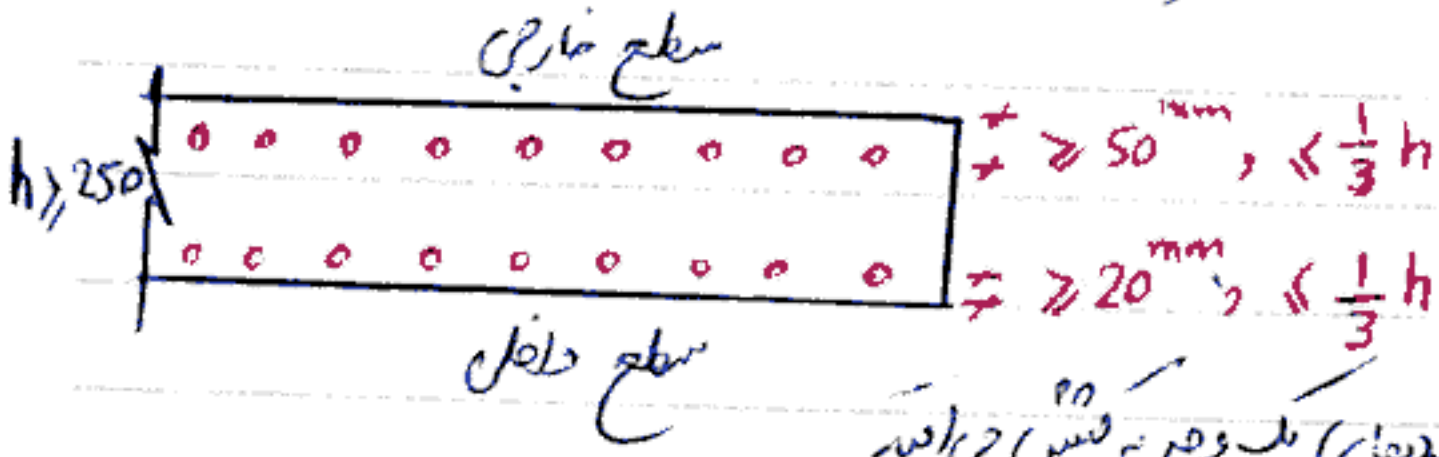
$$S_{max} = \min \left\{ 3h \, , \, 450\,mm \right\}$$

۴- در دیوارهای با مقاومت حداقل 250^{mm} (غیر دیوارهای نوع برشی)

لازم است میلگردهای دیوار در ۲ لایه موازی سطح دیوار به صورت زیر توزیع شود.

الف- یک لایه شامل حداقل $\frac{1}{2}$ و حداکثر $\frac{2}{3}$ کل فولادهای لازم برای هر جهت که در فاصلهٔ حداقل ۵۰ میلیمتر و حداکثر برابر با $\frac{1}{3}$ ضخامت دیوار ← این لایه در سطح خارجی دیوار قرار می‌گیرد.

ب - باقیمانده میلگردها در فاصلهٔ حداقل ۲۰ میلیمتر و حداکثر $\frac{1}{3}$ ضخامت دیوار در سطح داخلی دیوار قرار می‌گیرد.



اگر در کف شب دیوار باشد میلگردهای یک وجه به فنس می‌افتد

و می‌توان میلگردهای سطح خارجی را تا $\frac{2}{3}$ میلگردها از آن کم داد.

۵- اگر سطح میلگردهای قائم از 0.01 سطح مقطع ناخالص بتن بیشتر نباشد ($\rho_l < 0.01$) و یا اگر میلگردهای قائم به عنوان میلگردهای نگهداری محاسبه نباشد، لازم نیست میلگردهای قائم توسط خاموتهای جانبی احاطه شوند.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

۶- حداقل پوشش بتن روی میلگردها در دیوارهای بتن آرمه

الف- برای بتن درجاس با خاک یا در مجاورت هوای آزاد

میلگردهای حداکثر Φ36 ← min Cover 20mm

میلگردهای بزرگتر از Φ36 ← min Cover 40mm

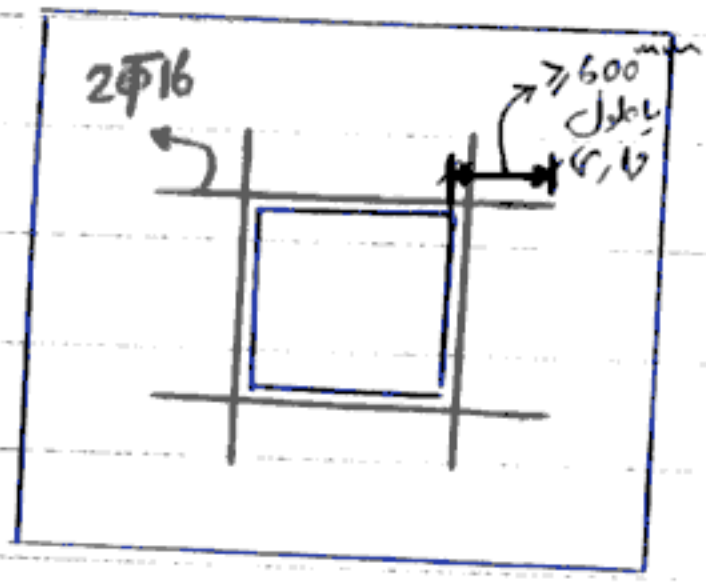
ب- برای بتنی که درجاس با خاک یا در مجاورت هوای آزاد نباشد.

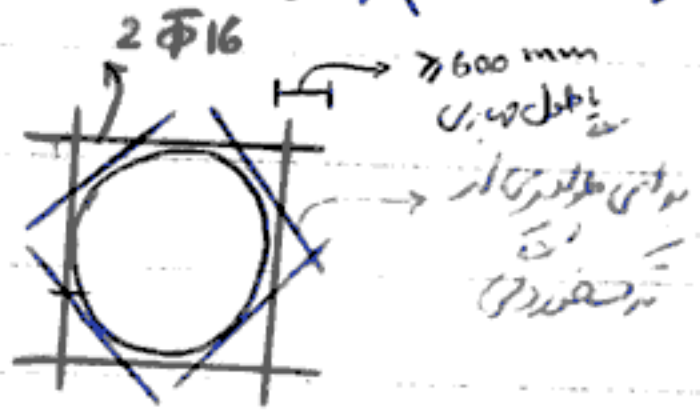
میلگردهای حداکثر Φ36 ← min Cover 15mm

میلگردهای بزرگتر از Φ36 ← min Cover 30mm

۷- اگر در دیوار بازشو (opening) داشته باشیم.

در این حالت لازم است حداقل ۲ عدد میلگرد Φ16 در هر چهار طرف بازشو اضافه شده و باطول مهاری لازم (ولی نه کمتر از 600mm) مهار شود.





* صفحه 650 تا 652 کتاب

طراحی دیوارهای باربر تحت فشار

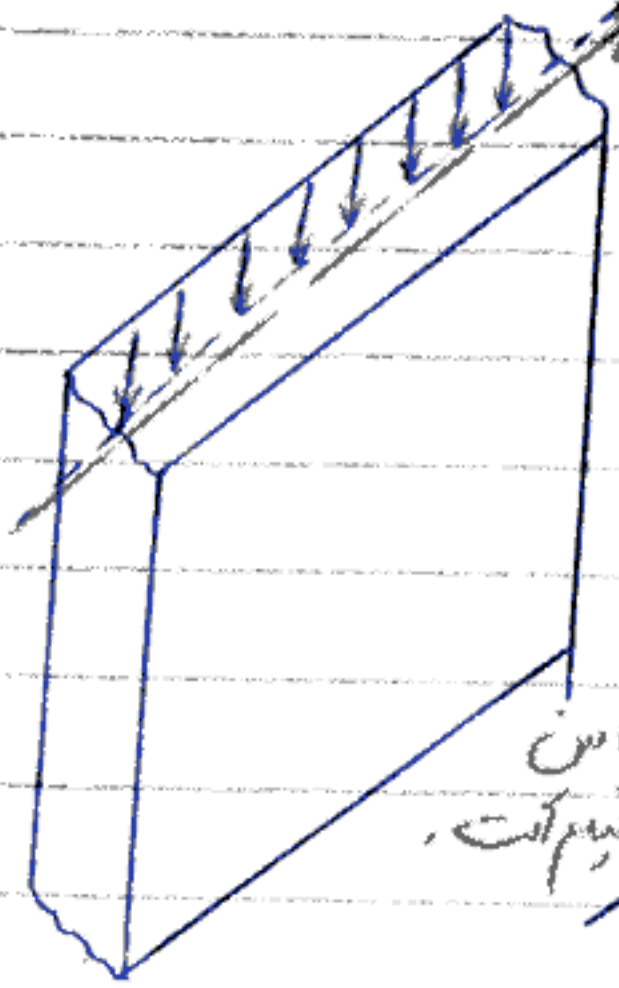
الف- روش تجربی

ب- مشابه ستونها و با در نظر گرفتن لاغری ازکتاب خوانده شود همراه با مثال

ج- روش UBC

www.hoseinzadeh.info

روش تجربی ← نگهداشته می شود فقط برای طراحی دیوارهای قائل استفاده است که خروج از مرکزیت بار کم بوده و $e = \frac{h}{6}$ باشد.



مقاومت باربری طراحی دیوار $\phi P_n = 0.55 \phi f'_c A_g \left[1 - \left(\frac{K l_u}{32h}\right)^2\right]$

$P_u \leq \phi P_n$ ← قطعا ایمنی است دیوار ناامن می شود و مطلوب ما نیز همین است.

باربری با ضریب دیوار

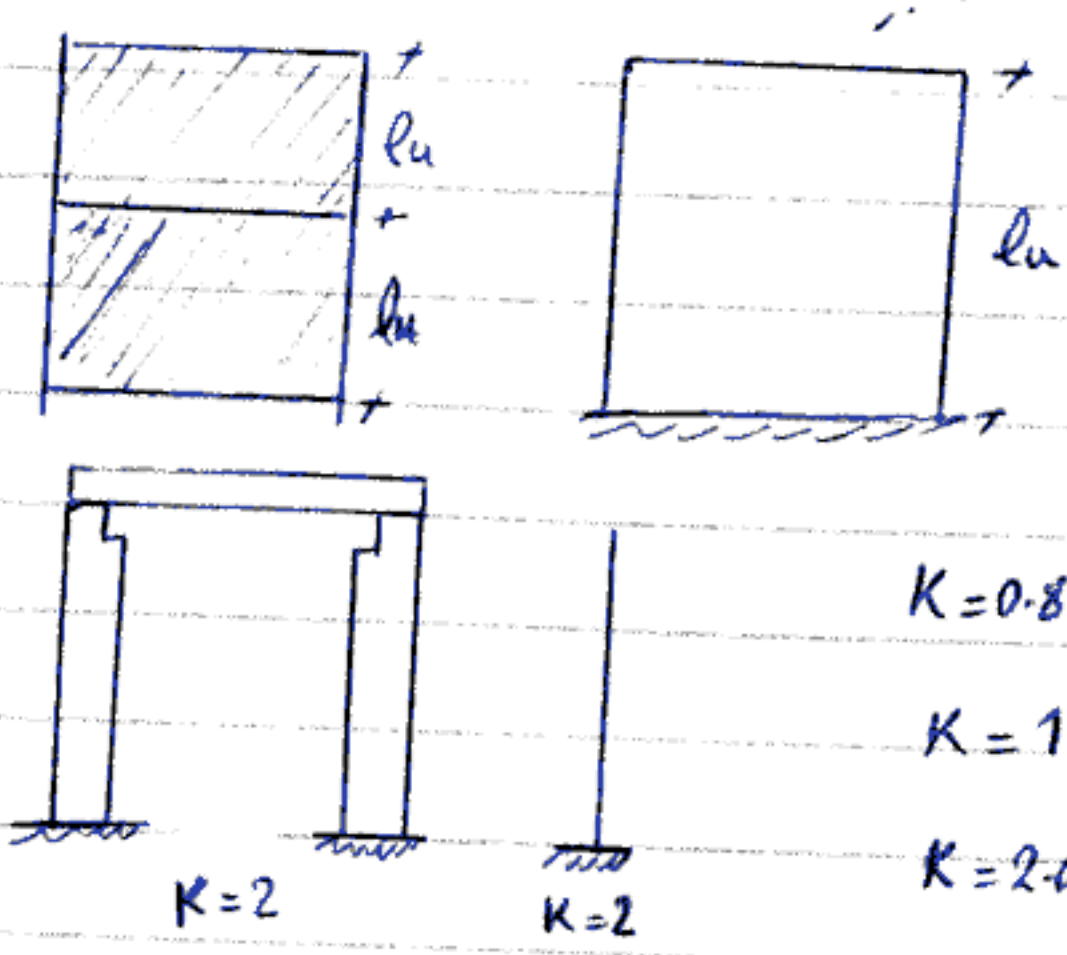
ϕ: ضریب کاهش مقاومت

$\phi = 0.65$

جدار دیوار تحت فشار کنترل می شود.

(CC)

A_g: سطح مقطع ناخالص دیوار l_u: فاصله قائم بین تکیه گاههای دیوار (الزاما باید ارتفاع دیوار است)



K: ضریب طول موثر دیوار

الف- براساس نحوه اتصال دیوار در بالا و پائین در مقابل انتقال جانبی مهار شده باشد درصورتیکه

- چرخش دیوار در یک طرف یا هر دو طرف مقید باشد $K = 0.8$
- چرخش دیوار در هیچ انتها مقید نباشد $K = 1.0$
- انتهای دیوار در مقابل انتقال جانبی مهار شده باشد $K = 2.0$

نکته: آلزام روش تجربی در طراحی دیوار استفاده شود.

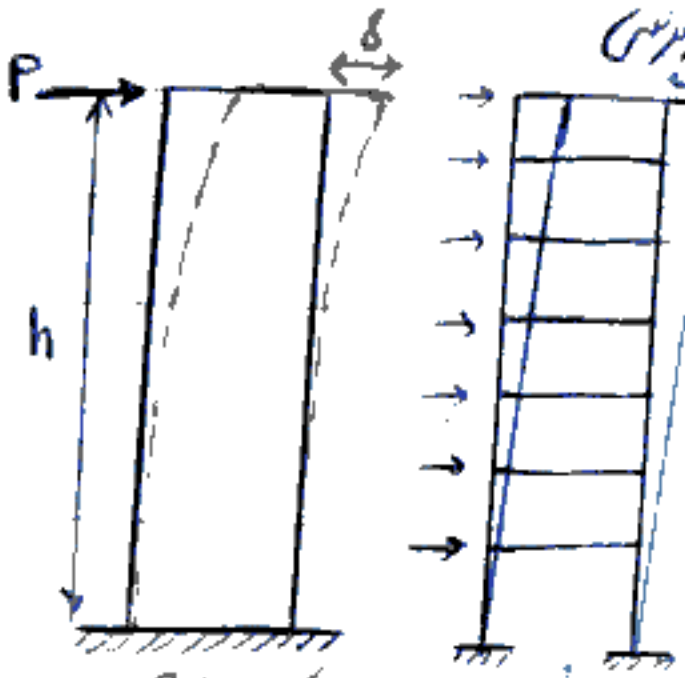
$$h \geq \min\left\{\frac{1}{25}(\text{طول دیوار}),\ \frac{1}{25}(\text{ارتفاع مقید دیوار})\right\} \geq 100\,mm$$

مثال ۱۸-۱ کتاب

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

دیوارهای برشی بتن آرمه

عناصر مقاوم در مقابل بارجانبی:
۱- دیوارهای برشی ← عملکرد خمشی
۲- قاب خمشی ← عملکرد برشی
۳- سیستم‌های مهاربندی



در طبقات پائین ساختمان تغییرشکل برشی بیشتر از خمشی است
و در طبقات بالا تغییرشکل خمشی بیشتر از برشی است.

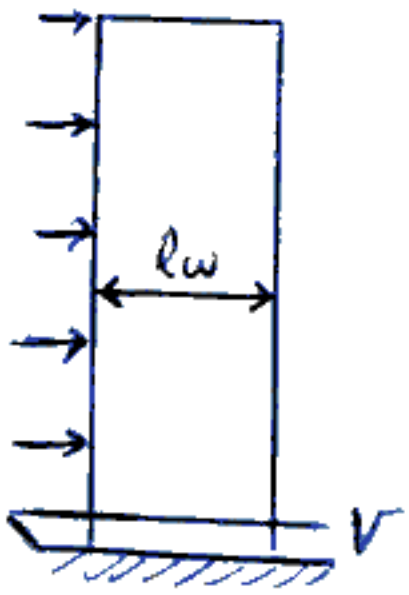
دیوار برشی ← بدنه‌ای قابل توجهی از بعد دهانه‌ای داخل دیوار
می‌باشد و این علت ناگفتاری آن است.

$\delta = \frac{Ph^3}{3EI}$ ← تغییرشکل بالای دیوار با توان ۳ نسبت به ازدیاد h زیاد می‌شود

* عملکرد مرکب قاب دیوار برشی Frame and Shearwall Interaction

* در طبقات پائین قاب دیوار برشی را حمل می‌دهد و اجازه تغییرشکل زیادی نمی‌دهد و در طبقات بالا عکس این
* در طبقات پائین دیوار برشی حرکت جانبی قاب را محدود می‌کند و در طبقات بالا قاب حرکت دیوار برشی را محدود می‌کند

طراحی دیوارهای برشی



F_i : نیروی برشی در تراز نام

الف - در مقابل برش

ب - در مقابل خمش (دیاگرامی)

$V = \sum F_i$ در پایه

طراحی دیوار برشی در مقابل برش مشابه طراحی تیرهاست با تفاوت‌هایی اندک

$V_n = V_c + V_s$ → ظرفیت برشی فولادهای عرضی دیوار
↳ ظرفیت برشی بتن دیوار

ظرفیت برشی اسمی دیوار

www.hoseinzadeh.info

$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'_c}\, b_w d$ در تیرها

$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'_c}\, h d$ در دیوارها

* تعیین V_c

1- روش ساده =

$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'_c}\, h d$

الف- اگر دیوار تحت برش و نیروی فشاری باشد.

ب- اگر دیوار تحت برش و نیروی کششی (N_u) باشد. ←

$V_c = \left(1 + \frac{0.3 N_u}{A_g}\right) \frac{\sqrt{f'_c}}{6} h d$

N_u : در کمترین حالت منظور می‌شود.

d : $d \simeq 0.8 l_w$ l_w : عبارت است از طول دیوار

* تعیین V_c

1- روش ساده =

الف- اگر دیوار تحت برش و نیروی فشاری باشد.

ب- اگر دیوار تحت برش و نیروی کششی (N_u) باشد.

N_u : در کمترین حالت منظور می‌شود.

d : $d \simeq 0.8 l_w$ l_w : عبارت است از طول دیوار

علت آنکه با تحلیل دقیق‌تر مقدار d تعیین شود.

۲- روش دقیق‌تر مقدار V_c برابر با مقدار کوچکتر از ۲ رابطه زیر در نظر گرفته می‌شود.

1) $V_c = \frac{1}{4}\sqrt{f'_c}\, h d + \frac{N_u d}{4 l_w}$

N_u : در کمترین حالت منظور می‌شود.

2) $V_c = \frac{h d}{10}\left[\frac{1}{2}\sqrt{f'_c} + \frac{l_w\sqrt{f'_c} + 2\frac{N_u}{l_w h}}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}}\right]$

* اگر مخرج کسر فوق صفر یا منفی شود از این رابطه استفاده نمی‌شود. و از رابطه (1) استفاده شود.

M_u : لنگر خمشی با ضریب و V_u : نیروی برشی با ضریب در مقطع مورد مطالعه

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

$V_n = V_c + V_s$ — $V_u \leq \phi V_n$

* تعیین V_s

$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$ ، $V_s = \frac{A_v f_{yd} d}{s}$

$$\left(\frac{A_v}{s}\right)_{req} = \frac{\frac{V_u}{\phi} - V_c}{f_{yd}}$$

سطح مقطع آرماتور مورد نیاز

برای طرح فولادهای عرضی (برشی)

* طراحی فولادهای برشی افقی (عرضی)

نکات ۱) اگر $V_u \leq \phi V_c$ آنگاه

به صورت محاسباتی نیاز به فولاد برشی ندارد.

۲) کنترل حداکثر فولادهای برشی $V_u \leq \frac{5}{6}\phi\sqrt{f'_c}\, hd$

در سپرها $V_s \leq 4V_c$

$V_n \leq 5V_c$

$V_u \leq 5\phi V_c$

نکات آئین نامه‌ای فولادگذاری برشی در دیوارهای برشی

۱- حداقل فولادهای برشی افقی

$P_{t,min} = 0.0025$

$\left(\frac{A_v}{s}\right)_{min} = 0.0025h$

۲- فاصلهٔ حداکثر فولادهای برشی افقی

$S_{max} = \min\left\{3h, \frac{1}{5}l_w, 500^{mm}\right\}$

۳- فولادهای برشی قائم

$P_l = 0.0025 + 0.5\left(2.5 - \frac{h_w}{l_w}\right)(P_t - 0.0025) \geq 0.0025$

ارتفاع دیوار = h_w ، طول دیوار = l_w

$P_l \leq P_t$ درصد لازم میلگرد فولادهای برشی قائم از فولادهای برشی افقی بیشتر در نظر گرفته شود.

EILIYA

www.hoseinzadeh.info

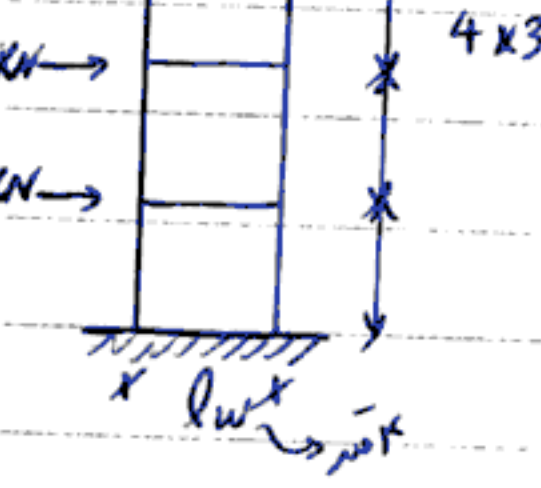
۴- فاصلهٔ حداکثر فولادهای برشی عرضی

$$S_{max} = \min\left(3h\ ,\ \frac{l_w}{3}\ ,\ 500mm\right)$$

۵- اگر $V_u \leq \phi V_c$ باشد و نیاز به فولاد برشی محاسباتی نباشد.

الف- اگر $\frac{1}{2}\phi V_c \geq V_u$ به عنوان حداقل فولاد از ضوابط حداقل دیوارهای برشی استفاده شود.

ب- اگر $\frac{1}{2}\phi V_c > V_u$ می‌توان به عنوان حداقل فولاد از ضوابط عمومی دیوارهای سازه استفاده کرد.



ب- طراحی دیوار برشی در حالت خمشی یا خمشی با فشاری کوری

مشابه ستون‌ها — مشابه تیرها

(i) مشابه ستون‌ها با فولادگذاری در ۲ وجه موازی محور خمش

(ii) مشابه ستون‌ها با فولادگذاری در ۴ وجه مقطع

مثال: هدف: طراحی دیوار برشی

$f'_c = 25\ MPa$

$f_y = 400\ MPa$

فرض کنیم عرض باربر دیوار ۸ متر باشد

$DL = 700 \frac{daN}{m^2}$

$LL = 300 \frac{daN}{m^2}$

$h = 250\ mm$

ضمناً بارگذاری دیوار ناشی از لرزه به صورت $P_u = 5000\ KN$ در بالاترین تراز دیوار

$V_u = 690\ KN$

$M_u = 220 \times 12 + 190 \times 9 + 160 \times 6 + 120 \times 3$

$P_u = (8 \times 4)(1.2 \times 0.7 + 1. \times 0.3) \times 4) = 146\ KN$

$P_u = 5146\ KN$ یا

$1.20 + 1.0L + (1.4E$ یا $1.0E)$

برای کشورهایی که با زلزله

$1.4E$ برای پهنه پرخطر

$1E$ برای کشورهایی که با زلزله

برای تراز مقاومت

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

$V_u > \phi V_c$ ⟶ به فولاد عرضی جداسازی نیاز داریم

$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'_c}\, b d = 666.7\ kN$ طراحی برشی

$$\left(\frac{A_v}{S}\right)_{req} = \frac{\frac{V_u}{\phi} - V_c}{f_y d} = \frac{\frac{690\times10^3}{0.75} - 666.7\times10^3}{400\times0.8\times4000} = 0.198$$

$$\rho_t = \frac{0.198}{250} = 0.0008$$

$\rho_t < \rho_{t,min} = 0.0025 \rightsquigarrow \left(\frac{A_v}{S}\right)_{req} = 0.0025\times250 = 0.625$

Try $\phi 10$ $\quad 2\phi 10 = 157\ mm^2$

$$S_{req} = \frac{157}{0.625} = 251\ mm$$

$\rightsquigarrow S = 250\ mm < S_{max}$ O.K.

$S_{max} = \{750, 800, 500\}$

USE $2\phi 10$ @ 250 mm

طراحی میلگردهای طولی دیوار برشی

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

$\rho_t = 0.0025 \rightarrow \rho_l = 0.0025$

USE $2\phi 10$ @ 250 mm

طراحی خمشی دیوار:

$M_u = 5670\ kN.m$

$P_u = 5146\ kN$

از مقاومت نداری متداکم در دو وجه ستون استفاده شود.

از تعریف ضابطه 19 بند 19-1-ب

$f'_c = 21\ MPa$
$f_y = 420\ MPa$ → کیلر $f'_c = 28\ MPa$
$\gamma = 0.8$

ستون با بار محوری

و میلگردهای عرضی حاصل می‌شود

www.hoseinzadeh.info

دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه
Special Reinforced Concrete shear wall

مقدمه

- بارهای دینامیکی (و به خصوص بارهای زلزله)

شکل پذیری سازه و اجزای سازه ای

انتقال از شکل پذیری سازه

۱- جذب انرژی با رجوع Energy Absorption

۲- قابلیت استهلاک و هدر دادن انرژی Energy Dissipation

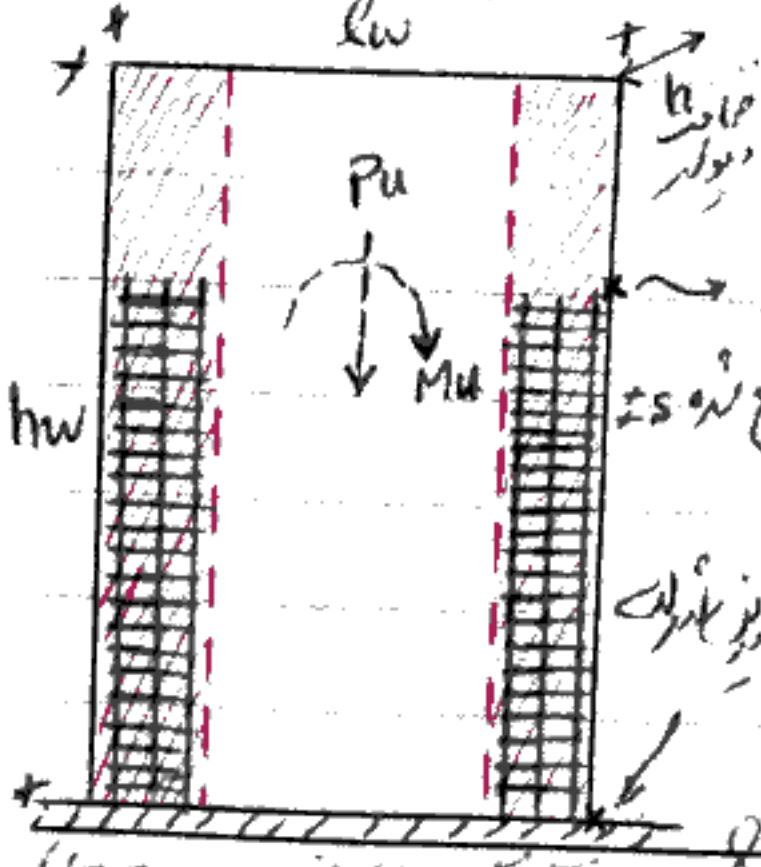
در تکیه ← سازه شکل پذیر شکلستی متفاوت با تغییر شکلهای زیاد و در مدت زمان طولانی است

اصولاً دیوارهای برشی باید در حین زلزله رفتار شکل پذیر (Ductile) از خود نشان بدهند.

دیوارهای بتن آرمه ویژه، با تمهیدات ویژه، شکل پذیر می شوند.

اعضای مرزی دیوار Boundary Elements

جهت شکل پذیر کردن دیوار برشی ویژه لازم است مقاومت فشاری خاصی در اعضای مرزی رعایت شود.



- فشارهای از دو طرف دیوار

- فشارهای از دو طرف کلیه بازشوهای دیوار

۱- ضرورت بکار بردن اجزای مرزی؟

۲- اجزای مرزی در ارتفاع دیوار تا کجا ادامه می یابند؟

۳- اجزای مرزی چه ویژگی هایی از دیوار را باید داشته باشند؟

۴- چه ضوابطی برای اجزای مرزی وجود دارد؟

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

۵- در ادامه خمشی آیا لازم است ضوابط خاص شکل‌پذیری رعایت شود؟

۶- ولاد گذاری طولی در جزء مرزی از چه ضوابطی تبعیت می‌کند؟

۱-

الف- روش سنتی (روش مبتنی بر کنترل تنش) آبا و ACI 318 و مبحث نهم

Stress Based Method

در هر دیواری که تنش حداکثر به $0.2f'_c$ برسد لازم است از جزء مرزی استفاده شود.

جزء مرزی باید در ارتفاع دیوار تا جایی ادامه یابد که تنش فشاری از $0.15f'_c$ کمتر شود.

کنترل تنش متوسط با فرض تیر و با فرض رفتار الاستیک کامل

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{MC}{I}$$

$$= \frac{Pu}{Ag} + \frac{Mu}{Ig} \times \frac{lw}{2}$$

$$Ag = lw \times h$$

$$Ig = \frac{1}{12} h \times lw^3$$

به ترک خورده

$$\sigma_c = \frac{Pu}{lw \times h} + \frac{6Mu}{h \times lw^2}$$

اگر $\sigma_c > 0.2 f'_c$ ← ضروری است که در دیوار جزء مرزی ایجاد شود.

ب- روش جدیدتر (روش مبتنی بر کنترل تغییر مکان) Displacement Based Approach (از سال 2002)

اگر $c \geq \frac{lw}{600(\delta u / hw)}$ → در این صورت استفاده از جزء مرزی در دیوار برشی ضروری

* این روش متداول قابل استفاده است که دیوار برشی بطور مؤثر در ارتفاع طبقات بوده و مقطع بحرانی مقطع گیردار طراحی شده باشد.

* مقطع بحرانی

دیاگرام کرنش

$\varepsilon_{cu} = 0.003$

$a = \beta_1 c$

$0.85 f'_c$

c: عمق ناحیه فشاری در دیوار برشی (عمق فشاری)

EILIYA

محل مقطع بحرانی برای دیوار طبقه اول

محل مقطع بحرانی برای دیوار طبقات بالا

۱۳ c در Etabs مشخص می‌شود.

www.hoseinzadeh.info

در آنالیز دینامیکی طیفی ← ماتریس جرم

در آنالیز کامپیوتری ← تمام افزاره ها را مشخص می کنند.

* بیشترین مقداری که از نیروی برشی پایه ای در اثر زلزله طراحی مورد می گیرد:

δ_u : تغییر مکان طراحی = تغییر مکان کل در تراز فوقانی دیوار

(≡ تغییر مکان واقعی دیوار در تراز بالایی)

— برای محاسبه تغییر مکان — آنالیز الاستیک خطی — مرتبه اول
مرتبه دوم
(فقط به رفتار خطی اعضا توجه می کند)
آنالیز P-Δ

به جهت رعایت حدودی تغییر مکان نسبی مقاطع کنترل می شود

تیرها $0.35 I_g$
ستون‌ها $0.7 I_g$
دیوار ترک خورده $0.35 I_g$
دیوار ترک نخورده $0.7 I_g$

$\Delta_M = 0.7 R \Delta_w$

آنالیز الاستیک خطی

- P-Δ مورد توجه قرار می گیرد.
- ترک خوردگی اعضا مورد توجه قرار می گیرد.

$\frac{\delta_u}{h_w} \geq 0.007$

* محاسبه شود در آنالیز الاستیک خطی $\delta_u = 0.7 R \kappa$

κ درصد بحرانی

تغییر مکان واقعی مکان در تراز بالای دیوار (دیافراگم)

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

۲- در این روش خرد موزی تا ارتفاع زیر اطمینان می‌یابد:

$$\max\left\{ l_w, \frac{M_u}{4V_u} \right\}$$

M_u و V_u نظیر جهتی و سری بارگذاری با فشردگی در مقطع بحرانی

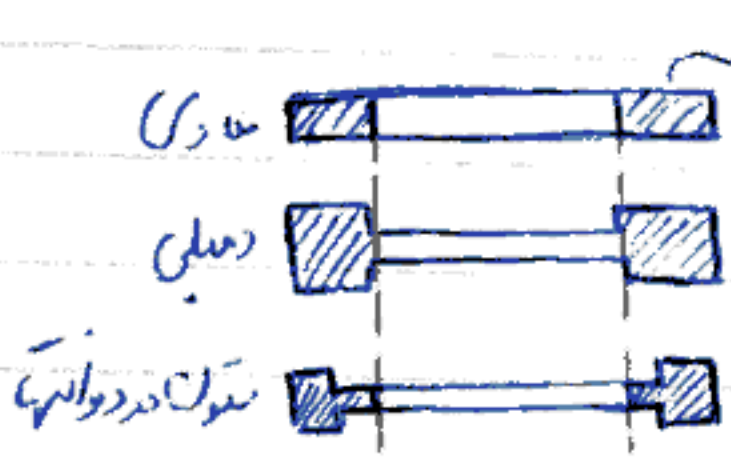
۳- عرض خرد موزی

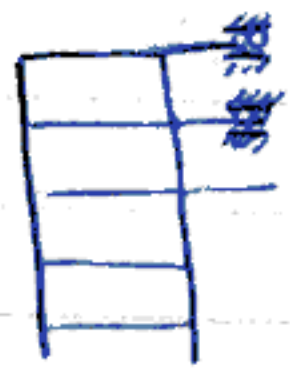
$$\text{عرض خرد موزی} = \max\left\{ c - 0.1\, l_w \text{ و } \frac{c}{2} \right\}$$

در صد دیوارهای

c: عمق تار خنثی

نکته: خرد موزی عمدتاً از دیوار بوده ولی توان با ضخامتی معادل ضخامت دیوار، منظور شود.





سبزین حالت مدل
گردن دیل ۲۵ کاس
دیوار برشی طبقه‌های نیدار
باید آزاد در یک جهت حرکت کند.
دیوارهای جهت ۲ حرکت جهتی آزاد، دیوارهای جهت ۱ حرکت جهتی آزاد.

دیوار حذف می‌شود.

* حدس زدن طول لازم برای دیوارهای برشی

حالت ایده آل $2\phi V_c < V_u < 3\phi V_c$

به جهت جلوگیری از گسیختگی قطری برشی $V_u \leq 5\phi V_c$

اگر $V_u = 2\phi V_c \rightarrow \frac{V_u}{\phi} = 2 \times \frac{1}{6}\sqrt{f'_c}\, b_w\, d$

h $0.8 l_w$ ← تنها مجهول ل

حدس

که حاصل می‌شود.

www.hoseinzadeh.info

بررسی بدست آوردن ضریب ترک خوردگی بتون

ابتدا ضریب را 0.7 درنظر داده و آنالیز و مراحل انجام می‌شود اگر دیوار ترک خورده بود

با ید ضریب را 0.35 درنظر داده

ایجاد و تعیین $\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{MC}{I} < f_r = 0.7\sqrt{f'_c}$

بتن — ترک نخورده

نکته: الزم ۲ دیوار برشی متقاطع داشته باشیم:

حداقل طول هر عضو مرزی در صفحه دیوار برشی 300^{mm} در حال نقوذ کننده

h_w = ارتفاع کل دیوار

۴- مطالب ندارای شبکه

* خصوصیات ندارای و فولادگذاری عرضی در خرپد مرزی

فولادگذاری عرضی شبکه : $A_{sh} = 0.09 S b_c \frac{f'_c}{f_{yt}}$

$\frac{A_{sh}}{S} \geq 0.09\, b_c \frac{f'_c}{f_{yt}}$

فولادگذاری عرضی شبکه حداقل به اندازه ذکر شده باید در هر دو جهت خرپد مرزی گسترش شود.

f_{yt} ← تنش تسلیم مطلوبهای عرضی

b_c ← عرض هسته خرپد مرزی در راستای محور بین A_{sh} (کرنش با مرز خارجی)

S ← فاصله مطلوبهای عرضی (فاصله خاموت یا قلابها)

A_{sh} ← سطح مقطع شاخه‌های خاموت یا قلاب در جهت محور بررسی

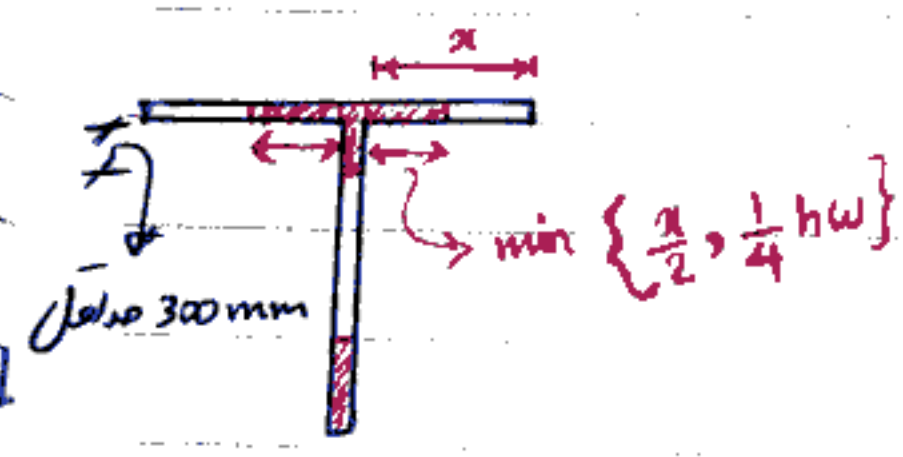
حداکثر فاصله خاموتهای عرضی در خرپد مرزی $S \leq \min\left\{\frac{1}{4} h_{min}, 6\phi_L, S_0\right\}$

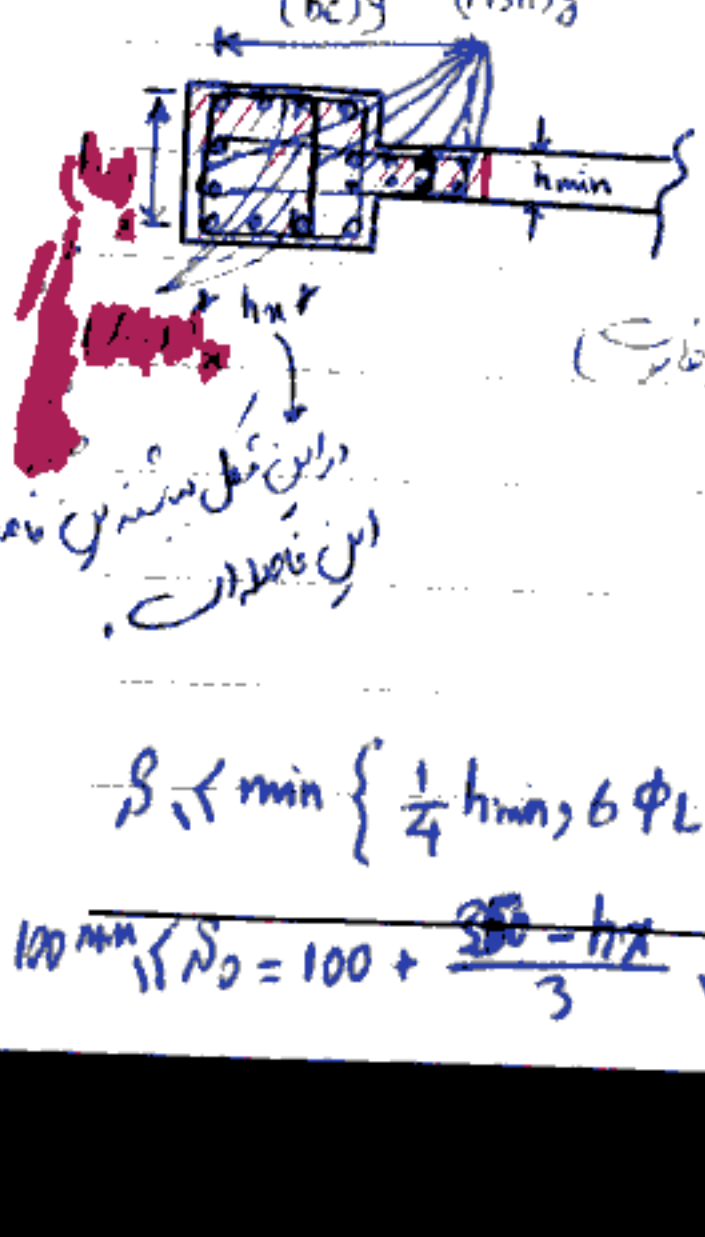
h_{min} ← کوچکترین بعد خرپد مرزی

ϕ_L ← قطر بزرگترین میلگرد طولی در خرپد مرزی

h_x: حداکثر فاصله شاخه‌های قلاب یا خاموت در امتداد عرض خرپد مرزی

$100^{mm} \leq S_0 = 100 + \frac{350 - h_x}{3} \leq 150^{mm}$

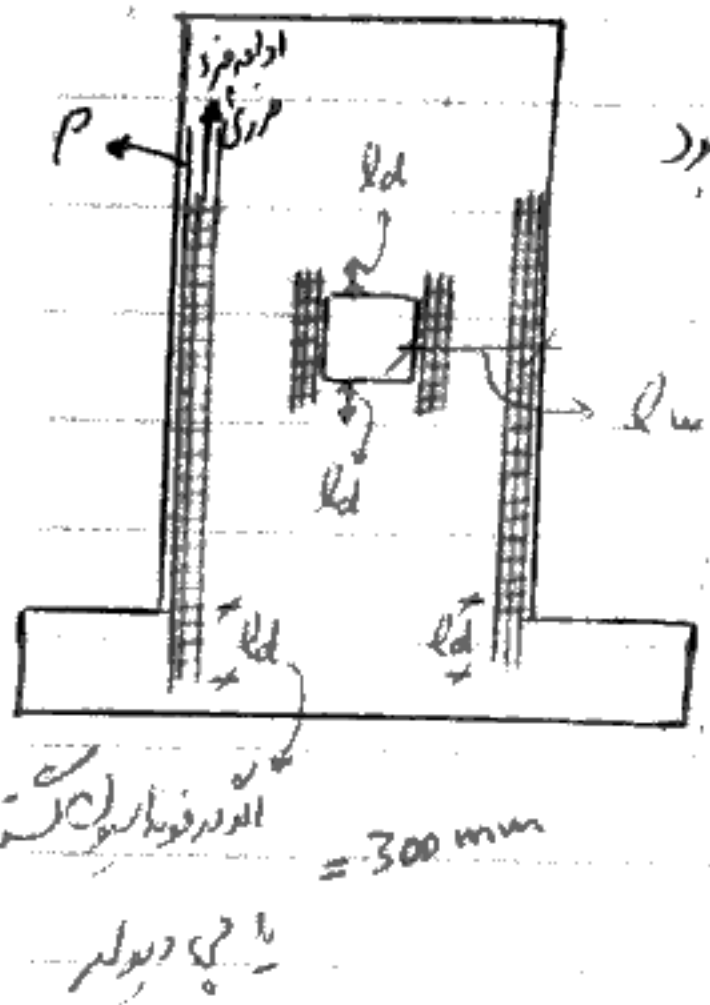




EILIYA

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

نکته: در جائی که خرپد فنری به پایه متصل می‌شود میلگردگذاری ویژه آن جا باید در طول حداقل
میلگردهای طولی ادامه داده شود. مثلا در جائیکه خرپد فنری به فونداسیون گسترده و یا دیوار متصل
می‌شود که در این حالت لازم است فولادگذاری ویژه به اندازه ۳۰۰ میلیمتر در پایه ادامه یابد.



پس نباید l_{ol} → انتهای دیوار قرار بود

جلسه چهارم 30-9-89

۵- ضوابط فولادگذاری عرضی در خارج از خرپد فنری (در ادامه خرپد فنری)

در ادامه خرپد فنری هم باید یک حداقل قرار داده شود ولی لازم نیست ضوابط سخت خاموت‌های ویژه
خرپد فنری در این قسمت رعایت گردد.

ص ۷۰ کتاب

۱- اگر درصد فولادهای طولی در محدوده خرپد فنری در این قسمت از $\frac{2.8}{F_y}$ بیشتر باشد، فولادهای عرضی در این قسمت با رعایت $S_{max}=200^{mm}$ قرار داده می‌شود، در غیر اینصورت در اینحالت نیازی به فولاد عرضی نیست.

$\rho < \frac{2.8}{F_y}$ → نیازی به فولاد عرضی نیست $F_y = 400\,MPa$ → $\rho < 0.7\%$

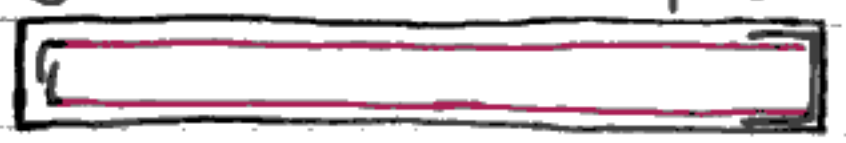
$\rho > 0.7\%$ → $S_{max}=200^{mm}$ → در محدوده عرضی $\phi 10 @ 200^{mm}$

www.hoseinzadeh.info

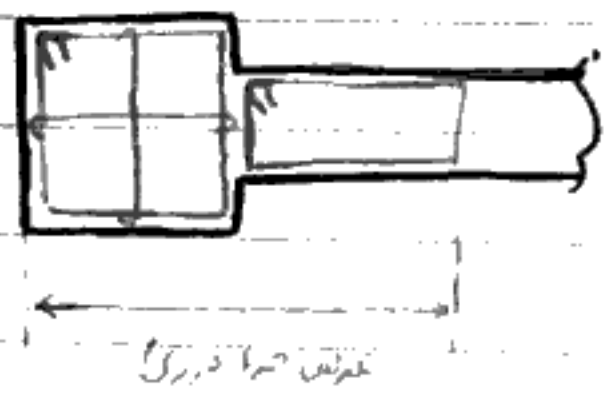
۲- درصورتیکه $V_u \geq \frac{1}{12} A_{cv} \sqrt{f'c}$ میلگردهای طولی دیوار باید در لبه‌های دیوار با قلاب استاندارد منتهی شوند و یا لازم است میلگردهای طولی دیوار در داخل سلول‌های لاشکل به یک قطر و فاصله‌ای معادل میلگردهای افقی دیوار قرار گیرند.

A_{cv} : سطح مقطع کامل دیوار $A_{cv} = h \times l_w$

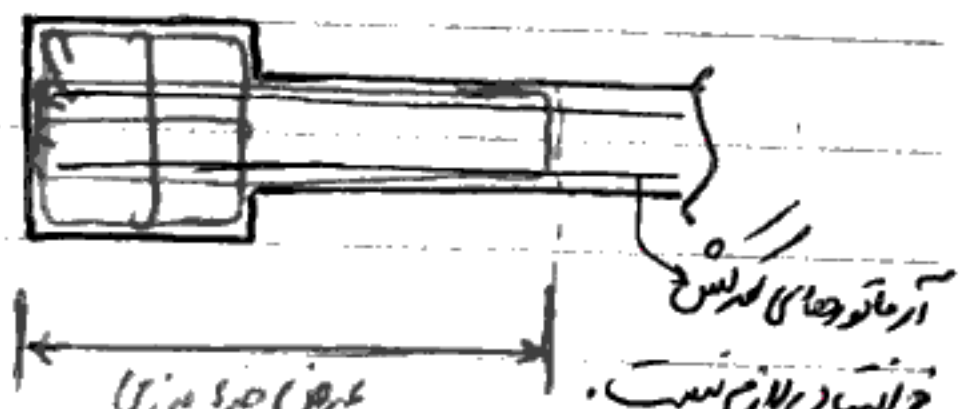
① روش اول ② روش دوم



دتایل مناسب برای خاموت گذاری ویژه در لبه‌ی مقطع مستطیلی شکل



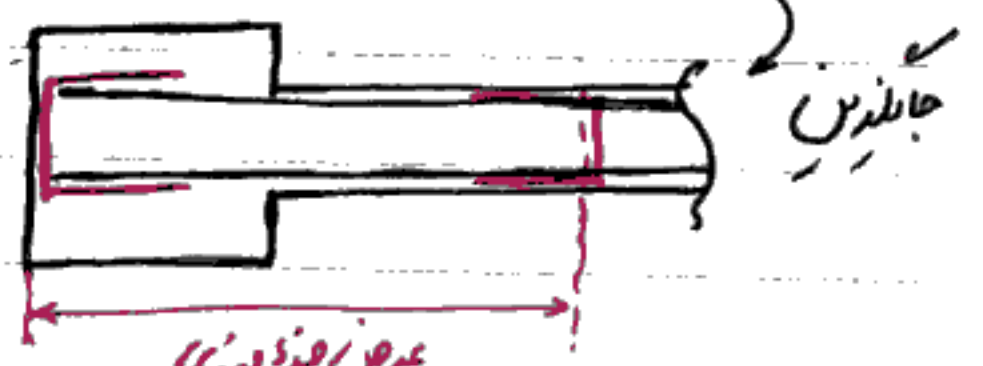
غلط



صحیح

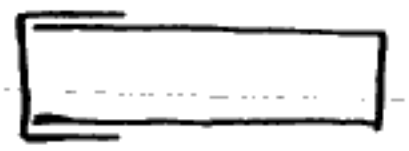
آلترناتیو این دتایل را اجرا کرد

میلگردهای طولی قرارداد و دوسرآنها را لا نداشت.

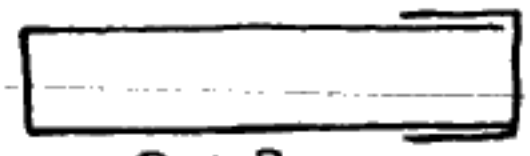


به جای خاموتهای داخل سقف می‌توان دتایل زیر را اجرا کرد.

هر ۳ آلترناتیو صحیح هستند.



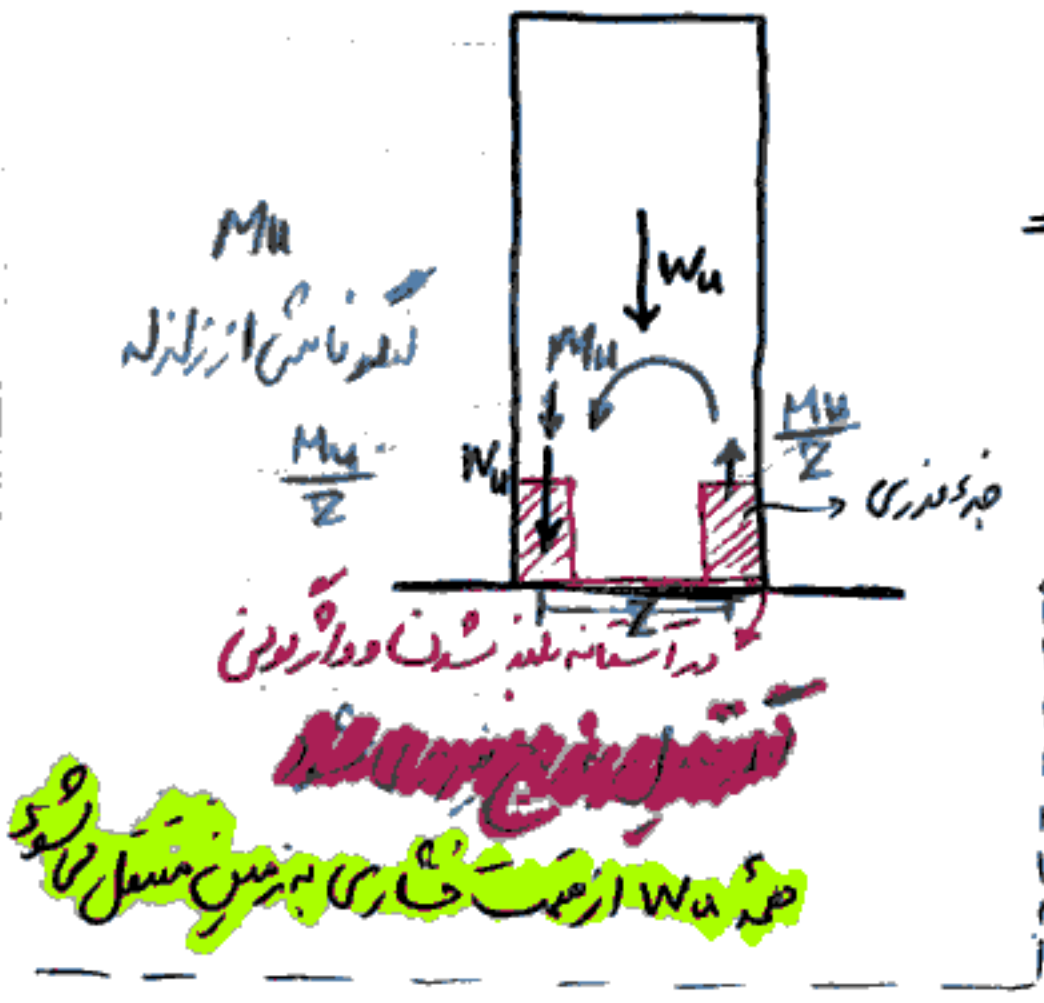
صحیح



www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

۶- ضوابط حداقل فولاد طولی لازم در جزء مرزی

ACI : فولادهای طولی در جزء مرزی باید طوری قرار داده شوند که در مقابل تمام بارهای ثقلی بالغ‌بر شامل وزن دیوار و بار جنبه بار مرده آن مقاوم باشند، بعلاوه باید تنظیم‌کننده‌های قائمی که برای جبران تنگ‌وگشادی ایجاد می‌شوند را نیز جوشکو باشند.



طراحی دیوار در مقابل ترکیب لبار خمش و نیروی محوری

$\Rightarrow$ در جزء مرزی یک سمت دیوار $P_u = \frac{W_u}{2} + \frac{M_u}{Z} = C_u$

در جزء مرزی طرف مقابل دیوار $T_u = P'_u = \frac{M_u}{Z}$ کشش

در مقابل کشش: $\phi A_{s1} f_y = P'_u$

کنترل با کشش $\rightarrow A_{s1} = \frac{P'_u}{\phi f_y}$ ($\phi = 0.9$)

در مقابل فشار: $[0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y] = P_o$

کنترل با فشار $P_{n,max} = 0.8 P_o$, $P_u \leq \phi P_{n,max}$ ($\phi = 0.65$)

$\rightarrow A_{s2} = \dots$

در جزء مرزی $A_s \geq \max \{A_{s1}, A_{s2}\}$

فولادگذاری برشی در دیوارهای برشی ویژه

(دیوار برشی که جزء مرزی داشته باشد)

بارآوری $V_n = V_c + V_s$, $V_u \leq \phi V_n$ $\phi = 0.75$

$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c}\, b_w d$ $V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$

www.hoseinzadeh.info

$$V_n = A_{cv}(\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$$

$$\alpha_c = \begin{cases} \frac{1}{4} & \text{اگر } \frac{h_w}{l_w} \leq 1.5 \quad \text{(دیوار کوتاه)} \\ \frac{1}{6} & \text{اگر } \frac{h_w}{l_w} \geq 2 \quad \text{(دیوار بلند)} \\ \frac{1}{4} - \frac{1}{6}\left(\frac{h_w}{l_w} - 1.5\right) & 1.5 < \frac{h_w}{l_w} < 2 \quad \text{(دیوار متوسط)} \end{cases}$$

ρ_t: درصد فولادهای افقی دیوار به سطح مقطع عمود بر آن

A_{cv}: $A_{cv} = l_w \times h$

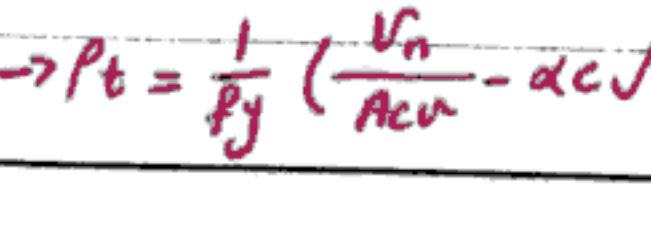
تفسیر رابطهٔ آئین نامه‌ای فوق

$$V_n = V_c + V_s$$

قبلاً: $V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'_c}\, b_w d$ دیوار برشی ویژه $\frac{1}{6} \to \alpha_c$ $d \simeq l_w \to V_c = \alpha_c \sqrt{f'_c}\, \underbrace{h \cdot l_w}_{A_{cv}}$ در دیوار $b_w = h$

$$\Rightarrow V_c = \alpha_c \sqrt{f'_c}\, A_{cv}$$

قبلاً: $V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$



حوزه عملکرد s $\quad \frac{A_v}{s \times h} = \rho_t$ از اینجا

$$V_s = \frac{A_v f_y l_w}{s} \times \frac{h}{h} = \rho_t f_y A_{cv}$$

$$\Rightarrow V_n = V_c + V_s = \alpha_c \sqrt{f'_c}\, A_{cv} + \rho_t f_y A_{cv} = A_{cv}(\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$$

مثال: آیا در یک دیوار برشی ویژه به ارتفاع ۱۵ متر و طول ۶ متر و ضخامت ۳۰۰ میلیمتر برش پایه $V_u = 2000$ kN فولاد تقاضای برشی آن را انجام دهید؟ $f_y = 400$ Mpa, $f'_c = 30$ Mpa

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{15}{6} > 2 \to \alpha_c = \frac{1}{6}$$

$$V_u \leq \phi V_n \to V_n = \frac{V_u}{\phi} = 2667 \text{ KN} \qquad A_{cv} = 300 \times 6000 = 18 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$V_n = A_{cv}(\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) \to \rho_t = \frac{1}{f_y}\left(\frac{V_n}{A_{cv}} - \alpha_c \sqrt{f'_c}\right) = 0.0014$$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

نکات آئین نامه‌ای

1) $\rho_t \geq 0.0025$

2) اگر $\frac{h_w}{l_w} \leq 2 \rightarrow \rho_l \geq \rho_t$

3) اگر $V_u \leq \frac{1}{12} A_{cv} \sqrt{f'_c}$ در این صورت می‌توان از حداقل‌های عمودی دیوارها به‌عنوان فولاد افقی و قائم دیوار استفاده نمود.

4) اگر $V_u \geq \frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f'_c}$ در این صورت فولادهای برشی معمولی باید در ۲ لایه بکار رود.

ادامه حل مسأله

$V_u = 2000\ KN > \frac{1}{6} \sqrt{f'_c}\ A_{cv} = 1643\ KN$

← فولادهای برشی معمولی باید حداقل در ۲ لایه بکار رود.

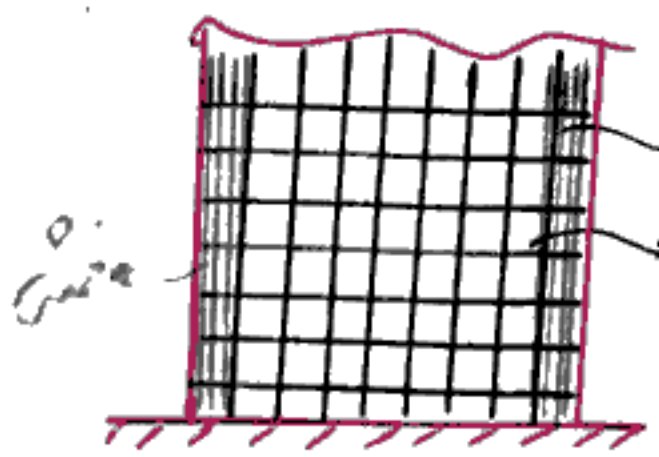
$\rho_t = 0.0014 < 0.0025 \rightarrow USE\ \rho_t = 0.0025$

$\rho_t = \frac{A_v}{h \times S}$ $USE\ 2\phi 12 \rightarrow A_v = 226\ mm^2$

$S = \frac{226}{0.0025 \times 300} = 301\ mm$ $USE\ 2\phi 12\ @\ 300\ mm$ افقی

نرول صد 686 کتاب $\rho_l = .0025 + 0.5\,(2.5 - \frac{h_w}{l_w})(\rho_t - 0.0025) \geq 0.0025$

$\rho_l = 0.0025 \rightarrow USE\ 2\phi 12\ @\ 300\ mm$ قائم



معمولاً میلگردهای عمودی در ۲ سمت دیوار قرار می‌گیرند و در وسط میانی دیوار حداقل آرماتور کافی است مثلاً همین آرماتورهای برشی قائم

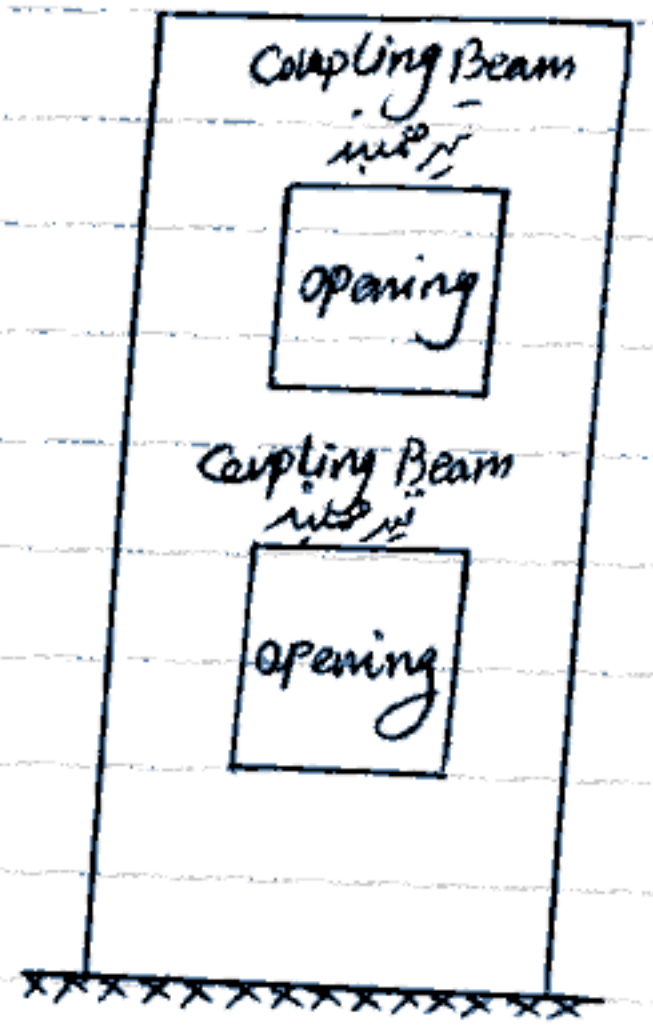
www.hoseinzadeh.info

برای جلوگیری حداقل طول دیوار برشی

هیچگاه نمی‌توان برشی بزرگتر از $4\phi\sqrt{f'c}$ به دیوار وارد کرد.

(V_u یعنی طول دیوار برشی) $V_u = (1.5-2)\phi\sqrt{f'c}$

تیرهای همبند در دیوارهای برشی

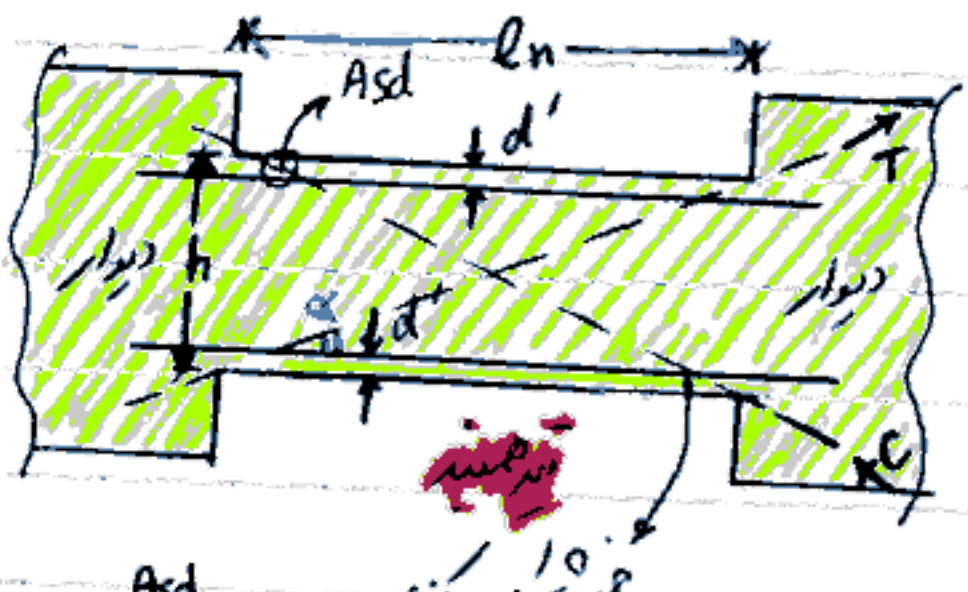


* اگر این تیر نقش خود را بخوبی ایفا نکند بدین معنی است که بجای دیوار اصل ۲ دیوار کوتاه در ۲ طرف opening داریم. که ظرفیت آن به مراتب کمتر از دیوار اصلی است حتی تا $\frac{1}{5}$ ظرفیت آن

* تیر همبند بعنی ۲ قسمت کناری دیوار را به هم متصل کند.

اگر این تیرها خوب طراحی شده باشند و تا آخر کار دوام بیاورند عملکرد دیوار بصورت کامل صورت می‌پذیرد.

از صفحه ۷۱۰ کتاب



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

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

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

آرماتور تیر ۹۰ سانتیمتر بیشتر مهار شود

زیرا تنش اصطکاک است.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

ACI

۱- اگر $\frac{l_n}{h} \geq 4$ باشد ← نیازی به فولادگذاری در تیر هم‌بند نیست.

۲- اگر $2 < \frac{l_n}{h} < 4$ باشد ← توصیه می‌شود از فولادگذاری قطری در تیر همبند استفاده شود.

۳- اگر $\frac{l_n}{h} \leq 2$ باشد ← و $V_u \geq \frac{1}{9}\sqrt{f'_c}\, A_{cw}$ باشد ← فولادگذاری قطری در تیر همبند الزامی است.

طراحی مسلح‌های قطری

$$A_{sd} = \frac{V_u}{2\phi f_y \sin\alpha} \qquad \phi = 0.75 \quad V_u = \text{آنالیز} \quad \alpha = \text{با شیب قطر مقابل}$$

A_{sd} : مساحت ۴ عدد مسلح‌ها یکدیگر

طراحی خاموت‌ها در مسلح‌های قطری

$$\text{خاموت} \quad \frac{A_{sh}}{s} \geq 0.09\, b_c \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} \geq 0.3\, b_c \frac{f'_c}{f_{yt}} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right)$$

b_c : بعد هسته محصور در خاموت شاخه‌ها

A_{ch} : سطح مقطع هسته مسلح‌های قطری

A_g : سطح مقطع ناخالص تیر نخی قطری

مسلح‌های خمشی تیر مانند تیر معمول محاسبه می‌شود و خاموت‌های محدودکننده هم مانند تیر معمول بدنه‌ی بدست می‌آید.

در ناحیه میانی فقط سه مسلح عدد تعلق و تعدادی خاموت حائل بین مرکز داده می‌شود

جلد 1 ص ۹-۵ ، فصل ۱۸ جلد ۲