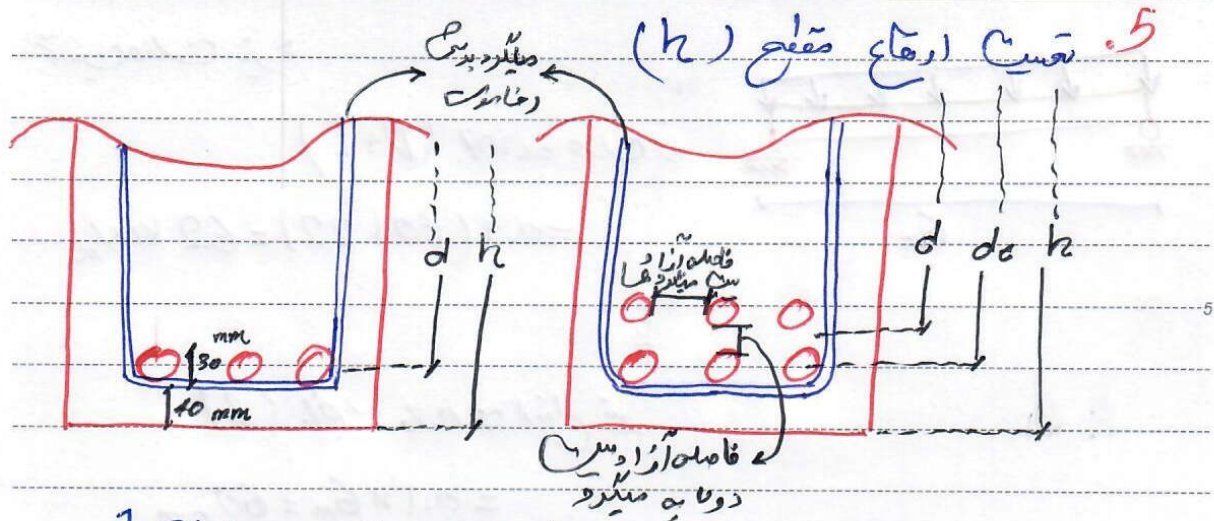




1 فرض $\rightarrow$ Cover $\approx 40 \text{ mm}$

2 فرض $\rightarrow$ قطر خامه $= 10 \text{ mm}$

3 فرض $\rightarrow$ قطر میگرد $\approx 30 \text{ mm}$

در صورت

*1 $h = d + 65 \text{ mm}$ وجود یک تیر به میگرد

1/2 $\max(d_b, 25 \text{ mm}, \frac{4}{3} d_{agg-max})$ *2

فاصله آزاد بین دو میگرد

بزرگترین اندازه

فاصله

اصلی میگرد

*3 $\max(25 \text{ mm}, \frac{4}{3} d_{agg-max})$

در صورت *1, 2, 3

$h = d + 95 \text{ mm}$ وجود دو تیر به میگرد

مثال) برای تیر دوسر ساده زیر تحت اثر بار یکپارچه

یک مقطع مستطیل مناسب طراحی کنید

$q_0 = 10 \text{ kN/m}$ به طول تیر

$q_1 = 22 \text{ kN/m}$

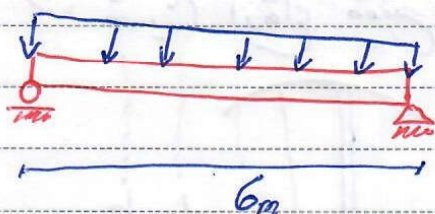
V-E-N-U-S

$f_c = 28 \text{ MPa}$

$f_y = 350 \text{ MPa}$

8 متر به بالا $\rightarrow 20\% (D+L)$

Subject: 8 متر به بالا $\rightarrow 10\% (D+L)$



تخمین وزن تیر: $10\% (D+L)$

$$= 0.1 (10 + 22) = 6.2 \text{ kN/m}$$

یا

$10\% (l) \approx 0.8$ ارتفاع تیر

$$= 0.1 \times 6 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

$$b \approx 0.6 h = 36 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

انرژی محمول بین $\Rightarrow$ وزن تیر = $24 \times 0.6 \times 0.35 \approx 5.05 \text{ kN/m}$
 24 kN/m^3 وزن فولاد

$\Rightarrow q_g = 5.5 \text{ kN/m}$ وزن تیر به عدد
 بین دو عدد به نسبت
 آمده تخمین زد

با ضریب وارد
 بر تیر مقرون $q_u = 1.2 q_D + 1.6 q_L \geq 1.4 q_D$

$$\Rightarrow (40 + 5.5) 1.2 + (22) 1.6 = 89.8 \text{ kN/m} \geq (1.4)(45.5)$$

$$M_{max} = \frac{q_D^2}{8} = \frac{89.8 \times 6^2}{8} = 404 \text{ kN.m}$$

* تخمین از درصد آرماتور (برای محدودیت انحراف)

$$\rho = (0.35 \sim 0.4) \rho_b \quad f'_c = 28 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$\rho \approx 0.4 \rho_b = 0.4 \times 0.85 \times \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \rho \leq 0.4 \times 0.85 \times 0.85 \times \frac{28}{350} \times \frac{600}{600+350} \leq 0.014 \quad \leftarrow \text{تمت ابعاد}$$

ابعاد : $w = \frac{\rho f_y}{f'_c} = \frac{0.014 \times 350}{28} = 0.175$

نسبت فولاد مسلح

$$K_R = f'_c w (1 - 0.59w) = 28 \times 0.175 (1 - 0.59 \times 0.175) = 4.324 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow b d^2 = \frac{M_u}{\phi K_R} = \frac{404 \times 10^6}{0.9 \times 4.324} = 102.2 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

10 $\frac{d}{b} \approx 1.5 \Rightarrow b (1.5b)^2 = 102.2 \times 10^6 \Rightarrow \begin{aligned} b &\leq 357 \text{ mm} \\ d &\leq 535 \text{ mm} \end{aligned}$

ابعاد اجرایی : $b \leq 350 \text{ mm}$

رابطه مقادیر

15 $h = d + 65 \text{ mm} \Rightarrow h = 600 \text{ mm}$

بر اساس این فرض به نسبت مقدار آرماتور

وزن تقریبی $q = W_c \times b \times h = 24 \times 0.35 \times 0.6 = 5.04 \text{ kN/m}$

به ابعاد تقریبی به سمت آسمان

20 $\Rightarrow q_u = 1.2 (40 + 5.04) + 1.6 (22) = 89.25 \text{ kN/m}^2$

$$\Rightarrow M_{max} = \frac{q_u \times l^2}{8} = \frac{89.25 \times 6^2}{8} = 401.6 \text{ kN.m}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{350}{0.85 \times 28} = 14.71$$

25 $R_R = \frac{M_R}{\phi b d^2} = \frac{401.6 \times 10^6}{0.9 \times 350 \times 535^2} = 4.454 \text{ MPa}$

$R_n \downarrow$ $P \downarrow$ $bd^2 \uparrow$

Subject:

Year: Month: Day: ()

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{14.71} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.71 \times 7.45}{350}} \right)$$

$$\Rightarrow \rho = 0.0142 : \text{مقدار } \rho \text{ مقبول}$$

$$\rho_{tol} = 0.319 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} = 0.0217 \quad \left. \vphantom{\rho_{tol}} \right\} \Rightarrow \rho < \rho_{tol} \Rightarrow \rho = 0.0142$$

$$A_s = \rho b d = 0.0142 \times 350 \times 535 = 2659 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow 4 \Phi 30 = 2827 \text{ mm}^2$$

$$\text{فاصله آزاد بین آرماتورها: } \frac{350 - 2 \times 10 - 2 \times 10 - 4 \times 30}{3} = 43.3 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad \checkmark$$

فاصله آزاد بین

$$\text{ماتر: } \max (2.59 d_c) = 30 \text{ mm} \quad \checkmark$$

آرماتور

30

$\frac{2}{x}$ - تقسیمی (ماتر فشرده) با فرض محدودیت ابعاد:

$$\rho = \rho_{tol} = 0.319 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} = 0.0217$$

$$\omega = \rho \frac{f_y}{f'_c} = 0.0217 \times \frac{350}{28} = 0.271$$

$$k_n = f'_c \omega (1 - 0.59 \omega) = 28 \times 0.271 (1 - 0.59 \times 0.271)$$

$$\Rightarrow k_n = 6.375 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow b d^2 = \frac{M_u}{\phi k_n} = \frac{404.1 \times 10^6}{0.9 \times 6.375} = 70.4 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\text{if } \frac{d}{b} \approx 1.5 \rightarrow b(1.5b)^2 = 70.4 \times 10^6 \rightarrow \begin{cases} b = 315 \text{ mm} \\ d = 473 \text{ mm} \end{cases}$$

$$\text{بعد ايجاد الجواب} \rightarrow b = 300, h = 550 \text{ mm} (d = 485 \text{ mm})$$

$$P_{\text{مطلوب}} \rightarrow P = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right) = 0.021 < P_{\text{حد}} = 0.0217$$

$$\Rightarrow \phi = 0.9 \checkmark$$

$$q_g = 24 (0.3) (0.55) = 3.96 \text{ w/m}$$

$$q_u = 1.2 (10 + 3.96) + 1.6 \times 22 = 87.95 \text{ w/m}$$

$$\Rightarrow M_{\text{max}} = \frac{q_u \times 36}{8} = 395.5 \text{ kN.m}$$

$$\left(R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{395.5 \times 10^6}{0.9 \times 300 \times 485^2} = 6.23 \text{ Mpa} \right) \quad m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = 14.91$$

$$A_s = \rho b d = 0.021 \times 300 \times 485 = 3056 \text{ mm}^2$$

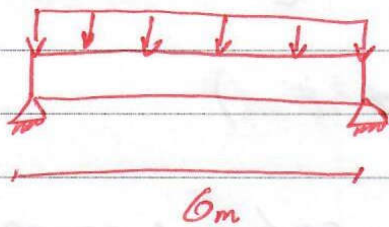
$$4 \phi 32 = 3217 \quad \text{المطلوب} : \frac{300 - 2 \times 10 - 2 \times 10 - 4 \times 32}{3} = 24 \text{ mm} < \max(25, 32) \quad \checkmark$$

$$5 \phi 28 = 3075 \quad \text{المطلوب} : \frac{300 - 2(10+10) - 5 \times 28}{4} = 15 \text{ mm} < \max(25, 28) \quad \checkmark$$

$$\text{USE } 3 \phi 36 = 3054 \quad \text{المطلوب} : \frac{300 - 2(10+10) - 3 \times 36}{2} = 46 \text{ mm} > \max(25, 36) \quad \checkmark$$

$$\text{المطلوب} : \rho_s = \frac{3054}{b d} = 0.02 < 0.0217 \cdot P_{\text{حد}} \quad \checkmark$$

تمرین: با فرض محدودیت ابعاد واسفاده از مصالح آرماتور گسیخ، تیر و بوب
 و در حین حرکت حواس کنید



$$f'_c = 28 \text{ mpa}$$

$$f_y = 350 \text{ mpa}$$

$$q_D = 40 \text{ kN/m} \quad q_L = 26 \text{ kN/m}$$

میزان اعتبار وزن

5

10

15

20

25

Subject:

Year : Month: Day : ()

page : () **57**

5

10

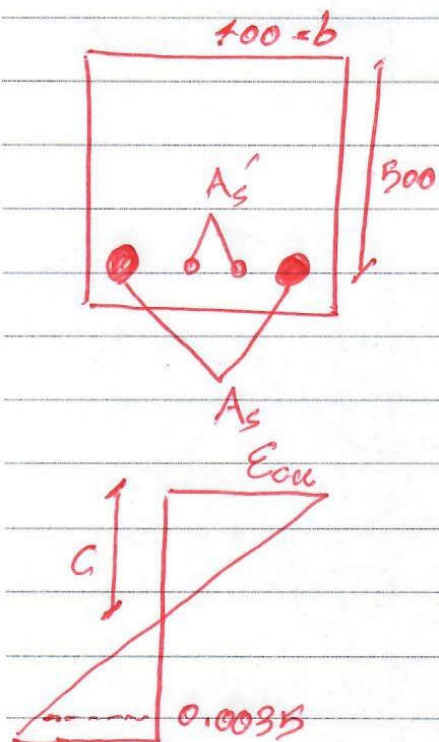
15

20

25

مثال (سوال امتحان میترم)

میترهای A_s از نوع 550 و میترهای
 A_s' از نوع 300 می باشد با توجه به
 $A_s = A_s'$ مقادیر و نوع میترها و مقدار
 $\frac{A_s}{2}$ را بدست آورید



10

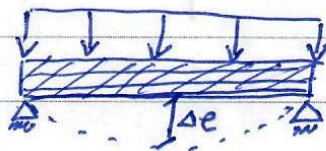
15

20

25

مزیای استفاده از فولاد فشاری 8

1. کمک به ظرفیت فشاری بتن و در نتیجه افزایش ظرفیت خمشی مقطع
2. افزایش طول پایداری مقطع
3. کاهش خیز دراز مدت؛ در حقیقت بار از بتن به فولاد منتقل می شود و سپس کاهش خیز می شود



خیزان: Δe

خیز دراز مدت: $\lambda + \Delta e$

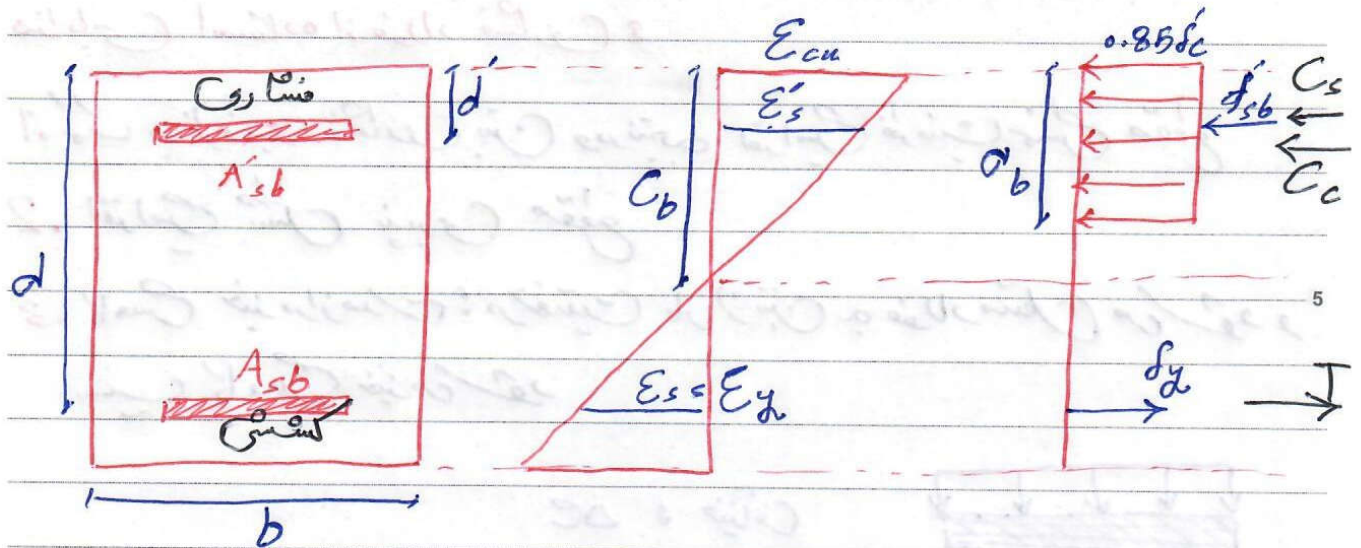
$$\Delta (1 + \lambda) = \text{خیزان} + \text{خیز دراز مدت} : \text{خیز کل}$$

$$\lambda = \frac{k}{1 + 50 \rho'}$$

$$\rho' = \frac{\text{فولاد فشاری}}{\text{سطح مقطع موثر}} \Rightarrow \text{برای } k=2 \text{ و بیشتر}$$

4. تبدیل فولاد فشاری به کشش و برعکس در برابر بارهای رفت و برگشت مانند زلزله

5. ایجاد تکیه گاه مناسب برای فولاد های پرسی (خاص)



* بررسی جاری شدنی فولاد کسبی در یک مقطع با فولاد مناسبت

- ① A_s : فولاد مناسبت
 ② $A_s \leq \bar{A}_{sb}$: فولاد مناسبت مقطع با فولاد مناسبت
 ③ $E'sb$: تنش فولاد مناسبت
 ④ $f'sb$: تنش در فولاد مناسبت

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow T = C_c + C_s$$

$$\Rightarrow \bar{A}_{sb} \cdot f_y = 0.85 f'_c \cdot \alpha_b \cdot b + A_s f'sb$$

$$\Rightarrow \bar{A}_{sb} = 0.85 \frac{f'_c}{f_y} \cdot \alpha_b \cdot b + A_s \frac{f'sb}{f_y}$$

$$I \text{ معادله} : \frac{E_{cu}}{E_y} = \frac{C_b}{d - C_b} \Rightarrow C_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$5 \text{ II معادله} : \frac{E'_{sb}}{E_{cu}} = \frac{C_b - d'}{C_b} = 1 - \frac{d'}{C_b} = 1 - \frac{d'}{d} \times \frac{600 + f_y}{600}$$

$$f'_{sb} = E_s \cdot E'_{sb} \leq E_s \cdot E_{cu} \left(1 - \frac{d'}{d} \times \frac{600 + f_y}{600} \right) \leq f_y$$

$$10 \quad f'_{sb} \leq 600 - \frac{d'}{d} (600 + f_y) \leq f_y$$

$$\alpha_b = \beta_1 C_b \Rightarrow \bar{A}_{sb} = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} b d + A'_s \frac{f'_{sb}}{f_y}$$

$$15 \quad \bar{A}_{sb} = A_{sb} + A'_s \frac{f'_{sb}}{f_y} \quad \rho_b = \frac{\bar{A}_{sb}}{b d} \geq \rho'_s \frac{A'_s}{b d}$$

$$20 \quad \bar{\rho}_b = \rho_b + \rho'_s \frac{f'_{sb}}{f_y} \quad \text{اثر فولاد ضعیف جاری} : f'_{sb} \leq f_y \Rightarrow \frac{f'_{sb}}{f_y} \leq 1$$

* به این نتیجه می رسید که فولاد ضعیف جاری شده باشد، میزان فولاد ضعیف به میزان فولاد بالاس منقطع اضافه می شود

$A_s < \bar{A}_{sb}$ یا $\rho < \bar{\rho}_b$ اگر
فولاد بیش جابجایی
و مقطع تحت فولادین

$A_s > \bar{A}_{sb}$ یا $\rho > \bar{\rho}_b$ اگر
مقطع فولاد مصالح و در
آستانه کسری فولاد
کسری جاری شده

5

* عامل اساسی در جاری شدن یا جاری شدن فولاد منساروی (A_s)
مقدار فولاد کسری (A_s) من باشد

در حقیقت اگر میزان فولاد کسری از یک حد صریح بیشتر باشد،

10

شرایط کسری ایجاد شده در مقطع (T) که برابر است با نیروی

منساروی مقطع (C) به اندازه ای است که من فولاد

منساروی را به حد تسلیم برساند؛ این حد صریح را $\bar{A}_{s-min}$

نشان می دهند

15

$A_s \geq \bar{A}_{s-min}$ فولاد منساروی
به حد تسلیم رسد

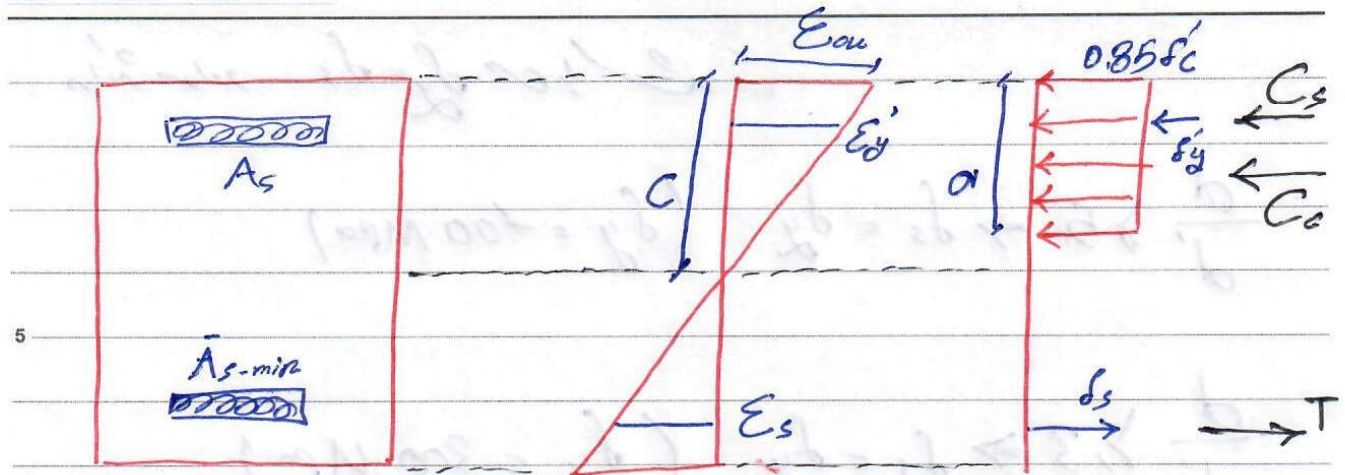
$A_s < \bar{A}_{s-min}$ فولاد منساروی
به حد تسلیم نرسد

20

Subject:

Year: Month: Day: ()

page: ()



$$T = C_c + C_s \Rightarrow \bar{A}_{s-mirz} \cdot f_s = 0.85 f'_c \cdot a \cdot b + A_s \cdot f_y \quad (1)$$

$$\left(\frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon'_y} = \frac{c}{c-d'} \right) \Rightarrow \alpha = \beta_1 d' \frac{600}{600 - f'_y} \quad (2)$$

15 حایبنداری مقدار 1 و 2 $\Rightarrow \bar{A}_{s-mirz} = A_s \frac{f_y}{f_s} + 0.85 \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_s} \times \frac{600}{600 - f'_y} \cdot b d'$

$$\frac{\epsilon_s}{\epsilon_{cu}} = \frac{d-c}{c} \Rightarrow \epsilon_s = \epsilon_{cu} \left(\frac{d}{c} - 1 \right)$$

$$\Rightarrow \epsilon_s = \epsilon_{cu} \left[\frac{d}{d'} \left(\frac{600 - f'_y}{600} \right) - 1 \right]$$

$$\Rightarrow d_s = \frac{d}{d'_1} (600 - f'_y) - 600 \leq d_x$$

$$\cdot \text{در این موارد } f_y = f_s$$

$$\frac{d}{d'} \geq 5 \Rightarrow f_s = f_y \quad (f_y = 400 \text{ MPa})$$

5

$$\frac{d}{d'} \geq 3 \Rightarrow f_s = f_y \quad (f_y = 300 \text{ MPa})$$

$$\bar{P}_{min} = \frac{\bar{A}_{s,min}}{bd} \Rightarrow \bar{P}_{min} = \rho \frac{f_y}{f_s} + 0.85\beta_1$$

10

$$\bar{P}_{min} = \rho \frac{f_y}{f_s} + 0.85\beta_1 \frac{f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 - f_y} \times \frac{d'}{d}$$

15

$$A_s > \bar{A}_{s,min} \quad (\rho > \bar{\rho}_{min})$$

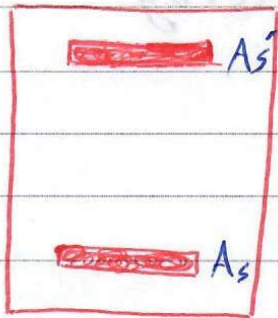
در سطح "نیست" فولاد فشاری

جاری است 20

$$A_s < \bar{A}_{s,min} \quad (\rho < \bar{\rho}_{min})$$

در سطح "نیست" فولاد فشاری

جاری است 25



$$A_s < \bar{A}_{sb}$$

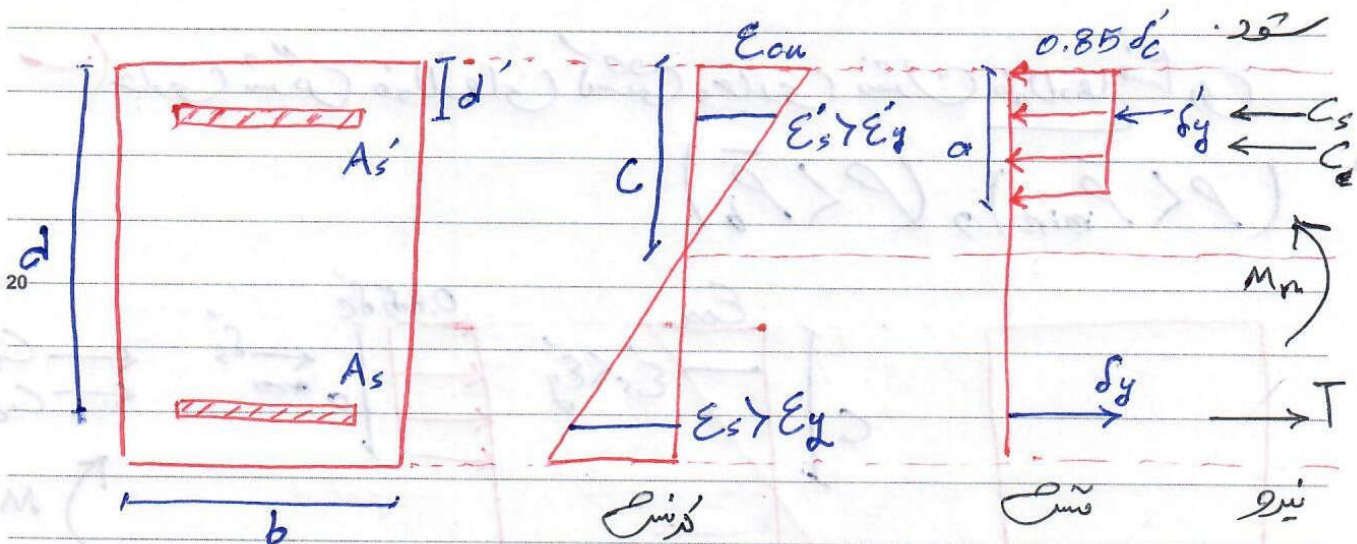
$$A_s > \bar{A}_{smin}$$

تعیین ظرفیت خمشی مقطع مستطیلی با فولاد منساری :

الف) جاری شدن فولادهای کششی و منساری ($P_b < P$ و $P < P_{min}$)

این حالت، حالت دلخواه و مد نظر ماست؛ در حقیقت با جاری شدن فولاد کششی، رفتار ترک و شکل فزاینده ظاهر داست و همچنین جاری شدن فولاد منساری در لحظه کشش فولاد منساری، استفاده بیشتر

15



25

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow T = C_s + C_c \Rightarrow A_s f_y = 0.85 f'_c \cdot \alpha b + A'_s \cdot f_y$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{A_s f_y - A'_s \cdot f_y}{0.85 f'_c \cdot b}$$

$$M_n = C_c \left(d - \frac{\alpha}{2} \right) + C_s (d - d')$$

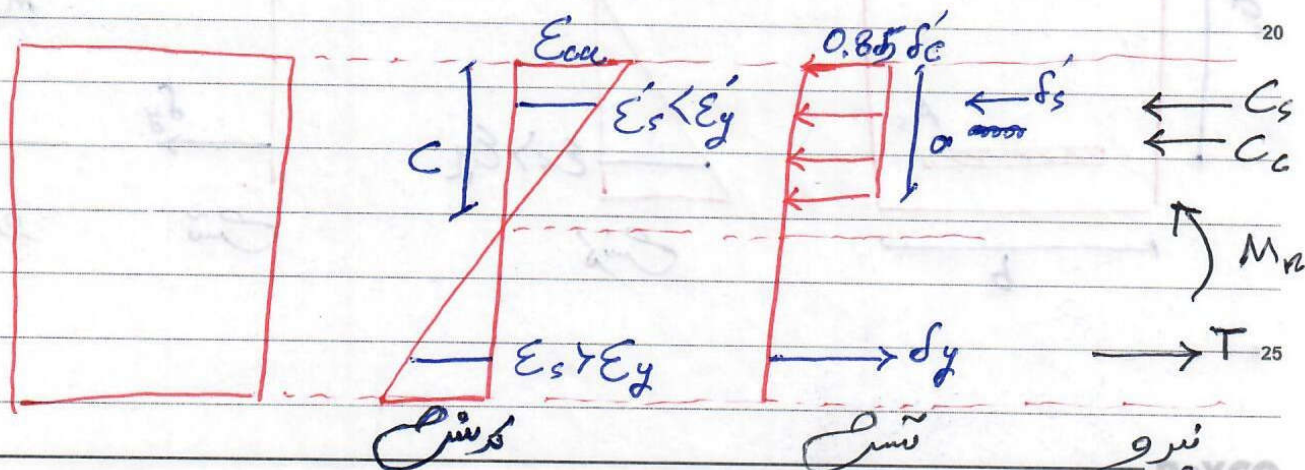
$$\Rightarrow M_n = (A_s f_y - A'_s \cdot f_y) \left(d - \frac{A_s f_y - A'_s \cdot f_y}{1.7 f'_c \cdot b} \right) + A'_s f_y (d - d')$$

$\Rightarrow M_n: P$ بر حسب

$$M_n (P f_y - P' f'_y) b d^2 \times \left[1 - 0.59 \left(\frac{P f_y - P' f'_y}{f'_c} \right) \right] + f_y \cdot P' b d^2 \left(1 - \frac{d'}{d} \right)$$

(جاری سٹرس فولادها کی کسبی و جاری سٹرس فولادها کی سٹری)

$$(P < P_{min}), (P < \bar{P}_b)$$



Subject:

Year: Month: Day: ()

page: ()

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow T = C_s + C_c \Rightarrow A_s f_y = A_s' f_y' + 0.85 f_c' \cdot \alpha b$$

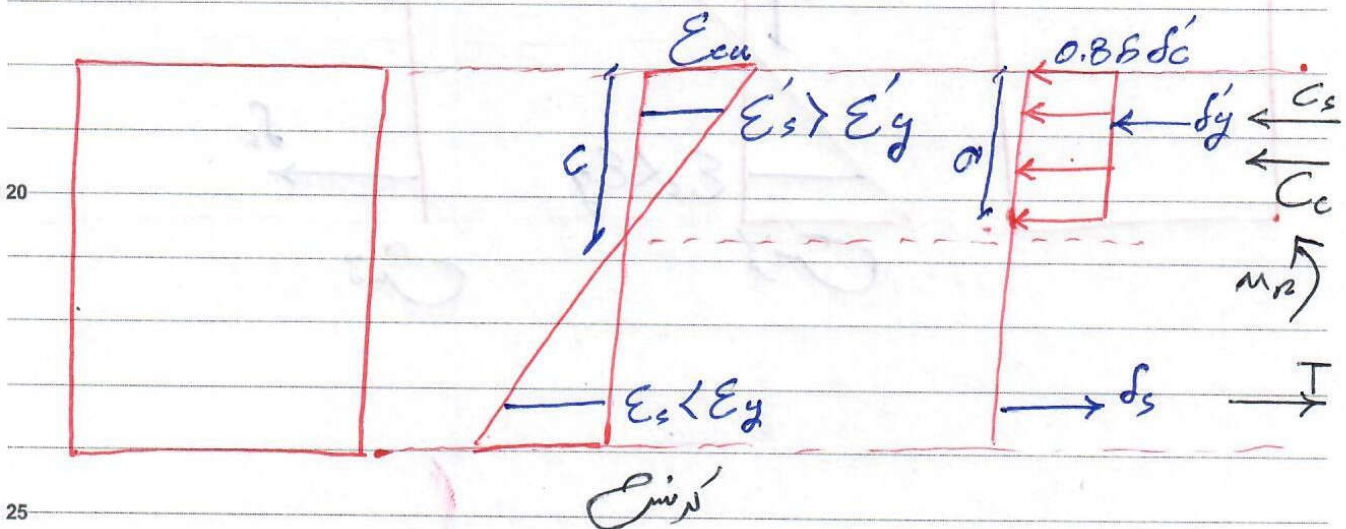
$$M_n = 0.85 f_c' \cdot \alpha b (d - \frac{\alpha}{2}) + A_s f_y (d - d')$$

$$\alpha^2 + \frac{600 A_s' - A_s f_y}{0.85 f_c' \cdot b} \alpha - \frac{600 A_s' \beta_1 d'}{0.85 f_c' b} = 0$$

$$f_s = 600 \frac{\alpha - \beta_1 d'}{\alpha}$$

(ج) جاری شش فول، کسب و جاری شش فول، P_{min} و P_{max}

$$(P > P_b, P > P_{min})$$

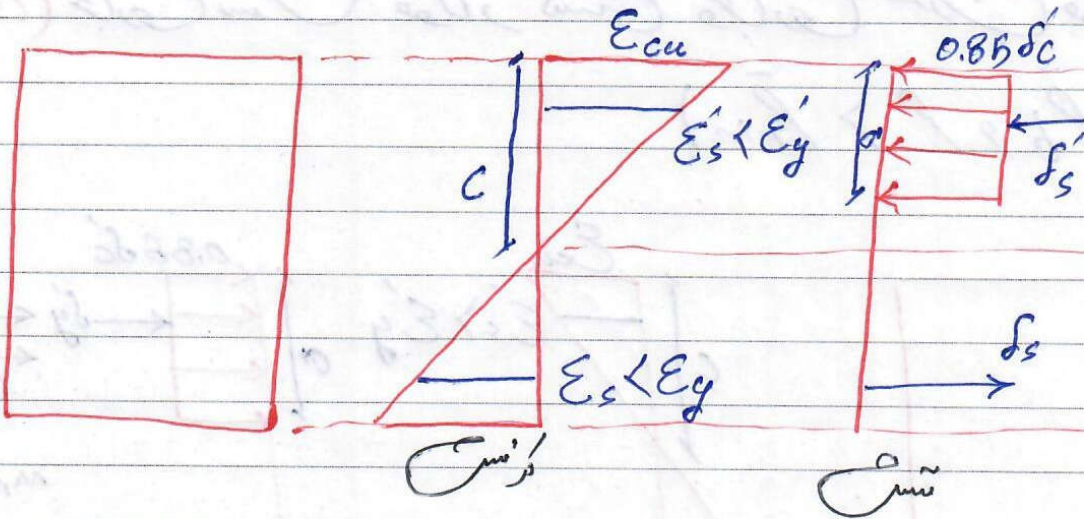


$$M_n = 0.85 f'_c \cdot a b \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f_y (d - d')$$

$$a^2 + \frac{A'_s f_y + 600 A_s}{0.85 f'_c \cdot b} a - \frac{600 A_s \beta_1 d}{0.85 f'_c \cdot b} = 0$$

$$f_s = 600 \frac{\beta_1 d - a}{a}$$

(> جاري سمن و فولد سمن و سمن) $(P < \bar{P}_{min}, P > \bar{P}_b)$



Subject:

Year : Month : Day : ()

page : ()

5

10

15

مقاومت خمشی طرمان مقطع با فولاد فشاری

$$M_u \leq \phi M_n$$

مقاومت خمشی طرمان

20

محدودیت بیشترین فولاد کششی در مقاطع با فولاد فشاری

نسبت فولاد کششی $\epsilon_c \geq 0.004$

25

در صورت قطع بودن استفاده از آرماتور منشی، من بایدت آرماتورهای کششی را در محاسبه
 بازده با 50% کاهش دهم و سپس بر اساس آن M_u جدید را محاسبه کنم؛ باز M_u
 برای آرماتور منشی استفاده شود. Subject: ()
 page: () 70

فرض شود
 $E_c \geq 0.004$ (1)

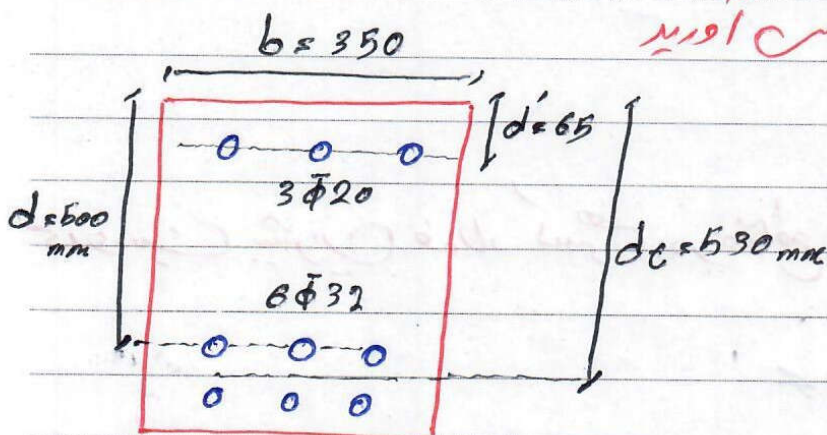
$$\frac{a}{d_c} \leq \frac{a_{max}}{d_c} = \frac{3}{7} \beta_1 \quad a_{max} = \frac{3}{7} \beta_1 d_c \quad (2)$$

$$\bar{P}_{mon} = P_{mon} + P' \frac{f'_{s,max}}{f_y} \quad f'_{s,max} = 600 \left(1 - \frac{7}{3} \times \frac{d'}{d_c}\right) \leq f_y' \quad (3)$$

$$\rightarrow P_{mon} = 0.364 \beta_1 \frac{d_c}{d} \times \frac{f'_c}{f_y}$$

1 2 3 $\Rightarrow$ با هم یک از سه روش رو برو من توان محاسبه حداکثر
 فولاد کششی در مقطع با فولاد منشی را کنترل کرد

مثال) در مقطع مستطیلی زیر فرضیات خنثی باشد
 (مقادیر طاقی، را پیش آورید)



$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

* بررسی وضعیت جاری شدن فولاد های منتهی به پل و گسترش

$$A_s = 6 \Phi 32 = 4825 \text{ mm}^2 \Rightarrow \rho = \frac{A_s}{bd} = 0.0276$$

$$A'_s = 3 \Phi 20 = 942 \text{ mm}^2 \Rightarrow \rho' = \frac{A'_s}{bd} = 0.0054$$

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05}{7} (30 - 28) = 0.836$$

$$\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0.032 \quad \rho < \bar{\rho}_b$$

$$\bar{\rho}_b = \rho_b + \rho' \frac{f'_{sb}}{f_y}$$

$$f'_{sb} = 600 - \frac{d'}{d} (600 + f_y) \leq f_y \Rightarrow f'_{sb} = 600 - \frac{65}{500} (600 + 400)$$

$$\Rightarrow f'_{sb} = 470 > f_y = 400 \quad \Rightarrow \text{فولاد منتهی به پل، در حالت تسلیم جاری شده است}$$

$$\hookrightarrow f'_{sb} = 400 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow \bar{\rho}_b = \rho_b + \rho' \frac{f'_{sb}}{f_y} = 0.032 + 0.0054 \frac{400}{400} = 0.0373$$

$$0.0276 = \rho < \bar{\rho}_b = 0.0373 \Rightarrow \text{در تمام طول فولاد منتهی به پل، جاری شده است}$$

* بررسی جاری شدن فولاد منتهی به پل و گسترش

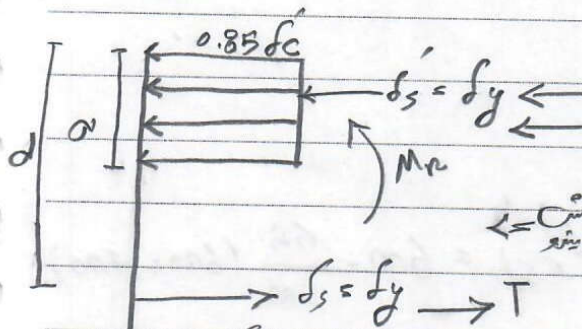
$$\bar{\rho}_{\text{min}} = \rho' \frac{f_y}{f_s} + 0.85 \beta_1 \frac{d'}{d} \times \frac{f'_c}{f_s} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\beta_1 = 0.836 \quad \frac{d}{d'} > 5 \Rightarrow \text{فول رکنش جاری شود} \\ d_y = 400$$

$$\frac{500}{65} = 7.7 > 5 \Rightarrow d_s = d_y = 400$$

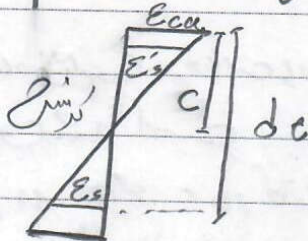
$$\bar{P}_{min} = 0.005 \times \frac{400}{400} + 0.85 \times 0.836 \times \frac{65}{500} \times \frac{300}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$\Rightarrow \bar{P}_{min} = 0.0262 \Rightarrow P > \bar{P}_{min} : \text{در } G, V, P_{min} \text{ برای } \bar{P}_{min}$$



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow C_s + C_c = T$$

$$\Rightarrow A_s d_y + 0.85 \sigma b d' = A_s d_y$$



$$\Rightarrow \sigma = \frac{A_s d_y - A_s d_y}{0.85 b d'}$$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{4825 \times 400 - 942 \times 400}{0.85 \times 30 \times 350} = 174 \text{ mm}$$

$$M_n = C_s (d - d') + C_c (d - \frac{\sigma}{2})$$

$$\Rightarrow M_n = \frac{942 \times 400}{A_s d_y} (500 - 65) + \frac{0.85 \times 30 \times 174 \times 350}{f'_c \sigma b} (500 - \frac{174}{2})$$

$$\Rightarrow M_n = 805.3 \times 10^6 \text{ N.mm} = 805.3 \text{ kN.m}$$

$$\frac{\sigma}{\beta_1} = C = \frac{174}{0.836}$$

$$\beta_1 = 0.836$$

$$\epsilon_{ca} = \frac{C}{d_c - C} = \frac{0.003}{530 - \frac{174}{0.836}}$$

$$\Rightarrow \epsilon_c = 0.00464$$

5

$$A_{s-min} \text{ کسر } : \epsilon_c > 0.004 \Rightarrow A_s < A_{s-max} \quad \left. \begin{array}{l} \Rightarrow \text{مقدار حد اکثر فولاد کسر} \\ \text{موجب است} \end{array} \right\}$$

$$\Rightarrow \epsilon_c = 0.00464 > 0.004 \Rightarrow A_s < A_{s-max}$$

تا به این حد

$$10 \quad \epsilon_y = \frac{400}{2 \times 10^5} = 0.002 < \epsilon_c = 0.00464 < 0.005 \quad \Rightarrow \text{مقطع در ناحیه TR قرار دارد}$$

$$\phi = 0.483 + 83.3 \times 0.00464 = 0.87$$

$$15 \quad \bar{P}_{mon} = 0.364 \times \beta_1 \frac{d_c}{d} \times \frac{f'_c}{f'_y} + \rho \frac{f'_{s-max}}{f'_y} \quad \text{کسر } A_{s-max} \text{ بر اساس } \phi$$

$$f'_{s-max} = 600 \left(1 - \frac{7}{3} \times \frac{d'}{d_c} \right) \leq f'_y$$

$$\Rightarrow 600 \left(1 - \frac{7}{3} \times \frac{66}{630} \right) = 428 > f'_y \Rightarrow f'_{s-max} = 400$$

$$20 \quad \bar{P}_{mon} = 0.364 \times 0.836 \times \frac{530}{500} \times \frac{30}{400} + 0.0054 \times \frac{400}{400} = 0.0296$$

$$\Rightarrow \rho = 0.0276 < \bar{P}_{mon} = 0.0296$$

25

مثال یک تیر دوسر سازه مستطیلی به ابعاد $b = 400 \text{ mm}$ و $h = 700 \text{ mm}$ به طول ده متر تحت بار یک نواخت $q_D = 45 \text{ kN/m}$ (با احتساب وزن تیر) و $q_L = 25 \text{ kN/m}$ قرار دارد مقدار فولاد لازم را در محل لنتر حداکثر بدست آورید

$f_c' = 28 \text{ MPa}$ $f_y = 400 \text{ MPa}$

دوسر سازه: $M_{mon} = \frac{q_u \times l^2}{8}$ $q_u = 1.2 q_D + 1.6 q_L \geq 1.4 q_D$

← در محل لنتر

$\Rightarrow q_D = 1.2 \times 45 + 1.6 \times 25 = 94 \geq 1.4 \times 45 \Rightarrow q_u = 94 \text{ kN/m}$

$\Rightarrow M_{mon} = \frac{94 \times 10^2}{8} = 1175 \text{ kN.m}$ لنتر بزرگ است و نیاز به فولاد بیشتر است

$d = h - 90 = 700 - 90 = 610 \text{ mm}$

$d_c = h - 65 = 700 - 65 = 635 \text{ mm}$

$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 28} = 16.81$

$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{1175 \times 10^6}{0.9 \times 400 \times 610^2} = 8.77$

← فیلد منفی
مقطع TR

$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{16.81} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.81 \times 8.77}{400}} \right) = 0.029$

$\rho_{mon} = 0.364 \times \beta_1 \frac{d_c}{d} \times \frac{f_c'}{f_y} = 0.364 \times 0.85 \times \frac{635}{610} \times \frac{28}{400} = 0.0225$

Subject:

Year : Month : Day : ()

75

page :

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

به آرماتور فشاری نیازمند هستیم

مقطع را بصورت طرأین خواستیم که کمتر باشد (کنترل باشد) $\phi = 0.9$ $\rho = \rho_{req} =$

$$\rho = \rho_{req} = 0.319 \times \beta_1 \frac{d_c}{d} \times \frac{f_c}{f_y} = 0.319 \times 0.85 \times \frac{635}{610} \times \frac{28}{400} = 0.0198$$

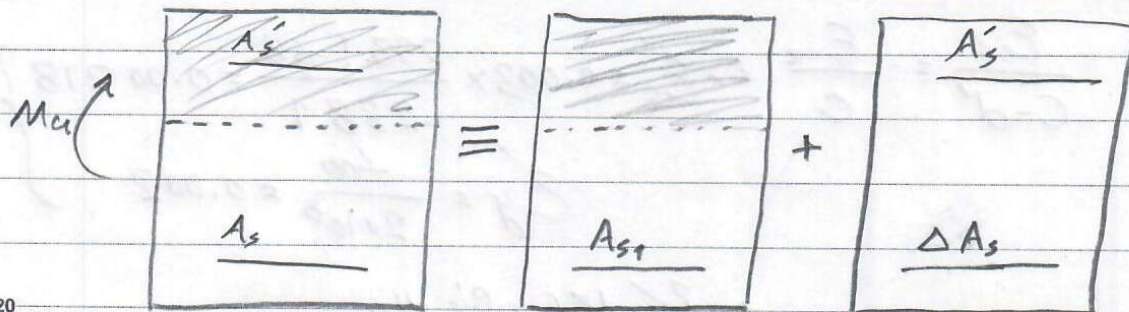
$$A_{s1} = 0.0198 \times \frac{400}{b} \times \frac{610}{d} = 4831 \text{ mm}^2$$

$$M_{u1} = \phi \rho b d^2 \times f_y \left(1 - 0.59 \times \rho \frac{f_y}{f_c} \right)$$

$$\Rightarrow M_{u1} = 0.9 \times 0.0198 \times 400 \times 610^2 \times 400 \left(1 - 0.59 \times 0.0198 \frac{400}{28} \right) = 883.9 \text{ kN.m}$$

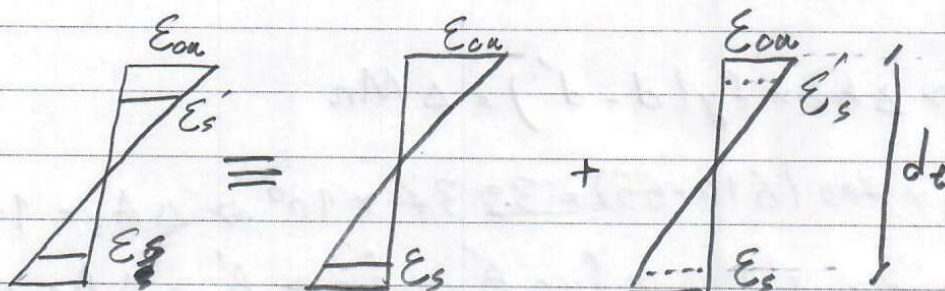
توجه
فرجه

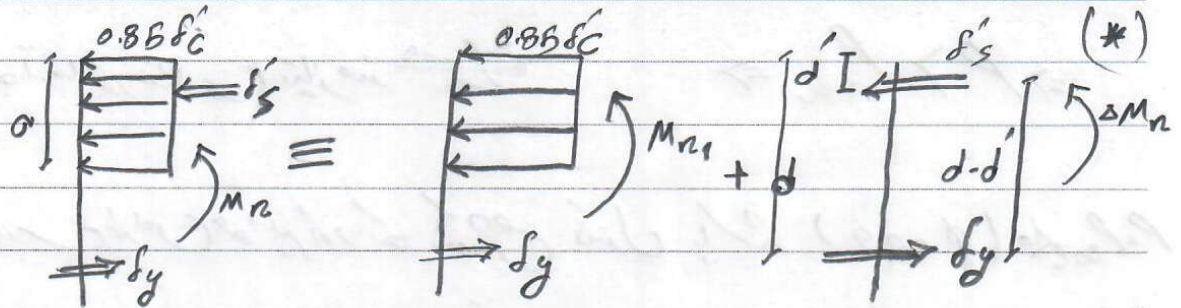
15



20

25





5

$$\Delta M_n = M_n - M_{n1} = \frac{1}{\phi} (M_u - M_{u1})$$

$$\Rightarrow \Delta M_n = \frac{1}{0.9} (1175 - 883.9) = 3234 \text{ kN.m}$$

10

حالات
عوامل

$$\frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_s} = \frac{C}{d_c - C} \Rightarrow \frac{0.003}{0.005} = \frac{C}{630 - C} \Rightarrow C = \frac{3}{8} d_c$$

$$\Rightarrow \frac{3}{8} \times 630 = 238.1 \text{ mm}$$

0.005
نسبة TC

$$\frac{\epsilon_s'}{C - d'} = \frac{\epsilon_{cu}}{C} \Rightarrow \epsilon_s' = 0.003 \times \frac{238.1 - 65}{238.1} = 0.00218$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{2 \times 10^5} = 0.002$$

15

فول و فیریت جاری

20

$$\sum M = 0 \Rightarrow \Delta A_s \times f_y (d - d') = \Delta M_n$$

$$\Rightarrow \Delta A_s \times 400 (610 - 65) = 3234 \times 10^6 \Rightarrow \Delta A_s = 1484 \text{ mm}^2$$

(*) $\sum F_x = 0 \Rightarrow \Delta A_s \times f_y = A'_s \times f_y \Rightarrow A'_s = \Delta A_s = 1484$

Subject:

Year: Month: Day: ()

page: ()

$$A_s = A_{s1} + \Delta A_s = 4831 + 1484 = 6315 \text{ mm}^2$$

فولاد صورت گشتی : $8 \text{ } \Phi 32$

تقریباً: فاصله آزاد بدست آمده از میان فواصل و گشتی را بزرگتر

10

15

20

25

* برای جهت آوردن P_{ed} مقاطع T شکل ، مقدار P_{ed} منفرجه

مقاطع T و L و I شکل :

I : مناسب برای لنگرهای مثبت و منفی

L : در کنار دال ها

T : مناسب برای مقاطع که تحت لنگر مثبت اند (بال در فشار و جان در کشش)

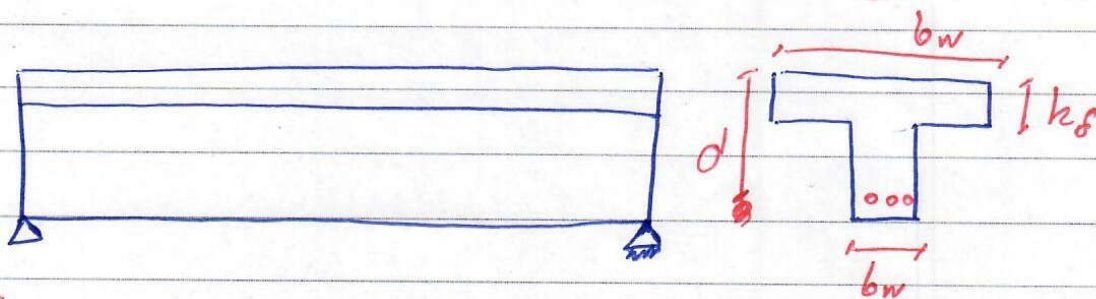
دلیل استفاده از مقطع بالدار :

حذف قسمت های از بتن مقطع که در کشش قرار دارد و در نتیجه هر مصرف بتن کمتر خواهد شد و هر وزن تیر کاهش خواهد یافت

مقود و مجزا

افزاع تیرهای T شکل همراه یک پارچه با دال

۱. تیرهای T شکل بصورت مقود و مجزا.



$$b \leq 4b_w \Rightarrow \text{در غیر این صورت}$$

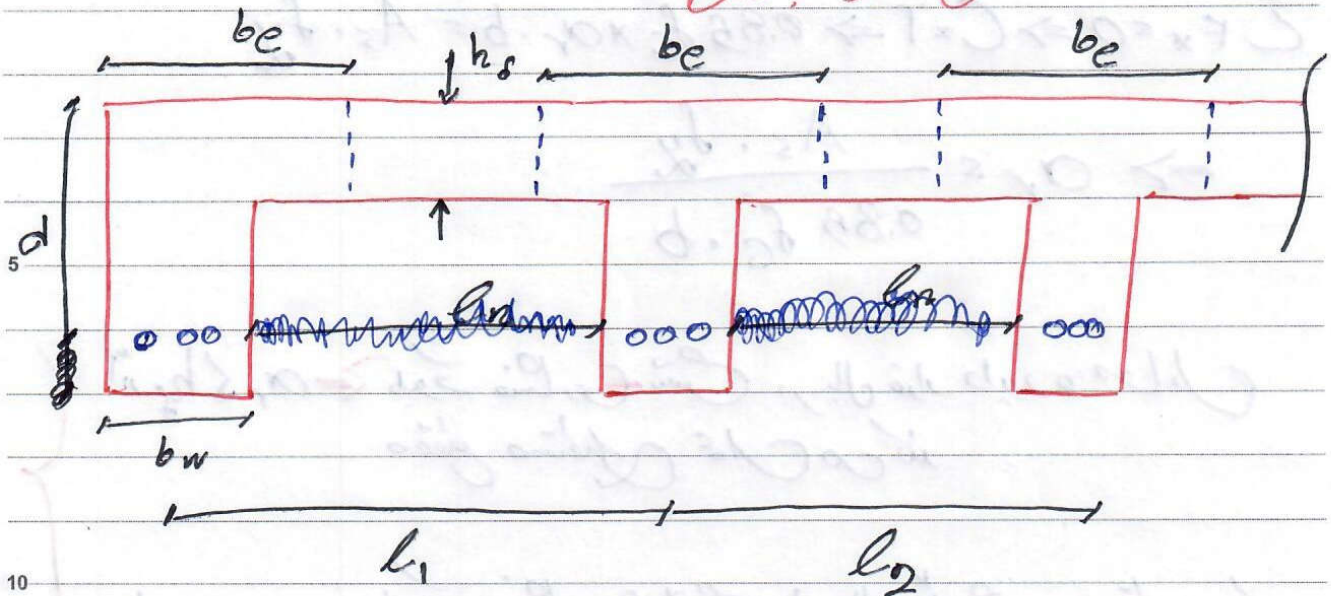
$$h_f \geq \frac{1}{2} b_w \Rightarrow \text{در غیر این صورت}$$

Subject:

Year : Month : Day : ()

page : ()

تیرهای T شکل برای بار باد



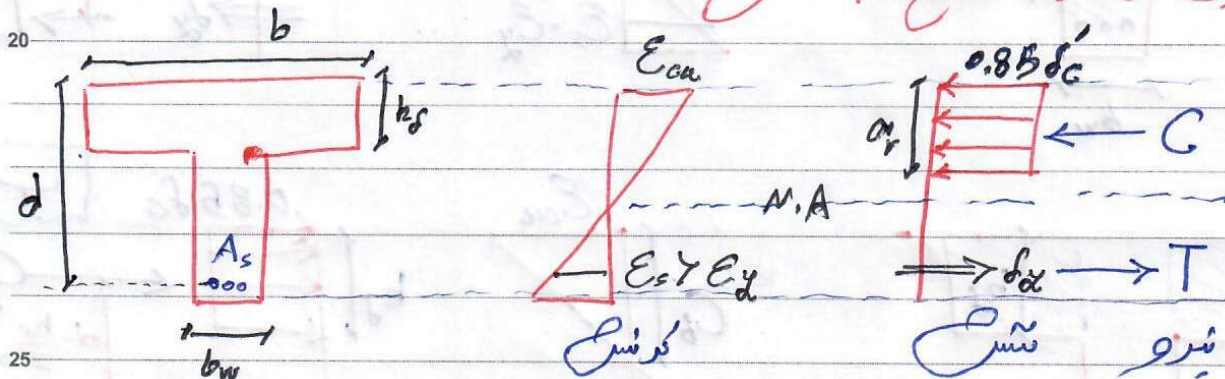
برای تیرهای
میان T شکل

$$b_e = \min \left(b_w + \frac{l_r}{4}, b_w + 16 h_s, \frac{l_1 + l_2}{2} \right)$$

برای تیرهای
کناره L شکل

$$b_e = \min \left(b_w + \frac{l_r}{12}, b_w + 6 h_s, \frac{b_w}{2} + \frac{l_1}{2} \right)$$

تعیین ضریب کاهش T شکل



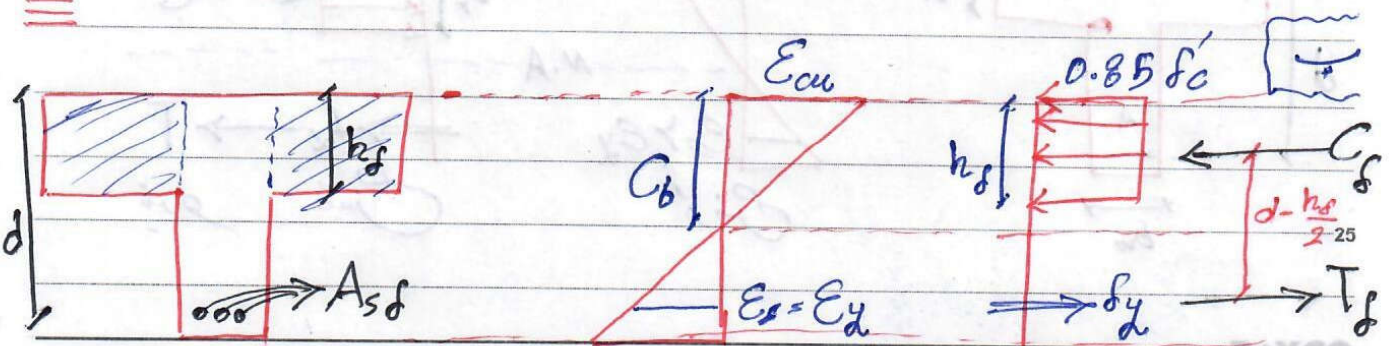
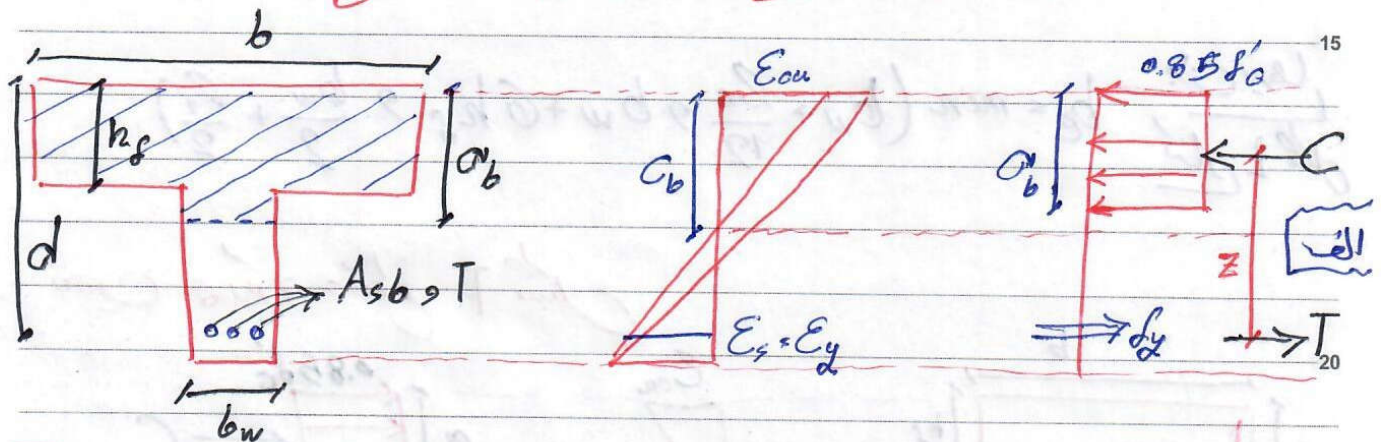
$$\sum F_x = 0 \Rightarrow C = T \Rightarrow 0.85 f'_c \alpha_r \cdot b = A_s \cdot f_y$$

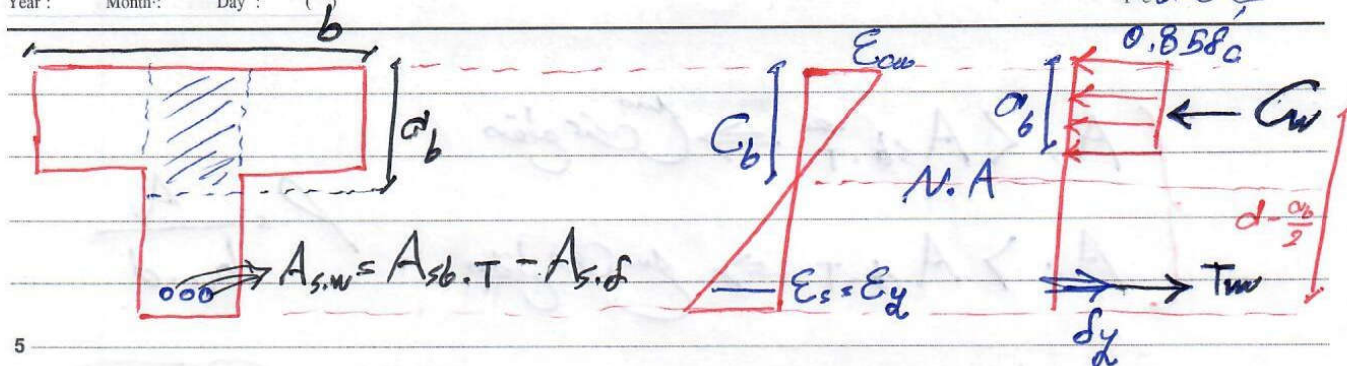
$$\Rightarrow \alpha_r = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 f'_c \cdot b}$$

اگر $\alpha_r < h_f$ ← بلوک فشاری شش در بال قرار دارد و موافق مقطع مستطیل عمل می کند

اگر $\alpha_r > h_f$ ← بلوک فشاری شش از بال گذشت و مقطع T شکل خواهد داشت

فولاد متوازن در یک مقطع با عملکرد T شکل





A_{sf} برابر با سنگی از فولاد کششی است که با ظرفیت فشاری بال ها در دو طرف جان در حالت تعادل است

مثال ۱: $T_f = C_f \Rightarrow A_s \cdot f_y = 0.85 f'_c \cdot k_f (b - b_w)$

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

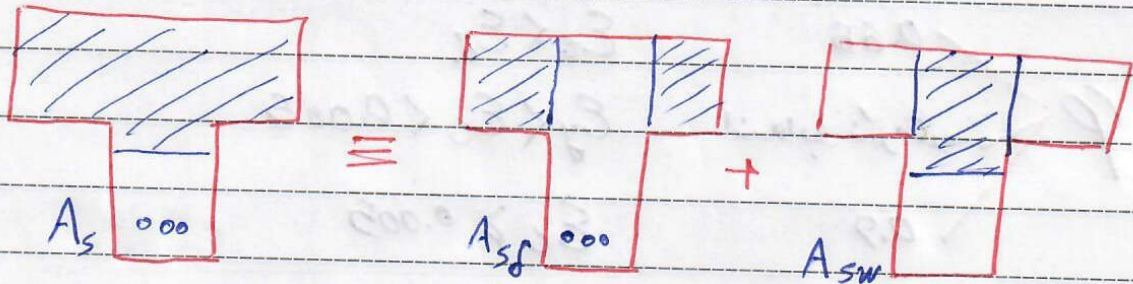
مثال ۲: $T_w = C_w \Rightarrow (A_{sb.T} - A_{sf}) f_y = 0.85 f'_c \cdot \alpha_b \cdot b_w$

$$\Rightarrow A_{sb} = A_{sf} + 0.85 \frac{f'_c}{f_y} \alpha_b \cdot b_w$$

مثال ۳: $\Rightarrow C_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$ و $\alpha_b = \beta_1 C_b$

$$\Rightarrow A_{sb.T} = A_{sf} + 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \cdot b_w \cdot d$$

مقاومت خمشی مقطع با نیروی T در تیر

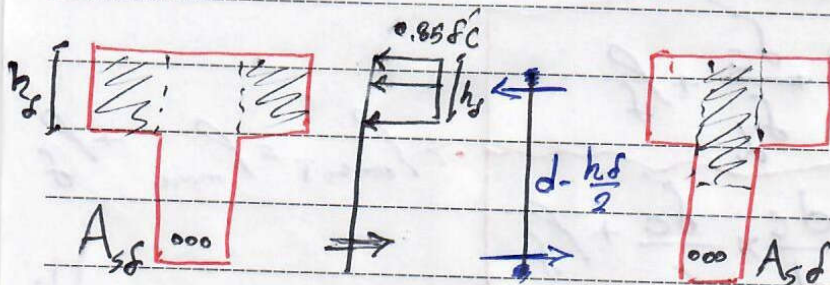


مقاومت خمشی مقطع $(f_s = f_y, \epsilon_s > \epsilon_y, A_s < A_{sb}, T)$

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

مقاومت خمشی مقطع $\leq M_{nf}$
مقاومت با نیروی T

مقاومت خمشی مقطع $\leq M_{nw}$
مقاومت با نیروی T



مقادیر ضریب ضامن مقطع با یالگرد آستین :

$$\varphi \begin{cases} 0.65 & \varepsilon_c \leq \varepsilon_y \\ \text{از روابط زیر استفاده} & \varepsilon_y < \varepsilon_c < 0.005 \\ 0.9 & \varepsilon_c \geq 0.005 \end{cases}$$

محدودیت بیشترین و کمترین فولاد کششی در مقطع با یالگرد آستین :

حد اکثر : $\varepsilon_c \geq 0.004$

$$\frac{\sigma_{max}}{d_c} \leq \frac{3}{7} \beta_1 \Rightarrow \frac{\sigma}{d_c} \leq \frac{\sigma_{max}}{d_c} \leq \frac{3}{7} \beta_1$$

حد کمتر $\rho_{max,T} \leq 0.364 \beta_1 \frac{f_c'}{f_y} + \rho_f$

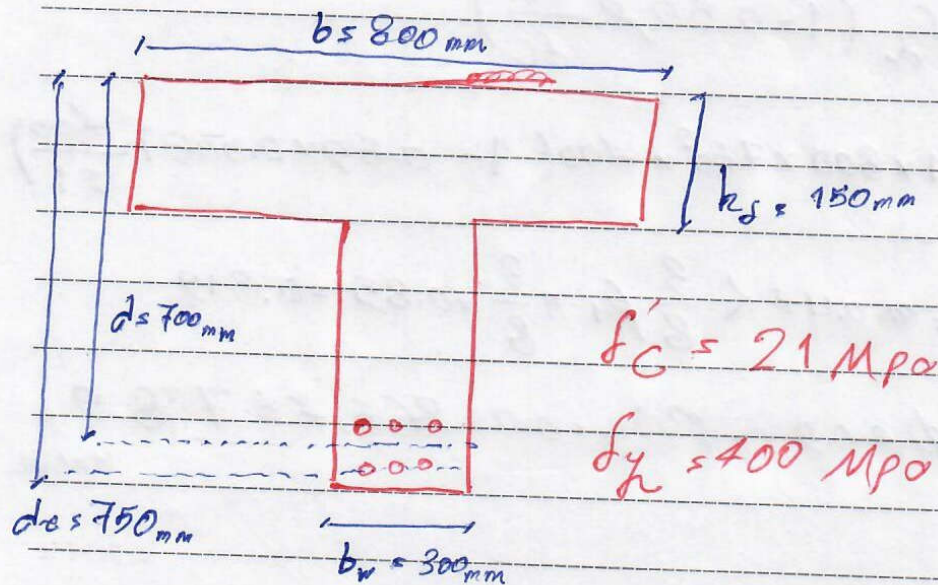
حد کمتر $\rho_{max,T} \leq 0.364 \beta_1 \frac{d_c}{d} \times \frac{f_c'}{f_y} + \rho_f$

یا $\rho_{max,T} \leq \rho_{max} + \rho_f$

حد کمتر $A_{s,min} = \max \left(\frac{\sqrt{d_c}}{4 f_y} \cdot b_w d, \frac{1.4}{f_y} \cdot b_w d \right)$

و با در صورتی که $A_s < A_{s,min}$ باشد از $1.33 A_s$ استفاده کرد

مثال) فرضیه صحت مقطع زیر را در دو حالت زیر با مقطع
T میل بدست آورید الف) $A_s = 3\Phi 36$ و ب) $A_s = 6\Phi 36$



کنترل ابعاد مقطع T میل $\Rightarrow \begin{cases} b \leq 4b_w \Rightarrow 800 \leq 4 \times 300 = 1200 \quad \checkmark \\ h_f \geq \frac{1}{2}b_w \Rightarrow 150 \geq \frac{1}{2} \times 300 = 150 \quad \checkmark \end{cases}$

در صورت به قرار نبودن نامساوی ها، در مورد اول می باید مقدار b_w را
کمتر کرد؟ در صورتی که در مورد دوم نیز نامساوی صورت نگرفت مقدار b_w را می باید
تغییر داد.

الف) یک تاجه مستطید $d \leq d_e + 750 \text{ mm}$ $A_s = 3054 \text{ mm}^2$

$a_f = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{3054 \times 400}{0.85 \times 21 \times 800} = 85.5 < h_f = 150 \text{ mm}$

مقطع به صورت مستطید عمل می کند

Subject:

Year: Month: Day:

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{3054}{800 \times 750} = 0.0051$$

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

$$\Rightarrow M_n = 0.0051 \times 800 \times 750^2 \times 400 \left(1 - 0.59 \times 0.0051 \times \frac{400}{21} \right)$$

$$\Rightarrow M_n = 865.4$$

$$\frac{a}{d_c} = \frac{85.5}{750} = 0.114 < \frac{3}{8} \beta_1 = \frac{3}{8} \times 0.85 = 0.319$$

$$\Rightarrow \phi_{\text{مقاوم}} : \phi = 0.9 \Rightarrow \phi M_n = 0.9 \times 865.4 = 778.9 \text{ kN.m}$$

قريب مقدار ϕ را با در دست داشتن (فرمول و معادله) به دست آورید

$$a_r = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{6107 \times 400}{0.85 \times 21 \times 800} = 171.1 \text{ mm} > h_f = 150 \text{ mm}$$

لکه به روش فوق در محاسبات به جای a_r از $a_{r, \text{max}}$ استفاده می‌شود

$$\rho_s = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{6107}{300 \times 700} = 0.0291$$

$$\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0.0228$$

$$A_{sf} = 0.85 \frac{f'_c}{f_y} \times h_f (b - b_w) = 0.85 \frac{21}{400} \times 150 (800 - 300)$$

$$A_{sf} = 3347$$

$$\rho_f = \frac{A_{sf}}{b_w d} = \frac{3347}{300 \times 700} = 0.0159$$

$$\rho_{b,T} = \rho_b + \rho_f = 0.0228 + 0.0159 = 0.0387$$

$$\rho = 0.0291 < \rho_{b,T} = 0.0387 : \text{مقبول است}$$

$$M_{nd} = A_s f_y \left(d - \frac{h_f}{2} \right) = 3347 \times 400 \left(700 - \frac{150}{2} \right)$$

$$\Rightarrow M_{nd} = 836.8 \text{ kNm}$$

$$\alpha = \frac{(A_s - A_{sf}) \times d_y}{0.85 f_c' b_w} = \frac{(6107 - 3347) \times 400}{0.85 \times 21 \times 300} = 206.2 \text{ mm}$$

$$M_{nw} = (A_s - A_{sf}) \times d_y \left(d - \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$\Rightarrow M_{nw} = (6107 - 3347) \times 400 \times \left(700 - \frac{206.2}{2} \right) = 659 \text{ kN.m}$$

$$M_n = M_{nf} + M_{nw} = 836.8 + 659 = 1495.8$$

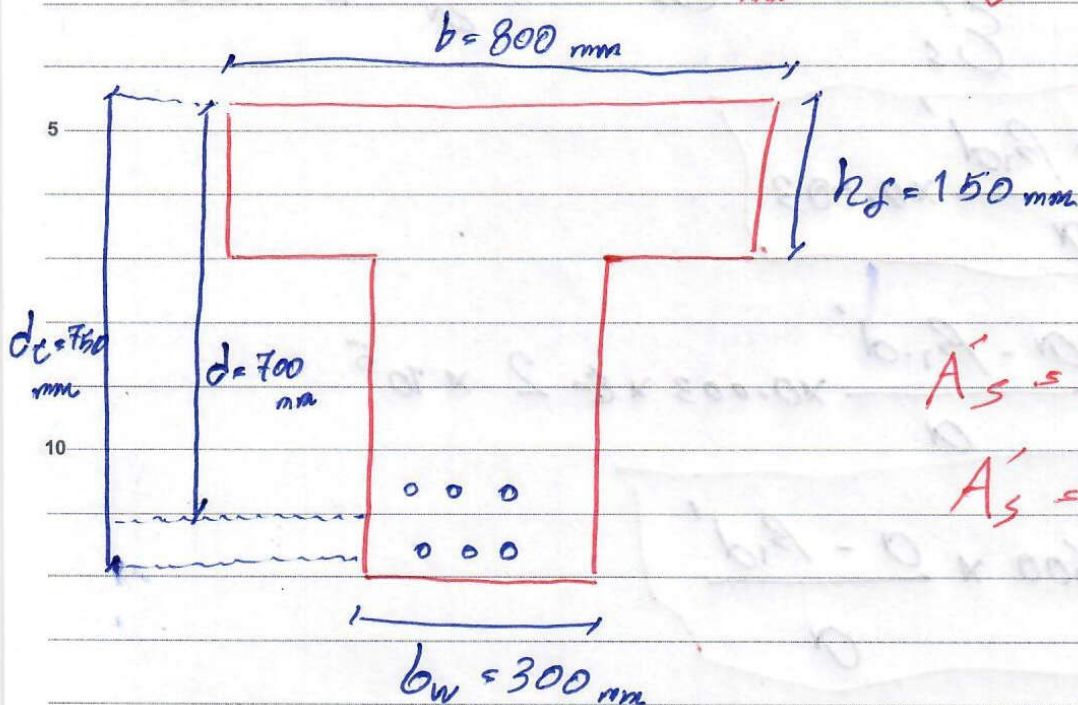
$$\frac{\alpha}{d_c} = \frac{206.2}{750} = 0.275 < \frac{\alpha_{c, \max}}{d_c} = \frac{3}{8} A_1 = 0.319$$

$$\Rightarrow \phi_{\text{مقدار}} : \phi = 0.9$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 1495.8 = 1346.2 \text{ kN.m}$$

ادامه دهید: مقدار ϕ را در حالت سبب نیز از جدول ریشه‌های کسر

مقطع عرضی مطابق مقطع زیر را با فولاد کسبی $A_s = 6 \Phi 36$ مسلح
 $f_c = 21$ و $f_y = 400$ و $d = 60$ در دو حالت زیر بررسی کنید



الف) $A'_s = 4 \Phi 20$

ب) $A'_s = 2 \Phi 20$

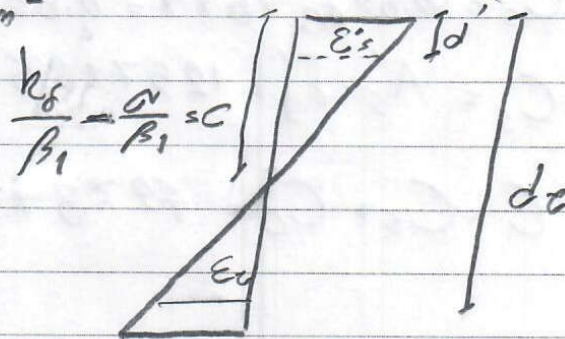
برای بررسی مقطع مستطیل یا T شکل در سازه آرماتور کششی در
 بار ویران کردن معیارهای بار کششی و منقبض شدن و با مقایسه نیروی
 کسبی و فشاری موجود در مقطع نتیجه نتایج خواص زیر

$$A'_s = 4 \Phi 20 = 1257 \text{ mm}^2$$

$$C = a = h_f \Rightarrow$$

$$f_s = 600 \times \frac{a - \beta_1 d'}{\beta_1} \leq f_y$$

$$f_s = 600 - \frac{\beta_1 d - a}{\beta_1} \leq f_y$$



تدريسي

$$\frac{\alpha/\beta_1}{E_{cu}} = \frac{\alpha/\beta_1 - d'}{E'_s} \Rightarrow E'_s = \frac{\alpha - \beta_1 \cdot d'}{\alpha} \times E_{cu}$$

$$E'_s = \frac{\alpha - \beta_1 d'}{\alpha} \times 0.003$$

$$E \cdot E'_s = \frac{\alpha - \beta_1 d'}{\alpha} \times 0.003 \times 2 \times 10^5$$

$$\Rightarrow f'_s = 600 \times \frac{\alpha - \beta_1 d'}{\alpha}$$

$$f'_s = 600 \times \frac{150 - 0.85 \times 60}{150} = 396 < 400 \text{ MPa} \checkmark$$

$$f_s = 600 \times \frac{0.85 \times 700 - 150}{150} = 1780 > 400 \text{ MPa} \times$$

$$\Rightarrow f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0.85 f'_c \times b \times x = 0.85 \times 21 \times 800 \times 150 = 2142 \times 10^3$$

$$C_s = A'_s \cdot f'_s = 1257 \times 396 = 497.8 \times 10^3 \text{ N}$$

$$C = C_s + C_c = 497.8 \times 10^3 + 2142 \times 10^3 = 2639.8 \times 10^3 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 6107 \times 400 = 2442.8 \times 10^3$$

$$\Rightarrow C > T_s \Rightarrow \sigma < k_f$$

بنا بر این بلوک فشاری
در جان فولاد دارد و مقطع جفت

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{6107}{800 \times 700} = 0.0109$$

نسبت سطح مقطع

$$\rho' = \frac{A_s'}{bd} = \frac{1257}{800 \times 700} = 0.0022$$

10

$$\bar{\rho}_{min} = \rho \frac{f_y'}{f_y} + 0.85 \beta_1 \frac{d'}{d} \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 - f_y'}$$

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

15

$$\hookrightarrow \text{اگر } \frac{d'}{d} > 5 \Rightarrow f_s = f_y$$

$$\frac{700}{65} = 11.7 > 5 \Rightarrow f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

20

$$\Rightarrow \bar{\rho}_{min} = 0.0022 \times \frac{400}{400} + 0.85 \times 0.85 \times \frac{65}{700} \times \frac{21}{400} \times \frac{600}{600 - 400} = 0.0119$$

25

$$\bar{\rho}_{min} = 0.0119 > \rho = 0.0109$$

آرماتور فشاری به کف نیست

فشاری نیست

$$\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0.0227$$

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

$$\Rightarrow f'_{sb} = 600 - \frac{65}{700} (600 + 400) = 514 \text{ MPa} > f'_y$$

$$\Rightarrow f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\bar{\rho}_b = \rho_b + \rho' \frac{f'_{sb}}{f_y} = 0.0227 + 0.0022 \times \frac{400}{400} = 0.0249$$

$$\Rightarrow \bar{\rho}_b = 0.0249 > \rho = 0.0109$$

این مقدار کمتر از مقدار مجاز است

برای استفاده

$$\alpha^2 + \frac{600 A_s' - f_y A_s}{0.85 f'_c b} \alpha - \frac{600 A_s \beta_1 d'}{0.85 f'_c b} = 0$$

$$\Rightarrow \alpha^2 - 118.2 \alpha - 2693.6 = 0 \Rightarrow \alpha = 137.8 \text{ mm}$$

$$\alpha_{\text{min}} : f'_s = 600 \times \frac{\alpha - \beta_1 d'}{\alpha} = 600 \times \frac{137.8 - 0.85 \times 65}{137.8} = 378 \text{ MPa}$$

$$M_n = 0.85 f'_c \cdot \alpha \cdot b \left(d - \frac{\alpha}{2} \right) + A_s' f'_s (d - d')$$

$$\Rightarrow M_n = 0.85 \times 21 \times 137.8 \times 800 \left(700 - \frac{137.8}{2} \right) + 1257 \times 378 (700 - 65)$$

$$\Rightarrow M_n = 1546 \text{ kN.m}$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu} \times \frac{\beta_1 d_c - \sigma}{\sigma} = 0.003 \times \frac{0.85 \times 750 - 137.8}{137.8} = 0.0109$$

$$\Rightarrow \epsilon_s = 0.0109 > 0.005 \Rightarrow TC \quad \phi = 0.9$$

5

$$\Rightarrow \phi M_n = 0.9 \times 1546 = 1391.4 \text{ kN.m}$$

$$A'_s = 2\phi 20 = 628 \text{ mm}^2$$

$$10 \quad \text{فرض: } \sigma = k_f = 150 \text{ mm} \Rightarrow f'_s = 600 \times \frac{\sigma - \beta_1 d'}{\sigma} = 396 \text{ mpa}$$

$$C_c = 2142 \times 10^3 \text{ N} = 0.85 \times f'_c \cdot k_f \cdot 800$$

$$C_s = 628 \times 396 = 248.7 \times 10^3 \text{ N} \quad \left. \vphantom{C_s} \right\} \Rightarrow C = C_s + C_c$$

$$15 \quad \Rightarrow C = 2390.7 \text{ kN}$$

$$T = A_s \cdot f_y = 2442.8 \text{ kN} \Rightarrow C < T$$

نیوک فشاری از بار به
جانب سرایت میکند
و مقطع به شدت دارد

$$A_{sf} = 3347 \text{ mm}^2$$

20

$$M_{nf} = A_{sf} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{k_f}{2}\right) = 836.8 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} \text{فرض جاری} \\ \text{فولاد رفتن} \\ 25 \quad \sigma = \frac{(A_s - A_{sf}) \cdot f_y - A'_s \cdot f'_s}{0.85 f'_c \cdot b_w} = \frac{(6107 - 3347) \cdot 400 - 628 \cdot 400}{0.85 \times 21 \times 300} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \sigma = 159.3 \text{ mm}$$

$$f'_s = 600 \times \frac{\alpha - \beta_1 d'}{\alpha} = 407 \Rightarrow f'_s = 400 \text{ MPa}$$

$$f_s = 600 \times \frac{\beta_1 d - \alpha}{\alpha} = 1641 \Rightarrow f_s = 400 \text{ MPa} \Rightarrow \text{م.ع. 036}$$

$$M_{nw} = A'_s \cdot f'_s (d - d') + 0.85 f'_c \cdot \alpha \cdot b_w \cdot (d - \frac{\alpha}{2})$$

$$\Rightarrow M_{nw} = 628 \times 400 (700 - 60) + 0.85 \times 21 \times 159.3 \times 300 (700 - \frac{159.3}{2})$$

$$\Rightarrow M_{nw} = 690 \quad \Rightarrow M_n \leq M_{nf} + M_{nw} = 1527.1 \text{ kN.m}$$

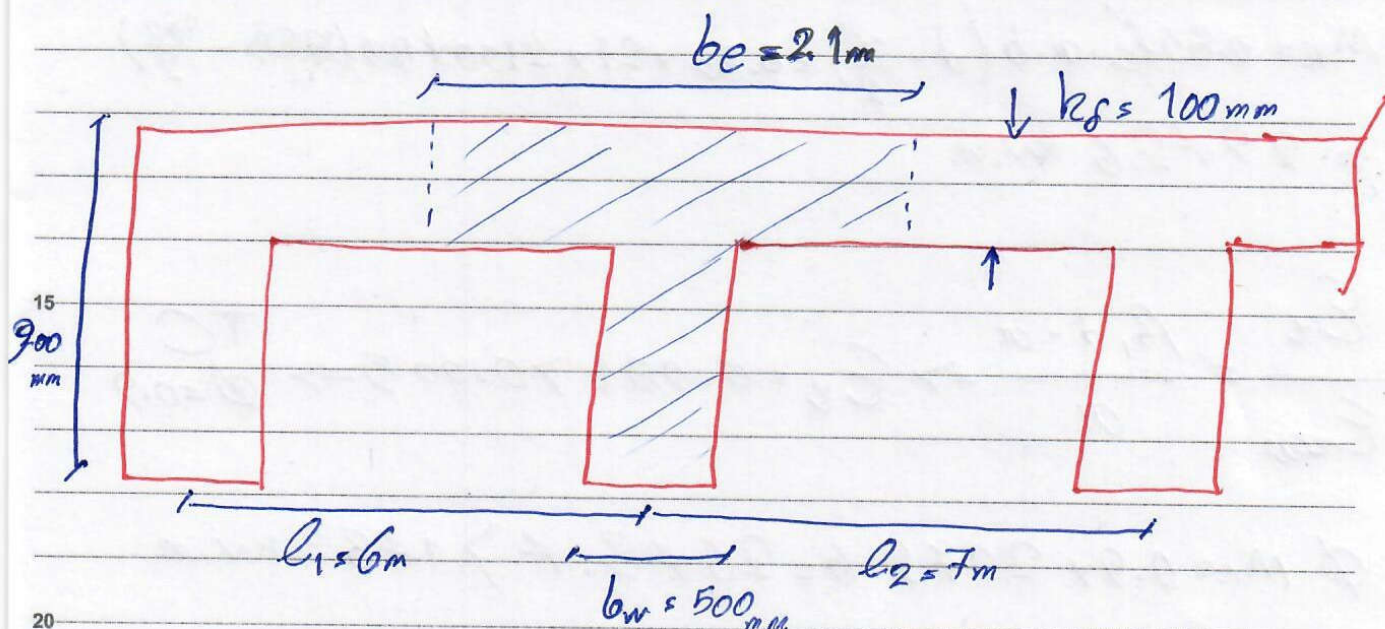
$$\Rightarrow \epsilon_t = 0.003 \times \frac{0.85 \times 750 - 159.3}{159.3} = 0.009 > 0.005$$

$$\phi = 0.9 \quad \text{TC} \text{ م.ع. 036} \leftarrow$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 1527.1 = 1374.4$$

دال زیر محبت بار زنده و $W_L = 3.14 \text{ kN/m}^2$ و $W_D = 2.5 \text{ kN/m}^2$
 بدون احتساب وزن دال قرار دارد؛ با فرض آنکه تکیه گاه دو سر تیر
 بصورت ساده باشد، تیر نشان داده شده را طراحی کنید

الف) طول دهانه آزاد $l_n = 12 \text{ m}$
 $f_c = 21 \text{ MPa}$
 $f_y = 400 \text{ MPa}$
 ب) طول دهانه آزاد $l_n = 6.5 \text{ m}$
 $W_D = 2.4 \text{ kN/m}^2$



20 $l_n = \frac{7+6}{2} = 6.5 \text{ m}$ $q_L = 3.14 \times 6.5 = 20.4 \text{ kN/m}$

$q_D = 2.5 \times 6.5 + 2(6.5 \times 0.1 + 0.5 \times 0.08) = 1.45 \text{ kN/m}$

$q_u = 1.2q_D + 1.6q_L = 82.38 > 1.4q_D$

$$\text{الف) } M_{max} = \frac{q_u l^2}{8} = \frac{82.38 \times 12^2}{8} = 1483 \text{ kN.m}$$

$$b_e = \min \left(b_w + \frac{l_n}{4}, b_w + 16 h_f, \frac{L_1 + L_2}{2} \right) = 2.1 \text{ m}$$

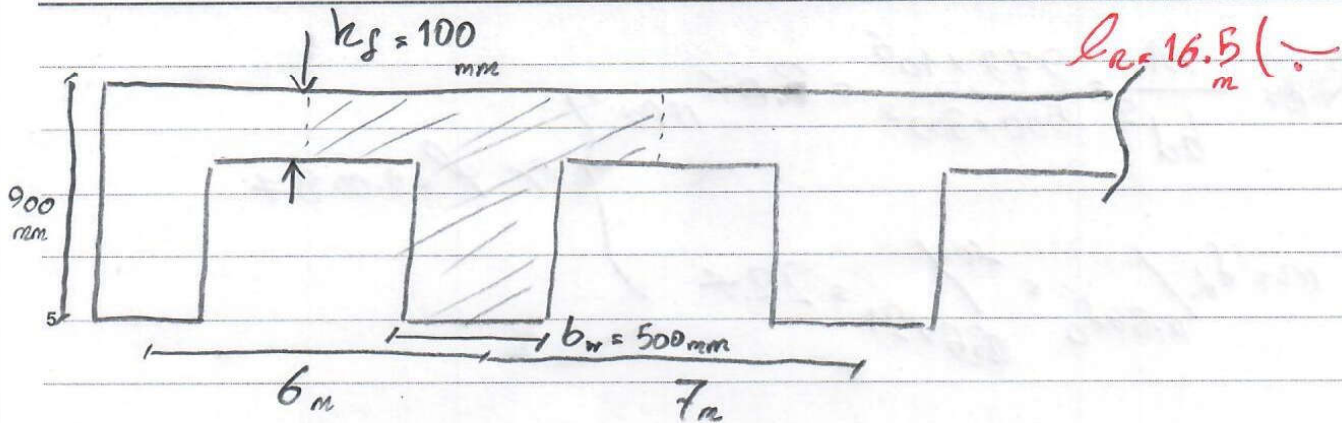
5 برای اینده شش‌هفتی در سیر لنکر 1483 kN.m باعث ایجاد شش فشاری صرفاً در بال‌ها و یا به جان سرایت خواهد کرد؛ ابتدا عرض منکسر به صورت فشاری شش کل بال را حذف کرده‌ایم.

$$M_R = 0.85 f'_c \cdot \alpha \cdot b \left(d - \frac{\alpha}{2} \right) = 0.85 \times 21 \times 2100 \times 100 \left(835 - \frac{100}{2} \right) = 2942.6 \text{ kN.m}$$

$$\frac{\epsilon_t}{\epsilon_{cu}} = \frac{\beta_1 d - \alpha}{\alpha} \Rightarrow \epsilon_t = 0.081 > 0.005 \Rightarrow \text{TC} \quad \phi = 0.9$$

$$\phi \cdot M_R = 0.9 \times 2942.6 = 2648.4 > 1483 \text{ kN.m}$$

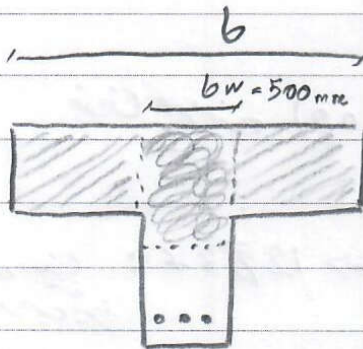
20 چون فشاری شش بال‌ها قرار دارد و سطح مقطع شش‌هفتی کل خواهد بود



$$M_{max} = \frac{q_u \times l_n^2}{8} = \frac{82.38 \times 16.5^2}{8} = 2803.5 \text{ kN.m}$$

$$10 \quad \text{فرض: } \alpha \leq h_f = 100 \text{ mm} \Rightarrow \phi M_n = 2648.4 \text{ kN.m}$$

$\phi M_n < M_u \Rightarrow$ بزرگتر از ظرفیت خمشی است و باید در مقطع جوش
تسلیم عمل می‌کند



$$A_s f_y \leq 0.85 f'_c (b - b_w) \cdot \alpha_f$$

$$\Rightarrow A_s \leq 0.85 \frac{f'_c}{f_y} (b - b_w) \cdot \alpha_f$$

$$\Rightarrow A_s \leq 0.85 \frac{21}{400} (2100 - 500) \times 100 = 7140 \text{ mm}^2$$

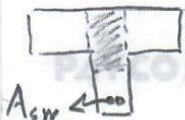
20

بافتن دوایر : $d \approx 800 \text{ mm}$ $d_c = 835 \text{ mm}$

$$M_{nf} = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{\alpha_f}{2} \right) = 7140 \times 400 \left(800 - \frac{100}{2} \right) = 2142 \text{ kN.m}$$

$$25 \quad M_{nw} = M_n - M_{nf} = \frac{M_u}{\phi} - M_{nf} = \frac{2803.5}{0.9} - 2142 = 973 \text{ kN.m}$$

0.9 ← فرض



باید با جان نیز با $b_w = 500 \text{ mm}$ و ارتفاع جوش $d = 800 \text{ mm}$ عمل می‌کند

$$R_c = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{273 \times 10^6}{500 \times 800^2} = 3.04 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 21} = 22.4$$

$$\Rightarrow \rho = 0.0084$$

5

$$A_{s.w} = \rho \cdot b_w \cdot d = 0.0084 \times 500 \times 800 = 3360 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_{s.w} f_y}{0.85 f'_c \cdot b_w} = \frac{3360 \times 400}{0.85 \times 21 \times 500} = 150.6$$

10

$$\epsilon_c = \epsilon_{ca} \frac{\beta_1 d_c - a}{d} = 0.011 > 0.005 \Rightarrow (\phi = 0.9) \text{ فرفند مع سست}$$

$$A_s = A_{s.f} + A_{s.w} = 7140 + 3360 = 10500 \Rightarrow 12 \phi 34$$

5 بر دور رست
فوارص تیرند

تصویر: فله مجاز سرت آرماتور هارا بدست آورید.

20

25

Subject:

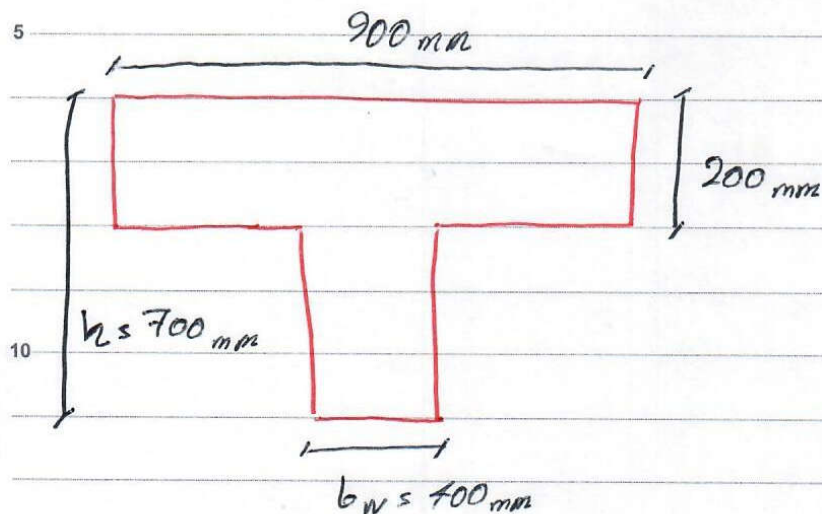
Year : Month : Day : ()

page : ()

99

توریت و تیر آتش خیز را برای $M_u = 1800 \text{ kN.m}$ و با فرض

$f_c = 21 \text{ MPa}$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$ طراحی کنید. اعضا به میلگرد های کسری در دو لایه قرار دارند
(من بایست اجازت قطع نیز بدهی شود)



15

20

25

100

page : ()

Subject:

100

Year :

Month :

Day :

()

5

10

15

20

25