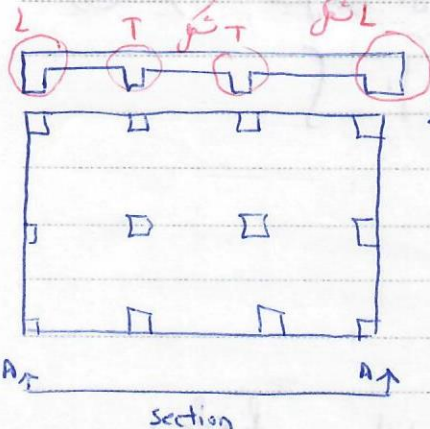


266-267

* مقاطع بال دار تحت خمش : مقاطع T, L, I شکل

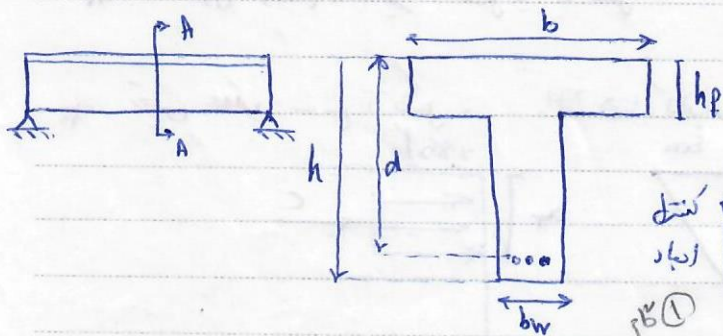
+ مقاطع T : مناسب برای مقاطع که تحت اثر لنگر مثبت قرار گیرند
(بال در فشار و جان در کشش)

+ مقاطع L : در کند دال ها

+ مقاطع I : مناسب برای لنگرهای مثبت و منفی

+ انواع تیرهای T شکل : 1- منفرد و مجزا

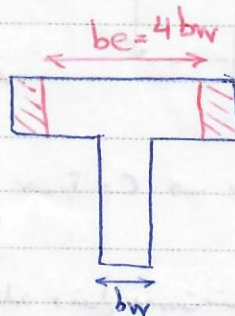
2- همراه یک یا چند بادال (همراه بالال و بصورت یکپارچه)



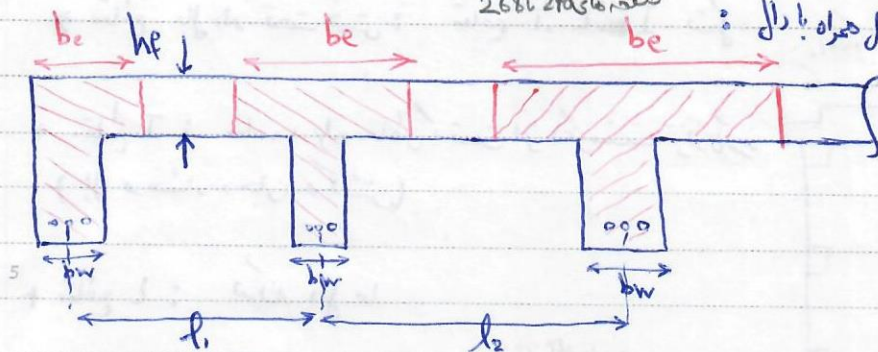
① + تیرهای T شکل ب صورت مجزا :

$$\left. \begin{array}{l} \text{در غیر این صورت} \\ b \leq 4b_w \end{array} \right\} \rightarrow b_e = 4b_w$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{در غیر این صورت} \\ h_f \geq \frac{1}{2} b_w \end{array} \right\} \rightarrow b_w = 2h_f$$



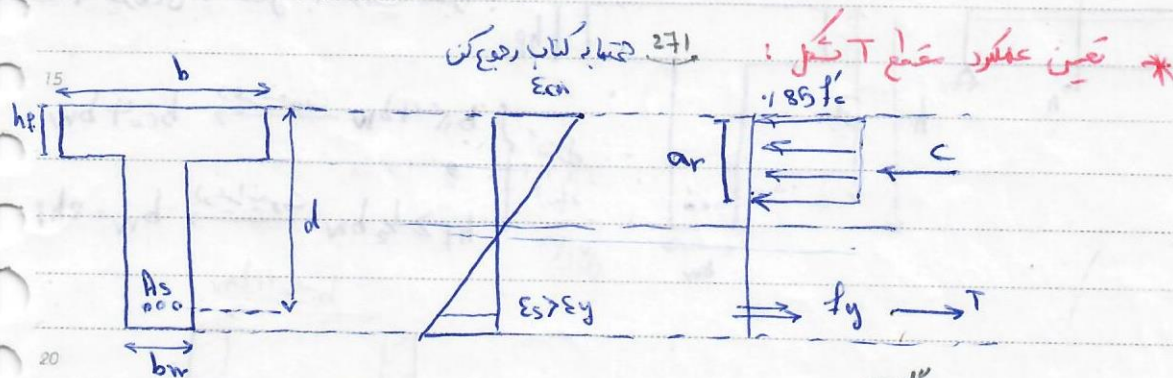
② تیر T شکل همراه با دال : صفحه های 270 تا 268



270
برای تیرهای میان تیر T شکل
$$be = \min \left(bw + \frac{l_n}{4}, bw + 6hf, \frac{l_1 + l_2}{2} \right)$$

10
برای تیرهای کناری T شکل
$$be = \min \left(bw + \frac{l_n}{12}, bw + 6hf, \frac{bw + l_1}{2} \right)$$

l_n : طول دهانه آزاد تیر T شکل یا L شکل

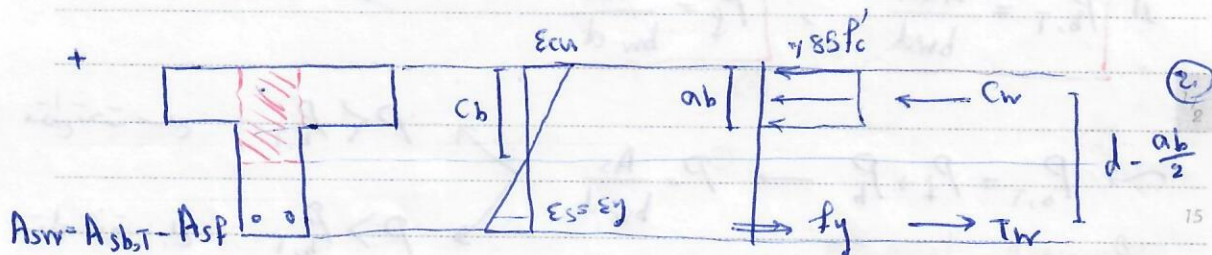
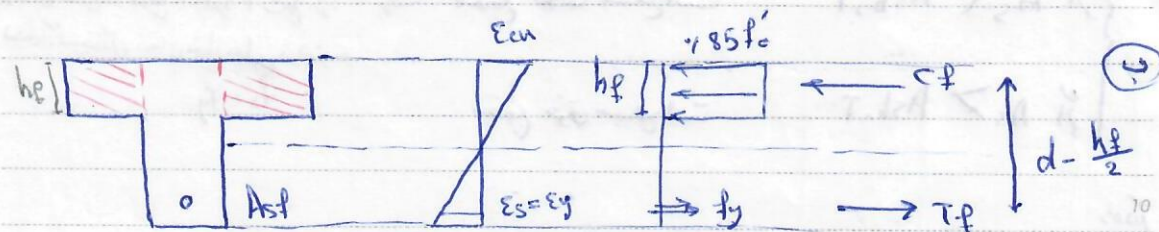
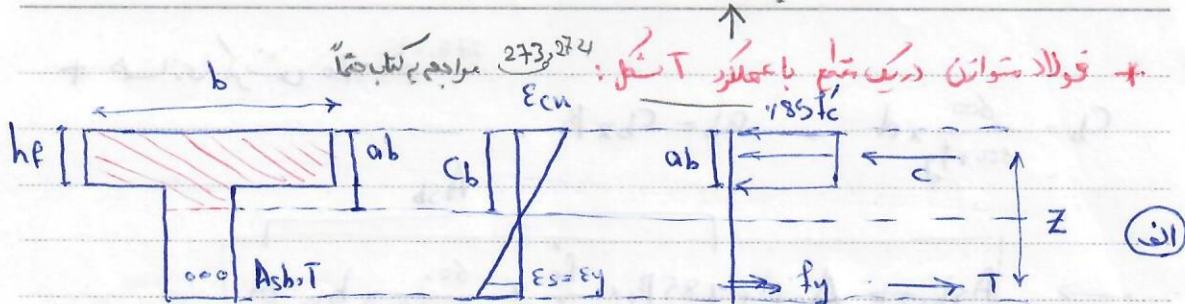


20

$$\sum F_x = 0 \rightarrow C = T \rightarrow 0.85 f'_c \times a_r \times b = A_s f_y \rightarrow a_r = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

25
+ اگر $a_r < hf$ ← بزرگ فای شبی در داخل بال قرار دارد و مقطع بصورت مستطیلی عمل خواهد کرد (مستطیلی به عرض b و ارتفاع مؤثر d)

272
+ اگر $a_r > hf$ ← بزرگ فای شبی در داخل جان قرار می‌گیرد و مقطع عملکرد T شکل خواهد داشت.



A_{sf} برابر با سطح از فولاد کشی که با ظرفیت فشاری بال ها در دو طرف جان برابری کنند.

اشکوب $T_f = C_f \rightarrow A_{sf} \times f_y = 1.85 \times f'_c \times h_f \times (b - b_w)$

رابطه (1) $A_{sf} = 1.85 \frac{f'_c}{f_y} h_f (b - b_w)$

اشکوب $T_w = C_w \rightarrow (A_{sb,T} - A_{sf}) \times f_y = 1.85 f'_c \times b_w \times a_b$

$A_{sb,T} = A_{sf} + 1.85 \frac{f'_c}{f_y} a_b \times b_w$

+ هماری کرنش ها: 274.275

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d, \quad a_b = C_b \times P_1$$

A_{sb}

$$\rightarrow A_{sb,T} = A_{sf} + 1.85 P_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \times b_w \cdot d$$

فولاد های کششی در مقطع با همگردد T شکل در
لحظه گینجش نشان مقطع جاری خواهرند
 $f_s = f_y$

مقطع تحت سلبات $\rightarrow$ اگر $A_s < A_{sb,T}$
مقطع فوق سلبات $\rightarrow$ اگر $A_s > A_{sb,T}$

را دند

$$P_{b,T} = \frac{A_{sb,T}}{b_w d}, \quad P_f = \frac{A_{sf}}{b_w d}$$

(2)

$$(4) \rightarrow P_{b,T} = P_f + P_b \rightarrow P = \frac{A_s}{b_w d}$$

$$(3) P_b = 1.85 P_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

(5) $P < P_{b,T}$ مقطع تحت سلب
 $P > P_{b,T}$ مقطع فوق سلب

* مقاومت خمشی اس مقاطع با همگردد T شکل: 276
 M_n

(1) همگردد مقاطع تحت سلب ($A_s < A_{sb,T}$)
 $P < P_{b,T}$

M_{nf} ← مقاومت خمشی اس مقطع با بال در دو طرف جان
 M_{nw} ← " " " " " " " " " " " "

$$M_{nf} = 1.85 f'_c h_f (b - b_w) \left(d - \frac{h_f}{2} \right) = A_{sf} f_y \left(d - \frac{h_f}{2} \right)$$

$$M_{nw} = 1.85 f'_c a b_w \left(d - \frac{a}{2} \right) \rightarrow M_{nw} = (A_s - A_{sf}) f_y \times \left(d - \frac{(A_s - A_{sf}) f_y}{1.7 f'_c b_w} \right)$$

ARMAN

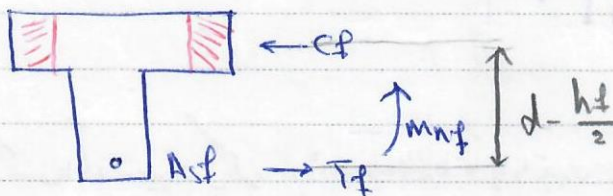
$$\rightarrow M_{nw} = (P - P_f) f_y b_w d^2 \times \left[1 - 1.69 (P - P_f) \frac{f_y}{f'_c} \right]$$

$$a = \frac{(A_s - A_{sf}) f_y}{1.85 f'_c b_w}$$

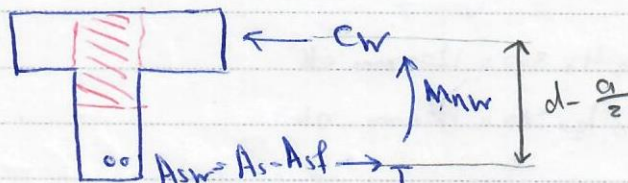
$$\rightarrow M_n = M_{nf} + M_{nw}$$



5



10



15

* مقاومت خمشی طایفه I با عملکرد T شکل:

$$M_n \leq \phi M_n$$

+ محدودیت بیشترین و کمترین فولادکشی در مقاطع با عملکرد T شکل:

20

$$\epsilon_s > 0.004 \quad \text{باید}$$

$$\frac{a_{max}}{d} = \frac{3}{7} \beta_1 \rightarrow \frac{a}{d} < \frac{a_{max}}{d} = \frac{3}{7} \beta_1$$

$$P_{max,T} = 0.364 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} + P_f \quad \left\{ \quad P_{max,T} = 0.364 \beta_1 \frac{d}{2} \times \frac{f'_c}{f_y} + P_f \right.$$

برای فولادکشی دیدیم

$$P_{max,T} = P_{max} + P_f$$

کجاستین مین فولاد کشتی

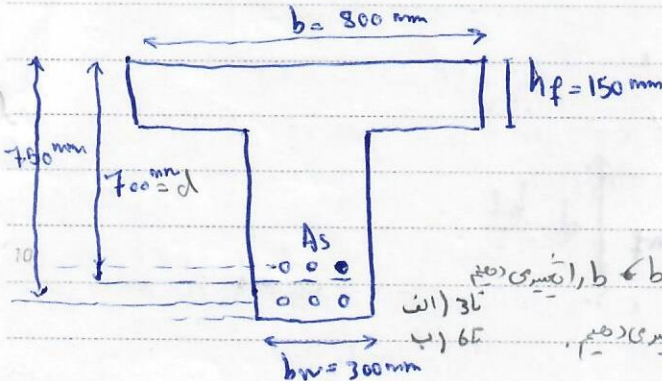
$$A_{s,min} = \max \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} b w d, \frac{14}{f_y} b w \cdot d \right)$$

ویا استفاده از ۱۱۳۳ برابر فولاد A_s در حالتی که $A_s < A_{s,min}$ باشد

- مثال: ظرفیت خمشی تیر زیر بار ممتد T شکل را با فرض $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f'_c = 21 \text{ MPa}$ در دو حالت زیر برت آوریم:

الف) $A_s = 3 \phi 36$

ب) $A_s = 6 \phi 36$



اگر کنترل ایجاد مقطع صفت نکرد در رابطه $b \leq 4 b_w$ یا b را تغییر دهیم

تا ۳۱۰

ب ۶۵

اگر در رابطه $h_f \geq \frac{1}{2} b_w$ صفت نکرد b_w را تغییر دهیم

کنترل ایجاد مقطع $b \leq 4 b_w \rightarrow 800 \leq 4 \times 300 = 1200 \text{ mm}$ OK

$h_f \geq \frac{1}{2} b_w \rightarrow 150 \geq \frac{1}{2} \times 300 = 150 \text{ mm}$ OK

15

الف) $A_s = 3 \phi 36$

یکی از بار مورد $d = d_t = 750 \text{ mm}$ $A_s = 3054 \text{ mm}^2$

موقعی که صورت مستطیلی که بزرگ $a_r = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c \times b} = \frac{3054 \times 400}{0.85 \times 21 \times 800} = 85.5 \text{ mm} < h_f = 150 \text{ mm}$ فشاری در ناحیه ی بال قرار دارد محاسب می شود

$\rho = \frac{A_s}{b d} = \frac{3054}{800 \times 750} = 0.0051$ $M_n = \rho b d^2 f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$

$M_n = 0.0051 \times 800 \times 750^2 \times 400 \times \left(1 - 0.59 \times 0.0051 \times \frac{400}{21} \right) = 865.4 \text{ kN.m}$

25

$\frac{a}{d_t} = \frac{85.5}{750} = 0.114 < \frac{a_t d_t}{d_t} = \frac{3}{8} \rho_1 = \frac{3}{8} \times 0.185 = 0.319 \xrightarrow{\text{مقطع Tc}} \phi = 0.9$

ARMAN

برای مقطع مستطیل

$\frac{a}{d_t} \leq \frac{a_t d_t}{d_t} = \frac{3}{8} \rho_1$

184

$$\frac{0.003}{\epsilon_t} = \frac{C_b}{d - C_b} = \frac{\frac{85.5}{0.85}}{750 - \frac{85.5}{0.85}} \rightarrow \epsilon_t = 0.0193 > 0.005 \xrightarrow{\text{مقطع T شکل}} \phi = 0.9$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 865.4 = 778.9 \text{ KN.m}$$

ب) $A_s = 6107 \text{ mm}^2$ (دولای مستطی)
 $d_t = 750 \text{ mm}$, $d = 700 \text{ mm}$

$$\textcircled{1} \left\{ a_r = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{6107 \times 400}{0.85 \times 21 \times 800} = 171.1 \text{ mm} > h_f = 150 \text{ mm} \right.$$

مقطع با عمق T شکل است.

$$p = \frac{A_s}{bwd} = \frac{6107}{300 \times 700} = 0.0291 \quad p_b = 0.85 \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0.0228$$

$$A_{sf} = 0.85 \times \frac{f'_c}{f_y} h_f (b - b_w) = 0.85 \times \frac{21}{400} \times 150 \times (800 - 300) = 3347 \text{ mm}^2$$

$$\textcircled{2} \left\{ p_f = \frac{A_{sf}}{bwd} = \frac{3347}{300 \times 700} = 0.0159 \right.$$

اگر در امتحان هنگام محاسبه p و p_b این نتیجه
برسی که p بزرگتر از p_b و p_f و $p_b + p_f$ است

$$p_{b,T} = p_b + p_f = 0.0228 + 0.0159 = 0.0387$$

و همین دلیل برای این کافی است.

$$p < p_{b,T} \rightarrow 0.0291 < 0.0387 \rightarrow \text{مقطع T شکل}$$

$$\textcircled{3} \left\{ M_{nf} = A_{sf} f_y \left(d - \frac{h_f}{2} \right) = 3347 \times 400 \times \left(700 - \frac{150}{2} \right) = 836.9 \text{ KN.m} \right.$$

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

$$a = \frac{(A_s - A_{sf}) \times f_y}{0.85 f'_c b_w} = \frac{(6107 - 3347) \times 400}{0.85 \times 21 \times 300} = 206.2 \text{ mm}$$

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

$$M_n = M_{nf} + M_{nw} = 836,9 + 659 = 1495,8 \text{ KN.m}$$

$$\frac{a}{d_t} = \frac{206,2}{750} = 0,275 < \frac{a+d}{d_t} = \frac{3}{8} \beta_1 = 0,319 \quad \phi = 0,9$$

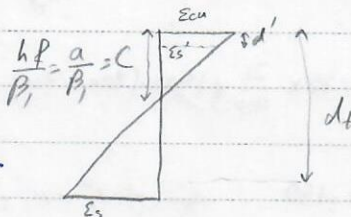
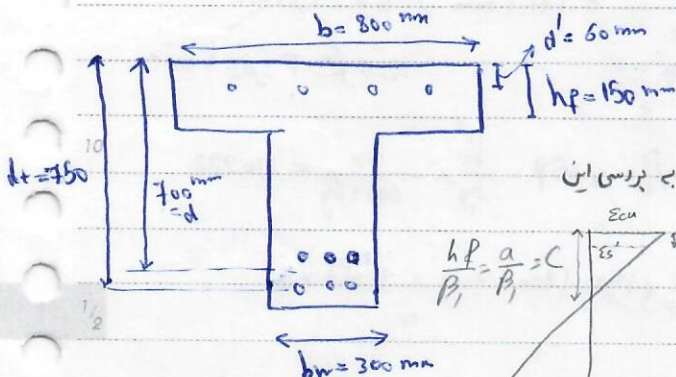
$$\phi M_n = 0,9 \times 1495,8 = 1346,2 \text{ KN.m}$$



مقاومت طراحی مقطع زیر را با فولاد کششی را در دو حالت زیر بدین آدریس.

* برای بررسی مقطع مستطیل و یا T شکل در مقاطع T شکل با فولاد فشاری فوقین کنیم که کل بار شامل کششی

فشاری است و با مقایسه نیروهای کششی در مقطع به بررسی این موضوع می پردازیم.



$$A'_s = 4 \phi 20 \quad (\text{الف})$$

$$A'_s = 2 \phi 20 \quad (\text{ب})$$

$$\text{الف) } A'_s = 1257 \text{ mm}^2, \quad \text{فرض } a = hf = 150 \text{ mm}$$

$$f'_s = 600 \times \frac{a - \beta_1 d'}{a} \leq f_y \rightarrow f'_s = 600 \times \frac{150 - 0,85 \times 60}{150} = 396 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa} \checkmark$$

بررسی f'_s و f_y

$$f_s = 600 \times \frac{\beta_1 d - a}{a} \leq f_y \rightarrow f_s = 600 \times \frac{0,85 \times 700 - 150}{150} \rightarrow f_s = 1720 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa} \times$$

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

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times b \times a = 0,85 \times 21 \times 800 \times 150 = 2142 \times 10^3 \text{ N} \quad C = C_s + C_c$$

$$C_s = A'_s f'_s = 1257 \times 396 = 497,8 \times 10^3 \text{ N} \quad C = 2639,8 \text{ KN}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 8107 \times 400 = 2442,8 \times 10^3 \text{ N} \quad C > T_s \rightarrow a < hf$$

$$P = \frac{A_s}{bd} = \frac{6107}{800 \times 700} = 0,0109$$

بنابراین بزرگترش فشاری در بال قرار دارد و مقطع به صورت مستطیل عمل می کند.

$$\text{ARMAN}$$

$$P = \frac{A'_s}{bd} = \frac{1257}{800 \times 700} = 0,0027$$

$$\bar{P}_b = P_b + P' \frac{f'_{sb}}{f_y} = 0.0227 + 0.022 \times \frac{400}{400} = 0.0249 > P = 0.0109$$

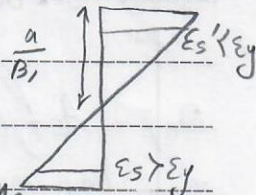
$$f'_{sb} = 600 - \frac{d'}{a} (600 + f_y) < f_y \Rightarrow P'_{sb} = 600 - \frac{65}{700} \times (600 + 400) = 514 \text{ MPa} > f_y$$

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

$$P_b = 0.85 P_c \times \frac{f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0.85 \times 9.85 \times \frac{21}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0.0227$$

$$a + \frac{600 A'_s - A_s f_y}{0.85 f'_c \cdot b} - \frac{600 A'_s B_1 d'}{0.85 \times f'_c \cdot b} = 0$$

$$\Rightarrow a^2 - 118.25 a - 2693.6 = 0 \Rightarrow a = 137.8 \text{ mm}$$



$$f'_s = 600 \times \frac{a - B_1 d'}{a} = 600 \times \frac{137.8 - 0.85 \times 65}{137.8} = 378 \text{ MPa}$$

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

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

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

$$\phi M_n = ? \quad \epsilon_s = \epsilon_{cu} \times \frac{B_1 d - a}{a} = 0.003 \times \frac{0.85 \times 750 - 137.8}{137.8} = 0.0109$$

$$\epsilon_s = \epsilon_t = 0.0109 > 0.005 \Rightarrow \text{TC} \text{ چلے گا } , \phi = 0.9$$

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

آخرین قسمت الف منه را به دست آورید

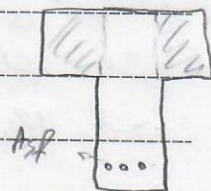
جواب قسمت ب) شده است 10 میده 2803.5
 $M_{max} = \frac{q_u L_n^2}{8} = \frac{82.3 \times 16.5^2}{8} = 2803.5$
 طول دهانه آزاد $L_n = 16.5$

فرض: $a = b_f = 100 \text{ mm} \rightarrow \phi M_n = 2648.4 \text{ kN.m} \quad M_u = 2803.5 \text{ kN.m}$

بلوک متعینی در میان تیورین وارد می شود و مقطع به صورت T شکل عمل خواهد کرد.

$A_s p r b_f = 0.85 \times f'_c \times (b - b_w) \times a_f$
 $\Rightarrow A_s f_y = 0.85 \times \frac{f'_c}{f_y} \times (b - b_w) \times a_f = 0.85 \times \frac{21}{400} \times (2100 - 500) \times 100 = 7140 \text{ mm}^2$

فرض دایره
 $d = 800, d_f = 835$



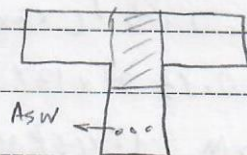
$M_{nf} = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 7140 \times 400 \times \left(800 - \frac{100}{2} \right) = 2142 \text{ kN.m}$

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

با برش جان تیورین $b_w = 500$ و ارتفاع مؤثر $d = 800$ میل شود

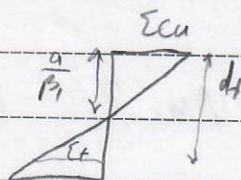
$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{973 \times 10^6}{500 \times 800^2} = 3.04 \text{ MPa}$
 $\rho = 0.0084$

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



$A_{sw} = \rho b_w d = 0.0084 \times 500 \times 800 = 3360 \text{ mm}^2$

$a = \frac{A_{sw} f_y}{0.85 \times f'_c \times b_w} = \frac{3360 \times 400}{0.85 \times 21 \times 500} = 150.6$



$\epsilon_t = \epsilon_{cu} \times \frac{\beta_1 d_f - a}{a} = 0.011 \times 0.005$

$A_s = A_{sf} + A_{sw} = 7140 + 3360 = 10500 \text{ mm}^2 \rightarrow 12 \text{ D34}$
 فرض درست بوده است $\phi = 0.9$
 در دهانه قرار دارد

آخرین قسمت الف را به دست آورید

$$\bar{P}_{min} = \rho \frac{f_y}{f_s} + 0.85 \rho \frac{d'}{d} \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 - f_y} = 0.0119 > \rho_{0.0109}$$

فولاد کششی جاری می شود

$$f_s = \frac{d}{d'} (600 - f_y) - 600 \times \frac{f_y}{d'} > 5 \rightarrow f_s = f_y = 400 \times \frac{100}{65} = 111.7 > 5$$

Page (9)

مقطع مستطیلی

$$M_n = 1546 \text{ KN.m} \quad \phi = 0.9 \rightarrow \phi M_n = 1391.4 \text{ KN.m}$$

فولاد کششی جاری می شود فولاد کششی جاری می شود

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

فولاد کششی جاری می شود

$$\alpha = h_f = 150 \text{ mm} \rightarrow f'_s = 600 \times \frac{\alpha - \beta_1 d'}{\alpha} = 396 \text{ MPa} < f_y$$

$$f_s = 600 \times \frac{\beta_1 d' - \alpha}{\alpha} > f_y = 400 \rightarrow f_s = 400 \text{ MPa}$$

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

$$C_s = 628 \times 396 = 248,77 \times 10^3 \text{ N}$$

$$C = C_c + C_s = 2390,77 \text{ KN} < T = A_s \times f_y = 2442,8 \text{ KN}$$

بزرگ کششی از بار به جان برآید می کند و مقطع مورد T خواص داشت

ب) $A_{sf} = 3347 \text{ mm}^2$

$$M_{nf} = A_{sf} \cdot f_y \times (d - \frac{h_f}{2}) = 838,8 \text{ KN.m}$$

★

فرض جاری نشی فولاد کششی و کششی

$$\alpha = \frac{(A_s - A_{sf}) f_y - A'_s f'_y}{0.85 f'_c \times b_w} = \frac{(6107 - 3347) \times 400 - 628 \times 400}{0.85 \times 21 \times 300} = 159,3 \text{ mm}$$

فرض جاری نشی فولاد کششی و کششی

$$f_s = 600 \times \frac{\alpha - \beta_1 d'}{\alpha} = 407 \rightarrow f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$f_s = 600 \times \frac{\beta_1 d' - \alpha}{\alpha} = 1641 \rightarrow f_s = 400 \text{ MPa}$$

★

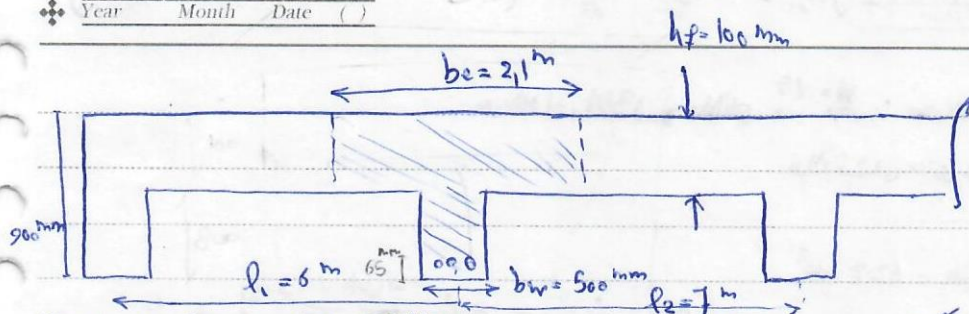
$$M_{nw} = A'_s f'_y (d - d') + 0.85 f'_c \alpha b_w (d - \frac{\alpha}{2})$$

$$M_{nw} = 628 \times 400 (700 - 60) + 0.85 \times 21 \times 159,3 \times 300 \times (700 - \frac{159,3}{2}) = 690 \text{ KN.m}$$

$$M_n = M_{nf} + M_{nw} = 1527,1 \text{ KN.m}$$

$$\epsilon_t = \frac{1}{1003} \times \frac{\beta_1 d_t}{\epsilon_{cu}} \times \frac{1}{159,3} \times \frac{750 - 159,3}{\alpha} = 0.009 > 0.005 \rightarrow \text{مقطع } T_c \rightarrow \phi = 0.9$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 1527,1 = 1374,4 \text{ KN.m}$$



دال زیر تحت بارکنده‌ی $w_d = 215 \frac{kN}{m^2}$ و بار متمرکز $w_l = 3.14 \frac{kN}{m^2}$ در بار متمرکز
قرار دارد. با فرض آنکه تکیه گاه‌های دوسریب صورت دوسریب باشد، پیرشان داده شده با طراحی کنید

$$f'_c = 21 \text{ MPa}$$

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

$$w_l = 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$l_n = 12 \text{ m}$$

$$l_n = 16.5 \text{ m}$$

$$\text{طول دهانه} = \frac{7+6}{2} = 6.5 \text{ m}$$

$$q_d = 3.14 \times 6.5 = 20.4 \frac{kN}{m}$$

$$q_D = 215 \times 6.5 + 24 \times (6.5 \times 0.1 + 0.15 \times 0.8) = 41.45 \frac{kN}{m}$$

$$q_u = 1.2 q_D + 1.6 q_L = 82.38 \frac{kN}{m} > 1.4 q_D \checkmark$$

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

$$b_e = \min(b_w + \frac{l_n}{4}, b_w + 16 h_f, \frac{l_1 + l_2}{2}) = 2.1 \text{ m}$$

برای آنکه تخصیص هم‌تک‌ 1483 kN.m باعث ایجاد تنش فشاری صرفاً در بال می‌شود و یا درجن‌برایت خواص کرد
ابتدا فرض می‌کنیم که قسمت فشاری تنش کل بال را احاطه کرده است

$$\text{فرض: } \begin{cases} a = h_f = 100 \text{ mm} \\ d = 900 - 65 = 835 \text{ mm} \end{cases}$$

$$M_n = 1.85 f'_c a b_e (d - \frac{a}{2}) = 1.85 \times 21 \times 100 \times 2100 \times (835 - \frac{100}{2}) = 2942.6 \text{ kN.m}$$

$$\frac{\epsilon_t}{\epsilon_{cn}} = \frac{\beta_1 d - a}{a} \rightarrow \epsilon_t = 0.018 > 0.005 \xrightarrow{T_c} \phi = 0.9$$

$$M_n > M_{max}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 2942.6 = 2648.4 \text{ kN.m} > 1483 \text{ kN.m} \rightarrow \text{بلوک فشاری در داخل}$$

بال قرار دارد و مقطع متصل عمل می‌کند

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = 0.00292$$

$$m = \frac{f_y}{1.85 f_c} = 22.4, \quad R_n = \frac{M_n}{\phi b d^2} = \frac{1483 \times 10^6}{1.9 \times 2100 \times 835^2} = 1.13$$

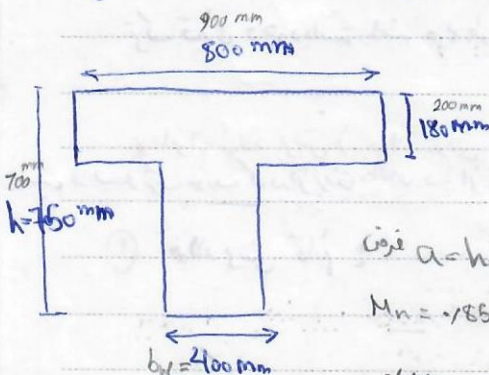
$$A_s = \rho b d = 0.00292 \times 2100 \times 835 = 5120 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 f_y} \times \frac{500}{b_w} \times 835 = 1461 \text{ mm}^2 < A_s \quad \checkmark$$

الف) $A_s = 5120 \text{ mm}^2 \rightarrow 5 \phi 36$

ب) گزین

مقدار: سیر T شکل زیر را برای ستر طراحی $M_n = 1800 \text{ KN.m}$ با فرض $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 25 \text{ MPa}$ طراحی کنید.



$$M_n = 1800 \text{ KN.m}$$

$$f_c' = 25$$

$$f_y' = 400$$

$$f_c' = 21 \text{ MPa}$$

راحتی: میلگرد کشتی در دایره ندارد

$$a = h_f = 180$$

$$M_n = 1.85 f_c' a b \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n =$$



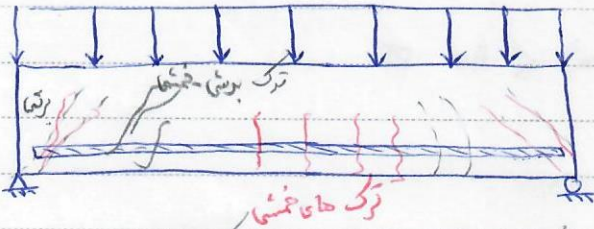
$$M_u$$

مقاومت

* طراحی تحت اثر برش: به دلیل اینکه شکست برشی برخلاف شکست خمشی، صورت ناگهانی و پاشند، فریب اطمینان برکنه‌ی برای طراحی برش بکار می‌رود. $(\phi = 0.75)$

+ انواع ترک در بتن تحت اثر برش و خمش: 333

5



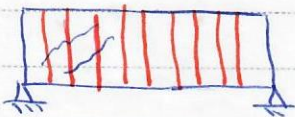
10

در این نوعی هم برش قابل توجه داریم
هم خمش قابل توجه
ترک های برشی به صورت 45° از تکیه گاه اتفاق می افتد

+ بیشتر از 90% مقاطع که طراحی می‌کنیم به آرماتور برشی نیاز داریم. آرماتور برشی آرماتوری است که در محل ترک قعری وجود داشته باشد و به طور عمودی جلوی باز شدن ترک های قعری را بگیرد.

* انواع فولاد برشی (فولاد عرضی - خاسوت): $34^\circ - 74^\circ$ برای جلوگیری از شکست زودرس مقطع بلافاصله پس از ایجاد ترک مورب که در اثر برش خالص و یا اثر تمام برش و خمش ایجاد می‌شود باید طوری مقطع بتنی را مسلح کرد که در مقابل باز شدن ترک ها مقاومت کند.

① فولاد برشی قائم:



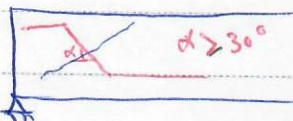
20

② فولاد برشی مایل با زاویه حداقل 45° نسبت به فولاد های طولی

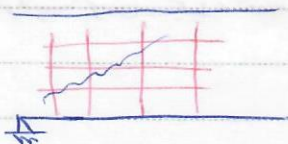


25

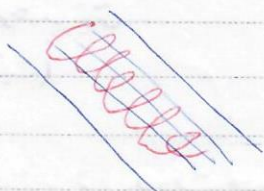
③ فولاد طولی خم شده به سمت ترک با زاویه حداقل 30° نسبت به فولاد های طولی



④ استفاده از شبکه های سیمی جوش شده :

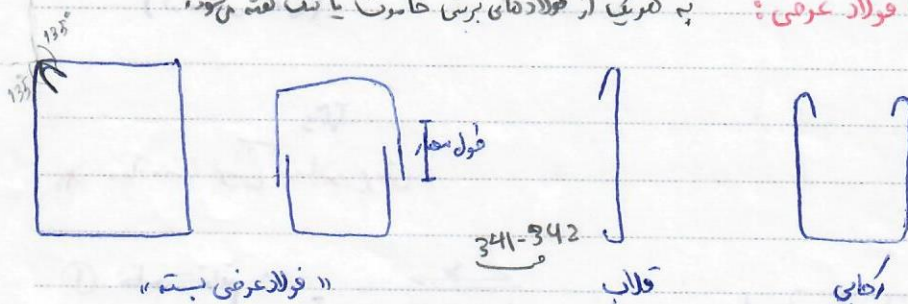


⑤ درپسج یا فولاد حلقه در ستون ها



⑥ ویاترکیبی از موارد فوق را نیز می توان استفاده کرد.

* انواع خاموت یا فولاد عرضی : به صورتی از فولادهای برشی خاموت یا تک تک استفاده می شود.



« فولاد عرضی باز »

$$V_c = \frac{1}{6} \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

+ ظرفیت برشی بتن در این نام :

λ $\begin{cases} \rightarrow 1.75 & \text{بتن با اجزای سبک} \\ \rightarrow 1.85 & \text{بتن با سازه سبک} \\ \rightarrow 1 & \text{بتن با وزن معمولی} \end{cases}$

+ ظرفیت برشی بتن به صورت تفصیلی :

$$V_c = \min \left\{ \begin{aligned} & (0.16 \lambda \sqrt{f_c} + 17 \rho_w \frac{V_{ud}}{M_u}) b_w d \\ & (0.16 \lambda \sqrt{f_c} + 17 \rho_w) b_w d \\ & 0.29 \sqrt{f_c} b_w d \end{aligned} \right.$$

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w d}$$

درجه میلگرد کششی

* ظرفیت برشی بتن به صورت ساده با وجود بار محوری فشاری:

لکه باعث افزایش مقاومت برشی بتن می شود

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b w d$$

لکه سطح مقطع ناخالصه بتن

N_u : نیروی محوری بر حسب نیوتن
(د فشار مثبت)

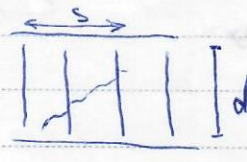
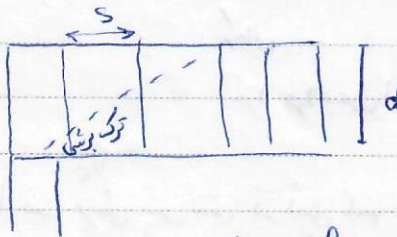
* ظرفیت برشی بتن در حالت وجود بار محوری کششی:

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{N_u}{3.5 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b w d \geq 0$$

N_u : بار محوری کششی بر حسب نیوتن
(در کشش منفی)

V_s

* مقاومت برشی آرماتور برشی:



① خاموت قائم:

$$V_s = n A_v r \times f_{yt} \quad n = \frac{d}{s}$$

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} \times d}{s}$$

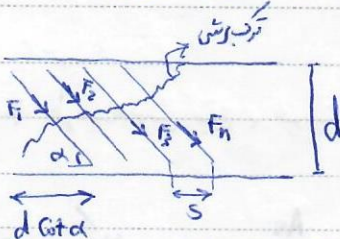
A_v : سطح مقطع شاخه های قائم خاموت

V_s جمع نیروی کششی کلیدی فولادهای برشی در ترک را قطع می کند

S : فاصله افقی خاموت ها (فاصله بین هر فولاد برشی)

f_{yt} : تنش فولادهای قائم به هم کشیده شده

② خاموت مایل:



$$\sum F_u = F = A_v \cdot f_{yt} \times \left[\frac{d}{s} \times (1 + \cot \alpha) \right]$$

تقسیم F در راستای قائم

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} \cdot d}{s} \times (\sin \alpha + \cot \alpha)$$

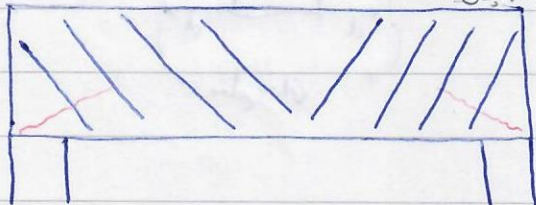
$(\sin \alpha + \cot \alpha)$

* مقاومت برشی خاموت مایل نسبت به قائم بیشتر است، مدلی از لحاظ اقتصادی به این صورت نیست ARMAN

مثلاً برای $\alpha = 45^\circ$ مقاومت برشی در خاموت مایل $\sqrt{2}$ برابر مقاومت برشی در خاموت قائم می شود.

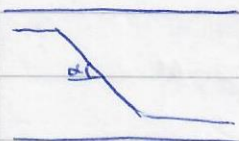
این در حالی است که طول خاصیت های مایل نیز $\sqrt{2}$ شده است. در اتصالاتی که در معرض نیروی زلزله قرار می گیرند، باید از خاصیت مایل استفاده کرد. زیرا جهت نیرو و در نتیجه زاویه تشکیل ترک برشی عوض می شود. اگر تیر در معرض بار مایل باشد نحوه ی خاصیت گذاری بصورت زیر خواهد بود:

در سمت های گاذب بیشینه



③ آرماتور طولی خم شده :

$$V_s = A_v f_y \sin \alpha \leq \frac{1}{4} \sqrt{f'_c} b w d$$



آرماتور طولی فقط در محدوده $\frac{3}{4}$ مابین طولی خم شده اش مقاومت می کند و علت آن است که آرماتور طولی بصورت زیر خم می شود و در نتیجه انحنای موجود، طول مقاومت آن برای برش را کاهش می دهد.

مقاومت برشی بتن

* مقاومت برشی اسس متعلق و طولی متعلق تحت برش :

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n \leq \phi V_n = \phi (V_c + V_s) \quad \phi = 0.75 \quad \text{برای برش}$$

358

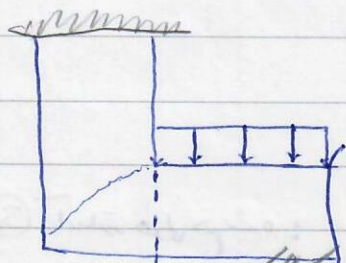
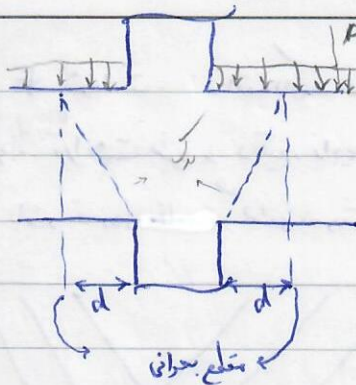
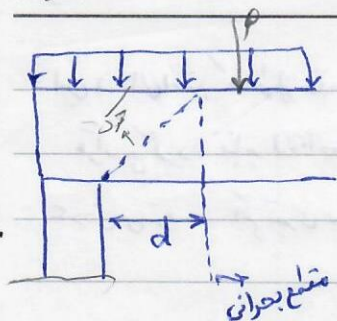
+ نکات و محدودیت های آیین نامه ای :

انها در صورت داشتن تمام شرایط زیر می توان برش را در فاصله ای از بر تکیه گاه محاسبه کرد - ترک ها با بار اولی 45° از تکیه گاه دور می شود.

① عکس العمل تکیه گاه فشاری باشد

② بارگذاری در بالای تیر یا نزدیکی بالای تیر باشد

③ بار متمرکز در فاصله بر تکیه گاه تا $\frac{1}{4}$ از بر تکیه گاه اثر نکند



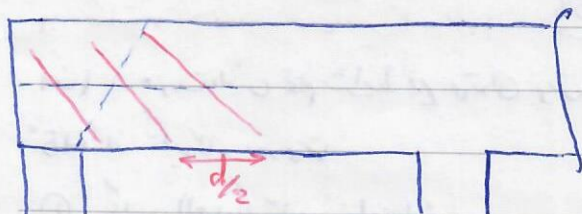
معمولاً در نظر گرفتن مقطع بحرانی برش از d از برشگاه نیستیم چون یکبار گشتی است.
مقطع بحرانی x

(ب) حد اکثر خالص فولادهای برشی: $V_s \leq 2V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_w d \rightarrow S_{Max} = \min\left(\frac{d}{2}, 600 \text{ mm}\right)$

اگر $V_s > 2V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_w d \rightarrow S_{Max} = \min\left(\frac{d}{4}, 300\right)$

در حقیقت آسین تا ۴۵° هر خطی که از وسط و در جهت عکس الیمن به طرف آرماتورهای کششی رسم شود باید یک آرماتور برشی را قطع کند.

هر تیر باید یک آرماتور برشی را حداقل قطع کند



(2) حداقل فولاد برشی

$$\left(\frac{A_v}{s}\right)_{\min} = \max\left(0.35 \frac{bw}{f_{yt}}, \frac{1}{16} \sqrt{f_c} bw d\right)$$

(1) حداقل فولاد برشی یا مقاومت حراشه آسانوارهای برشی

$$V_s \leq 4V_c = \frac{2}{3} \sqrt{f_c} bw d \rightarrow \left(\frac{A_v}{s}\right)_{\max} = \frac{2}{3} \frac{\sqrt{f_c}}{f_{yt}} bw$$

حداکثر از فولاد طرفیت

$$V_n \leq 5V_c$$

$$V_u \leq 5\phi V_c$$

به صورت ساده استعاده شود

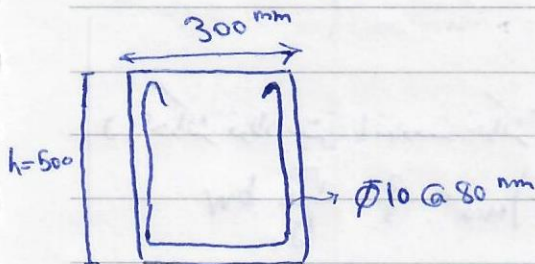
مقاومت‌های برشی می‌تواند از $f_{yt} = 420$ طبق این م.ع.+ حراشه میزان مقاومت فولادهای برشی برابر است با $f_{yt} = 420 \text{ MPa}$.+ اگر V_u باشد: $V_u \leq \phi V_c$ باشد معنی این می‌توان بدون فولاد برشی در نظر گرفت+ اگر $V_u > \phi V_c$ باشد لازم است یک حداقل فولاد برشی مطابق آنچه ذکر شد در مقطع

بکار رود مگر در موارد زیر:

(1) دال‌ها - پی‌ها - تیرچه‌های یک طرفه

(2) تیرهای کم عمق که در آن $d \leq 250 \text{ mm}$ باشد(3) تیرهای همراه بارال با محدودیت ارتفاع زیر: $h \leq \{\max(2.5h_f, 1.5bw), 600\}$ (4) تیرهای ساخته شده با وزن مخصوص معمولی که $h \leq 600 \text{ mm}$ است این ایستاده‌ها به میزان لازم داشته باشند

مثال: تیر مستطینی با ابعاد $b = 300 \text{ mm}$ و $h = 500 \text{ mm}$ با فولاد های برش قائم، صورت U شکل و با قطر 10mm، فاصله 80mm سطح شحات، مقاومت برشی این تیر را بدست آورید.



$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

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

$$V_n = V_c + V_s, \quad V_c = \frac{1}{6} \lambda \sqrt{f'_c} b w d = \frac{1}{6} \times 1 \times \sqrt{35} \times 300 \times 435 = 128,7 \times 10^3 \text{ N}$$

مقاومت برشی ناشی از بتن

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{157 \times 400 \times 435}{80} = 341,5 \times 10^3 \text{ N}$$

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

دو ساق (دو بار)

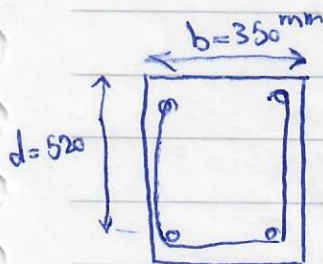
$$V_s = 341,5 \times 10^3 \text{ N} > 2V_c = 2 \times 128,7 \text{ kN}$$

$$s_{\text{Max}} = \min\left(\frac{d}{4}, 300\right) = 109 \text{ mm} > 80 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

موجود در شال

$$V_n = \phi V_n = \phi (V_c + V_s) = 0,75 (128,7 + 341,5) = 352,7 \text{ kN}$$

مثال: تیر بتن آرمه زیر بار که تحت اثر برش $V_n = 317,2 \text{ kN}$ قرار دارد با فرض $f'_c = 21 \text{ MPa}$ و $f_y = 300 \text{ MPa}$ برای برش طراحی کنید.



$$V_n = \phi (V_c + V_s)$$

$$317,2 \times 10^3 = 0,75 (139 \times 10^3 + V_s)$$

$$V_c = \frac{1}{6} \lambda \sqrt{f'_c} b w d = \frac{1}{6} \times 1 \times \sqrt{21} \times 350 \times 520 = 139 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\Rightarrow V_s = 283,9 \times 10^3 \text{ N} = 283,9 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \Rightarrow 283,9 \times 10^3 = \frac{A_v \times 300 \times 520}{s} \Rightarrow \frac{A_v}{s} = 1,82 \text{ mm}$$

$$\uparrow V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{S} \downarrow$$

Subject:

Year:

Month:

Day: 19

$$\frac{A_v}{S} = 1.82$$

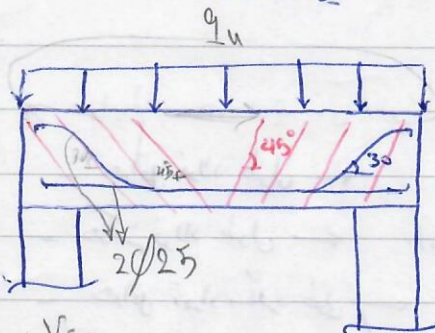
$$A_v = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 12^2 = 226 \text{ mm}^2 \quad \text{فرض میلگرد نمبر 12 برای خاموت}$$

$$\rightarrow S = 124 \text{ mm}$$

$$V_s = 283.9 > 2V_c = 2 \times 139 \rightarrow S_{Max} = \min\left(\frac{d}{4}, 300\right) = 130 \text{ mm}$$

$$S = 130 \text{ mm} > S_{Max} = 124 \text{ mm} \quad \text{O.K} \rightarrow \text{USE } \phi 12 @ 120 \text{ mm}$$

تقدیر: تیر دوبرو را در مقطع بحرانی برش برای ضریب 45° مایل طراحی کنید.



$$W_D = 60 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$W_L = 40 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

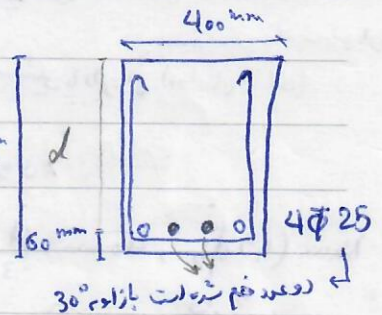
$$f'_c = 21 \text{ MPa}$$

$$f_{yt} = 300 \text{ MPa}$$

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

آرماتور عرضی
آجی

آرماتور طولی



$$V_s = \text{برای خاموت مایل}$$

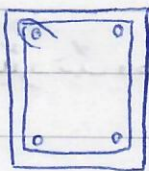
$$V_c = \text{برای بار محوری قائم}$$

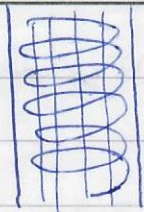
$$1.2D + 1.6L$$

* ستون ها: به یک عضو سازه ای اطلاق می شود که بار محوری فشاری را با ویا بدون لغزششی متحمل کند.

انواع ستون ها: 483

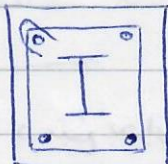
1- ستون بتن آرمه با بتنک (خاموت بسته)





2- ستون بتنی با دورپیچ خلتوی: (اسپرال)

3- ستون مرکب:



سطح مقطع بتنی بدون توجه به مساحت
اشغال شده توسط فولادهای طولی

457 L 457

* ضوابط و محدودیت های این نامهای:

- حداقل فولاد طولی $\rho = 1\%$ برابر با سطح ناخالص بتنی A_g

- حداکثر فولاد طولی 8% در محل وصله نیز رعایت شود. بدلیل کمبود بتن (در ابتدای ستون بتنی)

با مقطع مربعی و خاموت دایره ای

- حداقل تعداد میلگرد طولی 4 میلگرد در مقطع با خاموت مستطیلی یا دایره ای (در اعضای فشاری)

6 میلگرد در مقطع با دورپیچ دایره ای (اسپرال)

- حداقل فاصله بین میلگردهای طولی $\max(16d_b, 40mm, \frac{4}{3}d_{agg})$

قطر میلگرد طولی

بزرگترین اندازه ای دانه ها

ستون ها (ستون های چاق):

- حداقل ابعاد مقطع باید در حدود $250 \times 200mm$ باشد.

+ ضوابط فولادهای عرضی: خاموت

قطر میلگرد طولی

$d_b \leq 32mm$

$10mm$

- حداقل قطر میلگرد تنگ و خاموت

$d_b > 32mm$ قطر میلگرد طولی

$13mm$

فولاد طولی با قطر بیشتر از $32mm$ میل مترا $(d_b > 32mm)$ و استاندارد از میلگرد $32mm$

قطر میلگرد طولی

- حداکثر فاصله ی خاموت ها:

$S_{Max} = \min(16d_b, 48d, h_{min})$

قطر خاموت

کوچکترین عرض

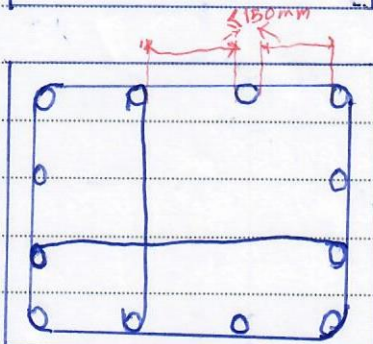
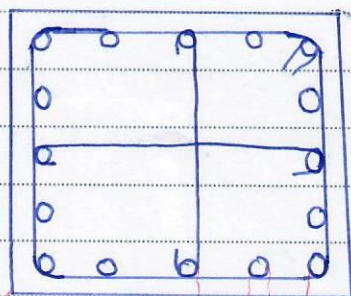
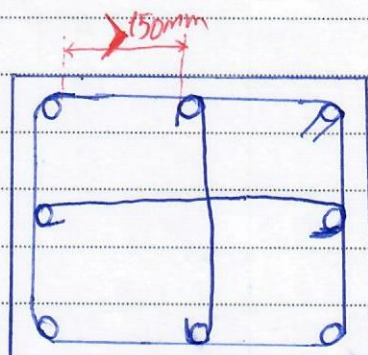
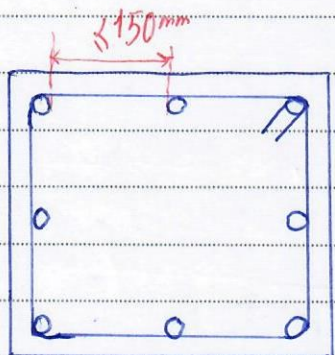
نخوه قرار گیری تنگ در ستون ها؛
 الف) حوضه لار طولی واقع در گوشه مقطع، در گوشه یک تنگ پانزادویی حداکثر 135° مهار شود.

ب) سایر فولادهای طولی غیر واقع در گوشه مقطع، حداقل به صورت یک در میان در گوشه ها

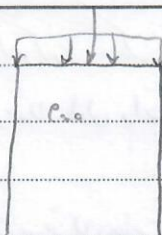
تنگ پانزادویی حداکثر 135° مهار شود

ج) فاصلی آزار حوضه لار طولی که در گوشه یک تنگ مهار نشده است، از فولاد طولی مجاور

که در گوشه یک تنگ مهار شده است بیشتر از 150mm نباشد.

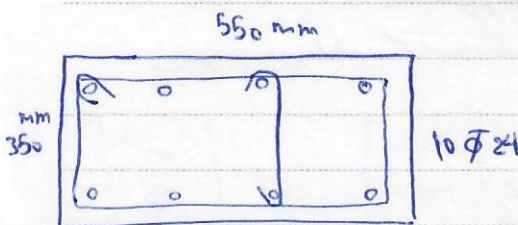


یک در میان مهار کنیم
 150mm 150mm



تنگی فشاری
مستطیل
مستطیل

- حداقل آرماتور عرضی برای بتن ریزه



$$d_b = 24 \text{ mm} \leq 32 \text{ mm} \rightarrow d = 10 \text{ mm}$$

حداقل قطر آرماتور عرضی

$$S_{\max} = \min(16d_b, 48d, h_{\min}) = \min(16 \times 24, 48 \times 10, 350) = 350 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \Phi 10 @ 350 \text{ mm}$$

* ضوابط فولاد عرضی به صورت دورپیچ: $462-463-464$ SPCED

$$\min(25 \text{ mm}, \frac{4}{3} d_{agg})$$

بزرگترین مداسی دانه

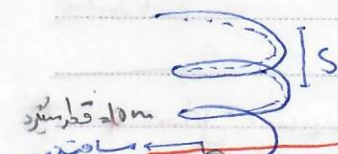
$$S_{\max} = 7.5 \text{ cm}$$

+ حداقل قطر میله دورپیچ 10 mm

+ فاصله حداقل بین دو حلقه ی متوالی (حداقل 250 mm)

+ فاصله ی حداکثر " " " (حداکثر 250 mm)

+ حداقل نسبت حجمی آرماتورهای دورپیچ



$$\frac{4 A_{sp}}{D_c S} = \rho_s$$

حجم فولاد دورپیچ

حجم هسته بتن

قطر هسته بتن

پوشش روی دورپیچ

پوشش روی دورپیچ

پوشش روی دورپیچ

پوشش روی دورپیچ

پوشش روی دورپیچ

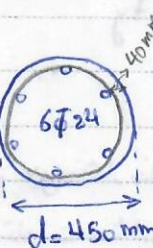
پوشش روی دورپیچ

پوشش روی دورپیچ

پوشش روی دورپیچ

پوشش روی دورپیچ

پوشش روی دورپیچ



$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{yt} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{پوشش روی دورپیچ} = 40 \text{ mm}$$

$$d = 10 \text{ mm} \rightarrow A_{sp} = \frac{\pi}{4} \times 10^2$$

$$D_c = 450 - 2 \times 40 = 370 \text{ mm} \quad \text{قطر دایره} = 10 \text{ mm}$$

تعیین می‌کنیم که آیا این ستون در این بارها می‌تواند کار کند یا نه

$$P = \frac{4 A_{sp}}{D_c S} = 0.45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \frac{f_c}{f_{yt}}$$

$$A_{sp} = \frac{\pi}{4} \times 10^2 = 78.5 \text{ mm}^2$$

از این از خاصیت جابجایی
بقیه محاسبات را می‌کنیم

$$\frac{A_g}{A_{ch}} = \frac{\frac{\pi}{4} \times 450^2}{\frac{\pi}{4} \times 370^2} = \left(\frac{450}{370} \right)^2$$

$$S = \frac{4 A_{sp} \times f_{yt}}{0.45 D_c f_c \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)} = \frac{4 \times 78.5 \times 400}{0.45 \times 37 \times 25 \times \left(\frac{450^2}{370^2} - 1 \right)} = 62.9 \text{ mm}$$

فاصله بین تیرها

$$\text{فاصله آزاد بین دایره‌ها} : 62.9 - \frac{10}{2} - \frac{10}{2} = 52.9 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 52.9 < 75 \text{ mm} \quad \text{OK} \rightarrow \phi 10 @ 62.9$$

فاصله بین تیرها

* تحلیل اعضای فشاری : ظرفیت باربری

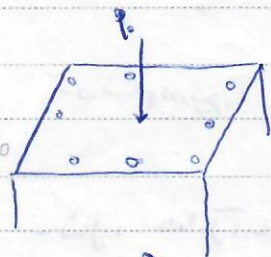
الف) بار محوری خالص

$$E_{cu} = 0.03$$

مقاومت بتن در حالت خالص

$$P_u = 0.85 f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y$$

مقاومت بتن
تشدید



P_n

در محاسبه فشار خالص نمی‌توانیم اتصالات را در نظر بگیریم و فقط خروج از معادله را در نظر می‌گیریم این نام تفاوت فشاری ستون را کاهش می‌دهد.

ستون با تنش

$$P_{n, \text{Max}} = 0.8 P_u = 0.8 [0.85 f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y]$$

ستون با تنش (در اینجا)

$$P_{n, \text{Max}} = 0.85 P_u = 0.85 [0.85 f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y]$$

ستون بدون تنش

$$\phi = 0.85$$

$$P_u \leq \phi P_{n, \text{Max}}$$

مثال: ظرفیت باربری محوری خالص یک ستون مربعی به ضلع 400^{mm} با میلگردهای طولی 8φ25 را با فرض $f_y = 300 \text{ MPa}$, $f'_c = 25 \text{ MPa}$ (محاسبه کنید).

صلحت مقیاس

$$A_{st} = 8 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 3927 \text{ mm}^2$$

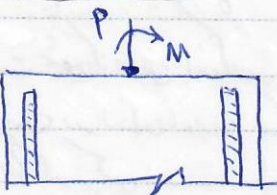
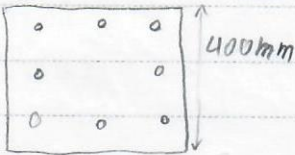
$$P_n = 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y = 0.85 \times 25 \times (400^2 - 3927) + 3927 \times 300$$

$$P_n = 4494.7 \times 10^3 \text{ N}$$

$$P_{n, \max} = 0.8 P_n = 0.8 \times 4494.7 \times 10^3 = 3595.7 \text{ KN}$$

$$P_u = \phi P_{n, \max} = 0.65 \times 3595.7 = 2337.2 \text{ KN}$$

مقطع تحت فشارات و فشار کشش
تلفی می شود



≡



$$e = \frac{M}{P}$$

هر چقدر مقدار خروج از مرکزیت نیروی فشاری (e) بیشتر باشد، مقدار مقطع از شکست فشاری به شکست کششی سوق پیدا می کند. درحقیقت در حالت $e = 0$ تمام مقطع تحت تنش فشاری قرار دارد و با زیاد شدن مقدار e تنش فشاری در یک سمت مقطع کم می شود تا نهایتاً به تنش منفرجه در ادامه بازمی گردد. با زیاد شدن مقدار خروج از مرکزیت تنش کششی در یک سمت مقطع، وجود کمه و رفته رفته رفتار مقطع به سمت شکست کششی نزدیک می شود.

شکست کششی به تنهایی مقطع در یک طرف آنکه شده و خرد شدن بتن در طرف دیگر به تدریج تکمیل می شود + برای تحلیل و طراحی ستون تحت اثر تنش یک مقدار خروج از مرکزیت متوازن در نظر می گیرند (e_b). اگر مقدار خروج از مرکزیت نیروی فشاری از مقدار e_b کمتر باشد، ستون با شکست فشاری مواجه خواهد بود و اگر مقدار خروج از مرکزیت از e_b بیشتر باشد انتظار شکست کششی را از ستون خواهیم داشت

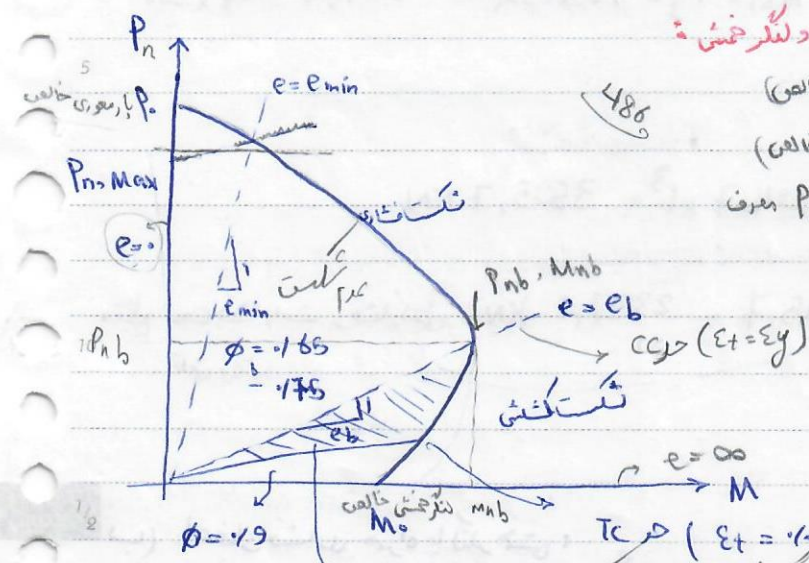
$$e < e_b$$

شکست فشاری

$$e > e_b$$

شکست کششی

شکستگی $e > e_b \rightarrow$



*** * منحنی اندرکش بار محوری و لنگر خمشی ***

+ محور قائم معرف $e = 0$ (بار محور خالص)

+ معرف اقصی معرف $e = \infty$ (تکثر متنی خالص)

+ حداکثر ظرفیت باربری ستون $P_{n, Max}$ معروف
حداقل خروج از مرکزیت است $e = e_{min}$

سورۃ البقرہ

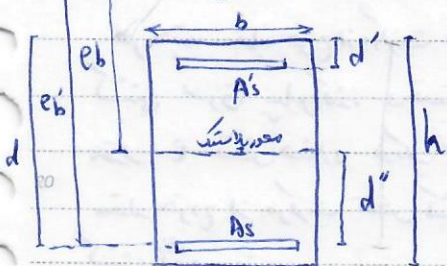
تجربة ($\epsilon_t = 1.05$)

دست شود که معنی اندوختن بار مخوری و لنگر چینی معروف سطح کت ۱۰۲ < ϕ < ۱۰۵

تین در لحظہ باریک بینی نہائی است و هر قدر که داخل این منحنی قدر گرفتار است ۱۷

بنای نادر ترکیبی است. بار محوری و لنگر خمشی است که منطبق بر یک محور نمی شود. P_{nb} (یعنی استانه نکت

* بررسی پارکها ستون در حالت متوازن :

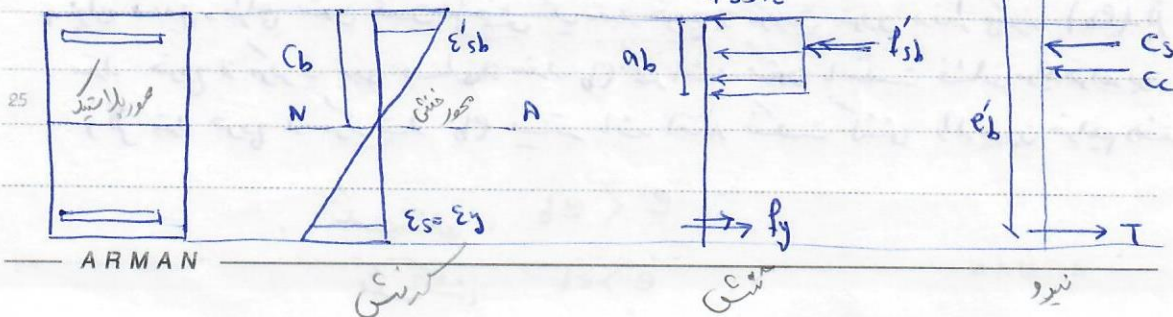
$$\bar{e} = e_b$$


2/2

⑧ Pnb

$$\xi_{CH} = 1.03$$

پنہ بارہوی اسی



$$a_b = P_n d \frac{600}{600 + f_y}$$

$$P_{nb} = 0.85 f'_c (a_b b - A'_s) + A'_s f'_s b - A_s f_y$$

$$f'_s b = 600 - \frac{d'}{2} (600 + f_y) \leq f_y$$

$$e_b = \frac{1}{P_{nb}} [0.85 f'_c (a_b b - A'_s) (d - \frac{a_b}{2}) + A'_s f'_s b (d - d')]$$

$$e < e_b \rightarrow \text{تکست کششی} \quad e > e_b \rightarrow \text{تکست فشرشی}$$

489

* بررسی باربری ستون در حالت شکست کششی

$$f'_s = 600 (1 - \frac{P_n d'}{a}) \leq f_y \quad P_n < P_{nb} \text{ در } (e > e_b) \quad e' > e_b$$

$$P_n = 0.85 f'_c (a_b - A'_s) + A'_s f'_s - A_s f_y$$

$$e' = \frac{1}{P_n} [0.85 \times f'_c (a_b - A'_s) (d - \frac{a}{2}) + A'_s f'_s (d - d')]$$

حال اگر هدف تعیین ظرفیت باربری ستون (یعنی P_n) باشد، نیاز به حدس اولیه از a و اتمام رسمی و خط و محاسباتی مجدد مقایسه P_n در جایگاه $e' = e_b$ ضررناپذیر است

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

+ اگر فرض شود که $f'_s = f_y$ خواهیم داشت:

باید این فرض در انتها چک شود

+ و همچنین فرض کنیم که $A_s = A'_s$ و $f'_s = f_y$

$$P_n = 0.85 f'_c b d \left[\left(1 - \frac{e'}{d}\right) - p + \sqrt{\left(1 - \frac{e'}{d}\right)^2 + 2p \frac{e'}{d} + 2p(m-1) \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \right]$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c}$$

$$p = \frac{A_s}{b d}$$

$$p' = \frac{A'_s}{b d}$$

$$m' = \frac{f'_y}{0.85 f'_c}$$

* برای حالتی $f'_s = f_y$ فرض شود باید آخر کار چک شود:

$$\Rightarrow P_n = 0.85 f'_c b d \left[\left[p'(m'-1) - p_m + \left(1 - \frac{e'}{d}\right) + \sqrt{\left(1 - \frac{e'}{d}\right)^2 + 2 \left[\frac{e'}{d} (p_m - p'_m + p) + p(m-1) \left(1 - \frac{d'}{d}\right) \right]} \right] \right]$$

اگر فرض شود که $C_c = 0.85 f'_c a_b$ - محاسبه و اتمام بین برابر باشد

$$P_n = 0.85 f'_c b d \left[\left(1 - \frac{e'}{d}\right) + \sqrt{\left(1 - \frac{e'}{d}\right)^2 + 2p_m \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \right]$$

* بررسی باربری ستون در حالت شکست قاری ($P_n > P_{nb}$ یا $e < e_b$ یا $e' < e'_b$)

$$f'_s = 600 \left(1 - \frac{d'}{c}\right) \leq f_y$$

491

$$f_s = 600 \left(\frac{d}{c} - 1\right) \leq f_y \rightarrow \text{معم}$$

5

$$P_n = 0.85 f'_c (a_b - A'_s) + A'_s f'_s - A_s f_s$$

$$e' = \frac{1}{P_n} [0.85 f'_c (a_b - A'_s) (d - \frac{a}{2}) + A'_s f'_s (d - d')]$$

10

- مراحل :

1- حوس اولیه C چون $e' < e'_b$ است $C \downarrow \Rightarrow f_s \uparrow$ $C \uparrow \Rightarrow f_s \downarrow$

2- محاسبی f'_s و f_s (توجه شود که باید $f_s < f_y$ بورت نیاید. در غیر این صورت باید مقدار حوس C عوض شود)

1/2

3- محاسب $a = \rho_c P_n$

4- محاسب e' و مقایسه آن با e'_b اگر $e' = e'_b$ حوس اولیه C درست بوده است

15

اگر $e' < e'_b$ باید C کوچکتری حوس زده شود و تکرار محاسبات

اگر $e' > e'_b$ باید C بزرگتری " " " "

* قریب گامش مقاومت ستون ϕ :

20

1- مقطع قار- کنترل با $\epsilon_{cu} = 0.003$ ← مقطع با خاصیت $\phi = 0.65$

مقطع با درجیع $\phi = 0.75$

2- مقطع کشش کنترل ($\frac{a}{d} < \frac{a_{td}}{d} = \frac{3}{8} \rho_1$, $\epsilon_t > 0.005$) $\phi = 0.9$

25

3- مقطع دناصیه انتقال : ستون پانگ $\phi = 0.233 + \frac{0.25}{c/d}$

ستون با درجیع $ARMA \phi = 0.50 + \frac{0.15}{c/d}$

برای فولاد AIII : ($f_y = 400 \sim 420 \text{ MPa}$)

$$\phi = 1/483 + 8313 \epsilon_t$$

بازنگ

$$\phi = 1/65 + 50 \epsilon_t$$

باربری

محاسبه طول موثر e

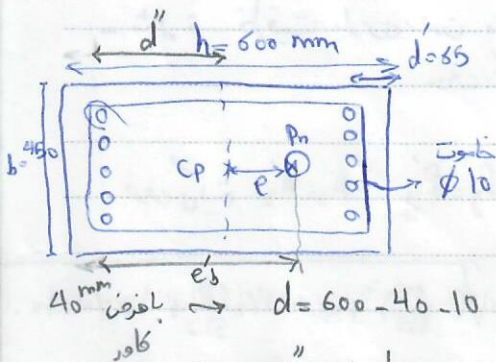
مثال: برای ستون زیر باربری را محاسبات متوازن را بکنید

$$A_s = A'_s = 5 \phi 30$$

$$f_y = f'_y = 400$$

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

485



$$d = 600 - 40 - 10 - \frac{30}{2} = 535 \text{ mm}$$

$$d'' = d - \frac{h}{2} = 535 - \frac{600}{2} = 235 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 1/85 - \frac{1/5}{7} (30 - 28) = 1/836$$

$$a_b = \beta_1 d \times \frac{600}{600 + f_y} = 1/836 \times 535 \times \frac{600}{600 + 400} = 268,36 \text{ mm}$$

$$f'_s = 600 - \frac{65}{536} (600 + 400) \leq f_y \rightarrow f'_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$A_s = A'_s = 5 \times \frac{\pi}{4} \times 30^2 = 5534 \text{ mm}^2$$

$$P_{nb} = 1/85 \times 30 \times (268,3 \times 450 - 5534) + 5534 \times 400 - 5534 \times 400 = 2989,3 \times 10^3$$

$$e'_b = \frac{1}{2989,3 \times 10^3} \times \left[1/85 \times 30 \times (268,3 \times 450 - 5534) \left(535 - \frac{268,3}{2} \right) + 5534 \times 400 (535 - 40) \right]$$

$$e'_b = 623,1 \text{ mm}$$

$$e_b = e'_b - d'' = 623.1 - 235 = 388.1 \text{ mm}$$

$$2989.3 \times 10^3 \times 388.1 = 1160.1 \times 10^6 \text{ N.m}$$

$$\rightarrow M_{nb} = P_{nb} \times e_b = 1160.1 \text{ KN.m}$$

مثال: ظرفیت باربری بتن مثال قبل را با $e = 400 \text{ mm}$ بدست آورید.

$$e = 400 > e_b = 388.1 \text{ mm} \rightarrow \text{حالت شکست کشش}$$

فرض می کنیم $f'_s = f'_y$, $f_y = f'_y$, $A_s = A'_s$ با هم چک کنیم

$$e' = e + d''$$

$$P_n = 185 \times 30 \times 450 \times 535 \left[\left(1 - \frac{635}{535} \right) + 0.147 + \sqrt{\left(1 - \frac{635}{535} \right)^2 + 2 \times 0.147 \times \frac{635}{535} + 2 \times 0.147 \times} \right]$$

$$P_n = \frac{5534 \times A_s}{450 \times 535} = 0.147$$

$$\sqrt{(15.68 - 1) \times \left(1 - \frac{65}{535} \right)} = 2876.16 \times 10^3 \text{ N}$$

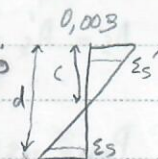
$$m = \frac{400}{185 \times 30} = 15.68$$

چک کردن $f'_s = f'_y = f_y$

$$\textcircled{I} \quad \alpha = \frac{P_n}{185 \times f'_c \times b} = \frac{2876.16 \times 10^3}{185 \times 30 \times 450} = 250.7 \text{ mm} \rightarrow c = \frac{\alpha}{\beta_1} = 299.9 \text{ mm}$$

$$f'_s = 600 \times \left(1 - \frac{d''}{c} \right) = 600 \times \left(1 - \frac{65}{299.9} \right) = 470 > f_y = 400$$

$$\rightarrow f'_s = 400 \text{ MPa}$$



$$M_n = P_n \times e = 2876.16 \times 10^3 \times 400 = 1150.6 \text{ KN.m}$$

$$\epsilon_t = \epsilon_{cu} \times \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0.003 \times \left(\frac{535}{299.9} - 1 \right) = 0.00235$$

$$\epsilon_y = 0.002 < 0.00235 < 0.005 \rightarrow \text{نامرئی TR انتقال}$$

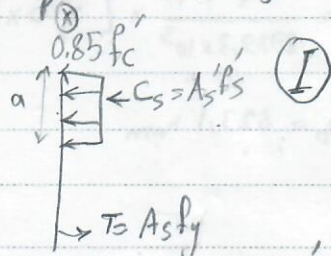
$$\phi = 0.483 + 83.3 \times 0.00235 = 0.679$$

$$P_u = \phi P_n = 0.679 \times 2876.16 = 1963.2 \text{ KN}$$

ARMAN

$$M_u = \phi M_n = 1150.6 \times 0.679 = 781.3 \text{ KN.m}$$

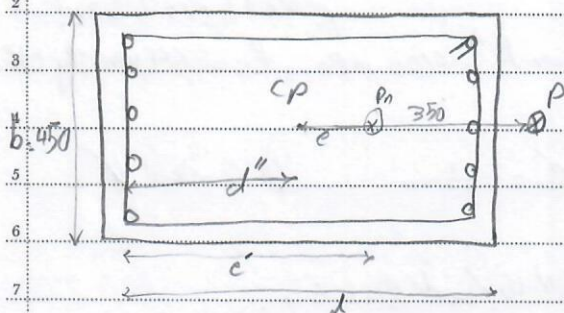
تعیین ضریب ϕ :



$$\epsilon_{Fn} = 0 \Rightarrow P_n = 0.85 f'_c \alpha x b$$

چون C_s و A_s برابر است پس با هم
توزیع می شود.

مثال: ضریب باربری ستون مثال قبل را با خروج از مرکزیت $e = 350 \text{ mm}$ حساب کنید.



$$A_s = A_s' = 5030 \rightarrow A_s = A_s' = 3534 \text{ mm}^2$$

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

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$e_f' = 623.1 \text{ mm}$$

$$e_b = e_b' - d' = 388.1$$

$$e = 350 \text{ mm} < e_b = 388.1 \text{ mm} \rightarrow \text{تکست نمی‌ری}$$

$$e' = e + d' = 350 + 235 = 585 \text{ mm}$$

$$C = 350 \text{ mm} \rightarrow \alpha = \beta_1 C = 0.836 \times 350 = 292.6 \text{ mm}$$

$$f_s' = 600 \times \left(1 - \frac{65}{350}\right) = 488 \text{ MPa} \rightarrow f_s' = 400 \text{ MPa}$$

$$f_s = 600 \times \left(\frac{535}{350} - 1\right) = 317.1 \text{ MPa} < f_y \text{ ok}$$

$$P_n = 0.85 \times 30 \times (292.6 \times 450 - 3534) + 3534 \times 400 - 3534 \times 317.1 = 3560.4 \times 10^3$$

$$e' = \frac{1}{P_n} \left[0.85 f_c' (ab - A_s) \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' f_s' (d - d') \right]$$

$$= 543.3$$

$$= \frac{1}{3560.4 \times 10^3} \left[0.85 \times 30 \times (292.6 \times 450 - 3534) \left(535 - \frac{292.6}{2}\right) + 3534 \times 400 \left(535 - \frac{65}{2}\right) \right]$$

$$e' = 543.3 < e' = 585 \text{ mm} \rightarrow \text{معمایه نیست، با فرض } C = 330$$

$$C = 330 \rightarrow \alpha = \beta_1 C = 0.836 \times 330 = 275.9 \text{ mm}$$

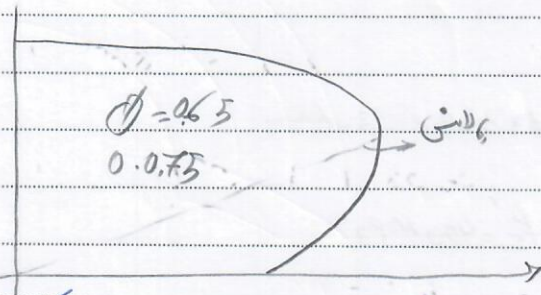
$$f_s' = 400 \text{ MPa} \quad f_s = 372.7 \text{ MPa} < f_y$$

خط 2/1 باید C برکتی انفا $P_n = 3172.3 \text{ KN} \rightarrow e' = 597.4 > e_o' = 585 \text{ mm} \rightarrow$
 باید خط را به زیر 1/1 برسانیم
 $C = 333 \rightarrow a = \beta_1 C = 278.4 \text{ mm} \rightarrow f_s' = 400 \text{ MPa}, f_s = 364 \text{ MPa} < f_y \text{ O.K.}$

✓ افتاد 1/1 $P_n = 3231.7 \text{ KN} \rightarrow e' = 585.5 \approx e_o' = 585 \text{ mm}$

$\phi P_n = 0.65 \times 3231.7 = 2100.6 \text{ KN}$ $\phi = 0.65$

$\phi M_n = 0.65 \times 1131.1 = 735.2 \text{ KN.m}$ $M_n = P_n \times e$



مقال طرفت باربری ستون مثال قبل را با افزودن از مرکزیت $e = 25 \text{ mm}$ محاسب کنید.

تک شای $e = 25 \text{ mm} < e_b = 388.1 \text{ mm} \rightarrow$

$e_o' = e + d' = 25 + 235 = 260 \text{ mm}$

اول $C = 535 \text{ mm} \rightarrow a = \beta_1 C = 447.26 \text{ mm}$

$f_s' = f_y = 400 \text{ MPa}$ $(f_s' = 600 \times \frac{(1 - 0.65)}{0.535}) = 527 \text{ MPa} \rightarrow f_s' = 400 \text{ MPa}$

$f_s = (\frac{d}{c} - 1) \times 600 \rightarrow f_s = 0 \text{ MPa} < f_y \text{ O.K.}$

نکته: اگر $f_s < 0$ شد نتیجه گیری کنیم میلادهای کششی در ستون دارند یعنی که مقطع در فشار است.

$P_n = 0.85 f_c (ab - A_s) + A_s' f_s' - A_s f_s = 0.85 \times 30 (477.26 \times 450 - 3534)$

$+ 3534 \times 400 = 6455.8 \times 10^3 \text{ N}$ **Zarin**

ساز

$$e' = \frac{1}{P_n} \left[0.85 f'_c (ab - A_s') \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' f_y (d - d') \right] = 346.1 \text{ mm} > e_o = 260 \text{ mm}$$

این مقدار از حد مجاز کمتر است. لازم باشد مقدار بیشتری فولاد داشته باشیم. این حالت حرکت

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{h}{\beta_1} = \frac{600}{0.836} = 717.7 \text{ mm}, a = h = 600 \text{ mm}$$

$$P_n = 0.85 f'_c (ab - A_s - A_s') + A_s' f'_s - A_s f_s$$

$$f'_s = 600 \left(1 - \frac{d'}{C} \right) = 535 > f_y \rightarrow f'_s = 400 \text{ MPa}$$

$$600 \left(\frac{d}{C} - 1 \right) = 600 \times \left(\frac{535}{717.7} - 1 \right) = -152.7 \text{ MPa} \rightarrow \text{است, منهای}$$

$$P_n = 0.85 \times 300 \times (600 \times 450 - 2 \times 3534) + 3534 (400 + 152.7) = 8658 \times 10^3 \text{ N}$$

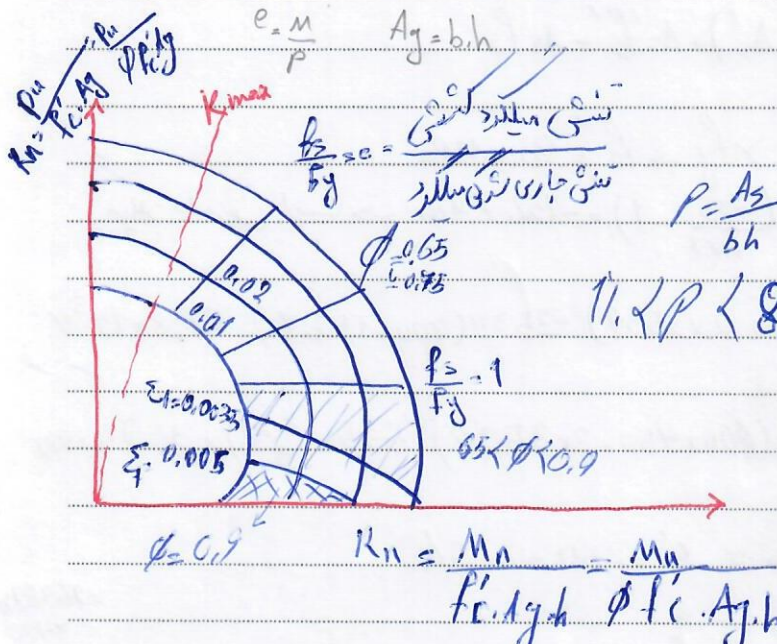
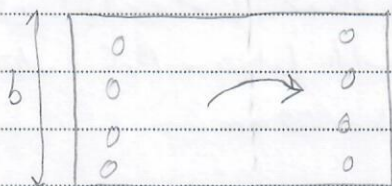
$$e' = \frac{1}{8658 \times 10^3} \left[0.85 \times 30 \times (600 \times 450 - 2 \times 3534) \left(535 - \frac{600}{2} \right) + 3534 \times 400 \right. \\ \left. (535 - 65) \right] = 258.7 \text{ mm} \approx e' = 260 \text{ mm OK}$$

$$P_o = 0.85 f'_c \times (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y = 0.85 \times 30 \times (600 \times 450 - 2 \times 3534) + 2 \times 3534 \times 400 = 9532 \text{ kN}$$

$$P_n \leq P_{n, \max} \rightarrow P_n = P_{n, \max} = 7625.6 \text{ kN}$$

$$P_u = \phi P_n = 0.65 \times 7625.6 = 4956.6 \text{ kN}$$

طراحی ستون بر اساس نمودارهای طراحی



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

$$f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$K_n = \frac{P_u}{f_c' \cdot A_g} = \frac{P_u}{\phi f_c' \cdot A_g}$$

$$R_n = K_n \times \frac{e}{h} = \frac{P_u e}{f_c' A_g h} = \frac{M_u}{f_c' A_g h \phi f_c' A_g h}$$

K_{max} - حداکثر ظرفیت باربری محوری ستون با توجه به حداقل خروج از مرکزیت

$$\frac{f_c}{f_y} = \frac{\text{تنش کششی در بتن فولاد مسلح}}{\text{تنش تسلیم فولاد}}$$

لازم برای ستون

نقاط بالاتر از خط $\frac{f_s}{f_y} = 0$ به تمام مقطع تحت فشار است

نقاط واقع بر خط $\frac{f_s}{f_y} = 1$ استخوان تسلیم دورترین فولاد کششی به حالت متوازن

یا بالایی

تمام بالاتر از $\frac{f_s}{f_y} = 1$ حالت شکست فشاری

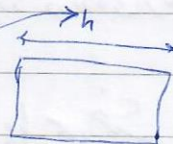
نقاط پایین تر از $\frac{f_s}{f_y} = 0.005$ به حالت شکست کششی با $\phi = 0.9$

تمام بین $\frac{f_s}{f_y} = 1$ و $\frac{f_s}{f_y} = 0.005$ به حالت TR

بدون توریج $\phi = 0.483 + 83.3 \epsilon_t$

$$\phi = 0.65 + 50 \epsilon_t$$

با توریج

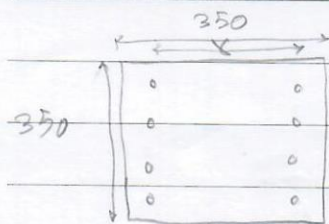


ستون های با قطر 300 تا 350 میلی متر $\gamma = 0.6$
 ستون های با قطر 400 تا 450 میلی متر $\gamma = 0.7$
 ستون های با قطر 600 تا 650 میلی متر $\gamma = 0.8$
 ستون های با قطر 700 تا 1200 میلی متر $\gamma = 0.9$
 برای سایه ایجاد ستون از درون یا بی خطی استفاده می شود

تستی تسلیم در فولاد $\eta = \frac{420}{f_y}$ برای ستون های $f_y \neq 420 \text{ MPa}$

$$P_t = P(\text{فولاد}) \times \eta_y$$

$$P_t = \frac{P(\text{فولاد})}{\eta_y}$$



مقدار فرضی استخوان
 $\lambda = \frac{350 - 2 \times (40 + 10 + \frac{20}{2})}{350} = 0.66$

$$\lambda = 0.66$$

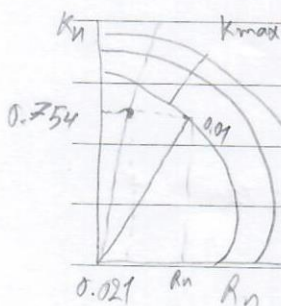
$$f'_c = 28 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$K_n = \frac{P_u}{\phi f'_c A_g} = \frac{1680 \times 10^3}{0.65 \times 28 \times 350^2} = 0.754$$

تکست نهی
 فرض می شود
 چون ۸ مایل است

$$R_n = \frac{M_u}{\phi f'_c A_g h} = \frac{16 \times 10^6}{0.65 \times 28 \times 350 \times 350} = 0.021$$



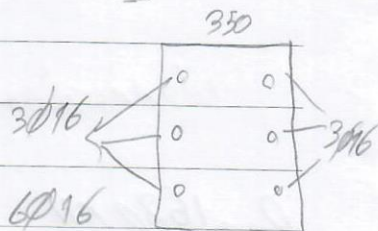
چون بالاتر از $K_{n \max}$ است پس باید e را بزرگتر کنیم
 و R_n را بیشتر کنیم تا $R_n = 0.01$ برسد چون حداقل
 آیین نامه رعایت کنیم

$$K_n = 0.754, P = 0.01$$

$$P_f = 0.01$$

$$b \times h \Rightarrow 350 \times 350$$

$$A_s = 0.01 \times 350 \times 350 = 1225 \text{ mm}^2 \rightarrow 6\phi 16$$



$$P_u = 1680 \text{ kN}$$

$$M_u = 700 \text{ kN.m}$$

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

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$e = \frac{700}{1680}$$

$$A_g \geq \frac{P_u}{0.44(f'_c + P_f f_y)} \rightarrow A_g \geq 11131 \text{ mm}^2$$

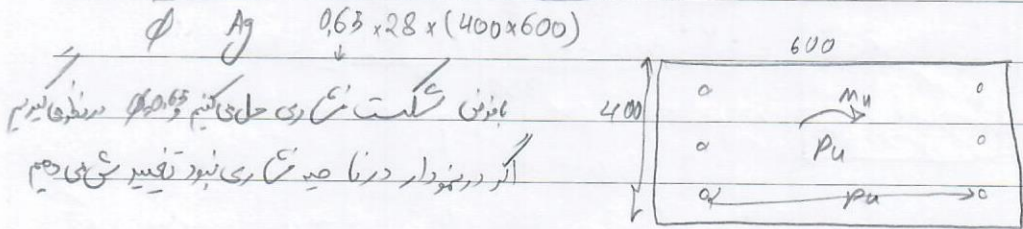
333x333

چون ۸ مایل قابل توجه است پس باید A_g بیشتر کرد و نظر کنیم چون مستطیل هم جواب می دهد
 و امتحانی تر است مستطیل منطقی کنیم

$$\text{Try } 400 \times 600$$

$$\lambda = \frac{600 - 2 \times (40 + 10 + \frac{20}{2})}{600} = 0.78$$

$$K_n = \frac{P_u}{\phi A_g} = \frac{1680 \times 10^3}{0.63 \times 28 \times (400 \times 600)} = 0.985$$



$$K_n = \frac{M_u}{\phi f'_c A_g h} = \frac{700 \times 10^6}{0.65 \times 28 \times (400 \times 600) \times 600} = 0.267$$

$$\gamma = 0.66 \quad f'_c = 28 \quad f_y = 420$$

$$23 \text{ از تیر بار} \Rightarrow P_g = 0.03 \Rightarrow A_s = 0.03 \times 400 \times 600 = 7200 \text{ mm}^2$$

درست بود $\phi = 0.65$ درنا صی شکست منحنی تیر بار دار

$$P_u = 1680 \text{ kN} \quad M_u = 1400 \text{ kN.m}$$

$$f'_c = 28 \text{ Mpa} \quad f_y = 420 \quad \boxed{f_y = 300} \text{ اگر}$$

$$A_g \geq 111317 \text{ mm}^2 \quad T_r y \Rightarrow 400 \times 800 \text{ mm} \Rightarrow \gamma = 0.84 \quad K_n = 0.208$$

$$\gamma = 0.8 \text{ از تیر بار} \Rightarrow P_g = 0.023$$

$$\gamma = 0.9 \text{ از تیر بار} \Rightarrow P_g = 0.021 \Rightarrow P = 0.022 \times \frac{420}{300}$$

$$A_s = 0.022 \times 400 \times 800 = 7040 \text{ mm}^2$$