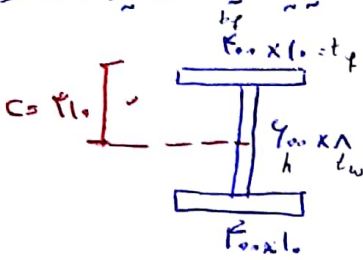


۱) تیر ورق با مقطع شکل زیر مفروض است. مقاومت خمشی این مقطع را تعیین کنید. (تیر در برابر طول خود دارای تکیه گاه جانبی باشد)



$$\lambda = \frac{b_f}{r_{tf}} = \frac{400}{2 \times 10} = 20 \quad \lambda_p = 0.148 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \approx 10.197 \quad \times$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{8} = 50 \leq \lambda_p = 31.72 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \approx 10.8154 \quad \checkmark$$

$$\frac{h}{t_w} = 50 > \lambda_r = 0.148 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \approx 17.5 \quad \times$$

حالت غیر فشرده

\* حالت دوم: احماسی ز شکل با وجود تکیه گاه جانبی فشرده و مایل غیر فشرده:

الف) بررسی حالت حدی گمانش بچینی:

$$L_p = 1.117 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.117 \times 91.3 \sqrt{\frac{210 \times 10^3}{240}} = 8438.144 \text{ mm} \quad L_b = 0$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{1.6417 \times 10^7}{2(200 \times 10) + (400 \times 8)}} = 91.3 \text{ mm}$$

$$I_y = \sum \frac{b^3 h}{12} = \frac{200^3 \times 10}{12} + \frac{400 \times 8^3}{12} + \frac{200^3 \times 10}{12} = 1.6717 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$L_p > L_b$  ← انزمام بر تیر گمانش بچینی جانبی نیست.

ب) بررسی حدی گمانش مایل فشرده:

$$m_p = Z F_y$$

$$Z = A_f h + \frac{A_w h}{2} = 200 \times 10 \times 400 + \frac{400 \times 8 \times 400}{2} = 312000 \text{ mm}^3$$

$$m_p = Z F_y = 312000 \times 240 \times 10^{-6} = 74880 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda_{rB} = 0.148 \sqrt{\frac{k_c E}{F_L}} = 0.148 \sqrt{\frac{0.144 \times 210 \times 10^3}{148}} = 22.23$$

$$k_c = \frac{k}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} = \frac{k}{\sqrt{\frac{400}{8}}} = 0.144 < 0.148 \rightarrow k_c = 0.144$$

$$\frac{S_{nt}}{S_{ac}} = 1 \geq 0.148 \rightarrow F_L = 0.148 F_y = 148 \text{ MPa}$$

$$S_n = \frac{I_n}{c} = \frac{111120 \times 10^7}{21} = 5291428.57 \text{ mm}^3$$

$$I_n = \frac{500 \times 42^3}{12} - \frac{192 \times 40^3}{12} = 111120 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$\lambda_{pp} = \lambda_p = 0.138 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \approx 11$$

$$\lambda_{rF} = 0.19 \sqrt{\frac{K_c E}{F_c}} = 22.22$$

$$m_n = m_p - (m_p - 0.1 V F_y S_n) \left( \frac{\lambda - \lambda_{rF}}{\lambda_{rF} - \lambda_{pp}} \right)$$

$$m_n = 1135135 - (1135135 - 0.1 \times 250 \times 21 \times 111120) \left( \frac{20 - 11}{22.22 - 11} \right) \times 10^{-4}$$

$$m_n = 1135135 \text{ kN.m} \rightarrow \text{سلس}$$

$$M_u = \phi m_n = 0.9 \times 1135135 = 1021621.5 \text{ کلاص} *$$

(۲) سمت کشنده جهت تیر ورق سوراخ یک در صورت نیاز بدون توجه به عمل میدان کششی طاقی

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.154 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \frac{400}{\lambda} = 25 \leq 2.154 \sqrt{\frac{21000}{250}} = 51.01 \checkmark \text{ کیند} *$$

$$\frac{h}{t_w} = 25 < 24 \rightarrow k_u = 0 \text{ ! فرجه جان بدون سمت کشنده عرض}$$

$$\frac{h}{t_w} = 25 \leq 1.1 \sqrt{\frac{k_u E}{F_y}} = 51 \left\{ \begin{array}{l} 1.1 \sqrt{\frac{k_u E}{F_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1.37 \sqrt{\frac{k_u E}{F_y}} \rightarrow C_u = \frac{1.1 \sqrt{\frac{k_u E}{F_y}}}{\frac{h}{t_w}} \\ \frac{h}{t_w} \geq 1.37 \sqrt{\frac{k_u E}{F_y}} = 18.154 \times \end{array} \right.$$

$$C_u = \frac{1.1 \sqrt{\frac{5 \times 21000}{250}}}{\frac{400}{\lambda}} = 0.195$$

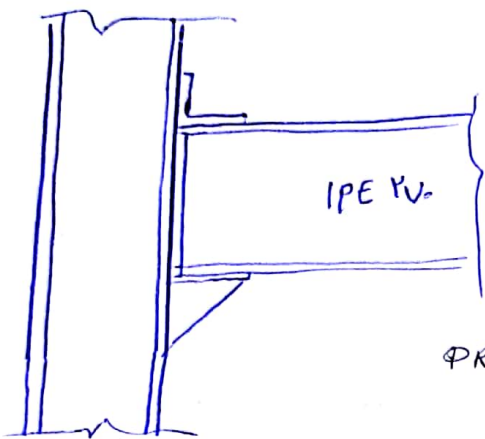
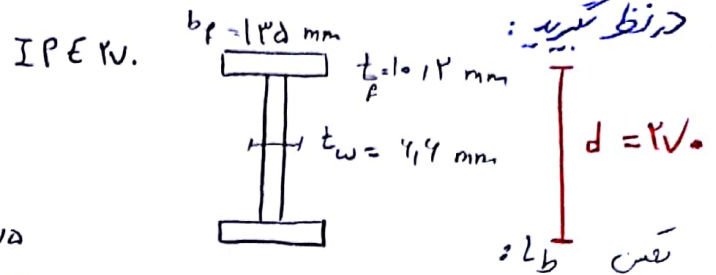
$$V_n = 0.6 F_y A_w C_u = 0.6 \times 250 \times 400 \times \lambda \times 0.195 \times 10^{-3}$$

$$V_n = 424.75 \text{ kN}$$

با توجه به نیازی به تعیین کشنده عرض در صورت نیست \*

۳) اتصال محصلی تیر IPE ۲۷۰ (عرض تابل ۱۳۵ ، ضخامت تابل ۱۰/۲ ، ضخامت جان ۴/۴ mm) به ستون مطابق شکل زیر را با برکت شش ضلعی طراحی کنید. واکنش ضربیه را ۱۰۰ kN

در نظر بگیرید:



Beam ۳۰ x ۲۰ x ۱۰

$$\phi = 0.75$$

$$R_n = t_w t_w (l_b + 2.1ak) \quad \text{کن - تسمه سوراخ شده جان}$$

$$\phi R_n = 0.75 \times 10 \times 25 \times 10 (l_b + 2.1 \times 10 \times 20) \geq 100 \times 10^3$$

(ضخامت تابل + ۱۰)

$$1800 (l_b + 50) \geq 100 \times 10^3 \rightarrow l_b \geq 55.56 \text{ mm}$$

معیار کشیدگی:

$$\text{با فرض } \frac{l_b}{d} < 0.12 \rightarrow R_n = 0.6 F_y t_w \left[ 1 + \frac{2.1 l_b}{d} \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^2 \right] \sqrt{\frac{E F_y t_f}{t_w}}$$

$$\phi R_n = 0.75 \times 0.6 \times 25 \times 4.4 \left[ 1 + \frac{2.1 l_b}{270} \times \left( \frac{4.4}{10.2} \right)^2 \right] \sqrt{\frac{2 \times 10 \times 25 \times 10 \times 10}{4.4}} \geq 100 \times 10^3$$

$$131048 \left[ 1 + \frac{2.1 l_b}{270} \times 0.1822 \right] 1412/189 \geq 100 \times 10^3$$

$$[131048 + 0.1691 l_b] 1412/189 \geq 100 \times 10^3$$

$$112503.128 + 0.126139 l_b \geq 100 \times 10^3 \rightarrow l_b \geq -221.89$$

l\_b max  $\rightarrow l_b = 20 \text{ mm}$   $l_b < 0 \rightarrow l_b = k = 20 \text{ mm}$

ضخامت ورق نشین :  $t = 10.2 \text{ mm}$

عرض ورق نشین :  $w = l_b + 2 \times 10 = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$

$$e = 0.14 \times b = 0.14 \times 135 = 18.9 \text{ mm}$$

$$= b - \frac{l_b}{4} = e = 0.17 b \rightarrow b = 1.175 l_b \rightarrow 1.175 \times 20 = 23.5 \text{ mm} \rightarrow b = 20 \text{ mm}$$

$$0.15 \leq \frac{b}{a} \leq 2 \rightarrow \frac{0.15}{2} \leq \frac{l}{a} \leq \frac{2}{15} \rightarrow \frac{0.15}{20} = \frac{l}{a} \leq \frac{l}{a} \leq \frac{2}{15}$$

$$\rightarrow a \geq a \geq 20 \rightarrow a = 20 \text{ mm}$$

$$0.15 < \frac{b}{a} = \frac{20}{20} = 1 < 2 \quad (3)$$



$$0.15 < \frac{b}{a} = 0.147 < 1 \rightarrow \frac{b}{t_s} \leq 1.47 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{0.15}{t_s} \leq 1.47 \sqrt{\frac{2 \times 10^4}{240}} \rightarrow t_s \leq 0.159 \rightarrow \boxed{t_s \approx 0.14 \text{ m}}$$

$$Z = 1.19 - 1.12 \left(\frac{b}{a}\right) + 1.17 \left(\frac{b}{a}\right)^2 - 0.120 \left(\frac{b}{a}\right)^3$$

$$Z = 1.19 - 1.12 \left(\frac{0.15}{1}\right) + 1.17 \left(\frac{0.15}{1}\right)^2 - 0.120 \left(\frac{0.15}{1}\right)^3 = 0.12$$

$$R_u = \frac{P_u}{1.1 \phi} \sqrt{14e^2 + t^2} = \frac{100 \times 1.3}{1.1 \times 240} \sqrt{14 \times 11^2 + 20^2} = 33814.25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\phi R_n = 0.180 \times 240 \times 0.130 \times 130 \times 0.14 > 33814.25 \times 1.3$$

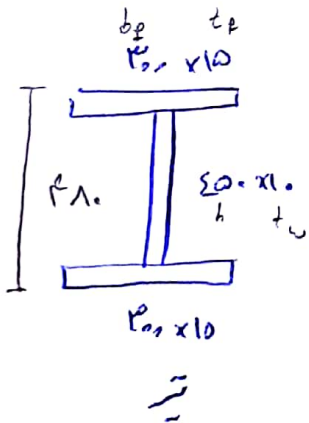
$$\phi R_n > R_u$$

(3) اتصال گیردار تیر به ستون با مشخصات ذیل طراحی کنید. اتصال به بال ستون و از روی

سای باشد. طول آزار تیر برابر  $L = 4.15 \text{ m}$  و فاصله محض پلاستیک برابر  $d \text{ cm}$  است.

$$S_h = 0.15 \text{ m}$$

تیر بزرگتره و اتن برتر را تحمل می کند.



ستون  $500 \times 500 \text{ mm}$

طراحی ورق لمبی فوقانی و تحتانی

طراحی ورق جانب

طراحی جوش و کنترل آن

IPB  $d_c \rightarrow b_{fc} = d_c \text{ cm}$

IPF  $t_w$

$$\left\{ \begin{array}{l} b_f = 300 \text{ mm} = 3 \text{ cm} \\ t_f = 15 \text{ mm} = 1.5 \text{ cm} \\ t_w = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$C_{pr} = \frac{f_y + R_u}{2(f_y)} = \frac{240 + 370}{2(240)} = 1.12$$

$$1.12 > 1.12 \rightarrow c_{pr} = 1.12$$

$$R_y = 1.15$$

مقطع ساده شده از ورق

(4)

$$M_{Pr} = C_{Pr} R_y \frac{m_p}{\sum f_y} = 1.1 \times 1.10 \times 10^3 \times 1.10 \times 1.20 \times 1.20 \times 1.20 = 1.1 \times 1.1 \times 1.2 \text{ t.m}$$

$$Z = A_f h + \frac{A_w h}{\epsilon} = 1.1 \times 10 \times 1.10 + \frac{1.2 \times 1.1 \times 1.20}{\epsilon} = 1.21 \times 1.1 \text{ mm}^3$$

$$Z = 1.21 \times 1.1 \times 1.20 = 1.58 \text{ cm}^3$$

$$V_{Pr} = \frac{w_u L_h}{\gamma} + \frac{M_{Pr}}{L_h} = \frac{1.0 \times 10}{1} + \frac{1.1 \times 1.1 \times 1.2}{10} = 2.199 \text{ ton}$$

$$L_h = L - \gamma(S_h) = 10 - \gamma(1.0) = 9.0 \text{ m}$$

$$V_u = V_{Pr} + w_u S_h = 2.199 + 1.0(1.0) = 3.199 \text{ ton} \times 10^3 \text{ kg}$$

$$m_u = M_{Pr} + V_{Pr} S_h + \frac{w_u S_h^2}{\gamma} = 1.1 \times 1.1 \times 1.2 + 2.199 \times 1.0 + \frac{1.0 \times 1.0^2}{1} = 11.21 \text{ ton}$$

$$f_a = \frac{m_u}{d} = \frac{11.21 \times 10^3}{0.17} = 65.94 \text{ ton} \times 10^3 \text{ kg}$$

$$\phi R_n \geq R_r \rightarrow R_n = \beta F_n A_e \rightarrow \phi R_n = 0.9 \times 0.17 \times 1.20 \times b t \geq 65.94$$

$$R_r = F_u = 32.14 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$b_1 = \frac{32.14 \times 10^3}{0.17} = 189.06 \text{ cm} < b_{fc} = 20 \text{ cm}$$

$$b_1 = 189.06 < b_{fc} = 20 \checkmark$$

$$b_1 = 189.06 > b_f = 10 \checkmark$$

$b_1 = 189 \text{ cm}$

$$b_r = \beta b_1 = 0.17 \times 189 = 32.13 < b_f = 10 \text{ X}$$

$$b_1 = 189 \rightarrow b_r = 32.13$$

$$b_1 = 189.06 \approx 189 \rightarrow b_r = 32.13 \approx 32 < b_f = 10 \checkmark$$

$$b_r = \beta b_1$$

$$r_{\lambda} = 0.175 \times b_1 \Rightarrow b_1 = 37.133$$

$$b_r = 2.8 \quad b_f = 3.0 \quad \text{جون}$$

$$4.275 t > 235444.44 \rightarrow t > 3.93$$

$$b_1 = \frac{235444.44}{4.275} = 55067.71 \quad \leftarrow \boxed{t = 3.93} \quad \text{پس با فرض}$$

$$\boxed{b_1 = 37.133} < \begin{cases} b_{fc} = 5.0 \\ b_f = 3.0 \end{cases} \quad \checkmark$$

$$b_r = 37.133 \times 0.175 = 6.498 \approx 2.8$$

$$\boxed{b_r = 2.8} < b_f = 3.0 \quad \checkmark$$

$$\phi R_n \geq R_r \quad \phi = 1 \rightarrow R_n = b_r t \cdot F_y$$

$$\phi R_n = 1 \times 2.8 \times 3.93 \times 25000 = 272850 \text{ kg} > \frac{235444.44}{F_u} \quad \checkmark$$

کنترل عرض  $b_r$  برای مکمل سیزدهم کشش:

$$t = 3.93 \rightarrow E.V.$$

EV. ضخامت ورق بیشتر از 1.0 cm

$$\phi R_n \geq R_r \rightarrow \phi = 0.9 \rightarrow R_n = \phi F_u A_w \rightarrow \phi R_n = 0.9 \times 0.175 \times 25000 \times L_w \times 0.175 \times 4$$

$$\text{وقتی که } \left\{ \begin{array}{l} t_f = 1.0 \text{ cm} \\ \text{وقتی } : 3.93 \text{ cm} \end{array} \right. \rightarrow t = 1.0 \text{ cm} = 10 \text{ mm} \quad \left. \begin{array}{l} a_{min} = 4 \\ a_{max} = 10 - 4 = 6 \end{array} \right\}$$

$$\boxed{a = 1.0 \text{ cm}} \\ a = 1 \text{ cm}$$

اگر فرض شود  
\* و زیاد  
تا  $L_w$  بیشتر

$$23.28 \times L_w \geq 235444.44 \rightarrow L_w \geq 101.14 \text{ cm}$$

$$L_{w1} = \frac{2L_w}{4} = \frac{101.14}{2} = 50.57 \rightarrow \boxed{L_{w1} = 50.57 \text{ cm}}$$

طول کل ورق  
موتور

$$L = 50.57 + 2.15 + \frac{37.133 \times 2.8}{2 \times 25000} = 52.72 \text{ cm}$$

$$\begin{array}{ccc}
 1414 \times & 272 \times & 139 \\
 \text{mm} & \text{mm} & \\
 L_w & b_i & t
 \end{array}$$

صفحات ورق جان،  $t = 4 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ PL } 4$

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{ارتفاع ورق} = h_1 = 2 \text{ cm} = 2 \\
 \text{طول ورق} = b = 10 \text{ cm}
 \end{array} \right\} \text{ با فرض اینکه}$$

$$\Phi V_n \geq V_r$$

کنترل ورق برای تحمل نیرو برش:

$$\Phi_b = 0.9$$

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_u \rightarrow C_u = 1$$

$$A_w = t h_1$$

$$\Phi_b V_n = 0.9 \times 0.6 \times 250 \times (2 \times 20 \times 0.14) \times 1$$

$$110.8 \text{ kg} > V_u = 42990$$

X

تغییر ضخامت:

$$t = 18 \text{ mm} \rightarrow \Phi V_n = 111740 \text{ kg} > 42990 \quad \checkmark$$

$$\boxed{t = 18 \text{ mm}} \text{ پس}$$

$$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+t} = \frac{(10-1)^2}{(2 \times 2) + 2} = 2.125 \text{ cm}$$

جوش ناودان:

$$I_p = \frac{1b^3 + 4bL^2 + t^3}{12} = \frac{b^2}{2b+t} = 2710 \text{ cm}^2$$

$$e = 10 - \bar{x} = 7.875 \text{ cm}$$

$$P'_y = \frac{V_u}{2(2b+h_1)} = \frac{42990}{2(2 \times 9 + 20)} = 1211.2 \text{ kg/cm}$$

$$P''_x = \frac{V_u \cdot e \cdot h_1}{2I_p} = 191120 \text{ kg/cm}$$

$$P''_y = \frac{V_u \cdot e \cdot (b - \bar{x})}{2I_p} = 70110$$

$$R_r = \sqrt{P''_x{}^2 + (P''_y + P'_y)^2} = 111112 \text{ kg/cm}$$

$$\Phi R_n = 0.17 \times 0.17 \times 0.14 \times 2900 \times 0.17 \times 9 \geq 111112$$

$$114910 \text{ kg} \geq 111112 \rightarrow a \geq 1.01$$

(V)



فرض کنید

$$\left. \begin{array}{l} \text{نقطه ۱} \\ \text{نقطه ۲} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 10 \text{ mm} \\ t_w = 10 \text{ mm} \end{array}$$

$$\rightarrow t = 10 \text{ mm} \begin{cases} a_{\text{min}} = 8 \text{ mm} \\ a_{\text{max}} = 14 \text{ mm} \end{cases}$$

USE  $\rightarrow$   $a = 9 \text{ mm}$

ب طرح خود

$$F_r = \frac{R_r}{\sigma L^2} \sqrt{L^2 + r_0^2} \quad \uparrow v_4$$

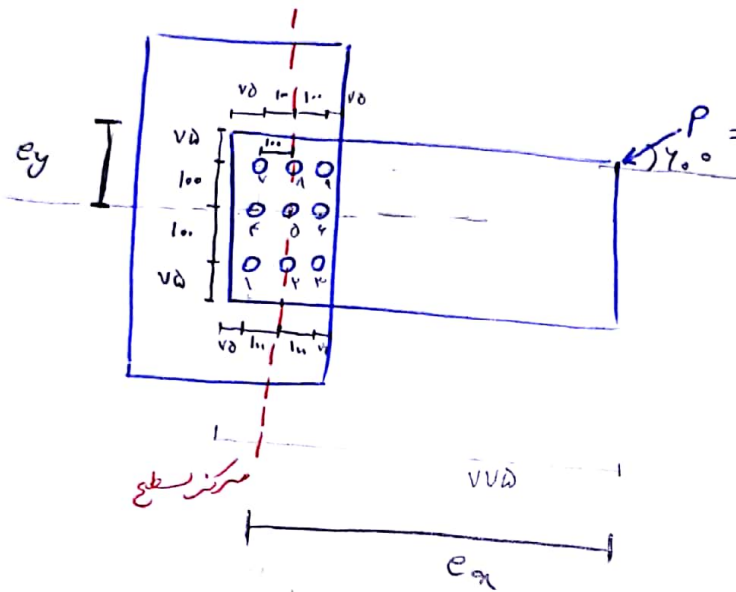
$$F_r = \frac{4290}{\sigma \times (10)^2} \sqrt{10^2 + 10^2} = 320.2, \text{ } \sigma \text{ kg/cm}^2$$

$$\Phi R_n = 0.1 \times 0.1 \times 0.14 \times 29000 \times 0.1 \times 0.1 \quad a \geq 320.2, \text{ } \sigma \text{ kg/cm}^2$$

$$1129 / \sigma \quad a \geq 320.2, \text{ } \sigma \rightarrow a \geq 1129 / \sigma \text{ mm}$$



الف) اتصال بهی شکل زیر طراحی کنید. سیخ که  $A_{325}$  و سوراخ استاندارد هستند. سطوح تمیز و رنگ شده است. نیروی  $P$  برابر با  $200 \text{ kN}$  و تحت زاویه  $40^\circ$  اعمال می شود. فاصله سیخ که از لب در هر دو جهت برابر  $100 \text{ mm}$  و از لب ورق  $75 \text{ mm}$  باشد



طول کل ورق  $200 \text{ mm}$  است

$$A_{325} \rightarrow f_u = 485$$

افترض  $d \leq 24$

سوراخ استاندارد  $\phi = 1$

سطوح تمیز شده و رنگ شده  $m = 0.7$

$$e_y = 100 + 75 = 175$$

$$e_x = 200 - 100 - 75 = 25$$

$$J = \sum A_b (100^2 + d^2) + 2A_b (0^2 + 100^2) + 2A_b (100^2 + 0^2) \rightarrow$$

$$J = 90000 A_b \text{ mm}^4$$

$$T = P \cos \alpha (e_y) + P \sin \alpha (e_x) = 200 \cos 40^\circ (175) + 200 \sin 40^\circ (25)$$

$$T = 121223.08 \text{ kN/mm}$$

$$\text{نیروی برش: } \begin{cases} V_x = \frac{P \cos \alpha}{n_b} = \frac{200 \times 0.766}{9} = 17.02 \text{ kN} \\ V_y = \frac{P \sin \alpha}{n_b} = \frac{200 \times 0.643}{9} = 14.29 \text{ kN} \end{cases}$$

نیروی برش ناشی از سیخ در سیخ کمی ردیف اول و سوم:

فاصله بین ردیف اول تا مرکز سطوح

$$\begin{cases} T_{x1} = \frac{T_y}{J} A_b = \frac{121223.08 \times 100}{90000 A_b} \times A_b = 134.69 \text{ kN} \\ T_{y1} = \frac{T_x}{J} A_b = \frac{121223.08 \times 25}{90000 A_b} \times A_b = 33.67 \text{ kN} \end{cases}$$

فروردین ناسی از بیل درسی کمی روی نمود:

$$\begin{cases} T_{x_r} = \frac{T_{xi}}{\sigma} \times A_b = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{y_r} = \frac{T_{yi}}{J} \times A_b = \frac{121223,0512 \times 10^3}{90000 A_b} \times A_b = 132,191 \text{ kN} \end{cases}$$

روی کمی اول و سوم بجز آن تراست.

$$R_n = \sqrt{(V_x + T_{x_i})^2 + (V_y + T_{y_r})^2}$$

$$R_n = \sqrt{(11,11 + 132,191)^2 + (19,22 + 132,191)^2} = 212,33 \text{ kN} \rightarrow \boxed{R_n = 212,33 \text{ kN}}$$

مقاومت کشش و برش طاق در اتصال اتکالی:

مقاومت برش طاق:  $\phi R_{nv} = \phi f'_{nv} A_{nb} \geq R_u$

$$0,175 \times 0,185 \times \underbrace{0,152 \times 10^3}_{f_{nv} = 0,152 f_u} \times A_{nb} \geq 212,33 \times 10^3$$

$$A_{nb} = 105719 \text{ mm}^2 = \frac{\pi d^2}{4} \rightarrow d = 27,18 \rightarrow \boxed{d = 27 \text{ mm}}$$

مقاومت کشش و برش طاق در اتصالات امپلاکی:

مقاومت برش طاق:  $\phi R_{nv} = \phi m D_u h_f T_b n_s$

$$1 \times 0,13 \times 1,13 \times 1 \times [0,152 A_{nb} \times f_u] \times 1 \geq 212,33 \times 10^3$$

$$129,14 A_{nb} \geq 212,33 \times 10^3 \rightarrow A_{nb} \geq 164218 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow A_{nb} 164218 \text{ mm}^2 = \frac{\pi d^2}{4} \rightarrow d = 27,57 \rightarrow \boxed{d = 27 \text{ mm}}$$

$$f_u = 725 \quad \leftarrow d > 22 \quad \text{پس فرض ما درست است}$$