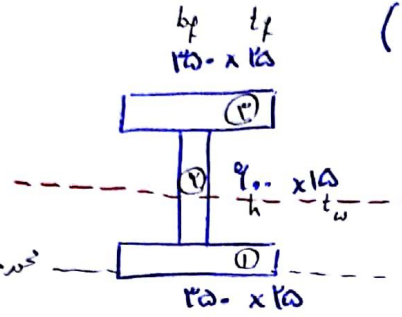
■ تیر ورق زیر خروض است ، مقاومت خمشی اسمی مقطع را در حالت مورد نظر بررسی کنید :

(فقط برای حالت صدی تسلیم بررسی کنید) *



$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{350}{2\times 25} = 7 \leqslant \lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38\sqrt{\frac{2\times10^5}{240}} = 10.97$$

* در نتیجه بال فشرده است .

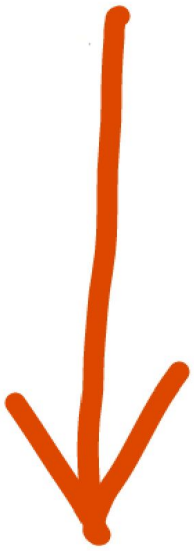
$$\frac{h}{t_w} = \frac{900}{15} = 60 \leqslant \lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76\sqrt{\frac{2\times10^5}{240}} = 108.54$$

* در نتیجه جان فشرده است . ← حال ← برای اعضای با مقطع نشکل فشرده با محور تقارن

$$M_n = M_p = f_y Z_x$$

الف) بررسی حالت صدی تسلیم :

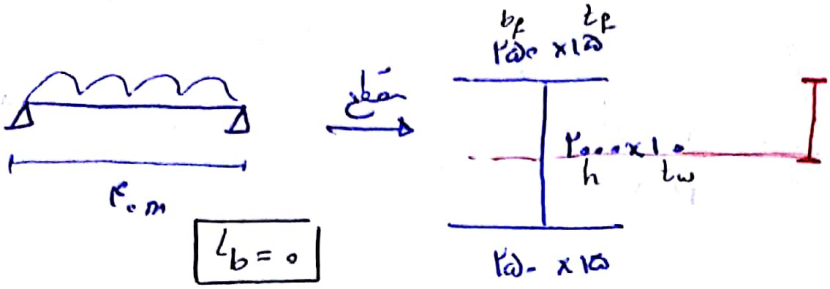
$$Z = A_f h + \frac{A_w h}{4} = 350\times25\times900 + \frac{(900\times15)\times900}{4} = 7700000 \ mm^3$$
(ممان مقاومت بال)



$$\Rightarrow M_n = M_p = 240\times7700000 = 1.848\times10^9 \times 10^{-6} = 1848 \ kN/m$$

Scanned by CamScanner

■ مقاسه‌ی W :



$L_b = 0$

مقطع غیر فشرده { بال فشرده است $\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{250}{2\times 15} = 8.33 < \lambda_p = 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} \simeq 11$ ✓

جان غیرفشرده است $\frac{h}{t_w} = \frac{2000}{10} = 200 \not< \lambda_p = 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108.54$ ×

جان لاغر $\frac{h}{t_w} = 200 > \lambda_r = 5.7\sqrt{\frac{E}{F_y}} \simeq 145$ ✓

* بند F3 ← اعضا با مقطع I شکل با بال فشرده و جان غیرفشرده و جان لاغر

$M_n = R_{pg} F_y S_{xc}$

الف) بررسی حالت تسلیم بال فشاری :

$a_w = \frac{h_c t_w}{b_{fc} \times t_{fc}} = \frac{2000 \times 10}{250 \times 15} = 0.533 < 10$ ✓

$R_{pg} = 1 - \frac{a_w}{1200 + 300(a_w)}\left(\frac{h_c}{t_w} - 5.7\sqrt{\frac{E}{F_y}}\right)$

$R_{pg} = 1 - \frac{0.533}{1200 + 300(0.533)}\left(\frac{2000}{10} - 5.7\sqrt{\frac{2\times 10^5}{240}}\right) = 0.9334$

$I_x = \frac{250 \times 2030^3}{12} - \frac{240 \times 2000^3}{12} = 1.243 \times 10^{10}$

$S_{xc} = \frac{I_x}{C} = \frac{1.243 \times 10^{10}}{1015} = 12.09 \times 10^6$

$M_n = R_{pg} F_y S_{xc} = 0.9334 \times 240 \times 12.09 \times 10^6 \times 10^{-6} = 2705.0328$

ب) بررسی حالت کمانش جانبی :

$L_p = 1.1 r_t \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.1 \times 5.21 \sqrt{\frac{2\times 10^5}{240}} = 52.64$

$r_t = \frac{b_f}{\sqrt{12\left(1 + \frac{a_w}{6}\right)}} = \frac{250}{\sqrt{12\left(1 + \frac{0.533}{6}\right)}} = 5.21$

چون $L_p \leq L_b$ نیازی به کنترل هست .

ج) بررسی کمانش موضعی بال فشاری : چون بال فشرده است نیازی به کنترل هست .

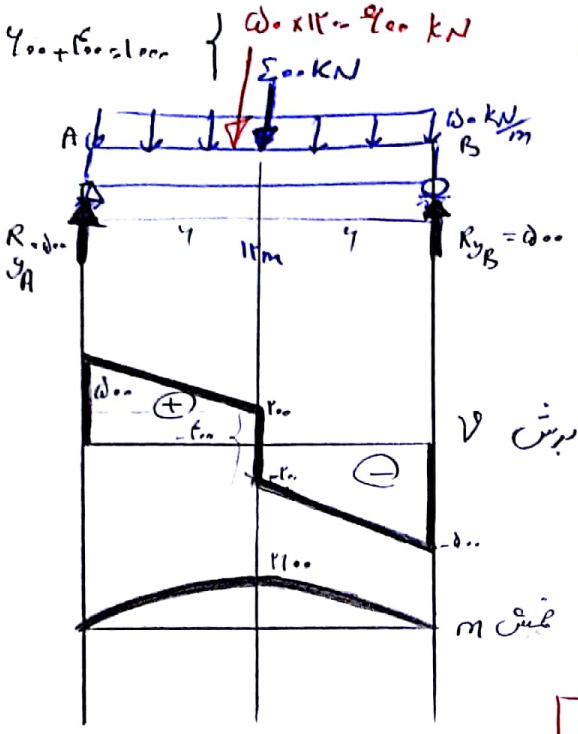
د) بررسی حالت حدی تسلیم بال کششی : چون $S_{xt} = S_{xc}$ پس نیازی به کنترل هست .

کوچکترین M_n ← $\min M_n = 2705.0328\ kN.m$ → $M_u = \Phi M_n = 0.9 \times 2705.0328 = 2434.53\ kN.m$

$\rightarrow \frac{wL^2}{8} = M_u \rightarrow \frac{w \times (40)^2}{8} = 2434.53 \rightarrow \boxed{w = 121.73\ kN/m}$

Scanned by CamScanner

طراحی تیر ورق جهت خمش، برش و سخت کننده :



$\sum M_A = 0 \rightarrow -۴۰۰ \times ۴ + R_{y_B} \times ۱۲ - (۵۰ \times ۴) = 0$

$R_{y_B} = ۵۰۰$

$\sum f_y = 0 \rightarrow R_{y_A} + ۵۰۰ - ۱۰۰۰ = 0 \rightarrow R_{y_A} = ۵۰۰$

* مساحت زیر نمودار برش = خمش ماکزیمم : برش در هر نقطه

$۵۰۰ - (۴ \times ۵۰) = ۳۰۰$

$-۳۰۰ - (۴ \times ۵۰) = -۵۰۰$

* مساحت زیر نمودار برش + خمش ماکزیمم = خمش در هر نقطه

$0 + \left(\left(\frac{۳۰۰ \times ۴}{۲}\right) + (۴ \times ۳۰۰)\right) = ۲۱۰۰$

$۲۱۰۰ - \left(\left(\frac{۳۰۰ \times ۴}{۲}\right) + (۲ \times ۳۰۰)\right) = 0$

* داده شده : $L_b = ۴m$ ، $a = ۴m$

$\Longrightarrow$ * $M_{max} = ۲۱۰۰$ ، * $V_{max} = ۵۰۰$

$\frac{L}{۱۲} \leq d \leq \frac{L}{۱۰} \rightarrow \frac{۱۲۰۰۰}{۱۲} \leq d \leq \frac{۱۲۰۰۰}{۱۰} \rightarrow ۱۰۰۰ \leq d \leq ۱۲۰۰ mm \rightarrow d = ۱۰۰۰ mm$

$A_f = \frac{M_u}{d h F_y \varphi_b} = \frac{۲۱۰۰ \times ۱۰^۶}{۱۰۰۰ \times ۲۴۰ \times ۰/۹} = ۹۷۲۲ mm^۲$

$\frac{h}{۵} \leq b_f \leq \frac{h}{۳} \rightarrow \frac{۱۰۰۰}{۵} \leq b_f \leq \frac{۱۰۰۰}{۳} \rightarrow ۲۰۰ \leq b_f \leq ۳۳۳/۳۳ \rightarrow b_f = ۳۰۰ mm$

$\lambda = \frac{b_f}{۲ t_f} = \frac{۳۰۰}{۲ \times t_f} < ۱۱ \rightarrow \frac{۳۰۰}{۲ \times ۲۵} = ۶/۲۸ < ۱۱ \checkmark \rightarrow$ بال فشرده (بازوی فشردگی)

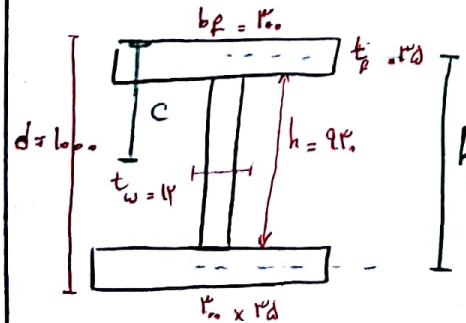
$t_f = \frac{A_f}{b_f} = \frac{۹۷۲۲}{۳۰۰} = ۳۲/۴۱ \xrightarrow{USE} t_f = ۳۵$

$h = d - ۲t_f = ۱۰۰۰ - ۲(۳۵) = ۹۳۰ mm$

$\frac{h}{t_w} \leq ۳/۷۶ \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \frac{۹۳۰}{t_w} \leq ۳/۷۶ \sqrt{\frac{۲ \times ۱۰^۵}{۲۴۰}} \Rightarrow ۹۳۰ \leq ۱۰۸/۵ t_w \rightarrow t_w = ۸/۵۷$

$\rightarrow t_w = ۱۲$

$\frac{۹۳۰}{۱۲} = ۷۷/۵ \leq ۱۰۸/۵ \checkmark$ جان فشرده



Scanned by CamScanner

چون هم بال فشرده است هم جان پس حالت اول یعنی سه اعضا با مقطع I شکل با بال و جان فشرده

الف) بررسی حالت حدی تسلیم:

$$M_n = M_p = f_y Z_x$$

$$Z = A_f h + \frac{A_w h}{2} = 30 \times 25 \times 930 + \frac{930 \times 12 \times 930}{2} = 12,134 \times 10^3 \ mm^3$$

(قسمت بال)

$$M_p = Z f_y = 12,134 \times 10^3 \times 240 \times 10^{-6} = 2911,216 \simeq 2911 \ kN.m$$

$$M_p = 2911 \gg M_{max} = 2100 \quad \checkmark \ ok$$

* اگر عبارت کوچکتر از M_{max} می شد باید ابعاد سیر ورق را بزرگ می کردیم.

ب) بررسی حالت حدی کمانش پیچشی - جانبی:

$L_b = 3000 \ mm$ صورت سوال داده است.

$$L_p = 1,1 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,1 \times 70,01 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 2229,18 \ mm$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{157,42 \times 10^4}{2(25 \times 300) + (930 \times 12)}} = 70,01 \ mm$$

$$I_y = \frac{b^3 h}{12} = \frac{25 \times 300^3}{12} + \frac{930 \times 12^3}{12} + \frac{300^3 \times 25}{12} = 157,42 \times 10^6 \ mm^4$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 f_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 f_y}{E}\right)^2}} \qquad L_p < L_b \leftarrow$$

$$L_r = 1,95 \times 811,72 \times \frac{2 \times 10^5}{0,7 \times 240} \sqrt{\frac{9130,850}{11,29 \times 10^4 \times 945}} + \sqrt{\left(\frac{9130,850}{11,29 \times 10^4 \times 945}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \times 240}{2 \times 10^5}\right)^2} = 5247,115$$

$811,72$

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y h_o}{2 S_x} = \frac{157,42 \times 10^4 \times 945}{2 \times 11,29 \times 10^4} \Rightarrow r_{ts} = 811,72$$

$$I_x = \frac{300 \times 1000^3}{12} - \frac{288 \times 930^3}{12} = 5,1290 \times 10^9$$

$$S_x = \frac{I}{c} = \frac{5,1490 \times 10^9}{500} = 11,29 \times 10^4$$

$$d' = d - t = 1000 - 25 = 945$$

$$J_c = \frac{2 b_f t_f^3 + d' t_w^3}{3} = \frac{2 \times 300 \times 25^3 + (945) \times 12^3}{3} = 9130,850 \quad \checkmark$$

b_{00}

$$J_c = \frac{1}{3}\left[300 \times 25^3 + 930 \times 12^3 + 300 \times 25^3\right] = 9110,480$$

چون $L_p < L_b$ نیازی به در نظر گرفتن اثر کمانش پیچشی - جانبی نیاز نیست.

Scanned by CamScanner

برش:

$* V_n = 0.6 F_y A_w \cdot C_v$ بدون توجه به عمل میدان کششی

$\frac{h}{t_w} < 1.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \frac{920}{12} < 1.24 \sqrt{\frac{2\times10^5}{240}} \Rightarrow 77.5 < 71.01$ ✗ (اگر جواب دار ok است)

پس به سخت کننده نیاز است.

$\frac{a}{h} = \frac{2000}{920} = 2.15$ ، $\left(\frac{260}{\frac{h}{t_w}}\right)^2 = \left(\frac{260}{\frac{920}{12}}\right)^2 = 11.25$

$\Rightarrow \frac{a}{h} \leq \{3,\ 11.25\} \rightarrow k_v = 5 + \frac{5}{(\frac{a}{h})^2} = 5 + \frac{5}{(\frac{2000}{920})^2} = 9.108$

$\frac{h}{t_w} = \frac{920}{12} = 77.5 < 1.1\sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} = 1.1\sqrt{\frac{9.108\times2\times10^5}{240}} = 78.30$ ✓ ok $\rightarrow C_v = 1$

$* V_n = 0.6 \times 240 \times (920 \times 12) \times 1 \times 10^{-3} = 1590.4\ kN \gg 500$ ✓ V_{max}

سخت کننده نیاز به سخت کننده عرضی نیست

طراحی اجبار سخت کننده:

$I_{st} = b t_w^4 J$

$a/h \geq 2 \Rightarrow J = \frac{2.5}{(\frac{a}{h})^2} - 2 = \frac{2.5}{(\frac{2m}{920})^2} - 2 = 1.37 \rightarrow J = 0.5$

$b = \min(a, h) = \min(2000, 920) = 920\ mm \rightarrow b = 920\ mm$

$I_{st} = b t_w^4 J = 920 \times 12^4 \times 0.5 = 80.2520\ mm^4$

$I_{st} = \frac{t b^4}{4} \rightarrow 80.2520 = \frac{t b^4}{4} \rightarrow t b^3 = 321.080$

t فرض $= 10\ mm$ $\rightarrow 10 \times b^3 = 321.080$

$b^3 = 32108$

$b = 31.74$

USE $\rightarrow b = 80\ mm \rightarrow 80 \times 10\ mm$

* مقدار t فرض شده در طراحی اجبار سخت کننده باید کوچکتر از t_w فرض شود.

با عمل میدان کششی:

$\frac{a}{h} = \frac{2000}{920} = 2.15 \not< 3$

$\frac{a}{h} = 2.15 \not< \left(\frac{260}{\frac{h}{t_w}}\right)^2 = 11.25$

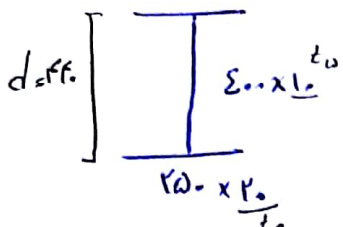
پس میتوان از عمل میدان کششی استفاده کرد

سمت جان: $\frac{2A_w}{A_f} = \frac{2\times920\times12}{300\times25} = 2.12 \not> 2.5$

$\frac{h}{b_f} = \frac{920}{300} = 3.1 \not< 6$

Scanned by CamScanner

■ طراحی اتصال تیر شکل زیر به ستون $B_0 \times 4_{00} \times 4_{00} \times 2_0$ با نبشی نشیمن، اگر بار ضریبی $3_{00}\ kN$ باشد.



گام اول: انتخاب نبشی $L = 120 \times 120 \times 12$ (+10 ضخامت ترمیق)

سهم موضعی جان: $\Phi R_n = 0.85 \times 240 \times t_w^{1.5} \left(l_b + 2.5 \times \frac{30}{k}\right) \geq 300 \times 10^3$

$180 (l_b + 75) \geq 300 \times 10^3 \rightarrow l_b \geq 91.67 \simeq 92\ mm$

$\boxed{l_b \geq 92\ mm}$

کمانش: فرض $\frac{l_b}{d} < 0.2 \rightarrow \Phi R_n = 0.85 \times 0.4 \times 10^2 \times t_w^2 \left[1 + 3\frac{l_b}{440}\left(\frac{10}{30}\right)^2\right] \sqrt{\frac{E f_y t_f}{10 t_w}}$

$30 \left[1 + 3\frac{l_b}{440} \times 0.125\right] 97.97 \geq 300 \times 10^3$

$2929.81 + 499.49 l_b \geq 300 \times 10^3 \rightarrow \boxed{l_b \geq 12.13\ mm}$

$\frac{l_b}{d} = \frac{12.13}{440} = 0.028 < 0.2$ ✓ ok $\rightarrow \boxed{l_b = 92\ mm}$ ← l_b max

بین 10 تا 20

طول ساق نبشی $\geq l_b +$ ضخامت جوش $= 92 + 10 = 102\ mm < 300$ ✓

$e_f = \frac{l_b}{2} +$ ضخامت جوش $= \frac{92}{2} + 10 = 99\ mm$

$e = e_f - (t + r) = 44 - \left(12 + 13\right) = 41$

ضخامت نبشی در گام اول

لنگر خمشی در مقطع مجاور: $M_r = R_r \cdot e = 300 \times 41 = 12300\ kN$

برش در مقطع مجاور: $V_r = R_r = 300\ kN$

تعیین عرض نبشی:

الف) معیار خمش: $b \geq \frac{4.44}{f_y t^2} M_r = \frac{4.44 \times 12300}{240 \times 12^2} \times 10^3 = 1580.21\ mm$

ب) معیار برش: $b \geq \frac{1.18 R_r}{f_y t} = \frac{1.18 \times 300 \times 10^3}{240 \times 12} = 192.71\ mm$

$b \geq$ عرض بال تیر $+ 20\ mm = 250 + 20 = 270\ mm$

$b \leq$ قطر پیچ $= 20$

$\rightarrow 270 > 192.71$

Scanned by CamScanner

گام آخر: طراحی جوش:

$$f_r = \frac{R_r}{r l^2}\sqrt{l^2 + 2{,}25\,e^2} = \frac{300 \times 10^3}{2 \times 120^2}\sqrt{120^2 + 2{,}25\,(21)^2} = 2292{,}72 \ N/mm$$

فرض $l = 120$ ← $l = 120$

$$\phi R_n = 0{,}75 \times 0{,}75 \times 0{,}6 \times 420 \times 0{,}707\,a \geq 2292{,}72$$

$$100{,}215\,a \geq 2292{,}72$$

$$a \geqslant 22{,}88 \ mm \longrightarrow a \geqslant 23$$

ورق تقویت: $\begin{cases} 20 & \text{ضخامت بال ستون} \\ t_p \text{ ورق} & 10 \end{cases}$ $\xrightarrow{min}$ $t = 10\ mm$ ← $a_{min} = a_{max}$

$a_{max} = \begin{cases} 10 - 2 = 8 \\ 0{,}75 \times 10 = 7{,}5 \end{cases}$ $\xrightarrow{min}$ $a_{max} = 7{,}5$

فرض دوم: $l = 280$ ← $t_r = 64{,}05$

$$\phi R_n = 100{,}215\,a \geqslant 64{,}05 \longrightarrow a \geqslant 64{,}05 = a > 7{,}5\ mm$$

$\rightsquigarrow$ $\times$ $\begin{cases} a = 7\ mm \\ l = 280 \end{cases}$

طراحی اتصال تیر شکل زیر به ستون با ورق نشیمن و ورق بالا گیرنده

Box $500 \times 500 \times 20$

$L\ 120 \times 120 \times 12$

$F = 420\ kN$ بار ضریبدار

$\phi = 0{,}75$

$R_n = f_{yw} t_w (l_b + 2{,}5k)$ (+10 ضخامت تیر عدی)

الف) معیار تسلیم موضعی جان:

$$\phi R_n = 0{,}75 \times 240 \times 10\,(l_b + 2{,}5 \times 20) \geq 420 \times 10^3$$

$$1800\,(l_b + 75) \geq 420 \times 10^3 \longrightarrow l_b \geq 158{,}33 \simeq \boxed{l_b \geqslant 158\ mm}$$

ب) معیار کمانش: فرض $\frac{l_b}{d} < 0{,}2 \rightarrow R_n = 0{,}8\,t_w^2 \left[1 + 2\frac{l_b}{d}\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^2\right]\sqrt{\frac{E F_y t_f}{t_w}}$

$$\phi R_n = 0{,}75 \times 0{,}8 \times 10^2 \left[1 + 2\frac{l_b}{40}\left(\frac{10}{20}\right)^2\right]\sqrt{\frac{2 \times 10^5 \times 240 \times 20}{10}} \geq 420 \times 10^3$$

$$20\left[1 + \frac{2l_b}{40} \times 0{,}25\right] 97\,97{,}98 \geqslant 420 \times 10^3$$

$$2424{,}81 + 49{,}49\,l_b \geqslant 420 \times 10^3 \longrightarrow \boxed{l_b \geqslant 8252{,}28\ mm \simeq 825}$$

Scanned by CamScanner

l_b max $\longrightarrow$ $l_b = 252$ mm

$w = l_b +$ فاصله اجرایی $= 252 + 10 = 262$

بین ۱۰ تا ۲۰

ضخامت ورق : $t_s = \max \begin{cases} t_s \geq t_w = 10\,mm \\ t_s \geq \dfrac{w}{0.54\sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \dfrac{262}{0.54\sqrt{\frac{2\times10^5}{240}}} = 14.21\,mm \\ t_s \geq \dfrac{P_u(4e-3w)}{\phi(1.8 f_y)w^2} = \dfrac{420\times10^3(4\times134 - 3\times262)}{0.75(1.8\times240)\times262^2} = 0.57\,mm \end{cases}$

$e = w - \dfrac{l_b}{2} = 262 - \dfrac{252}{2} = 136$

t max $\longrightarrow$ $t_s = 14.21\,mm \simeq t_s = 14\,mm$

برای اتصال سخت کننده ـ جان :

$f_r = \dfrac{R_r}{2.4\,l^2}\sqrt{l^2 + 12\,e^2}$

فرض اول : $L = 200\,mm \rightarrow f_r = \dfrac{420\times10^3}{2.4\times200^2}\sqrt{200^2 + 12\times136^2} = 2529.18\ N/mm$

$\phi R_n = 100.2\,a > 2529.18 \rightarrow a = 25.31$

فرض دوم : $l = 420\,mm \rightarrow f_r = 2181.18\ N/mm$

$\phi R_n = 100.2\,a > 2181.18 \rightarrow a = 21.80$ ✓ $\rightarrow \begin{cases} a = 22\,mm \\ l = 420\,mm \end{cases}$

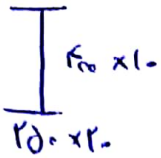
ورق نازک $\begin{cases} \text{ضخامت بال ستون} = 20\,mm \\ \text{ورق } t_w = 10 \end{cases} \rightarrow \min$ $t = 10\,mm \rightarrow a_{min} = 5\,mm$

$a_{max} = \begin{cases} 10 - 2 = 8 \\ 0.75\times10 = 7.5 \end{cases} \rightarrow \min = 7.5$

$a_{max} = 7.5$

Scanned by CamScanner

■ طراحی اتصال تیر شکل زیر به ستون Box $F_{00} \times 400 \times 20$ با ورق نشیمن و نبشی بالا



بارهای زیر: $300\ kN$ ، طول لنگای بار متمرکز $l_b = 20\ cm$

ضخامت ورق نشیمن : $t = 20\ mm$

عرض ورق نشیمن : $w = l_b + \text{فاصله آزاد} = 200^{mm} + 10 = 300\ mm$

(۴) $0.5 < \frac{b}{a} = \frac{250}{300} = 0.83 < 1$

(۱) $e = 0.19b = 0.12 \times 250 = 150$

(۲) $b - \frac{l_b}{2} = e = 0.19b \rightarrow b = 1.25 l_b = 1.25 \times 200 = 250 \rightarrow b = 250\ mm$

(۳) $0.5 \le \frac{b}{a} \le 2 \rightarrow \frac{0.5}{b} \le \frac{1}{a} \le \frac{2}{b} \rightarrow \frac{0.5}{150} \le \frac{1}{a} \le \frac{2}{250} \rightarrow \frac{1}{500} \le \frac{1}{a} \le \frac{1}{125}$

$0.002 \le \frac{1}{a} \le 0.008 \rightarrow a_1 \simeq 300\ mm$

(۶) $R_u = \frac{P_u}{1.2 l^2} \sqrt{14e^2 + l^2} = \frac{300 \times 10^3}{1.2 \times (200)^2} \sqrt{14(150)^2 + 200^2}$

$R_u = 1974.12\ N/mm^2$

(۷) $\phi R_n > R_u$

$\phi R_n = 0.85 \times \frac{\phi}{240} \times \frac{P_y}{0.25} \times \frac{Z}{1800} \times 250 \times t_s^2 > 1974.12 \times 10^3$ ✓

---

(۵)

$0.2 < \frac{b}{a} = 0.83 < 1 \rightarrow \frac{b}{t_s} \le 1.47 \sqrt{\frac{E}{P_y}} \rightarrow \frac{250}{t_s} \le 1.47 \sqrt{\frac{210}{240}} \rightarrow t_s \le 5.19$

$t_s \simeq 4\ mm$

$Z = 1.39 - 2.2\left(\frac{b}{a}\right) + 1.27\left(\frac{b}{a}\right)^2 - 0.25\left(\frac{b}{a}\right)^3$

$1.39 - 2.2\left(\frac{250}{300}\right) + 1.27\left(\frac{250}{300}\right)^2 - 0.25\left(\frac{250}{300}\right)^3 = 0.30$

Scanned by CamScanner

اتصال گیردار تیر IPB ۴۰۰ به ستون IPE ۴۰۰

$$\begin{cases} V_u = 20\ ton \\ M_u = 30\ t.m \end{cases}$$

IPB ۴۰۰ $\rightarrow b_{fc} = 40\ cm$

IPE ۴۰۰ (جدول اشتال) $\begin{cases} Z = 1238\ cm^3 \\ b_f = 18\ cm \\ t_f = 1.35\ cm \\ t_w = 0.86\ cm \end{cases}$

$$C_{pr} = \frac{f_y + f_u}{2(f_y)} = \frac{2400 + 3700}{2 \times 2400} = 1.27 > 1.2$$

R_y نورد شده $= 1.2$

$$* \quad f_u = \frac{M_u}{d} = \frac{30}{0.4} < 75\ ton$$

IPE ۴۰۰ آرمهای

طراحی ورق فوقانی:

$$\Phi R_n \geq R_r \rightarrow 0.9 \times 0.75 \times 2400 \times b_1 t > 75000 \xrightarrow[t = 2.5\ cm]{\text{فرض اول}} 450\, b_1 \geq 75000$$

$$b_1 \geq 18.52$$

$\begin{cases} \Phi = 0.9 \rightarrow R_r = f_u = 75000\ kg \\ R_n = \beta F_n A_e \end{cases}$

فرض اول $t = 2.5\ cm$

$b_1 = 18\ cm < b_{fc} = 40\ cm$ ✓

$b_2 = \beta b_1 = 0.75 \times 18 = 13.5 < b_f = 18$ ✓

چون $b_f = 18\ cm$ است باید b_2 ۴ سانت کمتر یعنی $b_2 = 14\ cm$ باشد.

فرض دوم $t = 2.2$

$2394\, b_1 \geq 75000 \rightarrow b_1 \geq 31.4 < b_{fc} = 40\ cm$ ✓ $\rightarrow b_1 = 31.4\ cm$

$b_2 = \beta b_1 = 0.75 \times 31.4 = 23.55 < b_f = 24$ ✓ $\rightarrow b_2 = 23.55$

کنترل عرض b_2 برای تحمل نیروی کششی:

$$\Phi R_n \geq R_r$$

$$\Phi = 1 \rightarrow R_n = b_2 t \cdot f_y$$

$$\Phi R_n = 1 \times 23.55 \times 2.2 \times 2400 = 124344\ kg > 75000\ kg$$ ✓ ok

طراحی جوش:

* چون ضخامت ورق بیش از ۱.۵ است لذا از الکترود E70 استفاده می‌کنیم:

$t = 2.2\ cm > 1.5\ cm \rightarrow E70$

$$\Phi R_n \geq R_r$$

$\begin{cases} R_n = \beta f_{nw} A_{we} \\ \Phi = 0.9 \end{cases} \rightarrow \Phi R_n = 0.9 \times 0.707 a \times 4900 \times L_w \geq 75000$ (A_{we}، برای E70)

$1587.6\, L_w \geq 75000 \rightarrow L_w \geq 47.2\ cm$

فرض اول ΦR_n قرار بر حسب L_w بدست آید.

ضخامت جوش: تیر $t_f = 1.35$، ورق 2.2 $\rightarrow t = 1.35\ cm = 13.5\ mm$

$a_{min} = 4$

$a_{max} = 13.5 - 2 = 11.5$

$a = 8\ mm = 0.8\ cm$

$\frac{L_w}{2} = L_{w1} \rightarrow \frac{50}{2} \cdot 0.8 \cdot 0.5 \rightarrow t_{w1} = (11)$

$L_w = 50\ cm$

Scanned by CamScanner

طول کل ورق فوقانی : $L = 20 + 2{,}5 + \frac{2110\varepsilon - 1518^{b_2}}{2\tan 30} = 2706$ cm

L_{w_1}

* عرض و ضخامت ورق کناری را مشابه ورق فوقانی در نظر می‌گیریم ـ طول ورق کناری را برابر L_{w_1} در نظر گرفته و داشته‌ایم.

$$\frac{Pl}{L_{w_1}} \; \frac{200\ mm}{} \times \frac{2110\ mm}{b_1} \times \frac{22}{t}$$

ورق اتصال جان:

این ورق به صورت جفتی در دو طرف جان قرار می‌گیرد.

فرض اینکه : ضخامت ورق جان : $6\ mm \rightarrow 0{,}6\ cm$

فرض اینکه : ارتفاع ورق : $h_1 = 20\ cm = L$

فرض اینکه : طول ورق : $b = 10\ cm$

کنترل ورق برای کمانش برشی :

$$\Phi V_n \geq V_r$$

$$\begin{cases} \Phi_v = 0{,}9 \\ V_n = 0{,}6\, f_y A_w C_v \end{cases} \longrightarrow \Phi_v V_n = 0{,}9 \times 0{,}6 \times 2400 \times (2 \times 20 \times 0{,}6) \times 1$$

$C_v = 1$

$A_w = 2 h_1 t$

C_m

$2110\varepsilon\ kg > 20 \times 6^3\ kg$ ✓

V_u صورت سوال

* اگر بر قرار بود ضخامت را تغییر می‌دادیم.

* طول ورق ـ 1 سانت فاصله اجرایی

$$\bar{a} = \frac{b^2}{2b+L} = \frac{(10-1)^2}{(2\times 9)+20} = 2{,}13\ cm$$

صورت ناودانی شکل :

$$I_p = \frac{8b^3 + 24bL^2 + L^3}{12} - \frac{b^4}{2b+L} = \frac{8\times 9^3 + 4\times 9\times 20^2 + 20^3}{12} - \frac{9^4}{2\times 9 + 20} = 2780\ cm^4$$

$$e = \frac{10}{C} - \frac{2{,}13}{\bar{a}} = 0{,}187\ cm$$

محاسبه تنش‌ها :

$$f'_y = \frac{V_u}{2(2b + h_1)} = \frac{20 \times 6^3}{2(2\times 9 + 20)} = 263{,}16\ \frac{kg}{cm}$$

$$f''_a = \frac{V_u \cdot e \cdot h_1}{4 I_p} = \frac{20 \times 10^3 \times 0{,}187 \times 20}{4 \times 2780} = 28{,}310\ kg/cm$$

$$f_r = \sqrt{f''^2_a + (f'_y + f''_y)^2} = \sqrt{28{,}310^2 + (263{,}16 + 194{,}48)^2} = 538{,}12\ \frac{kg}{cm}$$

$$f''_y = \frac{V_u \cdot e \cdot (b - \bar{a})}{2 I_p} = \frac{20\times 10^3 \times 0{,}187\,(9 - 2{,}13)}{2 \times 2780\,(12)} = 194{,}48\ kg/cm$$

Scanned by CamScanner

$$\phi R_n = 0.75 \times 0.75 \times 0.9 \times 4900 \times 0.75 \times a \geq 3248.12$$

$$1179.20\, a \geq 3248.12 \rightarrow a \geq 0.47$$

ورق نازک : { ورق جان $4\,mm$; جان تیر $t_w = 0.149 \times 10 = 1.4\,mm$ } $\xrightarrow{min} t = 4\,mm \rightarrow a_{max} = 5\,mm$

$a_{max} = 4\,mm$

USE $\rightarrow$ $a = 7\,mm$

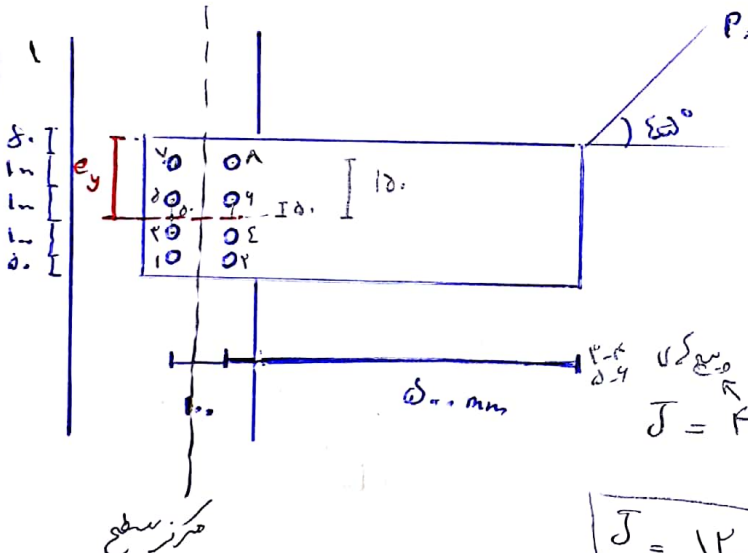
$$f_r = \frac{R_r}{12} \sqrt{12^2 + 20.125 e^2}$$ (v_u)

طراحی جوش B

$$f_r = \frac{20 \times 10^3}{2 \times (20)^2} \sqrt{20^2 + 20.125 \times 7.17^2} = 1014.80 \ \frac{kg}{cm}$$

$$\phi R_n = 0.75 \times 0.75 \times 0.7 \times 4900 \times 0.707 a \geq 1014.80\ kg/cm$$

$$1149.20\, a \geq 1012.80 \rightarrow \boxed{a \geq 0.87}$$



مساحت و مرکز سطح را بیابید :

(A 49)

$e_x = 500 + \frac{100}{2} = 550\ mm$

$e_y = 50 + 100 + 50 = 200\ mm$

$f_u = 100$

$J = 4A_b(50^2 + 50^2) + 4A_b(50^2 + 150^2)$

$J = 120000\, A_b\ mm^4$

$T = P \cos\alpha (e_y) + P \sin\alpha (e_x)$

$T = 250 \cos 40 (200) + 250 \sin 40 (550) = 132582.25\ kN/mm$

نیروی برشی { $V_x = \frac{P \cos\alpha}{n_b} = \frac{250 \times \cos 40}{8} = 23.10\ kN$ (تعداد پیچ) ; $V_y = \frac{P \sin\alpha}{n_b} = \frac{250 \times \sin 40}{8} = 22.10\ kN$ }

Scanned by CamScanner

نیروی برشی ناشی از پیچش در پیچ‌های ردیف اول و چهارم :

$$T_{xi} = \frac{T_{yi}}{J} \times A_b = \frac{۱۳۶۸۲٫۵۲}{۱۲۰۰۰۰\ A_b} \times ۱۵۰ \times A_b = ۱۷۵٫۷۳ kN$$

فاصله‌ی ردیف اول تا مرکز سطح

$$T_{yi} = \frac{T_{xi}}{J} \times A_b = \frac{۱۳۲۵۸۲٫۵۲ \times ۵۰ \times A_b}{۱۲۰۰۰۰\ A_b} = ۵۵\ kN$$

نیروی برشی ناشی از پیچش در پیچ‌های ردیف دوم و سوم :

$$T_{x۲} = \frac{T_{yi}}{J} \times A_b = \frac{۱۳۲۵۸۲٫۵۲ \times ۵۰}{۱۲۰۰۰۰\ A_b} \times A_b = ۵۵ kN$$

$$T_{y۲} = \frac{T_{xi}}{J} \times A_b = \frac{۱۳۲۵۸۲٫۵۲}{۱۲۰۰۰۰\ A_b} \times ۵۰ \times A_b = ۵۵ kN$$

* ردیف اول و چهارم بحرانی‌تر است چون هر چه عدد بیشتر بحرانی‌تر .

$$R_n = \sqrt{(V_x + T_{x1})^2 + (V_y + T_{y۲})^2} = \sqrt{(۲۲٫۱۰ + ۱۷۵٫۷۳)^2 + (۲۲٫۱۰ + ۵۵)^2}$$

$$R_n = ۲۰۳۰۴\ kN$$

مقاومت کششی و برشی طراحی در اتصال اتکایی :

مقاومت برشی طراحی : $\Phi R_{nv} = \Phi f_{nv} A_{nb} \geq R_u$

$$۰٫۷۵ \times ۰٫۴۵ \times ۱۰۰۰ \times A_{nb} \geq ۲۰۳۱۰۴ \times ۱۰^{-۳} \rightarrow A_{nb} = ۶۰۱٫۲\ mm^2$$

f_{nv}

$f_{nv} = ۰٫۴۵ f_u$ مقاومت برشی

$$A_{nb} = ۶۰۱٫۲\ mm^2 = \frac{\pi d^2}{۴} \rightarrow d = ۲۷٫۷۸$$

Use $\rightarrow$ $d = ۳۰\ mm$

مقاومت کششی و برشی طراحی در اتصالات اصطکاکی :

مقاومت برشی طراحی : $\Phi R_{nv} = \Phi m D_u h_f T_b n_s$

$$۱ \times ۰٫۳ \times ۱٫۱۳ \times ۱ \times \left[\frac{T_b}{۰٫۱۵۵ \times A_{nb} \times f_u}\right] \times ۱ \geq ۲۰۳۱۰۴ \times ۱۰^{-۳}$$

فرض بر اینکه سوراخ استاندارد یا بیضی در امتداد نیرو باشد

فرض بر اینکه سطوح تمیز و زنگ نشده باشد

با فرض عدم نیاز به ورق پرکننده

چون دو صفحه‌ی اول هم‌گی فرد $۲-۱=۱$

Scanned by CamScanner

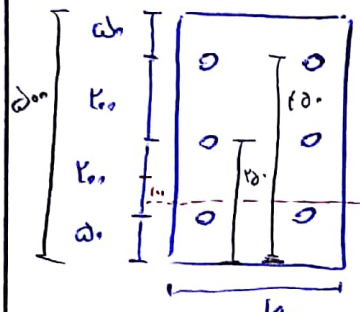
$1 \times 0{,}3 \times 1{,}14 \times 1 \times 0{,}55 \times A_{hb} \times 1000 \times 1 \geq 20{,}3\Sigma \times 10^{3}$

$184{,}\Sigma\Omega\, A_{hb} > 20{,}3\Sigma \times 10^{3} \longrightarrow A_{hb} \geq 10818{,}98 \ mm^2$

$A_{hb} = 10818{,}98 \ mm^2 = \frac{\pi d^2}{4} \longrightarrow d = 37{,}24 \ mm$

$\xrightarrow{USE}$ $d = 37 \ mm$

تعیین قطر وسیع مناسب:



$V_u = 100 \ kN$

$M_u = 25 \ kN$

$\bar{y} = 43$ ISO 5.6 سطح مقطع $\longrightarrow f_y = 300$, $f_u = 500$

$\bar{y} \sim \frac{1}{V} \sim \frac{1}{5}(500) \longrightarrow \bar{y} = 90 \ mm$

$\frac{1}{7}(500) = 71$, $\frac{1}{5}(500) = 100$

$\frac{1}{2} \times b\bar{y}^2 = \Sigma Ab_i y_i$

$\frac{1}{2} \times 150 \times \bar{y}^2 = A_b \times 2 \left[(250 - \bar{y}) + (450 - \bar{y}) \right]$

(250 = 200 + 50 , 450 = 200 + 200 + 50)

چون 2 تا ستون داریم

فرض: $m20 \xrightarrow{\frac{\pi d^2}{4}} Ab_i = \frac{3114 \times 20^2}{4} = 314 \ mm^2$

$90\bar{y}^2 = 2 \times 314 \left[(250 + 400) - 2\bar{y} \right]$

2 تا ردیف داریم

$90\bar{y}^2 = 4248 \left(700 - 2\bar{y} \right) \longrightarrow 90\bar{y}^2 = 439600 - 1256\bar{y}$

$90\bar{y}^2 + 1256\bar{y} - 439600 = 0 \longrightarrow \bar{y} = 43{,}26 \simeq \bar{y} = 43$

حل معادله درجه 2 با ماشین حساب

ردیف کمی پایین تر تنش فشار

ردیف کمی بالا تر کشش

ممان اینرسی نسبت به گوشه:

$I_a = \frac{b\bar{y}^3}{3} + \Sigma Ab_i y_i^2$

$I_a = \frac{150 \times 43^3}{3} + 2 \times 314 \left[(250 - 43)^2 + (450 - 43)^2 \right] = 114{,}25 \times 10^6 \ mm^4$

Scanned by CamScanner

$$f_t = \frac{m_u y_{max}}{I_{cr}} = \frac{35 \times 10^6 \times (450 - 42)}{114{,}25 \times 10^6} = 114{,}52 \ MPa$$

$$f_v = \frac{V_u}{2Ab_i} = \frac{100 \times 1.3}{4 \times 314} = 45{,}08 \ MPa$$

b_i → عرض جان تیر

مساحت محدود شده

ISO 5.6 →

$$f_{nt} = 0.75 f_u = 0.75 \times 50 = 375$$

$$f_{nv} = 0.45 f_u = 0.45 \times 500 = 225$$ تنش مقاوم

کنترل برای اینکه میلگرد اندرکنش نیاز دارد یا نه؟

$$0.8 \phi f_{nt} = 0.8 \times 0.75 \times 375 = 84{,}375 \ MPa$$

$$0.8 \phi f_{nv} = 0.8 \times 0.75 \times 225 = 50{,}625 \ MPa$$

$f_{ut} = 114{,}52 < 84{,}375$

$f_{uv} = 45{,}08 < 50{,}625$

→ باید اندرکنش برش و خمش بررسی شود.

$$f'_{nt} = f_{nt}\left[1{,}3 - \frac{f_{uv}}{\phi f_{nv}}\right] = 375\left[1{,}3 - \frac{45{,}08}{0.75 \times 225}\right] = 349{,}64 \ MPa$$

$$f'_{nv} = f_{nv}\left[1{,}3 - \frac{f_{ut}}{\phi f_{nt}}\right] = 225\left[1{,}3 - \frac{114{,}52}{0.75 \times 375}\right] = 199{,}285 \ MPa$$

$f_{ut} \le \phi f'_{nt}$

$f_{uv} \le \phi f'_{nv}$ →

$114{,}52 \le 0.75 \times 349{,}64 = 262{,}23$ ✓

$45{,}08 \le 0.75 \times 199{,}285 = 149{,}464$ ✓

ok

پس M20 جواب می‌دهد. اگر رابطه برقرار نمی‌شد به‌جای M20 باید M22 یا M24 استفاده می‌کردیم. پس باتوجه به نتایج فوق مشخص می‌شود که مقاومت برای M20 کاملا کافی است.

Scanned by CamScanner