

# Filecivil.ir

سایت جامع دانشجویان و مهندسين عمران

– آرشیو جامع مطالب رشته عمران و معماری

– انجمن گفتگوی تخصصی

– فروشگاه تخصصی

۸۶/۴/۱۸	تاریخ	سازه های فولادی پیشرفته	پروژه	طراحی مهاربند برون محور
	کنترل	سیحان رستمی گوهری	طراح	
۱/۶	صفحه	محور ۵ (BR-1)	تیپ	

$h = 40$  $I_x = 37640$  $S_x = 1751$  $t_w = 1$  $I_y = 3910$  $S_y = 313$  $b_f = 25$  $r_x = 18.09$  $Z_x = 1956$  $t_f = 1.5$  $r_y = 5.83$  $Z_{xf} = 1556$  $d = 43$  $A = 115$

$P_{link} = 0$  $P_{out} = 5.81$  $V_{link} = 24.31$  $M_{link} = 10.61$  $P_{brace} = 45.35$  $e = 0.7$  $L = 4$  $h = 3.5$  $L_b = 3.87$  $(L-e)/2 = 1.65$  $\alpha = 64.8$  $\beta = 25.2$

$$\frac{b}{2t_f} \leq \frac{435}{\sqrt{F_y}} = 8.9 \Rightarrow \frac{b}{2t_f} = \frac{25}{3} = 8.33 < 8.9$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{if } \frac{f_a}{F_y} \leq 0.16 \Rightarrow \frac{d}{t_w} < \frac{5365}{\sqrt{F_y}} \left( 1 - 3.74 \frac{f_a}{F_y} \right) \\ \text{if } \frac{f_a}{F_y} > 0.16 \Rightarrow \frac{d}{t_w} < \frac{2155}{\sqrt{F_y}} \end{array} \right\} \Rightarrow f_a = \frac{P}{A} = \frac{5810}{115} = 50.5 \Rightarrow \frac{f_a}{F_y} = 0.02$$
$$\frac{f_a}{F_y} = 0.02 < 0.16 \Rightarrow \frac{d}{t_w} = 43 < 101$$

کنترل فشردگی جان

$$M_s = Z_x F_y = 1956 \times 2400 = 4695000 \text{ kg.cm} = 46.95 \text{ ton.m}$$
$$V_s = 0.55 F_y d t_w = 0.55 \times 2400 \times 43 \times 1 = 56760 \text{ kg} = 56.76 \text{ ton}$$
$$\frac{1.6 M_s}{V_s} = \frac{1.6 \times 46.95}{56.76} = 1.32$$
$$e = 0.7 < \frac{1.6 M_s}{V_s} = 1.32$$

رفتار برشی حاکم است

هنگامی که رفتار برشی حاکم است مقاومت خمشی و محوری تیر فقط با در نظر گرفتن بال ها محاسبه می شود


$$M_{rs} = Z_{xf} F_y = 1556 \times 2400 = 3735000 \text{ kg.cm} = 37.35 \text{ ton.m} > M_{link} = 10.6$$
$$V_{cc} = \min \left( 0.55 F_y d t_w, \frac{2 M_{rs}}{e} \right) = \min ( 56.76, \frac{2 \times 37.35}{0.7} = 106.71 ) = 56.76 > V_{link} = 24.31$$
$$M_{cc} = \frac{V_{cc} \times e}{2} = \frac{56.76 \times 0.7}{2} = 19.87$$
$$\phi = \frac{V_{cc}}{V_{link}} = \frac{56.76}{24.31} = 2.33$$
$$V_{link} \leq 0.8 V_s \Rightarrow R_v = \frac{V_{link}}{V_s} \leq R_{max} = 0.8 \Rightarrow \frac{24.31}{56.76} = 0.43 < 0.8$$

فاکتور مقاومت پیوند

بهتر است به ۰.۸ نزدیک باشد

۸۶/۴/۱۸	تاریخ	سازه های فولادی پیشرفته	پروژه	طراحی مهاربند برون محور
	کنترل	سیجان رستمی گوهری	طراح	
۲/۶	صفحه	محور ۵ (BR-1)	تیپ	

	<div>مشخصات مقطع مهاربند</div>		
	$r_1 = 2.14$ تک پروفیل $A = 64.4$	$r_{min}$ $r_x = 7.7$	$h = 20$ $r_y = 6.36$ با فرض 1 cm فاصله بین بالها

<div>کنترل لاغری مهاربند</div>	
$\frac{K L_b}{r_{min}} \leq \frac{6025}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow \frac{1 \times 387}{6.36} = 60.8 < 123$	آیین نامه ۲۸۰۰ (ضوابط قاب خمشی ویژه)

<div>طراحی مهاربند</div>	
نیروی طراحی مهاربند	
$P = \max \begin{cases} P \cdot \sin \alpha = 1.5 V_{cc} \Rightarrow P = 1.5 \times \left( \frac{V_{cc} \times L_b}{h} \right) \Rightarrow P = 1.5 \times \frac{56.76 \times 3.87}{3.5} = 94.13 \\ 1.5 \times P_{analyse} = 1.5 \times 45.35 = 68.03 \end{cases} \Rightarrow P = 94.13 \text{ ton}$	
از برش ناشی از بارهای ثقلی در محاسبه P صرف نظر شده	
$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_b}{r_x} &= \frac{1 \times 387}{7.7} = 50.3 \\ \frac{K_y L_b}{r_y} &= \frac{1 \times 387}{6.36} = 60.8 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \lambda = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 60.8 < 200$	
$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5, \quad \beta = \frac{\lambda}{C_c} = 0.46$	
آیین نامه ۲۸۰۰ (ضوابط قاب خمشی ویژه)	
$F.S = \frac{5}{3} + \frac{3\lambda}{8C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{\lambda}{C_c} \right)^3 = 1.83$	$B = \frac{1}{1 + \frac{(KL/r)_{\max}}{2C_c}} = 0.81$
$\left\{ \begin{aligned} \text{if } \lambda \leq C_c &\Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S} F_y \\ \text{if } \lambda > C_c &\Rightarrow F_a = \frac{12\pi^2 E}{23\lambda^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \lambda < C_c \Rightarrow F_a = 1172.7$	
$\Rightarrow F_{as} = B \cdot F_a = 0.81 \times 1172.7 = 952.4$	
$P_{allow} = 1.7 A F_{as} = 1.7 \times 64.4 \times 952.4 = 104269 \text{ kg} = 104.27 \text{ ton} > 94.13 \text{ ton}$	
$\lambda_{min} \quad \lambda_1 < 0.7 \lambda_{min} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_{min}} < 0.7 \Rightarrow l < \frac{0.7 \lambda_{min} r_1}{k_1} \Rightarrow l < \frac{0.7 \times 50.3 \times 2.14}{1} = 75.3 \text{ cm}$	
تک پروفیل	فاصله حداکثر بین بست ها در طول مهاربند
آیین نامه ۲۸۰۰ (ضوابط قاب خمشی ویژه)	
$l = 75 \text{ cm}$	

<div>نیروهای طراحی تیرخارج از ناحیه پیوند</div>	
$P = \max \begin{cases} 1.5 \phi P_{out} = 1.5 \times 2.33 \times 5.8 = 20.35 \\ 1.5 \times \frac{V_{cc}(L - e)}{2h} = 1.5 \times \frac{56.76 \times 1.65}{3.5} = 40.14 \end{cases} \Rightarrow P = 40.14 \text{ ton}$	
$M = 1.5 \times M_{cc} = 1.5 \times 19.87 = 29.80 \text{ ton.m}$	
از برش و خمش ناشی از بارهای ثقلی به علت ناچیز بودن صرف نظر شده	

۸۶/۴/۱۸	تاریخ	سازه های فولادی پیشرفته	پروژه	طراحی مهاربند برون محور
	کنترل	سیحان رستمی گوهری	طراح	
۳/۶	صفحه	محور ۵ (BR-1)	تیپ	

کنترل مهاربندی جانبی تیر

فاصله مهارها در طول تیر باید طوری باشد که رابطه زیر را ارضا نماید ثانیاً تیر پیوند در دوانتهای خود باید دارای مهاربندی باشد

با توجه به اینکه تیر حمال سقف کامپوزیت است

$$L \leq \frac{635}{\sqrt{F_y}} b_f \Rightarrow L_y < 12.96 \times 25 = 324 \text{ cm}$$

$$L_y = 133 \text{ cm}$$

$$L_x = \frac{L - e}{2} = 165 \text{ cm} \quad L_y = 133 < 324$$

مهارهای انتهایی باید قادر به تحمل نیروی  $P$  باشد

$$P = 0.06 F_y b_f t_f \Rightarrow P = 0.06 \times 2400 \times 25 \times 1.5 = 5400 \text{ kg}$$

پروفیل مهاربند IPE14 کفایت می کند

کنترل تیر خارج از پیوند

کنترل ظرفیت فشاری

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_x}{r_x} &= \frac{1 \times 165}{18.09} = 9.1 \\ \frac{K_y L_y}{r_y} &= \frac{1 \times 133}{5.83} = 22.8 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \lambda = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 22.8$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5, \beta = \frac{\lambda}{C_c} = 0.17$$

$$F_a = \begin{cases} \text{if } \lambda \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S} F_y \\ \text{if } \lambda > C_c \Rightarrow F_a = \frac{12\pi^2 E}{23 \lambda^2} \end{cases}$$

$$F.S = \frac{5}{3} + \frac{3\lambda}{8C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{\lambda}{C_c} \right)^3 = 1.73$$

$$\Rightarrow \lambda < C_c \Rightarrow F_a = 1366$$

$$A = 115$$

$$P_{sc} = P_{allow} = 1.7 A F_a = 1.7 \times 115 \times 1366 = 266969 \text{ kg} = 267.0 \text{ ton} > 40.14 \text{ ton}$$

کنترل ظرفیت خمشی

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{40137}{115} = 349.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{rs} = Z_x (F_y - f_a) = 1956 \times (2400 - 349.0) = 4012227 \text{ kg.cm} = 40.1 \text{ ton.m} > 29.8$$

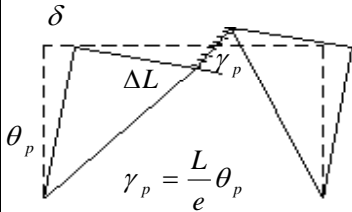
کنترل ظرفیت اندرکنش محوری و خمشی

$$P_e = \frac{12\pi^2 E}{23 (KL/r)^2} A = 2344486 \text{ kg} = 2344 \text{ ton}$$

باید  $\frac{P}{P_{sc}} + \frac{C_m M}{(1 - P/P_e) M_{rs}} \leq 1 \Rightarrow \frac{40.14}{267.0} + \frac{1 \times 29.80}{(1 - 40.14 / 2344) \times 40.1} = 0.91 < 1$

کنترل زاویه چرخش تیر پیوند



$$\Delta L = \frac{P L_b}{A E} = \frac{94127 \times 387}{64.4 \times 2.06 \times 10^6} = 0.27 \text{ cm}$$

تغییر مکان مهاربند

$$\delta = \frac{2 L_b}{L - e} \Delta L = \frac{2 \times 387}{400 - 70} \times 0.27 = 0.64 \text{ cm}$$

تغییر مکان افقی

$$\gamma = \frac{L \delta}{h e} = \frac{400 \times 0.64}{350 \times 70} = 0.0105 \text{ rad}$$

زاویه چرخش الاستیک

۸۶/۴/۱۸	تاریخ	سازه های فولادی پیشرفته	پروژه	طراحی مهاربند برون محور
	کنترل	سیحان رستمی گوهری	طراح	
۴/۶	صفحه	محور ۵ (BR-1)	تیپ	

$$\left. \begin{aligned} \gamma_{P\ allow} &= 0.09\ rad \quad \text{for } e < 1.6 M_s / V_s \\ \gamma_{P\ allow} &= 0.03\ rad \quad \text{for } e > 2.6 M_s / V_s \\ \text{linear interpolation for } 0.03 < e < 0.09 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \gamma_{P\ allow} = 0.09\ rad$$

زاویه چرخش پلاستیک

$$R = 10 \quad \gamma_p = \gamma \times 0.4R \Rightarrow \gamma_p = 0.0105 \times 0.4 \times 10 = 0.042\ rad$$

$$\gamma_p = 0.042\ rad < \gamma_{P\ allow} = 0.09\ rad \quad \text{کنترل زاویه چرخش پلاستیک}$$

#### طراحی سخت کننده تیر پیوند

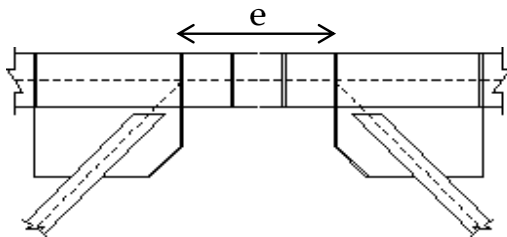
$$\left\{ \begin{aligned} \text{if } d \geq 61\ cm \Rightarrow b_{st} &= b_f - 2t_w \quad \text{در هر دو طرف جان} \\ \text{if } d < 61\ cm \Rightarrow b_{st} &= \frac{b_f - 2t_w}{2} \quad \text{در یک طرف جان} \end{aligned} \right\} \Rightarrow d = 43 < 61$$

طراحی سخت کننده انتهایی پیوند

$$b_{st} = \frac{25 - 2 \times 1}{2} \times 1 = 11.5\ cm \quad t_{st} \geq \max(0.75 t_w, 1) = \max(0.75, 1) = 1\ cm$$

بنابراین از سخت کننده های  $40 \times 11.5 \times 1$  در انتهای تیر پیوند و در یک طرف استفاده می کنیم

#### طراحی سخت کننده میانی پیوند



$\gamma_p$	S
	$2M_s/e > 0.45F_y d t_w$
0~0.03	$56t_w - d/5$
0.03~0.09	$65t_w - d/5 - 300\gamma_p t_w$
0.09	$38t_w - d/5$

$$0.45 F_y d t_w = 0.45 \times 2400 \times 43 \times 1 = 46440\ kg = 46.4\ ton$$

$$\frac{2M_{rs}}{e} = \frac{2 \times 37.35}{0.7} = 107\ ton > 46.4\ ton \Rightarrow \gamma_p = 0.042 \Rightarrow S = 43.8\ cm$$

از 2 سخت کننده  $40 \times 11.5 \times 1$  با فاصله 23 cm در یک طرف جان استفاده می کنیم

#### طراحی جوش سخت کننده تیر پیوند

$$R_w = 1.7\phi(0.3F_U)\left(\frac{\sqrt{2}}{2}a_w\right) \approx 1.7 \times 650a_w \quad a_w = 0.6 \quad \text{آیین نامه ۲۸۰۰ (ضوابط قاب خمشی ویژه)}$$

$$L_w = \frac{A_{st} F_y}{2(1.7 \times 650 a_w)} = \frac{11.5 \times 2400}{2 \times 1.7 \times 650 \times 0.6} = 20.8 < (d - 2t_f - 2) = 38.0 \quad \text{اتصال به جان تیر}$$

$$L_w = \frac{0.25 A_{st} F_y}{2(1.7 \times 650 a_w)} = \frac{0.25 \times 11.5 \times 2400}{2 \times 1.7 \times 650 \times 0.6} = 5.2 < (b_f - t_w - 2) = 22 \quad \text{اتصال به بال تیر}$$

جوش ها در دلبه ورق اتصال و بطور ممتد می باشند

۸۶/۴/۱۸	تاریخ	سازه های فولادی پیشرفته	پروژه	طراحی مهاربند برون محور
	کنترل	سیحان رستمی گوهری	طراح	
۵/۶	صفحه	محور ۵ (BR-1)	تیپ	

آیین نامه ۲۸۰۰ (ضوابط قاب خمشی ویژه)

### طراحی اتصال مهاربند به تیرو ستون

مقاومت اتصال باید برابر کمترین مقادیر زیر باشد  
الف) مقاومت کششی عضو مهاربند

$$A_{brace} = 64.4$$

$$P = A_{brace} F_y = 64.4 \times 2400 = 154560 \text{ kg} = 154.6 \text{ ton}$$

ب) ۲/۸ برابر نیروی عضو مهاربند حاصل از نیروی زلزله

$$P = (2.8)P_{brace} = 2.8 \times 45.35 = 127.0 \text{ ton}$$

ج) حداکثر نیرویی که از سیستم به مهاربند اعمال می شود

$$P = 94.13 \text{ ton}$$

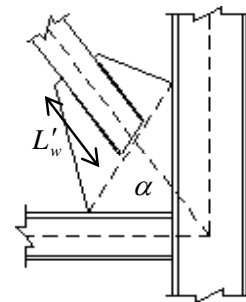
$$P_{design} = \min (154.6, 127.0, 94.1) = 94.1 \text{ ton} \quad a_w = 0.8$$

$$L'_w = \frac{P_{design}}{4(1.7 \times 650 a_w)} = \frac{94127}{4 \times 1.7 \times 650 \times 0.8} = 26.6 \text{ cm}$$

برای تامین این فاصله باید از پلیت × استفاده می کنیم

$$L_h = 50$$

$$L_v = 80$$



$$P_h = P_{design} \cos \alpha = 94127 \times \cos 64.8 = 40137 \text{ kg} \quad a_w = 1 \quad \text{تجزیه نیروها به روش KISS}$$

$$P_v = P_{design} \sin \alpha = 94127 \times \sin 64.8 = 85140 \text{ kg}$$

$$M_h = P_h \times d_{bb} / 2 = 40137 \times 20.0 = 802749 \text{ kg.cm}$$

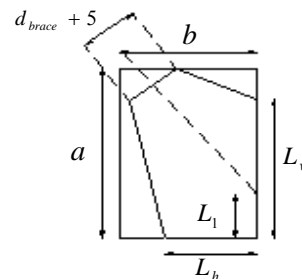
$$M_v = P_v \times d_c / 2 = 85140 \times 20.0 = 1702800 \text{ kg.cm}$$

بعد ستون  $d_c = 40 \text{ cm}$

ارتفاع تیر  $d_{bb} = 40 \text{ cm}$

$$f_{ew} = \sqrt{\left(\frac{M}{S_w}\right)^2 + \left(\frac{P}{A_w}\right)^2} \leq F_{aw} = 1.7\phi(0.3F_u)$$

$$\Rightarrow \text{باید} \left( \frac{3M}{1.7 \times 650 a_w L_w^2} \right)^2 + \left( \frac{P}{2 \times 1.7 \times 650 a_w L_w} \right)^2 \leq 1$$



$$L_{wh} = 50 \Rightarrow \left( \frac{3 \times 802749}{1.7 \times 650 \times 1 \times 2500} \right)^2 + \left( \frac{40137}{2 \times 1.7 \times 650 \times 1 \times 50} \right)^2 = 0.89 < 1$$

$$L_{wv} = 80 \Rightarrow \left( \frac{3 \times 1702800}{1.7 \times 650 \times 1 \times 6400} \right)^2 + \left( \frac{85140}{2 \times 1.7 \times 650 \times 1 \times 80} \right)^2 = 0.75 < 1$$

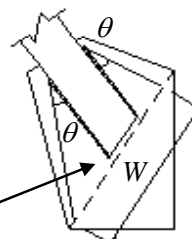
ورق اتصال باید جوابگوی تنش های زیر باشد:

$$W = 84 \quad t = 1.5$$

$$f = \frac{p}{W t} = \frac{94127}{84 \times 1.5} = 747.0$$

$$747.0 < 0.6 F_y = 1440$$

فاصله تا خط آزاد خمش 2t



(1) تنش کششی در عرض موثر وتیمور (W)

$$\theta = 30^\circ$$

۸۶/۴/۱۸	تاریخ	سازه های فولادی پیشرفته	پروژه	طراحی مهاربند برون محور
	کنترل	سیحان رستمی گوهری	طراح	
۶/۶	صفحه	محور ۵ (BR-1)	تیپ	

(2) کماتش ورق اتصال در فشار

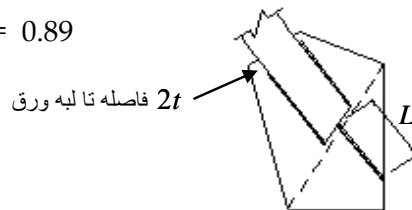
$$L = 44 \quad t = 1.5 \quad r = 0.3t = 0.45 \quad K = 1.2$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 44}{0.45} = 117.33 \quad \beta = \frac{(KL/r)}{C_c} = \frac{\lambda}{C_c} = 0.89$$

$$F.S = \frac{5}{3} + \frac{3\lambda}{8C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{\lambda}{C_c} \right)^3 = 1.91$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } \lambda \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S} F_y \\ \text{if } \lambda > C_c \Rightarrow F_a = \frac{12\pi^2 E}{23\lambda^2} \end{array} \right\} \Rightarrow \lambda < C_c \Rightarrow F_a = 755.4$$

$$f_a = \frac{P}{Wt} = \frac{94127}{84 \times 1.5} = 747.0 < 1.7F_a = 1284.1$$



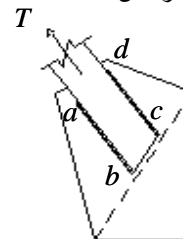
(3) برش قالبی در کشش

$$(ab + cd) = 53 \quad bc = 20 \quad t = 1.5$$

$$A_v = (ab + cd)t = 79.9 \quad A_t = (bc)t = 30$$

$$F_v = 0.3F_u = 0.3 \times 3700 = 1110$$

$$F_t = 0.5F_u = 0.5 \times 3700 = 1850$$



$$T < 1.7(A_v F_v + A_t F_t) \Rightarrow 1.7(79.9 \times 1110 + 30 \times 1850) = 245043.2 > 94126.7$$

طراحی اتصال مهاربند به تیر

$$a_{w'} = 0.8 \quad a_w = 1$$

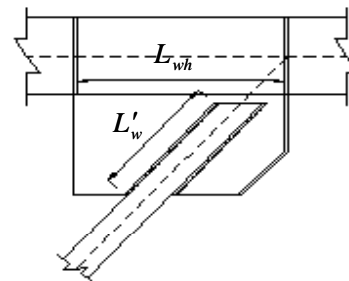
$$P_h = P_{design} \cos \alpha = 40137 \text{ kg}$$

$$M_h = P_h \times d_{bt} / 2 = 40137 \times 21.5 = 862955 \text{ kg.cm}$$

$$L'_w = \frac{P_{design}}{4(1.7 \times 650 a_w)} = \frac{94127}{4 \times 1.7 \times 650 \times 0.8} = 26.6 \text{ cm}$$

$$\text{باید} \left( \frac{3M}{1.7 \times 650 a_w L_w^2} \right)^2 + \left( \frac{P}{2 \times 1.7 \times 650 a_w L_w} \right)^2 \leq 1$$

$$L_{wh} = 55 \Rightarrow \left( \frac{3 \times 862955}{1.7 \times 650 \times 1 \times 3025} \right)^2 + \left( \frac{40137}{2 \times 1.7 \times 650 \times 1 \times 55} \right)^2 = 0.71 < 1$$



برای تامین این فاصله باید از پلایت ۵۵ × ۴۰ استفاده کنیم