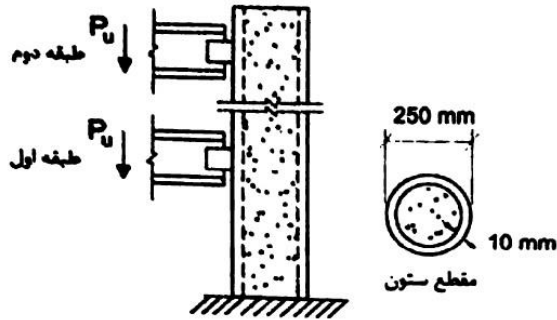


۱- برش طولی مورد نیاز در تراز طبقه ی اول ستون با مقطع مختلط شکل زیر به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟



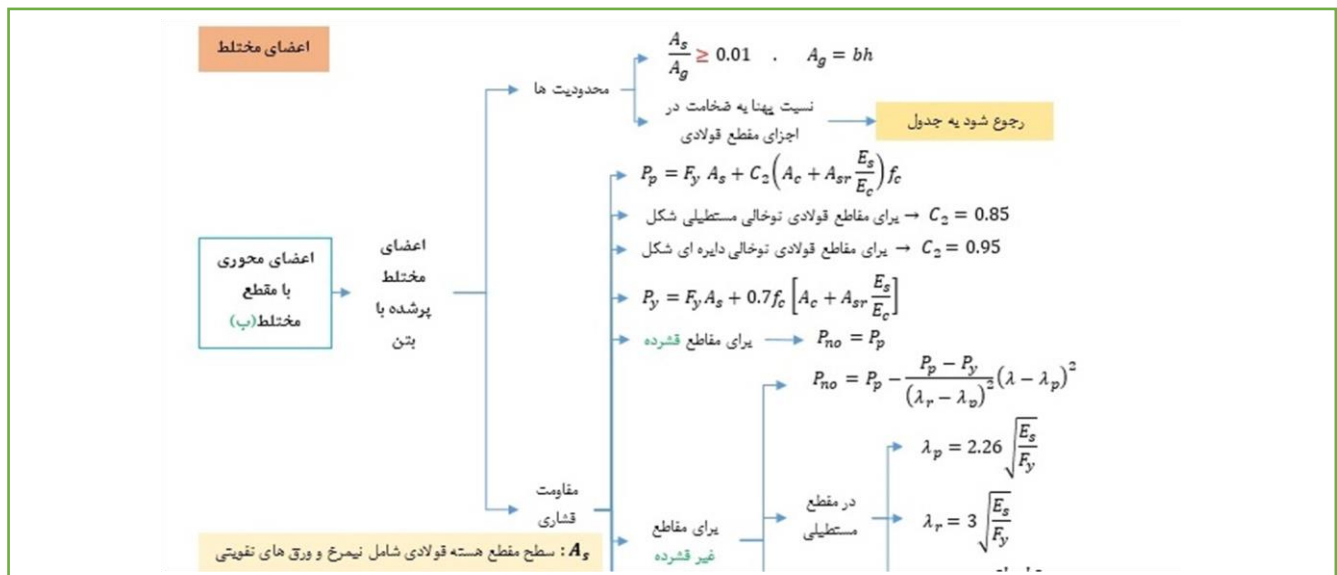
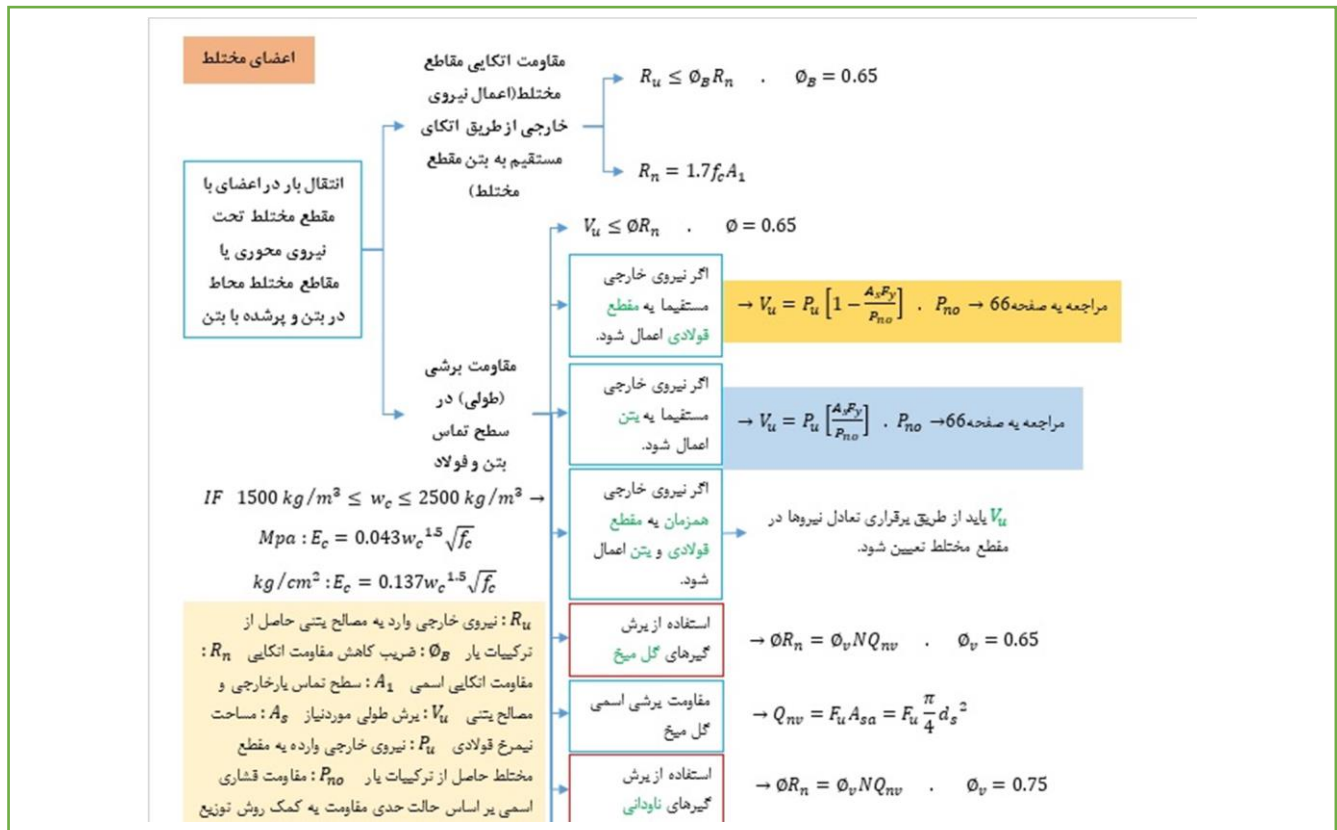
$$F_y = 240 \text{ MPa} \quad 0.4P_u (\text{A})$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa} \quad 0.6P_u (\text{B})$$

$$F_c = 30 \text{ MPa} \quad 0.8P_u (\text{C})$$

$$E_c = 2.9 \times 10^4 \text{ MPa} \quad P_u (\text{D})$$

پاسخ :



پارامترهای هندسی چند مقطع						
شکل مقطع و پارامترهای هندسی						
سطح مقطع (mm ²)	$A = bt$	$A = 2bt + h_s$	$A = 4at$	$A = \pi(R_{out}^2 - R_{in}^2)$ $A = \frac{\pi}{4}(D_{out}^2 - D_{in}^2)$	$A \cong 2\pi Rt = \pi Dt$	$A = \frac{\pi D^2}{4}$
ممان اینرسی (mm ⁴)	$I_x = \frac{tb^3}{12}$ $I_y = \frac{bt^3}{12}$ $S_x = \frac{tb^2}{6}$	$I_x = \frac{bt^3}{6} + \frac{bth_s^2}{2} + \frac{hs^3}{12}$ $I_y = \frac{tb^3}{6} + \frac{hs^3}{12}$ $S_x = \frac{I_x}{(\frac{h}{2})}$	$I_x = I_y = \frac{b^4}{12} - \frac{(b-2t)^4}{12}$ $\cong \frac{2}{3}a^3t$	$I = \frac{\pi}{4}(R_{out}^4 - R_{in}^4)$ $I = \frac{\pi}{64}(D_{out}^4 - D_{in}^4)$ $S = \frac{\pi(R_{out}^4 - R_{in}^4)}{4R}$	$I \cong \pi R^3 t = \frac{\pi}{8} D^3 t$	$I = \frac{\pi D^4}{64}$

پارامترهای $\sigma_p, \sigma_m, \sigma_c$ برای مقاطع مختلف تحت اثر فشار						
حالت	شرح اجرا	نسبت پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت مجاز	نموده مقاطع فولادی	
۱	بال ها و جان های مقاطع توخالی مستطیلی تورد نشده و جعبه ای با ضخامت یکدخت	$\frac{h}{t} \leq \frac{b}{t}$	$2.26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$3 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
۲	مقطع توخالی تاپره ای شکل	$\frac{D}{t}$	$0.15 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.19 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.31 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

پارامترهای $\sigma_p, \sigma_m, \sigma_c$ برای مقاطع مختلف تحت اثر خمش						
حالت	شرح اجرا	نسبت پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت مجاز	نموده مقاطع فولادی	
۱	بال های مقاطع توخالی مستطیلی تورد شده و مقاطع	$\frac{b}{t}$	$2.26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$3 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

$$\rightarrow V_u = P_u \left[1 - \frac{A_s F_y}{P_{no}} \right] \quad P_{no} = F_y A_s + C_2 \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) f_c$$

$$\frac{D}{t} = \frac{250}{10} < 0.15 \frac{E}{F_y} = 0.15 \frac{2 \times 10^5}{240} = 125 \rightarrow \text{مقطع فشرده}$$

$$A_s \cong \pi Dt = \pi \times 240 \times 10 = 7536.82 \text{ mm}^2$$

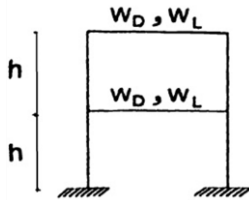
$$A_c = 41547.56 \text{ mm}^2 \quad A_{sr} = 0$$

$$P_{no} = 240 \times 7539.82 + 0.95 \times (41547.56 + 0) \times 30 = 2993662.26 \text{ N}$$

$$\rightarrow V_u = P_u \left[1 - \frac{7539.82 \times 240}{2993662.26} \right] = 0.395 P_u$$

گزینه ی ۱

۲- در قاب ساختمانی دو طبقه ی شکل زیر بار مرده ی طبقات یکسان و برابر w_D و بار زنده ی طبقات یکسان و برابر w_L است. اگر برای تامین پایداری این قاب از روش تحلیل مستقیم با τ_b ثابت استفاده شود، مقدار برش در طبقه ی همکف ناشی از نواقص هندسی اولیه و آثار ناشی از τ_b ثابت در طراحی به روش LRFD و در ترکیب بارگذاری ثقیل $(1.2DL + 1.6LL)$ به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟



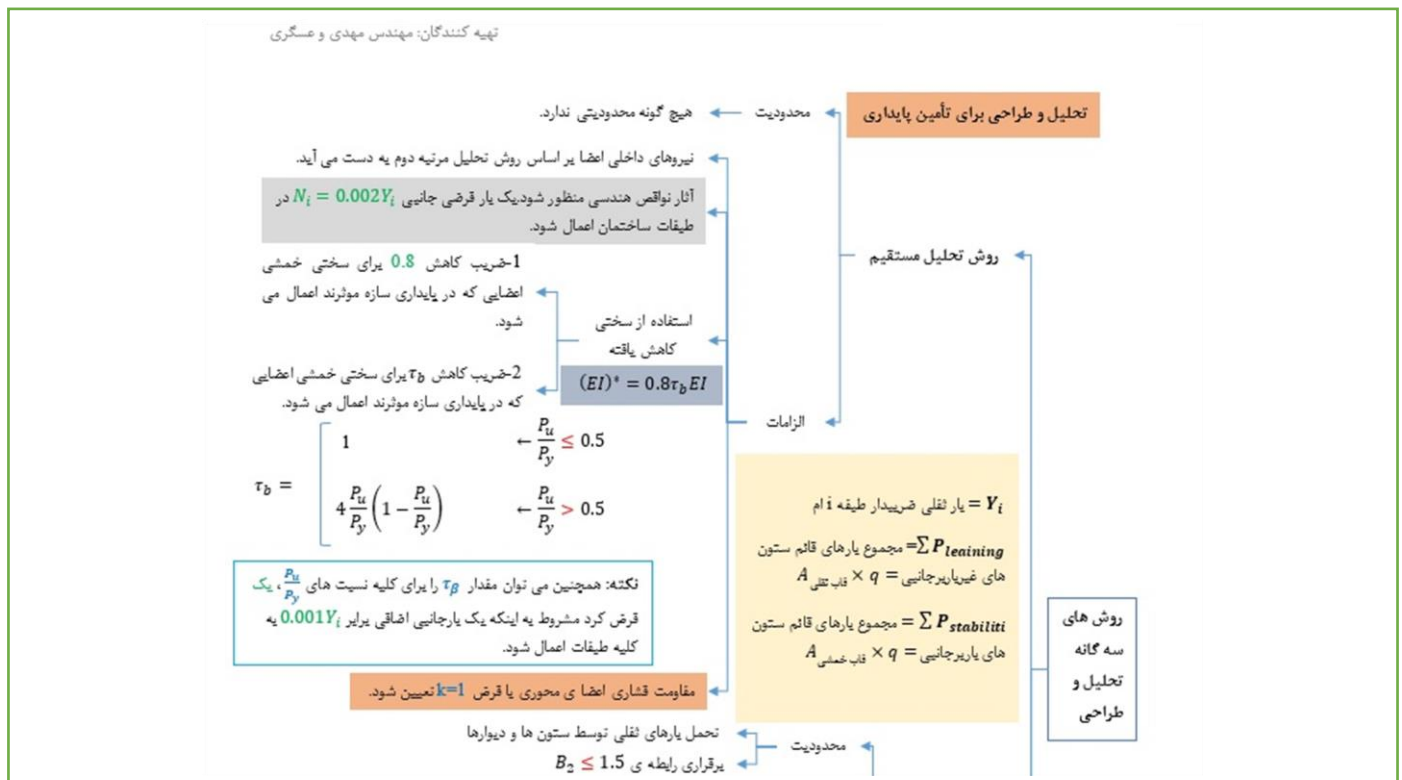
$$V_b = 0.0024w_D + 0.0032w_L \quad (۱)$$

$$V_b = 0.0036w_D + 0.0048w_L \quad (۲)$$

$$V_b = 0.0048w_D + 0.0064w_L \quad (۳)$$

$$V_b = 0.0072w_D + 0.0096w_L \quad (۴)$$

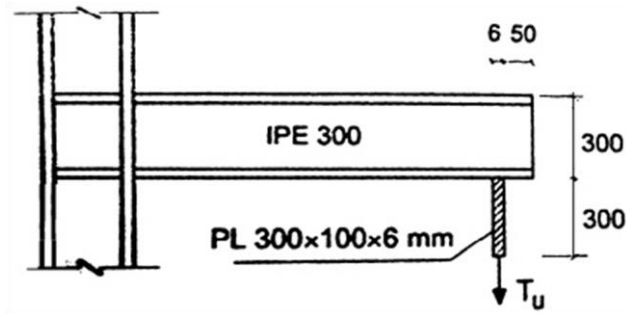
پاسخ :



$$\rightarrow 2 \times [1.2 \times (0.001 + 0.002)w_D + 1.6 \times (0.001 + 0.002)w_L] = 0.0072w_D + 0.0096w_L$$

گزینه ی ۴

3- مطابق شکل زیر، در نزدیک انتهای یک تیر طره ای از پروفیل IPE300، تسمه ای متصل است که نیروی کششی T_u را به تیر وارد می کند. مقاومت طراحی خمشی موضعی بال تیر در مقابل این نیروی کششی به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ (اندازه ها در روی شکل بر حسب میلی متر بوده و $F_y = 240 \text{ MPa}$ است.)



(۱) 77.3 KN

(۲) 85.9 KN

(۳) 116.0 KN

(۴) 154.6 KN

پاسخ :

تهیه کنندگان: مهندس مهدی و عسگری

اتصالات فولادی: الزامات ویژه بال ها و جان ها تحت اثر بارهای متمرکز

بررسی رابطه زیر الزامی نیست. $IF \ b < 0.15b_f \rightarrow$

مقاومت طراحی $\rightarrow T_u \leq \phi R_n = 0.9R_n \rightarrow R_n = 6.25F_y t_f^2$ و $T_u = \frac{M_u}{d}$

IF $e < 10t_f \rightarrow R_n = 0.5 \times 6.25F_y t_f^2$

IF $T_u > \phi R_n \rightarrow$ تعبیه یک جفت سخت کننده ضروری است.

مقاومت یک جفت سخت کننده $\rightarrow T_u - \phi R_n \leq 0.9F_y(2b_s t_s)$

در اتصال گیردار تیر به ستون $\rightarrow IF \ t_f < 0.4 \sqrt{\frac{T_u}{0.9F_y}}$ باید از ورق پیوستگی در ستون استفاده شود.

خمش موضعی بال در مقابل نیروی متمرکز کششی

t_f : ضخامت بال ستون تحت نیروی کششی

F_y : تنش تسلیم بال

e : خروج از مرکزیت نیروی کششی از انتهای عضو

t_s و b_s : عرض و ضخامت ورق پیوستگی

M_u : لنگر خمش نهایی در تیر

d : ارتفاع تیر

مقاومت طراحی $\rightarrow P_u \text{ or } T_u \leq \phi R_n$

مشخصات مقاطع IPE و IPB																			
	h(cm)	b _y (cm)	t _w (cm)	t _f (cm)	c(cm)	h - 2c(cm)	A(cm ²)	I _y (cm ⁴)	S _y (cm ³)	r _y (cm)	Z _y (cm ³)	I _p (cm ⁴)	S _p (cm ³)	r _p (cm)	Z _p (cm ³)	J(cm ⁴)	C _w (cm ⁶)	h ₀ (cm)	r _{ts} (cm)
IPB140	14	7.3	0.47	0.69	1.39	11.2	16.4	541	77.3	5.74	88.3	44.9	12.3	1.65	19.2	2.45	1980	13.31	1.97
IPB160	16	8.2	0.5	0.74	1.64	12.7	20.1	869	109	6.58	124	68.3	16.7	1.84	26.1	3.62	3960	15.26	2.19
IPB180	18	9.1	0.53	0.8	1.7	14.6	23.9	1320	146	7.42	166	101	22.2	2.05	34.6	4.81	7430	17.2	2.44
IPB200	20	10	0.56	0.85	2.05	15.9	28.5	1940	194	8.26	221	142	28.5	2.24	44.6	7.01	12990	19.15	2.65
IPB220	22	11	0.59	0.92	2.12	17.7	33.4	2770	252	9.11	285	205	37.3	2.48	58.1	9.1	22670	21.08	2.93
IPB240	24	12	0.62	0.98	2.48	19	39.1	3890	324	9.97	367	284	47.3	2.69	73.9	12.9	37390	23.02	3.18
IPB270	27	13.5	0.66	1.02	2.52	21.9	45.9	5790	429	11.2	484	420	62.2	3.02	97	16	70580	25.98	3.57
IPB300	30	15	0.71	1.07	2.57	24.8	53.8	8360	557	12.5	628	604	80.5	3.35	125	20.2	125900	28.93	3.96

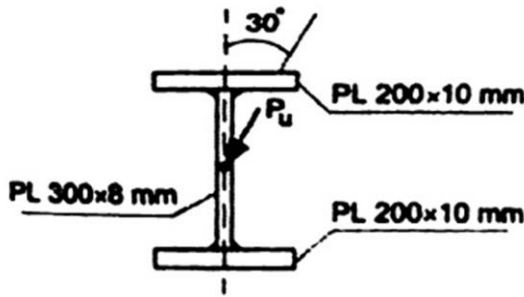
$$\rightarrow T_u \leq \phi R_n = 0.9R_n$$

$$IF \ e < 10t_f \rightarrow R_n = 0.5 \times 6.25F_y t_f^2$$

$$e < 10t_f \rightarrow 50 \text{ mm} < 10 \times 10.7 = 107 \rightarrow R_n = 0.5 \times 6.25F_y t_f^2 = 0.5 \times 0.9 \times 6.25 \times 240 \times 10.7^2 = 77280.75 \text{ N}$$

گزینه ی ۱

۴- تیر ساخته شده از ورق فولادی با تنش تسلیم $F_y = 240 \text{ MPa}$ ، با دهانه ی ۴ متر و تکیه گاه های ساده، در وسط دهانه تحت اثر بار P_u با زاویه ی ۳۰ درجه مطابق شکل قرار گرفته است. اگر از اثر وزن تیر صرف نظر شده و از کماتش جانبی آن ممانعت شود، حداکثر P_u (بار متمرکز ضریب دار) قابل تحمل توسط تیر به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟



(۱) 49 KN

(۲) 61 KN

(۳) 79 KN

(۴) 92 KN

پاسخ :

اثر همزمان نیروها

طراحی تیرستون تحت اثر
لنگر خمشی و نیروی برشی

$$\text{IF } \frac{P_u}{P_t} \geq 0.2 \rightarrow \frac{P_u}{P_t} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$\text{IF } \frac{P_u}{P_t} < 0.2 \rightarrow \frac{P_u}{2P_t} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

نکته: برای اعضای دارای دو محور تقارن تحت اثر همزمان خمش و کشش، ضریب اصلاح کماتش پیچشی جانبی (C_b) می تواند با ضریب $\sqrt{1 + \frac{P_u}{P_{ey}}}$ افزایش یابد که در آن $P_{ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_b^2}$

طراحی تیرستون تحت اثر لنگر
خمشی و نیروی محوری فشاری

$$\text{IF } \frac{P_u}{P_c} \geq 0.2 \rightarrow \frac{P_u}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$\text{IF } \frac{P_u}{P_c} < 0.2 \rightarrow \frac{P_u}{2P_c} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

طراحی مقاطع نامتقارن تحت اثر
لنگر خمشی و نیروی محوری

$$\left[\frac{f_{ua}}{F_{ca}} + \frac{f_{ubw}}{F_{cbw}} + \frac{f_{ubz}}{F_{cbz}} \right] \leq 1$$

$$F_{cbw} = \frac{\phi_b M_{nw}}{S_w}$$

$$F_{cbz} = \frac{\phi_b M_{nz}}{S_z}$$

اعضای خمشی

مراجعه به جدول فشردگی → کنترل کماتش موضعی

نکته: مقاطع موجود در جداول اشتایل فشرده هستند.

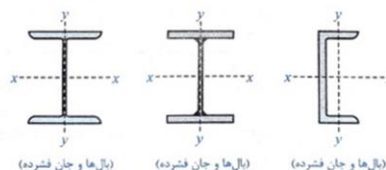
تشخیص نوع حالت های حدی حاکم بر طراحی → مراجعه به جدول 2-C

طراحی مقاطع
خمشی (الف)

اعضای با مقطع I شکل فشرده
با دو محور تقارن و مقطع
ناودانی فشرده تحت خمش
حول محور قوی

$$\text{تسلیم (Y)} \rightarrow M_{n1} = M_p = F_y Z_x$$

کوماتش پیچشی جانبی (LTB):



$$L_b \leq L_p \rightarrow$$

لزمی به در نظر گرفتن کوماتش پیچشی جانبی نمی باشد.

$$L_p < L_b \leq L_r \rightarrow M_{n2} = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

انواع حالات
طراحی خمشی

برش

مقاومت برشی اسمی $\rightarrow V_n = 0.6F_y A_w C_v$. $A_w = dt_w \rightarrow$ جدول 1-D

مقاومت برشی طرح $\rightarrow V_u \leq \phi_v V_n$

ضرایب $\phi_v - C_v - k_v$ $\rightarrow$ جان مقطع I نورد شده با $\frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \phi_v = 1$. $C_v = 1$

جان سایر مقاطع به استثنای مقاطع لوله ای:

$\rightarrow IF \frac{h}{t_w} \leq 1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \rightarrow \phi_v = 0.9$. $C_v = 1$

$\rightarrow IF 1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1.37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \rightarrow \phi_v = 0.9$. $C_v = \frac{1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}}{\frac{h}{t_w}}$ ($0.8 \leq C_v < 1$)

$\rightarrow IF \frac{h}{t_w} > 1.37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \rightarrow \phi_v = 0.9$. $C_v = \frac{1.51 k_v E}{(\frac{h}{t_w})^2 F_y}$ ($C_v < 0.8$)

$\rightarrow IF \frac{h}{t_w} < 260 \rightarrow k_v = 5$

برای جان های سخت نشده (بدون سخت کننده عرضی)

نکته: برای محاسبه فاصله آزاد بین سخت کننده های عرضی جان (a) از رابطه ی روبرو استفاده

$\rightarrow IF \frac{a}{h} \leq \left\{ 3 \cdot \left[\frac{260}{\frac{h}{t_w}} \right]^2 \right\} \rightarrow k_v = 5 + \frac{5}{(\frac{a}{h})^2}$

برش

پارامترهای جایگزین $\rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{b}{t_f}$. $A_w = 2b_f t_f$. $K_v = 1.2$

مقاومت برشی در امتداد عمود بر محور ضعیف

$\rightarrow IF \frac{b}{t_f} \leq 1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \rightarrow C_v = 1$

$\rightarrow IF 1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} < \frac{b}{t_f} \leq 1.37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \rightarrow C_v = \frac{1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}}{\frac{b}{t_f}}$ ($0.8 \leq C_v < 1$)

$\rightarrow IF \frac{b}{t_f} > 1.37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \rightarrow C_v = \frac{1.51 k_v E}{(\frac{b}{t_f})^2 F_y}$ ($C_v < 0.8$)

نکته: ضریب C_v برای مقاطع IPE تحت اثر برش در امتداد عمود بر محور ضعیف همواره برابر یک است.

مقاومت برشی اسمی $\rightarrow V_n = 0.6F_y A_w C_v$. $A_w = 2b_f t_f$

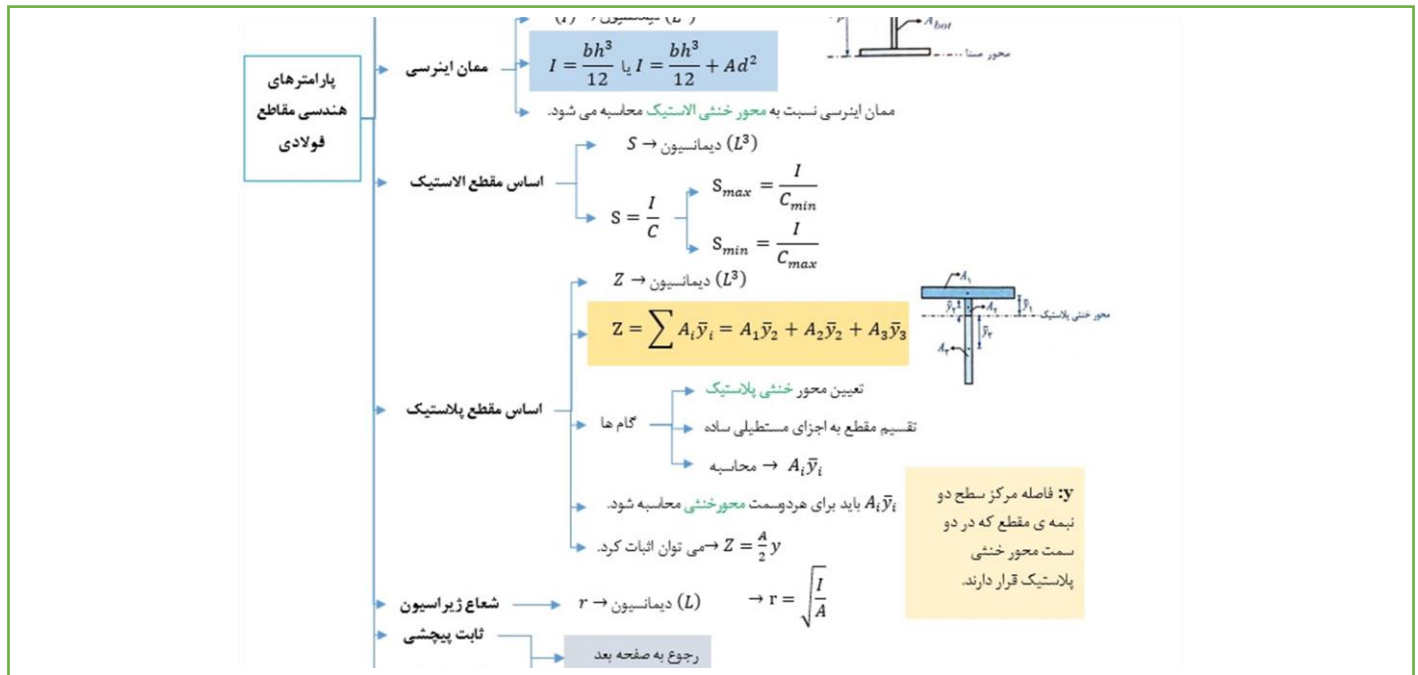
مقاومت برشی طرح $\rightarrow V_u \leq \phi_v V_n$. $\phi_v = 0.9$

پارامترهای جایگزین $\rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{b}{t}$. $A_w = bt$

$\rightarrow IF \frac{b}{t} \leq 1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \rightarrow C_v = 1$

$\rightarrow IF 1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 1.37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \rightarrow C_v = \frac{1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}}{\frac{b}{t}}$

$\rightarrow IF \frac{b}{t} > 1.37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \rightarrow C_v = \frac{1.51 k_v E}{(\frac{b}{t})^2 F_y}$ ($C_v < 0.8$)



$$IF \quad \frac{P_u}{P_c} < 0.2 \rightarrow \frac{P_u}{2P_c} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$M_{ux} = \frac{P_u \cos 30 \times L}{4} = \frac{P_u \cos 30 \times 4000}{4} = 866.02 P_u$$

$$M_{uy} = \frac{P_u \sin 30 \times L}{4} = \frac{P_u \sin 30 \times 4000}{4} = 500 P_u$$

$$Z_x = 8 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$Z_y = 204800 \text{ mm}^4$$

$$\left(\frac{866.02 P_u}{0.9 \times 240 \times 8 \times 10^5} + \frac{500 P_u}{0.9 \times 240 \times 204800} \right) \leq 1 \rightarrow P_u \leq 61295.79 \text{ N}$$

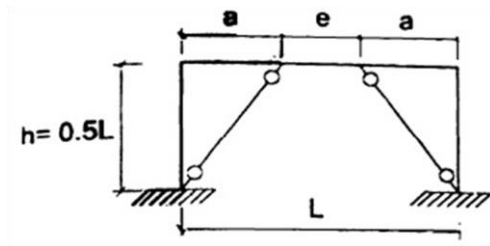
$$\rightarrow IF \quad \frac{h}{t_w} = \frac{300}{8} = 37.5 \leq 1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} = 71 \rightarrow \phi_v = 0.9 \quad C_v = 1$$

$$V_u \leq \phi_v V_n \rightarrow \frac{P_u \cos 30}{2} \leq 0.9 \times 0.6 \times 240 \times 320 \times 8 \rightarrow P_u \leq 766203.85 \text{ N}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{b}{t_f} \quad A_w = 2b_f t_f \quad \frac{b}{t_f} = \frac{100}{10} \leq 1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} = 34.78 \rightarrow C_v = 1$$

$$V_u \leq \phi_v V_n \rightarrow \frac{P_u \sin 30}{2} \leq 0.9 \times 0.6 \times 240 \times 2 \times 200 \times 10 \rightarrow P_u \leq 2073600 \text{ N}$$

5- در یک قاب ساختمانی یک طبقه با مهاربندی واگرای ویژه ی فولادی مطابق شکل، طول تیر پیوند برابر $e = 2M_p/V_p = 0.2L$ می باشد. حداکثر مقدار قابل قبول تغییر مکان جانبی نسبی طبقه فرض می شود (چقدر می تواند باشد)؟



۱) $0.011h$

۲) $0.015h$

۳) $0.020h$

۴) $0.025h$

پاسخ :

دوران

0.08 رادین برای حالتی که طول تیر پیوند مساوی یا کمتر از $\frac{1.6M_p}{V_p}$ باشد.

0.02 رادین برای حالتی که طول تیر پیوند مساوی یا بزرگتر از $\frac{2.6M_p}{V_p}$ باشد.

درونیایی $(\gamma_p)_{\text{مجاز}} = 0.176 - 0.06 \frac{V_p \times e}{M_p}$

یا $(\gamma_p)_{\text{مجاز}} = 0.176 - 0.06 \frac{V_p \times e}{M_p}$

IF $\frac{P_u}{P_c} \leq 0.15 \rightarrow \begin{cases} M_p = F_y Z \\ V_p = 0.6 F_y A_{tw} \end{cases}$

IF $\frac{P_u}{P_c} > 0.15 \rightarrow \begin{cases} M_p = F_y Z \left(\frac{1 - \frac{P_u}{P_c}}{0.85} \right) \\ V_p = 0.6 F_y A_{tw} \sqrt{1 - \left(\frac{P_u}{P_c} \right)^2} \end{cases}$

یا

استفاده از اشکال و روابط زیر

$\gamma_p = \left(\frac{L}{eh} \right) \Delta_i$

$\gamma_p = \left(\frac{L}{eh} \right) \Delta_i$

$\gamma_p = \left(\frac{L}{2eh} \right) \Delta_i$

$$IF \frac{1.6M_p}{V_p} < e < \frac{2.6M_p}{V_p} \rightarrow (\gamma_p)_{\text{مجاز}} = \text{درونیایی} \text{ یا } (\gamma_p)_{\text{مجاز}} = 0.176 - 0.06 \frac{V_p \times e}{M_p}$$

$$(\gamma_p)_{\text{مجاز}} = 0.176 - 0.06 \frac{V_p}{M_p} \times \frac{2M_p}{V_p} = 0.056$$

$$\gamma_p = \left(\frac{L}{eh} \right) \Delta_i \leq 0.056 \rightarrow \Delta_i \leq \frac{0.056}{10} \times L = 0.0056 \times \frac{h}{0.5} = 0.0112h$$

گزینه ی ۱