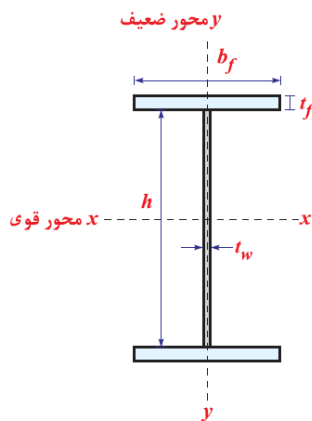


حالت‌های مختلف تیرهای I شکل فشرده و ناودانی در خمش حول محور قوی:

(۱) تیر/تیرورق فشرده دارای مهار جانبی کافی: در این حالت تیر می تواند به ظرفیت خمشی ماکزیمم خود (ظرفیت پلاستیک) برسد.

$$M_n = M_p = ZF_y$$

مقاومت خمشی اسمی مقاطع I شکل فشرده با ۲ محور تقارن و ناودانی فشرده تحت خمش حول محور قوی



$$\text{شرط فشردگی بال‌ها (مقاطع I شکل): } \frac{b}{t} = \frac{b_f}{t_f} \leq 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\text{شرط فشردگی بال‌ها (مقاطع ناودانی): } \frac{b}{t} = \frac{b_f}{t_f} \leq 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\text{شرط فشردگی جان: } \frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\text{فاصله مهارهای جانبی: } L_b \leq 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$M_n = M_p = Z_x F_y$$

(۲) تیر/تیرورق فشرده دارای کمانش پیچشی جانبی: در این حالت، بسته به فاصله مهارهای جانبی، تیر می تواند کمانش پیچشی جانبی غیر الاستیک و یا کمانش پیچشی جانبی الاستیک داشته باشد.

$$L_p < L_b \leq L_r \text{ برای (۱-۲)}$$

$$M_n = C_b [M_p - (M_p - 0.17 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)] \leq M_p \quad (۴-۵-۲-۱۰)$$

$$L_b > L_r \text{ برای (۲-۲)}$$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (۵-۵-۲-۱۰)$$

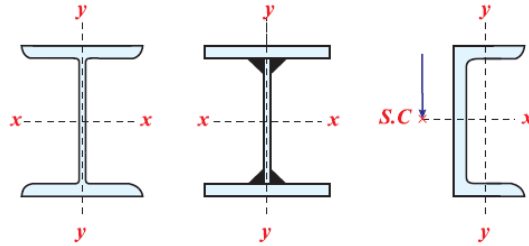
$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.178 \frac{J C}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_r = 1.76 r_{ts} \frac{E}{0.17 F_y} \sqrt{\frac{J C}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J C}{S_x h_o} \right)^2 + 6.176 \left(\frac{0.17 F_y}{E} \right)^2}} \quad r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{h t_w}{6 b_f t_f} \right)}} \text{ (به صورت محافظه کارانه)}$$

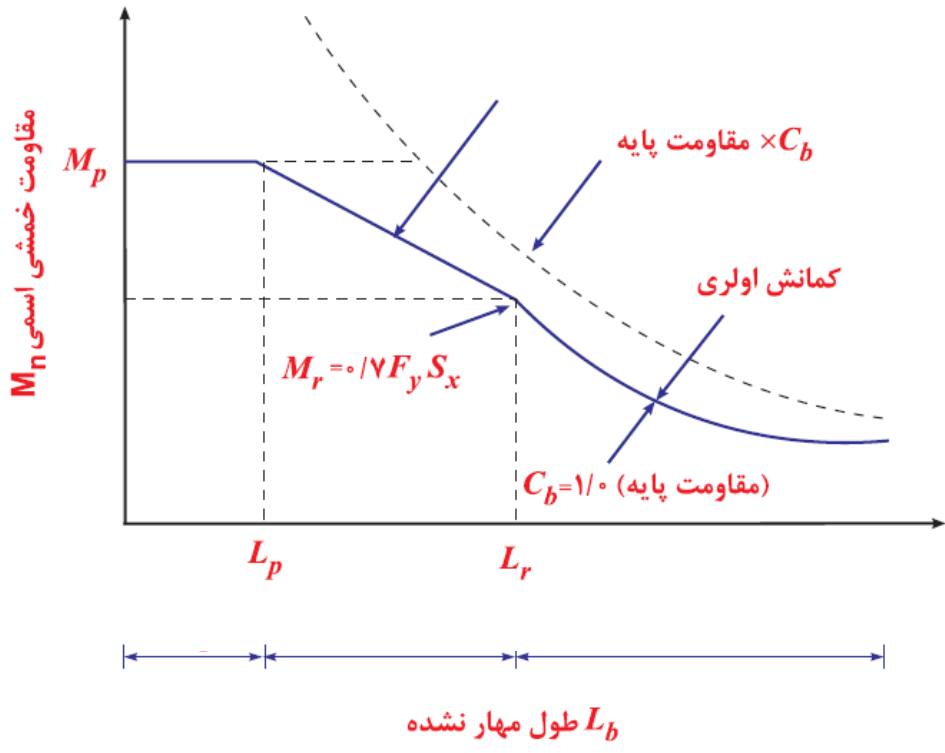
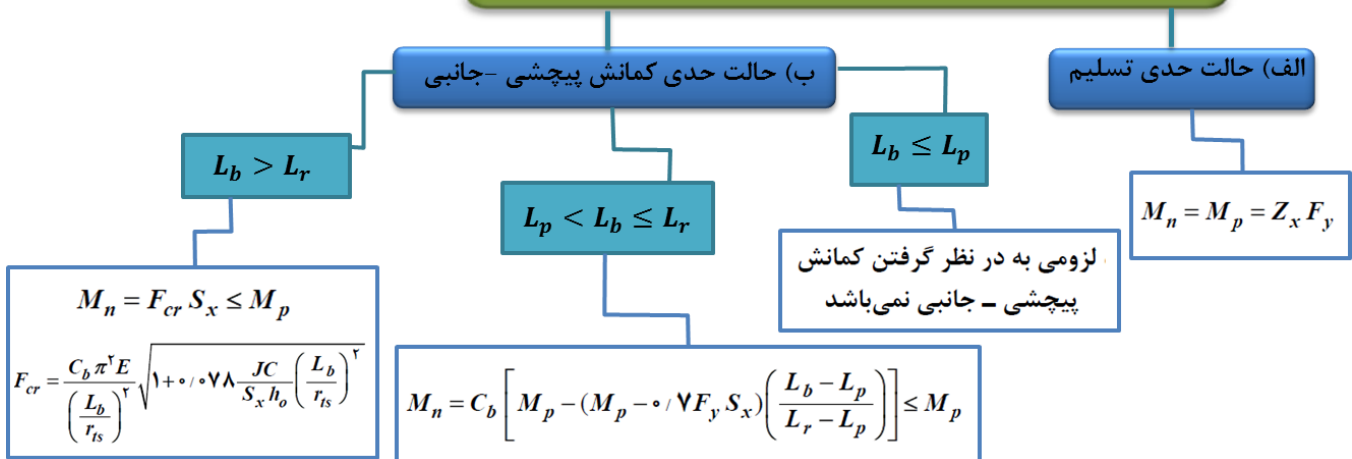
$$J: \text{ ثابت پیچشی (مساوی } \frac{1}{3} \sum b t^3 \text{) مدول الاستیسیته فولاد}$$

$$h_o: \text{ فاصله مرکز تا مرکز بال‌ها } h_o = d - t_f \quad S_x: \text{ اساس مقطع الاستیک نسبت به محور } x$$

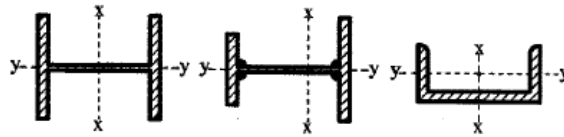
$$c = 1 \text{ برای مقاطع I شکل با دو محور تقارن و } c = \frac{h_o}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} \text{ برای مقاطع ناودانی}$$



مقاومت خمشی اسمی مقاطع I و ناودانی فشرده در خمش حول محور قوی



مقاومت خمشی مقاطع I شکل و ناودانی حول محور ضعیف:



(بال‌ها فشرده یا غیرفشرده، جان فشرده یا غیرفشرده و یا لاغر)

مقاومت خمشی اسمی، M_n ، این نوع اعضا باید برابر کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده براساس حالت‌های حدی تسلیم و کمانش موضعی بال در نظر گرفته شود.

$$M_n = M_p = F_y Z_y \leq 1/6 F_y S_y \Rightarrow M_n = \min \{ F_y Z_y, 1/6 F_y S_y \}$$

الف) تسلیم

ب) کمانش موضعی بال

ب - ۱) برای مقاطع با بال‌های فشرده لزومی به در نظر گرفتن کمانش موضعی بال نمی‌باشد.

ب - ۲) برای مقاطع با بال‌های غیرفشرده:

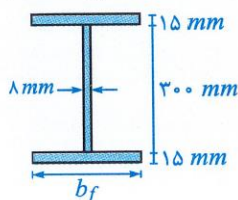
$$M_n = \left[M_p - (M_p - 0.1 F_y S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right]$$

$$M_p = F_y Z_y$$

تیرورقی با مقطع شکل زیر دارای دهانه‌ای به طول ۴ متر و بدون مهار جانبی است. اگر بخواهیم مقطع تیر فشرده بوده و لزومی به در نظر گرفتن کمانش پیچشی - جانبی نباشد، عرض بال (b_f) در چه محدوده‌ای می‌تواند

تغییر کند؟ ($F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$) ($r_y = 0.15 b_f$)

(پایه ۱۳ - ۸۱۴)



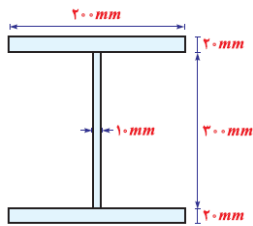
$$32.7 \leq b_f \leq 33.8 \quad (1)$$

$$22.5 \leq b_f \leq 48.5 \quad (2)$$

$$15.7 \leq b_f \leq 33.7 \quad (3)$$

$$22.5 \leq b_f \leq 25.5 \quad (4)$$

چنانچه مقطع یک تیر مطابق شکل زیر باشد، طول مهار نشده آن که مرز بین حالت حدی تسلیم و حالت حدی کمناش پیچشی - جانبی غیر ارتجاعی را مشخص می کند، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ ($F_y = 240 \text{ MPa}$ و $E = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$) (محاسبات - مرداد ۹۴)

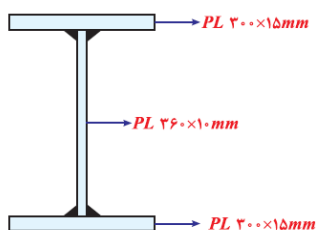


(۱) ۳/۰ m

(۲) ۲/۵ m

(۳) ۲/۰ m

(۴) ۱/۵ m



مقطع تیر نشان داده شده در شکل زیر تحت خمش حول محور قوی قرار دارد. به ازای حدوداً چه طول مهار نشده این عضو، حالت حدی تسلیم خمشی و حالت حدی کمناش پیچشی جانبی غیر ارتجاعی به طور هم زمان حاکم بر طرح می شوند؟ ($F_y = 240 \text{ MPa}$) (محاسبات - شهریور ۹۵)

(۱) ۱/۷۲ متر

(۲) ۴/۷۲ متر

(۳) ۲/۷۲ متر

(۴) ۳/۷۲ متر

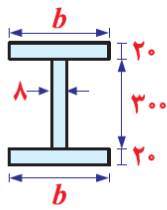
(۱) ۱/۷۲ متر

(۲) ۴/۷۲ متر

(۳) ۲/۷۲ متر

(۴) ۳/۷۲ متر





در یک تیر فولادی با مقطع شکل زیر چنانچه فاصله مهارهای جانبی برابر ۳ متر باشد، آن گاه بدون توجه به نمودار لنگر خمشی تیر، حداقل پهنای بال مقطع (b) برای آن که حالت حدی کمانش جانبی - پیچشی حاکم بر مقاومت خمشی اسمی تیر نشود، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ (ابعاد به میلی متر است) (محاسبات - پهن ۹۷)

۲۳۰ mm (۲)

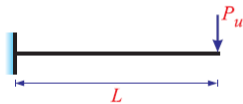
۲۰۰ mm (۱)

۳۰۰ mm (۴)

۲۶۰ mm (۳)



یک عضو طره‌ای که انتهای آزاد آن فاقد مهار جانبی بوده و تحت اثر بار متمرکز P_u در انتهای آزاد قرار دارد، دارای مقطع I شکل فشرده با دو محور تقارن بوده و تحت اثر خمش حول محور قوی قرار دارد. اگر در این تیر $L_p = 0.5L$ و $L_r = 1.5L$ محاسبه شده باشد و $Z_x = 1/25 S_x$ باشد، مقدار مقاومت خمشی طراحی آن به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ (محاسبات - مهر ۹۸)



$0.19 M_p$ (۱)

$0.178 M_p$ (۲)

$0.170 M_p$ (۳)

$0.156 M_p$ (۴)



۴۵- یک تیر خمشی با مقطع IPE270 تحت خمش یکنواخت حول محور قوی قرار دارد. در صورتیکه دهانه تیر 6 متر و فواصل تکیه‌گاه‌های جانبی بال فشاری 3 متر باشد، مقاومت خمشی اسمی این عضو به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ M_p لنگر پلاستیک بوده و $Z_x = 1.12 S_x$ فرض شود.

- | | |
|----------------|----------------|
| 0.9 M_p (۳) | 0.75 M_p (۱) |
| 0.85 M_p (۴) | M_p (۲) |

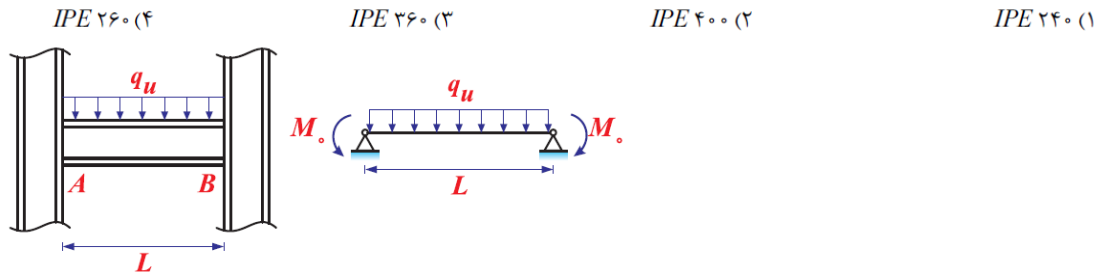
۵۷- در یک تیر دو سر ساده تحت اثر بار گسترده یکنواخت که مقطع آن نیمرخ IPE270 است، در صورتی که مقدار تنش تسلیم فولاد مصرفی برابر $F_y = 275 \text{ MPa}$ باشد، طول مهارنشده عضو در مرز بین حالت حدی کمانش پیچشی - جانبی غیرارتجاعی و ارتجاعی برحسب متر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ تیر IPE270 تحت اثر لنگر خمشی حول محور قوی قرار دارد.

محاسبات - مهر ۹۹

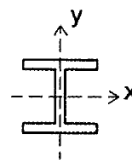
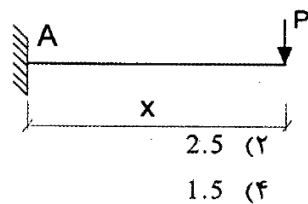
- | | |
|----------|----------|
| 3.25 (۲) | 1.41 (۱) |
| 5.55 (۴) | 4.75 (۳) |

بر اساس تحلیل سازه، لنگرهای خمشی منفی هر دو انتهای تیری از قاب خمشی مهار شده برای ترکیب بارهای مرده و زنده ضریب دار (با ضرایب مربوط به ترکیب بار مرده به اضافه بار زنده) در حدود 225 kN.m به دست آمده است. طول آزاد تیر برابر ۸ متر و بار گسترده یکنواخت مرده و زنده طراحی آن به ترتیب برابر 30 kN/m و 15 kN/m می باشد. با فرض وجود مهار جانبی کافی برای تیر، برای ترکیب بار مرده و زنده و فقط بر اساس کنترل مقاومت خمشی تیر، کدام مقطع دارای ایمنی کافی و در عین حال اقتصادی تر است؟ (فولاد مصرفی دارای تنش تسلیم $F_y = 240 \text{ MPa}$ است)

(محاسبات - مهر ۹۶)



۳۴- در شکل زیر، تیر فقط در نقطه A تکیه‌گاه جانبی دارد. اگر مقطع تیر IPE220 بوده و مقاومت خمشی اسمی آن حول محور X برابر 0.8 Mp تیر باشد، حداکثر طول مجاز تیر بر حسب متر به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک تر است؟



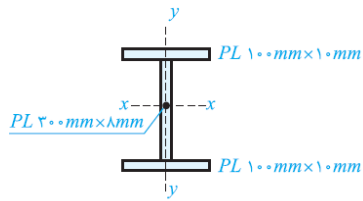
$$F_y = 240 \text{ MPa}$$

$$E = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

3.0 (۱)

2.0 (۳)

۴۹- مقاومت خمشی طراحی حول محورهای قوی و ضعیف تیر ورق I شکل زیر از جنس S ۲۳۵ به طول ۶ متر با فرض تأمین تکیه‌گاه جانبی کافی در سرتاسر طول تیر، بر حسب کیلونیوتن - متر به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟



$$Z_{y-y} = 54800 \text{ mm}^3, Z_{x-x} = 490000 \text{ mm}^3, S_{y-y} = 33589 \text{ mm}^3, S_{x-x} = 412917 \text{ mm}^3$$

محاسبات-مرداد ۱۴۰۰

(۲) ۹ و ۱۰۴

(۱) ۱۱ و ۱۰۴

(۴) ۱۱ و ۸۷

(۳) ۹ و ۸۷