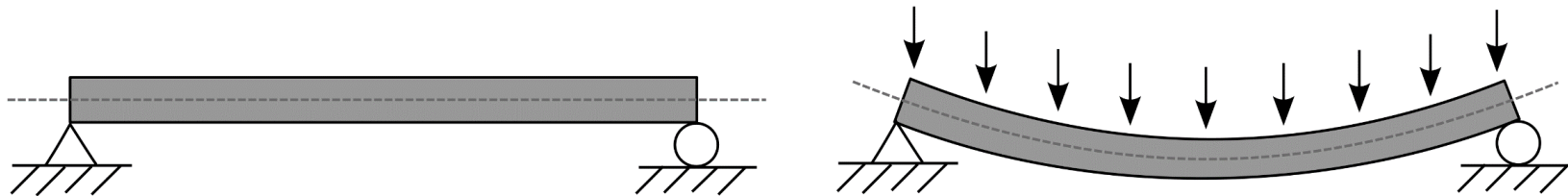




طراحی سازه‌های فولادی ۲

مدرس: دکتر شهاب‌الدین حاتمی

مروری بر طراحی خمشی تیرها



طراحی بر اساس خمش و سپس کنترل تنش‌های برشی، تغییرمکان‌ها، اثر بارهای متمرکز و ...

مقاومت خمشی طراحی

مبحث دهم، بند ۱۰-۲-۵-۱-۱

$$M_u \leq \varphi_b M_n$$

 M_u : لنگر خمشی حداکثر

 φ_b : ضریب کاهش مقاومت ($\varphi_b = 0.9$)

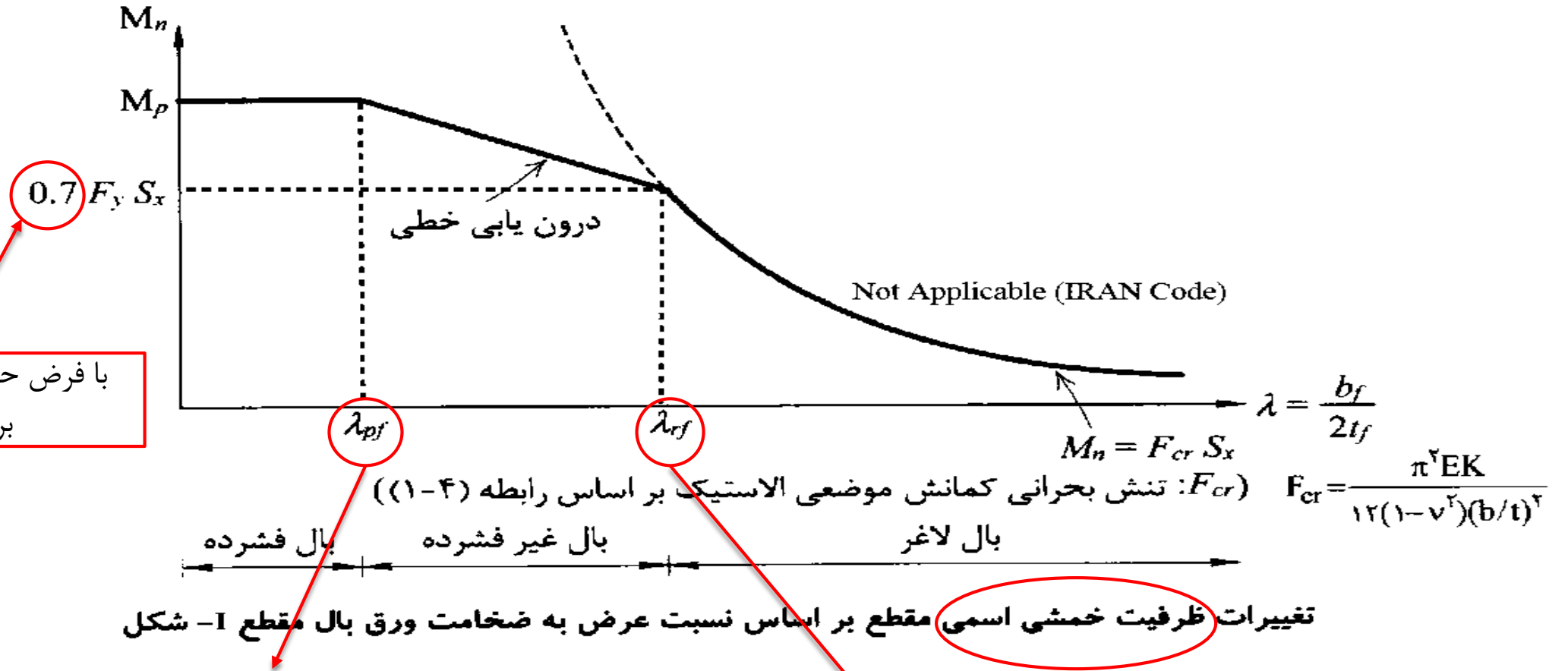
 M_n : مقاومت خمشی اسمی مقطع با در حالات حدی


- معیار تسلیم
- معیار کمانش موضعی
- معیار کمانش پیچشی - جانبی

بهره گیری از **ظرفیت پلاستیک** (معیار تسلیم) برای مقاطع دارای شرایط فشردگی و مهارهای جانبی با فواصل کمتر از حد مشخص، مجاز است.



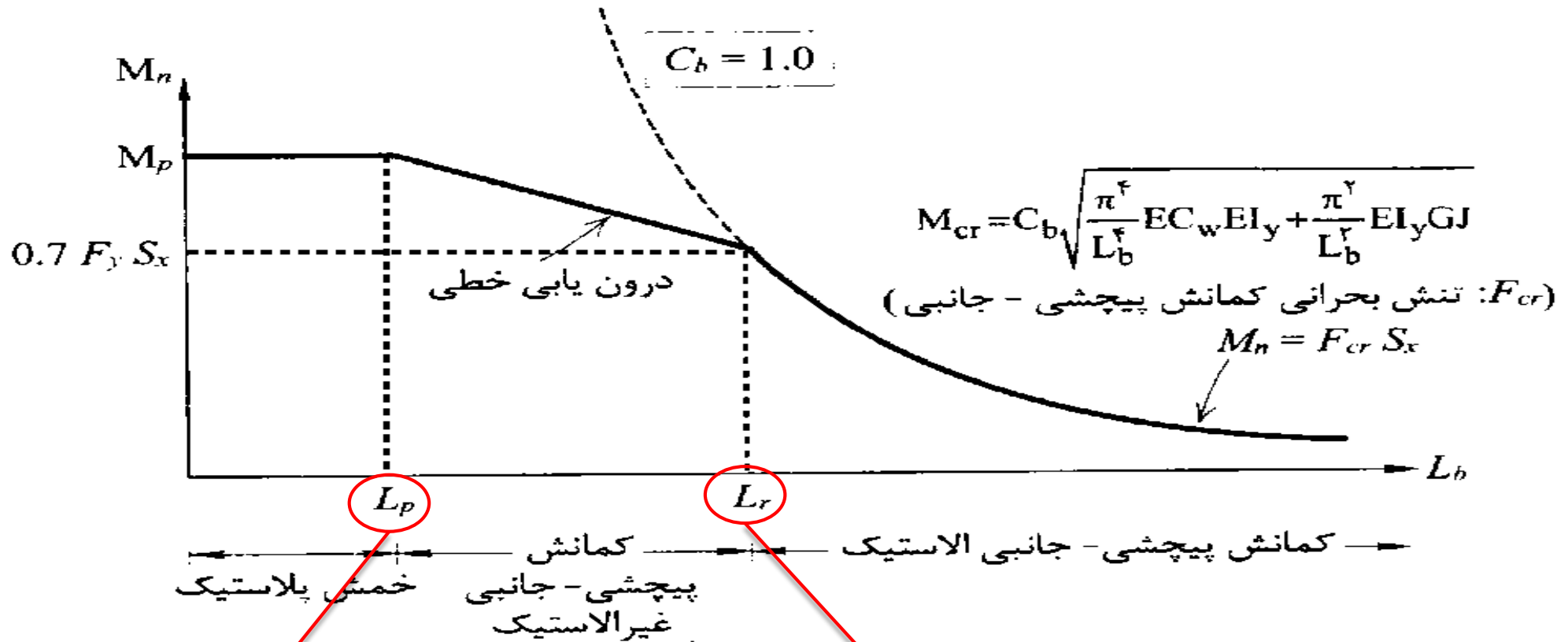
اثر لاغری بال تیر بر ظرفیت خمشی



حد فشرده‌گی؛ براساس جداول ۱۰-۲-۲-۳ مبحث دهم

حد غیر فشرده‌گی؛ براساس جداول ۱۰-۲-۲-۳ مبحث دهم

اثر فواصل تکیه گاه‌های جانبی بر ظرفیت خمشی



تغییرات مقاومت خمشی اسمی مقطع بر اساس تغییرات طول مهار نشده L_b برای $C_b = 1$

L_r : حداکثر طول مهار نشده عضو که در آن کمانش پیچشی - جانبی غیرالاستیک حاکم است. L_p : حداکثر طول مهار نشده عضو برای ورود به ظرفیت پلاستیک مقطع

کمانش پیچشی- جانبی تیرها

ضریب اصلاح کمانش پیچشی-جانبی (C_b)

$$C_b = \left(\frac{12.5M_{max}}{2.5M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \right)$$

C_b : ضریب یکنواختی

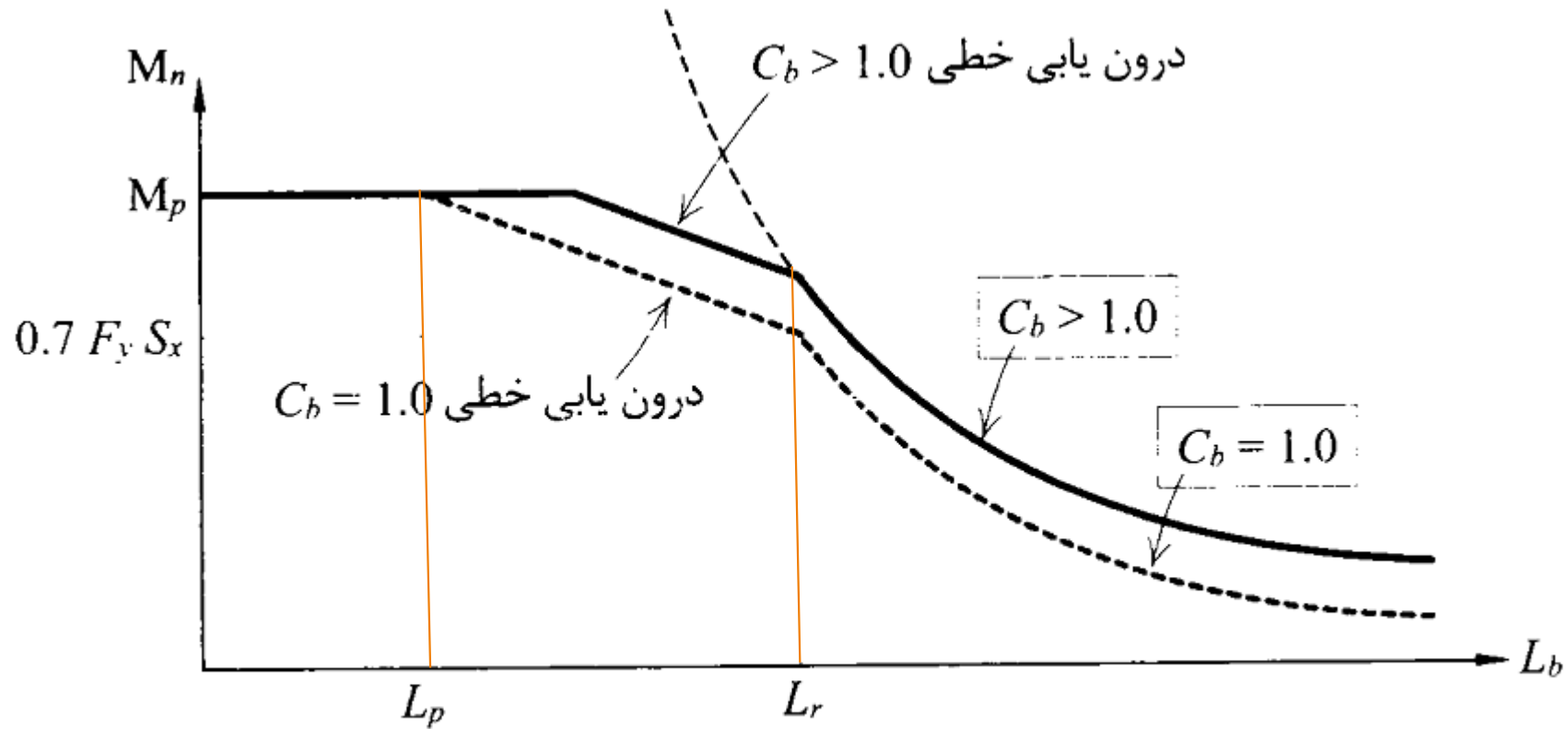
M_{max} : قدر مطلق لنگر حداکثر در طول مهار نشده L_b

M_A ، M_B و M_C : به ترتیب قدر مطلق لنگر خمشی در $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ و $\frac{3}{4}$ طول مهار نشده عضو

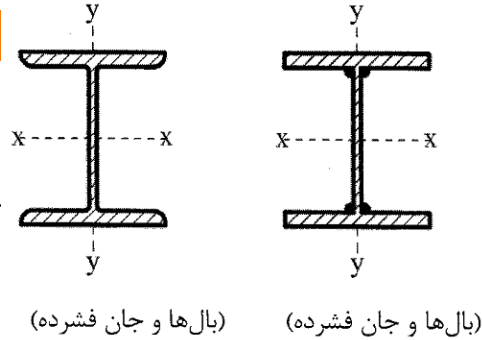
در تیرهای طره‌ای با انتهای آزاد مهار نشده $C_b = 1.0$



اثر فواصل تکیه گاه‌های جانبی بر ظرفیت خمشی با لحاظ C_b



تغییرات ظرفیت خمشی اسمی مقطع بر حسب طول مهارنشده L_b برای ضرایب C_b مختلف



مقاطع فشرده I شکل با دو محور تقارن

حالات حدی:

مبحث دهم، بند ۱۰-۲-۵-۲

$$L_b \leq L_p : \quad M_n = M_p = Z_x F_y$$

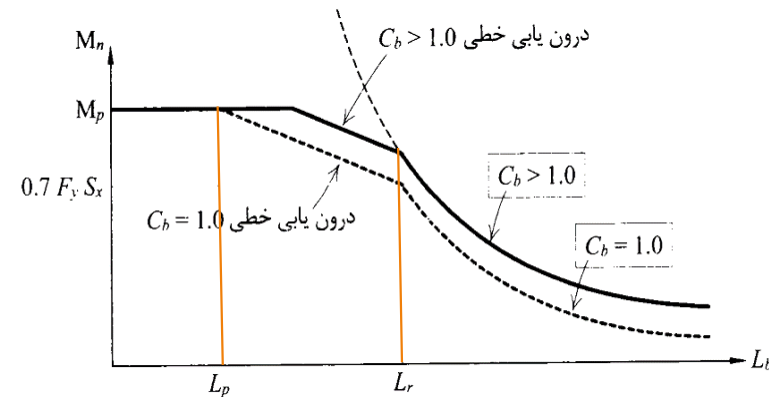
❖ تسلیم

$$L_p \leq L_b \leq L_r : \quad M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

❖ کمانش پیچشی-جانبی
غیرالاستیک

$$L_b \geq L_r : \quad M_n = M_{cr} = F_{cr} S_x \leq M_p$$

❖ کمانش پیچشی-جانبی الاستیک



Z_x : اساس مقطع پلاستیک حول محور قوی



مقاطع فشرده I شکل با دو محور تقارن یا ناودانی حول محور قوی

تنش کمانش پیچشی - جانبی الاستیک:

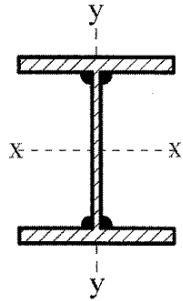
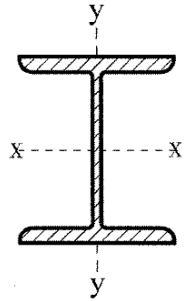
$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

عبارت زیر رادیکال را می‌توان بطور محافظه کارانه برابر واحد در نظر گرفت.

10

مقاطع I شکل با دو محور تقارن با جان فشرده و بال غیرفشرده

حالات حدی:



(بال‌ها غیرفشرده، جان فشرده)

(بال‌ها غیرفشرده، جان فشرده)

$$L_b \leq L_p: \quad M_{n2} \text{ حاکم می شود}$$

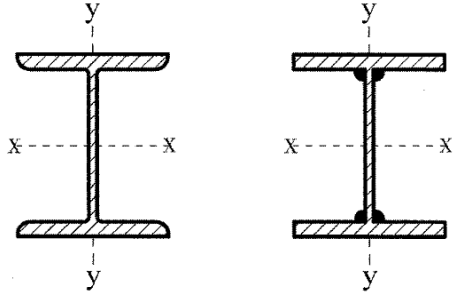
$$L_p \leq L_b \leq L_r: \quad M_{n1} = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad \begin{array}{l} \text{کمانش پیچشی-جانبی} \\ \text{غیرالاستیک} \end{array}$$

$$L_b \geq L_r: \quad M_{n1} = F_{cr} S_x \leq M_p \quad \begin{array}{l} \text{کمانش پیچشی-جانبی الاستیک} \end{array}$$

$$M_{n2} = M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \quad \begin{array}{l} \text{کمانش موضعی بال} \end{array}$$

$$M_n = \min (M_{n1}, M_{n2})$$

مقاطع I شکل دارای دو محور تقارن با جان غیر فشرده

اثر ضریب لاغری جان بر حالات حدی: M_y R_{pc} جایگزین M_p 

(بال ها فشرده یا غیر فشرده، جان غیر فشرده)

 R_{pc} : ضریب پلاستیک جان نسبت به بال فشاری که عددی بین ۱ و ضریب شکل k_p می باشد.

$$R_{pc} = \frac{M_p}{M_y} - \left(\frac{M_p}{M_y} - 1 \right) \left(\frac{\lambda_w - \lambda_{pw}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}} \right)$$

 M_p : ظرفیت خمشی پلاستیک M_y : ظرفیت خمشی الاستیک λ_{pw} : حد فشردگی ورق جان λ_{rw} : حد غیرفشردگی ورق جان

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w}$$



مقاطع I شکل دارای دو محور تقارن با جان غیر فشرده

حالات حدی:

❖ تسلیم بال فشاری $L_b \leq L_p: M_{n1} = R_{pc} M_y$

❖ کمانش پیچشی-جانبی غیرالاستیک $L_p \leq L_b \leq L_r: M_{n1} = C_b \left[R_{pc} M_y - (R_{pc} M_y - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq R_{pc} M_y$

❖ کمانش پیچشی-جانبی الاستیک $L_b \geq L_r: M_{n1} = F_{cr} S_x \leq R_{pc} M_y$

❖ کمانش موضعی بال غیر فشرده $M_{n2} = R_{pc} M_y - (R_{pc} M_y - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right)$

$$M_n = \min (M_{n1}, M_{n2})$$

مقاطع I شکل با یک محور تقارن با جان و بال فشرده یا غیرفشرده

$$S_{xc} = I/C_c$$

M_{yc} : لنگر تسلیم مقطع نسبت به دورترین تار فشاری $M_{yc} = F_y S_{xc}$

$$S_{xt} = I/C_t$$

M_{yt} : لنگر تسلیم مقطع نسبت به دورترین تار کششی $M_{yt} = F_y S_{xt}$

$M_y = F_y S_x$: لنگر تسلیم مقطع نسبت به دورترین تار

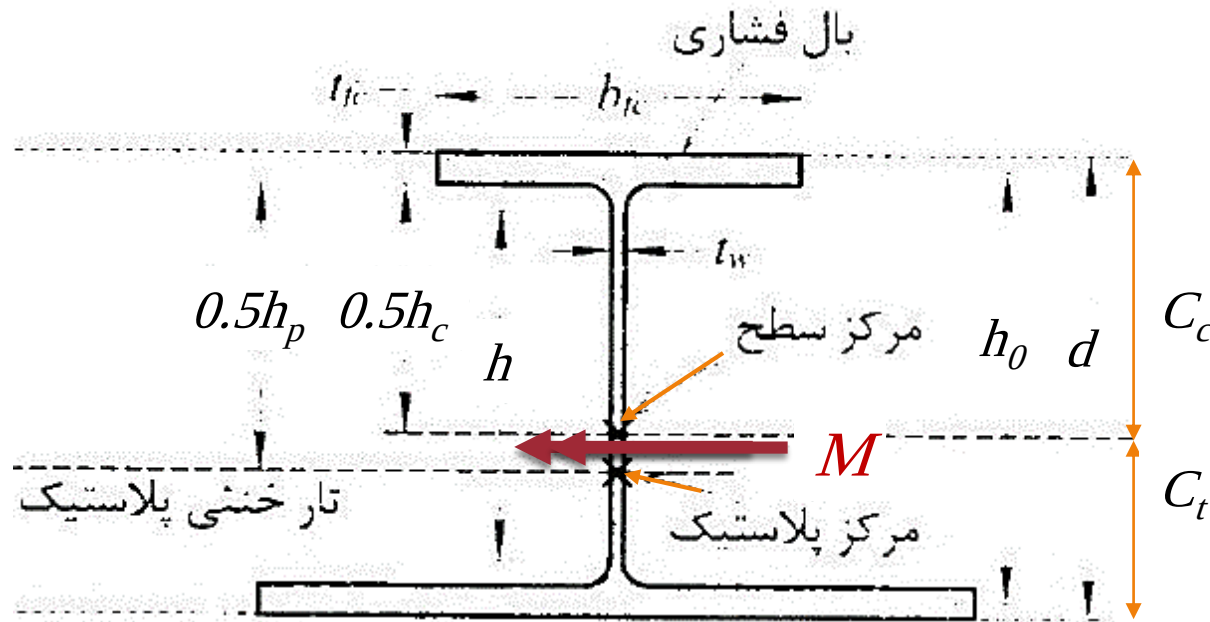
$$M_y = \min\{M_{yc}; M_{yt}\}$$

$$S_y = \min\{S_{xc}; S_{xt}\}$$

$$M_p = F_y Z_x \leq 1.6 F_y S_x$$

h_c : دو برابر فاصله تار خنثی الاستیک تا رویه داخلی بال فشاری

h_p : دو برابر فاصله تار خنثی پلاستیک تا رویه داخلی بال فشاری





مقاطع I شکل با یک محور تقارن با جان و بال فشرده یا غیرفشرده

اثر ضریب لاغری جان بر حالات حدی: در حالاتی که فشار تعیین کننده است M_{yc} R_{pc} جایگزین M_p و در حالتی که کشش مطرح است M_{yt} R_{pt} جایگزین M_p می شود.

R_{pc} و R_{pt} : ضرائب پلاستیک جان به ترتیب نسبت به بال فشاری و کششی که عددی بین ۱ و ضریب شکل k_p می باشند.

$$\frac{h_c}{t_w} \leq \lambda_{pw} \rightarrow \begin{cases} R_{pc} = \frac{M_p}{M_{yc}} \\ R_{pt} = \frac{M_p}{M_{yt}} \end{cases}$$

$$\text{اگر } \frac{I_{yc}}{I_y} > 0.23$$

$$\lambda_{pw} < \frac{h_c}{t_w} \leq \lambda_{rw} \rightarrow \begin{cases} R_{pc} = \left[\frac{M_p}{M_{yc}} - \left(\frac{M_p}{M_{yc}} - 1 \right) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pw}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}} \right) \right] \leq \frac{M_p}{M_{yc}} \\ R_{pt} = \left[\frac{M_p}{M_{yt}} - \left(\frac{M_p}{M_{yt}} - 1 \right) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pw}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}} \right) \right] \leq \frac{M_p}{M_{yt}} \end{cases} \quad \lambda = \frac{h_c}{t_w}$$

$$\text{اگر } \frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0.23$$

$$R_{pc} = R_{pt} = 1$$

I_{yc} : ممان اینرسی بال فشاری نسبت به محور ضعیف (Y) مقطع



مقاطع I شکل با یک محور تقارن با جان و بال فشرده یا غیرفشرده

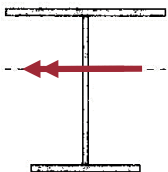
حالات حدی:

❖ تسلیم بال فشاری $L_b \leq L_p: M_{n1} = R_{pc} M_{yc}$

❖ کمانش پیچشی- جانبی غیرالاستیک $L_p \leq L_b \leq L_r: M_{n1} = C_b \left[R_{pc} M_{yc} - (R_{pc} M_{yc} - F_L S_{xc}) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq R_{pc} M_{yc}$

❖ کمانش پیچشی-جانبی الاستیک $L_b \geq L_r: M_{n1} = F_{cr} S_{xc} \leq R_{pc} M_{yc}$

❖ کمانش موضعی بال فشاری غیرفشرده $M_{n2} = R_{pc} M_{yc} - (R_{pc} M_{yc} - F_L S_x) \left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right)$



❖ تسلیم بال کششی $S_{xc} > S_{xt}: M_{n3} = R_{pt} M_{yt}$

$$M_n = \min (M_{n1}, M_{n2}, M_{n3})$$