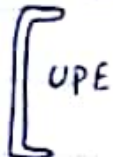


نواع مقاطع فولاد:

میگرد آبشار $\phi 8 - \phi 22$	میگرد ساز	تندان	کابل	سیرس	چاله نامسای چاله بر مسای نسبی
--------------------------------------	-----------	-------	------	------	-------------------------------------



ناودانی



جعبه‌ای

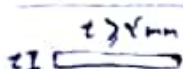


لوله



مقطع I

مقطع زباله
 $\frac{d}{b} < 2$
مقطع I معکوس
 $\frac{d}{b} > 2$



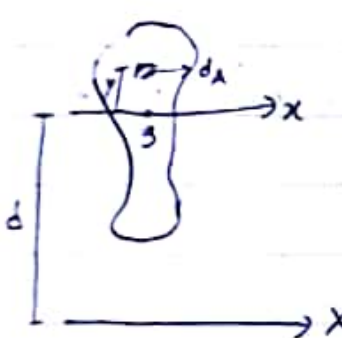
ورق
Plate



تیر ورق



$I_{PBL} < I_{PB} < I_{PBV}$
مقطع (بال وین)
مقطع
 $I_{NP} > I_{PE}$



سطح مقطع: A
مرکز ثقل: S

$$A = \int dA \text{ cm}^2$$

دستگاه مقاطع:

$$I_x = \int y^2 dA \text{ cm}^4 \text{ میان اینرسی}$$

$$I_x = I_{cx} + A d^2$$

$$I_{xy} = \int xy dA = 0 \rightarrow \text{دستگاه محورهای اصلی}$$

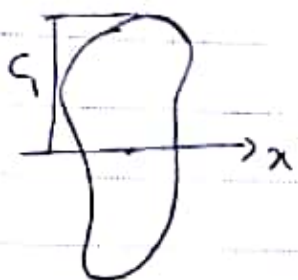


$I_{xy} = 0$
محور اصلی

$$r_{cm} = \sqrt{\frac{I}{A}} \text{ شعاع گرد برای یون}$$

$$\begin{cases} r_2 = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \\ r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \end{cases}$$

$$r_y < r < r_x$$



$$S_x = \frac{I_{xx}}{C_1}$$

معدل مقطع
حول محور x

فاصله دورترین
تا مرکز خشی + محور
مركز ثقل
همان اینرسی I
رو می شود

هر چه معدل مقطع بیشتر انحراف خمشی کمتری ظرفیت دارد

$$f_b = \frac{M}{S}$$

مركز ثقل

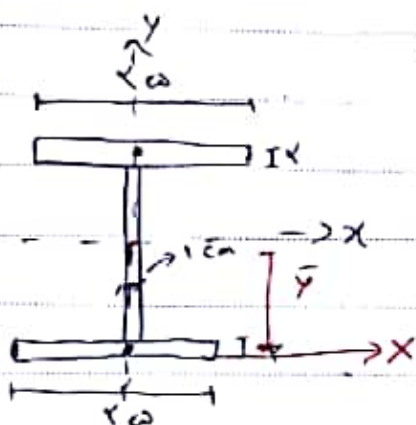
مثال: برای مقطع داده شده: ۱- محورها اصلی x و y

۲- I_x و I_y

۳- A

۴- r_x و r_y

۵- S_x و S_y



$$\bar{y} = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} = \frac{20 \times 2 \times 1 + 20 \times 2 \times 13 + 20 \times 1 \times 22}{20 \times 2 \times 2 + 20 \times 1} = 22 \text{ cm}$$

$$I_x = \sum (I_o + Ad^2) = \frac{1 \times 20^3}{12} + \left(\frac{20 \times 2^3}{12} + 20 \times 2 \times 21^2 \right) \times 2 = 29464 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{2 \times 20^3}{12} \times 2 + \frac{20 \times 1^3}{12} = \dots \quad A = 140$$

$$r_{max} = r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{29464}{140}} = 14.10 \text{ cm}$$

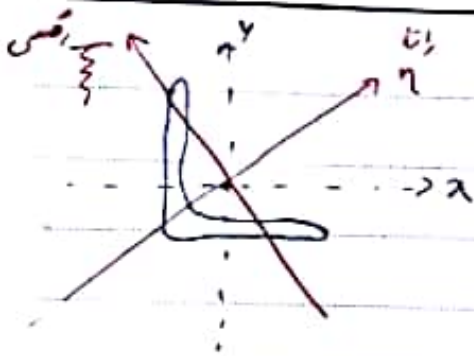
$$r_{min} = r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 4.10 \text{ cm}$$

$$S_x = \frac{I_x}{C} = \frac{29464}{22} = 1339 \text{ cm}^3$$

$$S_y = \frac{I_y}{C'} = \frac{5211}{12.5} = 417 \text{ cm}^3$$

↓
ظرفیت خمشی بزرگتر

↓
محور x = محور قوی



نقطی ہاں مساوی

$$r_y > r_x$$

$$I_x = I_y$$

$$S_x = S_y$$

$$r_{min} = r_x$$

$$r_{max} = r_y$$

$$r_x = r_y < r$$

16/12/20

11/12/20

روش طراحی LRFD

طراحی اعضای کششی:

روش طراحی ضرایب بار و مقاومت

ضریب بار (بارها)

$$\phi S \geq \sum (K_d L_d)$$

- ① ترکیب بار مرده $1.2 D$
- ② ترکیب بار مرده و زنده $1.2 D + 1.6 L$
- ③ ترکیب بار مرده و زنده و زلزله $D + L + E$

ضریب کاهش
مقاومت
(ϕ)

مقاومت
مقطع

تدوین: خطی و غیر خطی

$$\phi \leq 1$$

طراحی: بر مبنای ظرفیت نامی

ضریب کاهش مقاومت

ضریب کاهش مقاومت

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

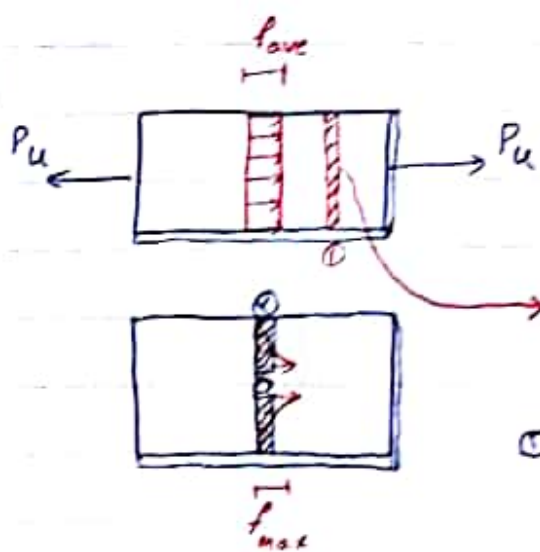
بار وارده (نیروهای اعضا)
(تحلیل)

مقاومت اسمی
مقطع
(طراحی)

نیروی کششی
ضریب در هر مقطع

مقاومت کششی
اسم ورق

طراحی اعضای کششی:



$$f_{max} = 1.5 f_{ave}$$

A_g : سطح مقطع کل (gross)

(هر چه قطر سوراخ کمتر شود f_{max} بیشتر می شود) - تصدیی

① سطح مقطع کل A_g

② A_n : سطح مقطع ناخالص (net) A_e : سطح مقطع مؤثر (effective)

$$\rightarrow \begin{cases} P_u \leq 0.9 A_g \sigma_{fy} & \text{تسلیم} \\ P_u \leq 0.75 A_e f_u & \text{تنگی نامی} \end{cases}$$

$$A_e = U A_n$$

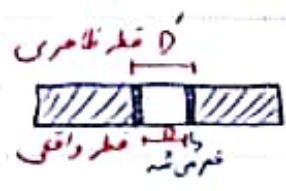
ضریب کاهش $U \leq 1$

انواع سوراخکاری در ورق ها:

d : قطر پیچ
 D : قطر سوراخ

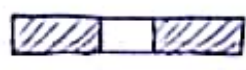
- سوراخ استاندارد
- سوراخ بزرگ
- سوراخ لوبیایی کوتاه و بلند

انواع روش های سوراخکاری:



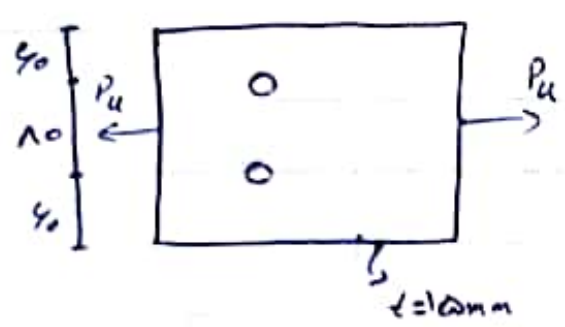
- روش پانچینگ

$$D' = D + 4 \text{ mm}$$



- روش متد کردن

$$D = D'$$



مثال) ورق روبرو از نوع St37 است. سوراخ ها با قطع $\frac{1}{4}$ هستند. برای سوراخ کاری از روش متد کردن استفاده شده است. ظرفیت کششی ورق را بدست آورید.

$$St37 \begin{cases} f_y = 235 \frac{kg}{cm^2} \\ f_u = 360 \text{ "} \end{cases}$$

$$P_u \leq 0.9 A_g f_y$$

$$D = 20 \text{ mm}$$

$$P_u \leq 0.75 A_e f_u$$

$$A_g = 40 \times 10 = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_e = 400 \text{ cm}^2$$

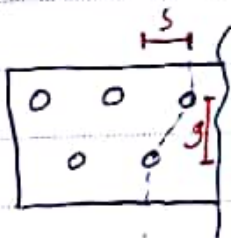
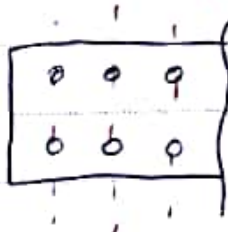
↓
در دو طرف

$$A_n = A_g - 2Dt = 400 - 2 \times 20 \times 10 = 360 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \begin{cases} P_u \leq 0.9 \times 400 \times 400 = 144000 \text{ kg} \\ P_u \leq 0.75 \times 360 \times 500 = 135000 \text{ kg} \end{cases} \rightarrow P_{\max} = 135000 \text{ kg}$$

ابعاد ایسی سرراخ بیج ها جدول ۱۰-۲-۹-۸ ص ۱۴۰

$$A_n = A_g - 2Dt$$

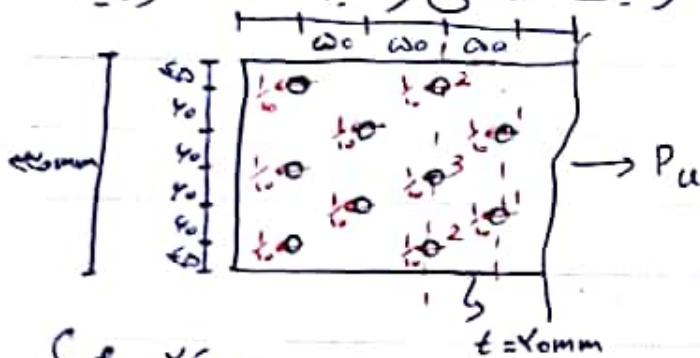


$$\rightarrow A_n = A_g - 2Dt + \frac{s^2}{4g} \times t$$

$$\text{مسیر مستقیم} + \frac{s^2}{4g}$$

تعیین سطح مقطع خالص در بیج های یک در میان

مثال) در ورق اتصال کشش روبرو ظرفیت کشش را بدست آورید.



بیج ها از نوع m20 و سوراخ استاندارد

هستند برای سوراخ کاری از روش پانچینگ

$$\begin{cases} f_y = 2400 \\ f_u = 2700 \end{cases}$$

استفاده شده است فولاد از نوع St 37 است.

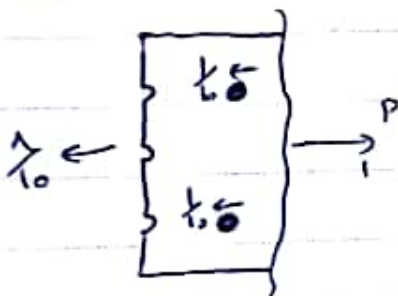
$$d = 40 \text{ mm} \rightarrow D = 24 \text{ mm}$$

$$\rightarrow D' = D + t = 24 \text{ mm}$$

$$A_g = 23 \times 2 = 46 \text{ cm}^2$$

$$\text{مسیر ۱-۱: } A_n = A_g - 2 D' t = 46 - 2 \times 24 \times 2 = 50,4 \text{ cm}^2$$

$$\text{مسیر ۲-۳-۲: } A_n = A_g - 3 D' t = 46 - 3 \times 24 \times 2 = 51,6 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\frac{1}{10}} \frac{51,6}{1,1} = 46,9 \text{ cm}^2$$



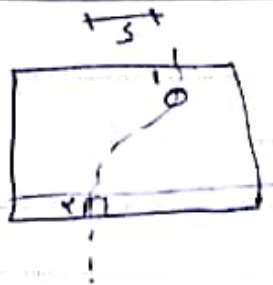
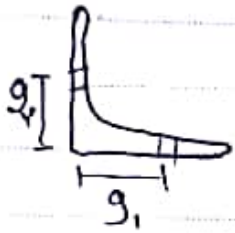
$$\text{مسیر ۲-۱-۱-۲: } A_n = A_g - 4 D' t + 2 \times \frac{s^2}{4g} \times t = 46 - 4 \times 24 \times 2 + 2 \times \frac{50^2}{4 \times 50} \times 2 = 50,96 \text{ cm}^2$$

$$\text{مسیر ۲-۱-۳-۱-۲: } A_n = A_g - 5 D' t + 4 \times \frac{s^2}{4g} \times t = 46 - 5 \times 24 \times 2 + 4 \times \frac{50^2}{4 \times 50} \times 2 = 50,32 \text{ cm}^2$$

$$P_u \leq 0,9 \times 46 \times 2400 \times 10^{-3} = 100,08$$

$$\rightarrow P_u = 100,08$$

$$P_u \leq 0,75 \times 50,32 \times 2700 \times 10^{-3} = 100,08$$



باز کردن زبانی:

$$A_{1-x} = A_g - x D t + \frac{s^2}{4g'} t$$

$$g' = g_1 + g_2 - t$$

ضریب اخت برشی:

$$A_e = U \cdot A_n$$

اتصال دبی (مهره دار)

مقاطع

$$A_e = U \cdot A_g$$

اتصال جوشی

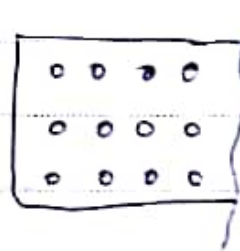
اگر اتصال در تمامی مقطع باشد $U=1$

ضریب U

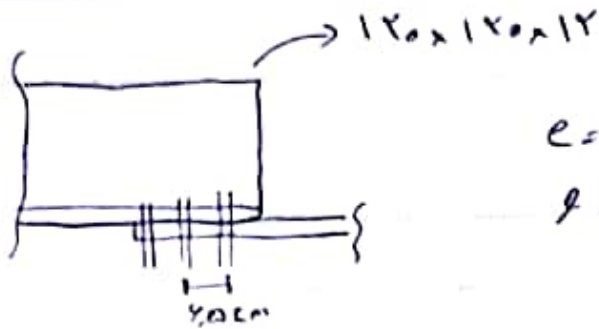
اگر بعضی از مقطع متصل باشد $U < 1$

برای ورق های وصله با اتصال دبی

$$A_e = \min (A_n, 0.85 A_g)$$



جدول ۱۰-۲-۳-۱ ص ۱۶۳



$$e = 3,4$$

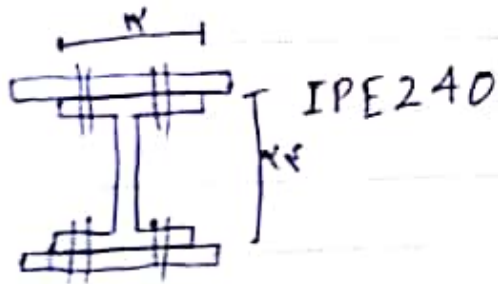
$$p = 2,2, \Delta \leq 13$$

مثال ۱. U نبش



$$\left\{ \begin{array}{l} \text{پاسخ: } U = 1 - \frac{\bar{\pi}}{p} = 1 - \frac{3,4}{12} = 0,72 \\ \text{پاسخ: } U = 0,6 \end{array} \right.$$

$$\rightarrow U = 0,72$$



$$\frac{b_f}{d} = \frac{120}{10} = 12 < \frac{p}{f} \rightarrow U = 0,10$$

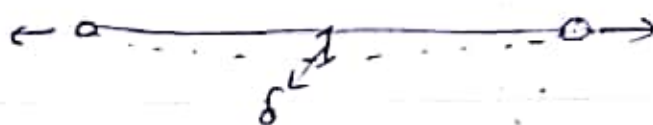
$$h - y_c = 19 \rightarrow k = \frac{y_c - 19}{f} = 2,2 \approx \bar{\pi}$$

$$\rightarrow U = 1 - \frac{\bar{\pi}}{p} = 1 - \frac{2,2}{10} = 0,78$$

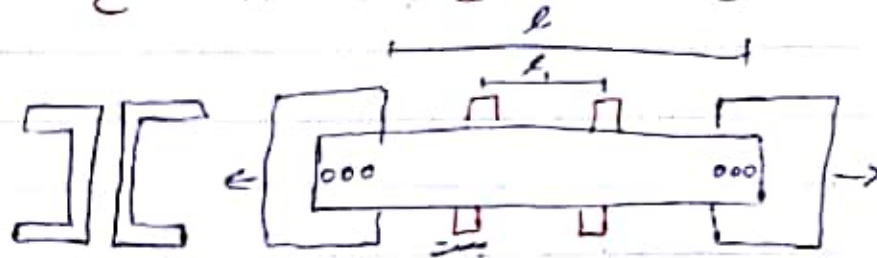
$$\rightarrow U = 0,10$$

کنترل لاغری در اعضا کششی

$$\lambda = \frac{l}{r_{min}} \leq 400$$

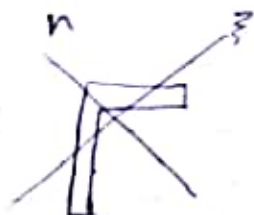


مطراحی اعضا کششی مرکب (از چند مقطع)

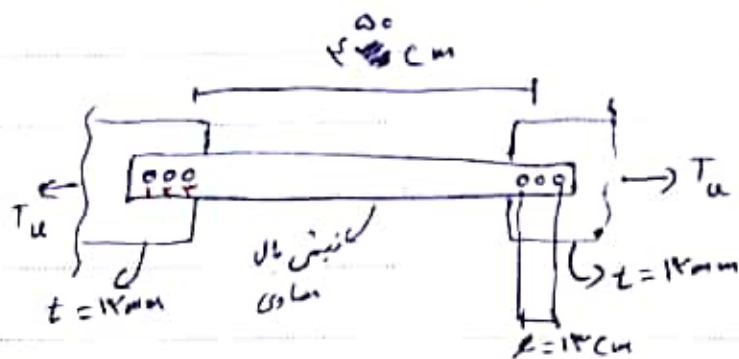


$$\lambda_{لاغری} = \frac{l}{r_{min}} \leq 400$$

$$\lambda = \frac{l_1}{r_{min}} : \text{کنترل لاغری بین پست ها}$$



$$r_{min} = r_y$$



مثال (محل اتصال)

عضو کششی رو بروی تیر

زیر وی $T_u = 350t$ قرار دارد.

این عضو از فولاد $St37$ باشد

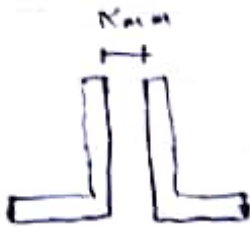
آن را در دو حالت زیر طرح کنید.

$$F_y = 4000 \text{ و } F_u = 3700 \frac{kg}{cm^2}$$

پیچ ها از نوع m^{10} سوراخ بزرگ روشی شده کردن می باشد.

فاصله می مرکز تا مرکز پیچ ها برابر $45mm$ می باشد.

الف) از یک نبشی بال مساوی استفاده شود.



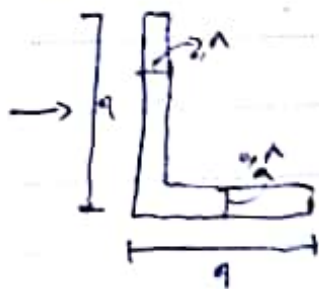
ب) از دو نبشی بال مساوی با مقطع زوئرو استفاده شود.
طرح بست ها را هم به دست آورید.

$$d = 40 \rightarrow D = 44$$

$$\begin{cases} T_u \leq 0.9 A_g F_y \rightarrow 20 \times 10^3 \leq 0.9 A_g \times 2500 \rightarrow A_g \geq 13.9 \text{ cm}^2 \\ T_u \leq 0.6 A_e F_u \\ \lambda = \frac{L}{r_{min}} \leq 200 \rightarrow \frac{430}{r_{min}} \leq 200 \rightarrow r_{min} \geq 1.5$$

$$\xrightarrow{\text{مقطع}} 90 \times 90 \times 8 \rightarrow \begin{cases} A = 13.9 \text{ cm}^2 \\ r_{min} = 1.54 \end{cases} \quad \text{چون بیشترین تره}$$

$$\xrightarrow{r_{min}} 100 \times 100 \times 8 \rightarrow \begin{cases} A = 14.3 \\ r_{min} = 1.56 \end{cases}$$



$$A = 13.9 \text{ cm}^2$$

$$r_{min} = r_x = 1.56 \text{ cm}$$

$$\bar{x} = e = 2.50 \text{ cm}$$

طرح اولیه

$$A_g = 13.9 \text{ cm}^2$$

$$\text{مسیر ۳} \rightarrow A_n = A_g - D' t = 13.9 - 2.5 \times 0.8 = 11.9 \text{ cm}^2$$

جدول ۱-۲-۳

۱ بند $\rightarrow U = 0,6$

$\rightarrow U = 0,81$

۲ بند $\rightarrow U = 1 - \frac{\bar{x}}{\phi} = 1 - \frac{2,6}{13} = 0,81$

$\rightarrow A_e = U A_n = 0,81 \times 11,98 = 9,70 \text{ cm}^2$

$\rightarrow \begin{cases} T_u \leq 0,9 A_g F_y \rightarrow T_u = 30 \leq 0,9 \times 13,9 \times 3500 \times 10^{-3} = 43,05 \text{ kN} \checkmark \end{cases}$

$\rightarrow \begin{cases} T_u \leq 0,75 A_e F_u \rightarrow T_u = 30 \leq 0,75 \times 9,7 \times 3700 \times 10^{-3} = 26,12 \text{ kN} \times \end{cases}$

$\rightarrow 90 \times 90 \times 1 \text{ نبشی} \times \rightarrow \text{یک سطح مقطع بزرگ تر} \rightarrow 100 \times 100 \times 10$

$A = 10,1 \text{ cm}^2$ و $r_{min} = 1,55 \text{ cm}$ و $e = 2,35 \text{ cm}$

$A_g = 10,1 \text{ cm}^2 \rightarrow A_n = 10,1 - 2,5 \times 1,0 = 7,6 \text{ cm}^2$

تعیین U

۱ بند $\rightarrow U = 0,6$

$\rightarrow U = 0,82$

$\rightarrow \begin{cases} 2 \text{ بند} \rightarrow U = 1 - \frac{2,5}{13} = 0,82 \end{cases}$

$\rightarrow A_e = U \times A_n = 0,82 \times 7,6 = 6,23 \text{ cm}^2$

$\rightarrow T_u \leq 0,75 A_e F_u \rightarrow T_u = 30 \leq 0,75 \times 6,23 \times 3700 \times 10^{-3} = 17,19 \text{ kN} \times$

→ $100 \times 100 \times 10$ نبشی X → یک سطح مقطع بزرگتر → $100 \times 100 \times 1$

$$A = 15,5 \text{ cm}^2 \quad r_{\min} = 1,94 \text{ cm} > 1,5 \checkmark \quad e = 2,5 \text{ cm}$$

$$A_n = 15,5 - 2,5 \times 1,5 = 14,5 \text{ cm}^2$$

تعیین U

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{لبه} \rightarrow U = 0,4 \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{بند} \rightarrow U = 1 - \frac{\bar{\lambda}}{\rho} = 1 - \frac{2,5 \times 2,5}{14,5} = 0,79 \end{array} \right.$$

$$A_e = U \times A_n = 0,79 \times 14,5 = 10,7 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow T_u = \sigma_0 < 0,75 \times 10,7 \times 3500 \times 10^{-3} = 29,4 \text{ kN} \quad \text{X}$$

→ $100 \times 100 \times 10$ نبشی X → $90 \times 90 \times 10$

$$A = 17,1 \text{ cm}^2 \quad r_{\min} = 1,75 \text{ cm} > 1,5 \checkmark \quad e = 2,5 \text{ cm}$$

$$A_n = 17,1 - 2,5 \times 1,5 = 14,1$$

تعیین U

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{لبه} \rightarrow U = 0,4 \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{بند} \rightarrow U = 1 - \frac{\bar{\lambda}}{\rho} = 1 - \frac{2,5 \times 17,1}{14,1} = 0,10 \end{array} \right.$$

$$\rightarrow A_e = U \times A_n = 0,10 \times 14,1 = 1,41 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow T_u = \sigma_0 < 0,75 \times 1,41 \times 3500 \times 10^{-3} = 37,4 \text{ kN} \quad \checkmark \rightarrow \text{هوا}$$

کنترل لایه ها $\lambda = \frac{e}{r_{min}} = \frac{400}{1,50} = 267 \leq 300 \checkmark$ هورا

$$\begin{cases} T_u < 0,9 A_g F_y \rightarrow 20 \times 10^3 \leq 0,9 \times A_g \times 400 \rightarrow A_g \geq 13,11 \text{ cm}^2 \quad (\text{بهرین}) \\ T_u < 0,5 A_c F_u \end{cases}$$

$$\lambda = \frac{e}{r_{min}} \leq 300 \rightarrow \frac{400}{r_{min}} \leq 300 \rightarrow r_{min} \geq 1,33 \text{ cm}$$

بهرین $A \geq \frac{13,11}{0,9} = 14,56 \text{ cm}^2 \rightarrow 70 \times 70 \times 4, A = 19,6 \geq 14,56 \checkmark$

$r_x \geq 1,33 \rightarrow 70 \times 70 \times 4, r_x = 1,52, A = 19,6 \text{ cm}^2 \times$

$\rightarrow 70 \times 70 \times 4, A = 19,6 \text{ cm}^2, r_x = 1,52 \text{ cm}, r_y = 1,52 \text{ cm}$

$A_g = 4 \times 19,6 = 78,4 \text{ cm}^2$

$A_n = A_g - 2 D' t = 78,4 - 4 \times 4,5 \times 0,4 = 76,6 \text{ cm}^2$

تعیین

$\begin{cases} 1 \text{ لایه} \rightarrow U = 0,6 \end{cases}$

$\begin{cases} 2 \text{ لایه} \rightarrow U = 1 - \frac{\bar{x}}{e} = 1 - \frac{1,92}{1,5} = 0,72 \end{cases}$

$\rightarrow A_e = U A_n = 0,72 \times 76,6 = 55,15 \text{ cm}^2$

$T_u = 20 \leq 0,5 A_c F_u = 11,35 \times 350 \times 10^{-3} = 39,725 \checkmark$

$\lambda = \frac{e}{r_{min}} = \frac{400}{1,1} = 364 \leq 300 \checkmark \rightarrow 70 \times 70 \times 4 \checkmark$

طرح بست ها:

- حداقل از دو بست استفاده شود: (پیش نهاد طراحی)

$$\frac{L_1}{r_{min}} \leq 200 \rightarrow \frac{L_1}{1.57} \leq 200 \rightarrow L_1 \leq 311 \text{ cm}$$

بند پرویل

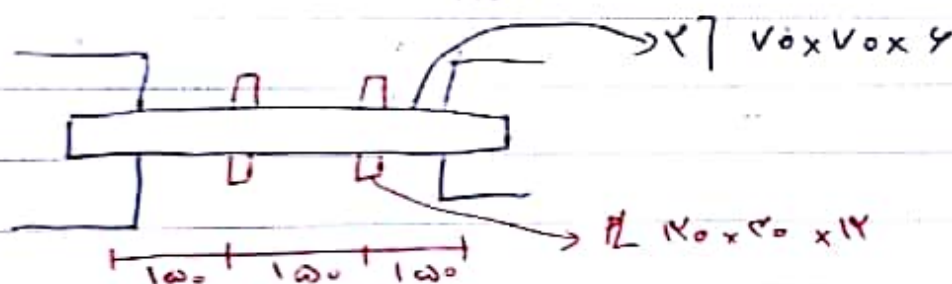
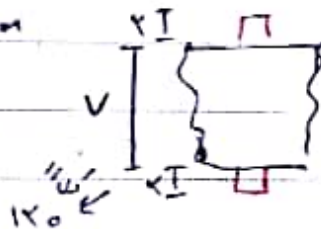
بست ۱ - ۱ - ۱

بست ۲ - ۲ - ۲

از جهت المپتان از دو بست به یک بست ثابت می کند
استفاده می کنیم

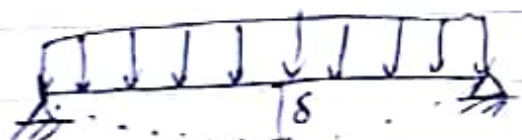
$$\rightarrow PL \ 140 \times 40 \times 12 \text{ mm}$$

حداقل قطر



طراحی اعضای خمشی:

تیرهای مهار شده:



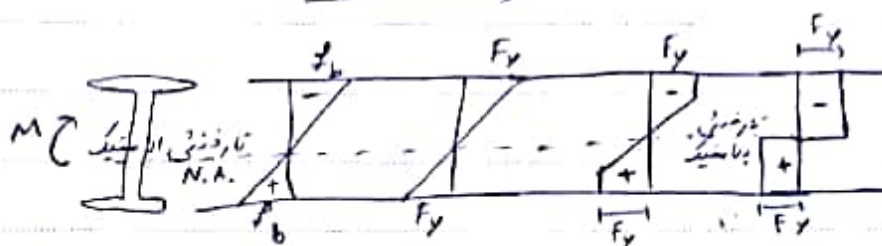
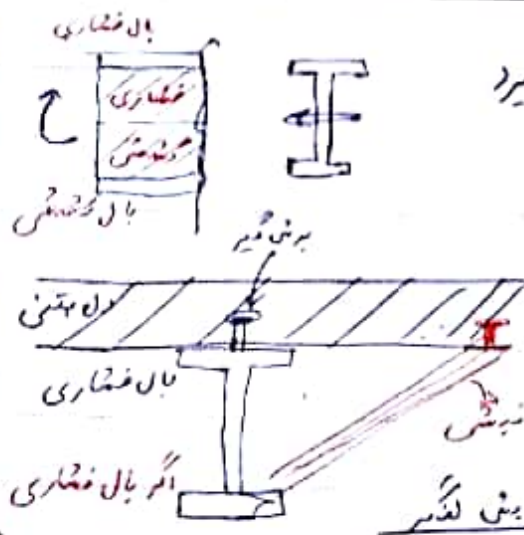
- لنگر: M

- برش: V

- تغییر مکان (خیز): δ

- هر عضو فشاری و مرالمان فشاری تحت کماتر قرار می گیرند
Buckling

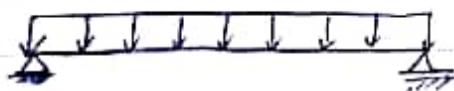
- بابل فشاری مهار شده باشد : تیر مهار شده



$$M = F_b \cdot S \leq M_y = F_y \cdot S \leq M \leq M_p = F_y \cdot Z$$

محدود مقطع پلاستیک \rightarrow $M_p = F_y \cdot Z$
 لغزش پلاستیک \rightarrow $M_y = F_y \cdot S$
 ظرفیت خردش الاستیک \rightarrow $M = F_b \cdot S$
 محدود مقطع الاستیک \rightarrow $M = F_b \cdot S$

طراحی تیرهای مهار شده

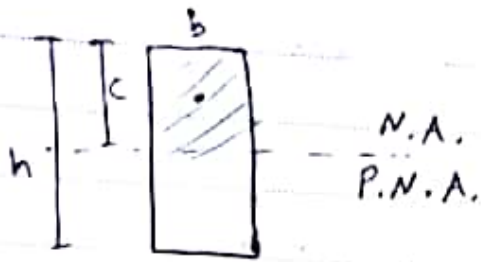
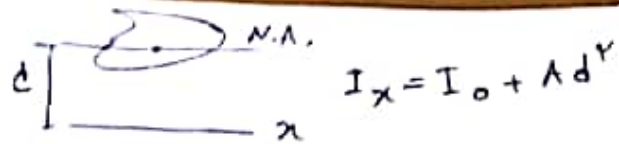


$$M_y = F_y \cdot S \quad \text{لغزش الاستیک}$$

$$M_p = F_y \cdot Z \quad \text{لغزش پلاستیک}$$

$$S = \frac{I}{c} = \frac{\int y^2 dA}{c} \quad \text{محدود مقطع الاستیک}$$

$$Z = \int |y| dA = \sum A_i |y_i| \quad \text{محدود مقطع پلاستیک}$$

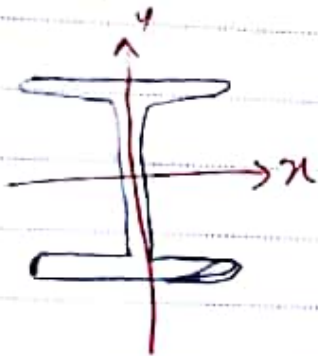


جہانگیر شاہ

$$S = \frac{\frac{bh^r}{4}}{\frac{h}{4}} = \frac{bh^r}{4}$$

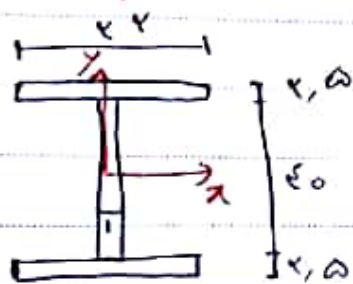
$$Z = \sum A_i |y_i| = \frac{bh}{r} \times \left(\frac{h}{r} \times r\right) = \frac{bh}{r}$$

$$\rightarrow \frac{2}{5} = 1, \omega$$



$$\frac{2\pi}{s_n} = \left(\frac{2}{s}\right)_n = 1, 1.5, 1, 1$$

$$\left(\frac{Z}{s}\right)_Y = 1, \Delta$$



مثال) نسبت $\frac{2x}{s_x}$, $\frac{2y}{s_y}$, 1 بدست آورید.

$$d_{\text{geo}}: I_{\pi} = \left(\frac{r \times r \cdot \omega^{\pi}}{1r} + r \times r \cdot \omega \times r \cdot 1, r \omega^{\pi} \right) \cdot r + \frac{1 \times r \cdot \omega^{\pi}}{1r} = \omega \omega_0 r \omega \omega^{\pi}$$

$$S_{\lambda} = \frac{I_{\lambda}}{c} = \frac{0.0084, W}{4, W} = 454 V, 4 cm^3$$

$$Z_{\pi} = \sum A_i |Y_i| = \psi \psi^* \psi, \omega \times \psi, \psi \omega \times \psi + \psi_0 \times 1, 1 \times \psi = \psi \psi^* \psi, \omega$$

$$\rightarrow \left(\frac{2}{5}\right)_x = \frac{\cancel{x} \cancel{x} \cancel{x} \cancel{x} \omega}{\cancel{x} \cancel{x} \cancel{x} \cancel{x} \cancel{x}} = 1, 1x$$

$$I_y = \frac{1}{12} \times 2 \times 4^3 + \frac{1}{12} \times 40 \times 1^3 = 124.66 \text{ cm}^4$$

$$S_y = \frac{I_y}{c} = \frac{124.66}{11} = 11.33 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = \sum A_i |y_i| = 11 \times 2 + 40 \times 0.5 + 40 \times 0.5 = 61 \text{ cm}^3$$

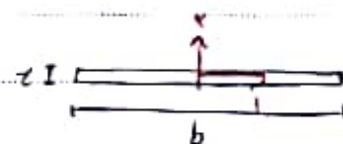
$$\rightarrow \left(\frac{Z}{S}\right)_y = \frac{61}{11.33} = 5.38$$

کمانش موضعی:

هر جزء فشاری، هر قطعه فشاری، هر بخش فشاری، هر المان فشاری امکان کمانش دارد.

کمانش کلی: بآل فشاری مهار شده است.

کمانش موضعی:



کمانش ورق ها: $r_1 = r_{min}$

$$I_1 = \frac{bt^3}{12} \rightarrow r_1 = \sqrt{\frac{I_1}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{bt^3}{12}}{bt}} = \frac{t}{\sqrt{12}}$$

$$r_{min} = \frac{t}{\sqrt{12}}$$

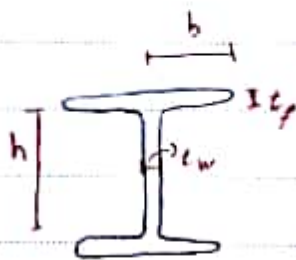
$$\lambda_{غیر} \propto \frac{L}{r_{min}} = \frac{b}{\frac{t}{\sqrt{12}}} = \sqrt{12} \frac{b}{t} \rightarrow \lambda \propto \frac{b}{t}$$

کنترل کمانش موضعی: کنترل نسبت های $\frac{b}{t}$

$$\frac{b}{t} \leq \alpha \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$E = 2.05 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- شکل کبی رابطه:



برای بال $\frac{b}{t} = \frac{b_f}{2t_f}$

برای جان $\frac{b}{t} = \frac{h}{t_w}$

جدول ۱۰ - ۲ - ۳

۴ - ۲ - ۲ - ۱۰

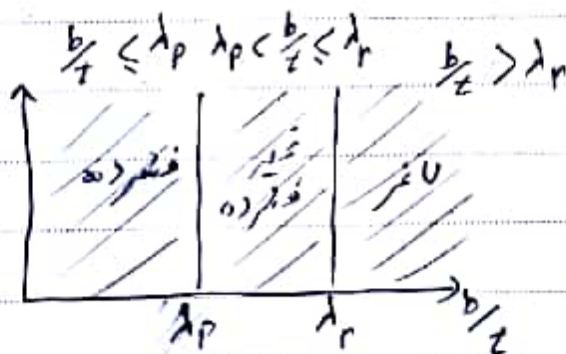
نسبت $\frac{b}{t}$ برای اعضای خمشی

مقطع فشرده $M = M_p$

$M_y \leq M \leq M_p$ مقطع غیر فشرده

$M < M_y$ مقطع لاغر

کمانش موضعی



$$R_u \leq \phi R_n$$

رابطه ای می
LRFD

مقراری برای گسترش:

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

رابطه طرح فشر

$$\phi_b = 0.9$$

(مقراریت) گسترش آسبی
ضریب فشر
مقاومت
گسترش موجود در
مقطع تحت
بارهای فشر دار

بند ۲-۵-۲-۱۰

مقطع فشرده:

- بال فشرده باشد.
- جان فشرده باشد.
- بال به جان به صورت پیوسته متصل باشد.
- بال فشرده می باشد.

بند ۲-۵-۲-۱۰

بند ۲-۵-۲-۱۰

بند ۲-۵-۲-۱۰

بند ۲-۵-۲-۱۰

بند ۲-۵-۲-۱۰

بند ۲-۵-۲-۱۰

طراحی اعضای خمشی :

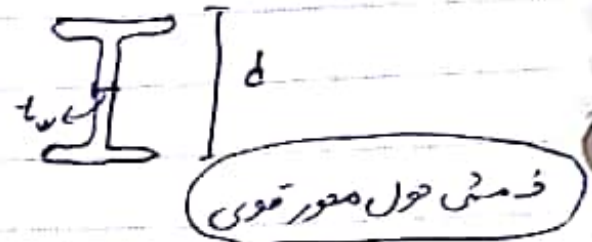
- طراحی برش :

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$\phi_v = 0.9$ (مگر در منابع ذکر شود) $A_w = d t_w$

$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$

ضرب اصلاح C_v
سطح مقطع برشی



حالت اول

$$\frac{h}{t_w} < 2.4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \left. \begin{array}{l} C_v = 1 \\ \phi_v = 1 \end{array} \right\} \text{I مورد توجه}$$

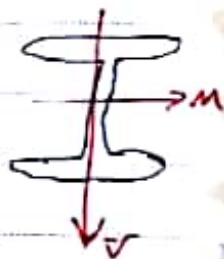
۱-۲-۶-۲-۱۰ : ۱۵ ص

حالت ب) برای سایر مقاطع به غیر از I

حالت دوم

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

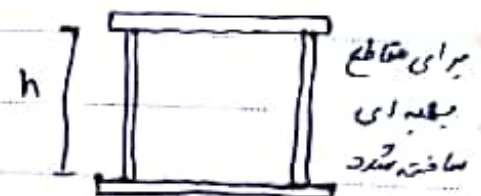
$$\frac{h}{t_w} \leq 260 \rightarrow k_v = \infty$$



بند ۱۰-۲-۶-۵ :

$A_w = h t$

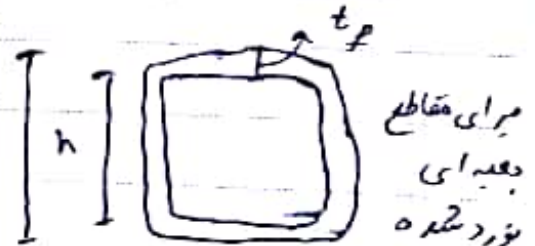
برای مقاطع جعبه‌ای
با جوش قوس بهمان $t = t_w$



برای سایر انواع جوشی $t = 0.9 t_w$

$k_v = \infty$

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



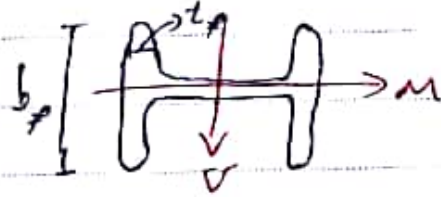
$n = d - 2 t_f$

بند ۱۰-۲-۶-۶ ← نوله ای

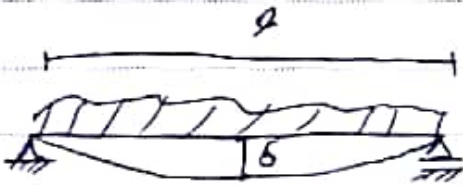
بند ۱۰-۲-۶-۷ ←

برای $A_w = b_f t_f$
 برای $A_w = 2 b_f t_f$
 $k_v = \frac{1}{2}$

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



کنترل فیز (کنترل تغییر مکان)



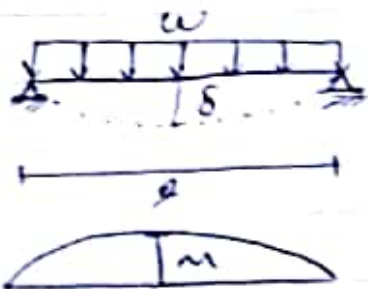
$$\delta_{max} \leq \frac{L}{180} \quad \delta_{max} \leq \frac{L}{800} \text{ برای مقل}$$

به آیین نامه یا
آیین نامه ملی
بستگی دارد

مراجعه به روش LRFD به بارهای ضریب دار
کنترل فیز به حد سرویس به بار بدون ضریب

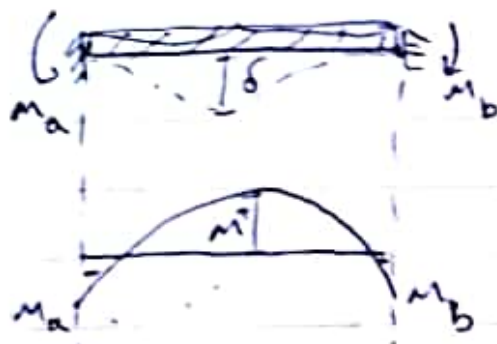
$$\left. \begin{array}{l} \text{تحت بار} \\ \text{مردم زنده} \end{array} \right\} \delta_{D+L} \leq \frac{L}{240} \\ \left. \begin{array}{l} \text{تحت بار زنده} \end{array} \right\} \delta_L \leq \frac{L}{360}$$

ضوابط آیین نامه
مبحث دهم



$$\delta = \frac{5 w l^4}{384 EI}, \quad M = \frac{w l^2}{8}$$

$$\delta = \frac{5 w l^4}{384 EI}$$

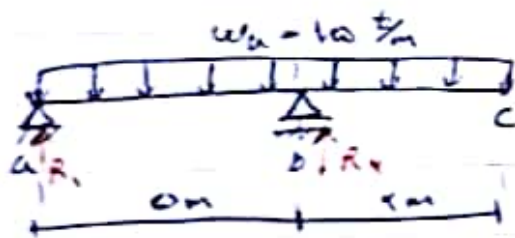


$$\delta_{\max} = \frac{5 M_e l^4}{384 EI}, \quad M_e = M^* - 0.1 (M^* l^2)$$

رابطه تقریبی مناسبه تغییر مکان ماکزیم تغییر بوده

مثال) تیر روپرو را از پروفیل IPE طرح کنید. فولاد از نوع ST3

از وزن تیر صرفه نظر می شود



$$\sum M_A = 0$$

$$\frac{3.15}{6.00} = \frac{x_1}{x_2}$$

$$x_1 = 0.172 x_2$$

$$x_2 = 4.9 \rightarrow x_1 = 0.8$$

$$\rightarrow R_1 \times 6 - V \times 1.5 \times 3.0 = 0$$

$$\rightarrow \underline{R_1 = 1.45}$$

$$R_1 + 1.45 \times 6 - V \times 1.5 \times 6 = 0$$

$$\rightarrow \underline{R_1 = 3.15}$$

$$S_1 = \frac{3.15 \times 0.8}{2} = 1.27$$

$$S_2 = \frac{1.45 \times 4.9}{2} = 3.57$$

$$S_2 = 3$$



$$V_A = 1.45$$

$$M_A = 0$$



$$\begin{cases} V_u = 4,25 \text{ t} \\ M_u = 3,31 \text{ t.m} \end{cases}$$

$$E = 2,05 \times 10^6$$

$$M_u \leq \phi_b M_n = 0,9 F_y Z$$

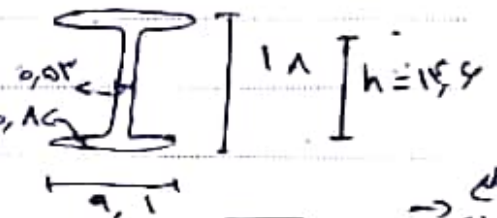
$$M_u \leq 0,9 F_y Z \rightarrow 3,31 \times 10^3 \leq 0,9 \times 2400 \times Z$$

$$\rightarrow Z \geq 153 \text{ cm}^3$$

$$IPE 180, Z = 166 > 153 \text{ cm}^3$$

کنترل کماتش موضعی

IPE 180



$$\begin{cases} \frac{b_f}{t_f} = \frac{180}{9,1} = 19,78 \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11,01 \text{ OK} \\ \frac{h}{t_w} = \frac{180}{6,5} = 27,69 \leq 0,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 37,76 \text{ OK} \end{cases}$$

منطق
نشرده

کنترل خمشی

$$M_u \leq \phi_b M_n = 0,9 F_y Z$$

$$M_u = 3,31 \leq 0,9 \times 2400 \times 166 \times 10^{-6} = 3,59 \text{ OK}$$

$$V_u \leq \phi_v (0,6 F_y A_w C_v) \rightarrow V_u = 4,25 \leq 120,6 \text{ OK}$$

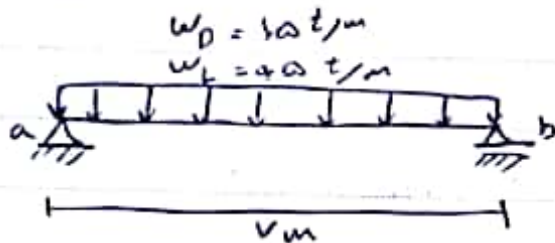
$$1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \frac{a}{l_0} ; \frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\rightarrow \frac{180}{6,5} = 27,69 \leq 2,24 \sqrt{1800} = 60,3 \text{ OK}$$

→ USE IPE 180

مثال) تیر رو بروی، نسبتاً به طول مهار شده است برای کنترل خیز از رابطه
 $\delta_{D+L} \leq \frac{S}{250}$ استفاده کنید. فولاد ST37 است. این تیر را از پروفیل

IPE طرح کنید. برای طراحی از ترکیب بار

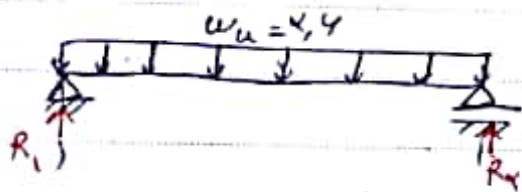


$$w_u = 1.2 w_D + 1.4 w_L$$

$$w_u = 2.4$$

استفاده کنید. $1.2 D + 1.4 L$

الف) تحلیل تحت ترکیب بارها



$$R_1 = \frac{2.4 \times l}{2} = 9.1 = R_2$$

$$\frac{9.1 \times 2.5}{2} = 15.93$$

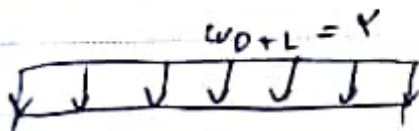


$$\begin{cases} V_u = 9.1 \text{ t} \\ M_u = 15.93 \text{ t.m} \end{cases}$$

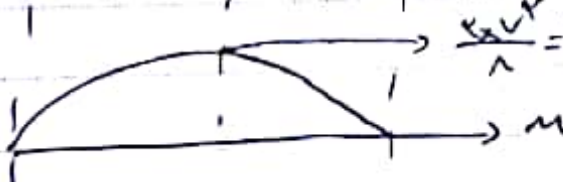


$$w = w_D + w_L = 1.5 + 4.5 = 2 \text{ t/m}$$

ب) تحلیل تحت بار سرویس



$$\frac{2 \times l^2}{8} = 12.5 \text{ t.m}$$



$$M_u = 15,93 \leq \phi_b M_n = 0,9 F_y Z$$

طرح اولیه:

$$15,93 \times 10^3 \leq 0,9 \times 2400 \times Z \rightarrow Z = 738 \text{ cm}^3 \rightarrow \text{IPE 330} \checkmark$$

$$Z = 1054 > 738$$

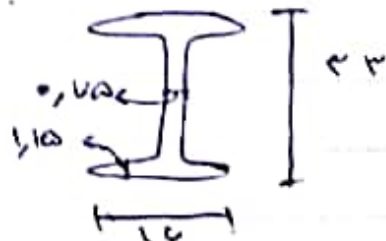
$$\delta \leq \frac{L}{r_{y0}} \rightarrow \frac{\omega_{met}}{r_{y0} E I} \leq \frac{L}{r_{y0}}$$

$$\rightarrow \frac{\omega \times 14,4 \times 10^3 \times 700}{r_{y0} \times 204 \times 10^4 \times I} \leq \frac{1}{r_{y0}} \rightarrow I \geq 10508 \text{ cm}^4$$

$$\text{IPE 330} \checkmark$$

$$I = 11770 > 10508$$

$$\text{IPE 330} \cdot \begin{cases} Z = 1054 \text{ cm}^3 \\ I = 11770 \text{ cm}^4 \\ h = 331 \text{ cm} \end{cases}$$



کنترل گسایش موضعی

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{b_f}{r_{yf}} = \frac{14}{2 \times 115} = 6,09 \leq 0,58 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,58 \sqrt{\frac{20500}{240}} = 11,08 \text{ ok} \\ \frac{h}{t_w} = \frac{331}{6} = 55,17 \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{20500}{240}} = 109,62 \text{ ok} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \text{مقطع غیر در دسترس} \rightarrow M_n = F_y \cdot Z$$

کنترل قوس

$$M_u = 15,93 \leq 0,9 F_y \cdot Z = 0,9 \times 2400 \times 1054 \times 10^{-3} = 2287,2 \text{ kN.m} \text{ ok}$$

کنترل میرایی:

$$\frac{h}{t_w} = 54,1 \leq 4,22 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 65,3 \text{ OK}$$

$$C_v = \phi_v = 1 \rightarrow V_u = 9,1 \leq \phi_v (0,6 F_y A_w C_v) \\ = 1 \times 0,6 \times 4500 \times 22 \times 0,75 \times 1 \times 10^{-3} = 35,64 \text{ OK}$$

$$\delta_{D+L} \leq \frac{L}{450} \rightarrow \delta = \frac{\omega_m L^4}{48 EI} = \frac{0,1 \times 10^5 \times 700^4}{48 \times 2,05 \times 10^8 \times 11770} \text{ کنترل فیز:} \\ = 1,4 \text{ cm} \leq \frac{L}{450} = \frac{700}{450} = 1,55 \text{ cm OK}$$

use IPE 330