



مقدمه: این مختصر که از نظر شما می گذرد حاوی هفت (7) مسئله در باب فمش می باشد که از کتاب آقای Bowles به فارسی ترجمه شده و بلاما فهم و درک بیشتر مسائل داده شده در صورت مسائل بعضاً تفسیراتی ایجاد گردیده است. تهیه و تنظیم مل مسائل به روش گام به گام براساس آئین نامه AISC می باشد ، که شامل دو سری می باشد:

- 1- سری اول : طراحی تیرهای فمشی با اتکاء جانبی
- 2- سری دوم : طراحی تیرهای فمشی بدون اتکاء جانبی

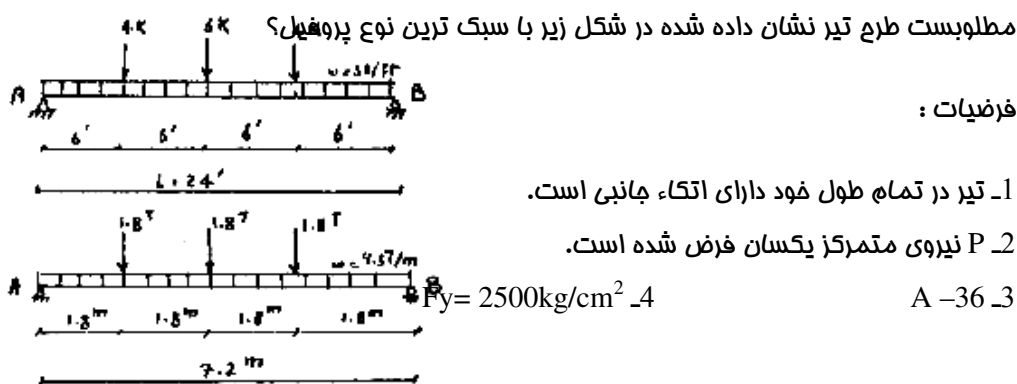
### سری اول:

#### روش گام به گام در مل مسائل به روش تنش مجاز:

- 1- بمنظور سهولت در امر یادگیری مسائل از سیستم SI به سیستم متریک تبدیل شده است.
- 2- تحلیل استاتیکی یا تحلیل سازه (تحلیل سازه های نامعین II) بمنظور رسم دیاگرامهای برش و فمش
- 3- آنالیزهای ماکزیمم ( $M_{max}$ ) که از رسم دیاگرام فمش حاصل خواهد شد.
- 4- به طور کلی تنش مجاز فمشی پایه برای تیرها با اتکای جانبی کافی که نسبت های عرض به ضفامت عناصر تحت فشار نیمرخ آن از مقادیر مندرج در جدول 1 (فصل هشتم کتاب طراحی سازه - شاپور طاهونی) کوچکتر است ، مساوی  $F_b = 0.6F_y$  می باشد ، لیکن آئین نامه اجازه می دهد بر حسب وجود شرائط خاصی ، این تنش قدر افزایش یابد. تنش های مجاز فمشی آئین نامه AISC طبق یکی از روش های پنجگانه کتاب آقای شاپور طاهونی صفحات 352-349 بدست خواهند آمد.
- 5- مناسبه  $F_b$  با فرض فشرده و مدس اولیه مقطع ( $S_x$ )
- 6- کنترل فشردگی مقطع
- 7- کنترل  $F_b$  مفروض بند 5 با توجه به امتساب وزن تیر در طراحی فمش تیر.
- 8- کنترل فیز یا تغییر شکل
- 9- کنترل برش
- 10- طرح نهائی با توجه به اقتصادی بودن مقطع.



## مسئله اول:



1- تبدیل آماد از سیستم SI به متریک

$$1 \text{ ft} = 0.3 \text{ m}$$

$$1 \text{ in} = 2.5 \text{ cm}$$

$$\text{kips} = \text{klb} = 1000 \text{ lb} = 1000 \times 0.45 = 450 \text{ kg}$$

$$4 \text{ k} = 4 \times 0.45 = 1.8 \text{ Ton}$$

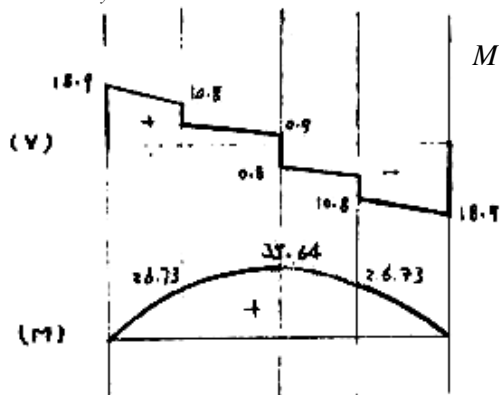
$$W = \frac{3 \text{ kips}}{\text{ft}} = \frac{3 \times 0.45}{0.3} = 4.5 \text{ T/m}$$

$$\left. \begin{array}{l} 12 \text{ in} = 1 \text{ ft} \end{array} \right\}$$

2- تحلیل استاتیکی تیر و رسم دیاگرامهای برش و فمش

$$\sum M_B = R_A \times 7.2 - 4.5 \times \frac{(7.2)^2}{2} - 1.8(5.4) - 1.8 \times 3.6 - 1.8 \times 1.8 = 0.$$

$$\sum F_y \uparrow = -4.5 \times 7.2 - 3(1.8) + 18.9 + R_B = 0. \Rightarrow R_H = R_B = 18.9 \text{ Ton}$$

3- همان ماکزیمم طبق دیاگرام فمش  $M_{\max} = 35.64 \text{ T.m}$ 

4- با فرض مقطع فشرده تنش مجاز برابر است با:

$$F_b = 0.66 F_y = 0.66(2500) = 1650 \text{ kg/cm}^2$$



$$S_x = \frac{M_{\max}}{F_b} = \frac{32.64(10)^2}{1650} = 2160 \text{ cm}^3$$

$$2160 = \text{IPB-340}$$

## 5- کنترل شرائط فشردگی مقطع

$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{545}{\sqrt{fy}} \Rightarrow \frac{30}{2 \times 2.25} < \frac{545}{\sqrt{2500}} \quad \text{ok.}$$

$$\frac{d}{tw} \leq \frac{5367}{\sqrt{Fy}} \Rightarrow \frac{36}{1.25} < \frac{5367}{\sqrt{2500}} \quad \text{ok.}$$

• پس مقطع فشرده است یعنی  $F_b = 0.66fy$

6- با توجه به وزن تیر ، تنش فمشی  $F_b$  را کنترل می نمائیم:

وزن تیر :

$$q = 0.142 \quad T/m$$

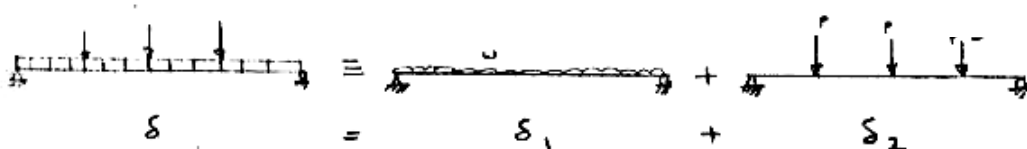
$$M = \frac{wl^2}{8} = \frac{0.142 \times 7.2^2}{8} = 0.92 T.m$$

$$\text{کل } M = 0.92 + 35.64 = 36.56 T.m$$

$$S_x = 2400 \text{ cm}^3$$

$S_x$  مربوط به IPB-360

## 7- کنترل تغییر شکل



$$\delta_1 = \frac{5qL^3}{38431} = \frac{5 \times \frac{4.5 \times 10^3}{100} (7.2 \times 100)^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 43190} = 1.74 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \frac{19PL^3}{384EI} = \frac{19 \times 1.8 \times 10^3 \times (420)^3}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 43190} = 0.36 \text{ cm}$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 2.11 \text{ cm}$$

طبق بند 1-13-1 آئین نامه AISC: حداکثر تغییر شکل تیرها ، حاصل از بار زنده  $\frac{1}{360}$  طول دهانه

کوچکتر می باشد که به این تعداد نصف بار زنده را جهت تغییر شکل بار مرده ، اضافه می کنند (تجربی است) که  $\Delta$  مجاز چنین خواهد شد:

$$\Delta = \Delta + \frac{\Delta}{2} \text{ مجاز}$$

$$\Delta = \frac{L}{360} = \frac{72(10)^2}{360} = 2cm$$

ناشی از بار زنده

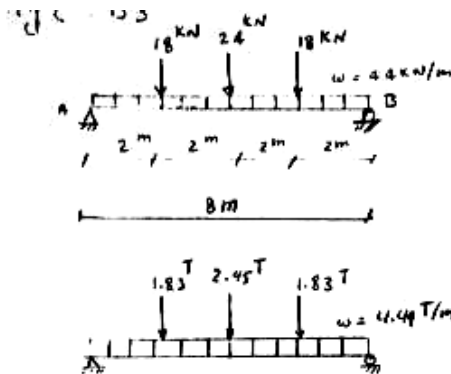
$$\Delta = 2 + 1 = 3cm$$

$$\delta < \Delta \Rightarrow 2.11 < 3cm$$

8- کنترل برش: طبق بند 1-5-1-2-1 آئین نامه AISC:

$$\frac{V}{tw.d} \leq 0.4F_y \quad V_{\max} = 18.9\text{Ton}$$

$$\frac{18.9(10)^3}{1.25 \times 36} < 0.4(2500)$$

9- بنابراین طرح می شود. IPB-360 که معادل  $W21 \times 68$  (در سیستم انگلیسی است).**مسئله دوم**

مطلوبست طرح نیز نشان داده شده در شکل

زیر سبک ترین نوع پروفیل؟

فرضیات:

1- تیر در تمام طول خود دارای اتکاء جانبی است

$$F_y = 250\text{Mpa}$$

1- تبدیل آماد SI به متریک:

$$1\text{KN} = 1000\text{N} \div 9.81 = 101.94\text{kg}$$

$$24\text{KN} = 24000 \div (9.81 \div 1000) = 2.45\text{ton}$$

$$18\text{kn} = 18000 \div (9.81 \div 1000) = 1.83\text{ton} \quad , \quad 44\text{kn/m} = (44 \times 10^3) \div (9.8 \div 1000) = 4.49\text{T/m}$$

$$250\text{Mpa} = 250 \times 10^3 \text{ pa}$$

$$1\text{pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \Rightarrow 250\text{Mpa} = 250 \times 10^6 \frac{\text{n}}{\text{m}^2}$$

$$(250 \times 10^6 \div 9.81) \times 10^{-4} = 2548 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

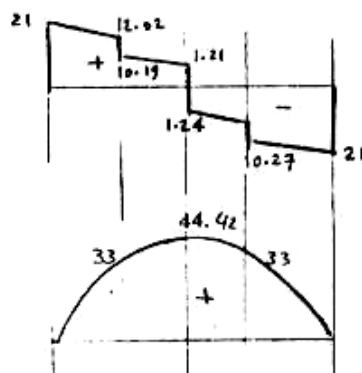
2- تحلیل استاتیکی تر و رسم دیاگرامهای برش و فمش

$$\sum^+ M_b = 0 \Rightarrow 8RA - 4.49 \times \frac{8^2}{2} - 1.83 \times 6 - 2.45 \times 4 - 1.83 \times 2 = 0.$$

$$\sum f_y = 0 \Rightarrow RA = RB = 21\text{ton}$$



ممان ماکزیمم طبق دیاگرام فمش  $M_{max}=44.4 \text{ T.m}$



4- با فرض مقطع فشرده ، تنش مجاز برابر است با:

$$F_b = 0.66F_y = 0.66(2548) = 1682 \text{ kg/cm}^2$$

5- تعیین  $S_x$  اولیه :

$$S_x = \frac{M_{max}}{fb} = \frac{44.4(10)^2}{1682} = 2639.7 \text{ cm}^3 = IPB - 400$$

$$IPB-400: t_f = 2.4 \text{ cm} \quad t_w = 1.32 \text{ cm} \quad d = 40 \text{ cm} \quad b_f = 30 \text{ cm} \quad G = 155 \text{ kg/m}$$

6- کنترل شرائط فشرده گی مقطع

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{242}{\sqrt{f_y}} \Rightarrow \frac{30}{2 \times 2.4} < \frac{242}{\sqrt{2548}} \quad \text{ok.}$$

$$\frac{d}{t_w} \leq \frac{5367}{\sqrt{f_y}} \Rightarrow \frac{40}{1.32} < \frac{5367}{\sqrt{2548}} \quad \text{ok.}$$

**سری دوم:****مثالهای از طراحی تیر بدون اتکاء جانبی:**

در این قسمت مثال های متعددی در مورد طراحی تیرهای بدون اتکاء جانبی با استفاده از روابط آئین نامه ASIC ارائه می شود که از کتاب های طراحی سازه های فولادی bxylord انتخاب شده اند، لازم به تذکر است که به لحاظ آشنائی با طرح تیرهای بدون اتکاء جانبی صورت مسائل منتقّب تغییر یافته اند.

**روش گام به گام**

1- تبدیل آماد در سیستم SI به متر یک

2- رسم دیاگرامهای برش و فمش به کمک تحلیل سازه های ( II ) و یا تحلیل ساده استاتیکی

3- تعیین  $V_{max}$  و  $M_{max}$

4- مدس اولیه مقطع با  $F_b$  فرضی

5- محاسبه  $\lambda$  و مقایسه با  $\lambda_c, \lambda_B$  ( لاغریهای مدی ) که بر دو قسم است :

الف: روابطی که بر اساس عمل ستونی بال تنظیم گشته اند :

$$\lambda_c = 5987 \sqrt{\frac{Cb}{F_y}}, \quad \lambda_B = 2678 \sqrt{\frac{Cb}{F_y}}, \quad = \frac{L}{rt}$$

ب: روابطی که بر اساس مقاومت پیشی مقطع تنظیم شده اند :

$$F_b = \frac{843600cb}{Ld/Af} < 0.6F_y$$

6- تعیین  $C_b$

7- تعیین  $F_b$  بکمک روابط 20 الف . ب- پ و 21

8- انتخاب مقطع پس از محاسبه بند (7)

9- کنترل  $F_b$  برای مقطع انتخابی مرملة ( 8 )

10- کنترل مقطع با توجه به مرملة (9)



## 12- کنترل فیز

## 11- کنترل برش

**مسئله اول:** مطلوبست طراحی مقطع تیرشان داده شده ؟

فرضیات : تیر در فاصله 3 متری دارای اتکاء جانبی است

$$F_y = 24 \text{ ksi}$$

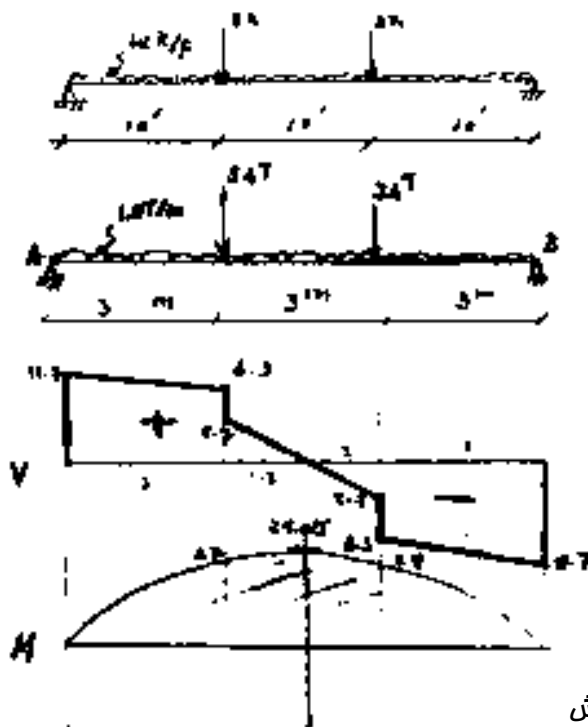
1- تبدیل آماد سیستم SI به متریک:

$$8k = 8 \times 0.45 = 3.6T$$

$$1.2 \frac{K}{f} = \frac{1.2 \times 0.45}{0.3} = 1.8T/m$$

$$F_y = 24 \text{ ksi} = 24 \times 70 = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

2- محاسبه عکس العمل ها و رسم دیاگرامهای برش و فمش



$$\sum M_b = 0 \Rightarrow 0.9RA - \frac{1.8 \times 9^2}{2} - 3.6 \times 6 - 3.6 \times 3 = 0$$

$$RA = AB = 11.7 \text{ Ton}$$

$$V_{\max} = 11.7 \text{ Ton} \quad M_{\max} = 24.025 \text{ Ton.m} \quad 3-$$

4- با توجه به خواص کوچک مهار بندی احتمال می رود مسئله کمانش جانبی مطرح نباشد، پس با

فرض  $F_b = 0.6F_y$  مقطع اولیه رامدس می زنیم

وسپس



$$F_b = 0.6F_y = 0.6(1680) = 1008 \text{ Kg / cm}^2$$

$$S_x = \frac{29.025 \times 10^5}{1005} = 2879.46 \text{ cm}^3$$

$$IPE - 400 = S_x = 2880 \quad d = 40 \quad b_f = 30 \quad t_w = 1.35 \quad t_f = 2.4 \quad G = 0.65 \quad T / M$$

آنرا کنترل می نمائیم.

$$\frac{Ld}{AF} = \frac{843600}{0.6F_y}, F_y = 1680 \Rightarrow \frac{Ld}{Af} \neq 837 \quad \text{استفاده سریع از رابطه 21}$$

$$\frac{Ld}{AF} = \frac{300 \times 40}{30 \times 2.4} = 163 \ll 837 \Rightarrow F_b = 0.6F_y \quad L \text{ طول مهار نشده}$$

6- شرایط مقطع فشرده را کنترل می نمائیم :

$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{545}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{d}{tw} \leq \frac{5367}{\sqrt{F_y}}$$

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{30}{2 \times 2.4} = 6.25 < \frac{545}{\sqrt{1680}} = 13.24 \quad ok$$

$$\frac{d}{tw} = \frac{40}{1.32} = 29 \ll \frac{5367}{\sqrt{1680}} = 155.3 \quad ok$$

$$\left. \begin{aligned} L_c &= \frac{637bf}{\sqrt{F_y}} = \frac{633 \times 30}{\sqrt{1680}} = 466.24 \text{ cm} \\ L_u &= \frac{1406000}{(d/A_f)F_y} = \frac{1406000}{\frac{40}{30 \times 2.4} \times 1680} = 1506.4 \text{ cm} \end{aligned} \right\} > 300 \text{ cm}$$

\* چون فاصله مهار بندی 300cm از کوچکترین دو مقدار  $L_w, L_c$  کمتر است و همچنین

$$F_b = 0.66F_y \quad \text{است بنابراین مقطع فشرده است یعنی} \quad \frac{bf}{2tf} < \frac{545}{\sqrt{F_y}}$$

$$S_x = \frac{m_1}{F_b} = \frac{24.025 \times 10^5}{0.66 \times 1680} = 2618 \text{ cm}^4 \quad \text{7- تعیین } S_x \text{ با } F_b \text{ جدید}$$





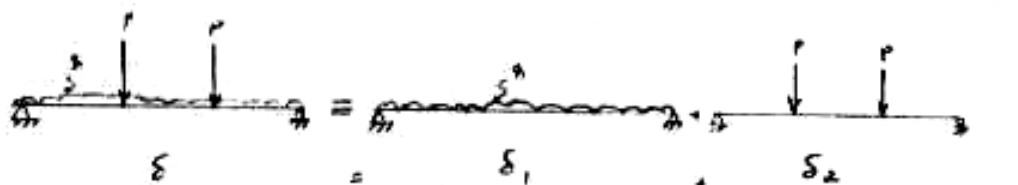
=IPB-400

$$\frac{V}{t_w \cdot d} \leq 0.4 F_y \quad \text{8- کنترل برش:}$$

طبق دیاگرام برش  $V_{\max} = 11.7$ 

$$\frac{11.7 \times 10^3}{1.35 \times 40} = 216.6 < 0.4 \times 1680 = 672 \quad Ok$$

9- کنترل فیز



$$\delta_1 = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5 \times \frac{1.8 \times 10^3}{100} \times (900)^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 57680} = 1.27 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \frac{23PL^3}{48EI} = \frac{25 \times 3.6 \times (900)^3}{48 \times 2.1 \times 10^6 \times 57680} = 0.01 \text{ cm}$$

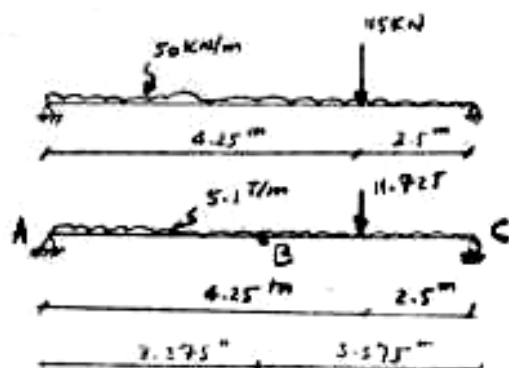
$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 1.28$$

\* طبق تجربه نصف  $\Delta$  (مربوط به بارزنده) را جهت بار مرده در نظر می گیرند.

$$\Delta_{\text{مجاز}} = \Delta + \frac{\Delta}{2}$$

$$\Delta = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2.5 \quad \Delta = \Delta + \frac{\Delta}{2} = 2.75 \text{ cm} \quad \delta < \Delta_{\text{all}}$$

10- طرح می شود IPB-400

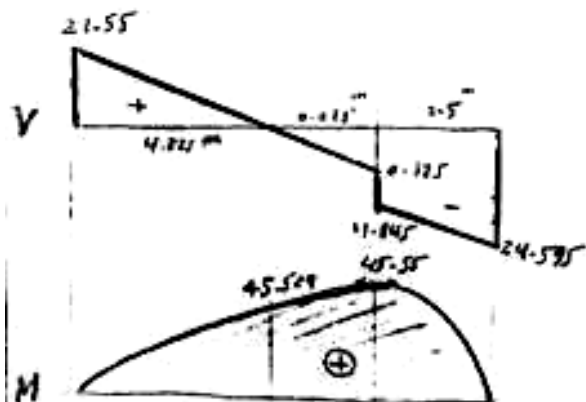


مسئله دوم : مطلوبست طراحی مقطع تیر نشان داده شده ؟

: تیر در دو تکیه گاه و وسط دهانه دارای مهار جانبی است

$$\begin{cases} A-36 \\ F_y = 2500 \text{ Kg} / \text{cm}^2 \end{cases}$$

1- تبدیل آماد در سیستم SI به متر یک



$$115 \text{ kN} = (115 \times 10^3 / 9.81) \times 10^{-3} = 11.72 \text{ ton/m}$$

$$\frac{50 \text{ kN}}{\text{m}} = \frac{(50 \times 10^3 / 9.81) \times 10^{-3}}{\text{m}} = 5.096 \text{ T/m}$$

2- مناسبه عکس العمل ها و رسم دیاگرامهای برش و فمش

$$\sum^+ M_B = 0 \Rightarrow 6.75 R_A - 5.1 \times \frac{(6.75)^2}{2} - 11.7 \times 2.5 = 0 \Rightarrow$$

$$R_A = 21.55 \text{ T}$$

$$\sum F_Y = 0 \Rightarrow 21.55 + R_B = 5.1 \times 6.75 + 11.72 \Rightarrow$$

$$R_B = 24.545 \text{ T}$$

$$V_{\max} = 24.595 \text{ T} \quad M_{\max} = 45.55 \text{ T.m} \quad -3$$



4- با فرض  $F_b = 1000 \text{ kg/cm}^2$  یک نیمرف را مدس می زنیم :

$$S_x = \frac{45.55 \times 10^5}{1000} = 4555 \text{ cm}^3 : IPB-550$$

$$IPB-550 \left\{ \begin{array}{l} S_x = 4970 \quad d = 55 \quad b_f = 30 \quad t_w = 1.5 \quad t_f = 2.9 \quad r_y = 7.4 \quad G = 199 \text{ kg/cm} \end{array} \right.$$

5- تعیین  $F_b$  مجاز در هر یک از قطعات AB یا BC

$$L = 3.375^m \text{ طول مهار نشده}$$

برای مقاطعی که نسبت به محور قوی خودی تقارن باشند  $r_t \neq 1.2 r_y$

$$r_t = 1.2(7.17) = 8.604 \text{ cm}$$

6- تعیین  $\lambda$

$$\lambda = \frac{L}{r_t} = \frac{3.375 \times 10^2}{8.604} = 39.225$$

7- استفاده سریع از رابطه 21؛ در صورتی که بطور محافظه کارانه  $C_b = 1$  قرار دهیم با توجه به اینکه

بزرگترین مقدار روابط 20 و رابطه 21 ملاک طراحی است خواهیم داشت :

\*قبل از مقایسه  $\frac{Ld}{A_f}$  مقطع با  $\frac{Ld}{A_f}$  مجاز بر اساس  $F_y = 2500 \text{ Cm}$  ، مقدار  $\frac{Ld}{A_f}$  چنین خواهد شد :

$$\frac{Ld}{A_f} = \frac{843600}{0.6 F_y} = \frac{843600}{0.6(2500)} = 562.4 \neq 565$$

$$\frac{Ld}{A_f} = \frac{3.375 \times 10^2 \times 55}{30 \times 2.9} = 213.36 \ll 565 \quad ok$$

$$\Rightarrow F_b = 0.6 F_y$$

8- کنترل دوباره مقطع با توجه به  $F_b$  جدید:



$$Fb = 0.6Fy = 0.6(2500) = 1500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_x = \frac{M}{Fb} = \frac{45.55 \times 10^5}{1500} = 3036.67 \Rightarrow IPB - 450$$

9- کنترل شرائط فشردگی مقطع

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{545}{\sqrt{Fy}} \Rightarrow \frac{30}{2 \times 2.6} = 5.77 < 110 \quad OK$$

$$\frac{d}{tw} \leq \frac{5367}{\sqrt{Fy}} \Rightarrow \frac{45}{1.4} = 32.14 < 107 \quad OK$$

Lu: فاصله مهارى مداكتر

Lc: فاصله مهارى مداقل

$$Lc = \frac{637bF}{\sqrt{Fy}} = \frac{637 \times 30}{\sqrt{2500}} = 382.2 \text{ cm}$$

$$Lu = \frac{1406000}{\frac{d}{Af} \times Fy} = \frac{1406000}{\frac{45}{30 \times 2.6} \times 2500} = 974.8$$

} &gt; 3.375

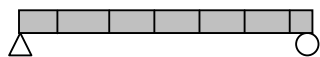
\* با توجه به کنترل های 9 مقطع فشرده است بنابراین

$$Fb = 0.66Fy = 0.66(2500) = 1650 \text{ Kg/cm}^2$$

10- کنترل مجدد مقطع با توجه به Fb جدید:

$$S_x = \frac{M}{Fb} = \frac{45.55 \times 10^5}{1650} = 2461 \equiv IPE - 400$$

$$q_1 = 0.155 \text{ t/m}$$

11- با توجه به وزن تیر ، Fb را کنترل می کنیم .  $q_1 = 0.155 \text{ T/M}$ 

$$\Rightarrow M = \frac{WL^2}{8} = \frac{0.155 \times 6.75^2}{8} = 0.882 \text{ T.m}$$



$$M_{total} = 45.55 + 0.882 = 46.43 \quad T.M$$

$$S_x\{IPE-400\} = 2880 \quad Cm^3$$

$$Fb = \frac{M}{S} = \frac{46.43 \times 10^5}{2880} = 1612 < 1650 \quad ok$$

12- کنترل برش

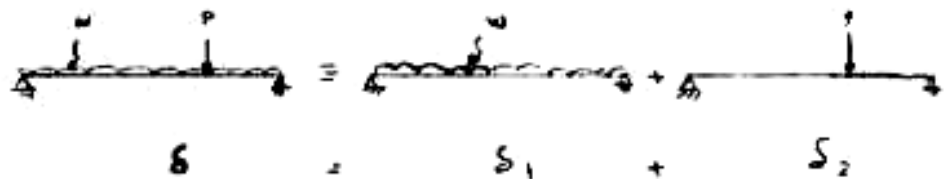
$$V_{max} = 24.595 ton$$

با توجه به دیاگرام برش

$$\frac{V}{tw.d} \leq 0.4 F_y$$

$$\frac{24.595 \times 10^3}{1.4 \times 40} = 439.19 < 0.4 \times 2500 = 1000 \quad ok$$

13- کنترل فیز



$$\delta_1 = \frac{5qL^4}{384EI} = -\frac{5 \times \frac{5.1 \times 10^3}{100} \times (675)^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times (57680)} = 1.14 cm$$

$$\delta_2 = \frac{p(3L^2 - 4b^2)}{48EI} = \frac{11.32 \times 10^3 \times (250)(3 \times 675^2 - 4 \times 425^2)}{48 \times 2.1 \times 10^6 (57680)} = 0.32 cm$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 1.14 + 0.32 = 1.46 cm$$

$$\Delta = \Delta + \frac{\Delta}{2} \text{ مجاز}$$

$$\Delta = \frac{L}{360} = \frac{675}{360} = 1.875$$

$$\Delta = \Delta + \frac{\Delta}{2} = 2.8125 cm \text{ مجاز}$$

$$\frac{\Delta}{2} = 0.9575$$

\* بنابراین مقطع IPB400 طرح میشود.

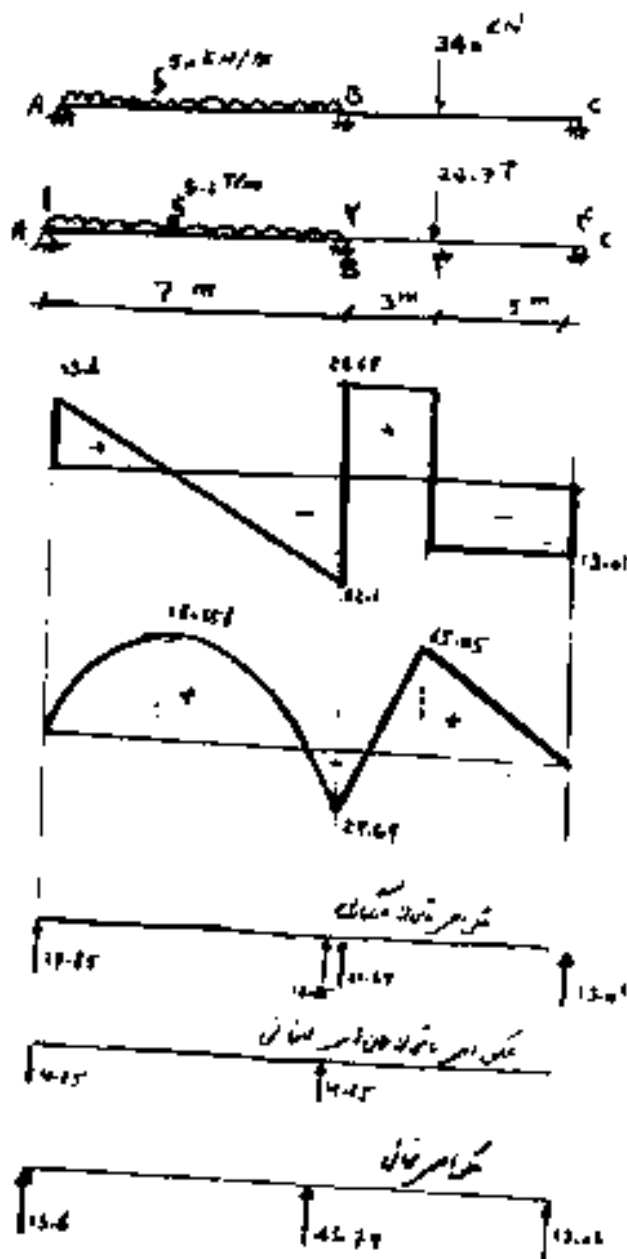


**مسئله سوم :** مطلوبست طراحی مقطع تیر نشان داده شده؟

فرضیات تیر در نقاط 1 و 2 و 3 دارای اتکاء جانبی است

$$F_y = 250 \text{ Mpa}$$

1- تبدیل آماد در سیستم SI به متر مکعب



$$\frac{50 \text{ kN}}{m} = (50 \times 10^3 \text{ N} \div 9.81) / 1000 = 5.097 \text{ T/m}$$

$$40 \text{ kN} = (340 \times 10^3 \div 1000) = 34.65 \text{ T}$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa} = 250 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{(250 \times 10^6) / 9.81}{10^4}$$

$$F_y = 2548.42 \text{ kg/cm}^2$$



2- رسم دیاگرام های برش و فمشی با استفاده از تحلیل سازه II

$$V_{\max}=21.69T, M_{\max}=65.05T.m \quad -3$$

$$EI = cte$$

$$k'_{AB} = k'_{BH} = \frac{4EI}{L} = \frac{4EI}{7} = 0.57EI$$

$$k'_{BC} = k'_{CB} = \frac{4EI}{L} = \frac{4EI}{8} = 0.5EI$$

$$D_{AB} = 1$$

$$D_{CB} = 1$$

$$D_{BA} = \frac{k'_{BA}}{k'_{BA} + k'_{BC}} = \frac{0.57EI}{EI(0.57 + 0.5)}$$

$$D_{BA} = 0.53, D_{BC} = 1 - 0.53 = 0.47$$

$$M_{AB}^F = -\frac{wL^2}{12} = -20.825, M_{BA}^F = +20.825$$

$$M_{BC}^F = -\frac{Pab^2}{L^2} = -\frac{34.7 \times 3 \times 5^2}{8^2} = -40.66 \quad T.M$$

$$M_{CB}^F = -\frac{Pba^2}{L^2} = -\frac{34.7 \times 5 \times 3^2}{8^2} = -24.398 \quad T.M$$

محل	طول	تیر	دستگاه	دستگاه	دستگاه	دستگاه
A	7	1	1	1	1	1
B	7	2	2	2	2	2
C	8	3	3	3	3	3
D	8	4	4	4	4	4
E	8	5	5	5	5	5
F	8	6	6	6	6	6
G	8	7	7	7	7	7
H	8	8	8	8	8	8
I	8	9	9	9	9	9
J	8	10	10	10	10	10
K	8	11	11	11	11	11
L	8	12	12	12	12	12
M	8	13	13	13	13	13
N	8	14	14	14	14	14
O	8	15	15	15	15	15
P	8	16	16	16	16	16
Q	8	17	17	17	17	17
R	8	18	18	18	18	18
S	8	19	19	19	19	19
T	8	20	20	20	20	20
U	8	21	21	21	21	21
V	8	22	22	22	22	22
W	8	23	23	23	23	23
X	8	24	24	24	24	24
Y	8	25	25	25	25	25
Z	8	26	26	26	26	26
AA	8	27	27	27	27	27
AB	8	28	28	28	28	28
AC	8	29	29	29	29	29
AD	8	30	30	30	30	30
AE	8	31	31	31	31	31
AF	8	32	32	32	32	32
AG	8	33	33	33	33	33
AH	8	34	34	34	34	34
AI	8	35	35	35	35	35
AJ	8	36	36	36	36	36
AK	8	37	37	37	37	37
AL	8	38	38	38	38	38
AM	8	39	39	39	39	39
AN	8	40	40	40	40	40
AO	8	41	41	41	41	41
AP	8	42	42	42	42	42
AQ	8	43	43	43	43	43
AR	8	44	44	44	44	44
AS	8	45	45	45	45	45
AT	8	46	46	46	46	46
AU	8	47	47	47	47	47
AV	8	48	48	48	48	48
AW	8	49	49	49	49	49
AX	8	50	50	50	50	50
AY	8	51	51	51	51	51
AZ	8	52	52	52	52	52
BA	8	53	53	53	53	53
BB	8	54	54	54	54	54
BC	8	55	55	55	55	55
BD	8	56	56	56	56	56
BE	8	57	57	57	57	57
BF	8	58	58	58	58	58
BG	8	59	59	59	59	59
BH	8	60	60	60	60	60
BI	8	61	61	61	61	61
BJ	8	62	62	62	62	62
BK	8	63	63	63	63	63
BL	8	64	64	64	64	64
BM	8	65	65	65	65	65
BN	8	66	66	66	66	66
BO	8	67	67	67	67	67
BP	8	68	68	68	68	68
BQ	8	69	69	69	69	69
BR	8	70	70	70	70	70
BS	8	71	71	71	71	71
BT	8	72	72	72	72	72
BU	8	73	73	73	73	73
BV	8	74	74	74	74	74
BW	8	75	75	75	75	75
BX	8	76	76	76	76	76
BY	8	77	77	77	77	77
BZ	8	78	78	78	78	78
CA	8	79	79	79	79	79
CB	8	80	80	80	80	80
CC	8	81	81	81	81	81
CD	8	82	82	82	82	82
CE	8	83	83	83	83	83
CF	8	84	84	84	84	84
CG	8	85	85	85	85	85
CH	8	86	86	86	86	86
CI	8	87	87	87	87	87
CJ	8	88	88	88	88	88
CK	8	89	89	89	89	89
CL	8	90	90	90	90	90
CM	8	91	91	91	91	91
CN	8	92	92	92	92	92
CO	8	93	93	93	93	93
CP	8	94	94	94	94	94
CQ	8	95	95	95	95	95
CR	8	96	96	96	96	96
CS	8	97	97	97	97	97
CT	8	98	98	98	98	98
CU	8	99	99	99	99	99
CV	8	100	100	100	100	100
CW	8	101	101	101	101	101
CX	8	102	102	102	102	102
CY	8	103	103	103	103	103
CZ	8	104	104	104	104	104
DA	8	105	105	105	105	105
DB	8	106	106	106	106	106
DC	8	107	107	107	107	107
DD	8	108	108	108	108	108
DE	8	109	109	109	109	109
DF	8	110	110	110	110	110
DG	8	111	111	111	111	111
DH	8	112	112	112	112	112
DI	8	113	113	113	113	113
DJ	8	114	114	114	114	114
DK	8	115	115	115	115	115
DL	8	116	116	116	116	116
DM	8	117	117	117	117	117
DN	8	118	118	118	118	118
DO	8	119	119	119	119	119
DP	8	120	120	120	120	120
DQ	8	121	121	121	121	121
DR	8	122	122	122	122	122
DS	8	123	123	123	123	123
DT	8	124	124	124	124	124
DU	8	125	125	125	125	125
DV	8	126	126	126	126	126
DW	8	127	127	127	127	127
DX	8	128	128	128	128	128
DY	8	129	129	129	129	129
DZ	8	130	130	130	130	130
EA	8	131	131	131	131	131
EB	8	132	132	132	132	132
EC	8	133	133	133	133	133
ED	8	134	134	134	134	134
EE	8	135	135	135	135	135
EF	8	136	136	136	136	136
EG	8	137	137	137	137	137
EH	8	138	138	138	138	138
EI	8	139	139	139	139	139
EJ	8	140	140	140	140	140
EK	8	141	141	141	141	141
EL	8	142	142	142	142	142
EM	8	143	143	143	143	143
EN	8	144	144	144	144	144
EO	8	145	145	145	145	145
EP	8	146	146	146	146	146
EQ	8	147	147	147	147	147
ER	8	148	148	148	148	148
ES	8	149	149	149	149	149
ET	8	150	150	150	150	150
EU	8	151	151	151	151	151
EV	8	152	152	152	152	152
EW	8	153	153	153	153	153
EX	8	154	154	154	154	154
EY	8	155	155	155	155	155
EZ	8	156	156	156	156	156
FA	8	157	157	157	157	157
FB	8	158	158	158	158	158
FC	8	159	159	159	159	159
FD	8	160	160	160	160	160
FE	8	161	161	161	161	161
FF	8	162	162	162	162	162
FG	8	163	163	163	163	163
FH	8	164	164	164	164	164
FI	8	165	165	165	165	165
FJ	8	166	166	166	166	166
FK	8	167	167	167	167	167
FL	8	168	168	168	168	168
FM	8	169	169	169	169	169
FN	8	170	170	170	170	170
FO	8	171	171	171	171	171
FP	8	172	172	172	172	172
FQ	8	173	173	173	173	173
FR	8	174	174	174	174	174
FS	8	175	175	175	175	175
FT	8	176	176	176	176	176
FU	8	177	177	177	177	177
FV	8	178	178	178	178	178
FW	8	179	179	179	179	179
FX	8	180	180	180	180	180
FY	8	181	181	181	181	181
FZ	8	182	182	182	182	182
GA	8	183	183	183	183	183
GB	8	184	184	184	184	184
GC	8	185	185	185	185	185
GD	8	186	186	186	186	186
GE	8	187	187	187	187	187
GF	8	188	188	188	188	188
GG	8	189	189	189	189	189
GH	8	190	190	190	190	190
GI	8	191	191	191	191	191
GJ	8	192	192	192	192	192
GK	8	193	193	193	193	193
GL	8	194	194	194	194	194
GM	8	195	195	195	195	195
GN	8	196	196	196	196	196
GO	8	197	197	197	197	197
GP	8	198	198	198	198	198
GQ	8	199	199	199	199	199
GR	8	200	200	200	200	200
GS	8	201	201	201	201	201
GT	8	202	202	202	202	202
GU	8	203	203	203	203	203
GV	8	204	204	204	204	204
GW	8	205	205	205	205	205
GX	8	206	206	206	206	206
GY	8	207	207	207	207	207
GZ	8	208	208	208	208	208
HA	8	209	209	209	209	209
HB	8	210	210	210	210	210
HC	8	211	211	211	211	211
HD	8	212	212	212	212	212
HE	8	213	213	213	213	213
HF	8	214	214	214	214	214
HG	8	215	215	215	215	215
HH	8	216	216	216	216	216
HI	8	217	217	217	217	217
HJ	8	218	218	218	218	218
HK	8	219	219	219	219	219
HL	8	220	220	220	220	2



4-نیمرفی را بر اساس  $F_b = 1200 \frac{kg}{cm^2}$  مدس می زنیم :

$$S_x = \frac{M}{F_b} = \frac{65.05 \times 10^5}{1200} = 5421 \equiv IPB - 600$$

$$IPB - 600 \{ d = 60 \quad bf = 30, \quad t_w = 1/55 \quad t_f = 3$$

$$A_f = 30 \times 3 = 90 cm^2$$

$$A_w = (60 - 2 \times 3)(1.55) = 83.7 cm^2$$

$$I_f = 3 \times \frac{30^2}{12} = 6750 cm^2$$

$$r_t = \sqrt{\frac{I_f}{A_f + \frac{1}{6} A_w}} = \sqrt{\frac{6750}{90 + \frac{83.7}{6}}} = 8.05$$

$$r_t \cong 1.2 r_y = 1.2(7.08) = 8.49$$

$$\lambda = \frac{L}{r_t} = \frac{700}{8.05} = 86.95$$

4- تعیین  $C_b$

نامیه 2-1 :  $M_1 = 0 \Rightarrow M_2 = \dots \Rightarrow \frac{M_1}{M_2} = 0 \Rightarrow C_b = 1.75$

نامیه 2-3 :  $\frac{M_1}{M_2} = \frac{29.61}{65.05} = 0.456 \Rightarrow$





$$Cb = 1.75 + 1.05\left(\frac{M_1}{M_2}\right) + 0.3\left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2 = 1.75 + 1.05(0.456) + 0.3(0.456)^2 = 2.85 > 2/3 \Rightarrow$$

$$cb = 2.3$$

نامیه 2-1 :  $C_b = 1.75$

مانند ناهیه 1-2

5- تعیین  $F_b$  مجاز

$$\lambda = \frac{L}{r_t} = 86.95$$

$$\lambda_B = 2678 \sqrt{\frac{cb}{F_y}} = 2678 \sqrt{\frac{1.75}{2548}} = 70.18$$

$$\lambda_c = 5987 \sqrt{\frac{cb}{F_y}} = 5987 \sqrt{\frac{1.75}{2548}} = 156.9$$

از رابطه 20-ب و 21 استفاده می کنیم  $\Rightarrow \lambda_B < \lambda < \lambda_c$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_b = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y \lambda^2}{1.755 \times 10^2 cb} \right] \leq 0.6 F_y \quad (20-ب) \\ F_b = \frac{1436000 C_b}{L d / AF} \quad (21) \end{array} \right.$$

$$F_b = \left[ \frac{2}{3} - \frac{2548(86.95)^2}{10755 \times 10^4 \times 1.75} \right] (2548) = 1438 \text{ kg/cm}^2 < 1528.8 \quad ok$$

$$F_b = \frac{843600(1.75)}{\frac{700 \times 60}{40}} = 3164 > 0.6 F_y$$

چون بزرگترین مقدار روابط 20 و 21 مدرک طراحی است پس  $F_b = 0.6 F_y$

نامیه 2-3 :  $\lambda = \frac{L}{r_t} = \frac{300}{8.05} = 37.3$

$$\left. \begin{aligned} \lambda_B &= 2678 \sqrt{\frac{cb}{F_y}} = 2678 \sqrt{\frac{2.3}{2548}} = 80.46 \\ \lambda_c &= 5978 \sqrt{\frac{cb}{F_y}} = 5987 \sqrt{\frac{2.3}{2548}} = 174.87 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{روابط 20 - الف و 21} \\ \text{استفاده می کنیم} \end{array}$$

$$\lambda < \lambda_B \Rightarrow$$

$$\lambda < \lambda_B \begin{cases} F_b = 0.6 F_y = 1528.8 \\ F_b = \frac{843600 cb}{L d / A F} = 9701 > 0.6 F_y \end{cases}$$

\* چون بزرگترین مقدار روابط 20 و 21 ملاک طراحی است پس  $F_b = 0.6 F_y$

نامیه 3-4 همانند ناهیه 1-2،  $F_b = 0.6 F_y$   $\Rightarrow$  نامیه 3-4

$$F_b = 1529 \frac{kg}{cm^2} \text{ تعیین مقطع جدید با}$$

$$S_x = \frac{M}{F_b} = \frac{65.05 \times 10^2}{1529} = 4254 cm^3 \Rightarrow IPB - 500$$

8- کنترل شرائط فشردگی مقطع

$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{545}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow \frac{30}{2 \times 2.8} = 5.35 < 11 \quad ok$$

$$\frac{d}{tw} \leq \frac{5367}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow \frac{50}{1.45} = 34.5 < 106 \quad ok$$

$$L_c = \frac{637 b F}{\sqrt{2548}} = \frac{637 \times 30}{\sqrt{2548}} = 378.5 < 700 \Rightarrow$$

\* چون از طول مهارى کمتر شده ديگر کنترل را ادامه نمى دهيم، و نتيجه مى گيريم كه مقطع فشرده

نمى باشد پس  $F_b = 0.6 F_y$  است.

$$\frac{V}{tw \times d} \leq 0.4 F_y$$

9- کنترل برش

$$\frac{21.67 \times 10^3}{1.45 \times 50} = 299 < 0.4(2548) = 1019 \quad ok$$

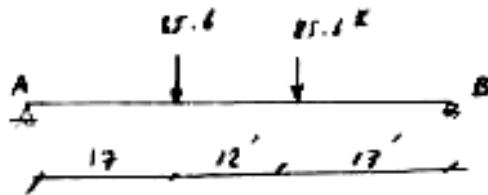
10- فیز کنترل کننده نمی باشد.

\* بنابر این طرح می شود IPB\_500

## مسئله چهارم

\* مطلوبست طراحی مقطع تیر نشان داده شده

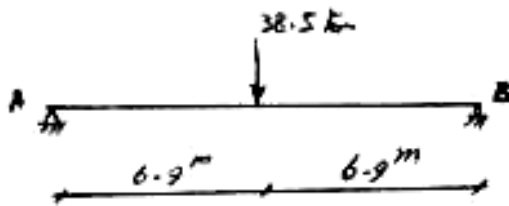
فرضیات 1- تیر فقط در دو تکیه گاه خود دارای اتکاء جانبی است



$$A-36 \left\{ F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \right.$$

## حل مسئله

1- تبدیل آماد سیستم SI به متر یک



$$85.6 \text{ kips} = 85.6 \times 0.45 \times 10^{-3} = 38.52 \text{ T}$$

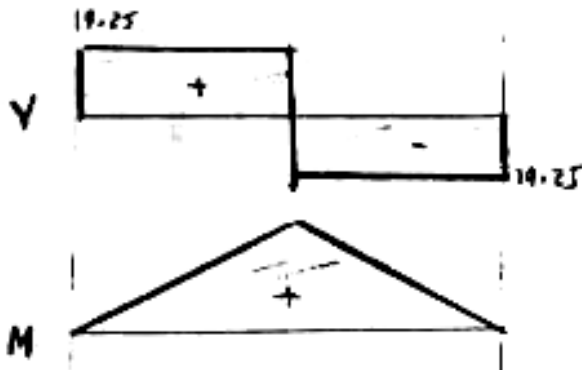
$$46' = 46 \times 0.3 = 13.8 \text{ m}$$

2- محاسبه عکس العمل و رسم دیاگرام برش و فمشی

$$M = \frac{pL}{4} = \frac{38.5 \times 13.8}{4} \Rightarrow$$

طراحی

$$M = 132.825 \quad T.m$$

3- با فرض  $F_b = 1200 \text{ kg/cm}^2$  یک نیمرف رامدس می زنیم

$$S_x = \frac{M}{F_b} = \frac{132.825 \times 10^5}{1200} = 11069 \Rightarrow IPE1000$$

$$r_t = 1.2 r_y = 1.2(6.38) = 7.656$$

$$A_f = 30 \times 3.6 = 108 \text{ cm}^2$$

$$L_d / A_f = 1380 \times 100 / 108 = 1278$$

4- استفاده سریع از رابطه 21:

$$L_d / A_f = \frac{243600}{0.6 F_y} = \frac{843600}{0.6(2500)} = 562.4 \approx 563$$

$$L_d / A_f > 563$$

5- تعیین  $C_b$ : با توجه به اینکه بین دو نقطه مهار بندی شده لنگر خمشی بزرگتری نسبت به لنگر

خمشی دو انتها وجود دارد.  $C_b = 1$  می باشد.

6- تعیین  $\lambda$

$$\lambda = \frac{L}{r_t} = \frac{13.8 \times 100}{7.656} = 180.25$$

$$\lambda_B = 2678 \sqrt{\frac{C_b}{F_y}} = 2678 \sqrt{\frac{1}{2500}} = 53.56 \quad \left. \vphantom{\lambda_B} \right\} \Rightarrow \lambda_B < \lambda_C < \lambda$$

$$\lambda_C = 5987 \sqrt{\frac{C_b}{F_y}} = 5987 \sqrt{\frac{1}{2500}} = 119.74$$

• چون  $\lambda > \lambda_c$  است از روابط 20- پ و 21 استفاده می نمائیم

$$\left\{ \begin{array}{l} Fb = \frac{1195 \times 10^4 Cb}{\lambda^2} \quad (20-پ) \\ Fb = \frac{843600 cb}{Ld / Af} \quad (21) \end{array} \right.$$

$$Fb = \frac{1195 \times 10^4 \times 1}{(180.25)^2} = 367.8 < 0.6 Fy = 1500$$

$$Fb = \frac{843600 \times 1}{\frac{13.8 \times 10^2 \times 100}{108}} = 660.2 < 1500$$

• چون بزرگترین مقدار روابط 20 و 21 مدرک طراحی است پس  $Fb = 660.2 \text{ kg/cm}^2$  می باشد.

7- تعیین مقطع با  $Fb$  جدید

$$S_x = \frac{M}{Fb} = \frac{132.825 \times 10^5}{660.2} = 20119 \text{ cm}^3 > 11.69$$

مناسب نمی باشد .

8- چون مدس اولیه بسیار قوی است بنابراین نیمرف IPB-320 را امتحان می کنیم:

$$Fb = 367.8$$

$$Fb = \frac{843600 \times 1}{\frac{1380 \times 32}{30 \times 2.05}} = 1175 < 1500 \quad ok$$

$$S_x = \frac{132.825 \times 10^5}{1175} = 11304 > 11069 \quad ok \quad 9- \text{کنترل دوباره}$$

10- کنترل فشردگی مقطع



$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{545}{\sqrt{2500}} \Rightarrow \frac{30}{2 \times 2.05} < 11 \quad ok$$

$$d/tw \leq \frac{5367}{\sqrt{2500}} \Rightarrow \frac{32}{1.15} = 27 < 107 \quad ok$$

$$L_c = \frac{637 \times 30}{\sqrt{2500}} = 382.2 < 13.8m$$

بنابراین مقطع فشرده نمی باشد  $F_b = 0.6F_y$

$$\frac{V}{tw.d} \leq 0.4F_y$$

11- کنترل برش

$$\frac{19.25 \times 10^3}{1.15 \times 32} = 523 < 1000 \quad ok$$

12- کنترل فیز

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI} \Rightarrow s = \frac{38.5 \times 10^3 \times (13.8 \times 100)^3}{48 \times 2.1 \times 10^6 \times 3820} = 32.5cm \quad \text{غیر قابل قبول}$$

13- چون مقطع IPB-32 از لحاظ فیز جواب نمی دهد بنابراین بایستی مقطع را قوی تر انتخاب نمود.

IPB-650 = سعی نهایی

14- کنترل فیز

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI} = \frac{38.5 \times 10^3 (13.8 \times 100)^3}{48 \times 2.1 \times 10^6 \times 210600} = 4.74cm$$

$$\Delta = \frac{L}{360} = \frac{1380}{360} = 3.83$$

$$= 3.83 + 1.92 = 5.75cm$$

$$\Delta_{\text{مجاز}} = \Delta + \Delta/2$$

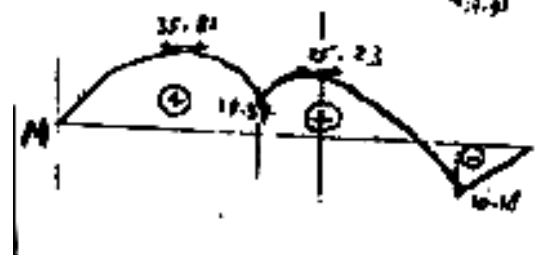
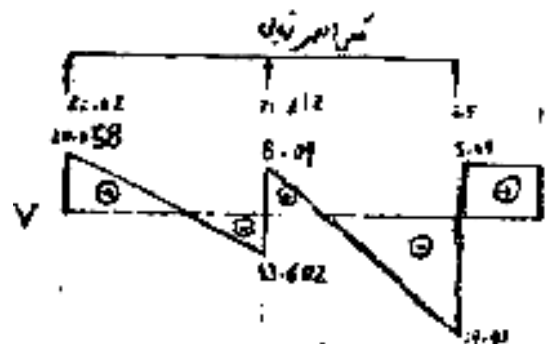
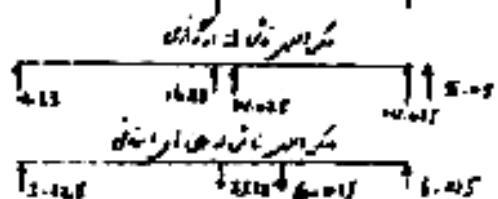
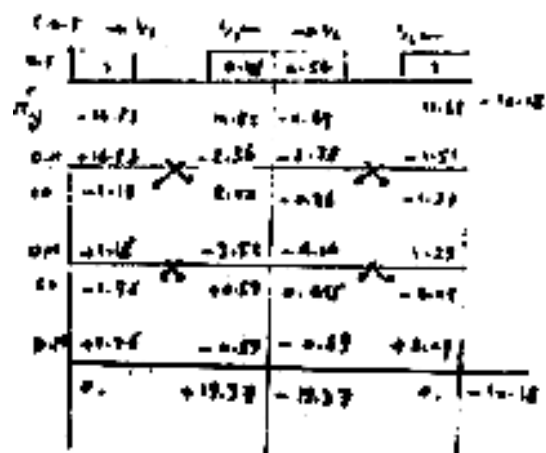
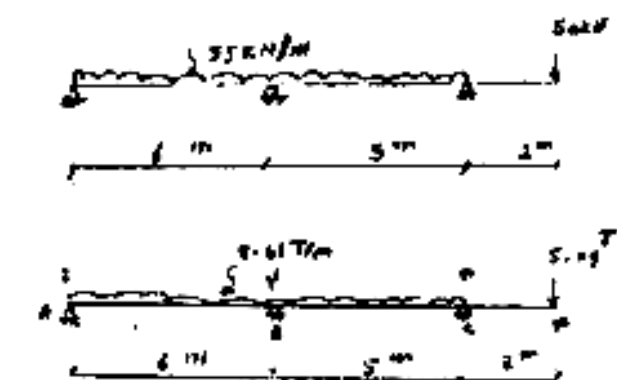
15- طرح می شود IPB-650  $\Rightarrow \Delta < \delta$  مجاز

Fy=354Mpa

فرضیات: تیر در نقاط 1 و 2 و 3 و 4 دارای اتکاء جانبی است

Fy=354Mpa

### 1- تبدیل آحاد در سیستم SS به متریک





$$50KN = (50 \times 10^3 \div 9.81) / 1000 = 5.09ton$$

$$55 \frac{KN}{m} = \frac{(55 \times 10^3 \div 1.11) / 1000}{m} = 5.61T / m$$

$$F_y = 354MPa = 350 \times 10^6 Pa = 345 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$= ((354 \times 10^6) \div 9.81) / 10^4 = 36.9kg / cm^2$$

2- رسم دیاگرامهای برشی و خمشی با استفاده از تحلیل سازه II

$$V_{max} = 0.058T.m, M_{max} = 35.81T.m \quad 3-$$

4- نیمرفی را با  $F_b = 1200$  مدس می زنیم .

$$S_x = \frac{M}{F_b} = \frac{35.2 \times 10^5}{1200} = 2481.16cm^3$$

$$= IPB - 400$$

$$IPB - 450 \left\{ \begin{array}{l} d = 45 \quad b_f = 30 \quad t_w = 1.4 \quad t_f = 2.6 \quad r_y = 7.33 \end{array} \right.$$

$$r_t \cong 1.2r_y \Rightarrow r_t = 1.2(7.33) = 8.796$$

$$\lambda = \frac{l}{r_t} \quad \text{تعیین } C_b$$

$$\underline{\text{نامیه 1-3}}: \lambda = \frac{L}{rt} = \frac{607}{8.796} = 68.21$$

$$M_1 = 0 \Rightarrow M_1 / M_2 = 0 \Rightarrow cb = 1.75$$

$$\underline{\text{نامیه 2-3}} = \frac{M_1}{M_2} = \frac{8.01}{19.91} = 0.406$$





$$Cb = 1.75 + 1.05\left(\frac{M_1}{M_2}\right) + 0.3\left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2 \leq 2.3$$

$$\Rightarrow cb = 2.23$$

$$Cb = 1.75 + 1.05(0.406)^2 = 2.23$$

نامیه 1-4 :  $M_1 / M_2 = 0 \Rightarrow Cb = 1.75$

5- تعیین  $F_b$  مجاز

$$\lambda = \frac{L}{r_t} = \frac{600}{8.716} = 68.83$$

$$\left. \begin{aligned} \lambda_B &= 2678 \sqrt{\frac{cb}{F_y}} = 2678 = \sqrt{\frac{1.75}{3609}} = 58.77 \\ \lambda_C &= 5987 \sqrt{\frac{cb}{F_y}} = 5987 \sqrt{\frac{1.75}{3609}} = 131.84 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \lambda_B < \lambda < \lambda_C \Rightarrow$$

\* از رابطه 20- پ و 21 استفاده می کنیم :

$$\left\{ \begin{aligned} F_b &= \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y \lambda^2}{10755 \times 104 \times 1.75} \right] F_y = 2084 < 0.6 F_y = 0.6(3609) = 2165 \\ F_b &= \frac{843600 \times 1.75}{\frac{600 \times 45}{30 \times 3.6}} = 4265 > 0.6 F_y \end{aligned} \right.$$

\* چون بزرگترین مقدار روابط 20 و 21 ملاک طراحی است و در نهایت نبایستی از  $0.6 F_y$  بیشتر شود

$$F_b = 0.6 F_y \text{ بنابراین}$$

نامیه 3-2 :  $F_b = 0.6 F_y$  مانند ناهیه 1-2

نامیه 4-3 :  $\lambda = \frac{L}{\lambda_t} = \frac{500}{8.796} = 56.84$



$$\lambda_B = 267.8 \sqrt{\frac{2.23}{3609}} = 66.57$$

$$\Rightarrow \lambda < \lambda_B$$

$$\lambda_c = 5987 \sqrt{\frac{253}{36.9}} = 148.82$$

از رابطه (20 الف) و (21) استفاده می نمائیم:

$$\begin{cases} Fb = 0.6F_y \\ Fb = \frac{843600cb}{Ld/Af} \end{cases}$$

$$\begin{cases} Fb = 0.6(3609) = 2165 \\ Fb = \frac{843600 \times 2.23}{\frac{500 \times 45}{30 \times 2.6}} = 6529 > 0.6F_y \end{cases}$$

- چون بزرگترین مقدار رابطه 20 و 21 ملاک طراحی است و در نهایت بایستی از  $0.6 F_y$  بیشتر شود.

$$Fb = 0.6F_y$$

بنابراین

6- تعیین مقلع جدید با  $Fb = 2165 \text{ kg/cm}^2$

$$S_x = \frac{M}{Fb} = \frac{35.81 \times 10^5}{2165} = 1654 = IPB-300$$

7- کنترل شرایط فشردگی مقطع :

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{545}{\sqrt{F_y}} = \frac{30}{2 \times 1.9} = 7.89 < 9.07 \quad ok$$

$$\frac{d}{t_w} \leq \frac{5367}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow \frac{30}{1.1} = 27.27 < 89.34 \quad ok$$

$$L_c = \frac{637bF}{\sqrt{F_y}} = \frac{637 \times 30}{\sqrt{36.9}} = 318 \text{ cm} < 600$$

چون  $L_c$  از طول مهارتی تیر ( بعنوان مثال در نامیه 2-1) کمتر شده است، دیگر کنترل را ادامه نمی

دهیم و نتیجه می گیریم که مقطع فشرده نمی باشد پس  $F_b = 0.6F_y$

$$\frac{V}{t_w d} < 0.4F_y$$

8- کنترل برش

$$\frac{20.05 \times 10^3}{1.1 \times 30} = 608 < 1444 \quad ok$$

9- فیز کنترل کننده نمی باشد.

\*بنابر این طرح می شود IPE-300