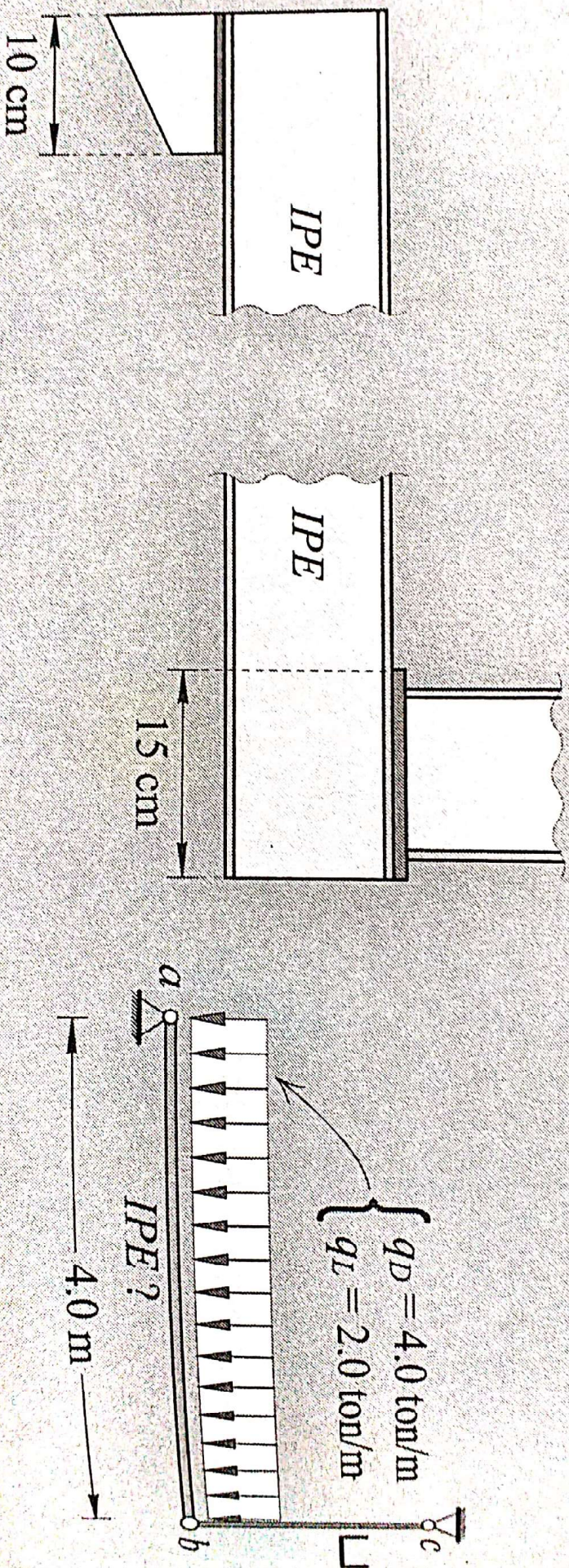


نیمرخ لازم برای تیر ab در شکل ۴-۵۹ را از نیم‌رخ IPE طراحی کرده و کلیه کنترل‌های لازم را انجام دهید. تیر ab فقط در نقاط a و b مهار جانبی دارد.

$$E = 2.06 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2; F_y = 240 \text{ kg/cm}^2$$



(پ) تکیه گاه a

(ب) اتصال b

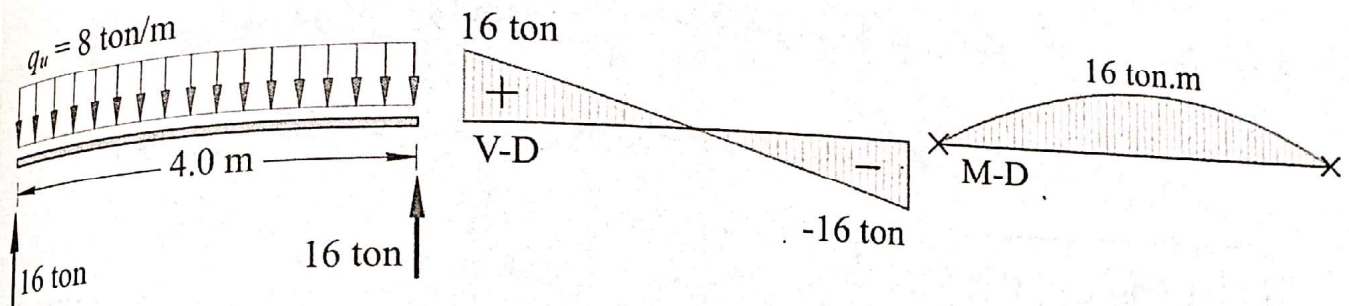
(الف) شکل سازه

شکل ۴-۵۹ - سازه مثال ۴-۲۳

مل: تیر ab همانند یک تیر دو سر مفصل عمل می کند. بنابراین مقادیر نیروهای انتهایی و لنگر و برش حداکثر آن قابل محاسبه هستند (شکل ۴-۶۰).

$$q_u = 1/2 \times 4 + 1/6 \times 2 = 8 \text{ t/m} \rightarrow a_y = \frac{8 \times 4}{2} = 16 \text{ ton}; T_{bc} = \frac{8 \times 4}{2} = 16 \text{ ton}$$

$$M_{\max} = \frac{8 \times 4^2}{8} = 16 \text{ t.m}; V_{\max} = 16 \text{ ton}$$



شکل ۴-۶۰- نیروهای داخلی و خارجی وارد بر تیر ab

کنترل خمش:

برای حدس نیم رخ با توجه به فواصل مهارهای جانبی و ضریب C_b ، ظرفیت خمشی اسمی مقطع برابر با $0.8 M_p$ حدس زده می شود.

$$M_u = 16 \times 1.0 \leq 0.9 \times 0.8 \times 240.0 \times Z \Rightarrow Z \geq 926 \text{ cm}^3$$

بنابراین برای حدس اولیه از نیم رخ IPE ۳۶۰ با این مشخصات استفاده می شود:

$$\text{IPE } 360: Z = 2 \times 510 = 1020 \text{ cm}^3; S_x = 904 \text{ cm}^4; I_x = 16270; I_y = 1040 \text{ cm}^4; r_y = 3/79 \text{ cm}$$

$$b_f = 17 \text{ cm}; t_f = 1/27 \text{ cm}; t_w = 0.8 \text{ cm}; r = 1/8 \text{ cm}; k = 3/0.7 \text{ cm}$$

کنترل فشردگی:

بال فشرده است.

$$\text{بال: } \lambda_f = \frac{17}{2 \times 1/27} = 6/69 \leq \lambda_{pf} = 11/0.7 \rightarrow$$

$$\text{جان: } \lambda_w = \frac{36 - 2 \times 3/0.7}{0.8} = 37/3 \leq \lambda_{pw} = 10.9 \rightarrow$$

جان فشرده است.

$$\text{رابطه (۴-۲۶): } L_p = 1/76 \times 3/79 \times \sqrt{\frac{2/0.4 \times 1.0^6}{240.0}} = 194/5 \text{ cm}$$

$$h_o = 36 - 1/27 = 34/73 \text{ cm}$$

$$\text{رابطه (۴-۲۹): } r_{ts}^2 = \frac{1040 \times 34/73}{2 \times 904} = 19/98 \Rightarrow r_{ts} = 4/469 \text{ cm}$$

$$J = \frac{1}{3} \times \left[2 \times 17 \times 1/27^3 + (36 - 2 \times 1/27) \times 0/8^3 \right] = 28/93 \text{ cm}^4$$

$$L_r = 1/95 \times 4/469 \times \frac{2/0.4 \times 1.6}{0/7 \times 2400} \times \sqrt{\frac{28/93}{9.4 \times 34/73}} \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6/76 \times \left(\frac{0/7 \times 2400}{2/0.4 \times 1.6} \times \frac{9.4 \times 34/73}{28/93} \right)^2}} = 6.3/5 \text{ cm}$$

با توجه به جدول ۴-۲، مقدار $C_b = 1/136$ حاصل می شود. از آنجایی که $L_p < L_b = 400 < L_r$ می باشد، ظرفیت خمشی اسمی با توجه به رابطه (۴-۳۷) محاسبه می شود.

$$M_n = 1/136 \times \left[1020 \times 2400 - (1020 \times 2400 - 0/7 \times 9.4 \times 2400) \times \left(\frac{400 - 194/5}{6.3/5 - 194/5} \right) \right] = 22/51 \times 10^5 \text{ kg.cm}$$

$$\Rightarrow M_u = 16 \leq 0/9 \times 22/51 = 20/25 \text{ t.m}$$

با توجه به آن که نسبت $\frac{M_u}{\phi M_n} = 0/77$ به دست آمده، ممکن است نیم رخ IPE ۳۳۰ نیز برای

این تیر مناسب باشد. چنانچه محاسبات مجدداً برای نیم رخ IPE ۳۳۰ انجام گیرد، می توان نوشت:

$$L_p = 182 \text{ cm} ; h_o = 31/85 \text{ cm} ; J = 20/54 \text{ cm}^4 ; r_{ts} = 4/195 \text{ cm}$$

$$L_r = 564/4 \text{ cm} ; C_b = 1/136$$

با توجه به این که $L_p < L_b = 400 < L_r$ می باشد، ظرفیت خمشی به کمک رابطه (۴-۳۷)

محاسبه می شود.

$$M_n = 1/136 \times \left[2400 \times 80.4 - (2400 \times 80.4 - 0/7 \times 2400 \times 713) \times \frac{400 - 182}{564/4 - 182} \right] = 17/18 \times 10^5 \text{ kg.cm}$$

$$\Rightarrow M_u = 16 \leq 0/9 \times 17/18 = 15/46 \text{ t.m} \rightarrow$$

مناسب نیست.

پس از نیم رخ IPE ۳۶۰ استفاده می شود.

کنترل برش:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{36 - 2 \times 1/27 - 1/8}{0/8} = 39/6 \leq 2/24 \times \sqrt{\frac{2/0.4 \times 1.6}{2400}} = 65 \Rightarrow C_v = 1, \phi_v = 1$$

$$V_n = 0.6 \times 2400 \times (36 \times 0.8) \times 1 = 41/47 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow V_u = 16 \text{ ton} \leq \phi_v V_n = 41/47 \text{ ton} \rightarrow$$

مناسب است.

کنترل افتادگی:
خیز حداکثر تیر دو سر مفصل با توجه به شکل ۴-۵۰ برای بارهای مرده و زنده بدون ضریب تعیین می شود.

$$q_D + q_L = 4 + 2 = 6 \text{ t/m} = 60 \text{ kg/cm} ; q_L = 2 \text{ t/m} = 20 \text{ kg/cm}$$

$$\Rightarrow \delta_{D+L} = \frac{5}{384} \times \frac{6 \times 40^4}{2 \times 0.4 \times 10^6 \times 16270} = 0.63 \text{ cm} \leq \frac{400}{240} = 1/67 \text{ cm} \rightarrow$$

مناسب است.

$$\Rightarrow \delta_L = \frac{5}{384} \times \frac{20 \times 40^4}{2 \times 0.4 \times 10^6 \times 16270} = 0.21 \text{ cm} \leq \frac{400}{360} = 1/11 \text{ cm} \rightarrow$$

مناسب است.

کنترل ارتعاش:

$$\Delta_D = 0.63 - 0.21 = 0.42 \text{ cm} ; g = 9/8.6 \text{ m/s}^2 = 98.0/6 \text{ cm/s}^2$$

$$(119-4) \text{ رابطه: } f_n = 0.18 \sqrt{\frac{98.0/6}{0.42}} = 8/89 \text{ Hz} > 5 \rightarrow$$

مناسب است.

کنترل های بار متمرکز کششی در نقطه b: ($R_u = 16 \text{ ton}$)

خمش موضعی بال:

$$(121-4) \text{ رابطه: } R_n = \frac{1}{2} \times 6/25 \times 1/27^2 \times 2400 = 12/1 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$(120-4) \text{ رابطه: } R_u = 16 \leq 0.9 \times 12/1 = 10/89 \text{ ton} \rightarrow$$

مناسب نیست.

تسلیم موضعی جان:

$$(123-4) \text{ رابطه: } R_n = (2/5 \times 3/0.7 + 15) \times 0.8 \times 2400 = 43/536 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$(122-4) \text{ رابطه: } R_u = 16 \leq 1 \times 43/54 = 43/54 \rightarrow$$

مناسب است.

بنابراین در محل اعمال نیروی کششی باید یک جفت ورق تقویتی برای تحمل نیروی کششی $R_u - \phi R_n = 16 - 10/89 = 5/11 \text{ ton}$ طراحی شود.

$$b_s t_s \geq 1/19 \text{ cm}^2 \Rightarrow b_s t_s \geq 0.9 \times 2400 \times 2 \times b_s t_s \leq 0.3 \times 11 \times 5: \text{رابطه (۴-۱۳۲)}$$

با انتخاب $t_s = 0.8 \text{ cm}$ و $b_s = 6 \text{ cm}$ ، کنترل‌های روابط (۴-۱۲۹) تا (۴-۱۳۱) نیز ارضا می‌شود. پس از یک جفت ورق به ابعاد $334 \times 6 \times 8 \text{ mm}$ استفاده می‌شود.

کنترل‌های بار متمرکز فشاری در نقطه a: ($R_u = 16 \text{ ton}$)

تسلیم موضعی جان:

$$R_n = (2/5 \times 3/0.7 + 1.0) \times 0.8 \times 2400 = 33936 \text{ kg}$$

$$R_u = 16 \leq 1 \times 33/94 \rightarrow \text{رابطه (۴-۱۲۲)}$$

مناسب است.

لغیدگی جان:

$$\frac{N}{d} = \frac{15}{36} = 0.42 > 0.2$$

$$R_n = 0.4 \times 0.8^2 \times \left[1 + \left(\frac{4 \times 1.0}{36} - 0.2 \right) \left(\frac{0.8}{1/27} \right)^{1/5} \right]$$

$$\times \sqrt{\frac{2/0.4 \times 1.6 \times 2400 \times 1/27}{0.8}} = 32850 \text{ kg}$$

$$R_u = 16 \leq 0.75 \times 32/85 = 24/64 \text{ ton} \rightarrow \text{رابطه (۴-۱۲۴)}$$

مناسب است.