بسمه تعالی

مشخصات سوله :

محل احداث : شهرستان سبزوار

طول سالن : 80 m

عرض سالن : 25 m

ارتفاع مفید : 8.5 m

ارتفاع رأس : 12 m

شیب سقف : 28 درصد

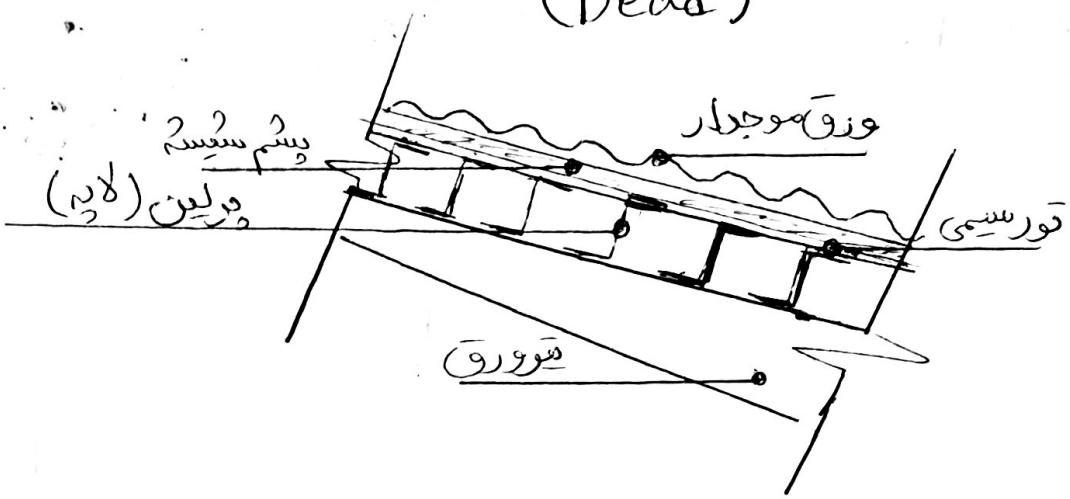
فاصلهٔ قابها از یکدیگر : 6 متر

روش تحلیل سازه : روش اجزاء محدود توسط نرم افزار SAP2000

روش طراحی : روش تنش مجاز مربوط به مقاطع متغیر - سازه های فولادی پیشرفته

آیین نامه طراحی : AISC-ASD و ABA (بتن)

تعیین بارهای مرده (Dead)

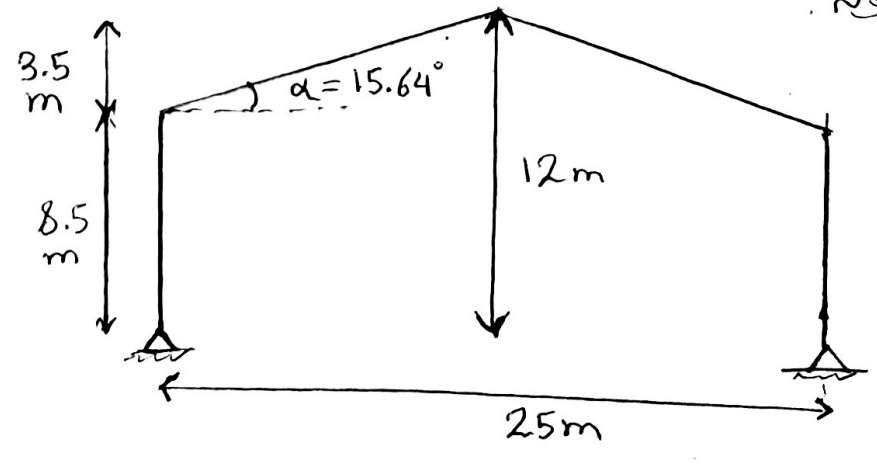


مشخصات مصالح	طول	عرض	ارتفاع	وزن واحد حجم Kg/m^3	وزن واحد سطح Kg/m^2
			حجم مصالح		
ورق موجدار	1	1	0.01	1600	16
پشم شیشه	1	1	0.05	210	10.5
توری	1	1	—	—	0.5
پرلین (لاپه)	—	—	—	—	28
جمع					$55\ Kg/m^2$

$$W_{Dead} = 55 \times 6 = 330\ Kg/m$$

وزن قاب در تحلیل سازه توسط نرم افزار SAP در نظر گرفته می شود.

شکل پیشنهادی سوله:



تعیین بار برف (snow)

$P_r = C_s \cdot P_s$

تعیین C_s:

$tg\alpha = \frac{3.5}{12.5} = 0.28 \longrightarrow \alpha = 15.64^\circ \simeq 15$

$\alpha = 15^\circ \xrightarrow{\text{آیین نامه 519}} C_s = 1$

تعیین P_s:

شهرستان سبزوار در منطقه سردسیر واقع است $\xrightarrow{\text{آیین نامه 519}} P_s = 150 \ kg/m^2$

$P_r = C_s \cdot P_s = 1 \times 150 = 150 \ kg/m^2$

$W_{snow} = 150 \times 6 = 900 \ kg/m$

نکته بسیار مهم: سوله را با نرم افزار SAP فقط میتوان تحلیل سازه کرد و نتایج طراحی SAP برای مقاطع غیرمنشوری سوله قابل قبول نیست، چون فرمولهای و روابط مربوطه طراحی اعضا غیرمنشوری (اعضا با مقطع متغیر) در برنامه SAP وجود ندارد و SAP این اعضا را با فرمولهای مقاطع منشوری (عادی) طرح می کند که قابل قبول نیست. بنابراین طرح سوله بعد از تحلیل با SAP فقط بصورت دیستی قابل قبول است. مگر اینکه مشخص شود در ورژن های جدید SAP این روابط گنجانده شده است که باید Manual های SAP را بررسی و مطالعه کرد و چنانچه این روابط وجود داشت میتوان با SAP طراحی کرد.

تعیین بار باد
(Wind)

$$P = C_e \cdot C_q \cdot q$$

الف- سطح قائم روبه باد:

ضریب شکل C_q: آیین نامه 519 $\longrightarrow$ $C_q = +0.8$

ضریب اثر تغییر سرعت C_e:

سوله در منطقه بازو خارج از شهر احداث می شود. $\xrightarrow[\text{جدول 2-6}]{\text{519 code}}$ $H = 0-10 \longrightarrow C_e = 2$

فشار مبنای باد در شهرستان سبزوار $\xrightarrow[\text{جدول 1-6}]{\text{519 code}}$ $q = 40.5\ kg/m^2$

$$P = C_e \cdot C_q \cdot q = 2 \times 0.8 \times 40.5 = 64.8\ kg/m^2$$

$$W_{wind} = 64.8 \times 6 = 388.8 \simeq 389\ kg/m$$

ب- سطح قائم پشت به باد:

$C_q = -0.5$ ، $C_e = 2$ ، $q = 40.5$

$$P = 2 \times (-0.5) \times 40.5 = -40.5\ kg/m^2$$

$$W_{wind} = -40.5 \times 6 = -243\ kg/m$$ مکش

ج- سطوح شیبدار رو و پشت به باد:

$\alpha = 15.64 \simeq 15^\circ$ $\xrightarrow[\text{519 code}]{\text{جدول 3-6}}$ $C_q = -0.7$ ، $C_e(H_e)$

$$H_e = 8.5 + \frac{3.5}{2} = 10.25 \longrightarrow C_e(10.25) \simeq 2$$

$$P = (-0.5)(2)(40.5) = -40.5\ kg/m^2$$

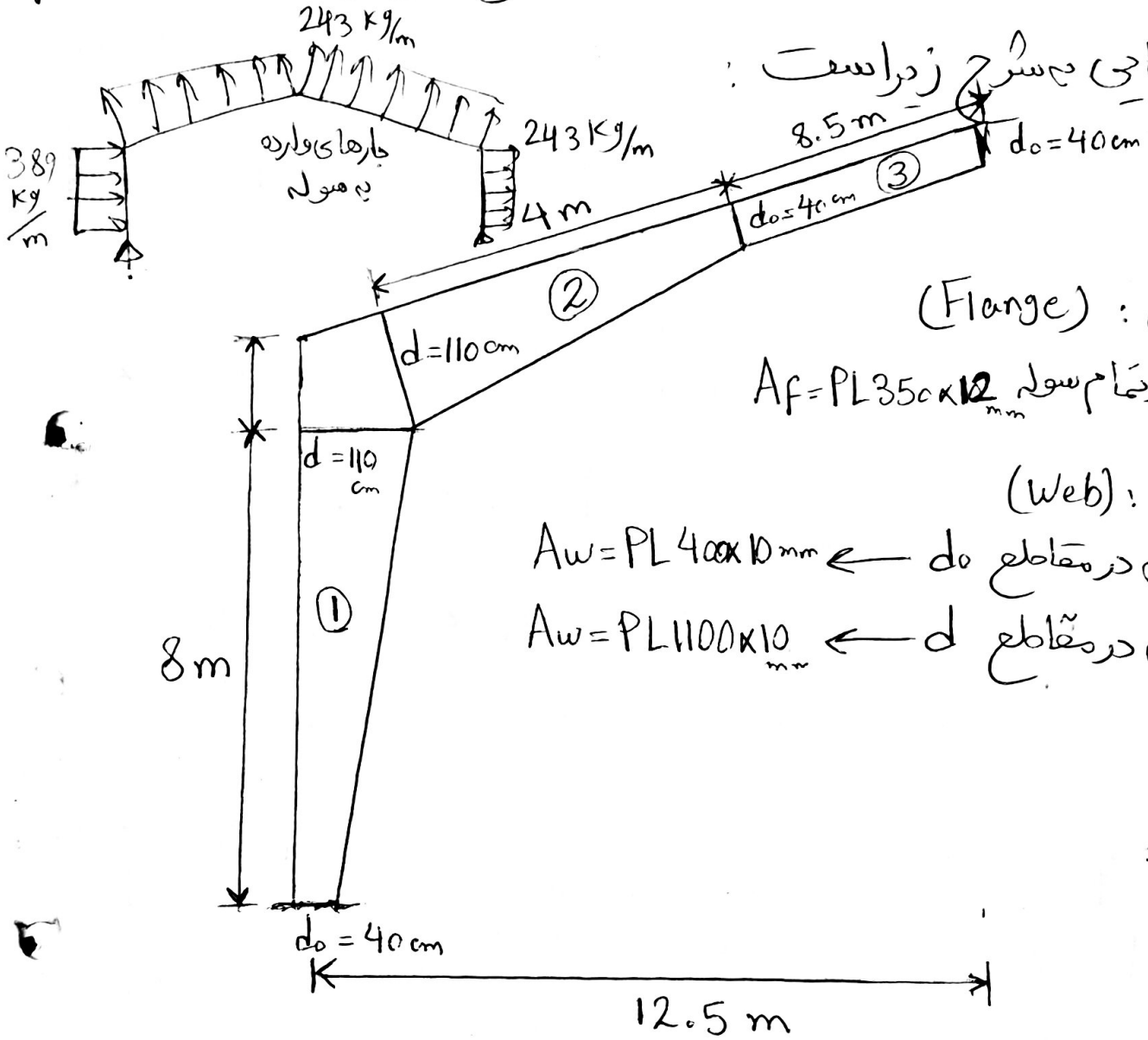
$$W_{wind} = -40.5 \times 6 = -243\ \frac{kg}{m^2}$$ مکش

تعیین ابعاد سوله برای تحلیل سازه با SAP

تعیین ابعاد سوله برای تحلیل سازه :

میتوان با تحلیل تقریبی و طراحی اولیه، ابعاد اولیه سوله را تعیین نمود. اما بدلیل استفاده از نرم افزار قدرتمند SAP 2000 در اینجا از روش سعی و خطا استفاده می کنیم

ابعاد نهایی به شرح زیر است :



ابعاد بال : (Flange)

ابعاد بال در تمام سوله $A_f = PL 350 \times 12_{mm}$

ابعاد جان : (Web)

ابعاد جان در مقاطع do ← $A_w = PL 400 \times 10_{mm}$

ابعاد جان در مقاطع d ← $A_w = PL 1100 \times 10_{mm}$

تحلیل سازه :

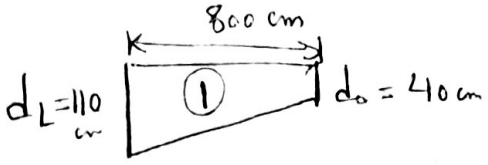
با ابعاد تعیین شده سوله را برای تحلیل در نرم افزار SAP2000 مدل می کنیم.

نتایج تحلیل سازه :

ستون :
$P = 18.4$ ton
$M = 67.1$ ton.m
$V = 8$ ton

تیر :
$P = 12.275$ ton
در مقطع بزرگتر $M = 67.1$ ton.m
در مقطع کوچکتر $M_o = 19.31$ ton.m
$V = 14.57$ ton
$V_o = 9.35$ ton

کنترل تنش مقاطع



۱- کنترل قطعه ① :

$I_{x110} = 370601\ cm^4$ ، $I_{x40} = 40990\ cm^4$, $I_{y40} = 8578\ cm^4$

$A_{40} = 124\ cm^2$.

$$I_{①} = \frac{370601 + 40990}{2} = 205796\ cm^4 = I_{②}$$

ممان اینرسی معادل $I_t = \frac{4}{12.5} \times 205796 + \frac{8.5}{12.5} \times 40990 = 93728\ cm^4$

محاسبهٔ تنش مجاز فشاری (F_{ay}) :

ضریب ستون مضلعی ← $G_b = 10$

$$G_T = \frac{b_T I_o}{l I_t} = \frac{12.5 \times 40990}{8 \times 93728} = 0.68$$

$$\gamma = \frac{d_L - d_o}{d_o} = \frac{110 - 40}{40} = 1.75$$

← از نمودارهای مربوط به مقاطع متغیر

$K_y = 1.3$

$K_y = K_x = 1.3$

$K_y = 1$ ← در جهت x تاب‌ها مهار می‌شوند.

$I_{ox} = 40990\ cm^4$
$I_{oy} = 8578\ cm^4$
$A_o = 124\ cm^2$
$\longrightarrow$ $r_{ox} = 18.18\ cm$ ، $r_{oy} = 8.32\ cm$

لاغری $S_x = \frac{K_x L}{r_{ox}} = \frac{1.3 \times 800}{18.18} = 57$

$S_y = \frac{K_y L}{r_{oy}} = \frac{1 \times 800}{8.32} = 96$

$\longrightarrow S_{max} = 96$

جداول تنش‌های مجاز فشاری $\longrightarrow$ $F_{ay} = 930.5\ kg/cm^2$

محاسبهٔ تنش موجود فشاری (F_{a_o}) :

$$F_{a_o} = \frac{P}{A} = \frac{18.4 \times 10^3}{124} = 148.4\ kg/cm^2$$

محاسبهٔ تنش مجاز خمشی (F_{bx}):

محاسبهٔ β:

① لنگر دو انتهای کولیز متفاوت یا صفر می‌باشد $\xrightarrow{AISC}$ $\beta = \frac{1.75}{1+0.25\sqrt{\gamma}}$

$$\beta = \frac{1.75}{1+0.25\times\sqrt{1.75}} = 1.31$$

محاسبهٔ $F'_{E\gamma}$:

$$F'_{E\gamma} = \frac{\pi^2 E}{1.92\, S_x^2} = \frac{(3.14)^2\times 2.1\times10^6}{1.92\times(57)^2} = 3320$$

$$\left(\frac{F_{a0}}{F'_{E\gamma}}\right) = 0.044$$

محاسبهٔ C_m:

عضو تکسر مفصل می‌باشد $\xrightarrow{AISC}$ $C_m = 1-0.9\left(\frac{F_{a0}}{F'_{E\gamma}}\right)+0.6\left(\frac{F_{a0}}{F'_{E\gamma}}\right)^2$

$$C_m = 1-0.9\times(0.044)+0.6\times(0.044)^2 \longrightarrow C_m = 0.96$$

محاسبهٔ h_s, h_w, $F_{S\gamma}$, $F_{w\gamma}$:

$$h_s = 1+0.023\gamma\sqrt{\frac{L\,d_0}{A_F}} = 1+0.023\times1.75\times\sqrt{\frac{800\times40}{1.2\times35}}$$

$$\boxed{h_s = 2.11}$$

$$I_{Ty} = \frac{1.2\times35^3}{12} = 4287.5\,cm^4,\quad A_{T0} = 1.2\times35+\frac{1}{6}\times40\times1 = 48.66\,cm^2$$

$$r_{T0} = \sqrt{\frac{I_{T0}}{A_{T0}}} = 9.38\,cm$$

$$h_w = 1+0.00385\gamma\sqrt{\frac{L}{r_{T0}}} = 1+0.00385\times1.75\times\sqrt{\frac{800}{9.38}}$$

$$\boxed{h_w = 1.06}$$

④

$$F_{sy} = \frac{843600}{\frac{h_s L d_o}{A_F}} = \frac{843600}{\frac{2.11 \times 800 \times 40}{1.2 \times 35}} = 525$$

$$F_{wy} = \frac{11951 \times 10^3}{\left(\frac{h_w L}{r_{To}}\right)^2} = \frac{11951 \times 10^3}{\left(\frac{1.06 \times 800}{9.38}\right)^2} = 1462$$

$$F_{by} = \min\left\{\frac{2}{3}\left[1 - \frac{F_y}{6\beta\sqrt{F_{sy}^2 + F_{wy}^2}}\right]F_y \, , \, 0.6F_y\right\}$$

$$F_{by} = \min\left\{\frac{2}{3}\left[1 - \frac{2400}{6 \times 1.31 \times \sqrt{(525)^2 + (1462)^2}}\right] \times 2400 \, , \, 1440\right\}$$

$$F_{by} = \min\{1286, 1440\} \longrightarrow \text{تنش برشی: } F_{by} = 1286 \ kg/cm^2$$

کاسپ تنش موجود خمشی (F_{bL}):

$$F_{bL} = \frac{M}{S} \quad , \quad h = 110 \ cm \longrightarrow I = 370601 \ cm^4$$

$$M = 67.1 \ ton.m$$

$$C = \frac{110 + 1.2 \times 2}{2} = 56.2 \ cm$$

$$\longrightarrow S = \frac{I}{C} = \frac{370601}{56.2} = 6594 \ cm^3$$

$$F_{bL} = \frac{67.1 \times 10^5}{6594} = 1018 \ kg/cm^2$$

G

کنترل‌های نهایی

الف- کنترل پایداری:

$$\frac{F_{a0}}{F_{ax}} + \frac{C_m}{1 - \frac{F_{a0}}{F'_{Ex}}} \times \frac{F_{bL}}{F_{bx}} \leq 1$$

$$\frac{148.4}{930.5} + \frac{0.96}{1 - 0.044} \times \frac{1018}{1286} = 0.95 < 1 \quad ok$$

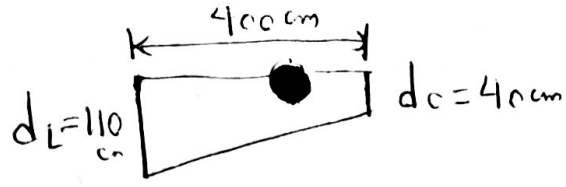
ب- کنترل تنش:

$$\frac{F_{a0}}{0.6F_y} + \frac{F_{bL}}{F_{bx}} \leq 1$$

$$\frac{148.4}{1440} + \frac{1018}{1286} = 0.89 < 1 \quad ok$$

بنابراین قطعهٔ (I) مناسب است.

(5)



۲- کنترل قطعه: (2)

$d_L = 110 \longrightarrow I = 370601\ cm^4$

$d_0 = 40 \longrightarrow I_{0x} = 40990\ cm^4,\ I_{0y} = 8578\ cm^4,\ A_0 = 124\ cm^2$

محاسبهٔ تنش مجاز فشاری: (F_{ay})

$$I_t = I_{②} = I_{①} = \frac{370601 + 40990}{2} = 205796\ cm^4$$

$G_b = 1$ انتهای لولا جلو لیردا است

$$G_T = \frac{b_T I_0}{\ell I_t} = \frac{8 \times 40990}{12.5 \times 205796} = 0.13$$

$$\gamma = \frac{d_L - d_0}{d_0} = \frac{110 - 40}{40} = 1.75$$

} $\xrightarrow[\text{مقاطع متغیر}]{\text{از نمودارهای مربوطه}} K_\gamma = 0.7$

$K_x = K_\gamma = 0.7$ ، $K_y = 1$ در جهت y مهار شده است. در جهت x مهار نشده است.

$$S_x = \frac{K_x L}{r_{0x}} \quad , \quad S_y = \frac{K_y L}{r_{0y}}$$

$I_{0x} = 40990\ cm^4$
$I_{0y} = 8578\ cm^4$
$A_0 = 124\ cm^2$
} $\longrightarrow r_{0x} = 18.18\ cm,\ r_{0y} = 8.32\ cm$

$S_x = \frac{0.7 \times 400}{18.18} = 16$
$S_y = \frac{1 \times 400}{8.32} = 48$
} $\longrightarrow S_{max} = 48 \xrightarrow[\text{مجاز فشاری}]{\text{جداول تنشهای}} F_{ay} = 1246\ KJ/cm^2$

محاسبهٔ تنش موجود فشاری (f_a)

$$f_{a_0} = \frac{P}{A} = \frac{12.275 \times 10^3}{124} = 99\ KJ/cm^2$$

محاسبه تنش مجاز خمشی (F_{by}):

محاسبه β:

تیر عضو دوسکله ای است که در نتایج تحلیل سازه مشاهده می شود F_{b2} تنش خمشی بیشتر در انتهای بزرگتر عضو می باشد

AISC $\longrightarrow$ $\beta = \max\left[1-0.58\left(1+\frac{f_{b1}}{F_{b2}}\right)-0.7\gamma\left(1+\frac{f_{b1}}{F_{b2}}\right)^2\right]$

$$\beta = \max\left[1+0.58\left(1+\frac{f_{b1}}{F_{b2}}\right)+0.7\gamma\left(1+\frac{F_{b1}}{F_{b2}}\right)^2, 1\right]$$

انتهای عضو دوطرفه است $\xrightarrow{AISC}$ $\left(\frac{F_{b1}}{F_{b2}}\right)=0$

$$\beta = \max[1+0.58(1+0)-0.7\times 1.75(1+0)^2, 1] = 1$$

محاسبه $F'_{E\gamma}$:

$$F'_{E\gamma} = \frac{\pi^2 E}{1.92\, S_x^2} = \frac{(3.14)^2\times 2.1\times 10^6}{1.92\times(16)^2} = 42125$$

$$\left(\frac{F_{a0}}{F'_{E\gamma}}\right) = 0.002$$

انتهای عضو دوطرفه است $\longrightarrow$ $C_m = 1-0.9\left(\frac{F_{a0}}{F'_{E\gamma}}\right)+0.6\left(\frac{F_{a0}}{F'_{E\gamma}}\right)^2$

$$C_m = 1-0.9\times(0.002)+0.6\times(0.006)^2 = 0.998$$

$$\boxed{C_m \simeq 1}$$

محاسبه r_{T0}:

$$I_{T0} = \frac{1.2\times 35^3}{12} = 4287.5\ cm^4$$

$$A_{T0} = 1.2\times 35 + 1/6\times 40\times 1 = 48.66\ cm^2$$

$$r_{T0} = \sqrt{\frac{I_{T0}}{A_{T0}}} = 9.38\ cm$$

(6) محاسبه h_s و h_w و F_{sy} و F_{wy} برای بدست آوردن F_{by}:

$$h_s = 1 + 0.023 \times 1.75 \times \sqrt{\frac{L\,d_o}{A_F}} = 1 + 0.023 \times 1.75 \times \sqrt{\frac{400 \times 40}{1.2 \times 35}}$$

$$h_s = 1.78$$

$$h_w = 1 + 0.00385 \times 1.75 \times \sqrt{\frac{L}{r_{To}}} = 1 + 0.00385 \times 1.75 \times \sqrt{\frac{400}{9.38}}$$

$$h_w = 1.044$$

$$F_{sy} = \frac{843600}{\frac{h_s L d_o}{A_F}} = \frac{843600}{\frac{1.78 \times 400 \times 40}{1.2 \times 35}} = 1244$$

$$F_{wy} = \frac{11951 \times 10^3}{\left(\frac{h_w L}{r_{To}}\right)^2} = \frac{11951 \times 10^3}{\left(\frac{1.044 \times 400}{9.38}\right)^2} = 6030$$

$$F_{by} = \min\left\{\frac{2}{3}\left[1 - \frac{F_y}{6\beta\sqrt{F_{sy}^2 + F_{wy}^2}}\right]F_y,\ 0.6F_y\right\}$$

$$F_{by} = \min\left\{\frac{2}{3}\left[1 - \frac{2400}{6 \times 1 \times \sqrt{(1244)^2 + (6030)^2}}\right] \times 2400,\ 1440\right\}$$

$$F_{by} = \min\{1496,\ 1440\} = 1440\ \text{Kg/cm}^2$$

تنش کمانشی $F_{by} = 1440\ \text{Kg/cm}^2$

محاسبه تنش موجود خمشی:

$$F_{bL} = \frac{M}{S}\ ,\ M = 67.1\ \text{ton.m}\ ,\ I = 370601\ \text{cm}^4\ ,\ C = 56.2$$

$$S = \frac{I}{C} = 6594$$

$$F_{bL}\ \text{موجود} = \frac{67.1 \times 10^5}{6594} = 1018\ \text{Kg/cm}^2$$

کنترل‌های نهایی

الف ـ کنترل پایداری:

$$\frac{f_{a0}}{F_{ay}} + \frac{C_m}{1 - \frac{f_{a0}}{F'_{EY}}} \times \frac{f_{bL}}{F_{by}} \leq 1$$

$$\frac{99}{1246} + \frac{1}{1 - 0.002} \times \frac{1018}{1440} = 0.78 < 1 \quad \text{OK} \checkmark$$

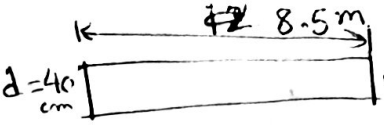
ب ـ کنترل تنش:

$$\frac{f_{a0}}{0.6F_y} + \frac{f_{bL}}{F_{by}} \leq 1$$

$$\frac{99}{1440} + \frac{1018}{1440} = 0.775 < 1 \quad \text{OK} \checkmark$$

بنابراین قطعهٔ (2) مناسب است.

(7)



$P = 12.275$ ton

$M = 19.31$ ton.m

۳ - لنتر ل قطعه ③

این قطعه منشوری می باشد.

$I_{③} = 40990\ cm^4$

$I_{ox} = 40990$, $I_{oy} = 8578$, $A_o = 124$

$r_{ox} = 18.18$, $r_{oy} = 8.32$

محاسبهٔ تنش مجاز فشاری (F_a):

از قسمت قبل داریم:

$K_y = K_y = 0.7$, $K_x = 1$

$$S_x = \frac{K_x L}{r_{ox}} = \frac{0.7 \times 850}{18.18} = 33$$

$$S_y = \frac{K_y L}{r_{oy}} = \frac{1 \times 850}{8.32} = 102$$

$\longrightarrow F_a = 883\ kg/cm^2$

محاسبهٔ تنش موجود فشاری (f_a):

$$f_a' = \frac{P}{A}$$

$$f_a = \frac{12.275 \times 10^3}{124} = 99\ kg/cm^2$$

محاسبهٔ تنش مجاز خمشی (F_b):

از قسمتهای قبل داریم $\longrightarrow h = 40\ cm \longrightarrow r_{To} = 9.38\ cm$

$$\frac{L}{r_{To}} = \frac{850}{9.38} = 90.6$$ ، بطور محافظه کارانه $C_b = 1$

$$\left(\sqrt{\frac{717 \times 10^4 C_b}{Fy}} = \sqrt{\frac{717 \times 10^4 \times 1}{2400}} = 54.6\right) , \left(\sqrt{\frac{3585 \times 10^4 C_b}{Fy}} = 122.2\right)$$

$$\longrightarrow \left(\sqrt{\frac{717 \times 10^4 C_b}{Fy}} = 54.6\right) < \left(\frac{L}{r_{To}} = 90.6\right) < \left(\sqrt{\frac{3585 \times 10^4}{Fy}} = 122.2\right)$$

$$\xrightarrow{AISC} F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{Fy\left(\frac{L}{r_{To}}\right)^2}{10775 \times 10^4 C_b}\right] Fy = \left[\frac{2}{3} - \frac{2400 \times (90.6)^2}{10775 \times 10^4 \times 1}\right] \times 2400$$

تنش خمشی مجاز $F_b = 1161\ kg/cm^2$

محاسبه تنش موجود:

$$f_b = \frac{M}{S} \quad , \quad S = \frac{40990}{21.2} = 1934\ cm^3$$

$$M = 19.31\ ton.m \longrightarrow f_b = \frac{19.31 \times 10^5}{1934} = 998.5\ \frac{kg}{cm^2}$$

$$F_E = \frac{\pi^2 E}{1.92 \times S^2} = \frac{(3.14)^2 \times 2.1 \times 10^6}{1.92 \times (33)^2} = 990$$

محاسبه C_m:

عضو فشاری و بدون حرکت جانبی و تحت اثر نیروهای جانبی می باشد که در انتهای آن لنگر وجود دارد } $\xrightarrow{AISC}$ $C_m = 0.85$

کنترل های نهایی

۱- کنترل پایداری:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m}{1 - \frac{f_a}{F_E}} \times \frac{f_b}{F_b} \leq 1$$

$$\frac{99}{883} + \frac{0.85}{1 - \frac{99}{990}} \times \frac{998.5}{1161} = 0.924 < 1 \quad OK \checkmark$$

۲- کنترل تنش:

$$\frac{f_a}{0.6 F_y} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1$$

$$\frac{99}{1440} + \frac{998.5}{1161} = 0.93 < 1 \quad OK \checkmark$$

بنابراین قطعه (3) نیز مناسب است.

کنترل‌های تیر ورق‌ها

1- کنترل کمانش قائم جان مقاطع:

$$h=110 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leqslant \frac{984200}{\sqrt{F_y(F_y+1160)}} \rightarrow \left(\frac{h}{t_w}=\frac{110}{1}=110\right) < \frac{984200}{\sqrt{2400(2400+1160)}}=337$$

OK ✓

2- کنترل تنش برشی:

بزرگترین برش در $h=110\,cm$ $\longrightarrow V=14.57\ ton$

$$f_{v_{max}}=\frac{14.57\times10^3}{110\times1}=132.4\ \frac{kg}{cm^2} < 0.4F_y=960\ kg/cm^2 \quad OK\checkmark$$

بزرگترین برش در $h=40\,cm$ $\longrightarrow V=9.35\ ton$

$$f_{v_{max}}=\frac{9.35\times10^3}{40\times1}=224\ kg/cm^2 < 0.4F_y=960\ kg/cm^2 \quad OK\checkmark$$

3- کنترل کمانش طولی جان:

$$\frac{h}{t_w} \leqslant \frac{6372}{\sqrt{F_b}}$$

(1) مقطع $\longrightarrow F_b=1286\ kg/cm^2 \longrightarrow \frac{h}{t_w}=110 \leqslant \frac{6372}{\sqrt{1286}}=177.7$ OK✓

(2) مقطع $\longrightarrow F_b=1440\ kg/cm^2 \longrightarrow \frac{h}{t_w}=110 \leqslant \frac{6372}{\sqrt{1440}}=168$ OK✓

(3) مقطع $\longrightarrow F_b=1161\ kg/cm^2 \longrightarrow \frac{h}{t_w}=40 < \frac{6372}{\sqrt{1161}}=187$ OK✓

4- کنترل ابعاد بال:

A_f مورد نیاز $= \frac{M}{F_b \cdot h} - \frac{A_w}{6}$ $<$ A_f موجود $= 35 \times 1.2 = 42\ cm^2$

① مقطع $\longrightarrow F_b = 1286\ \frac{kg}{cm^2} \longrightarrow A_f = \frac{67.1 \times 10^5}{1286 \times 110} - \frac{110 \times 1}{6} = 29.1 < A_f = 42\ cm^2$

② مقطع $\longrightarrow F_b = 1440 \longrightarrow A_f = \frac{67.1 \times 10^5}{1440 \times 110} - \frac{110 \times 1}{6} = 24 < A_f = 42\ cm^2$

③ مقطع $\longrightarrow F_b = 1161 \longrightarrow A_f = \frac{19.31 \times 10^5}{1161 \times 40} - \frac{400 \times 1}{6} = 35 < A_f = 42\ cm$

ok ✓

5- کنترل کمانش موضعی بال فشاری:

$$\frac{b}{2t_f} \leq \frac{797}{\sqrt{F_y}}$$

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{35}{2 \times 1.2} = 14.58 < \frac{797}{\sqrt{2400}} = 16.26 \quad ok ✓$$

6- کنترل کمانش جانبی و پیچشی بال فشاری:

بدلیل آنکه در قسمتهای قبل برای بدست آوردن تنشهای مجاز خمشی کمانش جانبی پیچشی بال فشاری لحاظ شده است. این خطر بال تیرورق ها را تهدید نمی کند.

7- کنترل کمانش موضعی جان:

در این سوله در مقاطع شکستگی از سخت کننده استفاده می کنیم.

فاصله $a = 800\ cm$

سخت کننده ها

مقطع ① :

$$\frac{a}{h} = \frac{800}{110} = 7.27 > 1 \longrightarrow K = 5.34 + \frac{4}{(\frac{a}{h})^2}$$

$$K = 5.34 + \frac{4}{(7.27)^2} = 5.41$$

(9)

$$C_v = \frac{3163500 K}{F_y (\frac{h}{t_w})^2} = \frac{3163500 \times 5.41}{2400 \times (\frac{110}{1})^2} = 0.6 < 0.8 \text{ OK} \checkmark$$

$$F_v = \min\left[\frac{F_y . C_v}{2.89}, 0.4 F_y\right] = \min\left[\frac{2400 \times 0.6}{2.89}, 960\right]$$

$$F_v = 498.26 \text{ kg/cm}^2$$

فاصله متوسط $d = \frac{110 + 40}{2} = 75 \text{ cm}$

$$f_v = \frac{8 \times 10^3}{75} = 106 \text{ kg/cm}^2 < F_v = 498.26 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK} \checkmark$$

بنابراین تنش برشی متوسط جان از F_v کمتر است و به تقویت میانی نیاز نیست

فاصله (2)

$$a = 400 \text{ cm} \rightarrow \frac{a}{h} = \frac{400}{110} = 3.63 > 1$$

$$\rightarrow K = 5.34 + \frac{4}{(\frac{a}{h})^2} = 5.34 + \frac{4}{(3.63)^2} = 5.64$$

$$\rightarrow C_v = \frac{3163500 K}{F_y (\frac{h}{t_w})^2} = \frac{3163500 \times 5.64}{2400 \times (\frac{110}{1})^2} = 0.6 < 0.8 \text{ OK} \checkmark$$

از $F_v = \min\left[\frac{F_y . C_v}{2.89}, 0.4 F_y\right] = \min\left[\frac{2400 \times 0.6}{2.89}, 960\right]$

$$F_v = 498.26 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{14.57 \times 10^3}{115 \times 1} = 194 \text{ kg/cm}^2 < F_v = 498.26 \text{ kg/cm}^2$$

بنابراین در فاصله (2) نیز نیازی به تقویت میانی نیست.

فاصله (3)

$$a = 850 \text{ cm} \rightarrow \frac{a}{h} = \frac{850}{40} = 21.25$$

$$K = 5.34 + \frac{4}{(21.25)^2} = 5.35 \rightarrow C_v = \frac{3163500 \times 5.35}{2400 \times (\frac{40}{1})^2} = 4.4 > 0.8$$

$$\rightarrow C_v = \frac{1593}{\frac{h}{t_w}} \sqrt{\frac{K}{F_y}} = \frac{1593}{\frac{40}{1}} \times \sqrt{\frac{5.35}{2400}} = 1.88$$

$$\rightarrow F_v = \min\left[\frac{2400 \times 1.88}{2.89}, 960\right] = 960 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{9.35 \text{ton}}{40 \times 1} = 233.75 \text{ kg/cm}^2 < F_v = 960 \text{ kg/cm}^2$$

بنابراین در قطعه (3) نیز نیازی به تقویت میانی نیست.

۸- کنترل کمانش قائم جان بر اثر فشار مستقیم:

$$F_a = \left[2 + \frac{4}{(\frac{a}{h})^2}\right] \frac{703000}{(\frac{h}{t_w})^2}$$

قطعه ①: $a = 800 \text{ cm} \rightarrow \frac{a}{h} = \frac{800}{110} = 7.27$

$$F_a = \left[2 + \frac{4}{(7.27)^2}\right] \times \frac{703000}{(\frac{110}{1})^2} = 120.6 \text{ kg/cm}^2$$

$q = 389 \text{ kg/m} = 3.89 \text{ kg/cm}$:از کنترل

$$f_a = \frac{q}{t_w} = \frac{3.89}{1} = 3.89 \text{ kg/cm}^2 < F_a = 120.6 \text{ kg/cm}^2$$

ok ✓

قطعه ②: $a = 400 \text{ cm} \rightarrow \frac{a}{h} = \frac{400}{110} = 3.64$

$$F_a = \left[2 + \frac{4}{(3.64)^2}\right] \frac{703000}{(\frac{110}{1})^2} = 134$$

$q = 243 \text{ kg/m} = 2.43 \text{ kg/cm}$

$$f_a = \frac{q}{t_w} = \frac{2.43}{1} = 2.43 \text{ kg/cm}^2 < F_a = 134 \text{ kg/cm}^2$$

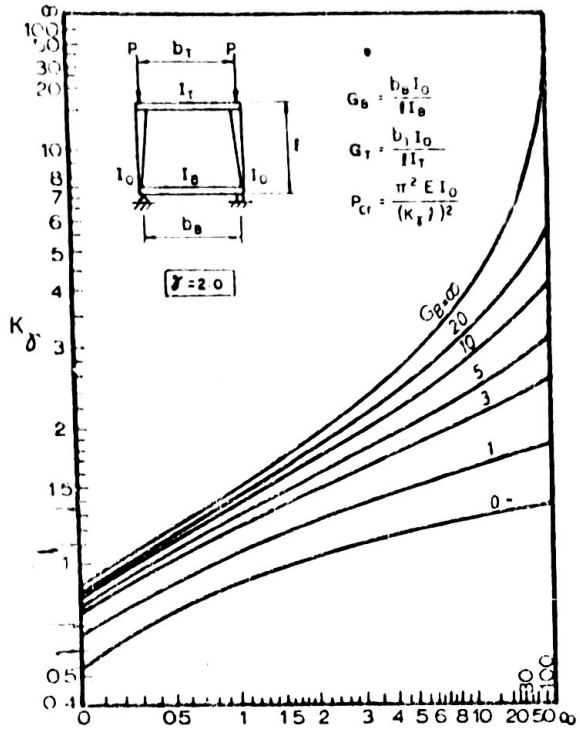
ok ✓

قطعه ③: $a = 850 \text{ cm} \rightarrow \frac{a}{h} = \frac{850}{40} = 21.25$

$$F_a = \left[2 + \frac{4}{(21.25)^2}\right] \frac{703000}{(\frac{40}{1})^2} = 883 \text{ kg/cm}^2$$

$q = 243 \text{ kg/m} = 2.43 \text{ kg/cm}$

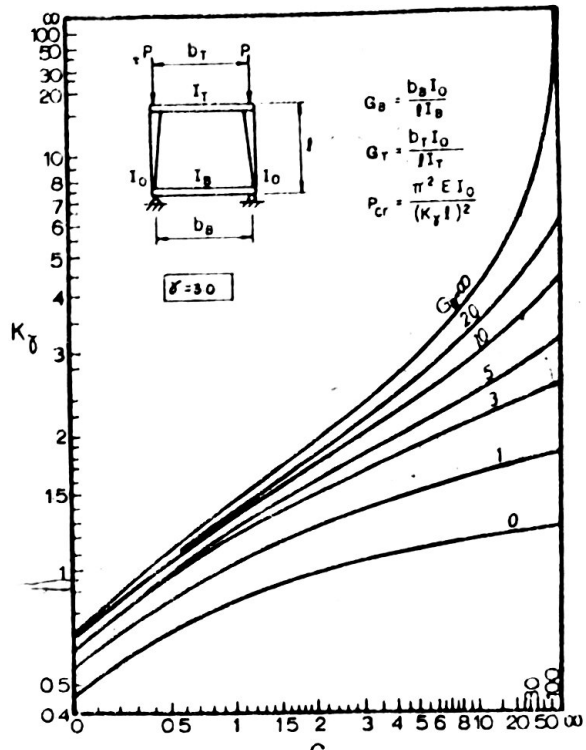
$$f_a = \frac{q}{t_w} = \frac{2.43}{1} = 2.43 \text{ kg/cm}^2 < F_a = 883 \text{ kg/cm}^2$$ ok ✓



شکل ۵-۱۲ - b_1

ضریب طول موثر برای ستونهای با مقطع متغیر، حرکت جانبی آزاد

$(\gamma = 2.0)$



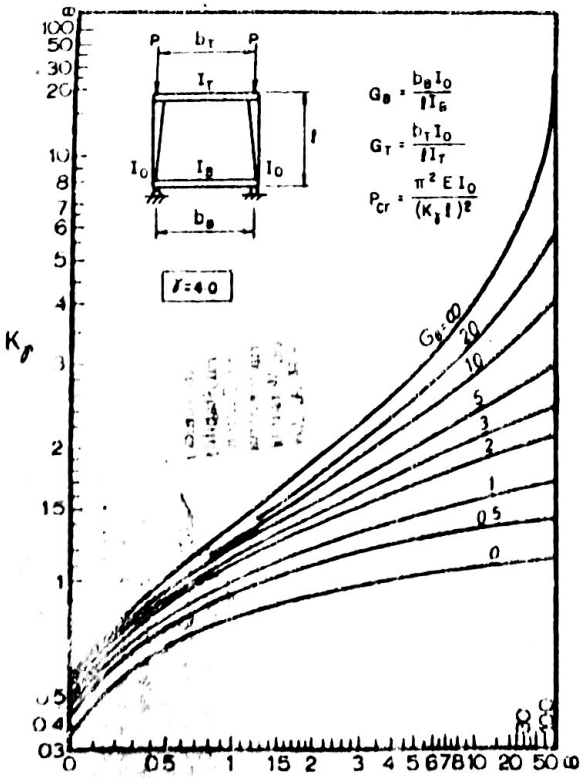
شکل ۵-۱۵ - b_1

ضریب طول موثر برای ستونهای با مقطع متغیر، حرکت جانبی آزاد

$(\gamma = 3.0)$

گراف های تعیین ضریب طول موثر

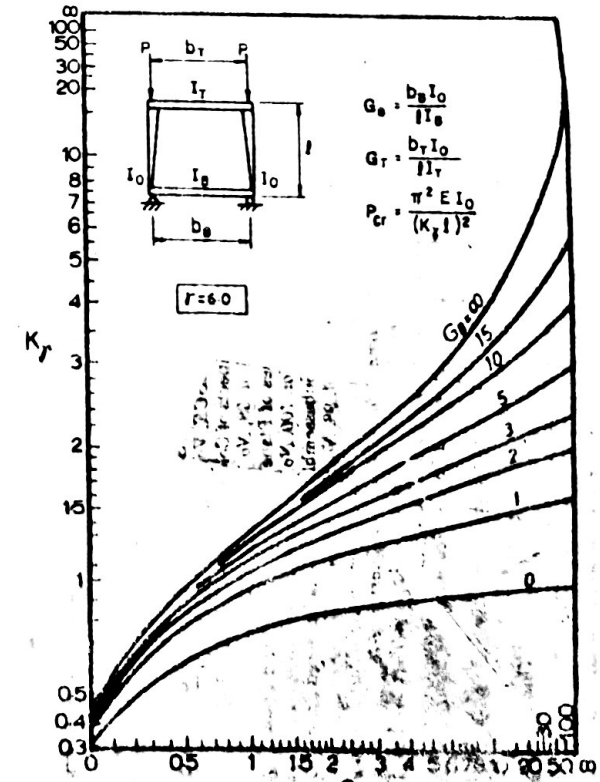
که در جلد دوم کتاب دکتر میرقادری هم هست



شکل ۵-۱۲ - b_1

ضریب طول موثر برای ستونهای با مقطع متغیر، حرکت جانبی آزاد

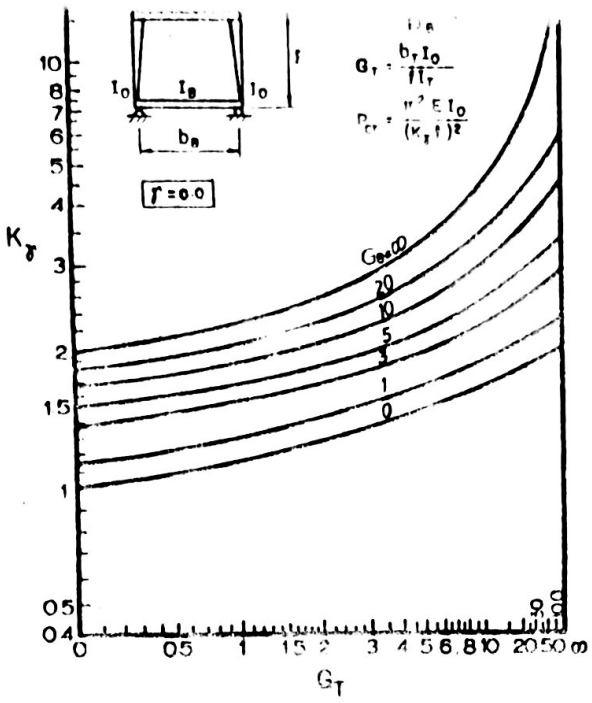
$(\gamma = 4.0)$



شکل ۵-۱۲ - b_1

ضریب طول موثر برای ستونهای با مقطع متغیر، حرکت جانبی آزاد

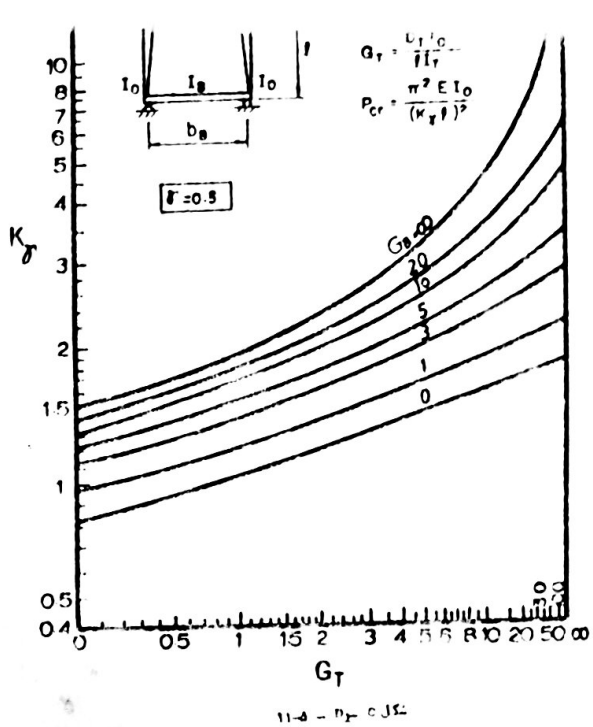
$(\gamma = 6.0)$



شکل ۵-۱۰ – $P_{cr} = \frac{\pi^2 E I_0}{(K_\gamma l)^2}$

ضریب طول موثر برای ستونهای با مقطع متغیر، حرکت جانبی آزاد

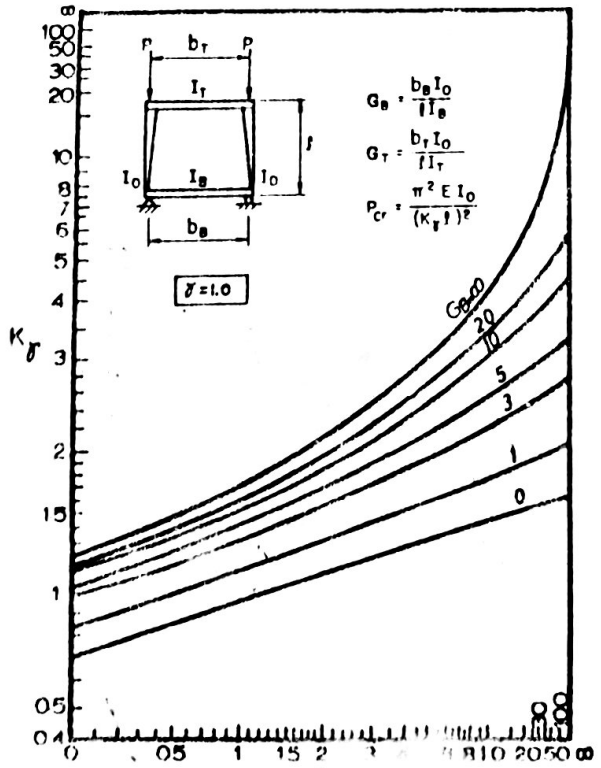
($\gamma = 0$)



شکل ۵-۱۱ – $P_{cr} = \frac{\pi^2 E I_0}{(K_\gamma l)^2}$

ضریب طول موثر برای ستونهای با مقطع متغیر، حرکت جانبی آزاد

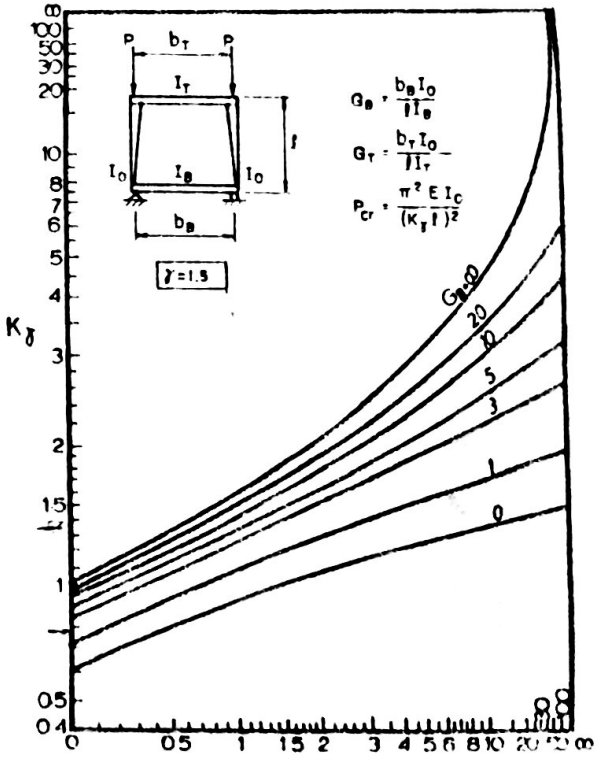
($\gamma = 0.5$)



شکل ۵-۱۲ – [illegible]

ضریب طول موثر برای [illegible] با مقطع متغیر، حرکت جانبی آزاد

(γ [illegible])



شکل ۵-۱۳ – $P_{cr} = \frac{\pi^2 E I_0}{(K_\gamma l)^2}$

ضریب طول موثر برای ستونهای با مقطع متغیر، حرکت جانبی آزاد

($\gamma = 1.5$)