

فولاد ۱

استاد: دکتر حق المیر

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

منبع: www.laag.ir

استاد آگاهی دکتر عباس حق الهی

شماره های فولادی (۱)

منابع: ۱. بحث ۶.۱ مقررات ملی ساختمان ایران ۲. آیین نامه AISC 2005¹⁰ ۳. نشریه ۲۴۶ سازمان

برنامه ریزی ۴. جدول اشتغال ۵. طراحی سازه های فولادی بر روی دی ۶. طبقه بندی و مقررات ۷. طراحی ۸. ایران

سر فصل

۱. اصول و فلسفه طراحی، آیین نامه ها، سیستم های سازه ای

۲. فولاد ساختمانی

۳. طراحی اعضای کششی

۴. طراحی اعضای فشاری

۵. طراحی اعضای خمشی، تغییر شکل تیر

۶. لایه ها

۷. طراحی اعضای فشاری توأم با خمشی (تیر ستون ها)

۸. طراحی ستون های با بتن سبب

۹. طراحی تیرهای مرکب از بتن و فولاد

ما. طلاق معده ستن ها

۱۱. مقاطع نور دسرد

منابع ای دیگر

8. steel structure, Design and behavior, salmon, johnson

9. Design of steel structure ... , Gaylord

امتحان فردا بار

مراحل اصلی پروژه



۱- انتخاب سیستم سازه‌ای

۲- بارگذاری

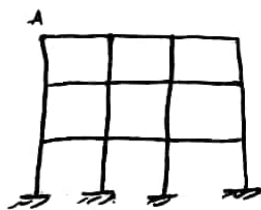
۳- تحلیل

۴- طراحی

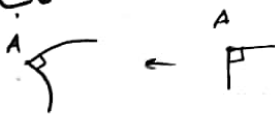
۵- نقشه‌کشی

سیستم‌های سازه‌ای: کسل سازه‌ها باید پایدار باشند. - کسل سازه - اجزای سازه

۱- سیستم قاب خمشی:

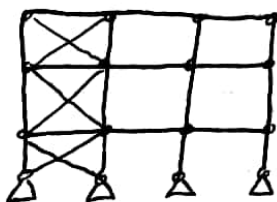


قاب خمشی

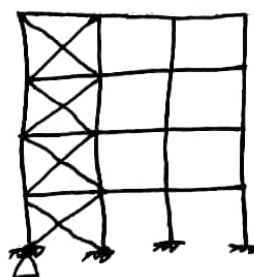


انصال صلب: زاویه اتصال قبل و بعد از بارگذاری ثابت می‌ماند.

گروه تغییر شکل دارد و تغییر زاویه (θ, δ)



قاب سازه همراه سازه



مختلط

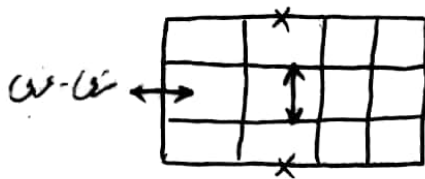
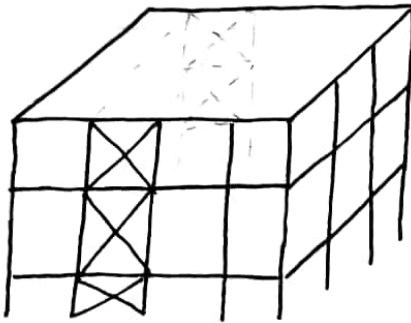
در سازه سه نوعی باید در دو استند اصلی سازه باید پایدار باشند. اتصال صلب: در این اتصال بعد از بارگذاری ثابت می‌ماند اما ممکن است بپیچد.

سیستم سازه‌ای در صلب سازه‌ای و تمایلی، صلبی می‌تواند مشابه با ستاوت باشد.

اگر در یک صلب از سیستم قاب خمشی استفاده با

در آن (استاد هلی) باید قاب خمشی باشند

انقال ساده با مهار استکالی ندارد



که صغی قاب ها مهار بند داشته باشند

در ساختمان های دارای سقف صلب و سیستم سازه‌ای انقال ساده و مهار بندی توان تعدادی قاب

بدون مهار بندی از طریق سقف صلب به قاب های مهار بندی شده نیکی نمود و سازه ای باید در نظر گرفته شود.

صغی قاب خمشی به سمت باید کنیم است لذا در صورت استفاده از قاب خمشی در یک امتداد

کلیه قاب ها در آن امتداد باید خمشی باشند.

طراحی بهینه تأمین نیازهای پروژه

۲- تأمین مقاومت لازم برای کلیه اعضا

شماره ۱۳۳ (۱۳۳)

۳- تأمین قابلیت بهره برداری مناسب (احساس ایمنی درونی)

۴. اقتصادی بودن طرح خط سرباره سنگ

امیت ۴۴۴۴۴۴

۵. قابلیت اطمینان در محل ارتقاء مصالح و نیروی کار

مشخصات فولاد:



درستی حد جاری شدن

$$f_y, f_u, E, E_r$$

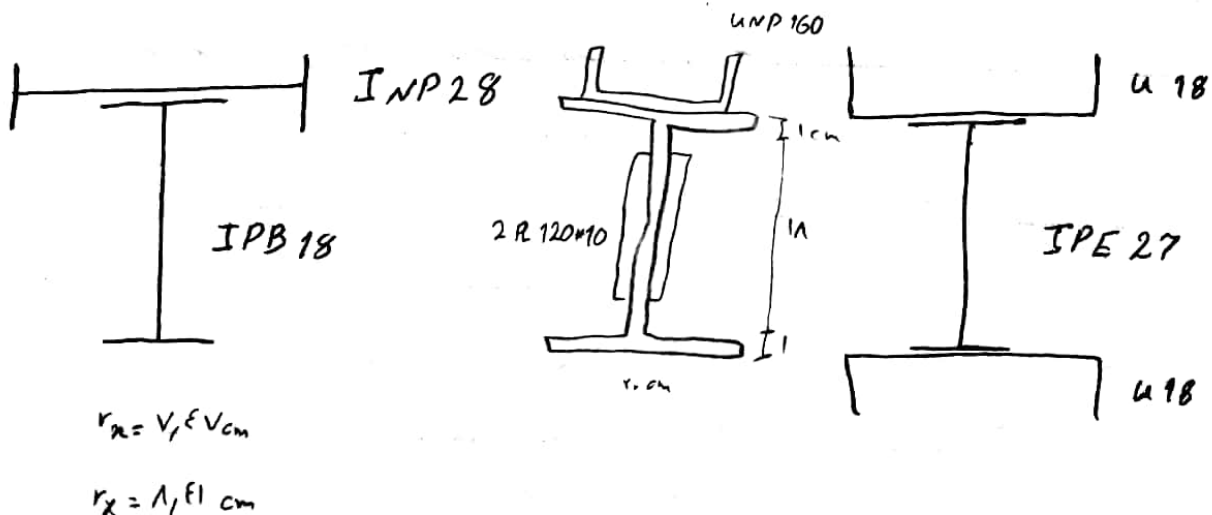
$$St-37 \begin{cases} f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2-2,1 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

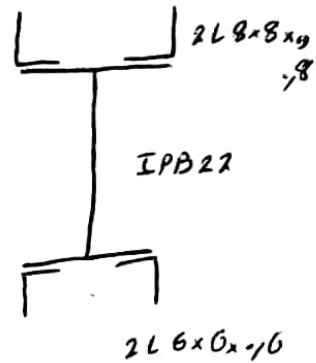
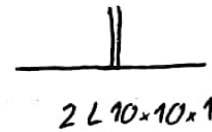
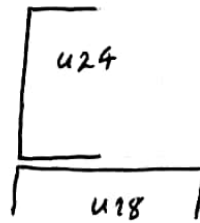
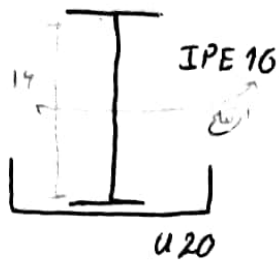
$$\begin{matrix} St-37 \\ St-37 \\ St-37 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} St-37 \\ St-37 \\ St-37 \end{matrix}} \right\} \text{من ۴ تا ۸}$$

$$St-52 \begin{cases} f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2 \\ f_u = 5200 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2,1 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

تقریباً. مطلوب است مقادیری استقامت زیر با سیم مقاطع مرکب زیر:

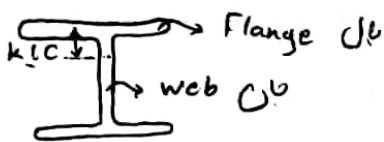
$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}, \quad r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$





$$s = \frac{I}{C}$$

	عرض بال	ضخامت بال	فاصله جان	مساحت مقطع	مان انبری	مقاومت زیر بار	مقاومت	مقاومت	مقاومت
بدل استال	b	t	s	f	J_x, J_y	r_x, r_y	w_x, w_y	a_x, a_y	
کلاس	b_f	t_f	t_w	A	I_x, I_y	r_x, r_y	w_x, w_y	s_x, s_y	a_x, a_y



نامده ای که اگر دو مقطع با هم با نامده a قرار بگیرد $I_x = I_y$ می شود

برای $\begin{cases} INP, NP, I \\ IPE \end{cases}$

IPB نیست

$\begin{bmatrix} L \\ \end{bmatrix} u, UNP$

روشن طراحی - روش تنشی مجاز ۲ - روش حدی (بج ۹۲) (LRFD) (ASD)
 "یادآوری"

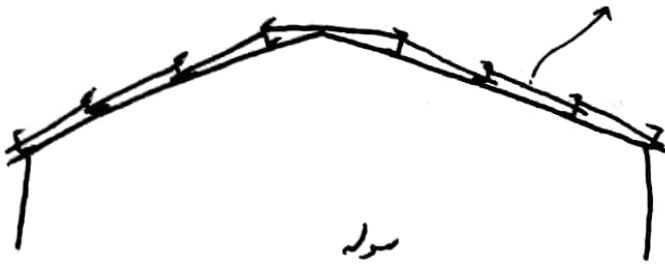
ضریب اطمینان ۱.۲ - ممکن است در آئین بار اضافی علاوه بر بار وارده به سازه وارد شود (تبدیل کلاسی به انبار) ۲ - مقاومت

مبالغ از مقدار محاسبه شده کمتر باشد - ضریب اطمینان برای استثنایات محاسباتی نیست.

بال ترکیب بارهای طراحی $P_D = 0.0t, P_L = 5.0t, P_E = 2.0t$

$$\begin{cases} 1.4D = 1.4 \times 0.0 = 0.0t \\ 1.2D + 1.4L = 1.2 \times 0.0 + 1.4 \times 5.0 = 7.0t \\ 1.2D + L + E = 1.2 \times 0.0 + 5.0 + 2.0 = 7.0t \end{cases} \Rightarrow 11.0t$$

لایه اعضاء کششی، فریاده، بادبندها، میل مهارهای سقف



صوابد آیس نامدای



تفسیر شکل نهاده
عضو سازه تحت اثر تنش فودش منضم نشود

۱- لایه کششی عضو

۲- جاری نشدن مقطع

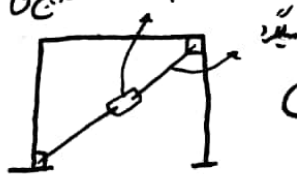
اگر وضعیت انفالات منضم نبود مقطع دوم در
اول کنترل گردد

۳- جلوگیری از تسلطی در محل سوراخ

۴- برین قالبی انفان نیفتد

۵- بولت ها کسبیده نشوند

نسبت فریاده (بجای سوز و عضو کششی می شود)



۶- اگر عضو بین تقیده سوز نیاز به کنترل این مورد نیست

کنترل
۱) $\frac{L}{r} \leq 300$
نسبت فریاده

بارهای
u - ultimate

۲) جاری
کنترل

$$P_n = f_y \cdot A_g \quad \phi_t = 0.9$$

$$P_n = f_u \cdot A_{n1} \quad \phi_t = 0.75$$

$$P_n = f_u \cdot A_e \quad \phi_t = 0.75$$

A_g : سطح مقطع کل
 A_n : خالص
 A_e : مؤثر

P_n : مقاومت کششی اسمی فولاد

مثال: مطلوب است طراحی یک عضو کشش با نبشی تکلی (L) و نبشی دوطبقه (سال).

$$P_D = 1.0 \text{ t}, \quad P_L = 0.5 \text{ t}, \quad L = 2 \text{ m}, \quad f_y = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$\downarrow$
 $L_{70 \times 70 = 7}$

$$P_{u1} = 1.4 P_D = 1.4 \times 1.0 = 1.4 \text{ t}$$

$$P_{u2} = 1.2 P_D + 1.6 P_L = 2.0 \text{ t}$$

ضریب های ترکیبی

$$\sum \lambda_i Q_i \leq \phi P_u$$

$$2.0 \leq 0.9 \times f_y \times A_g \Rightarrow A_g = 9.24 \text{ cm}^2 \rightarrow L_{70 \times 70}$$

	A_{cm^2}	$r_{\text{min cm}}$	$r_{\text{max cm}}$
L5	4.1	0.91	1.01
L6	6.91	1.17	1.87
L7	9.8	1.27	2.12

ا) $\frac{L}{r_{\text{min}}} \leq 200 \Rightarrow \frac{200}{1.27} = 157 < 200 \quad \text{O.K.}$

ب) $2 \times 4.1 = 8.2 \text{ cm}^2 > 9.24 \text{ cm}^2 \rightarrow 2 L_{50 \times 50 \times 5}$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{13}{2.1}}$$



$$r_{\text{min}} = 1.01$$

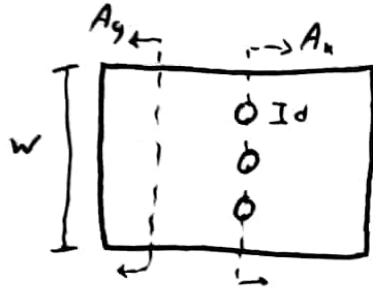
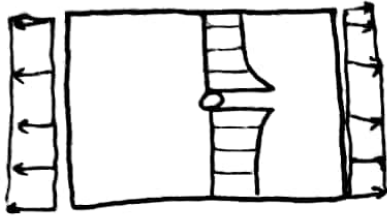
دوین $\frac{L}{r_{\text{min}}} = \frac{200}{1.01} = 198 < 200 \quad \text{O.K.}$

تک نبشی $\frac{L}{r_{\text{min}}} = \frac{200}{0.91} = 220 > 200 \quad \text{N.G.} \Rightarrow$

یک لقمه در وسط در نقطه گیرش

$$\frac{L}{r_{\text{min}}} = \frac{100}{0.91} = 109 < 200 \quad \text{O.K.}$$





$$A_n = [w - \sum d] \times t \quad (\text{خالص})$$

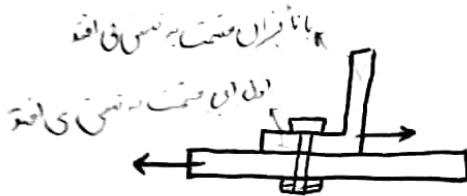
$$A_e = u A_n \quad \text{تقطعات یابی}$$

$$A_c = u A_g \quad \text{تقطعات دوشی}$$

$$u = 1 - \frac{\pi}{L}$$

مقدار اولی تا آخری پیچ

تأثیر دوشی در اتصالات: ضریب u در این باشد

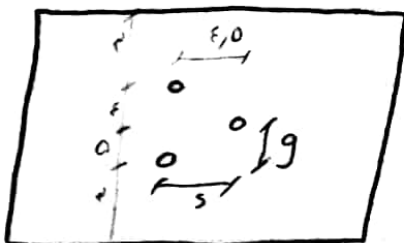


تأثیر دوشی

در اتصالات یابی که تمام اعضای عضو متصل باشند:

$$u = 1 \quad \text{if} \quad A_e = A_n \leq 0,85 A_g$$

بخش سندی سوراخ ها

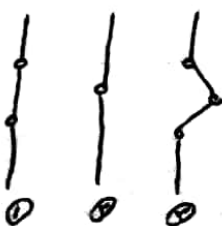


نمایان $\phi = 40 \text{ mm}$

$$A_n = [w - n d] t$$

سری ①

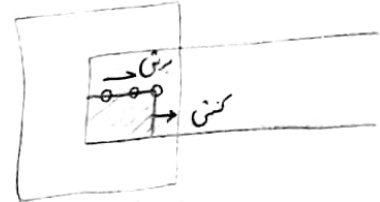
$$A_n = [w_t - \sum d_t + \sum \frac{s^2}{4g}] t$$



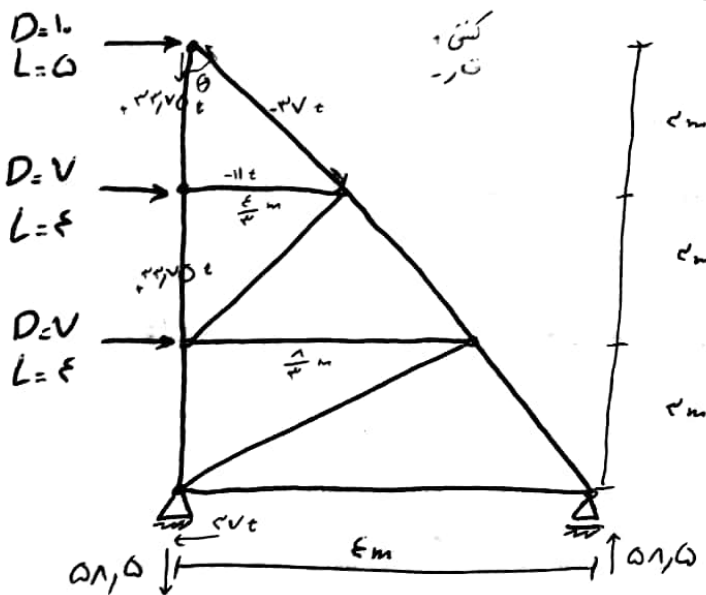
$$R_{u_1} = \phi R_{n_1} = 0,75 \left[0,4 \times 2700 \times \underbrace{(1 - 0,0 \times 0,2)}_{A_{n_r}} \times 1,2 + 1 \times 2700 \times \underbrace{(1 - 0,1)}_{A_{n_t}} \times 1,2 \right] / 1,0 = 0,9$$

$$R_{u_1} = \phi R_{n_1} = 0,75 \left[0,6 \times 2700 \times \underbrace{1 \times 1,2}_{A_{g_r}} + 1 \times 2700 \times \underbrace{(1 - 0,1)}_{A_{n_t}} \times 1,2 \right] / 1,0 = 0,19 \text{ ton}$$

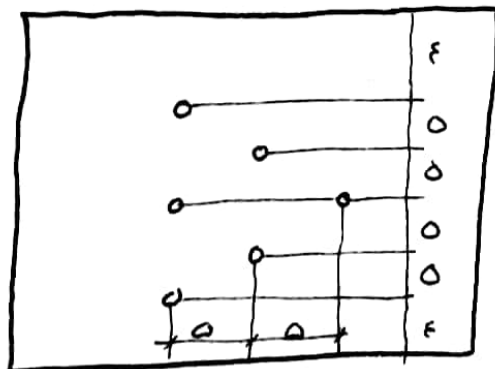
$$T_n = 0,19 \text{ ton}$$



مثال ۱: مطلوب است طراحی اعضای کششی ضرایب زیر



تمرین ۲: مطلوب است کشش سیر مجرانی وسطی مقطع مورب:



$$t = 18 \text{ mm}$$

$$d = 20 \text{ mm} \quad \text{قطر سوراخ ها}$$

از لبه
 $d = 20 + 2 = 22 \text{ mm}$
 قطر سوراخ
 ۱۸ mm فاصله

گفته اند از بین سیرهای قائم مسیری مجرانی است که بیشترین تعداد پیچ را داشته باشد و به نیروی کششی T نزدیکتر باشد.

$$A_n = (b - nD) t$$

از بین سیرهای مورب $A_n = (b - nD + \sum \frac{s^2}{4g}) t$ با تعداد پیچ یکسان و سیرهای مجرانی تر است که

$\sum \frac{s^2}{4g}$ کمتر باشد. با تعداد پیچ متفاوت باید بررسی شود.

کمانش موصوفی مقاطع، رعاست تناسب ابعادی برای جلوگیری از کمانش موصوفی

۱- ضوابط عمومی: اعضای فشاری } مقاطع با افزایش غیر لاین
مقاطع با افزایش لاین

جدول ۱-۲-۲-۱۰، ۲-۲-۲-۱۰ ص ۲۸

اعضای خمشی } مقاطع فشرده
مقاطع غیر فشرده
مقاطع لاین

جدول ۲-۲-۲-۱۰، ۴-۲-۲-۱۰ ص ۲۸

۲- ضوابط طراحی لرزه‌ای: اعضای با شکل بدیمی زیاد
اعضای با شکل بدیمی متوسط
کم

جدول ۱۰-۴-۳-۱۰ ص ۲۵۲

آیین نامه ۲۸۰۰ مشخص شده است

مقاطع فشرده: بال و جان مقطع سرتاسر به هم متصل باشند.
انزای هر عضو فشاری باید غیر لاین باشند.

غیر فشرده: $\lambda_p < \frac{h}{t}$ و $\lambda_p \geq \frac{h}{t}$
یعنی باید ابعادی تار λ_p و λ_p را در نظر بگیرد

مقاطع فشرده: تناسب ابعادی آن به گونه‌ای است که احتمال کمانش موصوفی در آن نباشد.

بال های مقاطع خمشی باشند: فشرده، تنه‌ای، فشرده، تنه‌ای

جان مقاطع خمشی توانند: فشرده، غیر فشرده، وطن تیر برقی های توانند داغ باشند.

آیین نامه ۲۸۰۰: ساختمان با اهمیت خیلی زیاد (بیمارستان، مراکز اداری و...) اگر در منطقه با خطر سنی

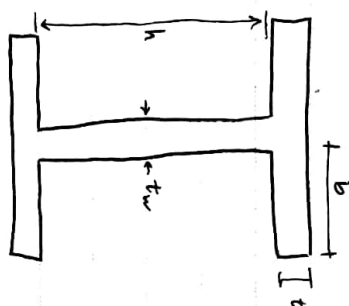
خیلی زیاد (مثل تهران) باشد باید شکل بدیمی زیاد طلق شود.

در ساختن های سنگین از منطقه با خطر نسبی نگران باشد طراح اعتبار دارد با تکیه بر مباحث

طراحی اعضای شاقولی از محاسباتی باشد

مستطیل باشد

اعضای شاقولی



$$\frac{b}{t} \leq 0.54 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

ضوابط محلی

$$0.54 \sqrt{\frac{210 \times 10^3}{235}} = 14.04$$

$$t = 1.2 \text{ cm} \quad b \leq 1.2 \times 14.04 = 16.85 \text{ cm}$$

$$b \leq 16.85 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 24.07$$

مباحث

$$t_w = 0.8 \Rightarrow h = 24.07 \times 0.8 = 19.26 \text{ cm}$$

$$\frac{b}{t} \leq 0.54 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 14.04$$

$$t = 1.2 \Rightarrow b \leq 1.2 \times 14.04 = 16.85 \text{ cm}$$

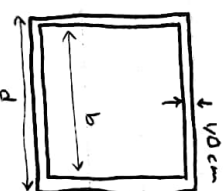
لرزشی، دین

$$0.48 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 11.24$$

$$11.24 \leq \frac{b}{t} \leq 14.04$$

مستطیل

توپکی (صیقلی) Box



$$\frac{b}{t} \leq 0.54 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$b \leq 1.0 \times 14.04 = 14.04 \text{ cm}$$

$$d \leq 1.0 \times 14.04 = 14.04 \text{ cm}$$

مستطیل

$$0.54 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 14.04$$

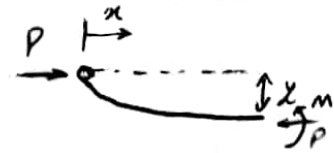
$$14.04 \leq \frac{b}{t} \leq 14.04$$

مستطیل

Box $\left\{ \begin{array}{l} \frac{b}{c} < \sqrt{\frac{E}{f}} \rightarrow b < \text{EFS} \\ \frac{b}{c} < \sqrt[1.2]{\frac{E}{f}} \rightarrow b < \text{Sui} \end{array} \right.$

Scanned by CamScanner

$$M = \frac{EI}{\rho} \quad (\text{انحناء: } \frac{1}{\rho}, \text{ شیب: } \theta)$$



$$\frac{1}{\rho} = \frac{-y'''}{(1+y'^2)^{3/2}} \approx -y''' \quad \xrightarrow{\times EI} \quad EI y''' = -M = -Py \rightarrow \boxed{EI y''' + Py = 0}$$

$$\frac{P}{EI} = \alpha^2 \rightarrow y'' + \alpha^2 y = 0 \rightarrow y = A \sin \alpha x + B \cos \alpha x \quad \text{حالت کلی}$$

$$\text{شرایط مرزی: } \begin{cases} x=0 \\ y=0 \end{cases} \Rightarrow B=0 \quad \text{و} \quad \begin{cases} x=L \\ y=0 \end{cases} \Rightarrow A \sin \alpha L = 0 \quad A \neq 0$$

$$\sin \alpha L = 0 \Rightarrow \alpha L = n\pi \rightarrow \alpha^2 L^2 = n^2 \pi^2 \quad \xrightarrow{\alpha^2 = \frac{P}{EI}} \quad \frac{P}{EI} L^2 = n^2 \pi^2 \Rightarrow$$

$$\boxed{P = \frac{n^2 \pi^2 EI}{L^2}}$$

در اینجا فقط $n=1$ مد را می بینیم
چون n بزرگتر از
 E و I بزرگتر از L^2

این کمترین بار است که باعث
شکست می شود

$$P_{cr} = P_E = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

تنش بحرانی

$$f_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 EI}{AL^2} \quad r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$f_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2} \rightarrow P_E = f_{cr} A$$

$$P = P_E \left(1 + \frac{\pi^2}{4} \times \frac{\delta^2}{L^2}\right)$$

بعضی $\delta \neq 0$

$$\delta \neq 0 \rightarrow P = P_E \left(1 + \frac{\mu^2}{\lambda^2} \cdot \frac{\delta}{\ell^2} \right)$$

نکته: ستون به طول $\ell = 2m$ ، $\frac{\ell}{r} = 100$ ، $P = 1, \dots, P_E$

① در حالتی که گمانش می‌کرد: $f = \frac{P}{A} = \frac{1, \dots, P_E}{A} = \frac{1, \dots, P_E \cdot \mu^2 E A}{A (\frac{\ell}{r})^2 A} = 120 \text{ kg/cm}^2$

② در حالتی که گمانش می‌کرد: $f = \frac{P}{A} + \frac{MC}{I}$

$$P = P_E \left(1 + \frac{\mu^2}{\lambda^2} + \frac{\delta}{\ell^2} \right) \quad 1, \dots, P_E = P_E \left(1 + \frac{\mu^2}{\lambda^2} + \frac{\delta}{\ell^2} \right) \Rightarrow \delta = 2,7 \text{ cm}$$

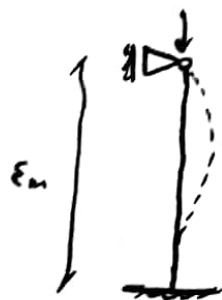
مقدار $M_{max} = P \cdot \delta$ $f = \frac{P}{A} + \frac{P \cdot \delta \cdot C}{I} = \frac{P}{A} \left[1 + \frac{\delta \cdot C}{r^2} \right] = \frac{P}{A} \left[1 + \frac{\delta}{\ell} \cdot \frac{\ell}{r} \cdot \frac{C}{r} \right]$

$$P = 120 \cdot \left(1 + \frac{27}{100} \times 100 \times 1,20 \right) = 230 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{I}{r^2} = 100$$

ضریب طول مؤثر k این ضریب ستون را به ستون دوسر خط تبدیل می‌کند. بار بحرانی این ستون جدید

$$P_{cr} = \frac{\mu^2 EI}{\ell^2} = \frac{\mu^2 E}{\left(\frac{k\ell}{r} \right)^2} \cdot A \quad \underline{\underline{\frac{k\ell}{r}}}$$



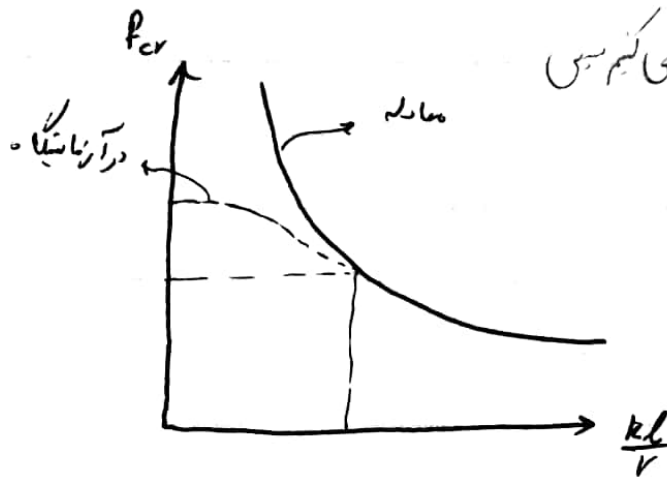
$k = 0,7$



$$r_{eff} = k\ell = 0,7 \times 2$$

$$P_{cr} = \frac{\mu^2 E}{\left(\frac{k\ell}{r} \right)^2}$$

ستون دوسرے محفل با بار نہیں حاصل ستن $l' =$ طول ستن باہر شرائط کنڈیکشن $k \times l$



در طر اسی ستن ابتدا اعداد اس $(\frac{kL}{r})$ را تقابسی کنیم پس از P_{cr} مربوط استاده می کنیم.

۴۸

$$a) \lambda = \frac{kL}{r} \leq \epsilon_1 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow F_{cr} = [0.658]^{f_y/f_c}$$

$$b) \lambda > \epsilon_1 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow F_{cr} = 0.877 f_c$$

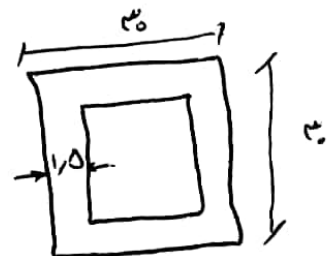
$$F_c = \frac{\pi^2 E}{(\frac{kL}{r})^2}$$

$$P_n = F_{cr} \cdot A$$

$$P_u = \phi P_n = 0.9 F_{cr} \cdot A$$

مثال: مطلوب است همین بارهای ستنی به طول ۶m، ابعاد ۳۰x۳۰ با ضخامت ۱.۵cm.

تناسبات ابعادی



$$\frac{b}{t} \leq 1.4 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \Rightarrow \frac{30}{1.5} = 20 < 1.4 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 41.4$$

$$1.4 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 41.4 \text{ N.G.} \quad \text{نکته: بیش از}$$

$$1.4 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 39.1 \text{ O.K.} \quad \text{مربوط}$$

از این

جهت استفاده در قالب با شکل بهین وسط

$$\frac{ke}{r} = ?$$

$$I = \frac{c_o \times c_o^3}{12} - \frac{v_v \times v_v^3}{12} = 23218 \text{ cm}^4$$

$$A = c_o \times c_o - v_v \times v_v = 171 \text{ cm}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{23218}{171}} = 11,90 \text{ cm}$$

طالی ابعادی منگی

$$\frac{ke}{r} = \frac{1 \times 9 \dots}{11,90} = 0,0 < 1,4 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 149,4$$

$$F_c = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{ke}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6}{(0,0)^2} = 7814,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \left[7,901 \frac{210 \dots}{7814,0} \right] 210 = 11,0 \text{ kg/cm}^2$$

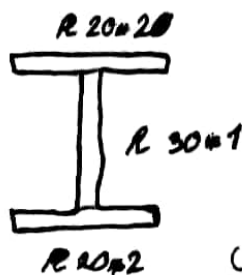
$$P_y = 0,9 \times 11,0 \times \frac{171}{1 \dots} = 134,1 \text{ ton}$$

نماین: مطلوب است طالی ابعادی مناسب فرای:



$$\star F_{cr} = \left(7,901 \frac{210 \dots}{7814,0} \right) \times 210 = 11,0 \text{ kg/cm}^2$$

مطلوب است طالی ابعادی مناسب سینی های زیر:



$$I_x = 27704,22 \text{ cm}^4 \quad I_y = \frac{1}{12} \times 20 \times \frac{20^3}{12} = 2444,44 \text{ cm}^4$$

$$r_{min} = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 8,92 \text{ cm}$$

$$k=1, l=3$$

$$\frac{ke}{r} < 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow 0,0 < 1,49 \sqrt{\frac{210 \times 10^6}{210}} \rightarrow 0,0 < 149,4$$

CACTUS

$$\lambda_{max} = \frac{ke}{r} = \frac{1}{8,92} \times 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 149,4 \rightarrow F_{cr} = \left(7,901 \frac{210 \dots}{7814,0} \right) 210 = 11,0 \text{ kg/cm}^2 \star$$

در اکتل $\frac{kL}{r}$ از این جدول باید جدول
محدود و غیر محدود را

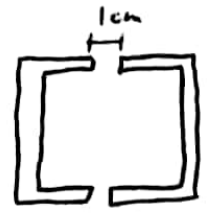
محدود و آزاد $\frac{kL}{r}$ از این جدول باید جدول

Year: Month: Day:

$\frac{kL}{r}$	k
0.1	1.10
0.2	2.16
...	...

Subject:

مطلوب است که از این مقاطع زیر



$P_u = 120 \text{ ton}$ $k = 1$ $L = 8 \text{ m}$



$\oplus$
 $P_u = 100 \text{ ton}$

45, 12, 17 برای اینکه اثر



$f_c = \frac{\pi^2 E}{(\frac{kL}{r})^2}$

حساب ضعیف طول و در ستون ها

$\oplus$ فرض: $f_{cr} = 17 f_y = 1980 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, $P_u \leq \phi_c F_c A$

$A_g \geq \frac{100 \times 10^3}{0.9 \times 1980} = 56.12$; $A_g \geq \frac{94.12}{0.9} = 104.59$

2IPE 220

IPE 220 $\begin{cases} A = 45.8 \text{ cm}^2 \\ I_x = 1770 \text{ cm}^4 \\ I_y = \\ r_x = 9.11 \end{cases}$ IPE 220 $\begin{cases} A^* = 2(45.8) = 91.6 \\ I_x^* = 2(1770) = 3540 \\ I_y^* = 2(104.59 \times 10^3) = 209180 \\ r_x^* = r_x = 9.11 \text{ cm} \\ r_y^* = \sqrt{\frac{I_y^*}{A^*}} = \sqrt{\frac{209180}{91.6}} = 47.82 \text{ cm} \end{cases}$

$\lambda_{max} = \frac{kL}{r_{min}} = \frac{800}{9.11} = 87.8 < 91 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \Rightarrow F_{cr} = (0.87 \frac{f_y}{F_y}) \times f_y$

$= 0.87 \times \frac{2500}{2500} \times 2500 = 2175 \text{ kg/cm}^2$

$F_c = \frac{\pi^2 E}{(\frac{kL}{r})^2} = 2175 \text{ kg/cm}^2$

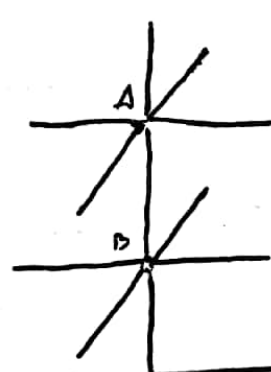
$A \times 2175 \times 0.9 \times A_{g_{total}} \geq 100 \times 10^3 \Rightarrow A_g \geq 50.5 \text{ cm}^2$

$A_g \geq 104.59 \text{ cm}^2$

use IPE 200



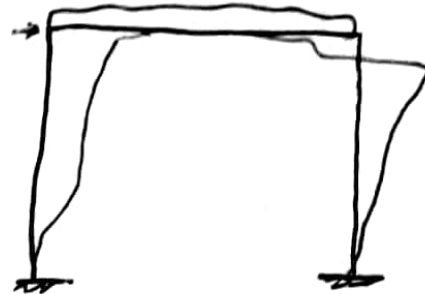
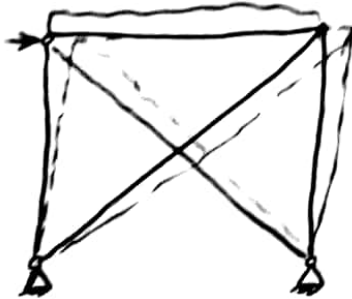
سنگین AB
A-
B-



شکل عملی

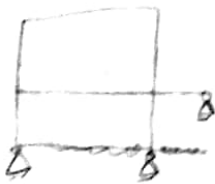
تاب جانبی مهاربندی نشده (بیون حرکت جانبی)، حرکت جانبی تاب ناپایدار است.

تاب جانبی مهاربندی نشده (دارای حرکت جانبی)، حرکت جانبی تاب قابل ملاحظه است.



تأخیر تقریبی: همی گره ها را به مفصل و تکیه گاه ها را به تکیه گاه (مفصل) تبدیل می کنیم.

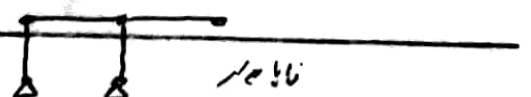
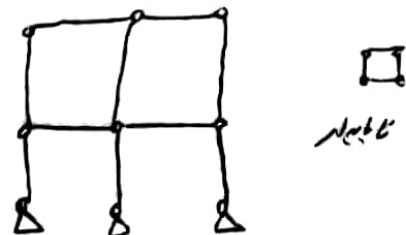
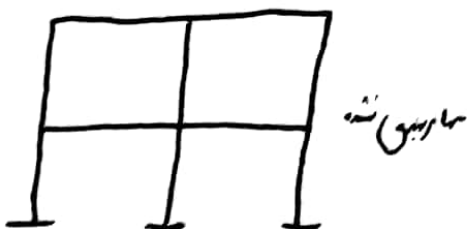
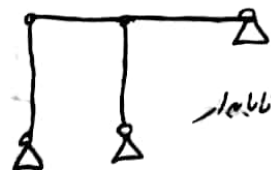
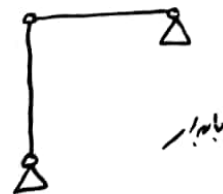
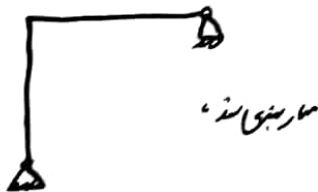
مهاربندی نشده یا تکیه گاه یک طبقه، حساب دایره گاه



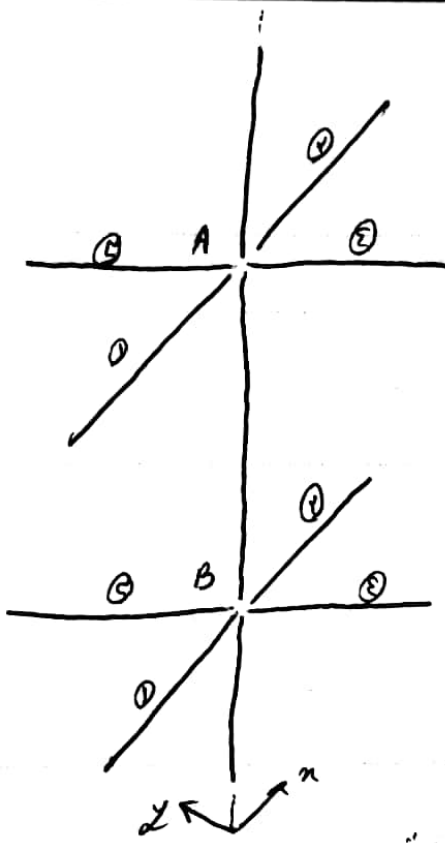
طبقه اول مهاربندی شده

دوم شده

سازه منتهی } باید ادره سازه اصلی مهاربندی نشده است.
 ناپایدار سازه اصلی مهاربندی نشده است.
 رای بحث مهاربندی شده یا تکیه گاه یک طبقه را در نظر می گیریم



CACTUS



$$G_A = \frac{\sum (\frac{EI}{L})_c}{\sum (\frac{EI}{L})_b}$$

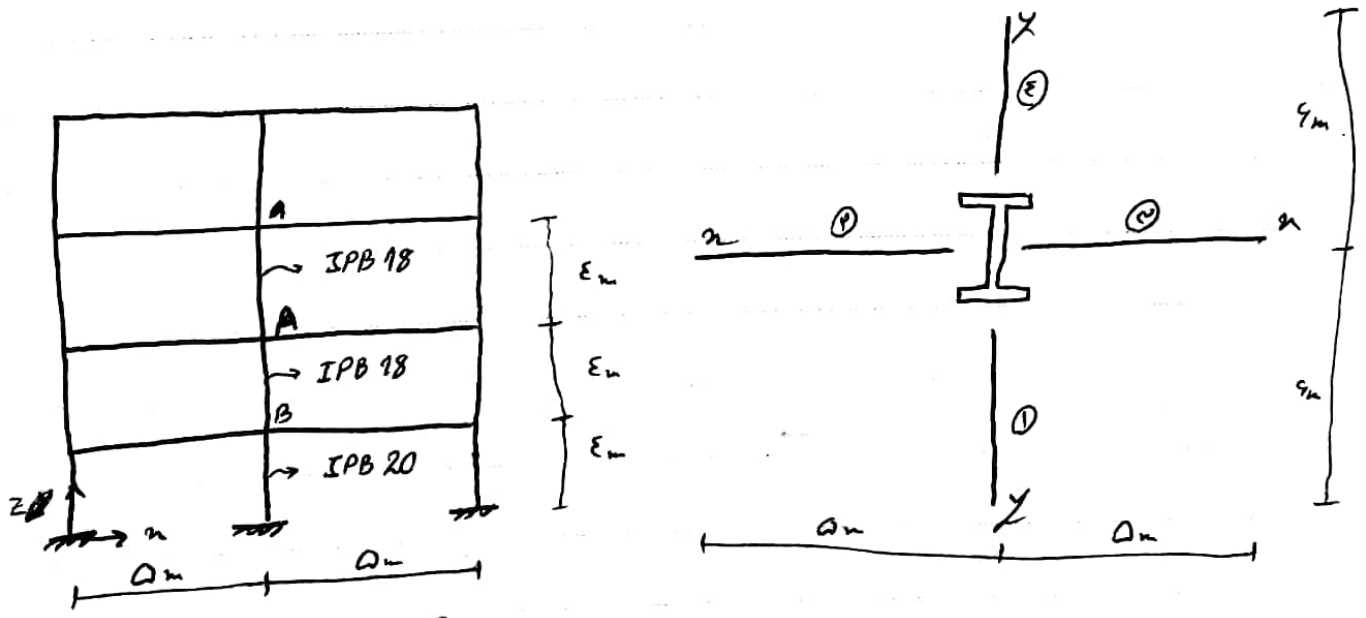
سنگین ها
کتابی ها
سنگین ها

$$G_B = \frac{\sum (\frac{EI}{L})_c}{\sum (\frac{EI}{L})_b}$$

$k=1$ ← در ستون های مهار شده
 $k>1$ ← باید محاسبه شود ← ستون های مهار شده

در این مسئله ← فرجه k
در این مسئله ← فرجه طولی در ستون ها

نیل: مطلوب است تعیین طول مؤثر ستون AB



$$k_n = \left\{ \begin{aligned} G_A &= \frac{\sum (\frac{EI}{L})_c}{\sum (\frac{EI}{L})_b} = \frac{2 \times \frac{2,18}{4}}{2 \times \frac{11,29}{4}} = 0,01 \\ G_B &= \frac{\frac{2,18}{4} + \frac{2,18}{4}}{2 \times \frac{14,92}{4}} = 0,14 \end{aligned} \right\} \Rightarrow k_n = 1,0$$

$$IPB\ 18 \begin{cases} I_n = 0,13 \\ I_x = 1,46 \end{cases}$$

$$IPB\ 20 \begin{cases} I_n = 0,1 \\ I_x = 2,0 \end{cases}$$

$$A \begin{cases} ①, ⑤ \rightarrow IPB\ 14 (I_n = 11,29) \\ ②, ④ \rightarrow IPB\ 20 (I_n = 0,1) \end{cases}$$

$$B \begin{cases} ①, ⑤ \rightarrow IPB\ 26 (I_n = 14,91) \\ ②, ④ \rightarrow IPB\ 20 (I_n = 0,1) \end{cases}$$

$$k_x = \begin{cases} G_A = \frac{2 \times \frac{1,46}{4}}{2 \times \frac{0,1}{0}} = 0,2 \\ G_B = \frac{\frac{1,46}{4} + \frac{2}{4}}{2 \times \frac{0,1}{0}} = 0,27 \end{cases} \Rightarrow k_x = 1,12$$

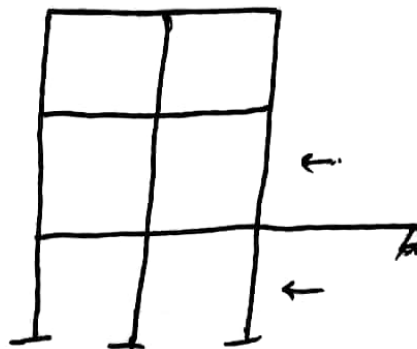
$$f_{crx} = \text{کمرین هندسی حسابات}$$

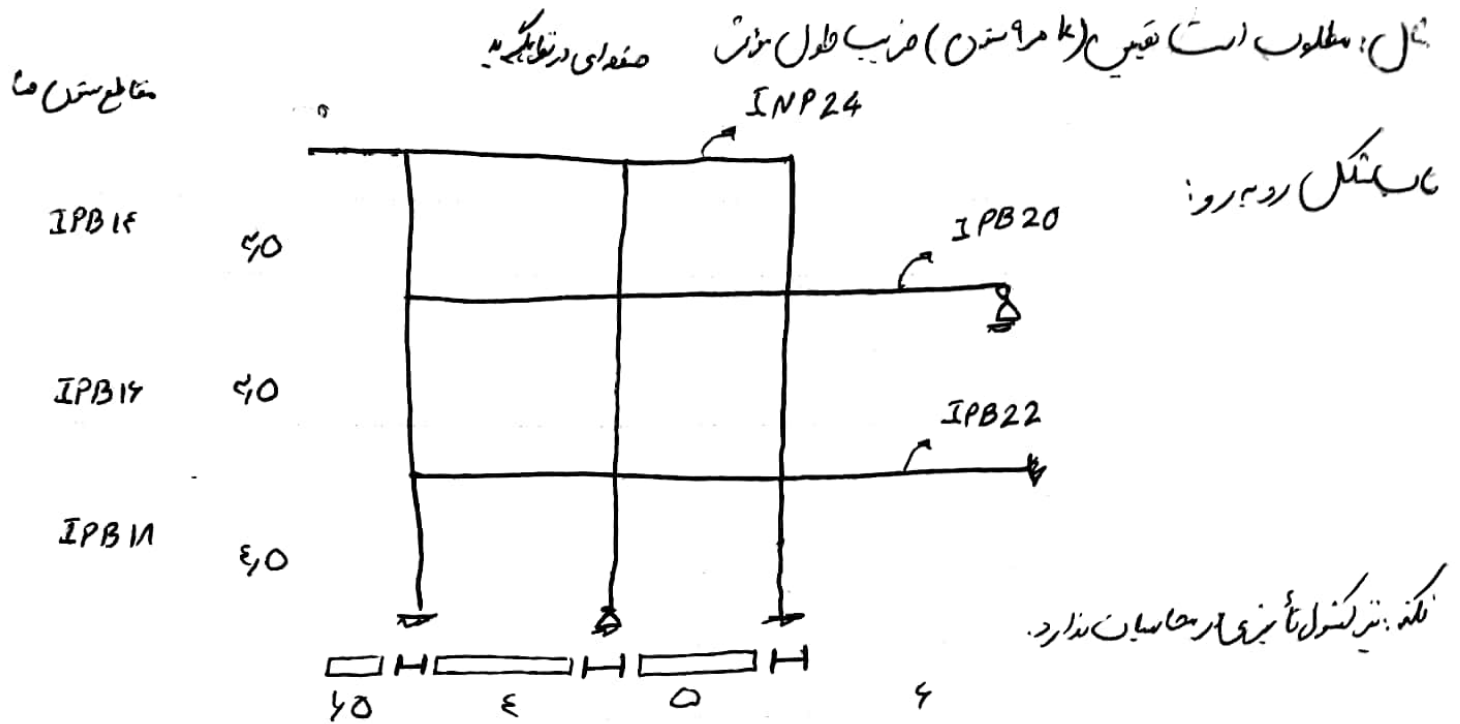
« در مورد شش‌گانه‌ای که به ستن وصل می‌شوند همیشه I_n را می‌گیریم. لذا خود ستن درجهت n (I_n) و درجهت x (I_x) می‌گیریم »

$$f_{cry} =$$

β		
n	تاب بادگشت جانبی	تاب سیم‌درگشت جانبی
افعال ساده منتقل	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$
افعال گهواره‌دار	$\frac{2}{3}$	2

$$G = \frac{\sum (\frac{EI}{L})_c}{\sum (\beta \frac{EI}{L})_b}$$





مقاطع دارای ۲ محور تقاطع:

- کمانش منحنی محور x
- کمانش منحنی محور y
- کمانش بیضی

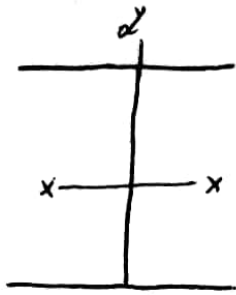
سه تا ۴ به دست می آید

مقاطع دارای ۱ محور تقاطع:

- کمانش منحنی حول محور عمود بر محور تقاطع
- کمانش منحنی حول محور تقاطع توألم با کمانش بیضی

ص ۴۸-۴۹-۵۰

معمولاً مطلوب است نقشه بار بصل منحنی یا منحنی بیضی توألم در تقاطع هفتگی گذشته.



IPB

بال ہیں

$$I_x = I_y$$



INP, IPE

باریک

$$I_x \gg I_y$$

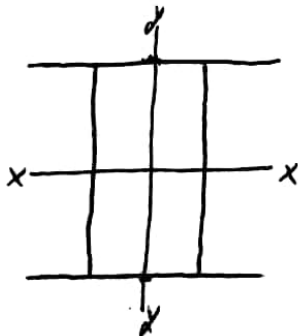
سٹین مٹاؤ بربک

منابع زیریں کم نسبت استالی من
چون معلوم نیست حول کدام محور گشتی می کند
 $r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$ مناسبت زیریں

$$\frac{kl}{r}$$

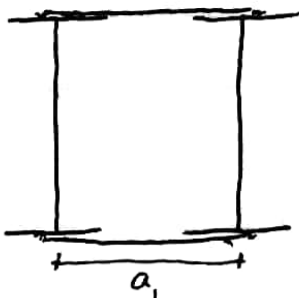
سٹین مقاطع Box, IPB, تیرهای دریل، مقاطع صلبی

ایجاد سٹین با تیرهای I باریک



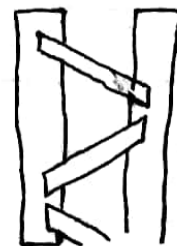
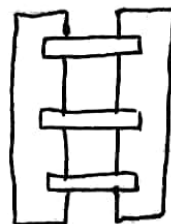
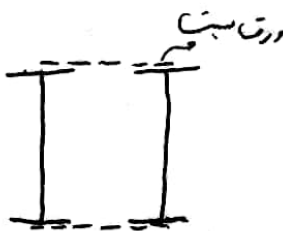
$$I_x > I_y$$

مقطع سبک



اندازه
فلک تعیین، تناسب الیادی، منابع زیریں

مقطع سبک



۵۹۵۳

مقطع باز

طراحی ستون های بادرنه است :

۱- محدودیت های ابعاد و فواصل طبق آیین نامه

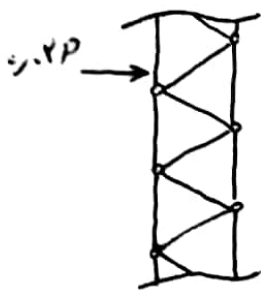
تایم فکتی ضرایب معملی انتقال ساده و بادرنه

۲- ستون تحت اثر برین قرار دارد یا نه ؟

برین وجود دارد ← تاب فکتی ← موجود γ (مداخل) $\gamma = 0.2 P$ ^{نیروی محله}

برین وجود ندارد ← انتقال ساده به همراه بادرنه $\gamma = 0.2 P$

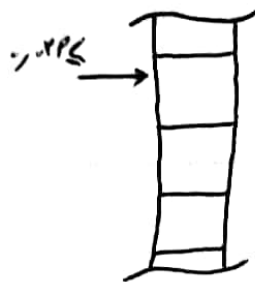
درین سبب درین



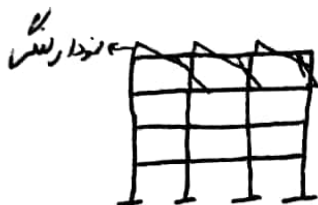
تشریح کشتن

برین سبب فکتی طایفی شود

درین سبب معارز



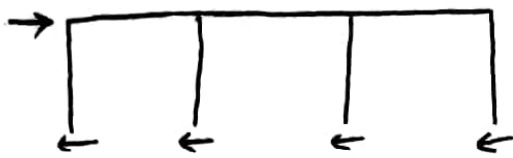
روش پرتال در تحلیل تاب های فکتی اثر بار جانبی :



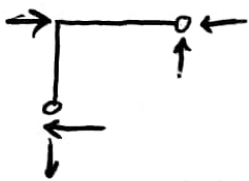
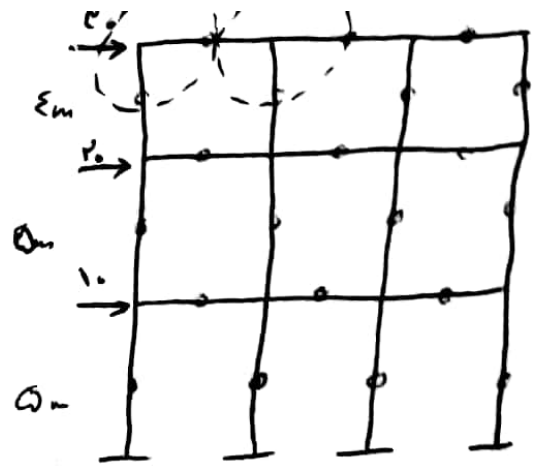
فرض اول : وسط تیر ها و ستون ها مفاصل است.

فرض دوم : برین هر طبقه به نسبت طول دهانه های مجاور هر ستون بین ستون ها تقسیم می شود.





محاسبه برشی برآیند

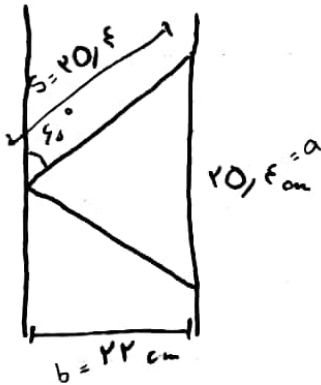


تال ستونی از دو پرفل I_{NP20} ساخته شده است که فاصله محورها تا محور آس 22 cm می باشد. $P_u = 120\text{ k}$ و

$$(P_y = 24\text{ k}, L = 50\text{ m}, k_x = k_y = 1)$$

$$\lambda_d = \frac{k_d \cdot S}{r_d} \leq 140$$

ماده ۱۴۰
مستند ملی
ساز زلزله



$$I_{NP20} \begin{cases} r_m = 0.1\text{ cm} \\ r_x = 1.17\text{ cm} \end{cases}$$

$$\lambda_d = \frac{1 \times 20}{1.17} = 17.0 \leq 140 \quad \text{O.K.}$$

$$\lambda_m = \lambda_d \leq \frac{a}{r_i}$$

جستجوی طول محور بدون مصالح

$$\lambda_m = \sqrt{(\lambda_x)^2 + \left(\frac{k_i a}{r_i}\right)^2} \leq \frac{a}{r_i} > \epsilon_0$$

$$\lambda_x = \frac{k_x \times l}{r_x} = \frac{1 \times 10}{1} = 10, 70$$

$$\lambda_y = \frac{k_y \times l}{r_y} = \frac{1 \times 10}{11, 14} = 11, 14$$

جستجوی طول محور بدون مصالح

$$\frac{a}{r_i} = \frac{10, 1}{11, 14} = 10, 0 < \epsilon_0 \quad \lambda_m = \lambda_y$$

$$\begin{cases} 10, 70 \rightarrow 10, 70 \\ 11, 14 \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{k l}{r} = 10, 70 < 11, 14 \sqrt{\frac{E}{f_c}} = 11, 14 \\ F_{cr} = [0, 658 \sqrt{\frac{E}{f_c}}] f_c \end{cases}$$

$$P = \frac{A^2 E}{\left(\frac{k l}{r}\right)^2} = 1.121, 19$$

محور طول

$$P_{cr} = [0, 658 \sqrt{\frac{E}{f_c}}]^2 \times A = 111, 19 \rightarrow P_u \leq \phi P_n = 0, 9 \times 111, 19 \times (0, 85 \times 25) = 20, 1 \text{ ton}$$

$$= 20, 1 \text{ ton} > 10 \text{ ton O.k.}$$

$$\frac{k \cdot a}{r_i} \leq \frac{f_c}{E} \times 10, 70$$

کنترل کمر ۵۵ سانتی

$$\frac{1 \times 10, 1}{11, 14} = 10, 0 < 10, 70 \text{ O.k.}$$

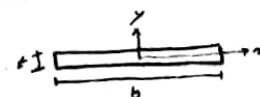
$$V_u = 0, 1 P = 0, 1 \times 10 = 1, 1 \text{ ton}$$

مطابق مبحث

$$P_e = \frac{V}{\sin \alpha} = \frac{1, 1}{\sin 40} = 1, 7 \text{ kg}$$

$$l = 10, 1, k = 1$$

$$R = 0, 85 \times E \times V$$



Scanned by CamScanner

$$V_d = \frac{2400 \times 20}{2 \times 22} = 1454,54 \text{ kg} \quad , \quad M_d = \frac{2400 \times 20}{4} = 12000 \text{ kg}$$

$$V_d = 1454,54 \leq 0,9 \times 0,9 \times f_y \times t_d \times h_d = 0,9 \times 0,9 \times 2400 \times 0,1 \times 1 = 12996,72 \text{ N}$$

$$M_d = 12000 \leq 0,9 \times f_y \times t_d \times h_d^2 = 0,9 \times 2400 \times 0,1 \times 1^2 = 12996 \text{ N.m} \quad \text{O.K}$$

كترنل ترکیبی

$$f = \frac{P_f}{A} + \frac{M}{W_x}$$

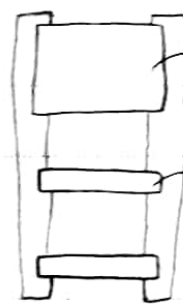
از لنگر انتقالی از ورق سبب بستن

$$f = \frac{9000}{39,4} + \frac{12000}{29} = 2411,7 \approx 2400 \text{ O.K}$$

W_x مدل مقطع اصل محور

2 R, 250 × 250 × 8

2 R, 250 × 80 × 8



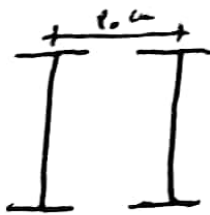
2R 250 × 250 × 8

در دو طرف اند

2 R, 250 × 80 × 8

@ 30

از لنگر انتقالی



مثال. مطلوب است طراحی بستن با ورق سبب {موازی}

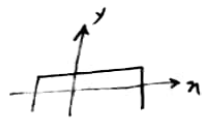
$$P_y = 2400 \text{ kg} \quad , \quad L = 4 \text{ m} \quad , \quad P_u = 10 \text{ t}$$

گمانش پیچشی سفتی ها:

۱- گمانش پیچشی

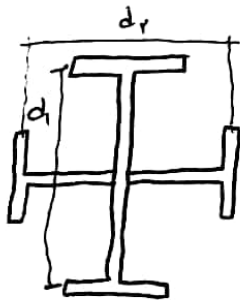
۲- گمانش فشی- پیچشی

مقاطع دارای در صورت تقارن: } گمانش فشی π
گمانش فشی π
گمانش پیچشی



مقاطع دارای یک محور تقارن: } گمانش فشی حول محور عمود بر محور تقارن
گمانش فشی حول محور تقارن به همراه گمانش پیچشی

مقاطع بدون محور تقارن: گمانش فشی نزدیک با گمانش پیچشی



مثال ۱۷۶: IPE 200 $l = 5m$ $E = 2.1 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2}$
 $k_x = k_y = 1$ $p_x = 2700$
 $k_z = 10 \rightarrow 1$

IPE 20 $A = 21.0 \text{ cm}^2$ $I_x = 144 \text{ cm}^4$
 $d = 20 \text{ cm}$ $b_f = 10 \text{ cm}$ $I_y = 142 \text{ cm}^4$
 $t_f = 0.15 \text{ cm}$ $t_w = 0.06 \text{ cm}$

مقطع $A = 57 \text{ cm}^2$, $I_x = 2.12 \text{ cm}^4$, $r_x = 6.044 \text{ cm}$, $r_y = 6.044$, $I_y = 2.12$
 $d_1 = 20.15 = 19.15 \text{ cm}$, $d_2 = 20 + 0.06 - 0.15 = 19.91 \text{ cm}$

$$C_w = I_y \frac{d_1^2}{4} + I_x \frac{d_2^2}{4} = 142 \times \frac{19.15^2}{4} + 144 \times \frac{19.91^2}{4} = 29110 \text{ cm}^4$$

$$J = \frac{1}{12} \sum b_j t_j^3 = \frac{1}{12} (8 \times 10 \times 0.10^3 + 2 \times 19.10 \times 0.04^3) = 1.74 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_n = \lambda_y = \frac{1 \times 0.0}{8.7 \times 10^8} = 12.7 \text{ m} \quad P_c = \frac{1.2 \times 1.1 \times 10^6}{12.7^2} = 3.21 \text{ kg}$$

$$P_c = \left[\frac{1.2 \times 1.1 \times 10^6 \times 1.1 \times 10^6}{(1 \times 0.0)^2} + 1.0 \times 10^6 \times 1.0 \times 1.74 \right] \times \frac{1}{1.1 \times 10^6}$$

$$S = 100 \text{ kg/cm}^2 \quad P_c = 100 \times 1.74 \times 1.0 = 174 \text{ kg} \rightarrow P_{cr} = 0.6 \times 1.1 \times \frac{10^6}{P_c} \times P_c$$

$$P_{cr} = 0.6 \times 1.1 \times \frac{10^6}{100} \times 1.0 = 199 \text{ kg}$$

$$P_n = 100 \times 199 = 11912 \text{ kg}$$

$$P_u = 0.9 \times 11912 = 10720 \text{ kg}$$

تحلیل مرتب‌بند

شرایطی از وضعیت کلی

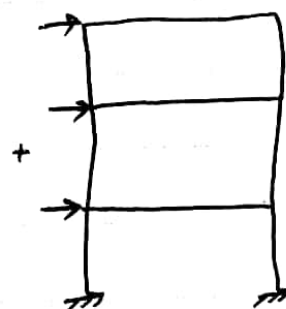
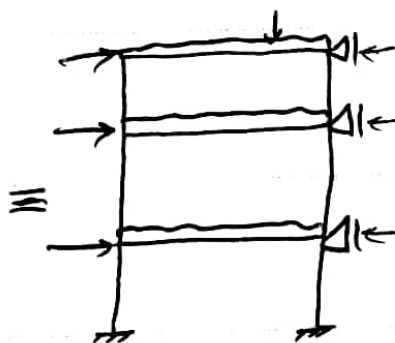
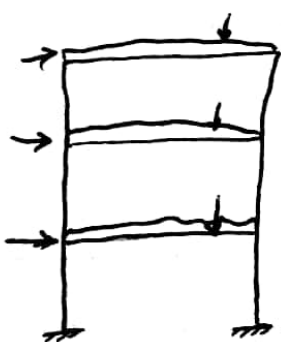
$$\begin{cases} M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \\ P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt} \end{cases}$$

$$M_u = M_{nt} + M_{lt}$$

$$P_u = P_{nt} + P_{lt}$$

تیر ستون : علاوه بر بار محوری سنگین‌ها و بارهای جانبی وارد می‌شوند.
طایفه ستون تحت اثر بار زلزله

ص ۱۰-۱۲-۱۵



$$C_m = 0.7 - 0.1 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{P_{c1}}}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{P_{story}}{P_{c1}}}$$

$$P_{c1} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

$$P_{c1} = \sum \frac{\pi^2 EI}{(kl)^2}$$



تیر ستون (اعضای تحت اثر بار محوری و گشت)

$$\frac{P_u}{P_c} \geq 0.2 \quad ; \quad \frac{P_u}{P_c} + \frac{1}{4} \left(\frac{M_{un}}{M_{cn}} + \frac{M_{ux}}{M_{cx}} \right) \leq 1.0$$

نسبت بار محوری به ظرفیت بار محوری $\frac{P_u}{P_c}$ $\frac{M_{un}}{M_{cn}}$ نسبت گشت دور به ظرفیت گشت دور $\frac{M_{ux}}{M_{cx}}$ نسبت گشت جانبی به ظرفیت گشت جانبی

محدود $\frac{P_u}{P_c}$ $\frac{M_{un}}{M_{cn}}$ $\frac{M_{ux}}{M_{cx}}$

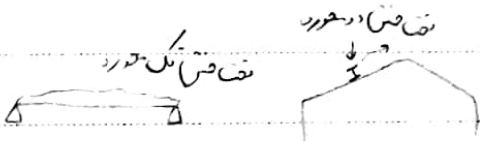
محدود $\frac{P_u}{P_c}$ $\frac{M_{un}}{M_{cn}}$ $\frac{M_{ux}}{M_{cx}}$

محدود $\frac{P_u}{P_c}$ $\frac{M_{un}}{M_{cn}}$ $\frac{M_{ux}}{M_{cx}}$

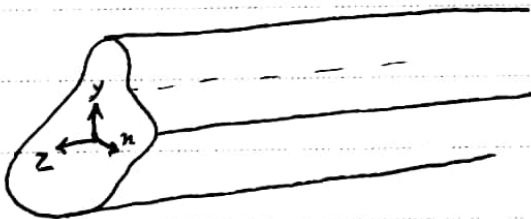
$$\frac{\text{بار محوری (موجود)}}{\text{ظرفیت بار محوری (ظرفیت)}} + \frac{\text{گشت دور (موجود)}}{\text{ظرفیت گشت دور (n)}} + \frac{\text{گشت جانبی (موجود)}}{\text{ظرفیت گشت جانبی (n)}}$$

$$\frac{P_u}{P_c} < 0.2 \quad \frac{P_u}{P_c} + \left(\frac{M_{un}}{M_{cn}} + \frac{M_{ux}}{M_{cx}} \right) \leq 1.0$$

نماینه: مطلوب است کنترل ستون مثل ص ۴۵۶ با مقطع 30x30 BOX و ضرایب 1.5.



اعضای خمشی:



$$f = k_1 y + k_2 x \quad \text{(تنش محوری (مقایسه با گشت))}$$

نسبت گشت دور

$$k_1 = \frac{M_x I_y - M_y I_{xy}}{I_x I_y - I_{xy}^2}$$

$$k_2 = \frac{M_y I_x - M_x I_{xy}}{I_x I_y - I_{xy}^2}$$

~~مورد ۱: (مقطع دارای دو محور تقارن باشد)~~

~~مورد ۲: (مقطع دارای دو محور تقارن باشد)~~

مورد ۳: اگر $I_{yz} = 0$ (مقطع دارای دو محور تقارن باشد)

$$k_x = \frac{M_x}{I_x}, \quad k_y = \frac{M_y}{I_y} \Rightarrow f = \frac{M_x}{I_x} \cdot x + \frac{M_y}{I_y} \cdot y$$

اساسی مقطع $\frac{I_x}{x} = W_x \rightarrow f_{max} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$

$$\frac{I_y}{y} = W_y$$

اگر نسبت تقارن یک محور باشد (اکثر موارد):

$$f = \frac{M_x}{I_x} \cdot x \rightarrow f_{max} = \frac{M_x}{W_x}$$

مقطع مستطی: ۱- مال به طایف به صورت سر تا سر منقل باشد (مورد ۱: دارای)

۲- تناسب ابعاد آیس نام را تأمین نماید.

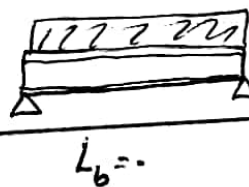
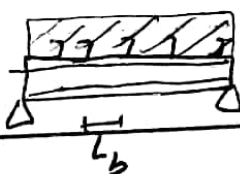
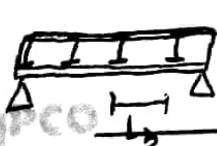
عبر فشرده: تناسب ابعاد

لازم:

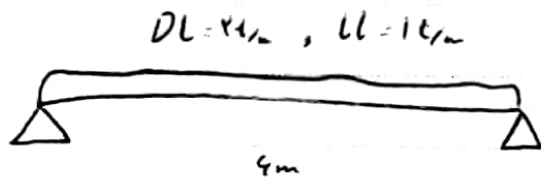
مورد ۱: مال: فشرده - غیر فشرده N_c

مورد ۲: طایف: فشرده - غیر فشرده - لای N_c

مورد ۳: L_b : نامی این تکیه گاه طایف مال فشرده



مثال: مطلوب است طراحی تیر بر روی دو از بر روی IPE. بار فشاری تیر به طور کامل در طول تیر یکنواخت



مبارزه است.

$$q_u = 1.2 \times 24 + 1.6 \times 14 = 44 \text{ kN/m}$$

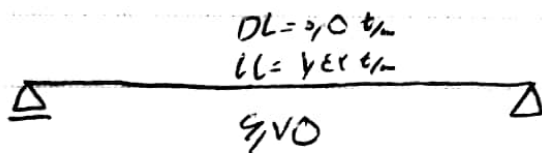
$$M_u = \frac{q_u L^2}{8} = \frac{44 \times 4^2}{8} = 112 \text{ kNm}$$

بار دهن طبعی موازی قائم است.

$$M_u \leq \phi M_n = \phi f_y Z \rightarrow 112 \times 10^3 = 0.9 \times 24000 \times Z \Rightarrow Z = 1045 \text{ cm}^3$$

$$IPE 290, Z = 1019$$

مطلوب است طراحی تیر بر روی دو از بر روی IPE. بار فشاری تیر به طور کامل در طول تیر یکنواخت و وجود دارد.



$$L_b = 6.70$$

$$q_u = 1.2 \times 5.0 + 1.6 \times 1.42 = 2.872 \text{ kN/m}$$

$$M_u = \frac{q_u L^2}{8} = \frac{2.872 \times 6.70^2}{8} = 16.27 \text{ kNm}$$

بار دهن طبعی موازی قائم است.

$$M_u \leq \phi f_y Z : 16.27 \times 10^3 = 0.9 \times 24000 \times Z \Rightarrow Z = 701 \text{ cm}^3$$

$$IPE 330, Z = 1145 \text{ cm}^3$$

انتخاب امل

کنترل منحنی غلج

$$\lambda_p \leq \lambda_r \leq \lambda_{rp} \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{16.27}{6.70} = 2.43 < 2.41 \sqrt{\frac{210 \times 10^3}{240}} = 11.24 \text{ O.K.}$$

P4PCO

$$\lambda_p \leq \lambda_r \leq \lambda_{rp} \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{24 - 2(2.43)}{6.70} = 2.41 < 2.41 \sqrt{\frac{210 \times 10^3}{240}} = 11.24 \text{ O.K.}$$

$$L_b = 9,70$$

$$L_p = 11,7 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 11,7 \times 2,00 \sqrt{\frac{210 \times 10^9}{235}} = 118,9 \text{ cm} \quad (C)$$

$$L_r = 180 \times 8,19 \times \frac{2,1 \times 1,9}{11,7 \times 2,00} \sqrt{\frac{2,1 \times 1,9}{11,7 \times (2,00 - 1,10)}} \sqrt{1 + 9,70 \sqrt{\left(\frac{2,1 \times 2,00}{2,1 \times 1,9}\right) \left(\frac{11,7 \times 2,10}{2,1 \times 1,9}\right)}} = 509,10$$

$$\begin{cases} r_{st} = 8,19 \\ j = 1,00 \end{cases}$$

$$L_b = 970 \text{ cm} > L_r = 509,10$$

$$1,91$$

$$M_n = f_{cr} \cdot S_n < M_p$$

$$F_{cr} = \frac{1,10 \pi^2 \times 2,1 \times 1,9}{\left(\frac{970}{8,19}\right)^2} \sqrt{1 + 1,00 \sqrt{\frac{2,1 \times 2,00}{11,7 \times 2,10}} \left(\frac{970}{8,19}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 1089,10 \text{ kg/cm}^2 \quad F_{cr} = 911,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_n = 1089,10 \times 11,7 = 11,08 \text{ t-m}$$

$$M_u \leq 0,9 \times 11,08 = 9,97 \text{ t-m} < 19,27 \text{ N.G.}$$

$$\text{IPE} \dots \begin{cases} L_p = 2,0 \text{ m} \\ L_r = 9,70 \text{ m} \end{cases}$$

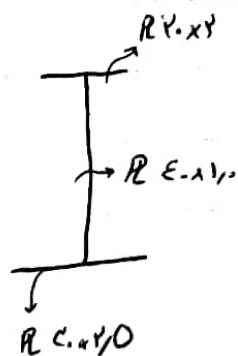
$$L_p > L_r$$

(ب-2)

تمرین: مطلوب است طراحی تیر فولاد فوق با فرض اینکه علاوه بر اینکه گاه‌ها یک عدد تک گاه‌ها جانبی در وسط

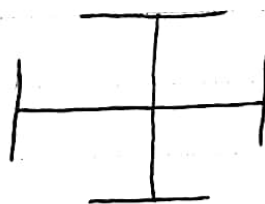
$$L_b = \frac{9,70}{2}$$

تمرین: طراحی اعصاب حسی:



$$L = 0$$

$$k_n = k_y = 1$$



$$\text{IPB } 14$$

$$L = 4$$

$$k_n = 4$$

$$k_y = 1$$



$$\text{IPB } 20$$

$$L = 5$$

$$k_n = k_y = 1$$

$$k_z = 0$$

طراحی تیرها: طرح بر مبنای ضعیف، کنترل برین، کنترل ضعیف، کنترل ارتعاش

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_n = 0.6 f_y A_w \cdot C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad ; \quad C_v = 1.0, \quad \phi_v = 1.0$$

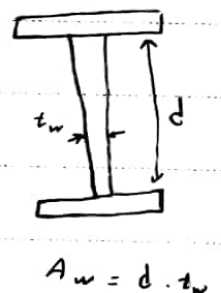
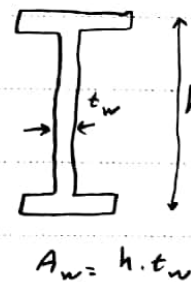
تیر کنترل برین تیرهای IPE

$$V_u = [1.2(70) + 1.6(1.42)] \times \frac{9.145}{\gamma} = 9.99 \text{ ton}$$

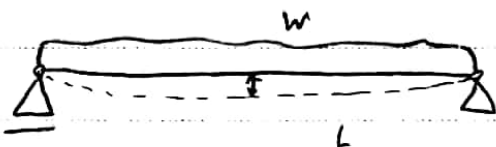
$$\frac{h}{t_w} = \frac{E_{00}}{1.6} = 89.0 < 1.12 \sqrt{\frac{2.1 \times 10^6}{235}} = 99.2 \Rightarrow C_v = 1.0, \quad \phi_v = 1.0$$

$$V_u \leq \phi_v V_n \rightarrow V_n = 0.6 f_y A_w \cdot C_v \quad \frac{h}{t_w} \leq 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad C_v = 1.0, \quad \phi_v = 1.0$$

$$V_u = 9.99 \leq \phi_v (0.6 f_y A_w \cdot C_v) = 1 \left(0.6 \times 235 \times E_{00} \times 0.19 \times 1 \right) = 89.0 \text{ ton} \quad \text{O.K.}$$



کنترل ضعیف:



$$\delta_L \leq \frac{L}{240}, \quad \delta_D \leq \frac{L}{180}$$

$$\delta_{max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{wL^4}{EI}$$

$$DL = 1,0 \frac{t}{m} \equiv 0 \text{ kg/cm}$$

$$LL = 1,82 \frac{t}{m} \equiv 18,2 \text{ kg/cm}$$

$$\Delta = \frac{0 + 18,2 \times 970^4}{288 \times 2,1 \times 10^6 \times 2 \times 10^6} = 0,79 \text{ cm} < \frac{970}{240} = 4,04 \text{ cm O.K.}$$

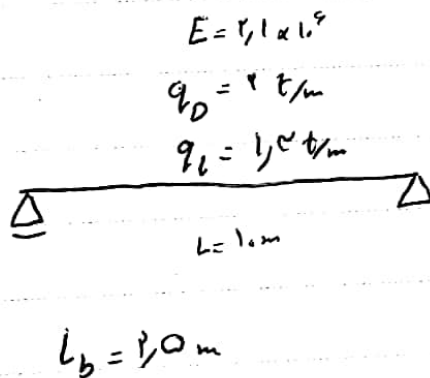
$$\Delta_{D+L} = \frac{0(18,2 + 0) \times 970^4}{288 \times 2,1 \times 10^6 \times 2 \times 10^6} = 0,79 \text{ cm} < \frac{970}{240} = 4,04 \text{ cm O.K.}$$

کنترل ارتفاعی ۱۸۲

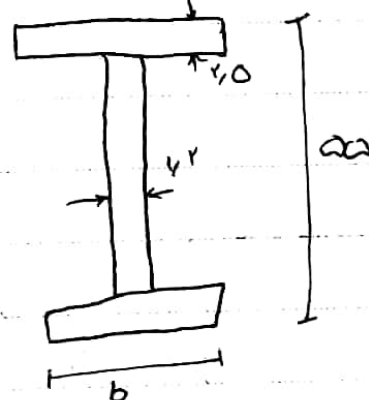
$$f = \frac{\kappa}{2L^2} \sqrt{\frac{EIg}{q_D}}$$

$$f = \frac{\kappa}{2(970)^2} \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \times 2 \times 10^6 \times 10^{-4} \times 9,81}{0,000}} = 1,64 > 0 \text{ O.K.}$$

نکته: طول دهانه برابر ۷-۶ متر با افزایش شماره تیر نیز کنترل می گردد. پس از آن تقویت موضعی انجام می شود.



شکل: مطلوب است طراحی تیر شکل زیر



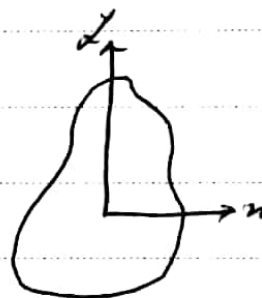
$$f = k_1 y + k_2 x$$

اعضای خمشی:

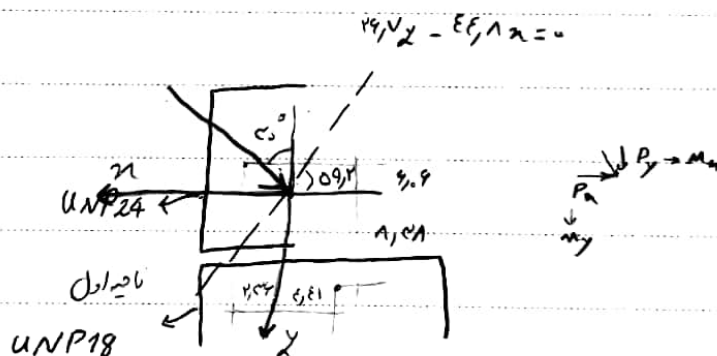
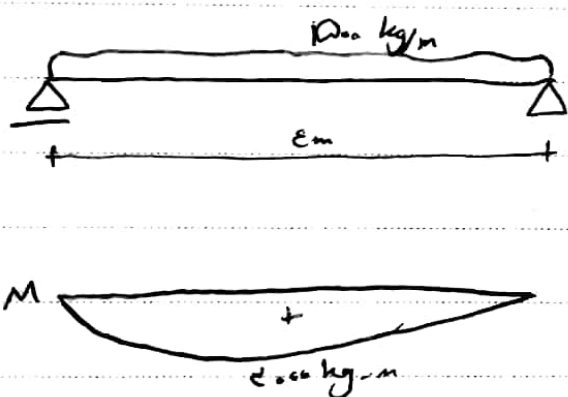
$$k_1 = \frac{M_n I_y - M_y I_{xy}}{I_n I_y - I_{xy}^2}$$

$$k_2 = \frac{M_y I_n - M_n I_{xy}}{I_n I_y - I_{xy}^2}$$

قرار داد: هر لنگری که در ربع اول دستگاه مختصات ایجاد کشش کند مثبت است.



مثال: تعیین در نقاط A, B, C, D، ابعاد.



$$I_n = 9971 \text{ cm}^4, \quad I_y = 2370 \text{ cm}^4, \quad I_{xy} = 18 (-1, 4) (1, 4) + 42, 2 \times 2, 24 (-1, 4) = -196 \text{ cm}^4$$

$$M_n = \boxed{+} 2000 \cos 30^\circ = 1732 \text{ kg-m}, \quad M_y = \boxed{-} 2000 \sin 30^\circ = -1000 \text{ kg-m}$$

$$f = \frac{(1732)(2370) + 1000(-196)}{(9971)(2370) - (-196)^2} y + \frac{(-1000)(9971) - (1732)(-196)}{(9971)(2370) - (-196)^2} x$$

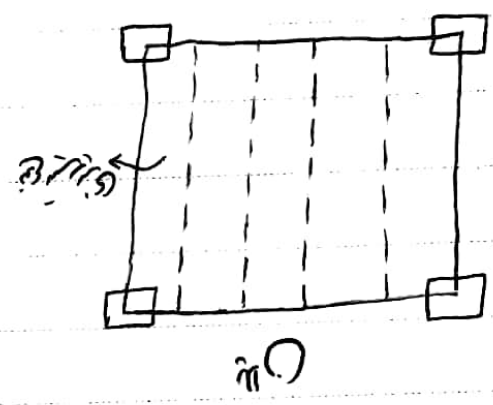
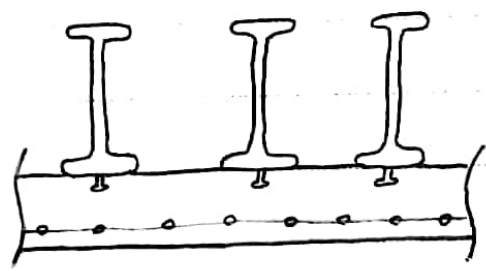
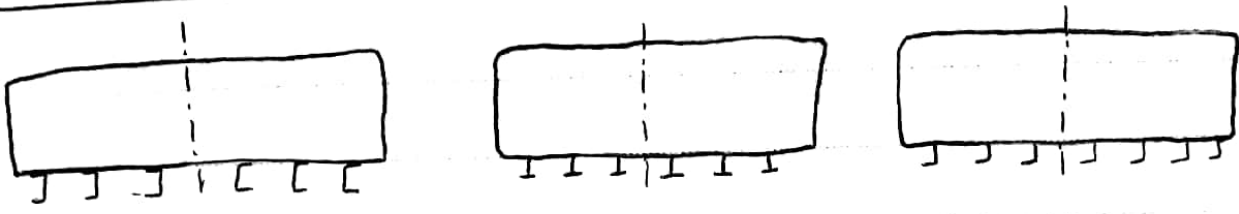
$$\Rightarrow f = 24, 7 y - 4, 1 x$$

$$A \begin{cases} -1, 4 \\ -1, 4 \end{cases}$$

$$B \begin{cases} 1, 09 \\ -1, 09 \end{cases}$$

$$C \begin{cases} 1, 09 \\ 1, 49 \end{cases}$$

$$D \begin{cases} -1, 4 \\ 1, 49 \end{cases}$$



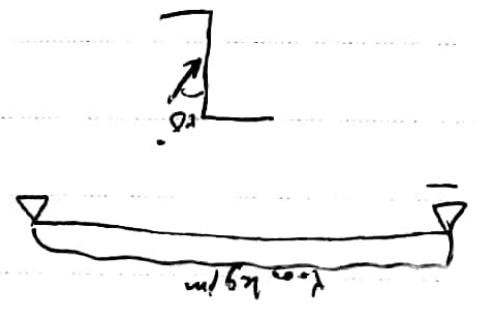
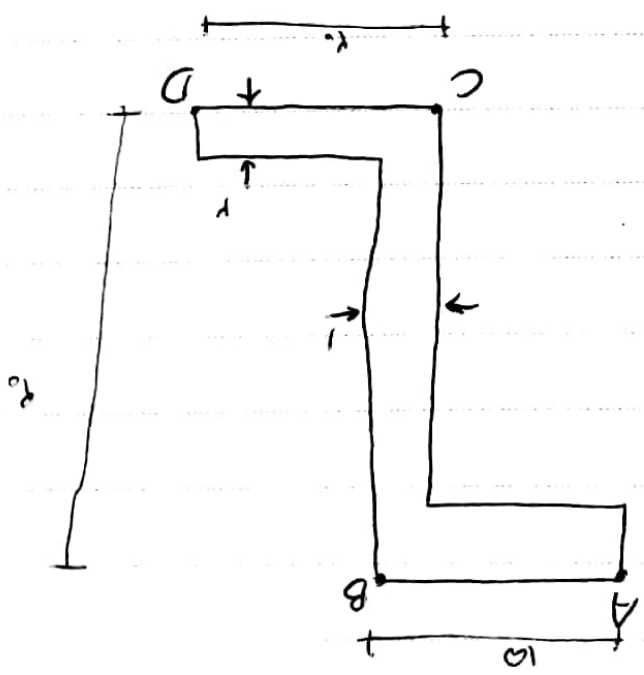
(Composite) (concrete)

1/2/20

1/2/20

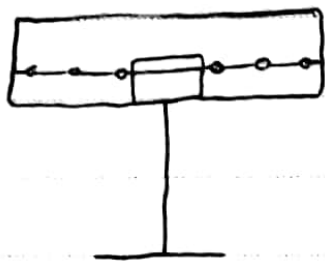
$$\bar{y} = \frac{13 \times 19 + 19 \times 1 + 1 \times 1}{13 \times 1 + 19 \times 1 + 1 \times 1} = 1.90$$

$$\bar{x} = \frac{13 \times 19 \times (-1.90) + 19 \times 1 \times 1}{13 \times 1 + 19 \times 1 + 1 \times 1} = -1.20 \text{ cm}$$



1/2/20 D, C, B, A, C, C

رکامپوزیت در دهانه ها و تیرهای ساده که تکرر مثبت می باشد.



۱. اصل طراحی سقف کامپوزیت.

طراحی خمشی مقطع مرکب

- ۱- خمشی تیر فولادی تحت اثر بار مرده اولیه
۲- خمشی تیر مرکب تحت اثر بار کل

۲. طراحی اتصالات

۳. کنترل دال متکی بر تیرهای پوششی

۴. کنترل ضربه } ضربه کوتاه مدت
ضربه بلند مدت

۵. کنترل ارتعاش

ص ۱۲۱ آیین نامه مورد (۱۰-۲-۸-۳) به بعد ص ۱۳۴

از ابعاد سازه مرکب تا بعد گمانشی پیچش در ستون - تشدید لرزه - تیرها - برش - در عین حد

در حالت ماسه پی سازه } $\gamma_a >$
 $\gamma_a <$

$$I_x = \frac{1}{12} \times 18 \times 1^3 + 18 \times 1 \times 1.0^2 + \frac{1}{12} \times 19 \times 1^3 + 19 \times 1 \times (1.90)^2 + \frac{1}{12} \times 1 \times 1^3 +$$

$$1 \times 1 \times (1.0)^2 = 0.98, 18 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} \times 1 \times 19^3 + 19 \times 1 \times (1.9)^2 + \frac{1}{12} \times 1 \times 18^3 + 18 \times 1 \times (1.0)^2 + \frac{1}{12} \times 1 \times 1^3 +$$

$$1 \times 1 \times (1.0)^2 = 9.44, 18 \text{ cm}^4$$

$$I_{xy} = 19 \times 1 \times 1.9 \times 1.0 = 3.61$$

$$M_{max} = \frac{qL^2}{8} = \frac{1.0 \times 0^2}{8} = 0.125 \text{ kg.m}$$

$$M_x = M \cos 40^\circ = 0.94, 18 \text{ kg.m}$$

$$M_y = -M \sin 40^\circ = -0.64, 18 \text{ kg.m}$$

$$k_x = \frac{(-0.94, 18) \times (9.44, 18) + (0.64, 18) \times (-0.125, 9)}{0.98, 18 \times 9.44, 18 - (0.125, 9)^2} = -5, 19$$

$$k_y = \frac{(-0.64, 18) \times (0.98, 18) + 0.94, 18 \times (-0.125, 9)}{0.98, 18 \times 9.44, 18 - (0.125, 9)^2} = -3, 19$$

$$f = -5, 19y - 3, 19x \rightarrow \begin{cases} x = -1, 19 \\ y = 1, 19 \end{cases} \quad f_A = 18, 19$$