Subject جلسه سوم
Date

اگر ۲ تنش های اصلی صفحه ای را در حالت دو محوره بدون دایره مور بررسی کنیم اگر دیدگاه از معیار فون میزس وضعیت تنش به صورت استاتیکی و دو محوره زیر نشان داده باشد:

$$\Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = \sigma_{ave} + R \\ \sigma_2 = \sigma_{ave} - R \end{cases} ; \quad \begin{cases} \sigma_{ave} = \dfrac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \\ R = \sqrt{\left(\dfrac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \sqrt{\frac{1}{2}\left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2\right]} = \sigma_Y$$

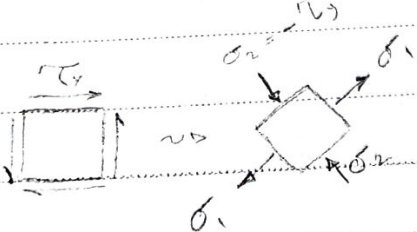
$$\Rightarrow \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} = \sigma_Y$$

اثر پواسن

* مقدار تسلیم در بیضی σ_Y در ربع اول و سوم بیشترین مقاومت و در ربع دوم و چهارم کمترین مقاومت دارد.

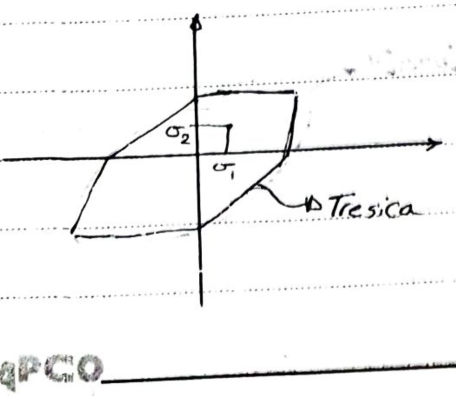
* هرگاه در $\sigma_{ave} = 0$ باشد و دو تنش اصلی قرینه باشند ← تنش برشی خالص.

اگر فولاد نرم ساختمانی St 37 در آزمایشگاه با تنش کششی 2400 $\frac{kgf}{cm^2}$ تسلیم شده باشد، تعیین کنید در اثر چه تنش برشی خالص تسلیم خواهد شد؟



$$\sigma_1 = \underset{0}{\sigma_{ave}} + R = \tau$$
$$\sigma_2 = \underset{0}{\sigma_{ave}} - R = \tau$$

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} = \sqrt{3}\,\tau_Y = \sigma_Y$$



Subject
Date

در سازه‌ها اصل این است که $R \geq L$ ، ΔL عدم قطعیت ناشی از بارگذاری Loading

Strength عدم قطعیت Resistance $= \Delta R$

$\Delta L < \Delta R$

تبدیل نامساوی به تساوی با در نظر گرفتن عدم قطعیت : $L + \Delta L \leq R - \Delta R$

$F.S = \text{Factor of safty}$ ← نسبت مقاومت به نیروهای وارده $\left(\frac{R}{L} \right)$

فلسفه‌های طراحی :

1. روش تنش مجاز ASD $L < R$ ← $\gamma L \leq \Phi R$ ← ضریب افزایش بار

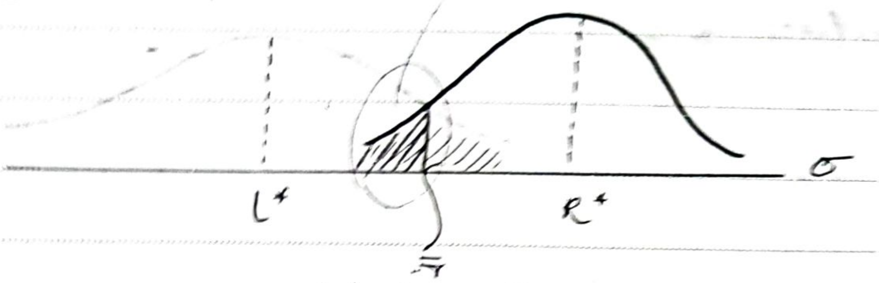
$\Phi \leq 1$ ضریب کاهش مقاومت

$$F_t = \frac{P}{A} \leq \frac{F_y}{F_s} = 0.67 = F_t \Rightarrow A \geq \frac{P}{F_t} \Rightarrow F_t = 0.6 F_y$$

دلایل استفاده از ضریب اطمینان

- بارهای واقعی با بارهای مفروض طراحی متفاوت باشند
- توزیع بار روی سازه با توزیع بارهای مفروض طراحی متفاوت باشند
- ساده‌سازی‌های مفروضات برای ایده‌ال کردن مدل سازه (تقریبا خطی)
- اختلاف ابعاد واقعی با ابعاد استاندارد
- اختلاف مقاومت واقعی با آنچه در طراحی فرض شده است.

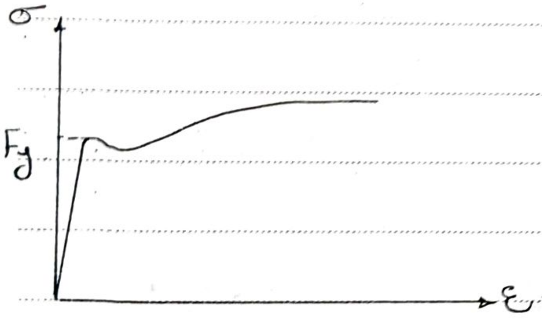
$Fs = \frac{R^*}{L^*}$ بجای $\frac{\gamma}{\phi} L \leq R_u$ $L \leq R$



شکل 1-52
(شاخص ایمنی)

احتمال خرابی $= P_F$

← ترکیب شدن دو نمودار احتمال افزایش خرابی، تلفات و خسارات و دور کردن دو نمودار به نشانه افزایش مصرف فولاد بیشتر و بالا رفتن قیمت خواهد ← در هر صورت ناجور است 😐



2. روش طرح پلاستیک P.D

$\gamma L \leq \phi R$

3. روش ضرایب بار و مقاومت LRFD
Load and Resitance Factor Design

$\gamma_D . L + \gamma_L . L$

4. قابلیت اعتماد سازه‌ها

Subject
Date

جلسه چهارم :

$\gamma L \le \varphi R$ ND
1. $L \le \left(\frac{\varphi}{\gamma}\right) R$
2. $\left(\frac{\gamma}{\varphi}\right) L \le R$ ND

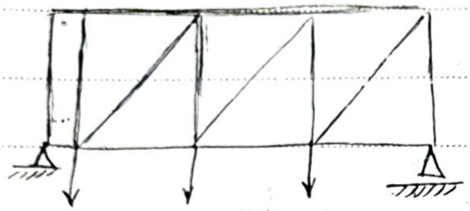
اقتصادی‌تر دائمی داره ولی تحلیل سختی داره
به‌صرفه‌تر

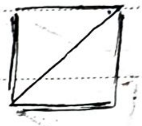
۱۵ بار زنده : مقدار رو میشه برآورد کرد اما موقعیت رو نه!

P4PCO

فصل 2 ← درس بخوانیم 😐

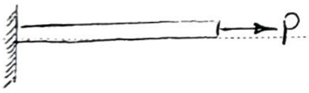
فصل سوم : اعضای کششی

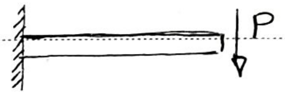




← به شکل متوازی الاضلاع میشه : هرگاه طراح یکی از قطرهای سازه‌ها را قرینه نگذاشت ← قصد طراح این است که اعضای قطری کششی باشند

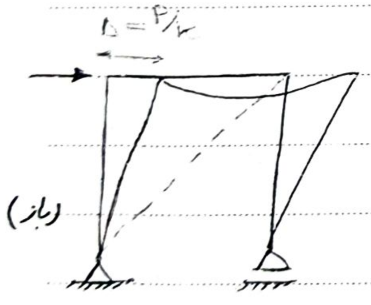
به عبارت : سختی میله در برابر کشش از سختی آن در برابر خمش (کمانش) بیشتر است .





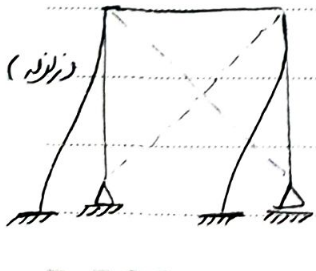
$k = \frac{EA}{L}$

$\Delta = \frac{PL^3}{3EI} = \frac{P}{k}$ حالا $k = \frac{EI}{L^3}$



$k \propto \frac{EI}{L^3} + \frac{EA}{L}$

به نیروهای خارجی : باد و زلزله



مهاربند ضربدری : هنگام زلزله و حرکت زمین (رفت و برگشت) عضوهای قطری (بسته به نحوه زلزله در چه جهت‌ها) هم کشش و فشار می افتند . (دو تا میذاریم که خیالمون راحت باشه)
🙂

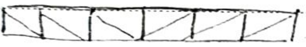
۱- خرپای ایده‌ال روش تقریبی ایده‌ال برای تحلیل قاب‌هاست.

← اگر از ممان قاب چشم‌پوشی کنیم ← همان خرپای ایده‌ال

شرایط خرپای ایده‌ال:

1. کلیه اعضا مستقیم باشند.
2. کلیه نیروها بر گره‌های خرپا اثر کنند
3. کلیه اعضا در انتها مفصل شده باشند (در عمل چنین نیست)
4. تغییر شکل خرپا کوچک باشد.

۴) $\frac{1}{8} < \frac{H}{L} < \frac{1}{6}$ ← باعث کم شدن ممان ← کم شدن تغییر شکل‌هاست



یک خرپای واقعی با نیروهای بدست آمده از نظریه خرپای ایده‌ال طراحی می‌شود اما به هنگام ساخت اتصالات مفصلی نخواهد بود، که موجب می‌شود در اعضای چنین سازه‌ای با مقادیر بدست آمده از تحلیل خرپا متفاوت باشد. اختلاف بین تنش‌های واقعی خرپا و تنش‌های اولیه $\sigma = \frac{P}{A}$ را تنش‌های ثانویه می‌گویند برای کم کردن اثر تنش‌های ثانویه لازم است سختی خمشی اعضای خرپا نسبت به سختی محوری کم باشد، مثلا از اعضا با طول بلند استفاده شده باشد، شبکه‌بندی داخل

Subject
Date

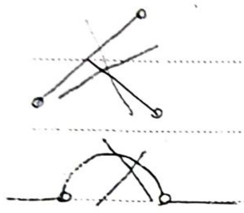
جلسه پنجم

خرپا کامل باشد. $[45 < \alpha < 60^\circ]$

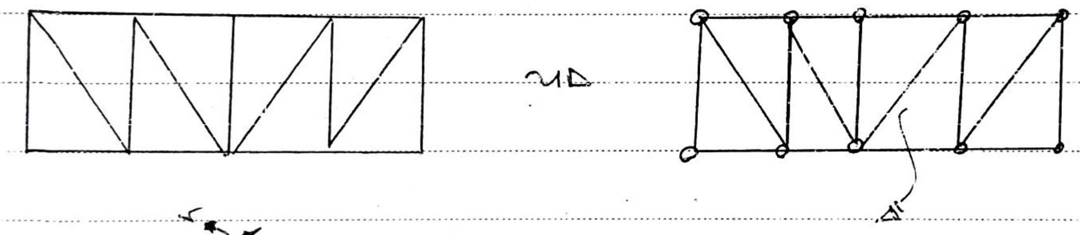
* خرپا تحلیل می‌کنیم مالـ می‌سازیم.

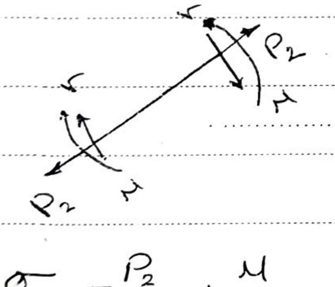
جلسه پنجم

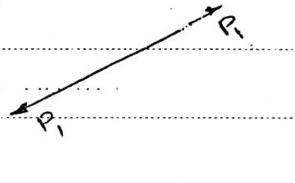
☑ ویژگی های خرپای ایده آل



1. کلیه اعضا در انتها مفصل باشند (به صورت پین)
2. کلیه اعضا مستقیم الخط باشند
3. کلیه نیروها بر گره های خرپا اثر کنند.







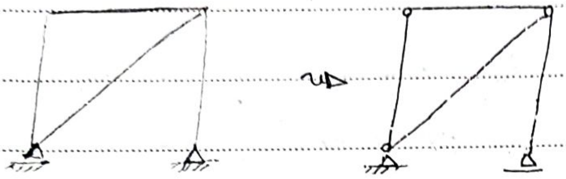
$$\sigma_2 = \frac{P_2}{A} + \frac{M}{S}$$

$$\sigma_1 = \frac{P}{A}$$

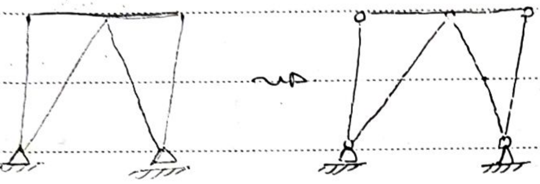
4. تغییر شکل های خرپا کوچک باشند

• استفاده از نظریه خرپای ایده آل به عنوان تحلیل تقریبی گروهی از قاب ها قابل استفاده

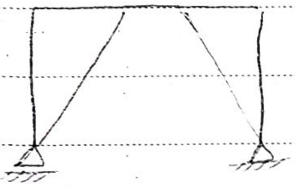
است که با مفصلی در نظر گرفتن گره‌ها ☺ یک خرپای پایدار بنابر اصول طراحی خرپای ایده‌آل ایجاد شده باشد.



مهاربندهای همگرا CBF پایدار



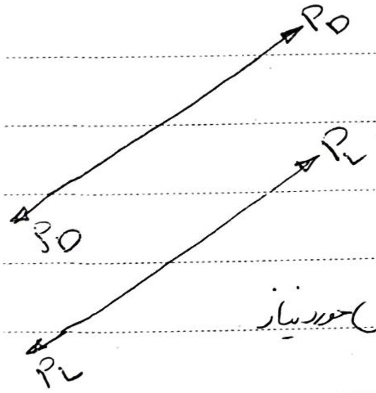
مهاربندهای همگرا پایدار



مهاربندهای واگرا EBF $\Rightarrow$ ناپایدار

شکل‌پذیری این سازه $\Rightarrow$ بیشتر از بقیه مهاربندها است

☑



$\Rightarrow P_r = P_u$

$\leq$

مقاومت‌های مورد نیاز

روش تنش مجاز $P_r = P_D + P_L$

$F_y \cdot A_g$

روش LRFD $P_u = 1.2P_D + 1.6P_L \Rightarrow P_u \leq \phi_t P_n$

$$f_t = \frac{P_r}{A} \leq \underset{\text{(تنش مجاز کششی)}}{F_t} = \frac{F_y}{F.S} = \frac{F_y}{1.67} = 0.6F_y$$

$$1.2P_D + 1.6P_L \leq 0.9(F_y \times A) \Rightarrow A \geq \frac{1.2P_D + 1.6P_L}{0.9F_y} \quad \text{LRFD}$$

$$A \geq \frac{P_r}{0.6F_y} = \frac{P_D + P_L}{0.6F_y}$$

Subject مقررات ملی بیار

Date

جدول اشتال دهم بیار

$\frac{P_L}{P_D} = 3$ کدوم به صرفه تر و اقتصادی تر است؟

ص 79 طاحونی

LRFD اقتصادی تر است ← عوامل مختلف تنش زا رو جدا میکنه ($A \geq \frac{1.2P_D + 1.6P_L}{0.9F_y}$)

که جایی که بار زنده بیشتره

ص 76 طاحونی ترکیب بارگذاری مبحث ششم.

☒ آیین نامه:

(E) مشخصات مصالح فولادی در جدول اشتال فولاد 205 GPa

(α) ضریب انبساط حرارتی فولاد حدود $\alpha_s = 1.17 \times 10^{-5} \simeq 12 \times 10^{-6}$

$$G_s = \frac{E_s}{2(1+\nu)} = \frac{E_s}{2.6}$$

(Fy) تنش تسلیم فولاد $ST37 \rightarrow F_y = 235\,Mpa \simeq 2400\,\frac{kgf}{cm^2}$

← پیوست II آیین نامه: تحلیل الاستیک مرتبه اول تشدید یافته

(Ag) مساحت کلی در جدول اشتال

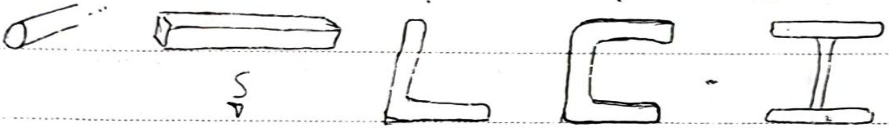
PAPCO

جلسه ششم

■ تعریف کشش :

اتصال در عضو در طراحی سازه :

مرحله اول : انتخاب شکل مناسب



کار راحت‌تر

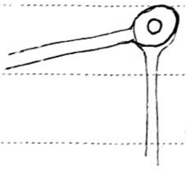
1) استفاده از هر کدام نتایج متفاوتی دارد

مرحله دوم : نحوه اتصال

1) جوش ـ در حال تولید فولاد (چدن) جوش اختراع نشده

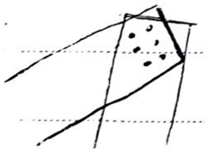
ترد ☹

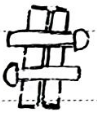
2) پیچ ـ سر میلگردها (؟) را پهن تر می ساختند و با ایجاد سوراخ



[illegible] ساختار مفصلی ☹

3) پرچ : نیروی انسانی زیاد . اقتصادی نبودن





😮

4) فولاد نرمه : تعداد سوراخ های بیشتر ← فولاد نرمه را برای پیچ استفاده کنند

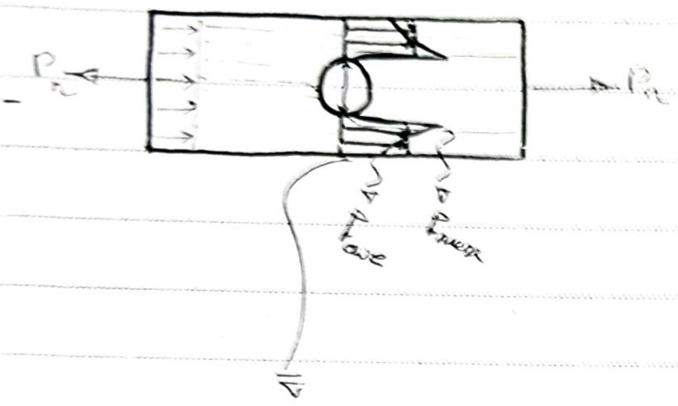
5) فولاد پرمقاومت ← اتصال بهتر ☺

(شکل 5_3)

← عملکرد اعضای کششی یا عملکرد خطی است

تنش حول یک سوراخ

مطالب مهم:



$$\sigma = f_t = \frac{P}{A_n}$$

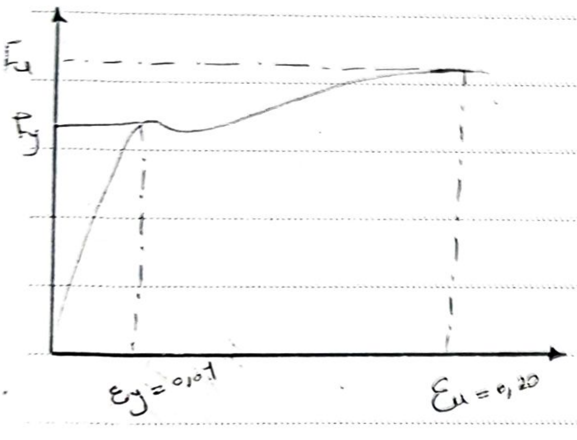
$$A_n = A_g - \boxed{D}t$$

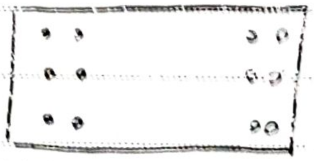
ضخامت

مساحت سوراخ

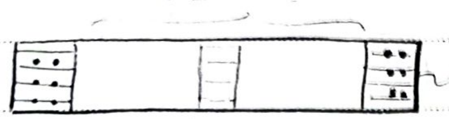
g: gross
n: net

تغییر توزیع تنش داریم (در ناحیه تسلیم)





(۲)



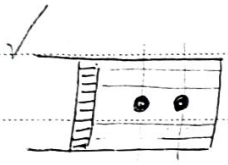
$\frac{P}{A_g} = F_y$

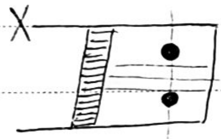
برای گسیختگی کششی داریم ← $\frac{P}{A_n} = 0.75 \times F_u$

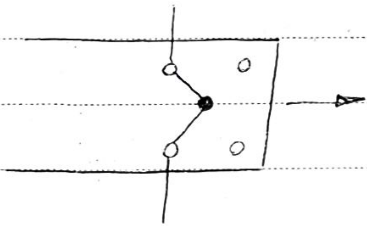
← مساحت خالص کاهش پیدا کند P_n هم کاهش پیدا می‌کند

← طول اتصال از حدی نمیشه بیشتر بشه چون ناحیه عبار تسلیم کمتر میشه

← معمولا 4 سوراخ رو هم میشه در امتداد هم و در طول نذاشت

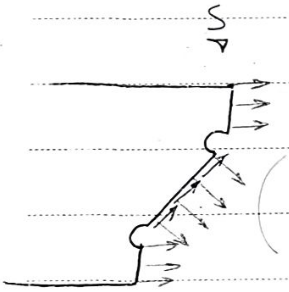






شکستن خرابی طولی

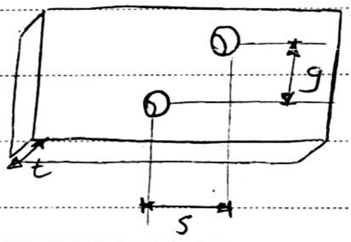
در سطح گسیختگی مورب تلفیقی از تنش نرمال و برشی دارم



⇐ Cochran

$$P_{max} = f \cdot A_n$$

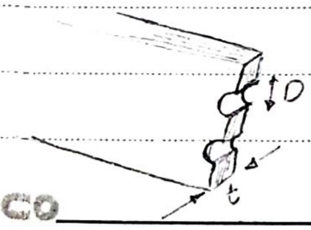
$$F_u = \frac{P_u}{A}$$



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

هرچه سوراخ ها در امتداد طولی فاصله بیشتری داشته باشند Pmax متناسب با توان دوم فاصله افزایش می یابد

ص 32 و 35 مقررات ملی (Ae، An)

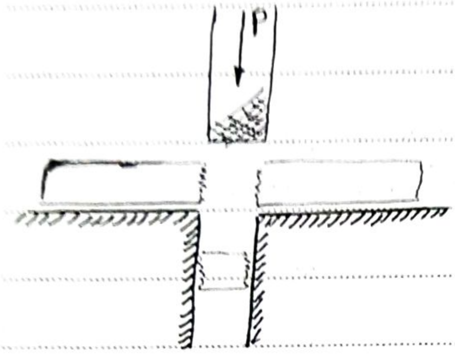


$$A_n = A_g - 2Dt$$

Subject
Date

ـه اگر پیچ با قطر D استفاده می شود، قطر لبه سوراخ باید 2mm بیشتر باشد

1. باخ داشتن = [illegible]
2. تبدیل



قطر کاربای لبه سوراخ $D = d + 2^{mm} + 2mm$

$\frac{5}{4}$ قطر پیچ

قطر فاصله دار با پیچ

قطر فاصله دار برای خرابی لبه ها

جلسه هفتم:

سطح مقطع خالص :

$A_g = b_g \cdot t$ = ضخامت × عرض کلی

$A_n = b_n \cdot t$ = ضخامت × عرض خالص

$$b_n = b_g - n_1 D + \frac{s^2}{4g} n_2 \leftarrow$$

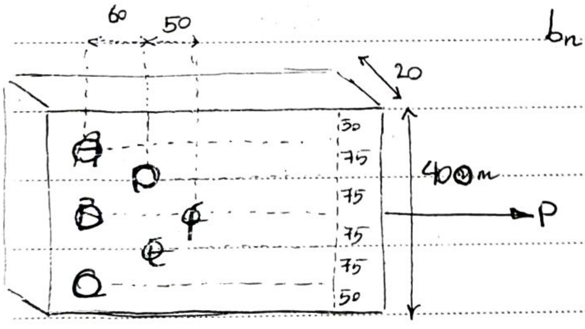
n_1 = تعداد سوراخ های در مسیر

n_2 = تعداد مسیرهای زیگزاگ یا مورب

ص 33 آیین نامه

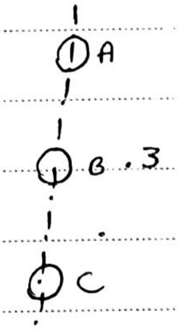
در اتصال شکل زیر از پیچ هایی با قطر 22mm استفاده خواهد شد سطح مقطع بحرانی خالص را تعیین کنید.

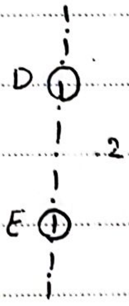
کمترین مساحت خالص ← کمترین b_n

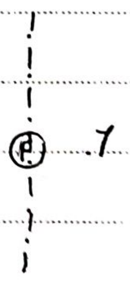


$$D = 22 + 2 + 2 = 26$$

$$f_t = \frac{P}{A_n} = \frac{P}{b_n \cdot t}$$







$b_n = 400 - 3 \times 26$

$b_n \times \frac{6}{3} = 644$

$b = 400 - 2 \times 26$

$= 346$

با نیروی $\frac{5}{6}P$ کشیده می شود

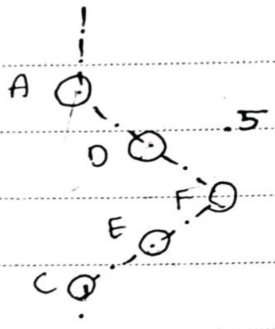
$b_n = b_g - D$

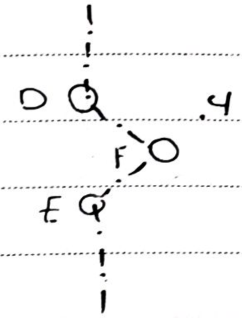
$400 - 26 = 374$

با نیروی P کشیده می شود

$= 418$

Subject
Date





$400-$

$b_n = 5\times26 + 2\times\frac{60^2}{4\times75} + 2\times\frac{50^2}{4\times75}$

$= 310.6\ mm$

100 درصد نیرو وارد میشه

$b_n = 400 - 3\times26 + 2\times\frac{5}{4}$

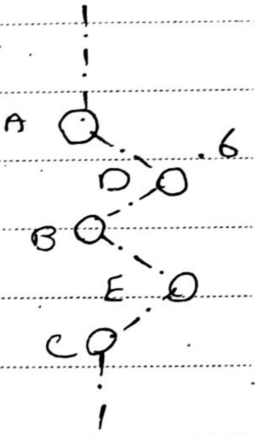
$= 338$

100 درصد نیرو وارد میشه

◄ برش خالص نداریم در این روش.

◄ روش‌ها، مسیرهای منطقی حساب کن 🙂

◄ معمولا اون هایی که در P خالص تاثیر داره روش بحرانی هست.



$b_n = 400 - 5\times26 + 4\times\frac{60^2}{4\times75}$

$b_n \times \frac{6}{5}$ ← نیرو وارد میشه $\frac{5}{6}$

$= 327.6$

◄ $A_n = b_n \times t = 310.6^{mm} \times 20^{mm}$

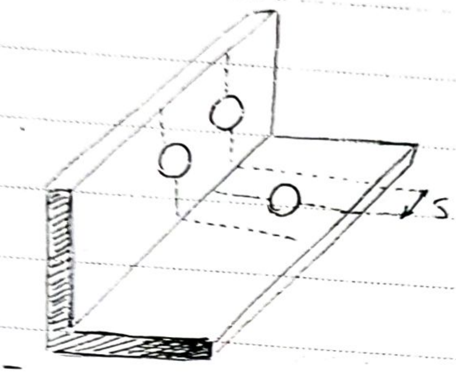
← مسیر شماره 5

☑ طراحی تمرین فصل 3 ← 3-6

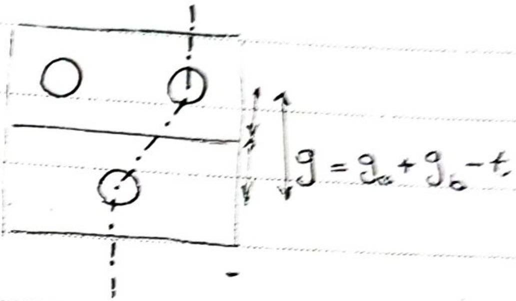
PAPCO

Subject
Date

نبشی ، بند سوم آیین نامه

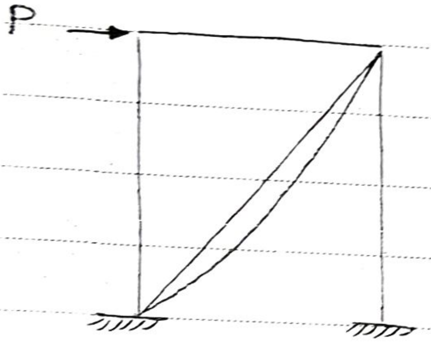


⇐



$g = g_a + g_b - t$

⇐ استفاده زیاد نبشی در خرپاها



⇐ تا اعتبار داره حفظ(ش) و به هنگام دوره عادی
در هنگام زلزله باعث ایجاد تنش مخالف
در دو راستا می‌شود
⇐ عضو لاغر و انعطاف پذیر خوب نیست
به عنوان عضو کششی

λ ضریب لاغری $= \frac{L}{r_{min}}$ ⇐ شعاع ژیراسیون

شعاع ژیراسیون ⇐ $r = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$

$\lambda_{max} < 300$

صفحه 34 آیین نامه 2-3-2-10

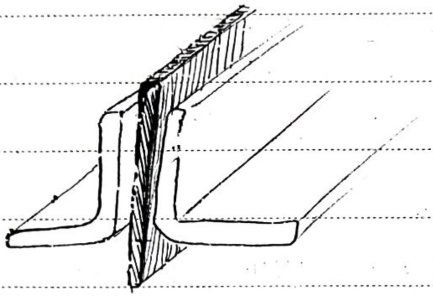
⇐ $r_{min} > \frac{L}{300}$

P4PCO

عالی جناب:

برای تقویت نبشی از جفت نبشی دوبله شده استفاده می‌شود.

جفت نبشی :



$$\alpha = C_t = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$$

$$r_{xx} = r_{x_1}$$

$$\to r_{xx} = \sqrt{\frac{I_{xx}}{2A_1}} = \sqrt{\frac{2I_{x_1}}{2A_1}} = r_{x_1}$$

$$r_{yy} = \sqrt{\frac{I_{yy}}{2A_1}} = \sqrt{\frac{2I_{y_1} + 2A_1 d^2}{2A_1}} = \sqrt{r_{y_1}^2 + d^2} > r_{x_1}$$

◁ هم بار (اعمالی) را رضا می‌کند، هم مشکل خروج از مرکز را حل می‌کند

◁ هنگام استفاده از جفت نبشی $r_{x_1} = r_{min}$

تمرین: تعیین کنید حداکثر طول مجاز یک عضو کششی ساخته شده از نبشی L100×100×10 چقدر است؟ حال اگر به جای تک نبشی از ۲تا (2L80×80×8) استفاده شود طول مجاز این عضو کششی چقدر خواهد بود (دو نبشی از هم 1cm فاصله دارند = طول گاست).

تعیین کنید فاصله L مناسب بین لقمه‌ها Filler چقدر باید باشد؟

Subject
Date

جلسه دهم :

در کتاب طراحی، وقتی نیروی تیر (خمش‌های ابتدائی) مورد نظر نیست می‌آید در $\frac{3}{4}$ ضرب

کرده ← برای رعایت معیار گسیختگی (ص 139)

$$\frac{P}{A} \times \frac{3}{4} < P_t$$

← برای تنش مجاز؛ تو LRFD داریم

← وقتی 5 معادله برای طراحی داریم، بهترین روش برای طراحی انتخاب مهم‌ترین معادله است و با حساب کردن آن برای بقیه معادلات چک می‌کنیم :

مراحل طراحی یک عضو کششی :

1. تعیین مقاومت موردنیاز P_u

2. تعیین A_g (سطح مقطع ناخالص براساس معیار تسلیم) $A_g \geqslant \frac{P_u}{0.9F_y}$

گام 3. انتخاب پروفیل ← براساس شرایط اجرا

4. کنترل معیار لاغری عضو کششی $\lambda = \frac{L}{r_{min}} < 300$

← اصلاح شکل مقطع در صورت لزوم

5. طراحی اتصالات انتهایی عضو

6. سطح مقطع خالص حساب کنید ؛ می‌رسیم به A_n و A_e و کنترل معیارهای گسیختگی طبق

بندهای 5-3-2-10 ، 6-3-2-10

و در صورت لزوم اصلاح اتصالات

* کنترل گسیختگی قالبی طبق بند (10-2-9-3) برای عضو کششی ضروری

در صورت لزوم اصلاح اتصالات

در اتصالات عضو کششی توسط ورق‌های اتصال $A_e = A_n \leqslant 0.85 A_g$

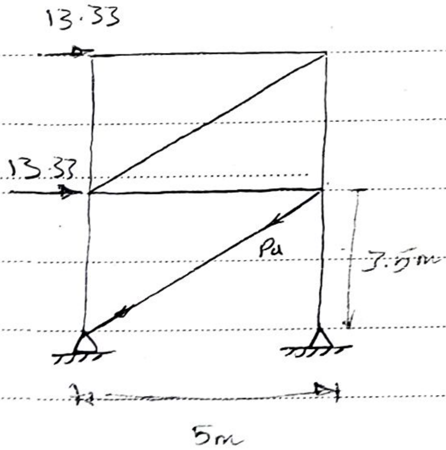
نکته در مورد طراحی کششی (ورق اتصال): در طراحی کششی اولاً به خاطر تبصره 10-2-3-3

مساحت این ورق‌ها باید 5% بیشتر از اعضایی است که به آن متصل شده است

و به خاطر ضابطه گسیختگی قالبی می‌توانند ضخامت کمتر از اعضای متصل به آن داشته باشند.

☑ عضو مهاربند طبقه اول را از جفت نبشی از فولاد St37 طراحی کنید.

؟



$$A_g \geqslant \frac{P_u}{0.9 F_y} = \frac{32.54 \times 10^3}{0.9 \times 2400} = 15.06$$

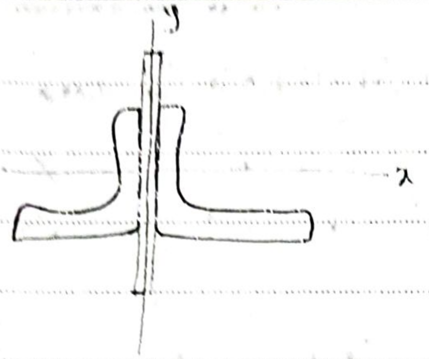
$$A_{g_1} = \frac{A_g}{2} = \frac{15.06}{2} = 7.53$$

* نبشی‌های زوج همیشه هستند

حدس مقطع 1: 2L 80x80x8

۴ <= ص ۳۶ ص ۳۸

Subject
Date



کنترل لاغری :

$$\begin{cases} r_x = r_{x_1} = r_{min} = 2.43 \text{ cm} \\ r_y = \sqrt{r_{y_1}^2 + d^2} = \sqrt{r_{x_1}^2 + d^2} \end{cases}$$

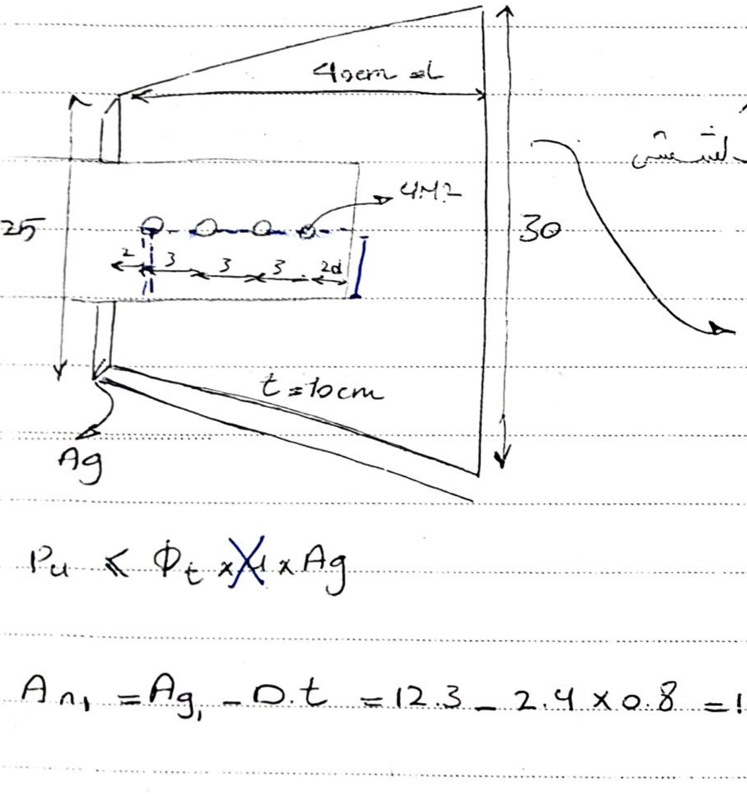
$$\lambda = \frac{L}{r_{min}} = \frac{610^{cm}}{2.43} = 251 < 300 \quad ok$$

فاصله لقمه‌ها : (برالند میانی)

$$\frac{L}{r_{y_1}} < 300 \Rightarrow L_1 = 300 \times r_{y_1} = 300 \times 1.56^{cm}$$

$$\frac{L}{2} = \frac{610}{2} = 305 < 300 r_{y_1}$$

یک عدد لقمه در وسط عضو کافی است .



به هر 1cm جوشکاری 1 ton ظرفیت کششی دارد

$$13d < L$$

$$P_u \leq \Phi_t \times \cancel{1} \times A_g$$

$$A_{n_1} = A_{g_1} - D.t = 12.3 - 2.4 \times 0.8 = 10.38$$

ok

$$P_u \leq \Phi_t \times F_u \times A_e = 0.75 \times 3700 \times 2 \times 10.38 \times \underset{0.8}{\cancel{1}} \times 10^{-3} = 46.08$$

$(A_{nr})_1 = (22 - \overset{3.5}{\cancel{4}} \times 2.4^{cm}) \times 0.8 = 10.88\ cm^2$

[illegible]

$(A_{nt})_1 = (4 - \frac{2.4}{2}) \times 0.8 = 2.24\ cm^2$

١٤٨

$0.6\ f_u \times 2\ (A_{nv_1}) + F_u \times 2 \times A_n$

$\phi\ F_u\ (1.2 \times 10.88 + 4.48) =$

$\phi\ F_u\ (1.2 \times 10.88 + 4.48) =$

$\phi R_n = 0.75 \times 3700$ ok

15-9-2-10

* قانون 3 درصد ← تا 3 درصد حفاظت سازه

جلسه یازدهم :

تعیین ضوابط ؟ (مثال 3 _ 13) ← در این مثال چون با پیچ اعلام نشده ضوابط اثر برش [illegible] نداریم

← در این ناحیه چون قید نداره پانچ است یا دریل شده

در هر صورت : $D + 2 + 2$ است.

IPB 200 (جدول اشتال) $\begin{cases} A_g = 78.1 \\ r_{min} = \end{cases}$ چون به طول دسترسی لازم نیست

$$A_n = A_g - nDt_f = 78.1 - \boxed{4} \times 2.6 \times 1.5 = 62.5 \text{ cm}^2$$

مقاومت تسلیم : $P_1 = \phi_t P_n = 0.75 \times A_g . F_y = 0.9 \times 78.1 \times 2400$

$= 168.71$ (ton)

مقاومت گسیختگی خالص : $b_f > \frac{2}{3} d$ ← $u = 0.9$

$$P_2 = \phi_t A_e F_u = 0.75 \times u \times A_n \times F_u = \frac{0.75 \times 0.9 \times 62.5 \times 3700}{1000} = 156{,}1 \text{ (ton)}$$

سطح مقطع خالص موثر

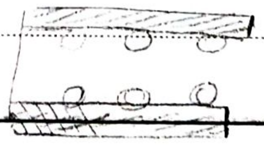
مقاومت گسیختگی مالشی (گسیختگی برشی) : $A_{nv} = [(19 - 2.5 \times 2.6)\underset{1.5}{t_f}] \times 4 = 75 \text{ cm}^2$

ص 168 این ناحیه $A_{nt} = [(4 - 0.5 \times 2.6) \times \overset{1.5}{\cancel{t_f}}] \times \underset{\text{تعداد}}{4} = 16.2 \text{ cm}^2$

← سوراخ‌ها از هم حداقل فاصله 3D داشته باشند و فاصله سوراخ از لبه 2D

به خاطر فاصله اطمینان!

$A_{gv} = 19 \times 1.5 \times 4 =$ سطح مقطع ناخالص $= 114 \text{ cm}^2$ سوراخ‌ها را کم نمی‌کنیم



PAPCO

یکنواختی توزیع تنش

(۱۴-۴-۲-۱۰) : $R_n = 0.6 F_u \times A_{nv} + \boxed{U_{bs}} F_u A_{nt} \leq 0.6 F_y A_{gr} + U_{bs} F_u \times A_{nt}$

$\rightarrow 3700(0.6 \times 75 + 16.2) = R_{n_1}$

$0.6 F_y A_{gr}$ " " $= 0.6 \times 2400 \times 114 + 3700 \times 16.2 = R_{n_2}$

$R_{n_1} = 226.4$ $\qquad R_{n_2} = 224.1$ ✓

* عضو کششی $U = 1$ ← یکنواختی [illegible] U ندارد.

$P_3 \leq \phi R_n = 0.75 \times 224.1 = 168.1$ طبق LRFD

تنش مجاز در کتاب حساب شده ← در تنش مجاز ضریب بار نداریم برای همین خیلی بیشتر
بدست آمده

مثال 3_14

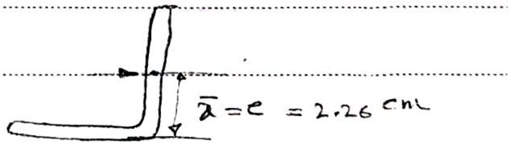
$2L\,80 \times 80 \times 8$ $\qquad A_g = 2A_{g_1} = 24.6\ cm^2$

$P_1 = \phi_t P_n = 0.9 \times A_g . F_y = \dfrac{0.9 \times 24.6 \times 2400}{1000}$ (تسلیم) $= 53.13$

تنش کششی در سطح مقطع خالص موثر

$P_2 = \phi_t . P_n = 0.75\ A_e F_u = .75 \times 0.85 \times 24.6 \times 3700 \times 10^{-3} = 58$ ton

$A_e = U \times A_g = 0.85 \times 24.6$



$U = 1 - \dfrac{x}{\boxed{L}} = 1 - \dfrac{2.26}{15} = 0.85$

L ← طول اتصال (شکل 3-36)

Subject

Date

گسیختگی قالبی در جوش

~~$A_{nv} = [(15 + 7.5) \times 0.8] \times 2$~~ → اصلا اتفاق نمی افتد

~~$A_{nt} = [8 \times 0.8] \times 2 =$~~

گسیختگی قالبی در اتصال

$A_{nv} = [(15 + 7.5) \times 0.8] \times ①$ ◦ دو ردیف است $= A_{gv} = 18$

$A_{nt} = 8 \times 0.8 = 6.4$

$$R_n = 0.6 F_y \times A_{gv} + F_u \times A_{nt} = [0.6 \times 2400 \times 18 + 3700 \times 6.4] \times 10^{-3} = \underline{49.6} \text{ ton}$$

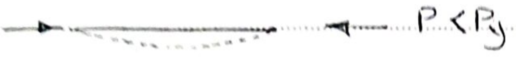
گسیختگی قالبی اتفاق می افتد ←

$$t_{\text{مناسب}} = \frac{53.13}{49.6} \times \overset{0.8}{t_{\text{فعلی}}} = 0.55$$ → بایست 10^{mm} استفاده شود.

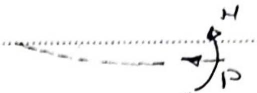
PAPCO

جلسه دوازدهم

کمانش ← برای اعضای فشاری



$P < P_y$ ⇒



$$\sigma = \frac{My}{I} + \frac{P}{A}$$

← تنش غیر یکنواخت

← کمانش ستون‌ها (Backling of clumn):

P_{cr} بار بحرانی ستون‌ها: مقدار نیروی فشاری است که اگر به صورت محوری قرار گیرد آن عضو را دچار کمانش می‌کند. (بار اولر)

عوامل موثر در بار بحرانی:

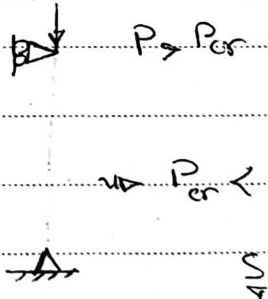
1. سختی خمشی مقطع $P_{cr} \propto EI$

2. طول عضو $P_{cr} \propto \frac{1}{L^2}$

3. شرایط انتهایی ستون

انواع تعادل:

تعادل ناپایدار

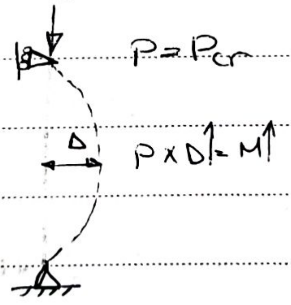


⇒ $P_{cr} < P < P_y$

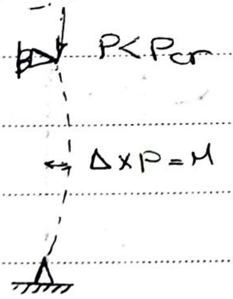
$\frac{S}{4}$

برای برقراری تعادل ← ایمن نیست

تعادل خنثی


$P = P_{cr}$
Δ
$P \times \Delta = M$

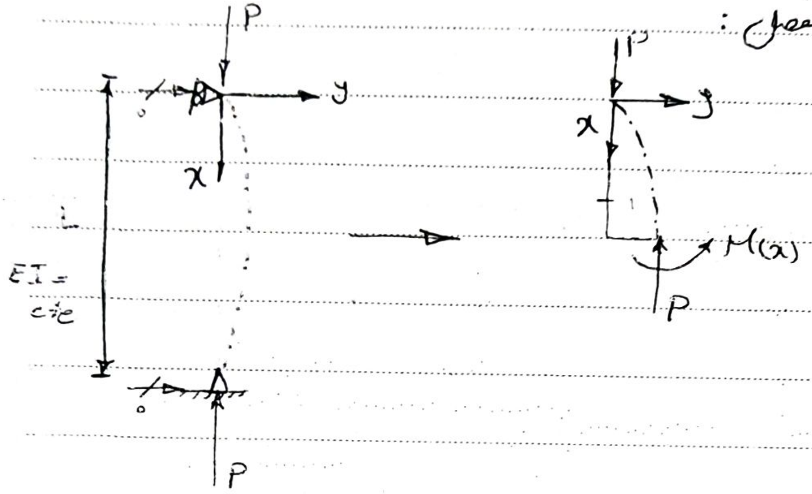
تعادل پایدار


$P < P_{cr}$
$\Delta \times P = M$

ستون ایمن

شرایط: مقطع هم‌وزن باشد، بار مرکزی باشد، ستون مستقیم باشد.

بار بحرانی اویلر برای حالت ستون دو سر مفصل:



$$M(x) + P.y = 0$$

$$M(x) = -Py$$

$$\Rightarrow \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI} \Rightarrow \frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{P.y}{EI}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{P}{EI}y = 0 \Rightarrow \alpha^2 = \frac{P}{EI}$$

$$y'' + \alpha^2 y = 0 \Rightarrow t^2 + \alpha^2 = 0$$

$$y(x) = c_1 \sin\alpha x + \cos\alpha x \times C_2$$

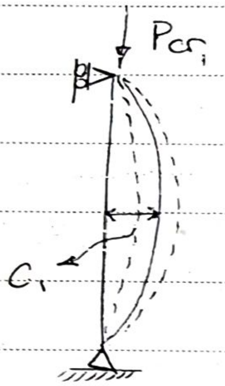
$$\left| \begin{array}{l} x = 0 \\ y = 0 \end{array} \right. \Rightarrow C_2 = 0$$

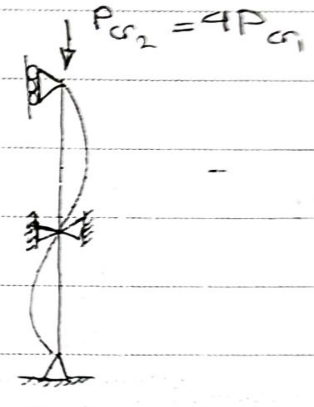
$$\left| \begin{array}{l} x = L \\ y = 0 \end{array} \right. \Rightarrow C_1 \sin\alpha L = 0 \begin{cases} C_1 = 0 \Rightarrow \text{جواب بدیهی} \\ \sin\alpha L = 0 \end{cases}$$

$$\alpha L = n\pi \Rightarrow \alpha^2 = \frac{n^2\pi^2}{L^2} = \frac{P}{EI} \Rightarrow P_{cr} = n^2\pi^2\frac{EI}{L^2}$$

$n=1 \Rightarrow \boxed{P_{cr_1} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}} \rightarrow y_{(x)} = C_1 \sin \frac{\pi}{L} x$

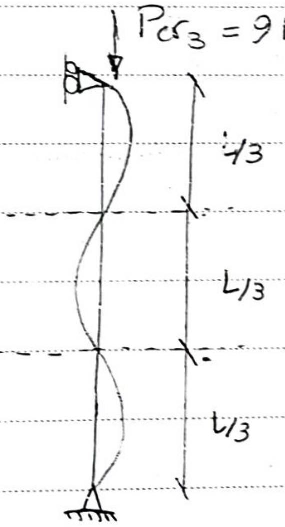
$\alpha = \frac{\pi}{L}$




$P_{cr_2} = 4P_{cr_1}$
$n=2$

$n=1$ → مود ضعیف ستون لحاظ شد، بخواهیم زیاد کنیم وسط ستون را مهار می‌کنیم.

$n=3 \rightarrow$


$P_{cr_3} = 9P_{cr_1}$
$L/3$
$L/3$
$L/3$

ضعیف‌ترین شکل ستون پیچیده کنیم نیست

پیچیده کمانش است → وقتی ستون کمانش

می‌کند، مقاومت صفر می‌شود، سختی صفر

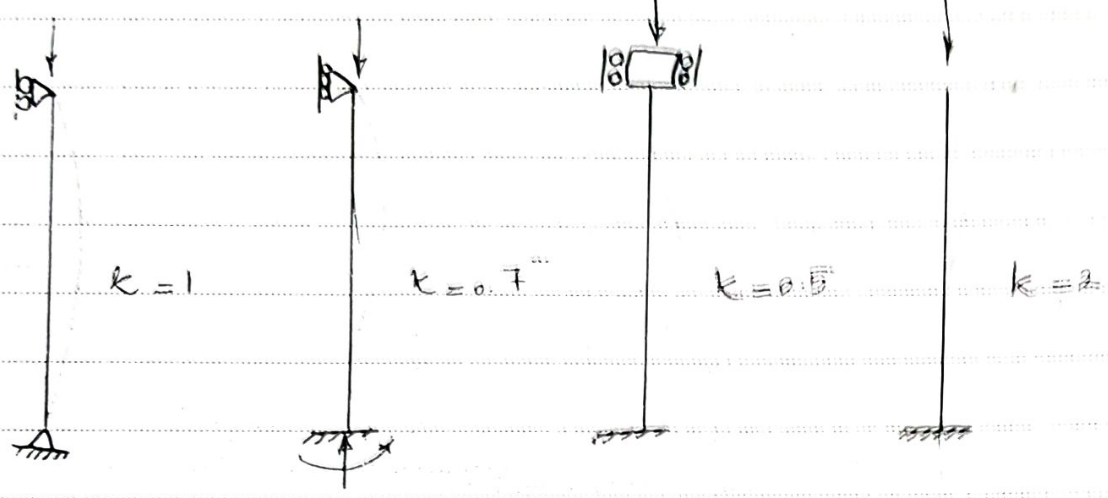
می‌شود (تعادل خنثی)

$L_e = \cancel{\frac{L}{n}}$ → طول مؤثر کمانش فاصله بین دو نقطه عطف است

Subject
Date

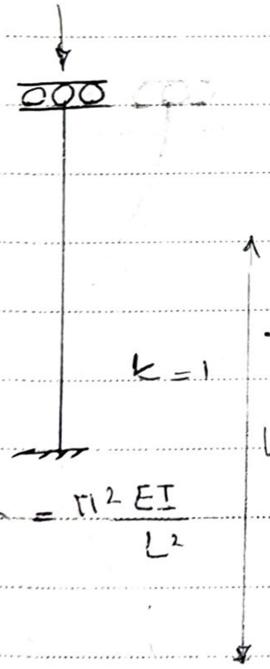
بسط رابطه اویلر برای کمانش ستون‌های دارای شرایط انتهایی گوناگون :

ستون‌های مهار شده $0.5 < k < 1$



$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \qquad P_r = 20.19\,\frac{EI}{L^2} \qquad P_{cr} = 4\pi^2\frac{EI}{L^2} \qquad P_{cr} = \frac{\pi^2}{4}\,\frac{EI}{L}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(0.7L^2)} \qquad P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(0.5L)^2} \qquad P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(2L)^2}$$



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

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

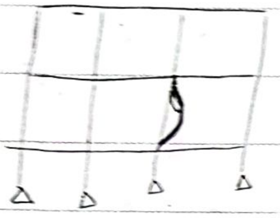
طول موثر کمانش ← $Le = k \cdot L$ → طول حقیقی

ضریب طول موثر ←

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2} \Rightarrow 0.5 < k < \infty$$

PAPCO

← انتقال نیز به حرکت دورانی منجر است.

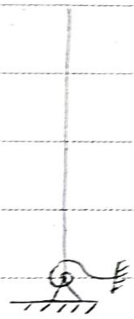


حالت بسیار مهم:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{Le^2}$$

بدون حرکت دورانی ← $0.5 < k \leq 1$

همراه حرکت انتقالی ← $1 < k < \infty$



حد $k > 2$

پیوست نهم مبحث ده

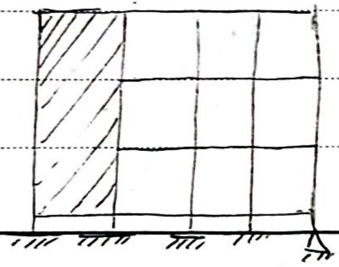
پیوست اول: ضریب طول موثر اعضای فشاری

بند 3_1_2_b

۱) تشخیص مهم ستون در قاب‌های مهاربندی شده هست یا نه

قاب‌های مهاربندی شده: به قاب‌هایی گفته می‌شود که در آنها پایداری جانبی و مقاومت در برابر بارهای جانبی به سختی خمشی ستون وابسته نبوده و در آنها حرکت جانبی قاب با تکیه کردن بر مهاربندهای مورب، دیوارهای برشی و یا به شیوه‌های مشابه محدود شود.

ستون بتنی بردن طاقت



← نیروی برشی زیادی دارند چون بار جانبی زیادی تحمل می‌کند

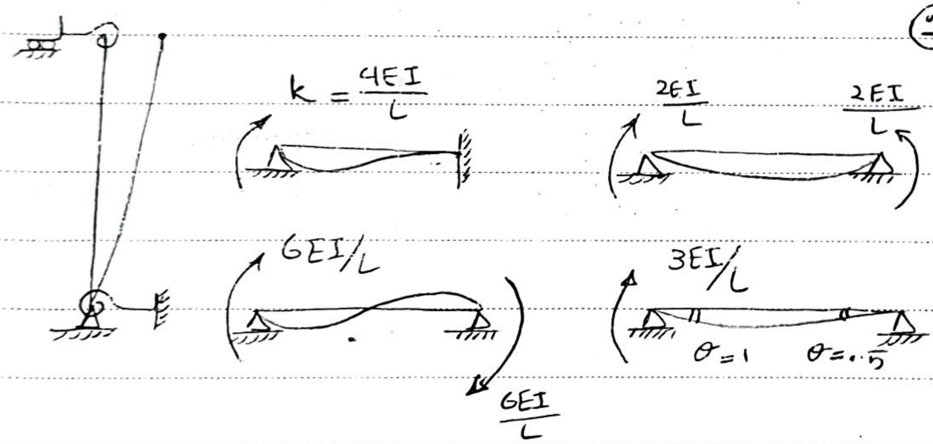
← یکی درجیون نشستیم دیوار برشی گذاشت

▤ هرگاه حرکت انتقالی نسبی در دو انتهای ستون مهار شده باشد (به دلیل وجود سیستم مهاربندی یا سخت برشی) ضریب طول موثر در حالت چنین ستونی از مخطط نموداری (۱۰-۲-۳-۲-۱ که مطابق بند 10-2-1-3-1 به طور محافظه کارانه می توان برابر ۱ در نظر گرفته است

le

▤ قاب های مهار شده و طول موثر حالت اعضا : سختی خمشی ستون ها در پایداری جانبی و مقاومت قاب ها در برابر بارهای جانبی سهیم می باشد ← هیچگاه نباید بزرگتر از یک باشد.

ه عوامل موثر: (☺)


$k = \frac{4EI}{L}$
$\frac{2EI}{L}$
$\frac{2EI}{L}$
$6EI/L$
$\frac{6EI}{L}$
$3EI/L$
$\theta = 1$
$\theta = 0.5$

$$G = \frac{\sum\left(\frac{I}{L}\right)_{\text{columns}}}{\sum\left(\frac{I}{L}\right)_{\text{Girders}}}$$ (2-1-2-10)

نمودار میله ای ص 297 این نامه

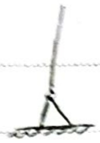
گیردار : $G = 1$

$$k = \sqrt{\frac{1.6\, G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7.5}{G_A + G_B + 7.5}} \geq 1$$

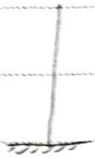
مفصلی: $G = 10$ تا $G = \infty$

Subject
Date

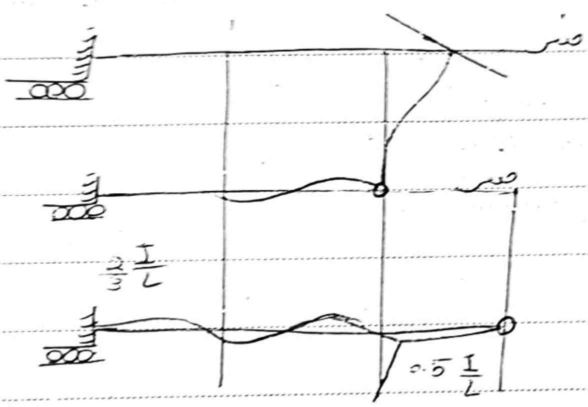
صف 15 آیین نامه



$G_{\text{تئوری}} = \infty \rightarrow G_{\text{عملی}} = 10$



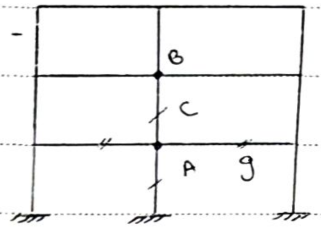
$G_{\text{تئوری}} = 0 \rightarrow G_{\text{عملی}} = 1$


صفر
صفر
$\frac{2}{3}\frac{I}{L}$
$0.5\frac{I}{L}$

کلیه اعضای فشاری یک خرپا: ضریب طول موثر در کمانش K برای کلیه اعضای فشاری یک خرپا $K = 1$ است

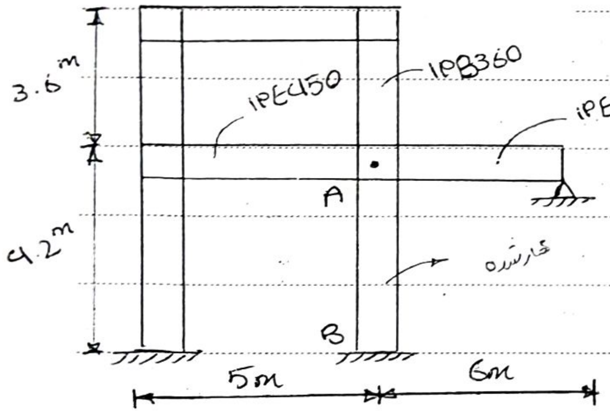
PAPCO

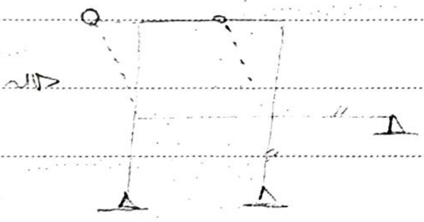
جلسه چهاردهم :



→ $G = \dfrac{\sum \left(\frac{I}{L}\right)_c}{\sum \left(\frac{I}{L}\right)_g}$

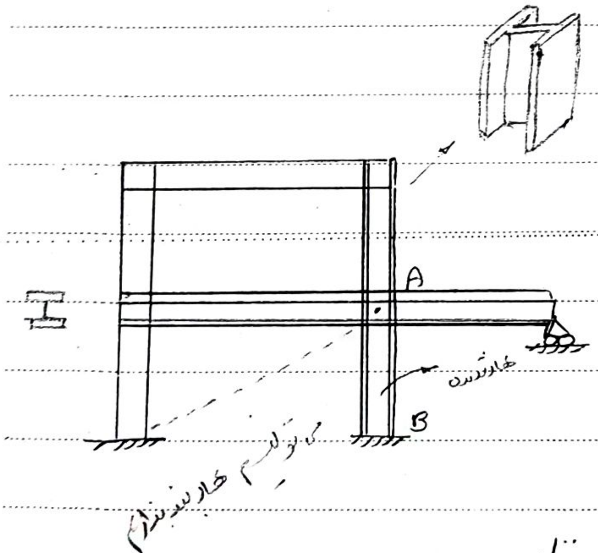
۱ـ ضریب طول موثر در کمانش ستون AB را بدست آورید:

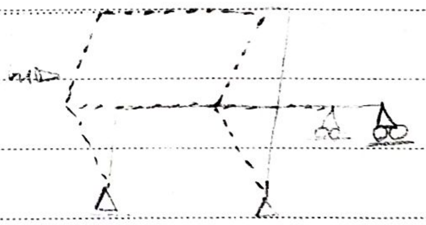

3.6m
4.2m
IPE450
IPB360
IPE450
A
B
مهار شده
5m
6m



تیر مهار شده ای گیردار است → طبق آیین نامه $k = 1$

کاملا طراحانه k را یک گرفته مثال دقیق $k = 0.86$


A
B
مهار شده
می توانیم مهار بندی نذاریم



گیردار تئوری $G = 0$ → G_B عملی $= 1$

Subject
Date

$$G_A = \frac{\sum\left(\frac{I_{xx}}{L}\right)_c}{\sum\left(\frac{I_{xx}}{L}\right)_g} = \frac{\frac{43190}{360} + \frac{43190}{420}}{\frac{33740}{500} + \underbrace{\frac{33740}{600} \times 0.5}} = 2.331$$

بخاطر انتهای دور مفصلی

$$k = \sqrt{\frac{1.6 G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7.5}{G_A + G_B + 7.5}} \geq 1$$

$$k = \sqrt{\frac{1.6 \times 1 \times 2.33 + 4(1 + 2.331) + 7.5}{1 + 2.331 + 7.5}} = 1.57$$

ص 357 طاحونی ← جدول اولش برای ستون های مهار شده

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{l_e^2} = \frac{\pi^2 E I}{(kL)^2}$$

← تنش الاستیک

لذا $\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = F_{cr}$

$$\boxed{F_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{(kL)^2 \times A} = \frac{\pi^2 E r^2}{(kL)^2}}$$

$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$: متوسط دور بودن مساحت از مرکز سطح

تعریف ضریب لاغری : ضریب لاغری یک عضو : $\lambda = \frac{kL}{r} = \frac{l_e}{r}$

PAPCO

Subject
Date

$\rightarrow f_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(\frac{kL}{r})^2} = \frac{\pi^2 E}{(\lambda)^2}$

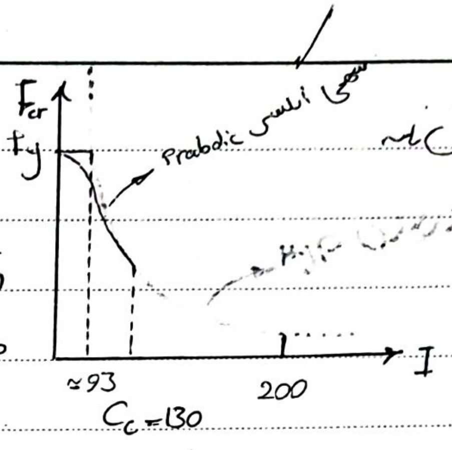
$F_e =$

(تنش مجاز)

3-4-2-10

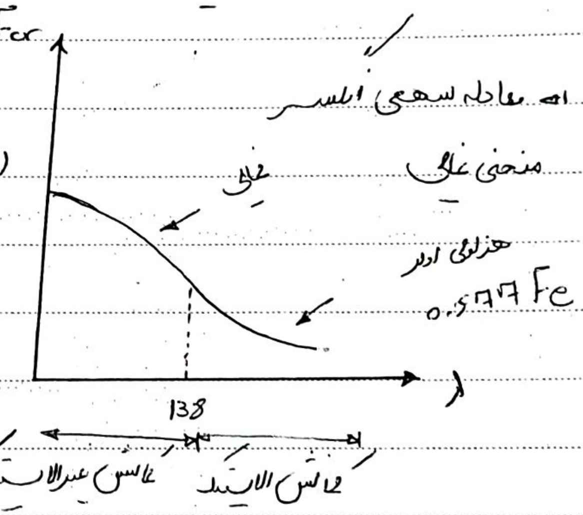
$F_{cr} < F_y$

$\lambda = \pi\sqrt{\frac{E}{F_y}}$



2-4-2-10 (LRFD)

ص 48 آیین نامه



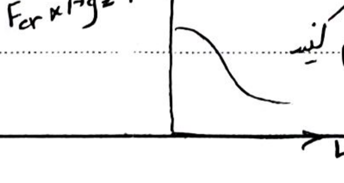
ST37 $\rightarrow \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 29.2 \sim 29.5$

1) $P_u \leq \phi F_y . A_g \rightarrow A_g \geq \frac{P_u}{0.9 F_y}$ (عضو کششی)

2) $P_u \leq \phi F_{cr} . A_g \rightarrow A_g \geq \frac{P_u}{0.9 F_{cr}} \rightarrow$ خودش تابع I و r و ... است

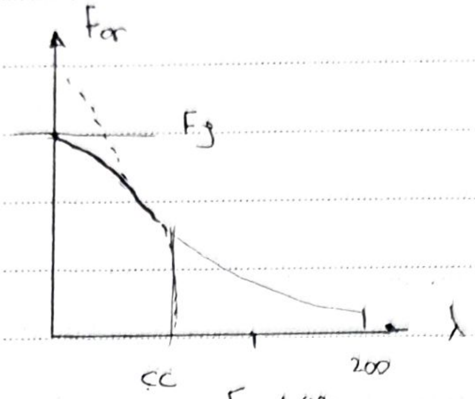
← به روش سعی و خطا

☑ تمرین: یکی از پروفیل های جدول را منحنی اش را رسم کنید



[illegible]

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} < F_y \qquad F_a = \frac{F_{cr}}{F.S}$$



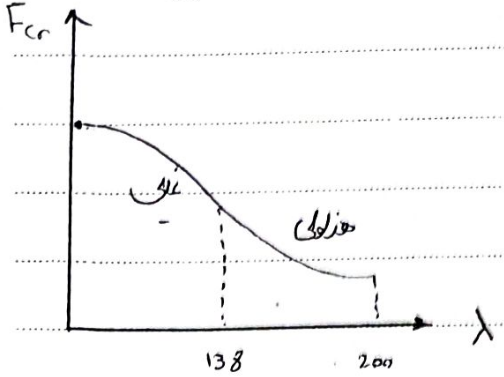
$F_S = 1.92$

$$\sigma_{cr} = F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 E I}{(kL)^2 A} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{Lk}{r}\right)^2}$$

$$F_{cr} = F_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) F_y$$ [illegible] $\lambda < 200$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\left(\frac{F_y}{\pi^2 E}\right)\lambda^2}\right] F_y$$ (۲_۴_۲_۱۸) $0 \leq \lambda < 138$



Subject

Date

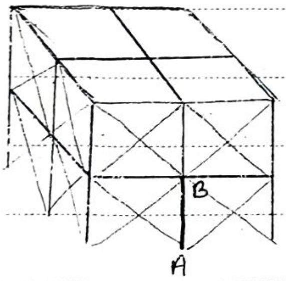
* ترکیبش ستون کمترین ها باید قوی باشه

$$F_{cr} = 0.877\left(\frac{\pi^2 E}{\lambda^2}\right) \qquad 138 < \lambda < 200$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\left(\frac{F_y}{\pi^2 E}\right)\lambda^2}\right] F_y \qquad 0 < \lambda < 138$$

ب- طراحی

مثال ۱ : مطلوب است طراحی یک ستون با طول 4m و ظرفیت فشاری نهائی $P_u = 60\,T$. از فولاد ST37 . این ستون را در دو راستای عمود بر هم در قاب های مهار شده فرض کنید.



$$1\text{- سعی} \longrightarrow \begin{cases} I \\ A \qquad P_n = F_{cr}.A_g \\ r \rightarrow \lambda \rightarrow F_{cr} \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_u = 60\,(T) \leqslant \phi F_{cr}.A_g \\ L = 4m \end{cases}$$

فرض : $\lambda = \frac{kL}{r} > 138$

$0.9\,F_{cr}.A_g \leftarrow P_u \leqslant \phi_c P_n \leftarrow$ رابطه حاکم $(3-4-2-10)$

$$r < \frac{Lk}{138} = \frac{400}{138} = 2.9$$

$$P_u \leqslant 0.9\left[0.877\left(\frac{\pi^2 E}{\lambda^2}\right)\right] \times A_g \qquad \lambda^2 = \left(\frac{kL}{r}\right)^2$$

$$P_u \leqslant 0.9\left(0.877 \times \frac{\pi^2 E I}{(kL)^2 \times \cancel{A_g}} \times \cancel{A_g}\right)$$

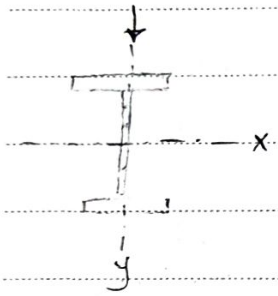
$$I \geqslant \frac{(kL)^2 P_u^{\,60}}{0.9 \times 0.877\pi^2 E} \rightarrow I \geqslant \frac{P_u (kL)^2}{16.5 \times 10^6}$$

$E = 2.1 \times 10^6$

Subject
Date

$$I_{min} > \frac{60.000\,(400)^2}{16.5 \times 10^6} \simeq 586$$

INP



[illegible] $r_{min} = r_{y} = 2.8^{cm} < 2.9 \overset{o.k}{}$ [illegible]

INP 340 $\begin{cases} r_{min} = 2.8 \\ Ag = 86.7 \text{ cm}^2 \end{cases}$

$$\lambda_{max} = \frac{kL}{r_{min}} = \frac{1 \times 400}{2.8} = 142.8 > 138$$

(3-9-2-10)

$$F_{cr} = 0.877 \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} = 891 \text{ kg/cm}^2$$

$(142.8)^2$

$$P_n \cdot \phi_c = \phi_c \times F_{cr} \times Ag \simeq \frac{0.9 \times 891 \times 86.7}{1000} \simeq 69.5\,T > P_u = 60\,T$$

o.k INP 340

IPE

چون این شرط را نداشت به جای بست مقطع های تحقق نشده پروفیل را بزرگتر میکنیم

[illegible] IPE 300 : $r_{min} = 33.5 > 29.2$ ☒ تحقق نشد

$\rightarrow \frac{33.5}{29.2} = 1.15$

$\rightarrow 1.15 \times 586 = 677$ ✗

[illegible] IPE 330 : $r_y = 35.5$

$\rightarrow 536 \times \left(\frac{3.55}{2.92}\right) = 717$ ☑

کنترل مقطع : IPE 330 $\left\{ \begin{array}{l} r_y = 3.55 \text{ cm} \\ A_g = 62.6 \end{array} \right.$

$\lambda = \frac{KL}{r_y} = \frac{400}{3.55} = 112.7 < 138 \rightarrow$ (۲-۴-۲-۱۰)

ص 326-7 طبق جدول در پیوست برای St3700

طبق جدول ←

۱۳۰۷	۱۱۲
۱۲۹۳	۱۱۳

$1297 = \frac{0.7}{13.7-1293} + 1193 \leftarrow$

$\phi_c \cdot F_{cr} \times A_g = 0.9 \times 1297 \times 62.6 \times 10^{-3} = 73 \text{ ton} > 60$

سوم پروفیل جواب نبوده؟ اولی به محاسبه ظرفیت نداره ← سبکترو

Fcr ظرفیت داره قبول نیست حدود $51.45 = (62.6) \times \frac{60}{73} = A$ حداقل لازمی

مساحت فعلی

IPB (بال پهن) جواب میده

IPB 160 :

$I_y = 880$

IPB ✓ (بال نازک) جواب میده

IPBL 180 : حدود استفاده از جدول

$I_y = 616$ $r_y = 39.8$

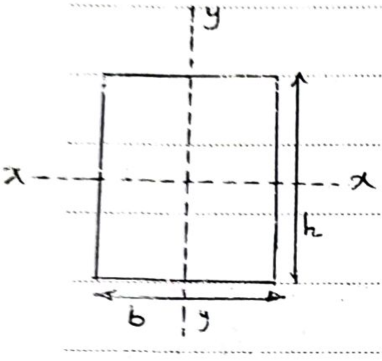
$\frac{39.8}{29.5} \times 586$ ✓

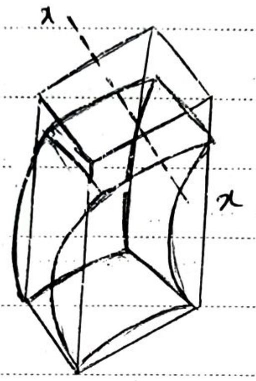
IPB+ (سنگین) جواب میده

IPBL 120:

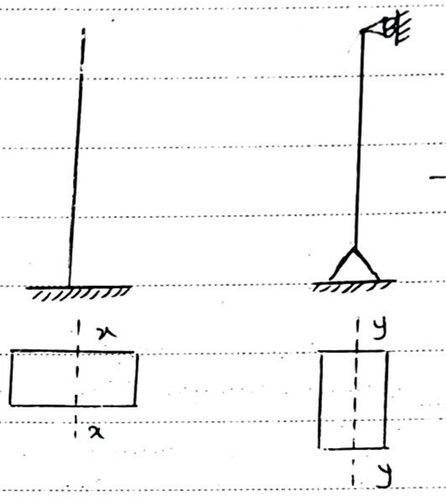
✓ ☑ میزان ↑ هرچقدر نسبت $\frac{r_x}{r_y}$ ← کمی نزدیک ۱

مسئله. ستونی با مقطع مستطیل مطابق شکل در دو راستای x و y شرایط انتهایی متفاوتی دارند. تعیین کنید نسبت $\frac{b}{h}$ (دقیقا) در این مقطع چه قدر باید باشد تا ظرفیت باربری حداکثر شود؟





$\Rightarrow$



k = 2 k = 1

$$\Rightarrow P_{cr_x} = \frac{\pi^2 E I_{xx}}{(k_x . L)^2}$$

$$\Rightarrow P_{cr_y} = \frac{\pi^2 E I_{yy}}{(k_y . L)^2} \Rightarrow P_{cr_x} = P_{cr_y} \Rightarrow$$ شرط همسانی چک کن

$$\frac{\pi^2 E I_{yy}}{(k_y L)^2} = \frac{\pi E^2 I_{xx}}{(k_x . L)^2} \Rightarrow \frac{I_{xx}/A}{I_{yy}/A} = \left(\frac{k_{xx}}{k_{yy}}\right)^2 = \frac{r_x^2}{r_y^2}$$

$$I_{xx} = \frac{bh^3}{12} \quad , \quad I_{yy} = \frac{hb^3}{12} \Rightarrow \frac{I_{xx}}{I_{yy}} = \left(\frac{h}{b}\right)^2$$

$$\left(\frac{h}{b}\right)^2 = \left(\frac{k_x}{k_y}\right)^2 = 2^2 \Rightarrow \frac{b}{h} = \frac{1}{2}$$

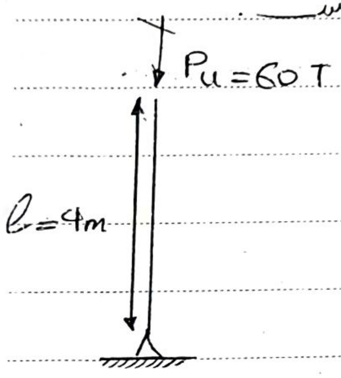
شرط همسانی $\Rightarrow \frac{r_x}{r_y} = \frac{k_x}{k_y}$

Subject
Date

جلسه سیزدهم

پروفیل	Imin Iyy	r_x	r_y	λ	[illegible]	F_{cr}	ϕP_n	نتیجه
INP 340	674	13.5	2.3	86.7	142.8	29	69.5	ok
IPE 380				62.6				
IPB160				51.3				
IPBL180				$\boxed{45.5}$				
IPBv120				66.4				

⊳ همه پروفیل ها جواب میدهند ولی IPBL 180 بهترین جواب ممکنه است.



$$k_x = k_y = 1 \Longrightarrow \boxed{\frac{k_x}{k_y} = \frac{r_x}{r_y} = 1}$$ شرط بهینه شدن

$$I_{min} > \frac{P_u (kL)^2}{16.5 \times 10^6}$$

$$r_{min} < \frac{k.L}{1.38}$$

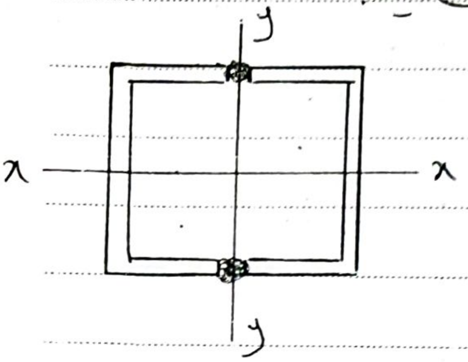
$$\lambda_x = \lambda_y \Longrightarrow \frac{r_x}{r_y} = \frac{k_x}{k_y}$$

$$\frac{r_x}{r_y} > \frac{k_x}{k_y} \Longrightarrow$$ محور حاکم است

$$\frac{r_x}{r_y} < \frac{k_x}{k_y} \Longrightarrow$$ محور x حاکم است

PAPCO

ک۲: ستون مثال ۱ را از مقطع ساخته شده با یک جفت ناودانی طراحی کنید.



با توجه به اینکه مقطع جفت ناودانی به صورت تقریبی مانند

پروفیل قوطی شکل درخواهد آمد با فرض $r_{xx} = r_{yy}$ اطلاعات

مورد نیاز برای حدس مقطع را از جدول پروفیل ناودانی تک

برداشت کرده با این تفاوت که محل اینرسی و شعاع ژیراسیون

I_{min} و r_{min} روی ستون r_x و I_x نقش خواهد شد.

$$r_{xx} = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{2I_{x_1}}{2A_1}} = r_{x_1}$$

$$r_{yy} = \sqrt{\frac{I_{yy}}{A}} = \sqrt{\frac{2I_{y_1} + 2A_1 d^2}{2A_1}} = \sqrt{r_{y_1}^2 + d^2} = \sqrt{r_{y_1}^2 + (b_f - e_y)^2} \approx r_{x_1}$$

$$\longrightarrow r_{xx} \approx r_{yy} \Rightarrow (I_{min}, r_{min}) \cong (I_{xx}, r_{xx})$$

$$I_{xx} > 586 \Rightarrow I_{xx} = 2I_{x_1} > 586 \Rightarrow \begin{cases} I_{x_1} > \frac{586}{2} = 293 \\ r_{x_1} < \cancel{2x} \; 5.45 \text{ cm} \end{cases}$$

حدس 2UNP140

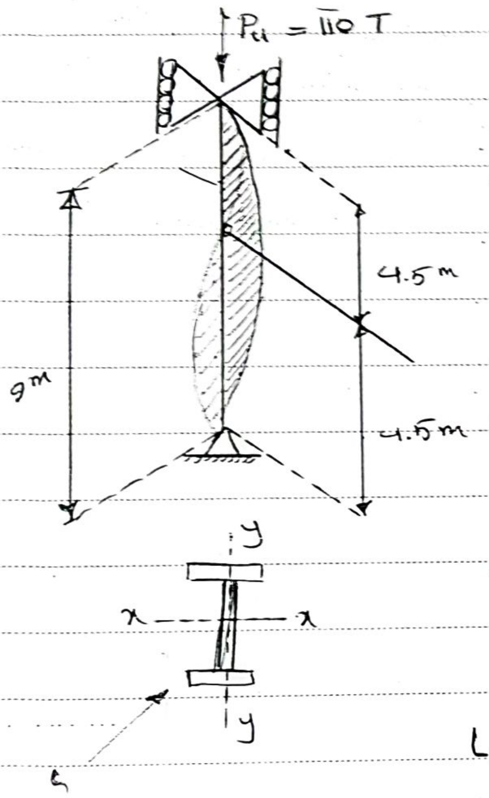
$$\begin{cases} r_{xx} = r_{x_1} = 5.45 \\ r_{yy} = \sqrt{r_{y_1}^2 + (b_f - e_y)^2} = \sqrt{(1.75)^2 + (6-1.75)^2} = 4.6 \end{cases}$$

$$A_g = 2A_1 = 2 \times 204 = 408 \text{ cm}^2$$

$$\lambda_{max} = \frac{k.L}{r_{min}} = \underline{\qquad\qquad} = 87 <$$

$$\phi_c P_n = 0.9 \times F_{cr} \times A_g = 0.9 \times 166.3 \times 2 \times 204$$

☒ ستون شکل مقابل را از پروفیل IPB و فولاد St37 برای ظرفیت فشاری نهایی 110 T طراحی کنید



IPB

$$P_{cr_x} = \frac{\pi^2 E I_x}{(L_{ex})^2}$$

$$P_{cr_y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(L_{ey})^2}$$

$$\frac{I_{xx}}{I_{yy}} = \left(\frac{L_{ex}}{L_{ey}}\right)^2$$

نحوه قرارگیری پروفیل باید به گونه‌ای باشد که برای طول موثر در راستای

بزرگتر، ممان اینرسی بیشتر مقابله نماید

$L_{ex} = 9^m = k_x.L$

$L_{ey} = 4.5^m = k_y.L$

$$I_{x_1} > \frac{P_u (kL)^2_x}{16.5 \times 10^6} = \frac{110.000\ (900)^2}{16.5 \times 10^6} = 5400\ cm^4$$

$$r_{xx} < \frac{k_x L}{138} = \frac{900}{138} = 6.5$$

$\Rightarrow$ IPB 200 X $\Rightarrow$ r_{xx} ~~ok~~

Subject
Date

$$\left.\begin{array}{l} r_x = 94.3 \\ r_y = 55.9 \\ A = 91 \end{array}\right\} \quad IPB220$$ حدس 2

$$\lambda_x = \frac{L_{ex}}{r_x} = \frac{900}{9.43} = 95.4 = \lambda_{max} \Rightarrow F_{cr} = 1544 \ kgf/cm$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ey}}{r_y} = \frac{450}{5.59} = 80.5$$

$$\phi_c = \phi F A_g = 0.9 \times 15\,44 \times 91 \times 10^{-3} = 126 > 119$$

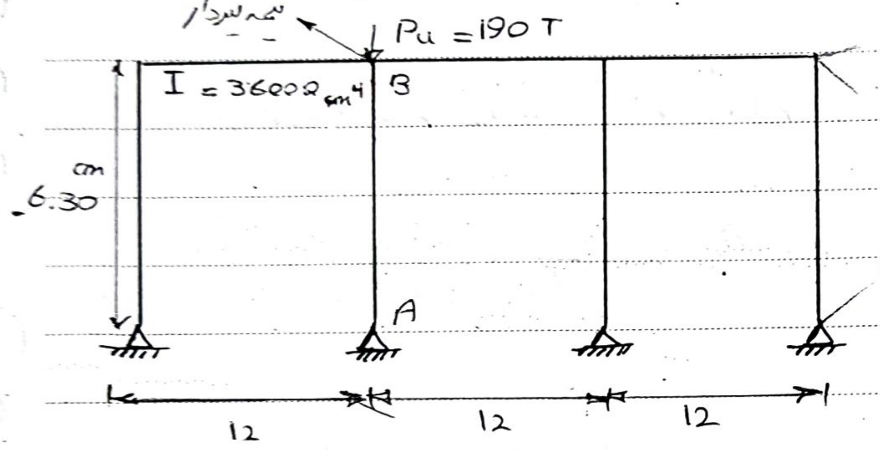
A موردنیاز $= \frac{110}{126} \times 91 = 79.4 \ cm^2 > A_{IPB200} = 78.1$

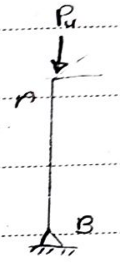
☑ ۲ تمرین : پروفیل رو برعکس بذار و حل کن ! (هندسه به درستی نادرست 90° چرخیده است مجدداً طرح کنید)

☑ ۲ تمرین : مسائل فصل 7 : 13 ـ 14 ـ 19

جلسه هفدهم :

سوال ۳: ستون AB در قاب شکل مقابل را برای ظرفیت فشاری $T_u = 190^{(T)}$ از پروفیل IPB و فولاد ST-37 طرح کنید (فرض کنید این ستون در راستای عمود بر صفحه مهار شده است.)





از سمت A مهار شده است و زاویه انتهایی ندارد ولی از سمت B مهار نشده است و حرکت جانبی دارد (جدول بیولیت ۲-۱)

راه اول: F_{cr} حدس میزنیم:

$P_u \leq \phi_c F_{cr} \cdot A_g$ ← اگر $F_{cr} = 1600$ بگیریم (؟)

$A_g \geq \frac{P_x^{190}}{0.9 \times F_{cr}}$ ← حدس مقطع ← کنترل

راه دوم ← k حدس میزنیم

$$\begin{cases} k_x > 1 \\ k_x = 1 \end{cases} \quad , \quad \begin{cases} I > \frac{P_u (kL)^2}{16.4 \times 10^6} \\ r < \frac{kL}{138} \end{cases}$$

در IPB ← $\frac{r_x}{r_y} < 2$ ← حالت حول محور x خواهد بود (محور x حاکم) $r_x < 2r_y$

← $r_x > r_y$

Subject

Date

این نشریه با حدس k=2 حل کرده و جواب حدس غلط شده IPB320

طرح 1:

$$I_x > \frac{P_u (k_x L)^2}{16.4\times10^6} = \frac{190.000\times(2\times630)^2}{16.4\times10^6} = 18392 \text{ cm}^4$$

$$r_x < \frac{k_x \cdot L}{138} = \frac{2\times630}{138} = 9.1 \text{ cm}$$

درست کردن جدول‌های نشریه ⇐ بدست آوردن t نشریه ⇐ IPB.300 ⇐ حدس

* * *

روش 1: $P_u \leq \phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \Rightarrow A_g \geq \frac{P_u}{0.9\times F_{cr}} = \frac{190.000}{0.9\times1600} = 131$

که این نشریه با حدس F_{cr} حل کرده ⇐ IPB 300 ⇐ حدس

و جواب حدس غلط شده IPB300

طرح دوم محاسبه K_x :

$$\text{(انتهای ستون B)}\ G_B = \frac{\sum(\frac{I}{L})_c}{\sum(\frac{I}{L})_g} = \frac{\frac{25170}{630}}{2\times\frac{36000}{12000}} = 0.66$$

مفصل $G_A = 10$

$$\Rightarrow k_x = \sqrt{\frac{1.6\times10\times0.66 + 4\times10.66 + 7.5}{10.66 + 7.5}} = 1.83$$

$$I_x \geq \frac{P_u (k_x \cdot L)^2}{16.4\times10^6} = 15399 \text{ cm}^4$$

$$r_x < \frac{k_x \cdot L}{138} = \frac{1.83\times630}{138} = 8.35 \text{ cm}$$

$$\frac{12.1}{8.35}\times15399 = \text{N.G} \quad \Rightarrow \text{IPB 300}$$

کنترل دقیق (IPB300) ⇐
$$\begin{cases} r_x = 13 \\ r_y = 7.58 \\ A = 149 \end{cases}$$

$\lambda_x = \frac{k_x L}{r_x} = \frac{1.83 \times 630}{13} = 88.7$ ... $\lambda_{max} \rightarrow$ 2-4-2-10

$\rightarrow F_{cr}$ حاکم

< 138

$F_{cr} = 1639$

$\lambda_y = \frac{k_y L}{r_y} = \frac{1 \times 630}{7.58} = 83.1$

$P_u = \phi_c \cdot F_{cr} \times A_g = \frac{0.9 \times 1639 \times 149}{1000} = 219.8 \, tc$

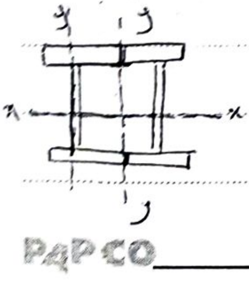
$\leftarrow$ P_u خیلی بیشتر از 190 است:

$CssA = \frac{190}{219.8} \times 149 = 128.7$

تمرین: IPB280 را امتحان کنید $\rightarrow$ جواب نمی‌دهد

به هر صورت در فرایند طراحی مقطع بین چند پروفیل، باید یک پروفیل انتخاب شود، ضعیف‌ترین پروفیل در فرایند کنترل دقیق وارد شود، که اگر جواب دهد، به خاطر کنترل دقیق انجام شده، صرفه‌جویی قطعی، امکان پذیر است. اگر جواب ندهد برای طراحی بعدی به پروفیل قوی‌تر ارجاع داده خواهد شد، که به خاطر داشتن F_{cr} بهتر، بدون نیاز به کنترل دقیق، به صرف داشتن مساحت کافی، صرفه‌جویی نهایی انجام خواهد شد.

تمرین: با فرض اینکه برای ستون مثال 3 بخواهیم ستون را توسط جفت پروفیل IPE به هم چسبیده IPE36 طرح کنیم، مسئله فوق را مجددا حل کنید



$r_{xx} = r_{x1}$

$r_{yy} = \sqrt{r_{y1}^2 + d^2} = \sqrt{(r_y)^2 + (b_f/2)^2}$

ص 342 تذکر: $\frac{r_x}{r_y} =$

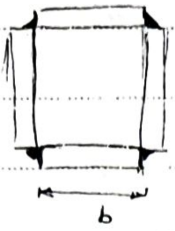
I_x am kx and

$I_{xx} = 2 I_x$

$I_{yy} = 2 (I_y + A D^2)$

Subject
Date

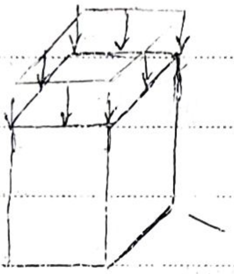
جلسه هجدهم

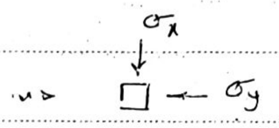


b.h.t

$$\begin{cases} \frac{b}{h} = \frac{k_x}{k_y} \\ A = 2t(b+h) \end{cases} \Longrightarrow \frac{k_x}{k_y} = \frac{r_x}{r_y} \simeq \frac{b}{h}$$

← برای نازک کردن ستون ها محدودیت داریم ← کمانش موضعی ← مچاله میشه! ☹

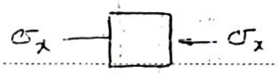




■ کمانش موضعی (فصل ۶) ← کنترل ویژه ستون

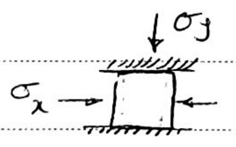
← یادآوری مقاومت مصالح:

1. کشش تک محوره ⟸



$$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} \\ \varepsilon_y = -\nu\frac{\sigma_x}{E} \end{cases} \Longrightarrow \left|\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x}\right| = \nu$$

2. کرنش تک محوره ⟸



$$\varepsilon_y = 0$$

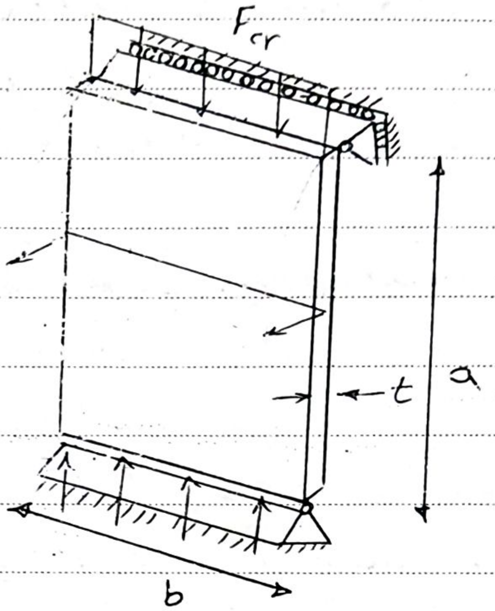
$$\varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} - \nu\frac{\sigma_x}{E} = 0$$

$$\Longrightarrow \sigma_y = \nu\sigma_x \Longrightarrow \varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \nu\frac{\overset{\nu\sigma_x}{\cancel{\sigma_y}}}{E} = (1-\nu)^2\frac{\sigma_x}{E}$$

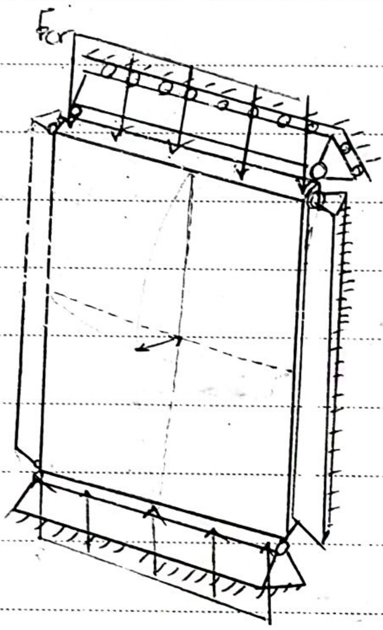
$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 E I_{min}}{L^2 \cdot A}$$

$$= \frac{\pi^2 E b t^3}{12 \cdot a^2 \cdot b t} = \frac{\pi^2 E t^2}{12 a^2} \times \frac{b^2}{b^2}$$

$$= \frac{\pi^2 E}{12 \left(\frac{b}{t}\right)^2} \left(\frac{b}{a}\right)^2$$



$$\downarrow \underset{F_y}{F_{cr}} = k_{min} \frac{\pi^2 E}{12(1-\overset{0.3}{\nu^2})\left(\frac{b}{t}\right)^2} \uparrow = F_y$$



$$k = \left[\frac{1}{m}\frac{a}{b} + m\frac{b}{a}\right]^2$$

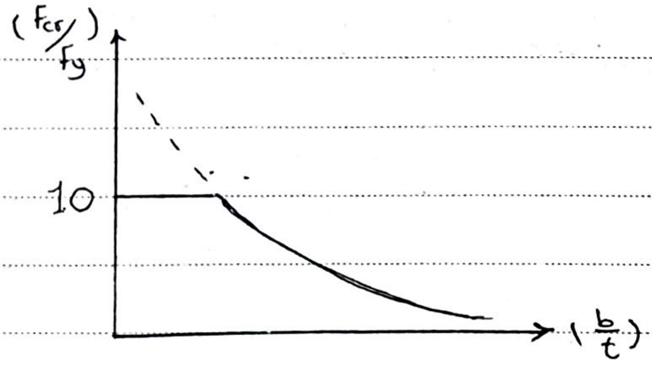
شکل 1_6 طاحوزی

بدترین حالت کمانش

k_{min} ↓

(voice)

ص 25 آیین نامه ← تعریف مقاطع لاغر



مقاطع فشرده: مقاطعی که اجزای آن تا رسیدن به ظرفیت های پلاستیک پروفیل

پایداری خود را حفظ می‌کنند ← فقط کنترل کمانش

اجزای لاغر: مقاطعی که به علت وجود اجزای نازک ظرفیت آن توسط پدیده کمانش موضعی

حاکم خواهد بود.

مقاطع غیرفشرده: مقاطعی که اجزای آن تا رسیدن به ظرفیت پروفیل به ظرفیت ارتجاعی

پایداری خود را حفظ می‌کنند ← تا زیر F_y کمانش نداریم

صف 28-31 مبحث ۱۰. صف 292 طاحونی (اولین جدول تو سامانه [illegible])

تمرین های پروفیل اختصاصی: (با پارامتر حساب کنید)

فعالیت 1: یک سطر جدول اشتال (مساحت، وزن، جانبی ...)

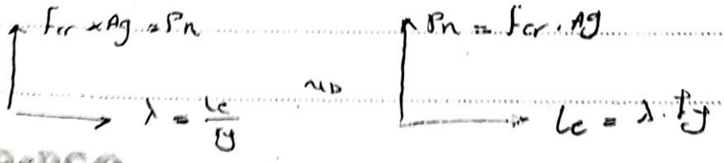
$\gamma = 7.86$

فعالیت 2: کنترل فشرده، غیرفشرده، لاغری (از لحاظ کمانش موضعی تعیین کنید)

هستون اجزا فشرده یا حد میانه ← لاغر نباید باشد

فعالیت 3: اگر عضو کششی باشد طول مجاز چقدره

فعالیت 4: منحنی ظرفیت فشاری بر حسب طول موثر کمانش برای پروفیل اختصاصی را رسم کنید.


$F_{cr} \times A_g = P_n$
$\lambda = \frac{L_c}{r_y}$
بعد
$P_n = F_{cr} \cdot A_g$
$L_c = \lambda \cdot r_y$

تمرین: ستون شکل 3 را با استفاده از ورق ساخته شده از St37 به صورت مقطع جعبه‌ای طرح کنید.

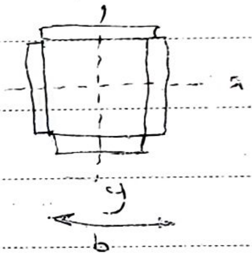
مراحل طرح: ① مساحت حدس بزنید! ② F_{cr} رو ببرید بالا که مساحت کمتر شه پس شعاع ژیراسیون رو بیشتر کنید!

$A_{\text{لازم}} = \frac{P_u}{\phi F_{cr}} = \_\_\_$

$F_{cr} = 2000$

$A = 2(b+h)t \rightarrow \frac{k_x}{k_y} = \frac{r_x}{r_y} \simeq \frac{b}{h} = 1.8$

$\frac{b}{t}$ بالی‌ها ساخته شده از ورق



$$\begin{cases} \frac{h}{t} \leq 1.4\sqrt{E/F_y} = 41 \\ \frac{b}{t} \leq 1.4\sqrt{E/F_y} = 41 \end{cases} \rightarrow h$$

← ضخامت بشدت پایین ← حداقل ضخامت 5mm ← با احتیاط ضخامت حل کنید

2cm , 1cm

← کمانش موضعی چک بشن!

اینکه از این ضخامت‌ها تو بازار کم میاد!

③ سعی کنیم پروفیل IPB

IPB140

جلسه نوزدهم :

جان پر : هست

← دوبله کهارشده

تقویت شده ← $\frac{b}{t} = ۴۱ \simeq ۴۵$

کمبود مساحت

← به درجه کامل محدودیت کمانش موضعی دارد ← مساحت ورق جزو Ag حساب می‌شه

نبشی : شکل E ← برای افزایش شعاع ژیراسیون و بیشترین ممان دورانی

ص 35 جزوه

از نبشی (λmin) . پروفیل ها و ناودانی هم از هم ← برای جا افتادن

پروفیل ها برای کمانش از نبشی استفاده می‌کنیم

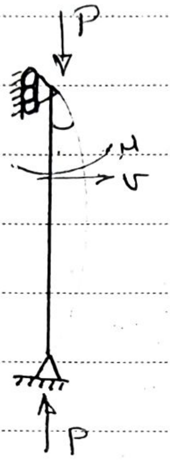
محدودیت ابعاد ص 55 آیین نامه

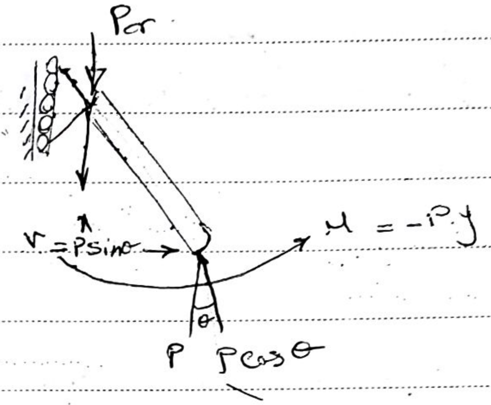
Subject
Date

جان باز (مشبک)

وقتی ستون مشبک خمش ضعف برشی پیدا می‌کند

برش در ستون!





انحنای ناشی از خمش $\frac{d^2y}{dx^2}=\frac{M}{EI} \rightarrow \underbrace{\frac{d^2y}{dx^2}=-\frac{Py}{EI}}_{P_{cr}}$

$V=\underbrace{P\sin\theta=P\tan\theta}=\underset{\downarrow}{P y'}=P\frac{dy}{dx}$

$\boxed{0.02P}$

در زاویه‌های کوچک برابرند

در ستون‌های مشبک (جان باز) به علت اینکه مقطع ستون ضعف برشی دارد، تغییر شکل برشی آن قابل چشم پوشی نیست و باید در رابطه انحنای خمشی محاسبه شود! ← ستون لاغرتر می‌شود

در نتیجه بار بحرانی ستون P_{cr} بر اساس ضریب لاغری اصلاح شده λ_m ص 51 (10-2-9-20)

$\lambda_m=\left(\frac{kL}{r}\right)_m$

⇐ $\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_0^2 + \left(\frac{a}{r_1}\right)^2}$ ⇐ $\lambda_m = \sqrt{\lambda_0^2 + \lambda_1^2}$

⇐ اثر تغییر شکل برشی

⇐ هر یک از اعضای پروفیل

⇐ به طور کلی اثر تغییر شکل های برشی کوچک است. هرگاه بعد عرضی جدید عضو تغییر شکل های خمشی بسیار کوچک باشد نمی توان از تغییر شکل های برشی چشم پوشی نمود.

$\frac{a}{r_1} < 40$ ⇐ $\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \left(\frac{KL}{r}\right)_0$ ⇐ اصلاح لازم نیست

$\frac{a}{r_1} > 40$ ⇐ $\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_0^2 + \left(\frac{KL}{r}\right)_1^2}$

شکل ۱۰-۲-۴-۱

چون میزان بست مصرف شده در مساحت و مقاومت حساب نمی شود پس باید میزان فاصله دو پروفیل به مقداری باشد که نهایت بهره برداری از فولاد انجام گیرد

ارجح است از ستون های مشبک هنگامی که تحت اثر نیروی برشی و لنگر خمشی زیاد قرار می گیرند استفاده نشود

ضوابط ص 56 آیین نامه

⇐ زاویه مایل بست ها باید در محدوده خاصی باشند { برای بست های تکی °60 ⇐ ترجیحاً مثلث متساوی الاضلاع
بست های زوج °45

Subject ← مثال جلسه قبل
Date

جلسه ششم :

طراحی بست های چوبی

مراحل طراحی : ← اول حواست به جهت مناسب باشه !

جال
م

1 : تعیین قطر میخ مناسب : براساس تعیین ضخامت ، فشاری بر دیل طول کل جانب بر تعیین می شود .

3 : تعیین فاصله بین میخ ها (تعیین b) : با فرض اینکه اثر اصلاح لازم نیست (۱۰_۲_۴_۱)

حداکثر ۱۵ درصد خواهد بود 😐 (ادامه نداشت جلسش !)

← فاصله بین میخ ها را رجع (!) است جوری انتخاب کنیم که

طول کل ما مقادیر غالب نشود (احتمالا x) voice

گام 4 : تعیین a (زاویه بین عامل بست های چوبی)

گام 5 : کنترل دقیق

گام 6 : تعیین ابعاد بست

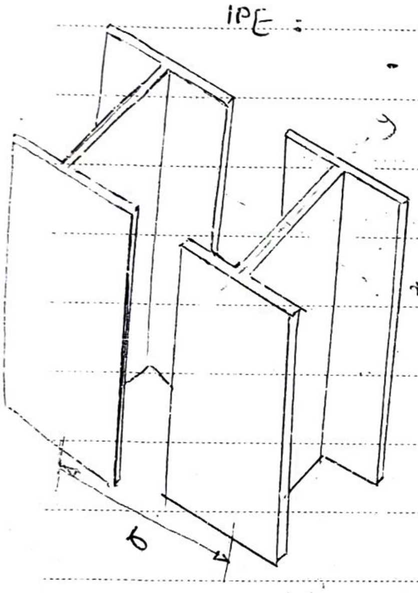
For حسن ← 2000

Subject Voice
Date

$L = 3.2^{m}$ $P_u = 90^{ton.}$

$\begin{cases} k_1 = 1 \\ k_2 = 1.4 \end{cases}$ نحوه قرارگیری ستون ها $\Rightarrow$ $\begin{cases} k_x = 1 \\ k_y = 1.4 \end{cases}$ → چون لا رو قوی می‌گیریم

IPE :



$\frac{P_u}{2}$ چون زوج مقطع داریم!

$\Rightarrow I_{xx} > \frac{(k_x L)^2 P_u}{16.6\times10^6} = \frac{320^2 \times (45000)}{16.5\times10^6} = 279$

$r_x < \frac{k_x L}{138} = \frac{320}{138} = 2.31$

حدس ۱ IPE160 $\begin{cases} r_{x_1} = 6.58^{cm} \\ A = 20.1 \end{cases}$

کنترل لاغری : $\lambda_x = \frac{k_x L}{r_x} = \frac{320}{6.58} = 48.6$

$\Rightarrow F_{cr} = 2140$

$\phi_c P_n = 0.9(F_{cr})(2A_1) = 0.9 \times 2140 \times 2 \times (20.1)$

$= 77.5^{(T)} < 90^{(T)}$ N.G

$A_{لازم} = \frac{90}{77.5} \times 20.1 = 23.3 \Rightarrow$ IPE180

حدس ۲ IPE180 $\begin{cases} r_x = 7.42 \quad , r_y = 2.05 \\ A_1 = \end{cases}$

$\lambda_x = \frac{k_x L}{r_x} = \frac{320}{7.42} = 43.1 \Rightarrow F_{cr} = 2193$

$\phi_c P_n = 0.9 \times F_{cr} \times A_g \times 2 = 94.3^{Ton.} > 90$ ok

2IPE180

Subject
Date

3/b :

$P_u = 90^T \rightsquigarrow \phi F_{cr} A_g = 90^T$

$(F_{cr})_{\text{لازم}} \geq \frac{P_u}{\phi A_g} = \frac{90.000}{0.9 \times 2 \times 23.9}$

F_{cr} لازم $= 2.092 \rightsquigarrow (\lambda_y)_{\text{لازم}} = 53$

$\rightsquigarrow (\lambda_y)_m = 53$

$(\lambda_y)_{\text{لازم}} \times 1.1 = \lambda_m \rightsquigarrow (\lambda_y \text{ لازم}) = \frac{\lambda_m}{1.1} = \frac{53}{1.1} = 48$

$\lambda_y = \frac{k_y \cdot L}{r_y} \rightsquigarrow (r_y)_{\text{لازم}} = \frac{k_y \cdot L}{\lambda_y} = \frac{1.4 \times 320}{48} = 9.3$

$\begin{cases} r_{xx} = r_x \\ r_y \cong 0.5b \end{cases}$

$\rightsquigarrow r_y = \sqrt{r_{y_1}^2 + \frac{b^2}{4}} \longrightarrow b = 2\sqrt{r_{y_{\text{لازم}}}^2 - r_{y_{IPE}}^2}$

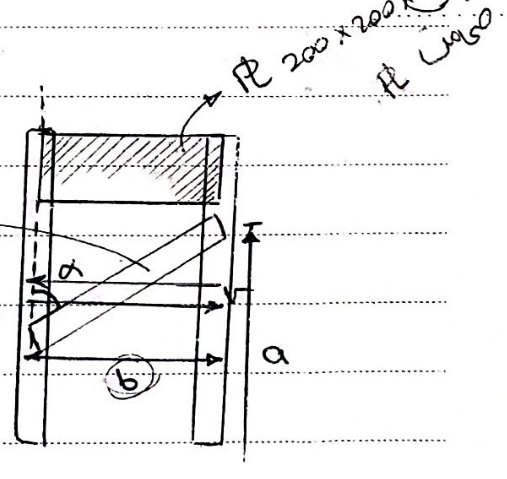
$\rightsquigarrow b \simeq 2(r_y)_{\text{لازم}}$

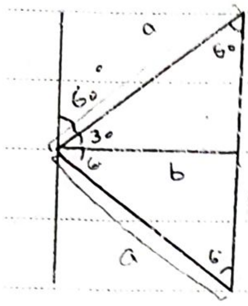
$b = 2 \times \sqrt{(9.33)^2 - (2.05)^2} = 18.2^{cm}$

عرض ـ بالانرنس

$\Rightarrow$ 2IPE 180 @ 20^{cm}

4/b :





$\sin 60 = \frac{b}{a} \Rightarrow a = \frac{b}{\sin 60} = \frac{20}{\sin 60} = \boxed{23.1}$

؟

ضوابط آیین‌نامه در رابطه با a :

10-2-4-7-2 بند الف

$\lambda_1 = \frac{ka}{r_1} = \frac{0.86 \times 23.1}{2.05} = 9.7 < \frac{3}{4}\lambda_x$

← اگر تأمین نشد زاویه مایل بست‌ها می‌باید (α) برای کاهش a : افزایش یابد

← برای داشتن حداقل تعداد بست ← $\alpha \geq 60°$

ص 54 آیین‌نامه

← به نوعی کمانش موضعی برخلاف ستون لوچولو ... اروچی !)

5 ط :

$r_y = \sqrt{r_{y_1}^2 + \frac{b}{4}^2} = \sqrt{(2.05)^2 + (\frac{20}{4})^2}$

$\begin{cases} r_y = 10.2 \\ r_x = r_{x_1} = 7.42 \end{cases}$

$$\lambda_x = \frac{k_x L}{r_x} = \frac{320}{7.2} = 43$$

$$(\lambda_y)_m = \lambda_y = \frac{1.4 \times 320}{10.2} = 43.9 = \lambda_{max} \Rightarrow F_{cr} = 2186$$

o.k

$$\phi_c \cdot F_{cr} \times A_g = 0.9 \times 2186 \times \textcircled{2} \times 23.9 \times 10^{-3} = 94^{T} > 90$$

به ستون

تعیین مقاومت بست

6) طرح :

$$V = 0.02 \overset{90T}{\cancel{P}} = 1.8^{T}$$

$$F = \frac{V}{2\sin\alpha} = \frac{1800}{\textcircled{2} \cdot \sin 60} = 1086 \text{ kg}$$

بست در طرف ستون

$$5)\ r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{bh^3/12}{bh}} = \frac{h}{\sqrt{12}} = 2.88 \text{ mm}$$

$\boxed{\ }$ 10 × 10

$$\lambda_{\text{بست}} = \frac{L}{r} = \frac{a}{r} = \frac{23.1}{0.288} = 80 \Rightarrow F_{cr} = 1760$$

$$\phi_c\, F_{cr} \cdot A_g = 0.9 \times 1760 \times \textcircled{1} \times 10^{-3} = 1.584 \text{ kg} > F\ 1086$$

100×10^{-5}

250 × 10 × 10 $\Rightarrow$ ابعاد بست $\Rightarrow$ 16%

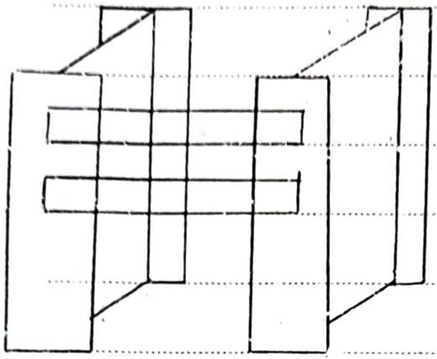
طول کمانش برای محاسبه ضریب لاغری بست های ضربدری

ا) بست تکی ← فاصله بین مرکز هندسی اتصالات ← a ← $\lambda = 140$

ا) بست های ضربدری ← $0.7a$ ← 70 درصد فاصله مرکز هندسی اتصالات $\lambda < 200$

جلسه بیست و یکم

طراحی بست های موازی.



$h \geq \frac{b}{2}$

$t \geq \frac{b}{50} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{l_1}{r_y}$

ص 59 آیین نامه

2IPE180

$$\lambda = \frac{ka}{r_1} \leq \frac{3}{4}\lambda_{max} = \frac{3}{4} \times 43.9$$

$$\rightarrow a \leq \frac{0.75 \times 43.9 \times 2.05}{} = 78.5\,cm$$

$k = 0.86$ → ص 54 آیین نامه

حداقل دو بست موجود باشد. ← $a \leq l/3 = \frac{280}{3}$ $(a = 70\ ok)$

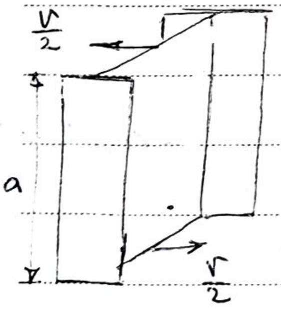
a از رابطه ۱۰-۲-۴-۲۱

را جواب دهد $f_{cr} = \cancel{A}$ 94 معادل به ← $\lambda_m^2 \geq \left(\frac{hL}{r}\right)^2 + \left(\frac{ka}{r}\right)^2$

شروع ویبراسیون جفت پروفیل حول y ←

$r \rightarrow r_y$

ص 58 آیین نامه ضوابط بست های موازی



$$LT = \left(\frac{Va}{2} \times \frac{2}{b}\right) \times \frac{1}{2} = \frac{Va}{2b}$$

$$\left[\frac{Va}{2b} \quad (V = 0.02P)\right] \longrightarrow M_1 = T_1\frac{b}{2} = \frac{Va}{4}$$

$$\begin{cases} T_1 \leqslant \phi_v V_n = 0.9 \times 0.6 F_y \times A = 0.54\, h t F_y \\ * M_1 \leqslant \phi_m M_n = 0.9 \times F_y \times \frac{t h^2}{4} \Rightarrow t \geqslant \frac{4M_1}{F_y \cdot h^2 \times 0.9} \Rightarrow t \geqslant 0.58\,\text{cm} \end{cases}$$

$t = 0.6$

$h \geqslant \frac{b}{2}$

ورق برای تقویت ← جداره‌های تقویتی در محل دو قطعه ($t = 8^{mm}$)

← مساوی $t = 8^{mm}$ در پروفیل

IPE 180

← پیوستن ستون!

تمرین : 7-13 ، 14 ، 19 ، 20 ، 21 ، 22 ،

Subject
Date

فصل 8 . طراحی اعضای خمشی

1- توزیع تنش های ناشی از لنگر خمشی تیر $\sigma = \frac{My}{I}$

2- توزیع تنش های ناشی از نیروی برشی $\tau = \frac{VQ}{It}$

مقطع بهینه برای تحمل لنگر خمشی

$$\sigma_{max} = \frac{M\,y_{max}}{I} \longrightarrow \sigma_{max} = M/S < F_y \longrightarrow M_{max} = S F_y = M_y$$

لنگر خمشی ارتجاعی

$$S = \frac{I}{y_{max}} = \frac{I}{C} \quad ، \quad P_{max} = A F_y$$

برای مستطیل : $I = \frac{bh^3}{3}$ ، $C = \frac{h}{2}$ ، $S = \frac{bh^2}{6} = \frac{Ah}{6}$

تمرین) برای پروفیل اختصاصی $S = \frac{Ah}{k}$ ، k را بدست آورید.

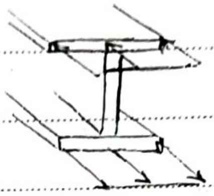
PAPCO

تنش مجاز روش ←

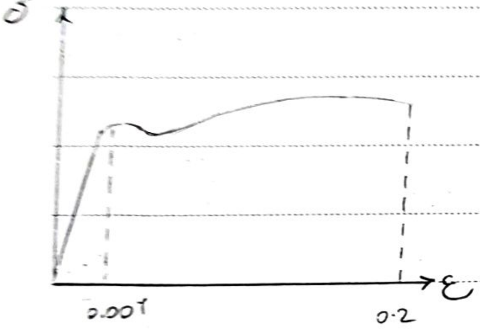
جلسه بیست و [illegible] X بیست و [illegible]

$$\sigma_{max} = \frac{M}{S} = f_b \leq \frac{F_y}{FS} = F_b \Rightarrow f_b \leq 0.6F_y$$

لنگر خمشی تیرها → $M_n = S \cdot F_b$

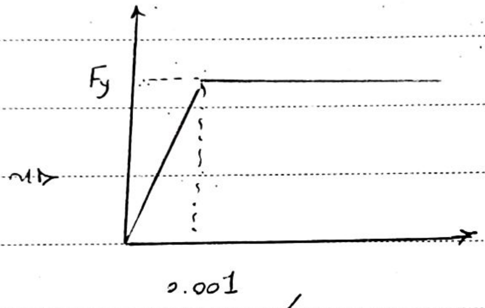


☐ ظرفیت نهایی خمشی تیرها : $M_p = M_u$

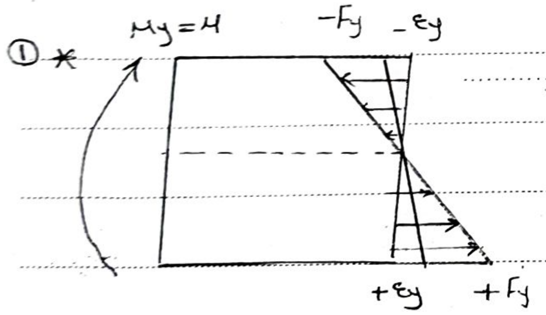


(نمودار تنش کرنش واقعی)

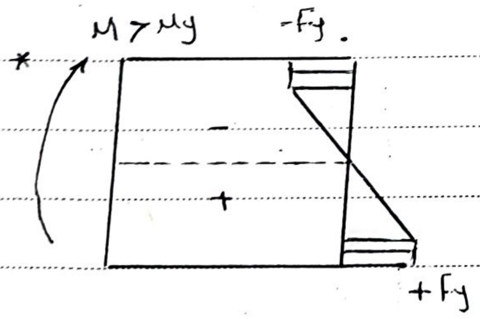
$\Rightarrow$



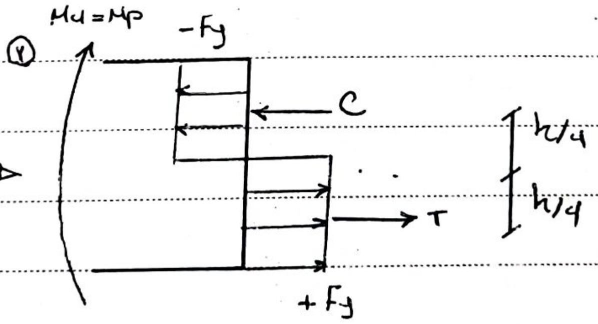
نمودار الاستوپلاستیک کامل


①
*
My=M
-Fy
-εy
+εy
+Fy

$\Rightarrow$ ظرفیت ارتجاعی خمشی مقطع $= M_y = S \cdot F_y$



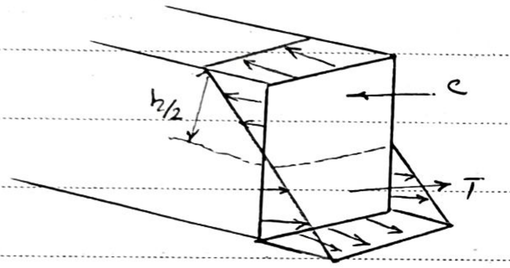
$\Rightarrow$


②
Mu=Mp
-Fy
C
T
+Fy
h/4
h/4

۱) در تیر تحت خمش افزایشی ← اصطلاحاً مفصل پلاستیک ایجاد می‌شود.

۲) در عضو کششی ظرفیت نهایی همان ظرفیت کششی ولی در عضو خمشی ظرفیت نهایی خمشی Mp است.

$$\rightarrow \frac{M_p}{M_y} = ?$$



①

$$T = C = \frac{bh}{2} \times \frac{F_y}{2}$$

$$M_y = T\cdot\frac{4}{3}\frac{h}{2} = \frac{bh}{4} \times \frac{4}{3} \times \frac{h}{2} \times F_y$$

$$= \frac{bh^2}{6} F_y = S \cdot F_y$$ اساس مقطع الاستیک

اساس مقطع ارتجاعی = $S = \frac{I}{C}$

Z = اساس مقطع پلاستیک

②

$$C = T = \frac{bh}{2} F_y$$

$$M_p = T\cdot\frac{h}{2} = \frac{bh^2}{4} \times F_y = Z \times F_y$$

$$\Rightarrow \left(\frac{Z}{S}\right)_{\text{مستطیل}} = \frac{bh^2/4}{bh^2/6} = 1.5$$

$$\Rightarrow \frac{M_p}{M_y} = \frac{ZF_y}{SF_y}$$

PAPCO

ASD/

← تو ضریب اطمینان تجدید نظر بودن ؟

قدیم حله $f_b = \frac{M}{S} \leqslant \frac{F_y}{F.S} = \frac{F_y}{1.67} = 0.6 F_y$

جدید حله $f_b = \frac{M}{Z} \times \frac{S}{S} \leqslant \frac{F_y}{F.S}$

$$f_b = \frac{M}{S} \leqslant \left(\frac{Z}{S}\right) \frac{F_y}{F.S} = F_b$$

ضریب شکل ص ۹۰۹ طاحونی

$$\boxed{F_b = \left(\frac{Z}{S}\right) 0.6 F_y}$$

مقطع I شکل $F_b = 1.11 \times 0.6 F_y = 0.66 F_y$

← در روش LRFD یه گوشه از ضریب برای مقاومت بود یه گوشه دیگش برای بارگذاری بود (!؟)

$$M_n = M_p = Z \cdot F_y$$

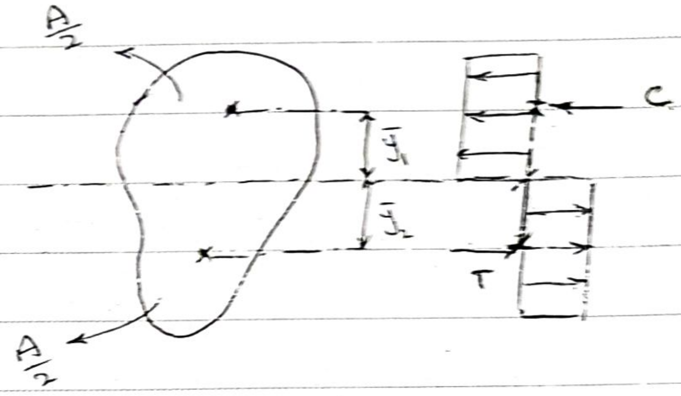
$$M_u \leqslant \phi_b \times M_n$$

ص 60 آیین نامه ، صفحه 63

حالات کنترل مشترکی صفحه 30 و صفحه 31 آیین نامه

$\phi_b = 0.9$ ، ص 62

Z :



$T = C = \frac{A}{2} F_y$

$$\Rightarrow Z = \frac{A}{2}\underbrace{(\bar{y}_1 + \bar{y}_2)}_{\text{فاصله مراکز سطح دو نیمه مقطع}}$$

← در توزیع تنش خمشی ارتجاعی محور خنثی از مرکز سطح مقطع می‌گذرد لذا در توزیع تنش خمشی پلاستیک محور خنثی همان محوری که نصف کننده مقطع است

بنابراین اگر شکل مقطع تیر دارای دو محور تقارن باشد هنگام افزایش تنش خمشی از My به Mp جابجایی محور خنثی اتفاق نمی‌افتد.

بنابراین اگر مقطع تیر فقط یک محور تقارن دارد هنگام تغییر توزیع تنش از الاستیک به پلاستیک جابه‌جایی محور خنثی اتفاق می‌افتد از مرکز سطح به خط نصف مقطع

ضریب شکل مقطع

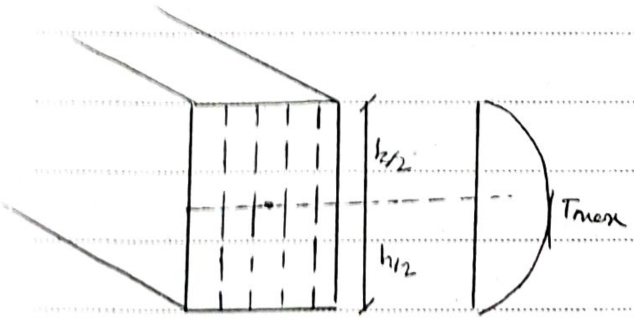
مقاطع پروفیل اختصاصی ۲ و Z، Z_x را حساب ... است ، $\frac{Z}{S}$ حساب است

خمش حول محور ضعیف ۱٫۵ ~

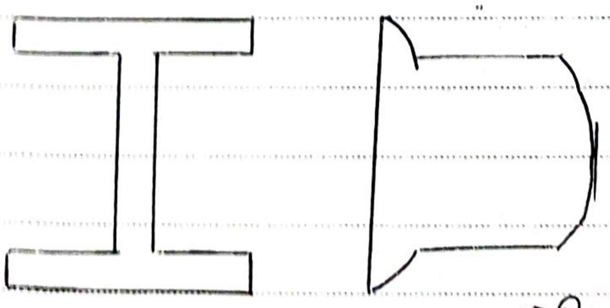
در مقطع I شکل برای خمش حول محور قوی x-x مناسب است. مقطعی که تحت اثر تنش خمش حول محور ضعیف y-y قرار بگیرد رفتاری تقریباً مشابه شکل مستطیل دارد.

جدول صفحه 61 ← 10-2-5-6 ← صفحه 76

☐ توزیع تنش های ناشی از نیروی برشی در مقطع مستطیل



$$\tau_{max} = 1.5\,\tau_{ave} = \frac{3}{2}\frac{V}{bh}$$



$$\tau_{max} \simeq \frac{V}{A_{web}}$$

$\rightarrow \frac{V}{d\,t_w}$ نورد شده

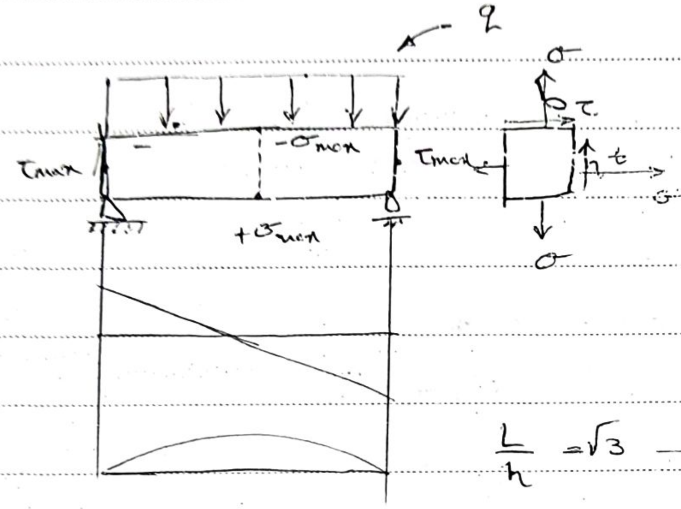
$\rightarrow \frac{V}{h \cdot t_w}$ ورق

$$\tau = \frac{V\,Q_{max}}{I\,t}$$

P4PCO

تیرهای پروفیل [illegible] با استفاده از رابطه دقیق $\tau = \frac{V Q_{max}}{I_x t_w}$ $= \frac{V}{d\,t_w}$ [illegible]

به‌دست بیاید.



$$\sigma_{max} = \frac{M}{S} = \frac{qL^2/8}{bh^2/6} = \frac{3}{4}\,\frac{qL^2}{bh^2} = \sigma$$

$$\tau_{max} = \frac{3V}{2bh} = \frac{3(qL/2)}{2bh} = \frac{3}{2}\,\frac{qL}{bh} = \tau$$

$$\frac{L}{h} = \sqrt{3} \rightarrow L = \sqrt{3}L$$

$$\tau_y = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}}$$

همزمان $\frac{h}{L} = 0.57$

معمولا $\frac{h}{L} < \frac{1}{10}$

به طور کلی موقعیت حداکثر تنش‌های ناشی از خمش و حداکثر تنش‌های ناشی از برش جدید

منطبق نخواهد بود:

① $M_{max} \rightarrow V = 0$

② در مقطع [illegible] → تنش‌های حداکثر ناشی از برش بر حسب سطح حداکثر می‌شوند که

تنش‌های ناشی از خمش صفر است

→ تیر برای خمش طراحی میشه، برش جواب میده ولی تو امتحان

کنترل کن برش رو

Subject
Date

۱۵- تعیین اینکه تیر ساخته شده از پروفیل اختصاصی به ازای چه نسبت $\frac{h}{L}$ تنش‌های ناشی

از خمش و برش به جاری شدن می‌رسند.

جلسه بیست و یکم

$$\sigma_{max} = \frac{\overset{qL^2/8}{M}}{\underset{2I/d}{S}} = F_y$$

$$\Rightarrow M_u < \phi M_n$$

$$M_N = Z F_y$$

$$\tau_{max} = \frac{VQ}{It} \simeq \frac{V}{d \cdot t_w} = \tau_y = \frac{F_y}{\sqrt{3}}$$

ساختمان $\Rightarrow \frac{1}{25} < \frac{d}{L} < \frac{1}{20}$

پل‌سازی $\Rightarrow \frac{1}{15} < \frac{d}{L} < \frac{1}{10}$

$\longrightarrow$ تیر عمیق $\frac{h}{L} < \frac{1}{10}$

$$\Rightarrow M_u \leq 0.9 Z F_y$$

حدس مقطع $\longleftarrow Z \geq \frac{M_u}{0.9 F_y}$

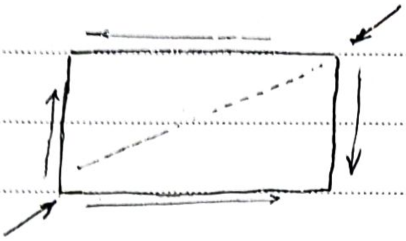
← یعنی مقطع کنترل بشه، کنترل برش یعنی برش تیر رو بتونه تحمل کنه یا خیر)

S

ص ۹۴ 6-2-10

* تیر باید مهار جانبی داشته باشد

PAPCO



(کمانش برشی)

باید $V_u \le \phi_v \times V_n$

$\phi = 0.9$

(۱-۲-۹-۲-۱۰) $V_n = 0.6 F_y A_s C_v$ ← [illegible] 95 آیین نامه

↓

ضریب مربوط به کمانش برشی

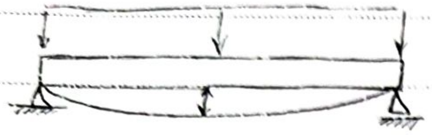
- اگر مشکل کمانش برشی داشتیم، یک ضریب کاهشی است (۱۰-۲-۹-۲-۳)
- در مورد تیرهای نورد شده که مشکل کمانش برشی نداریم

مقدار C_v برابر 1 است

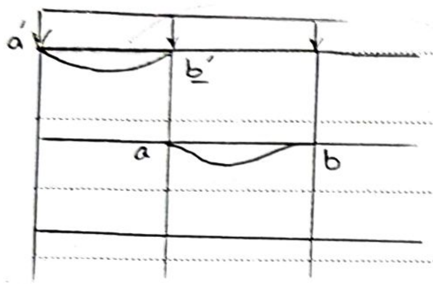
برای تیرهای I شکل نورد شده باید $V_u \le 0.6 F_y d t_w$

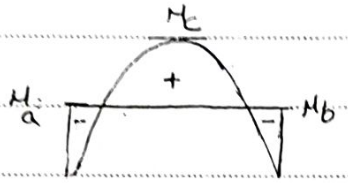
☐ برای طراحی تیرهای ساخته شده با ابعاد بزرگتر باید ابتدا فشردگی چک کنیم بعد مشکل کمانش برشی را چک کنیم و در آخر هم کنترل معیار بهره برداری (کنترل خیز تیر!)

□ خیز ۵



خیز تیر ساده $y_{max} = \frac{5}{384}\frac{qL^4}{EI}$





وسط تیر $y_c = \frac{5L^2}{48}\left[M_c - 0.1(M_a + M_b)\right]$

$$\Rightarrow y'_c = \frac{5L^2}{48}\left[\underbrace{M'_c}_{\frac{qL^2}{8}} - 0.1(\underbrace{\cancel{M'_a + M'_b}}_{0})\right]$$

□ خیز مجاز ۵ (رعلس برمبحث ت)

$$\begin{cases} \sigma_{max} = \frac{M}{S} = F_y \\ \Delta_{max} = \frac{5}{384} \times \frac{qL^4}{EI} = \frac{1}{\beta} \end{cases}$$

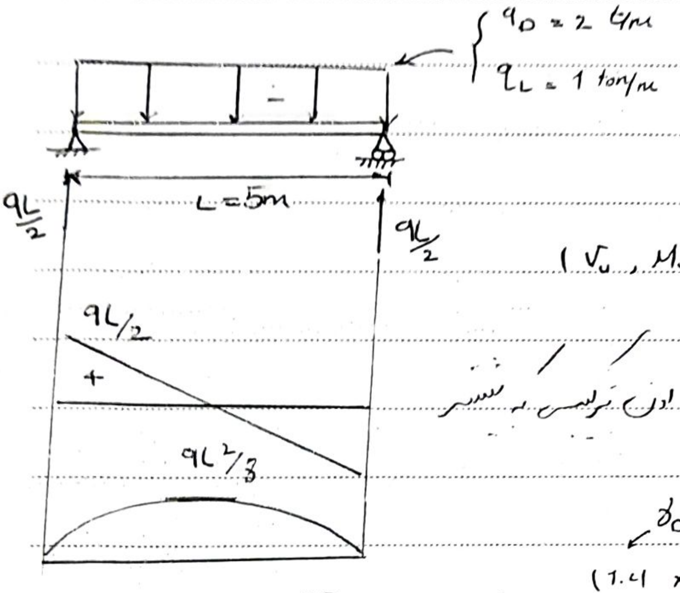
$\frac{d}{L} > \frac{1}{20} \xrightarrow{\text{مثلا}} d = \frac{L^{cm}}{20} \xrightarrow{\text{حدود}} \frac{100L}{20} = 5L^{(m)}$ مشکل خیز نداشته باشه

Subject Voice
Date

جلسه بیست و چهارم (جبرانی پنجشنبه)

۱- تیر شکل مقابل را از پروفیل IPE و فولاد ST37 طرح کنید. رعایت کلیه الزامات آیین نامه ضروری است.

این تیر را در سراسر طول خود دارای مهار جانبی فرض کنید.



گام ۱: تعیین نیروی طراحی (M_u ، V_u)

با استفاده از ترکیب های بارگذاری (صفحه 6) اون ترکیبی که بیشتر حالت ایجاد کنه به عنوان q استفاده میشه!

$$1.40 \longleftarrow M_{u_1} = \frac{(\overset{\gamma_D}{1.4} \times \overset{q_D}{2})L^2}{8}$$

$$M_{u_2} = \frac{[(1.2\times2)+(1.6\times1)]\times L^2}{8} = \frac{4\times(5)^2}{8} = 12.5\ t$$

$$M_u = 12.5\ ton$$

$$V_u = \frac{qL}{2} = \frac{4\times5}{2} = 10$$

گام ۲: حدس مقطع - بر اساس مقاطع فشرده (به جز تیر های عمیق)

- پروفیل های IPE فشرده هستند 10-۲-۵-۳ ص 66 ص 64

$$M_n = M_p = F_y \times Z_x$$

PAPCO

۱۰-۲-۵-۳ ⇐ $M_u \leq \phi_b \times M_n$

$$M_u < 0.9 Z \times F_y \Rightarrow Z_{x\,\text{لازم}} = \frac{M_u}{0.9 F_y} = \frac{12.5 \times 10^5}{0.9 \times 2400}$$

$$Z_x \geq 57.8 \text{ cm}^3$$

جدول اشتال IPE300

گام ۳: کنترل مقاومت خمشی (قطعاً جوابه‌ها! ولی کنترل کن!!!)

IPE 300 :

$b_f = 15$ cm

$t_f = 1.07$ ⇐ کنترل فشردگی

$h = d - 2t = 24.8$

$t_w = 0.71$ cm

سطر ۱۰ ⇐ $\frac{b}{t} = \frac{b_{f/2}}{t_f} \leq 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 7 < 11$ جدول ۱۰-۲-۲-۳

بال فشرده است

سطر ۱۵ ⇐ $h/t_w \leq 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ ⇐ $35 < 110$

$\frac{24.8}{0.71} = 35$

جان فشرده است

بنابراین پروفیل IPE300 یک مقطع فشرده محسوب می‌شود. طبق بند ۱۰-۲-۵-۲ که با توجه به

اتکای جانبی تیر به ظرفیت خمشی پلاستیک خواهد رسید ← ۱۰-۲-۵-۳

PAPCO

$\rightarrow \phi M_n = 0.9 Z \cdot F_y = 0.9 \times 628 \times 2400 \times 10^{-5} = 13.56$ ton.m

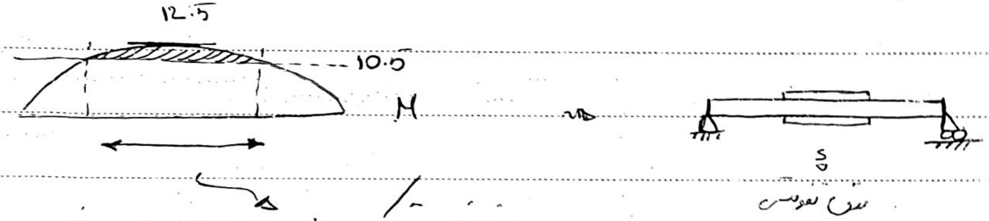
$13.56 > 12.5$ ton.m ok

دیگه کنترل خمشی نداریم؛ بهترین جواب همینه!

تقویت تیر حالت ۲)

IPE270 $\rightarrow M_u = 0.9 \times 434 \times 2400 \times 10^{-5} = 10.5$

$10.5 < 12.5$



این قسمت‌ها چون IPE270 جواب نمی‌ده
ورق تقویتی نیز اضافه می‌کنیم

← استفاده از تیر IPE هم جوابه ولی اقتصادی نیست!

گام ۴: کنترل مقاومت برشی

ص 95

$\phi_v = 1 \quad C_v = 1 \Leftarrow \frac{h}{t_w} \le 2.24\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ الف-۲-۹-۲-10

IPE300

$V_u = \phi_v \cdot V_n = 0.6 F_y (d \cdot t_w) \times C_v^{1} = 0.6 \times 2400 \times (30 \times 0.71) \times 10^{-3} = 30.7$ ton

$30.7 > \underset{V_u}{10}$ ton ok حله

گام 5 [illegible] بهره برداری

$$\Delta_{max} = \frac{5}{384}\ \frac{qL^2}{EI}$$

* معیار خیز بهره برداری ضریب ندارد !

$$\Delta_{D.L} = \frac{5}{384}\left(\frac{q_L\, L^4}{EI}\right) < \frac{L}{360}$$

$$\Delta_{LL} = \frac{5}{384}\ \frac{q_{D+L} \times L^4}{EI} < \frac{L}{240}$$

$$MD\ \frac{5}{384}\times\frac{L^4}{EI} = \frac{5}{384}\times\frac{(500)^4}{2.1\times10^6\times8360}$$

$\nearrow \times q_{D+L} = \ \text{ton/m} \rightarrow \overset{cm}{1.39} < \frac{L}{2}$

$\searrow \times q_L = 1\ \text{ton/m} \rightarrow \overset{cm}{0.46} < 1. \ \underbrace{}\ \frac{L}{36}$

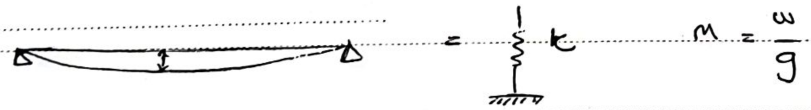
ص ۱۹۱ ۲_۱۰_۲_۱۰

گام 6: کنترل ارتعاش :

کنترل چشمی : 5L < عرض تیرآهن

ص ۱۹۲

(۹_۱۰_۲_۱۰)



$$m = \frac{w}{g}$$

$$\Delta = \frac{PL^3}{48EI} = \frac{P}{k} \qquad k = \frac{48EI}{L3}$$

$$\overset{205}{GPa} = E$$

$$f = \frac{\pi}{2L^2}\sqrt{\frac{EIg}{q_D}} = \frac{\pi}{2(5)^2}\times\sqrt{\frac{205\times10^9\times8360\times10^{-8}\times\cancel{9.81}}{\underbrace{(2000\,kg\times\cancel{g})}_{N}}} > 5$$

واحد SI

$$\rightarrow \frac{EI}{q_D}\ \text{بر}\ kg/m$$

Subject
Date

P = 5 81 > 5 Hz ok

پس USE IPE300

اگه الان جواب نمی‌داد باید I رو تغییر بدیم دو روش داشتیم:

1 : اضافه کردن شماره تیر آهن!

2 : اضافه کردن ورق به تیر آهن برای تقویت!

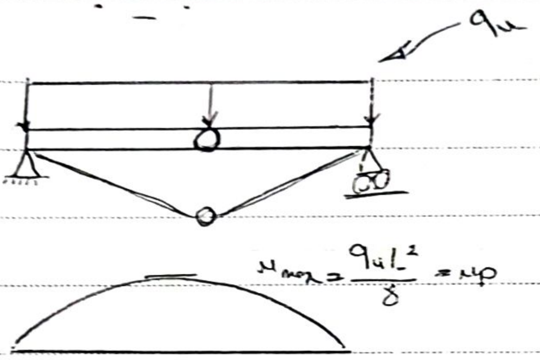
نکته حواست باشه اگه ورق اضافه کنی دیگه شکل تیر آهنت از حالت معمولی
دیگه نیست پس باید دوباره خودت همشو حساب کنی
برای تمام عضوها برطرف!

فصل 8 تموم شد!

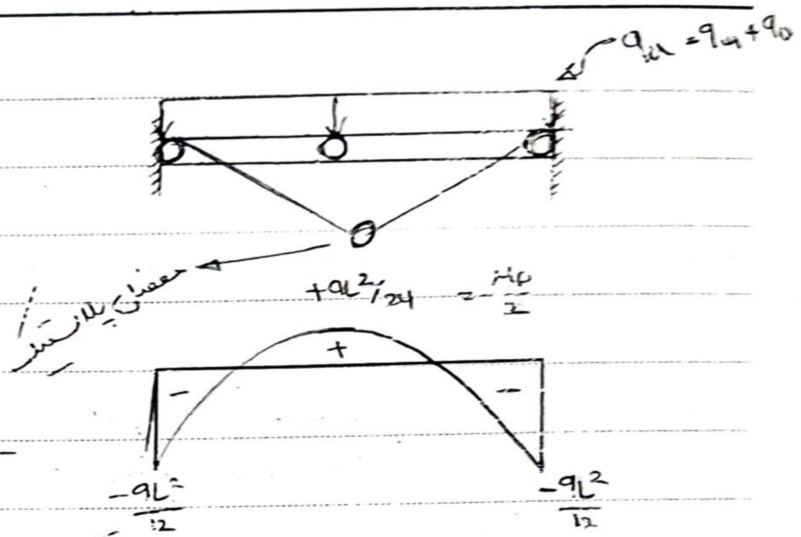
18 16 12 8 5

PAPCO

Subject فصل ۹
Date
فقط بیوند!

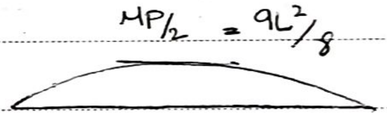

q_u
$M_{max} = \frac{q_u L^2}{8} = M_p$

$$q_u = \frac{8M_p}{L^2}$$


$q_u = q_{u_1} + q_{u_2}$
مفصل پلاستیک
$+qL^2/24 = \frac{M_p}{2}$
+
-
-
$\frac{-qL^2}{12}$
$\frac{-qL^2}{12}$

$$M_{max} = M_p \rightarrow q_{u_1} = \frac{12M_p}{L^2}$$

+



$$q_{u_2} = \frac{4M_p}{L^2}$$

$$q_u = \frac{12M_p}{L^2} + \frac{4M_p}{L^2} = \frac{16M_p}{L^2}$$

اگه پل سازی سازه‌ها معین الاستیکی است ← ارتعاش نداشته باشه که ولی نباید تحت تاثیر شرایط محیطی بشه تنش حرارتی داشته باشه

اگه در ساختمان سازی سازه‌های نامعین استفاده میشه!

حسن سازه نامعین نسبت به معین!

1. خیز کمتر و صلبیت بیشتر
2. باربری بیشتر ← اقتصادی‌تر
3. قابلیت اعتماد بالاتری دارد

معایب :

۱. از عوامل محیطی تاثیر می‌پذیرد تنش حرارتی
۲. تحلیل و طراحی سخت و خطا دارد
۳. باربری کمتر !!!!!

فصل ۹ تموم شد!

Subject
Date

جلسه بیست و پنجم (جبرانی)

فصل 10 : پیچش :

پیچش : 1. مقاطع دایره‌ای شکل

$\tau = \frac{GJ}{L}\phi \quad J = 2I_x$

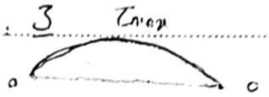
2. مقاطع جدار نازک بسته

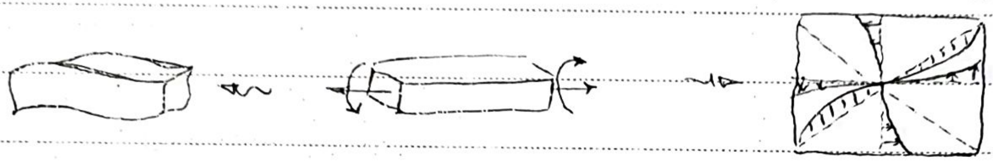
$J \simeq \frac{4tA_m^2}{L_m}$ (ثابت پیچشی)

مقاطع جدار نازک باز

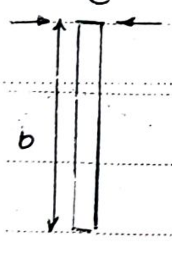
3. مقاطع مستطیلی

توزیع تنش غیرخطی

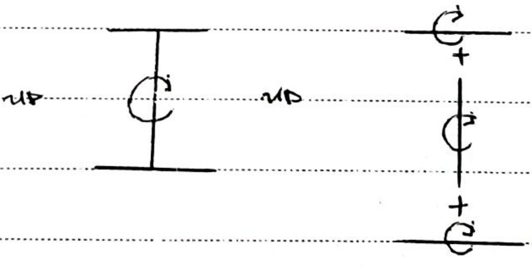


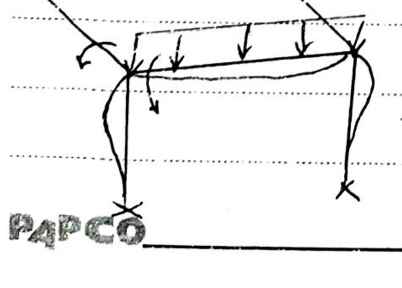


* در مقاطع مستطیلی در اثر تنش پیچشی توزیع تنش برشی، غیرخطی بوده، در دورترین نقاط مقطع در گوشه‌ها صفر و در وسط اضلاع حداکثر می‌شود. به طوری که وسط ضلع بزرگتر به سبب نزدیک‌تر است تنش برشی بزرگتری دارد.



$J \simeq bt^3/3$



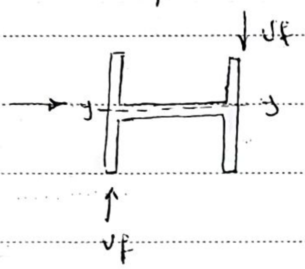


$\Rightarrow$ جدا جدا تحلیل می‌کنیم

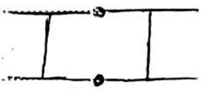
PAPCO

۴. مقاطع جدار نازک باز

$\sigma_{max} = \frac{M}{S_f}$ که $S_f = \frac{S_{yy}}{2}$



این وقتی جواب نده!
از حفظ استفاده می‌کنیم



← از جوش کامل استفاده می‌کنیم

$P_b = \sigma_{max} = \frac{2M_f}{S_{yy}}$

فصل ۵ کتاب رو بخون!

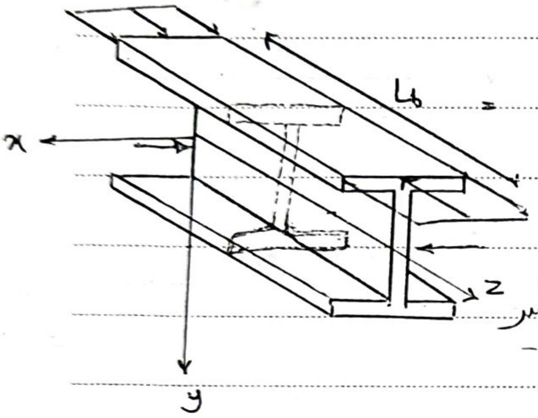
حل 66 تمرین نامه

ممان پیچشی اختصاصی : $J = \sum \frac{bt^3}{3}$

فصل ۱۵ تموم شد!

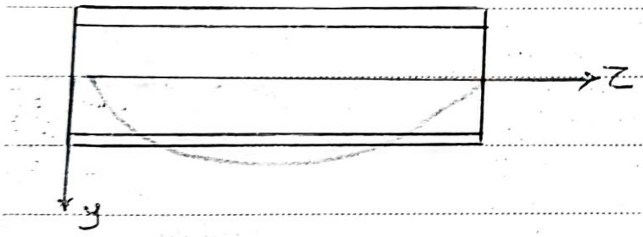
فصل 11:

تیرهای بدون اتکا جانبی:

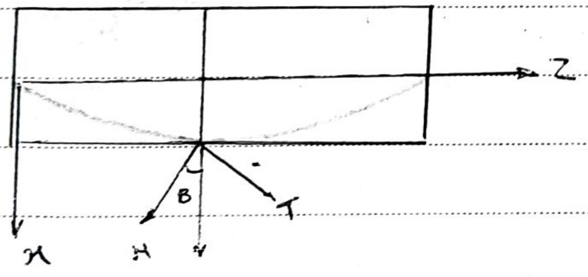


طول مهار نشده = L_b

کمانش پیچشی خمشی جانبی تیر



$$\frac{d^2y}{dz^2} = -\frac{M_{xx}}{EI_{xx}}$$



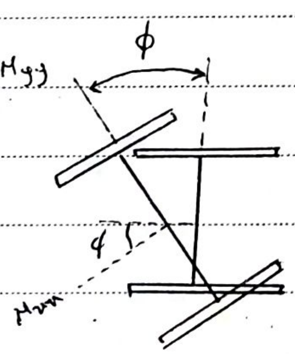
$$\frac{d^2x}{dz^2} = -\frac{M_{zz}}{EI_{yy}}$$

$$\frac{dx}{dz} = \tan g\beta = \beta$$

$$M_{xx} = M\cos\beta$$

$$T = M\sin\beta$$

$$T = \frac{GJ}{L}\phi$$



$$\Rightarrow \frac{\phi}{L} = \frac{d\phi}{dx} = \text{cte}$$

$$\Rightarrow M_{xx} = M\cos\phi$$

$$M_{yy} = M\sin\phi$$

$$T = GJ\frac{d\phi}{dx}$$

Subject

Date

$$M \rightarrow \begin{cases} M_{xx} = M \cos\beta \cos\phi \simeq M \\ M_{yy} = M \sin\phi \simeq M\phi \\ T = M \sin\beta = M.\beta = M \dfrac{dx}{dz} \end{cases}$$

$$\Rightarrow GJ \frac{d\phi}{dx} = \frac{M\,dx}{dz}$$

$$GJ \frac{d^2\phi}{dx^2} = M \frac{d^2x}{dz^2}$$

$$GJ \frac{d^2\phi}{dx^2} = M \left(\frac{-\overset{M\phi}{\cancel{M_{yy}}}}{EI_{yy}} \right) = -\frac{M^2}{EI_{yy}} \phi$$

$$\longrightarrow M_{cr} = \frac{\pi \sqrt{GJEI_{yy}}}{L} \times C_b$$

ضریب یکنواختی ممان

که برای دیاگرام ممان خمش خالص بدست آمده که بدترین نوع خمش

C_b حساب کرده ص 599   ضریب اصلاح ممان ص 62

$$C_b = \frac{12.5\,M_{max}}{2.5\,M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

PAPCO

$$F_{cr} = \frac{M_{cr}}{S} < 0.6F_y$$

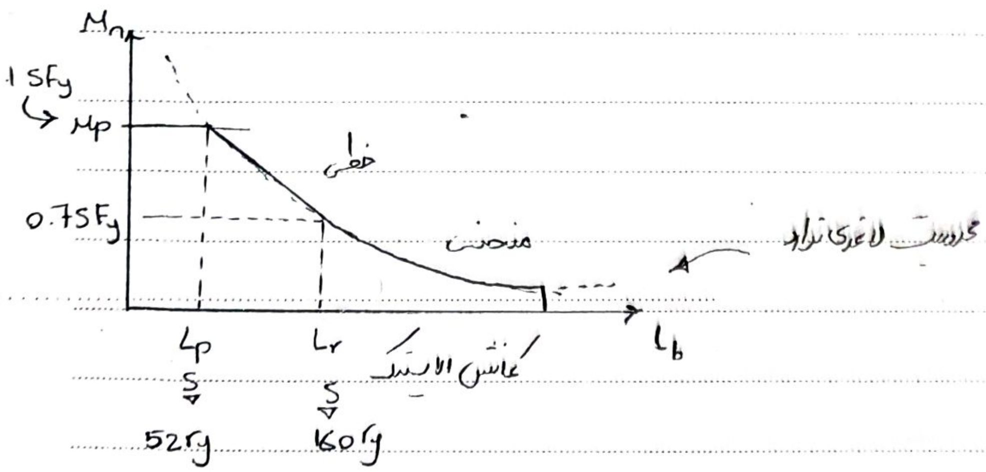
11_8 کتاب (طراحی تیرهای بدون اتکای جانبی - روش حدی) 588 تا
85 آیین نامه

$$M_n = F_{cr} \times S_x \leqslant M_p$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \times \sqrt{\underbrace{1 + 0.78 \frac{Jc}{S_x h_0} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}_{1}}$$

تمرین: [illegible] در سیستم مثله حساب کن!

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x} \rightarrow$$ ثابت پیچشی تابیدگی



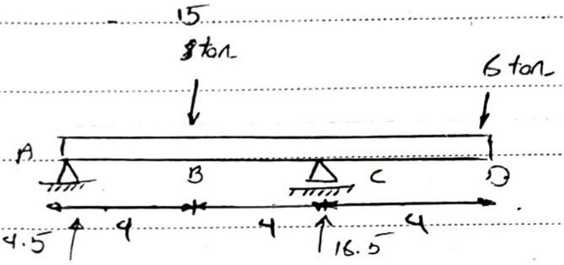
تمرین فصل 8، 3 5 12 16 18 29 الف و ب ا

Subject

Date

جلسه بیست و ششم 2 دی / 97

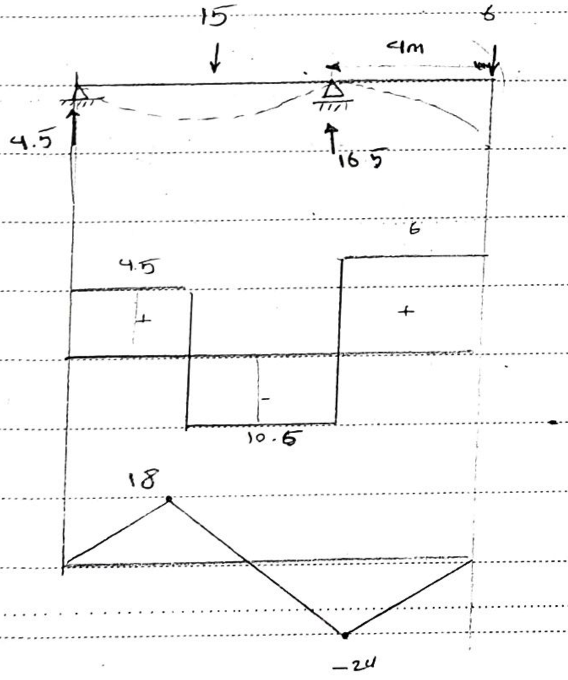
ص 64 آیین نامه



1) تیر شکل مقابل را از پروفیل IPE و فولاد ST37 طرح کنید. تحت شرایط مقابل:

الف) تیر در محل تکیه‌ها و بارهای متمرکز دارای مهار جانبی باشد. $l_b = 4m$

ب) تیر فقط در محل تکیه‌ها دارای مهار جانبی باشد. $L_b = 4m , 8m$



$(V_{max}) = 10.5$

$(M_{max}) = 24 \text{ ton.m}$

الف) حدس اولیه

$$Z = \frac{M_u}{\phi F_y} =$$

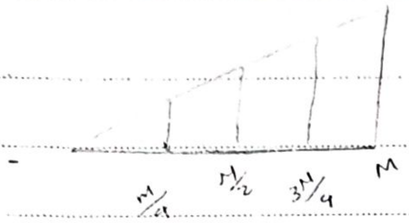
حدس IPE400 $\begin{cases} L_p = 2m \\ L_r = 6.5m \end{cases}$

$L_b = 4m \ (?)$

ب) محاسبه C_b

$$C_b = \frac{12.5 \times M_{max}}{2.5 \times M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_A} = \frac{12.5 \times 1}{2.5 \times 1 + 3 \times \frac{M}{4} + 4 \times \frac{M}{2} + 3 \times \frac{3M}{4}} = 1.67$$

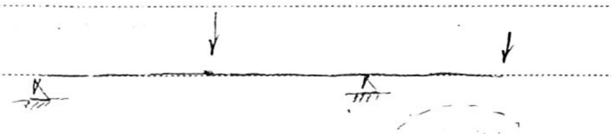
Subject
Date



$M_n \simeq \frac{1}{C_b}$

$M_u < C_b M_n$

$$B.C \Rightarrow C_b = \frac{12.5 \times 24}{(2.5 \times 24) + 3 \times (18-10.5) + 4(21-18) + 3(24-10.5)} = 2.22$$



بحرانی‌ترین مورد

$L_b = 4M$	$L_b = 4M$	$L_b = 4M$
$C_b = 1.67$	2.22	1.67
$M = 18$	$M = 24$	$M = 24$

ج) تعیین ناحیه حاکم

ب) تعیین ناحیه حاکم بر ظرفیت تیر: وابسته به حالت، طول مهارنشده، Cb

[illegible] $G = \frac{M_u \times L_b}{C_b}$

به اگر این تیر در ناحیه CO جوابگو باشد به در کل تیر جواب میده

د) کنترل در ناحیه CO:

$L_p < L_b < L_r \longrightarrow$ ۴-۵-۲-10

$$M_p = Z F_y = \frac{1307 \times 2400}{10^{+5}} = 31.4$$

$$0.7 F_y S_x = \frac{0.7 \times 2400 \times 1160}{10^5} = 19.5$$

Subject
Date

$$M_n = C_b\left[M_p - (M_p - 0.7 F_y \times S_x)\left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right)\right] \leq M_p$$

$$\rightarrow 1.67\left[31.4 - (31.4 - 19.5)\left[\frac{4 - 2.007}{6.534 - 2.007}\right]\right] = 43.6 > M_p$$

برای ناحیه مهار نشده C_b چقدر باشد تا مطابق ۱۰-۲-۵-۴، ظرفیت خمشی تیر

$M < M_p$ در بیاید؟

$$C_b(0.7 S_x F_y) = M_p \simeq 1.11 F_y \times S$$

$$C_b = \frac{1.12}{0.7} = 1.6$$

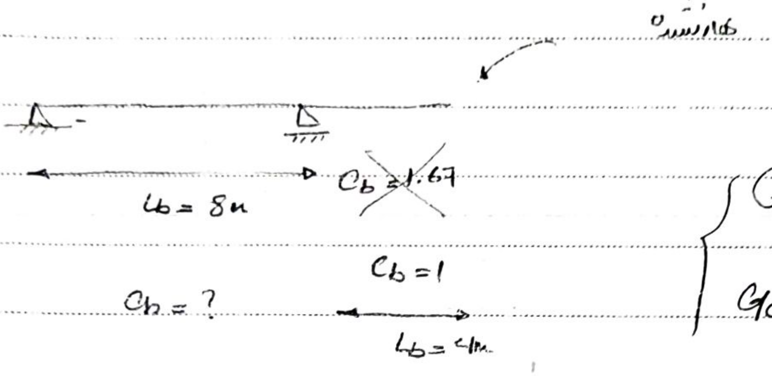
$$\rightarrow L_p < L_b < L_r \rightarrow \boxed{M_n = M_p}$$

$$C_b > 1.6$$

$$\phi M_n = \phi M_p = 0.9 \times 31.4 = 28.3 > 24 \text{ ton.m}$$

کنترل برش و خیز با خودتان

ب)



$$\begin{cases} G_{AC} = \dfrac{M_u (L_b)^2}{C_b} \\ G_{CD} = \dfrac{M_u (L_b)}{C_b} \end{cases}$$

چک 65 این بند

تمرین : حل این جدول : Cb ، ناحیه حاکم ، کنترل ناحیه حاکم

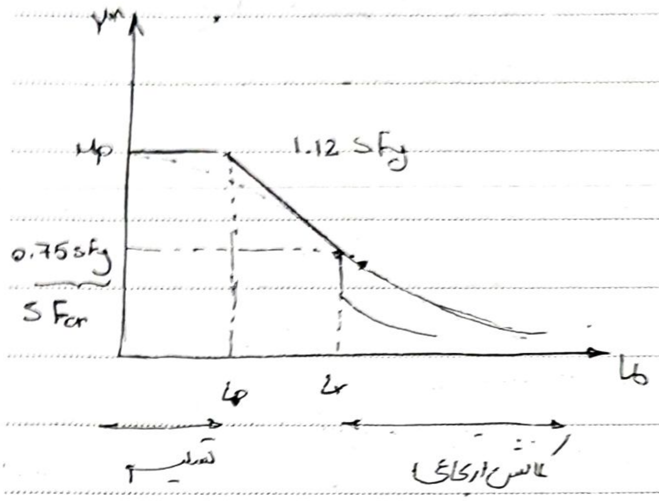
تمرین پروفیل اختصاصی ← تبصره خمش رو پیدا کن !

برای ... IPE نمودار ظرفیت خمشی بر حسب Lb ها را رسم کرده و در ناحیه کمانش ارتجاعی تاثیر تبصره ذیل این بند را نمایش دهید. $C_b = 1$

تمرین فصل ۱۱ طاحونی : 2 ، 7 ، 9ب ، 12

Subject طراحی فولاد 79
Date

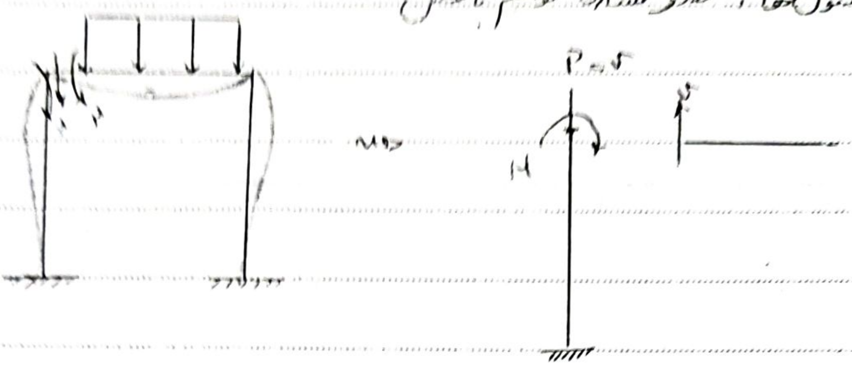
جلسه بیست و هفتم

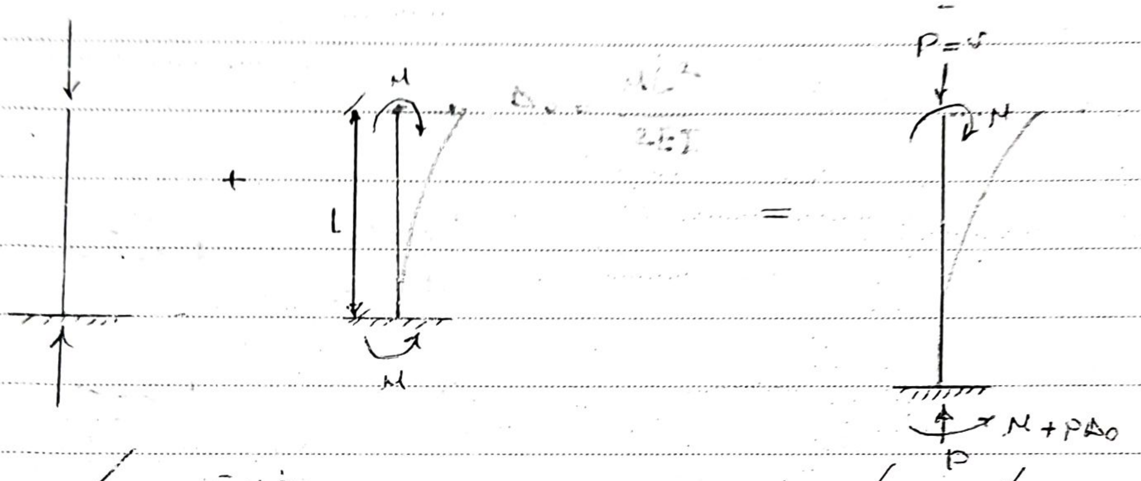


ستون : $A_{\text{لازم}} = \dfrac{P_{\text{موجود}}}{P_{\text{نظیر}}} \times A_{\text{نظیر}} = \dfrac{P_{\text{نیاز}}}{(P/A)_{\text{نظیر}}}$ حدس لنگر خمشی

تیر : $S_{\text{لازم}} = \dfrac{M_u}{(F_{cr})_{\text{نظیر}}} = \dfrac{M_u}{(M_n)_{\text{نظیر}}} \times S_{\text{نظیر}}$

فصل ۱۲: تیر ستون‌ها، عضو فشاری توأم با خمش



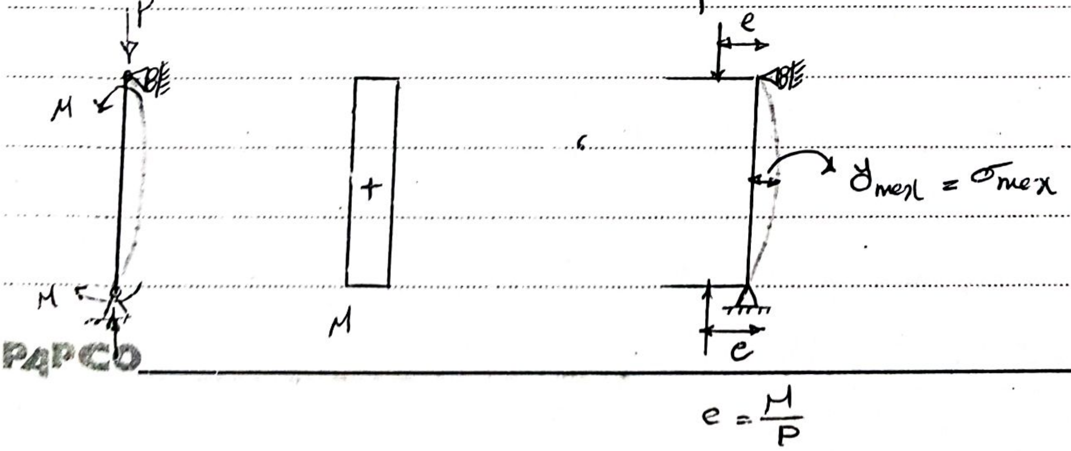

M
L
M
$\Delta_0 = \frac{ML^2}{2EI}$
+
=
P=0
M
$M+P\Delta_0$
P

← اگر Δ_0 بزرگ باشد، $M \neq M+P\Delta$ از اصل سوپر پوزیشن نمی‌توان عمل کرد

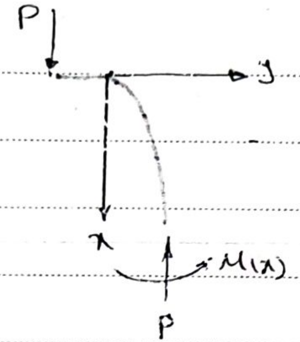
هم Δ کوچک باشد هم P $P.\Delta < 0.2P_{cr}$

تحلیل تیرستون‌ها تشدید یافته (ص 299 آیین نامه)

۱- رابطه سکانت در مقاومت مصالح


P
M
M
+
M
P
e
$\delta_{max} = \sigma_{max}$
e

$$e = \frac{M}{P}$$



$$M(x) = -P(e+y)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI} = -\frac{P(e+y)}{EI}$$

$$\Rightarrow \frac{d^2y}{dx^2} + \frac{P}{EI}y = -\frac{Pe}{EI}$$

$$\alpha^2 = \frac{P}{EI}$$

$$\Rightarrow y'' + \alpha^2 y = -\alpha^2 e$$

$$y = C_1 \sin \alpha x + C_2 \cos \alpha x - e$$

$$\left| \begin{array}{l} x=0 \\ y=0 \end{array} \right. \Rightarrow C_2 = e$$

$$\left| \begin{array}{l} x=L \\ y=0 \end{array} \right. \Rightarrow C_1 = e \,\mathrm{tang}\, \frac{\alpha L}{2}$$

$$y(x) = e\left(\mathrm{tang}\,\frac{\alpha L}{2} \sin \alpha x + \cos \alpha x - 1\right)$$

$$\left| \begin{array}{l} x = L/2 \\ y_{max} = \delta_{max} = e\left(\frac{1}{\cos\frac{\alpha L}{2}} - 1\right) \end{array} \right. = e\left(\sec \frac{\alpha L}{2} - 1\right)$$

$$M_{max} = M + P\,\delta_{max} \Rightarrow M_{max} = M + \underset{M}{\underset{\uparrow}{P.e}}\left(\sec \frac{\alpha L}{2} - 1\right)$$

$$M_{max} = M\left(\sec \frac{\alpha L}{2}\right)$$

$P\delta$ ضریب تشدید

Subject
Date

$$\alpha^2 = \frac{P}{EI} \Longrightarrow \alpha = \sqrt{\frac{P}{EI}} \Longrightarrow \sec\frac{\alpha L}{2} = \sec\sqrt{\frac{P}{EI}}\cdot\frac{L}{2}$$

$$\longrightarrow \cos\frac{\alpha L}{2} = 0 \Longrightarrow \frac{\alpha L}{2} = \frac{\pi}{2} \Longrightarrow \alpha L = \pi$$

$$\alpha^2 = \frac{\pi^2}{L^2} = \frac{P}{EI} \longrightarrow P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

⊲ مطابق رابطه sec برای تیر ستون‌ها نتیجه‌گیری می‌شود که تنش خمشی اثری بر مقدار P_{cr} (بار بحرانی) ندارد.

$$EI = P_{cr}\left(\frac{L}{\pi}\right)^2 \Longrightarrow \frac{1}{EI} = \left(\frac{\pi}{L}\right)^2 \frac{1}{P_{cr}}$$

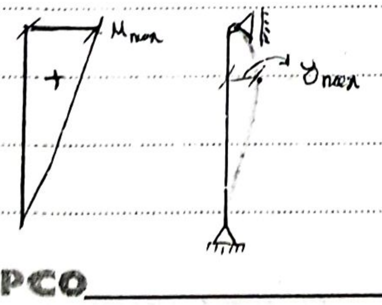
$$\Longrightarrow \sec\frac{\alpha L}{2} = \sec\left(\frac{\pi}{2}\sqrt{P/P_{cr}}\right) = \frac{1}{\cos\left(\frac{\pi}{2}\sqrt{P/P_{cr}}\right)} = \frac{1}{1 - \underset{1}{\cancel{\frac{\pi^2}{8}}}\frac{P}{P_{cr}}}$$

$$\Longrightarrow = \frac{1}{1 - P/P_{cr}}$$

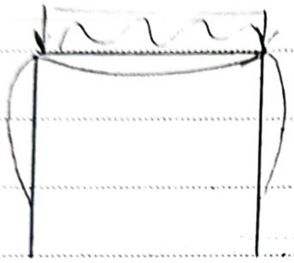
⊲ ضریب تشدید تنش براساس تنش مجاز AISC $= \dfrac{C_m}{1 - P/P_{cr}}$ (ضریب هم مکانی)

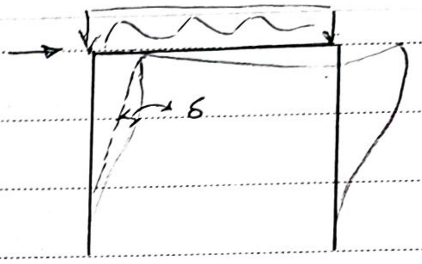
C_m ضریب تعدیل تنش به خاطر غیرهم مکان بودن M_{max} و δ_{max}

در تیر ستون‌هایی است که دیاگرام خمش آنها متفاوت از خمش خالص است



ستون بدون حرکت
انتقالی





▷ تشدید لنگر بخاطر اثر P.Δ ناشی از دو عامل است انحنای خمشی ستون (خروج از مرکزیت آن از خط واصل دو انتهای آن.

▷ ناشی از حرکت انتقالی دو سر ستون

* تیر ستون تو اتصال مهار شده حرکت انتقالی نداره.

ص 300 آیین نامه

بدیهی است چنانچه تحلیل سازه توسط نرم افزارهای تحلیل غیر خطی هندسی (تحلیل مرتبه دوم) با لحاظ کردن اثر PΔ بدست آمده باشد نیازی به تشدید لنگر به روش فوق نخواهد داشت !

Subject
Date

$$M_u = \beta_1 M_{nt} + \beta_2 \cancel{M_{lt}}$$

$$P_u = P_{nt} + \beta_2 \cancel{P_{lt}}$$

حالت انتقالی

$C_m =$ برای بار با مهار جانبی 1

$C_m =$ بدون مهار جانبی $\quad C_m = 0.6 - 0.4 \frac{M_1}{M_2}$

← نسبت لنگر سر و ته ستون

$\left|\frac{M_1}{M_2}\right| < 1 \qquad 0.2 < C_m < 1$

هر چی Cm بزرگتر باشه تشدید لنگر بار میشه بیشتره ← تو بدترین حالت به مهار جانبی داریم

امیشه

Subject
Date

جلسه بیست دوم :

☐ تنش مجاز :

$$\sigma_1 = \frac{\sigma}{2}\sqrt{\frac{\sigma^2}{4}+\tau^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma}{2}-\sqrt{\frac{\sigma^2}{4}+\tau^2}$$

تمرین: اثبات $(\frac{\sigma}{\sigma_y})^2+(\tau/\tau_y)^2=1 \Rightarrow \sqrt{\sigma_1^2+\sigma_1^2-\sigma_1\sigma_2} = \overset{F_y}{\cancel{\sigma_y}}$

$$\sigma = \frac{P}{A} = f_a \leqslant \overset{=F_a}{F} \leftarrow \sigma \leqslant \sigma_y \rightarrow \frac{\sigma}{\sigma_y} \leqslant 1$$

$$\sigma = M/S = f_b \leqslant F_b \qquad \tau \leqslant \tau_y \rightarrow \tau/\tau_y \leqslant 1$$

$$\hookrightarrow \tau_y = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}} \rightarrow \tau_y^2 = \frac{\sigma_y^2}{3}$$

تمرین : ثابت این رابطه از (*) محافظه کارانه تر است $\sigma^2+\tau^2 \leqslant \tau_y^2$ * برای جوش شیاری

صفحه 55 کتاب طاحونی : شکل 12_12

$\rightarrow \frac{M_u}{M_{u0}=M_p} + (\frac{P_u}{P_{u0}})^2 = 1$ برای تیر ستون مستطیلی

$0.847\,\frac{M_u}{M_{u0}} + \frac{P_u}{P_{u0}} = 1$ برای شکل I

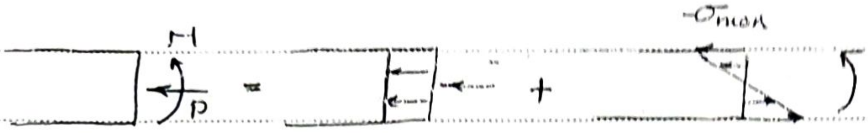
صفحه 103 آیین نامه.

خمش حول محور ضعیف احتمال کمانش جانبی ندارد ← چون محور قوی در مقابلش مقاومت می کند

⇐ حول محور ضعیف به شرط فشردگی ← M_p

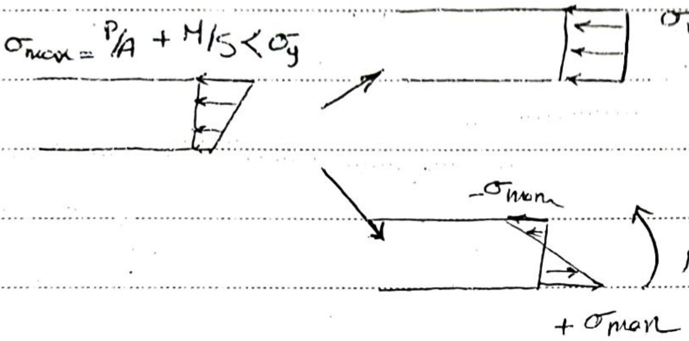
PAPCO

طراحی تیر ستون :



$+\sigma_{max} = M/S$

$\sigma_{max} = P/A + M/S < \sigma_y$



$\sigma_{max} = P/A + M/S$

$P_{eq} = \sigma_{max} \times A$

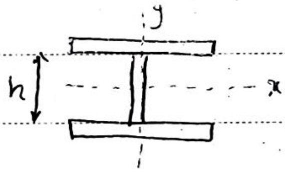
$P_{eq} = P + \frac{A}{S} \times M$

$M_{eq} = \sigma_{max} \cdot S$

$M_{eq} = \frac{S}{A} P + M$

$B = \frac{A}{S}$

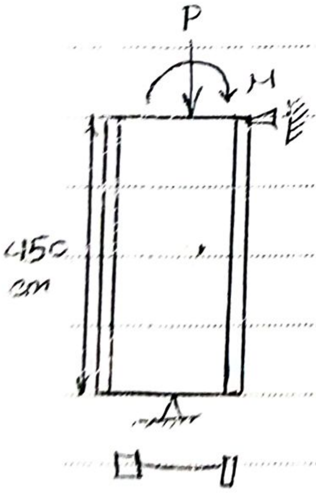
$$\Rightarrow \begin{cases} P_{eq} = P + BM \\ M_{eq} = P/B + M \end{cases}$$



$S_x \simeq A_f \times h = \frac{Ah}{3} \Longleftarrow$

$B_x = \frac{A}{S_x} = \frac{3}{h}$

مثال : (9-12 کتاب ماحوزی) تیر ستون شکل مقابل را از پروفیل IPB ساخته شده از ST37 طراحی نمایید.



$P_u = 240\ ton$

$M_u = 12\ ton.m$

x نحوه قرارگیری تیر ستون

مرحله ۱ : حدس مقطع

براساس نیروی محوری بدون خمش

حدود پروفیل را مشخص میکنیم

$A_{\text{لازم}} = \frac{P_u}{\varphi F_{cr}} = \frac{240000}{0.9 \times 1600} = 166 \Rightarrow IPB\,320$

Subject

Date

$\frac{A}{S} = \frac{161}{1930} = 0.083 \rightarrow \simeq 0.1 \frac{1}{cm} \simeq 10 \frac{1}{m} = 8.3 \frac{1}{m}$

$A_{لازم} = \frac{336\,000}{0.9 \times 1600} = 233.3\ cm^2 \nearrow$ IPB500 $\rightarrow B = \frac{A}{S} = \frac{239}{4290} = 0.055 \times 100 = 5.5$

$\longrightarrow q_{eq} = 240 + 8 \times 12 = 336 \quad B = 8 (\frac{1}{m})$

$S_{لازم} = \frac{M}{1.11 \phi F_y} \Rightarrow S_{لازم} = \frac{M}{F_y} = \frac{420\,0000}{2400} = 1750\ cm^2 \rightarrow M_{eq} = \frac{240}{8} + 12 = 42$ ton.m

IPB 320 $\rightarrow B = \frac{A}{S} = 8.3$

$B_{ave} = \frac{5.5 + 8.3}{2} = 6.9 \simeq 7\ ^{1}/_{m}$

$B = 7 (\frac{1}{m}) \longrightarrow \begin{cases} P_{eq} = 240 + 7 \times 12 = 324\ ton \longrightarrow A_{لازم} = \frac{324\,000}{0.9 \times 1600} = 225\ cm^2 \text{ IPB 50} \\ M_{eq} = \frac{240}{7} + 12 = 46.28\ ton.m \rightarrow S_{لازم} = \frac{46.28 \times 10^5}{2400} = 1928 cm^2 \text{ IPB} \end{cases}$

⇐ حداکثر و متوسط رو به پایین ← IPB360 ← کنترل دقیق ← جوابگو برای IPB400 انجام

شده

$A_{بعدی} = (S.R)\ A_{فعلی} = 0.82 \times 198 = 162\ cm^2 \longrightarrow$ IPB 340

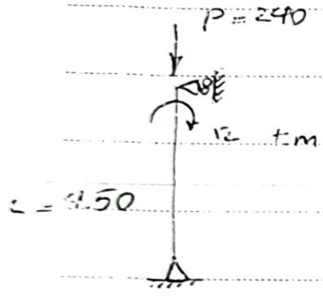
← باید کنترل دقیق انجام شود.

$$\frac{P_u}{\varphi \times \frac{P}{A}} + \frac{8}{9} \frac{M_u}{M_c = \phi_b M_{nx}} = S.R$$

تمرین: IPB 340 را کنترل کنید.

Subject
Date

جلسه آخر ☺



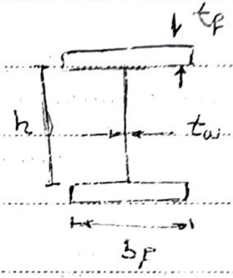
حل مثال فصل ۱۲ ـ ۹

مراحل کنترل دقیق ستون ها ، برای IPB 340

(۱۰-۲-۷-۱) ۱ـ اول اول اول فشردگی

کنترل فشردگی مقطع برای خمش

$$\frac{b}{t} = \frac{b_f}{2t_f} < 0.38\sqrt{\frac{E}{F}} \quad , \quad \frac{h}{t_w} < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$



$P_c = \phi_c P_n$ ۲ـ [illegible]

$P_n = F_{cr}\,A_g$

$$\begin{cases} \lambda_x = k_x L / r_x = 30.8 \\ \lambda_y = k_y L / r_y = 59.8 \longrightarrow \lambda_{max} \Rightarrow F_{cr} = 2018 \end{cases}$$

$$\Rightarrow P_n = F_{cr} \times A_g = \overset{\phi}{\boxed{0.9}} \times 2018 \times 171 \times 10^{-3} = \boxed{310.6}\ \text{ton}$$

[illegible]

$$\Rightarrow \frac{P_u}{\frac{P_c}{(P_n)}} = \frac{240}{310.6} = 0.77 > 0.2 \Rightarrow$$ ok ۱۰-۲-۷-۱

۳ـ $L_b = 4.5^m$, $M_{cx} = \phi_b M_n$

$$\text{IPB 340} \begin{cases} L_p = 382\ \text{cm} \\ L_r = 1764\ \text{cm} \end{cases} \Rightarrow$$ Lb این بسط

PAPCO

$C_b > \frac{112}{0.9}$

$M_{nx} = Z_x f_y = M_p = 57.8$ ton.m

۴- محاسبه‌ی ضریب تشدید لنگر در پیوست مبحث دهم (پ ۳-۲)

$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{P_{e1}}} \Rightarrow P_{e1} = P_{cr} = \frac{\pi^2 E I_x}{L^2} = 375.2$ ton

[illegible] $C_m = 0.6 - 0.4 \frac{M_1}{M_2}$

تو این ستون $M_1 = 0$ $M_2 = 12 \rightarrow C_m = 0.6$

$B_1 = \frac{0.6}{1 - \frac{240}{375.2}} \underbrace{= 0.64 < 1}_{} \Rightarrow B_1 = 1$

باید کمتر باشه!

۵- تحلیل رابطه ۱۰-۲-۷-۱

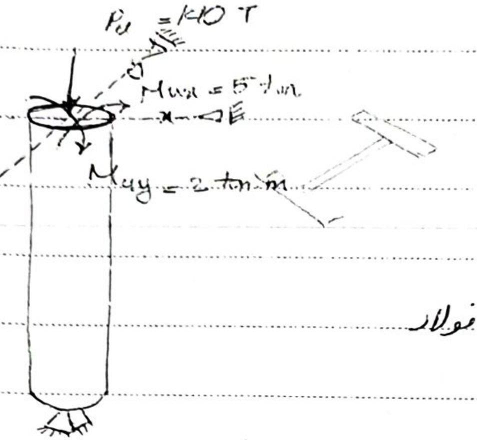
$\Rightarrow \frac{P_u}{P_c} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}}\right) = 0.77 + \underbrace{\frac{8}{9}\left(\frac{\textcircled{12}}{0.9 M_p}\right)}_{\frac{8}{9} \times 0.23} = S.R = 0.98 < 1$

O.K

۶- آیا مقطع بهینه است؟ (کنترل بهینگی! تفاوت مهندسی!)

$A_{\text{ضروری}} = SR \times A_{\text{فعلی}} = 0.98 \times 171 = 167 \cancel{<} A_{IPB\,320} = 161$

IPB 340 بهینه است

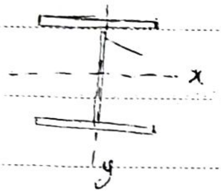


$$P_{eq} = P + B_x M_x + B_y M_y$$

ستون شکل مقابل را از پروفیل IPB از فولاد St37 طرح کنید.

$K_x = K_y = 1$

$L = 4.5^{m}$



$$B_x = \frac{A}{S_x} = \frac{A}{Ah/3} \simeq \frac{3}{h} \qquad *$$

$$\Rightarrow \frac{B_x}{B_y} = \frac{S_y}{S_x}$$

$$B_y = \frac{A}{S_y} = \frac{A}{Ab/6} = \frac{6}{b}$$

← H مانند عملکرد مستطیل چه خمش چه در برش

$$(M_{eq})_x = \frac{P}{B_x} + M_x + \frac{B_y}{B_x} M_y =$$

$$(M_{eq})_y = \frac{P}{B_y} + \frac{B_x}{B_y} M_x + M_y =$$

$$* \quad \frac{B_x}{B_y} = \frac{S_y}{S_x} \simeq \frac{3}{h}\Big/\frac{6}{b} = \frac{b}{2h} \simeq \frac{Ab/6}{Ab/3} = \frac{b}{2h}$$

Subject
Date

تعیین نمره جدول براساس ضریب محوری تری　　　　　　　　جلسه :

$B_x \simeq 11$

$B_y \simeq 33$ $\longrightarrow$ $P_{eq} = 140 + 11\times5 + 33\times2 = 261$ ton

$$A = \frac{261\,000}{0.9\times1600} = 181 \leftarrow$$

$$(M_{eq})_x = \frac{140}{11} + 5 + 3\times2 = 20.7 \text{ ton.m} \rightarrow S_x = \frac{20.7\times10^5}{2400} = 8$$

$$(M_{eq})_y = \frac{140}{33} + \frac{5}{3} + 2 = 7.9 \text{ ton.m}$$

$$\rightarrow M_{uy} = \phi_b Z_y F_y = 0.9\times1.5\times S_y\times F_y \rightarrow S_y = \frac{M_u}{1.35 F_y}$$

$$\rightarrow S_y = \frac{7.9\times10^5}{1.35\times2400} = 244 \text{ cm}^3$$

(دونه دونه مقاطع بالا رو بیاریم، تو جدول بگذاریم)

$$B_x = \frac{A}{S_x} = \frac{131}{1380}\times100 = 9.5 \ \left(\frac{1}{m}\right)$$

$$B_y = \frac{A}{S_y} = \frac{131}{471}\times100 = 28 \ \left(\frac{1}{m}\right)$$

$$* \quad P_{eq} = 140 + 9.5\times5 + 28\times2 = 243$$

$$A = \frac{243\,000}{0.9\times1600} = 168 \quad \text{IPB } 340$$

$$* \quad (M_{eq})_x = \frac{140}{9.5} + 5 + \frac{28}{9.5}\times2 = 26 \text{ ton}$$

$$S_x = \frac{26\,000}{2400} = 1083 \quad \text{IPB260}$$

$$* \quad (M_{eq})_y = \frac{140}{28} + \frac{9.5}{28}\times5 + 2 = 87 \text{ t.m}$$

$$S_y = \frac{87\times10^5}{1.35\times2400} = 268 \quad \text{IPB240}$$

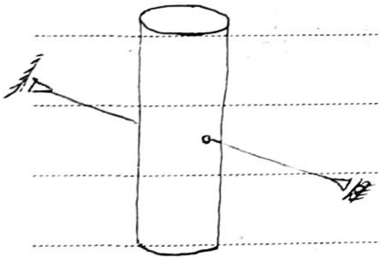
PAPCO

کنترل مراحل ⇒ IPB 260 کنترل بعدی

$$\lambda_x = \frac{k_x L}{r_x} = \frac{450}{11.2} = 40$$

$$\lambda_y = \frac{k_y \cdot L}{r_y} = \frac{450}{6.58} = 68.4 \Rightarrow \lambda_{max} \Rightarrow F_{cr}$$

سخت‌تر شه مهار وسطش اضافه می‌کنیم در راستای y . طول کمانش در راستای y رو نصف کردم .



$$\Rightarrow \lambda_y = \frac{k_y L}{r_y} = 34.2$$

$$P_c = \phi_c \cdot F_{cr} \times A_g = 0.9 \times 2219 \times 118 \times 10^{3}$$
$$= 235.7 \text{ ton}$$

$$\frac{P_u}{P_c} = \frac{140}{235.7} = 0.59$$ (۱_۷_۲_۱)

تعیین M_{cx} با فرض وجود مهار در وسط تیر ستون $L_b = 2.25^{m}$

$$\begin{cases} L_p = 3.34^{m} \\ L_r = 16.5^{m} \end{cases}$$

$$M_{cx} = \phi_b \, Z_x \cdot f_y = 0.9 \times 2400 \times 1283 \times 10^{-5} =$$

$$M_{cx} = 27.7$$

$$M_{cy} = 0.9 \times 602 \times 2400 \times 10^{-5} = 13 \text{ t.m}$$

۰.۹

Subject
Date

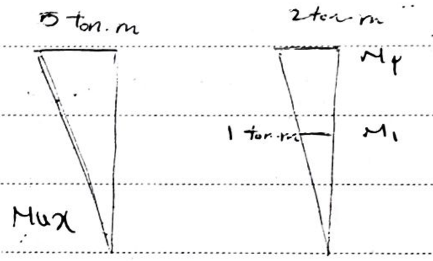
ضرایب تشدید

$$\begin{cases} B_{1x} = \dfrac{C_{mx}}{1 - \dfrac{P_u}{P_{e1x}}} = \dfrac{0.6}{1 - \dfrac{140}{1527}} < 1 \\ B_{1y} = \dfrac{C_{my}}{1 - \dfrac{P_u}{P_{e1y}}} = \dfrac{0.8}{1 - \dfrac{140}{2100}} = 0.86 < 1 \end{cases} \Rightarrow B_{1} = 1$$

$$P_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(L_x)^2} = \frac{\pi^2 \times 2.1 \times 10^6 \times 14920}{(450)^2} = 1527 \text{ ton}$$

$$P_{ey} = \frac{\pi^2 E I}{(L_y)^2} = \frac{\pi^2 \times 2.11 \times 10^6 \times 5130}{(225)^2} = 2100 \text{ ton}$$

ستون بهینه نشد!



$$C_m = 0.6 - 0.4 \frac{M_1}{M_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_u}{P_c} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}}\right) = 0.594 + \frac{8}{9}\left(\frac{5}{27.7} + \frac{2}{13}\right) = 0.89 <$$

$$\text{Op. } A = 0.89 \times 118 = 105$$

$$A_{IPB\,240} = 106$$

1cm بیشتر اضافه بشه مساحت، هیچ جواب نیست!
جواب لاغری نمی‌کنه!

تمرین فصل ۱۲ . ۳ . ۴ . ۵