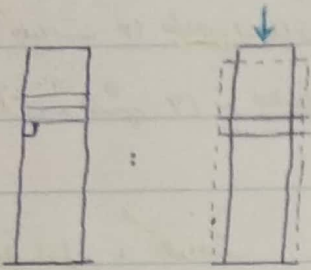
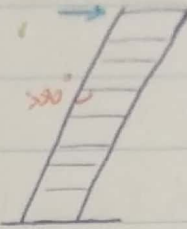


سازه های فولادی (۱)



حرکت محوری

اضلاع کوتاه و بلند می شوند

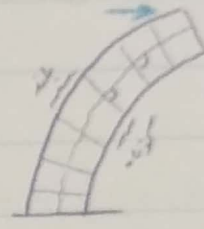


حرکت برشی

زاویه از ۹۰ خارج می شوند

مقاطع می لغزند

مخرب



حرکت خمشی

مقاطع می چرخند

زاویه ۹۰ می مانند

غیر مخرب

اصول طراحی، بر پایه طراحی سازه با حرکت خمشی (نه برشی) است.

فولاد: پر مقاومت + لاغر (حجم کم)

معیار طراحی
کمانش

اعضای یک بعدی: تیر و ستون، مهاربند

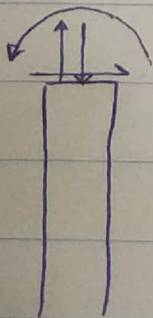
اعضای دو بعدی: ورق، پوسته و سه بعدی نداریم

معیار طراحی مقاومت

بتن: اعضای چاق ← اعضای یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی

تیر و ستون
↓
سقف
↓
پای

اعضای یک بعدی



بر اساس آن که کدام نیز در طراحی کنترل کننده است،

طراحی با آن اسم انجام می شود

کشش

فشار

برش

خمش

خمش

هرت در:

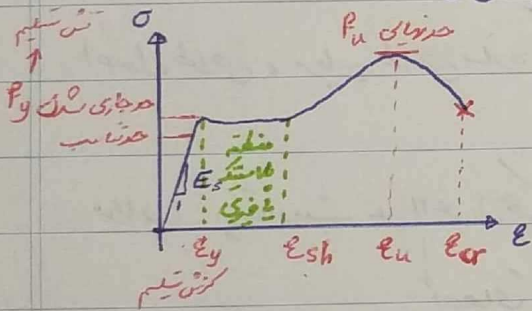
۱۱ کلیات ۱۲ طراحی اعضای کششی ۱۳ طراحی اعضای فشاری ۱۴ طراحی اعضای خمشی ۱۵ طراحی اعضای فشاری - خمشی ۱۶ تیر فلک ۱۷ تیر درق

فصل اول: کلیات

۱۷۷۰ - چین
۱۸۴۰ - آهن کم کربن
۱۸۹۰ - فولاد

کربن کمتر، جوش پذیری بیشتر، چکش خداری بیشتر، شکل پذیری بیشتر

در ساختمان نیاز به تغییر شکل داریم. فولاد بدون کاهش مقاومت تغییر طول می دهد.



$$E_s = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 = 2 \times 10^5 \text{ Mpa} = 10^6 \text{ N/mm}^2$$

واحدها:

طول	نیرو	تنش	جرم	استاندارد
mm m	N kN	$\text{Mpa} = \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	kg	
cm	kg = kgf ton	kg/cm ²	kg	عرف (علاوه بر بالا)

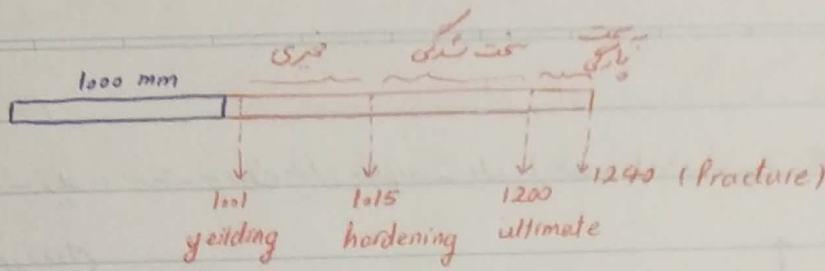
$$\epsilon_{sh} = \text{strain hardening} \quad \text{کاهش سخت شدن} \quad \approx 15 \epsilon_y$$

$$\epsilon_y = \text{yielding strain} \quad \epsilon_y \approx 114\%$$

$$\epsilon_u = \text{ultimate strain} \quad \epsilon_u \approx 200 \epsilon_y$$

$$\epsilon_{cr} = \epsilon_{fr} \quad \epsilon_{cr} = 240 \epsilon_y$$

crack → fracture



این نمودارها توصیفات مربوط به فولاد ساختمانی (فولاد نرم) است.

ductility or Flexibility = تغییر طول بدون کاهش مقاومت

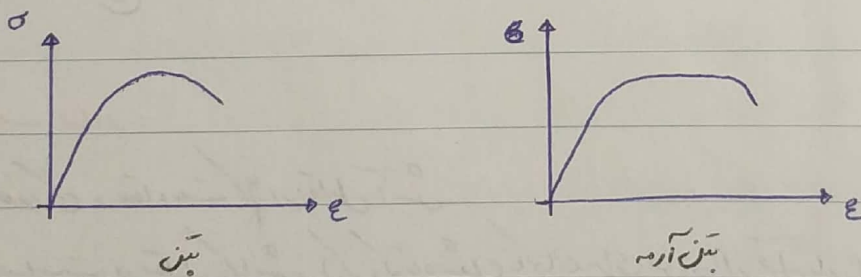
or non-brittle
نفر شکننده

* brittle: بدون تغییر شکلی شکننده → شکننده

* ductile: با تغییر شکلی شکننده → شکل پذیر
(مکان انعطاف پذیر)

در مهندسی عمران مصالح باید شکل پذیر باشند تا قبل از شکسته شدن به ساکنین اخطار بدهد تا ساختمان تخلیه شود.

در بتن آرمه، فولاد باعث می شود شکنندگی بتن کم شده، شکل پذیر تر شود.



$$F_u \geq 1.2 F_y$$

فولاد نرمه $F_y = 240 \text{ Mpa}$, $F_u = 370 \text{ Mpa}$

$$\frac{F_u}{F_y} = 1.54$$

$St = 37 \rightarrow F_u = 370 \text{ Mpa}$

$St = 52$ $F_y = 370$, $F_u = 520$

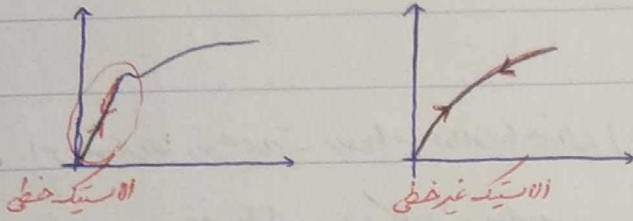
به شرطی: $240 \text{ Mpa} < F_y < 700 \text{ Mpa}$

خاصیت فولاد :

- مقاومت زیاد ، نسبت به وزن خیلی مقاومت دارد (حدوداً برابر بتن د 25 برابر مصالح بتابی)

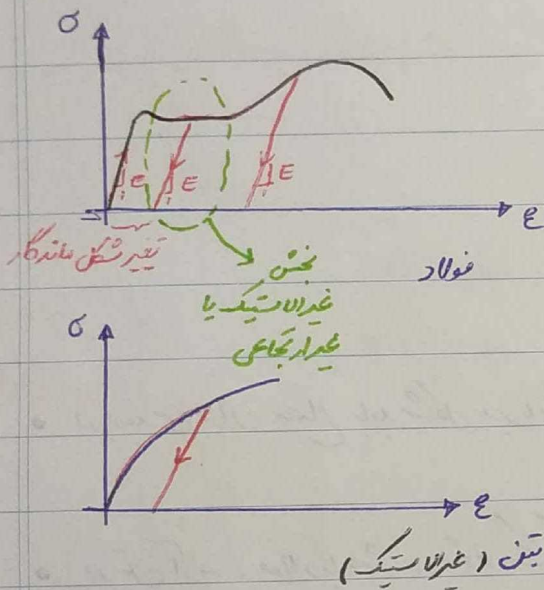
- یکپارختی و دوام

- قابلیت ارتجاعی یا الاستیک خطی
یعنی در سیر رفت بر می گردد



* فولاد در قسمت اول الاستیک است اما در قسمت دوم غیر الاستیک می شود. بتن به طور کلی غیر الاستیک و الاستیک همواره الاستیک است.

* فولاد هنگام باربرداری (unloading) با همان شیب بارگذاری بر می گردد



- قابلیت چکش خواری

- ساخت سریع

مقایسه فولاد :

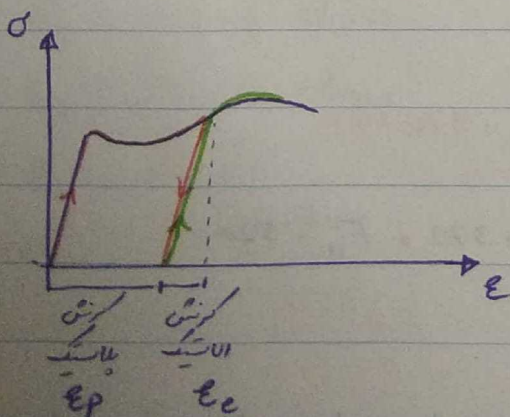
- خردگی و مقاومت کم در مقابل آتش

- حساسیت در مقابل گمانش (کم و کوتاه شدن ناگهانی برای خروج از تحمل بار) [لافی]

نکته :

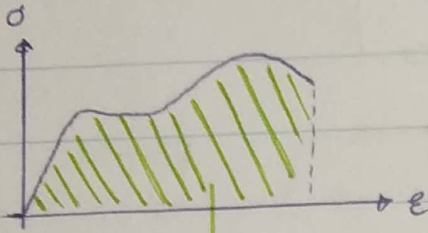
در بارگذاری مجدد احساس می شود مقاومت بالاتر رفته

ولی شکل پذیری کاهش می یابد (aging)



- : بارگذاری مجدد

کرنش کہ بری گردد elastic ، و کرنش کہ بری گردد plastic نامیدہ می شود .
 افزایش کرنش در فولاد به افزایش مقاومت به کاهش شکل پذیری



Toughness : طاقت ، چقرمگی

انواع فولاد :

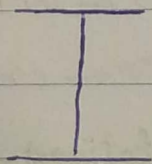
درصد کرنش :	0.1%	0.15%	0.3%	0.6%	1.7%	3%
	فولاد کم کرنش	فولاد کرنش ملایم	فولاد کرنش متوسط	فولاد کرنش زیاد	فولاد - جبرین	جبرین خالص
	فولاد ساختمانی	فولاد ساختمانی	فولاد ساختمانی	فولاد ساختمانی	فولاد ساختمانی	فولاد ساختمانی
	فولاد ساختمانی - پروفل و میلگرد	فولاد ساختمانی	فولاد ساختمانی	فولاد ساختمانی	فولاد ساختمانی	فولاد ساختمانی
	st-37	st-37	st-52	st-52	st-52	st-52
	$F_y = 2200 - 2400$	$F_y = 2200 - 2400$	$F_y = 3300$	$F_y = 3300$	$F_y = 3300$	$F_y = 3300$
	$F_u = 3700$	$F_u = 3700$	$F_u = 5200$	$F_u = 5200$	$F_u = 10,000$	$F_u = 10,000$

بیان فولاد به طبقه بندی 10 : F_y , F_u

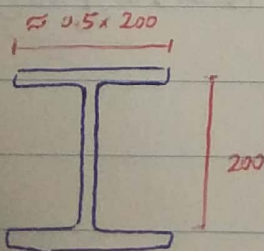
آلمانی : st-52 , st-37

آمریکایی : Grade A36

پروفیل ها ساختمانی :

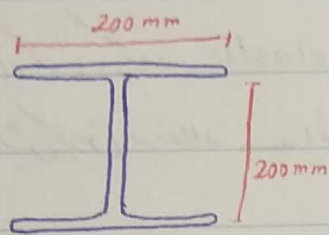


نیمخ : IPE , INP , IPB

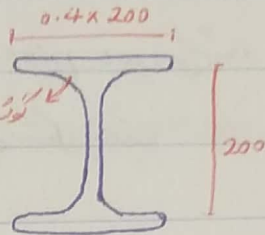


IPE 200

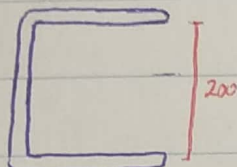
تفاوت این سه پروفیل



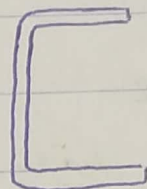
IPB 200
 IPB_L IPB IPB_V



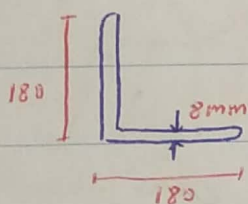
INP 200



UNV 200 ناودانی



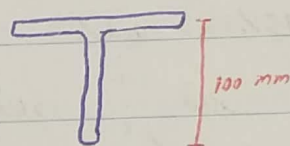
UPE



L 180 x 180 x 8

L 180 x 160 x 8 نشی

L 120 x 120 x 12



سری :
 IPE 200 نشیه

معیارهای طراحی یک سازه : سازه ایمن ، سرویس ده ، راحت و اقتصادی باشد ، **خستگی**

ایمن یعنی در مقابل بارها و آلودگیهای شکست نداشته باشد

سرویس ده یعنی در مقابل بارها و آلودگیها در درازمدت (بهره برداری) تغییر شکل از حد مجاز فراتر نرود

راحت یعنی در مقابل بارها و آلودگیها در درازمدت تغییر شکل از حد مجاز فراتر نرود

اقتصادی یعنی حداقل مصالح و نیروی کار

safe ← کنترل مقاومت (یا تنش) و کنترل پایداری ، کنترل شکل پذیری (معیار طراحی در برابر زلزله ، یعنی ترد نباشد)
 فصل ۱-۳ الزامات طراحی لرزه ای

servicable ← کنترل تغییر شکل (یا ماکزیمم سختی) فصل ۱-۲
 یعنی سختی آن از مقداری کمتر نشود که باعث تغییر شکل دهد

comfort ← در سازه ها برای خاص یا بلند آسین نام سازه بلند یا خاص

economic ← همیشه انجام می شود با رعایت حد فزنی مقاومت و تغییر شکل و یا شتاب سقف

خستگی (Fatigue) : کنترل تعداد سوراخ های خالی شدن سازه ، حداقل ۱۵۰۰۰۰ بار در طول عمر مفید (۵۰ سال)

در آسین نام پل ها (آستو)

return period

دوره بازگشت زلزله

برای مثال به طور متوسط هر 500 سال زلزله مخرب به وقوع می پیوندد

اگر سازه ای 50 سال عمر کند، $\frac{50}{500} = 10\%$ امکان دارد با آن زلزله مخرب مواجه شود.

کنترل مقاربت (یافتن)

↑ ضریب آن > 1
↑ ضریب آن < 1

1) LRFD: load and resistance Factor design

روش طراحی ضرایب بار و مقاربت

2) ASD: Allowable stress design
strength

روش طراحی تنش (مقاربت) مجاز

1) موضوع و روش مورد استفاده در درس ثابت که سبب 10 بر اساس آن نوشته شده است.

مبحث 4: بارهای وارد بر ساختمان

4-2-3- ترکیبات بارگذاری:

1) $1.4D$ → dead

2) $1.2D + 1.6L + 0.5(L \text{ or } S \text{ or } R)$
↑ live → snow
↑ roof live → rain

6) $0.9D + 1.6W$ → wind

7) $0.9D + E$ → earthquake

9) A_k بارهای غیر قابل پیش بینی

طبق روش 2 که روش تدبیر است

طبق روش 1

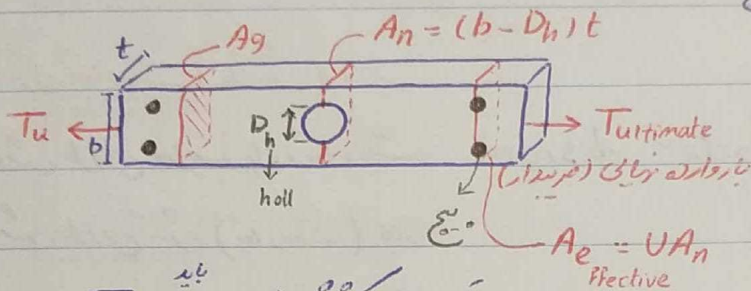
$$\begin{aligned} M_{\text{max}} &\leq M_{\text{ظرفیت}} \\ \downarrow & \\ 1.67 &\leq M_{\text{ظرفیت}} \end{aligned}$$

ضریب احتیاط

فصل ۲: طراحی اعضای کششی

- ساده ترین و ابتدایی ترین عضو در کشش

- مثل عضو خراب، مهار بند، آریزکف، کابل



✓ T_u باید مقاومت کششی طراحی

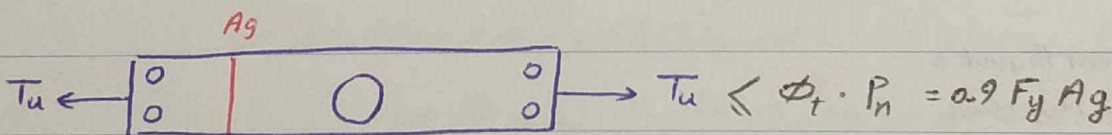
✓ T_u = Min

- 1) تسلیم کششی در مقطع کل
- 2) کشش کششی در مقطع خالص A_{net}
- 3) کشش کششی در مقطع خالص

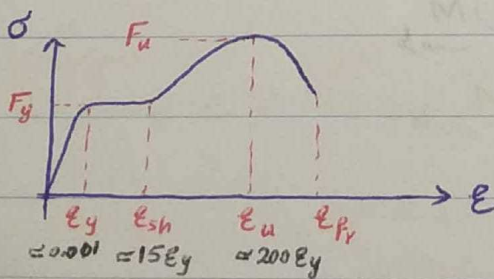
مورد عضو در محل اتصال ≤ 1

4) کشش کششی قابل در محل اتصال $A_e = U A_n$

1) تسلیم کششی در مقطع کل



جهت جلوگیری از تغییر طول زیاد عضو

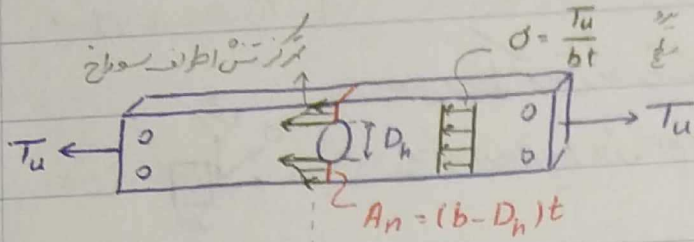


تسلیم کششی در مقطع کل عضو = $\phi_t \cdot P_n \rightarrow$ ظرفیت اسمی = $F_y A_g$

فشار
کاهش ظرفیت در کشش
 $\phi_t = 0.9$

$T_u \leq 0.75 F_u A_n$ ← مقطع خالص
 $T_u \leq 0.75 F_u A_e = 0.75 F_u U A_n$ ← مقطع خالص موثر
 ϕ_t

12 گنجشکی گشتی در مقطع خالص



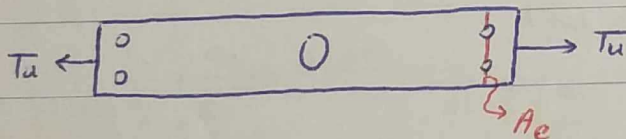
تشن در این قسمت تا F_u مجاز است که برسد (در نزدیک ترین قسمت به یوچ) این رسیدن تا F_u خراب نیست چون تغییر شکل و تغییر تشن ذره ذره رخ می دهد.

$$T_u \leq \phi_t \cdot P_n \rightarrow F_u A_n$$

از جرم ضرافیت استفاده کرده ایم با احتیاط بیشتر
 $0.75 \rightarrow$

و البته چون تغییر شکل ناگهانی نیست و آنگاه آرام است → ضریب احتیاط کمتر دارد چون مطمئنیم که نیروی بیشتری قابل اعمال است
 * با سوراخ شدن مقطع، مقطع ضعیف تر می شود! با کم شدن A_g بخاطر سوراخ و F افزایش یافته و می تواند به F_u برسد و کم شدن A_g با جبران کند. (تفسیر توزیع تشن ← افزایش اندکی تفاوت است)

13 گنجشکی گشتی در مقطع خالص موثر در محل اتصال

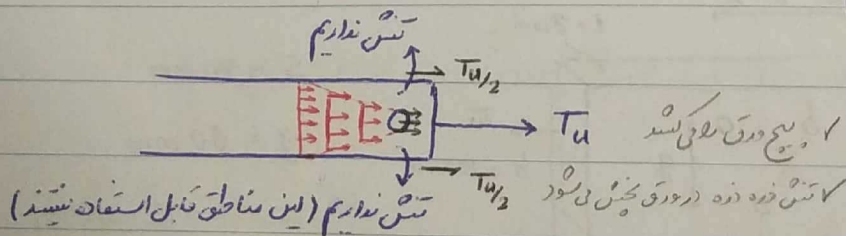


$$T_u \leq \phi_t \cdot P_n \rightarrow F_u \cdot A_e$$

$\downarrow$
 0.75

$\frac{F_u \cdot A_e}{A_n} = U A_n$
 $U \leq 1$

(U به نحوی ضریب عدم تطابق هندسی سوراخ و کل مقطع برای چسب تشن است)

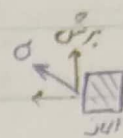


* پس U بستگی به تعداد و توزیع حوשהا دارد هرچه تعداد سوراخ ها در طول و عرض زیاد تر شود وضع بهتر می شود. (البته به بهترین حد خود یعنی بدون جوش سوراخ نمی رسد)
 به این کار افزایش درجه آزادی (redundancy) می گویند.

$U =$ ضریب تأخیر برشی

shear lag

یعنی در سطح کنترشن تغییر شکل
برشی در سازه (برش سهم خود را از تغییر شکل می گیرد)



جدول ۱-۲-۳-۱۰

$$A_e = U \cdot A_n \rightarrow \text{اگر سوراخ داشتیم}$$

$$= U \cdot A_g \rightarrow \text{اگر سوراخ نداشتیم}$$

(مثلاً اتصال با جوش بود)

سوراخ کردن : ۱- پانچ ($t \leq 12$) - ۲ - مته
اندازه آن

$$D_h \geq O$$

$$D_h = D_b + \text{لقی} + \text{رابطه بین نوع سوراخ}$$

(2 mm)

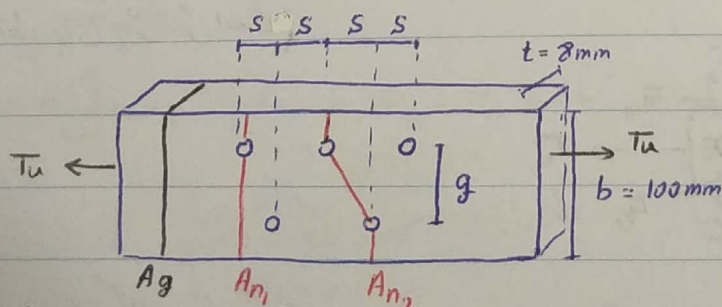
$$M22 \approx D_b = 22 \text{ mm}$$

$$\begin{cases} \text{سوراخ استاندارد} \\ \text{لقی 2 mm دارد} \end{cases} \begin{cases} M22 \leq \text{پنج} : 2 \text{ mm} \\ M22 > \text{پنج} : 3 \text{ mm} \end{cases}$$

جدول ۱-۲-۳-۱۰-۸

مثال : سوراخ برای پنج M20 ، سوراخ با پانچ ، استاندارد : $D_h = 20 + 2 + 2 = 24 \text{ mm}$

مثال : سطح مقطع خالص بحرانی را در شکل زیر بدست آورید.



$$D_h = 20 + 2 + 2 = 24$$

$$A_n = \min(A_{n1}, A_{n2})$$

$$A_{n1} = (100 - 24) \cdot 8 = 608$$

$$A_{n2} = (100 - 2 \times 24 + \text{اضافه طول بخاطر مسطح شدن}) \times 8 = 579.33$$

$$\text{به طور تجربی} : \frac{S^2}{4g} = \frac{70^2}{4 \times 60}$$

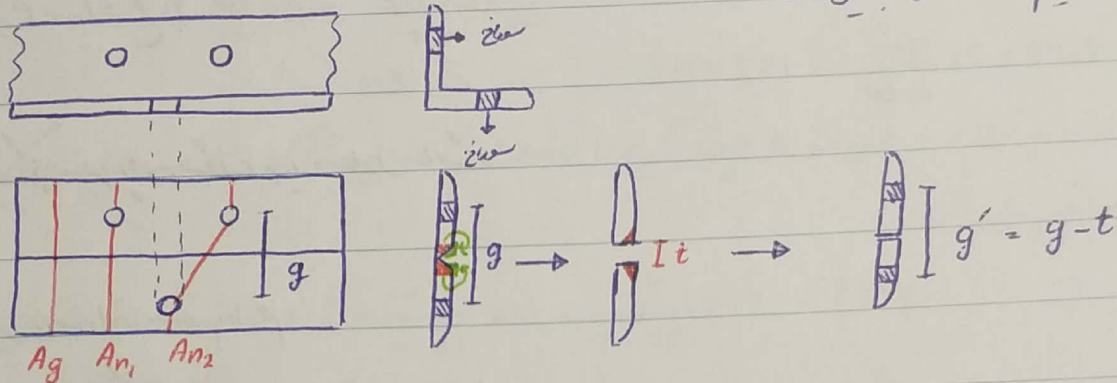
NAHAL

برای همین است که زیرگزراگ سوراخ کردن بجز است از در یک مسیر سوراخ کردن. چون گنج کردن مسیر، طول را زیاد می کند

* اثر زیرگزراگ: کاهش سطح مقطع با سوراخ ها اضافی، توسط گنج شدن مسیر و افزایش طول جریان می شود.

اثر زیرگزراگ روی سوراخ نبشی

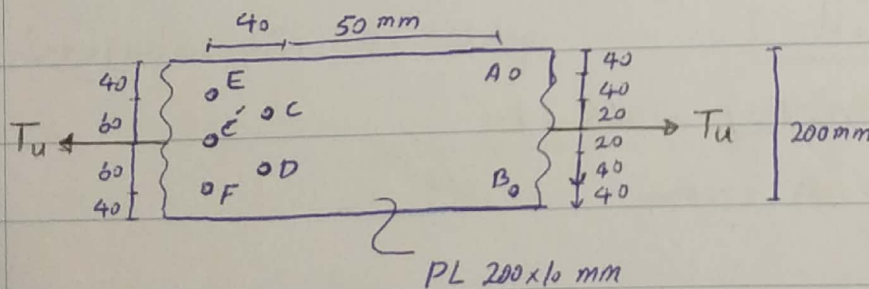
نبشی را بازاری کنیم تا به ورق تبدیل شود:



از جدول انتقال بدست می آید

$$A_{n1} = A_g - D_h t$$

$$A_{n2} = A_g - 2 D_h t + \frac{S^2}{4g} \times t$$



مثال: سطح مقطع خاص بحرانی؟

سوراخ با پانچ استاندارد M18

گرد + لقی + لقی

$$D_h = 18 + 2 + 2 = 22$$

ابتدا مسیر بحرانی را پیدا می کنیم (کوتاه ترین مسیر). مسیرهای بحرانی شکست از محل سوراخ ها:

۱- مسیر مستقیم یک سوراخ (نداریم)

۲- مسیر مستقیم دو سوراخ (AB یا CD)

۳- مسیر گنج دو سوراخ مثل AD یا CB که در مقابل مسیر مستقیم دو سوراخ بحرانی نیست

۴- مسیر مستقیم سه سوراخ (ECF)

$$L_n = 200 - 2 \times 22 = 156 \text{ mm}$$

$$L_n = 200 - 3 \times 22 = 134 \text{ mm}$$

نکته: لازم شود مسیر دو سوراخ مستقیم کنترل شود چون مسیر سه سوراخ مستقیم در مقابل مسیر دو سوراخ مستقیم
بحالی تر است

۵- مسیر سه سوراخ گنج که لازم به بررسی نیست (BDE و ECD ...)

۶- مسیر ۴ سوراخ مستقیم نداریم

۷- مسیر ۴ سوراخ گنج (ACDB و ECDF)

بحالی تر

$$L_n = 200 - 4 \times 22 + 2 \times \frac{40^2}{4 \times 60} = 132 \text{ mm}$$

نکته: شکل مسیر پاره شدن باید متقارن باشد.

۸- مسیر ۵ سوراخ مستقیم نداریم

۹- مسیر ۵ سوراخ گنج (AC'DB و ECC'DF)

بحالی تر

$$L_n = 200 - 5 \times 22 + 2 \times \frac{40^2}{4 \times 40} + 2 \times \frac{40^2}{4 \times 20} = 150 \text{ mm}$$

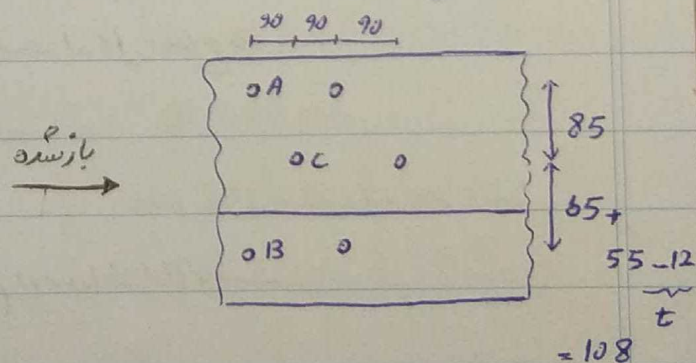
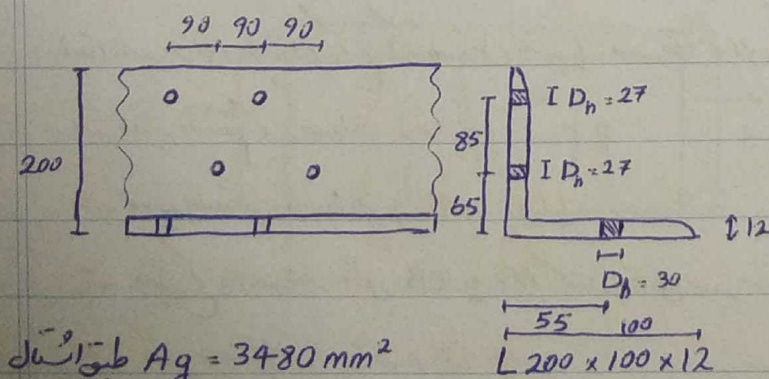
$$A_n = 132 \times 10 = 1320 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 200 \times 10 = 2000 \text{ mm}^2$$

$$T_u \leq \min(0.9 A_g F_y, 0.75 A_n F_u) = 366.3 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 2000 & 2400 \text{ Mpa} & 1320 \\ & N_{\text{mm}^2} & \\ \hline & 432 \text{ kN} & \end{array}$$

مثال: سطح مقطع خالص بحرانی درشتی



$$A_n = A_g - 27 \times 12 - 30 \times 12 = 2796$$

۱- مسیر دوسوراخ مستقیم (AB)

۲- مسیر سه سوراخ کج (ACB)

$$A_n = A_g - 2 \times 27 \times 12 - 30 \times 12 + \frac{90^2}{4 \times 85} \times 12 + \frac{90^2}{4 \times 108} \times 12 = 2982 \text{ mm}^2$$

$$T_u \leq \min (0.9 A_g F_y, 0.75 A_n F_u) = 751.68 \text{ kN}$$

$$\frac{3480}{1000} \text{ kN} \quad \frac{2796}{1000} \text{ kN}$$

تسلیم بکام شد

طرح پلینه سوراخ کردن : یعنی S را چقدر بگیریم (فاصله افقی سوراخ ها) که A_n سه سوراخی کج با A_n دوسوراخ مستقیم برابر شود :

$$3480 - 2 \times 27 \times 12 - 30 \times 12 + \frac{S^2}{4 \times 85} \times 12 + \frac{S^2}{4 \times 108} \times 12 = 2796$$

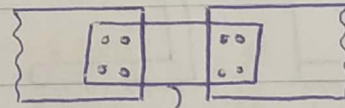
$$S = 71.66 \text{ m}$$

سلح مقطع خالص موثر (A_e) جدول ۱-۲-۳

معلیت عدم توزیع یکفراخت تنش : $U < 1$

$$A_e = U A_n \quad \text{اتصال سوراخدار}$$

$$A_e = U A_g \quad \text{اتصال بدون سوراخ (جوشی)}$$

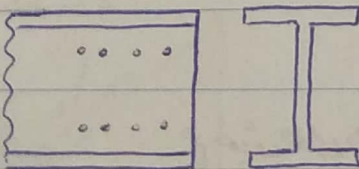


وصله بوسیله اعضا کششی

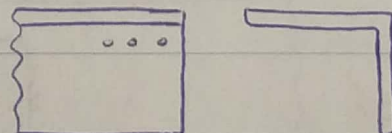
$$A_e \leq 0.85 A_g$$

انواع مقاطع : I ، L ، U ، T ، ...

ردیف 7 :



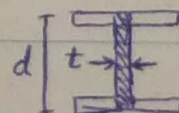
$$U = 0.7$$



$$U = 0.6$$

نکته : U لازم نیست از نسبت سلح مقطع سمت ها اتصال یافته به سلح کل کمتر باشد (بی خودی U کاهش ندهیم)

$$U \geq \frac{A_1}{A_g}$$



$$A_w = d \cdot t_w$$

$$U \geq \frac{A_w}{A_g}$$

جوش یا پیچ

فاصله محل اتصال تا مرکز سطح $\rightarrow$

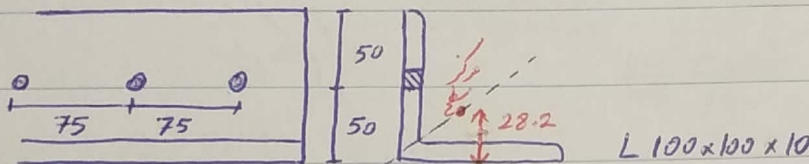
$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$$
 طول اتصال $\rightarrow$

ردیف 2 $\leftarrow$

ردیف 8 $\leftarrow$ یک وجه حداقل 2 یا 3 پیچ در دو ستای نیرو داشته باشد $\leftarrow U = 0.6$

اگر ردیف 2 جدول بیشتر از این گفته باشد، مجاز به گرفتن این مقدار بیشتر هستیم

مثال:



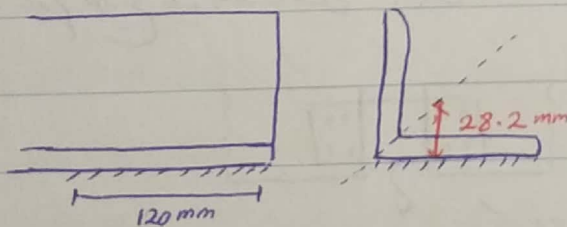
$\bar{x} = 50 - 28.2 = 21.8 \text{ mm}$

$L = 2 \times 75 = 150$ $\rightarrow U = 1 - \frac{21.8}{150} = 0.85 \geq 0.6$

دقیق حساب نکردیم چون به هر حال به 0.85 نمی‌رسد $U \geq \frac{A_1}{A_g} = \frac{\frac{A_g}{2} - D_h t}{A_g - D_h t} = 0.5$ از طرفی

$U = \max(0.5, 0.85, 0.6) = 0.85$

وقتی جوش داشته باشیم:



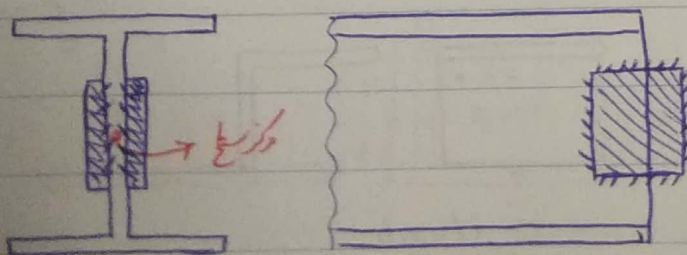
ردیف 8: قابل استفاده نیست چون پیچ نداریم

ردیف 2: $U = 1 - \frac{28.2}{120} = 0.76$

از طرفی $U \geq \frac{A_1}{A_g} = 0.5$

دقیقاً برابر چون سوراخ نداریم

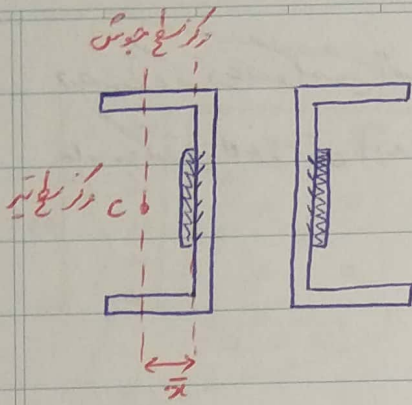
جدول - ردیف 2:



هم جوش طولی دارد
هم عرضی

چون مرکز سطح جوش و نیروی هم هستند $\bar{x} = 0$

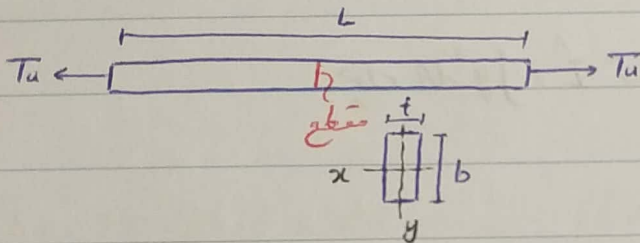
اصلاح این ریف : $\bar{x}$ بار درست این است :



$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$$

شرایط بهره برداری مناسب :

کنترل لاغری اعضای کششی (علاوه بر کنترل مقاومت طراحی)



$$I_x = \frac{tb^3}{12} = I_{max}$$

$$I_y = \frac{bt^3}{12} = I_{min}$$

$$A = bt$$

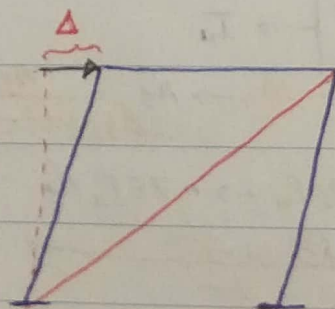
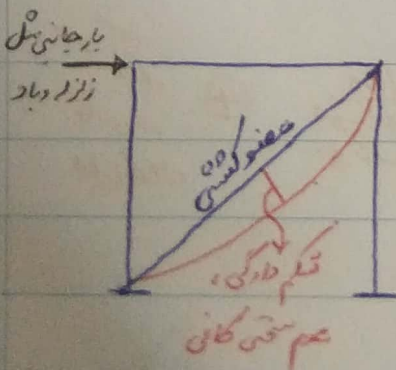
بهره داری
مان اینرسی

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \Rightarrow r_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = \sqrt{\frac{bt^3}{12bt}} = \sqrt{\frac{t^2}{12}}$$

$$r_{min} = \frac{t}{\sqrt{12}}$$

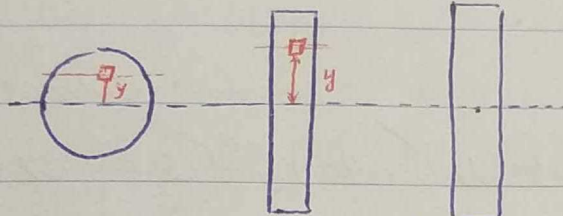
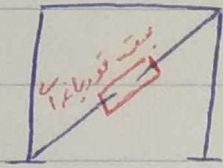
به خاطر جلوگیری از ارتعاش زیاد ناشی از باد، حرکت‌ها محلی و جلوگیری از شکم دادن در اثر وزن خود

$$\frac{L}{r_{min}} = \text{لاغری} < 300$$



بعد از حرکت Δ باعث ضربه به عضو کششی می‌شود!

در صورتی که در عضو کششی "تعبیت" قورباغه ای باشد، تا با نصف کردن آن جلوی شکم دادگی گرفته شود.
نیاز به کنترل لاغری نمی باشد



$$A_1 = 5 \text{ cm}^2$$

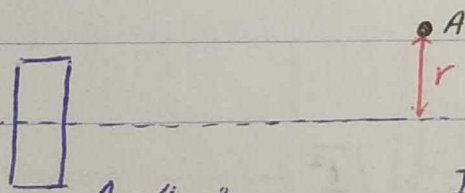
$$A_2 = 5 \text{ cm}^2$$

$$A_3 = 10 \text{ cm}^2$$

$$I_1 = 60 < I_2 = 100 > I_3 = 180 \text{ cm}^4 \quad I = \int y^2 dA \quad \text{چون}$$

بهره داری I_2 بیشتر است (I بیشتر در سطح بزرگتر)

مفهوم شعاع ژیراسیون در شکل:



$$A = 4 \text{ cm}^2$$

$$I = Ar^2$$

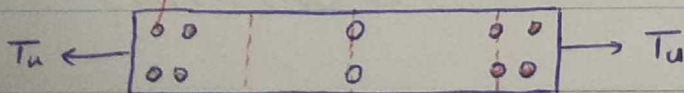
$$I = 100 \text{ cm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{100}{4}} = 5$$

همه مساحت را در A متمرکز کنیم، در فاصله r از خود قطر دارد.

اثر انتقال نیرو در اتصال:

شیع درون سوراخ



$$A_g$$

$$A_n$$

$$A_e = U A_n$$

$$A_e \rightarrow A_e$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$A_e = \frac{A_e}{U A_n} = \frac{U A_n}{U A_n}$$

$$0.9 F_y A_g$$

$$0.75 F_u A_n$$

$$0.75 A_e F_u \rightarrow 0.75 F_u A_e$$

$$0.75 F_u A_e$$

① تسلیم در عضو

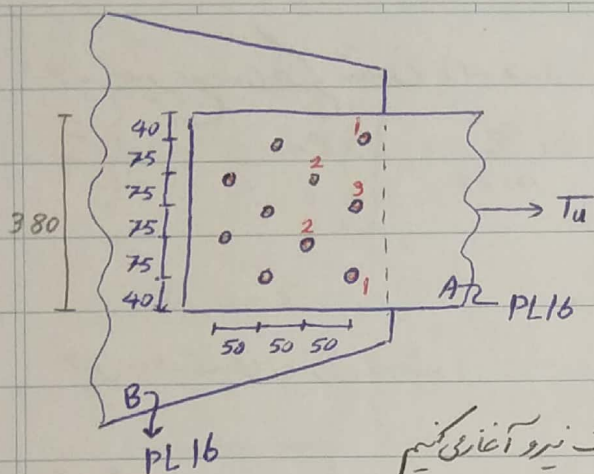
② گسیختگی در عضو

③ گسیختگی در محل اتصال

④ گسیختگی قالبی در محل اتصال

$$T_u \leq \text{Min}(1, 2, 3, 4)$$

سوال :



$$D_h = 22 + 2 + 2 = 26 \text{ mm}$$

M22

فضای بین تمام پیچ ها از یک جنس یک قطر است.

نیروهاب طور مساوی بین پیچ ها تقسیم می شوند

$$\left(\frac{T_u}{10} \right)$$

هدف : یافتن A_n بحرانی (L_n بحرانی) بر روی ماز سمت نیرو آگاهی کنیم چون شش اول دارد این سمت هابی شود و ورق از آنجا پاره می شود

1- مسیر یک سوراخ مستقیم نداریم NA

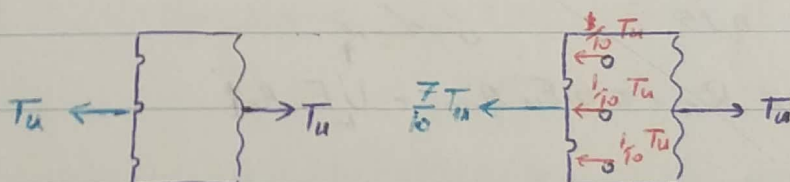
2- مسیر دو سوراخ مستقیم (2-2)

$$L_n = 380 - 2 \times 26 = 328 \text{ mm}$$

$$0.7 T_u L$$

3- مسیر سه سوراخ مستقیم (1-3-1)

$$L_n = 380 - 3 \times 26 = 302 \text{ mm}$$



$$\text{تنش بر روی سطح} = \frac{T_u}{A_n} = \frac{T_u}{L_n t}$$

$$A_n = L_n t = 328 \times 16$$

$$\text{تنش بر روی سطح} = \frac{0.7 T_u}{A_n} = \frac{0.7 T_u}{L_n t} = \frac{T_u}{\left(\frac{L_n}{0.7} \right) t} = \frac{T_u}{L'_n t}$$

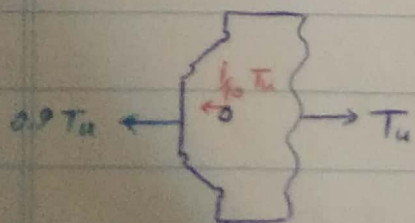
$$L'_n = \frac{302}{1}$$

$$L'_n = \frac{328}{0.7}, A'_n = \frac{A_n}{0.7}$$

4- مسیر سه سوراخ کج متوازن (2-3-2) با $0.8 T_u$ نسبت به حالت 2 بحرانی نیست

4- مسیر چهار سوراخ مستقیم NA

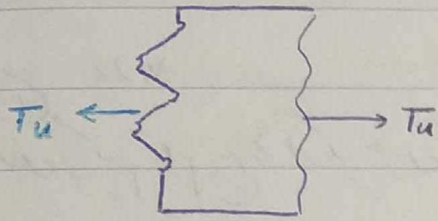
5- مسیر چهار سوراخ کج متوازن (1-2-2-1)



$$L_n = 380 - 4 \times 26 + 2 \times \frac{50^2}{4 \times 75} = 293 \text{ mm}$$

$$L'_n = \frac{293}{0.7} = 325 \text{ mm}$$

7- سیرینگ سوراخ کنی متقارن (1-2-3-2-1)



$$L_n = 380 - 5 \times 26 + 4 \times \frac{50^2}{4 \times 75} = 283 \text{ mm}$$

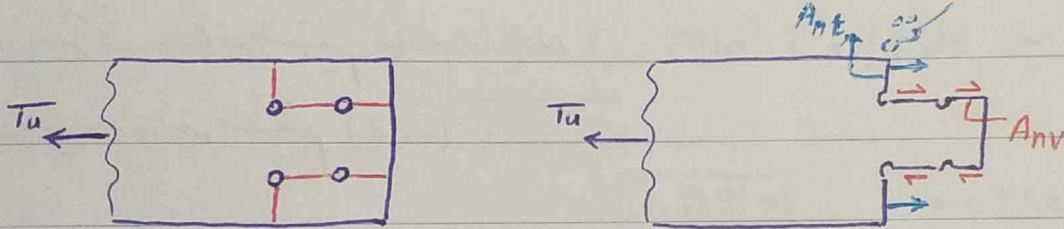
$$L'_n = \frac{283}{1} = 283 \text{ mm}$$

$$A_n' = 283 \times 16$$

این حالت بحرانی ترین است :

14) گسختگی قالبی در محل اتصال :

بسیار نادر است. در زمانی که طول و ابعاد اتصال کوچک باشد رخ می دهد.



$$0.6 F_u = T_u$$

$$F_u$$

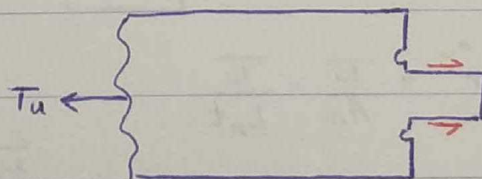
✓ $\phi R_n \rightarrow$ مقاومت اسمی

0.75

ضریب کاهش

$$R_n = 0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

مقاومت قالبی :

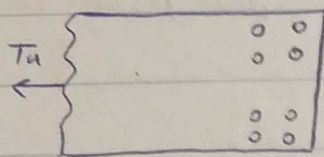


$$T_y \times A_{gv} = 0.6 F_y A_{gv}$$

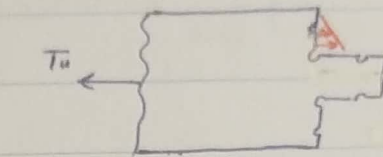
$$R_n = 0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

گسختگی برشی بر روی
مقطع خالص

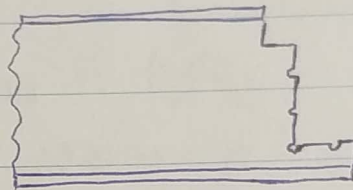
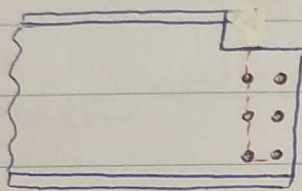
تسلیم برشی بر روی
مقطع کامل



$$U_{bs} = 0.5$$



عملت توزیع غیر یکسان است



مثال: اتصال خراب

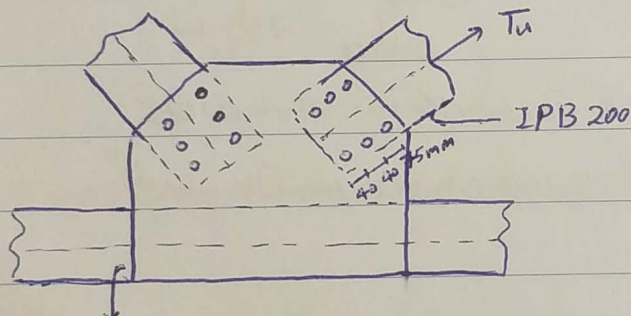
اعضای I شکل

یک عضو خراب IPB 200

در هر بال ۶ پیچ M22

پروفیل با فولاد درجه $F_y = 240 \text{ Mpa}$, $F_u = 370$

مطلوب است T_u !



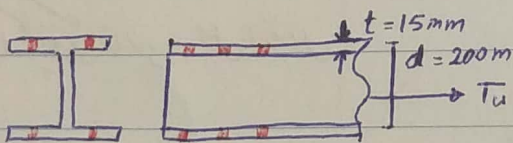
دو ورق در دو طرف بالهای

اعضای I شکل

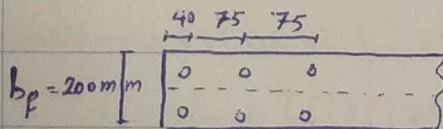
فرض: مقاومت پیچ ها و ورق اتصال کافی است

در میان عضو مورخ وجود ندارد

سوراخ از نوع استاندارد و با متد ایجاد شده است.



$$\text{IPB 200} \rightarrow A_g = 7810 \text{ mm}^2$$



نداریم (سوراخ بیانه عضو)

$$T_u \leq \text{Min} (0.9 F_y A_g, 0.75 F_u A_n, 0.75 F_u A_e, \text{مقاومت کشش})$$

T_1

T_2

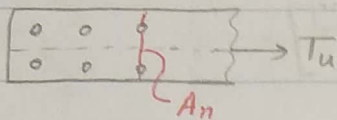
T_3

$$T_1 = 0.9 F_y A_g = 0.9 \times 240 \times 7810 \times 10^{-3} = 1687 \text{ kN}$$

1) تسلیم کشش عضو

12) گنجشگی محل اتصال

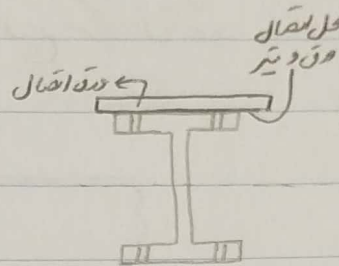
↓
شیر دوسو رانده مستقیم متعارف داریم
↓
وتر و یکسره نیز



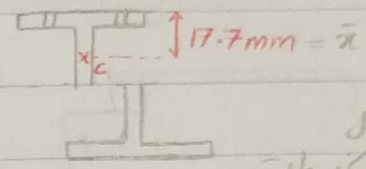
$$A_n = A_g - 4 \times 26 \times 15 = 6250$$

$$A'_e = A_e = U A_n$$

1-3-2-10 طبق جدول U برای:



جدول برای IPB 200:

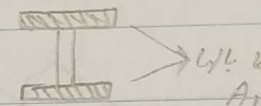


چون

نشان داده شد

اتصال تا کار بر عادت
محل اتصال مستقیم

$$U = \text{Max} \begin{cases} 2 \text{ ریف: } 1 - \frac{\bar{x}_L}{L} = 1 - \frac{17.7}{150} = 0.88 \\ 7 \text{ ریف: } b_p \geq \frac{2}{3} d \rightarrow 200 \geq \frac{2}{3} \times 200 \checkmark \rightarrow U = 0.9 \\ \frac{A_1}{A_g} = \frac{2 \times 200 \times 15}{7810} = 0.7 \end{cases}$$



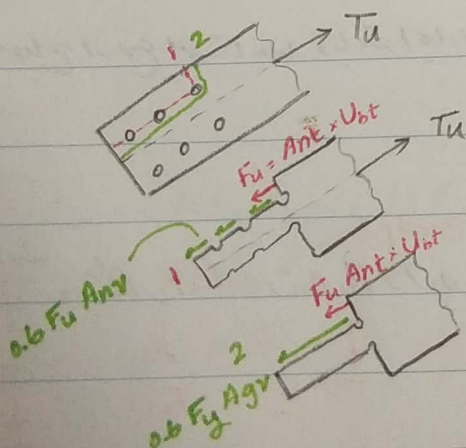
$$U = 0.9$$

چون طبق جدول باها فقط اتصال دارند و فقط با آنها نیرو وارد می شود

اگر ورق به جان متصل بود، به جای حالت سیر، ناودانی [در نظر می گیریم

$$T_2 = 0.75 F_u A'_e = 0.75 \times 370 \times 0.9 \times 6250 \times 10^{-3} = 1561 \text{ kN}$$

13) گنجشگی قابی در محل اتصال



4 سطح شش داریم

$$A_{nv} = (40 + 75 + 75 - 2.5 \times 26) 15 \times 4 = 7500 \text{ mm}^2$$

$$A_{gv} = (40 + 75 + 75) 15 \times 4 = 11400$$

$$A_{nt} = (40 - 0.5 \times 26) 15 \times 4 = 1620$$

$$T_3 = 0.75 (0.6 F_u A_{nv} + U_{bt} F_u A_{nt}) \leq 0.75 (0.6 F_y A_{gv} + U_{bt} F_u A_{nt})$$

$$370 \quad 7500$$

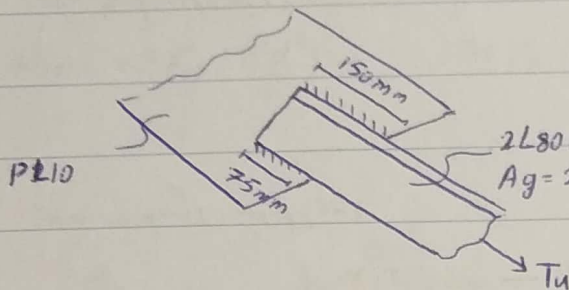
$$240 \quad 11400 \quad 1 \quad 370 \quad 1620$$

$$1691 \text{ kN}$$

$$1702 \text{ kN}$$

$$T_1 = 1687, T_2 = 1561, T_3 = 1691 \text{ kN} \xrightarrow{\text{Min}} T_u = 1561 \text{ kN}$$

مثال: T_u



خواص: $F_y = 240 \text{ MPa}$, $F_u = 370$
 اتصال: جوش در دو اتصال متفاوت کافی دارند و در دو اتصال
 (طول جوش سمت بال بیشتر است و چون
 تن در این سمت بیشتر است)

$$T_u = \text{Min} (0.9 F_y A_g, 0.75 F_u A_n, 0.75 F_u A_e)$$

$\downarrow$ تسلیم عضو $\downarrow$ کنشگی عضو $\downarrow$ کنشگی در محل اتصال
 T_1 T_2 T_3

$A_e = A_n = U A_n$

11 تسلیم کنشی عضو

$$T_1 = 0.9 F_y A_g = 0.9 \times 240 \times 2460 \times 10^{-3} = 531 \text{ kN}$$

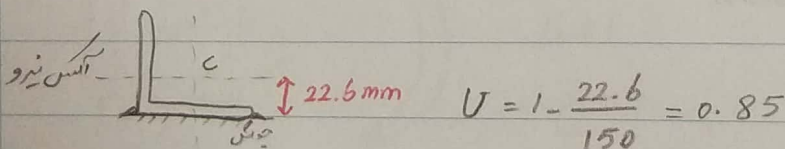
12 کنشگی محل اتصال

$$T_2 = 0.75 U A_g F_u$$

$$U = \begin{cases} 1 - \frac{\bar{x}}{L} & \text{برای 2 ریف} \\ \text{طبق جدول 1-3-2-10} & \text{max} \end{cases}$$

ریف 8 و 6 به یکی است نه جوش

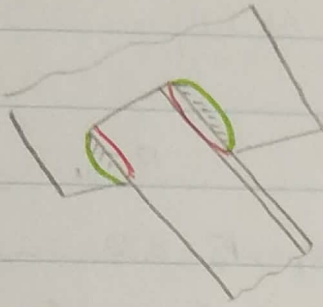
$$\text{یک بال جوش شده یک بال نشده} \quad \frac{A_1}{A_g} = 0.5$$



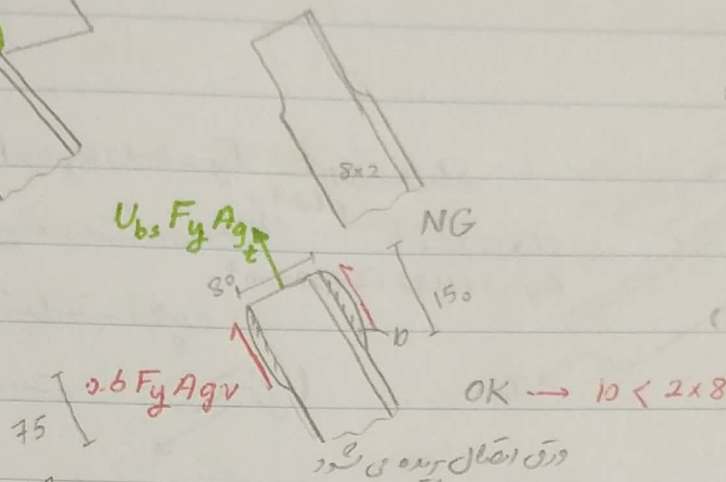
$$T_2 = 0.75 \times 370 \times 0.85 \times 2460 \times 10^{-3} = 580 \text{ kN}$$

ما F_y در A_{gt} ضرب شده
عدم این که ضخامت ورق در در نظر گرفته نشود

(3) گنجشکی قلابی در محل اتصال



خود پرده سوراخ جوش (1)



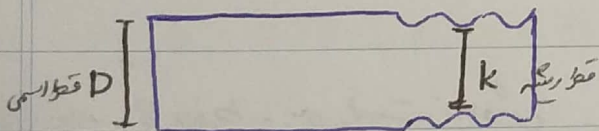
خود پرده سوراخ جوش (2)

$$T_3 = 0.75 \left[\underbrace{(75+150) \times 10}_{\text{ضخامت ورق اتصال}} \times 0.6 F_y + U_{bs} F_y \underbrace{(80 \times 10)}_{A_{gt}} \right] \times 10^{-3} = 387 \text{ kN}$$

$$T_u = 387 \text{ kN}$$

گنجشکی قلابی حاکم شد

میله کرد با انتهای درزده شده (= میل خنجر)



سطح مقطع موثر فابریک اسپی درسته
است چون تن درویدی شده و این سطح
مقاومت بیشتری از سطح اسپی خواهد داشت

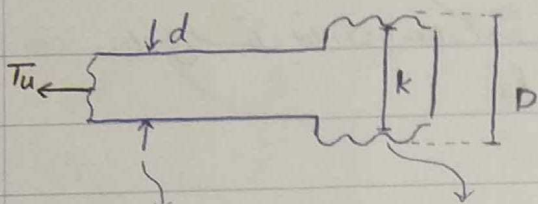
سطح اسپی < سطح مقطع موثر < سطح رسته

$$\begin{aligned} & A_{eb} \\ & \text{effective} \leftarrow \text{bolt} \\ & \downarrow \\ & 0.79 A_{nb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & A_{nb} = \frac{\pi D^2}{4} \\ & \downarrow \\ & \text{nominal} \end{aligned}$$

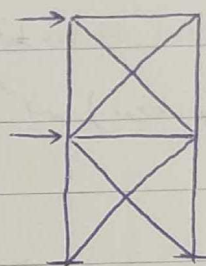
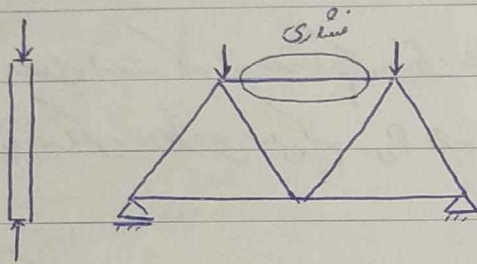
$$T_u = \text{Min} \left(0.9 F_y A_{nb}, \underbrace{0.75 F_u A_{eb}}_{0.79 A_{nb}} \right)$$

↓
تسلیم کشی عضو



$$Min = 0.9 F_y \left(\frac{\pi d^2}{4} \right), \quad 0.75 F_u \left(0.79 \frac{\pi D^2}{4} \right)$$

فصل ۳. طراحی اعضای فشاری (ستونها)

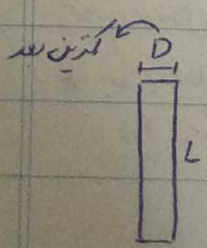
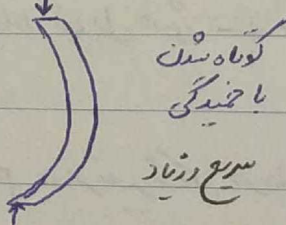
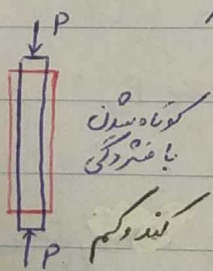


تغایرنده

معیار طراحی برای یک عضو کششی: تسلیم، گسیختگی (هر دو در طول عضو)، گسیختگی در محل اتصال، گسیختگی قائمی در محل اتصال

معیار طراحی برای یک عضو فشاری: قبل از تسلیم عضو یا گسیختگی (انهدام)، یا از بین رفتن پایداری عضو خصوصاً در اعضای لاغر اتفاق می افتد (کمانش)

کمانش: از بین رفتن پایداری، گمانه کردن، از زیر بار شانه خالی کردن یا ریز کردن در کوتاه شدن



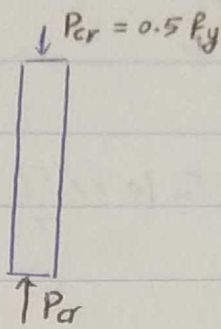
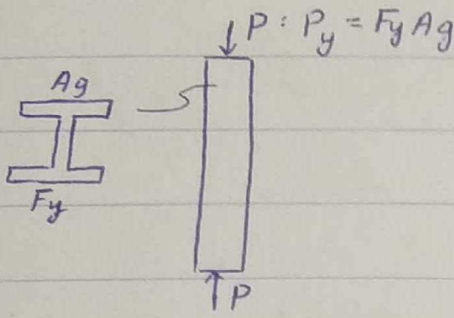
$$\frac{L}{D} > 10$$

مقارن

شرط گمانه کردن: لاغری

الیه فولاد حدود ۱۴-۱۷ است

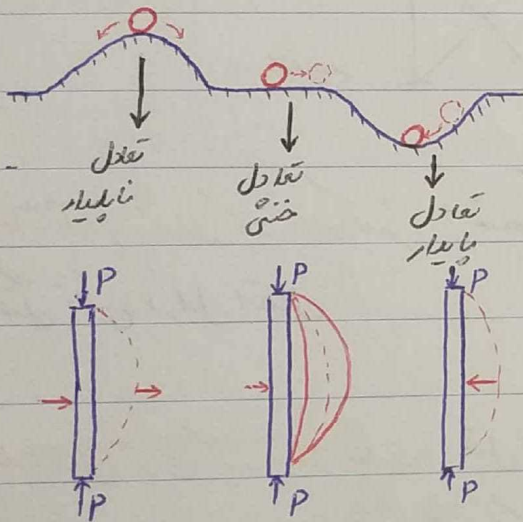
هدف: طراحی ستون فولادی با معیار گمانش



$$P_{cr} < P_y$$

✓ P_{cr} عددی است کمتر از حد تسلیم که در آن عضو گمانه می کند.

✓ باید تا حد ممکن در طراحی سعی کنیم P_{cr} به P_y نزدیک کنیم (در حد $0.9 P_y$)



✓ این سه گویه هر سه متقابل اند

اما هر سه باید ارضاء نشیند!

$$P > P_{cr}$$

$$P = P_{cr}$$

$$P < P_{cr}$$

حتم تغییر شکل نیافته
همیشه این را داریم

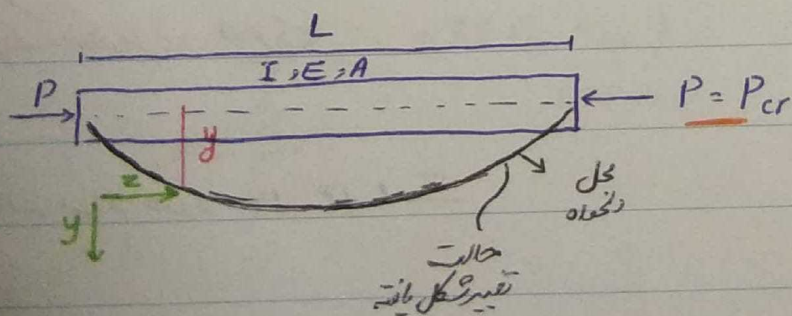
حتم تغییر شکل یافته
الان این را داریم

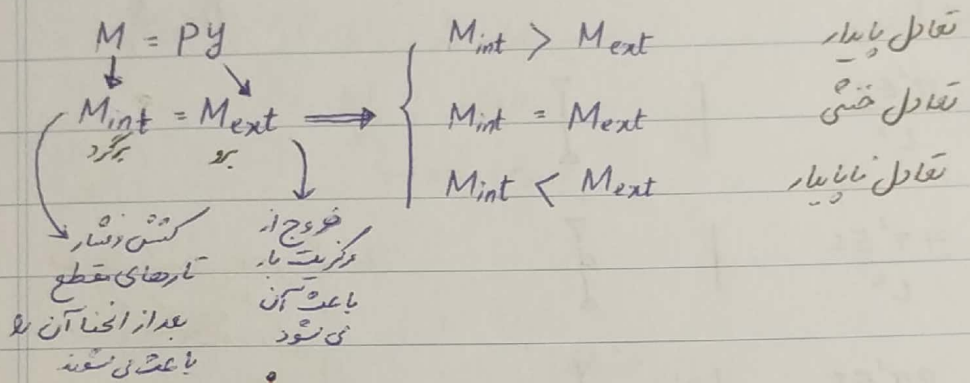
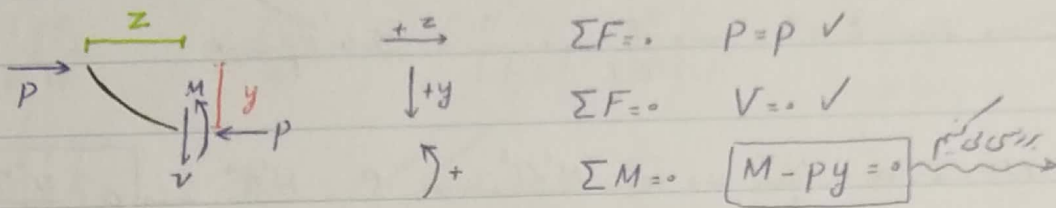
هدف: P_{cr} ← معادله تعادل خشی ← دیگر ارام آزاد جسم

مدعی هستیم در حالت $P = P_{cr}$ در هر تغییر شکل هر جا مقطع

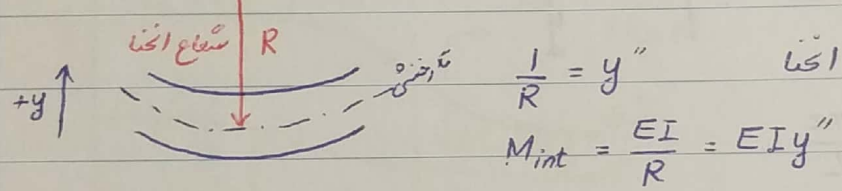
بخشیم، تعادل برقرار است.

★ نیروی داخلی در حال تعادل همان P_{cr} می شود





از تفاوت مصالح داریم:



در معادله $M_{int} = M_{ext}$ جهت فرض y در دو حالت متفاوت و عکس هم است

هر عددی بخواهیم می توانیم بگیریم

معادلات: E, I, y

معادله: $-EI y'' = Py$

معادله: $EI y'' + Py = 0$

معادلات: $P = P_{cr} = ?$

معادله دیفرانسیل خطی مرتبه دوم

$y'' + \frac{P}{EI} y = 0$

$y'' + \alpha^2 y = 0$

$y = A \sin \alpha z + B \cos \alpha z$

نهایت های معادله بر اساس شرایط مرزی

شرایط مرزی

$z=0, y=0 \rightarrow B=0 \rightarrow y = A \sin \alpha z$

$z=L, y=0 \rightarrow 0 = A \sin \alpha L$

$A=0$ or $\sin \alpha L = 0$

به معنی عدم تغییر شکل ستون
یعنی عدم گزشتن $y \neq 0$

یعنی عدم بارگذاری

$$\text{اگر } \alpha L = 0 \rightarrow \alpha^2 = 0 \rightarrow \frac{P}{EI} = 0$$

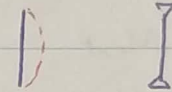
$$\text{اگر } \alpha L = N\pi \rightarrow \alpha = \frac{N\pi}{L} \rightarrow \alpha^2 = \frac{N^2\pi^2}{L^2} \rightarrow \frac{P}{EI} = \frac{N^2\pi^2}{L^2} \rightarrow \boxed{P = \frac{N^2\pi^2 EI}{L^2}}$$

$\downarrow$
 P_{cr}

$N = \text{تعداد دگرگونی بار در طول} + 1$

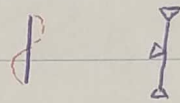
$N = 1$

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



$N = 2$

$$P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI}{L^2}$$



مقاومت بیشتری حاصل شده اما
از دو قسمت گمانش می‌کند

$N = 3$

$$P_{cr} = \frac{9\pi^2 EI}{L^2}$$



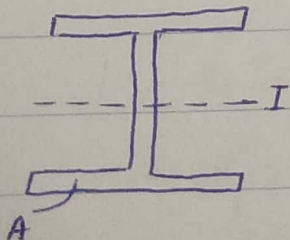
دگرگونی
 $\neq 0$

$$y = A \sin \alpha z = A \sin \frac{\pi z}{L}$$

✓ برای حالت بدون دگرگونی در طول تکیه گاه میانی :

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

این رابطه بدون وابستگی به بار و فقط وابسته به هندسه است



$$I = Ar^2$$

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

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

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

$$\frac{L}{r} = \lambda \text{ (slenderness)}$$

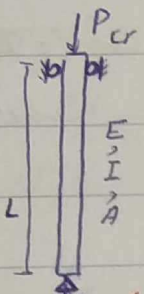
طراحی اعضای فشاری :

کاملاً وابسته به هندسه و به میزان بار ارتباطی ندارد



رمول اولر (گمانش الاستیک) بارهای

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



$k = 1$ در دو سر مفصل $\rightarrow$ ضریب شرایط مرزی یا تکیه گاهی

$kL =$ طول موثر

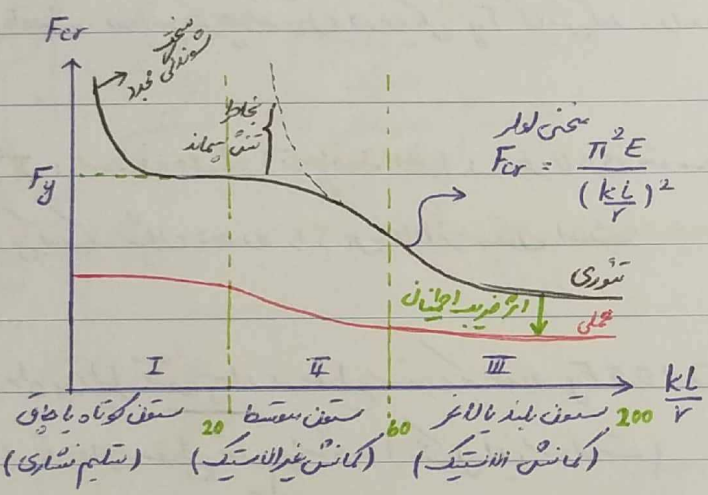
$P_{cr} < P_y = F_y A$ $k =$ ضریب طول موثر

$\frac{kL}{r} =$ لاغری
 $\rightarrow \min(r_x, r_y)$

طراحی برپایه ستون یعنی P_{cr} را تا حد ممکن

به P_y نزدیک کنیم
 $0.9 P_y$

در آرماسیاد :



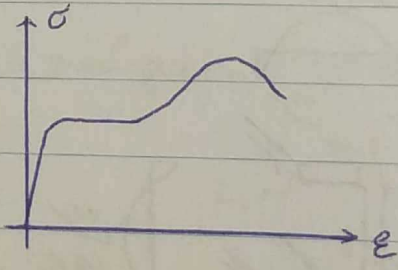
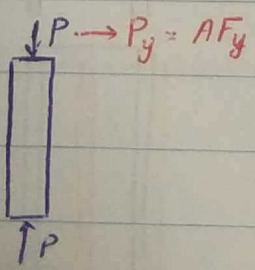
در گشت حداغری 300 و در اعضای

ضخای 200 می باشد

این مشطات باید بزرگتر من ضریب اجزایان جیران می شود

در عمل بخاطر (۱) ناهمگونی بودن اولیه ۱۲ شرایط تکیه گاهی غیر ایده آل (۳) نیروی محوری (تغایر بار و ع) گمانش جانبی یا موضعی اجزای ستون در تنش کمتر از حد تئوری گمانش می کند

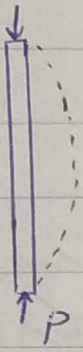
I : ستون کوتاه یا چاق



خط چاق بودن گمانش نمی کند $F = \frac{P}{A}$ به سمت تسلیم F_y و پس به سمت سخت شدنی و F_u می رود

III: **ستون بلند یا لاغر**: بخاطر لاغری گمانش می‌کند و طبق معادله اولر تنس به حالت بحرانی و کمتر از F_y

ی رسد.



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

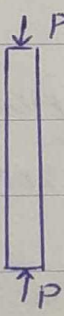
برای مثال

$$P \rightarrow 0.4 P_y = 0.4 F_y A$$

بخاطر لاغری در تنس ها خیلی کمتر از F_y (کمتر از $0.5 F_y$) گمانش می‌کند و ستون دارای راندهای پایین است. در واقع هر چه ستون در زیر یکی F_y گمانش کند، راندهای اشقاد بهینه از مصالح ستون زیادتر است.

II: **ستون معمولی (نه چاق نه لاغر)**: بخاطر لاغری متوسط و معمولی ستون در تنس بیش از $0.5 F_y$ گمانش

می‌کند که نشان دهنده راندهای بالاتر ستون است.



$$P \rightarrow 0.7 P_y = 0.7 F_y A$$

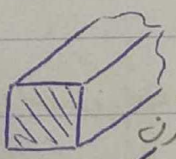
برای مثال

✓ ولی به دلیل تنس سمانه در مقطع ستون که حدود $0.5 F_y$ است، بخشی از تارهای مقطع تسلیم می‌شوند (مشکل این سوالات)

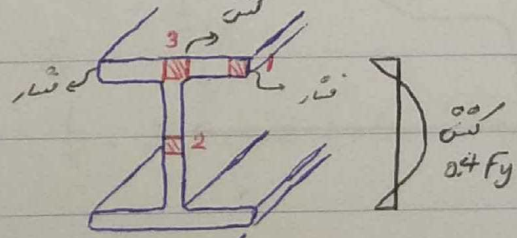
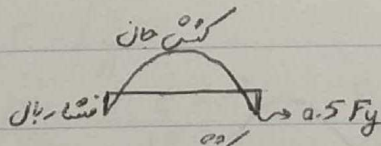
تنس سمانه (Residual stress):

در فرایند نورد گرم (hot rolling)

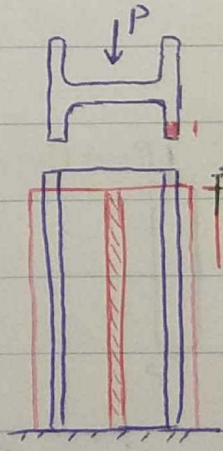
ابتدا یک شمشیر فولادی داریم



تا $800^\circ C$ حرارت
تزدک به ذوب شدن
دارد قالب بلبرینگ در کردن



ترتیب خنک شدن بر اساس
تعداد وجود در تماس با هوا



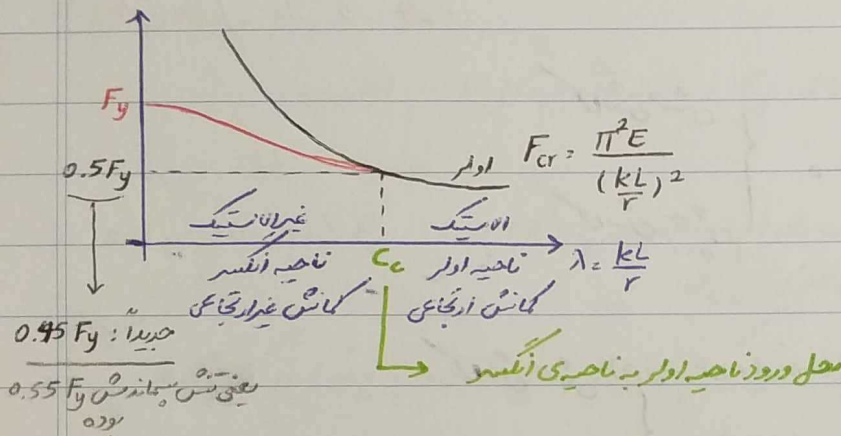
1200
1198.5
1199

در اثر خنک شدن طول تیر کم می‌شود

چون E دیگر در مقطع ثابت است و E ها مختلف داریم پس E متوسط از E مقدار کمتر خواهد داشت

جان $0.4 F_y$ تنش دارد
استاندارد کشش کشش ندارد

* لبه ها زودتر تسلیم می شوند. مثلاً در اثر تنش $0.5 F_y$ لبه ها به زیر تسلیم رسیده و جان تازه به $0.1 F_y$ می رسد. در تنش بیشتر مثلاً $0.6 F_y$ لبه ها مقاومت خود را در برابر فشار از دست می دهند. یعنی بخشی از تارها در مقطع دیگر حالت الاستیک ندارند و فرمول اولر همگونی غیر الاستیک نیست. لذا بقیه نمودار اولر طبق ریاضیات به سمت بی نهایت نمی رود و به صورت پیکری شکل بقیه نمودار به دست آمده است.
(نمودار اولر از $0.5 F_y$ به بعد کار نمی کند)



برای بدست آوردن مقدار C_c :

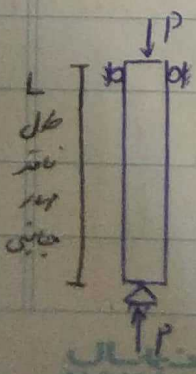
$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kL}{r}\right)^2}$$

$$0.45 F_y = \frac{\pi^2 E}{C_c^2} \rightarrow C_c = 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

برای فولاد درجه ساختمانی $E = 2 \times 10^5 \text{ Mpa}$ و $F_y = 240 \text{ Mpa}$ پس:

$$C_c = 4.71 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 136$$

این کار همه مباحث تئوری است. در عمل باید این معنی اصلاح شده تئوری را با ضریب اطمینان ترکیب کنیم.



$$E, A, I, r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$\text{مقاومت فشاری طراحی} = P_u = \phi_c P_n$$

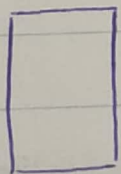
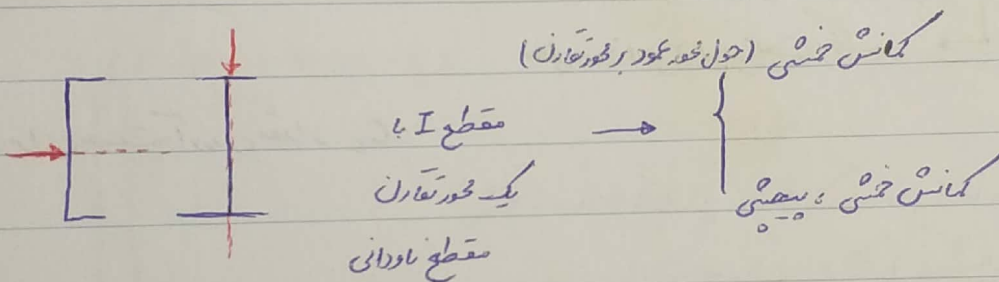
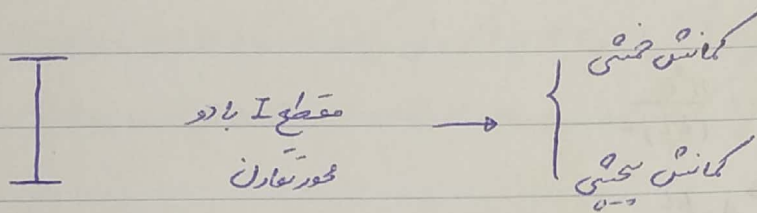
compression nominal

مقاومت فشاری طراحی (اعضای با مقطع بدون اجزای لایغر) با فرض

$$\phi_c = 0.9$$

- 1 حالت حدی گمانش خمشی
- 2 حالت حدی گمانش پیچشی $P_n = \text{Min}$ مقاومت فشاری اسمی
- 3 حالت حدی گمانش خمشی-پیچشی → مقطع نامتوازن

طبق جدول 1-2-4-1:



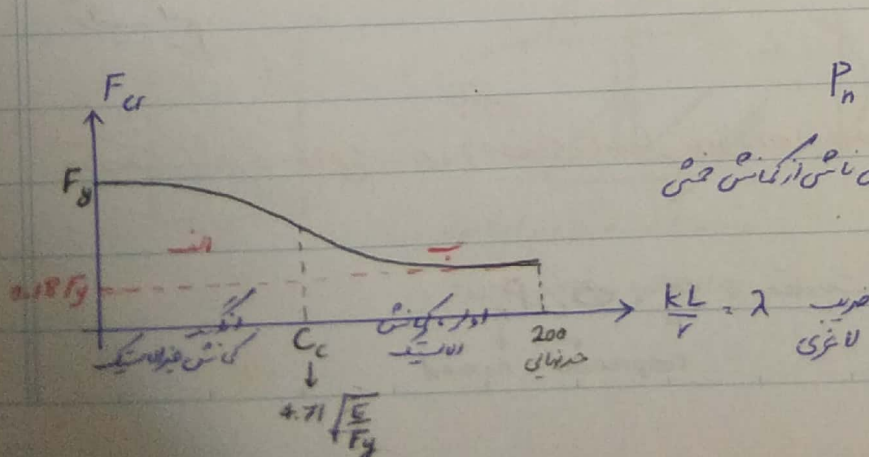
گمانش خمشی →

کلاً مقاطع جدار نازک بسته مقاومت بالایی در مقابل پیچش دارند



گمانش خمشی

ستونها: مقاطع بادو محور تقارن I O □



1 گمانش خمشی:

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

↓ ↓

تنج باری نامش از گمانش خمشی سطح مقطع کل

(الف)

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

این رابطه تجربی است

(ب) ضریب ایمنی تراکم → ضریب ایمنی
مقدار عملی نسبت به تئوری

$$F_{cr} = 0.877 F_e$$

L_e euler

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_e}{r} \right)^2}$$

این رابطه ریاضی است

برای فولاد درجه ۵۰ با $E = 2 \times 10^5 \text{ Mpa}$ و $F_y = 240 \text{ Mpa}$ ، مقدارهای زیر قابل محاسب است :

$$C_c = 136$$

یعنی ۸۲٪ نیرو را از دست داده ایم و با نیروی کم این ستون لاغر گمانش می کند

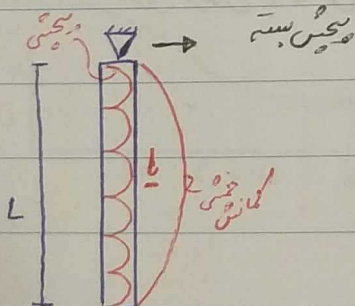
$$F_{cr} = 0.18 F_y$$

مشاغل بالا غری ۲۰۰
 $\pi^2 \times 2 \times 10^5$

هدف : در طراحی با انتخاب مناسب $\frac{KL}{r}$ سعی می کنیم تا $F_y = F_{cr}$ برسد [با شرایط تکیه گاهی مناسب (k) یا شعاع زیرائینون مناسب (r)]

۳.۲ گمانش بچینی یا گمانش خمشی - بچینی

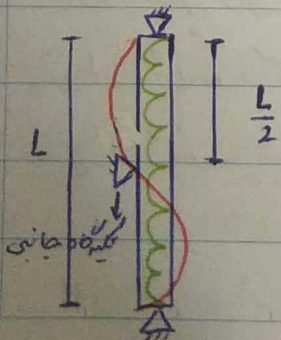
عموماً در اعضای فشاری با مقاطع دایره ای در محور تقارن ، طول آزاد همانند در برابر بچینی از طول آزاد همانند در خمش تجاوز نماید ، گمانش بچینی ممکن است حاکم شود . هر چه طول بیشتر گمانش زودتر



L طول آزاد برای گمانش خمشی = L طول آزاد برای گمانش بچینی

در ابتدا همیشه در مقابل بچینی ، تکیه گاه بسته می شود (عرف مهندس عمران) → تکیه گاه مفصلی در برابر خمش (مفصل برش یا هر برش دیگری محوری هم داریم)

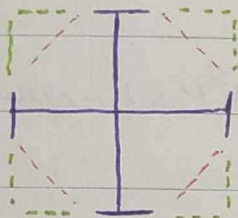
$\frac{L}{2}$ طول آزاد در برابر گمانش خمشی و L طول آزاد در برابر گمانش بچینی



پس اول گمانش خمشی و دوم گمانش بچینی

البته ممکن است گمانش بچینی زودتر از چینی واقع شود.

در عمل برای جلوگیری از زودتر واقع شدن گمانش بچینی نسبت به گمانش چینی، همیشه حرکتی گاهی را در عمل اول از همه حالت بچینی آرا میدهد و می گویند (با گویای بنفند)



✓ مقطع صلیبی

✓ دو محور تقارن

* استثنای *

چون مقطع بسته نمی باشد، مقاومت بچینی کمی در برابر چینی دارد. در شرایط طول آزاد در برابر گمانش مساوی طول آزاد در برابر چینی، ممکن است گمانش بچینی اول واقع شود. (اگر چه دیگر استفاده نمی شود، بجای آن مقطع باکس)

فرمول گمانش بچینی یا گمانش چینی - بچینی:

$$P_n = F_{cr} A_g$$

$$\rightarrow F_{cr} = 0.877 F_e$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

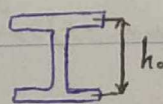
فوق فرمول با گمانش چینی در F_e است:

گمانش بچینی

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(k_2 L)^2} + GJ \right] \left(\frac{1}{I_x + I_y} \right)$$

گمانش چینی - بچینی

$$F_e = \left(\frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{ey} F_{ez} H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}} \right]$$

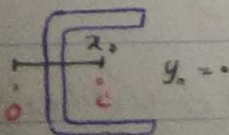


$C_w = \frac{I_y h^2}{4}$: ثابت تابیدگی

$G = \frac{E}{2.6}$: مدول برش

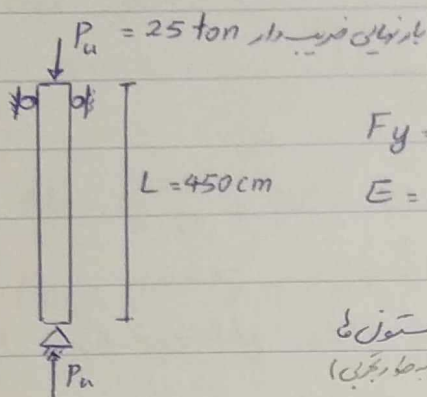
k_2 : شرایط تکیه گاهی بچینی

J : ثابت بچینی



$H = 1 - \frac{x_0^2 + y_0^2}{r^2}$: H

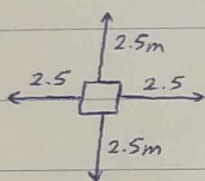
$r_0^2 = x_0^2 + y_0^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g}$



$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 = 240 \text{ Mpa}$$

$$E = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 = 2 \times 10^5 \text{ Mpa}$$

۱-۲ سقف → سبک
 ۳-۵ سقف → متوسط
 ۶-۱۰ سقف → سنگین



$$2.5 \text{ m}^2 \rightarrow 25 \text{ ton}$$

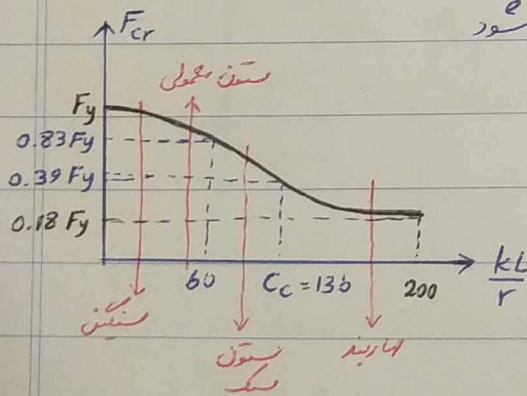
* هر ۱ m² سقف، ۱ ton بار می برد.

(ستون به طور متعارف وسط دایره ۵ m رده می شود)

* پس با توجه به این که $P_u = 25 \text{ ton}$ ، و یک ستون ۲۵ ton بار می برد، پس سازه ما یک طبقه است.

* بار سبک ← نیاز به A_g کم ← $2 \times 5 = 10 \text{ cm}^2 \rightarrow 10 \times 2400 = 24 \text{ ton}$

به شدت لاغر ← لازم است تا هندسه بزرگی به آن ببخشیم تا لاغری کم شود

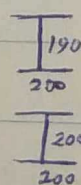


* مقاطع ستون ← دو محور متعارف ← I_x و I_y به هم نزدیک باشند (شبه مربع) تا از طرف لاغر گمانش نکند

IPB 200 :	$d = 200$	$I_x = 5700 \times 10^4$	$= 2.85$
	$b = 200$	$I_y = 200 \times 10^4$	
IPE 200 :	$d = 200$	$I_x = 1940 \times 10^4$	$= 13.6$
	$b = 100$	$I_y = 142 \times 10^4$	

پس IPE برای ستون مناسب نیست

چون بار می داریم	IPBL	سبک	$A_g = 5780$
	IPB	متوسط	$A_g = 7810$
	IPBV	سنگین	



با سطح کمتر، ابعاد یکسان ایجاد کرده پس مشکل لاغری ندارد

جایی که سطح لازم نداریم ابعاد لازم داریم IPBL استفاده می کنیم. چون ابعاد اینجا جلوی گمانش را می برد برای ما اهمیت بیشتری دارد.

IPBL or Box ☐ ?!

حسب نیتم : $F_{cr} = 50\% F_y$

$$A_g = \frac{P_u}{\phi F_{cr}} = \frac{25000}{0.9 \times 0.5 \times 2400} = 23.15$$

حل : ترکیب ترین مقطع IPBL - مساحت 23.15 cm^2 لازم

Try 1

IPBL 120 $\rightarrow A_g = 25.3 \text{ cm}^2$

$$I_x = 606 \text{ cm}^4$$

$$r_x = 4.89 \text{ cm}$$

$$I_y = 231 \text{ cm}^4$$

$$r_y = 3.02 \text{ cm}$$

$$\frac{kL}{r_x} = \frac{1 \times 450}{4.89} = 92$$

$$\frac{kL}{r_y} = \frac{1 \times 450}{3.02} = 149 \checkmark \quad \text{بحالی تر} \rightarrow C_c = 136 \quad \text{زیر از}$$

$$F_{cr} = 0.877 \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kL}{r}\right)^2} = 889.1 \text{ kg/cm}^2 \quad \frac{889.1}{2400} = 0.37 F_y$$

$$\phi_c F_{cr} A_g = 0.9 \times 889.1 \times 25.3 \times 10^{-3} = 17.8 \text{ ton} < P_u \quad \text{NG}$$

Try 2

IPBL 140 $A_g = 31.4 \text{ cm}^2$

$$r_x = 5.73 \text{ cm}$$

$$r_y = 3.5 \text{ cm}$$

$$\frac{kL}{r_y} = \frac{1 \times 450}{3.5} = 128 < C_c \quad \text{زیر از}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{128^2} = 1205$$

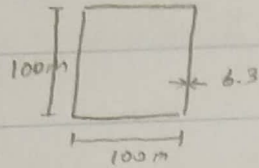
$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{2400}{1205} \right] 2400 = 1043 = 0.43 F_y$$

$$F_{cr} = 50\% F_y$$

در حدی بی نهایت کم
خوبه

$$\phi_c P_n = 0.9 \times 1043 \times 31.4 \times 10^{-3} = 29.5 \text{ ton} \geq P_u = 25 \text{ ton} \quad \text{OK}$$

Box 100x6.3



$$A_g = 23.3$$

$$r_x = 3.82$$

$$r_y = 3.82 \rightarrow \text{سویچ نسبت به دو حالت قبلی} \uparrow$$

(در بارهای جواب داده)

$$\frac{kL}{r} = \frac{1 \times 450}{3.82} = 117.8 < 136 = C_c \rightarrow \text{نشان}$$

$$F_{cr} = 0.49 F_y = 1184.5 \rightarrow \phi_c P_n = 24.8 \text{ ton} > P_u = 25 \text{ NB}$$

شماره 0.2 خیلی زیاد نیست

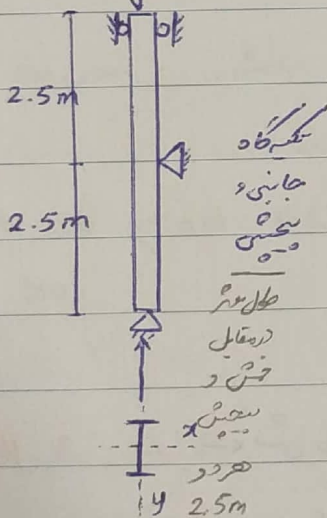
در NB

۱۱- به طور کلی Box به صورت تراست ۱۱-

مثال 2:

بار ضربه دار $P_u = 520 \text{ ton}$

$$F_y = 3500 \text{ kg/cm}^2$$



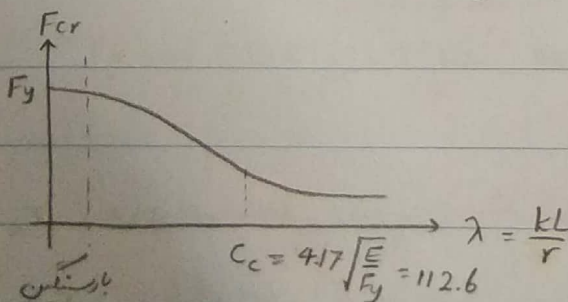
طول آزاد در مقابل بخش
طول آزاد در مقابل بخش

طول آزاد در مقابل بخش
طول آزاد در مقابل بخش

کمانش خوش حکم است

* بار داده سنگین است (معادل سیس از ۱۰ طبقه چون هر طبقه حدود 25 ton بار می برد)

درستیم A_g زیاد $\leftarrow$ ابعاد هندسی بزرگ $\leftarrow$ غیر لاغر (در طول ها متعارف حدود 3-5)



$$F_{cr} = 0.9 F_y$$

* در طراحی هدف این است که لایه در جهت نزدیک هم باشد تا طرح بهینه شود.

IPB_L سبک

IPB ✓

IPB_V سنگین → در صورتی که بار سنگین داریم یا IPB_V ها را می توان برای شمع کوپی استفاده می کنند

$$A_g = \frac{P_u}{\phi F_{cr}} = \frac{520 \times 1000}{0.9 \times 0.9 \times 3500} = 183.4 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{استان}} \text{IPB 360}$$

$$A_g = 181 \text{ cm}^2$$

هدف در طراحی: در جهت لایه نزدیک هم باشد تا طرح بهینه شود.

$$r_x = 15.5 \text{ cm}, r_y = 7.49 \text{ cm}$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_x = \frac{500}{15.5} = 32.3$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_y = \frac{250}{7.49} = 33.4 \rightarrow \text{بحرانی و کنترل نشده} \rightarrow 33.4 < C_c = 112.6 \rightarrow \text{آشور}$$

در حالتی که طول بحرانی طول در جهت ی است.

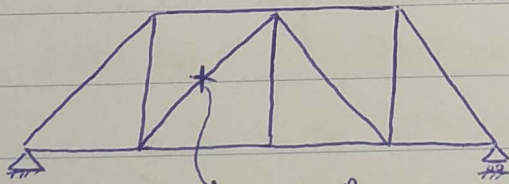
$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e}\right] F_y = 0.92 F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{33.4^2} = 17624 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi_c P_n = 0.9 A_g F_{cr} = 0.9 \times 0.92 \times 3500 \times 181 \times 10^{-3} = 524 \text{ ton} > 520 \text{ ton}$$

OK

مثال 3: ضریب → منشی و ناودانی در طراحی ضریب بکار می روند.



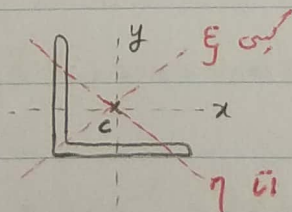
$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow C_c = 136$$

$$E = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

بخاطر سبک بودن و طول نامتعارف → ضریب لایه → حدس برپیشای لایه (بر خلاف ضرایب مناسبتی که فرضی است)

$$\frac{KL}{r} \leq 200 \rightarrow \frac{L}{r} \leq 200 \rightarrow \frac{650}{r} \leq 200 \rightarrow r \geq 3.25 \text{ cm}$$

منشی: حدس اول



$$r_x = r_y$$

$$r_{min} \text{ و } r_{max}$$

در یکی محور تقارن: یکی محور تقارن

در یکی محور تقارن در مرکز سطح

روی یکی I_{min} و روی دیگری I_{max}

* در طراحی، شمع زیر اسفون نسبت به محورها اصلی و محور بررس موقعی دهیم (چون r_{min} که با آن کار داریم در محورها اصلی است) $r_{min} \leftarrow r_y$ و $r_{max} \leftarrow r_x$ (چون شکل حول آن تحلیل گرفته می شود)

پس r_y باید بیشتر از 3.25 cm باشد:

نسبت $L 180 \times 180 \times 16$: $r_y = 3.5 \text{ cm} > 3.25 \text{ [OK]}$

$$r_y = 6.96 \text{ cm}$$

$$A_g = 55.4 \text{ cm}^2$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{650}{3.5} = 185.7 < 200 \rightarrow \text{اولر}$$

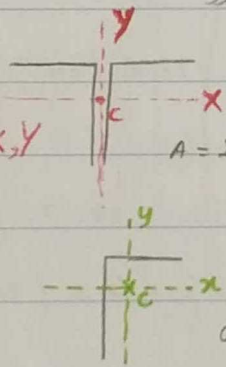
$$\rightarrow F_{cr} = 0.877 F_e = 0.877 \times \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = 0.877 \times \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{185.7^2} = 502 \text{ kg/cm}^2 = 0.21 F_y$$

$$\phi P_n = 0.9 F_{cr} A_g = 0.9 \times 0.21 \times 2400 \times 55.4 \times 10^{-3} = 25 \text{ ton} > 17 \text{ ton [OK]}$$

این 25 ton مربوط به درز لاغریست. می توان این مقدار را کم کرد
اضافه

دو نبش : حدس دوم

محورها اصلی X, Y



$$A = 2a \text{ cm}^2$$

این انتخاب برای نزدیک کردن r_x و r_y به هم

انجام می دهیم. با این شد r_x و r_y همان r_y

و یعنی r محورها اصلی می شوند

در یک نبش

$$r_{min} < r_x = r_y < r_{max}$$

اینجا مجبوریم انتخابین r_y باشد

در دو نبش

$$r_{min} = r_x \text{ و } r_y = r_{max}$$

پس

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{2I_x}{2a}} = r_x$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2(I_y + ae_x^2)}{2a}} = \sqrt{\frac{I_y}{a} + e_x^2} > \sqrt{\frac{I_y}{a}} = r_y$$

گمانه حول X

خلاصه: وقتی تک نبش داریم باید سراغ r_y برویم و وقتی حقیقت نبش داریم سراغ r_x

* خلاصه: درگ نبشی دنبال r_y در جهت نبشی دنبال r_x خواهیم بود.

$$r_x = ? > r_y = 3.25 \text{ cm}$$

$$\frac{A_g}{2} = \frac{55.4}{2} = 27.7 \longrightarrow L 120 \times 120 \times 13$$

$$A_g = 29.7$$

$$r_x = 3.64$$

$$L 110 \times 110 \times 10$$

$$A_g = 21.2$$

$$r_x = 3.36 \checkmark$$

مترقی نبشی که r_y هم بهتر است.
مترقی نبشی که r_x هم بهتر است.

$$2 L 110 \times 110 \times 10 : r_x = r_y = 3.36 > 3.25$$

$$A_g = 2 \times 21.2 = 42.4 \text{ cm}^2$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_x = \frac{1 \times 650}{3.36} = 193.5 < 200 \longrightarrow \text{ادری}$$

$$F_{cr} = 0.877 F_e = 0.19 F_y$$

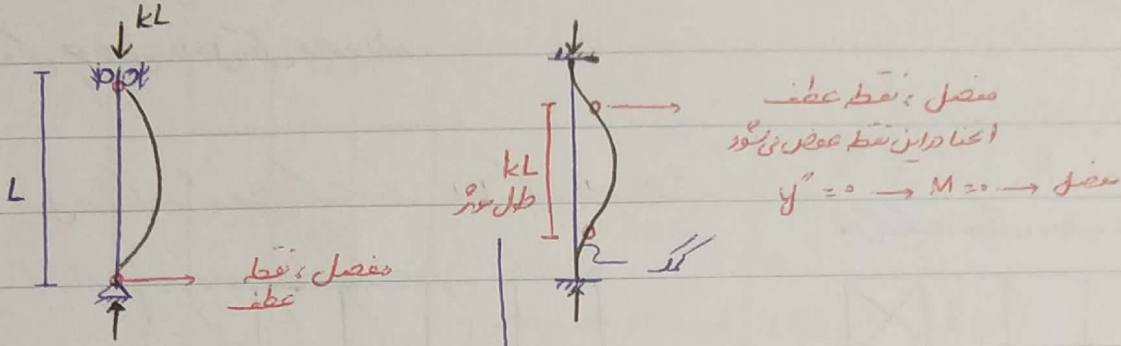
$$\phi_c P_n = 0.9 \times 0.19 \times 2400 \times \frac{2 \times 21.2 \times 10^{-3}}{A_g} = 17.6 \text{ ton} > 17 \text{ ton} \quad \boxed{OK}$$

چون $17 \text{ ton} > 25$ و سطح 27.7 مربوط به آن تک نبشی است، ما می توانیم مساحت را کمتر از A_g در نظر بگیریم که با بررسی می بینیم برای 17 ton جواب می دهد.

* به طرز کلی ما در این سوال به مساحت نیازی نداریم. با انتخاب جفت نبشی توانسته ایم به صورت کمتر، شعاع بیتر داشته باشیم. (انتخاب نبشی سبکتر)

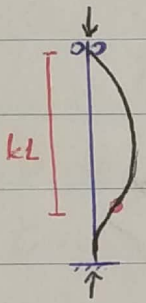
* البته باید توجه داشت استفاده از ترفند تغییر محورها اصلی بوسیله جاگزین کردن نبشی دوجل، تنها در گرو فاصله قابل توجه بین 25 ton و 17 ton درگ نبشی بود که این فاصله با تغییر ۲ برسد.

طول موثر گمانش : فاصله ستون در بین دو نقطه عطف واقعی یا واقعی و مجازی. شبیه ستون اولر دوسر مفصل



تنها این قسمت از طول دارد گمانش می شود.

$k=1$

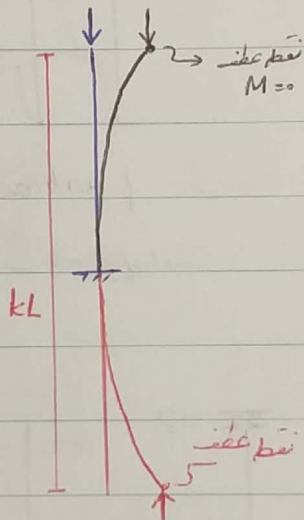


$k=0.7$

$k=0.8$

$k=0.5$

در عمل $k=0.65$

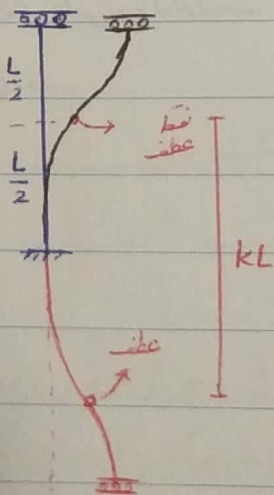


تقریب مجازی

$k=2$

$k=2.1$

عطف



$k=1$

$k=1.2$

دوسر
 مان گیر
 با حرکت
 جانبی آزاد

حرکت جانبی آزاد

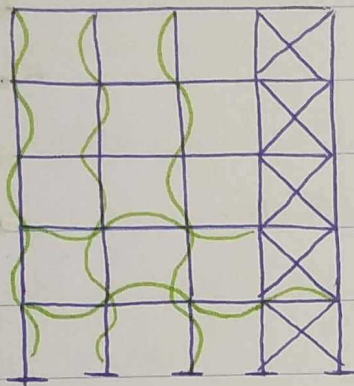
$k=2$

$k=2$

در عمل تکیه گاه معای همان گیرش ایجاد کردن می باشد. پس تکیه گاه همان گیر به طور ایده آل وجود ندارد.
و گاهی چرخش داخل آن وجود دارد.

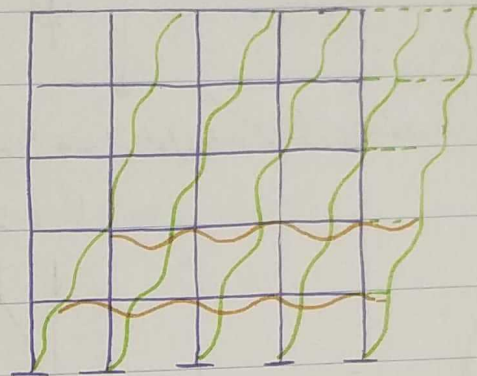
طول موثر گمانش برای یک ستون داخل یک قاب خمشی

قاب که یک ستون آن، مهار بند یا دیوار برشی دارد.



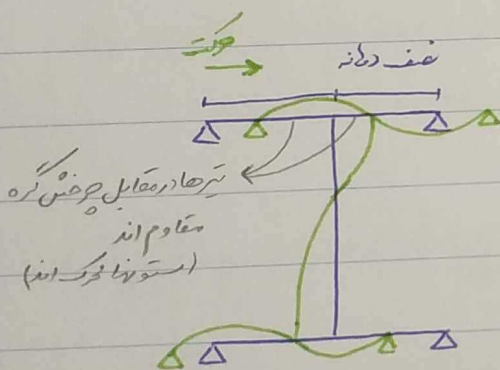
مهار بند (braced-unsway)

بدون حرکت جانبی

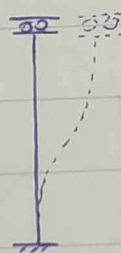


مهار نشده (unbraced-sway)

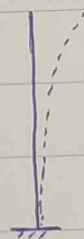
گمانش ستونهای قاب با حرکت جانبی همراه است



ستون قاب مهار نشده $k > 1$



$k = 1$



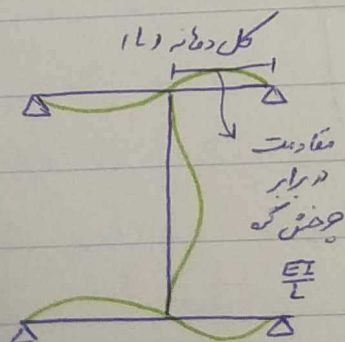
$k = 2$

در $k > 1$: اگر تکیه گاه

مضعی کامل باشد $k = 1$

اما چون حرکت جانبی آن آزاد است

k تا ∞ می رود

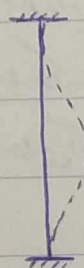


ستون مهار شده

$0.5 < k < 1$



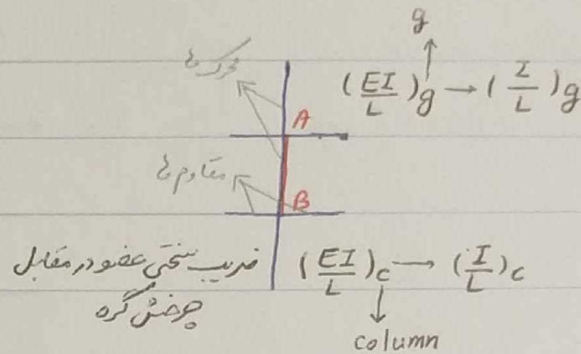
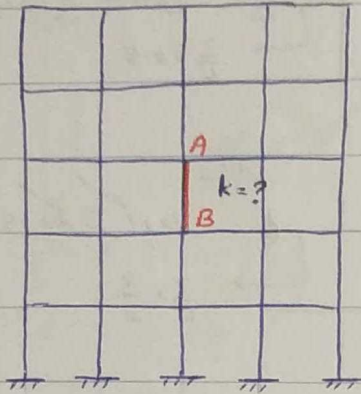
$k = 1$



$k = 0.5$

در عمل طبق آیین نامه به طور قاطع $k = 1$

در هر گره یک دانه مجاور، تاثیر گذار در چرخش گره است (دانه ها سعی هم تاثیر گذارند اما اثر آن ناچیز است)



فرض سختی و
سطح یکنیم
مهم باشد یا
ناقص چرخش
بیان کنیم

$$G = \frac{\sum (\frac{I}{L})_c \text{ حرکت}}{\sum (\frac{I}{L})_g \text{ مقاوم}}$$

فرض آزادی چرخش گره :

$G = \infty$	گره مفصلی	$\xrightarrow{\text{در عمل}}$	$G = 10$	بخاطر کمی گیرداری
$G = 0$	گره گیردار	$\xrightarrow{\text{در عمل}}$	$G = 1$	بخاطر کمی شکل پذیری

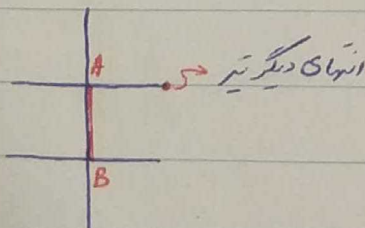
$$k = \frac{3G_A G_B + 1.4(G_A + G_B) + 0.64}{3G_A G_B + 2(G_A + G_B) + 1.28}$$

در عمل طبق آیین نامه
به طور محافظه کارانه
 $\rightarrow$ ستون مهار شده
 $k=1$

$$k = \left(\frac{1.6G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7.5}{G_A + G_B + 7.5} \right)^{1/2}$$

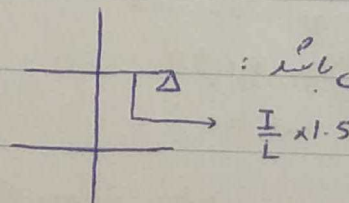
ستون مهار نشده

اصلاح $\frac{I}{L}$ تیر در تیرهای بال :

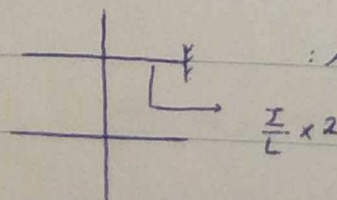


الف) قاب مهار شده

- انتهای دیگر تیر مفصل باشد :

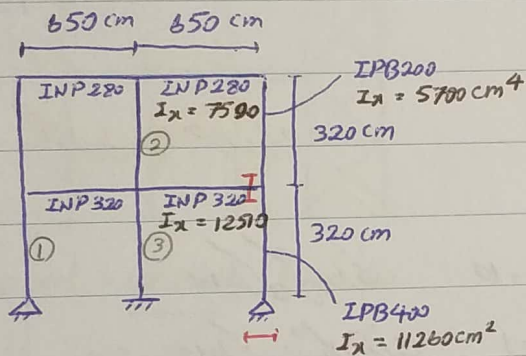
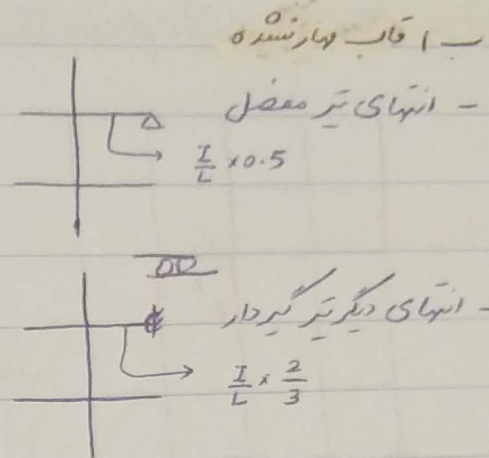


- انتهای دیگر تیر گیردار باشد :



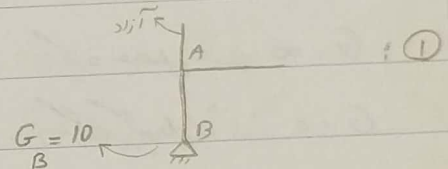
در تیر دگره همزمان سرویس می دهد. حال اگر
یک گره را مفصل کنیم مثل نادری است که دست یک گره
بچه عایش را در کرده : ۱۱۱ پس $\frac{I}{L}$ ۱.۵ بار می شود
و اگر گره را گیردار کنیم مثل گرفتن دست که دست
دست است

در قاب مهار شده تیرها دو انتهای هستند (قاب مهار شده یک انتهای) و تیر یک سر به وصل می کنیم و آزاد می کنیم از دو انتهای یک انتهای شده و طول دو برابر می شود پس $\frac{I}{L}$ نصف می شود.



مثال: $k = ?$

قاب مهار شده حرکت جانبی سببی دو سر ستونها



$$G_A = \frac{\sum (\frac{I}{L})_c}{\sum (\frac{I}{L})_g} = \frac{\frac{5700}{320} + \frac{11260}{320}}{\frac{12510}{650}} = 2.75$$

$$k = \sqrt{\frac{1.6 G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7.5}{G_A + G_B + 7.5}} = 2.25$$

$$G_A = \frac{\frac{5700}{320}}{2 \times \frac{7590}{650}} = 0.76$$

$$k = 1.3$$

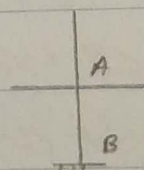
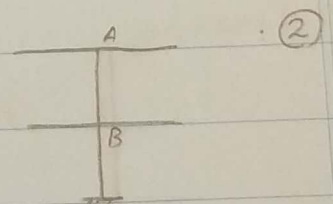
$$G_B = \frac{\frac{5700}{320} + \frac{11260}{320}}{2 \times \frac{12510}{650}} = 1.38$$

$$G_A = 1.38$$

② در مورد G_B

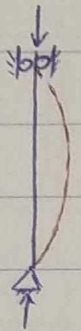
$$G_B = 1$$

$$k = 1.37$$



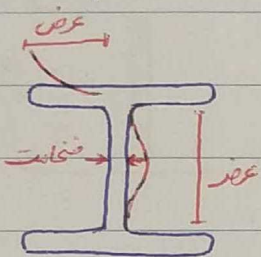
طبقه بندی مقاطع فولادی از منظر گمانش موضعی

(1 - 2 - 2 - 2)



مجاز → گمانش کلی

- ستون :



ممنوع → گمانش موضعی اجزا مثل بال در حان

✓ با رعایت نسبت عرض به ضخامت جلوی گمانش موضعی گرفته می شود.

فشار محوری :

مقاطع با جزه لایر ← ممنوع

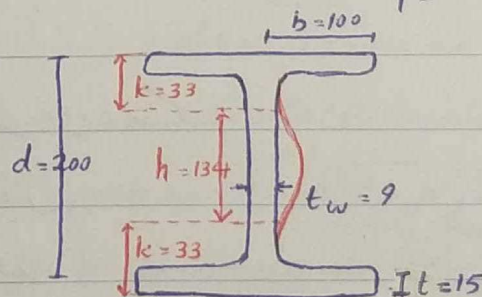
مقاطع با جزه غیر لایر ← مجاز

(جزه تقویت شده : بال) (جزه تقویت شده : جان)

چگونه جلوگیری کنیم ؟ با استفاده از جدول 1-2-2-1 و 2-2-2-10

$$\frac{\text{ضخامت}}{\text{عرض}} = \begin{cases} \frac{b}{t} & \text{بال} \\ \frac{h}{t_w} & \text{جان} \end{cases}$$

(تقریب شده)



$$h = d - 2k$$

IPB 200

$$\frac{b}{t} < 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 16.2$$

$$\frac{b}{t} = \frac{100}{15} = 6.7 < 16.2 \quad \text{OK}$$

لاغر می ماند

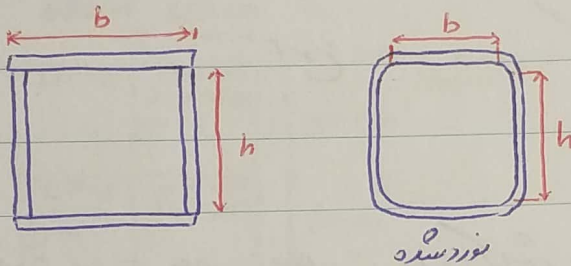
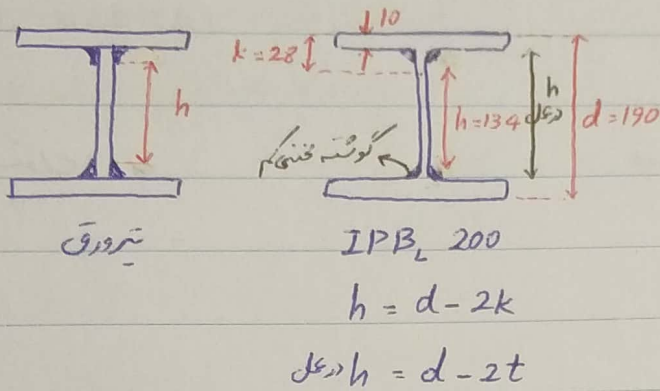
$$\frac{h}{t_w} < 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 43$$

این ضریب بزرگتر است چون
ضخامت جان
خطا کمتر است

$$\frac{h}{t_w} = \frac{134}{9} = 14.9 < 43 \quad \text{OK}$$

لاغر می ماند

* مقطع باکس برای اجرای آن تقویت شده است (از هر طرف بسته)



* الزامات لرزه ای برای گمانش موضعی سخت گیرانه تر است (۱۰-۳-۱۴)

مثال:

۰.۳۸ زلزله

$$\frac{b}{t} < 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

۱.۴۹ زلزله

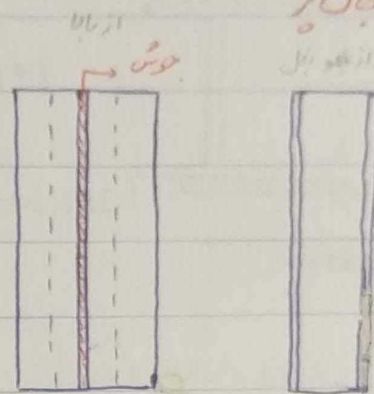
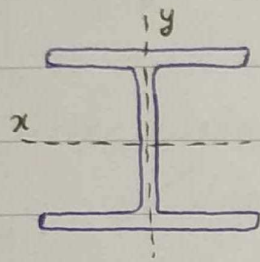
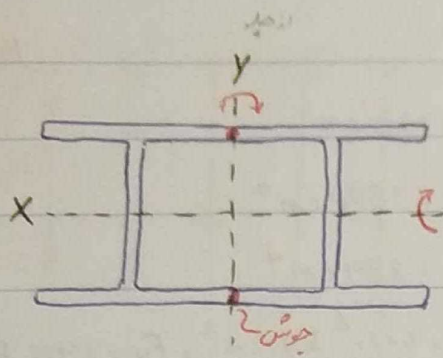
$$\frac{h}{t_w} < 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

ستون های ترکیبی

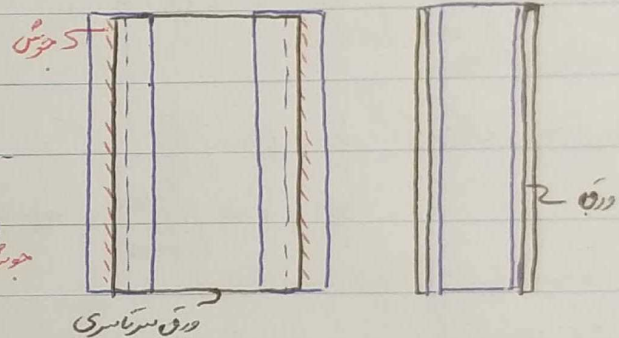
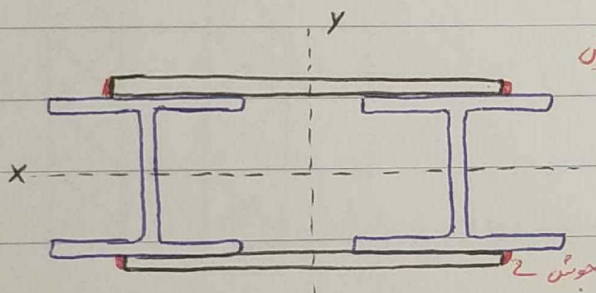
- ۱- ابعاد دادن به مقطع برای ایجاد ۲ پیشر برای بارشک
- ۲- عدم وجود نیمخ مناسب برای بارشکین
- ۳- عدم وجود نیمخ مناسب بخاطر عدم تولید

انواع ستون ترکیبی

۱- جان پر		انواع ستون ترکیبی
۲- جان مشبک (برای مسکلی ستون)		



حل هر محوری همان دایره یابیم، چنان عمود بر محور همان است و جان، توپر است.
(مثلاً حل y همان دایره یابیم، باها جان هستند)

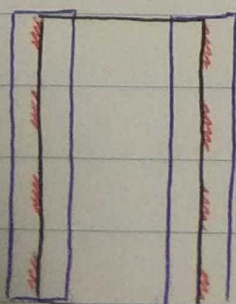


* چنان ستون ترکیبی در هر دو جهت (چرخش حول محور x یا گمانش حول محور x و چرخش حول محور y یا گمانش حول محور y) بدون سوراخ و پری باشد.

* طراحی این ستون ها برای فشار مثل ستون های با مقطع یک تیرخ است و فقط باید A ، I_x ، I_y ، r_x و r_y مقطع کل را حساب کرده و در طراحی از آن استفاده نمود.

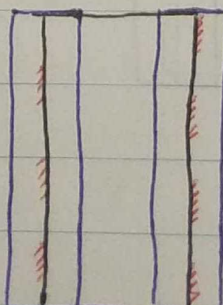
* کنترل عرض به ضخامت ورق سرتاسری $\frac{b}{t}$ برای جلوگیری از گمانش موضعی

* طراحی جوش اتصال (معمولاً اندازه جوش باید حداقل ۱۰ بر اساس ضخامت دو ورق که به هم جوش می شوند (مقاله ۲ - اتصالات))



$$0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}} t \leq 300 \text{ mm}$$

ضخامت ورق سرتاسری

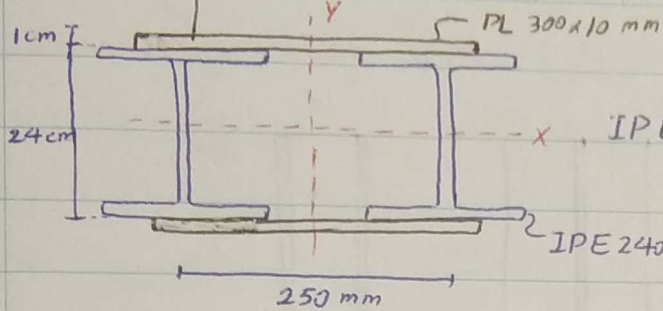


$$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} t \leq 450 \text{ mm}$$

جوش مقطع $y-y$

جوش مقطع $x-x$

دری باید از لبه جان فاصله داشته باشد.



مثال

IPE 240

IPE 240

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 39.10 \text{ cm}^2 \\ I_x = 3890 \text{ cm}^4 \\ I_y = 284 \text{ cm}^4 \\ E = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2, F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$A = 2 \times 39.1 + 2 \times 30 \times 1 = 138.2 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 2 \times 3890 + 2 \times \frac{30 \times 1^3}{12} + 2 \times 30 \times 1 \times 12.5^2 = 17160 \text{ cm}^4$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{17160}{138.2}} = 11.14 \text{ cm}$$

$$I_y = 2 \left(284 + 39.1 \times 12.5^2 + \frac{1 \times 30^3}{12} \right) = 17287 \text{ cm}^4$$

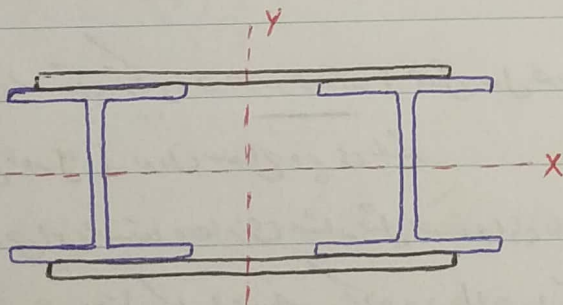
$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{17287}{138.2}} = 11.18 \text{ cm}$$

کنترل گشایش موضعی ورق:

$$\frac{b}{t} \leq 1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

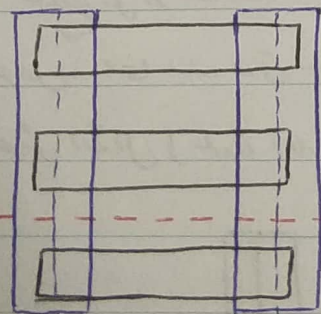
$$\frac{30}{1} \leq 1.40 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2400}} = 40.4 \quad \text{OK}$$

۲- ستونهای ترکیبی یا جان مشبک:



در زمان حول محور y (یا گشایش حول محور y)

جان دلاکس میخ است

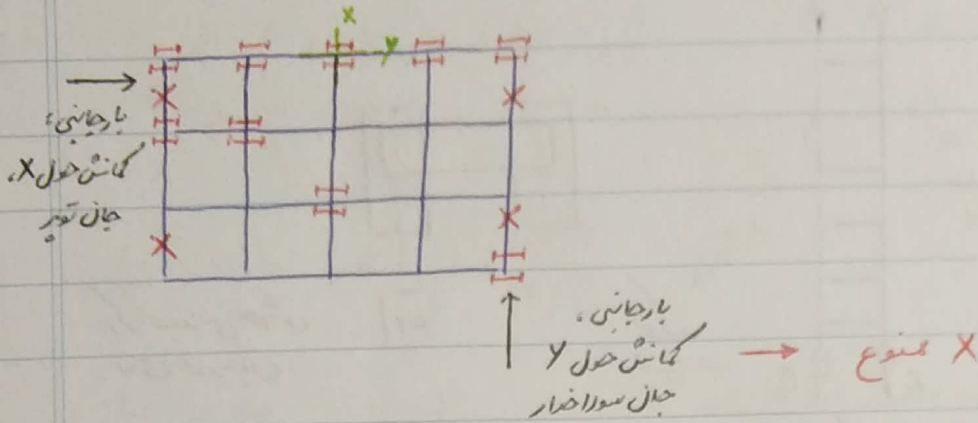


در زمان حول محور x (یا گشایش حول محور x)

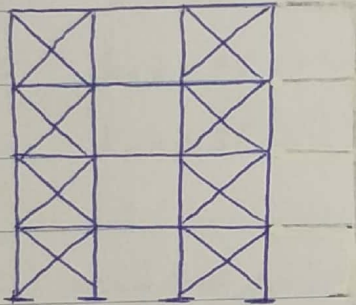
جان تقویت است

مقطع مجرای برای خاسب
سختیهای مقطع ترکیبی

پلان ساختمانی



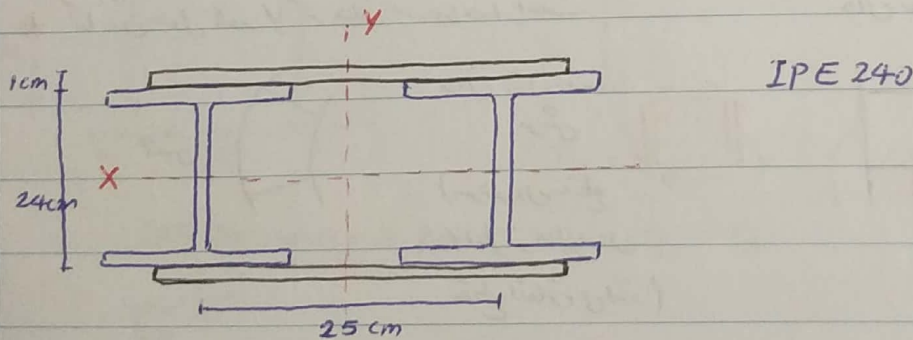
همان حول محوره Y که جان آن سوراخدار است مجاز نیست. در این راستا باید با تقویر دادن همراهند: بار جانبی را تبدیل به نیروی محوری داخل خرپای همراهند شود و همان حول محوره Y را حذف کرد. (دلی گمانش می تواند واقع شود)



نمای ساختمانی:

درست آوردن مشخصات مقطع:

مشخصات مقطع ← از مقطع قسمت توخالی (که بحرانی است) استفاده می شود. یعنی قسم در نظر گرفته نمی شود.



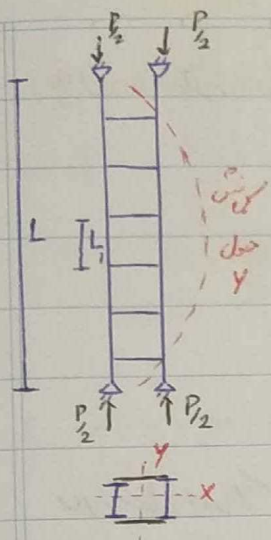
$$A = 2 \times 39.1 = 78.2 \text{ cm} = 2a$$

$$I_x = 2 I_{x1} \rightarrow r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{2 I_{x1}}{2a}} = r_{x1}$$

$$I_y = 2 I_{y1} + 2 a e^2 \rightarrow r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2 I_{y1} + 2 a e^2}{2a}} = \sqrt{\frac{I_{y1}}{a} + e^2} > r_{y1}$$

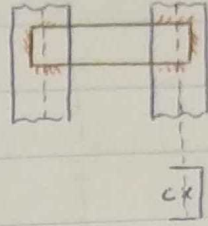
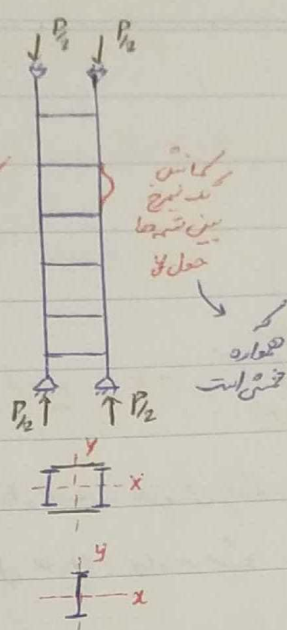
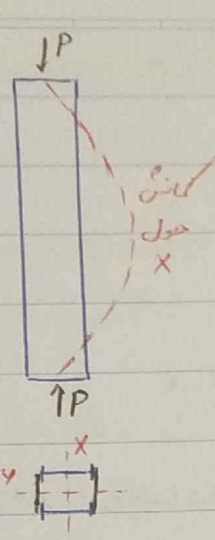
گمانش های کلی

گمانش موضعی



$$\left(\frac{kL}{r}\right)_y$$

$$\left(\frac{kL}{r}\right)_x$$



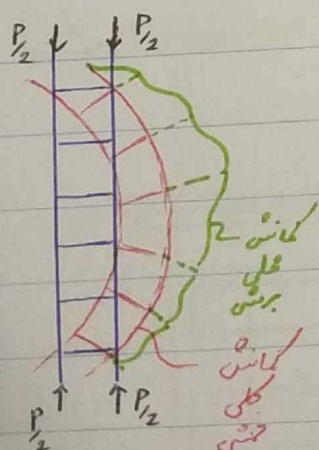
برگر هندسی جوش
روی محور جان

گمانش ممنوع!

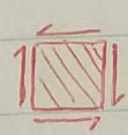
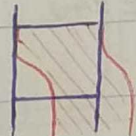
$$k_1 = 1 \quad \frac{k_1 L_1}{r_y}$$

در عمل بخاطر عدم ایجاد گمانش موضعی تک نمیخ:

$$\frac{L_1}{r_y} < \left(\left(\frac{kL}{r}\right)_y , \left(\frac{kL}{r}\right)_x \right)$$

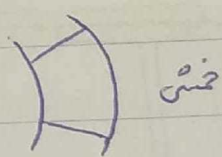


جان تو خالی



* گمانش حول محور y که جان سوراخدار است

جان مقاومیت
برش
(سر خوردن مقطع)
بخاطر تو خالی بودن
مقطع اتصالی می افتد



$$\left(\frac{kL}{r}\right)_y \rightarrow \alpha \left(\frac{kL}{r}\right)_y$$

$\alpha > 1$: بخاطر اضافه شدن گمانش محلی برش، بخاطر
جان سوراخدار، به لاغری اضافه شده است.

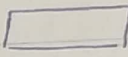
$$\frac{L_1}{r_y} < \left(\left(\frac{kL}{r} \right)_x > \left(\frac{kL}{r} \right)_y \right)$$

$$< \frac{3}{4} \left(\frac{kL}{r} \right)_y$$

$$\frac{L_1}{r_y} > 40 \quad \alpha = \sqrt{1 + \frac{\left(\frac{kL}{r_y} \right)^2}{\left(\frac{kL}{r} \right)_y^2}} > 1$$

$$\frac{L_1}{r_y} \leq 40 \quad \alpha = 1$$

تقریباً همیشه این حالت اتفاق می افتد

اگر به جای شش  از مقاطع زیر استفاده شود:

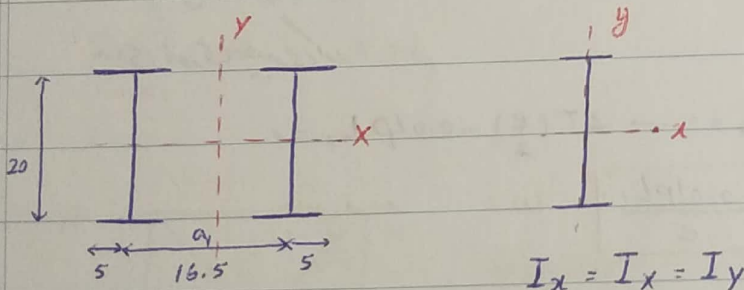
شش: $k_1 = 0.5$

ناودانی: $k_2 = 0.75$

مقاطع: $k_1 = 0.86$

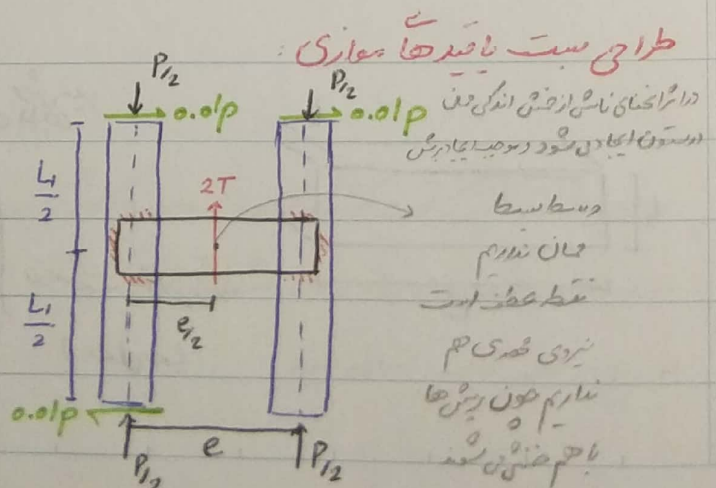
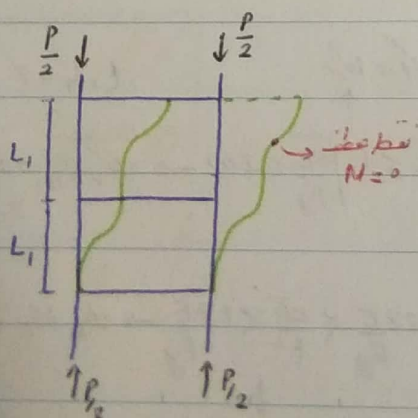
* قسمت به صورت ضربدری هم می توان به کار برد اما مانند قسمتی ارزان و سهیل اجرا نیست.

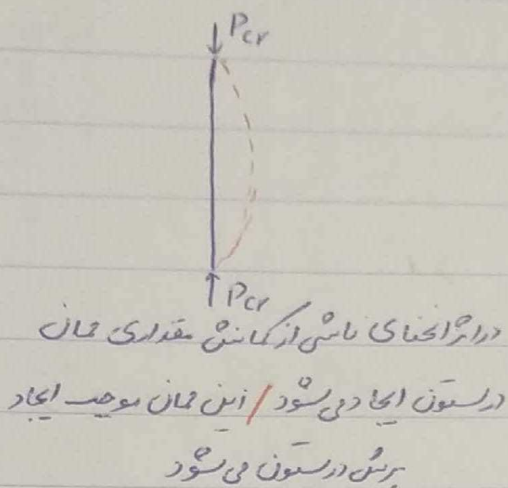
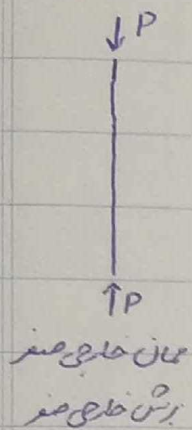
حداقل اتصال:



IPE 200 $\rightarrow a_1 = 16.2 \text{ cm}$ $r_x = r_y = r_x$

تقریباً مربع



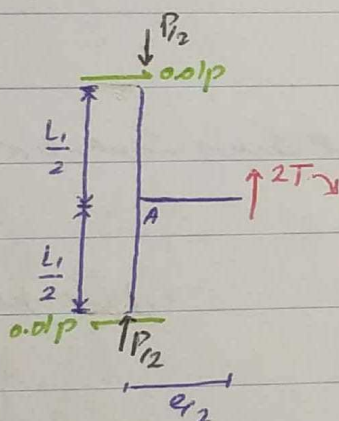


گرسبوی است

تغییر شکل کوچک ناشی از انحنای حد اکثر θ

$$\tan \frac{\pi \times \theta}{180} = \frac{\pi \times \theta}{180}$$

با نوشتن معادل برای شکل منصف قبل:



$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow 2T = 0$$

علا در طول ستون بخاطر انحنای
نیروی محوری تغییر می کند

$$\sum M_A = 0 \rightarrow 2T \left(\frac{e}{2} \right) - 0.01pL_1 = 0$$

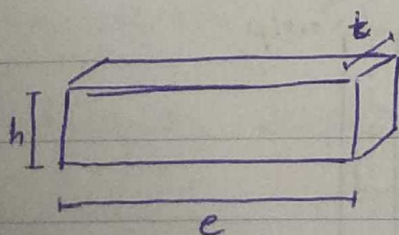
$$T = \frac{0.01pL_1}{e}$$

(i): برش در نقطه
حد اکثر

جایی که برش حد اکثر است ممان صفر است.

$$M = T \cdot \frac{e}{2} = 0.005pL_1$$

(2): ممان حد اکثر در نقطه A



شرط عدم گشتش برش قید

طرح قید: $t, h = ?$

در قسمت طاقی تیر (مقلوب)

$$\frac{h}{t} \leq 1.1 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < 260 \rightarrow \phi_v V_n = 0.9 (0.6 F_y h t) \geq T$$

$$0.08 \frac{E}{F_y} < \frac{eh}{t^2} < 1.9 \frac{E}{F_y} \rightarrow \phi_b M_n \geq M$$

شرط عدم گشتش جانبی میخی قید

$$M_n = \left[1.52 - 0.274 \left(\frac{eh}{t^2} \right) \frac{F_y}{E} \right] M_y \leq M_p \quad \text{با شرط } SF_y$$

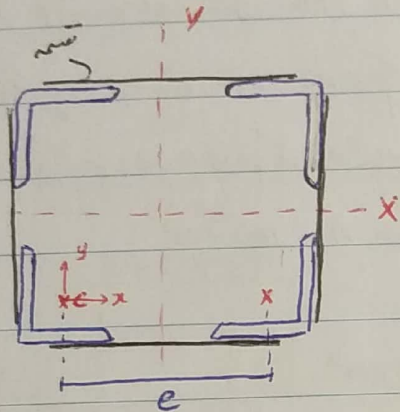
$$M_p = 1.5 M_y$$

$$\frac{e}{t} \leq 50$$

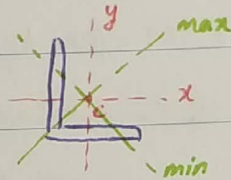
(3) : شرط گمانش موضعی

$$h \geq 0.5e$$

(4) : شرط تجربی



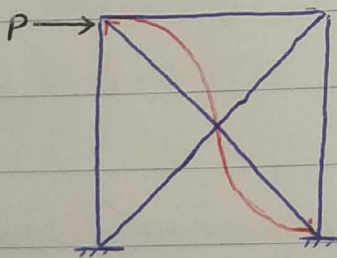
جان ستون ترکیبی در محل محورها X و Y در صورت دوجبهت باره تلفیق می شود



$$\frac{L_i}{r_{min}} > 40 \quad \alpha = \sqrt{1 + \frac{\left(\frac{k_1 L_i}{r_{min}} \right)^2}{\left(\frac{k_2}{r_y} \right)^2}} \quad \text{یکپوشایی}$$

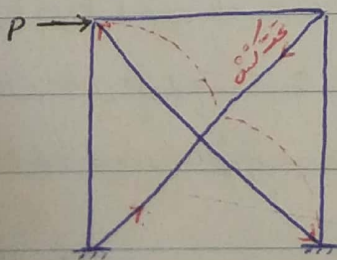
$$\frac{L_i}{r_{min}} < 40 \quad \alpha = 1$$

هماریند :



$$k = 0.5$$

گمانش داخل صفحه تاب

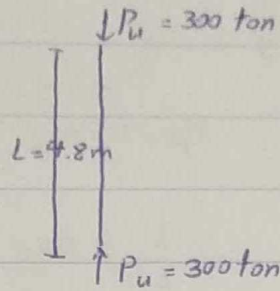
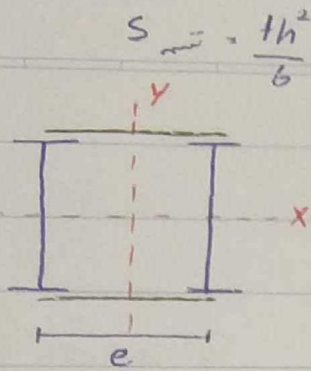


$$k = \frac{2}{3}$$

هماریند جهت دیگر که تحت کشش قرار → گمانش بیرون از صفحه تاب

دارد اجزای نمی دهد در میان هماریند فشاری

خروج از صفحه تاب اتفاق نیفتد



طراحی ست (L=?)

2 IPE

ست انبی

$$k_x = 1.05, k_y = 1.3$$

$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

مسال

$P_u = 300$ ← بار سنگین معادل 12 طبقه ← ستون سنگین

این جا چون دو ستون هست ساز داریم که ثابت به هم وصل شده اند و آنها خود گمانش دارند... بجای 0.9،

$$F_{cr} = 0.85 F_y$$

0.85 می گیریم (البته 0.9 هم بگیریم اشتباه نمی شود!)

$$\phi_c P_n = 0.9 F_{cr} A \geq P_u = 300 \times 1000 \text{ kg} \rightarrow A = 163 \text{ cm}^2$$

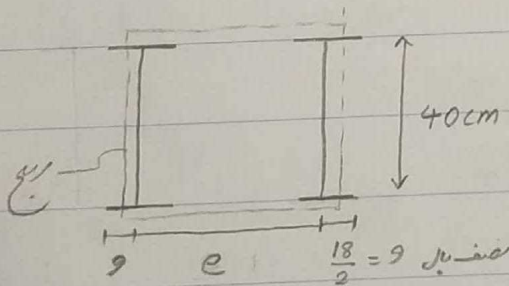
$$\text{مسال IPE 400} \rightarrow \frac{163}{2} = 81.5 \text{ cm}^2 \text{ سطح یک پروفیل}$$

$$a = 84.5 \text{ cm}^2$$

$$r_x = 16.5 \quad I_x = 23130$$

$$r_y = 3.95 \quad I_y = 1320$$

$$I_x = I_y \leftarrow \text{اگر } e = a \text{ باشد: } a_1 = a \text{ مسال} = 32.6 \text{ cm}$$



$$\left(\frac{kL}{r}\right)_x \quad \left(\frac{kL}{r}\right)_y$$

باتوجه به این که می خواهیم لاغری را محدود هم باشند، و

$k_y > k_x$ ، پس باید کاری کنیم که $r_x < r_y$ شود.

این معادل این است که e را از a بزرگتر بگیریم تا شعاع گیراسیون حول y بیشتر شود $e > a$

e را در حد چند سانتی متر از a بیشتر بگیریم و مربع بودن مقطع هم ارضا شود: $e = 36 \text{ cm}$ خنک به هم نخورد

$$I_y = 2 \left[I_y + A' \frac{e^2}{4} \right] = 2 \left[1320 + 84.5 \times 18^2 \right] = 57396$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{57396}{169}} = 18.42$$

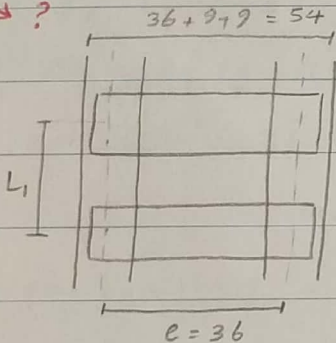
$$I_x = 2 I_x$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{2 I_x}{2 A'}} = r_x = 16.5$$

$$r_y > r_x$$

$$\left(\frac{kL}{r} \right)_x = \frac{1.05 \times 480}{16.5} = 30.55$$

$$\alpha \left(\frac{kL}{r} \right)_y = \frac{1.3 \times 480}{18.42} = 33.88$$



مقدار L_1 باید حدس بزنیم و تقریباً هم بعد با بعد انتی کان (54) بگیریم.

$$L_1 = 50 \text{ cm}$$

(مثل بردی که بخواهیم راحت ازش بگیریم $\alpha = 1$)

$$\frac{L_1}{r_y} = \frac{50}{3.95} = 12.7 < 40 \rightarrow \alpha = 1$$

کلاً تو اغلب سوال ها $\alpha = 1$ هست

$$\left(\frac{kL}{r} \right)_y \times \alpha = 33.88 < C_c \quad \text{آنها}$$

$$F_e = 17423$$

$$F_{cr} = 0.94 F_y$$

$$P_{cr} = \phi_c P_n = 0.9 F_{cr} A = 0.9 \times 0.94 \times 2400 \times 169 \times 10^{-3} = 343 \text{ ton} > 300 \text{ ton} \quad \text{OK}$$

$$\text{ساختن اقتصادی بودن ستون} = \frac{P_u}{\phi P_n} = 0.8 - 0.9$$

$$\frac{300}{343} = 0.87$$

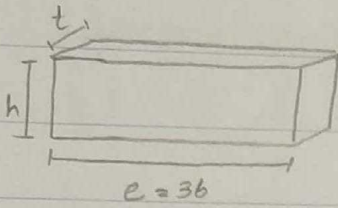
اضافه مقاومت

$$\frac{k_1 L_1}{r_y} = \frac{1 \times 50}{3.95} = 12.7 < \frac{3}{4} \left(\frac{kL}{r} \right)_y$$

$$12.7 < \frac{3}{4} \times 33.88$$

OK

مقدار کمال

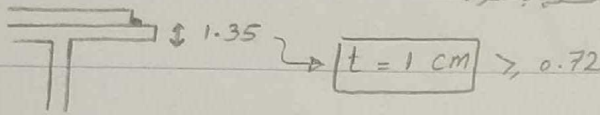


حالا تاره می رسم به طراحی خود سبست: $t, h = ?$

$$(4): h \geq 0.5e = 0.5 \times 36 = 18 \rightarrow \boxed{h = 18}$$

$$(3): \frac{e}{t} \leq 50 \rightarrow \frac{36}{t} \leq 50 \rightarrow t \geq 0.72 \text{ cm}$$

پاسخ به این که باید با ضخامت بال نزدیک و هم خوانی داشته باشد:



$$\text{برش قید } T = \frac{0.01 PL_1}{e} = \frac{0.01 \times 343 \times 1000 \times 50}{36} = 4764 \text{ kg} = 4.76 \text{ ton}$$

$$\phi_v V_n = 0.9 (0.6 F_y t h) = 0.9 \times 0.6 \times 2400 \times 18 \times 1 \times 10^{-3} = 23.3 \text{ ton} > 4.76 \text{ ton} \quad \text{OK}$$

$$\frac{h}{t} \leq 1.1 \sqrt{\frac{SE}{F_y}} \leq 260$$

$$(1): \frac{18}{1} \leq 71 \leq 260 \quad \text{OK}$$

$$\text{لحان قید } M = 0.005 p L_1^2 = 0.005 \times 343 \times 50 \times 10^{-2} = 0.81 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

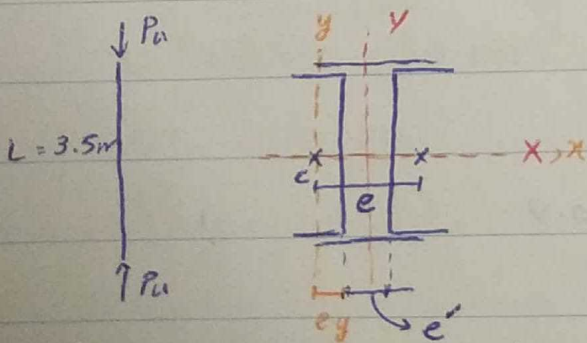
$$(2): \frac{0.08 E}{F_y} < \frac{eh}{t^2} < \frac{1.9 E}{F_y}$$

$$66.7 < 64.8 < 1583$$

$$\phi_b M_n = 0.9 \left[1.52 - 0.274 \times \left(\frac{eh}{t^2} \right) \frac{F_y}{E} \right] M_y$$

$$= 1.52 \text{ ton} \cdot \text{m} > 0.81$$

OK



$$F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$$

$$k_x = 1$$

$$k_y = 1.33$$

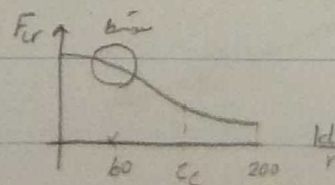
$$P_u = 55 \text{ ton}$$

مثال: ستون ترکیبی

خودتان
استفاده از جدول استاندارد

$P_u = 55 \text{ ton}$ در حدود بار سبک (تقریباً دو طبقه) استفاده از جدول استاندارد

ی شود ستون مشکل لایفی ندارد



فرض اولیه: $F_{cr} = 0.80 F_y$

$0.9 F_{cr} A = 0.9 \times 0.8 \times 2530 \times A \geq P_u = 55000$

$A = 30.2 \text{ cm}^2 \rightarrow A' = \frac{A}{2} = 15.1 \text{ cm}^2$ تک نودانی

UNP $\left[120 : \begin{cases} A' = 17 \text{ cm}^2 & I_y = 43.2 \text{ cm}^4 \\ r_x = 4.62 \text{ cm} & e_y = 1.6 \text{ cm} \end{cases} \right]$

$\left(\frac{kL}{r} \right)_x \rightarrow \left(\frac{kL}{r} \right)_y \xrightarrow{1.33} r_y > r_x$

محور انتقال: $a = 5.62$ و $e' = 5.62 \rightarrow I_x = I_y$

$\frac{1 \times 350}{4.62} = \frac{1.33 \times 350}{r_y} \rightarrow r_y = 6.14 \text{ cm}$

سین می کنیم و طریقی نیست آوریم که:

پس برای این کار:

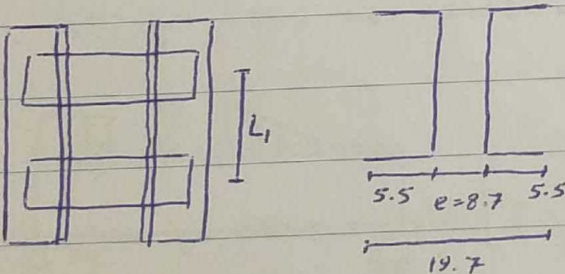
$I_y = [I_y + A' \left(\frac{e'}{2} + e_y \right)^2] \times 2$

$A r_y^2 = 2 [I_y + A' \left(\frac{e'}{2} + e_y \right)^2]$

$2 \times 17 \times 6.14^2 = 2 [43.2 + 17 \times \left(\frac{e'}{2} + 1.6 \right)^2] \rightarrow e' = 8.7 \text{ cm}$

از $e' = 5.62$ خیلی بیشتر شد

$\left(\frac{kL}{r} \right)_x = \left(\frac{kL}{r} \right)_y = \frac{1 \times 350}{4.62} = 75.8 < C_c = 4.71 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2530}} = 132.4$



L_1 باید حدود 50 cm حدس بزنیم:

$L_1 = 40 \text{ cm}$

فرض $L_1 = 40 \text{ cm}$ بررسی زفر $\frac{L_1}{r_y} = \frac{40}{1.59} = 25.2 < 40 \rightarrow \alpha = 1$

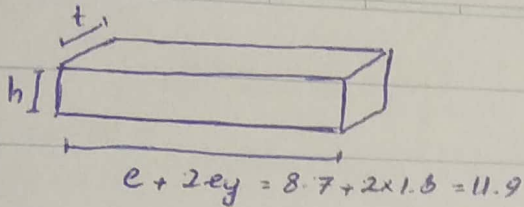
کنترل گمانش تک پرد فیل:

$\frac{k_1 L_1}{r_y} = \frac{1 \times 50}{1.59} = 25.2 < \frac{3}{4} \left(\frac{kL}{r} \right)_x = \frac{3}{4} \times 75.8 = 56.85 \rightarrow 25.2 < 57 \text{ OK} \checkmark$

$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y = 0.73 F_y$ (حدس ما 0.8 بود و با فرض اولیه ما کس فاصله دارد)

کنترل ظرفیت باربری:

$\phi_c P_n = 0.9 \times 0.73 \times 2530 \times 17 \times 2 \times 10^{-3} = 56.5 \text{ ton} > P_u = 55 \text{ OK}$



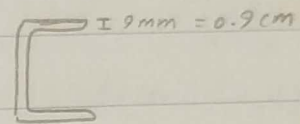
طراحی سیم:

(4): کنترل معیار تجربی $\rightarrow h \geq 0.5e$ طول سیم $= 0.5 \times 11.9 = 6$

$$h = 6.5 \text{ cm}$$

در بازه سیم با هر طولی بیان می شود!

(3): کنترل گمانش موضعی $t \geq \frac{\text{طول}}{50} = \frac{11.9}{50} = 0.24 \text{ cm}$
 $t = 0.8 \text{ cm}$



(1): کنترل برش سیم $T = \frac{0.01 PL_1}{e} = \frac{0.01 \times 56.5 \times 1000 \times 40 \text{ cm}}{11.9 \text{ cm}} = 1899 \text{ kg}$

عدم گمانش برش جان ناودانی $\frac{h}{t} \leq 1.1 \sqrt{\frac{5E}{F_y}} < 260 \rightarrow \frac{6.5}{0.8} < 69 < 260$

$$\phi_v V_n = 0.9 (0.6 F_y h t) = 7104 \text{ kg} > 1899 \text{ kg} \text{ OK}$$

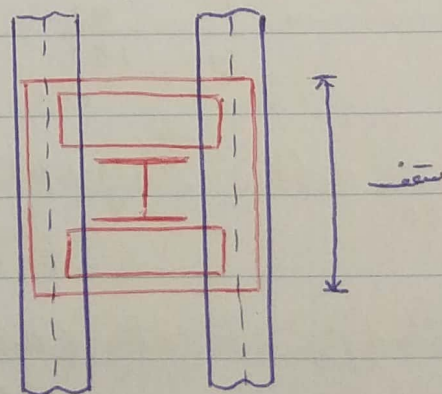
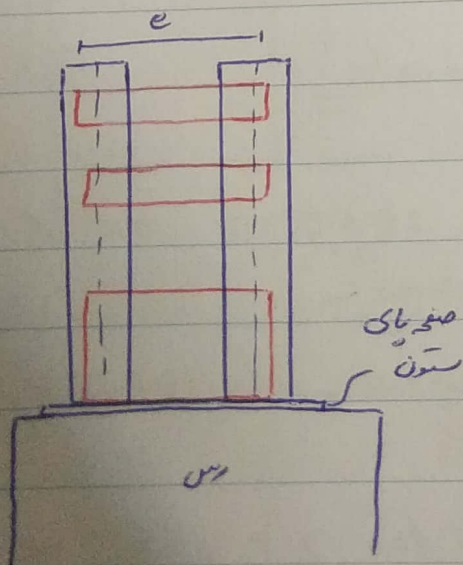
(2) کنترل خم سیم $M = 0.05 PL_1 = 0.05 \times 56500 \times 40 = 11300 \text{ kg.cm}$

$$\frac{0.08E}{F_y} < \frac{eh}{t^2} < 1.9 \frac{E}{F_y}$$

$$63 < 120.9 < 1502 \checkmark \text{ OK}$$

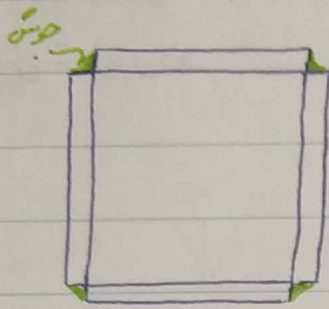
$$\phi_b M_n = 0.9 \left[1.52 - 0.274 \left(\frac{eh}{t^2} \right) \frac{F_y}{E} \right] M_y = 19048 \text{ kg.cm} > 11300 \checkmark \text{ OK}$$

$\downarrow$
 $\frac{th^2}{6} F_y$



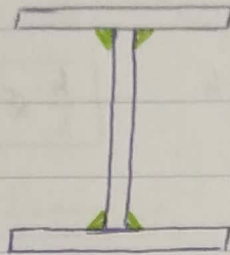
در شروع اتصال عرض سیم تیر است

ستون ساخته شده از ورق



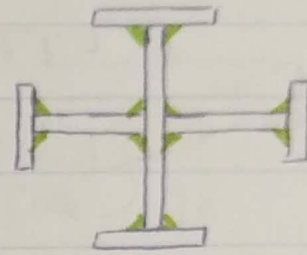
BOX

✓ مقاوم در برابر تخمین و گمانش تخمین



مقطع H

✓ غیر مقاوم در برابر تخمین
✓ کاربرد در شمع کوبی



مقطع صلیبی

✓ غیر مقاوم در برابر تخمین
✓ منسوخ

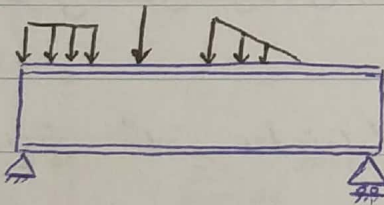
مشخصات مقطع : A , r_y , r_x , I_y , I_x

- کنترل گمانش موضعی ورق

- طراحی جوش ← جریان برش در محل جوش ← فولاد ۲

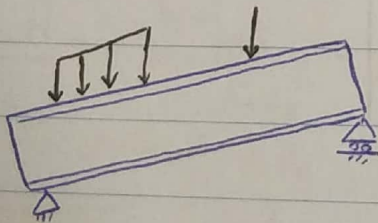
$$q = \frac{V I}{t} \text{ جریان برش}$$

طراحی اعضای خمشی (مفل چدام)

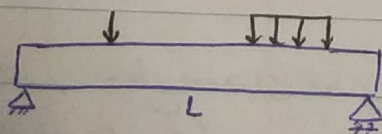


- افقی یا مورب

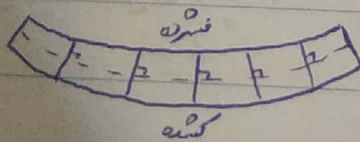
- نیروهای داخلی : برش + خمش (+ توری)



- طراحی عضو در برابر برش و خمش



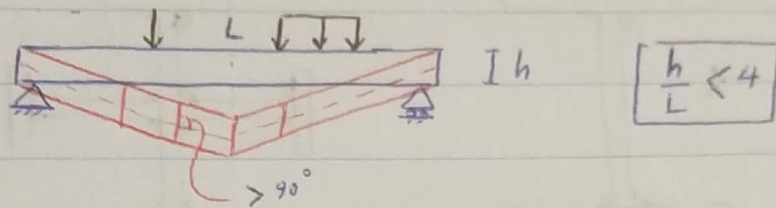
$$\frac{L}{h} > 10$$



مقاطع عمود بر محور عضو
می چرخد

تغییر شکل خمشی

* تغییر شکل خمشی به این معنایت که در عضو توازن وجود دارد! به معنای این است که دارد از خود تغییر شکل خمشی نشان می دهد.



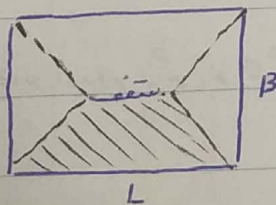
تغییر شکل خمشی $\neq$ تغییر شکل برشی $\rightarrow$ برای این داخلی از 90 خارج شود $\rightarrow$ مقاطع می لغزند و از حالت عمود بر محور عضو خارج می شوند

* تغییر شکل خمشی : OK

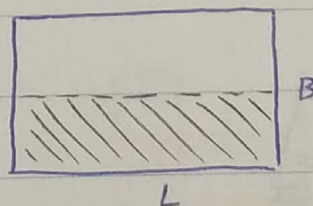
تغییر شکل برشی : NG

* طراحی اعضای خمشی یعنی عضوی که در برابر تغییر شکل برشی و خمشی از خود تغییر شکل خمشی بروز دهد. فرم تقلیدگیری هندسی تیر، بدترین وضعیت برای تحمل بار است (یعنی وضعیت عمودی مثل ستون محل و مقاومت بیشتری دارد)
 * در طراحی اعضای خمشی ناچاقی که امکان دارد از دقت و فرمول ها بالاتر استفاده کنیم.
 باید توجه به تیر نگاه کردن =

* انواع تیر: شاهییر Girder / تیر Joist / غل درگاه Lintel / لب Spandrel

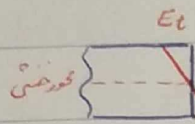
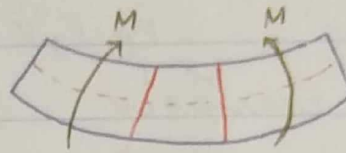
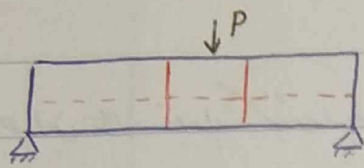


روشن و غرقه $\frac{L}{B} < 2$

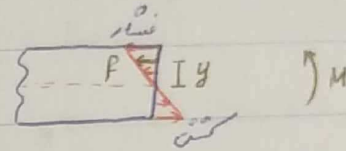


$\frac{L}{B} > 2$

تئوری خمشی: مقاطع صفحه ای عمود بر محور تیر، قبل و پس از خمش صفحه باقی می مانند و عمود بر محور عضو (همین تغییر شکل ها کوچک)
 بر 6



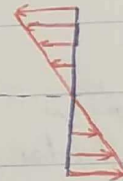
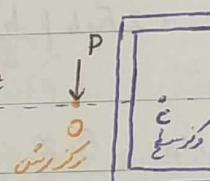
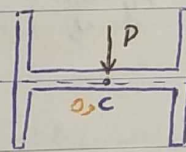
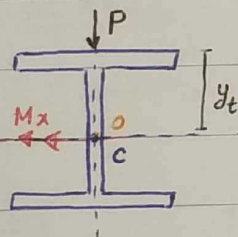
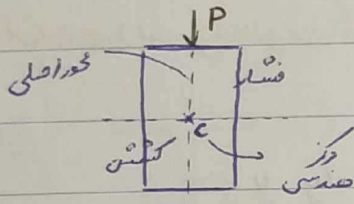
قانون هوک (σ = Eε)



تغییرات کرنش خطی = مانده بر محور عمو

$$\sigma = \frac{My}{I}$$

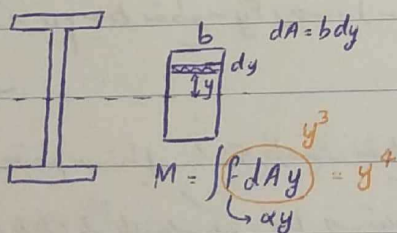
این مدل برای محاسبه تنش در است که میان حول محور اصلی باشد



محور حول محور تقارن و نیرو از مرکز برش گذرد (یعنی در مقطع نباشد)

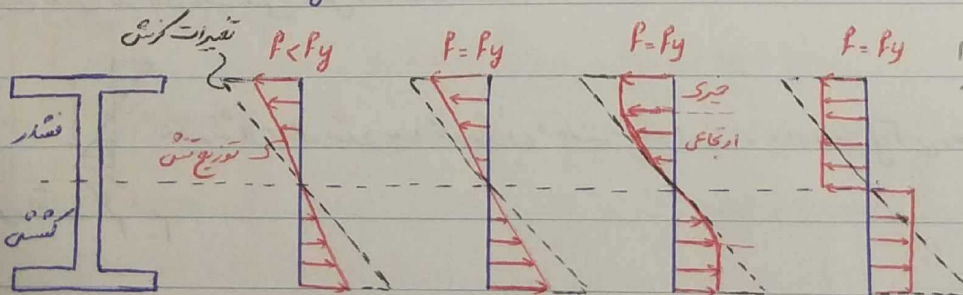
مقاطع برای محاسبه اقتصادی هستند که با سطح کمتر دارای I بیشتر باشند یعنی سطح از تارخشی فاصله داشت

بافتن شکل مقاطع IPE



$$S_x = \frac{I_x}{y_t}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_x}{S_x}$$



$$M < M_y$$

$$M = M_y$$

$$M_y < M < M_p$$

$$M = M_p$$

$$M_y = F_y S$$

$$M = M_y$$

$$M_y < M < M_p$$

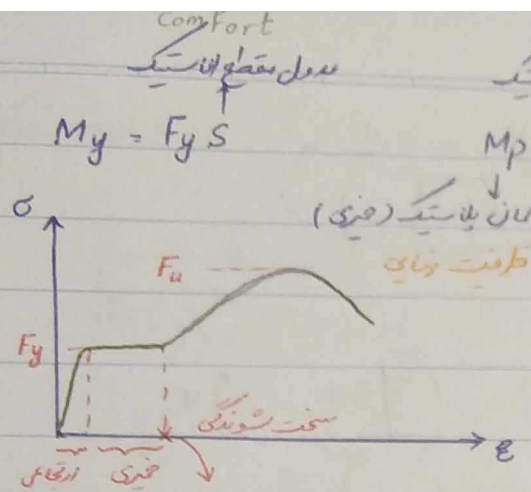
$$M_p = F_y Z$$

$$M_y < M < M_p$$

$$M_y < M < M_p$$

$$M_y < M < M_p$$

$$M_y < M < M_p$$



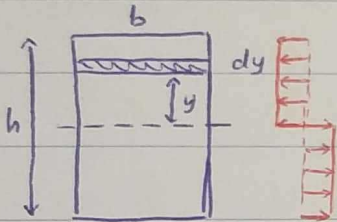
مدل مقطع پلاستیک

$M_p = F_y Z$

مدل یا اساس!

در همین حالات تغییرات کرنش در مقطع خطی باشد
(اما افزایش یابد) یعنی مقطع قبل از رسیدن به حد خیزی باشد

ارتباط Z (اساس مقطع پلاستیک) با S (اساس مقطع الاستیک)



برای مقطع مستطیل $M_y = F_y S \rightarrow \frac{bh^2}{8}$

$$M_p = F_y Z = \int F_y dA y = \int F_y b dy \cdot y$$

$$= F_y b \int y dy = 2 F_y b \left[\frac{y^2}{2} \right]_{h/2}^0$$

$$= 2 F_y b \left[\frac{h^2}{8} \right] = F_y \left(\frac{bh^2}{4} \right) Z$$

ضریب شکل از نیایی اعم تغییر شکل زیاد

$k = \text{Shape Factor} = \frac{M_p}{M_y} = \frac{F_y Z}{F_y S} = \frac{Z}{S}$

$k = \frac{Z}{S} = \frac{bh^2/4}{bh^2/6} = 1.5 \rightarrow M_p = 1.5 M_y$

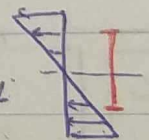
بای مستطیل

* M_p مربوط به وقتی است که بارها کشش داریم مثل زلزله. ساختمان اجازه ندارد تا M_p برود. M_p جایی است که تمام نقاط مقطع F_y می رسند (به حداکثر تن خود می رسند). و ساختمان پس از آن دیگر قابل استفاده نیست.

$M_p = 1.5 M_y = 1 + 0.5$ چون

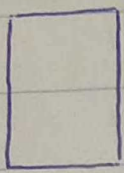
* در مقطع مستطیل 50% ظرفیت مقطع باقی می ماند برای M_p و مابا اگر حالت خوبی نیست. باید ظرفیت بیشتری بدون بار نادر کشش قابل استفاده باشد.

ناحیه نشان داده شده بدرد نخورترین قسمت مقطع است، زودتر به F_y می رسد. باید حجم از

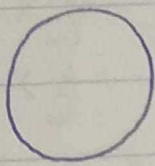


این قسمت کم کنیم.

* M_p با تغییر شکل های زیاد و M_y با تغییر شکل ها کم همراه است. پس ظرفیت در نزدیک M_y مقدار دوم

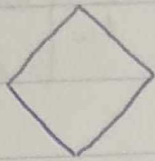


$$k=1.5$$



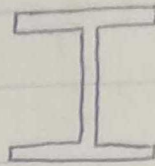
$$k=1.7$$

بدتر از مستطیل



$$k=2$$

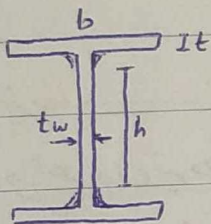
بدتر از مستطیل



$$k=1.12$$

اگر جان نداشته باشد
 $k=1!$

* از نظر اقتصادی مقطع باید دارای k حداقل باشد تا محصور نشویم برای ظرفیت شیر به سمت M_p برویم که با تغییر شکل ها زیاد و منفرجه است. ولی در زمان زلزله به ناچار به سمت M_p درگرفتهای خیلی زیادی روی می رود و در این حالت گمانش موضعی تر مشکل اساسی می شود



$$\frac{b}{t} < \frac{h}{t_w}$$

مقطع مستطیل

گمانش موضعی اجزاء مقطع در برابر خمش (فشار ناگهانی مقطع)

بنابراین گمانش موضعی اجزاء مقطع در برابر نیروی فشاری (فشار ناگهانی) نداشته باشیم

$$\frac{b}{t} \leq 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

مقطع فشرده

مقطع غیر فشرده

مقطع با اجزای لاغر

اعضا تحت خمش

$$\frac{b}{t} \leq 0.53 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

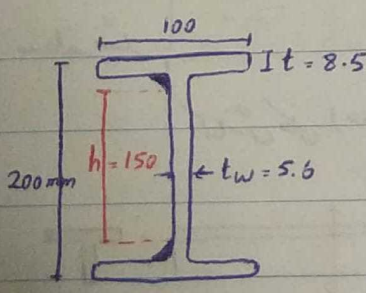
مقطع با اجزای غیر لاغر

مقطع با اجزای لاغر

اعضای فشاری
1-2-2-10
2-2-2-10
1-4-3-10 زلزله

مقطع فشرده: جان و جان بصورت سرناسری به هم متصل باشند

مقطع با اجزای لاغر: نقاط تحت شرایطی برای جان تیر در قی می تواند مجاز باشند



IPE 200

$$E = 2 \times 10^5 \text{ Mpa}, F_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\frac{b}{t} = \frac{50}{8.5} = 5.9 < 0.53 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 16.2 \quad \text{OK}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{150}{5.6} = 28.4 < 1.49 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 43 \quad \text{OK}$$

$$\frac{b}{t} = 5.9 < 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.1 \quad \text{OK}$$

$$\frac{h}{t_w} = 28.4 < 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = \quad \text{OK}$$

$$\frac{b}{t} \begin{cases} \text{فشرده} & \frac{b}{t} \leq 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ \text{غیر فشرده} & \frac{b}{t} \leq \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ \text{لاغر} & \frac{b}{t} > \sqrt{\frac{E}{F_y}} \end{cases}$$

$$\frac{h}{t_w} \begin{cases} \text{فشرده} & \frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ \text{غیر فشرده} & \frac{h}{t_w} \leq 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ \text{لاغر} & \frac{h}{t_w} > 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \end{cases}$$

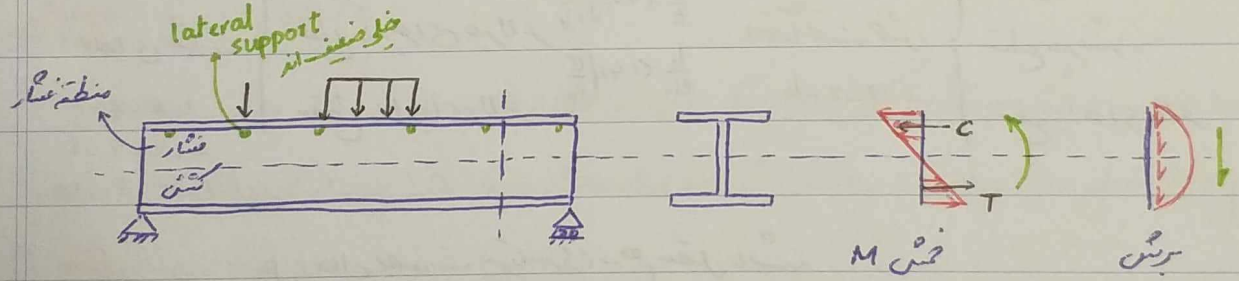
* در بخش $\frac{b}{t}$ و ضریب M_p نسبت به فشار دارد. چون با این حالت بیشترین مرکز جرم هستند.
اما جان $(\frac{h}{t_w})$ و ضریب M_y دارد. جان در بخش مطرح نیست!
* تفاوت فشرده و غیر فشرده در اجازه دادن به رسیدن به M_p یا M_y است. در واقع فشرده برای زلزله استفاده می کنند.

طراحی تیرها:

- در طراحی هم وزن تیر و هم بار خارجی باید لحاظ گردد. (در محاسبه وزن لحاظ نمی شود!)
- در حله بعد رسم نمودار برش و گشت است.

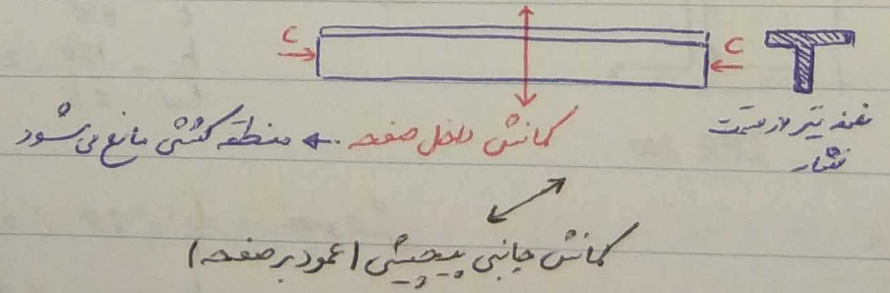
معیار ها کنترل طراحی به ترتیب اولویت:

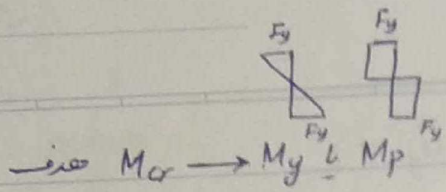
- ۱- مقاومت خمشی ۲- تغییر شکل (در دهانه بلند) ۳- مقاومت برش (در دهانه کوتاه) ۴- تسلیم موضعی در لبه‌گی بین جان و بال و گمانش موضعی چنان ناش از نیروی متمرکز بار یا گره گاه.



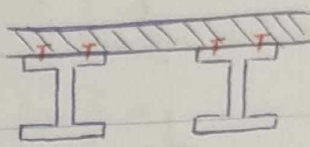
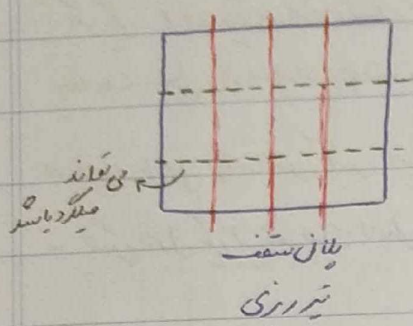
کنترل گمانش موضعی بال و جان و گمانش موضعی بال و جان } همان ضوابط $\frac{b}{t}$ و $\frac{h}{t_w}$
 { مقاوم فشرده غیر فشرده }
 ← جلوگیری می کنیم (با کنترل $\frac{b}{t}$ و $\frac{h}{t_w}$) منطقه فشار

گمانش کلی (جانبی - میخی) ← در طراحی لحاظ می شود: مثل ستون نیروی C (یعنی M) از جری
 کمتر نهاده می شود یعنی $M < M_{cr}$ تا گمانش صورت نگیرد

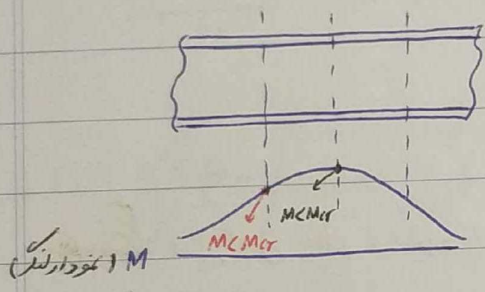




✓ چگونه به این هدف برسیم ۱۹
 ۱۱ تکیه گاه جانبی و فشاری بگذاریم
 ۲-۳٪ نیروی فشاری

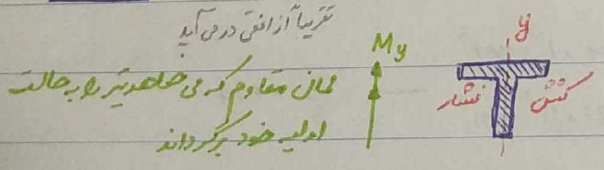
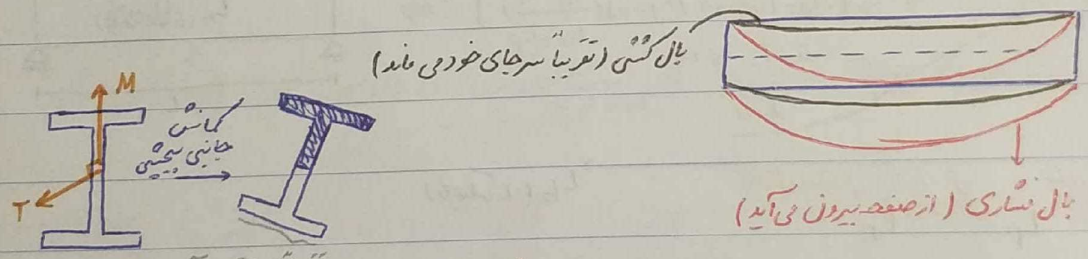


۱۲ (اگر نگرشیم) بین تکیه گاه ها جانبی تیر گمانش انجام می شود



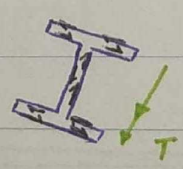
در صورتی که لول باید از مانعیم آن بازه کمتر باشد

✓ در بین دو تکیه گاه جانبی که گمانش جانبی - میچسب واقع می شود، چه اتفاقی می افتد؟



۱- مقاومت خمشی نصف مقطع
 حل محور تا λ

مقاومت مقطع
 در برابر گمانش
 جانبی - میچسب
 که ن هاضم مقطع
 به شکل اصلی
 حفظ می گرداند



۲- مقاومت میچسب حل محور تیر

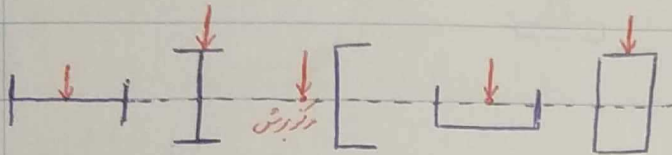
انواع میچسب
 saint verant
 warpping

مقاومت نهایی بازگردانده تیر در
حالت گمانش یافته به حالت اولیه

$$= \sqrt{M_y^2 + T^2} = \text{Max}(M_y, T)$$

اگر یکی 30٪ دیگری باشد، از آن چشم پوشی می کنیم
مقاومت مقطع می تواند در هر دو جهت زیاد باشد.
 $\sqrt{100^2 + 30^2} = 104$
با 100 چندان تفاوت ندارد.

ضعیف طراحی بر اساس آیین نامه:



خشن حل یکی از محورها اصلی باید باشد

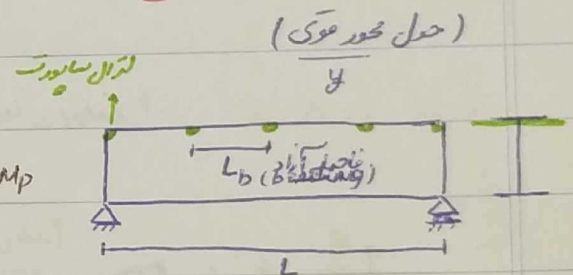
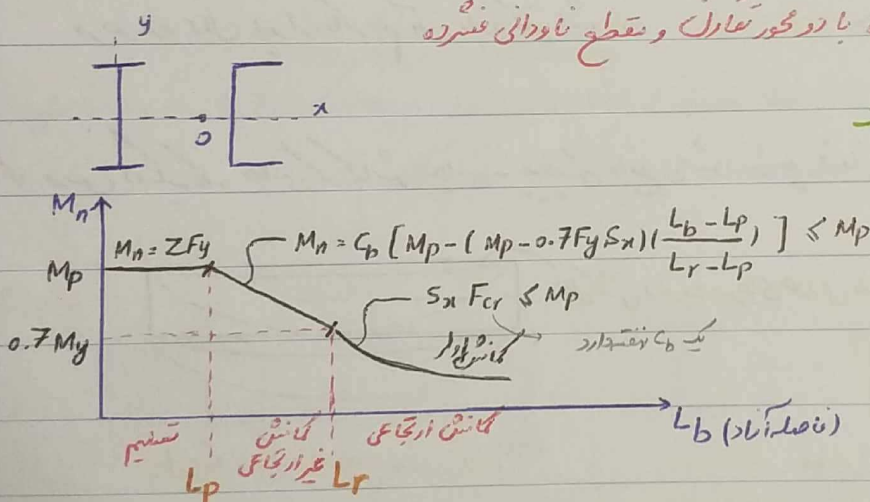
- بار از مرکز برش عبور کند تا در مقطع بخش ایجاد نشود (مقاومت مصالح در برابر بخش بسیار ضعیف است: 0.1 محور)

مقاومت
اسس نشی

$$\phi_b M_n = \text{مقاومت طراحی بخش}$$

bending

مقاومت بخشی اسس مقطع I فشرده با دو محور تقارن و مقطع ناودانی فشرده



$M_p = Z F_y$
 $M_y = S F_y$

IPE 200: $S = 194 \times 10^3 \text{ mm}^3$
 $Z = 221 \times 10^3 \text{ mm}^3 \rightarrow \frac{Z}{S} = 1.14$

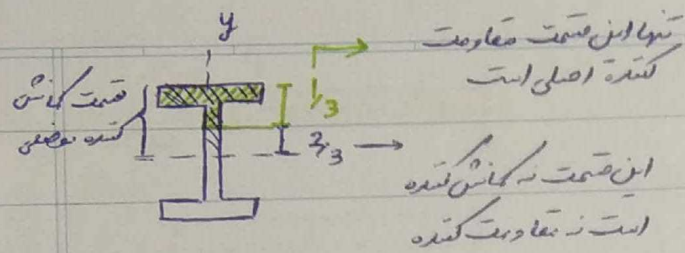
چگونگی گمانش حول y است

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$$

0.9

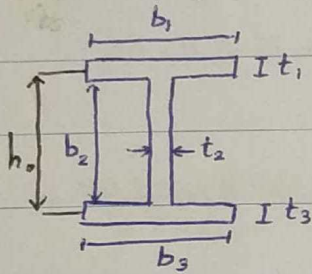
$$M_u = \phi_b M_n$$



شعاع اُراسیون قسمت سبز: r_{ts}

حول محور y : $r_{ts} = 1.2 r_y$

لاغری خمشی: $\frac{L_b}{r_{ts}}$ (در سون و هم $\frac{L}{r}$ بود)



ثابت یخشی سن و نان: $\frac{1}{3} \sum b_i t_i^3$

$C = 1$ برای مقاطع I (موضوع یخشی تابیدگی)

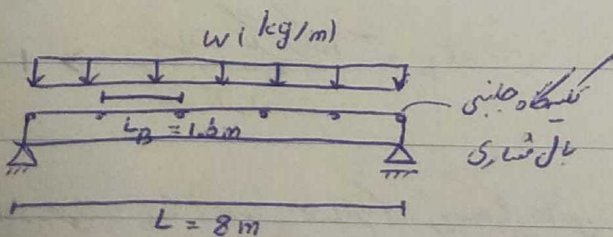
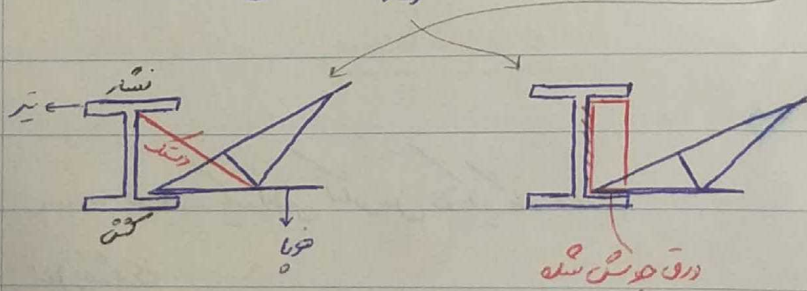
$F_{cr} = \frac{\pi^2 E C_b}{(\frac{L_b}{r_{ts}})^2} \times \sqrt{1 + 0.078 \frac{J_C}{S_x h_0} (\frac{L_b}{r_{ts}})^2}$

به تقریب برابر! در تطبیق گیریم

گمانش از جاعی و گمانش اولر:

$M_n = F_{cr} S_x$

کنیکه جانی: جایی است که از حرکت جانی بال فشاری جلوگیری شود یا از یخشی کل مقطع جلوگیری شود.



IPE 330

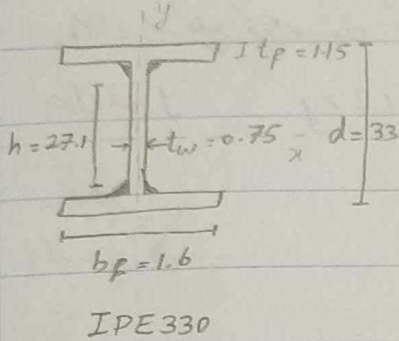
بر اساس معیار مقاومت خمشی: $w_{max} = ?$

$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$E = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

مثال:

$$M_{max} = \frac{wl^2}{8} = \frac{w \times 8^2}{8} = 8w \text{ kg.m}$$



$$S_x = 713 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 11770$$

$$r_y = 3.55$$

کنترل فشردگی مقطع:

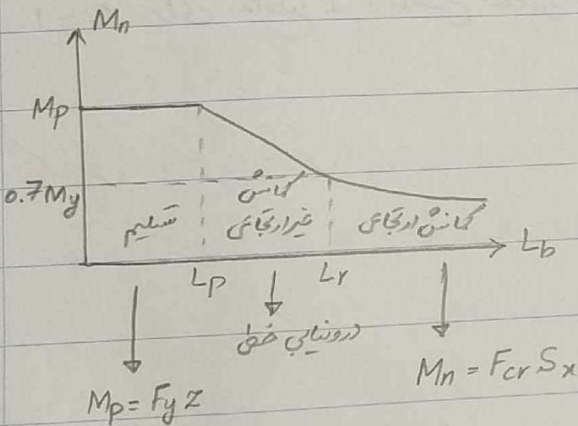
$$\frac{b}{t} \leq 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad 1.115$$

$$6.95 < 11 \text{ OK}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad 0.75$$

$$36.1 < 108.5 \text{ OK}$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 3.55 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2400}} = 180.4$$



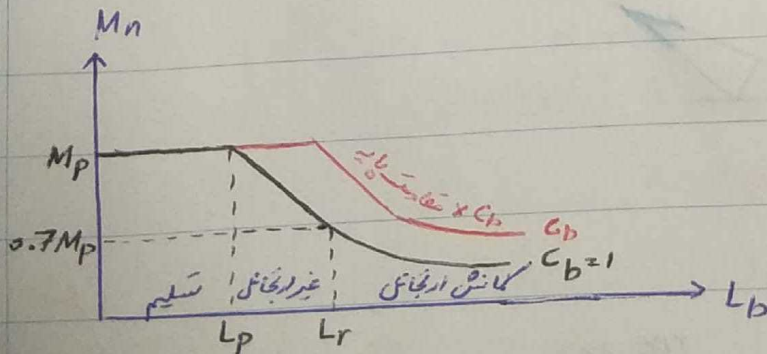
$$L_b = 160 < 180.4 \text{ cm} \rightarrow M_u = M_p = F_y Z$$

نمودار از جدول ضرایب واریاسیون $1.12 S_x$

$$\phi_b M_n = 0.9 F_y (1.12 S_x) = 0.9 \times 2400 \times 1.12 \times 713 \times \frac{1}{100} = 17248.9 \text{ kg}$$

$$17248.9 > 8w$$

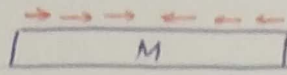
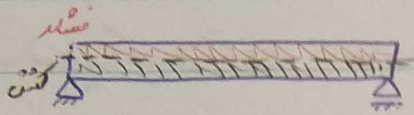
$$w \leq 2156 \text{ kg/m}$$



C_b = ضریب مینواختی لنگرین دوکجه طاه جانبی
بال فشاری

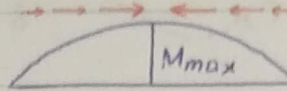
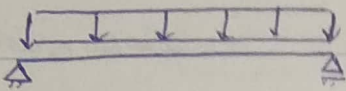
$$C_b = \frac{\text{تغییرات لنگر غیر مینواخت}}{\text{لنگر مینواخت}} > 1$$

طوری به C_b ، ضریب اصلاح گمانش بعضی جانبی



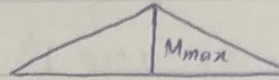
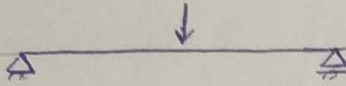
$$C_b = 1$$

مان ثابت



$$C_b = 1.15$$

- طول تغییر
- نیروی فشار و کشش



$$C_b = 1.3$$

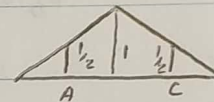
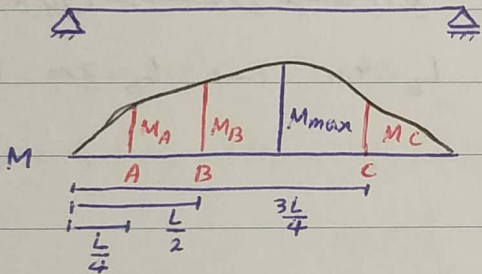
- برای تراز نقطه کاش جانبی
بل صاف

هر چه طول در وسط کمتر تر باشد و ضعیف بختی در بخش دارد

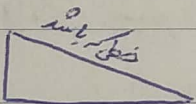
$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

فرمول تجربی ای که برای C_b بدست آورده اند:

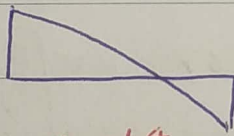
تمام M ها در این فرمول قدم مطلق مقدار خود هستند!



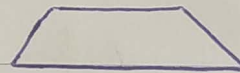
$$C_b = \frac{12.5 \times 1}{2.5 \times 1 + 3 \times 0.5 + 4 \times 1 + 3 \times 0.5} = 1.31$$



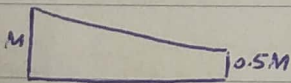
$$C_b = 1.65$$



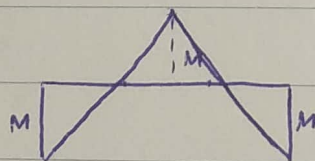
$$C_b = 1.4$$



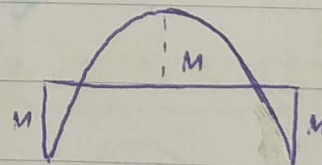
$$C_b = 1$$



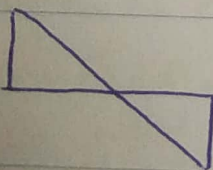
$$C_b = 1.25$$



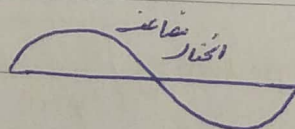
$$C_b = 1.9$$



$$C_b = 1.9$$



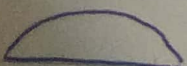
$$C_b = 2.25$$



$$C_b = 2.25$$

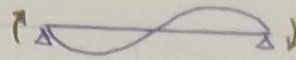
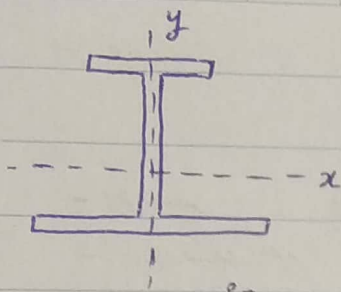
تیر طره با انتهای آزاد و باز شده

$$C_b = 1$$



$$C_b = 1.15$$

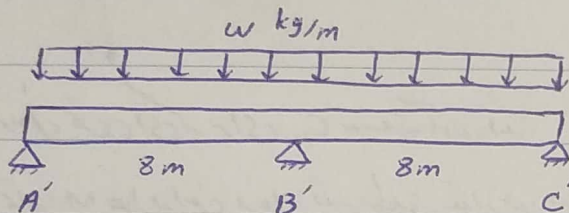
حرفه C_b نمی دانیم (۱) می گیریم. چون یک نوع
ملک است که از آن حرفه می گیریم



- مقطع یک محوری
- مان حل محوری
- انحنای ضعیف

شیر

$$C_b \times R_m \rightarrow R_m = 0.5 + 2 \left(\frac{I_{y \text{ top}}}{I_y} \right)^2$$



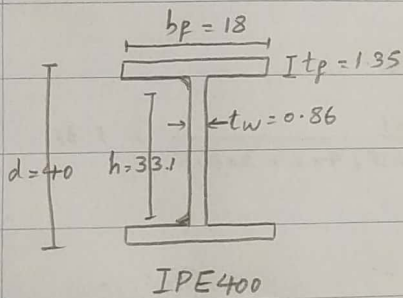
$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

IPE 400

W max برای سه حالت زیر بدست آورید

الف) $L_b = 2m$ ب) $L_b = 4m$ ج) $L_b = 8m$



$$S_x = 1160 \text{ cm}^3$$

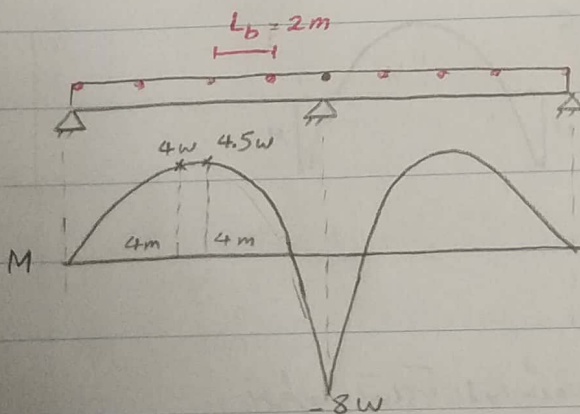
$$I_y = 1320 \text{ cm}^4$$

$$r_y = 3.95 \text{ cm}$$

کنترل فشردگی مقطع:

$$\text{الف) } \frac{b}{t} = \frac{9}{1.35} = 6.67 \leq 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11 \text{ OK}$$

$$\text{ب) } \frac{h}{t_w} = \frac{33.1}{0.86} = 38.5 \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108.5 \text{ OK}$$



الف) $L_b = 2m$

باید L_p و L_r نسبت آوریم تا بتوانیم L_b را بدست آوریم

نامیده می باشد!

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 200.7 \text{ cm}$$

$$L_b = 200 < 200.7 \rightarrow M_n = M_p$$

در این سیستم قوس دارد

$$\phi_b M_n = 0.9 M_p \geq M_{max} = 8w$$

$$0.9 M_p = 0.9 F_y Z = 0.9 \times 2400 \times 1.12 \times 1160 \times \frac{1}{100} \geq 8w$$

$$w \leq 3508 \text{ kg/m}$$

$$L_b = 4m = \boxed{4}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$r_{ts} = 1.2 r_y = 1.2 \times 3.95 = 4.74$$

$$h_o = d - t_f = 40 - 1.35 = 38.65$$

$$C = 1$$

$$J = \frac{1}{3} (2 \times 18 \times 1.35^3 + (40 - 2 \times 1.35) \times 0.86^3) = 37.4$$

$$L_r = 620 \text{ cm}$$

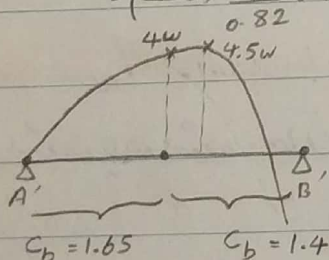
گمانش غیر ارجاعی بال نسبی $\rightarrow$ دنامه گمانش غیر ارجاعی تقریبی نبرد
 $200.7 < L_b = 400 < L_r = 620$

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

$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$
 $M_p (F_y Z / 1.12)$ 620 200.7

مابطع نهایی بر حسب M_p به شکل مقابل نسبت می آید:
 $M_n = C_b \cdot 0.82 M_p \leq M_p$

(حداکثر C_b مورد نیاز برای رساندن $M_p = M_n$ است)



$$M_n = M_p : C_b > \frac{1}{0.86}$$

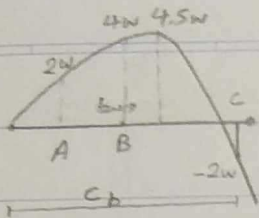
$$W \leq 3508 \text{ kg/m}$$

چون میان تقریباً جعی است

گمانش ارجاعی بال نسبی $\rightarrow L_b = 800 > L_r = 620$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} (1.69)$$



$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} = 2.08$$

$$F_{cr} = \frac{2.08 \times \pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{300}{4.74}\right)^2} \times 1.69 = 2436 \text{ kg/cm}^2$$

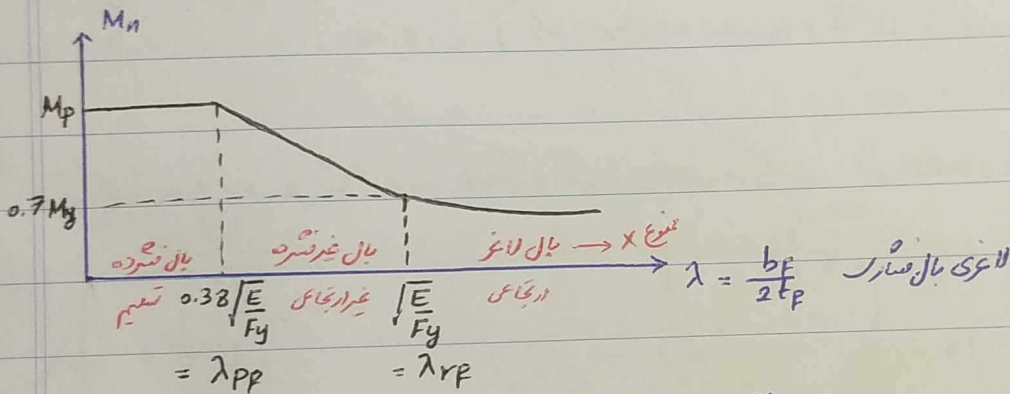
$$M_n = F_{cr} S_x = 2436 \times 1160 \times \frac{1}{100} = 28258 < M_p = 31181 \text{ kg.m}$$

$$0.9 \times 28258 \geq 8w \rightarrow w \leq 3179 \text{ kg/m}$$

مقاومت خمشی اعضای با مقطع I با دو محور تقارن یا بال غیر مشرده و جان مشرده

(حول محور قوی)

و با فرض $L_b \leq L_p$

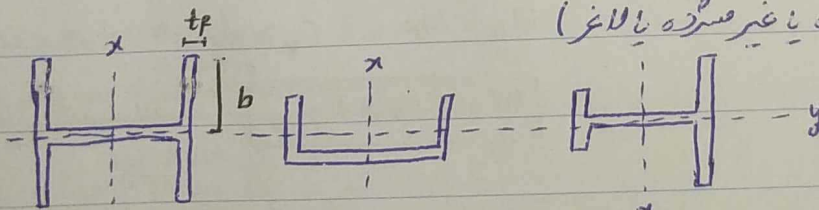


$$M_n = M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{PP}}{\lambda_{rP} - \lambda_{PP}} \right)$$

برای ناحیه غیر اریجی

مقاومت خمشی اعضای با مقطع I شکل استاندارد حول محور ضعیف

(بال مشرده یا غیر مشرده، جان مشرده یا غیر مشرده یا لاغر)



$$M_n = \min \left(\begin{array}{l} \text{حالت خمشی موضعی بال، حالت خمشی ستیم} \\ \text{در حالت غیر مشرده} \end{array} \right)$$

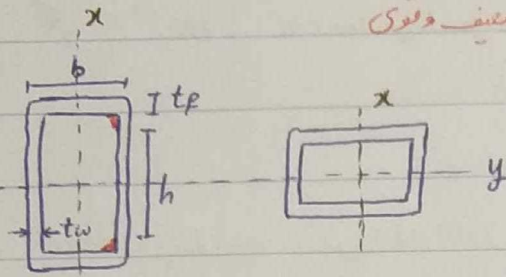
$$Z_y \leq 1.55 S_y \text{ (مستطیل)} \rightarrow Z_y = 1.5 S_y$$

$$\text{حالت خمشی ستیم} : M_n = M_p = F_y Z_y \leq 1.6 F_y S_y$$

$$\text{حالت خمشی موضعی بال} : M_n = \left[M_p - (M_p - 0.7 S_y F_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_{PP}}{\lambda_{rP} - \lambda_{PP}} \right) \right]$$

$$\lambda = \frac{b}{t_f} \quad \lambda_{PP} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \lambda_{rP} = \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

مقاومت خمشی اعضای یا مقطع قوطی شکل حول محور ضعیف و قوی



(بال فشرده و غیر فشرده و جان فشرده و غیر فشرده)
جان اینجانی تواند لاغر باشد چون روی محور خمشی مقاومت ندارد
چون فشرده شدن ندارد

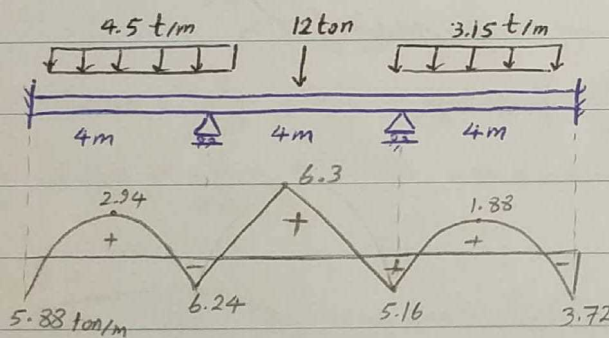
$M_n = \min$ (حالت خمشی موضعی، حالت خمشی گمانش، حالت خمشی تسلیم)
موضع بال غیر فشرده جان غیر فشرده

حالت خمشی تسلیم: $M_n = M_p = F_y Z$

حالت خمشی گمانش موضعی بال غیر فشرده: $M_n = M_p - (M_p - F_y S) \left[3.57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 4 \right] \leq M_p$

حالت خمشی گمانش موضعی جان: $M_n = M_p - (M_p - F_y S) \left[0.305 \frac{h}{t_w} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 0.738 \right] \leq M_p$

اگر مقطع فشرده باشد هیچ دردت هم لازم نیست!



سؤال: مقطع INP طراحی کنید

$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

(الف) $L_b = 1 \text{ m}$ (فاصله مهار جانبی بال شلاری)

در فاصله مهار بالی تیر
و در فاصله مهار پایینی تیر

(ب) $L_b = 2 \text{ m}$

(ج) $L_b = 4 \text{ m}$

(الف) $L_b = 1$: احتمالاً مقطع گمانش جانبی پدید نمی آید و به M_p می رسد یعنی $L_b < L_p$ (چون 1 m ضعیف تر است)

حالت با: $L_b = 1 < L_p$

معمولاً در مقاطع نوزده شده اضافی: شرایط فشرده شدن $\rightarrow M_n = M_p$

$M_n = M_p = F_y Z = F_y (1.12 S_x)$

$\phi_b M_n \geq M_{max} \rightarrow 0.9 (F_y \times 1.12 S_x) \geq 63 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow S_x \geq 260.4 \text{ cm}^4$

INP 220: $S_x = 278 \text{ cm}^4$

$b_f = 9.8 \text{ cm}$, $t_f = 1.22$

$d = 22 \text{ cm}$, $t_w = 0.81$

$h = 17.6 \text{ cm}$

$r_y = 2.02 \text{ cm}$

مطابق شرایط فشرده شدن: $\frac{b}{t_f} \leq 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ OK
 $\frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ OK

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 2.02 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2400}} = 102.6 \text{ cm} > L_b = 100 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

پس : INP 220

INP 220 ← با فرض $L_b = 200 \text{ cm}$ (ب)

اگر الف رولر مالتواست بود، ماحود مان باید حالت پلاستیک در دست می آوردیم تا بتوانیم ب حل کنیم

$$L_p = 102.6 \text{ cm}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}} = 439.2 \text{ cm}$$

$$1.2 r_y = 1.2 \times 2.02 = 2.42$$

$$C = 1$$

$$d - t_p = 22 - 1.22 = 2.78$$

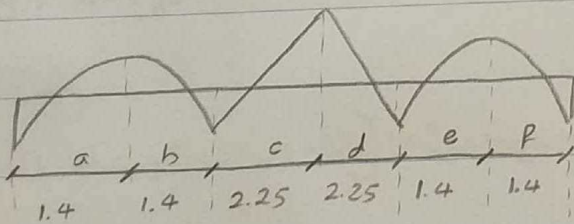
$$2 \times \frac{1}{3} \times 9.8 \times 1.22^3 + \frac{1}{3} (22 - 2 \times 1.22) \times 0.81^3 = 15.33$$

$$L_p = 102.6 < L_b = 200 < L_r = 439.2 \rightarrow \text{گمانش غیر ایجابی بال}$$

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

$$M_n = C_b \times 0.89 M_p \leq M_p = \frac{M_p}{1.12}$$

$$C_b \text{ حاکم مورد نیاز } C_b \text{ برای حصول } M_p = \frac{1}{0.89} = 1.12$$



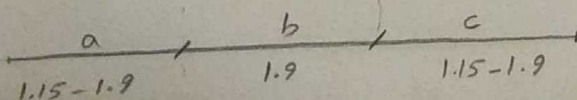
طبق شکل ها C_b :

در هم حالات C_b از 1.12 بیشتر است و آن را می دهیم

$$\text{پس مثل حالت الف : } \boxed{\text{INP 220}} \leftarrow M_n = M_p$$

ج $L_b = 400 \text{ cm}$ ← با فرض قبلی INP 220 :

$$L_b = 400 < L_r = 439.2 \text{ cm} \rightarrow \text{گمانش غیر ایجابی}$$

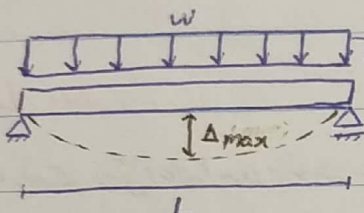


$$C_b > 1.12 \rightarrow M_n = M_p \rightarrow \text{حالت الف : } \boxed{\text{INP 220}}$$

معیارهای طراحی تیر

- ۱- مقاومت خمشی (مهم ترین) - تا اینجا فقط مقاومت در نظر گرفته شده
- ۲- خیز یا تغییر شکل در دهانه بلند (دهانه بلند معمولاً $> 5m$)
- ۳- برش در دهانه کوتاه (معمولاً $< 4m$)
- ۴- تسلیم موضعی، کجیدگی و گمانش موضعی چنان در محل بار متمرکز یا یکپاره متمرکز

کنترل معیار خیز یا تغییر شکل تیر یا انحراف



بار سرویس = بار بدون ضرب

$1D+1L$

ضرب یک

$$\Delta_{max} = \frac{8wL^4}{384EI}$$

از تحلیل سازه یا جدول ها آخر کتاب کلیل سازه یا اتصالات بدست آمده

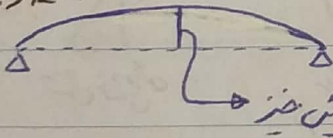
$$\checkmark \Delta_{max} < \frac{L}{360}$$

Δ مربوط به بار زنده

$$\checkmark \Delta_{max} < \frac{L}{240}$$

Δ مربوط به بار زنده و مرده

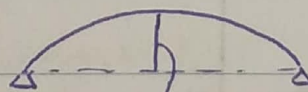
$L > 12m$



* اگر طول تیر بیش از 12 m باشد، باید در انتخاب آن بیش خیز بدیده

به اندازه Δ_{max} ناشی از بار مرده = بیش خیز

$L > 12m \rightarrow$ تیر حوال

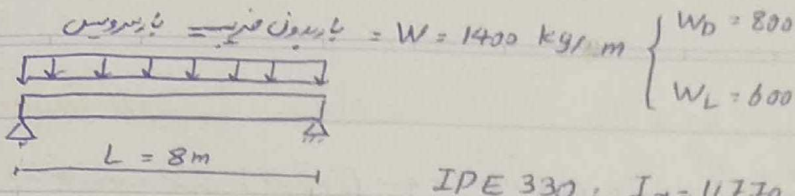


به اندازه Δ_{max} ناشی از بار مرده و بار زنده = بیش خیز

دلیل: سرویس دهی مناسب به ساکنین - باز و بسته شدن درب و پنجره به راحتی، حرکت راحت آسانسور داخل داکت، عدم ترک خوردگی نازک کاری سقف، جلوگیری از لرزش سقف

$$\Delta_{max} < \frac{L}{1000} \text{ تا } \frac{L}{2000}$$

سقف هایی که ماشین آلات دقیق تحمل می کنند



IPE 330 : $I_x = 11770 \text{ cm}^4$

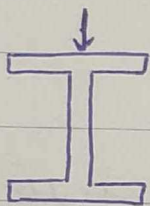
$E = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$\Delta_{max} = \frac{5WL^4}{384EI}$

$W_L = 600 \text{ kg/m} = 6 \text{ kg/cm} \rightarrow \Delta_{max} = 1.3 \text{ cm} \leq \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2.22 \checkmark \text{ OK}$

$W_{D+L} = 1400 \text{ kg/m} = 14 \text{ kg/cm} \rightarrow \Delta_{max} = 3.02 \text{ cm} \leq \frac{L}{240} = \frac{800}{240} = 3.33 \checkmark \text{ OK}$

سؤال :



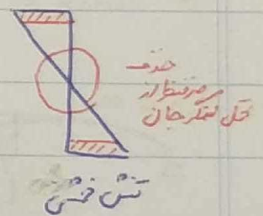
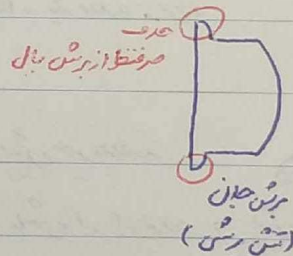
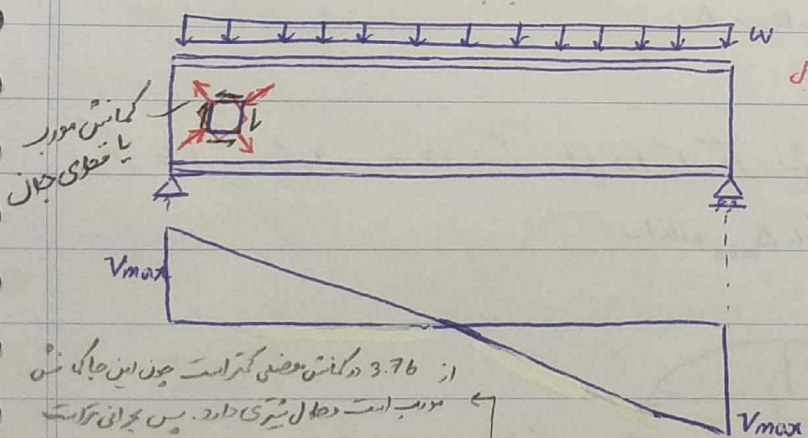
(ملاحظات)

کنترل مقدار برش :
 مقاومت برش اعضا بدون توجه به عمل میان کشش
 Tension Field action

مقاومت برش است :
 $\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow$ برش نهایی ناشی از بار فریبکار
 $\phi_v = 0.9$

به جز باند 1-2-6-2-6-1

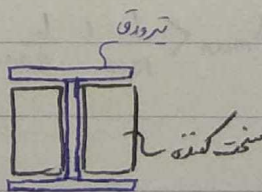
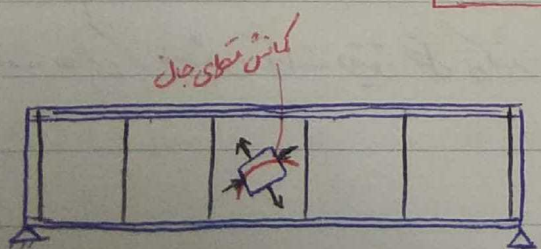
در تیر برش متوسط جان و دیگر متوسط بال تحمل می شود.



در مقاطع مورد سئو محموله رعایت می شود :
 $\frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

در صورت عدم گمانش قطعی جان :
 $T = 0.6 F_y$ جان در برش تسلیم می شود

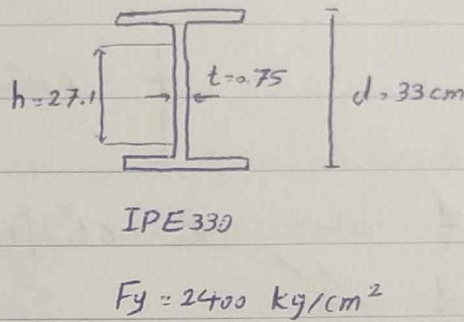
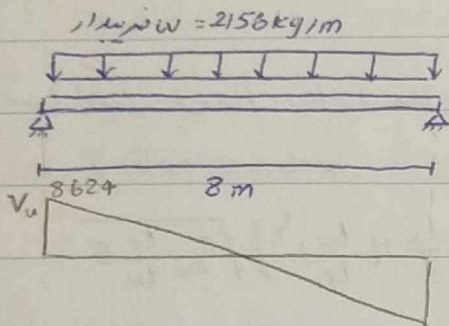
مقاومت تسلیم برش جان در صورت عدم گمانش قطعی :
 $0.6 F_y \frac{A_w}{d t_w}$



(مستجاب)
 عمل میان کشش :

مقطع I مورد سنجش است $\phi_v = 1$

گمانش قطری جان 4 می تواند اتفاق بیفتد و تاثیر در مقاومت برش نداشته باشد (نه تنها گمانش می شود بلکه بیشتر هم می شود) $\rightarrow$ که عمل میال کشی واقع شود



مسئله :

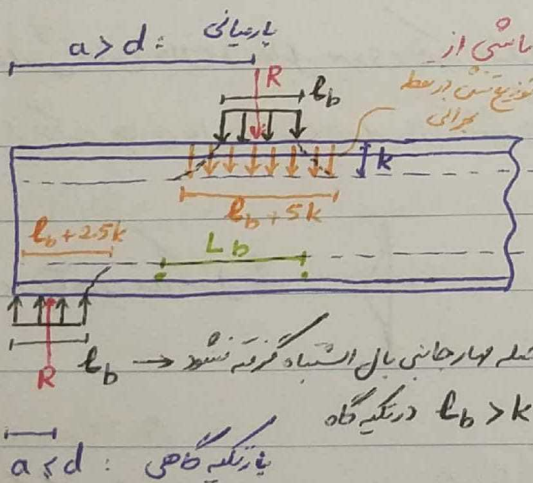
$$V_u = \frac{2156 \times 8}{2} = 8624 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \frac{27.1}{0.75} = 36.1 \leq 64.7 \text{ OK}$$

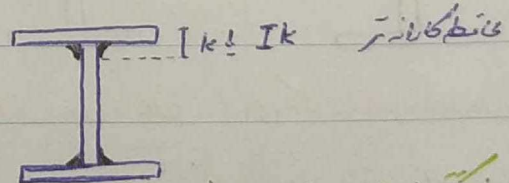
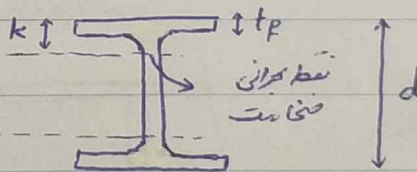
کنترل روابط برش

$$\Rightarrow \phi_v = 1$$

$$\phi_v V_n = 1 \times 0.6 F_y d t_w = 1 \times 0.6 \times 2400 \times 33 \times 0.75 = 35640 \text{ kg} > V_u = 8624 \text{ kg} \text{ OK}$$



کنترل تسلیم موضعی و لهیدگی بین جان و بال در گمانش جان ناستی از
نیروی کمتر از جاذبه گاه



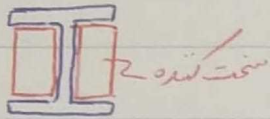
بال : بزرگترین طول بدون مهار جانبی هر دو بال در محدوده باربرتر

الف) تسلیم موضعی بین جان و بال (فشردگی)
web yielding

$$\phi R_n \geq R$$

$$\begin{cases} F_y t_w (2.5k + L_b) & \text{تکیه گاه} \\ F_y t_w (5k + L_b) & \text{باربانی} \end{cases}$$

در صورتی که $\phi R_n < R$ ، نیاز به سخت کننده داریم که حداقل مقاومت $R - \phi R_n$ را تأمین کند (این شکل بیشتر روابط تیر دوقل است. IPE و IPB عموماً مشکلی ندارد و از طرفی بخاطر انحنای گوشه سخت کننده بقیه کردن سخت است!)



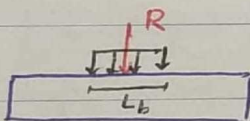
(ب) لهیدگی بین جان و بال (نقطه برای فشار)
web crippling

$\phi R_n \geq R$
 $\downarrow$ 0.75 $\rightarrow$ $\begin{cases} a > \frac{d}{2} & \text{بار مابینی} \\ a \leq \frac{d}{2} & \text{بار کناره} \end{cases}$

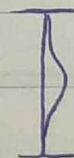
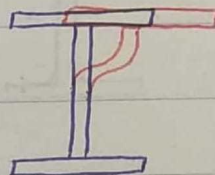
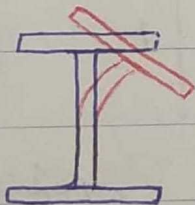
$$R_n = 0.8 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{L_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \sqrt{F_{yw} \frac{t_f}{t_w} E}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \frac{L_b}{d} \leq 0.2 : R_n = 0.4 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{L_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \sqrt{F_{yw} \frac{t_f}{t_w} E} \\ \frac{L_b}{d} > 0.2 : R_n = 0.4 t_w^2 \left[1 + \left(\frac{4L_b}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \sqrt{F_{yw} \frac{t_f}{t_w} E} \end{cases}$$

در صورتی که $\phi R_n < R$ نیاز به یک جهت سخت کننده با حداقل مقاومت $R - \phi R_n$ نیاز داریم.



(ج) گمانش جانبی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری
اگر از حرکت جانبی بال فشاری در برابر بال کششی جلوگیری نشده باشد:



گمانش در جان قبل کنترل شده

(1) حرکت جانبی بدون دوران (2) حرکت جانبی با دوران

معمولاً در تکیه گاه حرکت جانبی بین بال فشاری و کششی جلوگیری شده است (ضمناً با زیر رو جابجایی مابینی است)

$\phi R_n \geq R$

$\downarrow$ 0.85 $\rightarrow$ در خط ماکس لهیدگی در تیر آسان نسیم

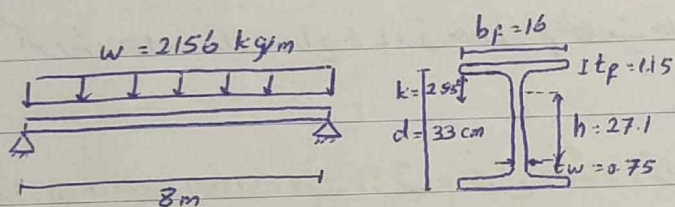
(1) : $\frac{h/t_w}{L_b/b_f} \leq \frac{2}{3} : R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2} \left[1 + 0.4 \left(\frac{h/t_w}{L_b/b_f} \right)^3 \right]$
 $> \frac{2}{3} : \text{نیاز به کنترل نسیم}$

2) $\frac{(h/t_w)}{(L_b/b_f)} \leq 1.7$ $R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2} \left[0.4 \left(\frac{h/t_w}{L_b/t_f} \right)^3 \right]$
 $\frac{(h/t_w)}{(L_b/b_f)} > 1.7$ نیازی به کنترل نیست

$M_u < M_y : C_r = 6.32 \times 10^6 \text{ Mpa}$

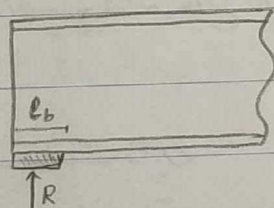
$M_u \geq M_y : C_r = 3.31 \times 10^6 \text{ Mpa}$

در صورتی که $\phi R_n < R$ ، بقیه مهار جانبی هر دو پال در محل بار متمرکز (معمولاً بال منتهی بهار دارد، بال کنی بهار می خواهد و یا یک جفت سخت کننده با حداقل مقاومت $R - \phi R_n$ یا تقویت جان مایه ورق مضاعف)



$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

مثال:



با ϕ باید در حدود $\frac{1}{2}d$ تا $\frac{2}{3}d$ b_f بگیریم:

$l_b = 15 \text{ cm} > k = 2.95 \text{ OK}$
 طول نهیمن ϕ

$\phi R_n = 1 \times F_y t_w (2.5k + l_b) = 2400 \times 0.75 (2.5 \times 2.95 + 15)$

الف) تسلیم موضعی جان:

$= 4027 \text{ kg} > R = \frac{2156 \times 8}{2} = 8624 \text{ OK}$

$\phi R_n = 0.75 R_n$

ب) لبه کنی جان:

$\frac{l_b}{d} = \frac{15}{33} = \dots > 0.2 \rightarrow R_n = 0.4 t_w^2 \left[1 + \left(\frac{4l_b}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \sqrt{F_y} \frac{t_f}{t_w} \leq$
 $= 26815 \text{ kg} > 8624 \text{ kg OK}$

Cast IPE 220 : CPE 220

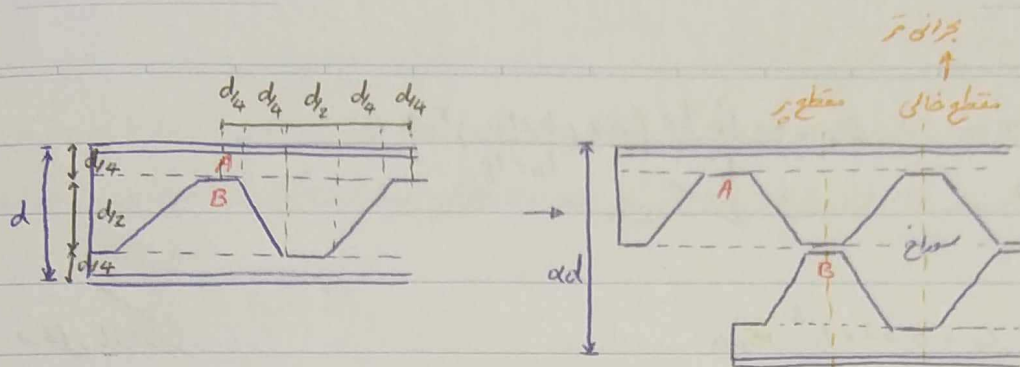
تیرهای لانه زنبوری

- در دهانه لبه که خمش کنترل نشده است و برش مشکل ندارد.

- تیر لانه زنبوری برای اعضای که در برابر زلزله همان تحمل می کنند، ممنوع می باشد و فقط برای بار انتقالی می توان

استفاده کرد. (لبه با لکن)

یا سقف مرکب



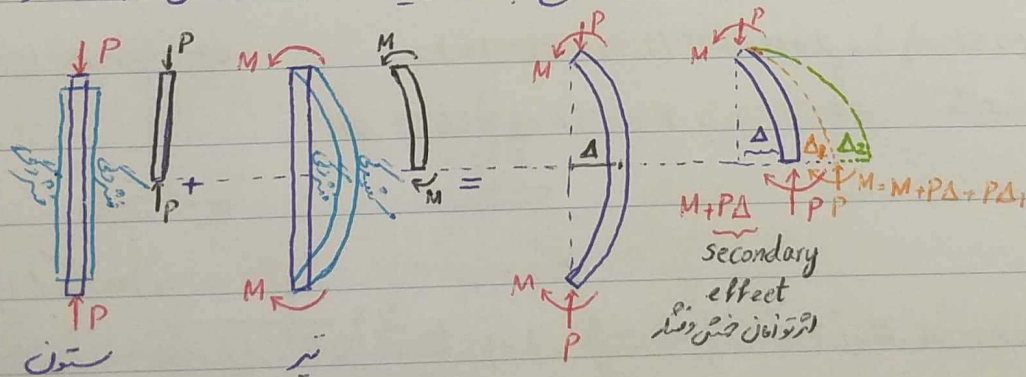
اگر برش به روش pioneer باشد، اندازه ها مطابق با اینست ↑

- محسوسه اطلاعات از اشیاء نسبت به می آوریم.
- برش $d t w$ (د: سمت سوراخ گیر شود)
- اگر برش جواب نداد سوراخ به با ورق حداقل هم ضخامت جان پرسی کنیم (حداقل دو سوراخ به)

فصل ۵: طراحی اعضای تحت اثر توأم محسوس و فشار (تیر ستون ها)

- در واقعیت در اکثر مواقع این حالت برای ستون ها وجود دارد
محسوس + فشار به ستن

تیر ضعیف تر است و همین باعث تغییر ظرفیت ستون می شود!
نابایاری ستون، وضعیت بهتری می گیرد → محسوس + کشش
نابایاری (یا گمانش) وضع بدتری می گیرد → محسوس + فشار



باعث Δ_1 می شود

Δ_1 : ناشی از $P\Delta$

در ابتدا P و M به تنهایی ترکیب → $P, M + P\Delta$ → $P, M + P\Delta + P\Delta_1$ → $P, M + P\Delta + P\Delta_1 + P\Delta_2$

روند ادامه دارد ولی جمع محدود → نابایار → تیرولی : $\Delta \rightarrow \Delta_1 \rightarrow \Delta_2 \rightarrow \Delta_3$ جمع محدود
نابایار → صعودی

تیر ستون نام وضعیته این اسم شکل!

فکری که اگر منو تو حالت ستون فشاری، بیشترین مقاومتی که بات تحمل می کنیم $\phi_c P_n$ در اگر منو تو حالت خمشی حول محور x فشاری بیشترین مقاومتی که تحمل می کنیم $\phi_b M_{nx}$ در و ...
اگر چه رابطه هم تحت فشار باشیم هم خمشی حول دو محور، رابطه شکل زیر همیشه یعنی مقاومت شکل بین خمشی و فشار تقسیم میشه!

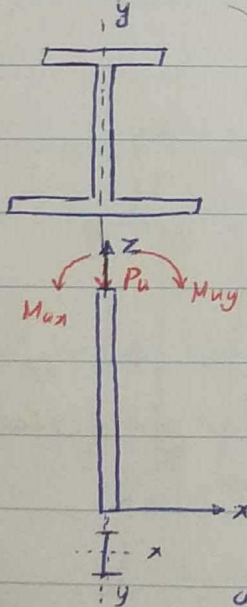
$$\frac{P_u}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

تغییر شرایط بار در
حین بارگذاری

etric Analysis)

با استفاده از نرم افزار P و M در تحلیل کرده و بدست می آوریم
اگر $P \Delta_1 + P \Delta_2 + \dots$ بزرگتر از $10\% M$ شود،

چهاروی کامپیو ۱۲



بال فشاری
 $\frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0.5$
توازن دو محوری

$0.1 < \frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0.9$
بایک محور تعادل

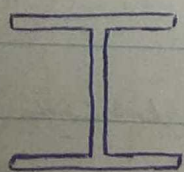
$$P_c = \phi_c P_n$$

مقاومت فشار طراحی

خط توزیع تنش در خمشی
نسبت به توزیع یکدست داشت
تنش فشاری

$$\frac{P_u}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

فصل I شکل



$$P_c = \phi_c P_n$$

تعداد فشار

$$M_{cx} = \phi_b M_{nx}$$

تعداد خمشی حول محور x

$$M_{cy} = \phi_b M_{ny}$$

تعداد خمشی حول محور y

آیا این نسبت فشاری
یا منی که
0.9
0.9
0.9

مقاومت طراحی فشاری

مقاومت طراحی خمشی حول x

مقاومت طراحی خمشی حول y

$$1 - 0.2 \frac{P_u}{P_c} < \text{خوش حاکم است}$$

$$\frac{P_u}{2P_c} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

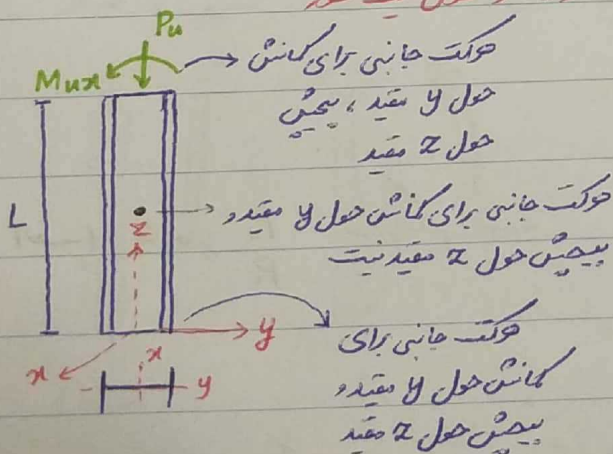
اعضای با مقطع دارای یک یا دو محور تقارن تحت اثر همزمان لنگر خمشی و نیروی محوری کششی

$P_c \rightarrow P_t$ بدل نقل
 $P_t = \phi_t P_n$ = مقاومت طراحی کششی
 ϕ_t = ضریب
 P_n = تسلیم در طول عضو
 ϕ_t = گسیختگی در طول عضو
 ϕ_t = گسیختگی در محل اتصال
 ϕ_t = گسیختگی قلابی

تغییر: اعضای با دو محور تقارن بخاطر یک گشت به عدم گمانش جانبی - بخشی بال فشاری تیر

$C_b \times P_t$ ضریب تعدیل بخاطر
 $C_b > 1$ کمک توزیع غیر یکنواخت لنگر
 $\rightarrow$ به مقاومت کششی طراحی
 $\sqrt{1 + \frac{P_u}{P_{ey}}} \rightarrow \frac{\pi^2 EI_y}{L_b^2}$
 L_b فاصله مهار جانبی بال فشاری

اعضای با مقطع نورده شده و نیروی محوری تحت فشار در لنگر حول یک محور



$$(kL)_z \leq (kL)_y$$

ممکن است
 $0.5L$
 گمانش بیچین بدل از گمانش فشاری
 ممانعت شود

برای رعایت ملاحظه * هوا که تکیه گاه جانبی برای کنترل گمانش خمشی گذاشته ایم باید در همان جا تکیه گاه بیچین نیز بگذاریم!

اگر $\frac{M_{uy}}{M_{cy}} \leq 0.05$ باشد شل این است که M_{ux} نداریم! و نیازی به محاسبه نیست!

الف) گمانش در صنف خمش برای $P_{cx} \leftarrow P_u$
گمانش جانبی - بچشی برای M_{ux} عمود بر صنف خمش

$$\frac{P_u}{P_{cx}} \geq 0.2 \rightarrow \frac{P_u}{P_{cx}} + \frac{8}{9} \frac{M_{ux}}{M_{cx}} \leq 1$$

$$\frac{P_u}{P_{cx}} < 0.2 \rightarrow \frac{P_u}{2P_{cx}} + \frac{M_{ux}}{M_{cx}} \leq 1$$

ب) گمانش در خارج صنف خمش برای $P_{cy} \leftarrow P_u$

$$\frac{P_u}{P_{cy}} \left(1.5 - 0.5 \frac{P_u}{P_{cy}} \right) + \frac{(M_{ux})^2}{C_b M_{cx}} \leq 1$$

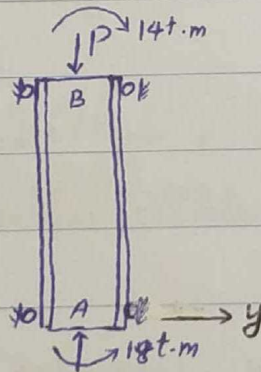
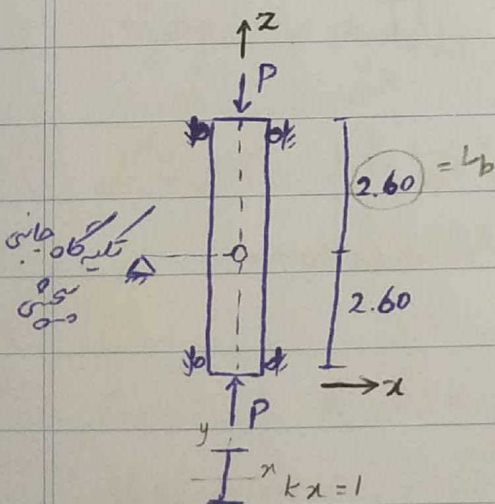
جدا در بیرون فرمول $M_{cx} = \phi_b M_n$ حساب می شود

$C_b = 1$ داخل M_n

مثال: P را بدست آورید!

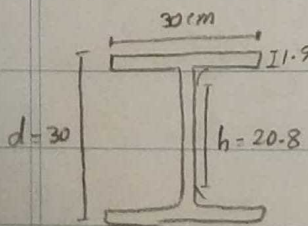
IPB 300

$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$



$k_y = 0.5$

چون حول y یک تکیه گاه جانبی می باشد داریم



$$\text{IPB 300 : } \left\{ \begin{array}{l} A = 149 \text{ cm}^2 \\ S_x = 1680 \text{ cm}^3 \\ r_x = 13 \text{ cm}, r_y = 7.58 \text{ cm} \end{array} \right.$$

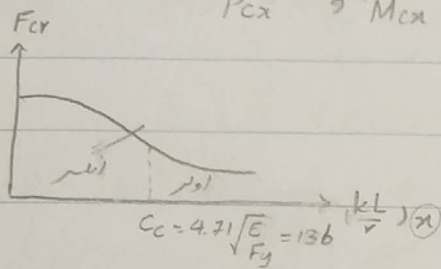
$$\text{کنترل فشردگی} \left\{ \begin{array}{l} \frac{b_f}{2t_f} = 7.9 \leq \frac{0.38 \sqrt{E}}{F_y} = 11.0 \text{ OK} \\ \frac{h}{t_w} = 18.9 \leq \frac{3.76 \sqrt{E}}{F_y} = 108.50 \text{ OK} \end{array} \right.$$

حالت الف در موردی می گیریم $\rightarrow$ نه: $(kl)_z \leq (kl)_y$

الف - گمانش در منفه خن

$P_c \rightarrow P_{cx} : \frac{P_u}{P_c} > 0.2$ با فرض *

$$\frac{P_u}{P_{cx}} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} \right) \leq 1$$



گمانش خن در منفه خن

$(\frac{kL}{r})_x = \frac{1 \times 520}{13} = 40 < 136 \rightarrow$ انگر

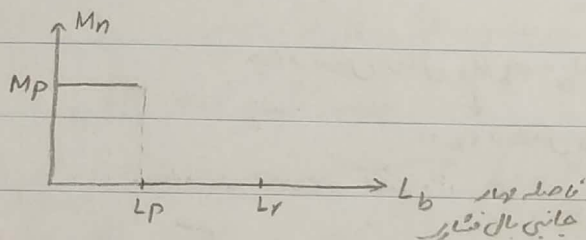
$F_{cr} = [0.658^{F_y/F_{ex}}] F_y$

$= [0.658^{2400/12337}] 2400$

$= 2212.3 \text{ kg/cm}^2$

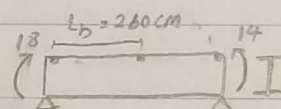
$P_{cx} = \phi_c P_n = 0.9 \times 2212.3 \times 149 \times 10^{-3} = 296.7 \text{ ton}$

$M_{ux} = 18 \text{ ton}$



یاد باشد!

حرکتی که علاوه بر انتقالی بودن، مقید کنی هم هست!



خن حل x:

$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 385.1 \text{ cm} > L_b = 260 \text{ cm} \rightarrow M_{nx} = M_p$

$M_{cx} = \phi_b M_{nx} = 0.9 M_p = 0.9 \times 2400 \times 1.12 \times 1680 \times 10^{-5} = 40.64 \text{ ton.m}$

چک کن:

$\frac{P_u}{P_{cx}} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} \right) \leq 1$

$\frac{P_u}{296.7} + \frac{8}{9} \left(\frac{18}{40.64} \right) \leq 1 \rightarrow P_u \leq 179.9 \text{ ton}$

* کنترل منفه:

$\frac{P_u}{P_c} = \frac{179.9}{296.7} = 0.61 > 0.2 \text{ OK}$

$P_c \rightarrow P_{cy} :$

ب - گمانش خارج از منفه خن

$M_{ux} = 18 \text{ ton.m}$, $M_{cx} = 40.64 \text{ ton.m}$ این $C_b = 1$ است

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

$P_{cy} = ?$

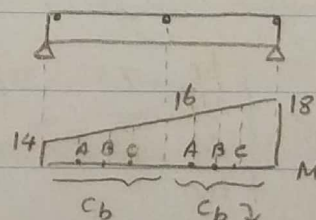
$(\frac{kL}{r})_y = \frac{0.5 \times 520}{7.58} = 34.3 < 136$: انگر

$F_{ey} = 16778$

$F_{cr} = 2260.5$

$F_{cy} = \phi P_n = 0.9 \times 2260.5 \times 149 \times 10^{-3}$

$= 303.1 \text{ ton}$



در این قسمت M_{max} مقدار دارد C_b این قسمت طور پس می نیم (برای)

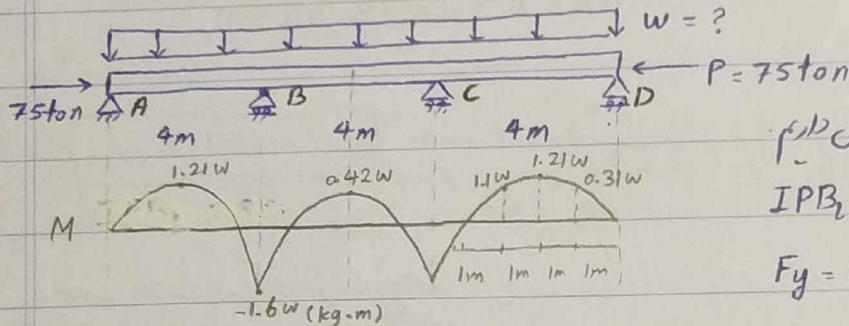
$M_{max} = 16$	$M_{max} = 18$
$M_A = 14.5$	$M_A = 16.5$
$M_B = 15$	$M_B = 17$
$M_C = 15.5$	$M_C = 17.5$

$C_b = 1.06$

$C_b = 1.07$

$$\frac{P_u}{P_{cy}} \left[1.5 - 0.5 \frac{P_u}{P_{cy}} \right] + \left(\frac{M_{ux}}{C_b M_{cx}} \right)^2 \leq 1$$

$$-0.5 \frac{P_u^2}{303.1} + 1.5 P_u - 254 = 0 \rightarrow P_u = \begin{cases} 225 \text{ OK} \\ 684 > P_{cy} \text{ N.G.} \end{cases} \rightarrow P_u \leq 225 \text{ ton}$$

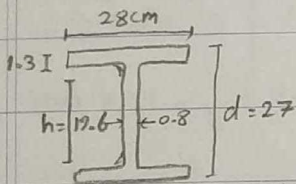


تکلیف گاه جانبی بخشی را روی هر تکیه گاه اصلی داریم.

$$IPB_2 = 280$$

$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$



$$\begin{cases} A = 97.3 \text{ cm}^2 \\ S_x = 1010 \text{ cm}^3 \\ r_y = 7 \text{ cm}, r_x = 11.9 \text{ cm} \end{cases}$$

$$k_x = k_y = 1$$

$$(kl)_z \leq (kl)_x \text{ و } y$$

می دانیم در هر تکیه گاه جانبی، قید بخشی وجود دارد پس:

$$\begin{cases} \frac{b}{t_f} = 10.8 < 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11 \text{ OK} \\ \frac{h}{t_w} = 24.5 < 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108.5 \text{ OK} \end{cases}$$

$$P_c \rightarrow P_{cx} : P_u = 75 \text{ ton}$$

الف - گمانش در صفحه خمش:

$$\left(\frac{kl}{r} \right)_x = \frac{1 \times 400}{11.9} = 33.9 \leq C_c = 136$$

$$F_{ex} = 17484 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow F_{cr} = 2266 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{cx} = \phi_c P_n = 0.9 \times 2266 \times 97.3 \times 10^{-3} = 198.4 \text{ ton}$$

$$\frac{P_u}{P_{cx}} = \frac{75}{198.4} = 0.38 > 0.2 : \text{فصل ۱۲، حکم است} \rightarrow \frac{P_u}{P_{cx}} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} \right) \leq 1$$

$$M_{ux} = 1.6 w$$

$$M_{cx} = \phi_b M_n \rightarrow ?$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 355.6 \text{ cm} < L_b = 400 \text{ cm} < L_r$$

$$L_r = 1313 \text{ cm}$$

$$r_{ts} = 1.2 r_y = 8.4$$

$$J = \frac{1}{3} (2 t_f^3 b_f + (d - 2 t_f) t_w^3) = 45.2$$

$$h_o = d - t_f = 25.7$$

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

$$M_n = C_b \cdot 0.98 M_p \leq M_p \rightarrow C_b \geq \frac{1}{0.98} = 1.02 \quad \text{مطابق } C_b : M_n = M_p$$

$$M_{cx} = \phi_b M_n = 0.9 F_y \frac{Z_x}{1.12 S_x} = 0.9 \times 2400 \times 1.12 \times 1010 \times 10^{-5} = 24.43 \text{ ton}$$

$$\frac{P_u}{P_{cx}} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} \right) \leq 1 \rightarrow \frac{75}{198.4} + \frac{8}{9} \left(\frac{1.6 w \times 10^{-3}}{24.43} \right) \leq 1 \rightarrow \boxed{w \leq 10684 \text{ kg/m}}$$

$$P_c \rightarrow P_{cy}$$

ب- حالت حری گمانش خارج صنفی خن

$$P_u = 75 \text{ ton}, P_{cy} = \phi_b P_n$$

$$\left(\frac{kL}{r} \right)_y = \frac{1 \times 400}{7} = 57.1 < 136 \xrightarrow{\text{نشر}} F_{ex} = 6054, F_{cy} = 2033 \rightarrow F_{cy} = 178 \text{ ton}$$

$$\begin{cases} M_{ux} = 1.6 w \times 10^{-3} \\ M_{cx} = 0.98 M_p \phi_b \end{cases}$$

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

$$\begin{cases} \text{در دهانه} \\ \text{اول و آخر} = 1.53 \end{cases} \rightarrow \text{چانی}$$

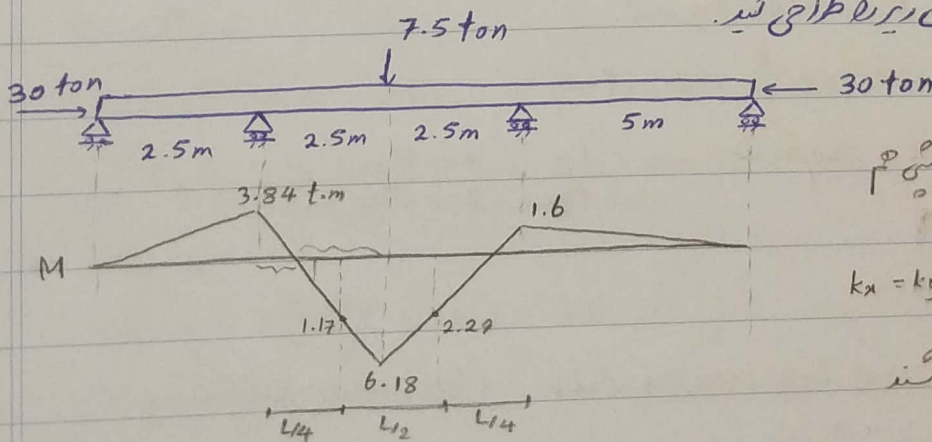
$$\text{در هار وسط} = 3.52$$

$$\frac{P_u}{P_{cy}} \left[1.5 - 0.5 \frac{P_u}{P_{cy}} \right] + \left(\frac{M_{ux}}{C_b M_{cx}} \right)^2 \leq 1$$

$$\frac{75}{178} \left[1.5 - 0.5 \times \frac{75}{178} \right] + \left(\frac{1.6 w \times 10^{-3}}{1.53 \times 23.94} \right)^2 \leq 1 \rightarrow 0.98 \times 24.43$$

$$\boxed{w \leq 15471 \text{ kg/m}} \rightarrow \text{حالت الف حاکم می شود!}$$

سؤال: با مقطع IPB₂ تیر ستون زیر طراحی کنید.



✓ در محل تکیه گاه های اصلی تکیه گاه جانبی می باشد

$$\text{دارم: } (kL)_x \leq (kL)_y \text{ خن$$

$$k_x = k_y = 1$$

✓ معمولاً مقاطع مورد سئو و سئو تیر می باشد

ولی در نهایت باید سئو بودن چک شود!

رض و فنیل الف حاکم است: حدس اولیه منیج

$$\frac{P_u}{P_{cn}} \geq 0.2$$

$$\frac{P_u}{P_{cn}} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cn}} \right) \leq 1$$

NAHAL

$$\frac{30 \times 10^3}{0.9 \times 2400 \times A} + \frac{8}{9} \left(\frac{6.18 \times 10^3}{0.9 \times 2400 \times 1.12 S_x} \right) \leq 1$$

$$IPB_L 200 \begin{cases} A = 53.8 \text{ cm}^2 \\ S_x = 389 \text{ cm}^3 \end{cases} \xrightarrow[\text{فرد}]{\text{کناری د}}$$

$$0.258 + 0.584 < 1 \quad OK$$

$$= \frac{P_u}{P_{cx}} > 0.2 \quad \text{یک فصل}$$

هم باید از یک کمر باشد
هم باید یک ضلع از آن از
یک باشد. مثلاً حدود 20٪

$$IPB_L 180 \begin{cases} A = 45.3 \text{ cm}^2 \\ S_x = 294 \text{ cm}^3 \end{cases} \xrightarrow[\text{فرد}]{\text{کناری د}}$$

$$1.078 > 1 \quad N.G.$$

$$\text{کنترل فشرده} = \begin{cases} \frac{b_f}{2t_f} = 10 < 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11 \quad OK \\ \frac{h}{t_w} = < 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108.5 \quad OK \end{cases}$$

این حالت برای گمانش در صفحه قبلی

$$P_c \rightarrow P_{cx}$$

$$\frac{P_u}{P_{cx}} > 0.2, \quad \frac{P_u}{P_{cx}} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} \right) \leq 1$$

$$P_u = 30 \text{ ton}$$

$$P_{cx} = ? \rightarrow \left(\frac{kL}{r} \right)_x = \frac{1 \times 500}{8.28} = 60.4 < 136 \quad \text{نکته}$$

$$F_{ex} = 5411, F_{cr} = 1993 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{cx} = 0.9 \times 1993 \times 32.8 \times 10^{-3} = 96.5 \text{ ton}$$

دوازده وسط هم طول می‌گیرد
Mmax بیشتر از این می‌باشد

$$M_{ux} = 6.18 \text{ ton.m}$$

$$M_{cx} = ? \rightarrow L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 253 \text{ cm} < L_b = 500 \text{ cm} < L_r$$

$$L_r = 998 \text{ cm} \begin{cases} r_{ts} = 1.2 r_y = 5.98 \\ h_o = 18 \\ J = 14.89 \end{cases}$$

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

$$= 0.88 C_b M_p \leq M_p \rightarrow C_b \geq \frac{1}{0.88} = 1.14$$

$$\rightarrow M_n = M_p$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} = 1.53$$

$$M_{cx} = \phi_b M_n = 0.9 F_y Z = 0.9 \times 2400 \times 1.12 \times 294 \times 10^{-5} = 9.41 \text{ ton.m}$$

$$\frac{P_u}{P_{cx}} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} \right) \leq 1 : \frac{30}{96.5} + \frac{8}{9} \left(\frac{6.18}{9.41} \right) \leq 1$$

$$0.31 + 0.58 \leq 1$$

$$0.89 \leq 1 \quad OK$$

$$P_c \rightarrow P_{cy}$$

ب. حالت گسیش حری خارج موافق

$$\frac{P_u}{P_{cy}} \left[1.5 - 0.5 \frac{P_u}{P_{cy}} \right] + \left(\frac{M_{ux}}{C_b M_{cx}} \right)^2 \leq 1$$

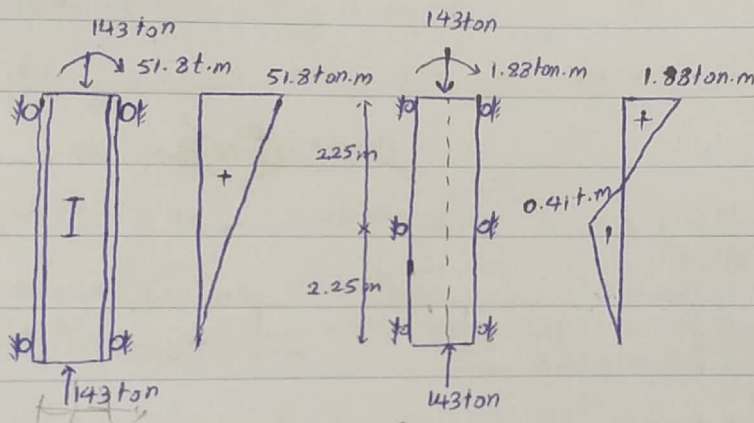
$$P_u = 30 \text{ ton}$$

$$P_{cy} = ? \rightarrow \left(\frac{kL}{r} \right)_y = 100 < 136 \rightarrow F_{ey} = 1974, F_{cr} = 1443, F_{cy} = 0.9 \times 1443 \times 53.8 \times 10^{-3} = 69.9$$

$$M_{ux} = 6.18$$

$$M_{cx} = 0.88 M_p \times \phi_b = 0.88 \times F_y \times 1.12 S_x \times 0.9 \times 10^{-5} = 8.28 \text{ ton.m}$$

$$C_b = 1.53$$



مثال:

IPE 260

$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{IPE 260} = \begin{cases} A = 118 \text{ cm}^2 \\ S_x = 1150 \text{ cm}^3 \\ r_x = 11.2 \text{ cm} \end{cases} \quad \begin{cases} S_y = 399 \text{ cm}^3 \\ r_y = 6.58 \text{ cm} \end{cases}$$

$$\frac{P_u}{P_c} \geq 0.2$$

مقاومت فشاری محور

$$\frac{P_u}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$P_u = 143 \text{ ton}$$

$$P_c = ? \rightarrow \left(\frac{kL}{r} \right)_x = \frac{1 \times 450}{11.2} = 40.18 \text{ cm} \checkmark \text{ منطبق } 40.18 < C_c = 136$$

$$\left(\frac{kL}{r} \right)_y = \frac{0.5 \times 450}{6.58} = 74.19 \text{ cm}$$

$$F_e = 12227 \text{ kg/cm}^2, F_{cr} = 2211 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = \phi_c P_n = 0.9 \times 2211 \times 118 \times 10^{-3} = 234.8 \text{ ton}$$

$$\text{نتیجه نهایی: } \frac{P_u}{P_c} = \frac{143}{234.8} = 0.61 > 0.2 \text{ OK}$$

$$M_{ux} = 51.8 \text{ ton.m}$$

مقاومت خمشی حول محور x

$$L_b = 225 \text{ cm}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{b_f}{2t_f} = 7.4 \leq 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11 \text{ OK} \\ \frac{h}{t_w} = 1.77 \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108.5 \text{ OK} \end{array} \right.$$

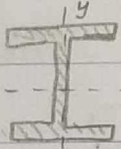
$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 774.3 \text{ cm} > L_b = 225 \rightarrow M_n = M_p$$

$$M_{cx} = \phi_b M_n = 0.9 F_y Z_x = 0.9 \times 2400 \times 1.12 \times S_x = 27.82 \text{ ton.m}$$

$$M_{uy} = 1.88 \text{ ton.m}$$

مقاومت خمشی حول محور y

$$\text{مقطع فشرده است} \rightarrow M_n = M_p = F_y Z_y \leq 1.6 F_y S_y$$



$$Z_y \approx 1.55 S_y \rightarrow M_n = M_p = F_y (1.55 S_y) \leq 1.6 F_y S_y \checkmark \text{ OK}$$

$$M_{cy} = \phi_b M_n = 0.9 \times 1.55 F_y S_y = 12.3 \text{ ton.m}$$

$$\frac{P_u}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$\frac{143}{234.8} + \frac{8}{9} \left(\frac{51.8}{27.82} + \frac{1.88}{12.3} \right) \leq 1 \rightarrow 0.61 + 0.17 + 0.13 = 0.91 \leq 1 \checkmark \text{ OK}$$

فصل ششم : اعضای با مقطع مختلف

ترکیب فولاد + بتن = تا دوتا از پارامترهای ضعیف فولاد تقویت شود : ۱- گشایش موضعی

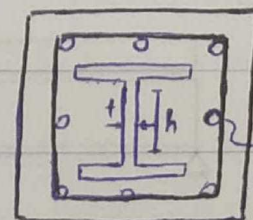
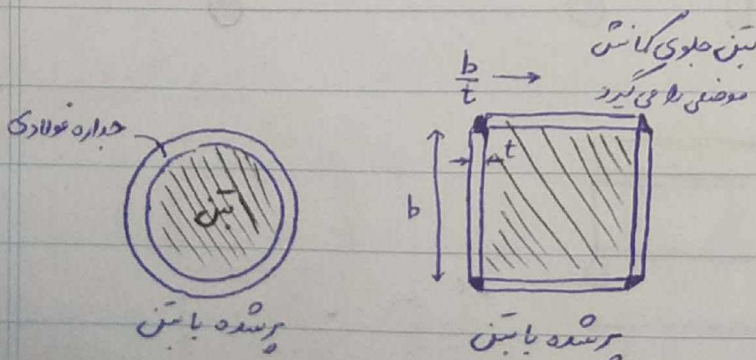
۸-۲-۸

۲- مقاومت در برابر آتش

اعضای محوری

اعضای خمشی

اعضای خمشی - محوری



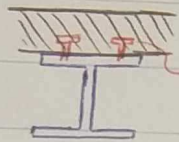
محاط در بتن

تین جلوی گشایش موضعی را میگیرد

در طبقات زیرین و مختلف

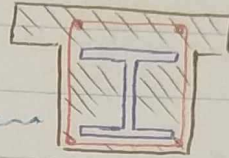
$$\frac{b}{t} \leq 2.26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

اعضای ضعیف با مقطع فلز

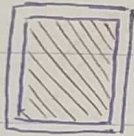


کلیت

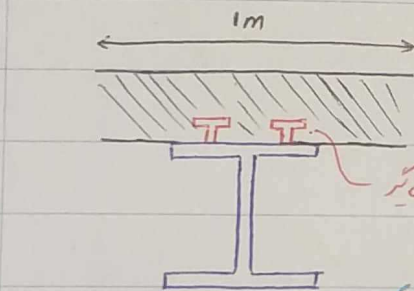
متداول ترین



مقطع فولاد محاط در بتن یا مفروق
به سازه ها است

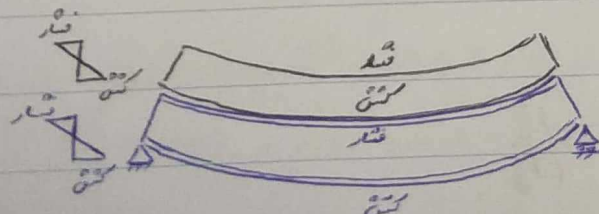
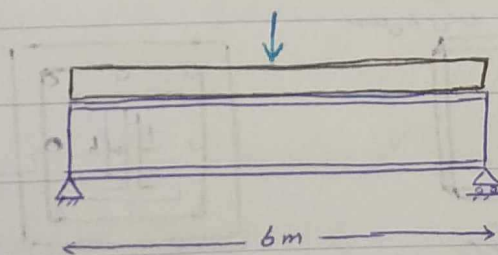
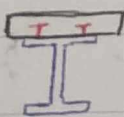
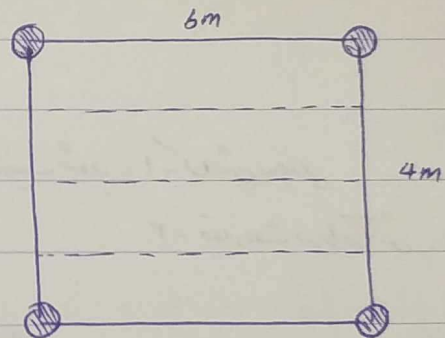
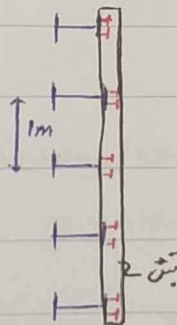
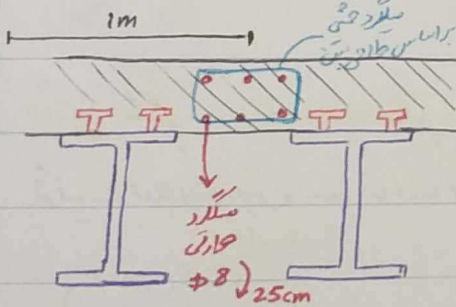
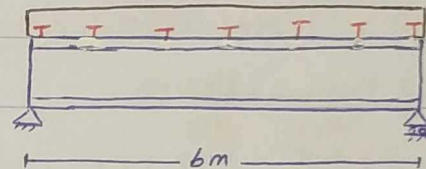


مقطع فولادی پر شده با بتن (چون گمانش بالاست)



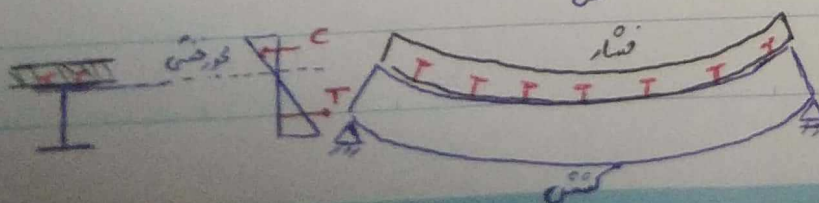
$8\text{cm} \geq$ بتن سقف

کلیت
تند زدن
تند زدن
تند زدن
تند زدن



M_1
 M_2

$$M = M_1 + M_2$$



$$M > M_1 + M_2$$

NAHAL

- محور خشی در محول سطح تماس بتن و فولاد یا یکی داخل فولاد قرار دارد. چون اگر محور خشی در داخل بتن باشد، خشی زیر محور خشی در گشتن کاری کند که بتن را به تحمل یعنی جوی بتن می‌بریم که دوباره در فشار باشد!
- بتن با ترکیب بتن و فولاد و جلوگیری از لغزش سطح تماس بتن و فولاد با برش گیر، شدت مقاومت خشی مقطع ترکیبی افزایش می‌یابد پس برای دهانی بلند استفاده می‌شود که خشی حکم است.

$$q = \frac{VQ}{I} : \text{برش گیر برای ایجاد جریان برش طرح می‌شود}$$

مزایا :

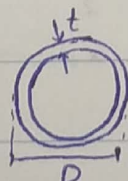
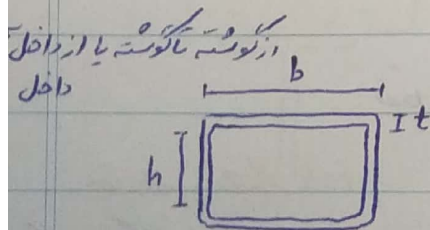
- ۱- مقاومت در برابر آتش + افزایش مقاومت گمانش موضعی
- ۲- جلوگیری از گمانش جانبی بخشی بال فشاری
- ۳- افزایش سختی خشی تیر
- ۴- افزایش مقاومت خشی
- ۵- کاهش ارتفاع مقطع (نیخ)

معایب :

- ۱- آب رفتگی در کوتاه مدت shrinkage
- ۲- خشی در دراز مدت creep
- ۳- افزایش خشی تیر
- ۴- در منطقه همان متنی کار نمی‌کند $\rightarrow$ چون بتن کباب کشی می‌آید و عملیات کار نمی‌کند.

گمانش موضعی مقاطع مختلف :

- در اعضای فشاری داریم $\leftarrow$ مقطع با اجزای غیر لاغر / لاغر
- در اعضای خشی $\leftarrow$ مقطع فشرده / غیر فشرده



تحت اثر فشار :

غیر لاغر : $\frac{b}{t} < 3 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $\downarrow$ ۱.۴ در حالت بدون بتن

غیر لاغر : $\frac{D}{t} < 0.19 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $\downarrow$ ۵.۱۱ در حالت بدون بتن

تحت اثر خشی :

غیر فشرده : $\frac{b}{t} < 3 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $\downarrow$ ۱.۴

فشرده : $\frac{b}{t} < 2.26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $\downarrow$ ۱.۱۲

غیر فشرده : $\frac{h}{t} < 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $\downarrow$ ۵.۷

فشرده : $\frac{h}{t} < 3 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $\downarrow$

مقاومت اسبی مقاطع مختلف

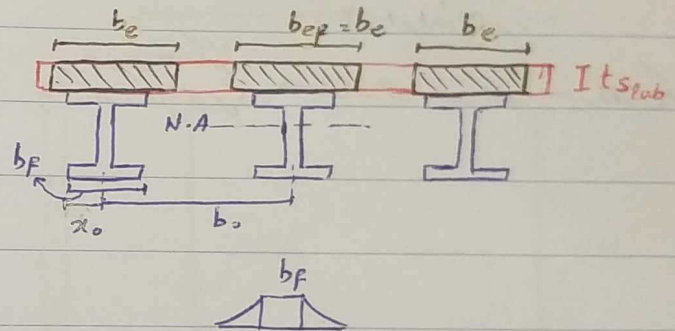
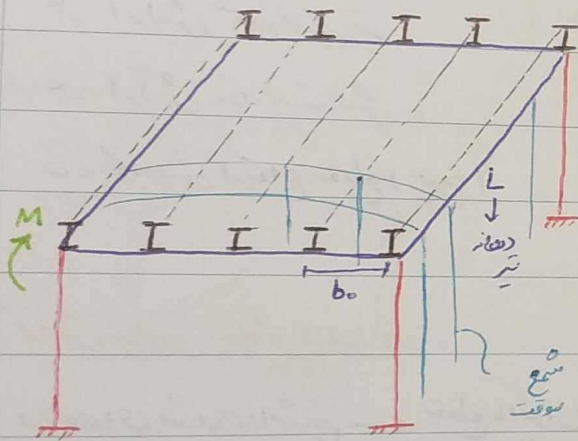
اصولی که لحاظ می شود : ۱- از مقاومت کشش بتن صرف نظر می کنیم ۲- اجزای فولادی هم در ناحیه فشار و هم در ناحیه کشش به تنش می خوانند ۳- تنش در ناحیه فشاری اجزای بتنی به تنش می خوانند $0.85 f_c$ ۴- در مقاطع فقط پر شده با بتن بخاطر محدود شدن بتن ،
 می توان بتن را به طور کلی خواند به $0.95 f_c$ رساند .

محدودیت ها : f_c برای بتن با وزن مخصوص معمولی $20 \leq f_c \leq 70 \text{ Mpa}$
 f_c برای بتن سبک $20 \leq f_c \leq 40 \text{ Mpa}$

استفاده از بتن پر مقاومت برای افزایش سختی ؛ ولی از نظر مقاومت نیاز به انجام آزمایش دارد

$$f_y \leq 500 \text{ Mpa}$$

* در تیر مختلف بارشگیر ، مفومی داریم به نام عرض موثر یاال فشاری :



$$\frac{b_e}{2} = \text{Min} \begin{cases} \frac{L}{8} \\ \frac{b_o}{2} \\ \alpha_o \end{cases}$$

فقط دهانه انتهایی α_o

مقاومت خمشی :

اگر در هنگام اجرا (بتن ریزی دال) از پایه موقت (شمع موقت) در زیر تیر فولادی استفاده نشود ؛ فقط عضو فولادی به تنهایی وزن بتن ، قالب و وزن خود تیر فولادی را تحمل می کند ؛

قبل از سفت شدن بتن (قبل از رسیدن بتن به مقاومت $0.75 f_c$)

$D_1 =$ بار مرده گروه ۱ = وزن بتن تر قبل از سفت شدن - وزن تیر فولادی - قالب بندی

$D_2 =$ بار مرده گروه ۲ = وزن بار مرده عبارت از سفت شدن بتن منهای قالب بندی (آسفالت ، طبقات و سنگ کف

جعبه دال بندی ، طاق پیاده)

تین تر خریبی بین 1.2 و 1.6 دارد

1 = بار زنده = L ← شمع موکت نباید ← تیر فولادی ← $1.4 D_1$

بصورت دست با تیر D_1 و D_2 هم
مقطع تحت افعال شده مقدار
می گیریم

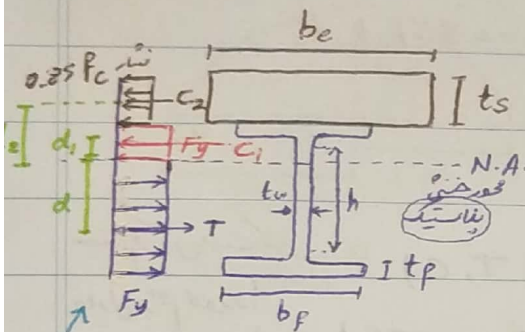
مقدار از سمت شل بین ← تیر تحت $D_1 + D_2 + L$
با ضرایب بار 1.2 و 1.6

2 = پایه یا شمع موکت باشد ← مقطع تحت $D_1 + D_2 + L$
با ضرایب بار 1.2 و 1.6

مقاومت برشی

تعداد بر اساس تیر فولادی است (تین در برش مگر نمی کند، کم است و از آن صرف نظر می کنیم)

حساب مقاومت خمشی مقطع تحت بار شکری



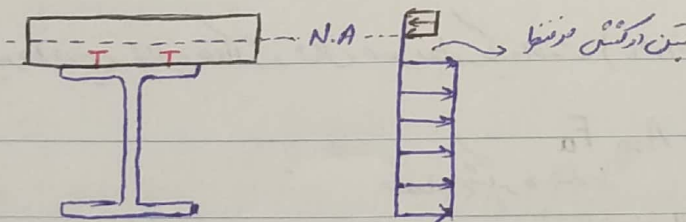
مقاومت طراحی خمشی مثبت $= \phi_b M_n$

برای گمانش موافق

بال کششی در خمش مشکلی ندارد، بال فشاری هم به تین متصل است و مشکلی ندارد. تنها بخشی از جان که با تین N.A. قرار

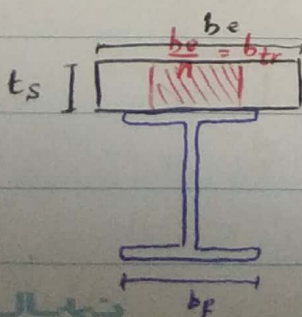
دارد، باید از این نظر کنترل شود: $\frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$: مقطع در خمش فشرده → تمام جان به F_y می رسد فشاری و سرد ✓

توزیع تنش به روش الاستیک $\times$: $\frac{h}{t_w} > 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$: مقطع در خمش غیر فشرده → تمام جان به F_y نمی رسد → رفتار خمشی الاستیک



مقاومت $M_n = Td + C_1 d_1 + C_2 d_2$

حساب مساحت مقطع تحت I

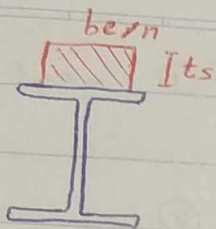


$E_s = 2 \times 10^6$

$E_c = 15000 \sqrt{F_c}$

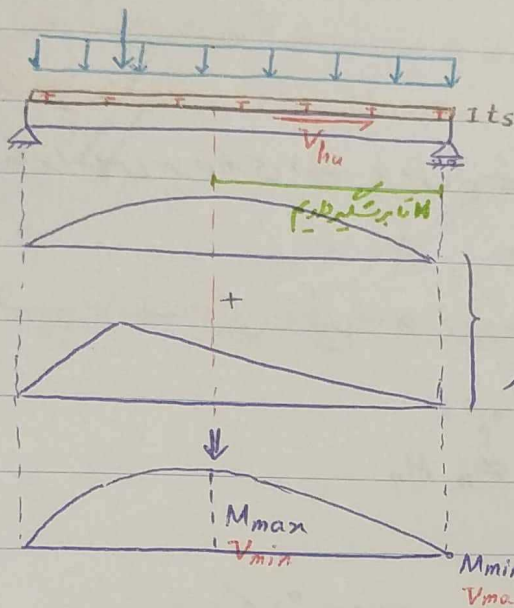
$n = \frac{E_s}{E_c} \approx 10$

مقطع تبدیل یافته :
transformed section

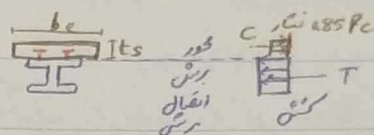


$$I_{tr} = \dots$$

در صورت تغییر یا نه به نوار شود، طول بین $\frac{be}{n}$ می شود.



اتصال برش (shear connector)



$$T = F_y A$$

$$C = 0.85 f_c b_e t_s$$

$$V_{hu} = \min(T, C)$$

$$= \min(F_y A, 0.85 f_c b_e t_s)$$

* مقاومت برشی برشگیر از جدول 10-2-8-1 خوانده می شود. R_g, R_p

$$V_{hn} = \text{مقاومت اسمی یک برشگیر} \rightarrow \sum Q_n = \text{مقاومت اسمی برشگیرها}$$

$$V_{hu} \leq \phi V_{hn}$$

* برشگیرها در بین همان حداکثر و همان صفر بطور یکنواخت (یا فواصل مساوی) به روی تیر نصب می شوند

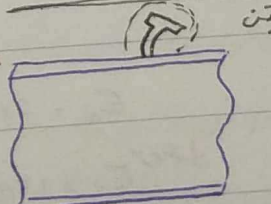
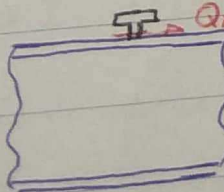
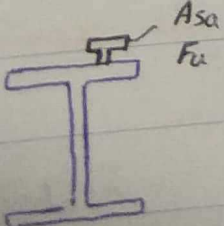
$$Q_n = 0.5 A_{sa} \sqrt{f_c E_c} \leq R_g R_p A_{sa} F_u$$

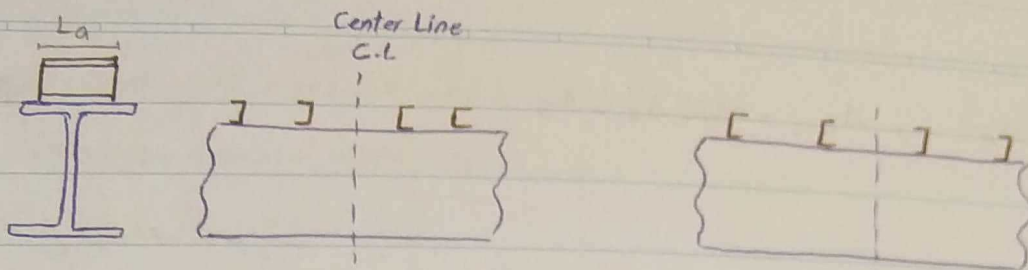
سطح مقطع کل گرز
برش

از جدول به صورت تجربی

$$R_g = 1, R_p = 0.75$$

مقاومت قله کمر کردن بین اطراف گرز



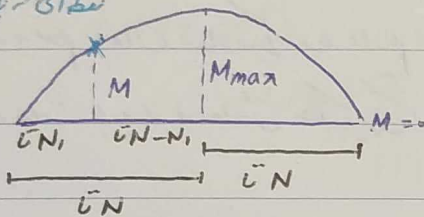


$$Q_n = 0.3(t_f + 0.5t_w) L_a \sqrt{f_c E_c} \rightarrow 1500 \sqrt{f_c}$$

طول ناودانی
مقطع ناودانی

مقدار دادن صحیح ناودانی بصورت بالاست اما چون ناودانی خیلی قوی است ، فرض آن موجب رختن بتن می شود

نقطه ای که بار ستر داریم

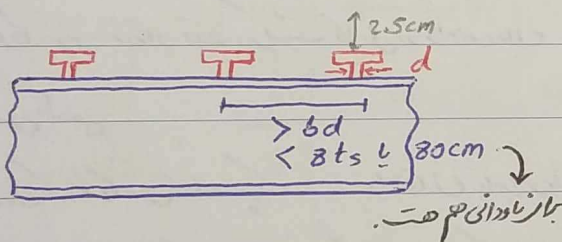


$$N_1 = \frac{M}{M_{max}} N$$

$$N = \frac{V_{hu}}{Q_n}$$

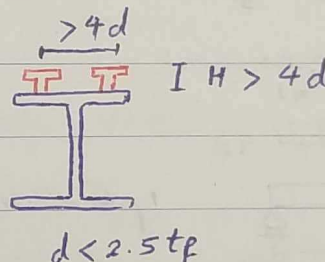
این مقدار بصورت یکنواخت بین همان صفر و همان حد اکثر توزیع می شود

حاسب مقدار درشکله

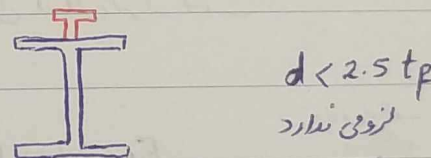


باز ناودانی هم هست

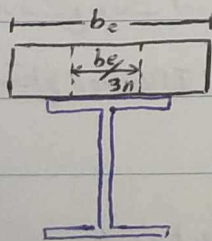
فاصله پوشش بتن = 2.5cm



کنترل ها :



د < 2.5tp
لزومی ندارد



I_{tr}

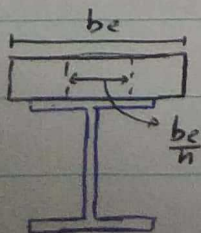
تغییر شکل تیر محلی : بارها بدون ضریب بار

الف) شعاع بوقت استفاده نشود :

$$\Delta_1 = \frac{5wL^4}{384 E_{فقد} I_{فقد}} : D_1 \text{ به تنهایی تحت بار}$$

۱۱) تغییر شکل تیر فولادی به تنهایی تحت بار D_1 : $\Delta_1 = \frac{5wL^4}{384 E_{فقد} I_{فقد}}$
۱۲) تغییر شکل تیر محلی با تبدیل بتن با ضریب 3n برای D_2 (خط در نظر گرفتن قرص بتن تحت بار دراز مدت D_2)

$$\Delta_2 = \frac{5wL^4}{384 E_{فقد} I_{tr}}$$



$$\Delta_3 = \frac{5wL^4}{384 E_{فقد} I_{tr}}$$

۱۳) تغییر شکل مقطع با نسبت n برای بار زنده L :

$$\Delta_D = \Delta_1 + \Delta_2 \quad , \quad \Delta_{D+L} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$$

ب. اشیاء سبزی استفاده بشود:

۱۱ تغییر شکل تر محوطه با نسبت تبدیل 3n تحت $D_1 + D_2$

۱۲ تغییر شکل تر محوطه با نسبت n تحت L

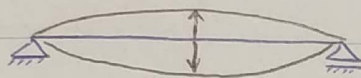
ارتفاع (لرزش) : رفت و برگشت

نیاز به نرم بعنوان معاد میراکنده داریم :

به دو علت باید از ارتفاع جلوگیری کرد :

اثر روانی

اثر زونانش



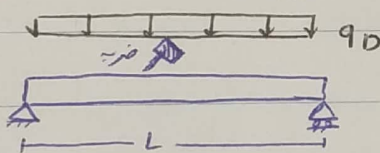
I تبدیل یافته با ضرب n (m^4)

$$f = \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{E_s I g}{q_D}} \cdot \frac{m}{s^2} = 9.81$$

(Hz) (m) بارود یکپارچه (N/m)

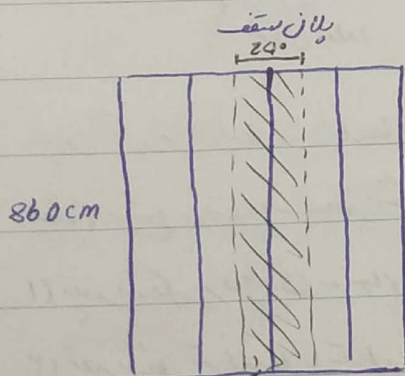
$f =$ فرکانس : مقدار رفت و برگشت کامل در واحد زمان

فرکانس طبیعی



در صورتی که فرکانس ماده مرکبده با ساختمان نابرابر باشد، در زیر مقاوم!

مقیف با $f \geq 5 \text{ Hz}$ ساخته می شود چون فرکانس ماده زمین انسان کمتر از 4 است



$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

مثال : اشیاء بوقت استفاده نشده است.

$$P_c = 200$$

مقطع IPE400 است

$$F_u = 3700$$

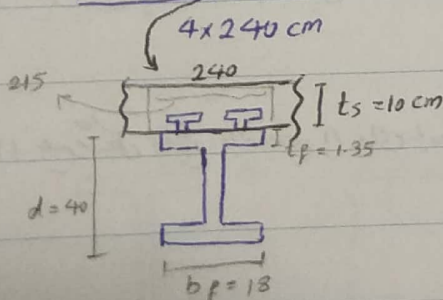
$$n = 10$$

$$= 40 \text{ kg/m}^2 \text{ قالب بندی}$$

$$L = 500 \text{ kg/m}^3$$

$$D = 250 \text{ kg/m}^2$$

شامل خرس نه و
تیمبندی های ثابت



$$b_e = \min \left(2 \times \frac{860}{8}, 2 \times \frac{240}{2} \right) = 215$$

$$A = 84.5 \text{ cm}^2$$

$$w = 66.3 \text{ kg/m}$$

$$I_x = 23130$$

$$S_x = 1160$$

وزن تیر و وزن هفتبره مقطع رو حدس نزدیک باید فرض کنیم

$$D_1 = 0.1 \times 2400 \times 2.4 + 40 \times 2.4 + 66.3 = 738.3 \text{ kg/m}$$

$$D_2 = 250 \times 2.4 - 40 \times 2.4 = 504 \text{ kg/m}$$

$$L = 500 \times 2.4 = 1200 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{[1.2 \times (738.3 + 504) + 1.6 \times 1200] \times 8.6^2}{8} = 31532.5 \text{ kg.m}$$

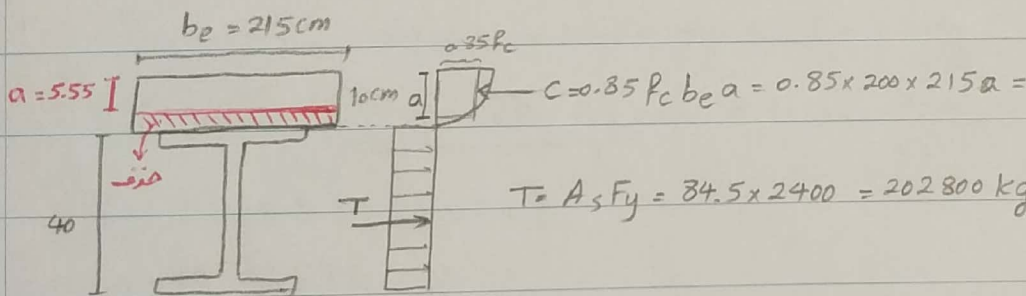
اگر مقطع IPE 400 به فاصله بود و می خواستیم مقطع رو حدس بزنیم:

$$M_u = 31532.5 \times 10^2 \text{ kg.cm} \leq \phi_b M_n = 0.9 \times 2400 \times S_x \times 1.125$$

$$S_x \geq 1303 \text{ cm}^3 \rightarrow \text{IPE 450} \quad S_x = 1500$$

حدس اولیه	IPE 400	$S_x = 1160$
	IPE 360	$S_x = 904$

در شماره مقطع ها بزرگتر به یک شماره کمتر
در مقطع ها شماره کمتر به دو شماره کمتر



$$C = T \rightarrow a = 5.55 < 10 \text{ cm} \quad \text{ارتفاع بتن}$$

$$M_n = T \left(\frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right)$$

مقاومت خمشی:

$$\phi_b M_n = 0.9 \times 202800 \left(\frac{40}{2} + 10 - \frac{5.55}{2} \right) \times 10^{-2} = 49691 \text{ kg.m} > M_u = 31532.5 \text{ kg.m} \quad \text{OK}$$

جاذبهت که بجای IPE 400 ، IPE 360 هم امتحان کرد احتمالاً جواب بدتر

کنترل نیروی فولادی برای قبل از مسقف شدن بتن برای D_1 (بدون شمع موقت):

$$M_{u,D_1} = \frac{1.4 \times 738.3 \times 8.6^2}{8} = 9555.8 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b M_n = 0.9 \times 2400 \times 1.12 \times 1160 \times 10^{-2} = 28063 \text{ kg.m} > M_{u,D_1} = 9555.8 \text{ kg.m} \quad \text{OK}$$

$$V_u = [1.2(7383 + 504) + 1.6 \times 1200] \times \frac{8.60}{2} = 14666 \text{ kg}$$

کنترل برش:

$$\phi_v V_n = 1.2 d t_w (0.6 F_y) = 1 \times 40 \times 0.86 \times 0.6 \times 2400 = 92536 \text{ kg} > 14666 \text{ kg}$$

ی ش برش و چک کرده گشت مشکلی ندارد. چون دهانه بزرگ است.

$$V_{hu} = \text{Min}(0.85 P_c \text{ bet } s, A_s F_y) = A_s F_y = 20280 \text{ kg}$$

طراحی رشتگی:

$$H \geq 4d : 80 \geq 4 \times 20 \text{ OK}$$

کابل به قطر 20mm : انتخاب
ارتفاع 80mm

$$d \leq 2.5 t_p \rightarrow 2 \leq 2.5 \times 1.35 \text{ OK}$$

$$Q_n = 0.5 A_{sa} \sqrt{P_c E_c} \leq 0.75 A_{sa} F_u$$

$\downarrow$ $\frac{\pi (20)^2}{4}$ $\downarrow$ $\frac{E_s}{10} = 2 \times 10^5$ $\downarrow$ 3700

$$Q_n = 9930 \text{ kg} \leq 8714 \text{ kg} \rightarrow Q_n = 8714 \text{ kg}$$

$$N = \frac{V_{hu}}{Q_n} = 23.3 \approx 24$$

شماره ورقه ورقه است : تعداد کل میخ بین max و min ورقه

$$S = \frac{360/2}{24/2} = 35.8 \rightarrow S = 35 \text{ cm}$$

فاصله کل میخ : $\frac{360}{24}$

$$6d \leq S \leq 80$$

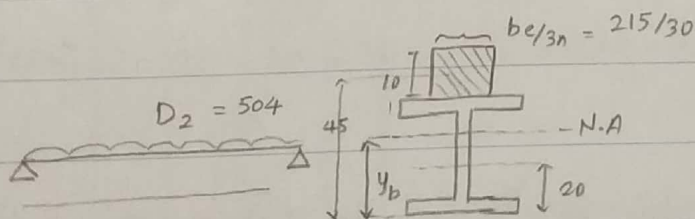
$$12 \leq 35 \leq 80 \text{ OK}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} D_1 = 7383 \text{ kg/m} \\ D_2 = 504 \\ L = 1200 \end{array} \right.$$

بارهای یکنواخت

کنترل تغییر شکل : (چون دهانه بلند است لازم است):

$$\Delta_1 = \frac{5 D_1 L^4}{384 E I} = 2.4 \text{ cm}$$

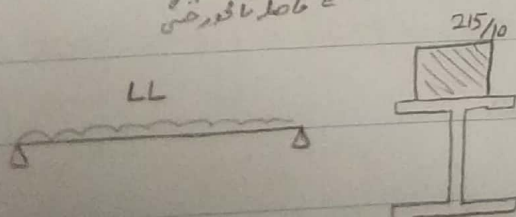


$$y_b \left(84.5 + \frac{215}{30} \times 10 \right) = 84.5 \times 20 + \frac{215}{30} \times 10 \times 45$$

$$y_b = 31.4 \text{ cm}$$

$$I_{tr} = (23130 + 84.5 \times 11.4^2) + \left(\frac{215/3 \times 1^3}{12} + \frac{215}{30} \times 10 \times (5 + 20 - 11.4)^2 \right) = 47893 \text{ cm}^4$$

← باطل ناقصه



$$\Delta_3 = 0.68 \text{ cm}$$

$$y_b = 37.95 \text{ cm}$$

$$I_{tr} = 62834 \text{ cm}^4$$

$$\Delta LL = 1200 \times 1.2 \text{ kg/cm}$$