PDF Compressor Free Version

دانشگاه فنی و حرفه ای

جزوه محاسبات سازه های فولادی

آقای مهندس جمالی

دانشکده فنی و حرفه ای پسران بروجرد

تهیه و تنظیم جزوه: رضا آژن

PDF Compressor Free Version

Date: / /

Subject:

محاسبات فولاد

فصل یک: مقدمه و آشنایی با مفاهیم پایه و اولیه‌ای

فصل دوم: طراحی اعضای کششی (بادبند، خرپا، ورق)

فصل سوم: طراحی اعضای فشاری (ستون، خرپا)

فصل چهارم: طراحی اعضای خمشی (طراحی تیر)

فصل پنجم: طراحی تیر و ستون

PDF Compressor Free Version

Date: / / Subject:

فصل اول: مقدمه و آشنایی با مفاهیم پایه ای و اولیه

- آشنایی با فولاد و مشخصات فیزیکی مربوط

درصد زیادی از کره ی زمین را آهن تشکیل داده، برای کار با آهن آنها در درجه حرارت 8.0° - 9.0° عملیات می دهند بعضی مواقع برای سهولت بر شکل پذیری فولاد از کاتالیزور Ni استفاده می شود.

- انواع فولاد ها در سه گروه قرار دارند:

1) فولاد کربنی (نرم معمولی)

2) پر مقاومت (اعلا)

3) فولادهای آلیاژی

1) فولاد کربنی: حاوی کربن حداکثر به مقدار 1.7٪ و سلیس و مس و منگنز می باشد در فولاد نرمه ی معمولی درصد کربن بین 0.15٪ تا 0.29٪ و در فولاد نرمه ی اعلا (پر مقاومت) درصد کربن بین 0.3٪ تا 0.59٪ مقاومت است.

2) فولاد آلیاژی: در این نوع فولاد ها به منظور دستیابی به مقاومت تسلیم آنها با تحت عملیات باز پخت قرار می دهند، عملیات باز پخت سبب می شود که شکل پذیری فولاد بالا رفته و از بروز ترک در فولاد در حین جوشکاری جلوگیری شود.

3) فولادهای پر مقاومت: بالا رفتن مقاومت این فولاد ها تنها با اضافه شدن آلیاژهای تغییر کروم - گلیم - مس و منگنز، نیکل و فسفر صورت گرفته است و هیچ گونه عملیات حرارتی خاصی هنگام پخت آن صورت نمی گیرد.

- نکته: افزایش درصد کربن باعث کاهش شکل پذیری در فولاد خواهد شد.

PDF Compressor Free Version

Date: / / Subject:

- مشخصه های اصلی فولاد

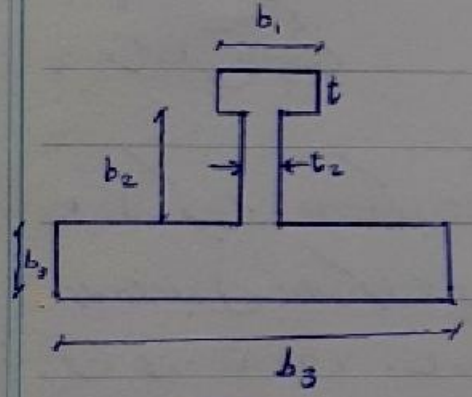
شکل پذیر بودن - تقریبا یکی ان بودن مقاومت فشاری و کششی فولاد -
توانایی معادن سنگ آهن - مقاومت زیاد بالا.

- کاربرد سازه های فولادی

۱ سازه های ریوسته ای (گنبد) ۲ سازه های قابلی شده ۳ سازه های معلق

- مروری بر مشخصات هندسی مقطع

الف - سطح مقطع یک پروفیل



$$A = b_1 t_1 + b_2 t_2 + b_3 t_3$$

$$A = \sum_{i=1}^{n} b_i t_i \quad *$$

ب - مرکز سطح (ثقل): نقطه ای است که می توان کل جرم آن جسم را به آن نقطه متمرکز کرد.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i A_i}{\sum A_i}$$ فاصله مرکز تا محور y

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i A_i}{\sum A_i}$$ فاصله مرکز تا محور x

ج - گشتاور اول سطح (Q)

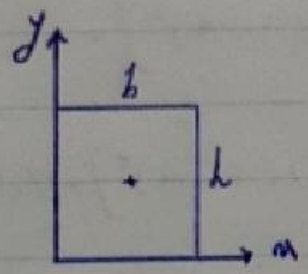
$$Q_x = A \cdot \bar{y}$$
$$Q_y = A \cdot \bar{x}$$

PDF Compressor Free Version

Date: / /

Subject:

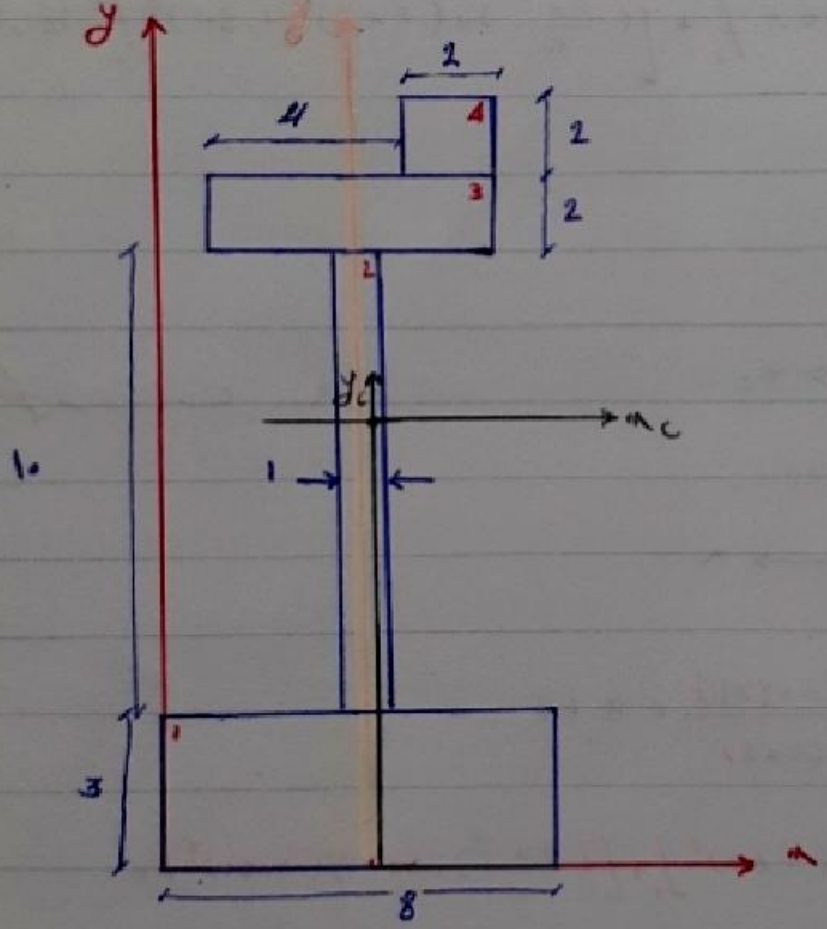
۲- گشتاور ممان سطح (ممان اینرسی)



$$I_x = \frac{bh^3}{3}$$

$$I_y = \frac{hb^3}{3}$$

مثال: ممان جنسی مقطع زیر را حساب کنید.



$$\bar{x} = \frac{\sum x_i A_i}{\sum A_i} = \frac{(3\times8\times4)+(1\times10\times4)+(2\times6\times4)+(2\times2\times6)}{(3\times8)+(1\times10)+(2\times6)+(2\times2)} = 4.16$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i A_i}{\sum A_i} = \frac{(3\times8\times1.5)+(1\times10\times8)+(2\times6\times14)+(2\times2\times16)}{(3\times8)+(1\times10)+(2\times6)+(2\times2)} = 6.96$$

PDF Compressor Free Version

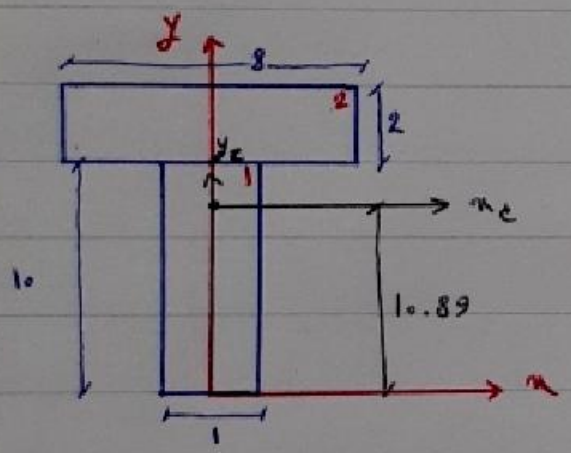
Date: / / Subject:

$$I_{xc} = \left[\left(\frac{8\times3^3}{12}\right)+(8\times3)(5.46)^2\right]_1+\left[\left(\frac{1\times1^3}{12}\right)+(1\times1)(1.04)^2\right]_2+$$

$$\left[\left(\frac{6\times2^3}{12}\right)+(6\times2)(7.04)^2\right]_3+\left[\left(\frac{2\times2^3}{12}\right)+(2\times2)(9.04)^2\right]=17,545,796$$

$$I_{yc} = \left[\left(\frac{3\times8^3}{12}\right)+(8\times3)(0.16)^2\right]_1+\left[\left(\frac{1\times1^3}{12}\right)+(1\times1)(0.16)^2\right]_2+$$

$$\left[\left(\frac{2\times6^3}{12}\right)+(6\times2)(0.16)^2\right]_3+\left[\left(\frac{2\times2^3}{12}\right)+(2\times2)(1.84)^2\right]_4=180,88541$$



* شکل تقریبا است .

$$\bar{y} = \frac{\sum \bar{y}_i A_i}{\sum A_i} = \frac{(1\times10\times5)+(2\times8\times11)}{(1\times10)+(2\times8)} = 8.69$$

$$I_{xc} = \left[\left(\frac{1\times10^3}{12}\right)+(1\times10)(3.69)^2\right]_1+\left[\left(\frac{8\times2^3}{12}\right)+(8\times2)(2.31)^2\right]=$$

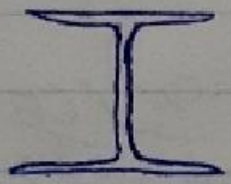
$$I_{yc} = \left[\left(\frac{10\times1^3}{12}\right)+(1\times1)(0)^2\right]_1+\left[\left(\frac{2\times8^3}{12}\right)+(2\times8)(0)^2\right]=$$

PDF Compressor Free Version

Date: / / Subject:

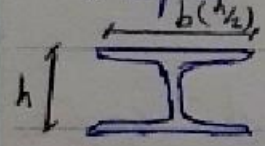
- انواع نیم رخ های استاندارد

۱- نیم رخ INP: از اولین مقاطع تولید شده است این مقاطع به تنهایی برای مقاطع مشبکی مناسب نیست چون حول یکی محور قوی و حول محور دیگر ضعیف است. از نوع جفت آن برای ستون استفاده می شود تقارن این مقطع بصورت پل (تیر) با مشکلات ابعادی همراه است.

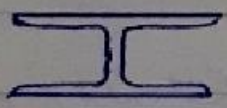


این مقاطع بصورت $80 \leq INP \leq 600$ در استاندارد DIN است.

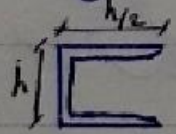
۲- نیم رخ IPE: این نیم رخ بصورت $80 \leq IPE \leq 600$ وجود دارد. استفاده از این نوع نیم رخ بصورت تک برای ستون مناسب است ولی برای پل مناسب نیست.



۳- IPB: به این مقاطع بال پهن نیز گفته می شود. I_y این مقاطع بیشتر شده و در حد I_x می باشد لذا به تنهایی برای ساخت ستون مناسب است.



۴- نیم رخ ناودانی (UNP): کاربرد این مقاطع بیشتر در بادبندها می باشد. البته بصورت دوبل.

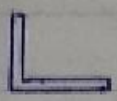


۵- نیم رخ های Z: کاربرد این مقاطع در پوشش سقف های شیب دار است.

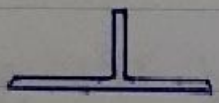
PDF Compressor Free Version

Date: / / Subject:

۱، مقاطع نبشی L : کاربرد این مقاطع در ستون‌ها و در ساخت مکل‌ها است و به عنوان یک اتصال در اتصالات مفصلی نیز کاربرد دارد.



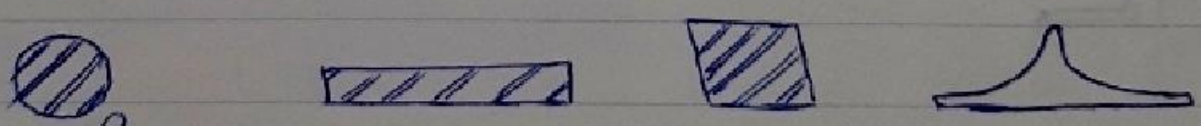
۲، نیم‌رخ‌های سپری : این مقاطع سه بال دارد. در مقاطع مشاری تک آن جذب نیست ولی در مقاطع کششی مناسب است و به عنوان سقف کاذب نیز از آن استفاده می‌شود.



۳، نیم‌رخ‌های قوطی : از هم گردن ورق‌ها حاصل می‌شود سپس یک طرف آن درز جوش دارد؛ در ساختمان‌های ۴ طبقه از قوطی‌های 3.5 × 140 × 140 و در ساختمان‌های سبک از قوطی‌ها بجای ستون‌ها استفاده می‌شود.

۴، نیم‌رخ لوله : این مقاطع I (معادل ایزی) خاصی ندارند چون بی‌نهایت محور تقارن دارند این مقاطع برای ستون‌ها و برای کشش نیز مناسب است.

۵، از نوع دیگر مقاطع می‌توان نیم‌رخ‌های ری، چهارسو، تسمه، نیم‌رخ میلگرد اشاره کرد.



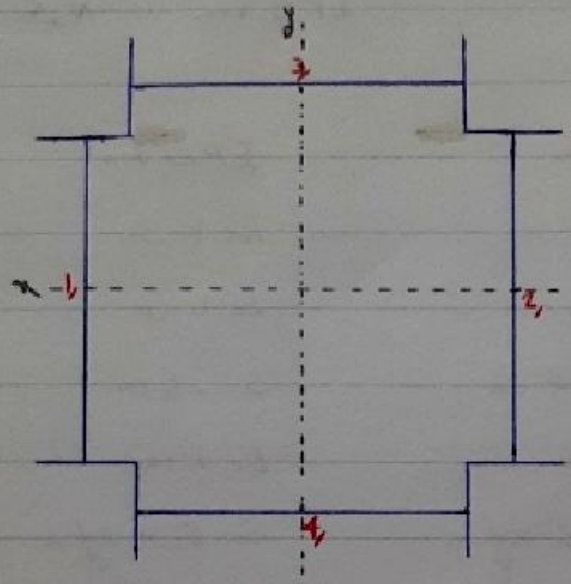
نیم‌رخ ری چهارسو تسمه میلگرد

PDF Compressor Free Version

Date: / / Subject:

مثال: مطلوبیت خاصیتی مشخصات مقطع زیر ($S_y - S_x - r_y - r_x - I_y - I_x - A$)

یک IPE 14



$h = 14\,cm$

$b = 7.3\,cm$

$S = .47\,cm$

$t = .69\,cm$

$G = 12.9\,kg/m$

$I_x = 541\,cm^4$

$I_y = 44.9\,cm^4$

$A_y = 16.4\,cm^2$

$A = 4 \times A_{\text{یک}} = 4 \times 16.4 = 65.6\,cm^2$

$$(I_x - x) = (2 \times 54)_{1,2} + 2\left[44.9 + (16.4)\left(\tfrac{b}{2} + \tfrac{h}{2}\right)^2\right]_{3,4} = 4893\,cm^4$$

$$(I_y - y) = (2 \times 541)_{3,4} + 2\left[44.9 + (16.4)(1.65)^2\right]_{1,2} = 4893\,cm^4$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{4893}{65.6}} = 8.64\,cm$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{4893}{65.6}} = 8.64\,cm$$

$$S_x = \frac{I_x}{G} \cdot \frac{4893}{7.3} = \frac{4893}{14.3} = 342\,cm^3$$

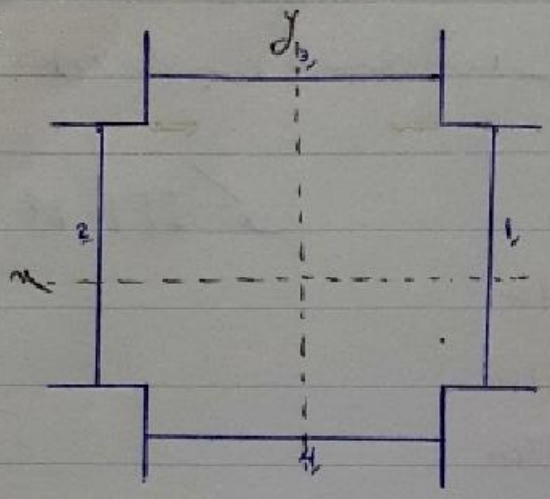
$b + h/2$

$$S_y = \frac{I_y}{G} = \frac{4893}{14.3} = 342\,cm^3$$

PDF Compressor Free Version

Date: / /

Subject:



IPE 14. ۲,۱

IPB 1.. ۴,۲

IPE 14.	IPB 1..
h= 14 cm	h= 1. cm
b= 7.3 cm	b= 1. cm
S= .74 cm	S= .6 cm
t= .69 cm	t= 1 cm
G= 12.9 kg.m	G= 2..4 kg.m
I_x= 541 cm^4	I_x= 45. cm^4
I_y= 44.9 cm^4	I_y= 16.7 cm^4
A_y= 164 cm^2	A_y= 26 cm^2

$(A)_{\text{کل}} = (2 \times 16.4) + (2 \times 26) = 84.8\ cm^2$

$(I - I_x)_{\text{کل}} = (2 \times 5.41)_{1,2} + 2\left[16.7 + (26)(12)^2\right]_{3,4} = 89.4\ cm^4$

$(I_y - I_y)_{\text{کل}} = (2 \times 45.)_{3,4} + 2\left[44.9 + (16.4)(8.65)^2\right]_{1,2} = 3442\ cm^4$

$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{89.4}{84.8}} = 1..24\ cm$

$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{3442}{84.8}} = 6.37\ cm$

$S_x = \frac{I_x}{C} = \frac{89.4}{17} = 523.76\ cm^3$

$S_y = \frac{I_y}{C} = \frac{3442}{12.3} = 279.83\ cm^3$

PDF Compressor Free Version

Date: / / Subject:

فصل دوم: طراحی اعضای کششی

- چند تعریف مقدماتی

تنش تسلیم (f_y): حداکثر تنشی قابل تحمل توسط فولاد که در پایان محدوده‌ی ارتجاعی می‌باشد که برای st 37 = 2400 kg/cm² و برای st 52 = 3600 kg/cm².

تنش نهایی (f_u): حداکثر تنشی قابل تحمل توسط فولاد بوده که برای st 37 = 3700 kg/cm² (نرمه معمولی) و برای st 52 = 5200 kg/cm² (فولاد اعلا)

مدول الاستیسیته (ضریب ارتجاعی E): شیب منحنی تنش و کرنش فولاد در محدوده ارتجاعی بوده و برابر 2.1×10^6 kg/cm² انتخاب می‌گردد

اهداف طراحی:

الف) ایمنی ب) عملکرد مطلوب ج) دوام

سازه یکپارچه‌ای طراحی می‌شود که تحت هیچ یک از شرایط نامساعد بارگذاری به هیچ یک از حالات ویژه‌ای که اصطلاحاً حالات حدی نامیده می‌شود نرسد.

حالات حدی:

حالت‌هایی که سازه بایستی از آن‌ها نرسیدن به آنها وظایف خود را کامل انجام می‌دهد ولی بعد از آنها قادر به انجام وظایف خود نمی‌باشد.

حالات حدی به ۲ طبقه‌ی: حالات حدی مقاومت (نهایی) و حالات حدی بهره‌برداری تقسیم می‌شود.

حالات حدی نهایی:

تسلیم - کمانش - ناپایداری در مقابل واژگونی - گسیختگی به علت خستگی - تردشکنی در نظر گرفته می‌شود.

PDF Compressor Free Version

Date: / /

Subject:

حالات بهره برداری:
تغییر شکل - ارتعاش - خوردگی و دوام - مقاومت سازه در مقابل آتش سوزی و همچنین دوام سازه در مقابل عوامل مخرب باید پیش بینی و تمهیدات مناسب تامین شود.

- طراحی در حالت حدی نهایی

$\phi R_n \geq R_r$

R_r مقاومت مورد نیاز طرح
ϕR_n مقاومت نهایی طرح
ϕ ضریب کاهش مقاومت

↓

ϕ_c	۰.۹	فشار محوری
ϕ_v	۰.۹ = ۱	برش
ϕ_b	۰.۹	لنگر خمشی
ϕ_t	۰.۷۵	کشیدگی محوری
ϕ_t	۰.۹	تسلیم محوری
ϕ_T	۰.۹	لنگر خمشی

ترکیبات بارگذاری

۱ بارگذاری ثقلی:

① $1.4\,D$ ~ بار مرده
② $1.2\,D + 1.5\,L$

D بار مرده و L بار بهره برداری شامل بار زنده ی طبقات و سربار حاکم برآنها است که ماکزیمم این بار زندگی بام یا سرف یا باران پیش بینی می شود.

۲ ثقلی و جانبی:

① $D + 1.2\,L \pm (E \text{ یا } W)$
② $0.85D \pm 1.2(E \text{ یا } W)$

↓ بار باد
بار زلزله

PDF Compressor Free Version

Date: / / Subject:

طراحی اعضای کششی:

در این بخش به طراحی اعضایی که تحت اثر نیروی محوری کششی که در اثر اعمال محمولهای عضو بارگذاری شده، قرار دارد می‌پردازیم - تقریبا از خرپاها - بادبندها - کابل‌ها و قوس‌ها می‌توان به یک مقطع این بخش طراحی کرد.

مقاومت کششی طرح:

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_r$$

مقاومت نهایی طرح اعضای کششی از رابطه‌ی $\phi_t \times T_n$ بدست می‌آید که کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده برای این حالات حدی تسلیم روی مقطع کل و گسیختگی روی مقطع کل خالص (A_E) موثر خواهد بود.

$$\phi_t \times T_n \geq T_r$$

تسلیم جاری شدن (A_g): $0.9 \times A_g \times f_y \geq T_r$

طراحی ← $A_g \geq \frac{T_r}{0.9 f_y}$

$$\phi_t \times T_n \geq T_r$$

گسیختگی (A_e): $0.75 \times A_e \times f_u \geq T_r$

طراحی ← $A_e \geq \frac{T_r}{0.75 f_u}$

مقاومت کششی نهایی طرح: $\phi_t \cdot T_n = \left| \underbrace{0.9 f_y \times A_g}, \underbrace{0.75 f_u \times A_e} \right|_{min}$

هرکدام که کمتر بود مبنای طراحی انتخاب می‌شود.

PDF Compressor Free Version

Date: / /

Subject:

- چکیده :

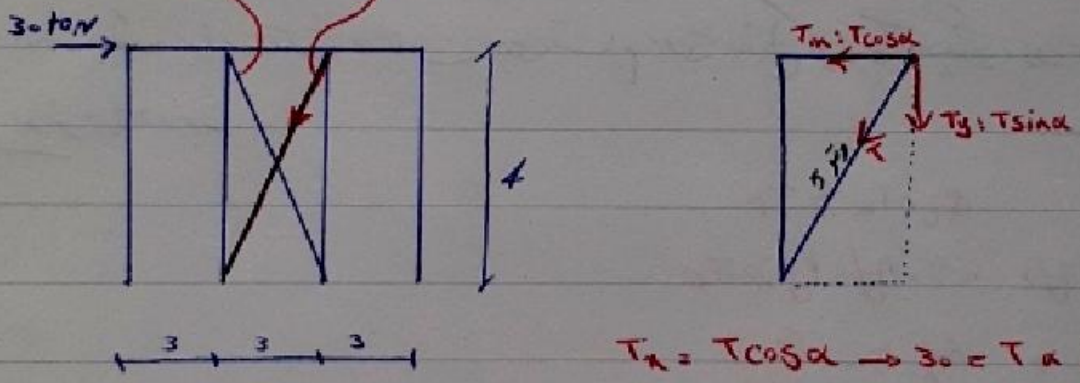
طراحی اعضای کششی ← مقاومت کششی نهایی طرح ← $0.9 \times Ag \times fy$ ، $0.75 \times Ae \times fu$

$\phi_t T_n \geq T_r$

طراحی { جای پیچ شدن ← $Ag \geq \frac{T_r}{0.9 \times fy}$

گیرداری ← $Ae \geq \frac{T_r}{0.75 \times fu}$

مثال: مطلوبست طراحی بادبند به شکل زیر از مقاطع IPE (فولاد St37) از مقاومت کششی صرف نظر شود.



$T_x = T\cos\alpha \rightarrow 30 = T \times \frac{3}{5}$

$T = \frac{30}{\frac{3}{5}} = \frac{150}{3} = 50t \rightsquigarrow T_r$ مورد نیاز

مقاومت کششی مورد نیاز $\geq$ مقاومت کششی نهایی طرح ← $\phi_t \times T_n \geq T_r$

$0.9 \times Ag \times fy \geq T_r$

طراحی ← $Ag \geq \frac{T_r}{0.9\,Fy}$

$Ag \geq \frac{50 \times 10^3 kg}{0.9 \times 2400} \rightarrow Ag \geq 23.14 cm$ استدلال ← USE IPE 200

USE IPE 200 کنترل ← $0.9 \times Ag \times fy \geq T_r$

$0.9 \times 28.5 \times 2400 \geq 50 \times 10^3$

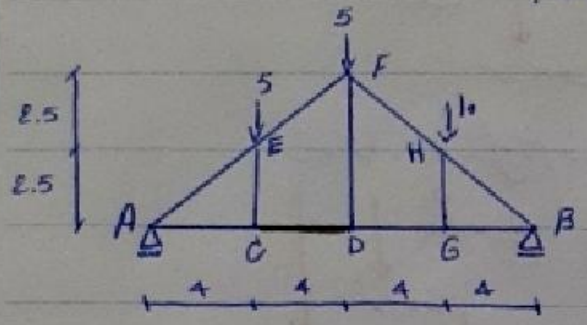
PDF Compressor Free Version

Date: / / Subject:

2IPE: $A_g \geq 23.14$ سطح $\rightarrow \frac{23.14}{2} = 11.57\ cm^2$

انتخاب USE 2IPE 120 کنترل $0.9 \times 26.4 \times 2400 \geq 5 \times 10^3$

مثال: مطلوبست طراحی عضو CD ناقص تا وطی St52.

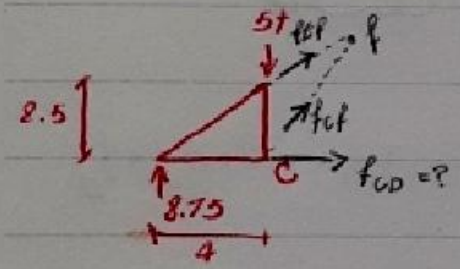


$\leftarrow \sum F_x = 0 \rightarrow A_x = 0$

$\leftarrow \sum M_B = 0 \curvearrowleft (16 \times A_y) = (5 \times 12) + (5 \times 8) + (10 \times 4) \quad 16A_y$

$= 60 + 40 + 40$

$\therefore A_y = 8.75$



$\leftarrow \sum M_F = 0 \curvearrowleft (8.75 \times 8) = (5 \times 4) + (f_{CD} \times 5)$

$\curvearrowleft T_0 = 20 + 5f_{CD}$

$5_0 = 5f_{CD} \Rightarrow f_{CD} = 10t$

$A_g \geq \frac{T_r}{0.9 f_y} \Rightarrow A_g \frac{10 \times 10^3}{0.9 \times 3600} \Rightarrow A_g \geq 3.08$ سطح $\rightarrow A_g = 1.543$

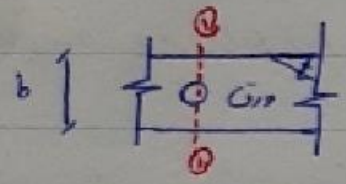
USE 2UNP30 (A_g 2.21×2)

PDF Compressor Free Version

Date: / /

Subject:

طراحی اعضای کششی سوراخ دار:

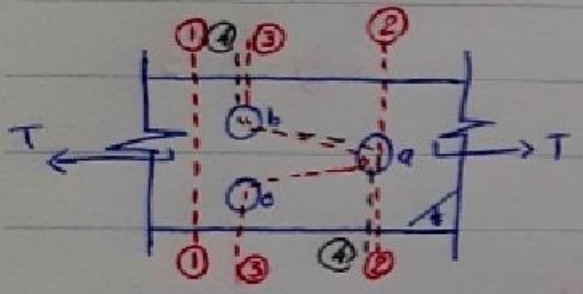


$A_g = b \times t$

A_g: سطح مقطع کل — b: عرض ورق — t: ضخامت

$A_n = A_g - n.D.t$

n: تعداد سوراخ — D: قطر سوراخ — t: ضخامت ورق



$A_{g_{1-1}} = b.t \hookrightarrow T_{1-1} = 0.9 \times A_g \times f_y$

$A_{n_{2a2}} = A_g - nDt \Rightarrow bt - 1 \times D \times t : T_{2a2} = 0.75 u A_e f_u$

$A_n = t(b - 1 \times D)$

$A_{n_{3b3}} = A_g - nDt \Rightarrow A_n = t(b - 2D) : T_{3b3} = 0.75 \times A_n \times f_u$

$A_{n_{4b4}} = A_g - nDt + \left(\sum \frac{s^2}{4g}\right)t : T_{4b4} = t\left(b - nD + 1\frac{s^2}{3g}\right)$

هدف این سوال: بحرانی ترین مسیر یعنی کمترین A_n و یا کمترین ظرفیت کششی را داشت.

۱- نکته: قطر سوراخ ثبت: قطر پیچ $2mm$ بیشتر در نظر گرفته می‌شود.

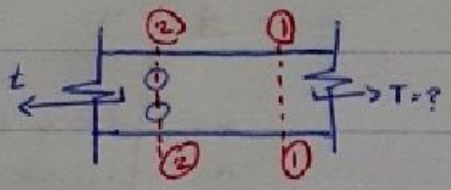
۲- اگر سوراخ گذاری توسط پانچ باشد به قطر سوراخ $4mm$ اضافه می‌شود.

PDF Compressor Free Version

Date: / / Subject:

3- اگر در مسیر مورد نظر، سوراخ مورب وجود داشت باید جمله $A_n = (\sum \frac{S^2}{4g} \times t)$ اضافه شود.

مثال: مطلوبت تعیین مقاومت کششی نهایی ورق نبشی که از فولاد نرم (St 37) ساخته شده است. (سوراخ کاری بابت انجام شده است)



$PL = \frac{15}{b} \times \frac{12}{t}$

$2\phi 20$

$(A_g)_{1-1} = b.t = 15 \times 1.2 = 18\ cm^2$

مقاومت کششی نهایی عضو طبق شکل $T_{1-1} = 0.9 \times 18 \times 2400 = 38.88\ ton$

$(A_n)_{2-2} = A_g - nDt \Rightarrow (A_n)_{2-2} = 18 - 2 \times 2 \times 1.2 = 13.2\ cm^2$

$T_{2-2} = 0.75 \times A_n \times f_u = 0.75 \times 13.2 \times 3700 = 36.63\ ton$

A	T
18	38.88
13.2	36.63

ظرفیت کششی نهایی ورق $T = 36.63$

$A_n = 13.2$

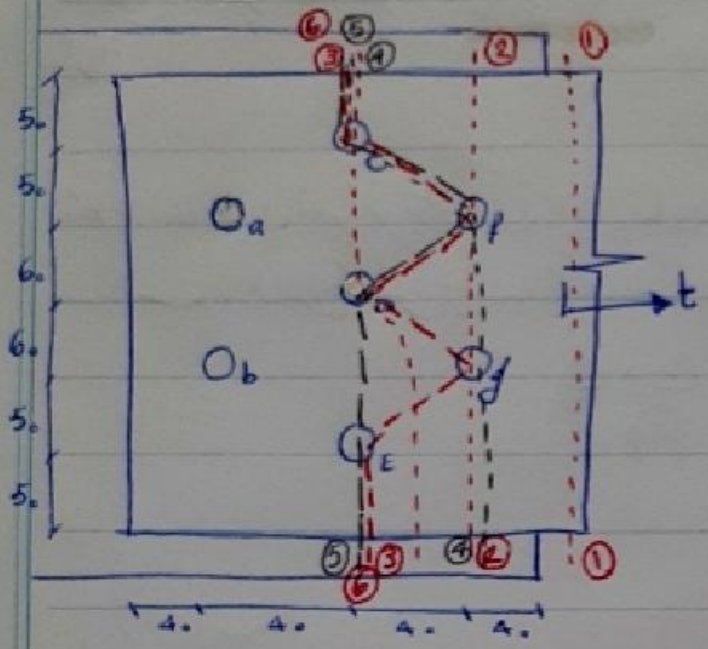
نتیجه: گسیختگی محل پیچ خواهد بود.

PDF Compressor Free Version

Date: / /

Subject:

مثال: تعیین ظرفیت کششی ورق اتصال:



St : 5ℓ

t = 15mm

ⓓ ℓℓ

A	T
48	155.5 ton
41.4	161.46 ton
38.1	ℓ-8-.ℓ26 ton
39.3	153.ℓ7 ton
37	168.35 ton
✓36 بحرانی‌ترین	14ℓ.4 ton

min

۱-۱ مسیر ← سطح ناخالص $A_g = b \times t = 32 \times 1.5 = 48\ cm^2$

f-g مسیر ← گسیختگی $A_n = bt - ndt = t(b - nD) = 1.5(32 - 2 \times 2.2) = 41.4\ cm^2$

c-d مسیر ← $A_n = t(b - nD) = 1.5(32 - 3 \times 2.2) = 38.1\ cm^2$

c-f-g ← $A_n = t\left(b - nD + \sum \frac{s^2}{4g}\right) = 1.5\left(32 - 3 \times 2.2 + \frac{4^2}{4 \times 5}\right) = 39.3\ cm^2$

c-f-d-e ← $A_n = t\left(b - nD + \sum \frac{s^2}{4g}\right) = 1.5\left(32 - 4 \times 2.2 + \left(\frac{4^2}{4 \times 5} + \frac{4^2}{4 \times 6}\right)\right) = 37\ cm^2$

c-f-d-g-e ← $A_n = t\left(b - nD + \sum \frac{s^2}{4g}\right) = 1.5\left(32 - 5 \times 2.2 + \left[2\frac{4^2}{4 \times 5} + 2\frac{4^2}{4 \times 6}\right]\right) = 36\ cm^2$

$T = 0.9 A_g f_y \rightarrow T_{1-1} = 0.9 \times 48 \times 36_{00} = 155.52\ ton$

$T = 0.75 A_n f_u \rightarrow T_{f-g} = 0.75 \times 41.4 \times 52_{00} = 161.46\ ton$

$\xrightarrow[c-d]{} \frac{5T}{7} = 0.75 \times 38.1 \times 52_{00} = 2\text{-}8\text{-}.026\ ton$

$\rightarrow T_{c-f-g} = 0.75 \times 39.3 \times 52_{00} = 153.27\ ton$

$\xrightarrow[c-f-d-e]{} \frac{6T}{7} = 0.75 \times 37 \times 52_{00} = 168.35\ ton$

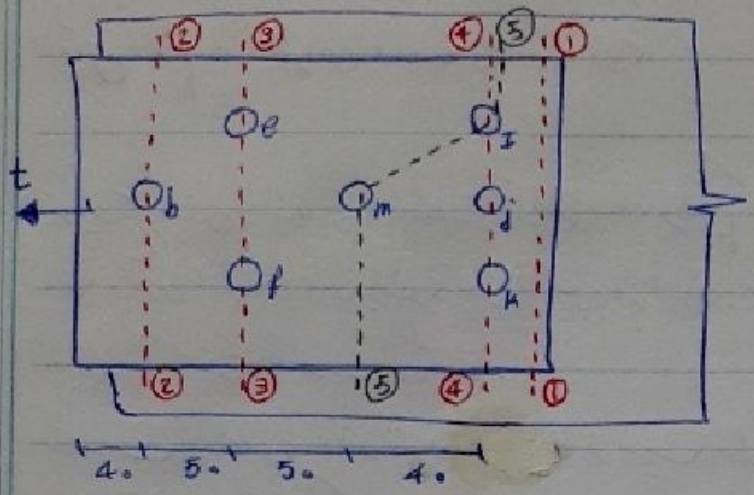
$\rightarrow T_{c-f-d-g-e} = 0.75 \times 36 \times 52_{00} = 14\text{-}.4\ ton$

PDF Compressor Free Version

Date: / /

Subject:

مثال:



St: 37

T Ø25

t: 20mm

۱- مسیر ① جزء شکل $A_g = b.t = 20 \times 2 = 40\ cm^2$

مسیر b ← شکل شبکه‌ای $A_n = t(b - nD) = 2(20 - 1 \times 2.5) = 35\ cm^2$

مسیر e.f ← " $A_n = t(b - nD) = 2(20 - 2 \times 2.5) = 30\ cm^2$

i-j-k ← " $A_n = t(b - nD) = 2(20 - 3 \times 2.5) = 25\ cm^2$

i-m ← " $A_n = t\left(b - nD + \sum \frac{s^2}{4g}\right) = 2\left(20 - 2 \times 2.5 + \frac{4^2}{4 \times 6}\right) = 31.33\ cm^2$

$T_{bF} = 0.9 \times A_n \times 2400 = 86.4$ ton

$\frac{T}{7} = 0.75 \times 35 \times 3700 = 679.875$ ton

$\frac{3T}{7} = 0.75 \times 30 \times 3700 = 194.25$ ton

$T = 0.75 \times 25 \times 3700 = 69.375$ ton

$\frac{5t}{7} = 0.75 \times 31.33 \times 3700 = 181.71$ ton

(t ← kg/cm²) 1000 جواب تقسیم بر

ضربدر هفت آخر تقسیم بر پنج

A	T	
40	86.4 ton	
35	679.875 ton	
30	194.25 ton	
✓25	69.375 ton	min
31.33	181.71	

بحرانی ترین مسیر

PDF Compressor Free Version

Date: / /

Subject:

فصل سوم : طراحی اعضای مشاری

در این بخش به طراحی اعضای فولادی می پردازیم که نیروی داخلی ایجاد شده در هر مقطع داخلی آن فقط نیروی محوری (مشاری) می باشد. معمولاً نیمی از اعضای خرپاها و بادبندها و ستون ها جزء طبقه بندی اعضای مشاری محسوب می گردد.

مقاومت مشاری عضو فشاری بنام K (ضریب طول موثر مشاری / سختی عضو) و λ (ضریب لاغری عضو مشاری) خواهد بود که K به شرط زیر قابل تعیین است:

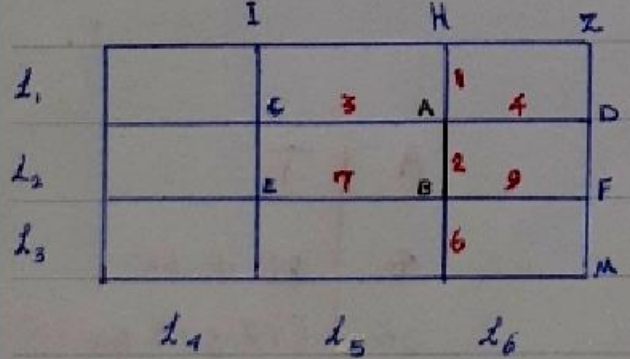
$$\lambda = \frac{KL}{r}$$

① در قاب های مهاربندی شده که در آنها حرکت جانبی با کلیه گره ها به مهاربندها یا دیوارهای برشی مقید شود ضریب طول موثر (K) مهار اعضای مشاری آن قاب ها باید برابر 1 محاسبه شود

② مهار قاب های بدون مهاربندی شده که یا دیوارهای جانبی آنها از طریق سختی خمشی اعضای قاب که با اتصالات صلب به یک دیگر متصل هستند تامین شده می توان ضریب طول موثر (K) آنها را بطوری زیر محاسبه کرد:

$$K = \sqrt{\frac{1.6\,G_A \cdot G_B + 4(G_A + G_B) + 7.5}{G_A + G_B + 7.5}} > 1$$

* فقط جهت نشان دادن جهانی

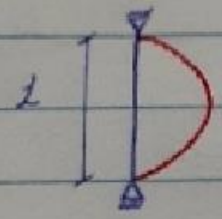


$$G_A = \frac{\text{ستونها}\ (\sum \frac{EI}{L})}{\text{تیرها}\ (\sum \frac{EI}{L})} = \frac{(\frac{EI}{L})_① + (\frac{EI}{L})_②}{(\frac{EI}{L})_③ + (\frac{EI}{L})_④}$$

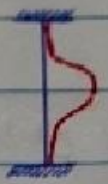
$$G_B = \frac{(\frac{EI}{L})_⑤ + (\frac{EI}{L})_⑥}{(\frac{EI}{L})_⑦ + (\frac{EI}{L})_⑧}$$

PDF Compressor Free Version

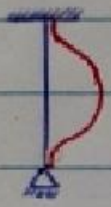
نکته سوم: اگر شرایط معادل مانعی انتهای ستون (مفصلی یا) باشد نکته گاه سازه را نظام گویند در غیر این صورت ستون از نسبت به مقادیر (K) نامیست آمده و بستگی به شرایط گیرداری دو سر دارد.



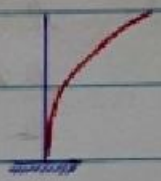
K: 1
l_e: 1l



K: .5 ~ .6
l_e: .5l



K: .7 ~ .8
l_e: .7l



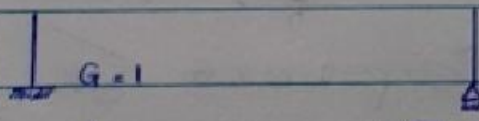
K: 2
l_e: 2

نکات مهم بیان چیست نکردن ضریب G_A و G_B.

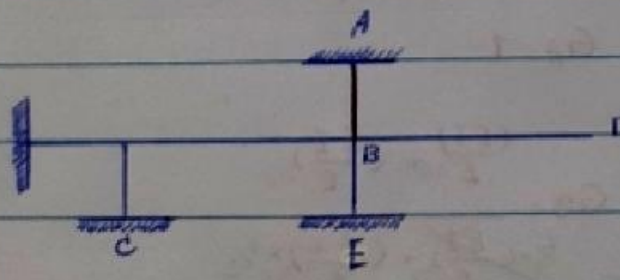
1- در قاب‌هایی با اتصالات مفصلی K=1 است.

2- اگر 2 سر ستون نسبت بهم جابجایی نداشته باشد ستون مهاربندی شده تلقی می‌شود و K آن کمتر از یک است. $K \leq 1$

3- برای تکیه‌گاه‌های مفصلی G=10 و برای تکیه‌گاه گیردار G=1 است.



4- اعضای خرپایی سختی ندارند و سختی آنها در محاسبات مربوطه G=0 در نظر گرفته می‌شود.



$G_A = 10$

$$G_B = \frac{\left(\frac{EI}{l}\right)_{AB} + \left(\frac{EI}{l}\right)_{BE}}{\left(\frac{EI}{l}\right)_{CB} + \left(\frac{EI}{l}\right)_{BD}}$$

حذف می‌شود

SABI

PDF Compressor Free Version

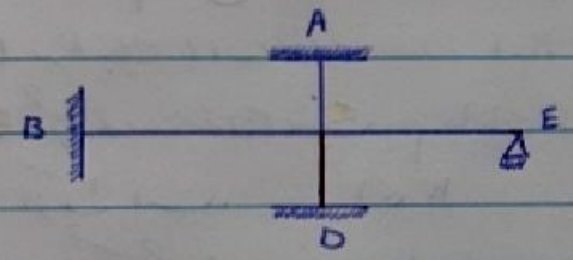
۵) سختی خمشی تیرهایی که از یک طرف به ستون متصل و از طرف دیگر به گیرگاه متصل شده‌اند در محاسبات مربوط به G باید اصلاح شوند که ضایب اصلاح برای تیر مقاطع ساده و معار جانبی نشده بصورت زیر می‌باشد

ضریب اصلاح	شرایط انتهای تیر
$\beta \frac{1}{2}$	انتهای تیر مفصلی
$\beta \frac{2}{3}$	" " گیردار

معار جانبی نشده

ضریب اصلاح	شرایط انتهای تیر
$\beta \frac{3}{2}$	انتهای تیر مفصلی
$\beta 2$	" " گیردار

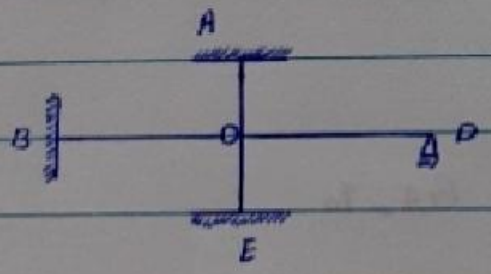
معار بندی شده



$$G_D = 10$$

$$G_C = \frac{\left(\frac{EI}{L}\right)_{AC} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{CD}}{\frac{2}{3}\times\left(\frac{EI}{L}\right)_{CB} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{CE}\times\frac{1}{2}}$$

۶) اگر انتهای تیر مفصلی که G های خاتمیم برای آن محاسبه کنیم اتصال صلب داخلی باشد صلبیت آن نادیده نظر می‌گیریم.



$$G_A = 1$$

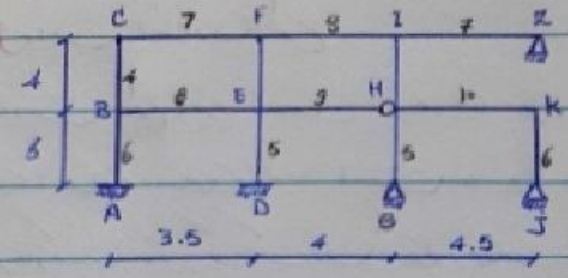
$$G_B = \frac{\left(\frac{EI}{L}\right)_{AB} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{OB}}{\frac{2}{3}\times\left(\frac{EI}{L}\right)_{CB} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{BD}\times\frac{1}{2}}$$

صلبی است

SAEI

PDF Compressor Free Version

مثال:



1, K_{AB} { $G_A = 1$

$G_B = \frac{(\frac{EI}{L})_{BC} + (\frac{EI}{L})_{AB}}{(\frac{EI}{L})_{BE}} = \frac{\frac{4E}{4} + \frac{6E}{6}}{\frac{8E}{3.5}} = \frac{2E}{\frac{8E}{3.5}} = \frac{7E}{8E} = .875$

$K_{AB} = \sqrt{\frac{1.6(G_A \cdot G_B) + 4(G_A + G_B) + 7.5}{G_A + G_B + 7.5}} = \sqrt{\frac{1.6(1 \times .875) + 4(1 + .875) + 7.5}{1 + .875 + 7.5}} = 1.84$

2, K_{GH} { $G_G = 10$

$G_H = \frac{(\frac{4E}{4}) + (\frac{5E}{6})}{\frac{10E}{4.5}} = \frac{E + \frac{5E}{6}}{\frac{10E}{4.5}} = \frac{\frac{11E}{6}}{\frac{10E}{4.5}} = \frac{49.5E}{60E} = .825^*$

$K_{GH} = \sqrt{\frac{1.6(10 \times .825) + 4(10 + .825) + 7.5}{10 + .825 + 7.5}} = 1.824$

3, K_{IH} { $G_I = \frac{\frac{4E}{4}}{\frac{8E}{4} + \frac{7E}{4.5}(\frac{1}{2})} = \frac{E}{\frac{2E}{1} + \frac{7E}{9}} = \frac{E}{\frac{25E}{9}} = .36$

$G_H = .825^*$

$K_{IH} = \sqrt{\frac{1.6(.36 + .825) + 4(.36 + .825) + 7.5}{.36 + .825 + 7.5}} = 1.809$

SAEI

PDF Compressor Free Version

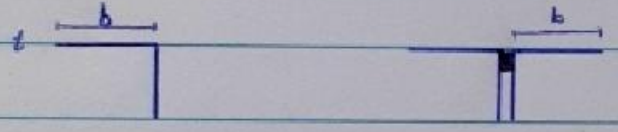
مقاومت فشاری طرح:

مقاومت طراحی اعضای فشاری برابر $\phi_c P_n$ می‌باشد که در آن ϕ_c ضریب کاهش مقاومت برای اعضای فشاری 0.9 است و P_n مقاومت فشاری اسمی می‌باشد که برای اعضای فشاری (غیرنازک) برابر کوچک‌ترین مقادیر محاسبه شده براساس حالات حدی کمانش خمشی و کمانش پیچشی و یا براساس کمانش خمشی و پیچشی برای بعضی از مقاطع خاص خواهد بود.

از کاربرد مقاطعی که بخشهای اجزای نازک هستند باید خودداری شود.

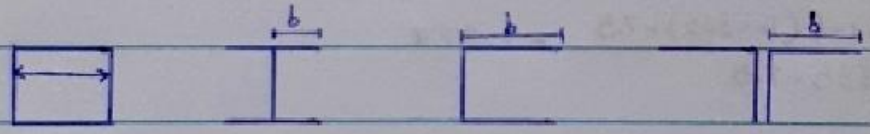
محدودیت نسبت پهنا به ضخامت برای اجزای فشاری:

در صورت اجزای عضو فشاری غیرنازک محسوب می‌شوند که محدودیت زیر را اعمال کرده.



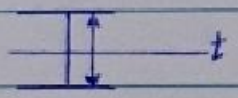
$$\left(\frac{b}{t}\right)_{max} \leq 0.45\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

بال جفت شده با لقمه پی در پی

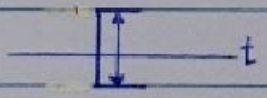


$$\frac{b}{t} \leq 0.56\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

قوطی — بال تیر نورد شده — بال ناودانی — بال جفت شده عام جسیه

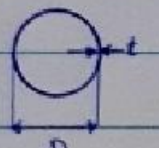


بال تیر نورد شده



بال ناودانی

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{max} \leq 1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$



مقاطع لوله

$$\frac{D}{t} \leq 0.1\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

مقطع مرکب

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{max} < 1.4\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

SAEI

PDF Compressor Free Version

مقاومت فشاری اسمی براساس کمانش خمشی

مقاومت اسمی اعضای فشاری (P_n) برای مقاطع غیرنازک براساس کمانش خمشی با استفاده از روابط زیر تعیین می شود.

$P_n = A_g \times F_{cr}$ ← مقاومت فشاری اسمی

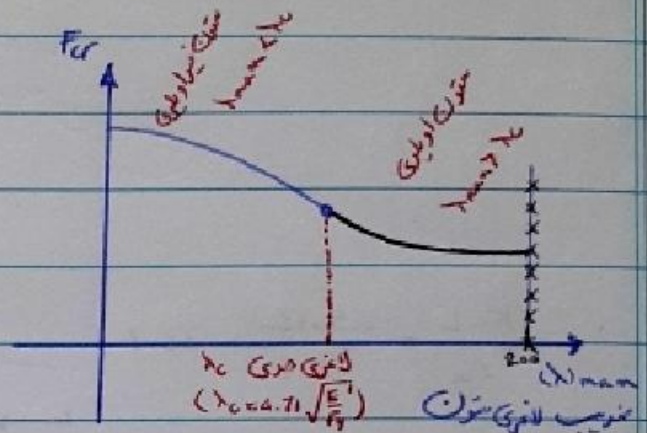
A_g: سطح مقطع کل — F_{cr}: تنش فشاری ناشی از کمانش خمشی

F_{cr} بسته به λ_{max} نسبت به λ_c:

- $\lambda_{max} < \lambda_c$ ستون غیر اویلری: $F_{cr} = [0.658^{\frac{F_y}{F_e}}] \cdot F_y$
- $\lambda_{max} > \lambda_c$ ستون اویلری: $F_{cr} = 0.877 F_e$

F_e: تنش کمانشی محوری اویلری

★



$\lambda_x = \frac{K_x \cdot L}{r_x}$ ، $\lambda_y = \frac{K_y \cdot L}{r_y}$ ← λ_{max}

λ_{max} ، $\lambda_c = 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$

★ $F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda_{max}^2}$

St37:
- $\lambda_{max} > 136$ اویلری
- $\lambda_{max} < 136$ غیراویلری

St52:
- $\lambda_{max} > 111$ اویلری
- $\lambda_{max} < 111$ غیراویلری

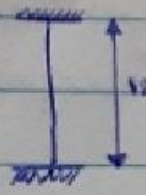
نکته (۳): برای مقاطع بسته و مقاطع باز فولادی که دارای عضو تقارن (همچنین مقاطع سلیبی) مقاومت فشاری اسمی براساس کمانش خمشی کنترل کننده طرح بوده و معمولاً نیازی به بررسی کمانش پیچشی یا خمشی پیچشی نخواهد بود.

SAEI

PDF Compressor Free Version

مثال: مطلوبست مقاومت فشاری اسمی طرح (ϕP_n یا P_n) ستون IPB360 با طول 12m

و باشرایط گیرداری دو سر گیردار - St37



IPB360:
- $A_g = 142\ cm^2$
- $I_x = 43190\ cm^4$
- $I_y = 10140\ cm^4$
- $r_x = 15.5\ cm$
- $r_y = 7.49\ cm$

$$\lambda_x = \frac{K_x L}{r_x} = \frac{0.5 \times 1200}{15.5} = 38.7$$

$$\lambda_y = \frac{K_y L}{r_y} = \frac{0.5 \times 1200}{9.49} = 80.1$$

$\lambda_{max} = 80.1$

ستون نیر اویلری

$\lambda_{max} = 80.1$

$\lambda_c = 37 \sim 137 \rightarrow \lambda_{max} < 136$

$$F_{cr} = [0.658^{\frac{F_y}{F_e}}] \cdot f_y \longrightarrow F_{cr} = [0.658^{0.78*}] \times 2400 = 1731.51\ kg/cm^2$$

$$* \frac{F_y}{F_e} = \frac{2400}{3073.43} = 0.78$$

$$* F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda_{max}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \times 10^6}{80.1^2} = 3073.43$$

مقاومت فشاری اسمی $P_n = A_g \times F_{cr} = 142 \times 1731.51 \simeq 245\ ton$ (÷1000)

مقاومت طراحی $P_n \times \Phi_c = 245 \times 0.9 = 220.5\ ton$

SABI

PDF Compressor Free Version

مثال: مطلوبست ظرفیت فشاری نهایی طرح ستون دوبل IPE 140 با ارتفاع 3 متر ساختمان مرتبت قاب ساختمان ساده است. St 37. $K=1$ قاب ساختمانی ساده

L تیر: $3m \hookrightarrow 300cm$

IPE 140	
	A 16.2 cm
	h 14 cm
	b 7.3 cm
	t 0.69 cm
	s 0.47 cm
	I_x 541 cm^4
	I_y 44.9 cm^4
	*r_x 5.74 cm
	r_y 1.65 cm

(I_x): 2 (دوبل) (I_x) (تک) $= 2 \times 541 = 1082\ cm^4$

(I_y): $2[(I_y)+(A)(d^2)]$

$= 2[(44.9)+(16.2)(3.65)^2] = 526.78\ cm^4$

$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{1082}{2 \times 16.2}} = 5.74\ cm$ *

$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{526.78}{32.28}} = 4\ cm$ (دوبل)

$\lambda_x = \frac{K_x L}{r_x} = \frac{1 \times 300}{5.74} = 52.26$

$\hookrightarrow \lambda_{max} = 75 \hookrightarrow \lambda_{max} < 136$ غیر لاغری

$\lambda_y = \frac{K_y L}{r_y} = \frac{1 \times 300}{4} = 75$

$F_{cr} = [(0.658)^{\frac{F_y}{F_e}*}] \cdot f_y \longrightarrow F_c = [(0.658)^{0.684*}] \times 2400 = 1802.51\ kg/cm^2$

* $F_e = \frac{\pi^2 . E}{\lambda_{max}^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{75^2} = 3505.63$ * $\frac{F_y}{F_e} = \frac{2400}{3505.63} = 0.684$

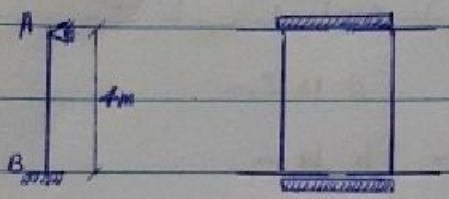
$P_n = A_g \times F_c = 1802.51 \times 32.4 = 58401\ kg$

$P_n \times \phi_c = 58401 \times 0.9 = 52561\ kg$

SAEI

PDF Compressor Free Version

مثال: مقطع ستون AB به شکل زیر انتخاب شده است. مطلوبست کنترل ظرفیت فشاری نهایی با فرض



فولاد ST37، 2 INP 20 و 2 PL 10×1 و $K = 0.8$

INP 20	
A	33.4
h	20
b	9
I_x	8
I_y	1.87
t_y	7.5
t_w	11.3

$$A_g = (2 \times 33.4) + (2 \times 1 \times 8) = 146.8\ cm$$

$$I_x = (2 \times 2140) + 2\left[\frac{2 \times 1^3}{12} + (1 \times 20)(10.5)^2\right] = 8690\ cm^4$$

$$I_y = 2(117 + (\quad)(7)^2) + 2\left[\left(\frac{1 \times 2^3}{12}\right) + (1 \times 2)(\cdot)\right] = 4840\ cm^4$$

$$(r_x) = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{8690}{146.8}} = 9.02\ cm \qquad (r_y) = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{4840}{146.8}} = 6.73\ cm$$

$$\lambda_x = \frac{K_x \cdot L}{r_x} = \frac{0.8 \times 400}{9.02} = 35.47 \qquad \lambda_y = \frac{K_y \cdot L}{r_y} = \frac{0.8 \times 400}{6.73} = 47.54$$

$\lambda_{max} = 47.54 \longrightarrow \lambda_{max} < 136 \longrightarrow$ غیراریبی

$$F_{cr} = \left[0.658^{\left(\frac{f_y}{f_e}\right)^*}\right] \cdot f_y \longrightarrow F_{cr} = \left[(0.658)^{0.26}\right] \times 2400 = 2152.53\ kg/cm^2$$

$$^* f_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda_{max}^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{(47.54)^2} = 9188\ kg/cm^2 \qquad ^* \frac{f_y}{f_e} = \frac{2400}{9188} = 0.26$$

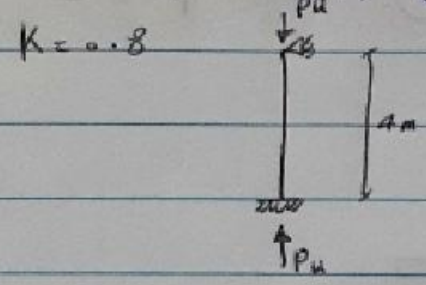
$$P_n = A_g \times F_{cr} = (146.8) \times (2152.53) = 229\ ton$$

$$P_n \times \phi_c = 229 \times 0.9 = 206\ ton$$

SAEI

PDF Compressor Free Version

مثال: مطلوبست مقاومت فشاری ستون طراحی کنید، طول 4 متر با بار مرده 90 و بار زنده 50 ton.



DL=90 LL=50

$Pu = 1.25(90) + 1.5(50) = 187.5\ ton$

طراحی ← تنش شکست لوله: $Fcr = 0.8\,Fy = 0.8 \times 2400 = 1920\ kgf/cm^2$

$\Phi_c \times P_n > P_u$

$\Phi_c \times Ag \times Fc > P_u$ ← $Ag \geq \frac{P_u}{\Phi_c \cdot Fcr}$ ⇒ $Ag \geq \frac{187.5 \times 1000\ kg}{0.9 \times 1920} = 108.50\ cm^2$

* طراحی اعضای فشاری

* مساحت سطح مقطع لوله باید بزرگتر یا مساوی این مقدار باشد.

انتخاب USE IPB 260

h	260 cm
Ag	118 cm²
rx	11.2 cm
ry	6.58 cm

$\lambda x = \frac{Kx \cdot L}{rx} = \frac{0.8 \times 400}{11.2} = 28.57$ $\lambda y = \frac{Ky \cdot L}{ry} = \frac{0.8 \times 400}{6.58} = 48.63$

$\lambda max = 48.63$ ← $\lambda max < 163$ غیراوویری

$Fcr = \left[0.658^{\frac{Fy}{Fe}}\right] \cdot Fy$ ← $Fcr = \left[0.658^{0.274}\right] \times 2400 = 2139.95\ kgf/cm^2$

$Fe = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda max^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \times 10^6}{(48.63)^2} = 8764$ $\frac{Fy}{Fe} = \frac{2400}{8764} = 0.274$

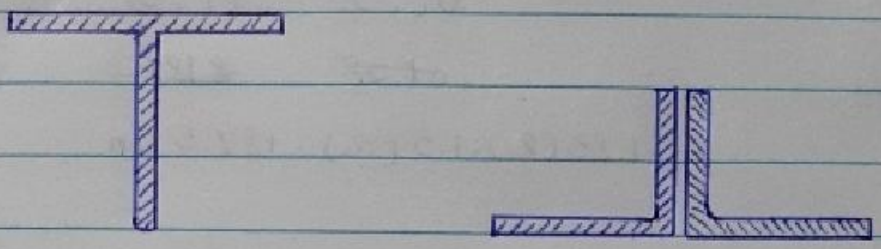
$Pn = Fcr \times Ag = 2139.95 \times 118 = 252.5\ ton$

$Pn \times \Phi_c = 252.5 \times 0.9 = 227.2\ ton$

SAEI

PDF Compressor Free Version

مقاومت اعضای فشاری با مقطع سپری یا جفت نبشی:



برای این نوع مقاطع فشاری علاوه بر کنترل کمانش خمشی باید کمانش پیچشی نیز بررسی گردد. F_{cr} باید حداقل مقادیر محاسبه شده بر اساس کمانش خمشی و کمانش پیچشی اختیار گردد.

بررسی کمانش خمشی:

عیناً مانند روابط قبل است برای این نوع مقاطع.

بررسی روابط پیچشی:

مقاومت اسمی اعضای فشاری P_n براساس کمانش پیچشی و کمانش خمشی پیچشی با استفاده از روابط زیر تعیین می‌شود:

$$F_{cr} = \left[\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H}\right] \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 F_{cry} \cdot F_{crz} \cdot H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}}\right]$$

F_{cry}: کمانش خمشی حول محور متقارن y.

(تنش تسلیم ناشی از خمشی حول محور y) که باید در این رابطه از $\lambda_y = \frac{K_y \cdot L}{r_y}$ مورد استفاده قرار گیرد.

SAEI

PDF Compressor Free Version

F_{crz}: کمانش پیچشی حول محور z است.

(تنش فشاری ناشی از پیچشی حول محور z) که از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A_g \cdot \bar{r}_0^2}$$

در این رابطه G: مدول الاستیسیته برشی، که برابر

$$G = \frac{E}{2.6}$$

$\bar{r}_0$: شعاع ژیراسیون قطبی حول مرکز برشی است که به شرح زیر محاسبه می‌شود.

$$\bar{r}_0^2 = x_0^2 + y_0^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g}$$

که: A_g, I_x, I_y

x_0, y_0: مختصات مرکز برشی نسبت به مرکز سطح بوده که برای مقاطع سپری دو محوری مقدار x_0 برابر صفر می‌باشد سر و ته اگرفت.

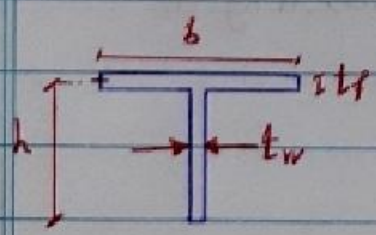
$$y_0 = e - \frac{t}{2}$$

e: خروج از مرکزیت.

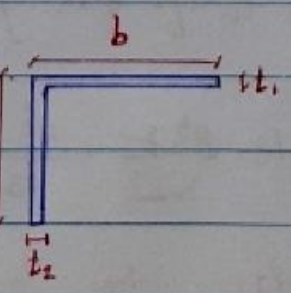
H:

$$1 - \frac{x_0^2 + y_0^2}{\bar{r}_0^2}$$

J: ثابت پیچشی مقطع نامیده می‌شود و بصورت زیر قابل محاسبه است:



$$J = \frac{1}{3}[b \cdot t_f^3 + h \cdot t_w^3]$$



$$J = \frac{1}{3}[b \cdot t_1^3 + h \cdot t_2^3]$$

SAEI

PDF Compressor Free Version

مثال: برای عضو شاری شکل زیر از 2 نبشی 100×100×10 که به یک دیگر کاملاً متصل شده‌اند استفاده شده است. در این صورت مطلوبست محاسبه‌ی مقاومت نهایی فشاری طرح. St 37

$E = 2 \times 10^6 \ kg.cm^2$ $K = 1$

A_g	19.2
$I_m = I_y$	177 cm^4
$r_m = r_y$	3.04 cm
e	8.82 cm

$\Sigma A_g : 2A_g = 2 \times 19.2 = 38.4 \ cm^2$

$\Sigma(I_m) : 2(I_m) = 2 \times 177 = 354$

$\Sigma(I_y) : 2\left[I_y + Ad^2\right] = 2\left[177 + (19.2)(8.82)^2\right] = 659.372 \ cm^4$

$\Sigma(r_m) = \sqrt{\frac{I_m}{A_g}} = \sqrt{\frac{354}{38.4}} = 3.04 \ cm$

$\Sigma(r_y) = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 4.14 \ cm$

$\lambda_m = \frac{k_m \cdot l}{r_m} = \frac{1 \times 400}{3.04} = 131.57$ $\lambda_y = \frac{1 \times 400}{4.14} = 96.61$

$\lambda_{max} = 131.57$ $\lambda_{max} < 136$ غیر اویلری

* تنش شکست ناشی از کمانش خمشی

$F_{cr} = \left[.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right] . F_y \longrightarrow F_{cr} = \left[.658^{2}\right] . 2400 = 1039.11 \ kg.cm^2$

$F_e = \frac{\pi^2 . E}{\lambda_{max}^2} = \frac{\pi^2 . 2 \times 10^6}{131.57} = 1197.12 \ kg.cm^2$

$\frac{F_y}{F_e} = \frac{2400}{1197.12} = 2$

SARI

PDF Compressor Free Version

F_{cry}: $\longrightarrow$ $\lambda_y = 96.61 < 136$ نیر اویلری

$F_{cry} = [.658^{\frac{f_y}{F_e}}] \cdot f_y \longrightarrow [.658^{1.08}] \times 2400 = 1527.19\ kg.cm^2$

$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2.1 \times 10^6}{96.61} = 2220\ kg.cm^2$

$\frac{f_y}{F_e} = \frac{2400}{2220} = 1.08$ $\qquad$ $y_o = e - \frac{t}{2} \longrightarrow 2.82 - 0.5 = 2.32^*$

$F_{crz} = \frac{GJ}{A_g \cdot \bar{r}_o^2} = \frac{76923.76 \times 32}{38.4 \times 31.77} = 641.57.4\ kg.cm^2$

$G = \frac{E}{2.6} \longrightarrow \frac{2 \times 10^6}{2.6} = 76923.76\ kg.cm^2$

$H = 1 - \frac{x_o^2 + y_o^2}{\bar{r}_o^2} \longrightarrow \frac{(2.32)^2}{31.77} = .83$

$\bar{r}_o^2 = x_o^2 + y_o^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g} \longrightarrow \bar{r}_o^2 = x_o^2 + (2.32)^2 + \frac{354 + 659.378}{38.4} = 31.77$

$F_{cr} = \left[\frac{1527.19 + 641.57.4}{2(.83)}\right]\left[1 - \sqrt{1 - \frac{4(1527.19)(641.57.4)(.83)}{(1527.19 + (641.57.4)^2}}\right] =$

$F_{cr} = 1525.17\ kg.cm^2$

$F_{cr(min)}$

$P_n = F_{cr} \times A_g = 1039.11 \times 38.4 = 39.90 \simeq 40\ ton$

$P_u = P_n \times \Phi_c = 40 \times .9 = 36\ ton$

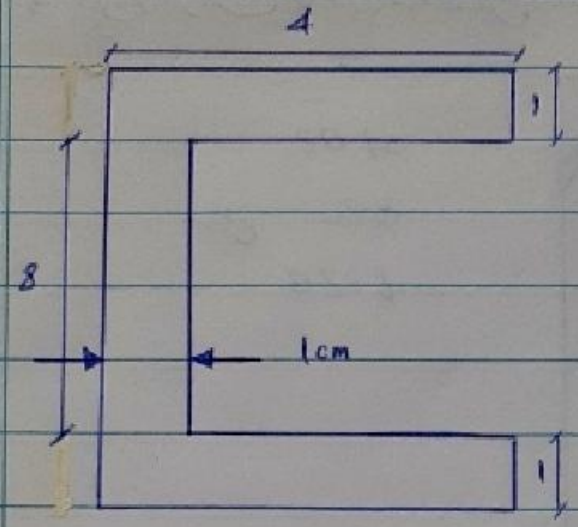
SAEI

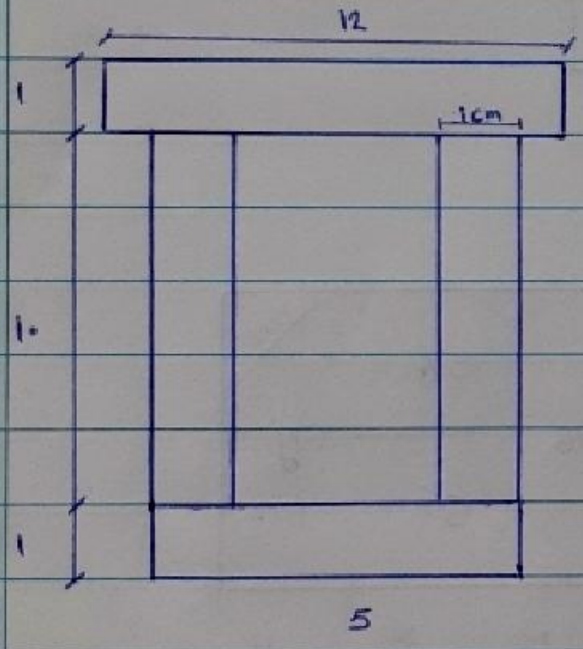
PDF Compressor Free Version

تمرینات درس مقاومت مصالح

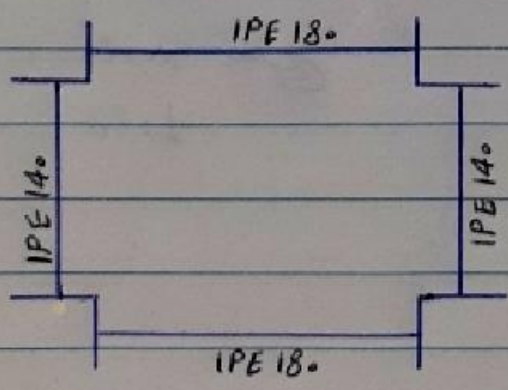
فصل اول :

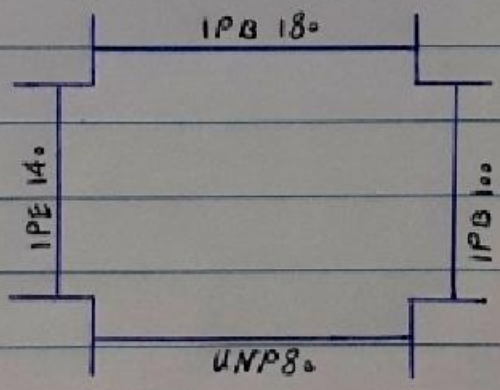
با استفاده از فرمول مقاطع زیر مساحت را بدست آورید.





2) مطلوبست محاسبه مشخصات مقطع زیر: (S_y ، S_x ، r_y ، r_x ، I_y ، I_x ، A)



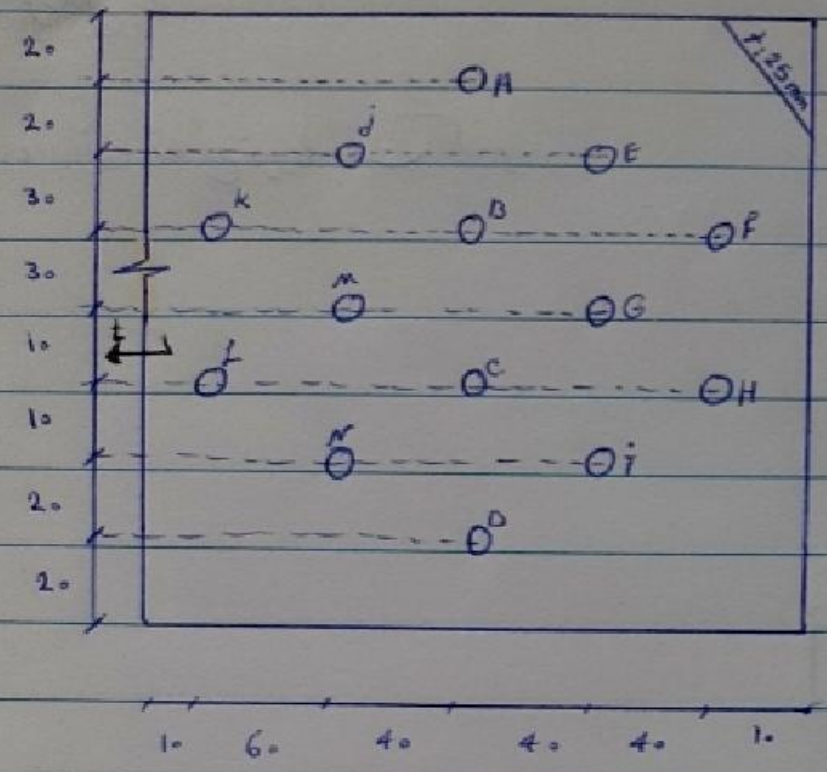


SAEI

PDF Compressor Free Version

مکانیک مواد

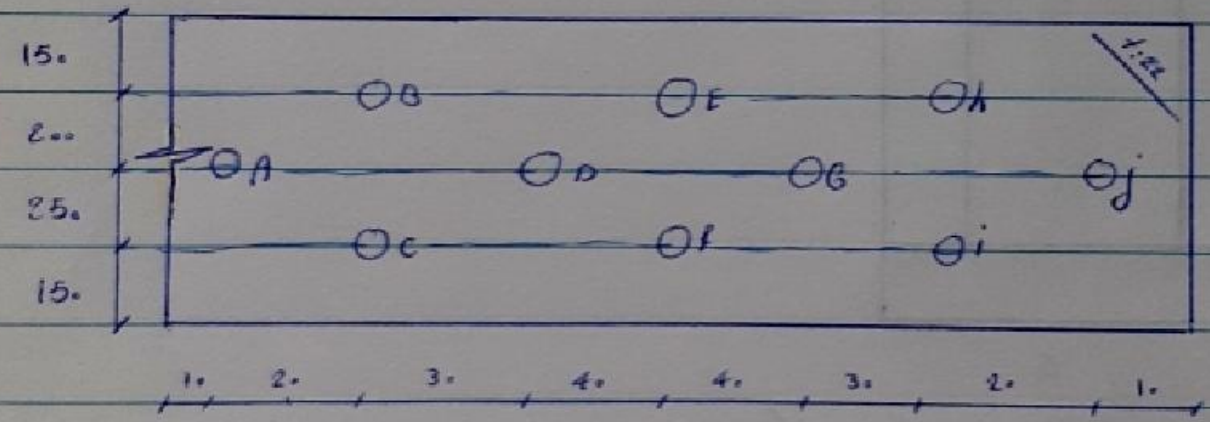
۳- تعیین نوع تنش کشش مرکز:



St 52

$\bar{\sigma}$ 2. سطح

t : 25



St 37

مقیاس $\mu = 2.$

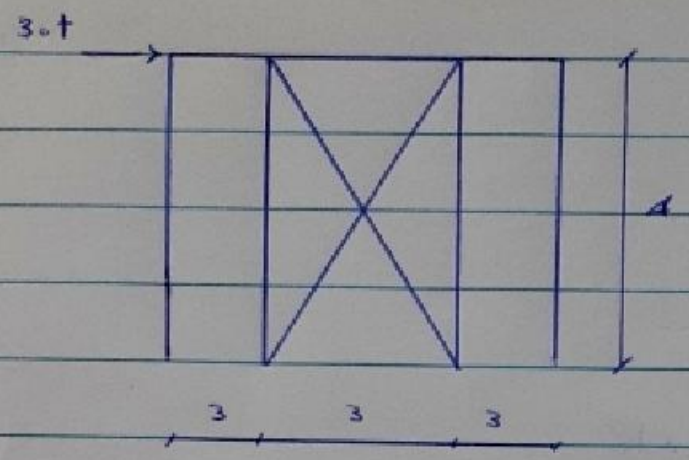
t : 22

SAEI

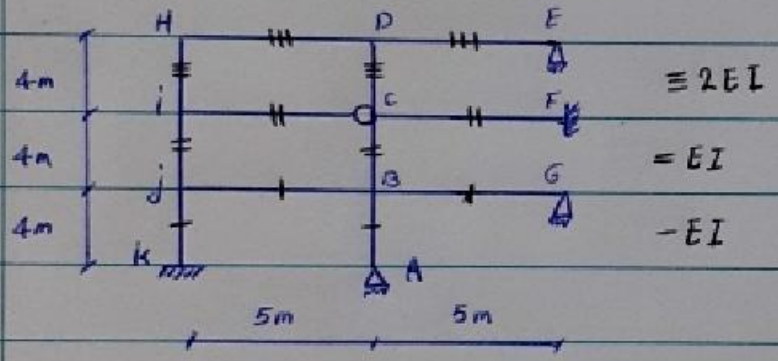
PDF Compressor Free Version

محاسبات فولادی

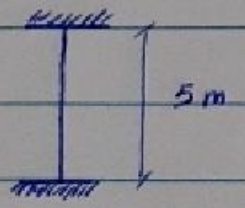
۴- طراحی بادبند ضربدری زیر از مقاطع IPE (فولاد st37) از مقاومت تنشی مورد نظر شود.



۵- k ستونها بدست آورید

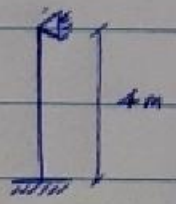


۶- محاسبه شیوی نهایی قاب ساده ی طرح.



st 37 D.L.10ton L.L.5ton

طراحی کنید: UNP / IPB / 2IPE



D.L:9. L.L:5.

st 52

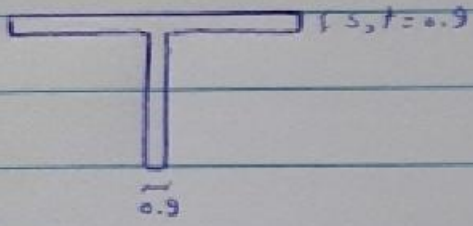
SAEI

PDF Compressor Free Version

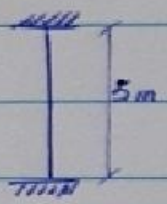
محاسبات فولادی

مطلوبست محاسبه مقاومت فشاری نهایی با مقطع سپری st52, T 8.0×8.0

①



②



L 15.0×15.0×12

st 52

SARI