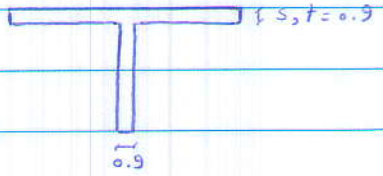
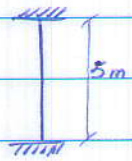
محاسبات فولادی

مطلوبست محاسبه مقاومت فشاری نهایی با مقطع سپری T 80×80

①



②



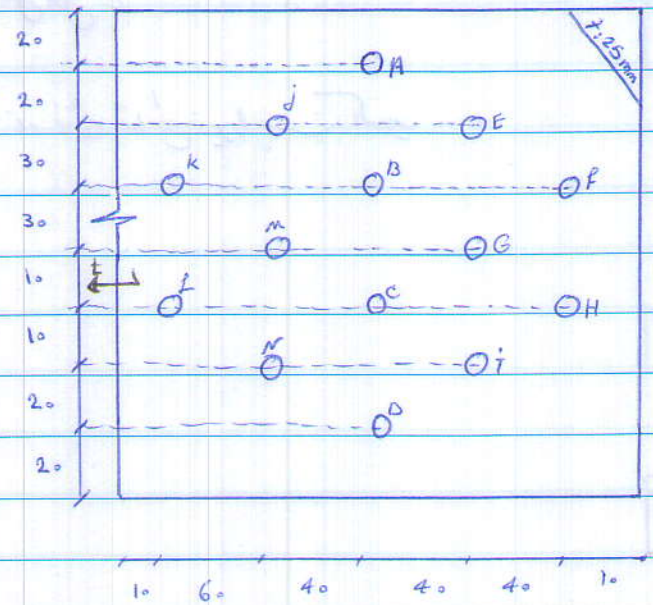
L 150×150×12

St 52

SAEI

محاسبات فولادی

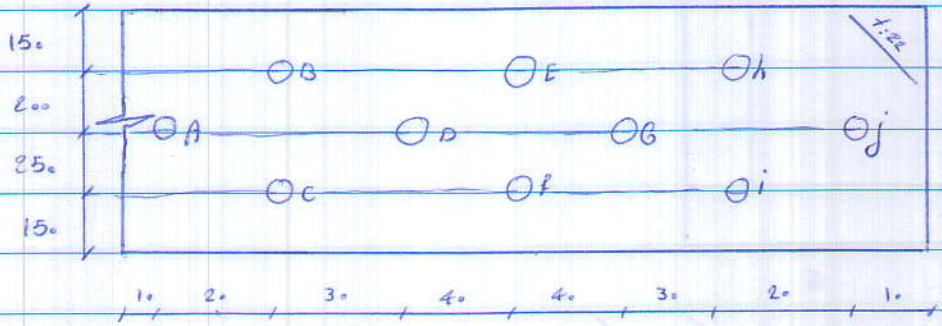
۳- تعیین ظرفیت کششی مقاطع:



St 52

سوراخ ۲۰ Ø

t:25



St 37

سوراخ ۲۰ Ø

$M = 20$

t:22

SAEI

SAEI

مثال: بای عضو فشاری شکل زیر از 2 نبشی 100×100×10 mm که به یک دیگر کاملاً متصل شده اند استفاده شده است. در این صورت مطلوبست محاسبه ی مقاومت نهایی قسمی طرح St 37.

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

نبشی	A_g	19.2
	$I_m = I_y$	177 cm^4
	$r_m = r_y$	3.04 cm
	e	8.88 cm

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

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

$\sum (I_y) : 2\left[I_y + Ad^2\right] = 2\left[177 + (19.2)(8.88)^2\right] = 659.372 \ cm^4$

$r_x = \sqrt{\frac{I_m}{A_g}} = \sqrt{\frac{354}{38.4}} = 3.04 \ cm$

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

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

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

* تنش فشاری ناشی از کمانش خمشی

$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{f_y}{F_e}}\right] . f_y \longrightarrow F_{cr} = \left[0.658^{2}\right] . 2400 = 1039.11 \ kg.cm^2$

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

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

SAEI

مقاومت اعضای فشاری با مقطع سپری یا جدار نازک:

برای این نوع مقاطع فشاری علاوه بر کنترل کمانش خمشی یا پیچشی نیز بررسی گردد. F_{cr} باید حداقل مقدار محاسبه شده براساس 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:

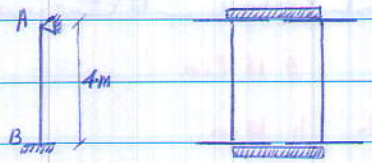
$$F_{cr} = \left[\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H}\right] \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 F_{cry} \cdot F_{crz} \cdot H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}}\right]$$

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

(تنش فشاری 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

مثال: مقطع ستون AB در شکل زیر ارائه شده است. مطلوبست محاسبه نیروی فشاری نهایی اسمی و نیروی فشاری نهایی طرح. st37، 2 INP 200



2 PL 200×10

K = 0.8

INP 200

A
h
b
I_x
I_y
t_y
t_w

$A_g = (2 \times 33.4) + (2 \times 1 \times 8) = 106.8\ cm$

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

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

$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{8690}{106.8}} = 9.02\ cm \qquad r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{4840}{106.8}} = 6.73\ cm$

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

$\lambda_{max} = 47.54 \longrightarrow \lambda_{max} < 136 \longrightarrow$ تیر اویلری

$F_{cr} = \left[0.658^{\left(\frac{f_y}{f_e}\right)^{*}}\right]^{*} \cdot f_y \longrightarrow F_{cr} = \left[(0.658)^{0.26}\right] \times 2400 = 2158.53\ kg/cm^2$

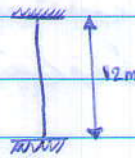
$^{*} f_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda_{max}^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{(47.54)^2} = 9188\ kg/cm^2 \qquad ^{*} \frac{f_y}{f_e} = \frac{2400}{9188} = 0.26$

$P_n = A_g \times F_{cr} = (106.8) \times (2158.53) = 229\ ton$

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

SAEI

مثال: محاسبه مقاومت فشاری اسمی مقطع (ظرفیت باربری ستون P_n) با طول 12m IPB360 و با شرایط گیرداری دو سر گیردار - St37



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

$$\lambda_m = \frac{K_m L}{r_m} = \frac{0.5 \times 1200}{15.5} = 38.7 \longrightarrow \lambda_{max} = 80.1$$

$$\lambda_y = \frac{K_y L}{r_y} = \frac{0.5 \times 1200}{7.49} = 80.1$$

$\lambda_{max} = 80.1$, λ_c: St37 = 136 $\rightarrow \lambda_{max} < 136$ ستون نیر اویلری

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

* $\frac{f_y}{f_e} = \frac{2400}{3073.43} = 0.78$

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

مقاومت فشاری اسمی $P_n = A_g \times F_{cr} = 142 \times 1731.51 \simeq \frac{245\ ton}{\div 1000}$

مقاومت نهایی طرح $P_n \times \Phi_c = 245 \times 0.9 = 220.5\ ton$

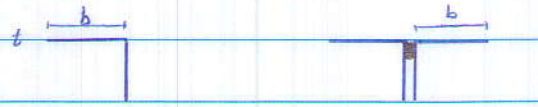
SAEI

مقاومت فشاری طرح:

مقاومت نهایی طرح 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 مقدار 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 بکار بردن مقاطعی که بال‌های اجزای نازک دارند باید خودداری شود.

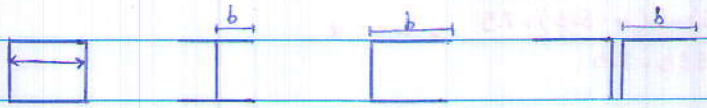
محدودیت نسبت پهنا به ضخامت در اجزای فشاری:

در صورت اجزای عضو فشاری غیرنازک محسوب می‌شوند که محدودیت‌های زیر اعمال گردد.



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

بال جفت نبشی با لقمه بین آنها

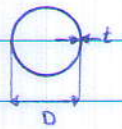


$$\frac{b}{t} \leq 0.56\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

قوطی — بال تیر نورد شده — بال ناودانی — بال جفت نبشی بهم چسبیده

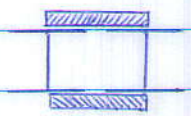
$$\left(\frac{b}{t}\right)_{max} \leq 1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

جان تیر نورد شده — جان ناودانی



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

مقاطع لوله



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

مقطع مرکب

SAEI

5/ سختی خمشی تیرهایی که از یک طرف به ستون صلب و از طرف دیگر به تکیه‌گاه مفصل شده‌اند در مبحث مربوط به G باید اصلاح شوند که ضرایب اصلاح در یک قاب مهاربندی شده و مهاربندی نشده به صورت زیر می‌باشد

شرایط انتهای تیر	ضریب اصلاح
انتهای تیر مفصلی	$\beta\ 1/2$
" " گیردار	$\beta\ 2/3$

« مهاربندی نشده »

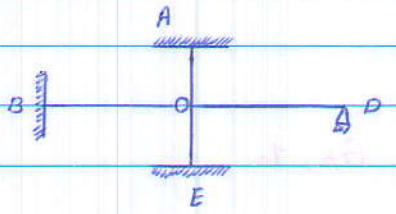
شرایط انتهای تیر	ضریب اصلاح
انتهای تیر مفصلی	$\beta\ 3/2$
" " گیردار	$\beta\ 2$

« مهاربندی شده »

$$G_D = 1_0$$

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

6/ اگر انتهای تیر مدلی که G های خواستیم بدلی آن محاسبه کنیم اتصال مفصل داخلی باشد صلبیت آن را نادیده می‌گیریم.



$$G_A = 1$$

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

حذف می‌شود

SAEI

Date: / / Subject:

فصل سوم : طراحی اعضای مشاری

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

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

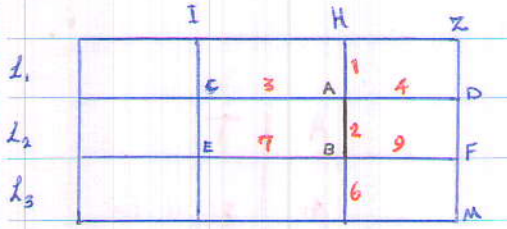
$$\lambda = \frac{K L}{r}$$

① در قاب های مهاربندی شده که در آنها حرکت جانبی با تعبیه کردن به مهاربندی ها یا دیوارهای برشی متقید شود ضریب طول موثر (K) مهاری اعضای مشاری آن قاب ها باید برابر 1 به حساب آید

② مهاری یا بدون تغییر مهاربندی شده که پایداری 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) از رابطه ی زیر محاسبه کرد:

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

* قاب خمشی مهاربندی نشده



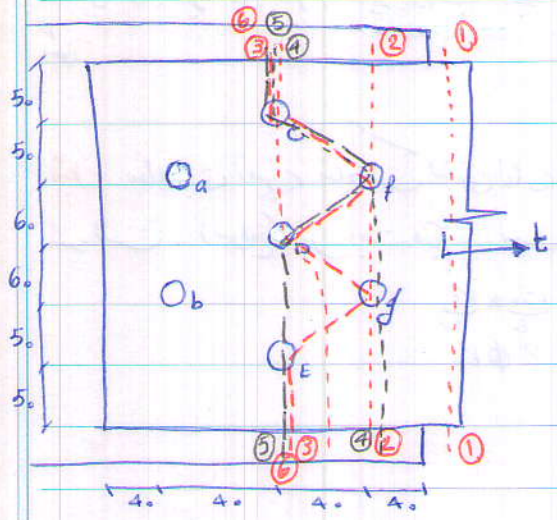
$$G_A = \frac{\text{ستونها}\ (\sum \frac{EI}{l})}{\text{تیرها}\ (\sum \frac{EI}{l})} = \frac{(\frac{EI}{l})_① + (\frac{EI}{l})_②}{(\frac{EI}{l})_③ + (\frac{EI}{l})_④}$$

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

Date: / /

Subject:

مثال: تعیین ظرفیت کششی ورق زیر:



St: 5ℓ

t = 15mm

Φ ℓℓ

A	T
48	155.5 ton
41.4	161.46 ton
38.1	ℓ08.026 ton
39.3	153.ℓ7 ton
37	168.35 ton
✓36 عمان‌ترین	14o.4 ton

min

۱-۱ مسیر ← $A_g = b \times t = 3ℓ \times 1.5 = 48\ cm^2$ ← ناخالص

f-g مسیر ← خالص $A_n = bt - nDt = t(b - nD) = 1.5(3ℓ - ℓ \times 8.ℓ) = 41.4\ cm^2$

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

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

c-f-d-e ← " $A_n = t(b - nD + \sum \frac{s^2}{4g}) = 1.5(3ℓ - 4 \times ℓ.ℓ\ (\frac{4^2}{4 \times 5} + \frac{4^2}{4 \times 6})) = 37 cm^2$

c-f-d-g-e ← " $A_n = t(b - nD + \sum \frac{s^2}{4g}) = 1.5(3ℓ - 5 \times ℓ.ℓ + [2\frac{4^2}{4 \times 5} + ℓ\frac{4^2}{4 \times 6}]) = 36 cm^2$

$T \gtrsim 0.9 A_g f_y$ ($f_y = 3600$) → $T_{1-1} = 0.9 \times 48 \times 3600 = 155.52$ ton

$T \gtrsim 0.75 A_n f_u$ → $T_{f-g} = 0.75 \times 41.4 \times 5ℓ00 = 161.46$ ton

c-d → $\frac{5T}{7} = 0.75 \times 38.1 \times 5ℓ00 = ℓ08.026$ ton

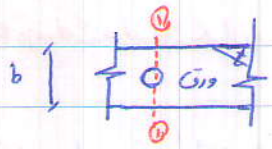
→ $T_{c-f-g} = 0.75 \times 39.3 \times 5ℓ00 = 153.ℓ7$ ton

c-f-d-e → $\frac{6T}{7} = 0.75 \times 37 \times 5ℓ00 = 168.35$ ton

→ $T_{c-f-d-g-e} = 0.75 \times 36 \times 5ℓ00 = 14o.4$ ton

Date: / / Subject:

طراحی اعضای کششی سوراخ دار:

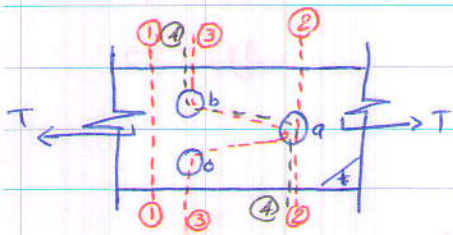


$A_g = b \times t$

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

$A_n = A_g - n.D.t$

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



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

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

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

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

$A_{n_{4ba4}} = A_g - nDt + \left(\sum \frac{s^2}{4g}\right)t : T_{4ab4} = t\left(b - nD + 1\frac{s^2}{2g}\right)$

هدف این سوال: بحرانی ترین مسیر یعنی کمترین A_n و آن مسیر کمترین ظرفیت کششی را داراست.

نکته: 1/ قطر سوراخ نسبت به قطر پیچ 2mm بیشتر در نظر گرفته می‌شود.

2/ اگر سوراخ لنگاری توسط پانچ باشد به قطر سوراخ 4mm اضافه می‌شود.

Date: / / Subject:

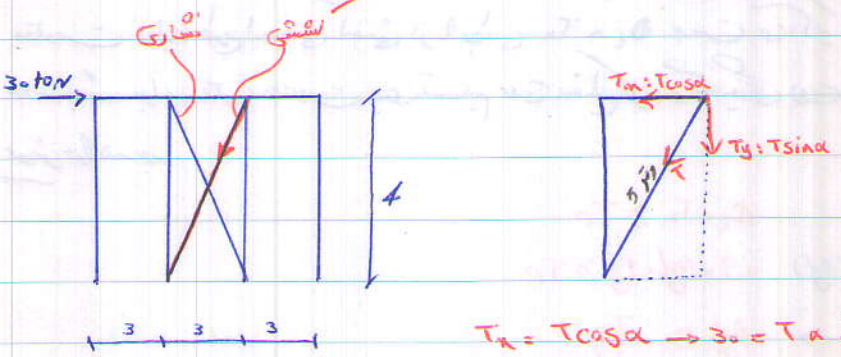
- چکیده:

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 { جهت شرط ← $Ag \geq \frac{T_r}{0.9 \times fy}$
کسستگی ← $Ae \geq \frac{T_r}{0.75 \times fu}$

مثال: مطلوبست طراحی مابین در شکل زیر از مقاطع IPE (فولاد st37) از مقاومت فشاری صرف نظر شود.



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

مورد نیاز:

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

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 ← $0.9 \times Ag \times fy \geq T_r$

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

Date: / / Subject:

حالات بهره برداری:
تغییر شکل - ارتعاش - خوردگی و دوام - مقاومت سازه در مقابل آتش سوزی و همچنین دوام سازه در مقابل عوامل خرنده 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	0.9	فشار محوری
ϕ_v	0.9 = 1	برش
ϕ_b	0.9	لنگر خمشی
ϕ_t	0.75	کشش محوری
ϕ_t	0.9	تسلیم
ϕ_T	0.9	لنگر خمشی

ترکیبات بارگذاری

1/ بارگذاری ثقلی:

① $1.4D$ ~ بار مرده
② $1.25D + 1.5L$

D بار مرده و L بار بهره برداری شامل بار زنده ی طبقات و سربار حاکم بر بام است که عامل زیستی اش بار زنده ی بام یا برف یا باران پیش بینی می شود.

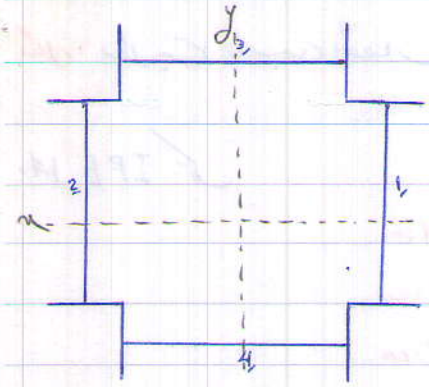
2/ ثقلی و جانبی:

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

↓ بار باد
↓ بار زلزله

Date: / /

Subject:



IPE 140 ۲,۱

IPB 100 ۴,۲

IPE 140	IPB 100
$h = 14$ cm	$h = 10$ cm
$b = 7.3$ cm	$b = 10$ cm
$S = 0.74$ cm	$S = 0.6$ cm
$t = 0.69$ cm	$t = 1$ cm
$G = 12.9$ kg/m	$G = 8.1$ kg/m
$I_x = 541$ cm^4	$I_x = 450$ cm^4
$I_y = 44.9$ cm^4	$I_y = 16.7$ cm^4
$A_y = 164$ cm^2	$A_y = 26$ cm^2

$$(A)\ A = (2 \times 16.4) + (2 \times 26) = 84.8\ cm^2$$

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

$$(I - I_y)\ I = (2 \times 450)_{3,4} + 2\left[44.9 + (16.4)(8.65)^2\right]_{1,2} = 3442\ cm^4$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{89.4}{84.8}} = 10.24\ cm$$

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

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

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

Date: / / Subject: .....

۶) مقاطع نبشی L : کاربرد این مقاطع در ستون ها و در ساخت سکل ها است و به عنوان یک اتصال در اتصالات مفصلی نیز کاربرد دارد.

۷) نیم رخ های سپری : این مقاطع سه بال دارد. در مقاطع فشاری تک آن خوب نیست ولی در مقاطع کششی مناسب است و به عنوان سقف کاذب تیر از آن استفاده می شود.

۸) نیم رخ های قوطی : از خم کردن ورق ها حاصل می شود سپس یک طرف آن درز جوش دارد ؛ در ساختمان ها ۴ طبقه از قوطی های 140 × 140 × 3.5 و در ساختمان های سبک از قوطی های 100 × 100 × 3 به جای ستون ها استفاده می شود.

۹) نیم رخ لوله : این مقاطع I (همان ایپرسی) خاصی ندارند چون بی نهایت محور تقارن دارند این مقاطع برای ستون ها و برای کشش نیز مناسب است.

۱۰) از نوع های دیگر مقاطع می توان نیم رخ های ری، چهارسو، تسمه، نیم رخ میلگرد اشاره کرد.

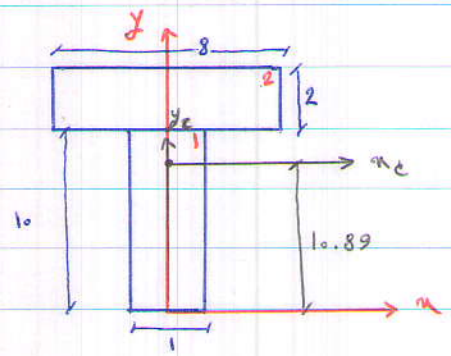
Date: / / Subject:

$$I_{xc} = \left[\left(\frac{8\times3^3}{12}\right)+(8\times3)(5.46)^2\right]_1 + \left[\left(\frac{1\times10^3}{12}\right)+(1\times10)(1.04)^2\right]_2 +$$

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

$$I_{yc} = \left[\left(\frac{3\times8^3}{12}\right)+(8\times3)(0.16)^2\right]_1 + \left[\left(\frac{10\times1^3}{12}\right)+(1\times10)(0.16)^2\right]_2 +$$

$$\left[\left(\frac{2\times6^3}{12}\right)+(6\times2)(0.16)^2\right]_3 + \left[\left(\frac{2\times2^3}{12}\right)+(2\times2)(1.84)^2\right]_4 = 18,88544$$



* شکل متقارن است. $\bar{x}=0$

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

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

$$I_{yc} = \left[\left(\frac{10\times1^3}{12}\right)+(1\times1)(0)^2\right]_1 + \left[\left(\frac{2\times8^3}{12}\right)+(2\times8)(0)^2\right]_2 =$$

Date: / / Subject:

- مشخصه های اصلی فولاد

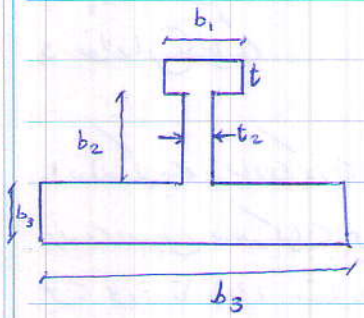
شکل پذیر بودن - تقریبا یکی بودن مقاومت فشاری و کششی فولاد -
فراوانی معادن سنگ آهن - مقاومت زیاد بالا.

- کاربرد سازه های فولادی

۱ سازه های پوسته ای (گنبد) ۲ سازه های ماشینی شده ۳ سازه های معلق

- مروری بر دانستنی های قبلی

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.

$$\bar{x} = \frac{\sum m_i A_i}{\sum A_i}$$ 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)

$$Q_x = A_n \bar{y}$$
$$Q_y = A_n \bar{x}$$

Date: / /

Subject: .....