

جزوه طراحی سازه های فولادی ۱

به روش LRFD

دکتر پیام اشتیری

دانشگاه نرنگان

نویسندگی شده توسط: مهندس مجتبی باجلان

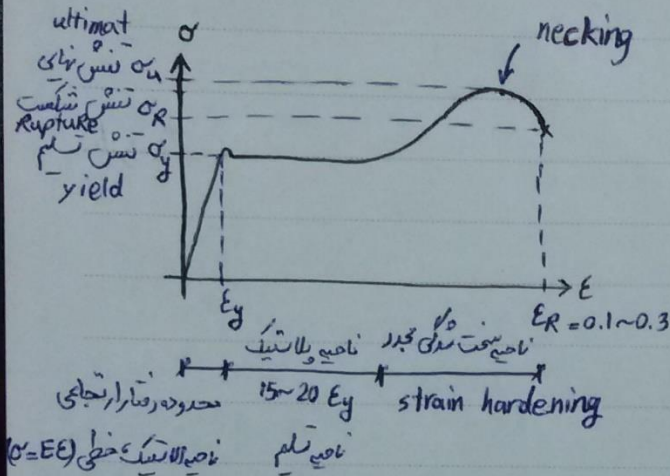
www.30vilznu.iR

Subject « سازه های فولادی 1 »
Year . Month . Date 1

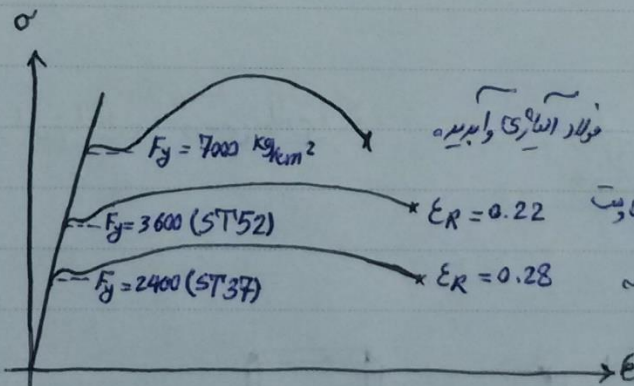
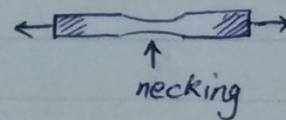
بخش ۱ - فولاد و خواص آن

فولاد : نرم و شکل پذیر

۱- مشخصات مکانیکی فولاد :



نسبت پواسون $\nu = 0.3$
ضریب انبساط حراری $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ C$



معمولاً در سازه های بلند ← فولاد نرم و مقاوم
معمولاً در سازه های کوتاه و معمولی ← فولاد نرم

انواع فولاد آرماتور:

	AI	AII	AIII
F_y	2400 kg/cm ²	3000	4000

$F_u = 3700$ kg/cm² $F_u = 5200$ kg/cm²
ST 37 ST 52

اصلي نرم

پرومیتها :

ST E 690 ST E 460 ST 44 ST 50 ST 34

Subject:

Year:

Month:

Date:

2

سج A 307

$$F_u = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

سج A 325

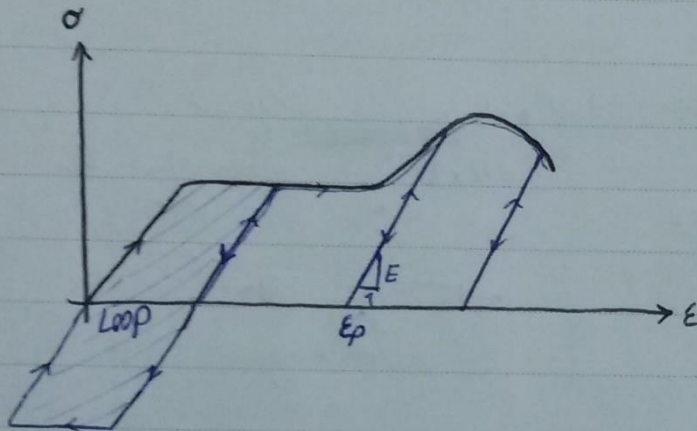
$$F_u = 7250 \text{ kg/cm}^2 ; \phi > 25 \text{ mm}$$

$$F_u = 8000 \text{ kg/cm}^2 ; \phi \leq 25 \text{ mm}$$

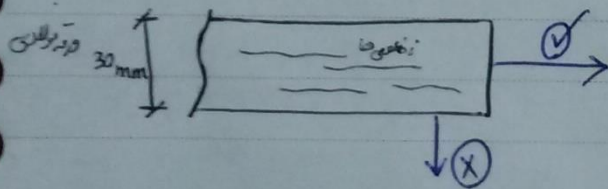
فولادهای بیج ها:

سج A 490

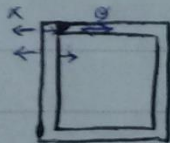
$$F_u = 10000 \text{ kg/cm}^2$$



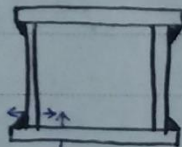
بار برداری:



نوع دایک های لایه ای ورقه ای فولادی و



(X)



(X)



(✓)

روش های مختلف طراحی سازه های فولادی:

هدف طراحی سازه ای ایمنی و اقتصادی و امکان بروردی مناسب می باشد.

Subject:

Year: Month: Day: (3)

$$S > L$$

Load & Resistance Factored Design

Limit State Design

$$\phi S > L$$

LRFD

محدودیت حالت حاد
محدودیت تنش
 $M_u = \phi M_n$

$$\frac{\phi}{\gamma} S > L$$

WSD

محدودیت تنش
محدودیت تنش بحرانی
 $M_u = S F_y$

تخلیه پلاستیسیته به روش طرح پلاستیک

و بخش ۱

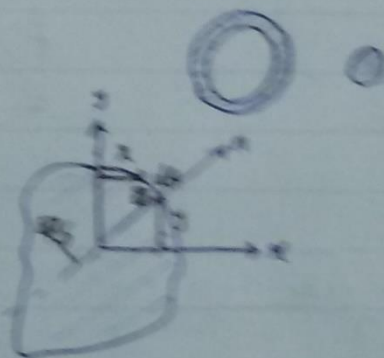
نسبت خاصیت منطوع:

۱. منطوع منطوع

$$I_{xx} = \int_A x^2 dA$$

$$I_{yy} = \int_A y^2 dA$$

$$I_{xy} = \int_A xy dA$$

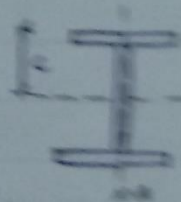


$$I_{yy} = \int_A y^2 dA$$



$$I = I_c + A d^2$$

$$\int_A x^2 dA$$



۳. کوپسی

$$S = \frac{I}{c}$$

۴. منطوع منطوع

$$\text{shape factor} = k = \frac{S}{S_x} \Rightarrow Z = k S \quad : k = 1.1 - 1.15$$

Subject :

Year :

Month :

Date :

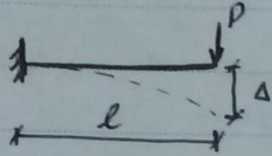
4

مقاومت - حد انشرد قابل تحمل

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{M}{S}$$

$$M_y = S \cdot \sigma_y \Rightarrow m_{max} = S \cdot \sigma_{max}$$

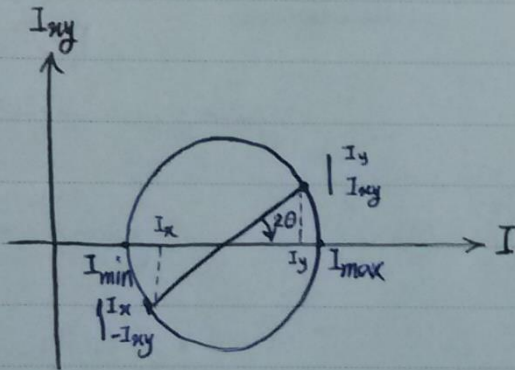
$$M_p = Z \cdot \sigma_y$$



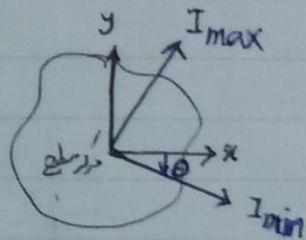
$$\Delta = \frac{Pl^3}{3EI} \Rightarrow P = \frac{3EI}{l^3} \cdot \Delta \rightarrow K = \frac{3EI}{l^3}$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \rightarrow I = Ar^2$$

5. شعاع گيراسون :



6. محاسبه اينرسی حداقل وحد انشرد محورهای اصلی :



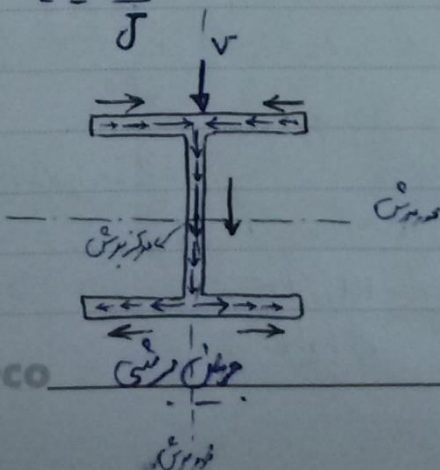
$$I_{max} = \frac{I_x + I_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2}$$

$$\tan 2\theta = \frac{-2 I_{xy}}{I_x - I_y}$$

$$J = I_p = I_o = I_x + I_y$$

7. محاسبه اينرسی قطبي :

$$\tau = \frac{Tc}{J}$$

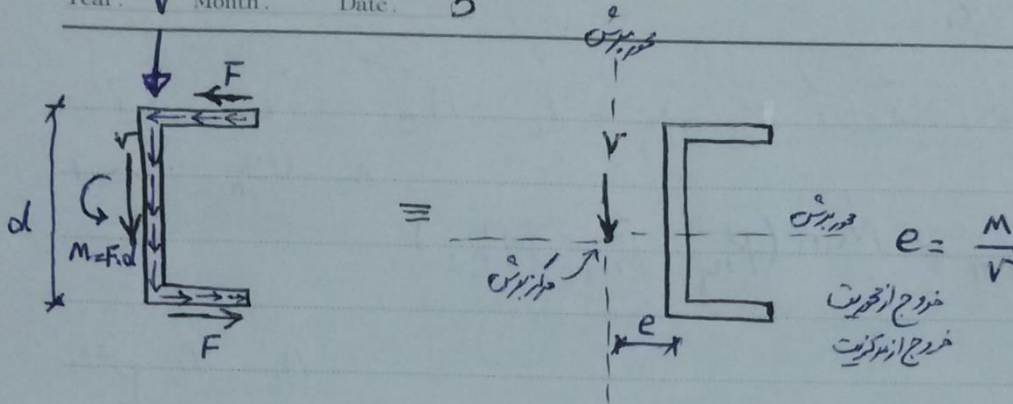


$$\tau = \frac{VQ}{It}$$

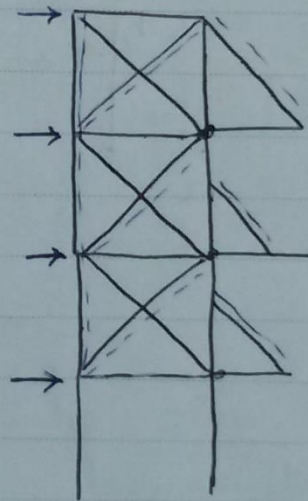
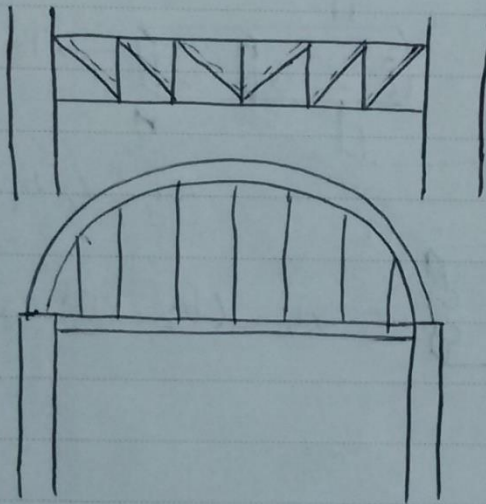
8. محاسبه اينرسی و محاسبه اينرسی :

Subject,

Year, V Month, Date, 5



« بخش ۳ - طراحی اعضای بار محوری »



بار محوری کششی :

طراحی عضو کششی بر اساس معیار مقاومت :

طبق بند ۴-۳-۲-۱۰

در نقاط وسط و نقاط اتصال به تکیه گاه ها طراحی باید شود.

$$P_u = \phi_t P_n = \text{مقاومت کششی طراحی}$$

گسل تسلیم کششی در مقطع کلی عضو (الف) : $P_{n1} = F_y \cdot A_g$, $\phi_t = 0.9$

گسل تسلیم کششی در مقطع خاص عضو (ب) : $P_{n2} = F_u \cdot A_n$, $\phi_t = 0.75$

$\Rightarrow P_n = \min(P_{n_1}, P_{n_2}, P_{n_3})$ $A_e = UA_n : U \leq 1$

Fig. 1.1

A hand-drawn diagram of a lap joint. Two rectangular plates are overlapped. The top plate has three circular holes. A diagonal line across the overlap is labeled 'خط جوش' (weld line). Arrows labeled 'T' indicate tensile force applied to the ends of the plates.

Diagram of a rectangular channel with a central vertical partition. The left side has a water depth of 5 and a velocity of V . The right side has a water depth of 2 and a velocity of T . The partition has a height of 2. The flow is from left to right.

مسیرهای مستقیم = ۱-۳-۵-۷، ۲-۴-۶-۸
مسیرهای غیرمستقیم = ۱-۳-۴-۵-۷، ۱-۳-۴-۵-۶-۸
، ۲-۴-۵-۶-۸، ...

Subject :

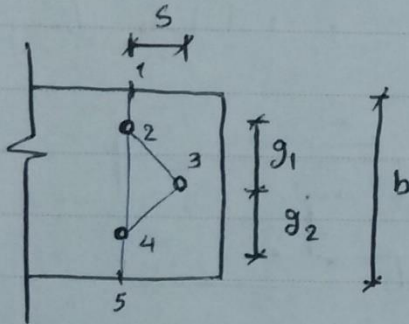
Year . Month . Date . 7

$$+ \frac{s^2}{4g} = \text{میزان افزايش طول مسیر با افزايش مسير قائم}$$

$$+ \frac{s^2}{4g} t = \text{میزان افزايش سطح مسیر با افزايش مسير قائم}$$

s : فاصله ي طولی سوراخ ها در امتداد محور کششی

g : فاصله عرضی سوراخ ها عمود بر محور کششی



$$1-2-4-5 \text{ طول خالص مسیر} = b - 2D$$

$$1-2-3-4-5 \text{ طول خالص مسیر} = b - 3D + \frac{s^2}{4g_1} + \frac{s^2}{4g_2}$$

D = قطر همگی سوراخ ها

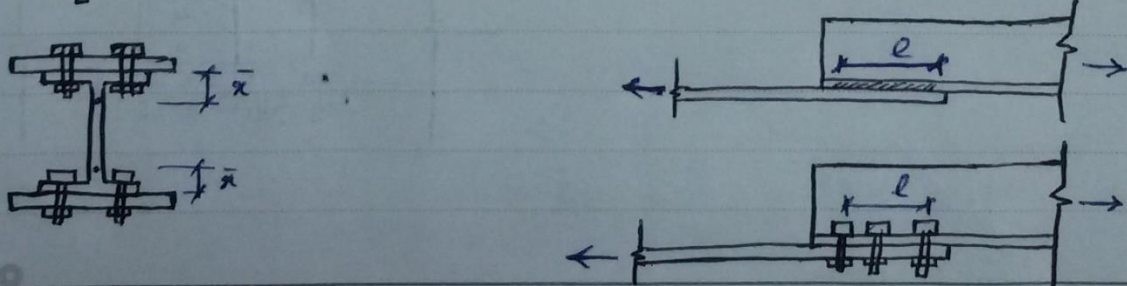
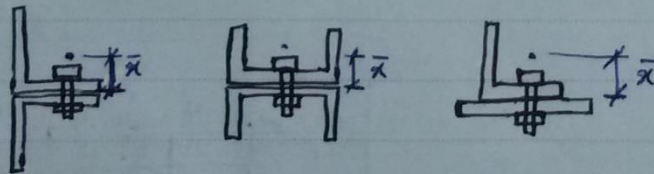
$$D_h = \overbrace{D_b}^{= 2mm} + \text{اثر ترک شعاعی پانچ} + \text{لقی} \quad \text{نمر ۱۰-۳-۲-ب-۱} :$$

قطر سوراخ بیج

جدول ۱۰-۲-۹-۸ ← ابعاد اسمی سوراخ بیج

محاسبه سطح مقطع موثر (A_e) :

به علت زدن هم اعضا



Subject :

Year :

Month :

Date :

8

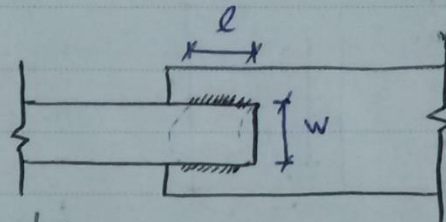
۹
در اتصالات جوشی : $A_e = U \cdot A_n = U \cdot A_g$

ضریب کاهش برش
۹
۵
L : طول اتصال در اتصالات جوشی
۹
۵
۹ : حاصل مرکز ثقل سطح مقطع برش از سطح اتصال

۹-۹
در اتصالات پیچی : $A_e = U A_n$

طبق جدول ۱-۳-۲-۱۰ :

$l = w \rightarrow 1.5w \rightarrow 2w \rightarrow (l \leq w)$
U = 0.75 0.87 1.0



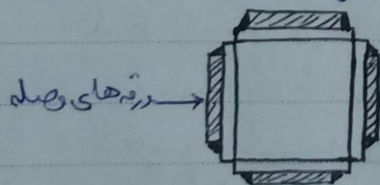
حالت ۴

۹
۵
U = 1 $\Rightarrow$ If $l, w \Rightarrow$ در طول و عرض برابر باشد

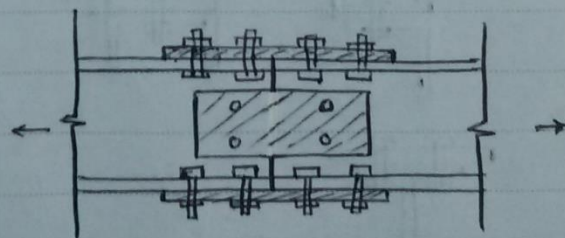
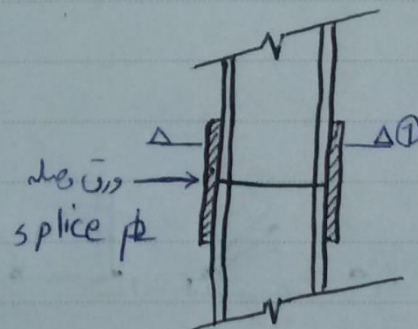
تصوره بند ۱-۳-۲-۱۰ :

$A_e = A_n \leq 0.85 A_g$
 $A_e = \min(A_n, 0.85 A_g)$

در ورقه های وصله های پیچی در اعضای کششی



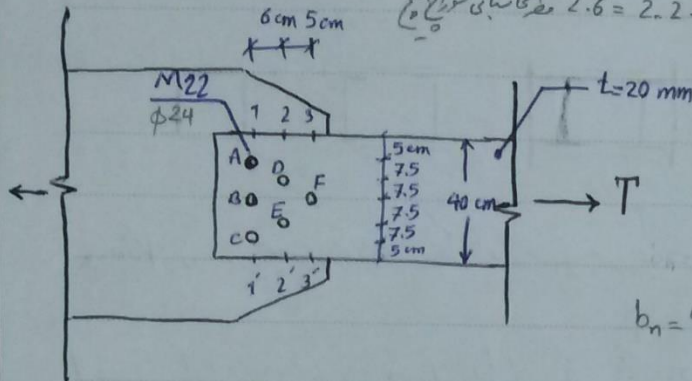
در ورقه های وصله



Subject :

Year : Month : Date : 9

* مطلوب است سطح مقطع خالص بحرانی عضو کششی سمت راست در شکل زیر ؟



$$b_n = 40 - 3 \times 2.6 = 32.2 \text{ cm} : \text{ABCI} \quad \text{میر 1}$$

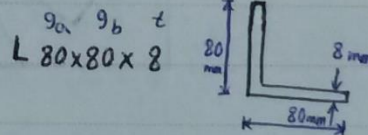
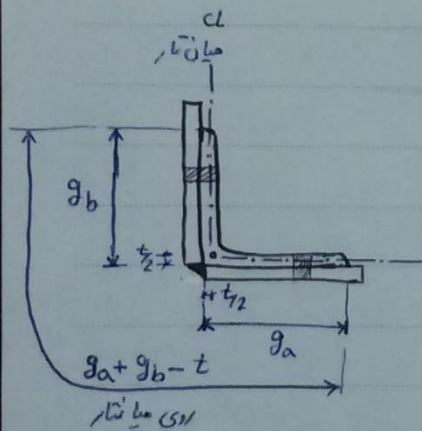
$$b_n = 40 - 4 \times 2.6 + 2 \left[\frac{6^2}{4 \times 7.5} \right] = 32 \text{ cm} : \text{ABECI} \quad \text{میر 2}$$

$$: \text{ADBECI} \quad \text{میر 3}$$

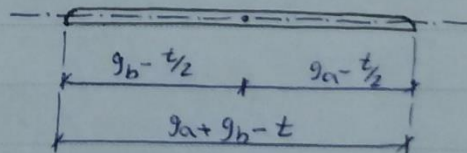
$$b_n = 40 - 5 \times 2.6 + 4 \left[\frac{6^2}{4 \times 7.5} \right] = 31.8 \text{ cm}$$

$$b_n = 40 - 5 \times 2.6 + 2 \left[\frac{6^2}{4 \times 7.5} \right] + 2 \left[\frac{5^2}{4 \times 7.5} \right] = 31.06 \text{ cm} : \text{ADFECI} \quad \text{میر 4}$$

$$b_n = \text{Min } b_n = 31.06 \text{ cm}$$

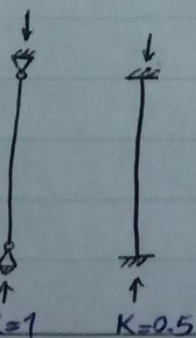


سطح مقطع نبشی ها :



لاغری حاصل :

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



$$\lambda \leq 200 : \text{داعضای فشاری}$$

$$\lambda \leq 300 : \text{داعضای کششی}$$

PAPCO K=1 K=0.5

Subject :

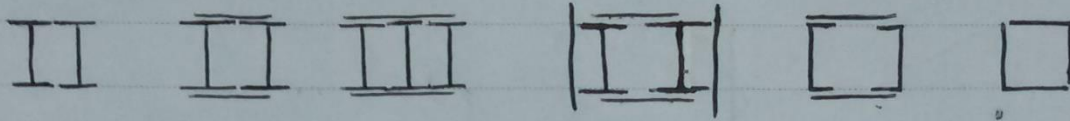
Year :

Month :

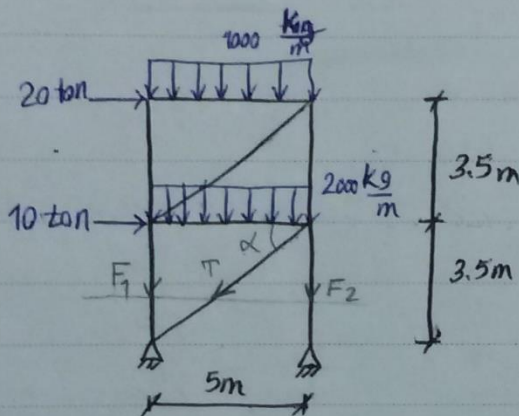
Date :

10

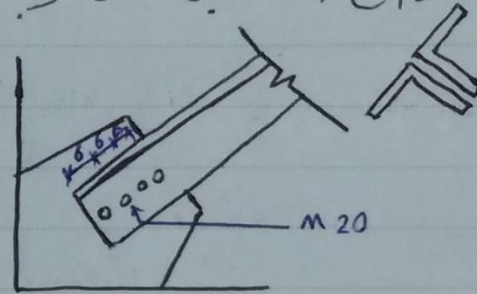
اعضای کسشی سازه شده از نیروهای مرکب :



* شکل روبرو نشان دهنده یک ساختمان دو طبقه با بارهای قطری می باشد. عضو باربندی طبقه



اول از نیروی رنج کششی رویل طراحی کنید؟ (ST37)



$$V = 20 + 10 = 30 \text{ ton} \quad T \cos \alpha = V \Rightarrow T \frac{5}{\sqrt{5^2 + 3.5^2}} = 30 \Rightarrow T = 36.62 \text{ ton}$$

ضرب در 1 (ضریب رزل)

$$\begin{cases} 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S \\ 0.9D + 1.0E \end{cases}$$

$$A_g = 19.2 \text{ cm}^2 \quad \text{فصل 2 L 10x10x1}$$

$$A_n = A_g - D_h t = 19.2 - (2 + 0.2 + 0.2) \times 1 = 16.8 \text{ cm}^2$$

$$A_e = U A_n = 0.843 \times 16.8 = 14.17 \text{ cm}^2 \quad U = 1 - \frac{\bar{u}}{L} = 1 - \frac{2.82}{18} = 0.843$$

$$P_{t1} = \phi_t P_{n1} = \phi_t F_y A_g = 0.9 \times 2400 \times 19.2 = 41.47 \text{ ton}$$

$$P_{t2} = \phi_t P_{n2} = \phi_t F_u A_e = 0.75 \times 3700 \times 14.17 = 39.32 \text{ ton}$$

$$\Rightarrow P_t = 2 \min (41.47, 39.32) = 39.32 \text{ ton} >> 36.62 \text{ ton}$$

استان می کشیم: 2 L 3x8x0.8

P4PCO

Subject:

Year

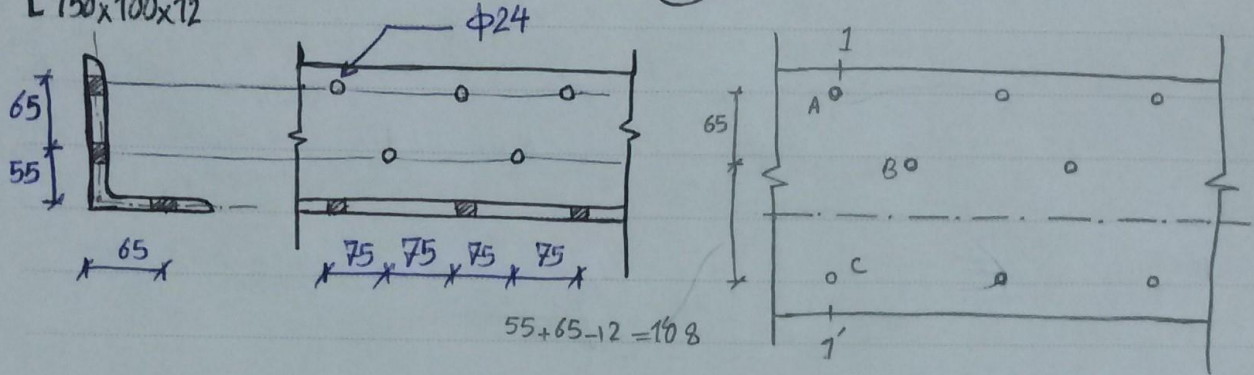
Month

Date

11

* برای نبشی نشان داده شده در شکل سطح مقطع خالص بحرانی را محاسبه کنید؟ (سوراخکاری با نبش)

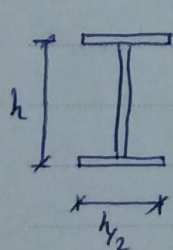
L 150x100x12



مسیر ۱ AC : $A_n = 28.7 - 2 \times 2.4 \times 1.2 = 22.94 \text{ cm}^2$

مسیر ۱ ABC : $A_n = 28.7 - 3 \times 2.4 \times 1.2 + 1.2 \left[\frac{7.5^2}{4 \times 10.8} + \frac{7.5^2}{4 \times 6.5} \right] = 24.22 \text{ cm}^2$

بحرانی $A_n = 22.94 \text{ cm}^2$

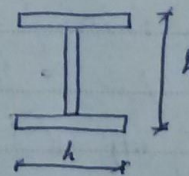


IPE , INP , IPB

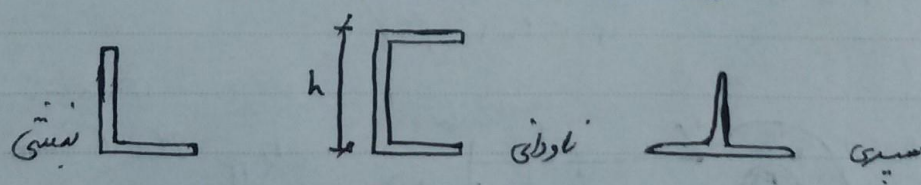
تیر

ستون

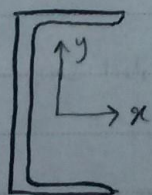
(بال بین)



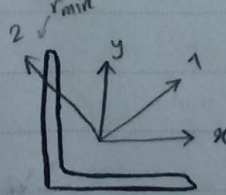
جفت استیل :



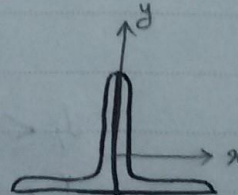
* مطابق با تعیین حد اکثر طول ازاد اعضای کششی ساخته شده از نیم رخ های روبه رو؟



UNP 300



L 120x120x12



2L 150x100x10

Subject :

Year :

Month :

Date :

12

$$\lambda \leq 300 \Rightarrow \lambda_{max} = 300$$

$$UNP\ 300 \rightarrow r_{min} = \min(r_x, r_y) = \min(11.7, 2.9) = 2.9\text{ cm}$$

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_{max} = 300 \Rightarrow L_{max} = 300 r_{min} = 300 \times 2.9 = \underline{870\text{ cm}}$$

$$L\ 120 \times 120 \times 12 \rightarrow L_{max} = 300 r_{min} = 300 \times 2.35 = \underline{705\text{ cm}}$$

$$2L\ 150 \times 100 \times 10 \rightarrow r_x = 4.78\text{ cm}, I_y = 2(198 + 24.2 \times 2.34^2) = 661\text{ cm}^4$$

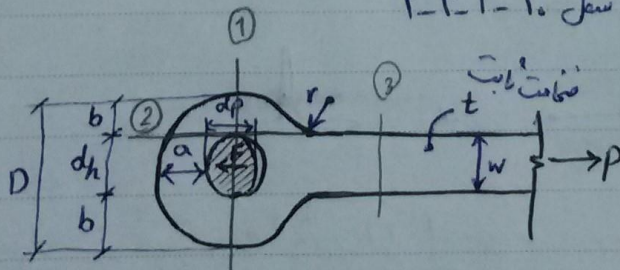
$$A = 24.2 \times 2 = 48.4\text{ cm}^2$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{661}{48.4}} = 3.7\text{ cm} \Rightarrow L_{max} = 300 r_{min} = 300 \times 3.7 = \underline{1110\text{ cm}}$$

مقاومت کششی اعضای کششی با تسمه لولاشده با جار مغزی / با تسمه سرپین :

نیز : ۱۰-۳-۲-۹ و ۱۰-۳-۲-۷ این نامه مطالعه شود.

مقاومت کششی :
 ① $\phi_t = 0.75, P_n = F_u (2L t_{eff})$ سطح مقطع موثر خالص
 ② $\phi_t = 0.75, P_n = 0.6 F_u A_{sp}$ سطح مقطع موثر خالص
 ③ $\phi_t = 0.9, P_n = F_y A_g = F_y (wt)$ تسام در سطح مقطع کلی
 بند : ۱۰-۳-۲-۱۰ : بند : ۱۰-۳-۲-۱۰ : بند : ۱۰-۳-۲-۱۰ :
 شکل : ۱۰-۳-۲-۱۰



رابطه : ۱۰-۳-۲-۱۵ :

$$b_{eff} = 2t + 16\text{ mm} \leq b$$

رابطه : ۱۰-۳-۲-۱۴ :

$$A_{sp} = 2t \left(a + \frac{d_p}{2} \right)$$

محدودیت ابزاری :

$$t \geq 12\text{ mm}$$

$$w \leq 8t$$

$$d_p \geq \frac{7}{8} w$$

$$d_h \leq d_p + 1\text{ mm}$$

$$r \geq D$$

$$\alpha = b$$

$$\frac{2}{3} w \leq b \leq \frac{3}{4} w$$

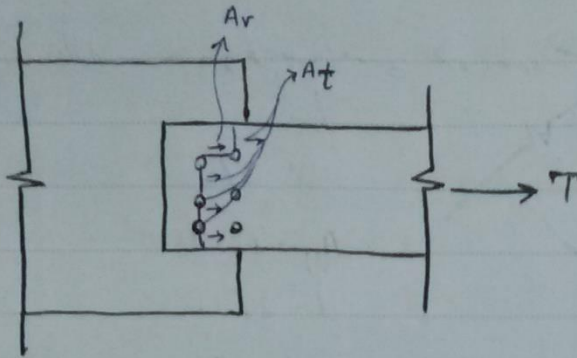
Subject :

Year :

Month :

Date :

13



گسختگی قالبی :

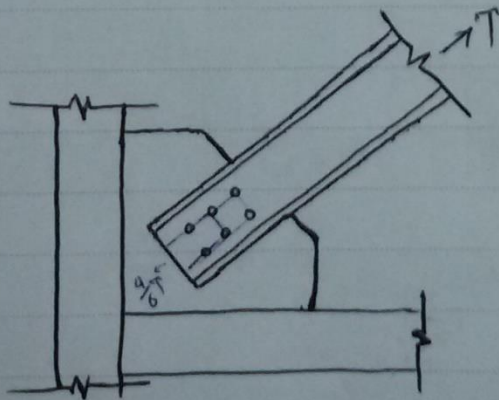
$$R_u = \phi R_n$$

ایلمن ۱-۲-۹-۱۴ : توزیع نیروی
توزیع غیر یکنواخت ۰.۵ → ۱.۰
توزیع یکنواخت در مقطع

$$\phi = 0.75, R_n = 0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} \cdot F_u A_{nt} \leq 0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

$$R_n = R_{nv} + R_{nt} : \begin{cases} R_{nv} = \min \begin{cases} 0.6 F_u A_{nv} \\ 0.6 F_y A_{gv} \end{cases} \\ R_{nt} = U_{bs} \cdot F_u A_{nt} \end{cases}$$

$$T_u = \min (\phi_t P_{n1}, \phi_t P_{n2}, \phi_t P_{n3}, \phi R_n) = \min (P_{u1}, P_{u2}, P_{u3}, R_u)$$



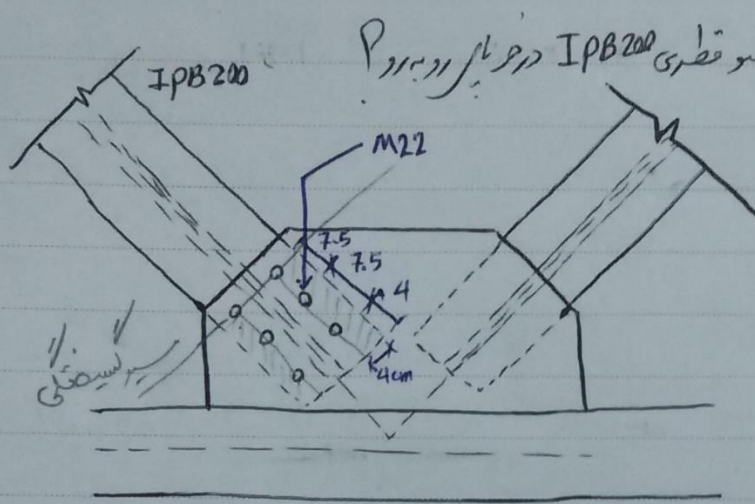
Subject :

Year :

Month :

Date :

14



exp. مطلوبت مابین ظرفیت کششی عضو قطری IPB 200 در برابر زلزله

ST 37

$$A_g = 78.1 \text{ cm}^2$$

$$d = 20 \text{ cm}$$

$$b_f = 20 \text{ cm}$$

$$t_f = 1.5 \text{ cm}$$

$$t_w = 0.9 \text{ cm}$$

$$T_u = \min(P_{u1}, P_{u3}, R_u) = \min(\phi_t P_{n1}, \phi_t P_{n3}, \phi R_u)$$

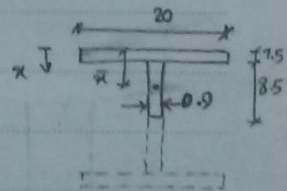
$$P_{n1} = F_y \cdot A_g = 2400 \times 78.1 \times 10^{-3} = 187.4 \text{ ton} \rightarrow P_{u1} = \phi_t P_{n1} = 0.9 \times 187.4 = 168.7 \text{ ton}$$

$$P_{n3} = F_u \cdot A_e = 3700 \times 55.12 = 203.96 \text{ ton} : A_n = 78.1 - 4(2.2 + 0.2 + 0.2) \times 1.5 = 62.5 \text{ cm}^2$$

$$P_{u3} = \phi P_{n3} = 0.75 \times 203.96 = 153 \text{ ton}$$

$$A_e = U A_n : U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} : \bar{x} = \frac{\sum A_i \bar{x}_i}{\sum A_i} = \frac{8.5 \times 0.9 \times 5.75 + (20 \times 1.5) \times 0.75}{8.5 \times 0.9 + 20 \times 1.5} = 1.77 \text{ cm}$$

$$U = 1 - \frac{1.77}{2 \times 7.5} = 0.882 \Rightarrow A_e = 0.882 \times 62.5 = 55.12 \text{ cm}^2$$



$$A_{nv} = 4 \times 1.5 \times (7.5 + 7.5 + 4 - 2.5 \times 2.6) = 75 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = 4 \times 1.5 \times (4 - 0.5 \times 2.6) = 16.2 \text{ cm}^2$$

$$A_{gv} = 4 \times 1.5 \times (7.5 + 7.5 + 4) = 114 \text{ cm}^2$$

$$R_n = R_{nv} + R_{nt} : R_{nv} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.6 F_u A_{nv} = 0.6 \times 3700 \times \frac{75}{1000} = 166.5 \text{ ton} \\ 0.6 F_y A_{gv} = 0.6 \times 2400 \times \frac{114}{1000} = 164.2 \text{ ton} \end{array} \right.$$

$$R_{nt} = U_b F_u A_{nt} = 1.0 \times 3700 \times 16.2 \times 10^{-3} = 59.9 \text{ ton} : R_n = 164.2 + 59.9 = 224.1 \text{ ton}$$

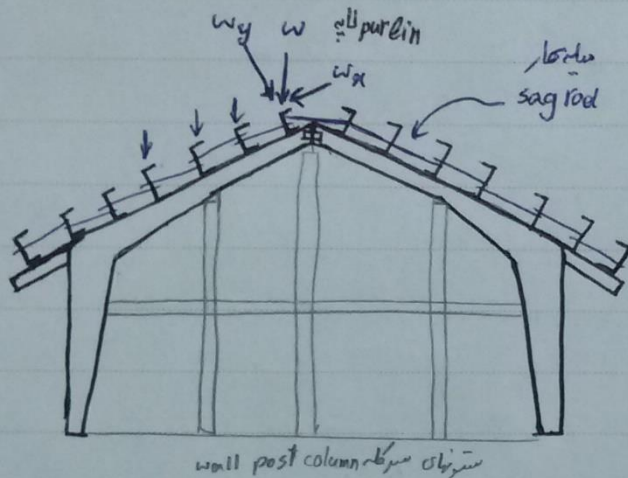
$$R_u = \phi R_n = 0.75 \times 224.1 = 168.1 \text{ ton}$$

P4PCO

Subject :

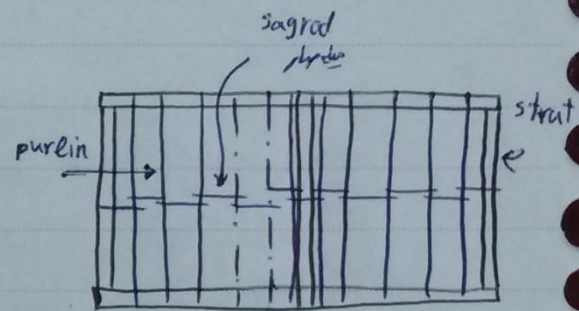
Year : Month : Date : 15

$$T_u = \min (P_{u1}, P_{u3}, R_u) = \min (168.7^t, 153^t, 168.1^t) = 153 \text{ ton}$$



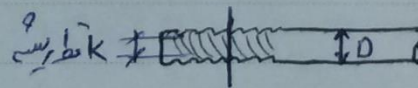
Frame elevation

طراحی میل چهارها (میل چهارها):



طرح سقف

$$K < D < \text{قطر موثر}$$



$$\text{قطر موثر} \approx \begin{cases} D-3 \text{ mm} & \text{میلگرد ساده} \\ D-4 \text{ mm} & \text{میلگرد آجدار} \end{cases}$$

$$A_{nb} = \text{سطح مقطع اسمی قطعه درنده شده} \quad \text{بند ۱۰-۲-۹-۳} :$$

$$F_{nt} = 0.75 F_u \Rightarrow T_n = F_{nt} A_b \Rightarrow T_u = \phi T_n \quad ; \quad \phi = 0.75$$

exp. مطلوبست طراحی میل چهارهای لایه های بام سوله با فاصله فرم های برابر 7.2m و نصب میل چهارها در

فاصله 3 دهانه بین فرم ها؟ بار برف برابر $100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ سطح افقی می باشد.

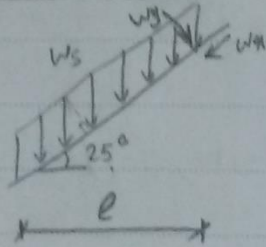
نورد میل چهار: ST37 / طول شیب طرف = 7.5m / شیب سقف = 25°

جروه طراحی سازه های فولادی ۱- دکتر پیام اشتري نوپردازی شده توسط مهندس مجتبی باجلان - دانشگاه نریجان

Subject:

Year:

$$Midspan = 100 \text{ kg/m}^2 \quad 16$$



$$w_{s_0} = \frac{P}{l \times 1}$$

$$w_s = \frac{P}{\frac{l}{\cos \alpha} \times 1} = w_{s_0} \cos \alpha = 100 \times \cos 25^\circ = 90 \text{ kg/m}^2$$

20 kg/m² : وزن سیم سازه + وزن سیم سازه
 17 kg/m² : وزن لایه ها
 90 kg/m² : بار برف
 $w_D + S = 127 \text{ kg/m}^2$ (بر سطح سب)

$$w_x = \begin{cases} w_s \sin \alpha = 90 \sin 25^\circ = 38 \text{ kg/m}^2 \\ w_D \sin \alpha = 37 \sin 25^\circ = 15.6 \text{ kg/m}^2 \end{cases}$$

$$w_y = w_D \cos \alpha$$

$$1.2 D + 1.6 L$$

ترکیب بار : در محدوده مهار برفی

$$T_D = \frac{7.2}{3} \times 7.5 \times 15.6 = 281 \text{ kg}, \quad T_S = \frac{7.2}{3} \times 7.5 \times 38 = 684 \text{ kg}$$

$$T_{u \text{ req.}} = 1.2 \times 281 + 1.6 \times 684 = 1432 \text{ kg}$$

$$A_\phi \geq \frac{T_{u \text{ req.}}}{\phi F_t} = \frac{1432}{0.75 \times 0.75 \times 3700} = 0.516 \text{ cm}^2$$

$$A_{\phi 8} = 0.5 \text{ cm}^2 < 0.516 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{Use } \phi 10 : A = 0.785 \text{ cm}^2$$

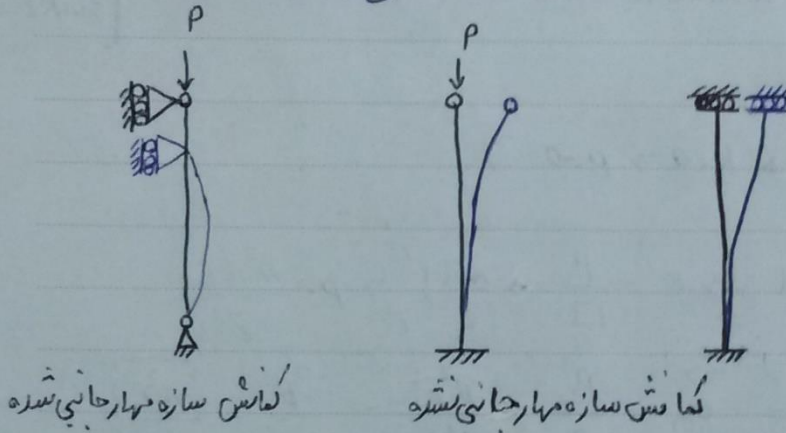
Subject :

Year : Month : Date :

17

بخش ۱ - طراحی اعضای فشاری (ستون ها)

✓ پدیده کمانش رفتار مشابه مصالح در شکننده دارد که به صورت ناگهانی رخ می دهد.

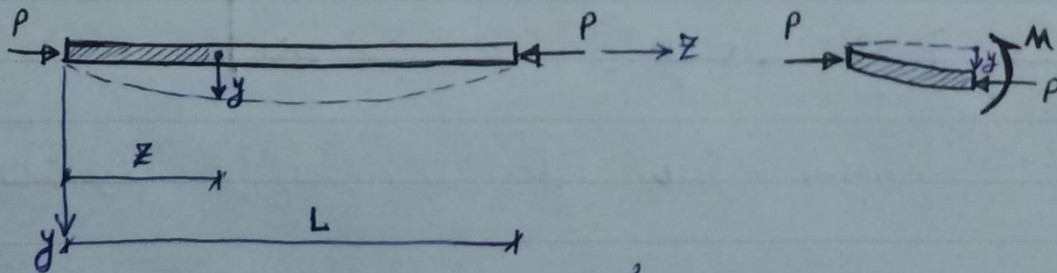


✓ اعضای در فشار :

- ۱- پدیده کمانش
- ۲- تسلیم یا کشش خلی عضو
- ۳- پدیده کمانش غیرارجایی

له عضو لاغر - له عضو چاق - له عضو پهن

نظریه کمانش اولیه:



$$y'' = \frac{M}{EI}, \quad M_z = P \cdot y \quad \xrightarrow{\frac{d^2 y}{dz^2} = -\frac{M_z}{EI}} \quad \frac{d^2 y}{dz^2} = \frac{-Py}{EI}$$

$$k^2 = \frac{P}{EI} \rightarrow \frac{d^2 y}{dz^2} = -k^2 y \rightarrow \frac{d^2 y}{dz^2} + k^2 y = 0 \rightarrow$$

$$y = A \sin kz + B \cos kz$$

Subject :

Year :

Month :

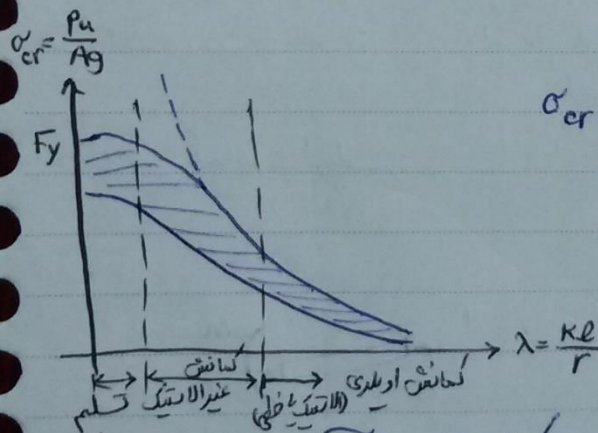
Date :

18

$$\begin{aligned} \text{شرایط مرزی} \left\{ \begin{array}{l} \left[\begin{array}{l} z=0 \\ y=0 \end{array} \right] \rightarrow 0=B \\ \left[\begin{array}{l} z=l \\ y=0 \end{array} \right] \rightarrow 0=A \sin Kl + B \cos Kl \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} B=0 \\ A \sin Kl = 0 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} A=0 \\ \sin Kl = 0 \end{array} \right. \end{array} \right. \end{aligned}$$

$$\sin Kl = 0 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} Kl = 0 \Rightarrow K = 0 \Rightarrow P = 0 \\ Kl = N\pi \Rightarrow K^2 = \frac{P}{EI} = \left(\frac{N\pi}{l} \right)^2 \Rightarrow P = \frac{N^2 \pi^2 EI}{l^2} \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} N=1 \Rightarrow P_{cr} &= \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad \Rightarrow \quad \sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 EI}{l^2 A} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{l}{r} \right)^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \end{aligned}$$



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

کمانش خفشی

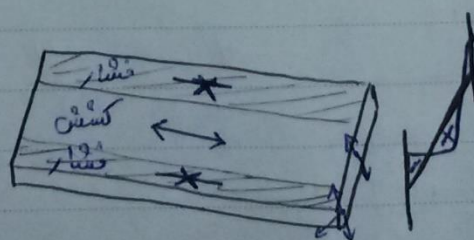
کمانش پلاستیکی

کمانش خفشی-پلاستیکی

انواع کمانش ها
(در فشار)

کمانش موضعی این نوع کمانش در بعضی از مقاطع اعضا ممکن است به وجود آید

تنش های پسماند (Residual stress) :

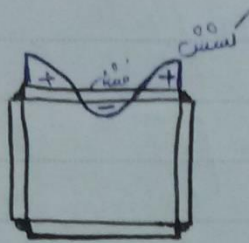
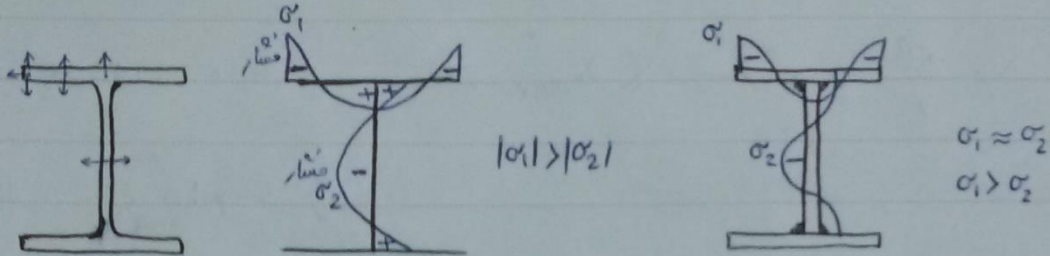


۱- سرد شدن غیر یکنواخت مقطع باعث ایجاد تنش پسماند می شود.

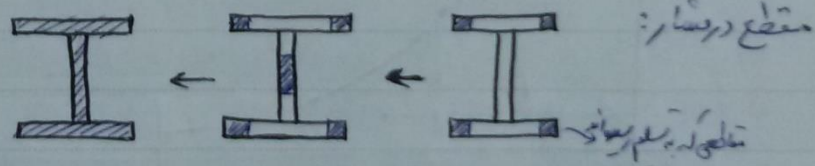
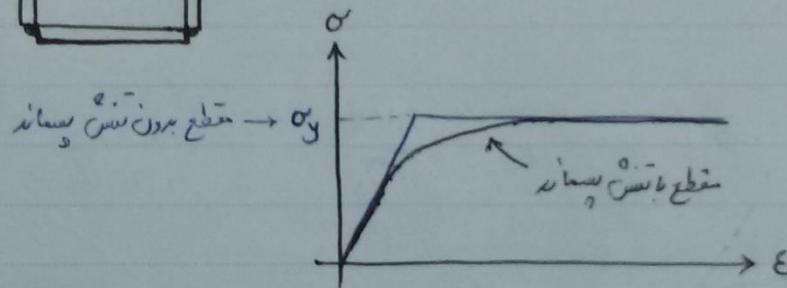
Subject :

Year : Month : Date : 19

۲- خم کار سرد ، ۳- سوراخ کار و برش ، ۴- جوشکاری



تغییرات تنش های پس ماند $0.5 F_y L$ می شوند.



روابط این نامه :

$$P_u = \phi_c P_n \quad : \quad \begin{cases} \phi_c = 0.9 \\ P_n = F_{cr} \cdot A_g \end{cases}$$

مقاومت فشاری اسمی (عابثی) ←

تنش فشاری بحرانی ←

$$F_{cr} = \min \begin{cases} \text{حالت حریف لایتنر خمشی} \\ \text{حالت حریف لایتنر پیچشی} \\ \text{حالت حریف لایتنر خمشی-پیچشی} \end{cases}$$

$$\begin{cases} f: \text{تنش موثر} \\ F: \text{تنش مجاز (میانگین)} \end{cases}$$

حالت های محدودی حاکم بر انواع مقطع

47

جدول ۱-۴-۲-۱۰

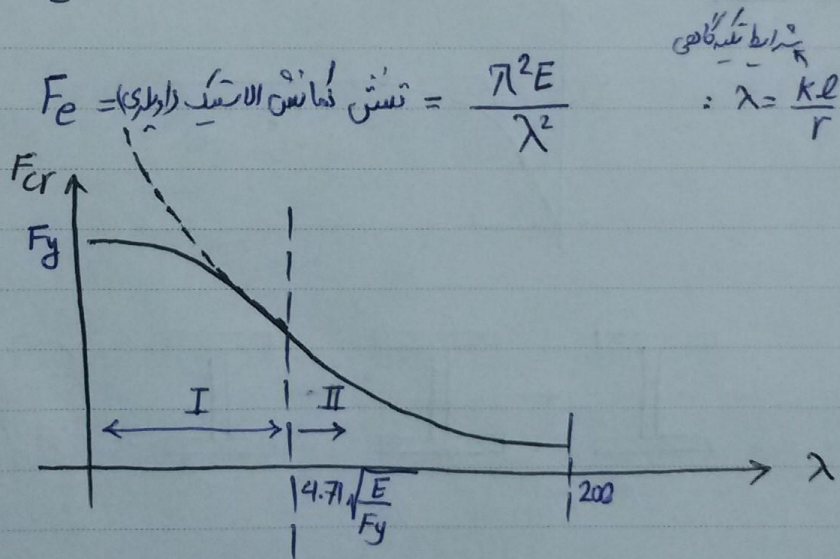
$$\lambda = \frac{KL}{r} = \text{ضرب لاغری} \leq \lambda_{max} = 200$$

بند ۳-۴-۲-۱۰

حالت های کماتنشی خمشی:

$$F_{cr} = \begin{cases} (0.658^{\frac{F_y}{F_e}}) \cdot F_y & : \lambda \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ 0.877 F_e & : \lambda > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \end{cases}$$

I کماتنشی غیر الاستیک :
II کماتنشی الاستیک :



حالت های کماتنشی کششی و خمشی - کششی :

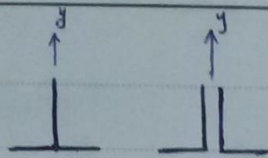
الف) برای مقاطع سیمری ۱ و نبشی جفت ۲ ← کماتنشی خمشی - کششی :

$$F_{cr} = \left(\frac{F_{cr1} + F_{cr2}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 F_{cr1} F_{cr2} H}{(F_{cr1} + F_{cr2})^2}} \right]$$

Subject

(21)

Date



که در آن:

$$F_{cr} = \text{حالت حدی کمانش خمشی حول محور تقارن } y \quad (\lambda = \lambda_y = \left(\frac{K_y L}{r_y}\right))$$

$$\sqrt{x_o^2 + y_o^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g}} = \bar{r}_o \quad \text{نسبت به مرکز برش} \quad \text{نسبت به مرکز برش} \quad \text{نسبت به مرکز برش}$$

محصولات مرکز برش نسبت به مرکز سطح
(برابر بخشی جفت و دیگری : $x_o = 0$)

$$1 - \frac{x_o^2 + y_o^2}{\bar{r}_o^2} = H$$

ب) برای سایر مقاطع :

F_{cr} حالت حدی کمانش خمشی که در آن بر اساس رابطه زیر بدست می آید

$$F_e = \left[\frac{\lambda^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \left(\frac{1}{I_x + I_y} \right) \quad \text{ب- 1) برای مقاطع دارای ۲ محور تقارن} \leftarrow \text{حالت حدی کمانش یحشی}$$

ب- 2) برای مقاطع دارای ۱ محور تقارن $\leftarrow$ حالت حدی کمانش خمشی - یحشی :

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

ب- 3) برای مقاطع نامتقارن $\leftarrow$ حالت حدی کمانش خمشی - یحشی :

$$(F_e - F_{ex})(F_e - F_{ey})(F_e - F_{ez}) - F_e^2(F_e - F_{ey})\left(\frac{x_o}{\bar{r}_o}\right)^2 - F_e^2(F_e - F_{ex})\left(\frac{y_o}{\bar{r}_o}\right)^2 = 0$$

$$\Rightarrow F_e = \text{کوچکترین ریشه ی معادله درجه 3}$$

Subject

Date

(22)

که در روابط فوق :

$$\left. \begin{aligned} & \frac{I_y h_0^2}{4} : \text{مقاطع I شکل با تقارن 2 محوره} : h_0 = \text{فاصله مرکز ثقل به مرکز ثقلها} \\ & C_w = \text{ثابت تابشگی} \\ & 0 : \text{سپری / نبشی صفت} \end{aligned} \right\}$$

K_x, K_y = ضریب طول موثر بدنه کمانش خمشی حول محوره های اصلی x و y :

K_z = ضریب طول موثر بدنه کمانش پیچشی

J = ثابت پیچشی

$$G = \text{مدول الاستیسیته برشی} = \frac{E}{2(1+\nu)} : \text{نقشه } \nu = 0.3 \Leftarrow G = \frac{E}{2.6}$$

r_x, r_y = شعاع راسیون حول محوره های اصلی x و y

همینطور : F_x = تنش کمانش خمشی الاستیک حول محور اصلی x = $\frac{\pi^2 E}{(K_x L / r_x)^2}$

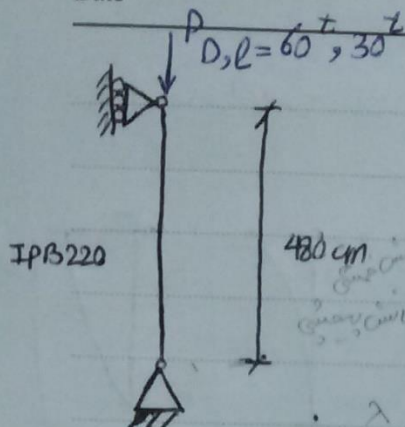
F_y = تنش کمانش خمشی الاستیک حول محور اصلی y = $\frac{\pi^2 E}{(K_y L / r_y)^2}$

F_z = تنش کمانش پیچشی الاستیک = $\left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + G \right] \frac{1}{A_g \bar{r}_0^2}$

exp. مطلوبست کنترل ستون دوسره مفصل روبرو که تحت 60 ton بار مرده و 30 ton بار زنده قرار دارد.

از انتقال جانبی در انتها / ستون جلوگیری شده است. فولاد از نوع ST37 می باشد.

Subject (23)
Date



$$\lambda_{max} = \frac{kL}{r_{min}} = \frac{1 \times 480}{5.59} = 85.9 < 200 \quad o.k.$$

فصل جدول ۱-۲-۳-۴-۵ (مقاطع I شکل باردار و خالی) (مقاطع I شکل باردار و خالی) (مقاطع I شکل باردار و خالی)

$$\lambda \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{2.1 \times 10^6}{2400}} = 139.3$$

$$\Rightarrow F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) \cdot F_y \quad ; \quad F_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 \times 2.1 \times 10^6}{(85.9)^2} = 2808.9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow F_{cr1} = \left[0.658 \frac{2400}{2808.9}\right] \times 2400 = 1678.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e}\right] \cdot F_y \quad ; \quad F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + G\right] \left(\frac{1}{I_x + I_y}\right)$$

$$: C_w = \frac{I_y h_o^2}{4} = 2840 \times \frac{(22-1.6)^2}{4} = 295474 \quad , \quad G = \frac{E}{2.6} = \frac{2.1 \times 10^6}{2.6} = 807692 \text{ kg/cm}^2$$

$$J = I_x + I_y = 8090 + 2840 = 10930 \text{ cm}^4 \quad , \quad K_z = 1$$

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 \times 2.1 \times 10^6 \times 295474}{(1 \times 480)^2} + 807692 \times 10930\right] \left(\frac{1}{10930}\right) = 810123 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow F_{cr2} = \left[0.658 \frac{2400}{810123}\right] \times 2400 = 2397 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow F_{cr} = \min(F_{cr1}, F_{cr2}) = 1678.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow P_n = F_{cr} \cdot A_g = 1678.4 \times 91 = 152734 \text{ kg}$$

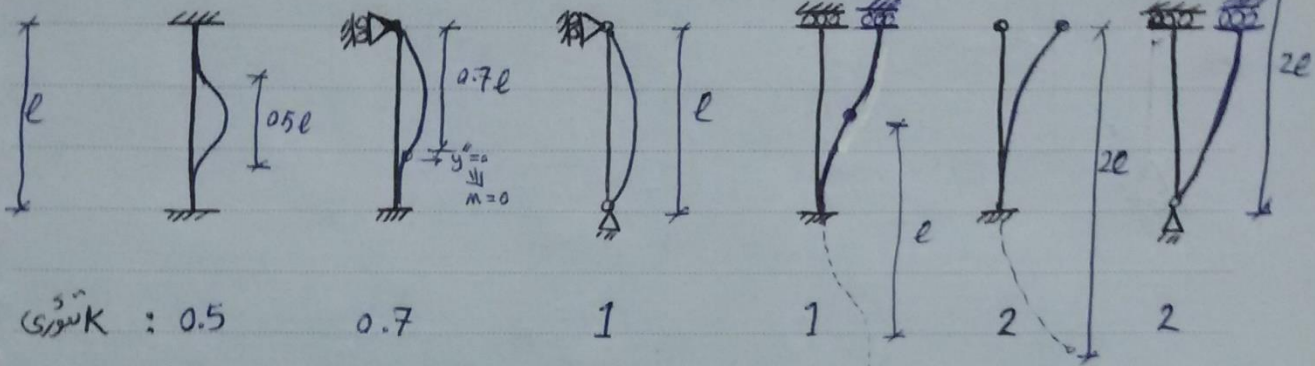
$$\Rightarrow P_u = \phi P_n = 0.9 \times 152734 = 137460 \text{ kg} \approx 137.5 \text{ ton}$$

Subject

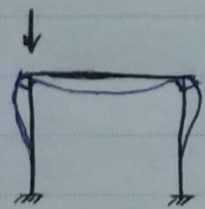
(24)

Date

طول موثر گمانش $(L_e, K L)$: (بررسی تأثیر طبقه ها، مهار جانبی بر فشرده شدن K)

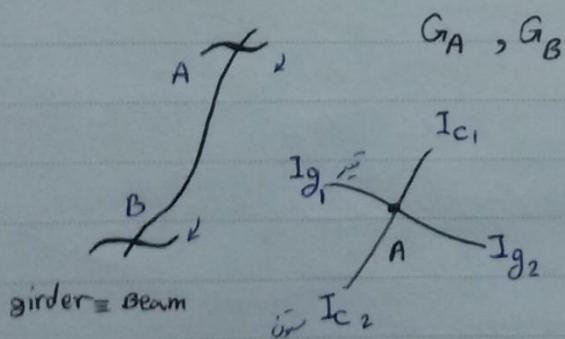


K نسبی شده برای طاق : 0.65 0.8 1.0 1.2 2.1 2.0



در اتصال چلب زاویه عضو ها در گره قبل و پس از اعمال نیرو ثابت است.

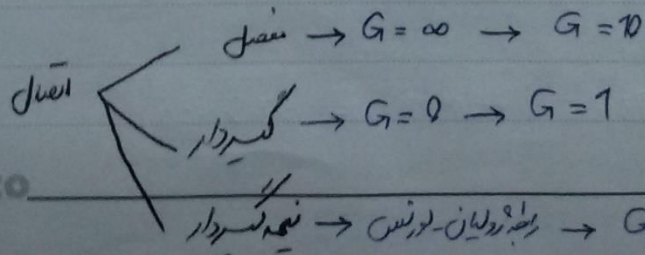
در اتصال گیردار گره ها قبل و پس از اعمال نیرو ثابت می مانند.



مقاومت در برابر - لورنس :
(در قاب ها خفشی - اتصال چلب)

$$G_A = \frac{\sum \frac{I_c}{L_c}}{\sum \frac{I_g}{L_g}}$$

$$G_A = \frac{\frac{I_{c1}}{L_{c1}} + \frac{I_{c2}}{L_{c2}}}{\frac{I_{g1}}{L_{g1}} + \frac{I_{g2}}{L_{g2}}}$$

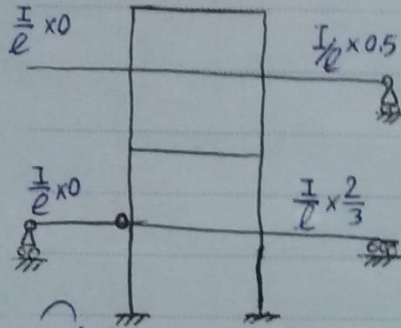


Subject

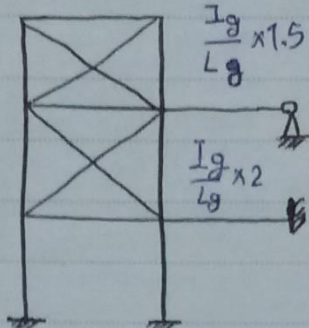
Date

(25)

ضریب اصلاح γ انتهای تیر:



انتقال جانبی قاب (ستون آزاد است)
(مهار جانبی نشده)

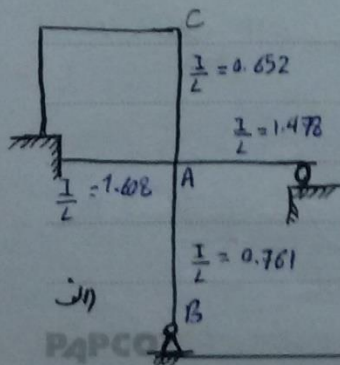


از انتقال جانبی قاب (ستون) جلوگیری شده است.
(مهار جانبی شده)

$$K = \begin{cases} 0.5 \leq \frac{3G_A G_B + 1.4(G_A + G_B) + 0.64}{3G_A G_B + 2(G_A + G_B) + 1.28} < 1 & \Rightarrow K=1 \text{ ستون مهار جانبی شده} \\ \sqrt{\frac{1.6G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7.5}{G_A + G_B + 7.5}} > 1 & \text{ستون مهار جانبی نشده} \end{cases}$$

محاسبه و تعیین مهار شده بودن قاب:

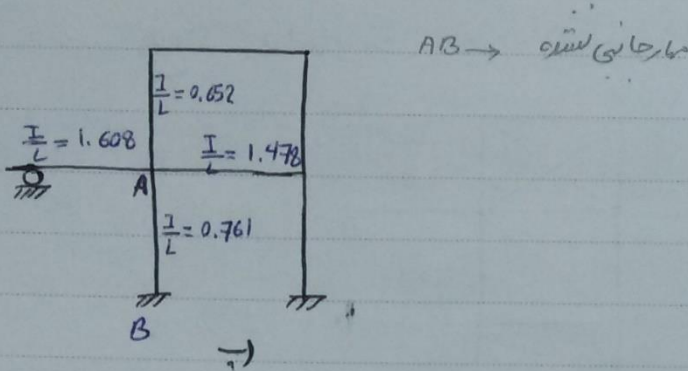
تغییر مکان جانبی نسبت به مرتبه اول $\leq 1.1 \times$ تغییر مکان جانبی نسبت به حد اکثری قبل مرتبه اول



exp. ضریب اصلاح γ انتهای تیر و ب برای ستون AB بدست آورده شود

AB $\rightarrow$ مهار جانبی شده AC $\rightarrow$ مهار جانبی نشده

Subject _____ (26)
Date _____



$$G_A = \frac{0.652 + 0.761}{2 \times 1.608 + 1.5 \times 1.478} = 0.26 \quad G_B = 10 \quad \text{الف)}$$

$$K = \frac{3 G_A G_B + 1.4 (G_A + G_B) + 0.64}{3 (G_A G_B) + 2 (G_A + G_B) + 1.28} = 0.77 < 1$$

$$G_A = \frac{0.652 + 0.761}{0.5 \times 1.608 + 1.478} \quad G_B = 1 \quad \text{ب)}$$

$$K = \sqrt{\frac{1.6 G_A G_B}{\dots}} = 1.28 > 1$$

کنترل کماتش موضعی:

به دلیل مقاومت بالای فولاد که باعث نازک شدن اجزای فولادی شود، در برابر بازش موضعی آسیب پذیرند.

طبق بند ۱۰-۲-۲-۱: برای فشار محوری، مقاطع فولادی به دو گروه تقسیم می شوند:

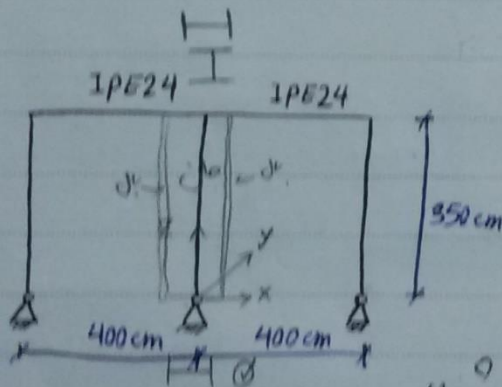
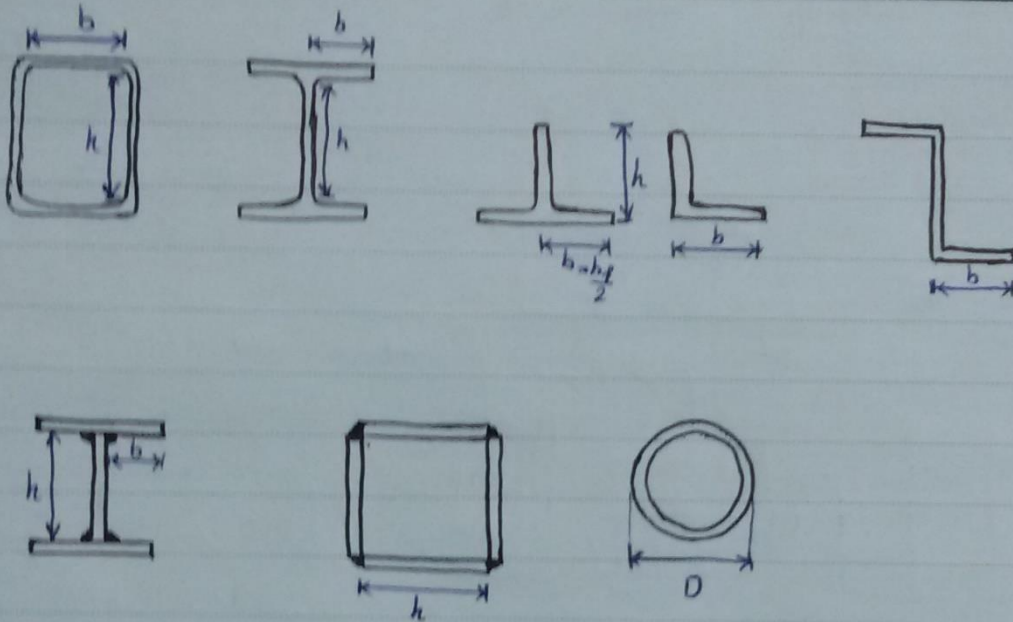
$$1 - \text{مقاطع با اجزای غیر لاغر: } \left(\begin{matrix} 1-2-2-10 \\ 2-2-2-10 \\ \text{مق 28 و 38} \end{matrix} \right) \quad \frac{h}{t}, \frac{b}{t} > \lambda_r$$

$$2 - \text{مقاطع با اجزای لاغر: عدم رعایت } \frac{h}{t}, \frac{b}{t} \text{ های فوق ذکر} \leftarrow \text{(غیر مجاز در سون)}$$

$$b = \text{پهنای آزاد ورق در مقطع (اجزای تقویت شده و نشسته: بند ۱۰-۲-۲-۴)}$$

Subject
Date

(27)



exp. مطلوبست طراحی ستون میانی قاب شکل زیر؟

نیوخ IPB با فولاد درجه ۲۲.۵ ton که به ترتیب

و 70 ton بار زنده و مرده بر ستون وارد می شود.

دهانه های مجاور ستون در صفا عمود بر قاب مهاربندی شده اند.

بار ستون

$$P_D = 70 + 0.2 = 70.2 \text{ ton}$$

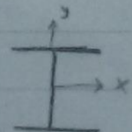
$$P_L = 22.5 \text{ ton}$$

$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow F_{cr} = 2000 \text{ kg/cm}^2$$

نسبت مجاز منحنی ایزوتوپ

$$P_u = 1.2 P_D + 1.6 P_L = 1.2 \times 70.2 \times 1000 + 1.6 \times 22.5 \times 1000 = F_{cr} \cdot A_g \cdot \phi = 2000 \times A_g \times 0.9$$

$$\Rightarrow A_g = 66.8 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{IPB 200} \left\{ \begin{array}{l} A = 78.1 \text{ cm}^2 \\ r_x = 8.54 \text{ cm}, r_y = 5.07 \text{ cm} \\ I_x = 5700 \text{ cm}^4, I_y = 2000 \text{ cm}^4 \end{array} \right.$$



PAPCO

Subject

Date

(28)

$$\lambda_{max} = \max \{ \lambda_x, \lambda_y \} \quad \text{نستل IPB200}$$

$$\lambda_{max} = 7 \quad \lambda_x = \frac{k_x l_x}{r_x} = \frac{1 \times 350}{5.07} = 69, \quad \lambda_y = \frac{k_y l_y}{r_y} = \frac{1.87 \times 350}{8.54} = 76.6$$

$$G_{top} = \frac{\frac{5700}{350}}{2 \times \frac{3890}{400}} = 0.84 \quad \left. \begin{array}{l} G_{bottom} = 10 \\ \text{چل} \end{array} \right\} \Rightarrow K_y = \sqrt{\frac{1.6 \times 0.84 \times 10 + 4(0.84 + 10) + 7.5}{0.84 + 10 + 7.5}} = 1.87$$

$$\lambda_{max} = \max \{ \lambda_x, \lambda_y \} = 76.6 < 200 \quad \text{O.K.} \quad \checkmark$$

$$\lambda < 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{2.1 \times 10^6}{2400}} = 139.3 \Rightarrow$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] \cdot F_y \quad ; \quad F_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 \times 2.1 \times 10^6}{(76.6)^2} = 3532.3 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr1} = \left[0.658 \frac{2400}{3532.3} \right] \cdot 2400 = 1806 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_w = I_y \frac{h_o^2}{4} = 2000 \times \frac{(20-1.5)^2}{4} = 171125, \quad G = \frac{E}{2.6} = \frac{2.1 \times 10^6}{2.6} = 807692 \text{ kg/cm}^2$$

$$J = I_x + I_y = 2000 + 5700 = 7700 \text{ cm}^4, \quad K_z = 1$$

$$F_e = \left[\frac{\lambda^2 \times 2.1 \times 10^6 \times 171125}{(1 \times 350)^2} + 807692 \times 7700 \right] \times \left(\frac{1}{7700} \right) = 811452 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr2} = \left[0.658 \frac{2400}{811452} \right] \cdot 2400 = 2397 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \min (F_{cr1}, F_{cr2}) = 1806 \text{ kg/cm}^2$$

Subject

(29)

Date

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g = 1806 \times 78.1 = 141049 \text{ kg}$$

$$P_u = \phi P_n = 0.9 \times 141049 = 126944 \text{ kg} = 126.9 \text{ ton}$$

$$1.2 \times 70.2 + 1.6 \times 22.5 = 120.24 \text{ ton} < P_u = 126.9 \text{ ton} \text{ o.k.}$$

روابط این نام اعضای با نبشی تک :

$$\frac{b}{t} \leq 20 \rightarrow \text{روابط انش خمشی} \rightarrow \text{نبد } 10-2-2-2$$

$$\frac{b}{t} > 20 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{روابط انش خمشی} \\ \text{روابط انش خمشی} \end{array} \right. \rightarrow \text{نبد } 10-2-2-5$$

در روابط فوق (اگر) به صورت زیر اصلاح کنید :

الف) برای صفحه ای :

$$\frac{KQ}{r} = \left\{ \begin{array}{ll} 72 + 0.75 \frac{L}{r_x} & : \frac{L}{r_x} \leq 80 \\ 32 + 1.25 \frac{L}{r_x} \leq 200 & : \frac{L}{r_x} > 80 \end{array} \right.$$

ب) در خنای جعبه ای یا تقابلی :

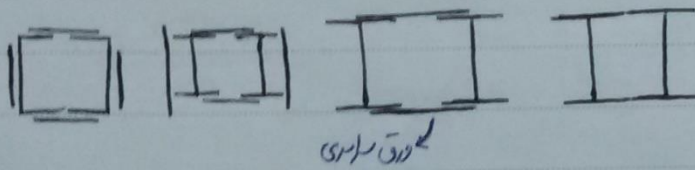
$$\frac{KQ}{r} = \left\{ \begin{array}{ll} 60 + 0.8 \frac{L}{r_x} & : \frac{L}{r_x} \leq 75 \\ 45 + \frac{L}{r_x} \leq 200 & : \frac{L}{r_x} > 75 \end{array} \right.$$

Subject
Date

(30)

مقاطع ترکیبی یا مرکب یا اعضای ساخته شده :

نوع ۱-۲-۳-۴-۷

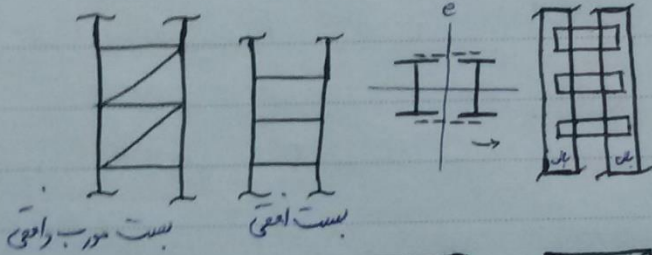


لوح مرکب

نوع ۵

اعضای مرکب

مستطیل

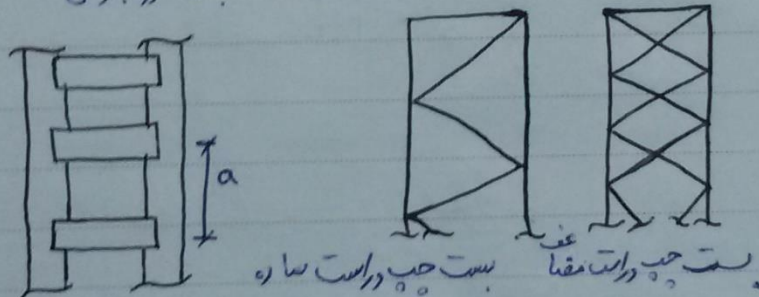


بست مورب واقعی

بست افقی

$$\lambda_e = \alpha \lambda = \alpha \frac{KL}{r} : \alpha > 1$$

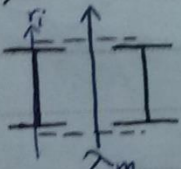
$$\alpha = 1.1 \sim 1.5$$



بست چپ در راست سازه

بست چپ در راست مفصل

① اصلاح ضریب لاغری مقاطع مشبک :



$$\lambda_m = \sqrt{\lambda_o^2 + \lambda_1^2} : \lambda_m = \left(\frac{KL}{r}\right)_m$$

modified اصلاح شده

$$\lambda_o = \left(\frac{KL}{r}\right)_o$$

original اولیه

الف) اتصال بستها به مقاطع = یعنی انتظاری :
یعنی سفت نمی شود

$$\lambda_1 = \frac{a}{r_i} \rightarrow$$

ب) اتصال بستها به مقاطع = جوش یا سنجی اصططائی :
با پر پیچ سفت شود

Subject
Date

(31)

$$\lambda_m = \begin{cases} \lambda_0 & : \lambda_1 \leq 40 \\ \sqrt{\lambda_0^2 + \lambda_1^2} & : \lambda_1 > 40 \end{cases} \quad \lambda_1 = \frac{k_i a}{r_i} \quad : k_i = \begin{cases} 0.5 & \text{نسبتی نیست به نسبت} \\ 0.75 & \text{نسبتی نیست به نسبت} \\ 0.86 & \text{نسبتی نیست به نسبت} \end{cases}$$

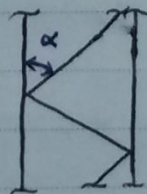
② محدودیت های ابعادی : (۱۰-۲-۴-۷-۲)

الف، لاغری تک نیمه از گستره لاغری نیمه کل با حاشیه اطمینان :

$$\lambda_1 = \frac{k_i a}{r_i} \leq \frac{3}{4} \lambda$$

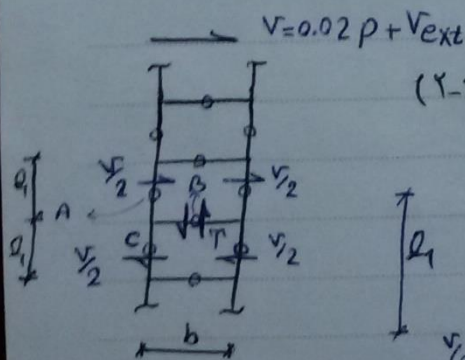
ب، رعایت حداقل لاغری نسبت :
 $\lambda \leq \begin{cases} 140 & \text{نسبت مورب تنگی} \\ 200 & \text{نسبت مورب ضربه زایی} \end{cases}$

نسبت تنگی $\alpha \geq 60^\circ$
 نسبت ضربه زایی $\alpha \geq 45^\circ$



ج، زاویه بست های مورب :

د، شکلهای ۱۰-۲-۴-۳ و ۴



(طبق بند ۱۰-۲-۴-۷-۲)

طراحی بت های ستون های مسک :

$$[\Sigma M_o = 0] \Rightarrow$$

$$\frac{V}{2} \times \frac{L_1}{2} \times 2 - T \times \frac{b}{2} = 0$$

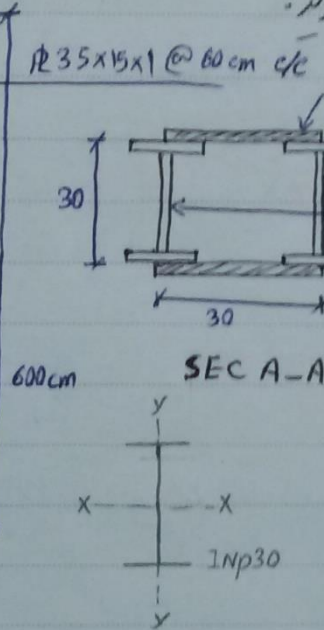
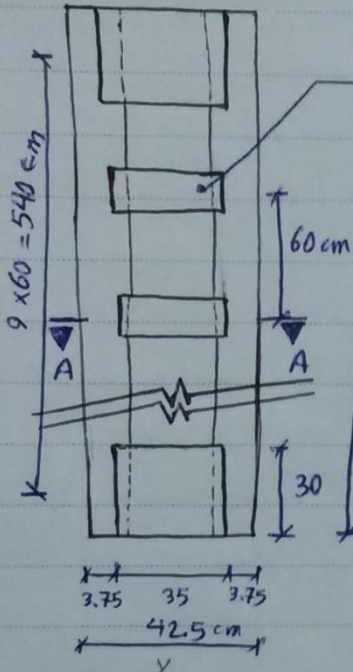
$$\Rightarrow T = \frac{V L_1}{b}$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{T}{2} = \frac{V L_1}{2b}, \quad M_1 = T_1 \cdot \frac{b}{2} = \frac{V L_1}{4}$$

Subject

(32)

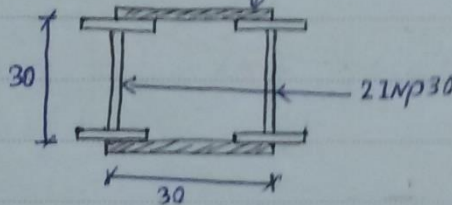
Date



exp. مطابق با سون با مشخصات زیر؟

PL 35x15x1 @ 60 cm c/c

PL 35x15x1 @ 60 cm c/c



SEC A-A

$P_D = 100 \text{ ton}$

$P_L = 50 \text{ ton}$

ST 37: $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

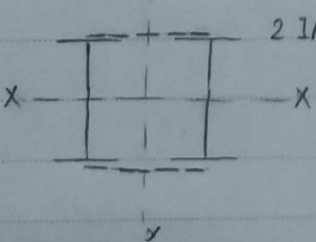
$A = 69.1 \text{ cm}^2$

$r_x = 11.9 \text{ cm}$

$I_x = 9800 \text{ cm}^4$

$r_y = 2.56 \text{ cm}$

$I_y = 451 \text{ cm}^4$



2 INP 300 (C/C 30 cm) $A = 2 \times 69.1 = 138.2 \text{ cm}^2$

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

$I_{yy} = 2 I_y + 2 A d^2 = 2 \times 451 + 2 \times 69.1 \times 15^2$

A_{total}

$r_{yy} = \sqrt{\frac{I_{yy}}{2 A}} = 15.21 \text{ cm}$

$A_{total} = 138.2 \text{ cm}^2$

$r_{xx} = 11.9 \text{ cm}$

$r_{yy} = 15.21 \text{ cm}$

$I_{xx} = 19600 \text{ cm}^4$

$I_{yy} = 31997 \text{ cm}^4$

$$\lambda_1 = \frac{k_1 a}{r_1} \leq \frac{3}{4} \lambda_{yy}$$

الف) کنترل لغزشی با نیسج :

$$\lambda_1 = \frac{0.86 \times 60}{2.56} = 20.16 \leq \frac{3}{4} \times 39.45 = 29.6 \quad \text{O.K.}$$

$$\lambda_{yy} = \frac{k_y L_y}{r_y} = \frac{1 \times 600}{15.21} = 39.45$$

ب) کنترل لغزشی ستون :

Subject

Date

(33)

$$\lambda_m = \sqrt{\lambda_o^2 + \lambda_1^2} \quad : \quad \lambda_o = \lambda_{yy} = 39.45$$
$$\lambda_1 = \frac{a}{r_i} = \frac{60}{2.56} = 23.44$$

$$\Rightarrow \lambda_m = \sqrt{39.45^2 + 23.44^2} = 45.9$$

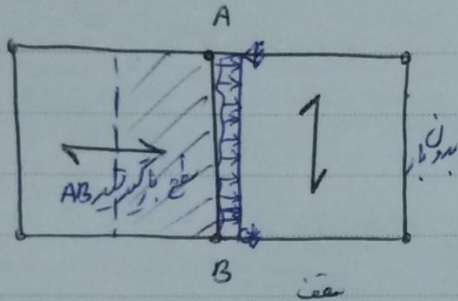
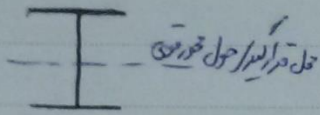
$$\lambda_{xx} = \frac{k_x L_x}{r_x} = \frac{1 \times 600}{11.9} = 50.4$$

$$\lambda = \max \{ \lambda_{xx}, \lambda_{my} \} = \max \{ 50.4, 45.9 \} = 50.4$$

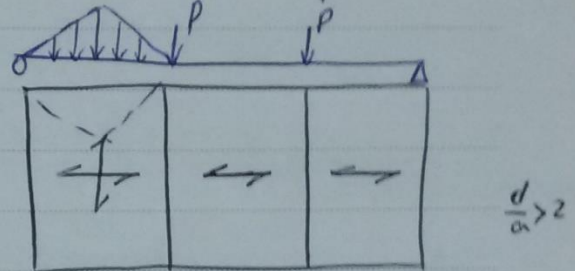
* محاسبه ظرفیت ستون و کنترل با بار موجود ؟

Subject
Date

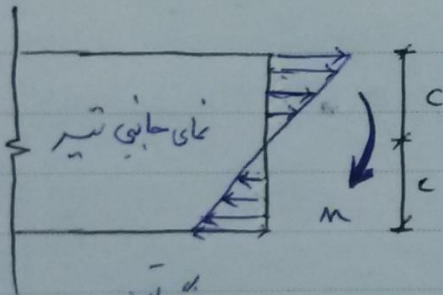
(34)



« فصل پنجم - طراحی تیرها »



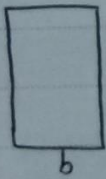
مقاومت خمشی تیرها :



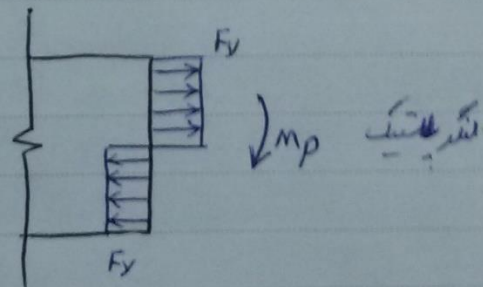
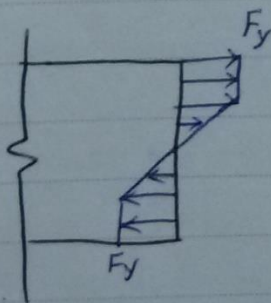
$$\sigma = \frac{My}{I}$$

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I} \Rightarrow F_y = \sigma_y = \frac{My \cdot c}{I}$$

$$\Rightarrow M_y = \frac{I}{c} \cdot F_y = S \cdot F_y \quad : \quad S = \frac{I}{c} \text{ مساحت مقطع الاستیک}$$



$$S = \frac{\frac{1}{12}bh^3}{\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{6}$$



$$M_p = \int_A F_y dA \cdot y = F_y \left(\int_A y dA \right) \Rightarrow M_p = F_y \cdot Z$$

مساحت مقطع الاستیک

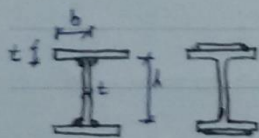
Subject _____ (35)
Date _____

مقطع مستطین : $M_p = F_y \times b \times h/2 \times h/2 = F_y \frac{bh^2}{4} \rightarrow Z = \frac{bh^2}{4}$

$K = \text{shape Factor} = \text{ضرب شکل مقطع} = \frac{Z}{S}$, (برای مقطع I شکل $K = 1.1 \sim 1.5$)
 $M_p = K \cdot M_y \rightarrow$ مقطع I شکل

کنترل کمانش موضعی تیرها:

ب
جان
کنترل: $\frac{b}{t}$



انواع مقاطع:

۱- مقطع منفرجه: $\left. \begin{array}{l} \text{اتصال سراسری جان به جان} \\ \frac{b}{t} < \lambda_p \end{array} \right\}$ منفرجه

۲- مقطع غیر منفرجه: $\lambda_p < \frac{b}{t} < \lambda_r$ جان $\rightarrow$ ج- ۱۰- ۲۲۲
جان $\rightarrow$ ج- ۱۰- ۲۲۲

۳- مقطع لاجندار لغیر: $\frac{b}{t} > \lambda_r \leftarrow$ مستقیم به جان تیرها

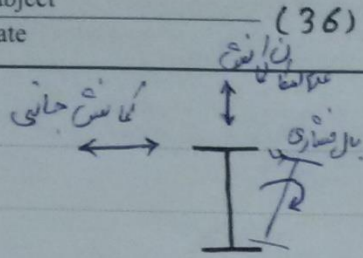
II $\left\{ \begin{array}{l} \frac{b}{t} < \lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 29.6, \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11.2 \\ \frac{h}{t_w} < \lambda_r = 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 169, \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 112 \end{array} \right. *$

حالات حسی در تیرها: جدول ۱۰- ۲- ۵- ۱

۱- تسلیم (Y): $M_p = Z F_y$

Subject

Date



۲- کماتش بجهشی جانبی (LTB)

۳- کماتش موضعی بال (FLB)

۴- کماتش موضعی جان (WLB)

۵- تسلیم کششی بال (TFY)

۶- کماتش موضعی ساق (LLB)

۷- کماتش موضعی (LB)

الزلمات عمومی خمشی :

$$M_u = \phi_b M_n \quad ; \quad \phi_b = 0.9$$

مقاومت خمشی طراحی

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

ضریب اصلاح کماتش بجهشی جانبی

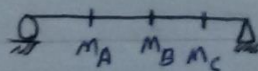
مقطع باید مورد تایید و با ابعادی ساده و خمش حول محور قوی و همه مقاطع دارای ۲ محور تقارن

M_{max} : قدر مطلق لنگر خمشی حد اکثر در حد واصل دو تکیه گاه جانبی

M_A : قدر مطلق لنگر خمشی در نقطه $\frac{1}{4}$ طول مهار نشده

M_B : قدر مطلق لنگر خمشی در نقطه $\frac{1}{2}$ طول مهار نشده

M_C : قدر مطلق لنگر خمشی در نقطه $\frac{3}{4}$ طول مهار نشده



عبارت C_b : لنگر خمشی غیر یکطرفه بین تکیه گاه های جانبی

Subject _____ (37)
Date _____

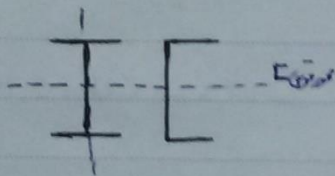
بند ۱۰-۲-۵-۱-۳

تصویر ۱: تیرهای طردهای بدون مهار انتهای آزاد آنها: $C_b = 1$

تصویر ۲: تشدید ضربه C_b در { مقاطع دارای محور تقارن }
 $R_m = 0.5 + 2 \left(\frac{I_{y+op}}{I_y} \right)^2$: R_m با $\left\{ \begin{array}{l} \text{مقاطع دارای محور تقارن} \\ \text{بالای اعضای ضعیف} \end{array} \right.$
 تصاویر شکل ضعیف

تصویر ۳: در اعضای خمشی بدون محور تقارن $C_b = 1$ (ملاحظات کارانه)

مقطع ۱ شکل فشرده یا در مقطع تان ۱ مقطع E فشرده حول محور قوی:



$$M_n = \min \{ M_{n1}, M_{n2} \}$$

حالت تسلیم: $M_{n1} = M_p = F_y \cdot Z_x$

$$M_{n2} = \begin{cases} N/A & : L_b \leq L_p \\ C_b [M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)] \leq M_p & : L_p < L_b \leq L_r \\ F_{cr} \cdot S_x \leq M_p & : L_b > L_r \end{cases}$$

حالت تنش پسماندگی جانبی: $M_{n2} =$
 تنش پسماندگی جانبی - تنش پسماندگی جانبی غیر انتهای
 تنش پسماندگی جانبی - تنش پسماندگی جانبی انتهای

گرفتگی: $L_b =$ نامزد فاصله های جانبی بال مسبار

$$L_p = 1.75 F_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$L_p =$ طول مهار شده حداقل برای تسلیم مقطع

$L_r =$ طول مهار شده که منجر به حالت تنش پسماندگی جانبی - جانبی اوجایی و غیر اوجایی لغزش می کند:

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

Subject

(38)

Date

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

\$F_{cr}\$ = تنش/فشار الاستیک بحرانی جانبی:
 \$\lambda\$ = ضریب کارانه = 1

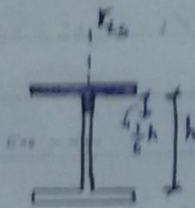
$$\frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} = r_{ts}^2 = \text{مقاومت در برابر چرخش} \quad , \quad h_o = \text{فاصله ی مرکز جاذب بالها} \quad , \quad J = \frac{1}{3} \sum (bt^3)$$

1 : برابر مقطع I شکل بارده محور تقارن } = C

|| برابر ناوردانی : \$\frac{h_o}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}}\$

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y h_o}{2 S_x} \quad \leftarrow \text{برای مقاطع I شکل با ۲ محور تقارن} \quad \frac{I_y h_o^2}{4} = C_w$$

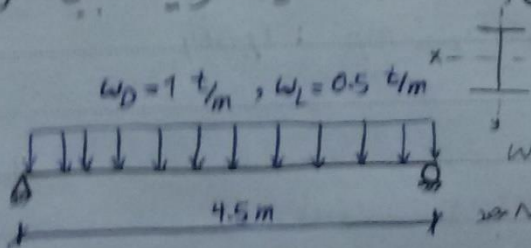
\$C_w\$ = ثابت یچینش تابشی



$$r_{ts} = \frac{b_p}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{h t_w}{6 b_p t_p}\right)}}$$

رابطه محاسبه \$r_{ts}\$:

exp. مطلوبست کنترل تیر ساده روبه رو از نیفرغ IPE 22. تغییرات بار یکپارچه جانبی کامل و یکنواخت



$$w_D = 1 \text{ t/m}, \quad w_L = 0.5 \text{ t/m}$$

$$w_u = 1.2 w_D + 1.6 w_L = 1.2 \times 1 + 1.6 \times 0.5 = 2.0 \text{ t/m}$$

$$M_u = \frac{w_u L^2}{8} = \frac{2 \times 4.5^2}{8} = 5.06 \text{ t.m}$$

$$M_n = \min \{ M_{n1}, M_{n2} \} : M_{n1} = M_p = F_y \cdot Z = 2400 \times 252 \times 10^{-6} = 695520 \text{ kg.cm} = 6.95 \text{ t.m}$$

$$M_{n2} = 0 : L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 2.48 \sqrt{\frac{2.1 \times 10^6}{2400}} = 129.1 \text{ cm}$$

$$L_b = 0 < L_p \Rightarrow M_{n2} \rightarrow N/A$$

$$M_n = 6.95 \text{ t.m} \Rightarrow M_u = \phi_b M_n = 0.9 \times 6.95 = 6.26 \text{ t.m} > M_u = 5.06 \text{ t.m}$$

کنترل حالت بحرانی : مقادیر

O.K.

Subject

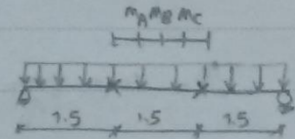
(39)

Date

کنترل حالت حدی بهره برداری : ۱- کنترل تغییر شکلها ، کنترل ارتعاش

exp. مطابقت حل مسئله قبل با فرض اینکه تکیه گاه جانی در $\frac{1}{3}$ و $\frac{2}{3}$ تیر علاوه بر تکیه گاه انتهایی وجود دارد.

$$w_u = 2.0 \text{ t/m} \Rightarrow M_u = 5.06 \text{ t.m}, M_{n1} = 6.95 \text{ t.m}$$



$$M_{n2} = ? : L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}}$$

$$J = \frac{1}{3} [bt^3] = \frac{1}{3} (2 \times 11 \times 0.92^3 + 19.4 \times 0.59^3) = 7.038 \text{ cm}^4, h_o = h - t = 22 - 0.92 = 21.08 \text{ cm}$$

$$L_r = 1.95 \times 2.93 \times \frac{2.1 \times 10^6}{0.7 \times 2400} \sqrt{\frac{7.038}{252 \times 21.08} + \sqrt{\left(\frac{7.038}{252 \times 21.08}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 \times 2400}{2.1 \times 10^6}\right)^2}} = 440 \text{ cm}$$

$$L_p = 129 \text{ cm} < L_b = 150 \text{ cm} \leq L_r = 440 \text{ cm} \Rightarrow M_{n2} = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

چون segment های تعیین شده است (برای کنترل مالتیسم و بیشتر) C_b را برابر با ۱.۰۱۳ میگیریم!

$$w_u = 2 \text{ t/m}$$

$$R = \frac{2 \times 4.5}{2} = 4.5 \text{ t}$$

$$\left[\sum \vec{M}_0 = 0 \right] \Rightarrow m = 4.5x - 2x \cdot \frac{x}{2} = 4.5x - x^2$$

	M_A	M_B	$M_C = M_D$
x	1.975	2.25	1.875
	4.922	5.0625	4.922

$$\Rightarrow C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} = \frac{12.5 \times 5.0625}{2.5 \times 5.0625 + 3 \times 4.922 + 4 \times 5.0625} = 1.013$$

$$M_{n2} = 1.013 \left[6.955 - \left(6.955 - \frac{0.7 \times 2400 \times 252}{105} \right) \left(\frac{150 - 129}{440 - 129} \right) \right] = 6.86 \text{ t.m} \leq M_p = 6.95 \text{ t.m}$$

$$M_n = \min (6.95, 6.86) = 6.86 \text{ t.m}$$

$$M_u = \phi_b M_n = 0.9 \times 6.86 = 6.17 > M_u = 5.06 \text{ t.m}$$

a.k. کنترل حالت حدی بهره برداری نشاء
تأیید شد

Subject
Date

(40)

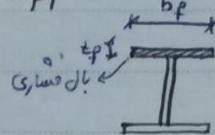
مقطع I شکل با دو محور تقارن با بالهای غیر فشرده و جان فشرده حول محور قوی:

$$M_{n1} = M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right)$$

$$\frac{b_f/2}{t_f} = \lambda_p$$

$$M_n = \min(M_{n1}, M_{n2})$$

عبارت مناسب تر



$$\lambda_p = \lambda_{pf}$$

$$\lambda_r = \lambda_{rf}$$

مقطع I شکل با یک یا دو محور تقارن با بال و جان فشرده و غیر فشرده:

$$M_n = \min(M_{n1}, M_{n2}, M_{n3}, M_{n4})$$

تسلیم بال فشاری

تسلیم جان فشاری

حالت حوض تسلیم بال فشاری
تسلیم جان فشاری

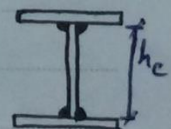
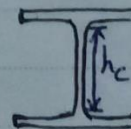
$$M_{n1} = R_{pc} \cdot M_{yc} : M_{yc} = F_y S_{xc}$$

$$R_{pc} = \begin{cases} \frac{M_p}{M_{yc}} : \frac{h_c}{t_w} \leq \lambda_{pw} , \frac{I_{yc}}{I_y} > 0.23 \\ \left[\frac{M_p}{M_{yc}} - \left(\frac{M_p}{M_{yc}} - 1 \right) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pw}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}} \right) \right] \leq \frac{M_p}{M_{yc}} : \frac{h_c}{t_w} > \lambda_{pw} , \frac{I_{yc}}{I_y} > 0.23 \\ 1.0 : \frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0.23 \end{cases}$$

$$M_p = F_y Z_x \leq 1.6 F_y S_{xc}$$

محدود کننده

$$\lambda_p, \lambda_r \leftarrow \lambda_{pw}, \lambda_{rw}$$



تسلیم جان فشاری

$$M_n = \begin{cases} M_p : L_b \leq L_p \end{cases}$$

$$M_n = \begin{cases} C_b [R_{pc} M_{yc} - (R_{pc} M_{yc} - F_y S_{xc}) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)] \leq R_{pc} \cdot M_{yc} : L_p < L_b < L_r \end{cases}$$

$$F_{cr} \cdot S_{xc} \leq R_{pc} M_{yc} : L_r < L_b$$

Subject

(41)

Date

که در آن: C_b = ضریب اصلاح گمانش بچسبی - جانبی طبق قبل

L_b = فاصله تکیه گاه های جانبی بال فشاری

L_p = طول مهار نشده عضو که منجر به تسلیم و حالت عدم گمانش بچسبی - جانبی غیر ارجاعی را مشخص می کند $1.1 r_t \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

L_r = طول مهار نشده عضو که منجر به حالت حلقه گمانش بچسبی - جانبی ارجاعی و غیر ارجاعی را مشخص می کند

$$L_r = 1.95 r_t \frac{E}{F_y} \sqrt{\frac{J}{S_{xc} h_o} + \sqrt{\left(\frac{J}{S_{xc} h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{F_y}{E}\right)^2}}$$

$$F_L = \begin{cases} 0.7 F_y & : \frac{S_{xt}}{S_{xc}} \geq 0.7 \\ F_y \cdot \frac{S_{xt}}{S_{xc}} \geq 0.5 F_y & : \frac{S_{xt}}{S_{xc}} < 0.7 \end{cases}$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J}{S_{xc} h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2 : \left(\text{If } \frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0.23 \Rightarrow J=0 \right)}$$

$$r_t = \begin{cases} \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left(\frac{h_o}{d} + \frac{1}{6} a_w \frac{h^2}{h_o d} \right)}} & : \text{مقطع I شکل با بال فشاری مستطیلی} \\ \text{Diagram of I-section} & : \text{مقطع I شکل با بال فشاری غیر مستطیلی} \end{cases}$$

$$b_{fc}, t_{fc} = \text{عرض و ضخامت بال فشاری}$$

$$\frac{h_c t_w}{b_{fc} t_{fc}} = 2 \times \frac{\text{مساحت جان تحت فشار}}{\text{مساحت انفاز بال فشاری}} = a_w$$

Subject
Date

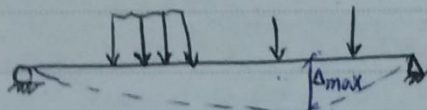
(42)

[193 تا 190] معیارت

کنترل حالات حدی بهره برداری :

1- کنترل ارتعاش ، 2- کنترل تغییر شکل ، 3- کنترل تغییر مکانها جانبی ، 4- انقباض و انقباض.

5- لغزش اتصالات

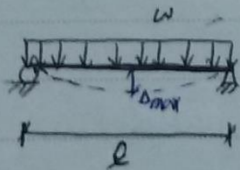


طول دهانه $\rightarrow$ $\Delta_{max} = \beta_1 \frac{WL^3}{EI}$
 معاینه ایستایی مقطع $\rightarrow$ تغییر مکانها جانبی $\rightarrow$ تغییر مکانها جانبی فولاد

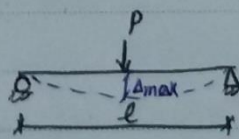
کنترل خیز (تغییر مکان تیر) :

β_1 :
 شکل دارد :
 توزیع بار در تیر
 به نوع تغییرگاه ها
 تغییر مکان ایستایی در مقطع تیر

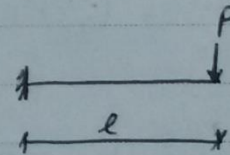
$$\begin{cases} \Delta_{D+L}^{max} < \frac{L}{240} \\ \Delta_L^{max} < \frac{L}{360} \end{cases}$$



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



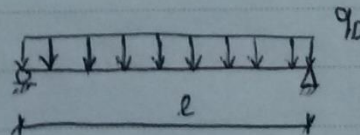
$$\Delta_{max} = \frac{PL^3}{48EI}$$



$$\Delta_{max} = \frac{PL^3}{3EI}$$

کنترل ارتعاش :

$$f \geq 5 \text{ Hz}$$



$$f = \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EIg}{q_D}} \rightarrow 9.81 \text{ m/s}^2$$

$q_D \rightarrow \text{N/m}$
 $EI \rightarrow \text{m}^4$
 $g \rightarrow \text{m/s}^2$
 $f \rightarrow \text{Hz}$

دفعه $\rightarrow$ $\frac{l}{d} \leq 20 \Rightarrow d \geq \frac{l}{20}$

Subject

(43)

Date

exp. مطلوبیت کنترل خیز و ارتعاش مثال 38

$$\Delta_{max D} = \frac{5w_D L^4}{384EI} = \frac{5 \times 10 \frac{kg}{cm} \times 450^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 2770} = 0.918 \text{ cm}$$

کنترل خیز

$$\Delta_{max L} = \frac{5w_L L^4}{384EI} = \frac{w_L}{w_D} \times \Delta_{max D} = \frac{0.5}{1} \times 0.918 = 0.459 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max D+L} = 0.918 + 0.459 = 1.377 < \frac{L}{240} = \frac{450}{240} = 1.875 \text{ cm} \quad \text{o.k.} \quad \text{OK}$$

$$\Delta_{max L} = 0.459 < \frac{L}{360} = \frac{450}{360} = 1.25 \text{ cm} \quad \text{o.k.} \quad \text{OK}$$

$$\left(\text{طبق این نام 138v} \right) \quad \frac{L}{d} = \frac{450}{22} = 20.45 \leq 20 \quad \text{o.k.} \quad \text{OK}$$

کنترل ارتعاش:

$$f = \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EIg}{q_D}} = \frac{\pi}{2 \times 4.5^2} \sqrt{\frac{2.058 \times 10^{11} \times 2770 \times 10^{-8} \times 9.81}{1000 \times 9.81}} = 5.86 \text{ Hz} > 5 \text{ Hz} \quad \text{o.k.} \quad \text{OK}$$

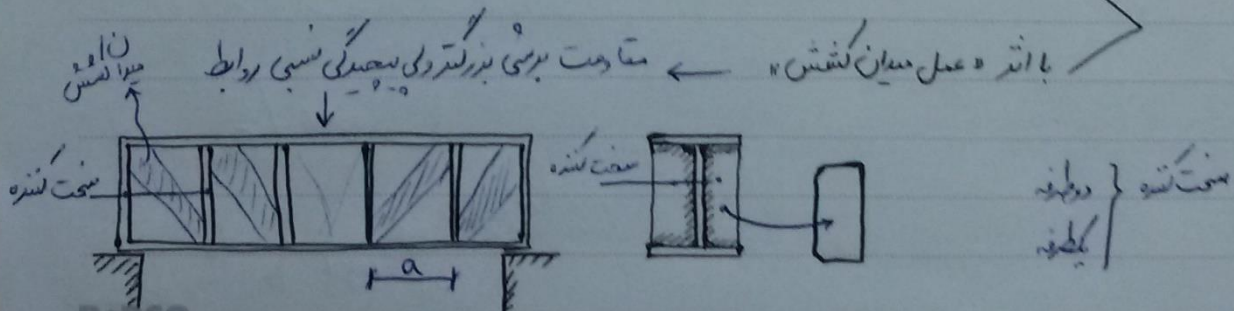
$$E = 2.1 \times 10^6 \frac{kgf}{cm^2} \times \frac{9.8N}{10^{-4} m^2} = 2.058 \times 10^{11} \frac{N}{m^2}$$

الزامات عمومی و مقاومت برشی اسمی:

$$V_u = \phi_r \cdot V_n \quad \phi_r = 0.9 \quad (\phi_r = 1 : \frac{h}{E_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}})$$

بدون اثر « عمل میان کشش » ← سادگی روابط و سرعت محاسبات

با اثر « عمل میان کشش » ← مقاومت برشی بزرگتر و پیچیدگی نسبی روابط



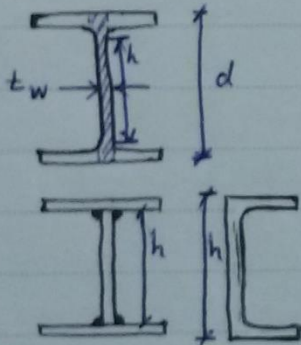
Subject
Date

(44)

مقاومت برشي اسي بدون توجه به عمل ميدان گسسي :

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v \quad : \quad A_w = t_w \cdot d \rightarrow \text{ارضاخ طي مسيح}$$

$$C_v = \text{ضريب برشي جان} = \begin{cases} 1 & : \frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{برای جان مقطع 1 شکل برر شده با} \\ 1 & : \frac{h}{t_w} \leq 1.1 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} \quad \text{برای جان سایر مقاطع بجز دایره با} \\ \frac{1.1 \sqrt{K_v E / F_y}}{h / t_w} & : 1.1 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1.37 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} \\ \frac{1.51 K_v E}{(h / t_w)^2 F_y} & : \frac{h}{t_w} > 1.37 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} \end{cases}$$



$$K_v = \text{ضريب گاناش برشي درق} = \begin{cases} 5 & : \frac{h}{t_w} < 260 \quad \text{استثنا} \rightarrow K_v = 1.2 \quad \text{جان سپري} \\ 5 & : \frac{a}{h} > \left\{ 3 \text{ or } \left[\frac{260}{h/t_w} \right]^2 \right\} \\ 5 + \frac{5}{(a/h)^2} & : \frac{a}{h} \leq \left\{ 3 \text{ and } \left[\frac{260}{h/t_w} \right]^2 \right\} \end{cases}$$

ضوابط سخت گنده های عقی :

شرط الزام آور استفاده از سخت گنده عقی :

$$\frac{h}{t_w} > 2.46 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (1)$$

$$V_u \text{ (تويفت برشي)} > V_{u \text{ reqd}} \quad \text{برش ضريب دار موجود}$$

Subject _____ (45)
Date _____

مقاومت برشی اسی با توجه به اثر میدان کشش:

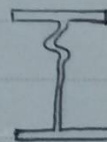
$$V_n = \begin{cases} 0.6 F_y A_w & : \quad \frac{h}{t_w} \leq 1.1 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} \\ 0.6 F_y A_w \left[C_v + \frac{1 - C_v}{1.15 \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha}{h}\right)^2}} \right] & : \quad \frac{h}{t_w} > 1.1 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} \end{cases}$$

بند 10-2-6-3-1 ← محدودیت های استفاده از عمل میدان کشش

بند 10-2-6-2-2 ← طراحی سخت کننده ها

کنترل الزامات ویژه بالها و جان مقاطع اعضای تحت بار متمرکز:

1- لپه ای جان: $R_u = \phi R_n : \phi = 0.75$ مقاومت لحظه ای



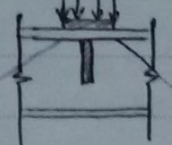
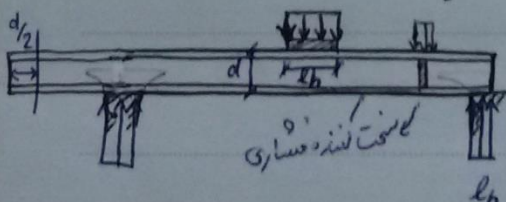
(فاصله نزدیک به مساوی d از انتهای تیر) بار متمرکز میانی (الف)

$$R_n = 0.8 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{l}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_y t_f}{t_w}}$$

نسبت لچا $\rightarrow$ نصف تقسیم بار متمرکز $\leftarrow$ ارتفاع مقطع

(فاصله کوچکتر از $d/2$ از انتهای تیر) بار متمرکز انتهای (ب)

$$R_n = \begin{cases} 0.4 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{l_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_y t_f}{t_w}} & : \quad \frac{l_b}{d} < 0.2 \\ 0.4 t_w^2 \left[1 + \left(\frac{4 l_b}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_y t_f}{t_w}} & : \quad \frac{l_b}{d} > 0.2 \end{cases}$$

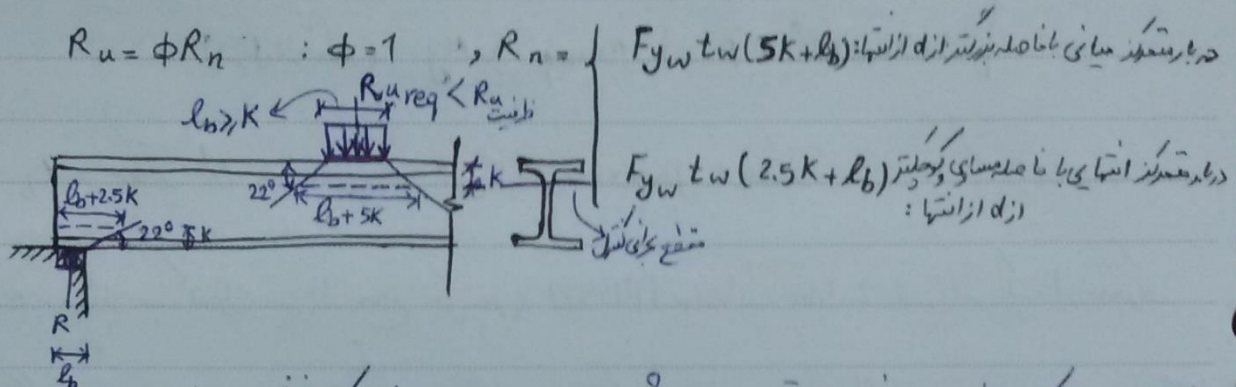


سخت کننده }
تمام قد }
نیم قد }

Subject
Date

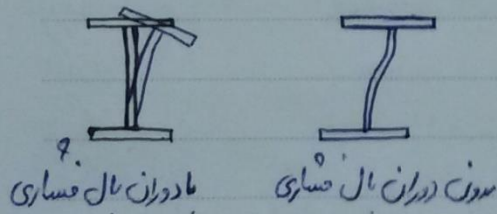
(47)

۲- تسليم موضعي جان در مقابل نيروي تميز كننده كشي و فشاري :



در صورتيكه مقطع جواب نداد، مى توان با افزايش ست و يا استفاده از سخت كننده فشاري جفت (در طبقه) مقاومت را افزايش داد

۳- گمانش جانى جان :



در زير بارهاى تميز كننده فشاري كه بدون مهار جانى باشند،

گمانش جانى جان محتمل است.

$R_u = \phi R_n$: $\phi = 0.85$

بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۴

الف) بال فشاري بدون مهار: $\frac{h/t_w}{l_b/b_f} \leq 2.3$: $R_n = \frac{c r t_w^3 t_f}{h^2} \left[1 + 0.4 \left(\frac{h/t_w}{l_b/b_f} \right)^3 \right]$

ب) بال فشاري با مهار: $\frac{h/t_w}{l_b/b_f} > 2.3$: $R_n = N/A$

الرجوع به نوار

سخت كننده فشاري و مهار جانى

ورق فولاد (مختلف جان)

ج) بال فشاري بدون مهار: $\frac{h/t_w}{l_b/b_f} \leq 7.7$: $R_n = \frac{c r t_w^3 t_f}{h^2} \left[0.4 \left(\frac{h/t_w}{l_b/b_f} \right)^3 \right]$

د) بال فشاري با مهار: $\frac{h/t_w}{l_b/b_f} > 7.7$: $R_n = N/A$

الرجوع به نوار

مهار جانى با فشاري و كشي

Subject
Date

(48)

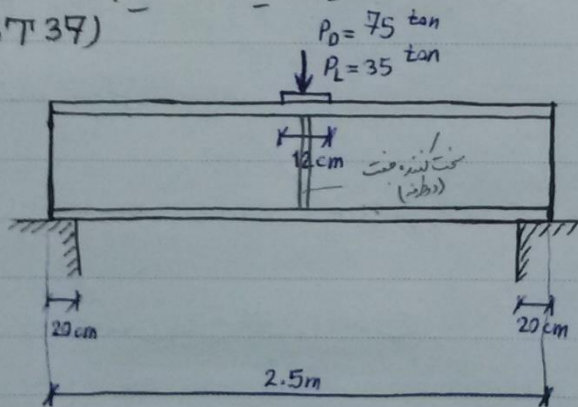
روزه ۱۳۸۳ آبان ماه ۲۲ روز دوشنبه طراحی سازه فولادی

$$C_r = \begin{cases} 6.62 \times 10^6 \text{ MP} : M_{u \text{ req}} < M_y \text{ (در حال بارش کمتر از)} \\ 3.31 \times 10^6 \text{ MP} : M_{u \text{ req}} \geq M_y \text{ (در حال بارش بیشتر از)} \end{cases}$$

L_b = بزرگترین طول بدون مهار جانبی هر دو تال در محصوره اعمال بارش کمتر از

exp. مطلوب است کنترل تیر از منبرج بال بین IPB500 به دهانه 2.5m تحت اثر یک بارش کمتر از

سست
مسئله که در وسط دهانه قرار دارد طول عاقل بارش کمتر از در وسط تیر و تکیه ها به ترتیب 12cm و 120cm است
(5T37)

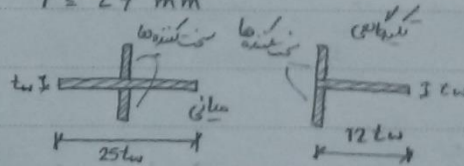


$$Z = 4820 \text{ cm}^3$$

$$t_p = 28 \text{ mm}$$

$$t_w = 14.5 \text{ mm}$$

$$r = 27 \text{ mm}$$



۱- کنترل خمشی
۲- کنترل کششی
۳- کنترل برشی

$$V_{u \text{ req}} = 0.5(1.2 \times 75 + 1.6 \times 35) = 73 \text{ ton}$$

$$V_u = \phi V_n : \phi = 1 \text{ (منطبق بر دستور)} \left(\frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right)$$

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v = 0.6 \times 2400 \times 1.45 \times 50 \times \frac{1}{1000} = 104.4 \text{ ton}$$

$$V_u = 1 \times 104.4 = 104.4 \text{ ton} > V_{u \text{ req}} = 73 \text{ ton} \quad \text{o.k.} \quad \checkmark$$

۴- کنترل تسلیم موضعی جان

$$R_n = F_y t_w (5K + l_b) : l_b = 12 \text{ cm}, K = t_p + r = 28 + 27 = 55 \text{ mm} = 5.5 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow R_n = 2400 \times 1.45 (5 \times 5.5 + 12) / 1000 = 137.46 \text{ ton}$$

$$R_n = F_y t_w (2.5K + l_b) = 2400 \times 1.45 (2.5 \times 5.5 + 20) = 117.45 \text{ ton}$$

$$R_u = \phi R_n = \begin{cases} 137.46 \text{ ton} : \text{بارشانی} \\ 117.45 \text{ ton} : \text{بارش گاهی} \end{cases}$$

$$P_u = 1.2 P_D + 1.6 P_L = 1.2 \times 75 + 1.6 \times 35 = 146 \text{ ton} < 137.46 \quad \text{N.G.} \Rightarrow \text{نیاز به سست کردن تیر} \\ P_u = 73 \text{ ton} < 117.45 \text{ ton} \quad \text{o.k.} \quad \checkmark$$

Subject

Date

(49)

۵- کنترل لپس جان: $R_n = 0.8 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{d_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_y t_f}{t_w}}$

$$R_n = 0.8 \times 1.45^2 \left[1 + 3 \left(\frac{12}{50} \right) \left(\frac{1.45}{2.8} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{2.1 \times 10^6 \times 2400 \times 2.8}{1.45}} = 210.46 \text{ ton}$$

۶- کنترل لپس جان: $R_u = \phi R_n = 0.75 \times 210.46 = 157.84 \text{ ton} > 146 \text{ ton} \quad \text{O.K.}$

۷- کنترل لپس جان: $R_n = 0.4 t_w^2 \left[1 + \left(\frac{4 d_b}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_y t_f}{t_w}} : \frac{d_b}{d} = \frac{20}{50} > 0.2$

$$R_n = 0.4 \times 1.45^2 \left[1 + \left(\frac{4 \times 20}{50} - 0.2 \right) \left(\frac{1.45}{2.8} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{2.1 \times 10^6 \times 2400 \times 2.8}{1.45}} = 126.25 \text{ ton}$$

۸- کنترل لپس جان: $R_u = \phi R_n = 0.75 \times 126.25 = 94.69 \text{ ton} > 73 \text{ ton} \quad \text{O.K.}$

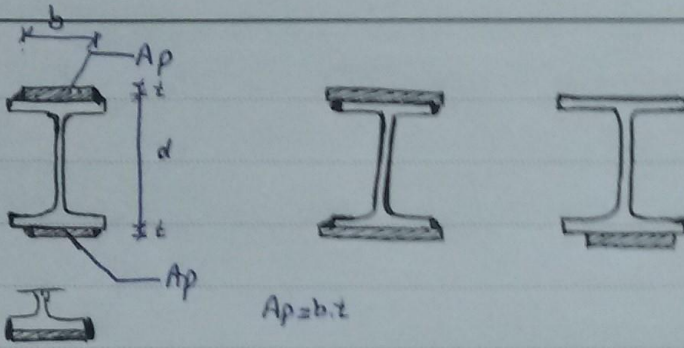
۹- کنترل لپس جان: $\frac{h/t_w}{L_b/b_p} = \frac{(50 - 2 \times 5.5)/1.45}{250/30} = 3.23 > 1.7, 2.3 \Rightarrow \text{N.A.}$

exp. مطلوبست طراحی بدین های مثال بخش ۳-۸ بر اساس در محوری آن از پروفیل ناوایی (کنترل بخش)

۱۰- کنترل برش - کنترل مارشالز (کنترل لپس جان): $M_{u \text{ req}} < M_u \Rightarrow \frac{M_{u \text{ req}}^x}{M_u^x} + \frac{M_{u \text{ req}}^y}{M_u^y} < 1$

Subject
Date

(50)



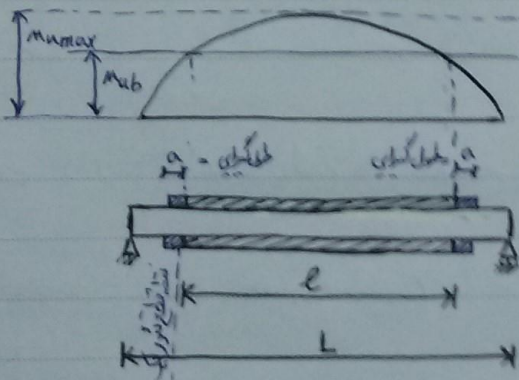
سختی تغییرات

$$\Delta Z = 2 \times \left[A_p \times \left(\frac{d}{2} + \frac{t}{2} \right) \right] = A_p (d+t) \approx A_p \cdot d$$

$$\Rightarrow A_p = \frac{\Delta Z}{d+t} = \frac{Z - Z_b}{d+t} \approx \frac{Z - Z_b}{d}$$

$$A_p = 1.25 \left(\frac{Z - Z_b}{d+t} \right)$$

تغییرات بزرگ ورق بالا یا پایین :



طول ورق تقویتی :

$$y = mx^2 \rightarrow \begin{cases} M_{max} - M_{ub} = mL^2 \\ M_{max} = mL^2 \end{cases}$$

$$\frac{M_{max} - M_{ub}}{M_{max}} = \left(\frac{l}{L} \right)^2$$

مستطیل تقویتی با جزی کف در مقطع نشود : $M_u = \phi Z F_y$

$$\Rightarrow \frac{\phi Z F_y - \phi Z_b F_y}{\phi Z F_y} = \left(\frac{l}{L} \right)^2 \Rightarrow \frac{Z - Z_b}{Z} = \left(\frac{l}{L} \right)^2 \Rightarrow \boxed{l = L \sqrt{\frac{\Delta Z}{Z}}}$$

28-08

ضوابط ورق های تقویتی :

Subject
Date

(50)

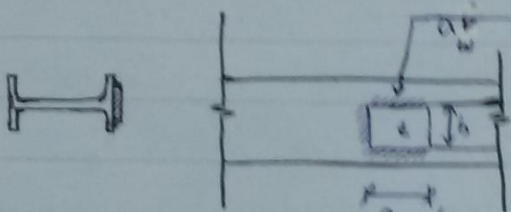
$$A_p \leq 0.7(A_p + A_p)$$

$$\Rightarrow A_p \leq \frac{2}{3} A_p$$

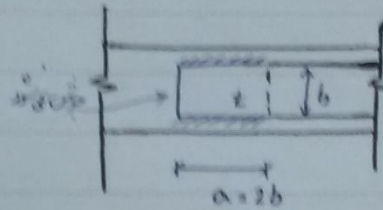
(۱) ضوابط ورق های تقویتی به نسبت بال:

$$(نبر 10 - 2 - 5 - 13 - 7)$$

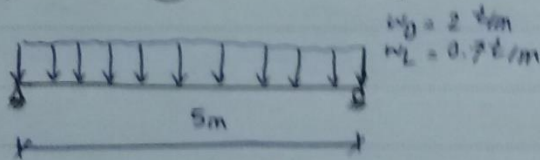
(۲) طول گسیلی (نبر 10 - 2 - 5 - 13 - 3)



$$a = \begin{cases} b & : a_w \geq \frac{3}{4} t \\ 1.5b & : a_w < \frac{3}{4} t \end{cases}$$



exp. مطلوبست طراحی تیر و پروفیل IPE22 و دو ورق تقویتی با و این است؟ تیر را با یک شبکه جانبی کامل و پیوسته است.



$$w_u = 7.2 \times 2 + 1.6 \times 0.7 = 3.52 \text{ t/m} \Rightarrow M_u = \frac{w_u \ell^2}{8} = \frac{3.52 \times 5^2}{8} = 11 \text{ t.m}$$

مقاومت M_u IPE22 $= \phi M_n$: $M_n = F_y Z = 2400 \times 286 = 686 \text{ t.m}$

مقاومت M_u IPE22 $= 0.9 \times 686 = 618 \text{ t.m}$

ce: $\phi M_u = \phi F_y Z \Rightarrow \phi Z = \frac{11 \times 10^5 \text{ kg.m}}{0.9 \times 2400} = 509 \text{ cm}^3$

$$A_p = \frac{\phi Z - Z_b}{d + t} = \frac{509 - 286}{22 + 7.2} = 9.6 \text{ cm}^2 / 1.2 = 8 \text{ cm} = \frac{8}{1.2} \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta M}{M_{max}} = \left(\frac{\ell}{L} \right)^2 \Rightarrow \frac{11 - 618}{11} = \left(\frac{\ell}{500} \right)^2 \Rightarrow \boxed{\ell = 331 \text{ cm}}$$

$$\Rightarrow \text{Use } 350 \text{ cm} \Rightarrow \text{IPE } 22 + 2 \text{ pl } 350 \times 8 \times 1.2$$

www.30vilznu.iR

نظاسابت رسمے مهندسے عمران دانشگاه زنجان

بهترین منبع برای دریافت

جزوه ، گزارش کار ، نمونه سوالات و...

مهندسی عمران دانشگاه زنجان

بامادرارتباط باشید:

30vilznu.iR@Gmail.com

30vilznu@Gmail.com

پاپز ۱۳۹۳

www.30vilznu.iR