

جزوه درس طراحی سازه های فولادی 1

به روش تنش مجاز (ASD)

بر اساس ضوابط مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش 87)

مدرس : مهندس احمد رضا جعفری

www.jafarii.blogfa.com

نوتبرداری شده توسط : حمید ربانی ارشد

اسکن جزوه توسط : مسعود باغبانزادگان

توضیح :

این جزوه کامل نیست و بخش طراحی تیرهای لانه زنبوری از کتاب دکتر علیرضا رضاییان ، و بخشهای طراحی اعضای تحت اثر لنگر دو محوره و طراحی ورقهای زیرسری در محل بارهای متمرکز از روی کتاب مهندس شاپور طاحونی اضافه بر این جزوه تدریس میگردد.

Subject :

Year. Month. Date. ()

تنش مجاز سه بخش ۱-۱۰ محبت دهم

روشن‌های طراحی سازه

روشن‌های سه بخش ۲-۱۰ محبت دهم

فروق بین نحوه اعمال ضریب اطمینان است.

در تنش مجاز، ضریب اطمینان به تنش وارد می‌شود و تنش کمتر در نظر گرفته می‌شود.

در روشن‌های سه بار سه و بار بیشتر از بار واقعی

در نظر گرفته می‌شود.

روشن‌های سه، ترکیب دو روشن‌های مجاز و روشن‌های است. یعنی هم به مقدار بار

وارد می‌شود و هم تنش (ضریب اطمینان آن کوکس در نظر گرفته می‌شود).

بهترین روشن برای طراحی، روشن‌های سه است.

روشن‌های رایج، روشن‌های مجاز است.

در بتن، روشن‌های سه استفاده می‌شود.

امثال روشن‌های سه، ACI است (برای بتن).

مبنای این درس سه روشن‌های مجاز

MASOOMY

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

۱۰-۱-۳ اعضای کششی

اعضائی که تحت اثر نیروی محوری کششی هستند مثل بعضی از باربندها، اعضای خرپاها، سوله ها...

محدودیت لاغری $\frac{L}{r_{min}} \leq 300$
طول آزاد: L
شعاع گیرایش حداقل: r_{min}
↓
برای عضو فشاری مهم تر است
اما برای اعضای کششی هم رعایت می شود

توانی میل مهارهای کششی
قبل از بارگذاری باید تعیین کنند (در همان زمان نصب)
(نیروی کششی دارند)
 $\frac{L}{r_{min}} \leq 300$

d قطر میل مهار
باربند سقف سوله که افقی هستند و اتصال آنها با آن ها، قورباغه ای است.

مقاطع محاسباتی در اعضای کششی (ص 28 مبحث دوم)

۱. سطح مقطع کل (A_g)

سوراخ ها مثل بیج، از A_g کم نمی شود.
مجموع سطح مقطع اجزای تشکیل دهنده مقطع

$A_g = (20 \times 2) \times 2 + 30 \times 1 = 110 \text{ cm}^2$

MASOUMI

۲

Subject :

Year. Month. Date. ()

۲ سطح مقطع خالص عضو کششی (A_n)

سطح مقطع سوراخ ها - $A_n = A_g$

* در سوراخ استاندارد، قطر سوراخ برابر قطر میچ با اضافه 2 mm است و به اضافه اثر یانچ (2mm)

در سوراخ استاندارد

اثر یانچ + لقی مجاز + قطر میچ = قطر سوراخ
که 2mm که 2mm
در صورتی که سوراخ لا با یانچ ایجاد شود

البته، اگر سوراخ با متد ایجاد شود، اثر یانچ حذف می شود.

اگر قطر میچ داده شد $\leftarrow 4\text{ mm}$ (اثر یانچ در صورت لزوم)
در قطر سوراخ $\leftarrow 2\text{ mm}$ (اگر اثر یانچ داشت)
که لقی مجاز نداریم.

⚠ : مقطعی که دارای کمترین سطح یا بیشترین سوراخ را داشته باشد، مقطع مورد نظر

برای A_n است.

برای این کار ممکن است، مجبور شویم مقطع را به صورت خط شکسته

در نظر بگیریم که عبور از بیشترین سوراخ

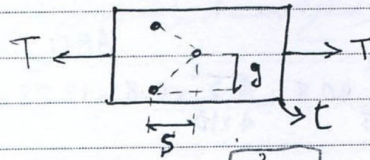
مجبور به حرکت می باشد

شوم

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

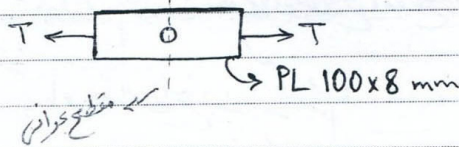


S: بعد موازی نیروی کششی

g: بعد عمودی نیروی کششی

Δ: به ازای هر خط مورب، باید یک بار عبارت $\frac{S^2 \times t}{4g}$ را به A_n بیفزاییم.

سوال ۱: مطلوب است A_n



سوراخ M_{20} با یانچ

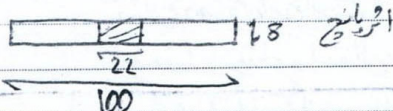
M: قطر سوراخ

M_{20} : قطر سوراخ 20

Φ: قطر یانچ

$$A_g = 10 \times 0.8 = 8 \text{ cm}^2$$

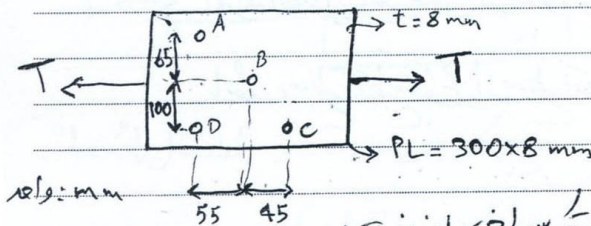
$$A_n = 8 - 1 \times (2 + 0.2) \times 0.8 = 6.24 \text{ cm}^2$$



لحاظ داریم، چون قطر سوراخ است.

سوال ۲: در شکل زیر مطلوب است محاسبی سطح مقطع خالص

قطر سوراخ: 24 mm و یانچ اجاز شده است.



$$A_g = 30 \times 0.8 = 24 \text{ cm}^2$$

چون دو سوراخ مستقیم داریم، مساحت سوراخ مجاز نیست

MASOOMY

۳

Subject :

Year. Month. Date. ()

مسیر AD

$$A_n = 24 - 2(2.4 \times 0.8) = 20.16 \text{ cm}^2$$

مسیر ABD

$$A_n = 24 - 3 \times (2.4 \times 0.8) + \frac{5.5^2}{4 \times 6.5} \times 0.8 + \frac{5.5^2}{4 \times 10} \times 0.8 = 19.78 \text{ cm}^2$$

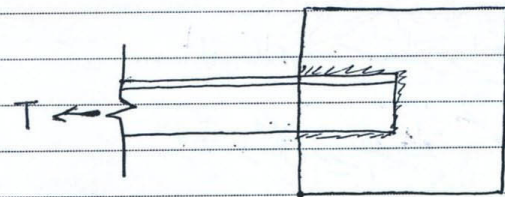
مسیر ABC

$$A_n = 24 - 3 \times (2.4 \times 0.8) + \frac{5.5^2}{4 \times 6.5} \times 0.8 + \frac{4.5^2}{4 \times 10} \times 0.8 = 19.57 \text{ cm}^2 \checkmark$$

چون به صورت مادی دو سوراخ، مقطع را جدا کرده اند، پس مسیر موردی که در نظر می گیریم، باید سه سوراخ در نظر بگیریم.

Δ: هر چه در S کمتر و g بیشتر باشد، مسیر بحرانی تر است.

۳ سطح مقطع مؤثر عضو کششی (A_e)



نشان دهنده این است که جهت انتقال نیرو، نقش اساسی دارد.

اگر در اتصال، یک بخش از عضو در انتقال نیرو نقش نداشته باشد یا نقش آن کم باشد، سطح مقطع مؤثر از سطح مقطع خالص کمتر خواهد بود.

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

سطح مقطع مؤثر نشان دهنده سطحی از مقطع است که در انتقال نیرو نقش دارد.

$$A_e \leq A_n$$

$$\begin{cases} A_e = U A_n \\ U \leq 1 \end{cases}$$

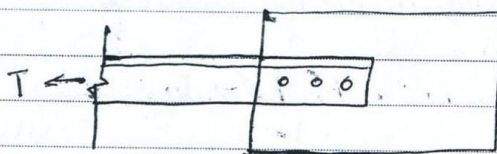
U ضریب سطح مؤثر

برای برخی حالت‌های خاص در صفحات 29 و 30 مبحث دوم، اشاره شده است که برای بقیه حالات باید به کتاب مرجع مراجعه شود.

$U = 1$ وقتی تمام اعضای (اجزای) یک عضو در انتقال نیرو نقش داشته باشند.

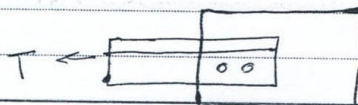
① $U = 0.85$
 (تغییر I و سیر I) (شکل T و نسب L)
 به شرط اتصال در هر دو طرف
 منظور از سیر I و سیر I کششی
 اتصال آن‌ها از بال مقطع است
 به شرط اینکه یک بال متصل باشد

* اگر تغییر I و سیر I، از بال و جان متصل باشند، $U = 1$ است.



② تمام اعضای با اتصال بی‌بی و بی‌بی که در هر دو طرف، 2 وسیله اتصال داشته باشند

$$U = 0.75$$



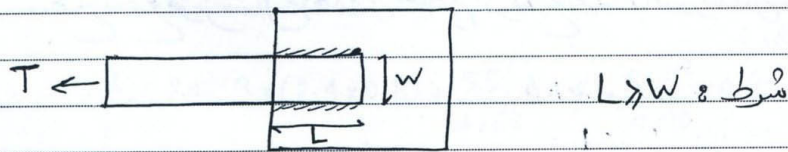
MASOOMY

ع

Subject :

Year. Month. Date. ()

III اتصال تسمه ورق به صورت جوش با شش خط جوش به موازات نیروی کششی در انتهای ورق



$$\text{if } w \leq L < 1.5w \Rightarrow u = 0.75$$

$$1.5w \leq L < 2w \Rightarrow u = 0.87$$

$$2w \leq L \Rightarrow u = 1$$

ورق های اتصال کششی

در حالت اتصال به یارنده ها و اتصال خرابی و موارد مشابه دیگر که تحت اثر نیروی کششی قرار می گیرند، سطح مقطع مؤثر برابر سطح مقطع خالص است. به شرط آنکه از 0.85 سطح مقطع کل بیشتر نشود.

$$A_e = A_n \leq 0.85 A_g$$

* اگر مقدار A_e (یا A_n) از $0.85 A_g$ بیشتر بود، $0.85 A_g$ را به عنوان سطح مقطع

در نظر می گیریم

MASOOMY

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

طراحی اعضای کششی

برای طراحی اعضای کششی، می توان بطور زیر به طور مفصل باید در نظر گرفته شوند:

$$T = \min \left\{ \begin{array}{l} T \leq 0.6 F_y \cdot A_g \quad \text{معیار تسلیم} \\ T \leq 0.5 F_u \cdot A_e \quad \text{معیار کشش} \end{array} \right.$$

F_u : تنش کششی
 F_y : تنش تسلیم
 T : نیروی کششی

$\frac{L}{r_{\min}} \leq 300$

برای میل مهارهای دارای بیشترین تغییر شکل

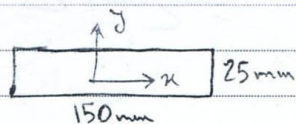
$$\frac{L}{d} \leq 300$$

(جائزین رابط اول)

$$T \leq 0.33 F_u \cdot A_g$$

برای میل مهارهای کششی (جائزین دو رابط اول) (میلر کشش)

مثال: حرکت طولی مجاز یک ورق مستطیلی کششی با سطح مقطع زیر محاسبه است.



$$\frac{L}{r_{\min}} \leq 300 \Rightarrow L \leq 300 r_{\min} = 2160 \text{ mm}$$

$$r_{\min} = r_x = \frac{b}{2\sqrt{3}} = \frac{150}{2\sqrt{3}} = 7.2 \text{ mm}$$

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}}$$

که زیر در راستای اعینر خم می شود

$$I_x \leq I_y \Rightarrow r_x \leq r_y$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times 150 \times 25^3 = 19.53 \Rightarrow I_{\min}$$

$$I_y = \frac{1}{12} \times 150^3 \times 25$$

$$15 \times 2.5$$

MASOOMY

5

Subject :

Year. Month. Date. ()

مثال: مطلوب است طراحی یک عضو کششی از مقطع نبشی یک برای تحمل نیروی کششی 8 ton

طول عضو 4 m، اتصال از طریق یکی از بال‌های نبشی توسط یک ردیف پیچ شامل

3 پیچ انجام می‌شود، قطر پیچ پیچ 20 mm است. مسواخ بافته ایجاد شده است

سم رابطی زیر به‌طور هم‌زمان، با بار ارضا شود

$$T \leq 0.6 F_y A_g \Rightarrow 8000 \leq 0.6 \times 2400 \times A_g \Rightarrow A_g \geq 5.5 \text{ cm}^2 \quad (1)$$

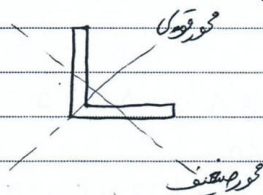
$$T \leq 0.5 F_u A_e \Rightarrow 8000 \leq 0.5 \times 3700 \times A_e \Rightarrow A_e \geq 4.32 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

$$\frac{L}{r_{min}} \leq 300 \Rightarrow \frac{400}{r_{min}} \leq 300 \Rightarrow r_{min} \geq 1.33 \text{ cm} \quad (3)$$

برای ابعاد جدول استال، کوچکترین مقطعی که روابط ① و ③ در آن برقرار باشد،

انتخاب می‌کنیم.

⚠️ مقطع ضعیف نبشی، افقی و عمودی نسبت



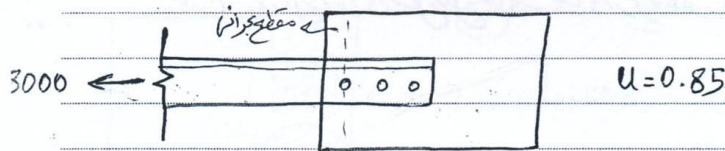
استال: $L_{70 \times 70 \times 6 \text{ mm}}$: $A_g = 8.13$
 ضعیف $r_{min} = 1.37$

حال رابطی ② را برای این مقطع استال می‌کنیم.

MASOOMY

Subject :

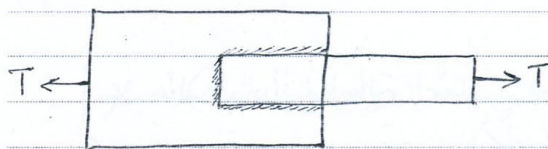
Year. Month. Date. ()



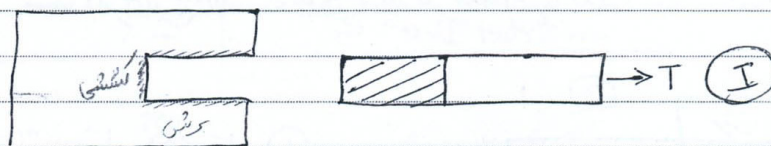
$$A_n = 8.13 - 1 \times (2) \times 0.6 = 6.93$$

$$A_e = u \cdot A_n = 0.85 \times 6.93 = 5.89 \geq 4.32 \checkmark$$

* اگر $A_e < 4.32$ بود، یک مقطع بالاتر در نظر می گیریم.
رئس قالبی در اتصال ورق ها و تیرهای ساختمانند و مرکب



فلس از دو قطعه، بعضی از قطعه ی دیگر را پوش می دهد و با خود جدا می کند.



برای آن که پوش قالبی خنده را بدهد، رابطی زیر باید برقرار باشد.

$$T \leq A_v \cdot F_v + A_t \cdot F_t$$

$$A_v : \text{سطح مقطع برشی} , F_v = 0.3 F_u$$

$$A_t : \text{ر کششی} , F_t = 0.5 F_u$$

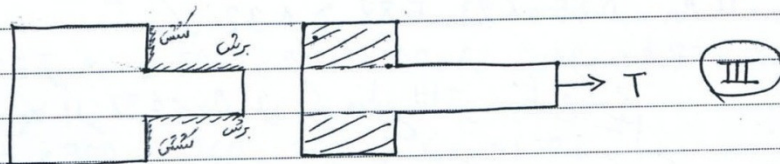
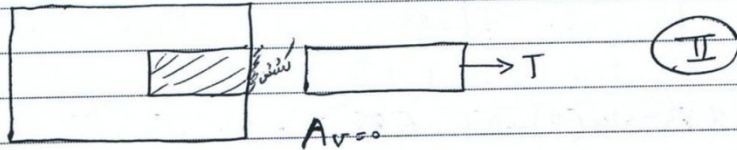
MASOOMY

4

Subject :

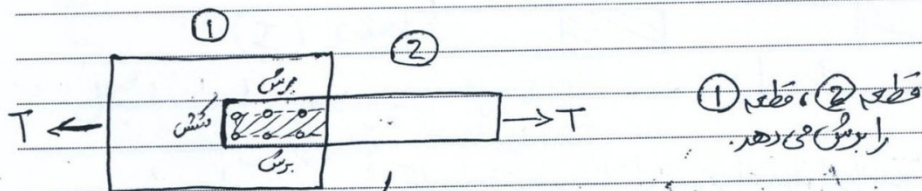
Year. Month. Date. ()

در کنترل برش قالبی باید حالت های مختلف فرض و جبران ترین حالت ، مبنای طراحی می شود
به عنوان مثال ، برای شکل قبل حالت های زیر مقصور است :



در (I) و (III) ، طول مقدار ناحیه کشش هر کدام کمتر شد ، جبران تر است

× حالت جبران ، حالتی است که سمت راست تساوی کمتر باشد (کوچکترین عدد)
در ، و قضا است که با کمترین برش قطع جاسود حالت (II)
— اگر همین حالت با هیچ به یکدیگر متصل باشند

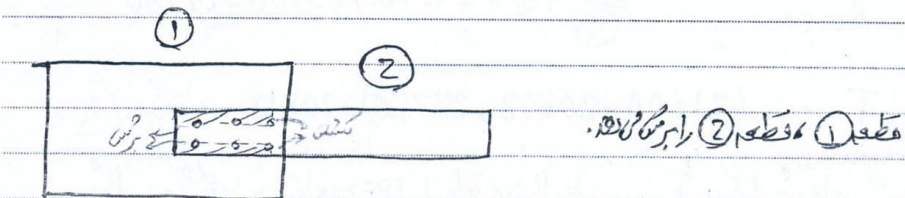
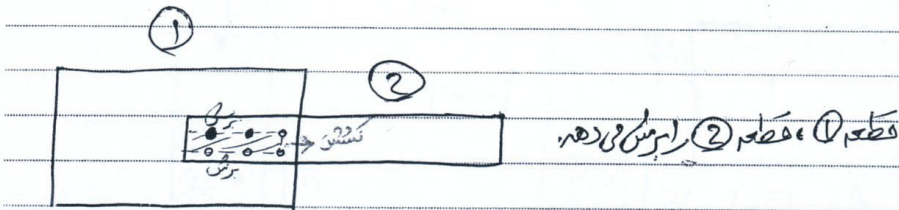
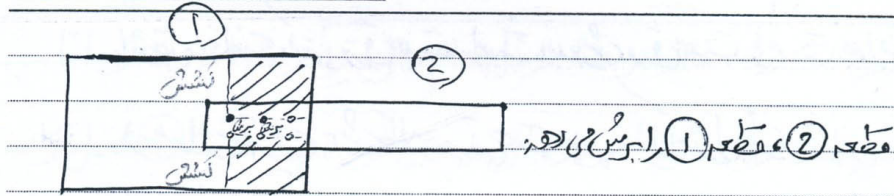


× در محاسبی A_v و A_t قسمت های سوراخ کسر می شوند

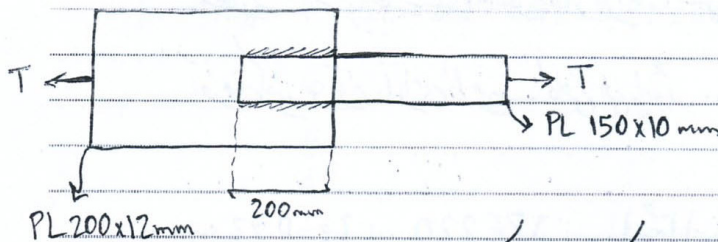
MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()



مثال: در شکل زیر مطلوب است محاسبی حداکثر نیروی کششی مجاز در این جابجاری است. قالبی را در نظر بگیرید.



در این جابجاری است که سطح مقطع کمتری دارد و معیار محاسبه قرار می دهیم.

$$T \leq 0.6 F_y \cdot A_g = 0.6 \times 2400 \times (15 \times 1) = 21600$$

$$T \leq 0.5 F_u \cdot A_e = 0.5 \times 3700 \times 11.25 = 20812$$

$$W = 15 \leq 20 \leq 1.5 \times 15 = 22.5 \Rightarrow U = 0.75$$

MASOOMY

$$A_n = A_g = 15 \Rightarrow A_e = 0.75 \times 15 = 11.25$$

Subject :

Year.

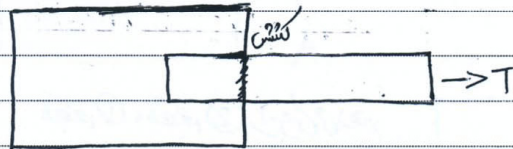
Month.

Date.

()

کنترل برش قالی

با توجه به ضخامت کمتر ورق سمت راست، برش ورق سمت راست مجزا تر خواهد بود.
(به عنوان نمونه برش قالی ورق سمت چپ نیز کنترل شود).



$$A_t = 15 \times 1 = 15$$

$$A_{tV} = 0$$

$$\Rightarrow T \leq 0 + 15 \times 0.5 \times 3700 = 27750$$

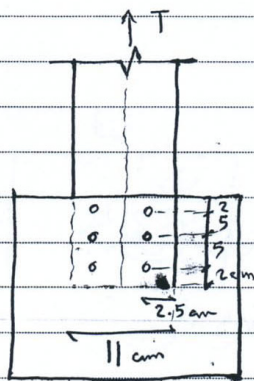
$$\Rightarrow T = \min(21600, 20812, 27750) = 20812$$

مثال: در شکل زیر مقطع IPE 220 از طریق دو بال خود به دو ورق متصل شده است، هر بال توسط

دو ردیف سیم‌پای، به قطر 20 mm، سوراخ‌ها با فاصله ایجاب شده است.

مطلوب است محاسبی گشتش مجاز را بر اساس برش قالی.

فرض کنید ورق دارای ظرفیت کافی می باشد.



استان: IPE 220 : $t_f = 0.92 \text{ cm}$

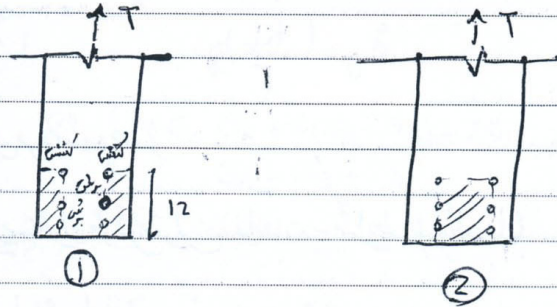
MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

در حالت ②، علاوه بر جوش از رال، تمام جان تراکن هم باید بریده شود اما

در حالت ①، تنها لبه های بال بریده می شود، پس حالت ① محتمل تر است.



قطر سوراخ: $d = 2 + 0.2 + 0.2 = 2.4$
لغی

$$A_t = 4 \times \left(2.5 - \frac{2.4}{2} \right) \times 0.92 = 4.78$$

--- ④

$$A_v = 4 \times (12 - 2.5 \times 2.4) \times 0.92 = 24.57$$

--- ④

④

④

$$\Rightarrow T \leq 0.3 \times 3700 \times 24.57 + 0.5 \times 3700 \times 4.78 = 33352 \text{ kg}$$

MASOOMY

A

Subject :

Year. Month. Date. ()

10-1-4

اعضای فشاری

ستون باریک و ...

$$\lambda = \left(\frac{KL}{r} \right) \text{ ضریب لاغری}$$

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda_x = \left(\frac{KL}{r} \right)_x$$

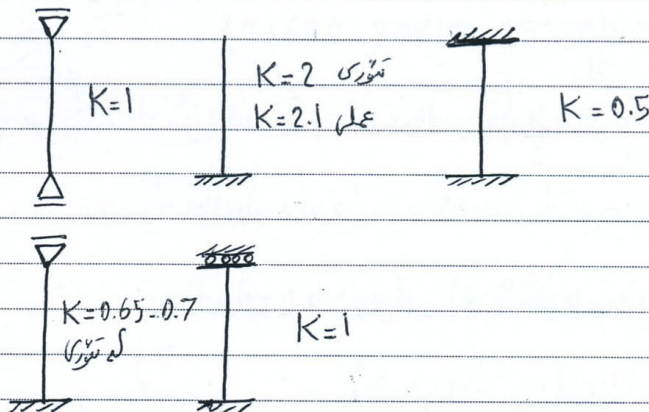
$$\lambda_y = \left(\frac{KL}{r} \right)_y$$

$$\lambda_{max} = \max(\lambda_x, \lambda_y)$$

L: طول مهارشده عضو

K: ضریب طول مؤثر ستون (وابسته به شرایط تکیه‌گاهها)

r: شعاع گیراسیون



درجه دوم برای تعیین ضابطه K از بند 10-1-4 استفاده می‌کرد.

10-1-4-1-1

قاب‌های مهارشده

برخی از قاب‌های خمشی به دلیل سختی زیاد ستون‌ها و تیرها می‌توانند مهارشده فرض شوند.

در این قاب‌ها، ضریب المینان را $K=1$ در نظر می‌گیریم.

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

2-1-4-1-10

قاب های مهار شده

سختی جانبی قاب زیاد نیست، در نتیجه تغییر شکل جانبی ستون ها قابل توجه است.

اگر K

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

A: پائین ستون B: بالای ستون

G در هر انتهای ستون، نسبت مجموع $\frac{EI}{L}$ ستون ها به $\frac{EI}{L}$ تیرهای منتهی به انتهای مورد نظر از ستون در صغری گمانش

$$G = \frac{\sum (\frac{EI}{L})_{col}}{\sum (\frac{EI}{L})_{beam}}$$

I باید حول محور گمانش باشد

⚠ محور گمانش عمود بر محور قاب (صغری گمانش) می باشد

مقدار G برای انتهای ستون، اگر مفصل به تکیه گاه گیردار باشد $G=1$

$G=10$ به تکیه گاه مفصلی

* در محاسبه G ، تیرهای طره و تیرهایی که به ستون اتصال مفصلی دارند را

حذف می کنیم.

MASOOMY

9

Subject :

Year.

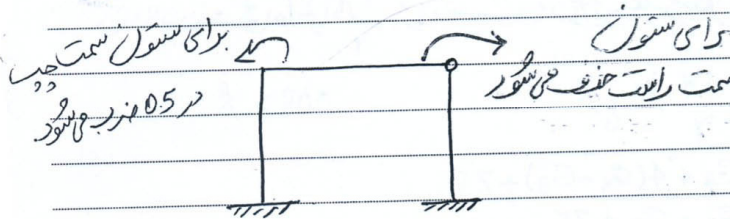
Month.

Date.

()

التر اتصال ستون کمر دار باشد ، اما در انتهای دیگر آن به ستون مجاور ،

اتصال مفضل باشد ، $\frac{EI}{L}$ متر در 0.5 ضرب می شود



2-4-1-10

تنش های مجاری

- محاسب λ_{max}

- مقایسه با C_c

تنش بحرانی

$$\lambda_{max} \leq C_c$$

التر

$$F_a = \frac{1}{F.S} \left[1 - 0.5 \left(\frac{\lambda_{max}}{C_c} \right)^2 \right] F_y$$

کمترین ضریب ارتجاعی (کمترین انعطاف)

$$\lambda_{max} > C_c$$

التر

$$F_a = \frac{10500000}{\lambda_{max}^2}$$

کمترین ضریب ارتجاعی (کمترین انعطاف)

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{F_y}}$$

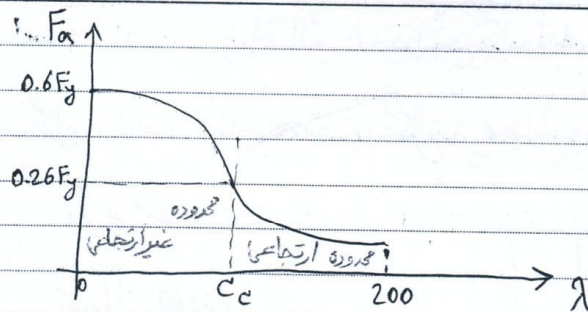
C_c : هر چه کمترین ضریب ارتجاعی و غیر ارتجاعی

$$F_y = 2400 : C_c \approx 130$$

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()



$$F_s = 1.67 + 0.375 \left(\frac{\lambda_{max}}{C_e} \right) - 0.125 \left(\frac{\lambda_{max}}{C_e} \right)^3$$

برای ST 37 و ST 52، جدولی در مجلد 10 آمده است. (ص ۴۶۷ و ۴۶۸ مجلد ۱۰)

به جای استفاده از روابط فوق، می توان تنش مجاز را از جدول آماده کرده در مراجع

مختلف از جمله مجلد دهم موجود است، استخراج نمود.

برای لاغری هایی که در این جدول وجود ندارد، از درون یابی استفاده می کنیم.

⚠ برای ستون ها، غیر از ترکیب بارهای عادی، باید از ترکیب بارهای زیر نیز

که به ترتیب بارهای تشدید یافته معلوم اند، استفاده نمود:

$$0.75 (D + L \pm n \cdot E)$$

که امگا

$$0.75 (D \pm n \cdot E)$$

ضریب اضافه مقاومت: n

نوع سازه	n
قاب مفصلی	2
قاب خمشی	2.8
قاب های با سیستم سازه ای دوگانه	2.4

MASOOMY

(دیوار برشی یا بادبند + قاب خمشی)

۱۰

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

استفاده از ترکیب بارهای شده و در حالتی است که:

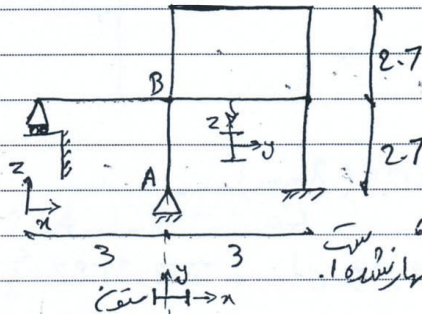
نمایش از ترکیب بارهای

$$F_a \leq 0.4$$

به تنش فشاری موجود

مسئله: در قاب مهاربندی شده شکل زیر، ضریب طول مؤثر ستون AB را بدست

آورید.



تیرها: IPE160

ستونها: IPE180

اگر در صورت سؤال، کمبری مهاربندی شده قید نشده بود، چون اتصال تیر به متصل به B غایب است، قاب مهاربندی شده اگر مفصل بود، مهاربندی بود.

قاب در صفحه xz محور گشتش: I_y

در یک قاب، می توان بر خیز از طبقات مهاربندی و بر خیز دیگر مهاربندی باشند.

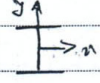
* شرط مهاربندی این است که حرکت جانبی در ابتدا و انتهای ستون مقید شده باشند.

برای مثال، اگر مفصل بود، طبقه اول مهاربندی و طبقه دوم مهاربندی بود.

$$G_A = 10$$

تک تیر مفصلی

استال IPE 160
IPE 180



معمولاً این شکل است

$$G_B = \frac{\frac{1320}{270} + \frac{1320}{270}}{\frac{869}{300} + \frac{869 \times 0.5}{300}}$$

که انتهای تیر مفصلی است

در صورت \rightarrow در صورت (محور موازی بالا)

$$I_{x16} = 869 \text{ cm}^4$$

$$I_{x18} = 1320 \text{ cm}^4$$

$$G_B = 2.25$$

$$K = \sqrt{\frac{1.6 \times 10 \times 2.25 + 4 \times (10 + 2.25) + 7.5}{10 + 2.25 + 7.5}} = 2.16$$

MASOUMY

Subject :

Year.

Month.

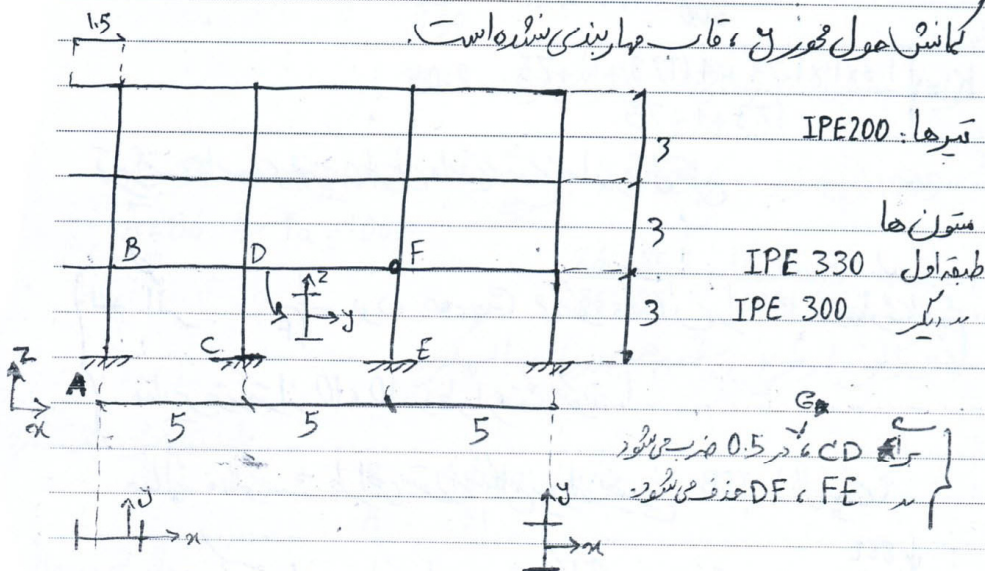
Date.

()

تعیین : محاسبی ضریب طول مابین ستون ها در مثال قبل

مثال : در قاب شکل زیر ، محاسبی ضریب K برای ستون AB ، برای

گمانش حول محورین ، قاب مهار بندی شده است .



صفحه xz ← محور گمانش y ← I_y

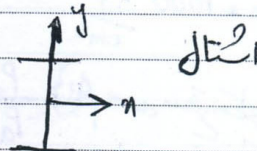
y برای ستون ، محور موازی بال
ان تیر

محور موازی بال در استال x ← I_x در استال

IPE 200 : $I_x = 1940 \text{ cm}^4$

IPE 300 : $I_x = 8360$

IPE 330 : $I_x = 11770$



MASOOMY

11

Subject :

Year. Month. Date. ()

انتقال کسری دار $G_A = 1$
طرحها نادیده گرفته می شود.

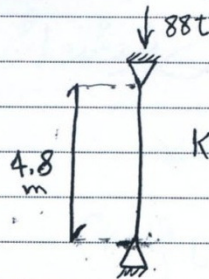
$$G_B = \frac{\frac{11770}{300} + \frac{8360}{300}}{\frac{1940}{500}} = 17.3$$

$$K = \sqrt{\frac{1.6 \times 1 \times 1.73 + 4(17.3 + 1) + 7.5}{17.3 + 1 + 7.5}} = 2.05$$

قرین: جاسبی ضریب طولی و افقی ستون ها در مثال قبل

اگر $\frac{F}{G} = 1$ بود، $G_B = 1$ می شود، که آن را 10 در نظر می گیریم.
مقادیر بزرگتر از 10، 10 در نظر گرفته می شوند.

مثال: مطلوب است طراحی ستون شکل زیر از نوع IPB (بال بین)



از حرکت جانبی دو انتهای هر دو ضلع مهارش جلوگیری شده است.

$K_x = K_y = 1$ (قاب مهار شده)

چون مقطع نامعلوم است، ابتدا یک ستون مجاز حدین می زنیم

محدوده مناسب برای حدین اولیه $F_a = 800 - 1200$

فرض $F_a = 1000 \text{ kg/cm}^2$

استان $A \geq \frac{P}{F_a} = \frac{88000}{1000} = 88 \Rightarrow \text{IPB 220: } A = 91 \text{ cm}^2$

$r_x = 9.43$

$r_y = 5.59$

MASOOMY

اولین مقطع که A آن بزرگتر از 88 باشد در نظر می گیریم.

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

محاسبه (اغزی ستون)

$$\left. \begin{aligned} \lambda_x &= \frac{1 \times 480}{9.43} = 50.9 \\ \lambda_y &= \frac{1 \times 480}{5.59} = 85.9 \end{aligned} \right\} \lambda_{max} = 85.9$$

مراجعه به جدول تنش های مجاز (برای فولاد ST37)

$$\lambda = 85 \Rightarrow F_a = 1012$$

$$\lambda = 86 \Rightarrow F_a = 1004$$

$$\lambda = 85.9 \Rightarrow F_a = 1005$$

$$\frac{86 - 85.9}{86 - 85} = \frac{1004 - x}{1004 - 1012} \Rightarrow x = 1005$$

* می توان از طریق خطی هم به دست آورد

محاسبه تنش موجود

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{88000}{91} = 967$$

مقایسه تنش موجود و مجاز

$$967 \leq 1005 \checkmark$$

مقطع بزرگتر \Rightarrow مجاز \Rightarrow موجود \Rightarrow اگر \triangle

موجود \ll مجاز
هر چند مقطع جوابگو نیست، اما اقتصادی نیست، مقطع باید کوچکتر باشد

مجاز $<$ موجود
هم جوابگو و هم اقتصادی است

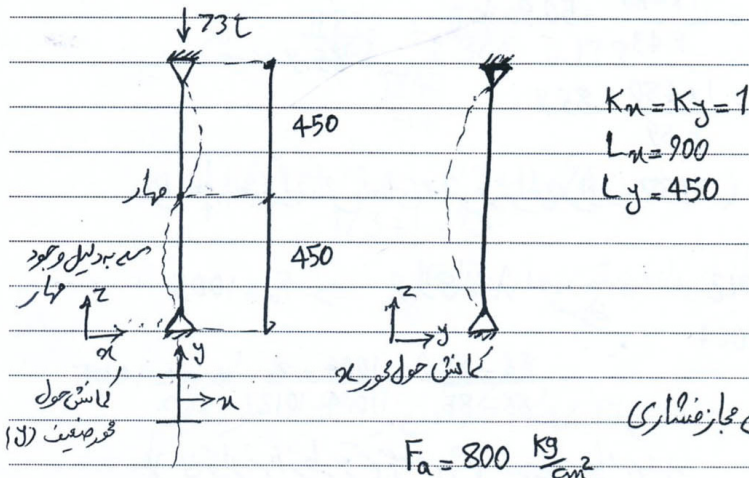
MASOOMY

K

Subject :

Year. Month. Date. ()

مثال: مطلوب است طراحی ستون شکل زیر از نوع IPB
ستون از بالا و پایین مفصل بوده و از انتقال جانبی آن جلوگیری شده است.
توسط یک مهار جانبی از گمانش ستون حول محور ضعیف در وسط ارتفاع جلوگیری شده است.



حس اولی برای تنش مجاز فشاری

$$F_a = 800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$A \geq \frac{P}{F_a} = \frac{73000}{800} = 91.25 \xrightarrow{\text{استال}} \text{IPB 240} \begin{cases} A = 106 \\ r_x = 10.3 \\ r_y = 6.08 \end{cases}$$

که محورها استال با محورها ستون مورد نظر
منطبق است

$$\Rightarrow \left. \begin{aligned} \lambda_x &= \frac{1 \times 900}{10.3} = 87.4 \\ \lambda_y &= \frac{1 \times 450}{6.08} = 74.01 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \lambda_{\max} = 87.4$$

مراجعه به جدول تنش های مجاز

$$\lambda = 87 \Rightarrow F_a = 997$$

$$\lambda = 88 \Rightarrow F_a = 990$$

$$\text{دوینایی} \Rightarrow F_a = 994$$

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

$$f_a = \frac{73000}{106} = 689 \leq 994$$

اقتصادی نیست

یک نمونه پاشن می آوریم

$$\text{IPB 220} : \begin{cases} A = 91 \\ r_x = 9.43 \\ r_y = 5.59 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \lambda_x &= \frac{1 \times 900}{9.43} = 95.4 \\ \lambda_y &= \frac{1 \times 450}{5.59} = 80.5 \end{aligned} \Rightarrow \lambda_{max} = 95.4$$

- جدول تنش های مجاز

$$\lambda = 95 \Rightarrow F_a = 937$$

$$\lambda = 96 \Rightarrow F_a = 930$$

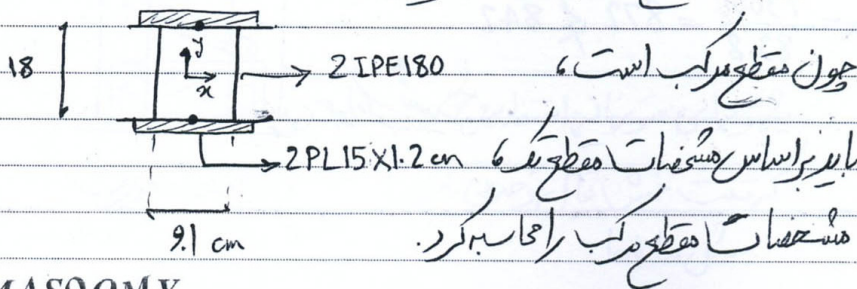
$$\text{در میان} \Rightarrow F_a = 934$$

$$f_a = \frac{73000}{91} = 802 \leq 934 \checkmark \text{ O.K}$$

بهتر است، یک نمونه هم پاشن تر بیاوریم، تا بررسی شود

مثال: در مثال قبل، اگر به جای مقطع IPB از مقطع شکل زیر استفاده شود،

کنترل کنید مقطع جوابگو است یا خیر.



MASOOMY

۱۳

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

مثال IPE 180

$$A = 23.9, I_x = 1320, I_y = 101$$

$$I = \sum (I_i + A_i d_i^2)$$

حساب میخیزات مقطوع مرکب

$$I_x = 2(1320 + 0) + 2\left(\frac{1}{12} \times 15 \times 1.2^3 + (15 \times 1.2) \times \left(\frac{18 + 1.2}{2}\right)^2\right)$$

$$\Rightarrow I_x = 5962$$

$$I_y = 2 \times \left[101 + 23.9 \times \left(\frac{9.1}{2}\right)^2\right] + 2\left(\frac{1}{12} \times 15^3 \times 1.2 + 0\right)$$

$$\Rightarrow I_y = 1866$$

$$A_T = 2 \times 23.9 + 2 \times 15 \times 1.2 = 83.8$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_T}} \Rightarrow r_x = \sqrt{\frac{5962}{83.8}} = 8.4 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_T}} \Rightarrow r_y = \sqrt{\frac{1866}{83.8}} = 4.7 \text{ cm}$$

حساب لامبری

$$\lambda_x = \frac{1 \times 900}{8.4} = 107$$

$$\lambda_y = \frac{1 \times 450}{4.7} = 95.7$$

$$\Rightarrow \lambda_{max} = 107$$

$$F_a = 842$$

جدول تنش های مجاز

$$f_a = \frac{73000}{83.8} = 872 \neq 842$$

نسبت جوانبگر نیست

MASOOMY

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

ستون بهینه

حالتی است که لاغری ستون در جهت تقریباً یکسان باشد.

$$\lambda_x = \lambda_y$$

برای بهینه کردن ستون، معمولاً از ستون های دایره ای و یا فاصله استفاده می کنند.

فاصله بین مرکز دو مقطع به گونه ای در نظر گرفته می شود که لاغری حول هر دو محور

تقریباً یکسان باشد.

* اگر فاصله بین دو ستون ایجاد شود، برای اتصال آن ها باید از ورق بست

استفاده شود.

ورق بست می تواند به صورت هوزری (افقی) یا مورب اجرا شود.

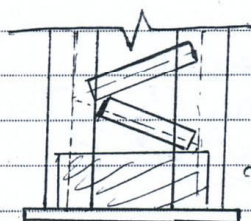
3-4-4-1-10

مضابط طراحی بست های مورب خنک کاری نیست

در شماره ها کاربرد دارد

4-4-4-1-10

افقی



بست مورب

در جابجایی مشخصات ستون،

بست ها لحاظ نمی شوند.

بیشتر برای ستون های استفاده می شود

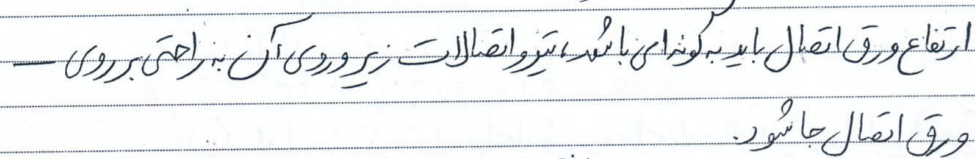
که تحت تنش قابل توجهی باشند

مثل میناوها

MASOOMY

۱۴

5-3-3-101



کہ بین دو ورق افعال و انتہائی

تغییر فاصله بین زوهار و سبت (۲۱)

1) $L_1 = \frac{1}{3} \times \text{فاصله اکزاد بین ورق اتصال و نوار}$

2) لانغری عضو تک بین دوزوق بیست متوالی باید در رابطہ های زیر صدق کند

$\frac{L_1}{r_1} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{L_1}{r_1} \leq 40 \\ \frac{L_1}{r_1} \leq 0.75 \lambda_y \end{array} \right.$

MASDOMY.

حول مورد برای
کل مقطع ستون به صورت مرکب

Subject :

Year. Month. Date. ()

تعیین ابعاد ورق بست

$$t \geq \frac{b}{40}$$

چند سانتیمتر + b = عرض ورق
2.4 cm

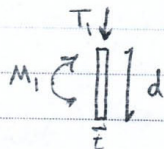
* t بهتر است کمتر از ضخامت بال تیر آهن نباشد.

تعیین ارتفاع ورق

$$d \geq \frac{1}{2} b$$

مقطع ورق بست، باید تحت اثر نیروی برش و لنگ خمشی زیر محاسب شود و بر اساس آن،

ارتفاع ورق بست به نسبت می آید.



$$T_1 = \frac{V \cdot L_1}{2b}$$

$$M_1 = \frac{V \cdot L_1}{4}$$

$$V = 0.02 P + V(m) \quad P: \text{بار محوری فشاری ستون}$$

کنترل برای برش:

تنش برش ماکزیم $F_{v \max} = \frac{3 T_1}{2 d \cdot t} \leq 0.4 F_y = F_v$

کنترل برای خمش:

تنش خمشی ماکزیم $f_b = \frac{M_1}{S} = \frac{M_1}{\frac{t d^3}{6}} \leq F_b = 0.6 F_y$

دور از پلای فوق، 2 مقدار برای d به نسبت می آید که d max جواب است.

MASOOMY

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

اقبال حالت شرط زیر:

۱۵

Subject :

Year. Month. Date. ()

! در شکل ۵-۱-۱۰، شکل ۷ نمایش داده شده است.

میتوانیم

در صورت رعایت تمام موارد فوق، لاغری مؤثر ستون در جهت محور z از رابطه

زیر قابل محاسب است:

$$\lambda_{ye} = \sqrt{\lambda_y^2 + \left(\frac{L_1}{r_1}\right)^2}$$

$$\lambda_{max} = \max(\lambda_x, \lambda_{ye})$$

بقیه محاسبات مشابه ستون z می باشد

λ_y : ستونهای آزاد

λ_{ye} : در بایست

چالکین λ_y می شود $\Rightarrow \lambda_{ye}$

مسئله: برای ستون با مشخصات زیر مطلوب است طراحی ورق های بست افقی و محاسبی

ظرفیت بار محوری فشاری ستون

ارتفاع تیر به انضمام نبشی بالا و پائین آن، در حدود 45 cm است.

طول مهارشده ستون در دو جهت y و z ، 3.5 m است و ستون

در دو جهت، عصبه های از یک قاب مهارشده می باشد.

MASOOMY

Subject :

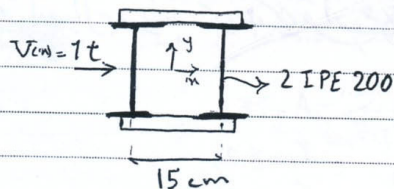
Year.

Month.

Date.

()

بارشوری فشاری ستون : 50 ton



$$L_x = L_y = 3.5 \text{ m}$$

قاب : $K_x = K_y = 1$
هاربندی شده

ورق انتهایی

عرض : $20 > 15$ مد عرض منطبق

ارتفاع : $20 > 15$

ضخامت : $t > \frac{15}{40} = 0.375$
چون به لحاظ اجرایی کم نشود

6 گرفتیم، در محاسبات 0.5 درست است
 $t = 6 \text{ mm}$

بدرجوش

$$0.7 \times 6 \text{ mm} = 4.2 \text{ mm} \rightarrow 5 \text{ mm}$$

ورق اتصال

عرض : 20 cm

ضخامت : 6 mm

ارتفاع : $50 \geq 45$ (5 سانتی متر از ارتفاع تیر مانده)

تعیین فاصلی بین ورق های بست

$$L_1 = \frac{1}{3} \times \text{فاصله آزاد ورق انتهایی و اتصال}$$

MASOOMY

۱۴

Subject :

Year. Month. Date. ()

تعیین

$$L_1 \leq \frac{1}{3} (350 - 20 - \frac{50}{2}) = 101.6$$

با فرض آنکه 3.5 م، از آن پس به حساب می آید، که بر این اساس نصف ارتفاع ورق اتصال در طبقه کی بعدی قرار می گیرد.

$$1) \quad \frac{L_1}{r_1} \leq 40 \Rightarrow L_1 \leq 40 r_1$$

$\Rightarrow r_1 = 2.24$ $\Rightarrow L_1 \leq 40 \times 2.24 = 89.6 \text{ cm}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{انتخاب} \\ \text{IPE200} \end{array} \right. \begin{array}{l} A = 28.5 \\ r_x = 8.26 \\ r_y = 2.24 \\ I_x = 1940 \\ I_y = 142 \end{array}$
---	--

$$2) \quad L_1 \leq 0.75 \lambda_y$$

برای محاسبی λ_y به I_y مقطع دوجبل نیاز داریم.

محاسبی I_y برای مقطع دوجبل

$$I_y = 2 \times \left[142 + 28.5 \times \left(\frac{15}{2} \right)^2 \right] = 3490.25 \text{ cm}^4$$

⚠: ورق بست، در محاسبی مساحت مقطع، محاسب نمی شود.

$$A_T = 28.5 \times 2 = 57 \text{ cm}^2$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_T}} = \sqrt{\frac{3490.25}{57}} = 7.82$$

$$\lambda_y = \frac{1 \times 350}{7.82} = 44.8$$

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

$$L_1 \leq 0.75 \times 44.8 \times 2.24 = 75$$

$$\frac{f_1}{f_1} \leq 0.75 \lambda_g$$

$$L_1 \leq \text{Min}(101.6, 89.6, 75) = 75 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow L_1 = 75 \text{ cm}$$

تعیین ابعاد ورق بست

$$t \geq \frac{15}{40} = 0.375$$

$$\Rightarrow t = 6 \text{ mm}$$

ضلع

عرض

$$20 \geq 15$$

ارتفاع

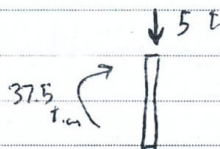
$$V = V(m) + 0.02 P = 1000 + 0.02(50000)$$

$$\Rightarrow V = 2000 \text{ Kg}$$

$$T_1 = \frac{V L_1}{2b} = \frac{2000 \times 75}{2 \times 15} = 5000 \text{ Kg}$$

$$M_1 = \frac{V L_1}{4} = \frac{2000 \times 75}{4} = 37500 \text{ Kg-cm}$$

طراحی برای برش



$$f_{vmax} = \frac{3T_1}{2dt} = \frac{3 \times 5000}{2 \times d \times 0.6} \leq 0.4 F_y = 960$$

$$\Rightarrow d \geq 13 \text{ cm}$$

طراحی برای خمش

$$f_b = \frac{6M_1}{td^2} = \frac{6 \times 37500}{0.6 \times d^2} \leq 0.6 F_y = 1440$$

$$d \geq 16.1 \text{ cm}$$

MASOOMY

✓

Subject :

Year. Month. Date. ()

$$d \geq \frac{b}{2} = 7.5$$

$$d \geq \max(13, 16.1, 7.5) = 16.1 \text{ cm}$$

$$d = 18 \text{ cm}$$

دلیل زیاده شدن آن، کم بودن ضخامت است.

* معقولاً در اجلا، فاصله بین 75 و 40 تا 50 می گیرند.

* هم چنین اگر د، ضریب 5 باشد، بهتر است.

$$\begin{cases} t = 8 - 10 \\ d = 10 - 15 \\ L = 40 - 50 \end{cases}$$

$$\lambda_y = \frac{1 \times 350}{7.82} = 44.8$$

$$\lambda_{ye} = \sqrt{44.8^2 + \left(\frac{75}{2.24}\right)^2} = 55.9$$

$$\begin{cases} \lambda_n = \left(\frac{KL}{r}\right)_x \\ r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{3880}{57}} = 8.26 \Rightarrow \lambda_n = \frac{1 \times 350}{8.26} = 42.4 \\ I_x = 2 \times 1940 = 3880 \end{cases}$$

$$\lambda_{\min} = \max(42.4, 55.9) = 55.9$$

مراجعه به جدول

تنش ای مجاز : $F_a = 1202$

بار مجاز

$$P_{att} = F_a \cdot A = 1202 \times 57 = 68514 > 50000 \quad \checkmark \text{ O.K.}$$

جواب دهنده

MASOOMY

Subject :

Year.

Month.

Date. ()

10-1-2-6

تقسیم بندی مقاطع فولادی

فشرده به جان و بال، اتصال بر تسمه‌ای دارند.
مقاطع غیر فشرده
بال اجزای ال‌اندر

اگر نسبت عرض به ضخامت زیاد باشد، احتمال کم‌شدن زیاد است.

- مقاطع فشرده

مقاطع هستند که در آن‌ها، اتصال بال به جان مقطع به صورت بر تسمه‌ای می‌باشد.

و هم چنین جهت جلوگیری از گشایش موضعی اجزای تشکیل دهنده مقطع،

نسبت عرض به ضخامت اجزای مختلف آن از مقادیر مجاز درج شده

در جدول 10-1-2-1 جهت دوم برای مقاطع فشرده کمتر است.

* مقاطع نیروی که اتصال بال به جان آن‌ها، معمولاً با جوش یا پیوسته انجام

می‌شود، فشرده محسوب نمی‌شود.

* مقاطع دارای سوراخ در جان، مثل مقاطع لانه زنبوری، جهت اطمینان

غیر فشرده فرض می‌شود.

* مقاطع نورده شده دارای بر اثر فشرده شدن (مقاطع کارخانه‌ای)

MASOOMY

۱۱

Subject :

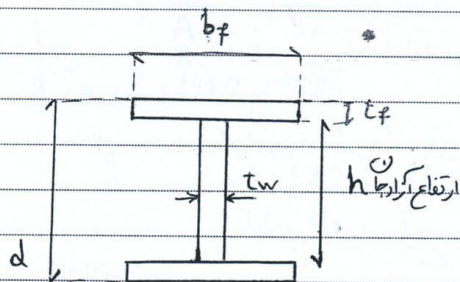
Year. Month. Date. ()

- مقاطع غیر فشرده
مقاطع هستند که شرایط مقاطع فشرده را دارا نباشند و نسبت عرض به
تخامت اجزای مختلف آن ها از مقادیر درج شده در جدول ۱۰-۱-۲-۱
برای مقاطع غیر فشرده کمتر است.

- مقاطع با اجزای لاغر
مقاطع هستند که نه فشرده و نه غیر فشرده هستند.
استفاده از این مقاطع تنها برای جان تیروورق ها و ابر عایت ضوابط
بخش ۱۰-۱-۶ مجاز است.

۱۰-۱-۵

اعضای خمشی



تیرها، اعضای خمشی اند.

عایت کمانش برش جان لازم نیست

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow \text{عضویت است} \Rightarrow \text{ضوابط بخش ۱۰-۱-۵}$$

$$\frac{h}{t_w} > \frac{3185}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow \text{عضو جان لاغر} \Rightarrow \text{اگر کمانش برش جان، باید در آن دیده شود}$$

MASOOMY

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

$$F_y = 2400 : \frac{3185}{\sqrt{F_y}} \approx 65$$

✗ اگر بیشتر از 65 شود، تیر ورق است که در فولاد ۲، جفت می شود.

تیر یا مهار جانبی در بال فشاری

بدون در

مهار جانبی: هر عضوی که جلوی حرکت جانبی بال فشاری را بگیرد مثل دال سقف در سقف تیرچه بلوک، کامپوزیت، تیرچه کرومیت، که برای بال بالا، مهار جانبی محسوب می شود.

Δ : معمولاً بال بالا، فشاری است.

✗ تیرچه ها و تیرهای فرعی، در صورتی که اتصال کافی به بال فشاری داشته باشند،

مهار جانبی محسوب می شوند.

اعضای خمشی، در صورتی دارای مهار فرض می شوند که:

$$L_c \leq \min \left(\frac{635 b_f}{\sqrt{F_y}}, \frac{14 \times 10^5}{\left(\frac{d}{A_f} \times F_y \right)} \right)$$

عرض بال فشاری

$$\int A_f = b_f \cdot t_f \quad \text{مساحت بال فشاری}$$

ارتفاع مقطع

L_c : فاصله بین مهارهای جانبی

MASOOMY

19

Subject :

Year. Month. Date. ()

مقطع با مهار جانبی

تشن مجاز برای
مقاطع I شکل یا
ناوردانی حول محور قوی

$$\left. \begin{array}{l} F_b = 0.66 F_y \text{ مقطع فشرده} \\ F_b = 0.6 F_y \text{ مقطع غیر فشرده} \end{array} \right\}$$

~~AKS~~

x مقاطع خنثی بدون مهار جانبی در رال فشاری

یا 1-15-10

تشن مجاز خنثی حول محور ضعیف برای مقاطع I شکل، توپر، مستطیل، تنه

10-1-5-2

$$\left\{ \begin{array}{l} F_b = 0.75 F_y \text{ مقاطع فشرده} \\ F_b = 0.6 F_y \text{ مقاطع غیر فشرده} \end{array} \right.$$

برای مقاطعی که حول محور ضعیف، تشن مجاز خنثی را بدست می آوریم، بدون یا
نوردن مهار تأثیری ندارد.

⚠ استثناء:

مقاطع I و H با دو محور تقارن، در صورتی که بال آن ها، شرایط فشردهگی
را نداشته باشند.

$$F_b = \left[1.075 - 0.006 \left(\frac{b_f}{2t_f} \right) \sqrt{F_y} \right]$$

واحد: $\frac{Kg}{cm}$

MASOOMY شرط: $\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{795}{\sqrt{F_y}}$ در غیر این صورت، مقطع با عضو لاغر محسوب می شود.

Subject :

Year. Month. Date. ()

10-1-5-3

تشریح جزیع برای مقاطع قوطی ولول

10-1-5-4

در برش

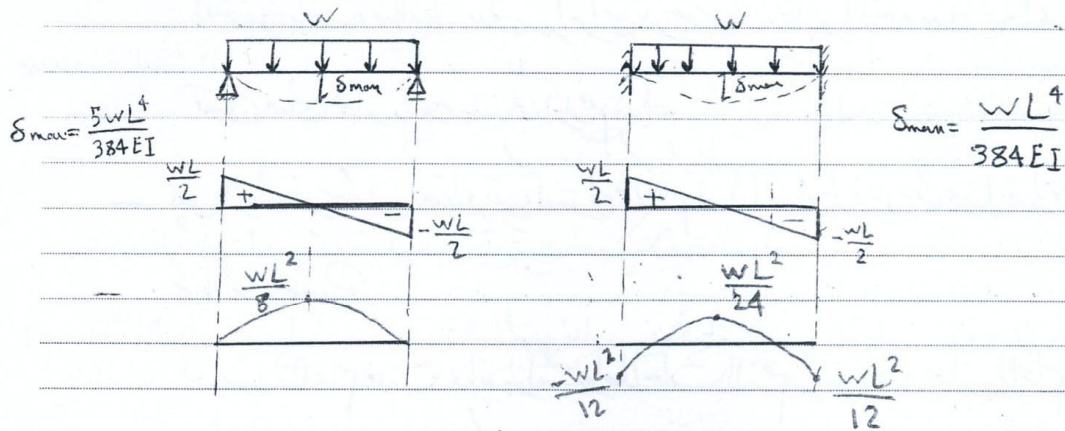
اگر $\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow F_v = 0.4 F_y$ کنترل برش

تنش برش موثر $F_v = \frac{V}{A_w} = \frac{V}{d \cdot t_w} \leq F_v$

اگر $\frac{h}{t_w} > \frac{3185}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow$ فولاد

مراحل طراحی تیرها

ابتداء با گرام های برش و لنگر خشی را برای تیر، ترسیم نموده و مقادیر M_{max} را از دیاگرام ها برداشت می کنیم

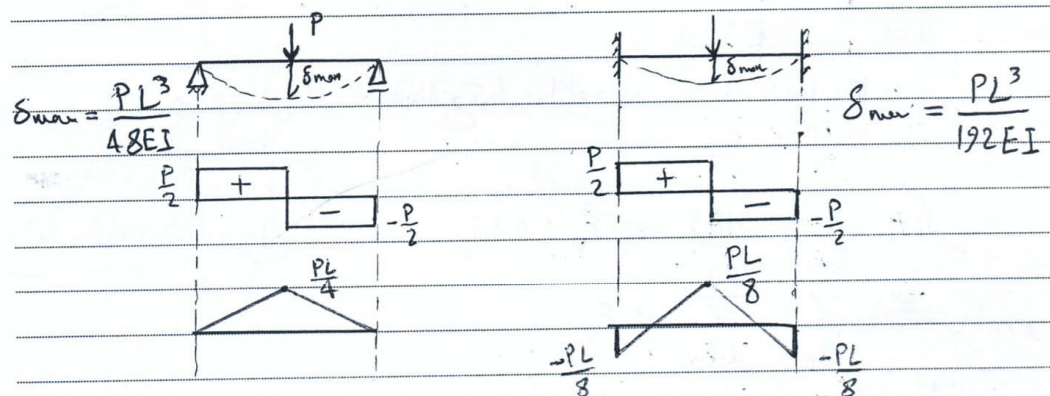


MASOOMY

✓

Subject :

Year. Month. Date. ()



بر حسب آنکه، تیر دارای یک پایه جانبی باشد یا خیر، تنش حول محور قوی است یا ضعیف،
مقطع فشرده است یا غیر فشرده و شکل مقطع، مطابق روابط آشنای نامی که به بعضی
از آن ها در قسمت قبل اشاره شد، تنش های عمشی و برشی مجاز را تعیین می کنیم

⚠️ : چون ممکن است به علت نامشخص بودن مقطع، بعضی از شرایط گفته شده در بالا،

نامشخص باشد، شرایط مذکور را برای تیر محروس می زنیم و با توجه به آن ها،

تنش های مجاز را بدست می آوریم.

— پس از مشخص شدن مقطع تیر، کنترل می کنیم که آیا شرایط فرض شده در ابتدا صحیح

می باشد یا خیر.

در صورت عدم صحت، باید بازگشته و اصلاحات لازم در تنش های مجاز انجام دهیم

و مقطع را دوباره طراحی کنیم.

MASOOMY

Subject :

Year. Month Date. ()

ماتوجه به مقدار M_{max} و لنگر و برش، مقطعهای را برای سیر در نظر میگیریم که شرایط زیر را

ارضاء نماید :

$$f_b = \frac{M_{max}}{S} \leq F_b \Rightarrow S \geq \frac{M_{max}}{F_b}$$

تنش مجاز خمشی \rightarrow که است در مقطع

$$f_v = \frac{V_{max}}{A_w} \leq F_v$$

بهتر است ابتدا بر اساس روابط مربوط به تنشهای خمشی، مقطع تعیین شود،

سپس کنترل نموده که مقطع برای تنشهای برشی جوابگو است یا خیر.

کنترل حیز در مقطع الف-3-12-10

$$\delta_L \leq \frac{L}{360}$$

که حیز ناشی از بار زنده

$$\delta_{D+L} \leq \frac{L}{240}$$

که حیز ناشی از بار زنده و مرده

* اگر جواب نداد، شماره ی سیر را افزایش می دهیم.

در مورد تیرها و پناه تیرها کسی که سطح بزرگ خالی از تیغچینندگی را تحمل میکنند، باید

ارتفاع نیز کنترل شود. در این تیرها باید

$$1) \frac{d}{L} \geq \frac{1}{20}$$

که ارتفاع d و دهانه L

$$2) f \geq 5 H_2$$

که f و H_2 فاکتور

در این جا، d جمع ارتفاع تیر و ضخامت دال روی آن است.

MASOOMY

۲۱

Subject :

Year. Month. Date. ()

۱. فرکانس برای حالت خاص که تیر دوسر مفصل با بار گسسته می باشد و تحت بار گسسته و گسسته باشد

تیر محاسب می شود:

$$f = 70 \sqrt{\frac{I}{P_d \cdot L^4}} \geq 5$$

P_d : بار دوسر ($\frac{kg}{m}$)

I : ممان اینرسی (cm^4)

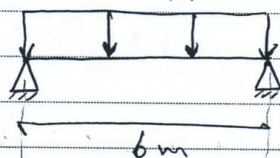
L : طول دهانه (m)

طراحی تیر با مقطع

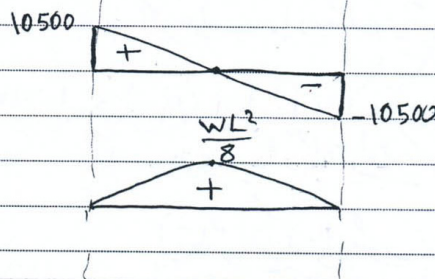
مثال: مطلوب است تیر با بار گذاری داده شده از مقطع IPE، فرض شود بال فشاری تیر در

سراسر طول خود دارای مهار جانبی باشد.

$$\begin{cases} w_D = 2500 \frac{kg}{m} \\ w_L = 1000 \frac{kg}{m} \end{cases}$$



$$\frac{3500 \times 6}{2} = 10500$$



$$V_{max} = 10500$$

$$M_{max} = 15750 \text{ Kg.m}$$

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

طراحی براساس تنش

$$F_b = 0.66 F_y = 1584 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{مقطع نوردیده} \leftarrow \text{فشارده} \\ \text{بال فشاری} \leftarrow \text{مهارشده} \end{array} \right.$$

$$S \geq \frac{M_{max}}{F_b} \quad \text{مقطع نوردیده!} \quad F_b = 0.66 F_y = 1584$$

$$\Rightarrow S \geq \frac{1575000 \text{ Kg.cm}}{1584 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 994 \text{ cm}^3$$

$$\Rightarrow S \geq 994$$

مراجعه به استاندارد

و انتخاب اولین مقطع

IPE 40

$$S_x = 1160$$

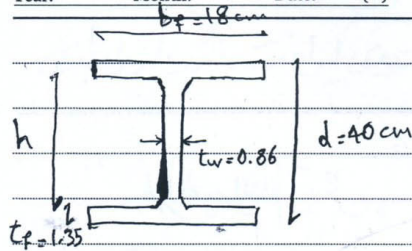
$$I_x = 23130$$

MASOOMY

✓✓

Subject :

Year. Month. Date. ()



کنترل فشردگی مقطع (چون مقطع نورده شده است، عملاً به این کنترل نیاز نیست)

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{18}{2 \times 1.35} = 6.66 \leq \frac{545}{\sqrt{F_y}} = 11 \quad \checkmark$$

پس فرض فشردگی صحیح است

$$\frac{h}{t_w} = \frac{40 - 2 \times 1.35}{0.86} = 43.4 \leq \frac{5365}{\sqrt{F_y}} = 110 \quad \checkmark$$

به جهت اطمینان قسمت خم از ارتفاع کل کم نمی شود

⚠️ برای اینکه عضو تیر محسوب شود، شرط زیر نیز باید برقرار باشد :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{40 - 2 \times 1.35}{0.86} = 43.4 \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65 \quad \checkmark$$

عضو تیر است < نیاز به لحاظ کردن کاهش برش جان نیست

<< چون تمام شرایط فوق برقرار است، عضو از لحاظ تنش مشکلی ندارد

حال به کنترل برش در تیر می پردازیم :

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow F_v = 0.4 F_y = 0.4 \times 2400 = 960$$

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

$$f_v = \frac{V}{A_w} = \frac{V}{d \cdot t_w} = \frac{10500}{40 \times 0.86} = 305.2 \leq 960 \quad \checkmark$$

کنترل خمیر در تیر

با توجه به شرایط کلیه گاهش و بارگذاری آن، خمیر ماکزیمم از رابطه زیر بدست می آید:

$$\delta_{max} = \frac{5WL^4}{384EI} \quad W_L = \frac{1000 \text{ kg}}{m} = 10 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \quad \text{واحد: kg/cm}$$

$$\delta_L = \frac{5 \times 10 \times 600^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 23130} = 0.36 \text{ cm} \leq \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1.66 \text{ cm} \quad \checkmark$$

$$W_{D+L} = 3500 \frac{\text{kg}}{m} = 35 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

$$\delta_{D+L} = \frac{5 \times 35 \times 600^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 23130} = 1.28 \leq \frac{L}{240} = \frac{600}{240} = 2.5 \text{ cm} \quad \checkmark$$

کنترل ارتعاش در تیر

چون در سقف آغچه بندی وجود ندارد، پس نیاز به کنترل ارتعاش است

چون سقف فاقد پیچ بندی است، در آن باید ارتعاش کنترل شود، برای این کار،

باید ارتفاع مقطع از $\frac{1}{20}$ دهانه تیر کمتر نباشد

$$\frac{d}{L} \geq \frac{1}{20} \Rightarrow d \geq \frac{L}{20} \Rightarrow 40 \geq \frac{600}{20} = 30 \quad \checkmark$$

فرکانس نوسان تیر

مقدار فوق باید بزرگتر از 5 Hz باشد

MASOOMY

۱۳

Subject :

Year. Month. Date. ()

برای حالت تیر دو مفصل، بار گسترده یکتراخت اثر رابطی زیر محاسب می شود.

$$f = 70 \sqrt{\frac{I \rightarrow \text{cm}^4}{P_d \cdot L^4}} \geq 5 \text{ Hz}$$

$\frac{\text{Kg}}{\text{m}} \leftarrow \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \rightarrow \text{m}$

$$f = 70 \sqrt{\frac{23130}{2500 \times 6^4}} = 5.9 \geq 5 \quad \checkmark$$

مثال 3 مثال قبل را برای حالتی حل نمائید که بخواهیم از مقطع دابل IPE استفاده کنیم، فرض میکنیم سقف دارای بتیغ بندی مناسب است. (از کنترل فشرده که مقطع نیز منطبق است)

$$S \geq 994 \text{ برای دابل}$$

$$S \geq \frac{994}{2} = 497 \text{ برای تک}$$

مراجعه به ایتال : IPE 300 ، $S = 557$ ، $I = 8360$ ، $d = 30 \text{ cm}$ ، $t_f = 1.07$
 $t_w = 0.71$ ، $b_f = 15$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{30 - 2 \times 1.07}{0.71} = 39.2 \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65$$

پس عضو تیر محسوب می شود، نه تیر ورق

$$\Rightarrow F_v = 0.4 F_y = 960$$

$$f_v = \frac{V}{A_w} = \frac{10500}{2 \times 30 \times 0.71} = 246 \leq 960 \quad \checkmark$$

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

کنترل خنجر در تیر:

$$\delta_L = \frac{5 \times 10 \times 600^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 2 \times 8360} = 0.5 \leq 1.66 \quad \checkmark$$

$$\delta_{D+L} = \frac{5 \times 35 \times 600^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 2 \times 8360} = 1.76 \leq 2.5 \quad \checkmark$$

طراحی تیر با استفاده از مقطع I ورق تقویت

معمولاً طراحی تیر برای اکثر ماکزیمم به طرحی اقتصادی منجر نمی شود، به همین جهت تیر را

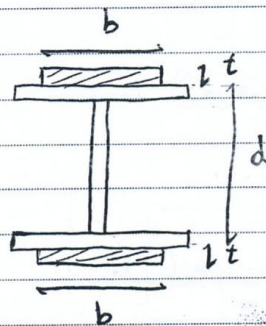
برای در صد کمتری از اکثر ماکزیمم طراحی کرده و مابقی اساس مقطع مورد نیاز برای

تیر با جوش ورق تقویت بر روی بال بالا و پایین تیر تأمین می گردد

در قسمت هایی از تیر که مقطع تیر به تنهایی جوابگوی بارهای وارده باشد، ورق تقویت

قطع می شود، بهتر است جهت اقتصادی شدن، مقطع تیر ورق تقویت در بالا -

و پایین یکسان باشد.



S : اساس مقطع تیر بدون تقویت

S_t : ~ ~ ~ با ~ ~ ~

$$A_{PL} = b \times t$$

سطح مقطع ورق تقویت

$$I_t = I + A_{PL} \times \frac{d^2}{2}$$

ممان اینرسی کل مقطع

ممان اینرسی مقطع ورق تقویت

A_f : سطح مقطع بال تیر بدون تقویت

$$S_t = S + A_{PL} \times d$$

که اساس مقطع کل

MASOOMY

۲۶

$$A_t = A_{PL} + A_f$$

سطح مقطع کل بالابر

$$A_{PL} \leq 0.7 A_t \quad \text{or} \quad A_{PL} \leq 2.33 A_f$$

$$A_{PL} \geq \frac{S_t - S}{d} \quad \text{or} \quad A_{PL} \geq \frac{S_t - 0.9S}{d}$$

در صورتی که بخواهیم بجای دو ورق، از یک ورق استفاده کنیم، مساحت تقویتی ورق تقویتی از رابطه

زیر قابل محاسب است :

$$A_{PL} \geq 1.2 \left(\frac{S_t - S}{d} \right)$$

الکساندره اجاز شد بود که از این ورق تقویتی استفاده می کرد.
نسبت عرض به ضخامت ورق تقویتی باید بیشتر از ۲۰۰۰ باشد و در صورتی که ورق تقویتی را می توانیم با یک ورق تقویتی جایگزین کنیم، باید طول ورق تقویتی را محاسبه کنیم.

$$\frac{b}{t} \leq \frac{1590}{\sqrt{F_y}} \quad \text{مقطع فشرده}$$

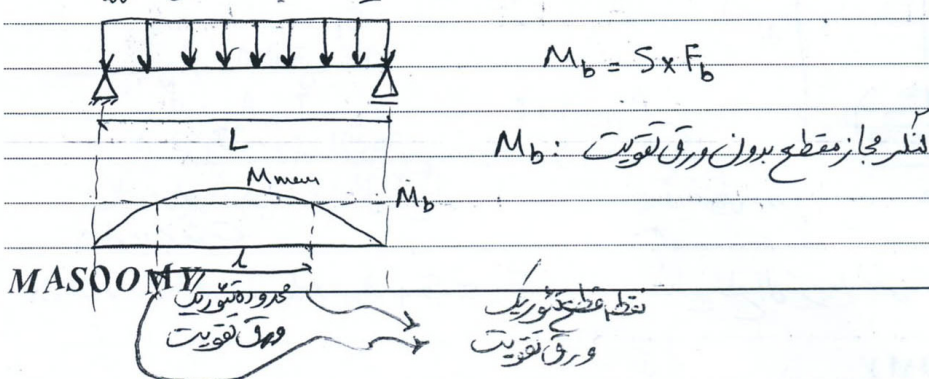
$$\frac{b}{t} \leq \frac{2000}{\sqrt{F_y}} \quad \text{مقطع غیر فشرده}$$

برای محاسبه طول ورق تقویتی، باید نمودار تغییرات لنگر خمشی تیر را رسم کنیم.

منبر باید ظرفیت تیر بدون ورق تقویتی را بدست بیاوریم.

در قسمت هایی از تیر که لنگر خمشی کوچکتر یا مساوی ظرفیت تیر بدون

ورق تقویتی است، می توان ورق تقویتی را حذف کرد.



Subject :

Year. Month. Date. ()

$$l = \sqrt{\frac{S_t - S}{S_t}} \times L \quad \text{or} \quad l = \sqrt{\frac{M_{man} - M_b}{M_{man}}} \times L$$

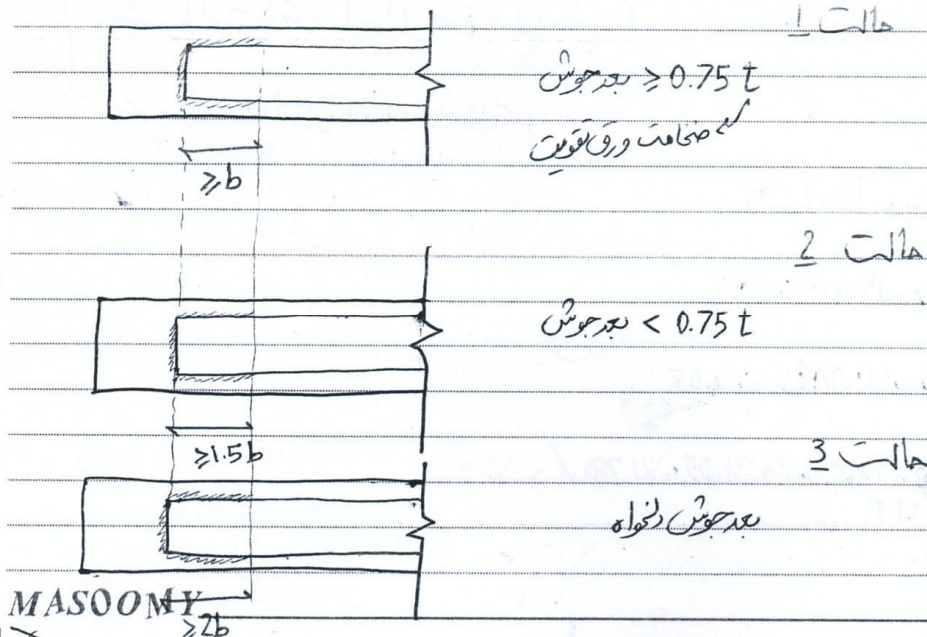
$\xrightarrow{\text{اساس مقطع کل}}$
 $\xrightarrow{\text{اساس مقطع کمر}}$

برای اینکه انتقال نیرو از ورق تقویت به بال تیر انجام شود، یک طول اضافه تر از ورق تقویت به بال اضافه می کنیم.

اقدام عمل نباید، ورق تقویت را در نقطه ی قطع تیر یک قطع کرد و باید از هر دو انتها، جهت ایجاد پیوستگی مناسب بین ورق تقویت و بال تیر، طول ورق تقویت را بیشتر در نظر گرفت.

این مقدار بیشتر بستگی به بعد جوش و نحوه ی جوش ورق تقویت در هر یک از دو انتها دارد.

* جزئیات در بند 5-5-1-10 ص 64 نقطه قطع تیر



Subject :

Year. Month. Date. ()

مثال: مثال قبل را برای حالتی حل کنید که سازه مقطع IPE 300 با ورق تقویت باشد

$$S_t \rightarrow S_{req} = 994$$

$$IPE = 300 : S = 557$$

$$A_{PL} \geq \frac{S_t - S}{d} = \frac{994 - 557}{30} = 14.6 \text{ cm}^2$$

$$b \cdot t \geq 14.6$$

در این جا دو مجهول وجود دارد که یکی از آن ها باید فرض شود، در این فرض باید توجه نمود که عرض و ضخامت ورق تقویت نباید اختلاف فاحشی با عرض و ضخامت بال سازه داشته باشد.

$$t = 1 \text{ cm} \rightarrow b \geq 14.6 \rightarrow b = 15 \text{ cm}$$

به عنوان نکته اجرائی، بهتر است عرض ورق تقویت چند سانتی متری از عرض بال سازه باید بیشتر یا کمتر باشد (به دلیل جوش ورق به سازه)
در این جا از این مسئله غافل نشویم

$$A_{PL} = 15 \times 1 = 15$$

$$A_f = 15 \times 1.07 = 16.05$$

$$A_t = 15 + 16.05 = 31.05$$

$$A_{PL} = 15 \leq 0.7 \times 31.05 = 21.73 \checkmark$$

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

مثال: مثال قبل را برای حالتی حل کنید که سازه مقطع یک IPE 300 با ورق تقویت باشد

$$S_t \rightarrow S_{req} = 994$$

$$IPE = 300 : S = 557$$

$$A_{PL} \geq \frac{S_t - S}{d} = \frac{994 - 557}{30} = 14.6 \text{ cm}^2$$

$$b \cdot t \geq 14.6$$

در این جا دو مجهول وجود دارد که یکی از آن ها باید فرض شود، در این فرض باید توجه نمود که عرض و ضخامت ورق تقویت نباید اختلاف فاحشی با عرض و ضخامت بال سازه داشته باشد.

$$t = 1 \text{ cm} \rightarrow b \geq 14.6 \rightarrow b = 15 \text{ cm}$$

به عنوان نکته اجرائی، بهتر است عرض ورق تقویت چند سانتی متری از عرض بال سازه باید بیشتر یا کمتر باشد (به دلیل جوش ورق به سازه)
در این جا از این مسئله غافل نشویم

$$A_{PL} = 15 \times 1 = 15$$

$$A_f = 15 \times 1.07 = 16.05$$

$$A_t = 15 + 16.05 = 31.05$$

$$A_{PL} = 15 \leq 0.7 \times 31.05 = 21.73 \checkmark$$

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

محاسبی طول ورق تقویت :

چون سربار دهانه‌ی ساده با کسردهی اینفلوئنس است، از رابطه‌ی زیر

طول تئوریک ورق تقویت را به دست می آوریم :

$$l = L \sqrt{\frac{S_t - S}{S_t}} = 6 \sqrt{\frac{994 - 557}{994}} = 3.97$$

با فرض اینکه، در دهانه‌های ورق فقط در دو استای طولی ورق باید جوشکاری شود و

در عرض ورق جوشکاری نشود، طول عملی ورق تقویت به شرح ذیل به دست می آید :

$$l = 397 + 2(2 \times 15) = 457 \text{ cm}$$

(حالت سوم)

26

$$\Rightarrow l = 460 \text{ cm}$$

کنترل خمیر در تیر :

چون مقطع ورق تقویت دارد، I_t را حساب می کنیم

$$I_t = I + A_{pl} \frac{d^2}{2} = 8360 + 15 \times \frac{30^2}{2} = 15110$$

البته قسمت های انتهایی از تیر که فاقد ورق تقویت هستند، همان اینرسی مقطع تیر

را دارا می باشند که در این جا از این مورد، جهت ساده سازی صرف نظر می شود.

$$\delta_L = \frac{5 \times 10 \times 600^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 15110} = 0.56 \leq 1.66 \quad \checkmark$$

$$\delta_{D+L} = \frac{5 \times 35 \times 600^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 15110} = 1.95 \leq 2.5 \quad \checkmark$$

MASOONI

17

کنترل برش در تیر به عنوان تمرین

مسئله: در مثال قبل اگر فقط از یک ورق قوت استفاده کنیم، مطلوب است محاسبه ابعاد ورق تقویت از کنترل برش و جزیره فقط کنید

$$A_{PL} = 1.2 \frac{S_t - S}{d} = 1.2 \frac{994 - 557}{30} = 17.48 \Rightarrow \text{USE PL } 18 \times 1$$

$$A_{PL} = 18 \times 1 = 18 \geq 17.48$$

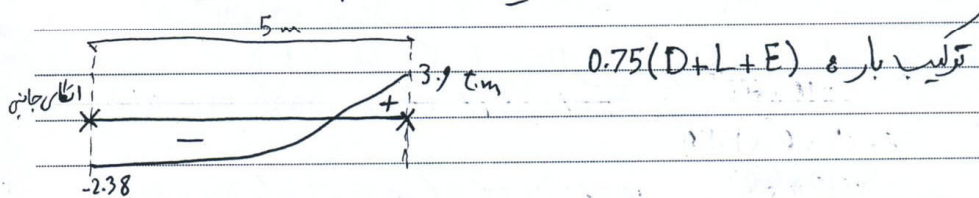
$$A_f = 16.05$$

$$A_t = ~~17.48~~ 16.05 + 18 = 34.05$$

$$18 \leq 0.7 \times 34.05 = 23.83 \checkmark$$

مسئله: برای یک تیر بدون تکیهگاه جانبی، اگر دایره خمشی ناشی از بارهای زنده، مرده و زلزله به شکل زیر باشد، مطلوب است طراحی این تیر از بر و فلز IPE

فقط ضوابطی تنش خمشی را در نظر بگیرید و اتکالی جانبی فقط در دو انتهای است.



MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

هون انگای جانبی فلز در تنش مجاز باید از بند ۱-۵-۱-۱۰ ص ۵۳ پیوست باید که

وابسته به مقطع و تنش است اگر در این جا مقطع موجود نیست

ابتدا یک تنش مجاز در سطح می زنیم و بر اساس آن مقطعی را بدست می آوریم و

سپس مقدار دقیق تنش خمشی را برای آن محاسبه می کنیم و بر اساس آن کنترل

می کنیم که مقطع جوابگو است یا نه.

و در سطح

$$F_b = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

معمولاً بین ۱۰۰۰-۱۴۰۰

$$M_{max} = 3.9 \text{ t.m} = 3.9 \times 10^5 \text{ kg.cm}$$

$$S_{req} = \frac{M_{max}}{F_b} = \frac{3.9 \times 10^5}{1400} = 279 \xrightarrow{\text{انتخاب}} \text{IPE 240}$$

$$S = 324$$

$$I = 3890 \text{ cm}^4$$

$$d = 24 \text{ cm}$$

$$t_f = 0.98 \text{ cm}$$

$$t_w = 0.62 \text{ cm}$$

هون مورد شده است، پس مقطع فشرده است

کنترل فشرده گری به عنوان زیرین

$$\frac{b_f}{2t_f} < \frac{545}{\sqrt{F_y}}$$

۱۲
۰.۹۸

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{5365}{\sqrt{F_y}}$$

$$\text{MASOUMY} \rightarrow 24 - (2 \times 0.98)$$

۰.۶۲

Subject :

Year. Month. Date. ()

کنترل کفایت یا عدم کفایت مهارهای جانبی :

$$L \leq \min \left(\frac{635 b_f}{\sqrt{F_y}}, \frac{14 \times 10^5}{\left(\frac{d}{A_f} \right) F_y} \right) = \min \left(\frac{635 \times 12}{\sqrt{2400}}, \frac{14 \times 10^5}{\left(\frac{24}{12 \times 0.98} \right) \times 2400} \right)$$

$$= \min(156, 286) = 156$$

$b_f \times t_f$

مهار جانبی تأمین نشده است $156 < 500$

⚠ در محاسبه طول مهار نشده، الکترون انتقاد ارای مهار باشد و انتهای دیگر نیز فاقد مهار باشد

(همانند برخی از تیرهای طره)، طول مهار نشده را دو برابر می‌کنیم.

اگر تأمین شده بود، $F_y = 0.66 F_u$ ، چون تأمین نشده

بند 10-1-5-1



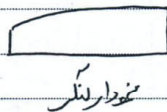
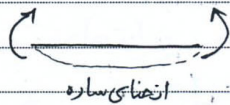
⚠ ابتدا ضریب کنیوختی لنگر (C_b) را از رابطه زیر بدست می‌آوریم:

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 ; \quad 1 \leq C_b \leq 2.3$$

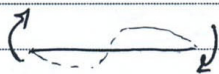
M_1 و M_2 ، لنگرهای دو انتهای قطعه‌ی مهار نشده $(|M_1| \leq |M_2|)$ یا $1 \leq \frac{|M_1|}{|M_2|} \leq 0$

علامت M_1 و M_2 به شکل زیر تعیین می‌گردد

$$\left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$



$$\frac{M_1}{M_2} < 0$$



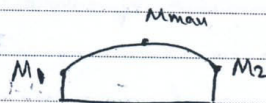
$$\frac{M_1}{M_2} > 0$$

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

⚠ اگر قدر مطلق لنگر میانی بزرگتر از قدر مطلق لنگر دو انتهای باشد :



$$C_b = 1$$

مانند تیر پایه است
($C_b = 1$)

$$|M_{max}| \geq |M_1|, |M_2| \Rightarrow C_b = 1$$

ادامه دارد :
در این جا با توجه به نمودار لنگر دارای انتهای مضاعف هستیم

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{2.38}{3.9}$$

$$C_b = 1.75 + 1.05 \times \left(\frac{2.38}{3.9} \right) + 0.3 \left(\frac{2.38}{3.9} \right)^2 = 2.5 \neq 2.3$$

$$\Rightarrow C_b = 2.3$$

⚠ مقدار تنش مجاز بر حسب مورد، باید یکبار بر اساس رابطه 3-10-54 ص 54

4-10-5-1 ص 55 محاسب شود یکبار دیگر بر اساس رابطه 5-10-5-1 ص 55

محاسب شود. مگر به هم این دو مقدار که نباید از $0.6 F_y$ بیشتر شود، تنش مجاز خشی است

$$\text{بال فضا} \quad M_{ax} \begin{cases} 10-1-5-4 \text{ or } 10-1-5-3 \\ 10-1-5-5 \text{ به ترتیب می رود} \end{cases}$$

ابتداء به سراغ رابطه 5-10-5-1 می رویم

MASOOMY

۱۸

بال کششی

$$\text{تنش مجاز} = 0.6 F_y$$

Subject :

Year. Month. Date. ()

$$F_b = \frac{84 \times 10^4 C_b}{\left(\frac{L \cdot d}{A_f} \right)} \leq 0.6 F_y$$

$$\Rightarrow F_b = \frac{84 \times 10^4 \times C_b}{\left(\frac{500 \times 24}{12 \times 0.98} \right)} = 1893 \times 1440 \Rightarrow F_b = 1440$$

چون تنش مجاز، کمتریم مقدار ممکن شده است، دیگر نیازی به محاسبه تنش مجاز از رابطه دیگر نیست.

محاسبه تنش خمشی موجود:

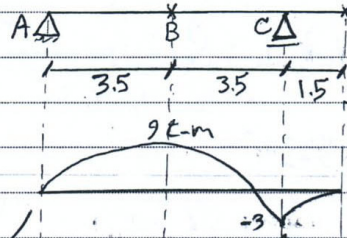
$$f_b = \frac{M_{max}}{S} = \frac{3.9 \times 10^5}{32.4} = 1204 \leq 1440$$

مثال: تیر شکل زیر را با توجه به دیاگرام ارائه شده که فقط در تکیه‌گاه‌ها و میانه دهانه در

نقطه‌های B و نقطه‌های D دارای تکیه‌گاه‌های جانبی است، از IPE طراحی نمایید.

فقط تنش‌های خمشی را در نظر بگیرید.

حما (مبار جانبی است)



چون مبار جانبی نداریم وجود ندارد

تنش مجاز خمشی لزوماً $0.66 F_y$ نمی‌باشد

ابتدا باید که تنش مجاز برای آن محاسبه شود بر اساس آن مقطع را طراحی کنیم

MASOOMY

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

پس از مشخص شدن مقطع، براساس این تنش و مقدار دقیق تنش ~~محاسبه~~ محاسبه می کنیم.

$$F_b = 0.6 F_y = 1440 \quad \text{درین اولی}$$

$$S_{req} = \frac{M_{max}}{F_b} = \frac{9 \times 10^5}{1440} = 625 \text{ cm}^3$$

استال : IPE 330 : $S_x = 713$ ، $d = 33 \text{ cm}$ ، $b_f = 16 \text{ cm}$
 $t_f = 1.15 \text{ cm}$ ، $t_w = 0.75 \text{ cm}$

کنترل فشار در
مقطع نورده است (به عنوان تعیین انجام شود)

کنترل کفایت مهارهای جانبی

$$L \leq \min \left(\frac{635 b_f}{\sqrt{F_y}}, \frac{14 \times 10^5}{\left(\frac{d}{A_f} \right) F_y} \right) = \min \left(\frac{635 \times 16}{\sqrt{2400}}, \frac{14 \times 10^5}{\frac{33 \times 2400}{16 \times 1.15}} \right)$$
$$= \min(207, 325) \Rightarrow 350 \neq 207 \Rightarrow \text{مهار ظرفیت آموخته شده}$$

در این جابین سگه طول مهار شده M_{an} در نظر می گیریم و در تکیه CD و اگر انتهای طره مهار موجود نبوده طول مهار شده برابر می شود.

هونج مهار آموخته شده است، تنش مجاز تنش باید از بند ب- ۱- ۵- ۱- ۱۰ محاسبه شود.

MASOOMY

۲۹

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

ابطحی 10-1-5-5

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2.3$$

تیر در این جا به تنگ می باشد که محاسبات برای هر تنگ باید انجام شود.

AB:

$$C_b = 1.75 + 1.05 \times 0 + 0.3 \times 0 = 1.75$$

BC:

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{3}{9} \right) + 0.3 \times \left(\frac{3}{9} \right)^2 = 2.13 \leq 2.3$$

(انضای مضاعف)
 $\frac{M_1}{M_2} > 0$

CD:

$$C_b = 1$$

همون طر است

⚠: C_b هر چه کمتر باشد تنش مجاز خمشی کمتر است.

در مقایسه ی دو تکه AB و BC، لنگر ماکزیم در هر دوی آن ها یکسان است ولی

در C_b در AB کمتر است و به تبع آن تنش مجاز در AB کمتر است و در نتیجه AB

نسبت به BC بحرانی تر است.

و در مقایسه ی AB و CD، لنگر AB بیشتر است اما همون C_b در CD کمتر است

تنش مجاز خمشی در CD کمتر است، فعلاً قطعه ی بحرانی ترین این دو

قابل تشخیص نیست و هر دو قطعه باید محاسب شوند.

MASOOMY

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

AB, مقطع:

$$F_b = \frac{84 \times 10^4 C_b}{\left(\frac{L_d}{A_f}\right)} = \frac{84 \times 10^4 \times 1.75}{\left(\frac{350 \times 33}{16 \times 1.15}\right)} = 2342$$

$$2342 \neq 0.6 F_y = 1440 \Rightarrow F_b = 1440$$

چون مقدار تنش از رابطی فوق برابر $0.6 F_y$ شده است، دیگر نیازی به محاسبه تنش مجاز از دور رابطی اول نیست.

CD, مقطع:

$$F_b = \frac{84 \times 10^4 \times 1}{\left(\frac{150 \times 33}{16 \times 1.15}\right)} = 3122 \neq 1440 \Rightarrow F_b = 1440$$

مناسب حالت قبل، نیازی به محاسبه تنش مجاز از دور رابطی دیگر نیست.

چون تنش مجاز یکسان شد، مقطع AB، آنکر بیشتر بهران است.

محاسبه تنش خمشی موجود:

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{9 \times 10^5}{713} = 1262 \leq 1440 \checkmark$$

MASOOMY

۲۰

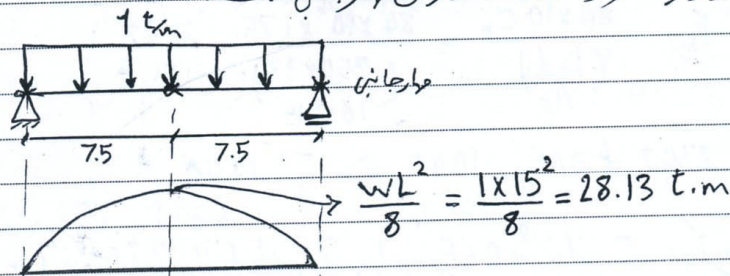
Subject :

Year.

Month.

Date.

مسئله: طراحی شلیر از نوع IPE
تیر در دو تکیه و وسط دهانه دارای بار جانبی است.



* هر چه مقاومتی بارها بیشتر باشد، F_b باید کمتر باشد

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

حداکثر تنش مجاز خمشی

$$F_b = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$S_{req} = \frac{28.13 \times 10^5}{1000} = 2813 \text{ cm}^3$$

استاندارد: IPE 600 $\Rightarrow S_x = 3070 \text{ cm}^3$, $d = 60$, $t_f = 1.9$, $b_f = 22$, $r_y = 4.66 \text{ cm}$

کنترل فشرده شدن
به عنوان تیرین و بر سرش

کنترل بارهای جانبی:

$$L \leq \min \left(\frac{635 b_f}{\sqrt{F_y}}, \frac{14 \times 10^5}{\left(\frac{d}{A_f} \times F_y \right)} \right) = \min \left(\frac{635 \times 22}{\sqrt{2400}}, \frac{14 \times 10^5}{\frac{60 \times 2400}{22 \times 1.9}} \right)$$

$$= \min(285, 406) = 285 \Rightarrow 750 \nless 285$$

MASOOMY

بار جانبی تأمین نشده است

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

بند ۱-۵-۱۰

$$C_b = 1.75 + 1.05 \times \frac{0}{28.13} + 0.3 \times 0 = 1.75$$

⚠️ اگر میان موجود نبود، چون لنگر وسط دهانه از روانه‌ها بیشتر است،

$C_b = 1$ می‌شد.

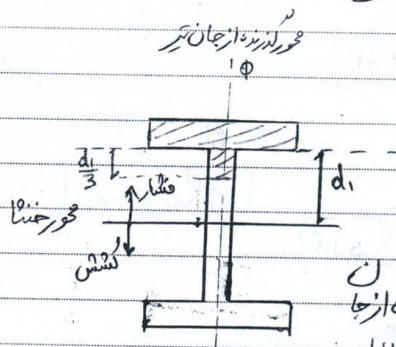
دو تکه تیر مشابه هم هستند.

۱۰-۱-۵-۵

$$F_b = \frac{84 \times 10^5 \times C_b}{\left(\frac{L \cdot d}{A_f} \right)} = \frac{84 \times 10^5 \times 1.75}{\left(\frac{750 \times 60}{22 \times 1.9} \right)} = 1365 \leq 0.6 F_y = 1440 \checkmark$$

چون مقدار بدست آمده از $0.6 F_y$ کمتر است، باید از یکی از روابط ۱۰-۱-۵-۳

۱ ۱۰-۱-۵-۴، تنش مجاز محاسب شود.



F_T : شعاع لیراسیون
مقطع هاشور خورده حول محور لنگر از جا

$$F_T = 1.2 F_y$$

MASOOMY

۱۱

Subject :

Year. Month. Date. ()

$$r_T = 1.2 \times 4.66 = 5.59 \text{ cm}$$

: جواب

$$\frac{L}{r_T} = \frac{750}{5.59} = 134.2$$

استدلال

if $\frac{L}{r_T}$:

$$\sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} \leq \frac{L}{r_T} \leq \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}}$$

⇒ 10-1-5-3

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y \left(\frac{L}{r_T} \right)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right] F_y \leq 0.6 F_y$$

if $\frac{L}{r_T}$:

$$\frac{L}{r_T} \geq \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}}$$

⇒ 10-1-5-4

$$F_b = \frac{12 \times 10^5 C_b}{\left(\frac{L}{r_T} \right)^2} \leq 0.6 F_y$$

استدلال

$$\sqrt{\frac{72 \times 10^5 \times 1.75}{2400}} = 72.45 \quad \sqrt{\frac{360 \times 10^5 \times 1.75}{2400}} = 162$$

$$72.45 \leq \frac{L}{r_T} = 134.2 \leq 162$$

MASOOMY

Subject :

Year.

Month.

Date.

()



10-1-5-3

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{2400 \times 134.2^2}{1075 \times 10^5 \times 1.75} \right] \times 2400 = 1049 \leq 1440$$

$$F_b = \text{Max}(1049, 1365) = 1365$$

قاب برش
خستر

$$F_b = \frac{M}{S} = \frac{28.13 \times 10^5}{3070} = 916 \leq 1365 \quad (\text{B})$$

چون فاصله زیاد است، مقطع اقتصاد در نسبت وایر کوچکتر شود

ادامی حل به عنوان تقریبی

(ج) اگر 10-20٪ با 1000 اختلاف داشت، مشکلی نبود

10-1-9

نبرهای مختلف با کامپوزیت

انواع سقف های کامپوزیت
1. با پایه موقت
2. بدون پایه موقت

تقسیم بندی دیگر
تبریه صورت مستغرق داخل بتن (بند 1-9-1-10)

تبریه با برشگر متصل به رال
T E
تورانه کلشیخ

MASOOMY

۴۴
۳۲

Subject :

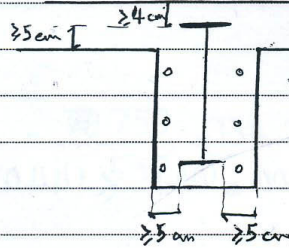
Year.

Month.

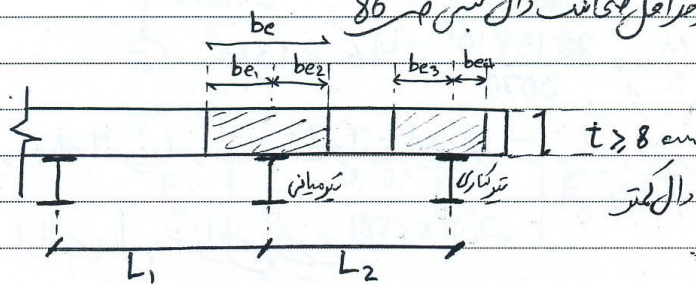
Date.

()

حالت مستغرق



عرض مؤثر و حداقل ضخامت دال بتن 86



قسمت شود ضخامت دال کمتر
از 10 cm نباشد

طول دهانه L و

تیرمیان:

$$be = be_1 + be_2$$

$$\text{Min} \begin{cases} be_1, be_2 \leq \frac{L}{8} \\ be_1 \leq \frac{L_1}{2}, be_2 \leq \frac{L_2}{2} \end{cases}$$

تیرکناری:

$$be = be_3 + be_4$$

be_4 : فاصله اکسیر تا لبه دال
(نصف عرض دال تیر)

$$be_3 = \text{Min} \left(\frac{L}{8}, \frac{L_2}{2} \right)$$

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

10-1-9-2

روشن طراحی

I. تیرهای مستغرق در بتن

این تیرها باید به طوری طراحی شوند که به تنهایی تمام بارهای مرده قبل از سخت شدن بتن به استثنای حالتی که این دسته از بارها به کمک پایه های موقت تحمل می شود و بهر صورت محاسبات تمام بارهای مرده و زنده ای را که بعد از گرفتن بتن وارد می شود

تحمل نمایند

تنش مجاز خمشی در تیر $0.66 f_y$ در نظر گرفته می شود

برای محاسبی تنش قبل از گرفتن بتن از محاسبات تیر تنه ها و برای محاسبی تنش حاصل از بارهای بعد از گرفتن بتن از محاسبات مقطع مرکب استفاده می شود.

Δ: در تمام مراحل از مقاومت کششی بتن به نظر می شود

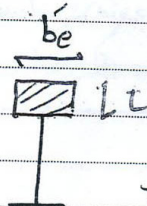
برای محاسبی محاسبات مقطع مرکب از ضریب تبدیل n به شرح

زیر استفاده می شود و عرض مؤثر بر این ضریب تقسیم می شود:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 8-10$$

$$b'_e = b_e$$

MASOONY



مقطع مرکب

$$E_s = 2.06 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$E_c = 5000 \sqrt{f_c} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$15100 \sqrt{f_c} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\times 10 \rightarrow \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

(I) در حالتی که از بیشترین گسترش استفاده شود:

در این حالت، مقطع مختلط باید طوری طراحی شود که تمام بارها را بدون اینکه تنش‌های آن از مقادیر مجاز بند ۱-۵-۱۰ تجاوز نماید، تحمل کند.

⚠ : برای بالی که متصل به دال بتنی است، فرض بر وجود مهار جانی است و بدون توجه به نسبت عرض به ضخامت، بال مقطع دارای فشار کمی فرض می‌شود.
غیر از آن، تنش فشاری حداکثر در بتن، نباید از $0.45f_c$ بیشتر شود.

⚠ در صورتی که در زیر تیر، قبل از رسیدن بتن به مقاومت اولیه از پایه‌های موقت استفاده شده باشد، کنترل‌های زیر باید صورت پذیرد:

۱ ابتدا بار ناشی از وزن تیر، دال بتنی و قالب بر تیر فولادی تنها الزام داده شده و تنش

در بال کششی محاسب می‌گردد (بار مرده گروه ۱) Dead

۲ سپس بار مرده‌ی اضافی شامل تمام بارهای مرده‌ای که بعد از گرفتن دال وارد می‌شوند

مثل وزن سقف سبزی، تیغه‌ها و موارد مشابه (بار مرده‌ی گروه ۲) و بار زنده را بر Super و Dead

مقطع مختلط وارد کرده و تنش در بال کششی محاسب می‌گردد.

مجموع تنش‌های حساب شده در گام‌های ۱ و ۲، باید کمتر از $0.9f_c$ باشد.

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

۱. کنترل تغییر در تیر

۱- در صورتی که از پایداری اطمینان استفاده شده باشد، در این حالت، این کنترل بر اساس

مشخصات مقطع مرکب انجام می شود.

در محاسبات تغییر شکل ناشی از بارهای مرده برای در نظر گرفتن اثر خودش به جای -

ضریب n از ضریب $3n$ استفاده می شود، اما در بارهای زنده از همان ضریب ۱

استفاده می شود.

۲- در صورت عدم استفاده از پایداری موقت، تغییر شکل تیر فولادی تحت اثر

بارهای مرده گروه ۱، با توجه به مشخصات تیر فولادی تنها محاسب می شود.

تغییر شکل تیر برای بارهای مرده گروه ۱، با توجه به مشخصات مقطع مختلف

با ضریب $3n$ محاسب می شود.

تغییر شکل تیر تحت اثر بارهای زنده، با توجه به مشخصات مقطع مختلف

با استفاده از ضریب n محاسب می شود.

محاسبی برش گروها

برش گروها برای ایجاد عملکرد مرکب بر روی بال بالایی تیرها مصلح می شوند

و در بین غرق می شوند.

MASOOMY

۳۶

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

- برش کمرها به صورت لول سطح یا ناوردانی هستند.

* نیروی برش قابل تحمل، توسط هر برش کمر با q ناشی داده می شود و از جدول

مرا 10-1-9-1 یا 10-1-9-2 استخراج می شود.

برای مقادیری که در جدول موجود نیست، از درون یا بر استفاده می کنیم.

* مقدار نیروی برش که توسط برش کمرها بین نقطه نقطه لنگر یا حد لنگر تا نقطه نقطه لنگر و باید

تحمل شود، از رابطه زیر محاسب می شود:

$$V_h = \min \left(\frac{0.85 f_c \cdot A_c}{2} + \frac{F_{yr} A_s}{2}, \frac{F_y \cdot A_s}{2} \right)$$

F_y : تنش تسلیم فولاد کمر

F_{yr} : تنش تسلیم آرماتورهای دال

A_s : سطح مقطع آرماتورهای طولی دال در عرض مؤثر دال

$$A_c = b_e \cdot t$$

A_s : سطح مقطع شتر فولادی ستها

Δ: در محاسبات مشخصات مقطع مرکب، می توان قسمتی از آرماتورهای طولی دال که

در عرض مؤثر قرار می گیرند را لحاظ کرد.

معمولاً در جهت اطمینان، این آرماتورها نادیده گرفته می شوند، در این صورت

می توان در رابطه V_h ، از $\frac{F_{yr} A_s}{2}$ صرف نظر کرد.

MASOUMY

اگر تیرکنت لنگر متفر باشد، دال تحت تنش قرار می گیرد، آن گاه در مشخصات مقطع مرکب در برش لنگر

از دال بتن صرف نظر می شود و حداکثر از آرماتورهای دال استفاده می گردد.

Subject :

Year. Month. Date. ()

حسابی تعداد برش کمرها بین نقطه کمرها کمر و نقطه ای کمر صفر

$$\alpha = \frac{V_h}{q}$$

1. میوه برش قابل
توسط یک برش

برای حسابی تعداد برش کمرها در کل تر، این حساب برای هر یک از تر که بین یک کمرها کمر و
یک کمر صفر قرار می گیرد، باید تکرار شود.

برای ترهای دوسر مفصل با بار کسره ای کمرها کمر، تعداد برش کمرها در کل تر،

دو برابر مقدار فوق است.

توزیع برش کمرها در هر یک کمرها کمر، در فواصل مساوی است.

علاوه محتاط ناقص

اگر تعداد برش کمرها اجزای کمتر از مقدار مورد نیاز باشد، علائم تر ناقص خواهد بود.

$$\alpha' < \alpha \text{ میوه تعداد برش کمرها اجزای}$$

$$V_h' = \alpha' \cdot q$$

$$V_h' \geq 0.25 V_h$$

در غیر این صورت، تر غیر محتاط است.

MASOOMY

۳۵

Subject :

Year. Month. Date. ()

برای اثر مختلط ناقص، اساس مقطع همان اینرسی باید اصلاح شود که کمتر می شود.

$$I) \quad S_{eff} = S_s + \sqrt{\frac{V_h}{V_h}} (S_{tr} - S_s)$$

↓
اساس مقطع مؤثر

مقطع مختلط ناقص

نسبت به بال بائین

S_s : اساس مقطع تیر نه ها نسبت به بال بائین

S_{tr} : در مختلط به شرط عملکرد مختلط کامل نسبت به بال بائین

$$II) \quad I_{eff} = I_s + \sqrt{\frac{V_h}{V_h}} (I_{tr} - I_s)$$

I_s : همان اینرسی تیر فولادی تنها

I_{tr} : در مقطع مرکب با عملکرد کامل

اگر بار همگن در توزیع برش گیرها

اگر در تکه ای از تیر، بین تیرها از یک نوع و فلز صفر، یک بار همگن اعمال شده باشد،

توزیع برش گیرها در آن تکه باید به گونه ای انجام شود که تعداد برش گیرها بین

بار همگن و فلز صفر، از تعداد زیر کمتر نشود.

نقطه

$$N_2 = N_1 \left[\frac{M \frac{\beta}{M_{max}} - 1}{\beta - 1} \right] ; \beta = \frac{S_{tr}}{S_{ss}} \text{ or } \frac{S_{eff}}{S_{ss}}$$

MASOOMY

M : تکرار زیر بار همگن

N_1 : تعداد کل برش گیرها در مقطع هر دو تیر

Subject :

Year.

Month.

Date.

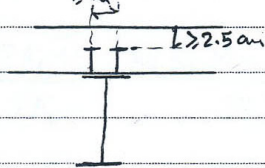
()

تعداد برش کمرها بین بار متمرکز و نقطه بالکترالیم : $N_2 - N_1$



محدودیت لمی مربوط به انتخاب برش کمرها و فواصل آن

- پوشش بتن روی برش کمرها باید حداقل 2.5 cm است.



مقاومت بال بال
 $d \leq 2.5 t_f$

- قطر کل میخ نباید بزرگتر از 2.5 برابر ضخامت بال باشد (برای امکان پیوستن جوش)

- در صورتی که در جهت عرض از پیش از یک ریف کل میخ استفاده شده باشد، فاصلگی

کل میخ ها در این راستا حداقل باید 4 برابر قطر کل میخ باشد

- در راستای طولی، فاصلگی بین کل میخ ها حداقل 6 برابر قطر کل میخ و حداکثر

8 برابر ضخامت دال بتنی است.

- در صورت استفاده از ناودان، حداقل فاصله 2 برابر و حداکثر 8 برابر ارتفاع ناودان

است.

MASOOMY

۲۹

Subject :

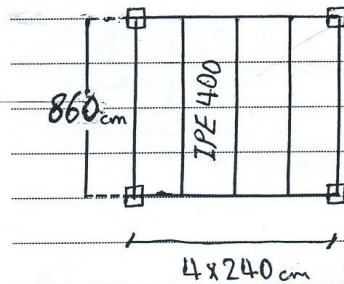
Year.

Month.

Date.

()

سوال: مقطع یک تیرمیان از بلال سقف زیر را در صورتی که در هنگام ساخت از پایه های موقت استفاده نشده باشد با مقطع IPE 400 کنترل نماید.
مضامت دال بتنی 10 cm ، بار زنده 500 kg/m² ، بار مرده شامل کف سازی و تغییر بندی 250 kg/m² .
جهت ایجاد عملکرد یکپارچه از روش استفاده شده است.



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

$$F_c = 200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\gamma_c = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

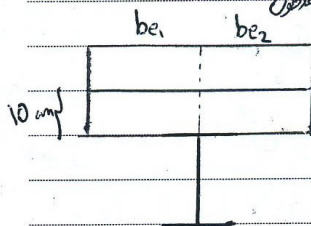
$$n = \frac{E_s}{E_c} = 10$$

اطلاعات: IPE 400 : $d = 40 \text{ cm}$, $b_f = 18 \text{ cm}$, $t_f = 1.35 \text{ cm}$, $A = 84.5 \text{ cm}^2$

$$I_x = 23130 \text{ cm}^4$$

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

$$W = 66.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$



$$b_{e1} = b_{e2} = \min \left(\frac{860}{8} , \frac{240}{2} \right) = \min (107.5, 120) = 107.5$$

$$t = 10 \text{ cm} \geq 8 \text{ cm} \text{ کنترل مضامت دال}$$

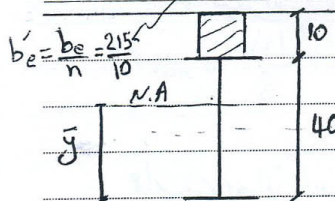
$$b_e = b_{e1} + b_{e2} = 107.5 \times 2 = 215 \text{ cm}$$

الان در دسترس

MASOOMY

Subject :

Year. Month Date. ()



محاسبی مشخصات مقطع تبدیل یافته

$$\bar{y} = \frac{\sum A_i \bar{y}_i}{\sum A_i} = \frac{84.5 \times 20 + (21.5 \times 10) \times (40 + \frac{10}{2})}{84.5 + 21.5 \times 10} = 37.95 \leq d = 40$$

تارخشا داخل مقطع فولادی

اگر \bar{y} از 40 بیشتر می شود، تارخشا داخل دال بتنی قرار می گرفت که در این حالت، بتنی که زیر تارخشا قرار می گرفت تحت تنش کششی بوده و باید از آن صرف نظر کرد. در این حالت، باید محاسبات تکراری کرد و نتایج خامت قیمتی از بتنی که بالای تارخشا قرار می گیرد را لحاظ می کردیم.

این فرایند، یک فرآیند تکراری و خطا است، محاسبات باید تا آن جا تکرار شود که \bar{y} در دو محاسبه متوالی، مقداری تقریباً یکسان را نتیجه دهد.

⚠ بهتر است اساساً تارخشا وارد رده دال بتنی نشود و در مسائل طراحی این کار

با اضافه کردن سازه بتنی یا جوش ورق تقویتی در زیر دال یا بتن ستر و در مسائل کنترل با کم کردن عرض مؤثر دال، امکان پذیر است.

در این حالت عرض مؤثر فرض شده \bar{y} برابر ارتفاع ستر در نظر گرفته می شود.

MASOOMY

۲۷

Subject :

Year. Month. Date. ()

توضیح: بهترین است عرض مؤثر دال در رابطه زیر نیز صدق کند، اما اجباری نیست.

$$b_e \leq 16t + b_f$$

محاسبی همان اینرسی مقطع مرکب:

$$I_{tr} = \sum (I_i + A_i d_i^2) = \left[23130 + 84.5 \times (37.95 - 20)^2 \right] + \left[\frac{1}{12} \times 21.5 \times 10^3 + (21.5 \times 10) (45 - 37.95)^2 \right] = 62833 \text{ cm}^4$$

محاسبی اساس مقطع نسبت به بال دالین و بال

$$S_{tr} = \frac{I_{tr}}{\bar{y}} = \frac{62833}{37.95} = 1656 \text{ cm}^3$$

نسبت به بالین مقطع

$$S_{con} = \frac{I_{tr}}{(d+t) - \bar{y}} = \frac{62833}{40 + 10 - 37.95} = 5214 \text{ cm}^3$$

نسبت به بالین مقطع (پس)

محاسبی بارهای وارز بر تیر:

$$W_{D1} = 66.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + (0.1 \times 2400) \times 2.4 = 642 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

بار مرده گرهه
شکل وزن تیر و دال

$$W_{D2} = 250 \times 2.4 = 600 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

بار مرده گرهه دو

$$W_L = 500 \times 2.4 = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

بار زنده

$$W = W_{D1} + W_{D2} + W_L = 2442 \Rightarrow W = 2442 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

$$M_{max} = \frac{WL^2}{8} = \frac{2442 \times 8.6^2}{8} = 22576.3 \text{ Kg.m}$$

محاسبی تنش خمشی ماکزیمم ناشی از کل بار در بال با این:

$$f_b = \frac{M_{max}}{S_{tr}} = \frac{22576.3 \times 100 \text{ Kg.cm}}{1656 \text{ cm}^3} = 1363 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

چون مقطع فولاد است، فشرده فرض می شود و با توجه به اینکه بال فشاری است

بال بتن مهار کامل شده است، تنش مجاز خمشی $0.66 F_y$ فرض می شود و

مقاطع غیر فشرده میل لانه زینتوری $0.6 F_y$ در نظر گرفته می شود.

$$f_b = 0.66 F_y = 1584$$

$$1363 \leq 1584 \quad \checkmark \text{ O.K}$$

محاسبی تنش خمشی در بتن:

$$f_b = \frac{M_{max}}{S_{con}} \times \frac{1}{n} = \frac{22576.3 \times 100}{5214} \times \frac{1}{10} = 43.3$$

مناسب $\frac{1}{n}$ به دلیل آن است که تنش در بتن که تبدیل یافته است، محاسب می شود.

$$\text{مقدار مجاز در بتن: } 0.45 f_c' = 0.45 \times 200 = 90$$

$$43.3 \leq 90 \quad \checkmark$$

تا این قسمت محاسبات، ربطی به استفاده یا عدم استفاده از پایه های فوق ندارد،

چون از پایه ای فوق استفاده شده است، محاسبات مبحثی بعد نیز به صورت

MASOOMY

بایر انجام شود و

۳۸

Subject :

Year. Month. Date. ()

۱) محاسبی تنش ماکزیمم ناشی از بار مرده گروه ۱ در مقطع فولادین تنها :

$$M_{D1} = \frac{W_{D1} \times L^2}{8} = \frac{642 \times 8.6^2}{8} = 5935 \text{ Kg.m}$$

از اساس مقطع تنها استفاده می کنیم :

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

⚠ : اگر تن فولادین خود مرکب باشد یعنی مثلاً اگر وصل باشد یا دارای ورق تقویتی باشد در

این جا ابتدا باید موقعیت تاختنا و سپس همان ایزیشن و در آخر اساس مقطع نسبت به

پاشن آن را بدست آوریم. (اگر وصل باشد، اساس مقطع دو برابر می شود)

$$f_{b1} = \frac{M_{D1}}{S_s} = \frac{5935 \times 100}{1160} = 512 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

→ اساس مقطع تن فولادین

نسبت به پاشن

۲) محاسبی تنش در مقطع مختلط ناشی از بار مرده گروه ۲ و بار زنده

$$M = \frac{(W_{D2} + W_L) L^2}{8} = \frac{(600 + 1200) \times 8.6^2}{8} = 16641 \text{ Kg.m}$$

$$f_{b2} = \frac{M}{S_{tr}} = \frac{16641 \times 100}{1656} = 1005 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

تنش در پاشن
مقطع مختلط

مجموع تنش ها در دو حالت فوق :

$$512 + 1005 = 1517 \leq 0.9 F_y = 2160 \quad \checkmark$$

* اگر پایه موقعیت درست و محاسبات این صفحه انجام نمی شود

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

محاسبه و کنترل خیز در تیر:

خیز ناشی از بار مرده گروه یک (بر اساس همان ایندکس تیر فولادی انتخاب)

Δ. اگر بایستی داشتیم، محاسبه بر اساس همان ایندکس مقطع فضا با احتساب ضریب تبدیل 3n انجام می شد و اگر مقطع فولادی خود برکنی بود، بر اساس همان ایندکس کل مقطع محاسب می شد.

$$\delta_{D1} = \frac{5 W_{D1} \cdot L^4}{384 EI}$$

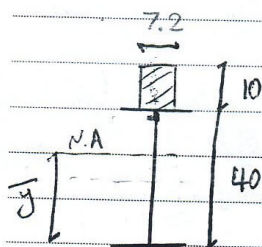
واحد: kg, cm

$$W_{D1} = 642 \frac{\text{kg}}{100\text{cm}} = 6.42 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

$$\delta_{D1} = \frac{5 \times 6.42 \times 860^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 23130} = 0.99 \text{ cm}$$

محاسبه خیز ناشی از بار مرده گروه 2 (بر اساس مقطع فضا با ضریب تبدیل 3n)

محاسبه مشخصات مقطع فضا با ضریب تبدیل 3n:



$$b_e = \frac{b}{3n} = \frac{215}{3 \times 10} = 7.2 \text{ cm}$$

$$\bar{y} = \frac{84.5 \times 20 + 7.2 \times 10 \times 45}{84.5 + 7.2 \times 10} = 31.5 \text{ cm}$$

این مقدار نباید از 20 کمتر شود.

$$I_{tr} = \left[23130 + 84.5 \times (31.5 - 20)^2 \right] + \left[\frac{1}{12} \times 7.2 \times 10^3 + 7.2 \times 10 \times (45 - 31.5)^2 \right]$$

$$\Rightarrow I_{tr} = 48027 \text{ cm}^4$$

MASOOMY

۳۹

subject :

Year. Month. Date. ()

$$W_{D2} = \frac{600 \text{ Kg}}{100 \text{ cm}} = 6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

$$\delta_{D2} = \frac{5 \times 6 \times 860^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 48027} = 0.44 \text{ cm}$$

محاسبه خیز ناشی از بار زنده (بر اساس مقطع مرکب با ضریب تبدیل B_n معین از مشخصات آن که باید در صورت دایره باشد یا خیر)

$$W_L = \frac{1200 \text{ Kg}}{100 \text{ cm}} = 12 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

$$\delta_L = \frac{5 \times 12 \times 860^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 62833} = 0.68 \text{ cm}$$

- کنترل خیز بار زنده

$$\delta_L = 0.68 \leq \frac{L}{360} = \frac{860}{360} = 2.38 \text{ cm} \checkmark$$

کنترل خیز ناشی از کل بار زنده و مرده

$$\delta_{D+L} = 0.68 + 0.44 + 0.99 = 2.11 \leq \frac{L}{240} = \frac{860}{240} = 3.58 \checkmark$$

طراح برش گریز

$$V_k = \min \left(0.85 f_c \frac{A_c}{2} + \frac{F_{yr} A_s}{2}, \frac{F_y A_s}{2} \right)$$

که صفر در محاسبات از آن بزرگتر است و در صورتی که صفر باشد

MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

$$V_h = \min \left(0.85 \times 200 \times \frac{(215 \times 10)}{2}, \frac{2400 \times 84.5}{2} \right) = \min(182750, 101400)$$

$$V_h = 101400 \text{ Kg}$$

انتخاب برش گریز

جدول 10-1-9-1

⚠ : اگر به جای طراحی برش گریز، کنترل برش گریز مورد نظر بود، باید از جدول فوق، q

را حساب کرده و بر اساس آن V_h' را بدست آوریم.

$$V_h' = q \times n \rightarrow \text{تعداد برش گریز نقطه تکیه و مانع}$$

و با V_h مقایسه می کنیم:

اگر $V_h' > V_h \Leftarrow$ مقطع مستطاط کامل

اگر $V_h' < 0.25 V_h \Leftarrow$ مقطع غیر مستطاط می شود و محاسبات تیر باید همانند تیرهای عادی دوباره تکرار شود

اگر $V_h' > 0.25 V_h \Leftarrow$ مقطع مستطاط ناقص \Leftarrow اصلاح اساس مقطع همان اینرسی

مقطع مرکب (محاسب I_{eff} و S_{eff})
بازگشت به مراحل قبل و اصلاح محاسبات و جانمایی های زیر:

$$S_{tr} \rightarrow S_{eff}$$

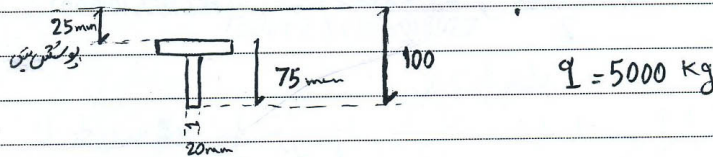
$$I_{tr} \rightarrow I_{eff}$$

و کنترل های متفرقه مانند حداقل پوشش بتن و حداقل و حداکثر فواصل برش گریز نیز باید انجام شود. (حداکثر فاصله منع در صورت نیاز کنترل شود)
MASOOMY

Subject :

Year. Month. Date. ()

(1-9-10) : در این جا به طور مثال از قطر 20 mm و طول 75 mm استفاده می شود.

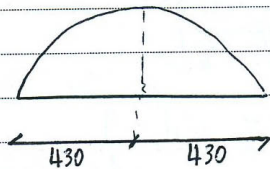


$$d = 25 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \checkmark$$

$$d \leq 2.5 t_f$$

$$2 \text{ cm} \leq 2.5 \times 1.35 = 3.37 \text{ cm} \checkmark$$

حداقل تعداد برش که بین نقطه انحراف و انتهای عضو



$$n \geq \frac{V_h}{q} = \frac{101400}{5000} = 20.3 \approx 21$$

$$2 \times 21 = 42$$

تعداد در کل تیر:

فاصله برش که:

$$\frac{860}{42} = 20.47 \approx 20$$

کنترل فاصله برش که:

$$6d = 6 \times 2 = 12 \leq 20 \leq 8t = 8 \times 10 = 80 \checkmark$$

الف فاصله ی بین برش که، کمتر از حداقل مجاز می شود، آن ها را در دو ردیف می چینیم و

MASOOMY

فاصله را دو برابر می کنیم

Subject :

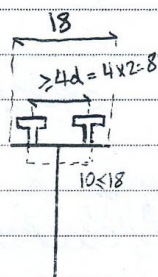
Year. Month. Date. ()

$$n = \frac{20.3}{2} = 10.15 \approx 11 \text{ جفت}$$

در کل سیر: 22 جفت

$$\frac{860}{22} = 39.1 \rightarrow 40$$

$$12 \leq 40 \leq 80 \checkmark$$



کنترل فاصله ی عرضی بین سیر:

$$8 + 2 \times \frac{2}{3} = 10 \leq 18 \checkmark$$

شماره ی طول

معمولا کل میخ نداریم و از ناودان استفاده می شود.

* اگر از ناودان استفاده شود، محاسبات به صورت ذیل است:

UNP 60 به طول 10 cm

$$10 \leq 18 \checkmark \quad \text{فاصله اجزایی} = 18 - 2 = 16 \checkmark$$

b_f

جدول 10-1-9-1 برای $f_c' = 200$

$$q = 0.68 W \quad (\text{بر حسب تن})$$

$$q = 0.68 \times 10 = 6.8 \text{ t} = 6800 \text{ Kg}$$

$$n = \frac{101400}{6800} = 14.91 \approx 15$$

MASOONI

۴۱

Subject :

Year.

Month.

Date.

()

30

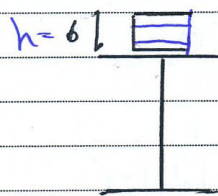
تعداد در کل بتن :

$$\frac{860}{30} = 28.6 \rightarrow 28$$

فاصله :

$$2 \times 6 = 12 \leq 28 \leq 8h = 48 \checkmark$$

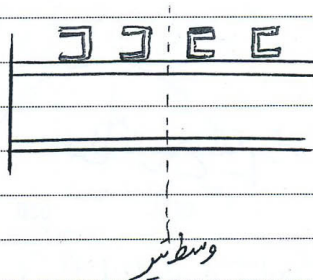
کنترل فواصل :



پوشش بتن :

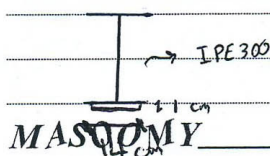
$$10 - 6 = 4 \geq 2.5 \checkmark$$

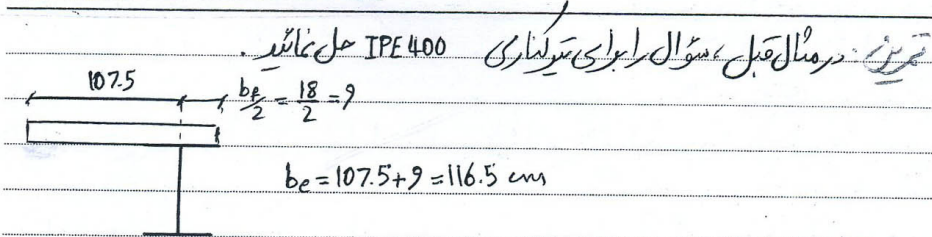
حداقل برش برگی



قرین : در مثال قبل فرض نمائید که از رایب های فوق قبل از رسیدن بتن به مقاومت اولیه استفاده شده باشد.

قرین : در مثال قبل به جای IPE 400 از مقطع زیر استفاده کنید :





تمرین: در مثال قبل، اگر مقطع تیر نامشخص باشد، یک مقطع برای تیر از نوع IPE طراحی کنید.

مرحله اول: حدس مقطع تیر

مراجعه به اشیاء و انتخاب مقطع IPE

$$S_x = \frac{M_{max}}{1.3 F_b} \quad \text{اساس مقطع تیر فولادی}$$

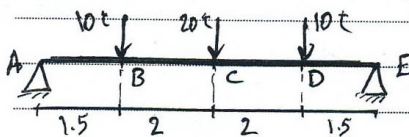
مرحله بعدی: حساب مثال قبل

$$F_b = 0.66 F_y$$

الدر هر مرحله از حل مسئله مشخص شود که مقطع خواسته شده است، باید مقطع را بزرگتر گرفت و محاسبات را تکرار کرد.

تمرین: در تیر کامپوزیت شکل زیر، با اساس محاسبات، تعداد برش‌های لازم بین نقطه‌های A تا E و نقطه‌های A تا B، 20 عدد است. آمده است، مطلوب است

توزیع این برش‌ها در تیر شکل زیر



$$N_2 = \frac{N_1 \left(\frac{M}{M_{max}} B - 1 \right)}{B - 1}$$

$$B = \frac{S_{tr}}{S_s} = 1.5$$

MASOOMY

۴

Subject :

Year. Month. Date. ()

باز توزیع لنگر تیرگی

تیرهایی که شرایط مقطع فشرده با اتکالی جانبی را دارند و در یک نگاه به صورت سیرامیکی

ادامه می یابند یا با اتصال صلب به ستون منتقل هستند و به صورت عصبی از

قاب صلب کار می کنند، در حالتی که لنگر جداگانه در محل یک نگاه به وجود آید، می توان

آن ها را برای تحمل 0.9 لنگر منفی مربوط به بارهای قائم طراحی کرد، مشروط

بر اینکه در چنین عصبی، انحراف میان دگرانه را به مقدار 10% میلین

لنگر منفی دو انتهای ~~تیر~~ افقی باشد.

این مطلب برای تیرهای طره ای صادق نیست.

اگر لنگر منفی به ستون منتقل شود که با اتصال صلب به تیر متصل است،

گاهی آن در محاسبه ستون برای اثر مشترک بار محوری و لنگر خمشی خارج

است مشروط بر آن که تنش فشاری f_a در عضو مربوط به بار محوری نظیر

از $0.15 f_a$ تجاوز نکند.

تنش مجاز فشاری $f_a \leq 0.15 f_a$ به تنش موجود فشاری

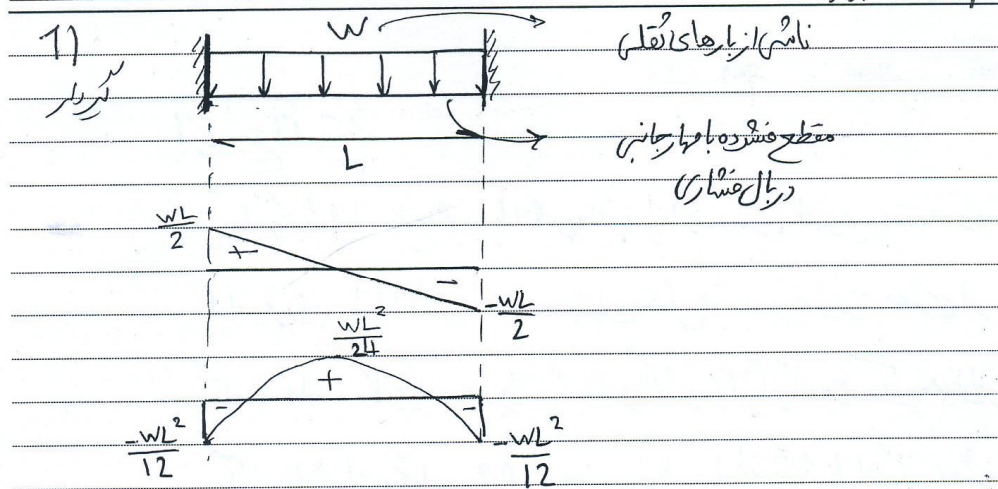
MASOOMY

۴۳

Subject :

Year. Month. Date. ()

for example:



$$M_{max}^- = -\frac{wL^2}{12} \quad M_{max}^+ = \frac{wL^2}{24}$$

$$|M_{max}^-| > |M_{max}^+| \Rightarrow \text{با توزیع}$$

$$\Rightarrow M_{max}^- = \frac{9}{10} \times \frac{wL^2}{12} = \frac{3wL^2}{40}$$

$$\Rightarrow M_{max}^+ = \frac{wL^2}{24} + 0.1 \times \left(\frac{wL^2}{12} + \frac{wL^2}{12} \right) = wL^2 \left(\frac{1}{24} + \frac{1}{120} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{wL^2}{20} \leq \frac{3wL^2}{4}$$

البر قرار نبود، به جای 0.9، قرار داده و به جای 0.1، $1-\alpha$ می‌گذاریم و با تساوی

$$\text{قرار دادن } M_{max}^+ = |M_{max}^-| \text{، معادله } \alpha \text{ بدست می‌آید.}$$

MASOOMY

Subject :

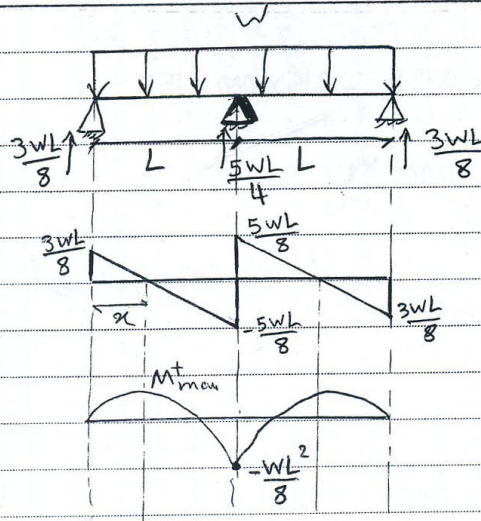
Year.

Month.

Date. ()

2)

خارجی



بار افقی، تیر فشرده با دو جانبی
در حالت فشرده

$$\frac{\alpha}{L-\alpha} = \frac{\frac{3wL}{8}}{\frac{5wL}{8}} \Rightarrow \alpha = \frac{3L}{8}$$

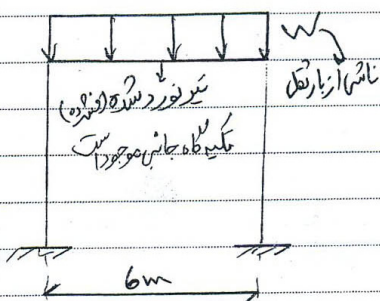
$$M_{max}^+ = \frac{1}{2} \times \frac{3wL}{8} \times \frac{3L}{8} = \frac{9wL^2}{128}$$

$$M_{max}^- = \frac{9wL^2}{128} - \frac{5wL}{8} \times \frac{5L}{8} \times \frac{1}{2} = -\frac{wL^2}{8}$$

$|M_{max}^-| > |M_{max}^+| \Rightarrow$ باز توزیع بار

$$\left\{ \begin{aligned} M_{max}^- &= 0.9 \times \frac{wL^2}{8} = \frac{9wL^2}{80} > \frac{49wL^2}{640} \checkmark \\ M_{max}^+ &= \frac{9wL^2}{128} + 0.1 \times \left(\frac{wL^2}{8} + 0 \right) / 2 = wL^2 \left(\frac{9}{128} + \frac{1}{160} \right) \\ &= \frac{wL^2}{640} (45 + 4) = \frac{49wL^2}{640} \end{aligned} \right.$$

مثال: در قالب شکل زیر، حداکثر مقدار w چقدر باشد تا ستون مجاز به کشش نشود



بر اساس باز توزیع بار

محاسبه استون:

$$A = 80 \text{ cm}^2$$

$$F_a = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

MASOOMY

۱۳۳

Subject :

Year. Month. Date. ()

نیروی مجزی

بر حسب انشیر $P = \frac{600W}{2} = 300W$

$$f_a = \frac{300W}{80} = 3.75W \leq 0.15F_a = 0.15 \times 1000 = 150$$

$$W \leq \frac{150}{3.75} = 40 \frac{Kg}{cm} = 4000 \frac{Kg}{m}$$

باز توزیع بر عودال نمودار است.

MASOOMY

تیر ستون ها :

اعضایی که بطور همزمان تحت تاثیر بار محوري و لنگر خمشی باشند، تیر ستون نامیده می شوند. به طور مثال ستون های سوله ها و سازه های با سیستم قاب خمشی را میتوان نام برد.

برای کنترل تیر ستون ها به شرح زیر عمل می کنیم :

1-حالتی که تیر ستون ها تحت اثر نیروی فشاری و لنگر خمشی هستند :

الف) اگر نسبت تنش موجود به مجاز فشاری بزرگتر 0.15 باشد، باید :

معیار پایداری

$$\frac{fa}{Fa} > 0.15 \quad \frac{fa}{Fa} + \frac{Cm_x \cdot fb_x}{\left(1 - \frac{fa}{F'e_x}\right) Fb_x} + \frac{Cm_y \cdot fb_y}{\left(1 - \frac{fa}{F'e_y}\right) Fb_y} \leq 1$$

معیار مقاومت

$$\frac{fa}{0.6F_y} + \frac{fb_x}{Fb_x} + \frac{fb_y}{Fb_y} \leq 1$$

ب- اگر نسبت تنش موجود به مجاز فشاری کمتر از 0.15 باشد :

$$0.15 \leq fa/Fa$$

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{fb_x}{Fb_x} + \frac{fb_y}{Fb_y} \leq 1$$

fa : تنش فشاری موجود

Fa : تنش فشاري مجاز

fbx : تنش خمشي موجود حول محور X

Fbx: تنش خمشي مجاز حول محور X

Fby: تنش خمشي موجود حول محور Y

Fby ← تنش خمشي مجاز حول محور Y

$$F'ex = \frac{105 \times 10^5}{\lambda_x^2} \rightarrow \text{تنش اويلر حول محور } X$$

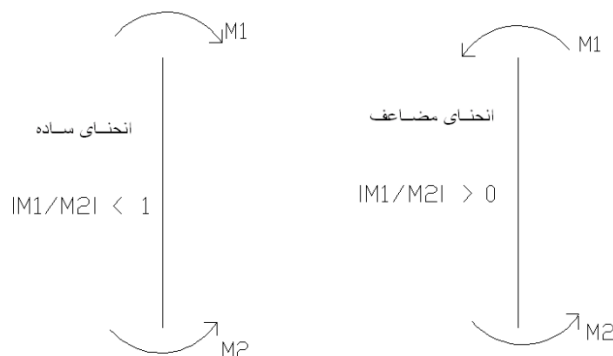
$$F'ey = \frac{105 \times 10^5}{\lambda_y^2} \rightarrow \text{تنش اويلر حول محور } Y$$

Cm: ضريبي است که به شرح زیر قابل محاسبه است :

الف : براي ستون ها در قاب هاي خمشي مهار نشده $C_m=0.85$

ب-براي ستون ها در قاب هاي خمشي مهار شده مشروط بر آن که بار خارجي در بين دو انتهاي عضو در صفحه ي خمش بر آن وارد نشود :

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M1}{M2} \right) \geq 0.4$$



پ-براي ستون ها در قاب هاي مهار شده و تحت اثر بارهاي خارجي در بين دو انتها مقدار cm بايد با يك تحليل مستدل تعيين شود به جاي آن مي توان از اعداد زير نيز استفاده كرد :

براي اعضاي كه اتصال دو انتهايي آنها گيردار باشد .
 $cm=0.85$

براي اعضاي كه اتصال دو انتهايي آنها مفصلي ساده باشد .
 $cm=1$

2-تركيب نيروي محوري كششي و لنگر خمشي :

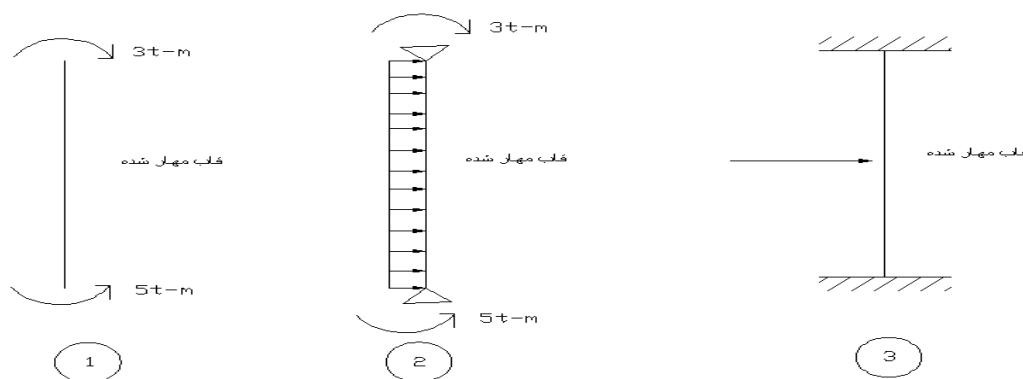
در اين اعضا بايد رابطه ي زير برقرار باشد .

$$\frac{ft}{Ft} + \frac{fb_x}{Fb_x} + \frac{fb_y}{Fb_y} \leq 1$$

Ft : تنش كششي موجود

Ft : تنش كششي مجاز

-مثال : مطلوب است محاسبه مقدار cm در هر يك از حالات زير:



1- انحنای ساده $C_m = 0.6 - 0.4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0.4 \rightarrow 0.6 - 0.4 \left(-\frac{3}{5}\right) = 0.84 \geq 0.4$

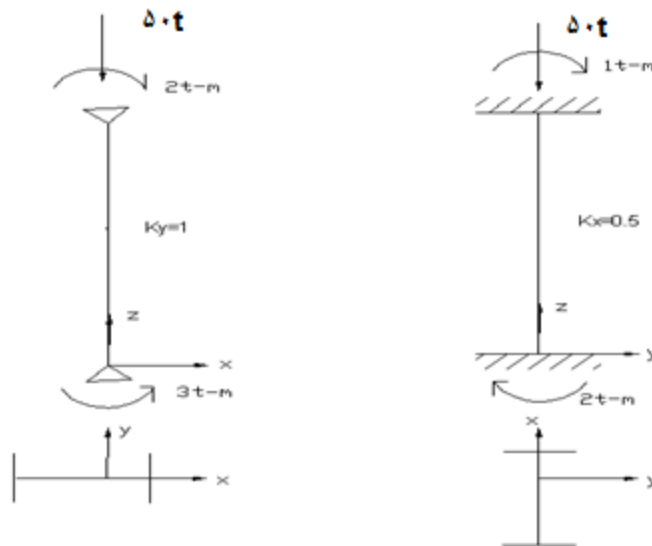
2- قاب مهار شده تحت بارهاي جانبي با تكيه گاه ساده

$$C_m=1$$

3- قاب مهار شده تحت بارهاي جانبي با تكيه گاه گيردار .

$$C_m=0.85$$

مثال : براي تير ستون با مشخصات زير مطلوب است محاسبه و كنترل نسبت هاي تنش. ستون در صفحه ي xz و صفحه ي yz عضوي از يك قاب مهار بندي شده است .



$$IPE300 \begin{cases} A = 149 \text{ cm}^2 \\ S_x = 1680 \text{ cm}^3 \\ S_y = 571 \text{ cm}^3 \\ r_x = 13 \text{ cm} \\ r_y = 7.58 \text{ cm} \end{cases} \quad \text{جدول اشتال:}$$

محاسبه تنش هاي فشاري :

چون ستون در دو صفحه ي xz و yz مهار شده است، ضريب طول ستون را برابر 1 در نظر مي گيريم . چون محور x در شكل موازي جان

است و در جدول اشتال محور موازي جان محور y است به جاي rx بايد ry در جدول اشتال را جايگزين كنيم و بالعكس .

واحد cm , kg

$$fa = \frac{P}{A} = \frac{50000}{149} = 335.6 \frac{kg}{cm^2}$$

$$kx = 0.5 , ky = 1$$

براي قاب هاي مهاربندي شده مقدار ضريب طول ستون كوچكتر يا مساوي 1 است كه براي اطمينان بهتر است همان عدد 1 فرض شود .

اما در اينجا از مقدار واقعي كوچكتر از يك آن كه براي ستونهاي دو سرگيردار برابر 0.5 است استفاده شده است. براي محاسبه تنش مجاز فشاري هم ميتوان از جدول تنشهاي مجاز استفاده كرد و هم از روابط مبحث دهم. در اينجا از روابط مبحث دهم كمك گرفته شده است:

$$\lambda x = \left(\frac{kL}{r}\right)_x = \frac{0.5 \times 350}{7.58} = 23.1$$

$$\lambda y = \left(\frac{kL}{r}\right)_y = \frac{1 \times 350}{13} = 26.9$$

$$\lambda_{max} = \text{Max}(23.1, 26.9) = 26.9$$

$$Fs = 1.67 + 0.375 \left(\frac{\lambda_{max}}{C_c}\right) - 0.125 \left(\frac{\lambda_{max}}{C_c}\right)^3$$

$$Fs = 1.67 + 0.375 \left(\frac{26.9}{130}\right) - 0.125 \left(\frac{26.9}{130}\right)^3 = 1.75$$

$$Fa = \frac{1}{F_s} \left[1 - 0.5 \left(\frac{\lambda_{max}}{C_c} \right)^2 \right] \times Fy = \frac{1}{1.75} \times \left(1 - 0.5 \left(\frac{26.9}{130} \right)^2 \right) \times 2400$$

$$Fa = 1342 \frac{kg}{cm^2}$$

محاسبه نسبت تنش فشاری موجود به تنش فشاری مجاز :

$$\frac{fa}{Fa} = \frac{335.6}{1342} = 0.25 \geq 0.15$$

پس باید رابطه ی زیر کنترل شود :

معیار پایداری:

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{Cm_x \cdot fb_x}{\left(1 - \frac{fa}{F_{lex}}\right) Fb_x} + \frac{Cm_y \cdot fb_y}{\left(1 - \frac{fa}{F_{ley}}\right) Fb_y} \leq 1$$

معیار مقاومت:

$$\frac{fa}{0.6Fy} + \frac{fb_x}{Fb_x} + \frac{fb_y}{Fb_y} \leq 1$$

محاسبه ی تنش های خمشی موجود :

این تنش ها باید برای هر یک از محورهایی x و y محاسبه شود
لنگر Mx در صفحه yz و لنگر My در صفحه xz رخ می دهد . در
هر دو صفحه xz و yz لنگر ماکزیمم در پایین ستون اتفاق
می افتد .

$$fb_x = \frac{M_x}{S_x} = \frac{2 \times 10^5}{571} = 350 \frac{kg}{cm^2}$$

$$fb_y = \frac{My}{S_y} = \frac{3 \times 10^5}{1680} = 179 \frac{kg}{cm^2}$$

چون محور x موازي جان است به جاي sx از جدول اشتايل بايد sy را جايگزين كنيم و بالعكس.

محاسبه مقادير تنش هاي خمشي مجاز :

$$Fb_x = 0.75F_y = 0.75 \times 2400 = 1800 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Fb_y = 0.66F_y = 0.66 \times 2400 = 1584 \frac{kg}{cm^2}$$

(فرض ميكنيم بال فشاري ستون داراي مهار جانبي ميباشد).

چون محور x محور ضعيف مقطع است ، تنش مجاز حول محور ضعيف در خمش برابر $0.75F_y$ است . همچنين محور y موازي بال مقطع و در نتيجه محور قوي آن مي باشد ، چون مقطع نورد شده است داراي شرايط مقطع فشرده مي باشد و با فرض وجود مهار كافي براي بال فشاري مقطع تنش مجاز خمشي مي تواند $0.66F_y$ فرض شود .

$$F'_{ex} = \frac{105 \times 10^5}{\lambda_x^2} = \frac{105 \times 10^5}{23.1^2} = 19677 \frac{kg}{cm^2}$$

$$F'_{ey} = \frac{105 \times 10^5}{\lambda_y^2} = \frac{105 \times 10^5}{16.9^2} = 14511 \frac{kg}{cm^2}$$

محاسبه ي cmx :

قاب مهار شده فاقد بار جانبي است :

$$Cm_x = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M1}{M2} \right) \geq 0.4$$

چون دو لنگر هم جهت مي باشند انجا مضاعف است و نسبت

$$\left| \frac{M1}{M2} \right| \geq 0$$

$$\frac{M1}{M2} = \frac{1}{2} = 0.5 \quad Cm_x = 0.6 - 0.4 \times 0.5 = 0.4 \geq 0.4 \rightarrow Cm_x = 0.4$$



محاسبه ي **cmy** :

$$\frac{M1}{M2} = \frac{-2}{3} = -0.67 \quad Cm_y = 0.6 - 0.4(-0.67) = 0.87 \geq 0.4$$



کنترل رابطه ي اول :

$$0.25 + \frac{0.4 \times 350}{\left(1 - \frac{335.6}{19677}\right) \times 1800} + \frac{0.87 \times 179}{\left(1 - \frac{335.6}{14511}\right) \times 1584} = 0.43 \leq 1$$

کنترل رابطه ي دوم :

$$\frac{335.6}{0.6 \times 2400} + \frac{350}{1800} + \frac{179}{1584} = 0.53 \leq 1$$

مثال : مثال قبل را براي حالي حل نماييد كه بار محوري ستون 25ton باشد .

در اين جا مقادير $f_{by}, F_{by}, f_{bx}, F_{bx}, f_a$ مانند مثال قبل است و تغيير نمي كند .

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{25000}{149} = 168 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{168}{1342} = 0.12 \leq 0.15$$

چون نسبت فوق از 0.15 کمتر است تنها كافي است رابطه ي زير كنترل شود .

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{b_x}}{F_{b_x}} + \frac{f_{b_y}}{F_{b_y}} \leq 1$$

$$\rightarrow 0.12 + \frac{350}{1800} + \frac{179}{1584} = 0.12 + 0.19 + 0.11 = 0.42 \leq 1$$

مثال : مثال قبلي را براي حالي حل نماييد كه بار محوري براي ستون 50ton و به صورت كشي باشد .

چون ستون تحت تركيب نيروي محوري كشي و لنگري خمشي است بايد رابطه ي زير در آن كنترل شود .

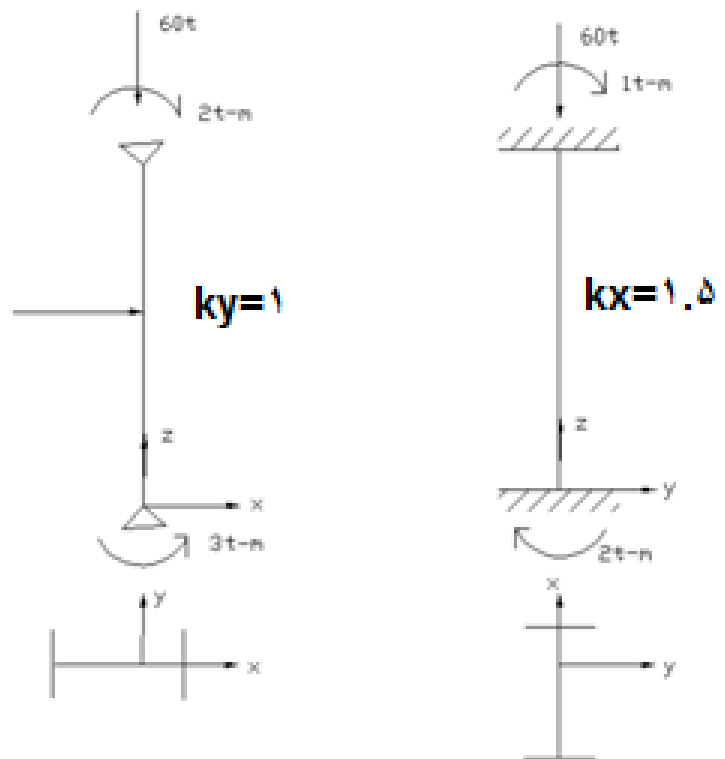
$$\frac{f_t}{F_t} + \frac{f_{b_x}}{F_{b_x}} + \frac{f_{b_y}}{F_{b_y}} \leq 1$$

$$f_t = \frac{T}{A} = \frac{50000}{149} = 335.6 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Ft = 0.6Fy = 0.6 \times 2400 = 1440 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\frac{335.6}{1440} + \frac{350}{1800} + \frac{179}{1584} = 0.23 + 0.19 + 0.11 = 0.53 \leq 1$$

تمرین : مثال قبل را برای حالتی حل نمایید که ستون تحت بار محوری 60t باشد ، ستون در صفحه ی xz برای کمانش حول محور y مهار شده است و در صفحه ی yz برای کمانش حول محور x مهار نشده است همچنین فرض کنید که در صفحه ی xz یک بار متمرکز در وسط به آن وارد می شود ، نسبت های تنش را در محل تکیه گاه پایین محاسبه کنید .



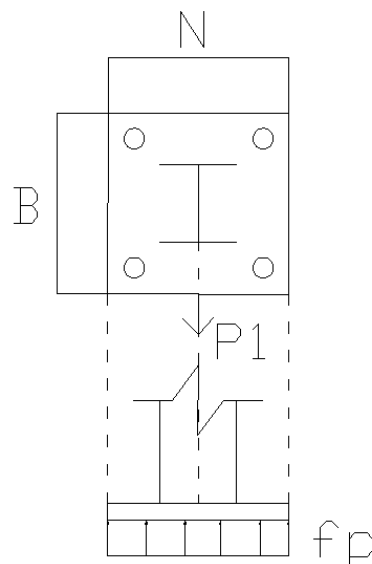
$$kx = 1.5 \quad ky = 1$$

طراحی صفحه ستون ها :

صفحه ستون وظیفه انتقال بار از ستون به پی را دارد ، در طراحی صفحه ستون باید نکات زیر را در نظر گرفت :

1- مقدار تنش فشاری زیر صفحه ستون در هیچ نقطه ای از مقدار مجاز آن بیشتر نباشد. در حالتی که ستون در وسط صفحه ستون قرار دارد و به ستون تنها بار محوری فشاری وارد می شود تنش زیر صفحه ستون یکنواخت می باشد و مقدار آن با تقسیم بار محوری به مساحت صفحه ستون ها محاسبه می شود.

$$f_p = \frac{P}{A} = \frac{P}{B.N}$$



مقدار تنش مجاز در زیر صفحه ستون از رابطه ی زیر محاسبه می شود .

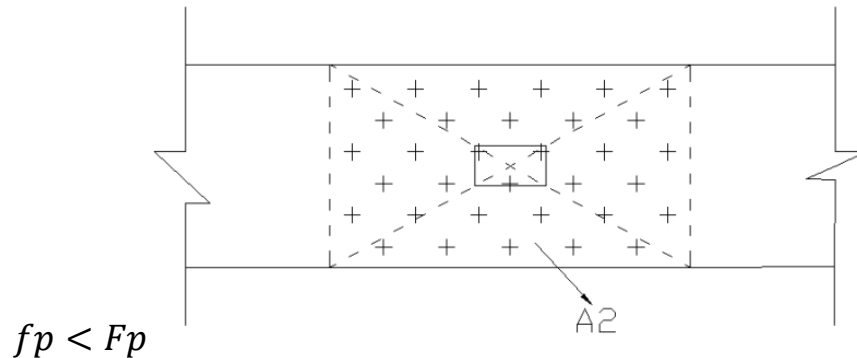
$$F_p = 0.3f'_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 0.6f'_c$$

f'_c : مقاومت فشاری بتن پی

$$A1 = B.N$$

A1 : مساحت صفحه ستون

A2 : حداکثر سطحی از شالوده هم مرکز و متشابه با ورق زیر ستون



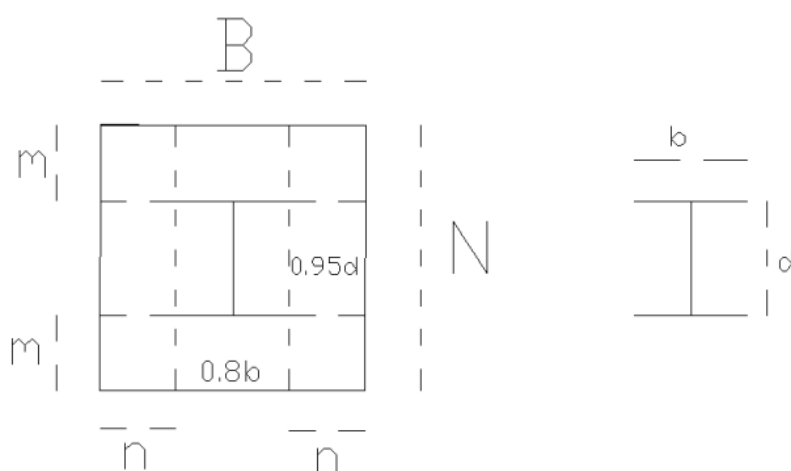
نکته: برای صفحه ستونهای کناری یا گوشه (صفحه ستونهایی که بدلیل محدودیتهای معماری امکان قرارگیری آنها در وسط پی وجود ندارد) مقدار تنش مجاز مقدار ثابت $0.3f'_c$ است. در مورد بقیه صفحه ستونها نیز اگر نسبت مساحت A2 به مساحت A1 بیش از 4 باشد، تنش مجاز مقدار ثابت $0.6f'_c$ خواهد بود.

به این روش طول و عرض مناسب برای صفحه ستون محاسبه می شود. بهتر است صفحه ستون به شکل مربع انتخاب شود. با توجه به آن که بر روی صفحه ستون باید ستون، بولتها و وسایل اتصال (نبشی ها و لچکی ها) قرار گرفته و به آن متصل شوند، ابعاد صفحه ستون بهتر است به گونه ای باشد که این مجموعه به راحتی در داخل آن جا شود، برای این منظور بهتر است ابعاد صفحه ستون در حدود 2 برابر ابعاد ستون باشد.

2- ضخامت صفحه ستون باید به گونه ای انتخاب شود که در اثر خمش ایجاد شده در مقطع صفحه ستون ناشی از تنش های زیر

صفحه ستون، مقادیر تنش های خمشی از مقدار مجاز آن بیشتر نشود .

مقطع بحرانی جهت کنترل خمش : برای ستونهای I شکل مقطع بحرانی جهت کنترل خمش مطابق شکل زیر میباشد:



$$n = \frac{B - 0.8b}{2}$$

$$m = \frac{N - 0.95d}{2}$$

قسمتهایی که بین مقاطع بحرانی تا لبه آزاد صفحه ستون قرار میگیرند، همانند یک تیر طره عمل می کنند و تنش زیر صفحه ستون همانند بار گسترده تیر می باشد ، لنگر ماکزیمم که در مقاطع بحرانی رخ می دهد ، برای عرض واحد از صفحه ستون به شرح زیر محاسبه می شود :

$$M1 = fp \cdot \frac{m^2}{2} \quad \text{مقطع بحرانی افقی :}$$

$$M2 = fp \cdot \frac{n^2}{2} \quad \text{مقطع بحرانی عمودی :}$$



مقطع صفحه ستون با عرض واحد

$$fb_1 = \frac{M1}{S} = \frac{M1}{1 \times \frac{t^2}{6}} = \frac{6M1}{t^2} = \frac{3fpm^2}{t^2} \leq Fb$$

$$Fb = 0.75Fy$$

$$fb_2 = \frac{M2}{S} = \frac{M2}{1 \times \frac{t^2}{6}} = \frac{6M2}{t^2} = \frac{3fpm^2}{t^2} \leq Fb = 0.75Fy$$

$$t \geq \text{Max} \left(\sqrt{\frac{3fpm^2}{Fb}}, \sqrt{\frac{3fpm^2}{Fb}} \right)$$

چون چرخش حول محور ضعیف صفحه ستون انجام می شود تنش مجاز خمشی برابر $0.75Fy$ می باشد .

4- انتخاب تعداد و قطر بولتها : جهت اتصال صفحه ستون به پی و جلوگیری از لغزش آن نیاز به بولت می باشد. بولتها برای تحمل دو نیرو در نظر گرفته می شوند :

1- تنش کششی ایجاد شده در بولت در اثر بار محوری کششی ستون و یا لنگر خمشی وارد بر صفحه ستون از

طرف ستون. اگر ستون فقط تحت اثر نیروی محوری فشاری باشد ، در بولتها تنش کششی ایجاد نمی شود .
 2- جهت تحمل تنش برشی ایجاد شده در مقطع بولت در اثر نیروی برشی ستون .

$$f_t = \frac{T}{nA} \leq F_t$$

F_t : تنش کششی مجاز بولت

F_t : تنش کششی موجود

T : نیروی کششی ستون

$$f_v = \frac{V}{nA} \leq F_v$$

N : تعداد بولتها

A : سطح مقطع یک بولت

V : نیروی برشی وارد بر صفحه ستون

f_v : تنش برشی موجود

F_v : تنش برشی مجاز

بولتها از میلگردهای رزوه شده می باشند.

در این حالت تنش مجاز کششی و برش آنها به شرح زیر محاسبه می شود. تنش مجاز برشی و کششی وابسته به این است که سطح برش از قسمت دندانه شده عضو عبور کند و یا از قسمت دندانه نشده آن. سطح برش قسمتی از بولت است که در صفحه تماس بین پی و زیر صفحه ستون قرار میگیرد.

حالت اول : سطح برش از قسمت دندانه شده بولت عبور میکند.

$$F_t = 0.33F_u$$

$$F_v = 0.17F_u$$

اگر بولت تحت اثر همزمان برش و کشش باشد؛ تنش مجاز کششی باید طبقه رابطه زیر محاسبه شود:

$$F_t = 0.43F_u - 1.8f_v \leq 0.33F_u$$

در روابط بالا F_u تنش گسیختگی بولت و f_v تنش موجود برشی در بولت است. اگر از رابطه بالا تنش مجاز کششی بیش از $0.33F_u$ به دست آمد، مقدار آن همان مقدار $0.33F_u$ فرض میشود.

حالت دوم : سطح برش از قسمت دندانه نشده بولت عبور میکند.

$$F_t = 0.33F_u$$

$$F_v = 0.22F_u$$

اگر بولت تحت اثر همزمان برش و کشش باشد؛ تنش مجاز کششی باید طبقه رابطه زیر محاسبه شود:

$$F_t = 0.43F_u - 1.4f_v \leq 0.33F_u$$

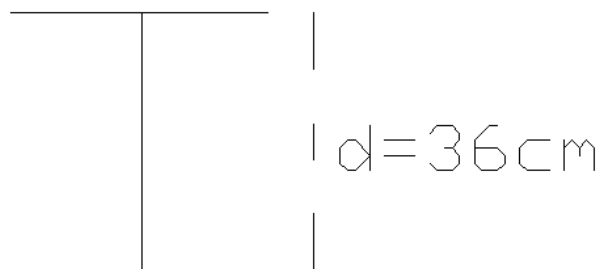
در صفحه ستون حداقل باید از 4 بولت به قطر حداقل 18mm یا 20mm استفاده شود .

بهتر است تعداد بولتها زوج بوده و به صورت متقارن در صفحه ستون چیده شوند.

نکته: در چیدمان بولتها باید دقت کرد که فاصله مرکز به مرکز بولتها از سه برابر قطر بولتها کمتر نگردد. همچنین فاصله بین مرکز بولتها تا لبه صفحه ستون نیز از حدود 2.25 برابر قطر بولت کمتر نگردد.

مثال: مطلوب است طراحی یک صفحه ستون برای ستونی از نیم رخ IPB360 که باری معادل 300ton ناشی از بار مرده و زنده و باد را تحمل می نماید. فولاد st37 و مقاومت فشار بتن نیز 240 kg/cm^2 می باشد. ابعاد پی $2 \times 2 \text{ m}$ می باشد. صفحه ستون را به شکل مربع در نظر بگیرید.

$$b = 30 \text{ cm}$$



→ ناشی از بار زنده و مرده $p = 300 \text{ ton}$

* اگر بار ورد بر عضو سازه ای ناشی از یک ترکیب بار شامل بار باد یا زلزله باشد مقادیر تنش های مجاز در ضریب 1.33 ضرب می شود یا بار وارد بر عضو در ضریب 0.75 ضرب می شود. در این جا بار را در ضریب 0.75 ضرب می کنیم.

محاسبه ابعاد صفحه ستون:

$$300 \times 0.75 = 225 \text{ ton}$$

ابعاد صفحه ستون باید به گونه ای در نظر گرفته شود که تنش زیر صفحه ستون از مقدار مجاز بیشتر نشود ، اگر فرض کنیم ستون در وسط صفحه ستون قرار دارد با توجه به آن که لنگر خمشی به ستون وارد نمی شود ، تنش زیر صفحه ستون یکنواخت خواهد بود و کافی است نیروی ستون به مساحت صفحه ستون تقسیم شود .

$$fp = \frac{p}{A1} = \frac{225000 \text{ kg}}{A1} \leq Fp$$

$$Fp = 0.3f'c \sqrt{\frac{A2}{A1}} \leq 0.6f'c$$

* در این جا $\sqrt{\frac{A2}{A1}}$ موجود نیست ولی این نسبت برای صفحه ستونهای میانی معمولاً عددی بزرگتر از 2 می باشد ، پس به این ترتیب مقدار Fp در سمت چپ رابطه بالا از $0.6f'c$ بزرگتر میباشد که در نتیجه مقدار تنش مجاز باید همان $0.6f'c$ در نظر گرفته شود . پس از مشخص شدن ابعاد صفحه ستون این فرض را دوباره کنترل می کنیم و در صورت لزوم اصلاحات لازم را انجام می دهیم .

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} \geq 2 \rightarrow Fp = 0.6f'c = 0.6 \times 240 = 144 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

صفحه ستون مربع به ضلع B

$$fp = \frac{225000}{A1} \leq 144 \rightarrow A1 \geq \frac{225000}{144}$$

$$B^2 \geq \frac{225000}{144} \rightarrow B \geq 39.5 \text{ cm}$$

* مقدار به دست آمده از لحاظ اجرایی اندکی کوچک است و باید مقدار آن را بزرگتر فرض کنیم ، به طور مثال آن را 60*60 فرض می کنیم .

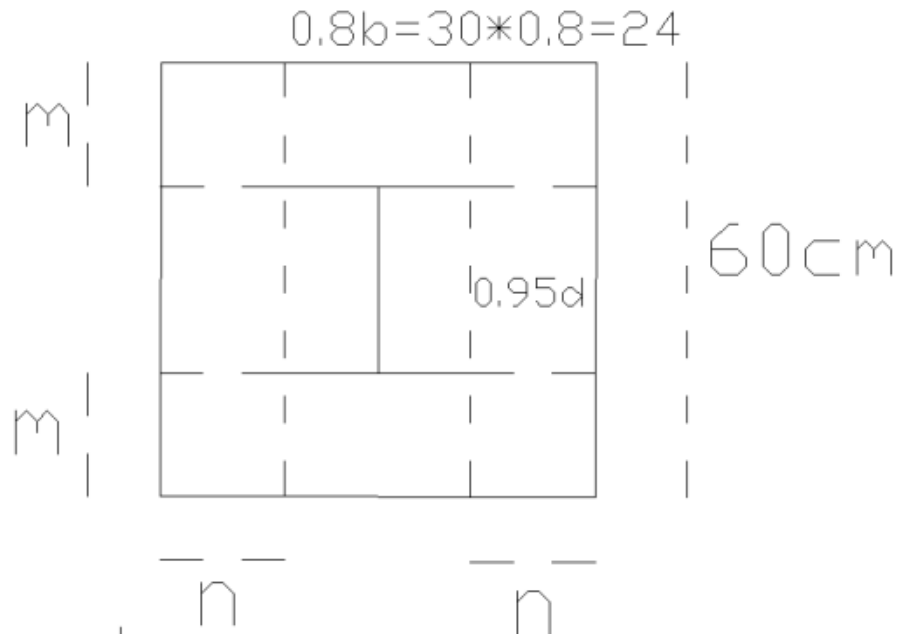
حال با توجه به موجود بودن ابعاد صفحه ستون، مقدار دقیق تنش مجاز فشاری زیر صفحه ستون را محاسبه و با مقدار اولیه فرض شده مقایسه میکنیم:

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} = \sqrt{\frac{2 \times 2}{0.6 \times 0.6}} = 3.33 \geq 2$$

فرض اولیه صحیح است و نیازی به اصلاح مقدار F_p نیست .

محاسبه ضخامت صفحه ستون :

$$t \geq \text{Max} \left(\sqrt{\frac{3f_p m^2}{F_b}}, \sqrt{\frac{3f_p n^2}{F_b}} \right)$$



$$Fb = 0.75Fy = 0.75 \times 2400 = 1800 \frac{kg}{cm^2}$$

$$n = \frac{60 - 24}{2} = 18cm$$

$$m = \frac{60 - 34.2}{2} = 12.9 cm$$

$$fp = \frac{P}{A1} = \frac{225000}{60 \times 60} = 62.5 kg/cm^2$$

$$t \geq \text{Max} \left(\sqrt{\frac{3 \times 62.5 \times 12.9^2}{1800}}, \sqrt{\frac{3 \times 62.5 \times 18^2}{1800}} \right)$$

$$\rightarrow \text{Max}(4.16, 5.8) = 5.8 \rightarrow t = 6cm$$

نکته : ضخامت محاسبه شده به این روش معمولاً عددی بزرگ و غیر اجرایی می باشد. برای کاهش این ضخامت می توان در صفحه

ستون از سخت کننده استفاده نمود . در این مورد در بخشهای بعدی بحث میشود .

محاسبه قطر و تعداد بولتهای اتصال صفحه ستون به پی :

چون در این جا نیروی برشی و نیروی محوری کششی به ستون وارد نمی شود و ستون فاقد لنگر خمشی می باشد عملاً در بولتها نیرویی به وجود نمی آید و نیازی به بولت نیست اما برای ثابت نگه داشتن ستون و صفحه ستون در جای خود از 4 بولت به قطر حداقل 18mm یا 20mm استفاده می کنیم .

مثال : اگر در مثال قبل به ستون با همان ترکیب بار نیروی محور کششی 150 ton و نیروی برشی 60 ton وارد شود مطلوب است تعیین تعداد و قطر بولتها . فرض کنید که سطح برش از قسمت دندانه شده بولتها عبور میکند.

بولتها را از آرماتور AII فرض نمایید .

$$\text{AII آرماتور: } Fu = 5000 \frac{kg}{cm^2}$$

$$T = 150ton , \quad V = 60 ton$$

چون نیروها ناشی از ترکیب بار باد می باشد یک ضریب 0.75 در آنها اعمال می کنیم .

$$0.75 \times 150 = 112.5 t$$

$$0.75 \times 60 = 45 t$$

چون هم تعداد و هم قطر بولتها مجهول است باید یکی از آنها را فرض کرده و دیگری را محاسبه کنیم در این جا تعداد بولتها را برابر 4 فرض می کنیم ، اگر قطر به دست آمده

بزرگ و غیر اجرایی باشد ، تعداد را زیاد کرده و محاسبه را دوباره انجام می دهیم . تعداد بهتر است یک عدد زوج باشد.

در اینجا باید توجه نماییم که بولتها تحت اثر همزمان برش و کشش میباشند. به همین جهت تنش مجاز کششی تحت تاثیر مقدار تنش برشی موجود است. مقدار تنش برشی موجود نیز تا تعداد و قطر بولتها مشخص نباشد، قابل محاسبه نیست. به دو روش میشود در اینجا عمل کرد. در روش اول میتوان تعداد و قطر بولتها را بر اساس ضابطه برش به دست آورد و سپس با موجود بودن تعداد و قطر بولتها، تنش موجود برشی و سپس تنش مجاز کششی را به دست آورده و بر اساس آن کنترل نمود که آیا بولتها جوابگو هستند یا خیر و در صورت نیاز به اصلاح آن پرداخت. در روش دوم یک حدس اولیه برای تنش کششی مجاز میزنیم و محاسبات را بر اساس آن پیش میبریم و در آخر حدس اولیه را کنترل و از درستی آن مطمئن میشویم. در اینجا روش دوم را به کار میبریم. فرض میکنیم که تنش مجاز کششی حداکثر مجاز آن و برابر $0.33F_u$ باشد. با توجه به صورت مساله سطح برش از قسمت دندانه شده بولتها عبور میکند.

$$n = 4 \rightarrow ft = \frac{T}{n.A} = \frac{112500}{4 \times \left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} = \frac{35828}{d^2} \leq Ft$$

$$Ft = 0.33Fu = 0.33 \times 5000 = 1650 \frac{kg}{cm^2}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{35828}{1650}} = 4.66 \text{ cm}$$

با توجه به آن که قطر به دست آمده بزرگ می باشد بهتر است تعداد بولت ها را زیاد کنیم .

$$n = 8 \rightarrow ft = \frac{T}{n.A} = \frac{112500}{8 \times \left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} = \frac{17914}{d^2} \leq Ft$$

$$Ft = 0.33Fu = 0.33 \times 5000 = 1650 \frac{kg}{cm^2}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{17914}{1650}} = 3.3 \text{ cm}$$

محاسبه قطر بولت بر اساس تنش برشی :

$$fv = \frac{v}{n.A} = \frac{45000}{8 \times \left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} \leq Fv = 0.17Fu$$

$$Fv = 0.17Fu = 0.17 \times 5000 = 850 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\frac{7165}{d^2} \leq 850 \rightarrow d \geq \sqrt{\frac{7165}{850}} = 2.4 \text{ cm}$$

$$d = \text{Max}(3.3, 2.4) = 3.3 \text{ cm} \rightarrow d = 36 \text{ mm}$$

حال مقدار دقیق تنش مجاز کششی را بر اساس مقدار دقیق تنش موجود برشی به دست می آوریم :

$$fv = \frac{v}{n.A} = \frac{45000}{8 \times \left(\frac{\pi * 3.6^2}{4}\right)} = 553 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Ft = 0.43F_u - 1.8f_v = 0.43 * 5000 - 1.8 * 553 = 1155 \leq 0.33Fu$$

$$= 0.33 * 5000 = 1650$$

همانطور که دیده میشود، تنش مجاز به دست آمده نسبت به مقدار فرض شده اولیه کوچکتر است و باید بولتها بر اساس این تنش مجاز دقیق کنترل شوند:

$$ft = \frac{T}{n.A} = \frac{112500}{8 \times \left(\frac{\pi * 3.6^2}{4} \right)} = 1382 > Ft = 1155 \text{ Not Good}$$

همانطور که دیده میشود، بولتها برای کشش جوابگو نمیباشند. بولتها را به 10 عدد افزایش داده و محاسبات را تکرار میکنیم:

$$fv = \frac{v}{n.A} = \frac{45000}{10 \times \left(\frac{\pi * 3.6^2}{4} \right)} = 442 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Ft = 0.43F_u - 1.8f_v = 0.43 * 5000 - 1.8 * 442 = 1354 \leq 0.33Fu$$

$$= 0.33 * 5000 = 1650$$

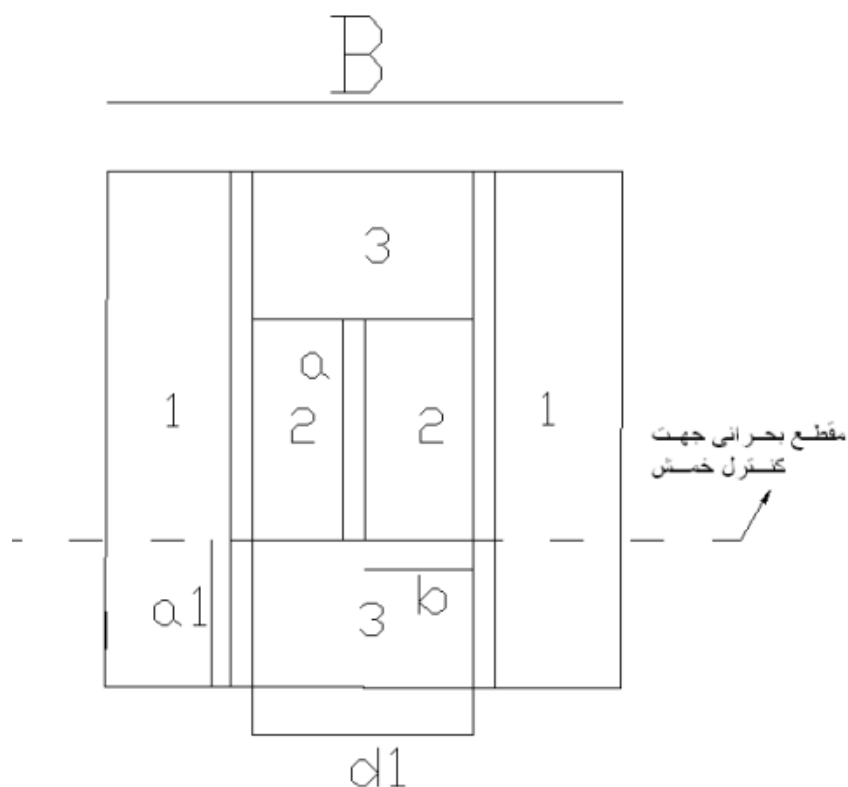
$$ft = \frac{T}{n.A} = \frac{112500}{10 \times \left(\frac{\pi * 3.6^2}{4} \right)} = 1106 \leq Ft = 1354 \text{ ok}$$

پس در صورت استفاده از 10 بولت به قطر 36 میلیمتر، صفحه ستون برای تحمل برش و کشش جوابگو خواهد بود.

کاهش ضخامت صفحه ستون با استفاده از جوش سخت کننده به آن:

با توجه به آن که مقدار ضخامت صفحه ستون در حالت عادی عددی بزرگ می باشد با استفاده از سخت کننده این ضخامت را کاهش می دهیم . به طور نمونه در شکل زیر یک صفحه ستون با

وجود دو سخت کننده ذوزنقه ای شکل به موازات جان ستون را مورد بررسی قرار میدهیم. (تعداد و جهت قرار گیری سخت کننده ها متنوع و طبق نظر مهندس طراح است. شکل زیر تنها نمونه ای خاص از استفاده از سخت کننده در صفحه ستون است).



در شکل ارائه شده صفحه ستون را می توان به 3 ناحیه تقسیم کرد:

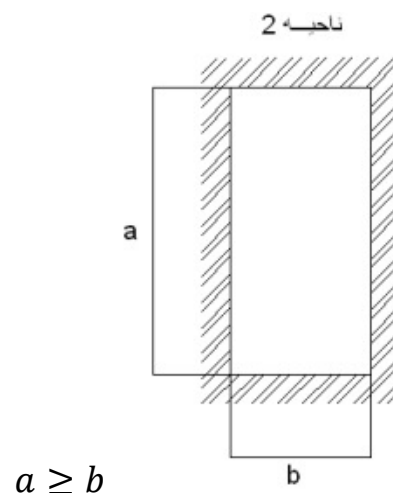
ناحیه 1: که همانند یک تیر کنسول عمل می کند.

ناحیه 2: که در آن ورق از هر چهار طرف به جان و بال ستون و سخت کننده محصور شده است و حالت چهار طرف گیردار را دارد.

ناحیه 3: که ورق از سه طرف به بال ستون و سخت کننده ها محصور شده است و حالت سه طرف گیردار را دارد.

برای محاسبه ضخامت صفحه ستون با توجه به تنش زیر صفحه ستون در هر یک از این سه ناحیه مقدار ماکزیمم لنگر برای عرض واحد از صفحه ستون را محاسبه می کنیم و با توجه به لنگر به دست آمده حداقل ضخامت مورد نیاز در هر ناحیه را به دست می آوریم . برای این منظور می توان تنش مجاز خمشی را $0.75F_y$ فرض نمود (خمش حول محور ضعیف صفحه ستون). پس از این محاسبات یک ضخامت برای صفحه ستون که از هر سه ضخامت بیشتر باشد انتخاب می کنیم .

- مقادیر لنگر ماکزیمم در قسمتی که ورق دارای 4 تکیه گاه در چهار سمت خود می باشد به شرح زیر محاسبه می شود .



$$Ma = \alpha_1 f p b^2$$

$$Mb = \alpha_2 f p b^2$$

Ma لنگر ماکزیمم در راستای طولی قطعه است . به موازات بعد a

Mb لنگر ماکزیمم در راستای عرضی قطعه است. به موازات بعد b

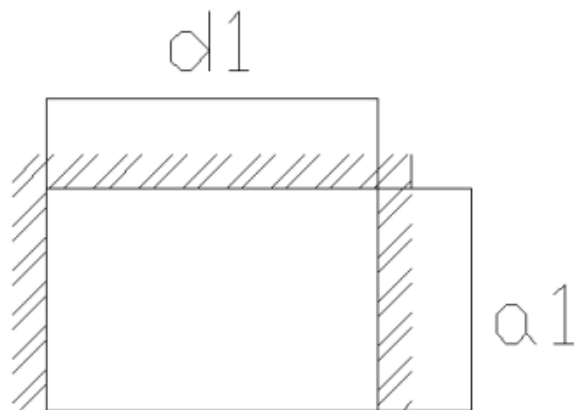
Fp تنش زیر صفحه

α_1 و α_2 با توجه به نسبت a/b و مطابق جدول زیر در نظر گرفته می شود .

نسبت a/b

	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	بزرگتر از 2
α_1	0.048	0.055	0.063	0.064	0.075	0.081	0.086	0.09	0.094	0.98	0.1	0.125
α_2	0.048	0.055	0.05	0.05	0.05	0.05	0.049	0.048	0.048	0.047	0.046	0.037

لنگر max در ناحیه محصور بین سه تکیه گاه به شرح زیر محاسبه می شود :




$$M = \alpha_3 f_p d_1^2$$

مقدار α_3 با توجه به جدول زیر محاسبه می شود : (برای عرض واحد)

$2/\alpha_1$	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.4	2	<2
α_3	0.06	0.074	0.088	0.097	0.107	0.112	0.112	0.126	0.132	0.133

مقدار لنگر ماکزیمم برای ناحیه کنسول با رابطه ی زیر محاسبه می شود .

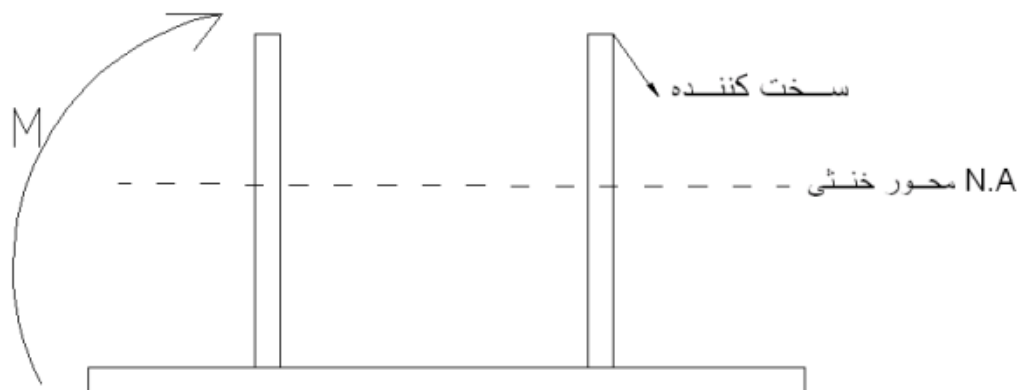


$$M = fp \cdot \frac{c^2}{2}$$

تمام لنگر های محاسبه شده در بالا برای هر 3 ناحیه برای عرض واحد از صفحه ستون است .

نکته: در صورتی که قسمتی از صفحه ستون از دو جهت عمود بر هم توسط ستون یا سخت کننده ها محصور شده باشد، جهت محاسبه لنگر ماکسیمم در این ناحیه میتوان این ناحیه را نسبت به قطر آن از قسمت بیرونی آن (قسمت آزاد غیرمحصور) به صورت یک ناحیه طره در نظر گرفته و لنگر را همانند تیرهای طره نسبت به قطر ناحیه به دست آورد.

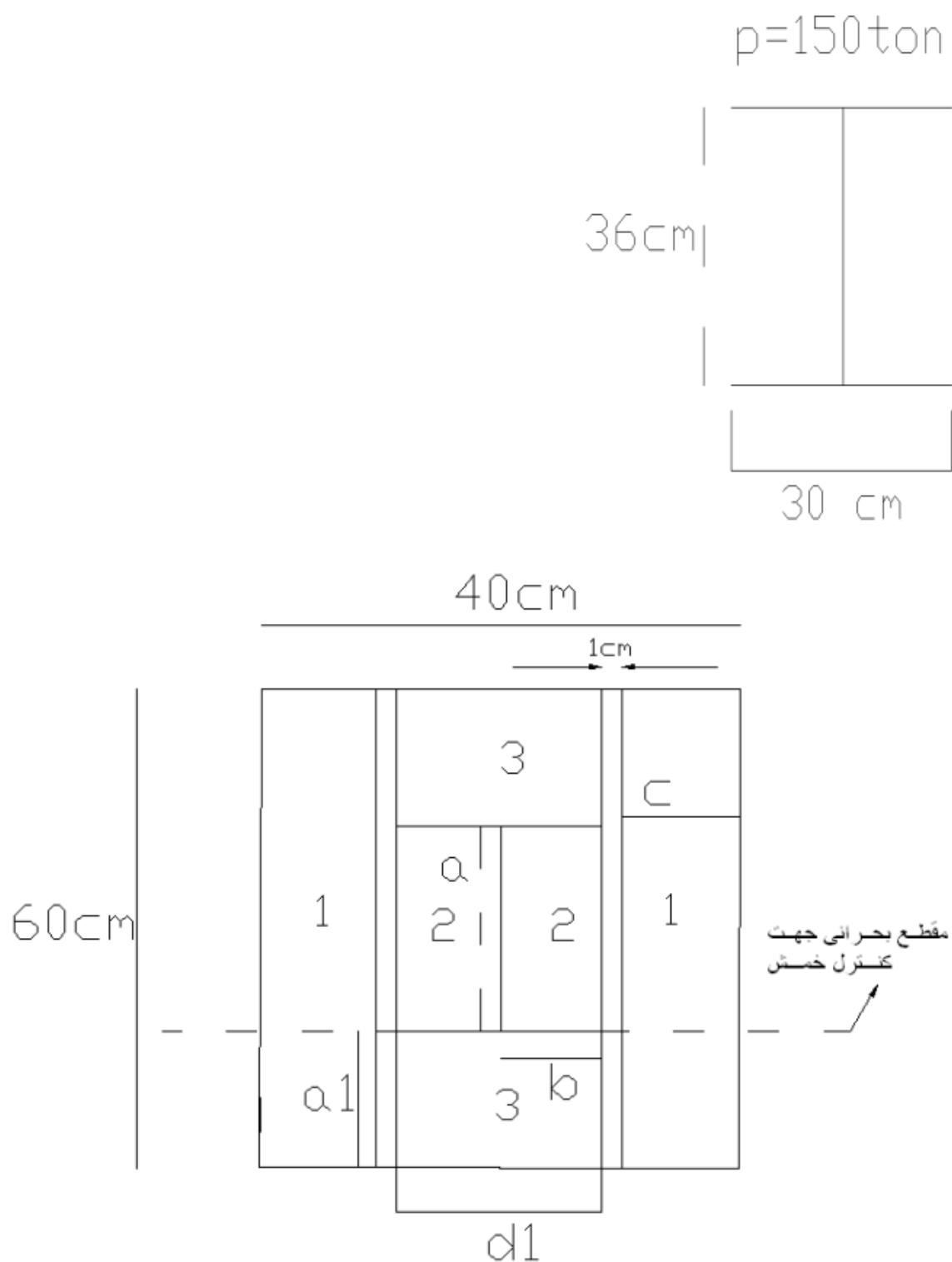
در مرحله بعدی باید مقادیر تنش ناشی از خمش در یک مقطع مجاور بر ستون و عمود بر راستای سخت کننده ها را محاسبه کرده و با مقادیر مجاز مقایسه کنیم ، در این حالت تنش مجاز خمشی $0.6F_y$ فرض می شود . برای اینکه بتوان تنش مجاز را مقدار فوق فرض کرد باید نسبت ارتفاع به ضخامت سخت کننده ها از مقدار مجاز ذکر شده در جدول 10-1-2-1 برای مقاطع غیرفشرده کمتر باشد. در این مورد میتوان سخت کننده ها را همانند جان مقاطع سپری در نظر گرفت. بر این اساس میتوان از ردیف 5 جدول فوق کمک گرفته و مقدار ارتفاع به ضخامت سخت کننده ها را به $\frac{1065}{\sqrt{F_y}}$ محدود کرد که این مقدار برای فولاد St37 در حدود 22 میشود.



برای محاسبه لنگر وارد بر مقطع باید صفحه ستون در فاصله ی بین بر ستون تا لبه ی صفحه ستون به صورت یک تیر طره در نظر گرفته شود .

مثال : برای یک ستون بامقطع IPB360 با بال محوری 150 ton ناشی از بارهای زنده و مرده مطلوب است محاسبه ضخامت صفحه

ستون ، صفحه ستون را به ابعاد $40 \times 60 \text{ cm}$ و سخت کننده ها را به ضخامت 1 cm و ارتفاع 20 cm فرض کنید.



$$a = 36 \text{ cm} , \quad b = \frac{30}{2}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{36}{15} = 2.4 \rightarrow \begin{cases} \alpha_1 = 0.125 \\ \alpha_2 = 0.037 \end{cases}$$

$$d_1 = 30 \text{ cm} , \quad a_1 = \frac{60 - 36}{2} = 12 \text{ cm}$$

$$\frac{a_1}{d_1} = \frac{12}{30} = 0.4 \rightarrow \alpha_3 = 0.06$$

چون مقدار متناظر با نسبت 0.4 در جدول موجود نیست به طور تقریبی مقدار متناظر با عدد 0.5 را در نظر می گیریم .

$$c = \frac{40 - 30 - 2}{2} = 4 \text{ cm}$$

ناحیه 1 : طره :

$$M = fp \cdot \frac{c^2}{2} = 62.5 \times \frac{4^2}{2} = 500 \frac{\text{kg} - \text{cm}}{\text{cm}}$$

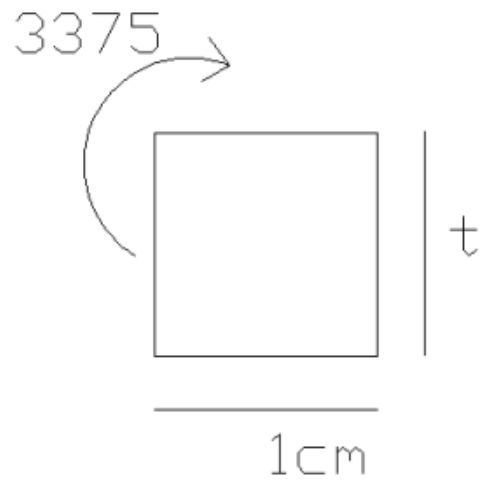
ناحیه 2 : 4 طرف گیردار

$$Ma = \alpha_1 f p b^2 \rightarrow Ma = 0.125 \times 62.5 \times 15^2 = 1758 \frac{\text{kg} - \text{cm}}{\text{cm}}$$

ناحیه 3 : 3 طرف گیردار

$$M = \alpha_3 f p d_1^2 = 0.6 \times 62.5 \times 30^2 = 3375 \frac{\text{kg} - \text{cm}}{\text{cm}}$$

$$M = \text{Max}(500, 1758, 3375) = 3375$$



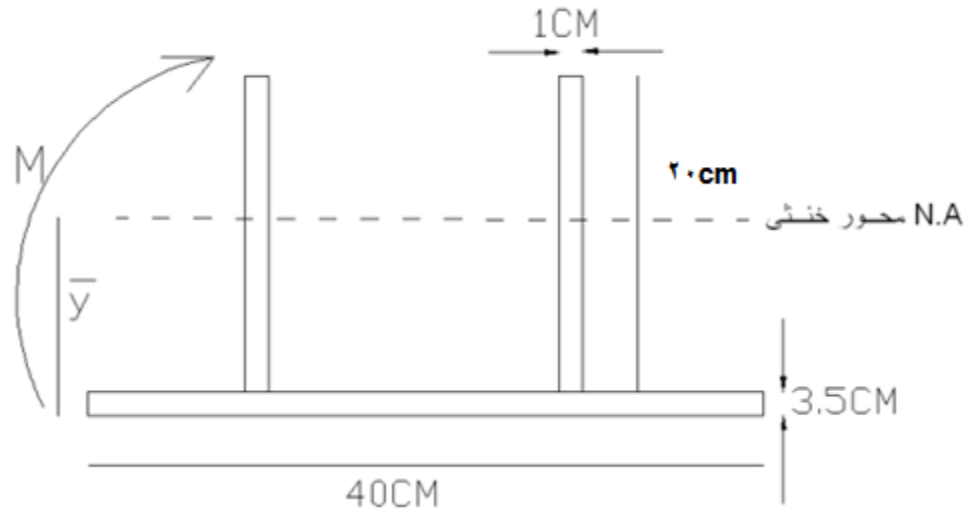
$$fb = \frac{M}{S} \leq Fb = 0.75Fy$$

$$S = 1 \times \frac{t^2}{6}$$

$$fb = \frac{6 \times 3375}{t^2} \leq 0.75 \times 2400 = 1800$$

$$\rightarrow t \geq \sqrt{\frac{6 \times 3375}{1800}} \rightarrow t \geq 3.35 \text{ cm} \approx 3.5 \text{ cm}$$

کنترل مقطع در بر ستون :



$$M = fp \times \frac{B \cdot a_1^2}{2} = 62.5 \times \frac{40 \times 12^2}{2} = 180000 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{40 \times 3.5 \times \frac{3.5}{2} + 2 \times 20 \times 1 \times (3.5 + 10)}{40 \times 3.5 + 2 \times 20 \times 1} = 4.4 \text{ cm}$$

محاسبه ی ممان اینرسی نسبت به محور خنثی:

$$I_{N.A} = \frac{1}{12} \times 40 \times 3.5^3 + 40 \times 3.5 \left(4.4 - \frac{3.5}{2} \right)^2 + 2 \times \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 20^3 + 1 \times 20 (10 + 3.5 - 4.4)^2 \right] = 5772 \text{ cm}^4$$

تنش باید در دورترین نقطه نسبت به تار خنثی محاسبه شود.
دورترین نقطه در بالای مقطع می باشد.

$$fb_{max} = \frac{M \cdot c}{I_{N.A}} = \frac{180000 \times (20 + 3.5 - 4.4)}{5772} = 596 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq Fb$$

$$Fb = 0.6Fy = 0.6 \times 2400 = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

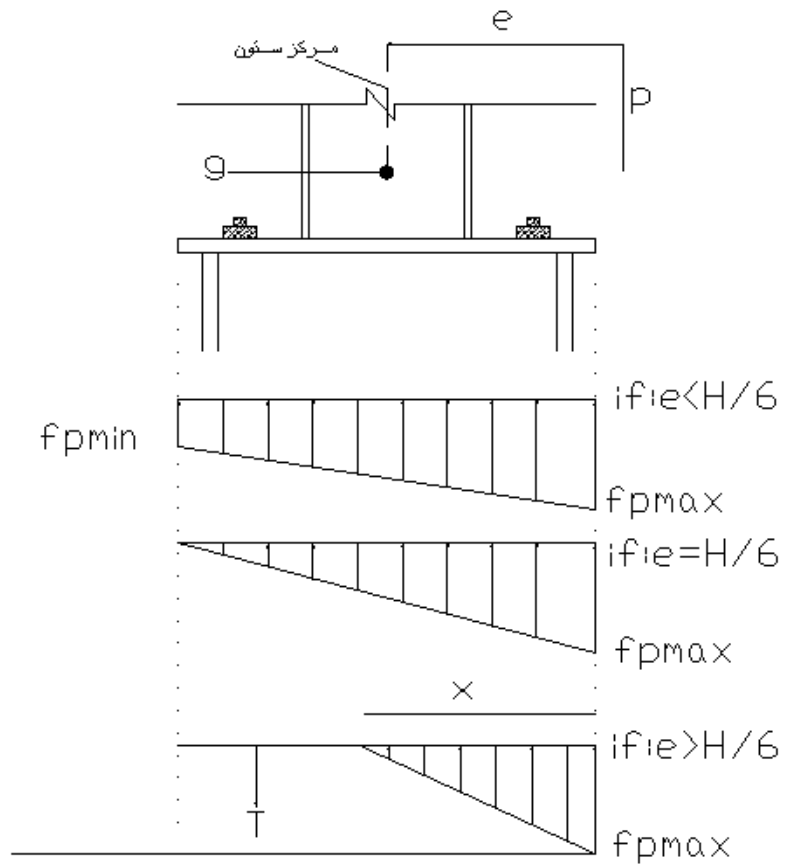
کنترل نسبت ارتفاع به ضخامت سخت کننده ها:

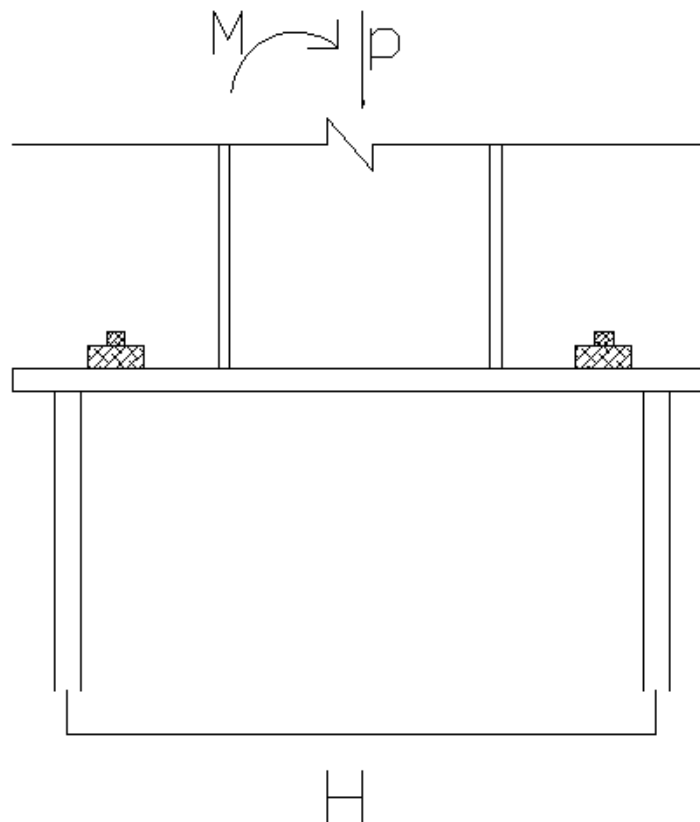
$$\frac{20}{1} = 20 \leq \frac{1065}{\sqrt{F_y}} = 22 \text{ ok}$$

صفحه ستون شامل بار محوری فشاری و لنگر خنثی :

وقتی که علاوه بر بار محوری به صفحه ستون لنگر خمشی نیرو وارد شود و یا آنکه ستون در وسط صفحه ستون قرار نگیرد (و در نتیجه بار محوری نسبت به مرکز صفحه ستون خارج از مرکز شود) دیگر توزیع تنش در زیر صفحه ستون یکنواخت نیست ، برای بررسی صفحه ستون ابتدا با تقسیم لنگر خمشی به بار محوری برون از مرکزیت بار محوری نسبت به مرکز ستون را به دست می آوریم . این برون از مرکزیت در راستای عمود بر محور لنگر خمشی خواهد بود. در مورد ستونهای برون از مرکز نسبت به مرکز صفحه ستون باید این فاصله بین مرکز ستون تا صفحه ستون را نیز در این محاسبات لحاظ کرد.

این برون از مرکزیت را با بعدی از صفحه ستون که موازی برون از مرکزیت و عمود بر محور لنگر است مقایسه میکنیم. بر این اساس سه حالت پیش می آید که در ادامه مورد بحث قرار میگیرد.





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

X : طولی از صفحه که تحت فشار است .

T : نیروی کششی در صفحه ستون

بر اساس کوچکی یا بزرگی " e " سه حالت پیش می آید :

1- حالت اول $e < H/6$ (توزیع تنش دوزنقه ای)

$$f p_{max} = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6e}{H} \right)$$

$$f p_{min} = \frac{P}{A} \left(1 - \frac{6e}{H} \right)$$

2- حالت دوم $e = H/6$ (توزیع تنش مثلثی)

$$fp_{max} = \frac{2P}{A}$$

در دو حالت بالا در بولتها در اثر بار محوری و لنگر خمشی، نیرویی ایجاد نمی شود .

3- حالت سوم $e > H/6$: در این حالت توزیع تنش مثلثی است اما تمام صفحه ستون تحت تنش نخواهد بود و در بولت ها نیروی کششی ایجاد می شود . (بولت هایی که در سمت کششی قرار می گیرند) در این حالت برای محاسبه ی حداکثر تنش زیر صفحه ستون و طول قسمتی از صفحه ستون که تحت فشار است و نیروی کششی ایجاد شده در بولت ها مراحل زیر را طی می کنیم :

ابتدا باید معادله ی درجه ی 3 زیر حل شود :

$$x^3 + k_1x^2 + k_2x + k_3 = 0$$

$$k_1 = 3\left(e - \frac{H}{2}\right)$$

$$k_2 = \frac{6 \cdot n \cdot As}{B}(g + e) \quad n = \frac{Es}{Ec} \quad n \approx 8 - 10$$

$$k_3 = -k_2\left(\frac{H}{2} + g\right)$$

$$Es = 2.06 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2} \quad Ec = 15100\sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2$$

Es : مدول فولاد

Ec : مدول بتن

As : مجموع سطح مقطع بولت هایی که تحت کشش قرار دارند .

g : فاصله آکس بولت تحت کشش تا آکس ستون

برای حل معادله درجه 3 می توان از روش سعی و خطا کمک گرفت: یکی از روش های تقریبی سعی و خطا روش نیوتن می باشد با یک فرض اولیه برای x ، مطابق رابطه زیر مقدار جدید x برای سعی بعدی بدست می آید .

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

این فرآیند را تا جایی ادامه می دهیم تا مقدار x_{n+1} با x_n اختلاف ناچیزی پیدا کند ، باید توجه کرد که x در محدوده $H-0$ می باشد و برای فرض اولیه عددی در این محدوده انتخاب می کنیم. (H بعدی از صفحه ستون به موازات برون از مرکزیت و عمود بر محور لنگر خمشی وارد بر صفحه ستون است). پس از محاسبه ی مقدار x ، مقدار نیروی کششی T در بولت ها از رابطه ی زیر محاسبه می شود :

$$T = -P \times \left[\frac{\frac{H}{2} - \frac{x}{3} - e}{\frac{H}{2} - \frac{x}{3} + g} \right]$$

تنش فشاری **Max** در زیر صفحه ستون :

تنش مجاز فشاری $f_{p \max} \leq F_{pc}$

$$f_{p \max} = \frac{2(p + T)}{x.B}$$

B : بُعد دیگر صفحه ستون به موازات بردار لنگر

مثال : برای یک صفحه ستون تحت بار محوری 100 ton و لنگر خمشی 6ton-m مطلوب است محاسبه ی تنش های زیر صفحه ستون و نیروی بولت ها . صفحه ستون به ابعاد 60*60 cm می باشد .

$$B = H = 60 \text{ cm} \quad P = 100 \text{ ton} \quad M = 6 \text{ ton} - m$$

$$e = \frac{M}{P} = \frac{6}{100} = 0.06 \text{ m} = 6 \text{ cm}$$

$$6 < \frac{H}{6} = \frac{60}{6} = 10 \text{ cm}$$

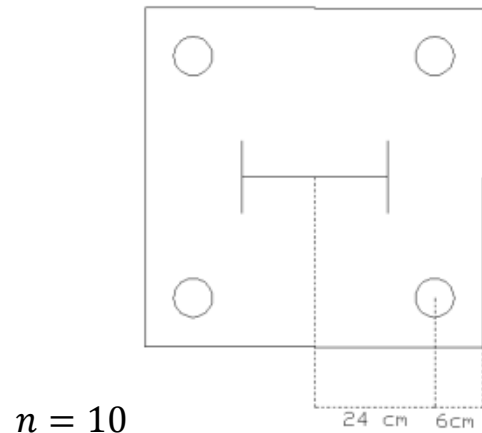
توزیع تنش دوزنقه ای است .

نیرو در بولت ها صفر است چرا که توزیع تنش دوزنقه ای است.

$$fp_{max} = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6e}{H} \right) = \frac{100000}{60 \times 60} \left(1 + \frac{6 \times 6}{60} \right) = 44.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$fp_{min} = \frac{P}{A} \left(1 - \frac{6e}{H} \right) = \frac{100000}{60 \times 60} \left(1 - \frac{6 \times 6}{60} \right) = 11.1 \text{ kg/cm}^2$$

مثال : در مثال قبل اگر لنگر وارد بر صفحه ستون 20 ton -m باشد و در صفحه ستون از 4 بولت از نوع A III و قطر 30 mm استفاده شده باشد و فاصله ی مرکز بولت ها تا لبه ی صفحه ستون از هر سمت 6 cm باشد ، مطلوب است محاسبه ی تنش Max در زیر صفحه و محاسبه ی نیرو و تنش در بولت ها و مقایسه با مقادیر مجاز. ضریب n را برابر 10 فرض نمایید.



$$e = \frac{M}{P} = \frac{20}{100} = 0.2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

$$20 > \frac{60}{6} = 10$$

ابتدا معادله درجه 3 زیر را حل می کنیم :

$$x^3 + k_1 x^2 + k_2 x + k_3 = 0$$

$$k_1 = 3 \left(e - \frac{H}{2} \right) = 3 \times \left(20 - \frac{60}{2} \right) = -30$$

از چهار بولت 2 تا تحت کشش می افتد :

$$As = 2 \times \left(\frac{\pi \times 3^2}{4} \right) = 14.14 \text{ cm}^2$$

$$k_2 = \frac{6 \cdot n \cdot As}{B} (g + e) = \frac{6 \times 10 \times 14.14}{60} (24 + 20) = 622.2$$

$$k_3 = -k_2 \left(\frac{H}{2} + g \right) = -622.2 \times \left(\frac{60}{2} + 24 \right) = -33599$$

$$f_{(x)} = x^3 - 30x^2 + 622.2x - 33599 = 0$$

$$f'_{(x)} = 3x^2 - 60x + 622.2 \quad 0 < x < 60$$

$$x_1 = 30$$

$$x_2 = 30 - \frac{30^3 - 30 \times 30^2 + 622.2 \times 30 - 33599}{3 \times 30^2 - 60 \times 30 + 622.2} = 39.81$$

$$x_3 = 37.56 \text{ cm} \quad x_4 = 37.39 \text{ cm} \quad x_5 = 37.39 \text{ cm}$$

(نیروی در بولت های تحت کشش) T محاسبه

$$T = -P \times \left[\frac{\frac{H}{2} - \frac{x}{3} - e}{\frac{H}{2} - \frac{x}{3} + g} \right] = -100000 \times \left[\frac{\frac{60}{2} - \frac{37.39}{3} - 20}{\frac{60}{2} - \frac{37.39}{3} + 24} \right] = 5930 \text{ kg}$$

$$fp_{max} = \frac{2 \times (P + T)}{x.B} = \frac{2 \times (100000 + 5930)}{37.39 \times 60} = 94.4 \text{ kg}$$

محاسبه تنش در بولتها :

از چهار بولت، دو بولت بدون تنش می باشند و نیروی کشش محاسبه شده در دو بولت دیگر محاسبه می شود.

$$ft = \frac{T}{As} = \frac{5930}{14.14} = 419 \leq Ft = 0.33Fu$$

$$A_{III}: 6000 \frac{kg}{cm^2} \rightarrow Ft = 0.33 \times 6000 = 1980$$

$$419 \leq 1980$$

در بالا فرض شده است که بولتها تنها تحت اثر خمش هستند و اثر همزمان برش و کشش وجود ندارد.

کنترل تنش فشاری و مقایسه با تنش مجاز فشاری در زیر صفحه ستون: به عنوان تمرین حل شود (فرض کنید که ابعاد پی در زیر صفحه ستون در هر جهت بیش از دو برابر ابعاد صفحه ستون است).

پیوست 1:

صفحات مهم از مبحث دهم مرتبط به بخشهای مختلف جزوه

مقدمه

۱۰-۰-۱ حدود کاربرد

«مقررات طرح، محاسبه و اجرای ساختمان‌های فولادی» حداقل ضوابط و مقررات لازم را برای طرح، تحلیل و اجرای ساختمان‌های فولادی تعیین می‌کند و شامل طراحی به‌روش تنش‌های مجاز (فصل ۱۰-۱)، و طراحی به‌روش حالت‌های حدی (فصل ۱۰-۲)، طراحی لرزه‌ای (فصل ۱۰-۳) و ساخت و نصب و کنترل (فصل ۱۰-۴) می‌باشد. در حال حاضر طراحی به‌هر دو روش تنش مجاز (فصل ۱۰-۱)، و روش حالات حدی (فصل ۱۰-۲) مجاز است، لیکن ترکیب این دو روش و فصل‌های مربوطه به‌هیچ‌وجه مجاز نمی‌باشد. پس از طی دوره گذر، طراحی به‌روش حالات حدی، روش اصلی مقررات خواهد شد.

کاربرد این مبحث در محدوده ساختمان‌ها با کاربری‌های مندرج در قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان و آیین‌نامه اجرایی آن می‌باشد و شامل سازه‌های خاص از قبیل پل‌های جاده و راه‌آهن نیست.

مقررات مندرج در این مبحث باید توأم با معلومات و قضاوت مهندسی به‌کار رود.

۱۰-۰-۲ انواع سازه‌های ساختمانی

در این مبحث سه گروه اصلی اسکلت ساختمانی و مفروضات محاسباتی مربوط به آنها ملاک طرح و محاسبه سازه‌ها قرار گرفته است.

هریک از این گروه‌ها با مشخصاتی مختص به خود، تعیین‌کننده ابعاد اعضای سازه و نوع و مقاومت اتصالات مربوط، می‌باشد.

گروه (۱) « قاب‌های خمشی » (قاب‌های پیوسته) که در آنها فرض می‌شود اتصالات تیر و ستون به‌اندازه کافی صلب است به‌طوری که در تغییرشکل قاب، زاویه اولیه بین تیر و ستون بدون تغییر باقی می‌ماند.

گروه (۲) « قاب‌های ساده » که در آنها فرض می‌شود اتصالات تیر به ستون بدون صلبیت است و اتصال تیرها و شاهتیرها به ستون فقط برای انتقال برش ناشی از بار قائم طراحی شده و می‌تواند تحت اثر آن، آزادانه دوران کند.

گروه (۳) « قاب‌های نیمه‌صلب » (تیرها دارای صلبیت نسبی در دو انتها) که در آنها فرض می‌شود اتصال تیرها و شاهتیرها به ستون دارای ظرفیت خمشی به‌مقداری مشخص مابین صلبیت گروه (۱) و انعطاف‌پذیری گروه (۲)، می‌باشد.

نوع گروه سازه‌ای باید در روی نقشه‌های محاسباتی قید شود و طراحی و تحلیل کلیه اتصالات در هر کدام از گروه‌های فوق، در جوابگویی به مفروضات مربوط به آن گروه انجام شود. استفاده از قاب‌های گروه (۱) در ساختمان‌ها در همه حالت‌ها مجاز است. اعضای این گروه قاب‌های طبق مقررات فصل‌های ۱۰-۱ یا ۱۰-۲ و ۱۰-۳ در مقابل بارهای قائم و یا جانبی طراحی و تحلیل می‌شوند. استفاده از قاب‌های گروه (۲) در ساختمان‌ها در صورتی مجاز است که طراحی سازه مطابق این مقررات انجام شده و جوابگوی شرایط زیر باشد:

الف) دستگاه مقاوم در مقابل بارهای جانبی حاصل از باد یا زلزله* (دهانه‌های مهاربندی شده یا دیوارهای برشی و یا قاب‌های خمشی) برای ساختمان تعبیه شود و تحلیل نشان دهد که پایداری ساختمان و اعضای تشکیل‌دهنده آن در مقابل تمام بارهای وارده در حدی قابل قبول می‌باشد.

ب) ظرفیت تیرها و شاهیترها برای تحمل بار قائم با فرض تیر با تکیه‌گاه ساده، کافی باشد.

پ) اتصالات تیر به ستون ظرفیت کافی در دوران غیرارتجاعی داشته باشند تا تنش‌های تولید شده در وسایل اتصال از قبیل پیچ، پرچ و جوش، تحت اثر حالت‌های مختلف بارگذاری، در حد مجاز باقی بماند.

تبصره: اسکلت‌های فولادی با اتصالات خورجینی در این گروه قرار می‌گیرند و در آنها تیرها را می‌توان به صورت سراسری تحلیل و طراحی نمود. در این حالت با توجه به نوع طراحی اتصال، لنگر انتقالی به ستون باید مورد توجه قرار گیرد.

استفاده از قاب‌های گروه (۳) در حالتی مجاز است که محاسبه‌ای مستدل نشان دهد که اتصالات نیمه‌صلب مفروض (به‌تنهایی و یا در ترکیب با دستگاه‌های مهاربند و یا دیوارهای برشی) قادر است اثر مشترک بارهای قائم و جانبی (حاصل از باد یا زلزله) را در حد تنش‌های مجاز تحمل کند.

۱۰-۰-۳ مصالح فولادی

مصالح به کار رفته شامل نیمرخ‌ها، ورق‌ها، تسمه‌ها، میلگردها، پرچ‌ها، پیچ‌ها، واشرها، مهره‌ها، میل‌مهارها، الکترودها و ... باید با استانداردهای ملی ایران مطابق باشد. در صورتی که برای بعضی از مصالح، استاندارد ایران تهیه نشده باشد، باید یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی (ترجیحاً استاندارد ISO) را مورد استفاده قرار داد. از نظر این مقررات، مشخصات مکانیکی فولادهای مصرفی در ساختمان مطابق بندهای زیر است:

الف) مدول الاستیسیته (ضریب ارتجاعی) مصالح فولادی (E) مساوی 2.1×10^6 کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع $[2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2]$ در نظر گرفته می‌شود.

ب) ضریب پواسون مصالح فولادی $\nu = 0.3$ در نظر گرفته می‌شود.

۱۰-۰-۴ بارهای محاسباتی

بارهای محاسباتی باید منطبق بر مفاد آخرین ویرایش مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ساختمان تحت عنوان بارهای وارد بر ساختمان باشند.

۱۰-۰-۴-۱ بار مرده به کار رفته در طرح و محاسبه باید شامل وزن کلیه اجزای ساختمان با احتساب اجزای فولادی و وسایل ثابت باشد.

۱۰-۰-۴-۲ بار زنده (سربار) باید شامل کلیه بارهای مؤثر اضافی که در نتیجه استفاد و بهره‌برداری از ساختمان بر آن تحمیل می‌شود، باشد. بارهای زنده به دو گروه تقسیم می‌شوند:

(الف) سربارهای ساکن ولی قابل حرکت مانند اثاثیه منزل، وسایل اداری و ... یا بارهای زنده ولی با سرعت کم، مانند وزن اشخاص، حیوانات و ... که بارهای ایستا (استاتیک) نامیده می‌شوند.

(ب) سربارهای متحرک با اثر دینامیکی قابل توجه (بارهای ضربه‌ای) مانند ماشین‌ها، آسانسورها، جراثقال‌ها و موارد مشابه. در تحلیل و طراحی سازه‌هایی که بارهای زنده دارای اثر ضربه را تحمل می‌کنند، بارهای یادشده را باید با ضریب ضربه مناسبی افزایش داد.

۱۰-۰-۳ بارهای محیطی

بارهای محیطی از عوامل طبیعی ناشی می‌شوند، مانند بار باد، بار برف و بار زلزله.

(الف) بار باد

پیش‌بینی‌های لازم برای تنش‌هایی که از بار باد بر سازه تأثیر می‌کند، باید طبق مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ساختمان باشد. اثر باد باید هم در دوره ساخت و نصب سازه و هم بعد از آن در نظر گرفته شود.

ب) بار زلزله

اثر زلزله، مطابق ضوابط مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته می‌شود. طراحی و محاسبه عناصر باربر و اتصالات آنها باید با توجه به شکل‌پذیری لازم در زلزله انجام شود.

پ) بار برف

شدت بار هموار گسترده معادل بار برف، با توجه به منطقه‌ای که سازه در آنجا واقع می‌شود. از مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ساختمان انتخاب می‌شود.

ت) بارهای حرارتی

بارهای حرارتی باید مطابق مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ساختمان انتخاب شود.

۱۰-۰-۶ طرح لرزه‌ای

برای تأمین ضوابط طراحی لرزه‌ای، علاوه بر ضوابط موجود در فصل‌های ۱۰-۱ یا ۱۰-۲ باید ضوابط فصل ۱۰-۳ از این مقررات رعایت گردد.

۱۰-۱-۱-۱-۱۰ حدود کاربرد

طراحی سازه‌های فولادی براساس روش تنش‌های مجاز، به‌عنوان روش سنتی طراحی شناخته می‌شود.

کاربرد این فصل در محدوده ساختمان‌های با کاربری‌های مندرج در قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان و آیین‌نامه اجرایی آن می‌باشد و شامل سازه‌های خاص از قبیل پل‌های جاده و راه‌آهن نیست.

مقررات مندرج در این مبحث باید توأم با معلومات و قضاوت مهندسی به‌کار رود.

۱۰-۱-۱-۴ ترکیب بارها در طراحی به روش تنش مجاز

الف) در طراحی سازه‌ها، احتمال همزمانی تأثیر بارها باید به شرحی که در زیر گفته شده است، در نظر گرفته شوند. مقدار تنش‌های محاسباتی مربوط به هر ترکیب، باید براساس بند ۱۰-۱-۱-۵ در نظر گرفته شود. اجزای سازه باید برای ترکیبی از بارها که بیشترین اثر را در آن جزء ایجاد می‌کند، طراحی شوند.

جدول ۱۰-۱-۱ ترکیب‌های بارگذاری متعارف در ساختمان‌ها در طراحی به روش تنش‌های مجاز

ترکیب بار	شرایط	ردیف
D + L	ترکیب بار مبنای ^۱ (مرده + بهره‌برداری)	۱
$0.75 [D + L \pm (E \text{ یا } W)]$ $0.75 [D \pm (E \text{ یا } W)]$	ترکیب بار مرده، بهره‌برداری و زلزله یا باد *	۲
(D + F) + (L + H) D + F + H	ترکیب بارهای مرده، بهره‌برداری و فشار خاک یا آب	۳
$0.75(D + L \pm T)$ $0.75(D \pm T)$	ترکیب بارهای مرده، بهره‌برداری و آثار حرارتی، جمع‌شدگی، و نشست تکیه‌گاه‌ها *	۴

۱. در شرایطی که اثر بار زنده در هریک از ترکیبات بارگذاری کاهش‌دهنده است، ضریب آن معادل صفر منظور می‌گردد.
* در ویرایش‌های قدیم برای ترکیباتی از بار که در آنها آثار باد، زلزله و یا دما وجود داشت، تنش مجاز به میزان ۳۳ درصد افزایش داده می‌شد. بنا به ملاحظات ضوابط طرح لرزه‌ای در فصل ۱۰ - ۳، در این چاپ افزایش تنش مجاز حذف و به جای آن ضریب کاهش ۰/۷۵ در ترکیب بار لحاظ گردیده است.

D = بار مرده

L = بار بهره‌برداری شامل بار زنده طبقات و سربار حاکم بر بام (بار زنده بام، بار برف یا بار باران)

W = بار باد

E = بار زلزله

F = وزن و فشار ناشی از مایعات

H = بار ناشی از وزن و فشار خاک و یا فشار توأم خاک و آب

T = اثرات خودکرنشی ناشی از تغییرات دما، نشست پایه‌ها، وارفتگی و غیره

اعضای کششی

این بخش به اعضای تحت اثر نیروی محوری کششی که در امتداد محور مرکزی عضو بارگذاری شده‌اند، می‌پردازد.

محاسبه اعضای که تحت اثر پدیده خستگی و یا تمرکز تنش به علت تغییر ناگهانی مقطع باشند، باید با توجه به این پدیده انجام شود.

برای اعضای که تحت اثر مشترک کشش و خمش قرار گیرند، به بند ۱۰ - ۱ - ۷ - ۲ و برای میله‌های دندان‌شده به بند ۱۰ - ۱ - ۱۰ - ۳ مراجعه شود.

۱۰ - ۱ - ۳ محدودیت لاغری

در اعضای که ملاک طراحی آنها نیروی کششی است، ضریب لاغری حداکثر $\frac{L}{r_{min}}$ نباید از ۳۰۰ تجاوز کند. در میله مهارهای کششی که دارای پیش‌تنیدگی اولیه به مقدار کافی باشند رعایت محدودیت لاغری لازم نیست، لیکن نسبت طول به قطر این اعضا نباید از ۳۰۰ تجاوز کند.

۱۰ - ۱ - ۳ - ۲ مقاطع محاسباتی در اعضای کششی

الف) سطح مقطع کلی عضو کششی

سطح مقطع کلی عضو (A_g) برابر با مجموع سطح مقطع‌های اجزای آن و سطح مقطع هر جزء، برابر با حاصل ضرب پهنای کلی در ضخامت آن می‌باشد. برای نیمرخ نبشی پهنای کلی عبارت است از مجموع پهنای دو بال منهای ضخامت بال.

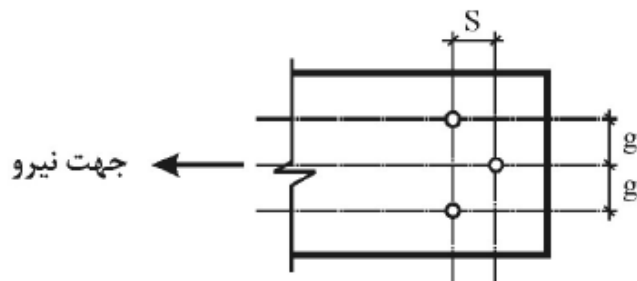
ب) سطح مقطع خالص عضو کششی

سطح مقطع خالص عضو (A_n) برابر با مجموع حاصل ضرب‌های پهنای خالص اجزا در ضخامت مربوط می‌باشد. پهنای خالص عبارت است از پهنای کلی منهای قطر سوراخ‌های عضو که به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

۱. در صورت استفاده از دستگاه پانچ، قطر سوراخ پیچ و پرچ به مقدار ۲ میلی متر بزرگتر از قطر سوراخ به حساب می آید.
 ۲. اگر سوراخ های متعدد به شکل پس و پیش (به صورت قطری یا زیگزاگ) در مسیر مقطع بحرانی احتمالی قرار داشته باشند، برای محاسبه پهنای خالص باید از پهنای کلی مورد بررسی، مجموع قطر سوراخ های مسیر زنجیره را کم و به آن برای هر ردیف گام مورب در مسیر گسیختگی یک مرتبه جمله $\frac{S^2}{4g}$ را اضافه کرد.
- که در آن:

S = عبارت است از فاصله مرکز به مرکز سوراخ ها در امتداد طولی (گام طولی)

g = عبارت است از فاصله مرکز به مرکز ردیف های طولی (گام عرضی)



در نیمرخ نبشی گام عرضی برای سوراخ های واقع در روی دو بال متعامد، عبارت خواهد بود از جمع فواصل سوراخ ها تا پشت نبشی منهای ضخامت آن.

مقطع خالص بحرانی، مقطعی است که سوراخ های مسیر مربوط، حداکثر تنش کششی را به دست می دهد.

پ) سطح مقطع مؤثر عضو کششی

۱. در صورتی که بار به صورت مستقیم، توسط وسایل اتصال، به هر یک از اجزای تشکیل دهنده مقطع منتقل شود، سطح مقطع مؤثر (A_e) برابر سطح مقطع خالص (A_n) در اتصال پیچی و (A_g) در اتصال جوشی در نظر گرفته می شود.

۲. اگر بار توسط پیچ به قسمتی از اجزای تشکیل دهنده مقطع (و نه تمام آن) منتقل شود، سطح مقطع مؤثر از رابطه زیر به دست می آید:

$$A_e = U \cdot A_n \quad (10 - 1 - 3 - 1)$$

که در آن:

$$A_n = \text{سطح مقطع خالص عضو}$$

$$U = \text{ضریب سطح مؤثر}$$

۳. اگر بار توسط اتصال جوشی به قسمتی از اجزای تشکیل دهنده مقطع (و نه تمام آن) منتقل شود، سطح مقطع مؤثر از رابطه زیر به دست می آید:

$$A_e = U \cdot A_g \quad (10 - 1 - 3 - 2)$$

که در آن:

$$A_g = \text{سطح مقطع کلی عضو می باشد.}$$

ضریب سطح مؤثر (U) در اعضای کششی

ضریب U باید به شرح زیر در نظر گرفته شود مگر اینکه نتایج آزمایش و سوابق تجربی دیگری، استفاده از ضریب بزرگتری را موجه کند.

الف) برای نیمرخ های I نوردشده و سپری (T) بریده شده از آنها و مقاطع مرکب ساخته شده، در اتصال های جوشی، پیچی و یا پرچی، در صورتی که اتصال از طریق بال ها برقرار شده و برای نبشی ها در صورتی که توسط یک بال متصل شده باشند و حداقل سه وسیله اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد: $U = 0.85$.

ب) در تمام اعضای با اتصال پیچی و یا پرچی که فقط دو وسیله اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد: $U = 0.75$.

پ) در اتصالات تسمه و ورق که با جوش‌های طولی در دو لبه موازی (در انتهای قطعه) متصل هستند، طول جوش‌ها نباید از فاصله عمودی بین آنها (پهنای تسمه) کمتر باشد و سطح مقطع مؤثر (A_e) باید طبق رابطه (۱۰ - ۱ - ۳) با ضریب U به شرح زیر به دست آید:

$U = 0.75$	آنگاه	$1/5 W > L > W$	اگر
$U = 0.87$	آنگاه	$2W > L > 1/5 W$	اگر
$U = 1$	آنگاه	$L > 2W$	اگر

ت) ورق‌های اتصال کششی

ورق‌های اتصال اعضای خرپاها، مهاربندها و یا اتصالات شکل دیگر، که تحت اثر نیروی کششی قرار می‌گیرند، باید مطابق با بند ۱۰ - ۱ - ۳ - ۲ طرح و محاسبه شوند و در آنها سطح مقطع مؤثر ملاک محاسبه می‌باشد، مشروط بر آنکه از نظر محاسباتی این سطح (سطح مقطع مؤثر) بزرگتر از ۸۵ درصد سطح مقطع کل به حساب نیاید.

$$A_e = A_n \leq 0.85 A_g \quad (10 - 1 - 3 - 3)$$

۱۰ - ۱ - ۳ - ۳ تنش‌های مجاز

تنش کششی مجاز (F_t) نباید از $0.6 F_y$ بر روی سطح مقطع کل (معیار تسلیم) و یا از $0.5 F_u$ بر روی سطح مقطع مؤثر خالص (معیار گسیختگی) تجاوز کند که F_y تنش تسلیم و F_u تنش نهایی مصالح می‌باشند.

مقاومت برشی و پارگی در اتصالات انتهایی اعضای کششی باید مطابق با بند

۱۰ - ۱ - ۴ بررسی شود.

۱۰-۱-۱۰ تنش مجاز در گسیختگی قالبی

در اتصال انتهایی تیرها که قسمتی از بال فوقانی تیر برداشته شده (زبانه شده) است و یا در حالت‌های نظیر که ممکن است به علت برش در سطحی که از وسیله اتصال می‌گذرد و یا به علت اثر ترکیبی برش در سطح مار بر وسیله اتصال و کشش در سطح عمود بر آن خرابی اتفاق افتد، تنش برشی مجاز عبارت است از:

$$F_v = 0.3 F_u \quad (10-1-10)$$

که F_v در مقطع خالص برشی (A_v) در نظر گرفته می‌شود. تنش کششی مجاز نیز عبارت است از:

$$F_t = 0.5 F_u \quad (10-1-10)$$

که F_t در مقطع خالص کششی (A_t) در نظر گرفته می‌شود. F_u نیز تنش نهایی مصالح می‌باشد. در اتصالات جوشی باید مسیر حداقل برای پارگی در جوش‌ها کنترل شود.

ستونها و اعضای فشاری

۱۰-۱-۴ طول مؤثر کمانشی و ضریب لاغری

در رابطه تعیین ضریب لاغری ($\lambda = KL/r$) اعضای تحت اثر فشار محوری، L طول ظاهری، r شعاع ژیراسیون و K ضریب طول مؤثر می باشد که به شرح زیر تعیین می گردد:

۱۰-۱-۴-۱ قاب های مهار شده

در قاب هایی که در آنها حرکت جانبی با تکیه کردن بر مهاربندی ها و یا دیوارهای برشی مقید می شود، ضریب طول مؤثر (K) برای اعضای فشاری باید برابر یک به حساب آید.

۱۰-۱-۴-۲ قاب های مهار نشده

قاب هایی که پایداری جانبی آنها از طریق سختی خمشی اعضای قاب (تیرها و ستون هایی که با اتصالات صلب به یکدیگر متصل هستند) تأمین می شود، طول مؤثر (KL) اعضای فشاری باید با تجزیه و تحلیل وضع موجود تعیین شود و هیچ گاه نباید کمتر از طول واقعی عضو در نظر گرفته شود. ضریب طول مؤثر K را می توان از رابطه زیر تعیین نمود:

$$K = \sqrt{\frac{1/6 G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7/5}{G_A + G_B + 7/5}} \geq 1 \quad (10-1-4)$$

G_A و G_B = نماد نشان دهنده شرایط مرزی دو انتهای عضو فشاری و برابر است با نسبت مجموع EI/L ستونها به مجموع EI/L تیرهای منتهی به دو انتهای عضو فشاری در یک صفحه. پارامترهای به کار رفته به قرار ذیل می باشند:

E = ضریب ارتجاعی

I = ممان اینرسی حول محور خمشی

L = طولی از عضو که مهار جانبی ندارد (محور به محور)

$G = 1$ برای انتهای گیردار ستون

$G = 1.0$ برای انتهای مفصلی ستون

تبصره ۱: برای تیرهای طره‌ای متصل به عضو فشاری $\frac{EI}{L}$ مساوی صفر در نظر گرفته می‌شود.

تبصره ۲: هرگاه انتهای نزدیک تیر به عضو فشاری مفصلی باشد، $\frac{EI}{L}$ آن تیر مساوی صفر در نظر گرفته می‌شود.

تبصره ۳: هرگاه انتهای دور تیر به عضو فشاری مفصلی باشد، $\frac{EI}{L}$ آن تیر باید در ضریب ۰/۵ ضرب شود.

۱۰-۱-۴-۱ محدودیت لاغری

در اعضای که ملاک طراحی و محاسبه آنها نیروی فشاری است، لاغری حداکثر λ نباید از ۲۰۰ تجاوز کند. در طراحی لرزه‌ای برای کنترل لاغری اعضای فشاری، رعایت مفاد فصل ۱۰-۳ الزامی است.

۱۰-۱-۴-۲ تنش‌های مجاز

الف) در اعضای تحت اثر فشار محوری، که اجزای مقطع آن محدودیت‌های جدول

۱۰-۱-۲-۱ را برآورده می‌نمایند، اگر لاغری حداکثر $\left(\lambda = \frac{KL}{r} \right)_{\max}$ آن کمتر از

مقدار C_c باشد، تنش مجاز از رابطه (۱۰-۱-۴-۲) تعیین می‌شود:

$$F_a = \frac{1}{F.S.} \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda}{C_c} \right)^2 \right] F_y \quad (۲ - ۴ - ۱ - ۱۰)$$

$$F.S. = 1/67 + 0/375 \left(\frac{\lambda}{C_c} \right) - 0/125 \left(\frac{\lambda}{C_c} \right)^2$$

که در آن:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} \quad \text{یا} \quad SI: \left[C_c = \frac{2055}{\sqrt{F_y}} \right]^*$$

ب) اگر لاغری حداکثر $\left[\lambda = \frac{KL}{r} \right]_{\max}$ بزرگتر از C_c باشد، تنش فشاری مجاز برای مقطع

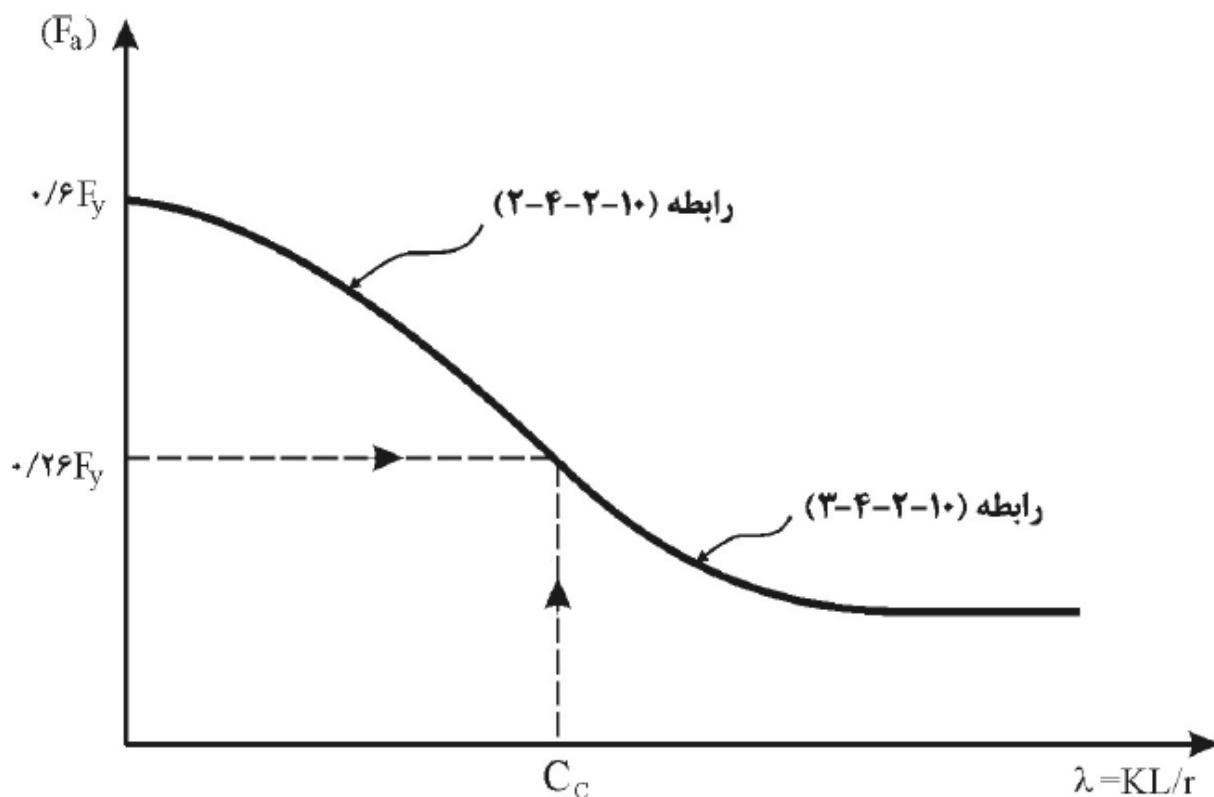
کلی عضو تحت اثر فشار محوری از رابطه (۲ - ۴ - ۱ - ۱۰) تعیین می‌شود:

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(\lambda)^2} = \frac{105 \times 10^5}{\lambda^2} \quad \text{یا} \quad SI: \left[F_a = \frac{105 \times 10^4}{\lambda^2} \right]^* \quad (۲ - ۴ - ۱ - ۱۰)$$

λ = لاغری حداکثر عضو فشاری

C_c = لاغری مرزی بین کمانش ارتجاعی و غیرارتجاعی

F.S. = ضریب اطمینان

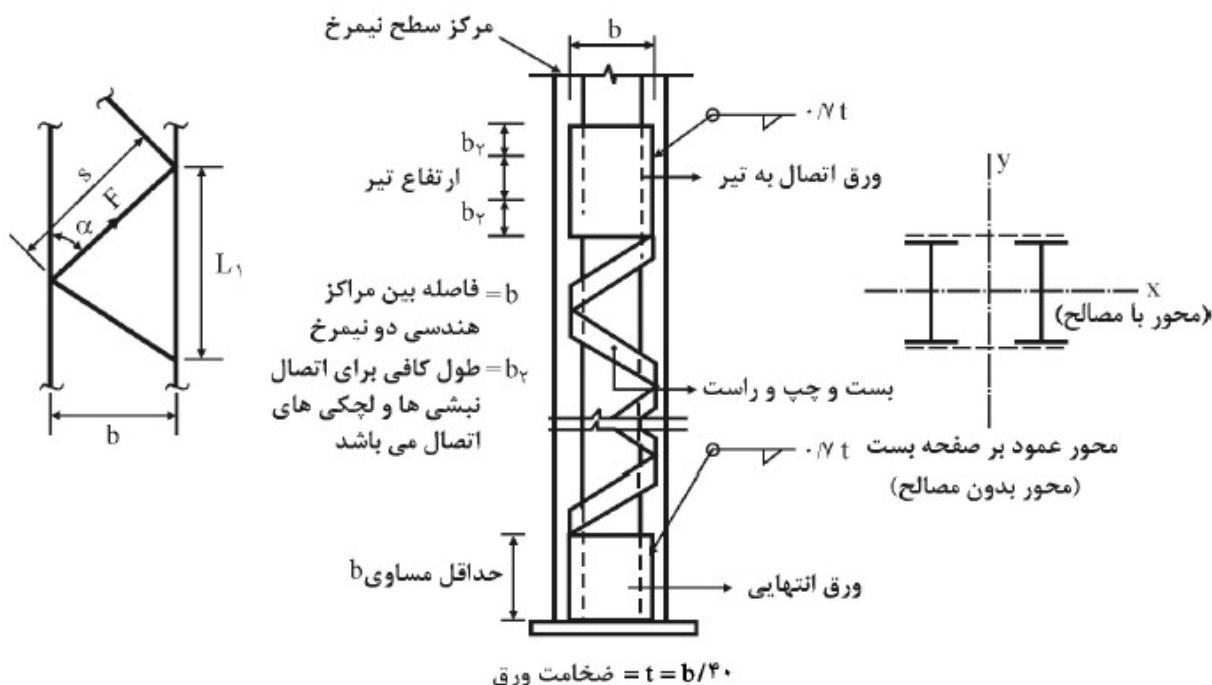


۱۰-۱-۴-۴ اعضای فشاری مرکب (ساخته شده)

اعضای فشاری مرکب باید شرایط بند ۱۰-۱-۴-۴ تا ۱۰-۱-۴-۴ را ارضاء کنند.

۱۰-۱-۴-۳ اعضای فشاری مرکب با بست‌های مورب

این بند مربوط است به ستون‌ها و اعضای فشاری مرکب که از نیمرخ‌ها و بست‌های مورب ساخته می‌شوند. و از آنها در مواقعی استفاده می‌شود که عضو تحت فشار خالص و یا فشار به‌علاوه خمش حول محور با مصالح (محور x، شکل ۱۰-۱-۴-۴) قرار داشته باشد.



شکل ۱۰-۱-۴-۴ ستون مرکب با بست های مورب.

۱۰-۱-۴-۴ ستون ها و اعضای فشاری مرکب با بست موازی

(شکل ۱۰-۱-۴-۵)

این بند مربوط است به ستون ها و اعضای فشاری مرکبی که از نیمرخ ها و بست های موازی و عمود بر محور طولی عضو ساخته می شوند. از آنها وقتی استفاده می شود که عضو تحت فشار خالص و یا فشار به علاوه خمش حول محور با مصالح (محور x) قرار داشته باشد.

۱. بست های میانی باید به تعدادی باشد که طول عضو فشاری (بین ورق های انتهایی) را حداقل به سه قسمت تقسیم کند.

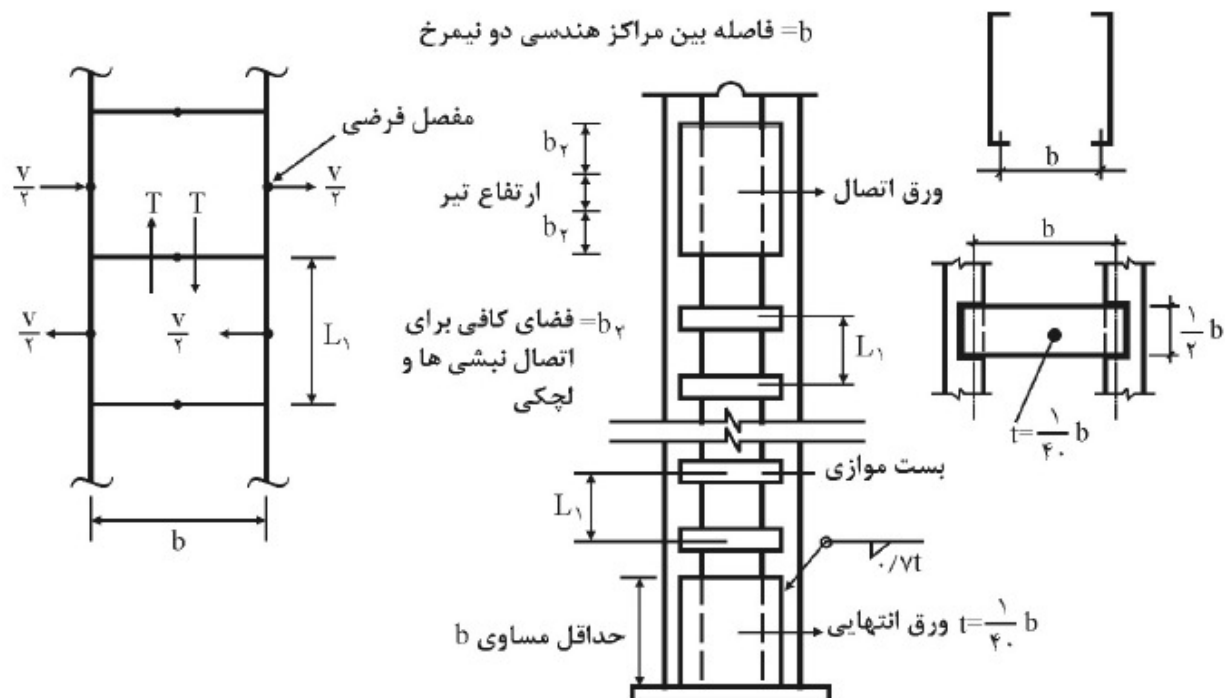
۲. فاصله بست ها از یکدیگر باید به اندازه ای باشد که ضریب لاغری تک نیمرخ عضو فشاری

$\left(\frac{L_1}{r_1} \right)$ در قسمتی که بین دو بست متوالی قرار دارد، از ۴۰ و همچنین از $\frac{3}{4}$ ضریب

لاغری (λ_y) بیشتر نشود. λ_y ضریب لاغری عضو فشاری نسبت به محور $y-y$ (محور

محور عمود بر صفحه پست
(محور بدون مصالح)

محور با مصالح



شکل ۱۰-۱-۴-۵ ستون با بست‌های موازی

۳. بست‌های موازی و اتصالات آنها باید برای تحمل لنگر خمشی و نیروی برشی وارده محاسبه شوند. فرض می‌شود لنگر و برش مؤثر بر بست‌ها حاصل از نیروی برشی جانبی (V) می‌باشد که در امتداد عمود بر محور طولی عضو فشاری به موازات صفحه بست‌ها عمل می‌کند و مقدار آن ۲ درصد بار محوری عضو فشاری به علاوه برش ناشی از نیروهای خارجی* است و اثر آن بین یک جفت بست در روی دو سطح موازی عضو به تساوی تقسیم می‌شود.

۴. بست‌ها را می‌توان از تسمه، ورق، ناودانی و یا نیمرخ I انتخاب کرد. اتصال بست‌ها به نیمرخ‌های اصلی عضو فشاری باید توسط پیچ، پرچ و یا جوش دورادور صورت گیرد به طوری که هر اتصال و نیز مقطع هر بست در مقابل نیروی برشی طولی (عمود بر امتداد بست) $T_1 = \frac{V \cdot L_1}{2b}$ و لنگر خمشی $M_1 = \frac{V \cdot L_1}{4}$ مقاوم باشد.

در روابط فوق:

V = نیروی برشی جانبی ستون (طبق تعریف مندرج در زیر بند ۳ فوق)

L_1 = فاصله مرکز به مرکز بست‌ها در امتداد طول عضو، مطابق شکل ۱۰ - ۱ - ۴ - ۵

b = فاصله بین مراکز هندسی دو نیمرخ

۵. ورق‌های انتهایی که در دوسر عضو فشاری قرار می‌گیرند، باید حداقل طولی (در امتداد محور طولی عضو) برابر با فاصله بین مراکز سطح نیمرخ‌های تشکیل دهنده عضو فشاری را داشته باشند. این ورق‌ها باید با جوش دورادور با بعدی مساوی $0.7t$ و یا بعد جوش حداقل، هر کدام که بزرگترند، به نیمرخ‌ها متصل شوند. t ضخامت ورق انتهایی است. ضخامت این ورق‌ها نباید از $\frac{1}{4}b$ کمتر باشد.

۶. پهنای بست در امتداد طولی عضو نباید از $0.5b$ کوچکتر و ضخامت آن نباید از $\frac{1}{4}b$ کوچکتر باشد. رعایت محدودیت اخیر برای بست‌هایی که از نیمرخ ناودانی و یا I با بال‌های عمود بر سطح عضو فشاری تشکیل شده باشند، لازم نیست.

اگر در طرح عضو فشاری مرکب با بست‌های موازی تنها، محدودیت‌های زیر بندهای ۱ تا ۶ رعایت شده باشد، ضریب لاغری مؤثر (λ_{ye}) نسبت به محور $y-y$ (محور عمود بر صفحه بست‌ها) را می‌توان از رابطه (۱۰ - ۱ - ۴ - ۴) تعیین کرد:

$$\lambda_{ye} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2} \quad (۱۰ - ۱ - ۴ - ۴)$$

در این رابطه $\lambda_y = \frac{K_y L_y}{r_y}$ ضریب لاغری اسمی نسبت به محور $y-y$ و λ_1 ضریبی است که از رابطه (۱۰ - ۱ - ۴ - ۵) به دست می‌آید:

$$\lambda_1 = \frac{L_1}{r_1} \quad (۱۰ - ۱ - ۴ - ۵)$$

که در آن:

L_1 = فاصله مرکز به مرکز بست در امتداد طولی عضو

r_1 = شعاع ژیراسیون حداقل هریک از نیمرخ‌های فشاری تک می‌باشد.

تقسیم بندی مقاطع فلزی

الف) طبقه بندی مقاطع فولادی

مقاطع فولادی به سه گروه زیر تقسیم می شود:

- مقاطع فشرده
- مقاطع غیرفشرده
- مقاطع با اجزای لاغر

برای اینکه عضوی به عنوان مقطع فشرده به حساب آید، باید بال های آن به صورت

سرتاسری به جان (یا جان ها) متصل باشد و نسبت پهنای آزاد به ضخامت در اجزای فشاری آن برحسب مورد از مقادیر مربوطه در جدول ۱۰ - ۱ - ۲ تجاوز نکند.

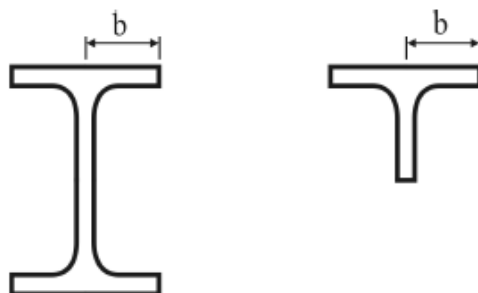
نسبت پهنای آزاد به ضخامت در اجزای فشاری مقاطع غیرفشرده نیز نباید از مقادیر مربوطه در جدول ۱۰ - ۱ - ۲ تجاوز کند.

اگر نسبت پهنای آزاد به ضخامت در هریک از اجزای فشاری از مقادیر داده شده برای مقاطع غیرفشرده در جدول ۱۰ - ۱ - ۲ تجاوز کند، مقطع به عنوان مقطعی با اجزای لاغر به حساب می آید*.

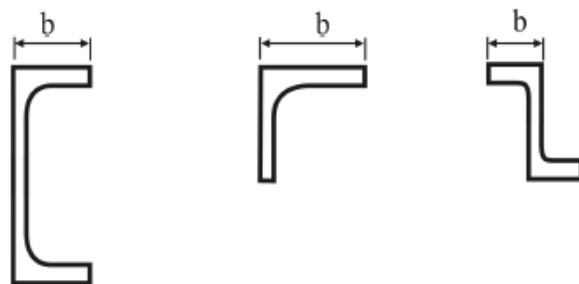
ب) پهنای آزاد اجزای با یک لبه متکی

پهنای آزاد b و یا d در اجزایی که فقط در یک لبه در امتدادی موازی با نیروی فشاری نگهداری شده اند، به شرح زیر در نظر گرفته می شود:

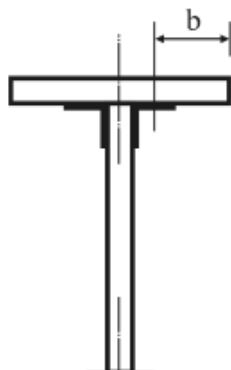
۱. برای بال های نیمرخ های I و نیمرخ سپری (T) ، b برابر نصف عرض بال.



۲. برای بال‌های نیمرخ نبشی (L)، نیمرخ ناودانی (U) و نیمرخ دونبشی (Z)، b برابر تمام عرض موجود.



۳. برای تیورورها، عرض b عبارت است از فاصله لبه آزاد تا اولین ردیف وسایل اتصال یا خط جوش.



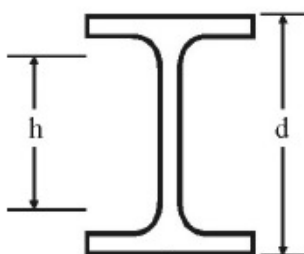
۴. برای تیغه (جان) نیمرخ سپری (T)، پهنای d برابر ارتفاع کلی مقطع.



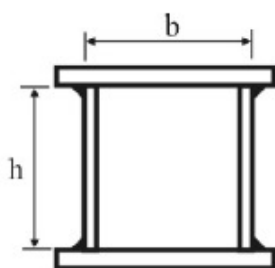
پ) پهنای آزاد اجزای با دو لبه متکی

پهنای آزاد b یا d یا h در اجزایی که در دو لبه در امتدادی موازی با نیروی فشاری نگهداری شده‌اند، به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

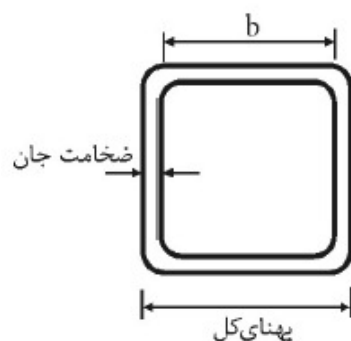
۱. برای جان نیمرخ‌های نوردشده، d برابر ارتفاع کلی مقطع و h فاصله بین نقاط شروع و گردی اتصال بال به جان.



۲. برای جان نیمرخ‌های مرکب (ساخته‌شده)، h برابر فاصله خالص بین بال‌های نیمرخ.



۳. برای ورق‌های بال در مقاطع ساخته‌شده پهنای b عبارت است از فاصله بین دو ردیف وسیله اتصال مجاور یا دو خط جوش مجاور.



۴. برای بال‌های نیمرخ‌های چهارگوش توخالی (قوطی) پهنای b عبارت است از فاصله خالص دو جان منتهای شعاع انحنای بین جان و بال در هر طرف. اگر این شعاع انحنای مشخص نباشد، می‌توان پهنای کل منتهای سه برابر ضخامت جان را در نظر گرفت.

ت) مقاطع با اجزای لاغر فشاری

از به کار بردن مقاطع با اجزای لاغر (طبق تعریف بند ۱۰ - ۱ - ۲ - ۶ الف) در اعضایی که تحت اثر تنش‌های فشاری قرار می‌گیرند باید خودداری شود، مگر برای جان تیرورق‌ها که در این صورت مقررات بخش ۱۰ - ۱ - ۶ تعیین‌کننده خواهد بود.

جدول ۱۰-۲-۱ محدودیت نسبت پهنای آزاد به ضخامت در اجزای فشاری

حالت	پهنای آزاد به ضخامت	حداکثر نسبت پهنای آزاد به ضخامت	
		مقاطع فشرده	مقاطع غیرفشرده
۱. بال‌های تیر نورد شده I و ناودانی در خمشی	$\frac{b}{t}$	$\frac{545}{\sqrt{F_y}} \leq \left[\frac{170}{\sqrt{F_y}} \right]^*$	$\frac{795}{\sqrt{F_y}} \leq \left[\frac{250}{\sqrt{F_y}} \right]^*$
۲. بال‌های تیرورق I (با اتصال جوشی) در خمشی	$\frac{b}{t}$	$\frac{545}{\sqrt{F_y}} \leq \left[\frac{170}{\sqrt{F_y}} \right]^*$	$\frac{795}{\sqrt{F_y/K_c}} \leq \left[\frac{250}{\sqrt{F_y/K_c}} \right]^*$
۳. عضو فشاری تک‌نبشی یا جفت‌نبشی با اتصال و لقمه‌هایی بین دو نیمرخ	$\frac{b}{t}$	کاربرد ندارد	$\frac{635}{\sqrt{F_y}} \leq \left[\frac{200}{\sqrt{F_y}} \right]^*$
۴. بال‌های برجسته در عضو فشاری جفت‌نبشی در تماس سرتاسری با یکدیگر، تسمه‌ها یا نبشی‌ها که به‌طور برجسته بر تیر یا ستون قرار گیرند، قطعات سخت‌کننده در تیرورق‌ها	$\frac{b}{t}$	کاربرد ندارد	$\frac{795}{\sqrt{F_y}} \leq \left[\frac{250}{\sqrt{F_y}} \right]^*$
۵. تیغه (جان نیمرخ سپری)	$\frac{d}{t}$	کاربرد ندارد	$\frac{1065}{\sqrt{F_y}} \leq \left[\frac{340}{\sqrt{F_y}} \right]^*$

* روابط در سیستم SI می‌باشند.

** مقدار K_c از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\frac{h}{t} > 50 \rightarrow K_c = \frac{V}{\sqrt{h/t}} \geq 0.4$$

$$\frac{h}{t} \leq 50 \rightarrow K_c = 1$$

حالت	پهنای به ضخامت	حداکثر نسبت پهنای آزاد به ضخامت	
		مقاطع فشرده	مقاطع غیرفشرده
۶. پهنای آزاد در ورق‌های تقویتی سوراخدار	$\frac{b}{t}$	کاربرد ندارد	$\frac{2455}{\sqrt{F_y}}$ یا $\left[\frac{150}{\sqrt{F_y}} \right]^*$
۷. ورق‌های تقویتی روی بال تیر با دو خط اتصال در دو لبه موازی، بال‌های مقطع قوطی‌شکل (مربع یا مستطیل) با ضخامت ثابت در فشار خمشی یا فشار	$\frac{b}{t}$	$\frac{1590}{\sqrt{F_y}}$ یا $\left[\frac{500}{\sqrt{F_y}} \right]^*$	$\frac{2000}{\sqrt{F_y}}$ یا $\left[\frac{440}{\sqrt{F_y}} \right]^*$
۸. تمام عناصر دیگری که در دو لبه تحت اثر فشار یکنواخت نگهداری شده باشند	$\frac{h}{t}$ یا $\frac{b}{t}$	کاربرد ندارد	$\frac{2000}{\sqrt{F_b}}$ یا $\left[\frac{440}{\sqrt{F_b}} \right]^*$
۹. جان قطعات تحت اثر فشار حاصل از خمش	$\frac{h}{t_w}$	$\frac{5365}{\sqrt{F_y}}$ یا $\left[\frac{1710}{\sqrt{F_y}} \right]^*$	
	$\frac{h}{t_w}$		$\frac{6370}{\sqrt{F_y}}$ یا $\left[\frac{2035}{\sqrt{F_y}} \right]^*$
۱۰. جان قطعات تحت اثر مشترک فشار حاصل از خمش و فشار محوری	$\frac{h}{t_w}$	<p>برای حالت: $\frac{f_a}{F_y} \leq 0.16$</p> $\frac{5365}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 3/74 \frac{f_a}{F_y} \right)$ $\left[\frac{1710}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 3/74 \frac{f_a}{F_y} \right) \right]^*$ <p>برای حالت: $\frac{f_a}{F_y} > 0.16$</p> $\frac{2155}{\sqrt{F_y}}$ یا $\left[\frac{490}{\sqrt{F_y}} \right]^*$	$\frac{6370}{\sqrt{F_b}} \left(1 - 1/5 \frac{f_a}{F_y} \right)$ <p>یا</p> $\left[\frac{2035}{\sqrt{F_b}} \left(1 - 1/5 \frac{f_a}{F_y} \right) \right]^*$

آیا دو لبه منکشی

حالت	پهنای به ضخامت	حداکثر نسبت پهنای آزاد به ضخامت	
		مقاطع فشرده	مقاطع غیرفشرده
۱۱. مقطع دایره‌ای توخالی (لوله شکل)	تحت فشار محوری	$\frac{D}{t}$	$\left[\frac{230 \times 10^3}{F_y} \right]^*$ یا $\frac{230 \times 10^3}{F_y}$
	تحت خمش	$\frac{D}{t}$	$\left[\frac{230 \times 10^3}{F_y} \right]^*$ یا $\frac{230 \times 10^3}{F_y}$

در این جدول:

f_a = تنش فشاری موجود (kg/cm^2) ، (در روابط ستاره‌دار برحسب (N/mm^2))

F_y = حد تسلیم فولاد مصرفی (kg/cm^2) ، (در روابط ستاره‌دار برحسب (N/mm^2))

F_b = تنش مجاز در خمش (kg/cm^2) ، (در روابط ستاره‌دار برحسب (N/mm^2))

D = قطر خارجی لوله می‌باشد

* روابط در سیستم SI می‌باشند که در آنها تنش برحسب نیوتن بر میلی‌متر مربع بیان شده است.

تیرها (اعضای خمشی)

این بخش مربوط است به تیرهایی از نیمرخ‌های نوردشده و ساخته‌شده از ورق (تیرورق) که یک یا دو محور تقارن داشته باشند و در صفحه تقارن بارگذاری شوند و همچنین نیمرخ‌های ناودانی که در صفحه مار بر مرکز برش و موازی جان ناودانی بارگذاری شوند و یا در مقابل پیچش در محل نقطه اثر بار و تکیه‌گاه‌ها نگهداری شده باشند.

وجه تمایز اعضای خمشی، لاغری جان (نسبت $\frac{h}{t_w}$) آنهاست. اگر نسبت ارتفاع آزاد

جان (بین دو بال) به ضخامت آن $\frac{h}{t_w}$ کوچکتر یا مساوی $\left[\frac{1000}{\sqrt{F_y}} \right]^*$ یا $\frac{3185}{\sqrt{F_y}}$ باشد، عضو

خمشی، تیر نامیده شده و رعایت کمانش برشی جان برای آن لازم نیست.

اگر $\left(\frac{h}{t_w} \right)$ بزرگتر از $\left[\frac{1000}{\sqrt{F_y}} \right]^*$ یا $\frac{3185}{\sqrt{F_y}}$ باشد، عضو خمشی با جان لاغر نامیده شده

و در جان آن باید اثر کمانش برشی مورد بررسی قرار گیرد.

۱۰-۱-۵-۱ تنش‌های خمشی مجاز در نیمرخ I و ناودانی

الف) اعضای خمشی با مقطع فشرده و با اتکای جانبی

اعضای خمشی با اتکای جانبی تلقی می‌شوند که در آنها طول آزاد بال فشاری (L_b) یا فاصله بین دو تکیه‌گاه جانبی بال فشاری) از کوچکترین مقدار L_c (حاصل از روابط زیر) تجاوز نکند:

$$L_c = \frac{635 b_f}{\sqrt{F_y}} \quad \text{یا} \quad \left[L_c = \frac{200 b_f}{\sqrt{F_y}} \right]^* \quad (10-1-5-0 \text{ الف})$$

$$L_c = \frac{14 \times 1.5}{\left(\frac{d}{A_f}\right) F_y} \quad \text{یا} \quad \left[L_c = \frac{14 \times 1.4}{\left(\frac{d}{A_f}\right) F_y} \right]^* \quad (10 - 1 - 5 - 0 - \text{ب})$$

در این روابط :

L_c = طول مهارنشده (cm) یا $[mm]^*$

b_f و A_f = به ترتیب پهنای کلی (cm) یا $[mm]^*$ و سطح مقطع بال فشاری (cm^2) یا $[mm^2]^*$

d = ارتفاع کلی نیمرخ برحسب (cm) و یا $[mm]^*$ می باشد.

اعضای با مقطع فشرده (بخش ۱۰ - ۱ - ۲) که نسبت به محور ضعیف خود متقارن باشند و در صفحه‌ای مار بر این محور بارگذاری شوند و شرایط تیر با اتکای جانبی را نیز داشته باشند، تنش مجاز خمشی آنها از رابطه (۱۰ - ۱ - ۵ - ۱) تعیین می شود:

$$F_b = 0.66 F_y \quad (10 - 1 - 5 - 1)$$

که در آن F_y تنش تسلیم فولاد است.

ب) اعضای با مقطع غیرفشرده

اعضایی که واجد شرایط بند ۱۰ - ۱ - ۵ - ۱ الف باشند ولی شرط مقطع فشرده را نداشته باشند، تنش مجازشان از رابطه (۱۰ - ۱ - ۵ - ۲) تعیین می شود:

$$F_b = 0.6 F_y \quad (10 - 1 - 5 - 2)$$

ب) مقاطع فشرده و غیرفشرده فاقد شرط تکیه‌گاه جانبی

برای اعضای خمشی با مقطع فشرده و یا غیرفشرده (بخش ۱۰ - ۱ - ۲) که طول آزاد (نگهداری نشده) آنها در منطقه فشاری بیش از مقدار L_c (که در بند ۱۰ - ۱ - ۵ - ۱ الف مشخص شده) باشد، تنش کششی مجاز در خمش طبق رابطه (۱۰ - ۱ - ۵ - ۲) تعیین می‌شود.

در این اعضا که یک محور تقارن منطبق بر جان داشته باشند و در امتداد جان بارگذاری شوند، تنش فشاری مجاز در خمش بزرگترین مقدار حاصل از روابط (۱۰ - ۱ - ۵ - ۳)

یا (۱۰ - ۱ - ۵ - ۴) و (۱۰ - ۱ - ۵ - ۵) برحسب مورد، می‌باشد که در هر حال نباید از $0.6 F_y$ تجاوز کند.

رابطه ۱۰ - ۱ - ۵ فقط در حالتی صادق است که بال فشاری به صورت پرو و سرتاسری و شکل مقطع آن تقریباً مستطیل باشد و مساحت آن کمتر از بال کششی نباشد. برای مقاطع ناودانی که نسبت به محور قوی خود تحت خمش قرار گیرند، تنش مجاز از رابطه (۱۰ - ۱ - ۵ - ۵) تعیین می‌شود.

اگر:

$$\sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} \leq \frac{L}{r_T} < \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}}$$

در این صورت:

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y \left(\frac{L}{r_T} \right)^2}{10.75 \times 10^5 C_b} \right] F_y \leq 0.6 F_y \quad (10 - 1 - 5 - 3)$$

اگر:

$$\frac{L}{r_T} \geq \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}}$$

در این صورت:

$$F_b = \frac{120 \times 10^5 C_b}{\left(\frac{L}{r_T}\right)^2} \leq 0.75 F_y \quad (4 - 5 - 1 - 10)$$

و به‌طور کلی برای تمام مقادیر $\frac{L}{r_T}$:

$$F_b = \frac{84 \times 10^5 C_b}{\frac{L d}{A_f}} \leq 0.75 F_y \quad (5 - 5 - 1 - 10)$$

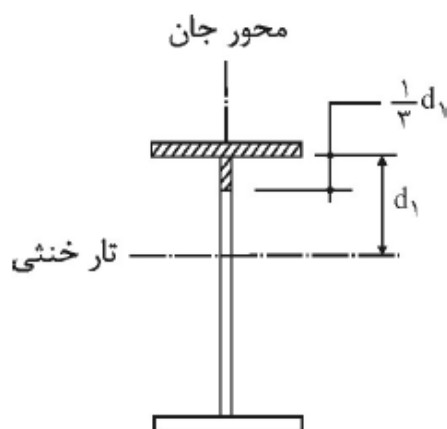
که در آن:

$$F_y = \text{تنش تسلیم فولاد تیر (kg/cm}^2\text{)}$$

L = فاصله تکیه‌گاه‌هایی که از تغییر مکان جانبی و یا پیچیدن بال فشاری جلوگیری می‌کنند. (cm)

برای تیر طره‌ای که فقط در محاذات تکیه‌گاه به‌طور جانبی نگهداری شده باشد،

می‌توان L را برابر طول طره در نظر گرفت.



r_T = شعاع ژیراسیون مقطعی است که شامل مجموع بال فشاری و یک سوم منطقه فشاری جان می باشد که نسبت به محور مار بر جان تیر محاسبه می شود (cm)

d = ارتفاع کل مقطع تیر (cm)

A_f = سطح مقطع بال فشاری (cm^2)

C_b = ضریب یکنواختی نمودار لنگر که نشان دهنده اثر نمودار تغییرات لنگر خمشی در مقدار تنش مجاز می باشد و از رابطه (۱۰ - ۱ - ۵ - ۶) تعیین می شود:

$$C_b = 1.75 + 1.05 \frac{M_1}{M_2} + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2.3 \quad (10 - 1 - 5 - 6)$$

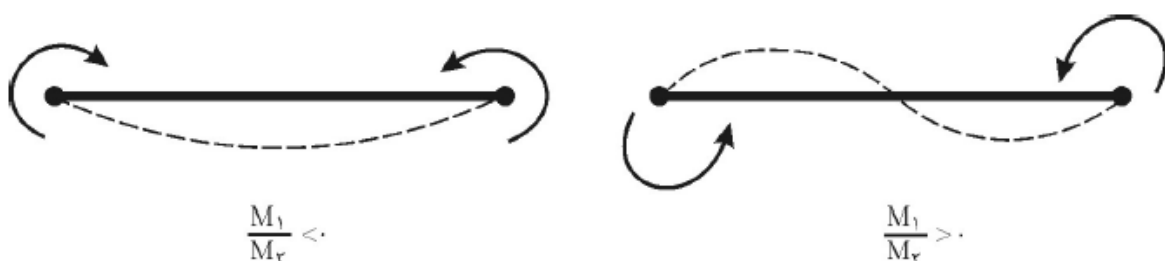
در هر حال بیشینه مقدار C_b برابر ۲/۳ می باشد.

در رابطه (۱۰ - ۱ - ۵ - ۶) M_1 لنگر کوچکتر و M_2 لنگر بزرگتر (از نظر قدر مطلق) در دو انتهای طول آزاد (بدون تکیه گاه جانبی) است که نسبت به محور قوی مقطع در نظر گرفته می شود. در حالتی که M_1 و M_2 هم علامت هستند^۱ (انحنای دوگانه)، نسبت $\frac{M_1}{M_2}$

مثبت و در حالتی که M_1 و M_2 علامت های مخالف دارند (انحنای ساده)، این نسبت منفی به حساب می آید.

اگر لنگر خمشی در بین دو انتهای طول آزاد، مقدار بزرگتری از لنگرهای دو انتها را به خود بگیرد، ضریب C_b برابر یک محسوب می شود.

در تیرهای طره‌ای C_b برابر یک منظور می‌شود.



۱۰-۱-۵-۲ تنش‌های مجاز در خمش نسبت به محور ضعیف برای اعضای با مقطع I، تسمه‌ها و ورق‌های مستطیلی و مقاطع توپر

برای اعضای که در اثر بارگذاری در صفحه ماربر مرکز برش و نسبت به محور ضعیف تحت خمش قرار می‌گیرند یا اعضای که نسبت به محورهای اصلی خود دارای مقاومت یکسان می‌باشند، مهار جانبی فقط در تکیه‌گاه لازم است.
تنش خمشی مجاز این اعضا طبق بندهای زیر در نظر گرفته شود.

الف) اعضای با مقطع فشرده

اعضایی که دو محور تقارن در مقطع دارند (مثل I و H) و بال‌های آنها شرایط مقطع فشرده (طبق بخش ۱۰-۱-۲) را داشته و به‌طور سرتاسری به‌جان متصل باشد و تحت اثر خمش نسبت به محور ضعیف خود قرار گیرد، همچنین مقاطع توپر دایره، مربع (چهارگوش) و مربع مستطیل تحت اثر خمش نسبت به محور ضعیف مقطع، تنش مجازشان از رابطه (۱۰-۱-۵-۷) تعیین می‌شود:

$$F_b = 0.75 F_y \quad (10-1-5-7)$$

ب) اعضای با مقاطع غیرفشرده

اعضایی که محدودیت‌های مقطع فشرده را (بخش ۱۰ - ۱ - ۲) برآورده نکنند، اگر تحت اثر خمش نسبت به محور ضعیف خود قرار گیرند، تنش مجازشان از رابطه (۱۰ - ۵ - ۸) تعیین می‌شود:

$$F_b = 0.6 F_y \quad (10 - 5 - 8)$$

در مقاطع با تقارن در دو جهت مانند I و H که نسبت به محور ضعیف خود تحت خمش قرار گیرند، در صورتی که بال آنها شرایط مقطع فشرده (بخش ۱۰ - ۱ - ۲) را احراز نکند و اتصال جان و بال به صورت سرتاسری باشد، می‌توان محاسبه را براساس تنش مجاز حاصل از رابطه (۱۰ - ۵ - ۹) انجام داد:

$$F_b = F_y \left[1.075 - 0.006 \left(\frac{b_f}{t_f} \right) \sqrt{F_y} \right] \quad (10 - 5 - 9)$$

$$\text{به شرط اینکه } \frac{b_f}{t_f} \leq \frac{795}{\sqrt{F_y}} \text{ باشد.}$$

۱۰ - ۵ - ۴ تنش‌های برشی مجاز

اگر $\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}}$ یا $\left[\frac{h}{t_w} \leq \frac{1000}{\sqrt{F_y}} \right]^*$ باشد، برای سطح مقطعی که از حاصل ضرب ارتفاع کلی

نیمرخ در ضخامت جان به دست می‌آید، تنش برشی مجاز عبارت است از:

$$F_b = 0.4 F_y \quad (10 - 5 - 13)$$

ث) قطع ورق‌های تقویتی بال‌ها

ورق‌های تقویتی که در تمام طول تیر ادامه ندارند، باید بعد از نقطهٔ تئوریک قطع، به اندازهٔ طول گیرایی a ادامه یابند به طوری که در این طول اضافی اتصال کامل بین ورق و بال برقرار باشد. اتصال در این قسمت باید قادر باشد که در حد تنش مجاز نظیر (۱۰ - ۱ - ۱۰ - ۳ - ت آمده است)، با نیروی حاصل از خمش سهم ورق تقویتی در نقطهٔ تئوریک قطع ورق، مقابله کند. حداقل طول گیرایی a که از نقطهٔ قطع تئوریک ورق تقویتی اندازه‌گیری می‌شود باید برابر باشد با:

۱. پهنای ورق تقویتی، درحالی‌که جوش اتصال ورق تقویتی به تیر در طول a ، پیوسته و بعد ساق آن حداقل سه‌چهارم ضخامت ورق تقویتی باشد و در دو لبه طرفین ورق تقویتی و در انتهای ورق اجرا شود.

۲. یک و نیم برابر پهنای ورق تقویتی، درحالی‌که بعد جوش پیوسته به طول a در دو لبهٔ طرفین ورق و در انتهای آن کمتر از سه‌چهارم ضخامت ورق تقویتی باشد.
۳. دو برابر پهنای ورق تقویتی، درحالی‌که جوش پیوسته به طول a فقط در دو لبهٔ طرفین ورق (به طول a) وجود دارد و در لبهٔ انتهای جوش اجرا نمی‌شود.

ضوابط خیز و ارتعاش در تیرها

۱۰- ۱- ۱۲- ۳ افتادگی، ارتعاش و انتقال جانبی

الف) افتادگی

تیرها و شاهتیرهایی که کفها و سقفهای ساختمانی را تحمل می‌کنند باید با توجهی خاص به تغییرمکان آنها در اثر بارهای محاسباتی، طرح و محاسبه شوند.

تیرها و شاهتیرهایی که سقفهای نازک کاری شده را تحمل می‌کنند، باید طوری محاسبه شوند که تغییرمکان حداکثر نظیر بار مرده و زنده از $\frac{1}{240}$ طول دهانه و تغییرمکان

حداکثر نظیر بار زنده از $\frac{1}{360}$ طول دهانه بیشتر نشود.

ب) ارتعاش

تیرها و شاهتیرهایی که سطوح بزرگ خالی از تیغه‌بندی (یا خالی از عناصر دیگری که خاصیت میراکنندگی ارتعاش را دارند) را تحمل می‌کنند، باید با توجهی خاص به لرزش و ارتعاش حاصل از بارهای جنبشی (راه رفتن اشخاص، حرکت و توقف آسانسورها و نظایر آنها)

محاسبه شوند. در تیرهای مربوط به این کفها، نسبت ارتفاع به دهانه $(\frac{d}{L})$ نباید از $\frac{1}{20}$

کمتر گردد. d ارتفاع کلی مقطع تیر (شامل ارتفاع بتن در تیرهای مختلط) و L طول مرکز به مرکز تکیه‌گاهی تیر است. همچنین لازم است فرکانس نوسانی تیرها محاسبه گردد که این فرکانس باید از ۵ هرتز بیشتر باشد*.

* در این خصوص به مراجع راهنمای معتبر مراجعه شود. برای محاسبه فرکانس تیرهای دهانه ساده رابطه زیر پیشنهاد شده است:

$$f = \gamma \cdot \sqrt{\frac{I}{P_d L^3}} \geq 5$$

که در آن: I = ممان اینرسی تیر (cm^4)

P_d = بار مرده (kg / m)

L = طول دهانه (m)

تیرهای کامپوزیت

این بخش به طراحی تیرهای فولادی مربوط می‌شود که دال بتن مسلح متکی به آنها، طوری به تیر یکپارچه شده است که تیر فولادی و دال در مقابل خمش با هم عمل می‌نمایند. تیرهای مختلط با دهانه‌های ساده و یکسره با برشگیرها و یا تیرهای محاط در بتن که با و یا بدون استفاده از پایه‌های موقت اجرا می‌شوند، مشمول مقررات این بخش هستند.

۱۰-۱-۹-۱ تعاریف

دو نوع اعضای مختلط به رسمیت شناخته می‌شوند:

الف) اعضای کاملاً محاط در بتن که عملکرد یکپارچه آنها بستگی به چسبندگی طبیعی بین بتن و فولاد دارد.

ب) اعضای که عملکرد یکپارچه آنها، توسط برشگیرها تأمین می‌شود و عضو فولادی لزوماً در داخل بتن محاط نمی‌باشد.

یک تیر کاملاً محاط در بتنی که با دال به‌طور یکپارچه ریخته شده است، وقتی می‌تواند با چسبندگی طبیعی به بتن، بدون هرگونه برشگیر، فرض شود که:

۱. ضخامت بتن موجود در گونه‌ها و زیر تیر حداقل ۵۰ میلی‌متر باشد.
 ۲. سطح بالای تیر حداقل ۴۰ میلی‌متر زیر سطح فوقانی دال بتنی و ۵۰ میلی‌متر بالای سطح تحتانی دال بتنی باشد.
 ۳. بتن محیط دارای شبکه میلگرد کافی یا سایر فولادهای مسلح‌کننده در گونه‌ها و زیر تیر به‌منظور جلوگیری از پوسته شده بتن باشد.
- در تیرهایی که به‌صورت فوق کاملاً در بتن محاط نمی‌باشند، برای تأمین عملکرد مختلط باید از برشگیر استفاده شود.

عرض مؤثر و حداقل ضخامت دال بتنی

عرض مؤثر دال بتنی که در هر طرف تیر با آن به صورت مختلط عمل می نماید، نباید از کوچکترین مقادیر زیر بزرگتر در نظر گرفته شود:

(الف) یک هشتم دهانه محور به محور تیر.

(ب) نصف فاصله مرکز به مرکز تیرهای مجاور.

(پ) فاصله محور تیر تا لبه بتن.

حداقل ضخامت دال بتنی، ۸۰ میلی متر مقرر می گردد.

۱۰-۱-۹-۲ روش طراحی

(۱) تیرهای فولادی محاط در بتن باید طوری طراحی شوند که به تنهایی، تمام بارهای مرده قبل از سخت شدن بتن (به استثنای حالتی که این دسته از بارها به کمک پایه های موقت تحمل می شوند) و به صورت مختلط تمام بارهای مرده و زنده ای را که بعد از گرفتن بتن وارد می شوند، بدون اینکه تنش های محاسبه شده از $0.66 F_y$ تجاوز کند، تحمل نمایند (F_y تنش تسلیم تیر فولادی است). تنش خمشی حاصل از بارهای بعد از گرفتن بتن، باید براساس مشخصات هندسی مقطع مرکب محاسبه شوند. از مقاومت کششی بتن صرف نظر می شود.

(۲) وقتی که از برشگیر طبق مفاد بند ۱۰-۱-۹-۴ استفاده می شود، مقطع مختلط باید طوری طراحی شود که تمام بارها را بدون اینکه تنش های آن از مقادیر مجاز بند ۱۰-۱-۵-۱ تجاوز نماید، تحمل نماید (حتی اگر در هنگام ساخت در زیر تیر فولادی از پایه های موقت استفاده نشود). در ناحیه لنگر مثبت، مقطع تیر فولادی از مقررات بال فشرده بند ۱۰-۱-۲-۶ الف معاف است و هیچ گونه محدودیتی در طول غیرمتکی بال فشاری وجود ندارد. تنش فشاری مجاز بتن $0.45 f_c$ می باشد که f_c مقاومت مشخصه نمونه استوانه ای است.

در صورتی که در تیرهای مختلط برشگیردار، در هنگام بتن‌ریزی دال از پایه‌های موقت در زیر تیر فولادی استفاده نشود، باید در تیر فولادی تنها کنترل تنش انجام گیرد تا این تیر دارای کفایت کافی برای حمل بارها باشد. این کنترل تنش به صورت زیر انجام می‌شود:

گام ۱: ابتدا بار ناشی از وزن تیر، دال بتنی و قالب بر تیر فولادی تنها اثر داده شده و تنش در بال کششی محاسبه می‌گردد.

گام ۲: سپس بار مرده اضافی (تمام بارهای مرده‌ای که بعد از گرفتن دال وارد می‌شوند مثل وزن کف‌سازی، تیغه‌ها و موارد مشابه) و بار زنده بر مقطع مختلط اثر داده می‌شوند و تنش در بال کششی محاسبه می‌شود.

مجموع تنش‌های محاسبه شده در گام‌های ۱ و ۲ باید کوچکتر از $0.9 F_y$ باشد.

۱۰-۱-۹-۲-۱ مقطع تبدیل یافته

مشخصات هندسی مقطع مختلط باید طبق تئوری ارتجاعی محاسبه و از مقاومت کششی بتن صرف نظر گردد. در محاسبات تنش، در هنگام تعیین مشخصات هندسی مقطع، ناحیه فشاری بتن (با وزن مخصوص معمولی و یا بتن سبک سازه‌ای) باید با سطح فولادی معادل جایگزین گردد که عرض آن از تقسیم عرض مؤثر بر n به دست می‌آید که $n = E_s / E_c$ (E_s و E_c به ترتیب ضریب الاستیسیته فولاد و بتن) می‌باشد. در محاسبات تغییرشکل، در

تعیین n باید اثرات خزش نیز منظور گردد. در غیاب محاسبات دقیق‌تر، برای ملحوظ کردن اثر تغییرشکل‌های درازمدت، می‌توان از ضریب تبدیل n ۳ استفاده نمود.

میلگردهای موازی تیر فولادی در محدوده عرض مؤثر دال، وقتی که طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان طراحی شده‌اند، می‌توانند در محاسبه مشخصات هندسی مقطع مختلط منظور گردند، مشروط بر اینکه برشگیرها طبق مفاد بند ۱۰-۱-۹-۴ تعبیه گردند.

۱۰-۱-۹-۲ عملکرد مختلط ناقص

در مواردی که برشگیرها کفایت لازم برای تأمین عملکرد مختلط کامل را دارا نمی‌باشد، اساس مقطع معادل باید از رابطه زیر محاسبه گردد:

اساس مقطع معادل باید از رابطه زیر محاسبه گردد:

$$S_{eff} = S_s + \sqrt{\frac{V'_h}{V_h}} (S_{tr} - S_s) \quad (10-1-9-1)$$

که در آن:

V'_h و V_h در بند ۱۰-۱-۹-۴ تعریف شده‌اند.

S_s = اساس مقطع تیر فولادی نسبت به تار تحتانی (cm^3) یا (mm^3).

S_{tr} = اساس مقطع نیمرخ مختلط تبدیل‌یافته نسبت به تار تحتانی (cm^3) یا (mm^3).

۱۰-۱-۹-۳ تنش خمشی فشاری در بتن

در محاسبات تنش فشاری خمشی بتن، باید اساس مقطع واقعی نیمرخ مختلط تبدیل‌یافته مورد استفاده قرار گیرد و برای اجرا بدون استفاده از پایه‌های موقت، این تنش باید بر مبنای بارهای وارده بعد از اینکه بتن به ۷۵ درصد مقاومت خود ($0.75f_c$) رسید، محاسبه شوند. تنش فشاری بتن نباید از $0.45f_c$ تجاوز نماید.

۱۰-۱-۹-۴ برشگیرها

۱۰-۱-۹-۴ محاسبات برشگیر

به‌استثنای تیرهای مختلط مدفون طبق بند ۱۰-۱-۹-۱ الف، برش افقی در محل تماس تیر فولادی و دال بتنی باید توسط برشگیرها که بر بال فوقانی تیر فولادی متصل شده و داخل بتن فرو رفته‌اند، حمل گردد. برای عملکرد مختلط کامل با بتنی که تحت فشار خمشی می‌باشد، برش افقی کل که باید بین نقطه حداکثر لنگر خمشی و نقطه لنگر صفر حمل گردد، مساوی با کوچکترین مقدار به‌دست آمده از دو رابطه زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$V_h = \frac{0.85 f_c A_c}{\gamma} + \frac{F_{yr} A'_s}{\gamma} \quad (2-9-1-10)$$

و

$$V_h = \frac{F_y A_s}{\gamma} \quad (3-9-1-10)$$

که در آن:

f_c = مقاومت فشاری مشخصه نمونه استوانه‌ای بتن (kg/cm^2) یا (N/mm^2) .

A_c = مساحت واقعی سطح مؤثر بتنی طبق تعریف بند ۱۰ - ۱ - ۹ - ۱ - ۱ (cm^2)

A_s = سطح مقطع تیر فولادی (cm^2) یا (mm^2) .

F_y = تنش تسلیم نیمرخ فولادی (kg/cm^2) یا (N/mm^2) .

A'_s = سطح مقطع آرماتور موجود در ناحیه عرض مؤثر که در محاسبات مشخصات

هندسی مقطع منظور شده (cm^2) یا (mm^2) .

F_{yr} = تنش تسلیم حداقل مقرر آرماتور (kg/cm^2) یا (N/mm^2) .

در تیرهای مختلط پیوسته که در آن میلگردهای طولی در نواحی لنگر منفی به صورت

مختلط با تیر فولادی عمل می‌نمایند، کل نیروی برشی افقی که باید توسط برشگیرها درحد

فاصل تکیه‌گاه داخلی و نقطه عطف مجاور حمل گردد، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V_h = \frac{F_{yr} A_{sr}}{\gamma} \quad (4-9-1-10)$$

که در آن:

A_{sr} = سطح مقطع کل میلگردهای طولی واقع در عرض مؤثر در روی تکیه‌گاه داخلی

طبق تعریف بند ۱۰ - ۱ - ۹ - ۱ - ۱ (cm^2) یا (mm^2) .

F_{yr} = تنش تسلیم حداقل مقرر آرماتور طولی (kg/cm^2) یا (N/mm^2) .

برای عملکرد مختلط کامل، تعداد برشگیرها در هر طرف نقطه حداکثر لنگر خمشی که

برای مقاومت در مقابل برش افقی طراحی می‌شوند، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$n = \frac{V_h}{q} \quad (5-9-1-10)$$

که در آن:

V_h = نیروی برشی افقی طبق روابط ۱۰ - ۱ - ۹ - ۲ تا ۴، برحسب مورد (kg) یا $[N]^*$
 q = نیروی برشی مقاوم مجاز یک برشگیر طبق جدول ۱۰ - ۱ - ۹ - ۱ برای بتن با
جرم مخصوص معمولی، برای بتن سبک با جرم مخصوص نه کمتر از ۱۴۴۰
کیلوگرم بر مترمکعب، مقدار q در ضرایب ارایه شده در جدول ۱۰ - ۱ - ۹ - ۲
ضرب می شود.

۱۰-۱-۹-۲ تیرهای مختلط ناقص

برای مقاطع با عملکرد مختلط ناقص با بتنی که تحت فشار خمشی است، نیروی برشی افقی
 V'_h که در محاسبه S_{eff} به کار گرفته می شود، مساوی حاصل ضرب q در تعداد برشگیرهای
تعبیه شده در حد فاصل لنگر خمشی حداکثر و نزدیکترین نقطه لنگر صفر در نظر گرفته
می شود.

مقدار V'_h نباید از یک چهارم کوچکترین مقدار به دست آمده از دو رابطه (۱۰-۱-۹-۲)
(که بر مبنای حداکثر عرض مؤثر بال بتنی محاسبه می شود) و رابطه (۱۰-۱-۹-۳) کمتر
شود.

در مقاطع مختلط ناقص برای محاسبات تغییر شکل، ممان اینرسی مؤثر از روابط زیر
محاسبه می شود:

$$I_{eff} = I_s + \sqrt{\frac{V'_h}{V_h}} (I_{tr} - I_s) \quad (۱۰-۱-۹-۶)$$

که در آن:

I_s = ممان اینرسی تیر فولادی (cm^4) یا (mm^4)^{*}.

I_{tr} = ممان اینرسی تبدیل یافته مقطع مختلط (cm^4) یا (mm^4)^{*}.

جدول ۱۰-۱-۹-۱ نیروی برشی افقی مجاز (q) برای یک برشگیر برحسب تن یا [کیلونیوتن]*

۲۰۰	* ۲۰ (SI)	۲۵۰	* ۲۵ (SI)	۳۰۰	* ۳۰ (SI)	مقاومت فشاری بتن f_c برحسب $[N/mm^2]^*$ یا (kg/cm^2) نوع برشگیر**
۲/۲	۲۲	۲/۵	۲۵	۲/۷	۲۷	گلمیخ سرپهن یا قلاب شده به قطر ۱۳ و طول ۵۰ میلی متر
۳/۵	۳۵	۳/۹	۳۹	۴/۲	۴۲	گلمیخ سرپهن یا قلاب شده به قطر ۱۶ و طول ۶۵ میلی متر
۵	۵۰	۵/۶	۵۶	۶	۶۰	گلمیخ سرپهن یا قلاب شده به قطر ۲۰ و طول ۷۵ میلی متر
۶/۸	۶۸	۷/۶	۷۶	۸/۲	۸۲	گلمیخ سرپهن یا قلاب شده به قطر ۲۲ و طول ۹۰ میلی متر
۰/۶۸ W		۰/۷۹ W		۰/۸۳ W		ناودانی ۶۰***
۰/۷۳ W		۰/۸۴ W		۰/۸۹ W		ناودانی ۸۰***
۰/۷۸ W		۰/۸۹ W		۰/۹۵ W		ناودانی ۱۰۰***
۰/۸۳ W		۰/۹۵ W		۱/۰ W		ناودانی ۱۴۰***

* مقادیر جدول فقط برای بتن با جرم مخصوص معمولی قابل استفاده می باشند.

** برای گلمیخ های بلندتر از مقادیر ذکر شده، می توان از مقادیر نیروی برشی افقی ارایه شده استفاده نمود.

*** طول ناودانی به سانتی متر (یا میلی متر در سیستم SI) می باشد. حداکثر W مساوی عرض بال منهای دوبرابر بعد جوش اتصالی می باشد.

۱۰-۱-۹-۳ فاصله بندی برشگیرها

برشگیرهای لازم در هر طرف نقطه لنگر خمشی حداکثر در ناحیه لنگر مثبت را می توان به طور یکنواخت بین این نقطه و نقطه لنگر صفر توزیع کرد، با این استثنا که تعداد برشگیرهای لازم، N_2 ، در حد فاصل هر بار متمرکز و نزدیکترین نقطه لنگر صفر، نباید کمتر

از مقدار به دست آمده از رابطه زیر گردد:

$$N_2 = \frac{N_1 [M\beta / M_{\max} - 1]}{\beta - 1} \quad (10-9-1-7)$$

که در آن:

M = لنگر در محل بار متمرکز (که کمتر از مقدار حداکثر است).

$N_1 =$ تعداد برشگیرهای لازم بین نقطه لنگر حداکثر و نقطه لنگر صفر که برحسب مورد از یکی از روابط V_h/q و یا V'_h/q محاسبه می‌شود.

β مساوی $\frac{S_{tr}}{S_s}$ یا $\frac{S_{eff}}{S_s}$ برحسب مورد.

برای تیر یکسره، برشگیرهای لازم در ناحیه لنگر منفی را می‌توان به‌طور یکنواخت بین نقطه لنگر حداکثر و هریک از نقاط لنگر صفر توزیع نمود.

به‌استثنای برشگیرهای نصب‌شده در داخل کنگره‌های ورق‌های دوزنقه‌ای، برشگیرها باید حداقل دارای ۲۵ میلی‌متر پوشش جانبی بتن باشند. همچنین به‌استثنای مواردی که برشگیر مستقیماً روی جان قرار دارد، قطر گلمیخ نباید بزرگتر از ۲/۵ برابر ضخامت بالی باشد که به آن جوش می‌شود. حداقل فاصله مرکز به مرکز گلمیخ‌های برشگیر در امتداد محور تیر مساوی ۶ برابر قطر و در امتداد عرضی، مساوی ۴ برابر قطر می‌باشد. برای برشگیر ناودانی، حداقل فاصله ۲ برابر و حداکثر آن ۸ برابر ارتفاع ناودانی است. حداکثر فاصله مرکز به مرکز برشگیر نباید از ۸ برابر ضخامت دال بتنی تجاوز نماید.

بازتوزیع لنگر در تیرهای نامعین

تیرهایی که شرایط مقطع فشرده با اتکای جانبی را دارند و در تکیه‌گاه به‌صورت سرتاسری

ادامه می‌یابند، یا با اتصال صلب به‌ستون متصل هستند و به‌صورت عضوی از قاب صلب کار می‌کنند، در حالتی که لنگر حداکثر در محل تکیه‌گاه به‌وجود آید، می‌توان آنها را برای تحمل 0.9 لنگر منفی مربوط به بارهای قائم طراحی کرد مشروط بر اینکه در چنین عضوی لنگر مثبت میان دهانه را به‌مقدار 10 درصد میانگین لنگرهای منفی دو انتها، افزایش داد. این مطلب برای تیرهای طره‌ای صادق نیست.

اگر لنگر منفی به‌ستونی منتقل شود که با اتصال صلب به‌تیر متصل است، کاهش آن در محاسبه ستون برای اثر مشترک بار محوری و لنگر خمشی مجاز است، مشروط بر آنکه تنش فشاری (f_a) در عضو، مربوط به بار محوری نظیر، از $0.15 F_a$ تجاوز نکند. (F_a تنش محوری مجاز در حالت مربوط می‌باشد).

مسایل ویژه در طرح و محاسبه

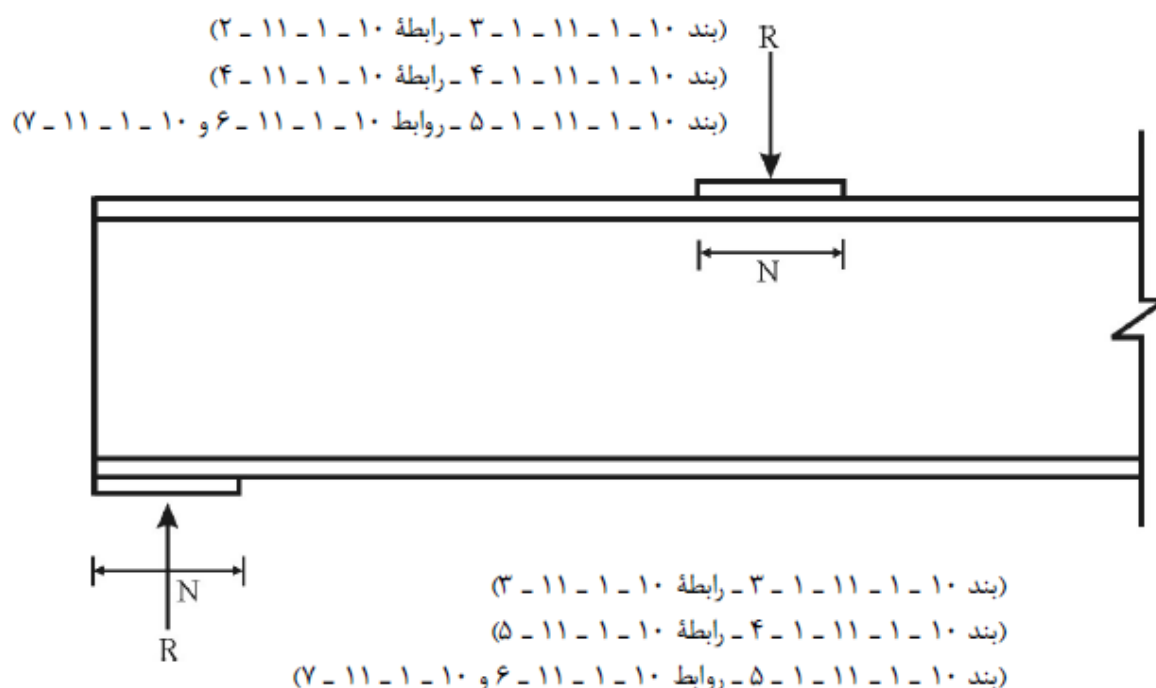
۱۰-۱-۱۱ جان و بال‌های اعضا تحت اثر بارهای متمرکز

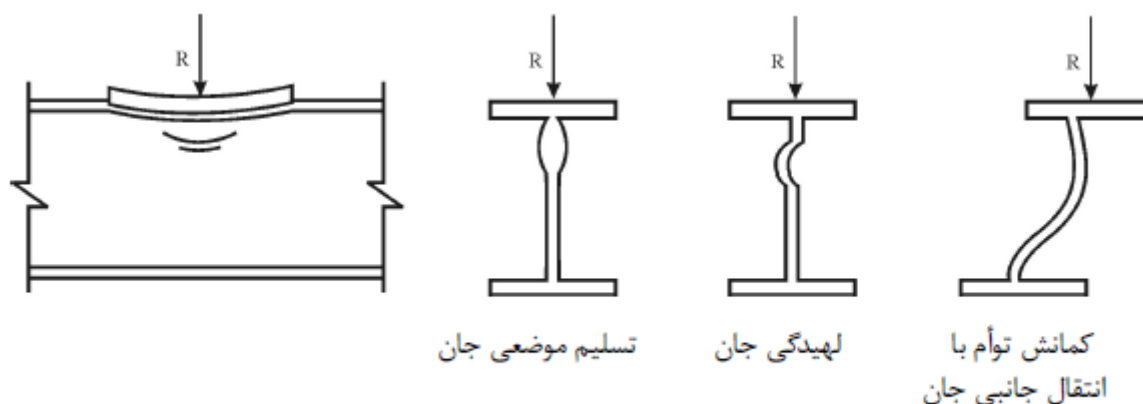
۱۰-۱-۱۱-۱ مبانی طراحی

اعضایی که تحت اثر بار متمرکز بر بال قرار می‌گیرند، باید جان و بال آنها طوری محاسبه شود که در مقابل خمش موضعی بال ستون در مقابل بال کششی تیر در اتصال صلب تیر به ستون، تسلیم موضعی در جان تیر، لهیدگی در جان، کمانش توأم با انتقال عرضی جان و کمانش فشاری در جان ستون در مقابل نیروی فشاری تیر طبق بندهای ۱۰-۱-۱۱-۱ تا ۱۰-۱-۱۱-۶ مقاوم باشند.

اگر یک جفت قطعه سخت‌کننده مناسب در محل بار متمرکز، در دو طرف جان تعبیه

شود، نیازی به بررسی و کنترل بندهای ۱۰-۱-۱۱-۱ تا ۱۰-۱-۱۱-۲ و ۱۰-۱-۱۱-۱ تا ۱۰-۱-۱۱-۳ نخواهد بود.





شکل ۱۰-۱-۱۱-۱ جان و بال‌های اعضای تحت اثر بارهای متمرکز.

۱۰-۱-۱۱-۳ تسلیم موضعی جان

در تیرها و تیرورق‌هایی که تحت اثر بار متمرکز عمود بر محور تیر در صفحه جان و همچنین در جان ستون‌هایی که در مقابل بال فشاری تیر در اتصال صلب تیر به ستون قرار دارند، باید روابط زیر برقرار شوند:

۱. در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای مساوی و بزرگتر از d از انتهای تیر وارد می‌شود:

$$\frac{R}{t_w (N + 5K)} \leq 0.66 F_y \quad (10-11-2)$$

۲. در حالتی که بار متمرکز در فاصله‌ای کمتر از d از انتهای تیر وارد می‌شود:

$$\frac{R}{t_w (N + 2/5 K)} \leq 0.66 F_y \quad (10-11-3)$$

که در آن:

d = ارتفاع کلی تیر یا تیرورق

R = بار متمرکز یا عکس‌العمل تکیه‌گاه

t_w = ضخامت جان

N = طول تماس بار متمرکز (برای عکس‌العمل کمتر از K نباشد)

K = فاصله از سطح خارج بال تا انتهای دو ماهیچه جان و بال یا انتهای بعد جوش
یا آخرین ردیف پیچ اتصال بال و جان

اگر روابط فوق برقرار نشوند، تعبیه سخت‌کننده‌های فشاری مطابق بند ۱۰-۱۱-۱-۷ ضروری است.

۱۰-۱۱-۱-۴ لهدگی در جان

در تیرها و تیرورق‌هایی که تحت اثر بار متمرکز عمود بر محور تیر در صفحه جان قرار دارند، وقتی که نیروی متمرکز از مقادیر زیر تجاوز کند، باید سخت‌کننده‌های فشاری در روی جان اعضایی که تحت اثر بارهای متمرکز هستند قرار داده شود.

۱. اگر بار متمرکز در فاصله بیش از $\frac{d}{4}$ از انتهای عضو وارد شود:

$$R = 566 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \sqrt{F_{yw} \frac{t_f}{t_w}} \quad (4-11-1-10)$$

۲. اگر بار متمرکز در فاصله کمتر از $\frac{d}{4}$ از انتهای عضو وارد شود:

$$R = 285 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \sqrt{F_{yw} \frac{t_f}{t_w}} \quad (5-11-1-10)$$

در این روابط:

$$F_{yw} = \text{تنش تسلیم فولاد جان تیر (kg/cm}^2\text{) یا (N/mm}^2\text{)}^*$$

$$d = \text{ارتفاع کلی نیمرخ (cm) یا (mm)}^*$$

$$t_f = \text{ضخامت بال (cm) یا (mm)}^*$$

$$t_w = \text{ضخامت جان (cm) یا (mm)}^*$$

اگر سخت‌کننده‌های فشاری که مطابق ضوابط بند ۱۰ - ۱ - ۱۱ - ۷ تعبیه شده ، حداقل تا نصف ارتفاع جان ادامه یابد، بررسی روابط (۱۰ - ۱ - ۱۱ - ۴) و (۱۰ - ۱ - ۱۱ - ۵) لازم نخواهد بود.

تیر ستونها

(اعضایی که تحت اثر همزمان لنگر خمشی و نیروهای محوری قرار میگیرند)

مقاومت اعضایی که تحت اثر تنش‌های مرکب قرار می‌گیرند باید طبق مشخصات این بخش تعیین شود. اعضایی که در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرند باید یک یا دو محور تقارن در مقطع داشته باشند. برای تعیین F_a به بخش ۱۰ - ۱ - ۴ و برای تعیین F_{bx} و F_{by} به بخش ۱۰ - ۱ - ۵ مراجعه شود.

۱۰ - ۱ - ۷ فشار محوری و خمشی

اعضایی که تحت اثر فشار محوری توأم با تنش خمشی قرار می‌گیرند باید طوری محاسبه شوند که محدودیت‌های زیر را برآورده کنند:

الف) در صورتی که $\frac{f_a}{F_a} > 0.15$ باشد:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ex}}\right) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ey}}\right) F_{by}} \leq 1 \quad (10 - 1 - 7)$$

$$\frac{f_a}{0.6 F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (10-1-7-2)$$

در رابطه (10-1-7-1) وقتی بارگذاری جانبی بین تکیه‌گاه‌ها موجود است، f_{bx} و f_{by} را باید براساس لنگر بین تکیه‌گاهی محاسبه کرد، لیکن در رابطه (10-1-7-2) آنها را باید براساس لنگر تکیه‌گاهی محاسبه نمود. در صورتی که بارگذاری جانبی اعمال نگردد، تنش‌های ذکرشده براساس بیشینه لنگر محاسبه می‌شوند.

ب) در صورتی که $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$ باشد:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (10-1-7-3)$$

در روابط (10-1-7-1) و (10-1-7-2) و (10-1-7-3) شاخص‌های x و y در ترکیب با زیرحرف‌های b ، e و m ، محورهای خمشی مربوط به تنش‌ها و یا خواصی دیگر را نشان می‌دهد، و :

F_a = تنش فشاری مجاز اگر فقط نیروی محوری عمل کند (بخش 10-1-4).

F_b = تنش فشاری مجاز خمشی اگر فقط لنگر خمشی عمل کند، (بخش 10-1-5).

F'_e = تنش اولر که بر ضریب اطمینان تقسیم شده و مقدار آن عبارت است از:

$$F'_e = \frac{12}{23} \times \frac{\pi^2 E}{\lambda_b^2} = \frac{10.5 \times 10^5}{\lambda_b^2} \quad \text{یا} \quad SI: \left[F'_e = \frac{10.5 \times 10^4}{\lambda_b^2} \right]^*$$

$\lambda_b = \frac{KL_b}{r_b}$ که در آن L_b طول آزاد قطعه در صفحه خمش، r_b شعاع ژیراسیون

نظیر و K ضریب طول مؤثر در صفحه خمش می‌باشد.

f_a = تنش فشاری ناشی از بار محوری که برای نقطه مورد نظر محاسبه شده

f_{bx} = تنش ناشی از خمش حول محور x

f_{by} = تنش ناشی از خمش حول محور y

C_m = ضریب میزان هم‌مکانی لنگر حداکثر با لنگر ناشی از اثرات $P - \Delta$ که مقدار آن به شرح زیر اختیار می‌شود:

الف) برای اعضای فشاری (ستون‌ها) در قاب‌های خمشی مهارنشده:

$$C_m = 0.85$$

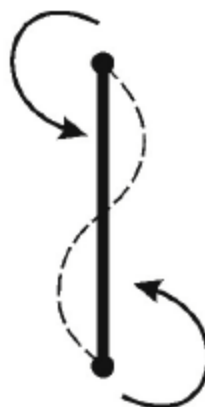
ب) برای اعضای فشاری (ستون‌های) قاب‌های خمشی مهارشده، مشروط بر آنکه بار مستقیم خارجی در بین دو انتهای عضو، در صفحه خمش بر آن وارد نشود:

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \geq 0.4$$

در این رابطه $\frac{M_1}{M_2}$ (نسبت لنگر کوچکتر به لنگر بزرگتر در دو انتهای طول مهارنشده عضو) مثبت است اگر عضو، انحنای مضاعف داشته باشد و منفی است اگر انحنای عضو ساده باشد.



$$\frac{M_1}{M_2} < 0$$



$$\frac{M_1}{M_2} > 0$$

پ) برای اعضای فشاری در قاب‌های مهارشده و تحت اثر بارهای خارجی در بین دو انتها، مقدار C_m باید به وسیله تحلیل مستدل تعیین شود. به جای تحلیل مزبور می‌توان از اعداد زیر استفاده کرد:

برای اعضای که اتصال دو انتهای آنها گیردار باشد:

$$C_m = 0.85$$

برای اعضای که اتصال دو انتهای آنها ساده باشد:

$$C_m = 1$$

۱۰-۱-۷-۲ کشش محوری و خمشی

اعضایی که تحت اثر کشش محوری توأم با تنش خمشی قرار می‌گیرند، باید طوری محاسبه شوند که در تمام نقاط طول عضو رابطه (۱۰-۱-۷-۴) را برآورده نمایند:

$$\frac{f_t}{F_t} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (10-1-7-4)$$

که در آن:

f_b = تنش کششی محاسباتی حاصل از لنگر خمشی

f_t = تنش محاسباتی حاصل از کشش محوری

F_b = تنش خمشی مجاز، و

F_t = تنش کششی مجاز (مندرج در بند ۱۰-۱-۳-۳) می‌باشد.

پیوست 2

مجموعه جداول مفید

شامل :

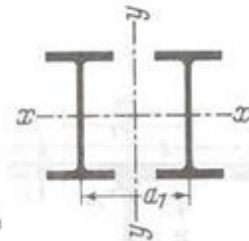
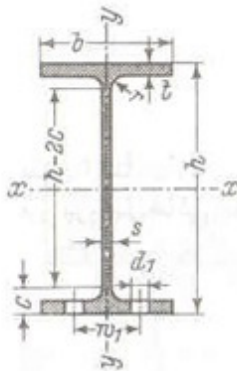
جدول مشخصات برخی مقاطع نورد شده (IPE,IPB, نبشی و ناودانی)

جدول تنشهای مجاز فشاری

تیر آهن نیم پهن I

ردیف I PE-

طول استاندارد
در پروفیل‌هایی به ارتفاع
کمتر از ۳۰۰ میلیمتر
از ۳۰۰ میلیمتر به بالا



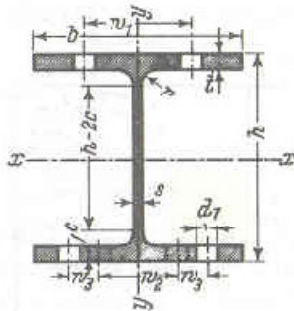
e_1 = فاصله بین دو مرکز تیر آهن برای اینکه هر دو گشتاور
ماند اصلی مساوی هم و معادل J_x شوند

S_x S_x J_D CM راد در صفحه ۳۱ ملاحظه کنید

حالات استفاده	اندازه به میلیمتر برای							F cm ²	G kg/m	برای محور خمش						b ₁ mm	سوراج‌های لبه طبق دین ۹۹۷ انتشار اکتبر ۱۹۷۰	
	h	b	s	t	r	c	h-2c			x-x			y-y				d ₁ mm	w ₁ mm
										J _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	J _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm			
I PE	تیر آهن پهن یا لبه موازی ردیف IPE (گرم غلطک خورده) طبق دین ۱۰۲۵ برگ ۵ انتشار مارس ۱۹۶۵ ردیف IPE معادل نرم اروپائی ۷۵ - ۱۹ است																	
80	80	46	3,8	5,2	5	10,2	59	7,84	6,00	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	63	8,4	26
100	100	55	4,1	5,7	7	12,7	74	10,3	8,10	171	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	79	8,4	30
120	120	64	4,4	6,3	7	13,3	93	13,2	10,4	318	53,0	4,90	27,7	8,65	1,45	96	8,4	36
140	140	73	4,7	6,9	7	13,9	112	16,4	12,9	541	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	112	11	40
160	160	82	5,0	7,4	9	16,4	127	20,1	15,8	869	109	6,58	68,3	16,7	1,84	129	13**	44
180	180	91	5,3	8,0	9	17,0	146	23,9	18,8	1320	146	7,42	101	22,2	2,05	145	13	50
200	200	100	5,6	8,5	12	20,5	159	28,5	22,4	1940	194	8,26	142	28,5	2,24	162	13	56
220	220	110	5,9	9,2	12	21,2	177	33,4	26,2	2770	252	9,11	205	37,3	2,48	179	17	60
240	240	120	6,2	9,8	15	24,8	190	39,1	30,7	3890	324	9,97	284	47,3	2,69	196	17	68
270	270	135	6,6	10,2	15	25,2	219	45,9	36,1	5790	429	11,2	420	62,2	3,02	220	21 17	72
300	300	150	7,1	10,7	15	25,7	248	53,8	42,2	8360	557	12,5	604	80,5	3,35	245	23	80
330	330	160	7,5	11,5	18	29,5	271	62,6	49,1	11770	713	13,7	788	98,5	3,55	270	25 23	86
360	360	170	8,0	12,7	18	30,7	298	72,7	57,1	16270	904	15,0	1040	123	3,79	294	25	90
400	400	180	8,6	13,5	21	34,5	331	84,5	66,3	23130	1160	16,5	1320	146	3,95	326	28 25	96
450	450	190	9,4	14,6	21	35,8	378	98,8	77,6	33740	1500	18,5	1680	176	4,12	365	28	106
500	500	200	10,2	16,0	21	37,0	426	116	90,7	48200	1930	20,4	2140	214	4,31	404	28	110
550	550	210	11,1	17,2	24	41,2	467	134	106	67120	2440	22,3	2670	254	4,45	442	28	120
600	600	220	12,0	19,0	24	43,0	514	156	122	92080	3070	24,3	3390	308	4,66	481	28	120

تیر آهن عریض I

ردیف- I PB



$b = h$ در تیرهای تا ۳۰۰
 $b = ۳۰۰$ م در تیرهای ۳۰۰ به بالا

طول استاندارد
 در پروفیل‌هایی با ارتفاع کمتر از ۳۰۰ میلیمتر ۸ تا ۱۶ متر
 از ۳۰۰ میلیمتر به بالا ۸ تا ۱۸ متر

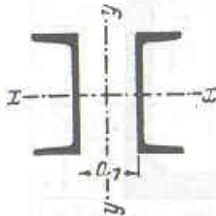
ردیف- I PB $s_x s_x J_D CM$ رادر صفحه ۳۱ ملاحظه کنید

علامه اختصاری	اندازه به میلیمتر برای						F	G	برای محور خمش						سوراخ‌های لبه طبق دین ۹۹۷ انتشار اکتبر ۱۹۷۰				
									x-x			y-y							
	h	b	s	t	r	c			h-2c	J _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	J _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	d ₁ mm	w ₁ mm	w ₂ mm	w ₃ mm
IPB	تیر آهن عریض با لبه موازی ردیف- IPB (گرم غلطک خورده) طبق دین ۱۰۲۵ برک ۱۲ انتشار اکتبر ۱۹۶۳																		
HE-B	ردیف- IPB معادل نرم اروپائی (HE-B) ۶۲ - ۵۲ است																		
100	100	100	6	10	12	22	56	26,0	20,4	450	88,9	4,16	167	33,5	2,53	13	56	-	-
120	120	120	6,5	11	12	23	74	34,0	26,7	884	144	5,04	318	52,9	3,06	17	66	-	-
140	140	140	7	12	12	24	92	43,0	33,7	1510	216	5,83	550	78,5	3,58	21	76	-	-
160	160	160	8	13	15	26	104	54,3	42,6	2480	311	6,78	889	111	4,05	23	86	-	-
180	180	180	8,5	14	15	29	122	65,3	51,2	3830	426	7,66	1360	151	4,57	25	100	-	-
200	200	200	9	15	18	33	134	78,1	61,3	5700	570	8,54	2000	200	5,07	26	110	-	-
220	220	220	9,5	16	18	34	152	91,0	71,5	6090	736	9,43	2840	258	5,59	26	120	-	-
240	240	240	10	17	21	36	164	106	83,2	11290	938	10,3	3920	327	6,08	26	96	36	36
260	260	260	10	17,5	24	41,5	177	118	93,0	14920	1150	11,2	5130	395	6,58	26	106	40	40
280	280	280	10,5	18	24	42	196	131	103	19270	1360	12,1	6590	471	7,09	26	110	45	45
300	300	300	11	19	27	46	208	149	117	25170	1880	13,0	8560	571	7,58	28	120	45	45
320	320	300	11,5	20,5	27	47,5	225	161	127	30820	1930	13,8	9240	616	7,57	28	120	45	45
340	340	300	12	21,5	27	48,5	243	171	134	36660	2160	14,6	9890	648	7,53	28	120	45	45
360	360	300	12,5	22,5	27	49,5	251	181	142	43190	2400	15,5	10140	678	7,48	28	120	45	45
400	400	300	13,5	24	27	51	298	198	155	57680	2880	17,1	10820	721	7,40	28	120	45	45
450	450	300	14	26	27	53	344	218	171	70890	3550	19,1	11720	781	7,33	28	120	45	45
500	500	300	14,5	26	27	55	390	239	187	107200	4290	21,2	12620	842	7,27	28	120	45	45
550	550	300	15	29	27	56	438	254	199	136700	4970	23,2	13060	872	7,17	28	120	45	45
600	600	300	15,5	30	27	57	486	270	212	171000	5700	25,2	13530	902	7,06	28	120	45	45
650	650	300	16	31	27	58	534	288	225	210800	6480	27,1	13960	932	6,99	28	120	45	45
700	700	300	17	32	27	59	582	308	241	256900	7340	29,0	14440	963	6,87	28	126	45	45
800	800	300	17,5	33	30	63	674	354	262	366100	8980	32,6	14900	994	6,68	28	130	40	40
900	900	300	18,5	35	30	65	770	371	291	494100	10980	36,5	15820	1050	6,53	28	130	40	40
1000	1000	300	19	36	30	66	868	400	314	644700	12890	40,1	16280	1090	6,38	28	130	40	40

تیر آهن ناودانی

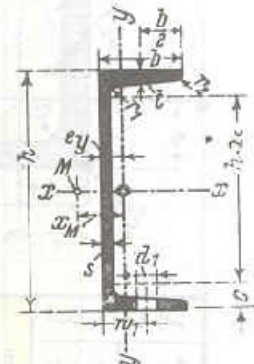
طول استاندارد

پروفیل‌هایی با ارتفاع کمتر از ۳۰۰ میلیمتر ۸ تا ۱۶ متر
از ۳۰۰ میلیمتر به بالا ۸ تا ۱۸ متر



e_y = فاصله بین دو ناودانی بطوری که هردو گشتاور ماند مساوی هم و معادل $2J_x$ شوند

شیب داخلی لب‌ها
۸٪ برای پروفیل‌های $h \leq 300$
۵٪ برای پروفیل‌های $h > 300$



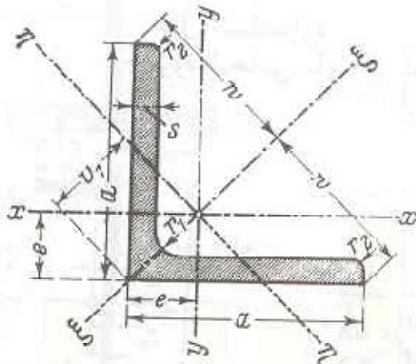
e_y = فاصله محور ثقل $x-x$
 x_M = فاصله مرکز انحراف (برش یا قیچی شدن)

CM JD s_x s_y راد در صفحه ۳۱ ملاحظه کنید

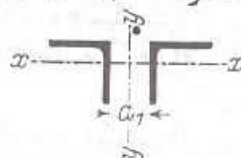
فلاش اختصاصی	اداره میلیمتر برای						F	G	برای محور خمشی						e _y	x _M	a ₁	سوراخ‌های لبه طبق دین ۹۹۷ انتشار اکثراً ۱۹۷		
									x-x			y-y						d ₁	w ₁	
	h	b	s	r ₁ *)	r ₂	c			h-2c	J _x	W _x	i _x	J _y	W _y						i _y
	cm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	mm	mm	
□	آهن ناودانی گوشه گرد (گرم غلطک خورده) طبق دین ۱۰۲۶ انتشار اکثراً ۱۹۶۳																			
30x15	30	15	4	4,5	2	9	12	2,21	1,74	2,53	1,69	1,07	0,39	0,39	0,42	0,52	0,74	—	4,3	10
30	30	33	5	7	3,5	14,5	1	5,44	4,27	8,39	4,26	1,08	5,33	2,68	0,99	1,31	2,22	—	8,4	20
40x20	40	20	5	5,5	2,5	11	18	3,86	2,87	7,58	3,79	1,44	1,14	0,86	0,86	1,01	—	8,4	11	
40	40	35	5	7	3,5	14,5	11	8,21	4,87	14,1	7,05	1,50	6,68	3,08	1,04	1,33	2,32	—	8,4	20
50x25	50	25	5	8	3	12,5	25	4,92	3,86	16,8	8,73	1,85	2,49	1,48	0,71	0,81	1,34	—	8,4	16
50	50	38	5	7	3,5	15	20	7,12	5,59	26,4	10,8	1,92	9,12	3,75	1,13	1,37	2,47	4	11	20
60	60	30	6	8	3	12,5	35	8,48	5,07	31,8	10,5	2,21	4,51	2,16	0,84	0,91	1,50	—	8,4	18
65	65	42	5,5	7,5	4	16	33	9,03	7,09	57,5	17,7	2,52	14,1	5,07	1,25	1,42	2,60	16	11	25
80	80	45	6	8	4	17	47	11,0	8,64	108	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	1,45	2,67	28	13**	25
100	100	50	6	8,5	4,5	18	64	13,5	10,6	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	1,55	2,93	42	13	30
120	120	55	7	9	4,5	19	82	17,0	13,4	364	80,7	4,52	43,2	11,1	1,59	1,60	3,03	56	17 13	30
140	140	60	7	10	5	21	97	20,4	16,0	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	1,75	3,37	70	17	35
160	160	65	7,5	10,5	5,5	22,5	116	24,0	18,8	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	1,84	3,56	82	21 17	35
180	180	70	8	11	5,5	23,5	133	28,0	22,0	1350	150	6,95	114	22,4	2,02	1,92	3,75	96	21	40
200	200	75	8,5	11,5	6	24,5	151	32,2	25,3	1910	181	7,70	149	27,0	2,14	2,01	3,94	108	23 21	40
220	220	80	9	12,5	6,5	26,5	166	37,4	29,4	2890	245	8,48	197	33,6	2,30	2,14	4,20	122	23	45
240	240	85	9,5	13	6,5	28	185	42,3	33,2	3800	300	9,22	248	39,6	2,42	2,23	4,39	134	25 23	45
260	260	90	10	14	7	30	201	48,3	37,9	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	2,36	4,66	146	25	50
280	280	95	10	15	7,5	32	216	53,3	41,8	6280	448	10,9	399	57,2	2,74	2,53	5,02	160	25	50
300	300	100	10	16	8	34	232	58,8	46,2	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	2,70	5,41	174	28	55
320	320	100	14	17,5	8,75	37	247	75,8	59,5	10870	679	12,1	597	80,8	2,81	2,60	4,82	182	28	58
350	350	100	14	18	8	34	283	77,3	60,8	12840	734	12,9	570	75,0	2,72	2,40	4,45	204	28	58
380	380	102	13,5	18	8	33,5	313	80,4	63,1	15780	829	14,0	615	78,7	2,77	2,38	4,58	227	28	60
400	400	110	14	18	9	38	325	91,5	71,8	20350	1020	14,9	846	102	3,04	2,55	5,11	240	28	60

چنانچه برای ده اندازه‌های زیادتری داده شده باشد باید توضیح مربوطه در صفحه ۳ مراعات شود. x در ۲۰×۴۰ $۵۵ = ۱$ $۵۵ = ۵$ میلیمتر، $۵ = ۵$ میلیمتر است. (** پیچ‌های استاندارد شده برای اتصال‌های HV در اینجا بکار نمی‌روند.

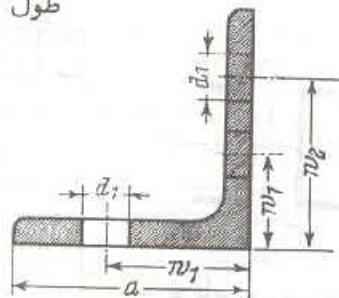
آهن نبشی دو طرف مساوی L



طول استاندارد ۶ تا ۱۲ متر



برای هر فاصله e گشتاور
ماند اصلی نسبت به محور
بزرگ تر از گشتاور
اصلی نسبت به محور
 $x-x$ میشود.



اندازه به میلیمتر					فاصله محورها			برای محور خمشی										سوراخ‌های لبه	
a	s	r ₁	r ₂	F	G	e	w	v ₁	x-x = y-y			ξ-ξ		η-η			طبق دین ۹۹۷ (*) انتشار اکتبر ۱۹۷۰		
cm	mm			cm ²	kg/m	cm	cm	cm	I _x -I _y	W _x =W _y	I _{xy}	I _ξ	I _η	I _ζ	W _η	i _η	d ₁	w ₁	
cm	mm			cm ²	kg/m	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm	mm	mm	
نبشی دو طرف مساوی گوشه گرد (کرم غلطک خورده) طبق دین ۱۰۲۸ انتشار اکتبر ۱۹۶۲																			
نرم اروپایی ۶۵-۵۶ قسمتی از این ۱۰۲۸ منحرف میشود																			
20 x 3	4	3,5	2	1,12	0,88	0,60	1,41	0,85	0,39	0,28	0,59	0,62	0,74	0,15	0,18	0,37	4,3	12	
25 x 3	4	3,5	2	1,42	1,12	0,73	1,77	1,03	0,79	0,45	0,75	1,27	0,95	0,31	0,30	0,47	6,4	15	
30 x 3	4	3,5	2	1,85	1,45	0,76	1,77	1,08	1,01	0,58	0,74	1,61	0,93	0,40	0,37	0,47	8,4	17	
35 x 3	4	3,5	2	2,26	1,77	0,80	1,77	1,13	1,18	0,69	0,72	1,87	0,91	0,50	0,44	0,47	11	18	
40 x 3	4	3,5	2	2,74	2,16	0,84	2,12	1,18	1,41	0,65	0,90	2,24	1,14	0,57	0,48	0,57	13	20	
45 x 3	4	3,5	2	3,27	2,57	0,89	2,47	1,24	1,81	0,86	0,89	2,85	1,12	0,76	0,61	0,58	15	22	
50 x 3	4	3,5	2	3,87	3,04	0,92	2,47	1,30	2,16	1,04	0,88	3,41	1,11	0,91	0,70	0,57	17	24	
55 x 3	4	3,5	2	4,48	3,66	0,96	2,47	1,36	2,29	0,90	1,06	3,63	1,34	0,95	0,70	0,68	19	26	
60 x 3	4	3,5	2	5,11	4,29	1,00	2,47	1,41	2,96	1,18	1,05	4,68	1,33	1,24	0,88	0,68	21	28	
65 x 3	4	3,5	2	5,76	4,94	1,04	2,47	1,47	3,56	1,45	1,04	5,63	1,31	1,49	1,01	0,67	23	30	
70 x 3	4	3,5	2	6,43	5,61	1,08	2,47	1,53	4,14	1,71	1,04	6,50	1,30	1,77	1,16	0,68	25	32	
75 x 3	4	3,5	2	7,12	6,30	1,07	2,47	1,52	4,75	1,91	1,21	7,45	1,52	1,44	0,95	0,73	27	34	
80 x 3	4	3,5	2	7,83	7,01	1,12	2,47	1,58	5,38	2,16	1,21	8,41	1,52	1,86	1,18	0,78	29	36	
85 x 3	4	3,5	2	8,56	7,74	1,16	2,47	1,64	6,03	2,41	1,20	9,41	1,51	2,22	1,35	0,77	31	38	
90 x 3	4	3,5	2	9,31	8,49	1,20	2,47	1,70	6,73	2,66	1,19	10,41	1,49	2,67	1,57	0,77	33	40	
95 x 3	4	3,5	2	10,08	9,26	1,23	2,47	1,75	7,43	2,97	1,36	11,41	1,71	3,08	1,81	0,88	35	42	
100 x 3	4	3,5	2	10,87	10,05	1,28	2,47	1,81	8,13	3,31	1,35	12,41	1,70	3,49	2,05	0,87	37	44	
105 x 3	4	3,5	2	11,68	10,86	1,32	2,47	1,87	8,83	3,66	1,34	13,41	1,69	3,83	2,25	0,87	39	46	
110 x 3	4	3,5	2	12,50	11,68	1,36	2,47	1,92	9,56	4,01	1,33	14,41	1,67	4,19	2,45	0,87	41	48	
115 x 3	4	3,5	2	13,33	12,51	1,36	2,47	1,92	10,31	4,36	1,52	15,41	1,91	4,59	2,65	0,98	43	50	
120 x 3	4	3,5	2	14,18	13,36	1,40	2,47	1,98	11,08	4,71	1,51	16,41	1,90	4,99	2,85	0,98	45	52	
125 x 3	4	3,5	2	15,05	14,23	1,45	2,47	2,04	11,86	5,06	1,50	17,41	1,89	5,39	3,05	0,96	47	54	
130 x 3	4	3,5	2	15,93	15,11	1,49	2,47	2,11	12,66	5,41	1,49	18,41	1,88	5,79	3,25	0,96	49	56	
135 x 3	4	3,5	2	16,83	16,01	1,52	2,47	2,16	13,43	5,76	1,48	19,41	1,86	6,19	3,45	0,96	51	58	
140 x 3	4	3,5	2	17,74	16,92	1,56	2,47	2,21	14,21	6,11	1,47	20,41	1,85	6,59	3,65	0,97	53	60	
145 x 3	4	3,5	2	18,66	17,84	1,56	2,47	2,21	15,01	6,46	1,66	21,41	2,09	6,99	3,85	1,07	55	62	
150 x 3	4	3,5	2	19,60	18,77	1,56	2,47	2,21	15,81	6,81	1,66	22,41	2,08	7,39	4,05	1,07	57	64	
155 x 3	4	3,5	2	20,55	19,71	1,64	2,47	2,32	16,61	7,16	1,64	23,41	2,06	7,79	4,25	1,06	59	66	
160 x 3	4	3,5	2	21,51	20,66	1,72	2,47	2,43	17,41	7,51	1,62	24,41	2,02	8,19	4,45	1,06	61	68	
165 x 3	4	3,5	2	22,48	21,62	1,80	2,47	2,50	18,21	7,86	1,80	25,41	2,26	8,59	4,65	1,17	63	70	
170 x 3	4	3,5	2	23,46	22,59	1,85	2,47	2,62	19,01	8,21	1,78	26,41	2,23	8,99	4,85	1,17	65	72	
175 x 3	4	3,5	2	24,45	23,57	1,85	2,47	2,62	19,81	8,56	1,78	27,41	2,23	9,39	5,05	1,17	67	74	
180 x 3	4	3,5	2	25,45	24,55	1,85	2,47	2,62	20,61	8,91	1,78	28,41	2,23	9,79	5,25	1,17	69	76	
185 x 3	4	3,5	2	26,46	25,54	1,85	2,47	2,62	21,41	9,26	1,78	29,41	2,23	10,19	5,45	1,17	71	78	
190 x 3	4	3,5	2	27,48	26,53	1,85	2,47	2,62	22,21	9,61	1,78	30,41	2,23	10,59	5,65	1,17	73	80	
195 x 3	4	3,5	2	28,50	27,53	1,85	2,47	2,62	23,01	9,96	1,78	31,41	2,23	10,99	5,85	1,17	75	82	
200 x 3	4	3,5	2	29,53	28,53	1,85	2,47	2,62	23,81	10,31	1,78	32,41	2,23	11,39	6,05	1,17	77	84	
205 x 3	4	3,5	2	30,57	29,54	1,85	2,47	2,62	24,61	10,66	1,78	33,41	2,23	11,79	6,25	1,17	79	86	
210 x 3	4	3,5	2	31,62	30,55	1,85	2,47	2,62	25,41	11,01	1,78	34,41	2,23	12,19	6,45	1,17	81	88	
215 x 3	4	3,5	2	32,68	31,56	1,85	2,47	2,62	26,21	11,36	1,78	35,41	2,23	12,59	6,65	1,17	83	90	
220 x 3	4	3,5	2	33,74	32,57	1,85	2,47	2,62	27,01	11,71	1,78	36,41	2,23	12,99	6,85	1,17	85	92	
225 x 3	4	3,5	2	34,81	33,58	1,85	2,47	2,62	27,81	12,06	1,78	37,41	2,23	13,39	7,05	1,17	87	94	
230 x 3	4	3,5	2	35,89	34,59	1,85	2,47	2,62	28,61	12,41	1,78	38,41	2,23	13,79	7,25	1,17	89	96	
235 x 3	4	3,5	2	36,97	35,60	1,85	2,47	2,62	29,41	12,76	1,78	39,41	2,23	14,19	7,45	1,17	91	98	
240 x 3	4	3,5	2	38,06	36,61	1,85	2,47	2,62	30,21	13,11	1,78	40,41	2,23	14,59	7,65	1,17	93	100	
245 x 3	4	3,5	2	39,16	37,62	1,85	2,47	2,62	31,01	13,46	1,78	41,41	2,23	14,99	7,85	1,17	95	102	
250 x 3	4	3,5	2	40,27	38,63	1,85	2,47	2,62	31,81	13,81	1,78	42,41	2,23	15,39	8,05	1,17	97	104	
255 x 3	4	3,5	2	41,38	39,64	1,85	2,47	2,62	32,61	14,16	1,78	43,41	2,23	15,79	8,25	1,17	99	106	
260 x 3	4	3,5	2	42,50	40,65	1,85	2,47	2,62	33,41	14,51	1,78	44,41	2,23	16,19	8,45	1,17	101	108	
265 x 3	4	3,5	2	43,62	41,66	1,85	2,47	2,62	34,21	14,86	1,78	45,41	2,23	16,59	8,65	1,17	103	110	
270 x 3	4	3,5	2	44,75	42,67	1,85	2,47	2,62	35,01	15,21	1,78	46,41	2,23	16,99	8,85	1,17	105	112	
275 x 3	4	3,5	2	45,88	43,68	1,85	2,47	2,62	35,81	15,56	1,78	47,41	2,23	17,39	9,05	1,17	107	114	
280 x 3	4	3,5	2	47,02	44,69	1,85	2,47	2,62	36,61	15,91	1,78	48,41	2,23	17,79	9,25	1,17	109	116	
285 x 3	4	3,5	2	48,17	45,70	1,85	2,47	2,62	37,41	16,26	1,78	49,41	2,23	18,19	9,45	1,17	111	118	
290 x 3	4	3,5	2	49,32	46,71	1,85	2,47	2,62	38,21	16,61	1,78	50,41	2,23	18,59	9,65	1,17	113	120	
295 x 3	4	3,5	2	50,48	47,72	1,85	2,47	2,62	39,01	16,96	1,78	51,41	2,23	18,99	9,85	1,17	115	122	
300 x 3	4	3,5	2	51,64	48,73	1,85	2,47	2,62	39,81	17,31	1,78	52,41	2,23	19,39	10,05	1,17	117	124	
305 x 3	4	3,5	2	52,81	49,74	1,85	2,47	2,62	40,61	17,66	1,78	53,41	2,23	19,79	10,25	1,17	119	126	
310 x 3	4	3,5	2	53,98	50,75	1,85	2,47	2,62	41,41	18,01	1,78	54,41	2,23	20,19	10,45	1,17	121	128	
315 x 3	4	3,5	2	55,15	51,76	1,85	2,47	2,62	42,21	18,36	1,78	55,41	2,23	20,59	10,65	1,17	123	130	
320 x 3	4	3,5	2	56,33	52,77	1,85	2,47	2,62	43,01	18,71	1,78	56,41	2,23	20,99	10,85	1,17	125	132	
325 x 3	4	3,5	2	57,52	53,78	1,85	2,47	2,62	43,81	19,06	1,78	57,41	2,23	21,39	11,05	1,17	127	134	
330 x 3	4	3,5	2	58,71	54,79	1,85	2,47	2,62	44,61	19,41	1,78	58,41	2,23	21,79	11,25	1,17	129	136	
335 x 3	4	3,5	2	59,91	55,80	1,85	2,47	2,62	45,41	19,76	1,78	59,41	2,23	22,19	11,45	1,17	131	138	
340 x 3	4	3,5	2	61,12	56,81	1,85	2,47	2,62	46,21	20,11	1,78	60,41	2,23	22,59	11,65	1,17	133	140	
345 x 3	4	3,5	2	62,33	57,82	1,85	2,47	2,62	47,01	20,46	1,78	61,41	2,23	22,99	11,85	1,17	135	142	
350 x 3	4	3,5	2	63,54	58,83	1,85	2,47	2,62	47,81	20,81	1,78	62,41	2,23	23,39	12,05	1,17	137	144	
355 x 3	4	3,5	2	64,75	5														

اندازه میلبر				F	G	فاصله برای			برای محور خمش										سوراخ‌های لبه		
a	s	r ₁	r ₂			محورها			x-x=y-y		ξ-ξ		η-η		α ₁	w ₁	w ₂				
						e	w	v _e	I _x =I _y	W _x =W _y	I _x =I _y	I _ξ	i _ξ	I _η				W _η	i _η		
علامت اختصاری				cm ²	kg/m	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm ³	cm	mm	mm	mm		
نبشی گوشه گرد دو طرف مساوی (گرم غلطک خورده) طبق دین ۱۵۲۸ انتشار اکتبر ۱۹۶۳																					
65 x 6				7,53	5,91	1,80	4,60	2,55	29,2	6,21	1,97	46,3	2,48	12,1	4,74	1,27	21	35	-		
7	9	4,5	8,70	6,83	1,85	2,62		33,4	7,18	1,96	53,0	2,47	13,8	5,27	1,26						
8			9,85	7,73	1,89	2,67		37,5	8,13	1,95	59,4	2,46	15,6	5,84	1,26						
9			11,0	8,62	1,93	2,73		41,3	9,04	1,94	65,4	2,44	17,2	6,30	1,25						
11				13,2	10,3	2,00		2,83	48,8	10,8	1,91	76,8	2,42	20,7	7,31	1,25	21	17			
70 x 6				8,13	6,38	1,93	4,95	2,73	36,9	7,27	2,13	58,5	2,68	15,3	5,60	1,37	21	40	-		
7	9	4,5	9,40	7,38	1,97	2,79		42,4	8,43	2,12	67,1	2,67	17,6	6,31	1,37						
9			11,9	9,34	2,05	2,90		52,6	10,6	2,10	83,1	2,64	22,0	7,59	1,36						
11			14,3	11,2	2,13	3,01		61,8	12,7	2,08	97,6	2,61	26,0	8,64	1,35						
75 x 6				8,75	6,87	2,04	5,30	2,89	45,6	8,35	2,28	72,2	2,87	18,9	6,54	1,47	23	40	-		
7	10	5	10,1	7,94	2,09	2,95		52,4	9,67	2,28	83,6	2,88	21,1	7,15	1,45						
8			11,5	9,03	2,13	3,01		58,9	11,0	2,26	93,3	2,85	24,4	8,11	1,46						
10			14,1	11,1	2,21	3,12		71,4	13,5	2,25	113	2,83	29,8	9,55	1,45						
12				16,7	13,1	2,29		3,24	82,4	15,8	2,22	130	2,79	34,7	10,7	1,44	23	21			
80 x 7				10,8	8,49	2,21	5,66	3,13	64,2	11,1	2,44	102	3,07	26,5	8,48	1,57	23	45	-		
8	10	5	12,3	9,66	2,26	3,20		72,3	12,6	2,42	115	3,06	29,6	9,25	1,55						
10			15,1	11,9	2,34	3,31		87,5	15,5	2,41	139	3,03	35,9	10,9	1,54						
12			17,9	14,1	2,41	3,41		102	18,2	2,39	161	3,00	43,0	12,6	1,53						
14				20,6	16,1	2,48		3,51	115	20,8	2,36	181	2,96	48,6	13,9	1,54					
90 x 8				13,9	10,9	2,50	6,36	3,53	104	16,1	2,74	165	3,45	43,5	12,3	1,77	25	50	-		
9	11	5,5	15,5	12,2	2,54	3,59		116	18,0	2,74	184	3,45	47,8	13,3	1,76						
11			18,7	14,7	2,62	3,70		138	21,6	2,72	218	3,41	57,1	15,4	1,75						
13			21,8	17,1	2,70	3,81		158	25,1	2,69	250	3,39	65,9	17,3	1,74						
16				26,4	20,7	2,81		3,97	186	30,1	2,66	294	3,34	79,1	19,9	1,73					
100 x 8				15,5	12,2	2,74	7,07	3,87	165	19,9	3,06	230	3,85	59,9	15,5	1,96	26	55	-		
10	12	6	19,2	15,1	2,82	3,99		177	24,7	3,04	280	3,82	73,3	18,4	1,95						
12			22,7	17,8	2,90	4,10		207	29,2	3,02	328	3,80	86,2	21,0	1,95						
14			26,2	20,6	2,98	4,21		235	33,5	3,00	372	3,77	98,3	23,4	1,94						
16				29,6	23,2	3,06		4,32	262	37,7	2,97	413	3,74	111	25,6	1,93					
20				36,2	28,4	3,20		4,53	311	45,7	2,93	487	3,67	135	29,8	1,93					
110 x 10				21,2	16,6	3,07	7,78	4,34	239	30,1	3,36	379	4,23	98,6	22,7	2,16	25	45	50	70	
12	12	6	25,1	19,7	3,15	4,45		280	35,7	3,34	444	4,21	116	26,1	2,15						
14			29,0	22,8	3,21	4,54		319	41,0	3,32	505	4,18	133	29,3	2,14						
120 x 11						25,4		19,9	3,36	4,75	341	39,5	3,66	541	4,62	140	29,5	2,35	25	50	80
12	13	6,5	27,5	21,6	3,40	4,80	368	42,7	3,65	584	4,60	152	31,6	2,35							
13			29,7	23,3	3,44	4,86	394	46,0	3,64	625	4,59	162	33,3	2,34							
15			33,9	26,6	3,51	4,96	446	52,5	3,63	705	4,56	186	37,5	2,34							
130 x 12				30,0	23,6	3,64	9,19	5,15	472	50,4	3,97	750	5,00	194	37,7	2,54	25	50	55	90	
14	14	7	34,7	27,2	3,72	5,26		540	58,2	3,94	857	4,97	223	42,4	2,53						
16			39,3	30,9	3,80	5,37		605	65,8	3,92	959	4,94	251	46,7	2,52						
140 x 13						35,0		27,5	3,92	5,54	638	63,3	4,27	1010	5,38	262	47,3	2,74	28	55	95
15	15	7,5	40,0	31,4	4,00	5,66	723	72,3	4,25	1150	5,36	298	52,7	2,73							
150 x 12						34,8	27,3	4,12	5,83	737	67,7	4,60	1170	5,80	303	52,0	2,95	28	60	105	
14			16	8	40,3	31,6	4,21	5,95	845	78,2	4,58	1340	5,77	347	58,3	2,94					
15	43,0	33,8			4,25	6,01	898	83,5	4,57	1430	5,76	370	61,6	2,93							
16	45,7	35,9			4,29	6,07	949	88,7	4,56	1510	5,74	391	64,4	2,93							
18				51,0	40,1	4,36	6,17	1050	99,3	4,54	1670	5,70	438	71,0	2,93	60	65				
20				56,3	44,2	4,44	6,28	1150	109	4,51	1820	5,68	477	76,0	2,91						
160 x 15				46,1	36,2	4,49	11,3	6,35	1100	95,4	4,88	1750	6,15	453	71,3	3,14	28	60	115		
17	17	8,5	51,8	40,7	4,57	6,46		1230	108	4,86	1950	6,13	506	78,3	3,13						
19			57,5	45,1	4,65	6,58		1350	118	4,84	2140	6,10	558	84,8	3,12						
180 x 16						55,4		43,5	5,02	7,11	1680	130	5,51	2690	6,96	679	95,5	3,50	28	60	135
18	18	9	61,9	48,6	5,10	7,22	1870	145	5,49	2970	6,93	757	105	3,49							
20			68,4	53,7	5,18	7,33	2040	160	5,47	3260	6,90	830	113	3,49							
22			74,7	58,6	5,26	7,44	2210	174	5,44	3510	6,86	918	123	3,50							
200 x 16				61,8	48,5	5,52	14,1	7,80	2340	162	6,15	3740	7,78	943	121	3,91	28	65	70	150	
18	18	9	69,1	54,3	5,60	7,92		2600	181	6,13	4150	7,75	1050	133	3,90						
20			76,4	59,9	5,68	8,04		2850	199	6,11	4540	7,72	1160	144	3,89						
24			90,6	71,1	5,84	8,26		3330	235	6,06	5280	7,64	1380	167	3,90						
28				105	82,0	5,99		8,47	3780	270	6,02	5990	7,57	1580	186	3,89	65	70	70	75	
نبشی گوشه گرد دو طرف مساوی (گرم غلطک خورده) استاندارد نشده																					
250 x 18				87,2	68,4	6,84	17,7	9,67	5210	287	7,73	7350	9,17	2130	220	4,94	28	70	200		
20	20	10	96,4	75,7	6,92	9,79		5730	317	7,70	8080	9,15	2340	240	4,93						
22			106	82,9	7,00	9,90		6240	347	7,68	8790	9,12	2550	258	4,91						
24			115	90,0	7,08	10,0		6730	376	7,66	9490	9,09	2760	276	4,90						

تنش مجاز فشاری ستون‌ها (kg/cm^2) برحسب ضریب لاغری در طراحی به روش تنش مجاز

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$C_c = 131$$

Fa	λ	Fa	λ	Fa	λ	Fa	λ	Fa	λ
۴۱۷	۱۶۱	۷۲۲	۱۲۱	۱۰۴۰	۸۱	۱۲۸۲	۴۱	۱۴۳۷	۱
۴۱۲	۱۶۲	۷۱۳	۱۲۲	۱۰۳۳	۸۲	۱۲۷۷	۴۲	۱۴۳۴	۲
۴۰۷	۱۶۳	۷۰۴	۱۲۳	۱۰۲۶	۸۳	۱۲۷۲	۴۳	۱۴۳۲	۳
۴۰۲	۱۶۴	۶۹۵	۱۲۴	۱۰۱۹	۸۴	۱۲۶۷	۴۴	۱۴۲۹	۴
۳۹۷	۱۶۵	۶۸۶	۱۲۵	۱۰۱۲	۸۵	۱۲۶۲	۴۵	۱۴۲۶	۵
۳۹۲	۱۶۶	۶۷۶	۱۲۶	۱۰۰۴	۸۶	۱۲۵۶	۴۶	۱۴۲۳	۶
۳۸۷	۱۶۷	۶۶۷	۱۲۷	۹۹۷	۸۷	۱۲۵۱	۴۷	۱۴۲۰	۷
۳۸۳	۱۶۸	۶۵۸	۱۲۸	۹۹۰	۸۸	۱۲۴۶	۴۸	۱۴۱۷	۸
۳۷۸	۱۶۹	۶۴۹	۱۲۹	۹۸۲	۸۹	۱۲۴۰	۴۹	۱۴۱۴	۹
۳۷۴	۱۷۰	۶۴۰	۱۳۰	۹۷۵	۹۰	۱۲۳۵	۵۰	۱۴۱۱	۱۰
۳۶۹	۱۷۱	۶۳۰	۱۳۱	۹۶۸	۹۱	۱۲۲۹	۵۱	۱۴۰۸	۱۱
۳۶۵	۱۷۲	۶۲۰	۱۳۲	۹۶۰	۹۲	۱۲۲۴	۵۲	۱۴۰۵	۱۲
۳۶۱	۱۷۳	۶۱۱	۱۳۳	۹۵۳	۹۳	۱۲۱۸	۵۳	۱۴۰۱	۱۳
۳۵۷	۱۷۴	۶۰۲	۱۳۴	۹۴۵	۹۴	۱۲۱۲	۵۴	۱۳۹۸	۱۴
۳۵۳	۱۷۵	۵۹۳	۱۳۵	۹۳۷	۹۵	۱۲۰۶	۵۵	۱۳۹۵	۱۵
۳۴۹	۱۷۶	۵۸۴	۱۳۶	۹۳۰	۹۶	۱۲۰۱	۵۶	۱۳۹۱	۱۶
۳۴۴	۱۷۷	۵۷۶	۱۳۷	۹۲۲	۹۷	۱۱۹۵	۵۷	۱۳۸۷	۱۷
۳۴۱	۱۷۸	۵۶۷	۱۳۸	۹۱۴	۹۸	۱۱۸۹	۵۸	۱۳۸۴	۱۸
۳۳۷	۱۷۹	۵۵۹	۱۳۹	۹۰۶	۹۹	۱۱۸۳	۵۹	۱۳۸۰	۱۹
۳۳۳	۱۸۰	۵۵۱	۱۴۰	۸۹۸	۱۰۰	۱۱۷۷	۶۰	۱۳۷۶	۲۰
۳۳۰	۱۸۱	۵۴۳	۱۴۱	۸۹۱	۱۰۱	۱۱۷۱	۶۱	۱۳۷۲	۲۱
۳۲۶	۱۸۲	۵۳۶	۱۴۲	۸۸۳	۱۰۲	۱۱۶۵	۶۲	۱۳۶۸	۲۲
۳۲۲	۱۸۳	۵۲۸	۱۴۳	۸۷۵	۱۰۳	۱۱۵۹	۶۳	۱۳۶۴	۲۳
۳۱۹	۱۸۴	۵۲۱	۱۴۴	۸۶۷	۱۰۴	۱۱۵۲	۶۴	۱۳۶۰	۲۴
۳۱۶	۱۸۵	۵۱۴	۱۴۵	۸۵۸	۱۰۵	۱۱۴۶	۶۵	۱۳۵۶	۲۵
۳۱۲	۱۸۶	۵۰۷	۱۴۶	۸۵۰	۱۰۶	۱۱۴۰	۶۶	۱۳۵۲	۲۶
۳۰۹	۱۸۷	۵۰۰	۱۴۷	۸۴۲	۱۰۷	۱۱۳۴	۶۷	۱۳۴۸	۲۷
۳۰۶	۱۸۸	۴۹۳	۱۴۸	۸۳۴	۱۰۸	۱۱۲۷	۶۸	۱۳۴۳	۲۸
۳۰۲	۱۸۹	۴۸۷	۱۴۹	۸۲۸	۱۰۹	۱۱۲۱	۶۹	۱۳۳۹	۲۹
۲۹۹	۱۹۰	۴۸۰	۱۵۰	۸۱۷	۱۱۰	۱۱۱۴	۷۰	۱۳۳۵	۳۰
۲۹۶	۱۹۱	۴۷۴	۱۵۱	۸۰۹	۱۱۱	۱۱۰۸	۷۱	۱۳۳۰	۳۱
۲۹۳	۱۹۲	۴۶۸	۱۵۲	۸۰۰	۱۱۲	۱۱۰۱	۷۲	۱۳۲۶	۳۲
۲۹۰	۱۹۳	۴۶۱	۱۵۳	۷۹۲	۱۱۳	۱۰۹۵	۷۳	۱۳۲۱	۳۳
۲۸۷	۱۹۴	۴۵۶	۱۵۴	۷۸۳	۱۱۴	۱۰۸۸	۷۴	۱۳۱۶	۳۴
۲۸۴	۱۹۵	۴۵۰	۱۵۵	۷۷۵	۱۱۵	۱۰۸۱	۷۵	۱۳۱۲	۳۵
۲۸۱	۱۹۶	۴۴۴	۱۵۶	۷۶۶	۱۱۶	۱۰۷۴	۷۶	۱۳۰۷	۳۶
۲۷۸	۱۹۷	۴۳۸	۱۵۷	۷۵۷	۱۱۷	۱۰۶۸	۷۷	۱۳۰۲	۳۷
۲۷۵	۱۹۸	۴۳۳	۱۵۸	۷۴۸	۱۱۸	۱۰۶۱	۷۸	۱۲۹۷	۳۸
۲۷۳	۱۹۹	۴۲۷	۱۵۹	۷۴۰	۱۱۹	۱۰۵۴	۷۹	۱۲۹۲	۳۹
۲۷۰	۲۰۰	۴۲۲	۱۶۰	۷۳۱	۱۲۰	۱۰۴۷	۸۰	۱۲۸۷	۴۰

پیوست 3: نمونه سوالات امتحانی درس سازه های فولادی در ترمهای گذشته

در این بخش چند نمونه از سوالات ترمهای گذشته البته بدون حل آنها قرار داده میشود.

امتحان پایانتترم طراحی سازه های فولادی 1

نیمسال اول 92-91

موسسه غیرانتفاعی عمران و توسعه همدان

گروه کارشناسی پیوسته مهندسی عمران- عمران

استفاده از کتاب جزوه و ماشین حساب شخصی مجاز است.

وقت امتحان : 180 دقیقه

در تمامی سوالات فولاد از نوع St37 با تنش تسلیم 2400 و گسیختگی 3700 و آرماتور از نوع AIII با تنش تسلیم 4000 و گسیختگی 6000 و بتن با مقاومت فشاری 210 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد.

1- در یک خرپا عضوی به طول 3 متر را در نظر بگیرید. بر اساس تحلیل سازه به این عضو نیروی محوری کششی 15 تن ناشی از بارهای بدون ضریب مرده و زنده وارد میشود. با انجام کلیه کنترل‌های لازم مقطع مناسب برای این عضو خرپایی را از نبشی تک دو بال مساوی طراحی نمایید. ضخامت بال نبشی را یک دهم طول ساق نبشی لحاظ نمایید. اتصال خرپا به صورت پیچی و از طریق یکی از دو بال آن است. جهت اتصال نبشی به ورق اتصال از دو پیچ به قطر 20 میلیمتر استفاده شده است. این دو پیچ در راستای اعمال نیرو قرار دارند و فاصله مرکز به مرکز آنها 6 سانتیمتر و از لبه انتهایی نبشی 5 سانتیمتر است. فاصله محور پیچها تا لبه عرضی نبشی نیز نصف بعد ساق نبشی در نظر بگیرید. سوراخها استاندارد و با پانچ ایجاد شده اند. در طراحی فرض کنید که پیچها و ورقهای اتصال دارای ظرفیت کافی هستند. طراحی را کلاً بر اساس ظرفیت مجاز کششی نبشی انجام دهید و برش قالبی را نیز در طراحی با فرض پارگی نبشی لحاظ نمایید. (4 نمره)

2- در سوال 1 فرض کنید که همان عضو خرپایی تحت بار محوری فشاری 40 تن ناشی از بارهای بدون ضریب مرده و زنده قرار دارد. برای این عضو استفاده از دوپل ناودانی به علاوه دو ورق تقویتی به ابعاد 1×6 سانتیمتر بر روی دو بال ناودانی مورد نظر است. مطلوبست انتخاب مقطع مناسب بر اساس شرایط فوق. دو ناودانی به صورت مقطع جعبه ای (باکس) میباشند و بین آنها یک سانتیمتر فاصله از لبه دو بال آنها وجود دارد. اتصالات دو سر عضو را مفصلی فرض نمایید. (4 نمره)

راهنمایی: ابتدا مساحت مورد نیاز برای مقطع را حدس بزنید و از آن سطح مقطع دو ورق تقویتی را کسر کنید و بر اساس مقدار به دست آمده، سطح مقطع مورد نیاز برای هر ناودانی و سپس مقطع ناودانی مناسب را حدس بزنید.

3- در یک سقف کامپوزیت به ضخامت دال 10 سانتیمتر برای تیر فرعی در دهانه 5 متر از IPE160 به فواصل هر 90 سانتیمتر استفاده شده است. با فرض آنکه در زیر سقف از پایه موقت استفاده نشده باشد و جهت اتصال تیرها به دال از برشگیر استفاده شده باشد، کنترل نمایید که مقطع انتخاب شده برای تیرهای فرعی میانی مناسب است یا خیر. بار مرده ناشی از کفسازی و تیغه ها را 300 کیلوگرم بر متر مربع و بار زنده را 200 کیلوگرم بر متر مربع لحاظ نمایید. بار مرده گروه یک شامل وزن دال و وزن تیر میباشد. وزن مخصوص بتن را 2400 کیلوگرم بر متر مکعب لحاظ کنید و وزن تیر را نیز بر اساس جدول اشتال به آن اضافه کنید. نیازی به محاسبه برشگیرها نیست. فرض کنید که عملکرد مجموعه به صورت کامپوزیت کامل است. مقدار ضریب n را برابر 10 فرض نمایید. از کنترل خیز و ارتعاش نیز صرف نظر کنید. (4 نمره)

4- سوله ای با زاویه شیب 20 درجه در سقف را در نظر بگیرید. فاصله قابهای سوله از یکدیگر را 5 متر فرض نمایید. برای پوشش سقف سوله (در جهت دهانه 5 متری) از لایه با مقطع ناودانی در فواصل هر 100 سانتیمتر استفاده شده است. این لایه ها در فواصل هر 2.5 متر به وسیله میل مهار به یکدیگر متصل شده اند. بار مرده سقف با احتساب وزن

لایه ها در حدود 100 کیلوگرم بر متر مربع (وارد شده بر سطح مایل سقف) و بار برف وارد بر سقف برابر 200 کیلوگرم بر متر مربع (وارد شده بر تصویر افقی سقف) میباشد. مقطع مناسب برای لایه ها را طراحی نمایید. در محاسبه لنگرهای ماکسیمم در جهت ساده سازی و اطمینان از روابط تیرهای دو سرمفصل کمک بگیرید. (4 نمره)

5- یک صفحه ستون به ابعاد 60*60 سانتیمتر را در نظر بگیرید. این صفحه ستون مربوط به یک ستون کناری در ساختمان است که بار محوری فشاری آن ناشی از بارهای مرده ، زنده و زلزله بدون ضریب جمعاً برابر 80 تن شده است (ستون فاقد لنگر خمشی است). به دلیل مشکلات اجرایی امکان قرارگیری ستون در وسط صفحه ستون محیا نشده است و آکس ستون از لبه کناری صفحه ستون در یک جهت به فاصله 10 سانتیمتر قرار گرفته است و در جهت دیگر ستون در وسط صفحه ستون قرار گرفته است. (برون مرکزیت صفحه ستون نسبت به مرکز صفحه ستون تنها در یک جهت میباشد). جهت اتصال صفحه ستون به پی از 4 بولت به قطر 32 میلیمتر استفاده شده است. فاصله محور بولتها تا لبه های صفحه ستون برابر 10 سانتیمتر است. با فرض اینکه پی زیر صفحه ستون یک پی نواری به عرض 150 سانتیمتر باشد، اولاً کنترل نمایید که آیا تنش زیر صفحه ستون در حد مجاز است یا خیر و ثانیاً بولتهای به کار رفته جوابگو هستند یا خیر. فرض کنید که سطح برش در بولتها از قسمت دندانه شده عبور میکند. در صورت نیاز ضریب n را برابر 10 فرض نمایید. (4 نمره)

راهنمایی: برون از مرکزیت ستون نسبت به مرکز آن ایجاد لنگر خمشی مینماید که این لنگر خمشی باید در طراحی در نظر گرفته شود. بار محوری ستون را به همراه لنگری که ایجاد میکند به مرکز ستون منتقل نمایید و ادامه محاسبات را مشابه ستونی که در وسط صفحه ستون قرار گرفته و دارای بار محوری و لنگر خمشی است انجام دهید.

موفق باشید

جعفری

امتحان طراحی سازه های فولادی یک

موسسه غیرانتفاعی عمران آبادانی و توسعه روستاها

کارشناسی ناپیوسته مهندسی تکنولوژی عمران

استفاده از کتاب و جزوه و ماشین حساب شخصی مجاز است

وقت امتحان : 150 دقیقه

در تمامی سوالات، فولاد از نوع ST37 با تنشهای تسلیم و گسیختگی 2400 و 3700 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و میلگردها از نوع AIII با تنشهای تسلیم و گسیختگی 4000 و 6000 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و بتن از نوع C25 با مقاومت فشاری 25 مگاپاسکال میباشد.

- 1- به یک تیر دو سرگیردار به طول دهانه 7 متر بار گسترده یکنواخت مرده و زنده بدون ضریب 3 و 1 تن بر متر وارد میشود. مقطع این تیر یک تیرورق آی شکل به ابعاد بال 20*1.5 و جان 50*1 سانتیمتر میباشد. اتصال بال به جان با جوش سراسری میباشد. بال فشاری تیر در دو انتها و نقطه یک سوم و دو سوم دهانه دارای مهار جانبی میباشد. بر اساس کنترل برش و خمش و افتادگی (خیز) کنترل کنید که آیا مقطع این تیر مناسب میباشد یا خیر. نیازی به کنترل ارتعاش در تیر نیست. (5 نمره)
- نکته : لنگر خمشی طراحی تیر را در صورت تامین شرایط آیین نامه ای با احتساب کاهش ده درصدی در دو تکیه گاه و افزایش همین مقدار در وسط دهانه به دست آورید. (بررسی این ضابطه به صورت الزامی باید انجام شود).
- 2- برای یک میل مهار کششی با پیش تنیدگی اولیه کافی به طول 6 متر که تحت نیروی کششی 15 تن میباشد، مطلوبست تعیین قطر میل مهار به همراه کلیه کنترلهای لازم. (2.5 نمره)
- 3- به یک صفحه ستون نیروی کششی 45 تن و برشی 20 تن وارد میشود. این نیروها ناشی از ترکیب بار مرده، زنده و زلزله به صورت $0.75(D+L+E)$ میباشد. اگر برای این صفحه ستون از 6 عدد بولت استفاده شده باشد، مطلوبست تعیین قطر بولتها. سطح برش از قسمت دندانه نشده بولت عبور میکند. (2.5 نمره)
- 4- یک ستون با طول آزاد مهار نشده 3 متر را در نظر بگیرید. به این ستون ناشی از ترکیب بار بدون ضریب مرده و زنده مجموعاً 60 تن نیروی فشاری وارد میشود. ستون جزیی از یک قاب مهار شده میباشد. اگر مقطع این ستون به صورت $2IPE140+2PL10*t\text{ cm}$ (دو بل آی پی ای به هم چسبیده با دو ورق تقویتی روی دو بال با عرض 10 سانتیمتر و ضخامت نامشخص t) باشد، مطلوبست تعیین حداقل مقدار t (ضخامت ورقهای تقویتی ستون). (5 نمره)
- 5- در یک سقف شیبدار مربوط به یک سوله با زاویه شیب 15 درجه از لایه با مقطع ناودانی به فواصل هر 90 سانتیمتر (بر روی تصویر افقی سقف) استفاده شده است. طول افقی دهانه لایه 5 متر است و از یک میل مهار در وسط دهانه آن استفاده شده است. بار مرده سقف 100 کیلوگرم بر متر مربع (بر روی سطح مایل سقف) و بار برف 200 کیلوگرم بر متر مربع (بر روی تصویر افقی سقف میباشد). مطلوبست طراحی مقطع لایه با ناودانی. (5 نمره)

امتحان طراحی سازه های فولادی یک

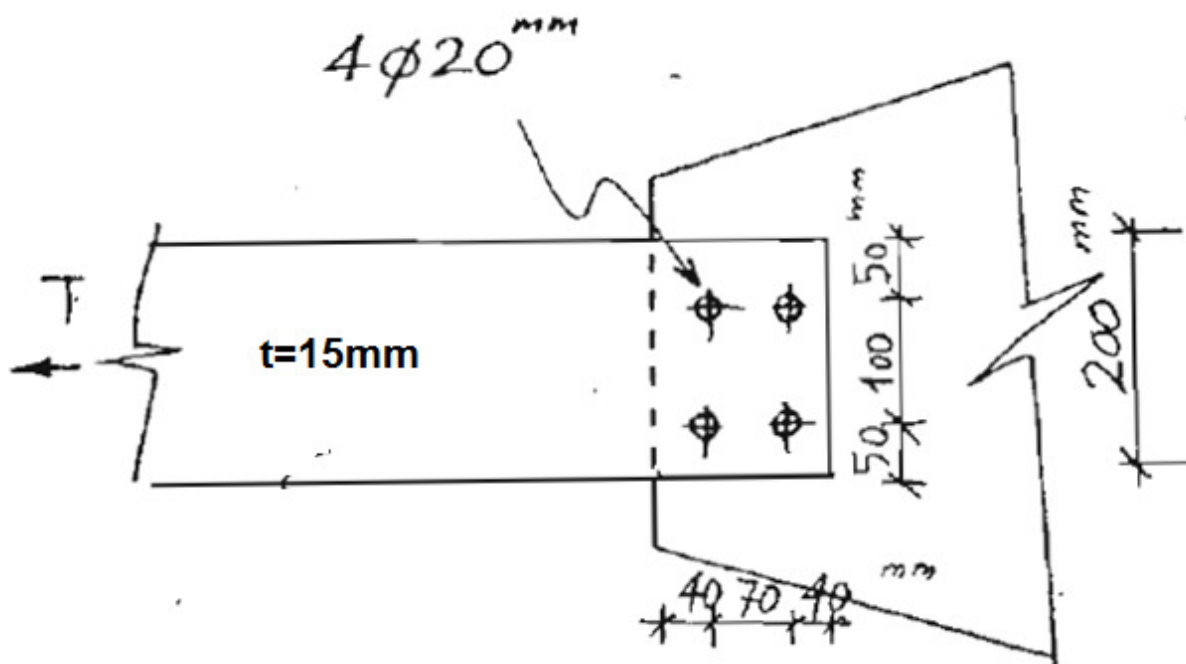
نیمسال دوم 90-91

موسسه غیرانتفاعی عمران آبادانی و توسعه روستاها

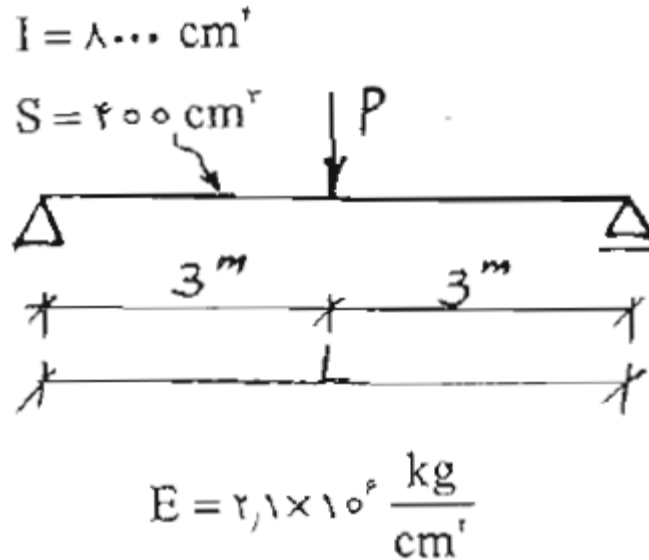
وقت امتحان : 180 دقیقه

استفاده از کتاب و جزوه و ماشین حساب شخصی مجاز است

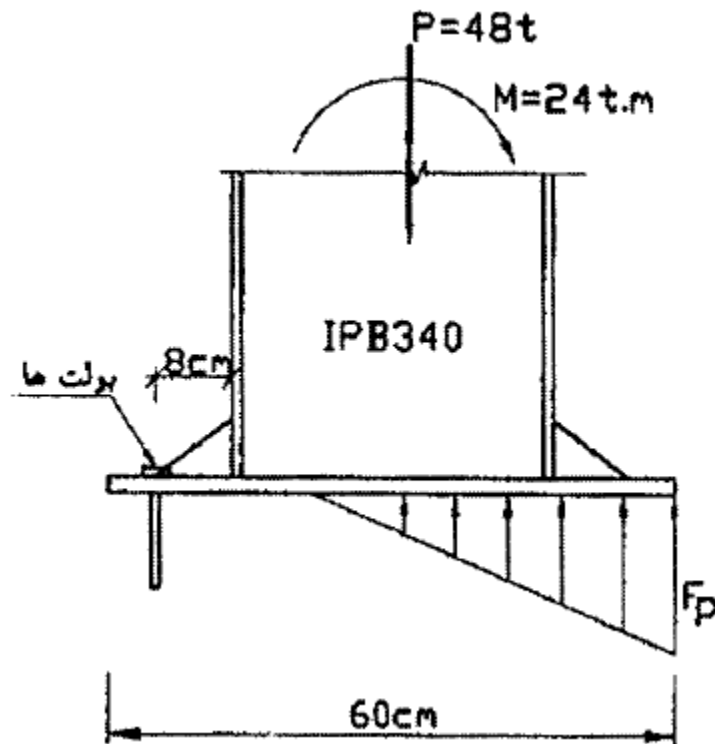
- 1- در شکل زیر یک قطعه کششی فولادی با مقطع تسمه با ضخامت 1.5 سانتیمتر و پهنای 20 سانتیمتر تحت نیروی کششی T قرار دارد. قطر سوراخها 20 میلیمتر و با منگنه ایجاد شده اند. حداکثر نیروی کششی مجاز T چقدر است؟ فولاد از نوع St37 است. فرض کنید که ورق اتصال (ورق سمت راست) دارای ظرفیت کافی میباشد و طراحی را تنها بر اساس ظرفیت تسمه سمت چپ انجام دهید. کنترل برش قالبی با فرض پارگی ورق سمت چپ نیز انجام شود. (3 نمره)



- 2- در تیر شکل زیر با فرض فشردگی مقطع و وجود مهار جانبی سراسری برای بال فشاری تیر حداکثر مقدار مجاز بار P چه مقدار خواهد بود؟ در این محاسبه تنها معیار کنترل تنش خمشی و خیز تیر را لحاظ نمایید. فرض نمایید که از بار P ، 60 درصد اختصاص به بار مرده و 40 درصد اختصاص به بار زنده دارد. (3 نمره)



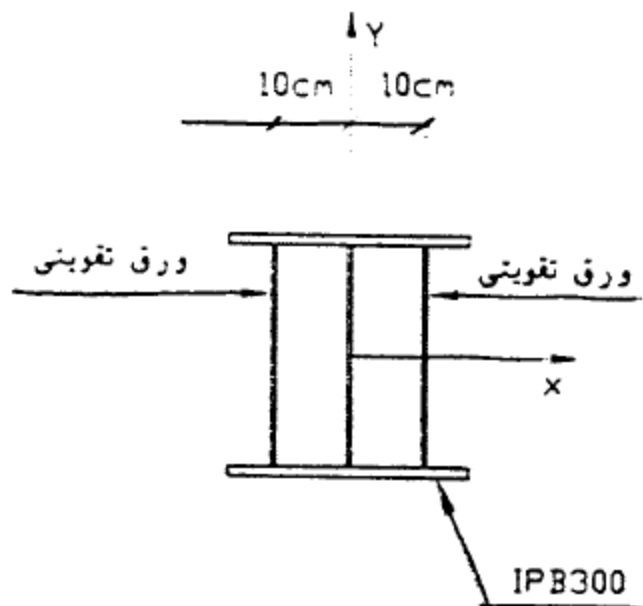
3- در کف ستون نمایش داده شده در شکل زیر ابعاد کف ستون 50*60 سانتیمتر و از 3 بولت به قطر 24 میلیمتر در هر وجه کف ستون (و کلاً 6 بولت) استفاده شده است. تحت بارگذاری نمایش داده شده در شکل در مورد کفایت یا عدم کفایت بولتها با محاسبات لازم اظهار نظر نمایید. بولتها را از نوع AIII با تنش گسیختگی 6000 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع فرض نمایید. مقاومت فشاری بتن را 210 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و مدول الاستیسیته فولاد را برابر 2.1×10^6 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع فرض نمایید. (3 نمره)



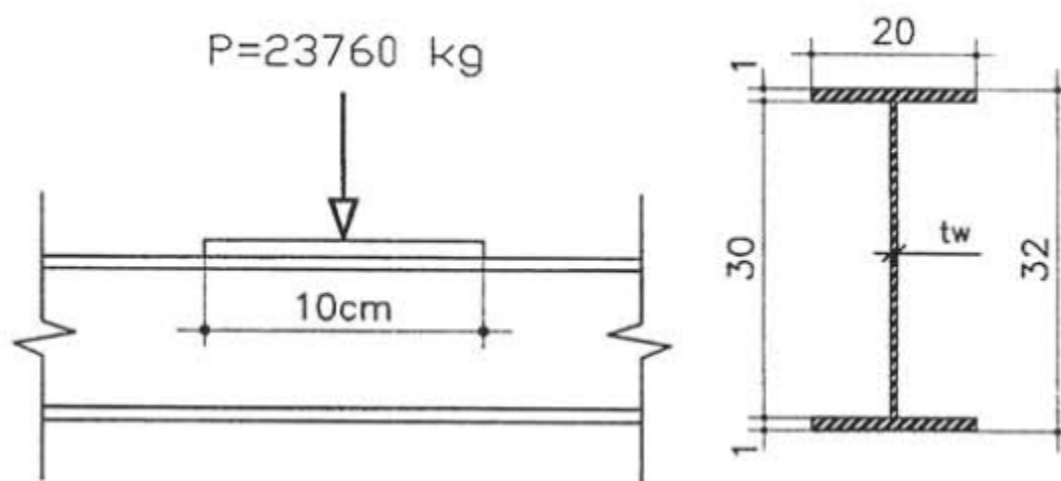
4- شکل زیر مقطع یک ستون به طول آزاد 5 متر را نمایش میدهد. این ستون از یک مقطع IPB300 با دو ورق تقویت 26.2×1 سانتیمتر (به موازات جان ستون) تشکیل شده است. فاصله مرکز هر کدام از این دو ورق تا مرکز ستون

برابر 10 سانتیمتر است. ضریب کماتش ستون (K) برای کماتش حول محورهای X و Y را به ترتیب برابر 1.4 و 1.1 فرض نمایید. حداکثر بار محوری فشاری مجاز این ستون را محاسبه نمایید. فولاد از نوع St37 میباشد. (3 نمره)

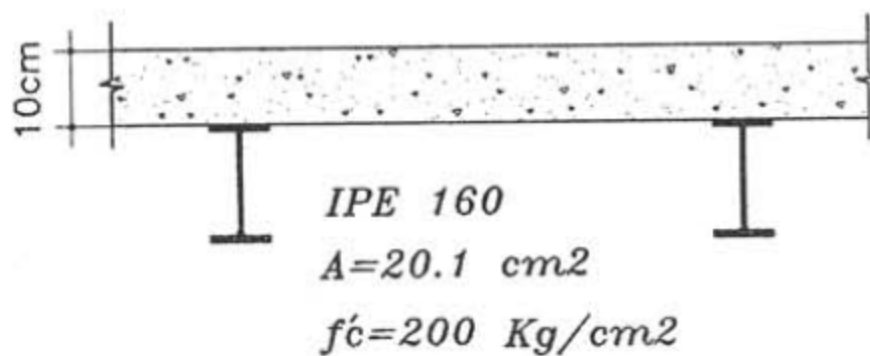
IPB300: $A=149\text{cm}^2$, $I_x=25170\text{cm}^4$, $I_y=8560\text{cm}^4$, $b_f=30\text{cm}$, $t_f=1.9$, $t_w=1.1\text{cm}$



5- برای تیر شکل زیر با فرض اینکه هیچگونه سخت کننده در جان تیر تعبیه نشده باشد، بر اساس کنترل تنش تسلیم موضعی جان، حداقل ضخامت تیر چقدر باید باشد؟ بعد جوش اتصال جان به بال تیر ورق را 5 میلیمتر فرض نمایید. فولاد از نوع St37 میباشد. (2 نمره)



6- در تیر مختلط شکل زیر، عرض موثر هر تیر (be) برابر 1 متر میباشد و از گلمیخ به قطر 2 سانتیمتر و طول 7.5 سانتیمتر به عنوان برشگیر استفاده شده است. مطلوبست محاسبه فواصل بین برشگیرها به همراه کلیه کنترل‌های لازم در این زمینه. تیرها به صورت دو سر مفصل با بار گسترده یکنواخت و به طول 4.5 متر میباشند. (3 نمره)



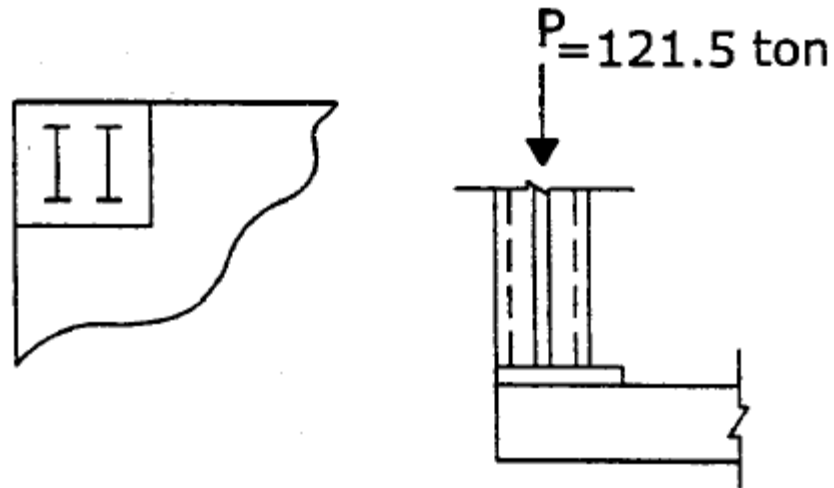
7- مقطع یک ستون فولادی از جفت IPE160 به فاصله مرکز به مرکز 15 سانتیمتر به صورت پاباز با ورق بست افقی تشکیل شده است. فواصل بین ورقهای بست (به صورت مرکز به مرکز) در طول ستون برابر 50 سانتیمتر است. نیروی محوری فشاری ستون نیز 10 تن میباشد و به ستون به موازات ورقهای بست نیروی برشی 250 کیلوگرم وارد میشود. با فرض آنکه ضخامت ورقهای بست برابر 1 سانتیمتر باشد، ارتفاع مناسب برای ورقهای بست را تعیین نمایید. (3 نمره)

موفق باشید

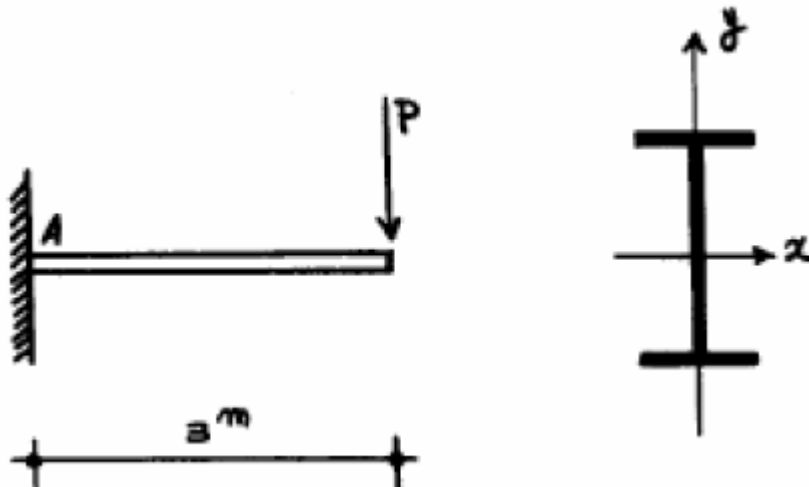
جعفری

سوالات آزمون نهایی درس طراحی سازه های فولادی یک
گروه کارشناسی ناپیوسته مهندسی تکنولوژی عمران – عمران
دانشکده غیرانتفاعی عمران و توسعه همدان
استفاده از جزوه ، کتاب و ماشین حساب شخصی بلامانع است
وقت امتحان : 120 دقیقه

- 1- برای ستون نشان داده شده در شکل که تحت بار محوری 121.5 تن ناشی از ترکیب بار مرده و زنده میباشد ، حداقل ابعاد ورق کف ستون چقدر میباشد ؟ فولاد ST37 و بتن با مقاومت فشاری 200 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع میباشد. ابعاد تقریبی ستون 20 * 20 سانتیمتر است. (1.5 نمره)

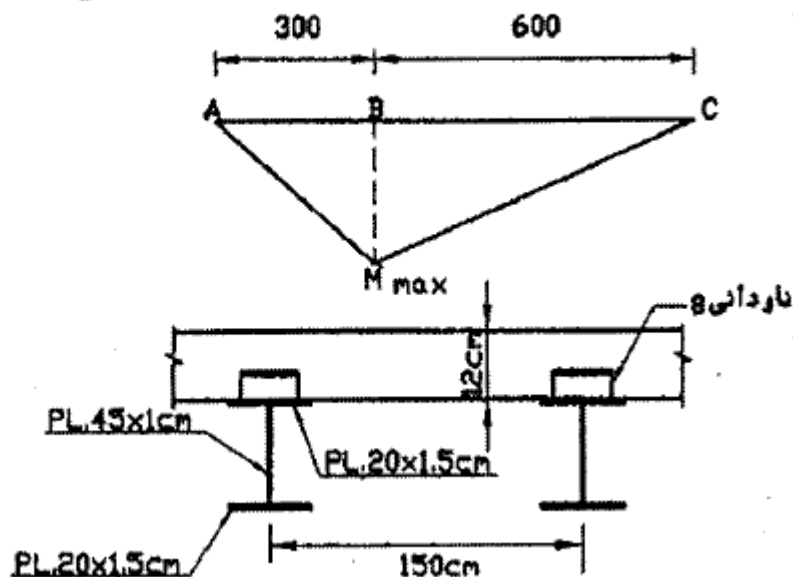


- 2- در یک تیر طره مطابق شکل زیر ، تیر فقط در انتهای گیردار خود دارای مهار جانبی است. اگر مقطع تیر IPE200 و طول تیر 3 متر باشد ، مقدار تنش مجاز خمشی در بال فشاری آن چقدر است ؟ (2.5 نمره)

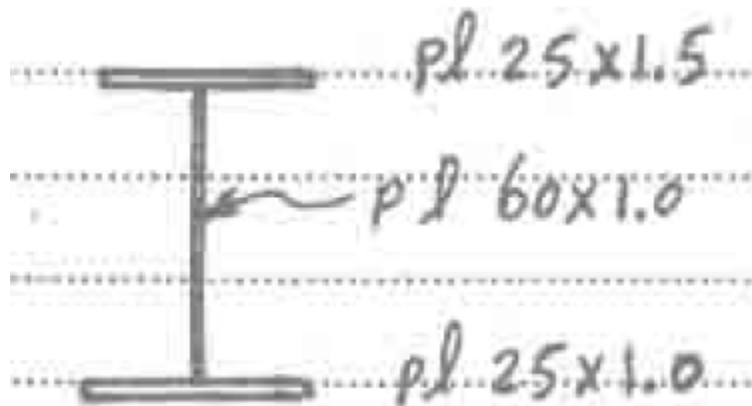


- 3- در شکل زیر منحنی تغییرات لنگر خمشی تیر ABC که دارای مقطع مختلط فولادی و بتنی است رسم شده است. برشگیرها از ناودانی 8 بوده و به طول 10 سانتیمتر میباشند. مقاومت مجاز برشگیر ، برابر 840 کیلوگرم به ازای هر سانتیمتر عرض آن میباشد. مطلوبست تعیین تعداد برشگیر لازم در تیر و چیدمان مناسب این برشگیرها در طول تیر. (2.5 نمره)

$$f'_c = 250 \text{ kg / cm}^2$$



- 4- در یک تیر با مقطع IPE240 مقدار واکنش تکیه گاهی 12 تن به دست آمده است. این تیر بر روی یک تکیه گاه بتنی با مقاومت فشاری 200 kg/cm^2 قرار دارد. ورق نشیمن تکیه گاهی را طراحی نمایید. فولاد از نوع ST37 میباشد. (3.5 نمره)
- 5- برای تیر با مقطع نشان داده شده در شکل زیر ضمن بررسی فشردگی یا عدم فشردگی مقطع (با فرض جوش سراسری بال و جان به هم و اتکای جانبی سراسری برای بال فشاری) مطلوبست :
- الف - محاسبه حداکثر لنگر خمشی مجاز برای مقطع (یک نمره)
- ب- حداکثر لنگر خمشی مجاز برای مقطع وقتی که دو ورق $20 \times 1 \text{ cm}$ در بالا و پایین مقطع به صورت ورق تقویتی جوش شده باشد. (یک نمره)
- ج- محاسبه طول ورق تقویتی اگر این مقطع برای یک تیر دو سر ساده با بار گسترده یکنواخت با طول 6 متر استفاده شود و تیر تحت اثر حداکثر بار گسترده مجاز خود باشد. ورق تقویتی در دو انتهای خود با جوش گوشه در دو سمت طولی و انتهای عرضی خود با بعد جوش 8 میلیمتر به بال تیر متصل شده است. (یک نمره)



موفق باشید

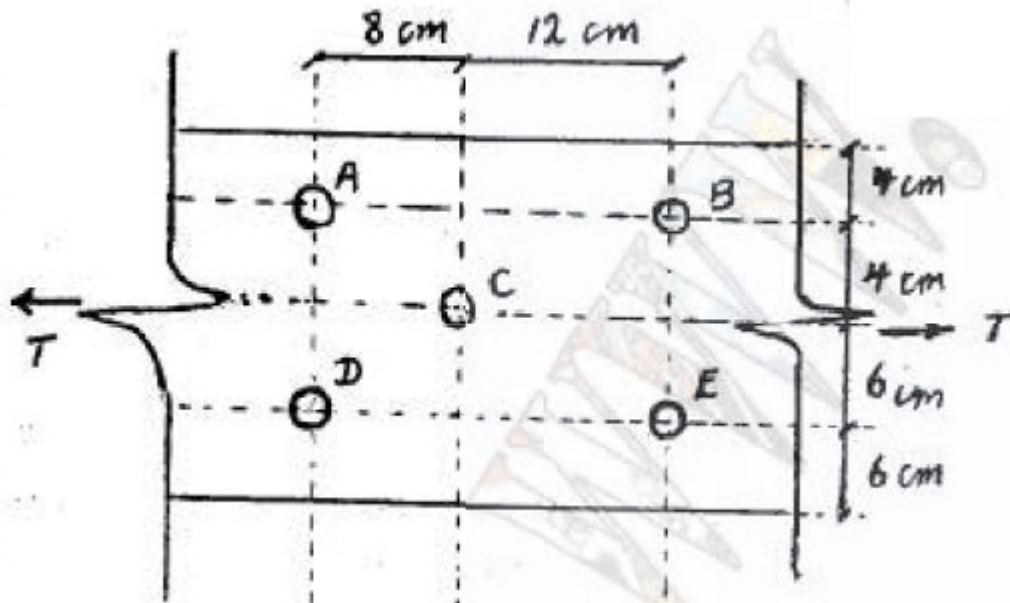
امتحان پایانترم درس طراحی سازه های فولادی يك - نیمسال اول 89-90

دانشکده غیرانتفاعی عمران و توسعه - گروه عمران - رشته کارشناسی ناپیوسته مهندسی تکنولوژی عمران- عمران

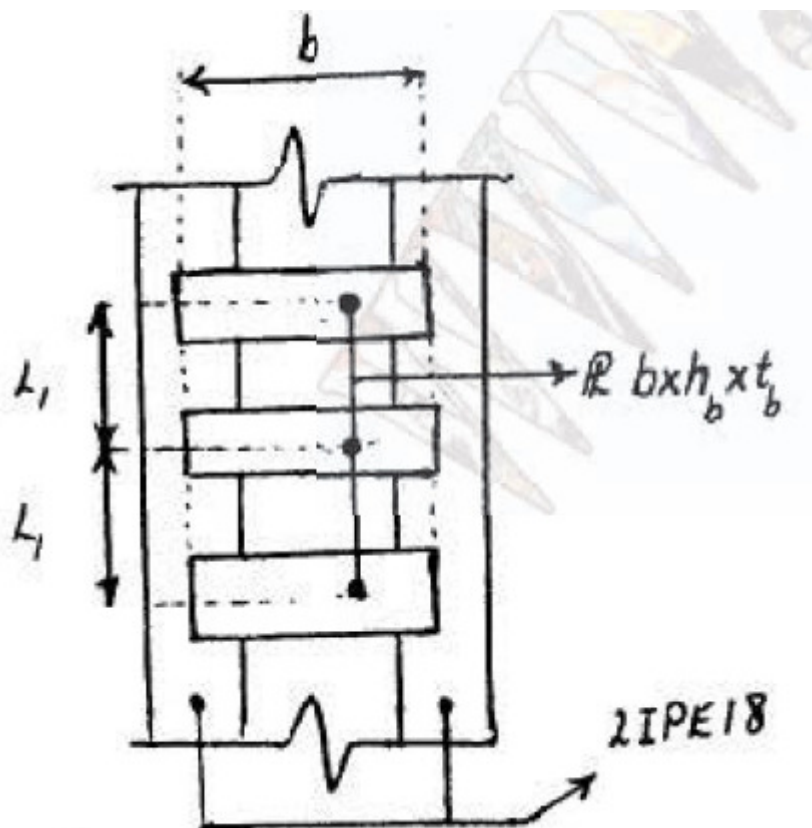
استفاده از جزوه ، کتاب و ماشین حساب شخصی آزاد است

وقت امتحان : 180 دقیقه

- 1- در شکل زیر مطلوبست محاسبه حداکثر مقدار نیروی کششی T با فرض آنکه ورق از فولاد St37 (با $F_y=2400$ و $F_u=3700$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) و به ضخامت 1.2 سانتیمتر ، سوراخها به قطر 2.2 سانتیمتر و به وسیله پانچ ایجاد شده باشند. (3.5 نمره)
- (ورق نمایش داده شده در شکل را يك ورق اتصال کششی فرض نمایید. همچنین نیازی به کنترل برش قالبی نیست)

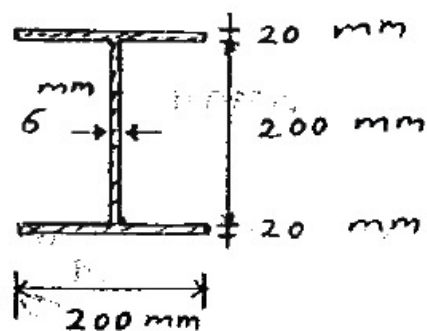
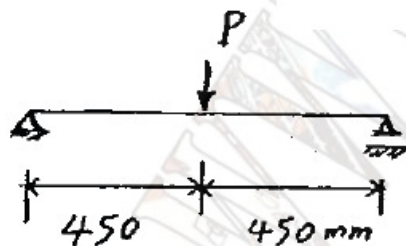


- 2- يك ستون مشبك با بستهای افقی قرار است نیروی برشی 5 تن (در امتداد محوری که موازی بستها میباشد) و نیروی فشاری 50 تن را تحمل کند. مطلوبست طراحی ارتفاع بستها (h_b) . (2 نمره)
- میباشد. (St37 و فولاد از نوع $L1=30\text{cm}$, $b=15\text{cm}$, $t_b=0.8\text{cm}$)



3- در تیر نمایش داده شده در شکل زیر با توجه به مقطعی که برای تیر نمایش داده شده است، مطلوبست :

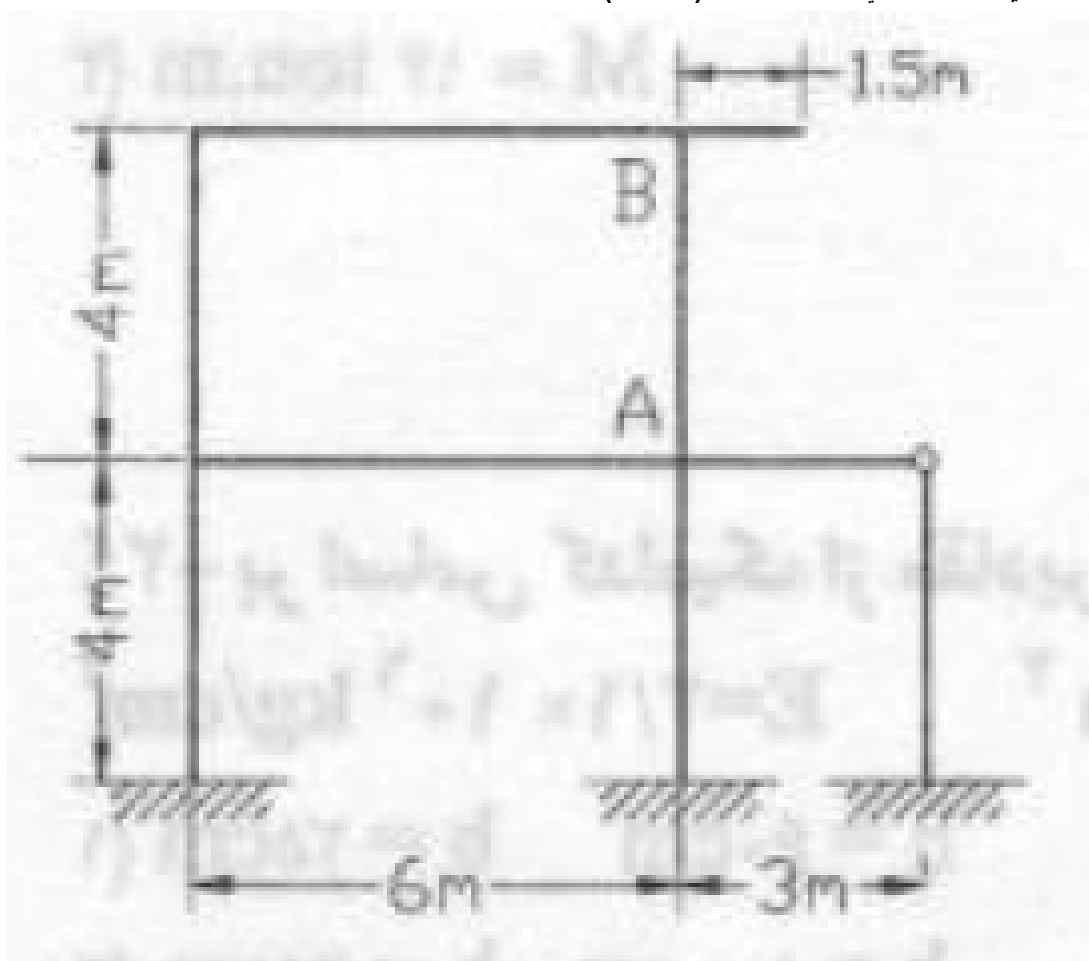
با توجه به اینکه بال فشاری تیر در دو تکیه گاه و در زیر بار متمرکز دارای تکیه P الف - محاسبه حداکثر مقدار مجاز گاه جانبی باشد. (نیازی به کنترل خیز و ارتعاش در تیر نیست؛ اما بقیه کنترلها بدون استثنا باید انجام شود. اتصال بال میباشد.) (4 نمره) ST37 به جان تیر پیوسته و فولاد از نوع برابر 15 تن باشد. (فقط P-ب- طراحی ورق زیرسری برای زیر محل اثر بار متمرکز در وسط تیر با فرض آنکه بار را برابر سی میلیمتر فرض نمایید.) (1.5 نمره) k تعیین طول ورق کفایت میکند. مقدار به صورت زنبوری با برش پایتر استفاده شده باشد مطلوبست IPE400 ج- اگر به جای مقطع نمایش داده شده از مقطع بدون آنکه نیازی به پر کردن سوراخها باشد. (در این حالت فرض کنید که اتکای جانبی P تعیین حداکثر مقدار مجاز بار سراسری برای بال فشاری تیر زنبوری وجود دارد) (3 نمره)



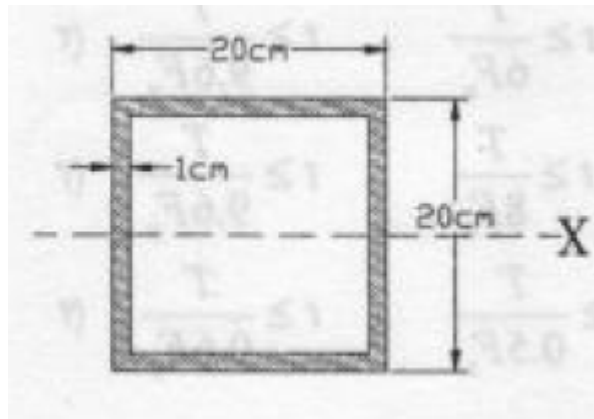
(قبل از تبدیل به مقطع زنبوري) را به شرح زیر در نظر بگیرید : IPE400 جهت قسمت ج مشخصات

$H1=40\text{cm}$, $bf=18\text{cm}$, $tf=1.35\text{cm}$, $tw=0.86\text{cm}$

4- در قاب شکل زیر ضریب طول موثر (K) ستون AB را با توجه به اینکه قاب به صورت مهاربندی نشده است به دست آورید. مقدار EI برای تمام ستونها و تیرها را با هم برابر فرض نمایید. ارتفاع طبقات 4 متر ، طول دهانه تیرها به ترتیب از راست به چپ 3 و 6 متر و طول تیر طره 1.5 متر است. تیر سمت راست در طبقه اول در انتهای سمت راست خود دارای اتصال مفصلي به ستون است. (2 نمره)

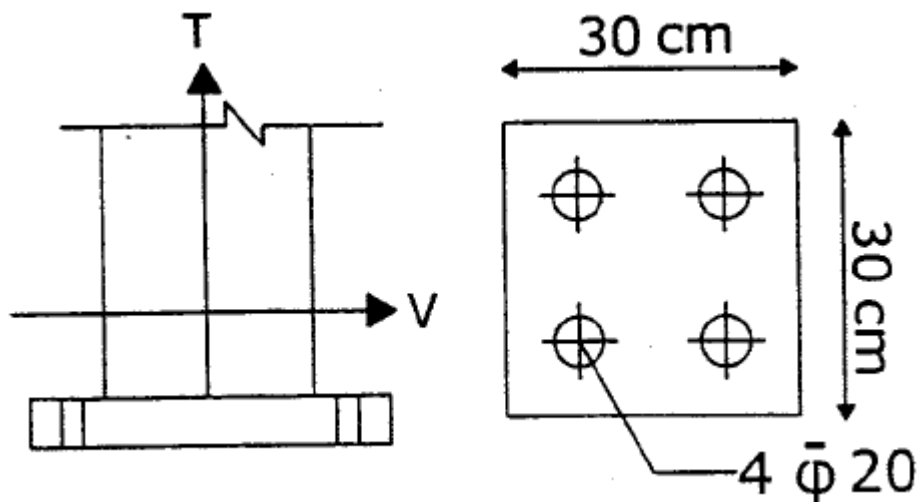


5- مقطع نشان داده شده در شکل تحت اثر توام لنگر خمشی و نیروی محوری کششی قرار دارد. چنانچه لنگر خمشی وارده بر مقطع حول محور x برابر 4 تن متر باشد ، حداکثر نیروی کششی قابل تحمل توسط مقطع چقدر است ؟ (فولاد از نوع st37 میباشد. تنشهای مجاز کششی و خمشی را هر دو برابر $0.6F_y$ فرض نمایید). (2 نمره)



6- در صفحه ستون نمایش داده شده در شکل زیر مطلوبست تعیین حداکثر مقدار مجاز برش و نیروی محوری کششی مجاز ضریبدار که بولتهای صفحه ستون به صورت اثر مشترک برش و کشش میتوانند تحمل نمایند. بولتها از نوع AII با $F_u=5000\text{kg/cm}^2$ میباشد. مقطع بحرانی برش از قسمت دندانه شده بولت عبور مینماید. (از مابقی کنترلها صرفنظر نمایید). (2 نمره)

راهنمایی : ابتدا مقدار برش را به دست آورید و سپس بر اساس مقدار به دست آمده مقدار حداکثر مجاز کشش را هم به دست آورید.



موفق باشید
جعفری

امتحان پایان ترم فن طراحی بناها گروه کارشناسی آبادانی و توسعه روستاها دانشکده غیرانتفاعی عمران و توسعه همدان

نیمسال دوم سالتحصیلی 88-89

استفاده از جزوه، کتاب و ماشین حساب آزاد است

وقت امتحان 180 دقیقه

1- به یک تیر دو سرگیردار به طول دهانه 6.5 متر بار گسترده یکنواخت مرده 1200 کیلوگرم بر متر، و بار زنده 400 کیلوگرم بر متر وارد میشود. مطلوبست طراحی این تیر از تیر آهن تک ipe200 به همراه دو ورق تقویتی بر روی دو بال آن به همراه کلیه کنترل‌های لازم (کنترل برش، کنترل تغییر شکل تیر برای بار زنده و مرده، محاسبه طول ورق تقویتی، بررسی فشردگی یا عدم فشردگی مقطع) (4 نمره)

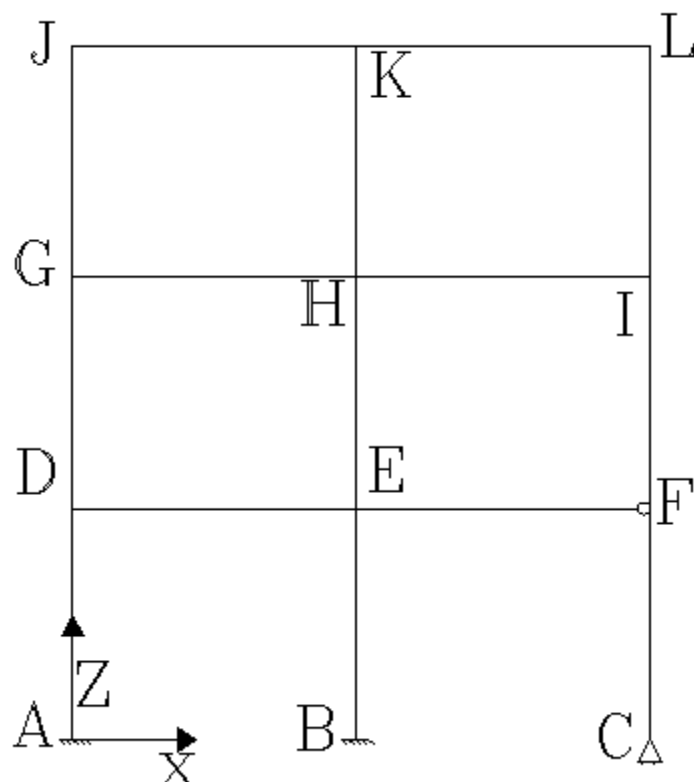
$$\text{Ipe200: } A=28.5\text{cm}^2, S_x=194\text{cm}^3, I_x=1940\text{cm}^4$$

$$H=20\text{cm}, bf=10\text{cm} \text{ (عرض بال)}, tf=0.85\text{cm} \text{ (ضخامت بال)},$$

$$tw=0.56\text{cm} \text{ (ضخامت جان)}$$

2- به یک صفحه ستون بار محوری 75 تن (ناشی از بارهای ثقلی مرده و زنده و بار جانبی زلزله) وارد میشود. اگر ستون از مقطع IPB24 با فولاد ST37 و ابعاد صفحه ستون 55 در 55 سانتیمتر و ابعاد پی زیر صفحه ستون 180 در 180 سانتیمتر و مقاومت فشاری بتن 210 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد، مطلوبست کنترل ابعاد و انتخاب ضخامت مناسب برای صفحه ستون با فرض آنکه در صفحه ستون از لچکی استفاده نشده باشد. (4 نمره)

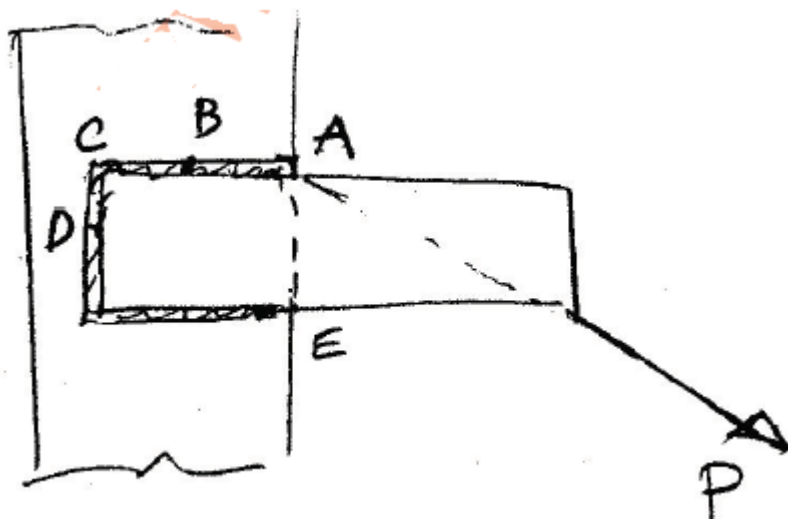
3- مطلوبست تعیین ضریب طول ستون BE از قاب مهاربندی نشده شکل زیر. ستون طبقه اول دارای ارتفاع 3.5 متر و بقیه طبقات دارای ارتفاع 3 متر است. دهانه تیرها همگی 5 متر است. مقطع تمامی تیرها IPE27 و تمامی ستونها IPB400 است. ستونها و تیرها به گونه ای در قاب قرار گرفته اند که جان ستونها موازی محور X و بال تیرها موازی محور Y است. (4 نمره)



IPB400 : $I_x=57680$, $I_y=10820$

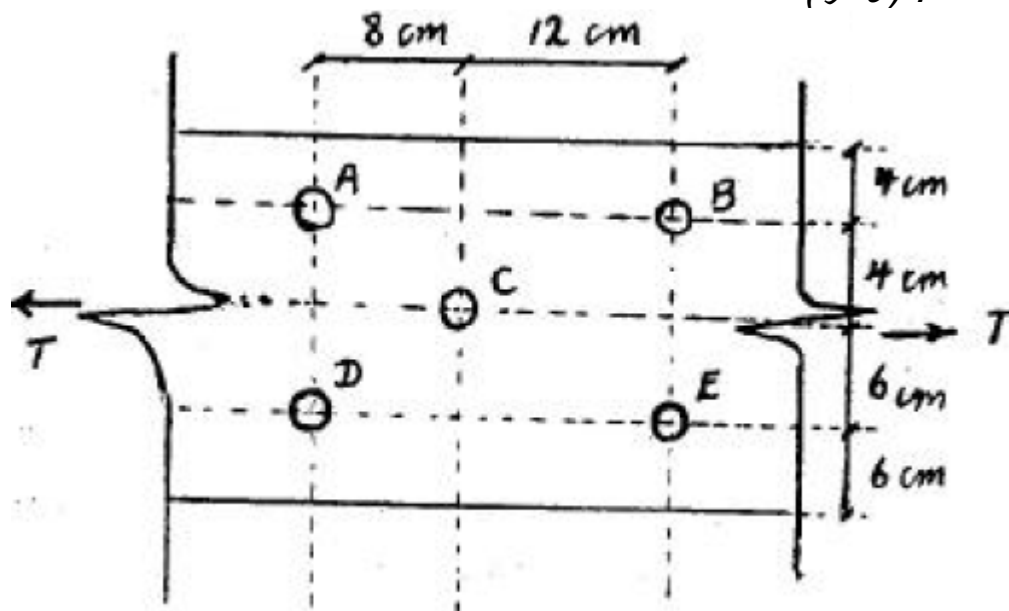
IPE270: $I_x=5790$, $I_y=420$

4- با نگر دلیل مشخص نمایید که بحرانی ترین نقطه در جوش شکل داده شده کدام نقطه است ؟ راستای نیروی P از نقطه A عبور میکند و جوش تحت ترکیب نیروی برشی و لنگر پیچشی است. (1.5 نمره)

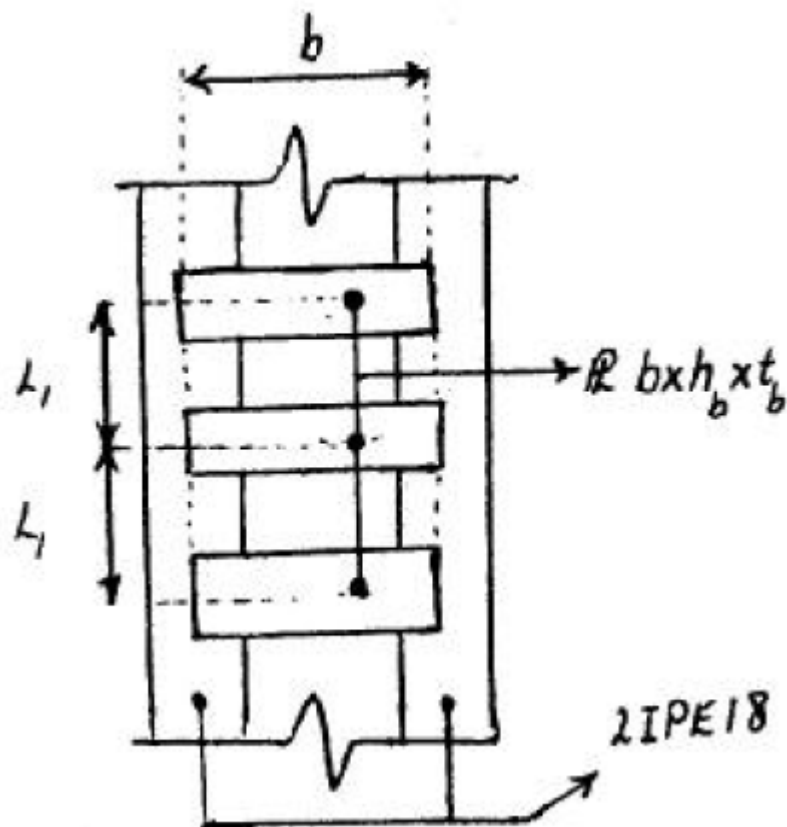


5- با فرض اینکه مسیر بین پیچهای ACE مسیر بحرانی در طراحی ورق تحت کشش زیر باشد، ماکسیمم نیروی کششی قابل انتقال توسط این ورق چقدر خواهد بود ؟ ضخامت ورق را یک سانتیمتر و قطر سوراخها را 2

سانتیمتر فرض نمایید. فولاد از نوع ST37 با تنش تسلیم 2400 و گسیختگی 3700 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. (3 نمره)



6- یک ستون مشبک با بستهای افقی قرار است نیروی برشی 5 تن و نیروی محوری 50 تن را تحمل نماید. (نیروی برشی به موازات بستهای افقی است). اگر فاصله محور تا محور بستها برابر 30 سانتیمتر و فاصله محور تا محور دو مقطع تشکیل دهنده ستون برابر 15 سانتیمتر و ضخامت بست برابر 0.8 سانتیمتر باشد، مطلوبست انتخاب ارتفاعی مناسب برای ورق بست. فولاد از نوع ST37 است. (3.5 نمره)



امتحان پایان ترم فن طراحی بناها - گروه کارشناسی مهندسی آبادانی و توسعه روستاها دانشگاه غیرانتفاعی همدان

نیمسال دوم سالتحصیلی 87-88

استفاده از جزوه، کتاب و ماشین حساب آزاد است

وقت امتحان 120 دقیقه

1- به یک تیر با دهانه ساده به طول 4.5 متر بار گسترده یکنواخت مرده 1400 کیلوگرم بر متر، و بار زنده 500 کیلوگرم بر متر وارد میشود. مطلوبست طراحی این تیر از تیر آهن تک Ipe200 به همراه دو ورق تقویتی بر روی دو بال آن به همراه کلیه کنترل‌های لازم (کنترل برش، کنترل تغییر شکل تیر برای بار زنده و مرده، محاسبه طول ورق تقویتی، بررسی فشردگی یا عدم فشردگی مقطع) از کاهش سربار زنده صرف نظر نمایید. (7 نمره)

$$\text{Ipe200: } A=28.5\text{cm}^2, S_x=194\text{cm}^3, I_x=1940\text{cm}^4$$

$$H=20\text{cm}, bf=10\text{cm} \text{ (عرض بال)}, tf=0.85\text{cm} \text{ (ضخامت بال)},$$

$$tw=0.56\text{cm} \text{ (ضخامت جان)}$$

2- به یک ستون با طول آزاد مهار نشده 4.5 متر بار محوری فشاری 45 تن وارد میشود. اگر ستون در هر دو جهت عضوی از یک قاب مهاربندی شده باشد، مطلوبست کنترل ستون از مقطع تک IPB200. نوع فولاد را ST37 با تنش تسلیم 2400kg/cm^2 در نظر بگیرید. (3 نمره)

$$\text{IPB200: } A=78.1\text{cm}^2, r_x=8.54\text{cm}, r_y=5.07\text{cm}$$

3- به یک صفحه ستون بار محوری 75 تن (ناشی از بارهای ثقیلی مرده و زنده) وارد میشود. اگر ستون از مقطع IPB24 با فولاد ST37 و ابعاد صفحه ستون 50 در 50 سانتیمتر و ابعاد پی زیر صفحه ستون 180 در 180 سانتیمتر و مقاومت فشاری بتن 210 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد، مطلوبست کنترل ابعاد و انتخاب ضخامت مناسب برای صفحه ستون با فرض آنکه در صفحه ستون از لچکی استفاده نشده باشد. (4 نمره)

(ابعاد ستون 24 در 24 سانتیمتر است)

4- در یک تیر- ستون که عضوی از یک قاب خمشی مهاربندی شده است، مقادیر لنگر خمشی دو انتها به ترتیب 5 و 6 تن متر است و هر دو لنگر به صورت ساعتگرد میباشند. مطلوب است محاسبه ضریب Cm برای این تیر- ستون. (2 نمره)

5- در یک اتصال مفصلی با نبشی نشیمن $L120*120*1.2\text{cm}$ از بعد جوش گوشه 7 میلیمتر جهت اتصال نبشی به بال ستون استفاده شده است. بال ستون دارای ضخامت 9 میلیمتر است. برای جوشکاری از الکتروود E70 استفاده شده و جوشها در کارخانه به همراه کنترل چشمی توسط افراد مجرب انجام شده است. این اتصال قرار است واکنش عمودی تیر به مقدار R را به ستون منتقل کند. محل اثر این واکنش از محل اتصال نبشی به بال ستون دارای یک خروج از مرکزیت 4 سانتیمتر است. ضمن کنترل حداقل و حداکثر بعد جوش حداکثر مقدار واکنش R که جوش توانایی انتقال آن را دارد را محاسبه کنید. فرض کنید که نبشی تنها در دو خط عمودی اتصال خود دارای جوش است و از اثر برگشت جوش در قسمت بالای آن صرف نظر کنید. (برای این منظور اثر همزمان نیروی برشی و لنگر خمشی را در نظر بگیرید). (4 نمره)

موفق باشید

جعفری

وقت امتحان: 120 دقیقه

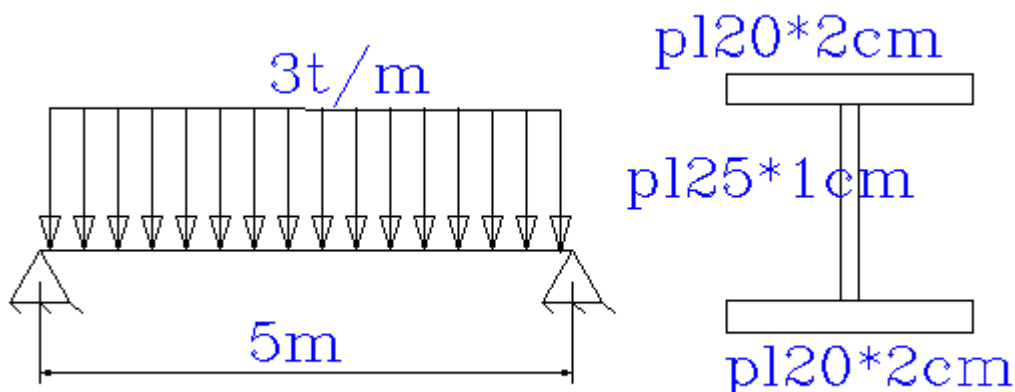
نیمسال اول 87-88

استفاده از جزوه، کتاب و ماشین حساب بلامانع است

1- به یک صفحه ستون بار محوری 50 تن وارد میشود. اگر ابعاد صفحه ستون 40*40 سانتیمتر، ابعاد پی زیر صفحه ستون 1.5*1.5 متر و مقاومت بتن 250 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد، مشخص نمایید که آیا ابعاد صفحه ستون برای تحمل تنشهای وارده بر آن مناسب میباشد یا خیر؟ ستون در وسط صفحه ستون واقع شده و فاقد لنگر خمشی میباشد. (از بقیه کنترلها صرفنظر نمایید) (3 نمره)

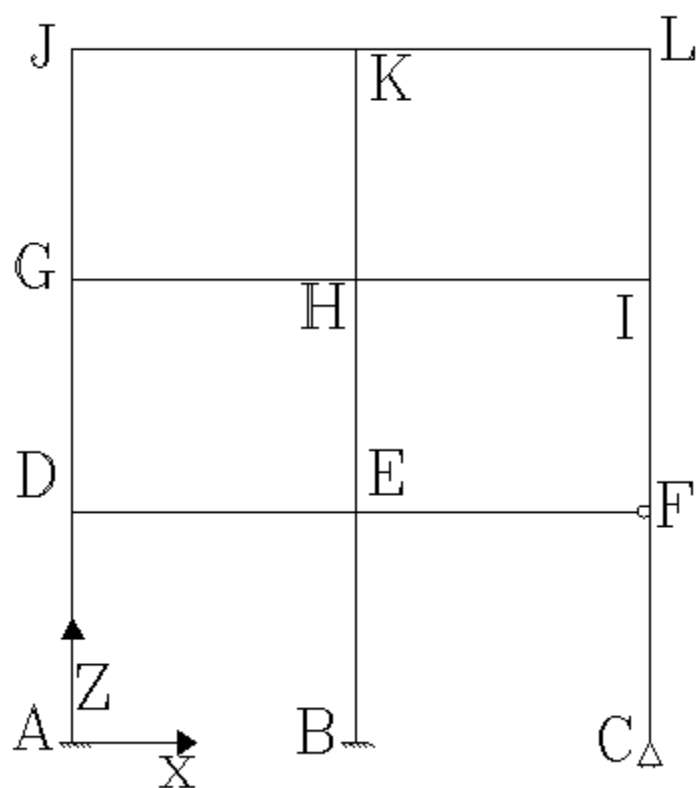
2- برای تیر با بارگذاری نمایش داده شده مطولبست کنترل تنش برشی و خمشی حداکثر در تیر، کنترل حداکثر تغییر شکل در اثر بار زنده و کنترل حداکثر تغییر شکل در اثر کل بار. از مجموع بارهای وارد بر تیر مقدار 2 تن بر متر ناشی از بارهای مرده و یک تن بر متر ناشی از بارهای زنده میباشد. (7 نمره)

$$E=2*10^6 \text{ kg/cm}^2, Fy=2400 \text{ kg/cm}^2$$



3- به یک ستون با طول آزاد مهار نشده 4 متر بار 60 تن وارد میشود. اگر ستون در هر دو جهت عضوی از یک قاب مهاربندی شده باشد، مطولبست طراحی ستون از مقطع تک IPB. نوع فولاد را ST37 با تنش تسلیم 2400kg/cm² در نظر بگیرید. (5 نمره)

4- مطولبست تعیین ضریب طول ستون EH از قاب شکل زیر. ستون طبقه اول دارای ارتفاع 3.5 متر و بقیه طبقات دارای ارتفاع 2.7 متر است. دهانه تیرها همگی 6 متر است. مقطع تمامی تیرها IPE27 و تمامی ستونها IPB400 است. ستونها و تیرها به گونه ای در قاب قرار گرفته اند که بال ستونها موازی محور X و بال تیرها موازی محور Y است. (5 نمره)



موفق باشید

جعفری

نیمسال اول سالتحصیلی 86-87

استفاده از جزوه، کتاب و ماشین حساب آزاد است

وقت امتحان 120 دقیقه

1- به یک تیر با دهانه ساده به طول 5 متر بار گسترده یکنواخت مرده 1200 کیلوگرم بر متر، و بار زنده 400 کیلوگرم بر متر وارد میشود. در سقف تیغه بندی به اندازه کافی وجود ندارد. مطلوبست طراحی این تیر از تیر آهن تک ip200 به همراه دو ورق تقویتی بر روی دو بال آن به همراه کلیه کنترل‌های لازم (کنترل برش، کنترل تغییر شکل تیر برای بار زنده و مرده، کنترل نسبت ارتفاع به طول دهانه تیر، محاسبه طول ورق تقویتی، بررسی فشردگی یا عدم فشردگی مقطع) از کاهش سربار زنده صرفنظر نمایید. (5 نمره)

$$I_{pe200}: A=28.5cm^2, S_x=194cm^3, I_x=1940cm^4$$

$$H= 20cm, bf= 10cm \text{ (عرض بال)}, tf=0.85cm \text{ (ضخامت بال)},$$

$$tw=0.56cm \text{ (ضخامت جان)}$$

2- به یک ستون با طول آزاد مهار نشده 5 متر بار 45 تن وارد میشود. اگر ستون در هر دو جهت عضوی از یک قاب مهاربندی شده است، مطلوبست طراحی ستون از مقطع تک IPB. نوع فولاد را ST37 با تنش تسلیم $2400kg/cm^2$ در نظر بگیرید. (5 نمره)

3- برای یک ستون 8 طبقه سطح بارگیر از طبقه اول تا پنجم برابر 20 متر مربع و برای طبقات 6 تا هشتم برابر 15 متر مربع میباشد. اگر بار زنده طبقات اول و دوم 500 کیلوگرم بر متر مربع و و طبقات سوم تا هفتم 250 کیلوگرم بر متر مربع و بار زنده طبقه آخر (بام) 150 کیلوگرم بر متر باشد، مطلوبست محاسبه بار محوری زنده ستون در طبقات اول تا سوم با احتساب کاهش سربار (5 نمره)

4- به یک صفحه ستون بار محوری 65 تن (ناشی از بارهای ثقلی مرده و زنده) وارد میشود. اگر ستون از مقطع IPB24 با فولاد ST37 و ابعاد صفحه ستون 50 در 50 سانتیمتر و ابعاد پی زیر صفحه ستون 150 در 150 سانتیمتر و مقاومت فشاری بتن 210 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد، مطلوبست کنترل ابعاد و انتخاب ضخامت مناسب برای صفحه ستون با فرض آنکه در صفحه ستون از لچکی استفاده نشده باشد. (5 نمره)

موفق باشید

جعفری

نمونه سوال امتحانی ماحل تشریحی

Subject :

Year. Month. Date. ()

نیمسال اول ۹۰-۸۹

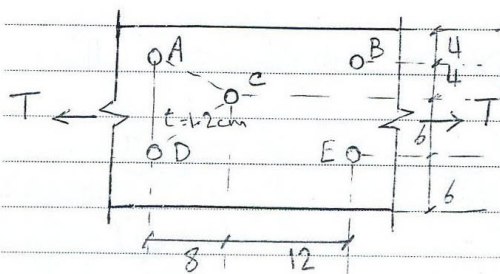
مسئله: در شکل زیر مطلوب است محاسبه بر حداقل نیروی کشش تیر

بافمن آن که ورق از فولاد St 37 و ضخامت ۱.۲ cm و مورخه به قطر

۲.۲ cm و به سلیس پانچ ایجاد شده باشد.

ورق غاسی داده شده در شکل را یک ورق اتصال کشش فرض کنید

نیازی به کنترل برش قالب نیست.



$$T = \min(0.6 F_y A_g \text{ و } 0.5 F_u A_e)$$

$$F_y = 2400 \text{ و } F_u = 3700$$

$$A_g = 20 \times 1.2 = 24 \text{ cm}^2$$

$$A_e = U A_n$$

$$A_e = A_n \leq 0.85 A_g \text{ (وق اتصال)}$$

AD

$$A_n = 24 - 2(2.2 + 0.2) \times 1.2 = 18.24$$

ADC

$$A_n = 24 - 3(2.2 + 0.2) \times 1.2 + \frac{8^2}{4 \times 6} \times 1.2 + \frac{8^2}{4 \times 4} \times 1.2$$

$$A_n = 23.36$$

ACE

$$A_n = 24 - 3(2.2 + 0.2) \times 1.2 + \frac{8^2}{4 \times 4} \times 1.2 + \frac{12^2}{4 \times 6} \times 1.2 = 27.36$$

MASOOMY

197

Subject :

Year. Month. Date. ()

BCE

در واقع به ACD جبران نیست

$$\Rightarrow A_n = 18.24$$

$$A_e = 18.24 \leq 0.85 A_g = 20.4 \quad \checkmark$$

$$T = \min(0.6 \times 2400 \times 24, 0.5 \times 3700 \times 18.24)$$

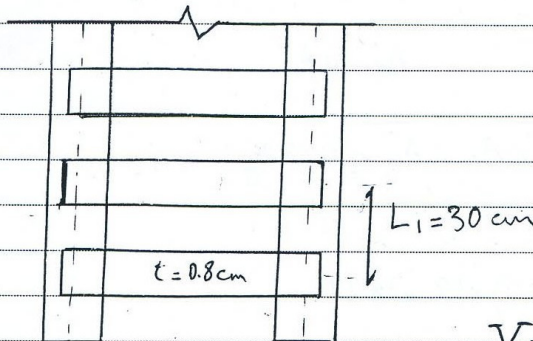
$$= \min(34560, 33744) = 33744 \text{ Kg}$$

مثال: یک ستون مسلح با سبب لحظی افقی قرار است نیروی برشی 5 ton در امتداد محوری که

موازی سبب لحظی باشد و نیروی فشاری 50 ton را تحمل کند، مطلوب است طراحی

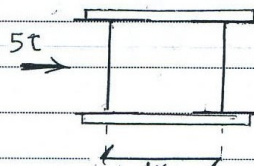
ارتفاع سبب لحظی.

(این مثال باید از وسط حل شود.)



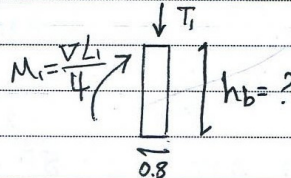
$$V = 0.02 P + V_x = 0.02 \times 50000$$

$$+ 5000 = 6000 \text{ Kg}$$



MASOOMY

$$b = 15 \text{ cm}$$



$$T_i = \frac{V L_1}{2b} = \frac{6000 \times 30}{2 \times 15}$$

$$\Rightarrow T_i = 6000 \text{ Kg}$$

Subject :

Year. Month. Date. ()

$$M_1 = \frac{6000 \times 30}{4} = 45000 \text{ Kg-cm}$$

$$f_r = \frac{1.5 T_1}{t \times h_b} = \frac{1.5 \times 6000}{0.8 \times h_b} \leq 0.4 F_y = 960 \Rightarrow h_b \geq 11.7 \text{ cm}$$

$$f_b = \frac{M_1}{S} = \frac{6 M_1}{t \cdot h_b^2} = \frac{6 \times 45000}{0.8 \times h_b^2} \leq F_b = 0.6 F_y \Rightarrow h_b \geq 15.3 \text{ cm}$$

$$h_b \geq \max(11.7, 15.3) = 15.3 \Rightarrow h_b = 16 \text{ cm} \geq \frac{20}{2} = 10$$

h_b باید از نصف عرض ورق نیست پس باید ۱۰

مثلاً اگر عرض ورق ۲۰ باشد، ارتفاع ورق باید از ۱۰ بیشتر باشد.

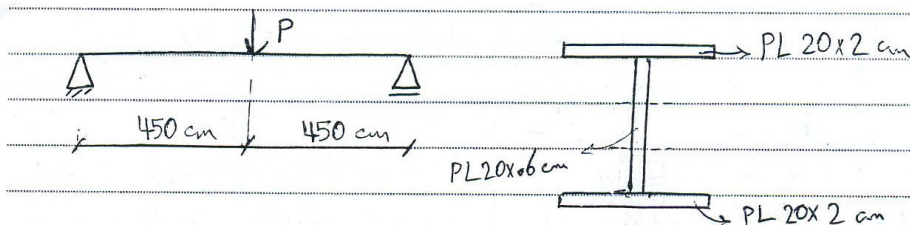
مثال: در تیر فایب راده شده در شکل زیر با توجه به مقاطع که برای تیر فایب راده شده است

مطلوب است

الف) محاسبه حداکثر مقدار عجز P با توجه به اینکه بار فشرکشی تیر در دو گانه

و در زیر بار ممتد که دارای گانه جانبی است؟

نیازی به کنترل عجز و ارتعاش در تیر نیست و اتصال بال به جان پیوسته است



MASOOMY

192

Year.	Month.	Date.	()
-------	--------	-------	-----

عضو غیر محسوب شدہ وینازس بہ لحاظ کریں کہ انہیں برقی جان نیست

کستل فشر و کستل مقطع:

افضل سراسری بال بھجان است

$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{20}{2 \times 2} = 5 \leq \frac{545}{\sqrt{F_y}} = 11.1 \checkmark$
 $\frac{h}{t_w} = 33.3 \leq \frac{5365}{\sqrt{F_y}} = 110 \checkmark$

مدرسہ عالیہ جامعہ اسلامیہ

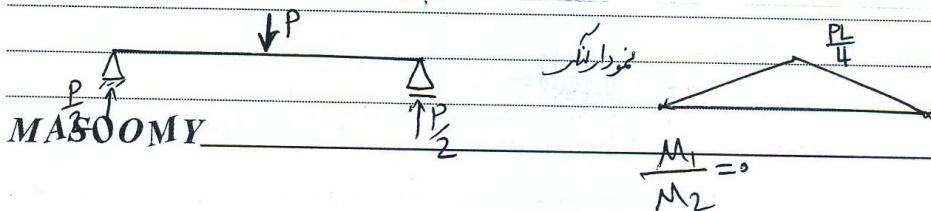
کتابت تفایات مہاجرین و ہجرت:

$$L = 450 \leq \min \left(\frac{635 b_f}{\sqrt{F_y}}, \frac{14 \times 10^5}{\left(\frac{d}{A_f} \right) F_y} \right)$$

$$= \min \left(\frac{635 \times 20}{\sqrt{2400}}, \frac{14 \times 10^5}{\left(\frac{24}{2400} \right) 2400} \right) = \min(259, 243)$$

کمرنسیت در نتیجه مهارت های خاص 20x2 80 درصد است

مجلس محاسبی تفتیش مجاز خشیما از روابط (۵-۱-۱۰-۳۵-۵-۱-۱۰)



Subject :

Year. Month. Date. ()

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 = 1.75$$

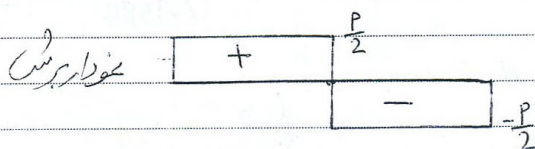
رابطه ۱-۱-۸-۸

$$F_b = \frac{84 \times 10^4 C_b}{\left(\frac{L_d}{A_f} \right)} = \frac{84 \times 10^4 \times 1.75}{\left(\frac{450 \times 24}{20 \times 2} \right)} = 5444 \neq 1440$$

$$\Rightarrow F_b = 1440$$

نیازی به محاسبه دوار طبقه نیست

محاسبه P بر اساس معیار تنش:



$$f_b = \frac{M}{S} \leq F_b = 1440$$

$$S = \frac{I}{c} \rightarrow \text{مقاومت خمشی}$$

$$I = \sum (I_i + A_i d_i^2) = \left(\frac{1}{12} \times 6 \times 20^3 \right) + 2 \times \left(\frac{20 \times 2^3}{12} + (20 \times 2) \times 11^2 \right) = 10107 \text{ cm}^4$$

$$\Rightarrow S = \frac{10107}{\frac{20}{2} + 2} = 842 \text{ cm}^3$$

$$f_b = \frac{P \times 900}{4 \times 842} \leq 1440 \Rightarrow P \leq 5389 \text{ kg}$$

کنترل تنش برشی

$$f_v = \frac{V}{A_w} = \frac{5389}{6 \times 24} = 374 \leq 0.4 F_y = 960 \checkmark$$

$$\Rightarrow P \leq 5389 \text{ kg} \quad \text{جواب مسئله}$$

MASOOMY

اگر جواب غیر بار، P را بر اساس معیار تنش بدست می آوریم.

198

Subject :

Year. Month. Date. ()

ب) طراحی ورق زیر برش جباری زیر محل اثر بار متمرکز در وسط تیر و با فرض آن که

$$P = 15 \text{ تن باشد}$$

مقطع تعیین طول ورق کفایت نکند، مقدار $K = 3 \text{ cm}$ فرض باشد.

$$450 \geq d = 24$$

کنترل تسلیم موضعی جان

$$\frac{R}{t_w(N+5K)} \leq 0.66 F_y$$

$$\frac{15000}{0.6(N+5 \times 3)} \leq 0.66 \times 2400 = 1584 \Rightarrow N \geq \frac{15000}{0.6 \times 1584} - 15 = 7.78$$

$$\Rightarrow N \geq K \Rightarrow N = 3 \text{ cm}$$

$$N = 10 \text{ cm} \text{ حداقل اجزای}$$

$$450 \geq \frac{d}{2} = \frac{24}{2} = 12$$

کنترل لبه کمر جان

$$R \leq 566 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \times \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{F_{yw} \times \frac{t_f}{t_w}}$$

$$R = 15000 \leq 566 \times 6^2 \left[1 + 3 \times \frac{10}{24} \times \left(\frac{6}{2} \right)^{1.5} \right] \sqrt{2400 \times \frac{2}{6}}$$

$$15000 \leq 21968 \quad \checkmark$$

ج) اگر به جای مقطع نایلی داره شده از مقطع IPE400 به صورت زنجیری بایزن

استفاده شده باشد، مطلوبیت تعیین حداکثر مقدار مجاز بار P بدون اینکه نیازی

به بر کردن سوراخ نباشد. در این حالت فرض کنید انکاس جانبی برابر

MASOOMY

Subject :

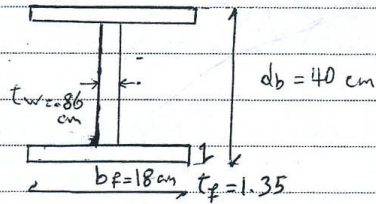
Year.

Month.

Date.

()

برای بال فشاری تیر زنبوری وجود دارد.



جول مایزر

$$d_y = 60 \text{ cm}$$

$$I_x = 53700$$

$$S_x = 1790$$

$$d_T = \frac{h_1}{4} = \frac{d_b}{4} = 10 \quad b = \frac{h_1}{4} = 10$$

$$e = \frac{h_1}{2} = 20 \quad S = 1.5 h_1 = 60$$

$$h = \frac{h_1}{2} = 20 \quad \phi = 63^\circ$$

① تنش مجاز خشی

با توجه به بار جانبی

$$F_b = 0.6 F_y = 1440$$

تیرا بار جانبی

IPE 400

② انتخاب برش

$$d_T \leq \frac{V}{2 t_w F_v} = \frac{V}{2 t_w (0.4 F_y)} \quad \text{③}$$

$$V = \frac{P}{2}$$

$$10 \geq \frac{\frac{P}{2}}{2 \times 0.86 \times 960} \Rightarrow P \leq 33204$$

حد P به صورت هر اگر هم کوچکتر باشد آن مقدار مورد نیاز است

MASOOMY

149