طراحی سازه‌های فولادی (ویژه کنکور کارشناسی ارشد عمران

۱- کلیات ۲
۱-۱- مشخصات فیزیکی فولاد ۲
۱-۲- تورق ۷
۱-۳- روشهای طراحی ۸
۱-۴- اعضای ساختمانی و سیستم های باربر جانبی ۱۰
۲- سیستم دوگانه ۱۰
۳- اعضای کششی ۱۱
۳-۱- کنترل تسلیم در مقطع کل ۱۲
۳-۲- کنترل گسیختگی در محل سوراخ ۱۳
۳-۳- سطح مقطع خالص ۱۴
۳-۴- تاخیر برشی و سطح مقطع موثر ۲۲
۳-۵- کنترل برش قالبی ۲۸
۳-۶- کنترل لاغری (سرویس دهی) ۲۹
۳-۷- میل مهار سوله ها ۳۱
۴- ستونها ۳۴
۴-۱- ضریب K ۳۵
۴-۲- طول کمانش ستونها در قابها ۳۹
۴-۳- مفهوم ضریب G و تاثیر آن بر ضریب K ۴۸
۴-۴- تنش های پسماند ۵۲
۴-۵- تاثیر تنش های پس ماند بر رفتار غیرخطی اعضای کششی و فشاری ۵۳
۴-۶- تاثیر تنش پسماند بر مقاومت کششی و مقاومت فشاری اعضا ۵۴
۴-۷- کمانش ارتجاعی و کمانش غیر ارتجاعی ۵۶
۴-۸- تنش مقاوم ستونها ۵۷
۴-۹- ستونهای بست دار ۶۲
۵- تیر ۷۱
۵-۱- تعریف تیر ۷۳
۵-۲- لنگر تسلیم و لنگر پلاستیک ۷۴
۵-۳- کمانش موضعی ۷۷
۵-۴- نحوه منظور کردن تاثیر کمانش موضعی در روابط آیین نامه ۸۰
۵-۵- کمانش پیچشی جانبی ۸۳
۵-۶- تاثیر دیاگرام لنگر بر مقاومت پیچشی جانبی ۸۷
۵-۷- صفحات تقویتی ۹۰
۵-۸- کاهش لنگر ۹۲
۵-۹- کنترل خیز و ارتعاش در تیرها ۹۵
۵-۱۰- تیر نعل درگاهی ۹۹

۵-۱۱- سقف مختلط (سقف کامپوزیت یا سقف مرکب) ۱۰۰
۵-۱۲- تیر لانه زنبوری ۱۰۲
۵-۱۳- برش تیر ۱۰۳
۵-۱۴- نحوه منظور کردن تاثیر کمانش جان در روابط آیین نامه ۱۰۵
۵-۱۵- پیچش ۱۰۸
۵-۱۶- خمش دو محوره ۱۱۱
۶- تیرستون ۱۱۴
۶-۱- اثر $P-\Delta$ و $P-\delta$ ۱۱۴
۶-۲- ترکیب خمش و نیروی محوری ۱۱۸
۷- جوش ۱۲۳
۷-۱- مقاومت جوش گوشه ۱۲۶
۸- پیچ ۱۳۷
۸-۱- مراحل کنترل اتصال اتکایی ۱۳۹
۸-۲- کنترل اتصال اصطکاکی ۱۴۳
۹- اتصالات ۱۵۴
۱۰- ورق پای ستون (Base plate) ۱۶۳
۱۱- تیرورق ها ۱۶۸
۱۱-۱- انواع کمانش‌ها ۱۶۸
۱۱-۲- ناحیه اتصال (panel zone) ۱۷۱
۱۱-۳- اثر بار متمرکز ۱۷۲

مقدمه

داوطلب گرامی ضمن آرزوی پیروزی برای شما قبل از استفاده از جزوه مطالب زیر را مطالعه بفرمایید:

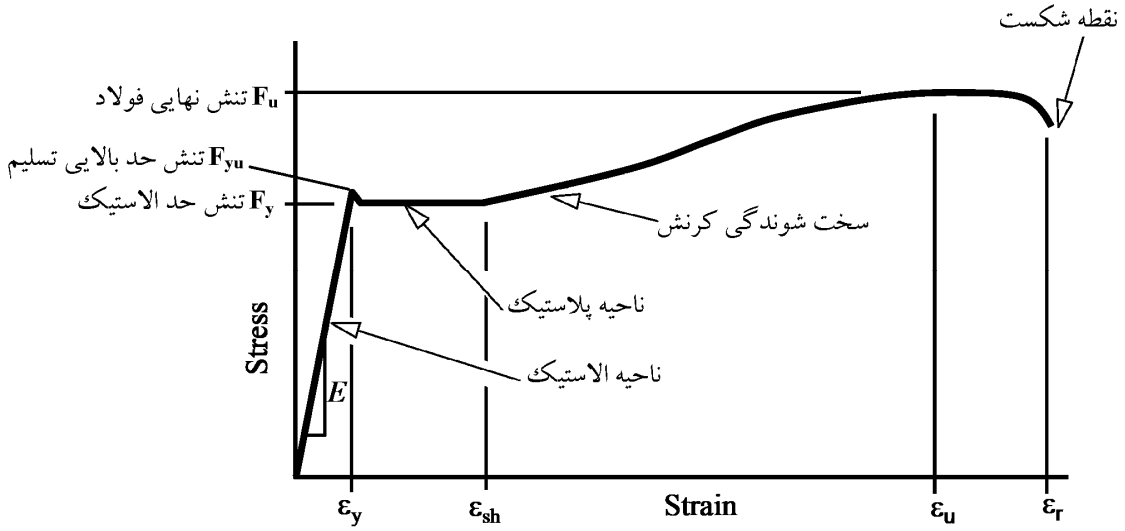
- ✓ **این جزوه جهت تدریس سرکلاسی و افزایش سرعت تدریس تهیه شده و بنابراین کامل نیست! برخی از مطالب توضیح داده نشده و پاسخ برخی تستها ناقص است. داوطلبان کنکور بهتر است از منابع مختلفی که موجود است نیز استفاده کنند**
- ✓ **با توجه به حذف کامل روش ASD از مبحث دهم ایران احتمال می رود مبنای طراحی تست ها روش LRFD باشد. متاسفانه تست های سالهای قبل همگی بر اساس روش ASD می باشند و به همین جهت در این درس از لحاظ بانک تست کمبود وجود دارد. در این جزوه سعی شده است تا حد امکان تفاوت های دو روش در حل تست ها بیان شود.**
- ✓ **کتاب مرجع: جلد پنجم طراحی سازه های فولادی نوشته دکتر ازهری و دکتر میرقادری (به روش LRFD)**
- ✓ **کتاب تست: در حال حاضر کتاب سازه های فولادی نوشته دکتر فنایی و آهنگر (انتشارات سری عمران و سیمای دانش) کاملترین کتاب تست فولاد می باشد (البته متاسفانه بر اساس روش ASD می باشد).**
- ✓ **این جزوه در فرصت های مناسب ویرایش و کامل تر خواهد شد (تاریخ ویرایش جزوه در قسمت فوقانی صفحات درج شده است).**
- ✓ **استفاده از جزوه با ذکر منبع آن (www.hoseinzadeh.net) بلامانع است.**
- ✓ **مسلما جزوه خالی از اشتباه نیست. در صورتی که به اشتباهی برخوردید، ممنون می شوم که از طریق hoseinzadeh.m@gmail.com دهید تا در ویراش بعدی اصلاح شود.**
- ✓ **علاوه بر این جزوه، جزوات بتن، مقاومت و تحلیل و جزوات و مطالب مفید دیگر را می توانید از سایت اینجانب (www.hoseinzadeh.net) دانلود نمایید.**

حسین زاده اصل

۱۳۹۳/۳/۱۶

۱- کلیات

۱-۱- مشخصات فیزیکی فولاد



رفتار فولاد تا کدام نقطه به صورت خطی است (شیب منحنی تنش-کرنش تا این نقطه به صورت خط راست می‌باشد)؟

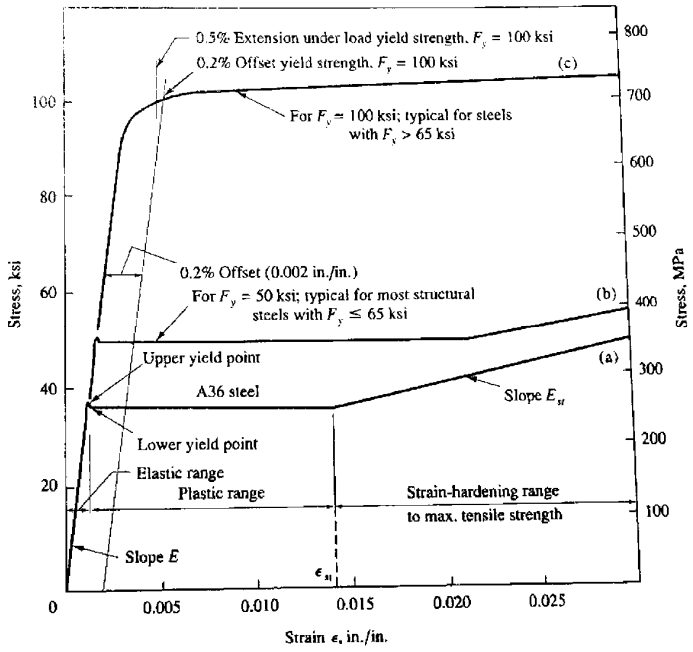
رفتار فولاد تا کدام نقطه به صورت الاستیک است و هنگام بار برداری، برگشت منحنی دقیقا مطابق منحنی اولیه (منحنی بارگذاری) می‌باشد؟

F_{yu}: این نقطه حد بالای تسلیم را نشان می‌دهد. پس از این نقطه یک پله تسلیم خواهیم داشت و پس از پله تسلیم به نقطه‌ای می‌رسیم که در شکل با F_y نشان داده شده است.

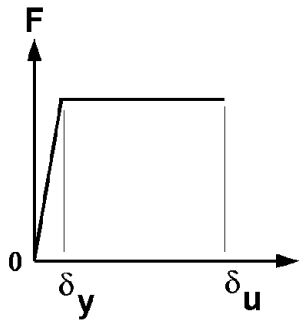
کدام نقطه نشان دهنده تنش تسلیمی است که به عنوان مشخصه اصلی فولاد بیان می‌شود (این مقدار برای فولاد نرمه موجود در ایران معمولا برابر $2400\ kg/cm^2$ می‌باشد)؟

آیا E فولاد بستگی به مقدار F_y آن دارد؟ E فولاد برعکس بتن، بستگی به F_y ندارد و برای فولادهای با مقاومت بالاتر مقدار E تغییر نمی‌کند.

نکته: منحنی فوق مربوط به فولاد نرمه ساختمانی با $F_y=2400\ kg/cm^2$ می‌باشد. در منحنی های مربوط به فولادهای با مقاومت بالاتر پله تسلیم نداریم:



شکل‌پذیری(نرمی):



اگر نمودار تنش- کرنش فولاد را داشته باشیم و از ما شکل پذیری آن را بخواهند؟

خواهیم گفت شکل پذیری برابر است با نسبت کرنش نهایی به کرنش تسلیم : $\mu = \frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y}$

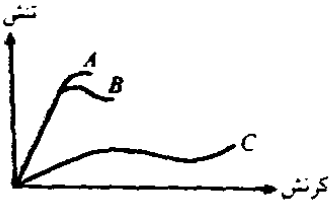
و اگر به جای نمودار تنش کرنش، نمودار نیرو تغییر مکان را داشته باشیم می توان گفت که شکل پذیری برابر است با نسبت تغییر شکل نهایی به تغییر شکل تسلیم: $\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y}$

فرق δ_u **و** δ_y **در شکل روبرو چیست؟**

فرض کنید می خواهیم یک عضو سازه ای را خم کنیم. برای این کار باید به آن نیرو وارد کنیم (محور قائم نمودار). با وارد کردن نیرو عضو تغییر شکل می دهد و با افزایش نیرو به تغییر شکل δ_y **می رسیم که به آن تغییر شکل متناظر با نقطه تسلیم عضو گویند. به این دلیل به آن تسلیم می گویند که از این نقطه به بعد، برای افزایش تغییر شکل دیگر لازم نیست نیرو را افزایش دهیم بلکه با ثابت نگه داشتن نیرو، تغییر شکل افزایش می یابد و در واقع عضو تسلیم ما شده است! (قسمت افقی نمودار). در این حالت عضو مانند یک آدامس به راحتی (تحت نیروی ثابت) کش می آید! تا برسیم به تغییر شکل** δ_u **که به آن تغییر شکل نهایی گویند و با رسیدن به آن عضوگسیخته (پاره) می شود.**

نکته: طبق آیین نامه زلزله ایران نسبت $\frac{F_u}{F_y}$ **نباید کمتر از ۱,۳ باشد.**

۴- نمودار تنش - کرنش سه نوع فولاد در شکل داده شده است. کدام نوع فولاد شکل‌پذیرتر می‌باشد؟ (آزاد ۷۹)



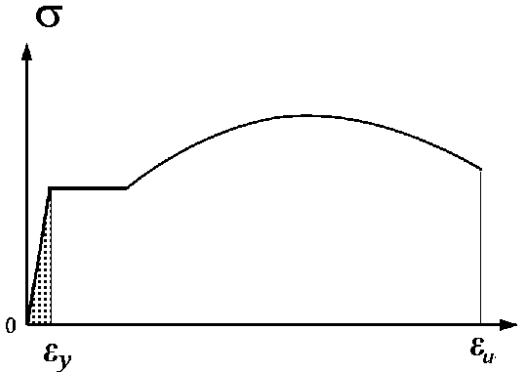
۱) A

۲) B

۳) C

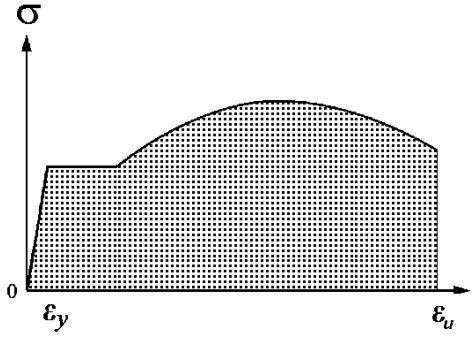
۴) هر سه نوع فولاد شکل‌پذیری یکسانی دارند.

گزینه ۳ صحیح است. فولاد A **از همه ترد تر است و اگر به صورت چشمی به نمودار نگاه کنیم شکل پذیری آن حدودا** 1.5 **است. و شکل پذیری فولاد** B **حدودا ۲ است ولی شکل پذیری فولاد** C **بیشتر از ۲ است. دقت شود که معیار نسبت کرنش نهایی به کرنش تسلیم است.**



ضریب فنریت:

برابر است با سطح زیر منحنی تنش-کرنش تا ناحیه ارتجاعی (مساحت قسمت هاشور خورده در شکل) و بیانگر میزان جذب انرژی در ناحیه ارتجاعی می باشد.



سفتی (چقرمگی):

برابر است با سطح زیر منحنی تنش-کرنش تا ناحیه گسیختگی و بیانگر میز جذب انرژی ماده می باشد.

$$\left\{\begin{array}{c}\text{شکل پذیری} \downarrow \\ \text{جوش پذیری} \downarrow \\ F_y \uparrow \\ \mathrm{F_u} \uparrow\end{array}\right\} \leftarrow \text{افزایش درصد کربن}$$

$$\left\{\begin{array}{c}\text{شکل پذیری} \uparrow \\ \mathrm{E} \downarrow \\ F_y \downarrow \\ \mathrm{F_u} \downarrow\end{array}\right\} \leftarrow \text{افزایش حرارت}$$

نکته: حرارت فولاد را شل می کند! و در نتیجه E فولاد (که نشان دهنده سختی آن است) و نیز تنش تسلیم و تنش نهایی (که نشان دهنده مقاومت آن است) کاهش می یابند.

نکته: با مقایسه موارد فوق می توان گفت‌تاثیر کربن برعکس حرارت است. البته با تغییر درصد کربن، مقدار E فولاد تقریبا ثابت می ماند ولی با افزایش حرارت، مقدار E کاهش می یابد.

$$\text{تردشکنی} \uparrow\leftarrow \left\{\begin{array}{c}\text{بارگذاری دینامیکی} \\ \text{جوشکاری} \\ \text{وجود پارگی یا زدگی} \\ \text{تنش چند محوره}\end{array}\right\}$$

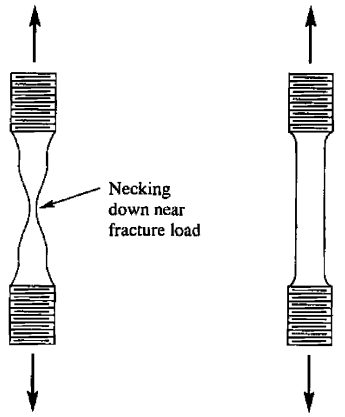
هر عاملی که اجازه تغییرشکلهای بزرگ را به فولاد ندهد موجب افزایش تردشکنی و کاهش شکل پذیری می شود:

بارگذاری دینامیکی به فولاد فرصت تغییر شکلهای بزرگ نمی دهد و باعث می شود شکست آن ناگهانی و ترد باشد.

اگر پارگی یا زدگی یا ترک در فولاد داشته باشیم، بدون اینکه اجازه داده شود بقیه نقاط عضو تسلیم شده و تغییرشکل های بزرگ انجام دهند، در آن نقطه تمرکز تنش ایجاد شده و باعث شکست یا خرابی به صورت ناگهانی از آن نقطه می شود.

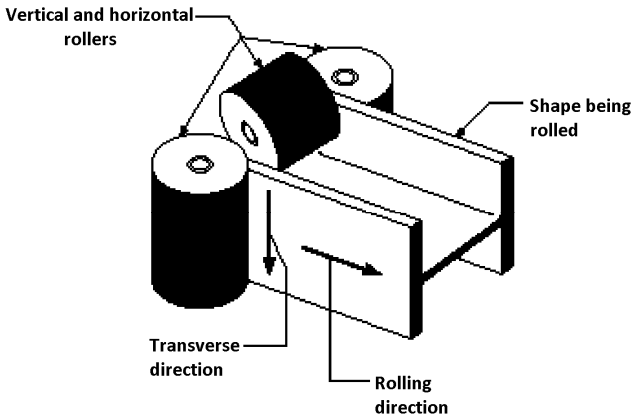
جوشکاری باعث ایجاد تنش های پس ماند شده و ترد شکنی را افزایش می دهد.

گلویی شدن (باریک شدگی) قبل از خرابی:

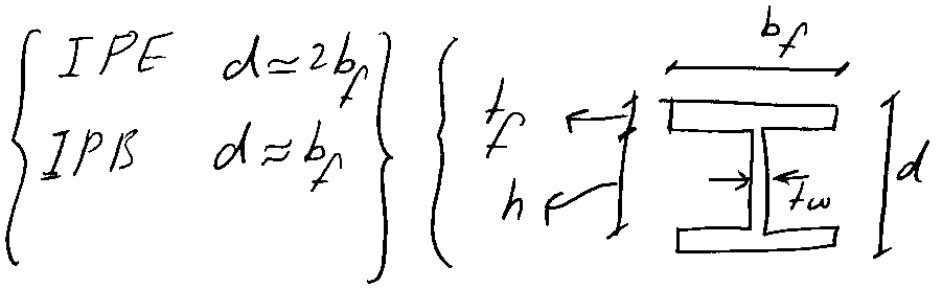


فولاد گرم نوردیده (فولاد با نورد گرم)؟

اعضای گرم نوردیده: اعضای فولادی هستند که پس از ذوب شدن در کوره ذوب آهن وقتی به حالت خمیری درآمدند، از لای غلتکهایی عبور داده می شوند تا به شکل های مختلف (مثلا I شکل) در آیند.



نامگذاری ابعاد مقطع I شکل:



۱- کدام‌یک از موارد زیر در مورد فولاد ساختمانی صحیح است؟ (مهندسی ۷۷)

۱) هرچه مقاومت نهایی نسبت به مقاومت جاری‌شدن فولاد بزرگتر باشد، شکل‌پذیری آن بیشتر است.

۲) هرچه تغییرشکل نسبی گسیختگی فولاد نسبت به تغییرشکل نسبی تسلیم بیشتر باشد، شکل‌پذیری آن بیشتر است.

۳) هرچه سطح زیر منحنی تنش - کرنش فولاد از شروع بارگذاری تا نقطهٔ گسیختگی بزرگتر باشد شکل‌پذیری بیشتر است.

۴) هرچه میزان کربن، فسفر و گوگرد در آلیاژ فولاد بیشتر باشد، شکل‌پذیری آن بیشتر است.

گزینه ۲ صحیح است.

گزینه ۱ غلط است چون شکل پذیری به تغییرشکل بستگی دارد نه مقاومت!

گزینه ۳ تعریف سفتی است نه شکل پذیری.

گزینه ۴ غلط است چون با افزایش کربن شکل پذیری کاهش می یابد.

چنانچه فولاد در برابر حرارت قرار گیرد: (آزاد ۸۱)

۱) مقاومت تسلیم آن کاهش می‌یابد. ۲) مقاومت تسلیم آن افزایش می‌یابد.

۳) مقاومت تسلیم آن تغییری نمی‌کند. ۴) مقاومت تسلیم به حد جاری‌شدن می‌رسد.

گزینه ۱ صحیح است. در اثر حرارت مقاومت تسلیم کاهش می یابد. بنابراین از این نظر سازه های فولادی در مقابل آتش سوزی آسیب پذیر تر از سازه های بتنی می باشند.

با افزایش مقدار کربن در آلیاژ فولاد: (هواهری ۷۰ و نظام مهندسی)

۱) جوش‌پذیری فولاد بهتر می‌شود.
۲) فولاد شکننده شده، مقاومت آن افزایش یافته و جوش‌پذیری آن کاهش می‌یابد.
۳) فولاد شکننده شده، شکل‌پذیری آن افزایش یافته و جوش‌پذیری آن کاهش می‌یابد.
۴) هیچ تأثیری در خواص فولاد به‌وجود نمی‌آید.

گزینه ۲ صحیح است

سازه‌های فولادی که در مقابل بارهای دینامیکی قرار می‌گیرند، ..... (آزاد ۷۷)

۱) شکنندگی ترد آنها کاهش می‌یابد.
۲) تغییری در شکنندگی ترد آنها اتفاق نمی‌افتد.
۳) شکنندگی ترد آنها افزایش می‌یابد.
۴) خمیدگی آنها افزایش می‌یابد.

گزینه ۳ صحیح است.

تمرین:

(آزاد ۷۷)

فولاد در مقابل حرارت:

۱) به ضریب الاستیسیتهٔ آن اضافه می‌شود.
۲) به مقاومت کشش نهایی آن افزوده می‌شود.
۳) هیچ‌کدام
۴) ضریب الاستیسیتهٔ آن کاهش می‌یابد.

گزینه ۴ صحیح است.

تالیفی (حسین زاده-آزمون ماهان ۸۸)

۱۱۱- فولاد پر مقاومت با $F_y = ۴۰۰۰ \frac{kg}{cm^۲}$، نسبت به فولاد نرمه ساختمانی با $F_y = ۲۰۰۰ \frac{kg}{cm^۲}$:

۱)دارای مدول الاستیسیته بیشتری است.
۲)دارای کرنش نهایی بیشتری است.
۳)دارای کرنش تسلیم بیشتری است.
۴)دارای شکل‌پذیری بیشتری است.

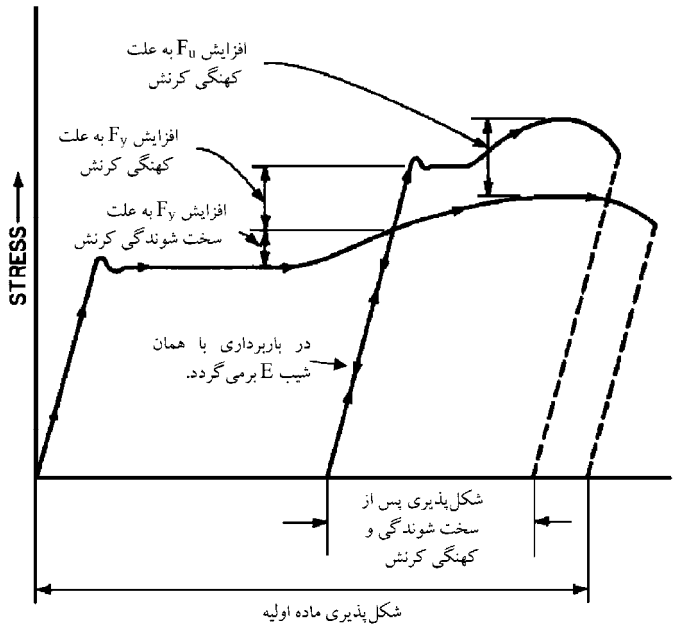
۱۱۱- گزینه ۳ صحیح است.

مدول الاستیسیته فولاد برای انواع فولاد ثابت فرض می‌شود و متغیر نیست.

با افزایش مقاومت فولاد، شکل‌پذیری آن و کرنش نهایی آن (ε_u) کاهش می‌یابند کرنش تسلیم فولاد از رابطه $\varepsilon_y = \frac{F_y}{۲\times ۱۰^۶}$ محاسبه می‌شود که با افزایش F_y مقدار کرنش تسلیم نیز افزایش می‌یابد.

اثر باوشینگر:

اثر کهنگی کرنش



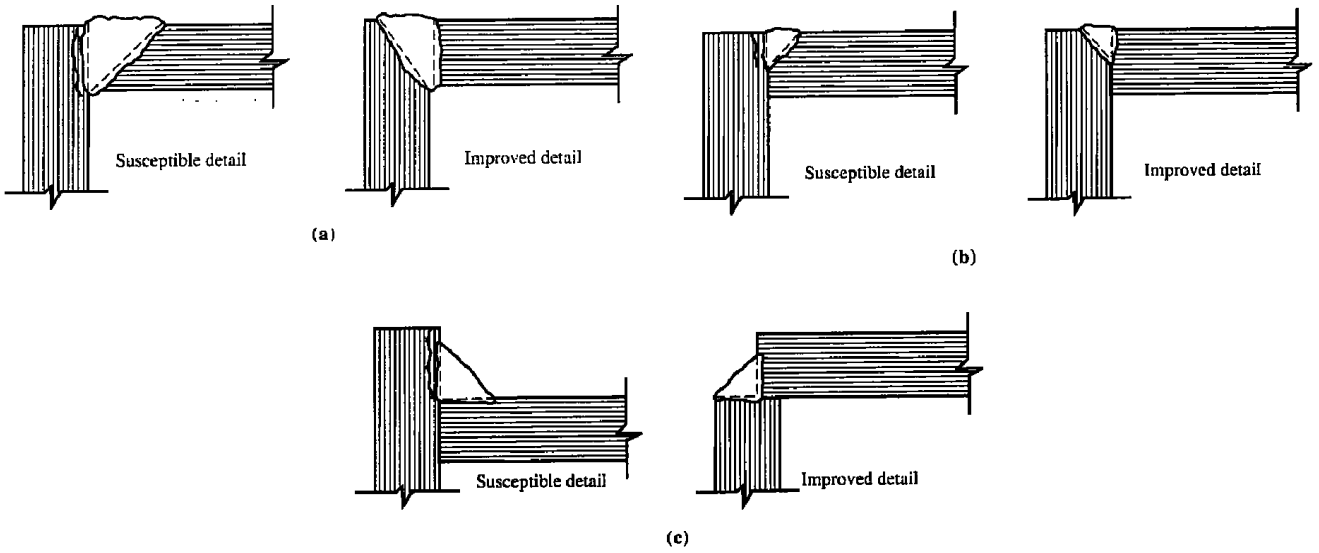
اگر فولاد نرمه را تا پایان مرحله جاری‌شدن (تسلیم) تحت کشش قرار دهیم و بعد آزاد کنیم: (نظام مهندسی)

۱) فولاد مقاومت خود را از دست می‌دهد.
۲) فولاد تنش تسلیم بیشتری را بدست می‌آورد.
۳) در شکل‌پذیری فولاد تغییری به‌وجود نمی‌آید.
۴) ضریب ارتجاعی فولاد تغییر نمی‌یابد.

گزینه ۴صحیح است . اعمال بارگذاری های مختلف مدول الاستیسیته ارتجاعی فولاد را تغییر نمی دهد یعنی در هر نقطه از بارگذاری اگر عضو را آزاد کنیم (باربرداری)، و مجددا بخواهیم بارگذاری کنیم، شیب نمودار باربرداری و بارگذاری مجدد هر دو برابر E اولیه فولاد خواهد بود.

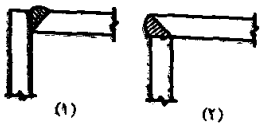
اگر می گفت تا ناحیه سخت شوندگی کرنش بارگذاری کرده و آزاد کرده ایم، گزینه ۲ هم صحیح می شد.

۱-۲- تورق



(نظام مهندسی)

کدام‌یک از دو وضعیت جوشکاری زیر صحیح‌تر است؟



۱) هر دو گزینه یکسان هستند.
۲) گزینهٔ (۱)
۳) گزینهٔ (۲)
۴) هیچ‌کدام

گزینه ۳

اثر خستگی

اگر عضوی تحت اثر سیکل های بارگذاری و باربرداری زیاد قرار گیرد (مانند سازه پلها که هر بار با عبور ماشین یک سیکل بارگذاری و باربرداری را تجربه می‌کنند) تنش تسلیم آن کاهش می‌یابد.

۱-۳- روشهای طراحی

طراحی اعضا به سه روش می توان انجام داد:

۱- طراحی به روش تنش مجاز (ASD)

۲- طراحی به روش حالات حدی (LRFD)

۳- طراحی خمیری (پلاستیک)

۱- روش LRFD (Load and Resistance Factor Design):

$$\gamma \times Q \leq \varphi \times R$$

ضریب افزایش بار — بار — ضریب کاهش مقاومت — مقاومت

۶-۲-۳-۳ ترکیب بارهای حالت‌های حدی مقاومت در طراحی سایر ساختمان‌ها از جمله ساختمان‌های فولادی

در طراحی ساختمان‌های فولادی، به روش ضرایب بار و مقاومت، موضوع مبحث دهم مقررات ملّی ساختمان، و یا دیگر مصالح به جز بتن‌آرمه، از ترکیب بارهای این بند استفاده می‌شود. سازه‌ها و اعضای آن‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت طراحی آن‌ها، بزرگ‌تر و یا برابر با اثرات ناشی از ترکیب بارهای ضریب‌دار زیر باشند:

۱) ۱٫۴D

۲) ۱٫۲D+۱٫۶L+۰٫۵(L_r یا S یا R)

۳) ۱٫۲D+۱٫۶(L_r یا S یا R)+[L یا ۰٫۵(۱٫۴W)]

۴) ۱٫۲D+ ۱٫۰(۱٫۴W)+L+۰٫۵(L_r یا S یا R)

۵) ۱٫۲D+۱٫۰E+L+۰٫۲S

۶) ۰٫۹D+۱٫۰(۱٫۴W)

۷) ۰٫۹D+۱٫۰E

۸) ۱٫۲D+۰٫۵L+۰٫۵(L_r یا S)+۱٫۲T

۹) ۱٫۲D+۱٫۶L+۱٫۶(L_r یا S)+۱٫۰T

مثال:

یک عضو فولادی تحت اثر بار زنده کششی 20 ton، بار مرده 40ton قرار گرفته است. نیروی محوری ناشی از نیروی زلزله برابر 10ton می باشد. مساحت مقطع عضو چقدر باید باشد تا از نظر آیین نامه قابل قبول باشد؟

$$\left.\begin{array}{l} 1.4 \times 40 = 56\ ton \\ 1.2 \times 40 + 1.6 \times 20 = 80\ ton \\ 40 + 1.2 \times 20 + 10 = 74\ \text{ton} \end{array}\right\} \gamma Q = 80\ ton$$

$$\varphi R = 0.9Fy \times A = 2160 \times A$$

$$\gamma Q \leq \varphi R \rightarrow 80000 \leq 2160A \rightarrow 37\ cm^2 \leq A$$

چه عواملی در ضرایب کاهش مقاومت منظور شده اند؟

عدم اطمینان از کیفیت فولاد (Fy) [ساخت فولاد در کارخانه]

عدم اطمینان از ابعاد هندسی مقطع فولادی در اجرا (مثلا ممکن است ابعاد ورق ها کوچکتر از مقدار طرح شده برش داده شوند)

عدم اطمینان از هندسه دقیق سازه (ستون ها شاقول اجرا نشوند و یا تیرها با کمی خروج از مرکزیت اجرا شوند)

اهمیت عضو (مثلا اهمیت ستون بیشتر از تیر است)

چه عواملی در ضرایب افزایش بار منظور شده اند؟

عدم اطمینان از برآورد مقدار بارها (مرده، زنده، زلزله، ...)

تقریب در تحلیل سازه ها و محاسبه نیروها (در عمل اتصال صلب کامل یا مفصلی کامل نداریم و لی در مدلسازی آنها را کامل مدل می کنیم)

تقریب در فرضیات مربوط به توزیع تنش ها

۲- روش ASD (Allowable Stress Design)

در روش تنش مجاز تمامی ضرایب در یک ضریب واحد در نظر گرفته می شود که ضریب اطمینان نامیده می شود:

$$Q \quad \leq \quad \frac{R}{S.F.}$$

S.F. (Safety factor) ضریب اطمینان می باشد که برای اعضای فولادی برای اکثر موارد برابر 1.67 می باشد:

$$Q \quad \leq \quad \frac{R}{1.67}$$

$$Q \quad \leq \quad 0.6R$$

مثال:

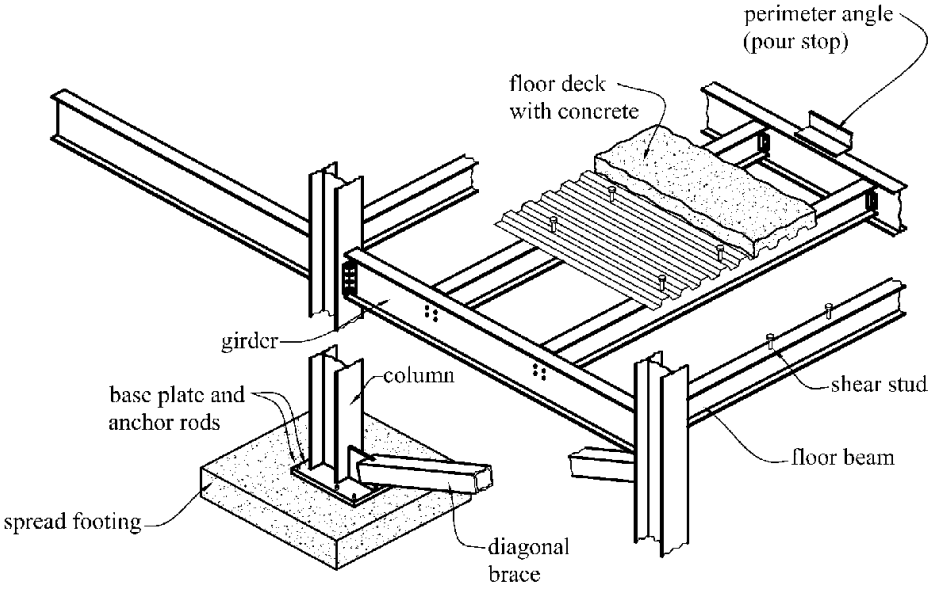
یک عضو فولادی تحت اثر بار زنده کششی 20 ton، بار مرده 40ton قرار گرفته است. نیروی محوری ناشی از نیروی زلزله برابر 10ton می باشد. مساحت مقطع عضو چقدر باید باشد تا از نظر آیین نامه قابل قبول باشد؟

$$\left.\begin{array}{c} \mathrm{D} = 40\ ton \\ \mathrm{D} + \mathrm{L} = 40 + 20 = 60\ ton \\ 0.75(\mathrm{D} + \mathrm{L} + \mathrm{E}) = 0.75(40 + 20 + 10) = 52.5\ \mathrm{ton} \end{array}\right\} \mathrm{Q} = 60\ ton$$

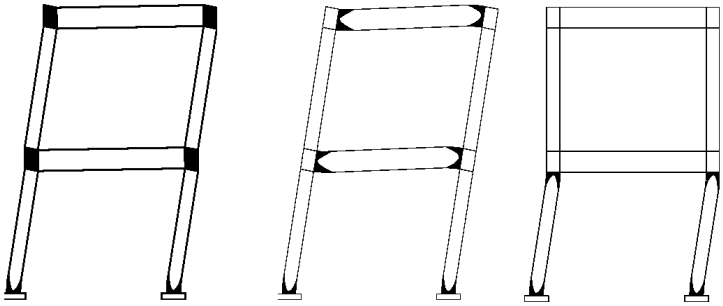
$$0.6R = 0.6Fy \times A = 1440 \times A$$

$$Q \leq\ 0.6R \rightarrow 60000 \leq\ 1440A \rightarrow 41.7\ cm^2 \leq A$$

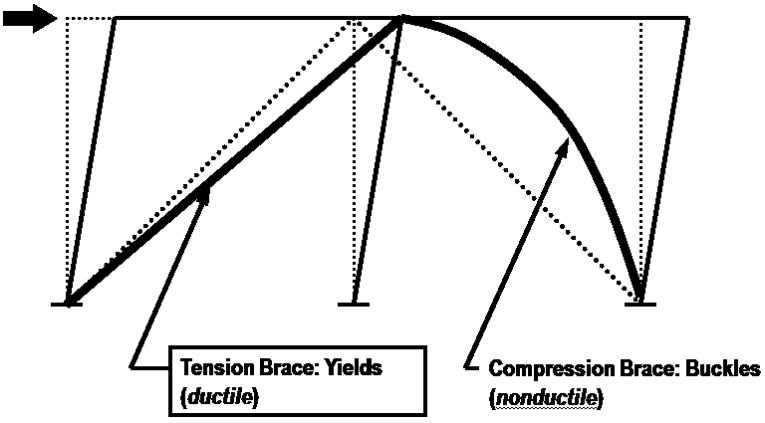
۱-۴- اعضای ساختمانی و سیستم های باربر جانبی

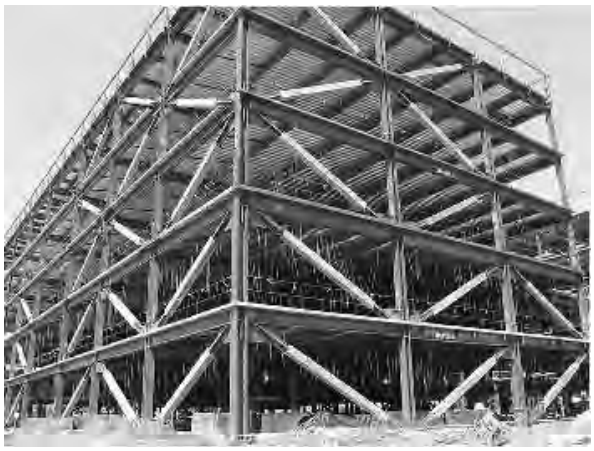


۱- سیستم قاب خمشی:



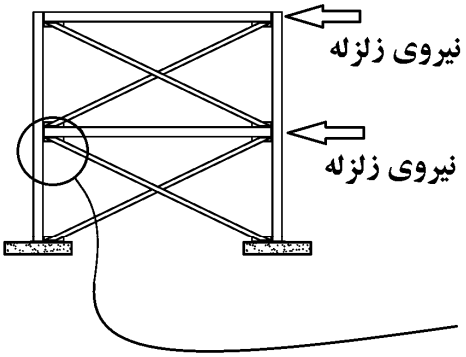
۲- سیستم قاب ساده بادبندی شده:

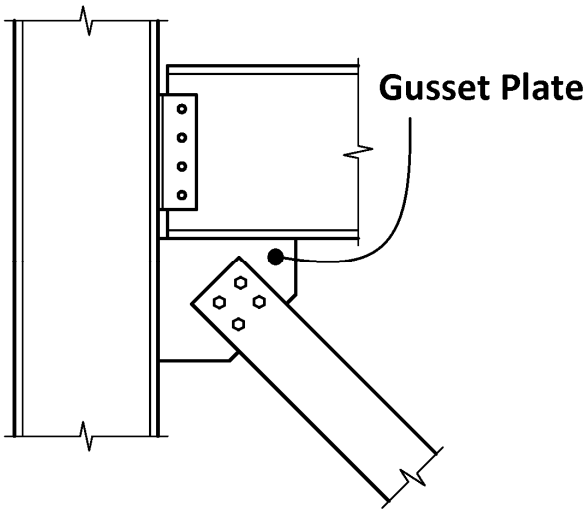


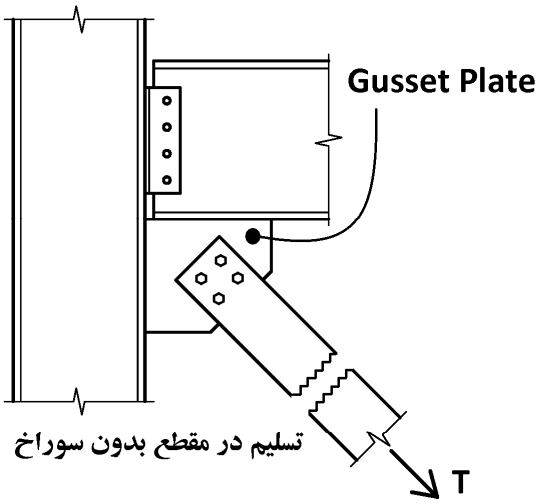


۲- سیستم دوگانه

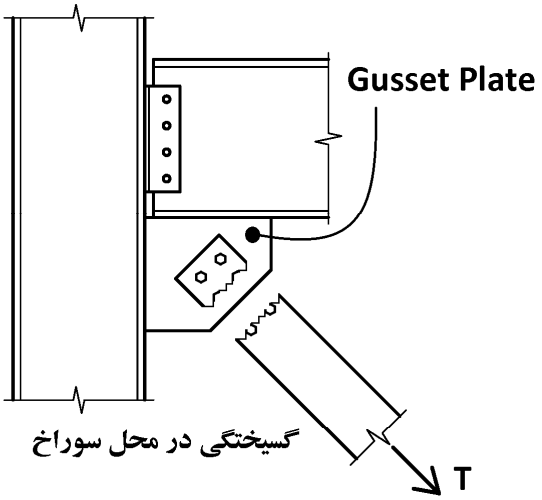
۳- اعضای کششی



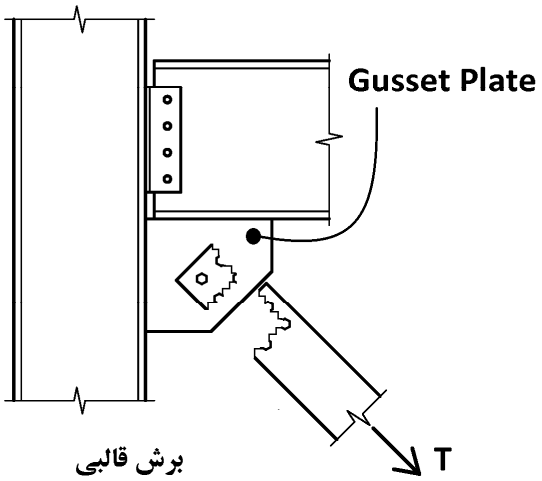




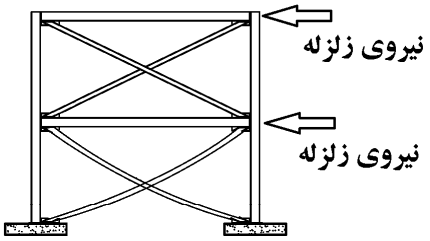
تسلیم در مقطع بدون سوراخ



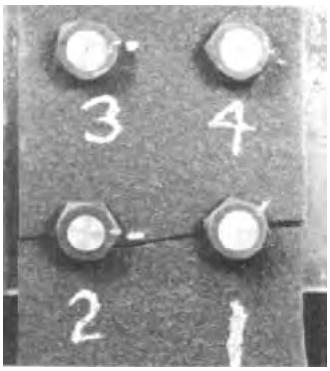
گسیختگی در محل سوراخ



برش قالبی



بادبندهای طبقه پایین
لاغر بوده و کارایی لازم را ندارند



در اعضای کششی ۵ مورد زیر باید کنترل شود. تمامی این موارد باید تامین شوند. ولی موردهای ۱ و ۲ بیشتر مورد سوال هستند.

۱- در مقطع کل تسلیم رخ ندهد

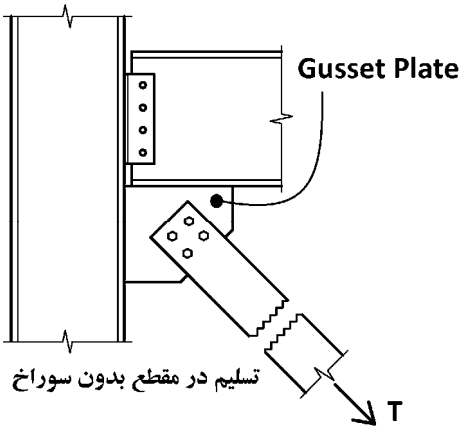
۲- در محل سوراخ گسیختگی رخ ندهد

۳- در محل سوراخ برش قالبی رخ ندهد.

۴- عضو کششی لاغر نباشد

۵- بولت ها (و یا جوش) گسیخته نشود

۳-۱- کنترل تسلیم در مقطع کل



بر اساس روش LRFD $\gamma T < 0.9F_y \times A_g$

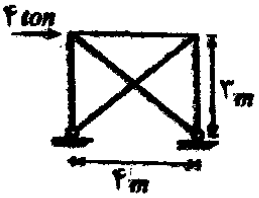
بر اساس روش ASD $T < 0.6F_y \times A_g$

نحوه محاسبه سریع نیروی بادبند:

تمرین:

۲۴- سطح‌مقطع بادبند در سازه مقابل چنانچه از بادبند فشاری صرفنظر شود با فرض $F_y = ۲۴۰۰\ kg/cm^۲$ برابر است با:

(کاد ۸۱)



۱) ۳/۴۷ سانتی‌متر مربع

۲) ۳/۷۴ سانتی‌متر مربع

۳) ۲/۴۷ سانتی‌متر مربع

۴) ۲/۷۴ سانتی‌متر مربع

گزینه ۱

نیروی بادبند: T/5=4/4 → T=5 ton

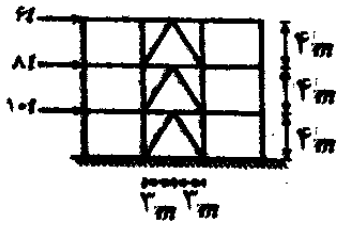
مساحت لازم برای بادبند: $A=T/(0.9Fy)=5000/1440=3.47\ cm^2$

LRFD: **فرض:** 4ton **بار ضریب دار می باشد.**

مساحت لازم برای بادبند: $A=T/(0.9Fy)=5000/2160=2.31\ cm^2$

تمرین:

۲۳- قاب سادهٔ زیر نیروهای زلزله مطابق شکل را باید تحمل کند. هر یک از اعضای بادبند طبقه بالا برای چه نیرویی باید طراحی شود؟ (با صرفنظر از رفتار فشاری مهاربند) (آزاد ۸۱)



۱) ۵

۲) ۷/۵

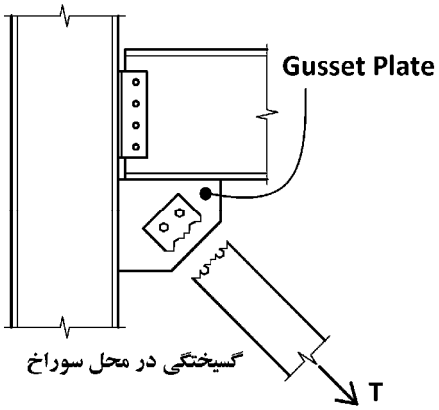
۳) ۱۰

۴) ۷

گزینه ۳

نیروی بادبند طبقه بالا: T/5=6/3 → T=10 ton

۳-۲- کنترل گسیختگی در محل سوراخ



بر اساس روش LRFD $\gamma T < 0.75 F_u A_e$

بر اساس روش ASD $T < 0.5 F_u A_e$

روابط فوق در آیین نامه به صورت زیر مطرح شده است:

۱۰-۲-۳-۴ مقاومت کششی

مقاومت کششی طراحی ($\phi_t P_n$) در اعضای تحت کشش باید برابر کوچکترین مقدار محاسبه شده بر اساس حالت‌های حدی تسلیم کششی در مقطع کلی (A_g) و گسیختگی کششی در مقطع خالص عضو (A_n) و مقطع خالص موثر (A_e) در نظر گرفته شود.

الف) برای تسلیم کششی در مقطع کلی عضو:

$P_n = F_y A_g$ (۱۰-۲-۳-۴) و $\phi_t = ۰/۹$

ب) برای گسیختگی کششی در مقطع خالص عضو:

$P_n = F_u A_n$ (۱۰-۲-۳-۵) و $\phi_t = ۰/۷۵$

پ) برای گسیختگی کششی در مقطع خالص موثر عضو در محل اتصال:

$P_n = F_u A_e$ (۱۰-۲-۳-۶) و $\phi_t = ۰/۷۵$

در روابط فوق:

A_g= سطح مقطع کلی عضو

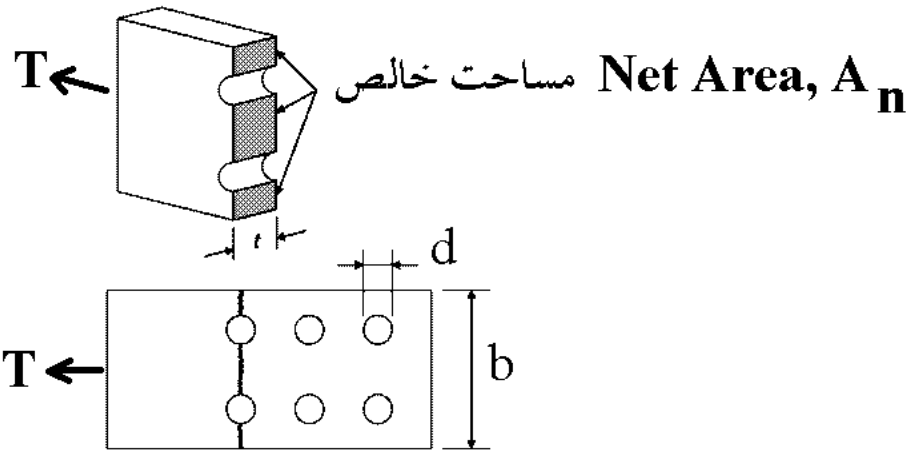
A_e= سطح مقطع خالص موثر عضو

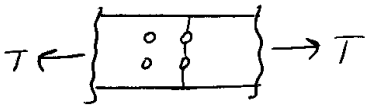
F_y= تنش تسلیم فولاد

F_u= تنش کششی نهایی فولاد

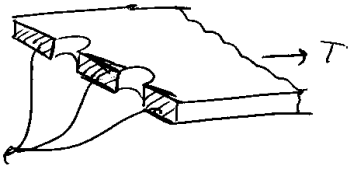
P_n= مقاومت کششی اسمی عضو

۳-۳- سطح مقطع خالص





نحوه محاسبه سطح مقطع خالص:



مساحت خالص = مساحت کل

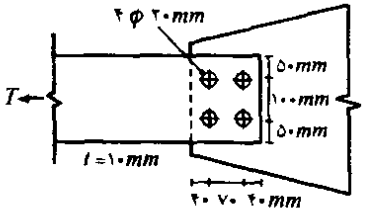
$A_n = A_g - 2 \times D \times t$

D = قطر سوراخ
t = ضخامت ورق

سراسری ۸۲

مقاومت کششی طراحی

در شکل زیر یک قطعه کششی فولادی با مقطع تسمه با ضخامت $1\,cm$ و پهنای $20\,cm$ تحت نیروی محوری کششی T قرار دارد. در صورتی که تنش کششی مجاز با توجه به معیار جاری‌شدن و معیار گسیختگی به‌ترتیب برابر $1400\,kg/cm^2$ و $2000\,kg/cm^2$ باشد، مطلوب است تعیین حداکثر بار محوری کششی مجاز T. قطر سوراخ‌ها $20\,mm$ است که با استفاده از مته ایجاد شده‌اند. (سراسری ۸۲)



0.75Fu=2775 0.9Fy=2160

۱) ۲۸ تن
۲) ۳۲ تن
۳) ۳۴/۹ تن
۴) ۳۵/۶ تن

کنترل تسلیم در مقطع کل

$T \le 1400 \times (20 \times 10) = 28000\ kg = 28ton$

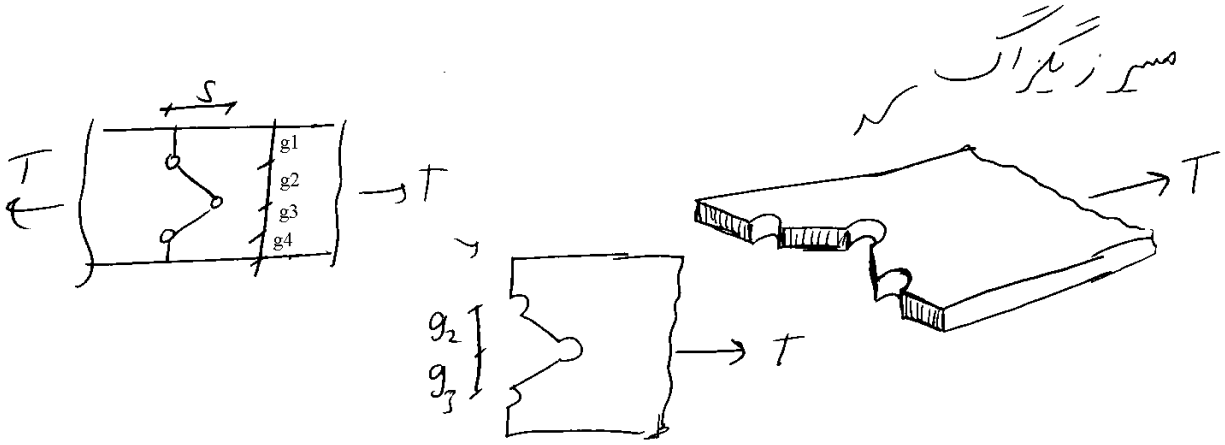
$\gamma T \le 2160 \times (20 \times 10) = 432000\ kg$

کنترل گسیختگی در مقطع کاهش یافته

$T < A_h \times 2000 = (20 \times 1 - 2 \times 1 \times 2) \times 2000 = 32000\ kg$

(ضخامت ورق × (قطر سوراخ × تعداد سوراخ − عرض کل))

$\gamma T < A_h \times 2775 = (20 \times 1 - 2 \times 1 \times 2) \times 2775 = 44400\ kg$



$$A_h = A_g - 3Dt + \frac{S^2}{4g_2}t + \frac{S^2}{4g_3}t$$

تعداد سوراخ

برای هر مسیر مورب یک $\frac{S^2}{4g}t$

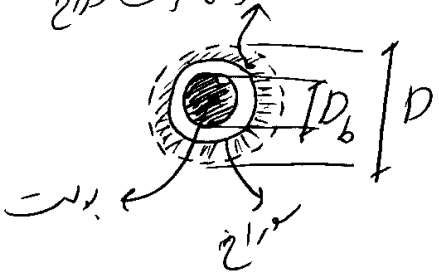
به مقدار A_h افزوده می‌شود

مقدار D (قطر سوراخ) ← اگر d_b قطر بولت (پیچ) باشد

قطر سوراخ باید 2mm بیشتر از آن باشد

$$D = d_b + 2 + 2 = d_b + 4\,mm$$

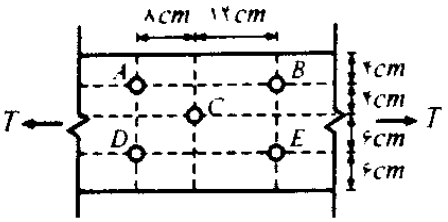
برای اطراف سوراخ



✓ اگر سوراخ پانچ شده باشد قطر سوراخ را 2mm بیشتر در نظر می‌گیریم

تمرین:

با فرض اینکه مسیر بین پیچ‌های *ACE* مسیر بحرانی در طراحی ورق تحت کشش باشد، ماکزیمم نیروی کششی قابل انتقال توسط این ورق برابر کدام گزینه می‌باشد؟ (تنش کششی مجاز مقاوم طراحی ورق $1000\ kg/cm^2$، ضخامت ورق $1\ cm$ و قطر سوراخ‌ها $2\ cm$ می‌باشد.) (آزاد ۸۸)

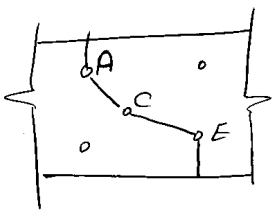


۱) ۱۴ تن

۲) ۲۴ تن

۳) ۲۶/۳ تن

۴) ۱۶/۳ تن



$$T_{مجاز} = A_h \times (1000) = \left(20\times1 - 3\times2\times1 + \frac{8^2}{4\times4}\times1 + \frac{12^2}{4\times6}\times1\right)\times1000 = 24000\,kg$$

عرض ورق

ضخامت ورق

تعداد سوراخ‌ها

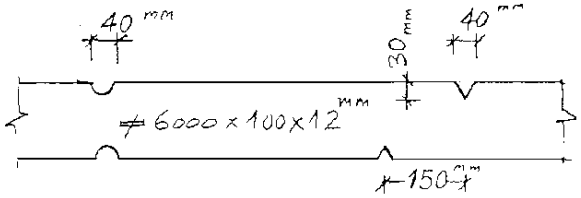
قطر سوراخ‌ها

فشردگی ورق

مسیر مورب AC

مسیر مورب CE

مقاومت کششی حداکثر (بدون اعمال ضرایب اطمینان) تسمه فولادی شکل زیر را که دو فرورفتگی مثلثی و دو فرورفتگی نیم‌دایره در لبه‌های آن ایجاد شده تعیین نمایید. در محاسبات از تمرکز تنش صرفنظر نمایید. (تنش جاری‌شدن فولاد = ۴۰۰۰ kg/cm^2 و تنش نهایی = ۶۰۰۰ kg/cm^2 می‌باشد) (سراسری ۸۴)



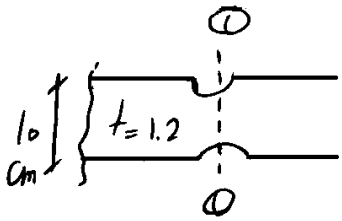
۱) ۲۸/۸ تن ۲) ۴۳/۲ تن

۳) ۴۸/۰ تن ۴) ۶۴/۲ تن

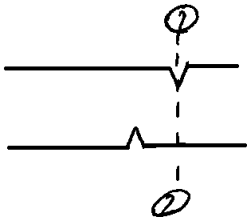
کنترل تسلیم در مقطع کل

$T=Ag\times4000= 10\times12\times4000=48000\ kg= 48\ ton$

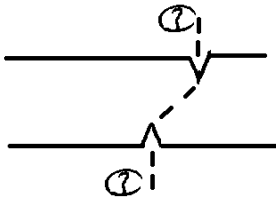
کنترل گسیختگی در مقطع کاهش یافته



$A_{n1} = (10 \times 1.2 - 4 \times 1.2) = 7.2\ cm^2$



$A_{n2} = (10 \times 1.2 - 3 \times 1.2) = 8.4\ cm^2$



$$A_{n3} = \left(10 \times 1.2 - 6 \times 1.2 + \frac{15^2}{4 \times 4} \times 1.2\right) = 21.675\ cm^2$$

ضعیف ترین مقطع کوچکترین آنهاست و بنابراین مقاومت کششی بر اساس An1 محاسبه می شود:

$T=An1\times6000=7.2\times6000=43200\ kg=43.2\ ton$

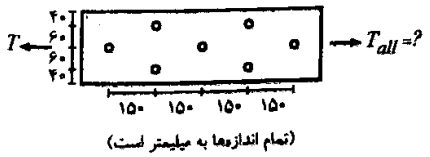
مقاوم طراحی(ϕPn)

ضریبدار (γT)

۸- ~~تنش مجاز کششی~~ روی سطح‌مقطع خالص ورق شکل زیر ۲۰۰۰ kg/cm^2 و روی سطح‌مقطع ناخالص آن ۱۵۰۰ kg/cm^2 است. چنانچه قطر هر یک از سوراخ‌ها ۲۰ mm باشد، نیروی کششی ~~مجاز~~ ورق چند تن خواهد بود؟ ضخامت ورق ۱۰ mm و عرض آن ۲۰۰ mm است. (سراسری ۷۸)

۱) ۱۶ ۲) ۲۸

۳) ۳۰ ۴) ۳۲



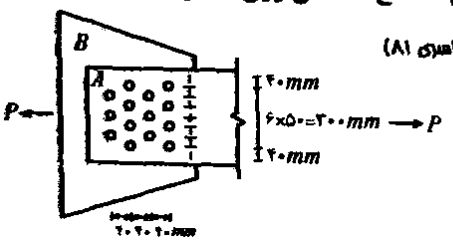
$\gamma T_1 = 20\times1\times1500 = 30000\ kg$

$\gamma T_2 = (20\times1 - 2\times2\times1)\times2000 = 32000\ kg$

$\gamma T_3 = \left(20\times1 - 3\times2\times1 + 2\times\frac{15^2}{4\times6}\times1\right)\times2000 = 65500$

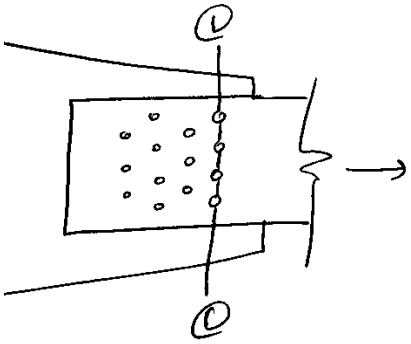
به همین صورت

اگر ضخامت ورق A برابر $t = ۱۲\ mm$ و قطر سوراخ‌ها با منظور کردن افزایش ۱/۵ میلی‌متر به‌خاطر روش سوراخکاری $d = ۲۰\ mm$ باشد، در این صورت سطح‌مقطع خالص ورق A در اتصال کششی مطابق شکل چند میلی‌متر مربع ($mm^۲$) می‌باشد؟ (سراسری ۸۱)



۱) $A_n = ۳۰۰۰$ ۲) $A_n = ۳۴۵۶$

۳) $A_n = ۳۵۵۲$ ۴) $A_n = ۳۶۰۰$

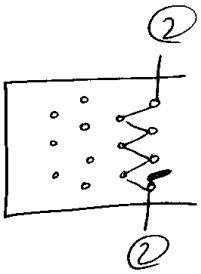


مساحت مقطع ورق

$$A_{h1} = (38\times1.2 - 4\times2\times1.2)$$

(تعداد سوراخ، قطر سوراخ، ضخامت ورق)

$$\rightarrow A_{h1} = 36\ cm^2$$



$$A_{h2} = \left(38\times1.2 - 7\times2\times1.2 + 6\times\frac{4^2}{4\times5}\times1.2\right)$$

(تعداد سیرکی‌های مورب)

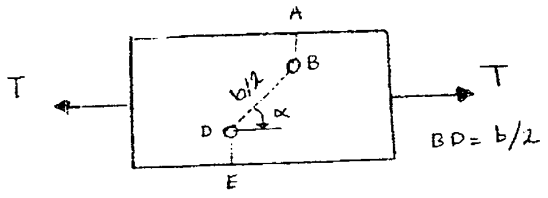
$$\rightarrow A_{h2} = 39.56\ cm^2$$

$$\rightarrow A_h = Min\{A_{h1}, A_{h2}\} = 3456\ mm^2$$

آزاد۸۹

۱۲۳- در ورق زیر زاویه α در چه رابطه‌ای صدق می‌کند تا مسیر مایل نشان داده شده در محاسبه سطح مقطع خالص بحرانی شود؟

(عرض ورق b و قطر سوراخها $D = \frac{1}{20}\ b$ می‌باشد)



۱) $\frac{Cos^2\alpha}{Sin\alpha} < \frac{2}{5}$ ۲) $\frac{Sin^2\alpha}{Cos\alpha} > \frac{2}{5}$

۳) $\frac{Cos^2\alpha}{Sin^2\alpha} < \frac{2}{5}$ ۴) $\frac{Sin\ \alpha}{Cos^2\alpha} > \frac{2}{5}$

گزینه ۱.

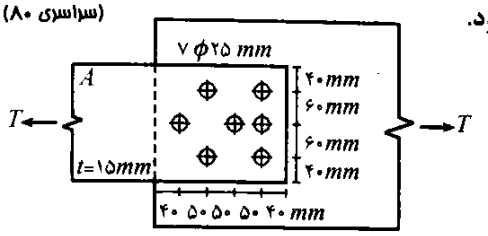
طراحی(ϕPn)

۵- مقاومت گسیختگی مجاز ورق A (شکل زیر) در کشش، تقریباً چند تن است؟ فولاد ورق $ST-52$ با تنش جاری‌شدن $F_y = 3600\ kg/cm^2$ و مقاومت نهایی $F_u = 5200\ kg/cm^2$ می‌باشد. تنش مجاز برای کنترل گسیختگی $F_t = 0.5F_u$ در نظر گرفته شود.

مقاوم طراحی(ϕPn)

0.75 Fu

(سراسری ۸۰)



۱) ۴۱
۲) ۴۹
۳) ۵۷
۴) ۶۸

چون مقاومت گسیختگی را خواسته نباید به کنترل تسلیم شدن دقت کنیم بنابراین

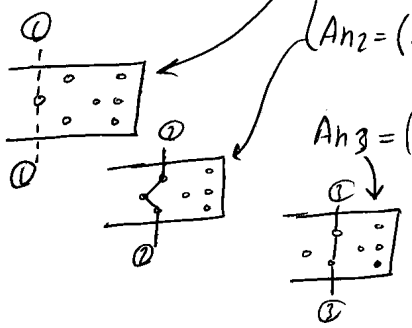
$T_1 = A_n \times 0.9F_y$

$T \left(A_n \times 0.75 F_u \right.$

$A_{n1} = (20 \times 1.5 - 2.5 \times 1.5) = 26.25\ cm^2$

$A_{n2} = \left(20 \times 1.5 - 3 \times 2.5 \times 1.5 + 2 \times \frac{5^2}{4 \times 6} \times 1.5\right) = 21.875\ cm^2$

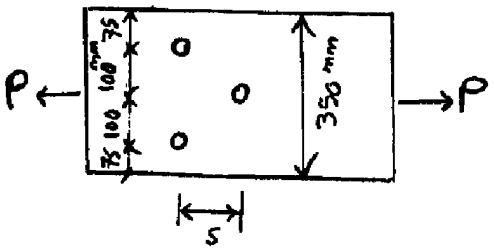
$A_{n3} = \left(20 \times 1.5 - 2 \times 2.5 \times 1.5\right) \times \frac{7}{6} = 26.25\ cm^2$



$\rightarrow T \left(21.875 \times 0.75 \times 5200 = \right.$ 85312.5 kg $\rightarrow$ 85 ton

سراسری ۹۳

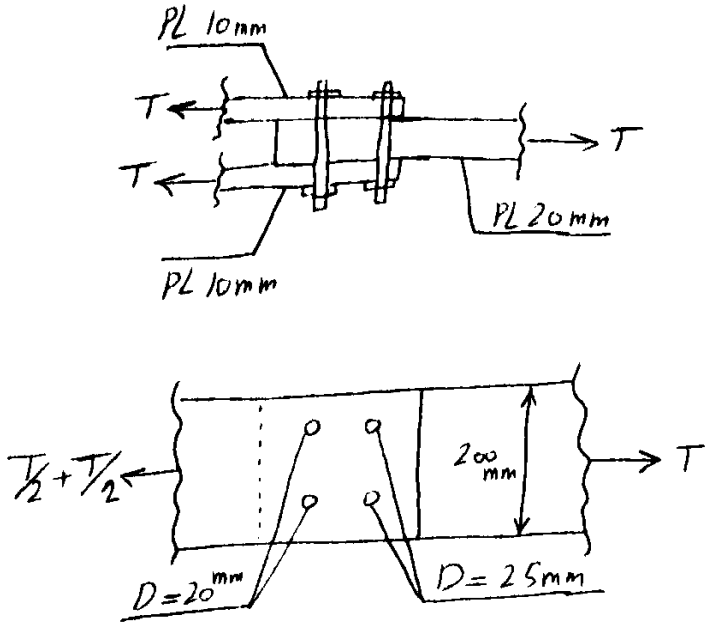
در شکل زیر، حداقل مقدار s چند میلی‌متر باشد تا در محاسبه سطح خالص تنها دو سوراخ پیچ دخالت داشته باشد؟ قطر محاسباتی سوراخ‌ها ۲۰ mm منظور می‌شود.



۱) ۲۰
۲) ۲۸
۳) ۴۰
۴) ۶۰

تالیفی (حسین زاده)

مقاومت طراحی اتصال زیر (φT_n) چقدر می باشد؟



قطر سوراخ پیچ های سمت راست برابر $D=25mm$ و قطر سوراخ پیچ های سمت چپ برابر $D=20mm$ می باشد.

$F_y = 2000\ kg/cm^2$

$F_u = 3600\ kg/cm^2$

۱) 67500 kg ۲) 72000 kg ۳) 36000 kg ۴) 33750 kg

پاسخ:

برای ورق سمت راست:

$$A_n = (20\times 2 - 2\times 2.5\times 2) = 30\ cm^2$$

$$T_1 = Min\left\{0.9\times F_y\times A_g,\ 0.75\times F_u\times A_n\right\} = Min\left\{0.9\times 2000\times 20\times 2,\ 0.75\times 3600\times 30\right\}$$

$$= Min\left\{72000,\ 67500\right\} = 67500\ kg$$

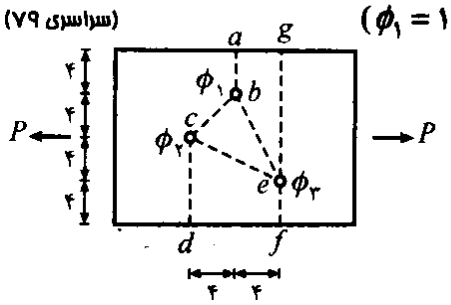
برای ورق سمت چپ:

$$A_n = (20\times 1 - 2\times 2\times 1) = 16\ cm^2$$

$$\frac{T_2}{2} = Min\left\{0.9\times 2000\times 20\times 1,\ 0.75\times 3600\times 16\right\} = Min\left\{36000,\ 36000\right\} = 36000\ kg$$

$$\rightarrow T_2 = 72000\ kg \quad \rightarrow T = 67500\ kg$$

۶- در تسمه‌ای که تحت اثر کشش قرار دارد سوراخ‌هایی مطابق شکل تعبیه شده است. مسیر مقطع مفیـد (بحرانی) کدام است؟ $(\phi_1 = 1/6\ cm\ ,\ \phi_2 = 1/8\ cm\ ,\ \phi_3 = 2\ cm)$ (سراسری ۷۹)



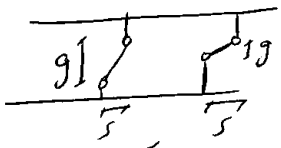
۱) gef

۲) abef

۳) abcd

۴) abcef

نکته: از دو مسیری که دارای تعداد یکسان هستند، آن مسیری که به خط قائم مایل‌تر است باید انتخاب شود



پس این مسیر تعیین کننده است

در این مسئله چون قطر سوراخ‌ها یکسان نیست همه مسیرها باید کنترل شوند

$$A_{abef} = A - \left(1.6 + 2 - \frac{4^2}{4\times 8}\right)t = A - 3.1t$$

$$A_{abcd} = A - \left(1.6 + 1.8 - \frac{4^2}{4\times 4}\right)t = A - 2.4t$$

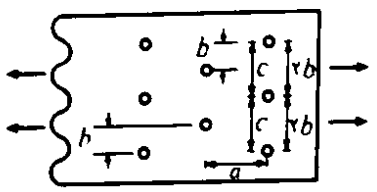
$$A_{gef} = A - 2t$$

$$A_{abcef} = A - \left(1.6 + 1.8 + 2 - \frac{4^2}{4\times 4} - \frac{8^2}{4\times 4}\right)t = A - 0.4t$$

A_{abef} از همه کمتر است

در اتصالات پیچی هنگام محاسبه سطح خالص، لازم است به ازاء هر خط زیگزاگ به مقدار زیر به عرض اتصال اضافه شود.

(سراسری ۷۳ نظام مهندسی)



۱) $\frac{b^2}{4a}$

۲) $\frac{a^2}{4c}$

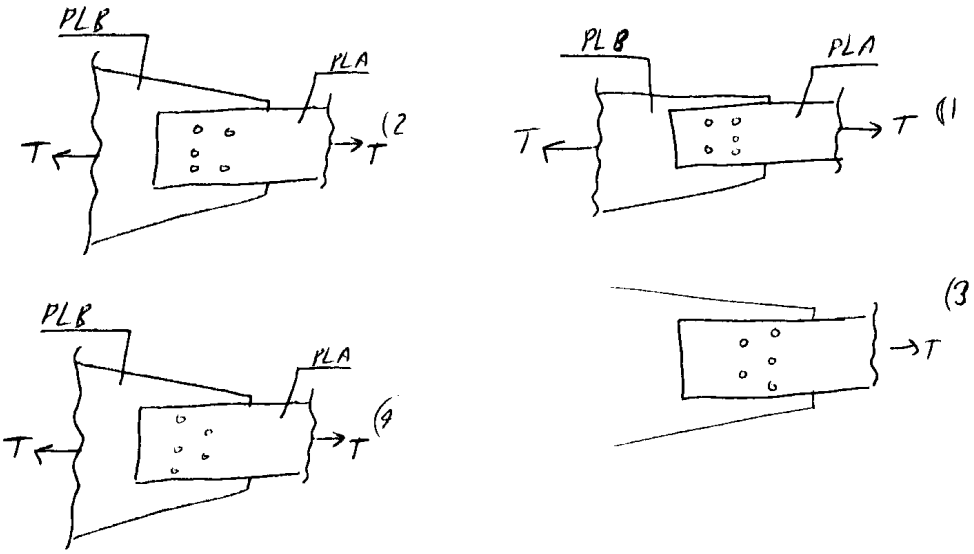
۳) $\frac{a^2}{4b}$

۴) $\frac{c^2}{4a}$

گزینه ۳

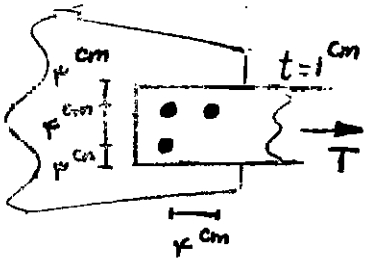
تالیفی (حسین زاده)

برای اتصال ورق A به ورق B کدام آرایش پیچ مناسب تر است؟



سراسری ۹۲

۱۰۶- در شکل زیر ، با فرض مقاومت کافی پیچ‌ها، ظرفیت کششی ورق چند تن است؟ فولاد مصرفی St۳۷ و قطر مؤثر سوراخ‌ها ۲cm ، و ضخامت ورق ۱cm است.



۱) ۱۴/۸
۲) ۱۴/۴
۳) ۱۲/۹۵
۴) ۱۶/۶۵

گزینه ۳

$$T_1 = 0.6F_y \times (10 \times 1) = 14400\ kg = 14.4\ ton$$
$$T_2 = 0.5F_u \times (10 \times 1 - 2 \times 1) = 14800\ kg = 14.8\ ton$$
$$T_3 = 0.5F_u \times \left(10 \times 1 - 2 \times 2 \times 1 + \frac{16}{4 \times 4} \times 1\right) = 12950\ kg = 12.95\ ton$$
$$T_4 = 1.5 \times [0.5F_u \times (10 \times 1 - 2 \times 2 \times 1)] = 16650\ kg = 16.65\ ton$$
$$T = Min[14.4,14.8,12.95,16.65] = 12.95\ ton$$

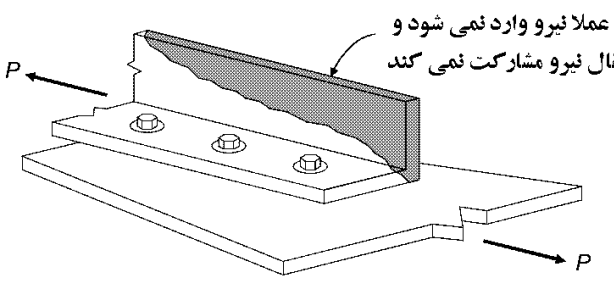
باید توجه داشت که در اغلب دانشگاههای کشور روش LRFD تدریس می شود و ضرایب $0.6F_y$ و $0.5F_u$ مر بوط به روش تنش مجاز (ASD) می باشد، طرح چنین تست هایی بدون اعلام این ضرایب در صورت تست نادرست می باشد.

:LRFD

$$T_1 = 0.9F_y \times (10 \times 1) = 21600\ kg = 21.6\ ton$$
$$T_2 = 0.75F_u \times (10 \times 1 - 2 \times 1) = 22200\ kg = 22.2\ ton$$
$$T_3 = 0.75F_u \times \left(10 \times 1 - 2 \times 2 \times 1 + \frac{16}{4 \times 4} \times 1\right) = 19425\ kg = 19.425\ ton$$
$$T_4 = 1.5 \times [0.75F_u \times (10 \times 1 - 2 \times 2 \times 1)] = 24975kg = 24.975\ ton$$
$$T = Min[14.4,14.8,12.95,16.65] = 19.975\ ton$$

۴-۳- تاخیر برشی و سطح مقطع موثر

اگر در محل اتصال یک عضو کششی تمام اجزای مقطع در اتصال شرکت نکنند، به جای کل مقطع تنها قسمتی از آن در تحمل کشش موثر است. به قسمتی از مقطع که در انتقال نیرو مشارکت دارد سطح مقطع موثر می گویند و با Ae نشان می دهند. به پدیده انتقال نیروها از قسمت فوقانی بال به بال پایینی در شکل زیر پدیده تاخیر برشی (shear lag) گفته می شود.



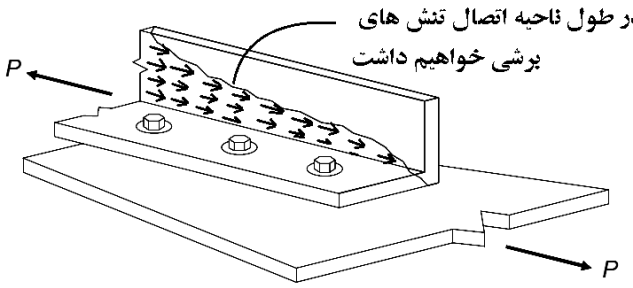
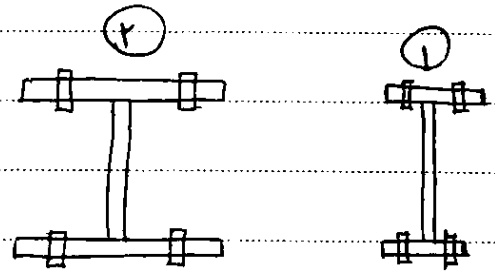


Figure 7-17. Misc. Connection: Truss Column C2 / Truss B7

Figure 7-18. Misc Connection: Truss Column C2 / Truss B7

در دو مقطع زیر اگر مقدار واقعی با محاسبه شود (ضریب کاهش سطح خالص به علت پدیده تاخیر برشی) کدام مقطع با بیشتری دارد؟

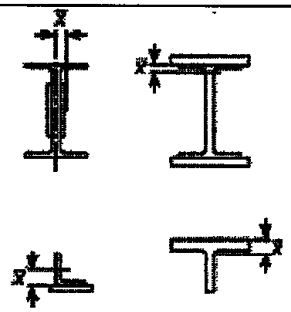
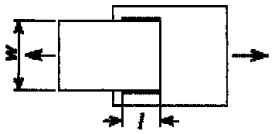
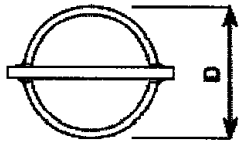


هر دو مقطع دارای مساحت جان یکسان می باشند ولی مساحت بال مقطع ۲ بیشتر از ۱ است از ۲ پیچ برای هر طرف بال استفاده شده است؟

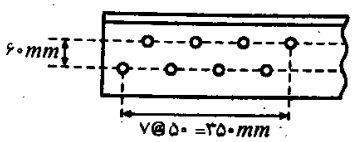
در مقطع ۲ درصد بیشتری از مساحت مقطع به انتقال نیرو کمک می کند و در حالت ۱ درصد کمتری از مساحت بوسیله پیچ متصل شده است بنابراین $U_2 > U_1$

تاخیر برشی در ناودانی:

جدول۱۰-۲-۳-۱ ضریب تأخیر برش (U) برای اتصالات اعضای کششی

حالت	شرح	ضریب تأخیر برش، U	مثال
۱	کلیهٔ اعضای کششی که در آنها بار به وسیله پیچ، یا جوش مستقیماً به کلیه اجزای مقطع منتقل گردد (به غیر از حالت‌های ۳، ۴، ۵ و ۶)	$U = ۱$	
۲	کلیهٔ اعضای کششی (به غیر از تسمه‌ها و مقاطع قوطی و لوله‌ای) که در آنها بار به وسیله پیچ یا جوش طولی و یا ترکیبی از جوش طولی و عرضی توسط قسمتی از اجزای مقطع (و نه تمام آن) منتقل گردد.	$U = ۱ - \frac{\bar{x}}{l}$	
۳	کلیه اعضای کششی که در آنها بار فقط به وسیله جوش عرضی و توسط قسمتی از اجزای مقطع (و نه تمام آن) منتقل گردد.	$U = ۱$ A_n=سطح مقطع قسمت (یا قسمتهای) اتصال یافته	
۴	تسمه‌های کششی که با جوش‌های طولی در دو لبهٔ موازی (در انتهای قطعه) متصل‌اند. در این حالت طول جوش‌ها نباید از فاصلهٔ عمودی بین آن‌ها (پهنای تسمه) کمتر باشد.	$w \le l < ۱/۵w \dots U = ۰/۷۵$ $۱/۵w \le l < ۲w \dots U = ۰/۸۷$ $l \ge ۲w \dots U = ۱/۰$	
۵	در مقاطع لوله‌ای با یک ورق اتصال هم‌محور، که در آن طول جوش‌ها نباید از قطر لوله کمتر باشد.	$D \le l < ۱/۳D \dots U = ۱ - \frac{\bar{x}}{l}$ $l \ge ۱/۳D \dots U = ۱/۰$ $\bar{x} = \frac{D}{\pi}$	
۶	در مقاطع قوطی شکل	چنانچه اتصال تنها به کمک یک ورق هم‌محور صورت گیرد که در آن طول جوش‌ها نباید از H کمتر باشد. ۱	$l \ge H \dots U = ۱ - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = \frac{B^۲ + ۲BH}{۴(B+H)}$

۱۸- یک نبشی L ۱۰۰×۱۰۰×۱۲ تحت تأثیر نیروی کششی قرار دارد. این نبشی در انتها از طریق بال بزرگتر خود و توسط ۸ عدد پیچ مطابق شکل به ورق لچکی متصل است. قطر سوراخ پیچ‌ها ۲۵ میلی‌متر است. چنانچه تنش جاری‌شدن فولاد $F_y = ۲۴۰۰\ kg/cm^۲$ و تنش نهایی آن $F_u = ۳۶۰۰\ kg/cm^۲$ باشد، بار کششی مجاز که می‌تواند به این نبشی اعمال شود برابر است با : $(A_g = ۲۲/۷\ cm^۲)$ (نظام مهندسی)



۱) ۳۵/۷۷ تن
۲) ۴۱/۳۳ تن
۳) ۴۲/۰۸ تن
۴) ۲۷/۵ تن

ASD:

کنترل تسلیم در مقطع کل:

$$T_1 = 0.6F_y \times A_g = (0.6 \times 2400) \times 22.7 = 32700\ kg$$

کنترل گسیختگی در مقطع موثر:

$A_{n1} = A_g - 1 \times 2.5 \times 1.2 = 19.7\ cm^2$ (کم کردن قطر سوراخ)

$A_{n2} = A_g - 2 \times 2.5 \times 1.2 + \frac{5^2}{4 \times 6} \times 1.2 = 17.95$

$U = 0.85$

$T = (0.85 \times 17.95) \times (0.5 \times 3600) = 27500\ kg$

$$T_{\text{مجاز}} = Min\{32700, 27500\} = 27500\ kg$$

LRFD:

کنترل تسلیم در مقطع کل:

$$\gamma T = 0.9F_yA_g = 0.9 \times 2400 \times 22.7 = 49032\ kg$$

کنترل گسیختگی در مقطع موثر:

$A_{n1} = A_g - 1 \times 2.5 \times 1.2 = 19.7\ cm^2$ (کم کردن قطر سوراخ)

$A_{n2} = A_g - 2 \times 2.5 \times 1.2 + \frac{5^2}{4 \times 6} \times 1.2 = 17.95$

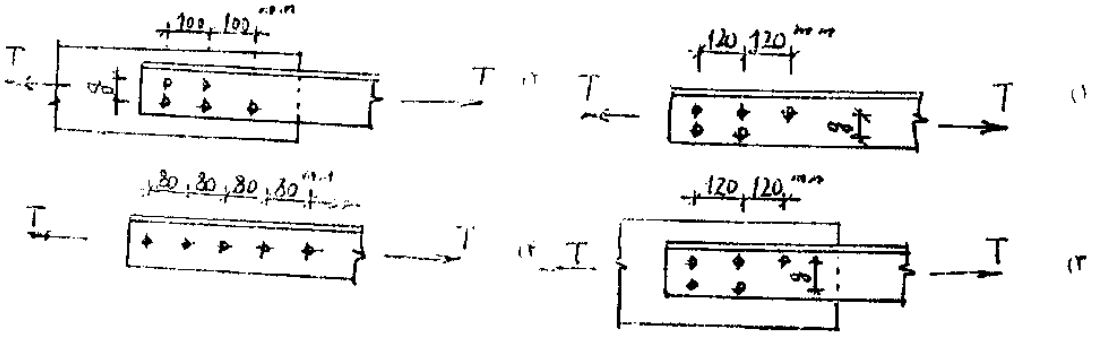
$U = 1 - \frac{\bar{x}}{l} = 1 - \frac{2.9}{35} = 0.917$

$\gamma T = (0.917 \times 17.95) \times (0.75 \times 3600) = 44442\ kg$

$$\gamma T = Min\{49032, 44442\} = 44442\ kg$$

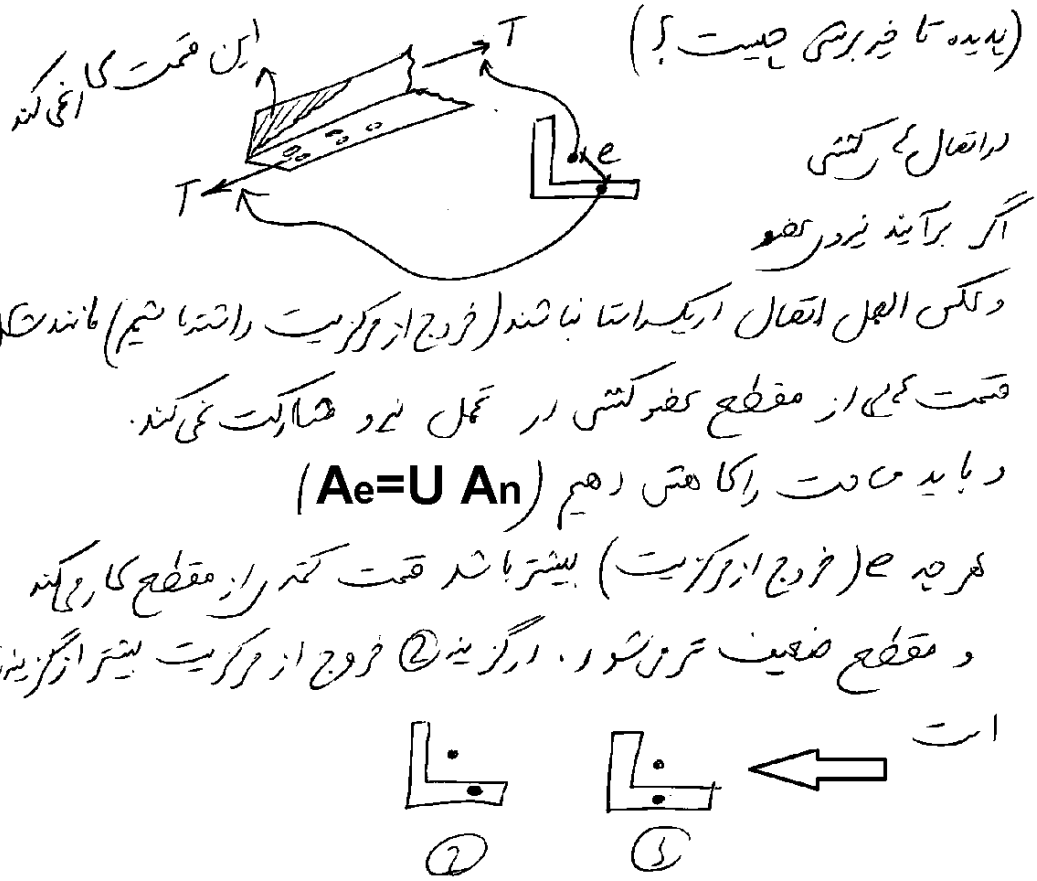
سراسری ۹۰

۱۰۸- کدام گزینه در مورد نبشی کششی در شکل‌های زیر دارای کمترین مقاومت گسیختگی خواهد بود؟ (قطر سوراخ در تمام حالات یکسان فرض شود و نیرو در تمام حالات بر مرکز سطح نبشی اثر می‌کند).



دقت شود که در گزینه های ۱ و ۴ انتقال نیرو صورت نمی پذیرد یعنی اتصال نداریم و تنها یکی از بالهای نبشی دارای ۵ سوراخ است. ولی در گزینه های ۲ و۳ اتصال (انتقال نیرو) داریم و چون تنها یکی از بالهای نبشی متصل است، به علت پدیده تاخیر برشی ضریب کاهش 0.85 خواهیم داشت یعنی سطح مقطع موثر گزینه های ۲ و ۳ برابر Ae=0.85An می باشد. پس گزینه های ۱ و ۴ پاسخ نیستند. حال به مقایسه گزینه های ۲ و ۳ می پردازیم:

در گزینه ۲ اثر تاخیر برشی بیشتر است. علت:

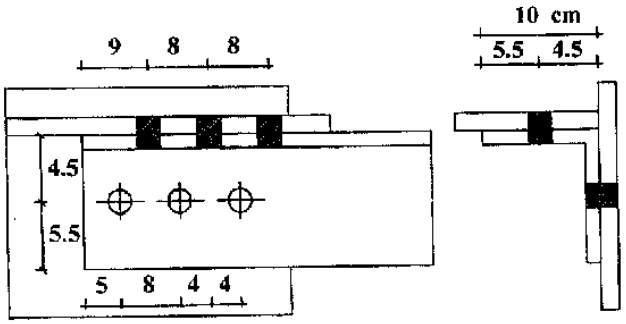


نکته: هرچه طول اتصال افزایش یابد، اثر تاخیر برشی نیز کاهش می یابد یعنی حتی اگر آرایش پیچ ها در گزینه های ۲ و ۳ یکسان بود، باز گزینه ۲ را انتخاب می کردیم چون طول اتصال آن کوتاهتر است و اثر تاخیر برشی در آن بیشتر است.

سراسری ۹۱

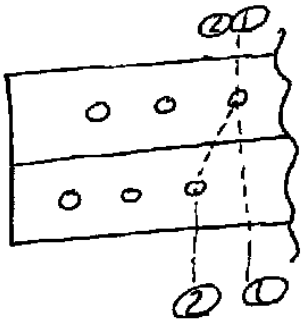
۱۰۶- مساحت مؤثر عضو کششی در ناحیه اتصال بر حسب cm^2 کدام است؟ (سوراخ‌ها با پانچ ایجاد شده‌اند. پیچ‌ها ۶M۱۶، ضخامت نبشی یک سانتی‌متر و مساحت آن ۱۹ سانتی‌متر مربع می‌باشد.)

۱) ۱۴٫۴۵
۲) ۱۳٫۱۷۵
۳) ۱۵٫۵
۴) ۱۷



$A_{n1} = 19 - (1.6+0.4)\times 1 = 17 cm^2$

افزایش قطر سوراخ به دلیل پانچ



$A_{n2} = 19 - 2\times(1.6+0.4)\times 1 + \frac{4^2}{4\times 8}\times 1 = 15.5 cm^2$

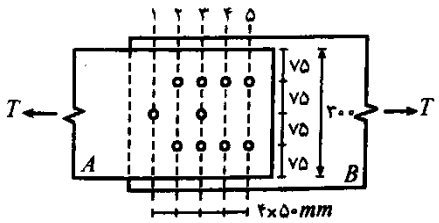
$\rightarrow A_e = 1 \times A_{n2} = 15.5 cm^2$

تمرین:

۷- گسیختگی ورق A از کدام مسیر محتمل‌تر است؟ (ضخامت ورق A برابر mm ۱۶ است.) (سراسری ۷۸)

قطر سوراخ‌ها ۳۰ میلی‌متر است و از آن‌ها پیچ‌هایی به قطر ۲۷ میلی‌متر عبور کرده‌اند.

۱) شماره ۱
۲) شماره ۲
۳) شماره ۳
۴) شماره ۲ یا ۴ یا ۵



① سری → $A_{n1} = A - 3\times 1.6 = A - 4.8 = 30\times 1.6 - 4.8 = 43.2 cm^2$

② سری → $A_{n2} = (A - 2\times 3\times 1.6)\times \frac{10}{9} = 42.66 cm^2$ ✓

③ سری → $A_{n3} = (A - 3\times 3\times 1.6)\times \frac{10}{7} = 48 cm^2$

تمرین:

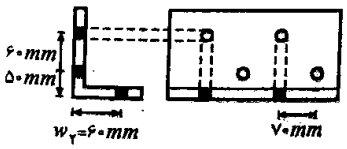
۱۹- سطح مقطع خالص نبشی زیر را بدست آورید. (ضخامت نبشی $1\,cm$، قطر سوراخ $2\,cm$ و سطح مقطع نبشی $30\,cm^2$ می‌باشد.) (نظام مهندسی)

۱) $22\,cm^2$

۲) $25\,cm^2$

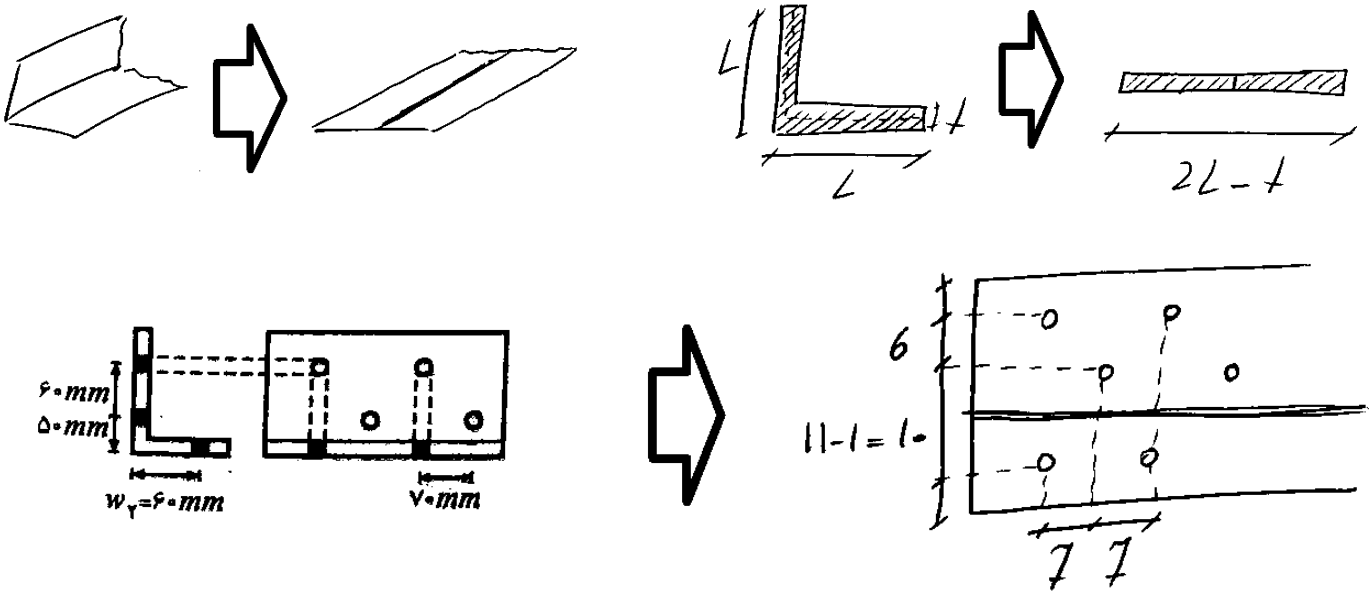
۳) $27\,cm^2$

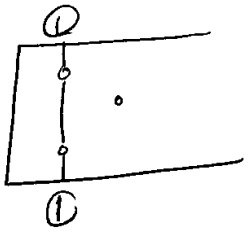
۴) $26\,cm^2$



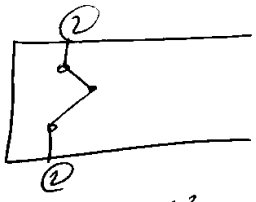
توجه شود که تاخیر برشی زمانی مطرح است که اتصال داشته باشیم.

ابتدا بهتر است نبشی را به صورت یک ورق در نظر گیریم:





$A_{n1} = 30 - 2\times 2\times 1 = 26\,cm^2$



$A_{n2} = 30 - 3\times 2\times 1 + \frac{7^2}{4\times 6}\times 1 + \frac{7^2}{4\times 10}\times 1 = 27.27\,cm^2$

$$A_n = Min\{26, 27.27\} = 26\,cm^2$$

۳-۵- کنترل برش قالبی

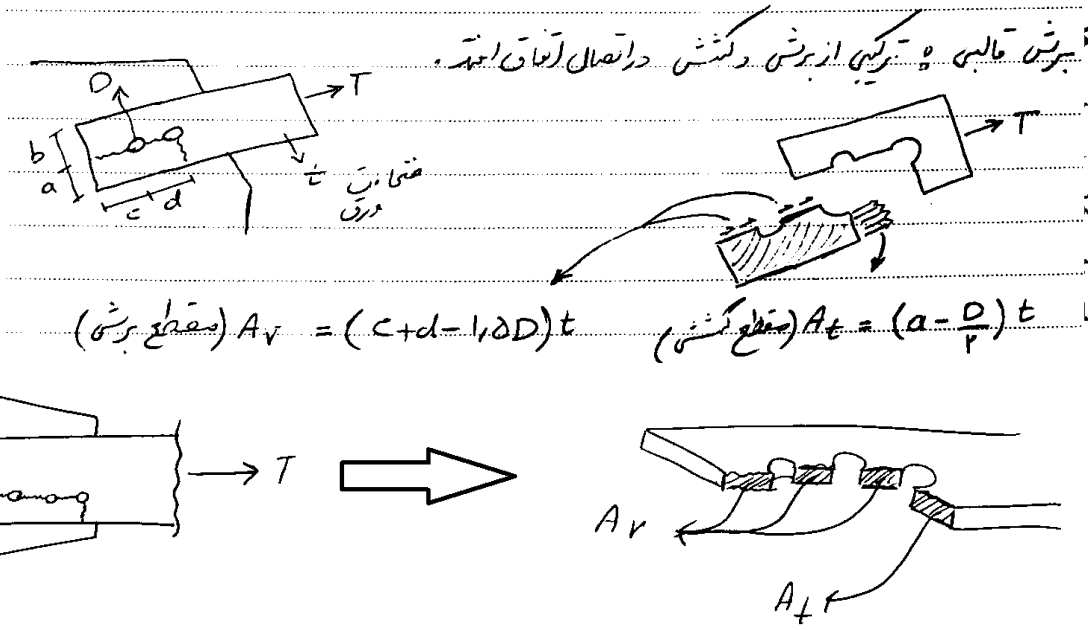
بر اساس روش ASD

$$T < 0.5\{A_t \times F_u + A_v \times 0.6F_u\}$$

مساحت قسمت کششی — مساحت قسمت برشی

بر اساس روش LRFD

$$\gamma T < 0.75\{A_t \times F_u + A_v \times 0.6F_u\}$$



$$T = A_v \times (0.5F_u) + A_t(0.75F_u)$$

کنترل پدیدهٔ پارگی ناشی از برش (برش قالبی) فقط در حالات زیر باید انجام پذیرد: (آیه ۸۶ و آیه ۸۴)

۱) وقتی که اتصال پیچی داریم.

۲) وقتی که اتصال جوشی داریم.

۳) وقتی که اتصال تحت نیروی برشی و کششی همزمان قرار دارد.

۴) تمام موارد ذکر شده.

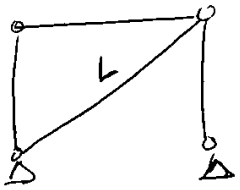
گزینه ۴

۳-۶- کنترل لاغری (سرویس دهی)

$$\frac{L}{r=\sqrt{\frac{I}{Ag}}} < 300$$

شعاع ژیراسیون مقطع

لاغری: $\lambda = \frac{\text{طول کمانش}}{r}$ ، شعاع ژیراسیون $r = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$



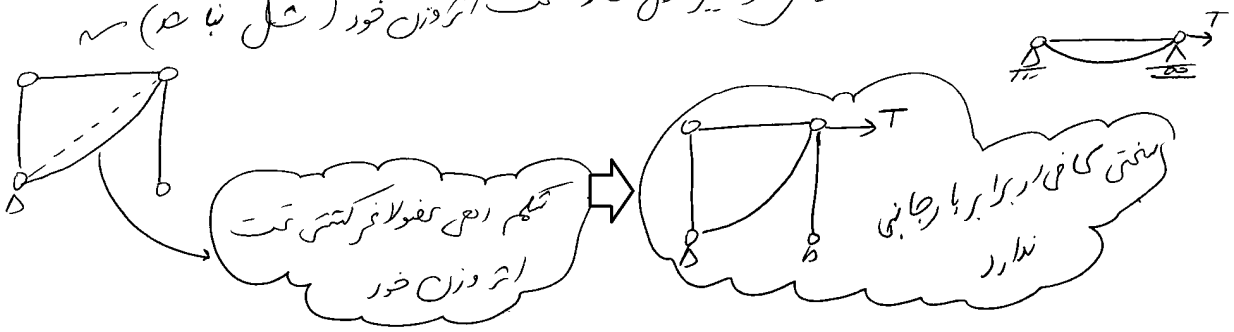
مثال: یک مقطع مستطیلی بطول L و مقطع آن h×b می باشد، لاغری آن چقدر است؟

$$I_{min} = \frac{hb^3}{12}$$

$$\rightarrow r = \sqrt{\frac{hb^3}{12(b\times h)}} \simeq 0.3b \quad \Big\} \rightarrow \lambda = \frac{L}{0.3b}$$

آیین نامه λ اعضای کششی باید کمتر از ۳۰۰ باشد $\frac{L}{r} < 300$

مهمت: جلوگیری از تغییر شکل عضو تحت اثر وزن خود (شل نباشد)



۱۰-۲-۳-۲ محدودیت لاغری در اعضای کششی

ضریب لاغری حداکثر اعضای کششی، $(L/r)_{max}$، نباید از ۳۰۰ تجاوز نماید. برای قلاب‌ها و میله مهارهای کششی که دارای پیش‌تنیدگی اولیه به مقدار کافی باشند، به طوری که پس از ایجاد کشش اولیه عضو به حالت مستقیم درآید، رعایت محدودیت لاغری ضروری نیست.

آزاد۸۹

۱۲۲- با ایجاد پیش‌تنیدگی کافی اولیه در میله مهار کششی طول مجاز آن چند برابر می‌شود؟

۱) ۲ برابر ۲) ٤ برابر

۳) ۳ برابر ٤) ۱/۵ برابر

گزینه ؟

آیین نامه جدید

۱۰-۲-۳-۲ محدودیت لاغری در اعضای کششی

ضریب لاغری حداکثر اعضای کششی، $(L/r)_{max}$، نباید از ۳۰۰ تجاوز نماید. برای قلاب‌ها و میله مهارهای کششی که دارای پیش‌تنیدگی اولیه به مقدار کافی باشند، به طوری که پس از ایجاد کشش اولیه عضو به حالت مستقیم درآید، رعایت محدودیت لاغری ضروری نیست.

آیین نامه قدیم

۱۰ـ۱ـ۳ـ۱ محدودیت لاغری

در اعضایی 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 به‌مقدار کافی باشند رعایت محدودیت لاغری لازم نیست، لیکن نسبت طول به‌قطر این اعضا نباید از ۳۰۰ تجاوز کند.

برای جلوگیری از تغییرشکل خمشی عنصر کششی تحت اثر وزن خودش و داشتن سختی کافی، حداکثر لاغری که آیین‌نامه *AISC* مقرر می‌دارد: **(آزاد ۷۷)**

۱) برای قطعات اصلی ۳۰۰ باشد. ۲) برای قطعات اصلی ۲۴۰ باشد.

۳) برای قطعات اصلی ۲۵۰ باشد. ۴) برای قطعات اصلی ۳۵۰ باشد.

گزینه ۱

تالیفی (حسین زاده – ماهان ۹۱)

کدام گزینه صحیح است؟

۱) با کاهش طول یک عضو کششی مقاومت آن افزایش می یابد.

۲) لاغری یک عضو کششی نباید بیشتر از ۲۰۰ باشد.

۳) با افزایش درصد کربن فولاد، شکل پذیری آن افزایش می یابد.

۴) شکل پذیری فولاد بیشتر از بتن است.

در طراحی ورق گاست یک بادبند موارد زیر باید در نظر گرفته شود. (آزاد ۸۶)

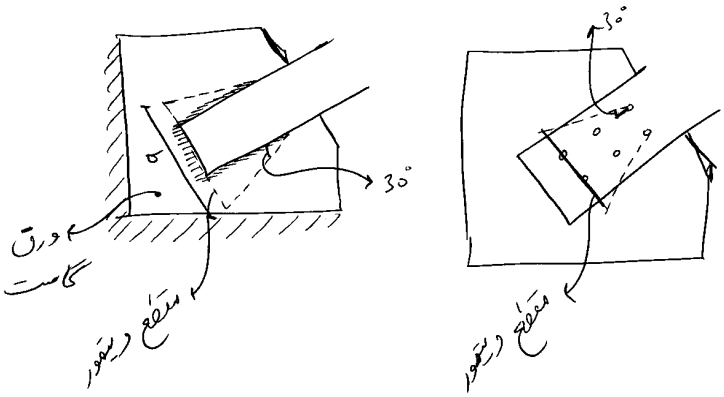
۱) ورق گاست باید برای جاری‌شدن روی مقطع ویتمور چک شود.

۲) ورق گاست باید برای شکست از محل سوراخ پیچ‌ها روی مقطع ویتمور چک شود.

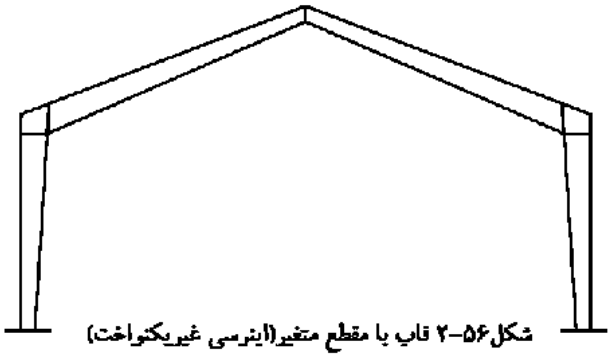
۳) ورق گاست باید برای برش قالبی چک شود.

۴) تمامی موارد مذکور

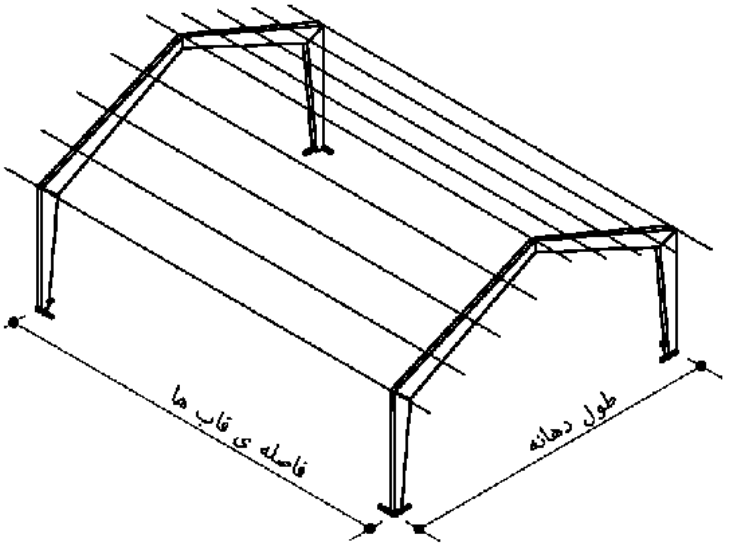
گزینه ۴

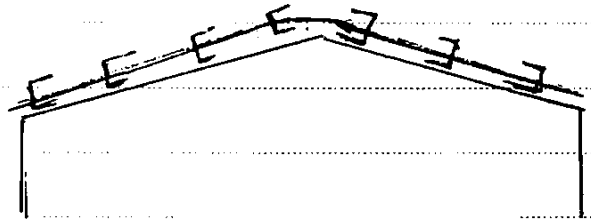


۳-۷- میل مهار سوله ها



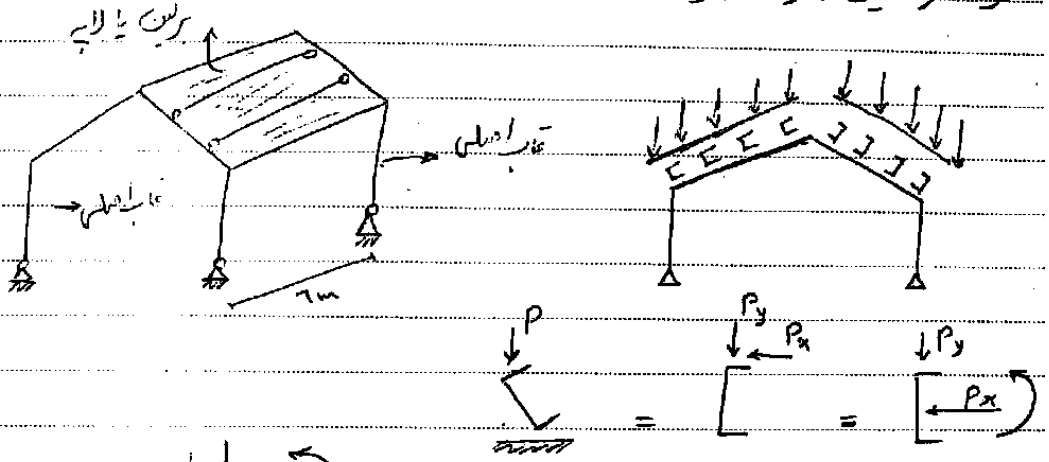
شکل۵۶-۲ قاب با مقطع متغیر(اینرسی غیریکنواخت)

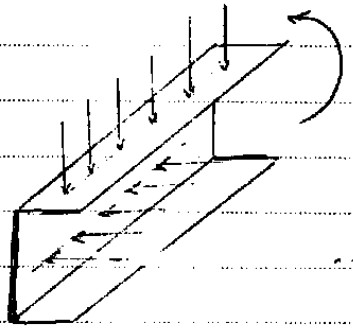




برای مقابله با خیش ناشی از بیچش می توان لایه هایی در راستای شیب سقف مطابق شکل توسط میل مهار به یکدیگر متصل نمود.

نحوه کنترل میل مهارها در سوله ها:

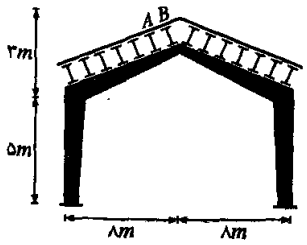




لایه تحت اثر بار قائم خیش حول محور اصلی خواهد داشت.
" جانبی " " محور ضعیف و نیز بیچش خواهد داشت.

نحوه محاسبه سریع نیروی میل مهار:

در قاب شیبدار زیر فواصل قاب‌ها از یکدیگر $6\,m$ و فاصله محور میل‌مهارهای عرضی ($sagrod$) از یکدیگر $2\,m$ می‌باشد. چنانچه وزن مردهٔ سازه برابر $80\ kg/m^2$ روی سطح شیبدار باشد و بار برف برابر $200\ kg/m^2$ روی تصویر افقی سطح بام باشد، مطلوب است حداقل سطح لازم برای میل‌مهار AB در صورتی که تنش مجاز آن برابر $1420\ kg/cm^2$ باشد. (سراسری ۷۰ و نظام مهندسی)



۱) $\dfrac{1200+\frac{2400}{\sqrt{73}}}{355}$

۲) $\dfrac{160\sqrt{73}+3200}{1420}$

۳) $\dfrac{80\sqrt{73}+1600}{1420}$

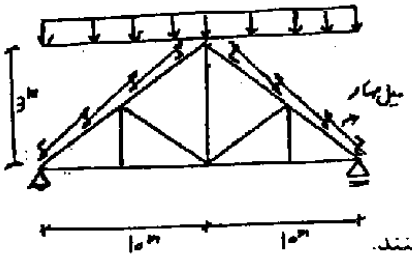
۴) $\dfrac{120\sqrt{73}+2400}{355}$

F عرضی میل مهار $= \left[200\times[8\times2] + 80\times\left(2\sqrt{8^2+3^2}\right)\right] \times \dfrac{3}{\sqrt{8^2+3^2}}$

$\dfrac{F}{A} < 1420 \longrightarrow A > \dfrac{F}{1420}$ ← قرار لازم بدست میاید

تنش مجاز کششی میل مهارها: $F_t = 0/33\,F_u$

- اگر بار برف $150\ kg/m^2$ روی سطح افقی وارد شود و فاصلهٔ میل‌مهارها از یکدیگر برابر $2\,m$ فرض گردد، حداقل سطح‌مقطع برای میل‌مهار بحرانی کدام است؟ ($F_u = 4000\ kg/cm^2$) (آزاد ۸۸)



۱) $0/65\ cm^2$

۲) $0/5\ cm^2$

۳) $1\ cm^2$

۴) در حالت بارگذاری برف، میل‌مهارها نیروی محوری تحمل نمی‌کنند.

گزینه ۴ صحیح است. با توجه به اینکه میل مهار ها در قسمت تاج به هم وصل نیستند، هیچ نیرویی را تحمل نمی کنند. در صورتی این میل مهار ها به هم متصل بودند پاسخ به شرح زیر می بود:

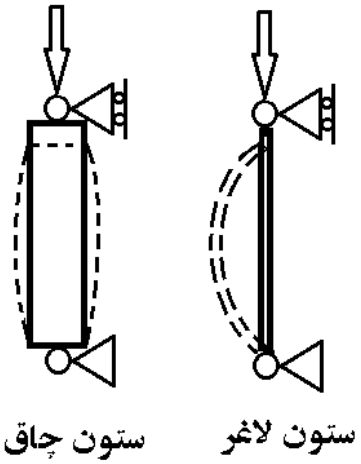
(نیروی هر میل مهار) $F = \left[150\times(10\times2)\right]\times\dfrac{3}{\sqrt{10^2+3^2}} = 862\ kg$

۲ تا میله میل مهار از هم

$\dfrac{F}{A} < 0.33F_u \longrightarrow A > \dfrac{862}{0.33\times4000} = 0.65\,cm^2$

۴- ستونها

کدامیک از این دو رابطه تعیین کننده مقاومت ستون است؟ $P = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$ $P = A \times F_y$



مقاومت فشاری ستون چاق از رابطه $P = A \times F_y$ بدست می آید. یعنی تا جایی نیرو تحمل می کند که "له" شود.

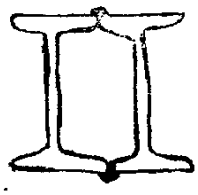
مقاومت فشاری ستون لاغر از رابطه $P = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$ بدست می آید. یعنی تا جایی نیرو تحمل می کند که کمانش کند.

چه پارامترهایی در مقاومت کمانشی تاثیر گذار است؟

سراسری ۹۲

۱۰۷- دو مقطع تیرآهن باریک I شکل پهلو به پهلو بهم جوش شده‌اند. حداقل شعاع ژیراسیون مقطع ترکیبی چند سانتی متر است؟
مشخصات هر تیر آهن $(A = 40\,cm^2, b = 9cm, h = 20cm, Ix = 2140\,cm^4, Iy = 190\,cm^4)$

۱) ۸
۲) ۱۵/۹
۳) ۱/۹
۴) ۵



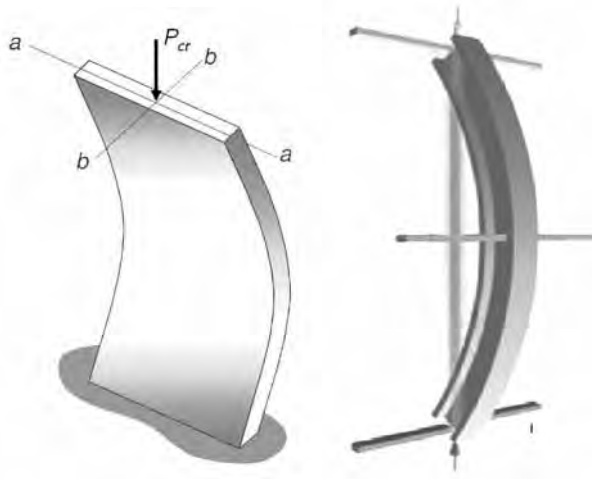
گزینه ۴.

$$I_x = 2 \times 2140 = 4280$$

$$I_y = 2 \times \left(190 + 40 \times \left(\frac{9}{2}\right)^2\right) = 2000$$

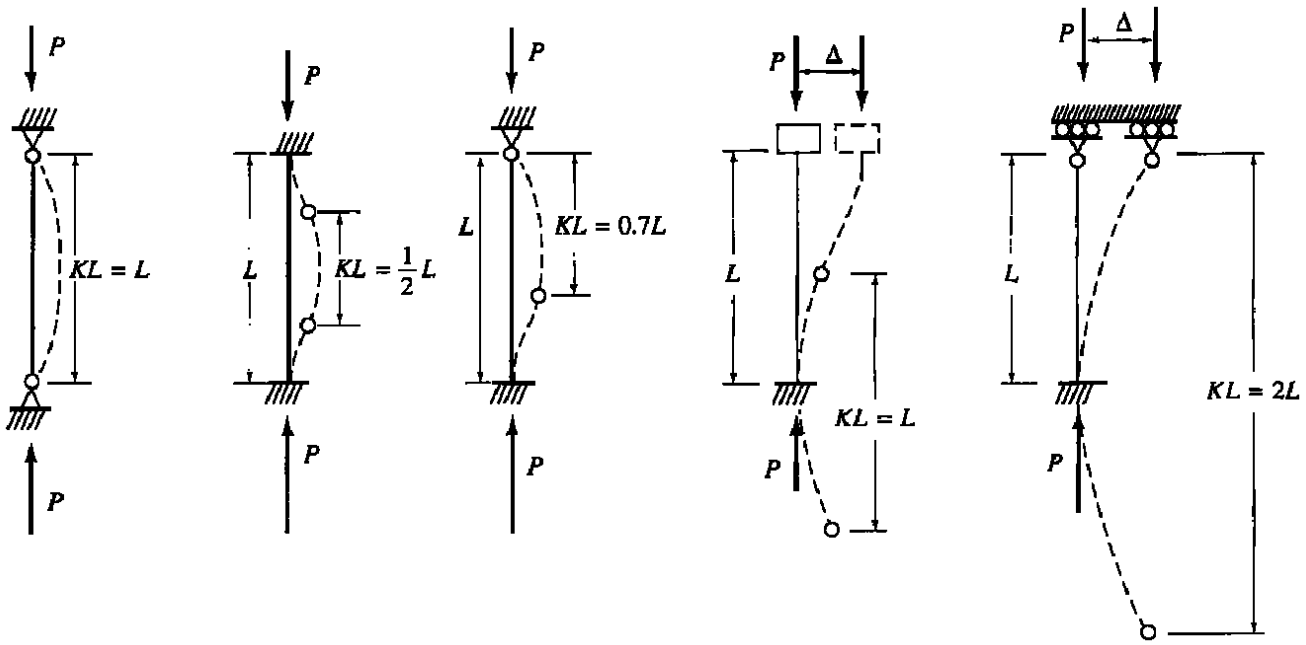
$$r_{Min} = \sqrt{\frac{Min(I_x, I_y)}{A}} = \sqrt{\frac{2000}{80}} = 5$$

در ستونهای زیر محور کمانش کدام است؟



۴-۱- ضریب K

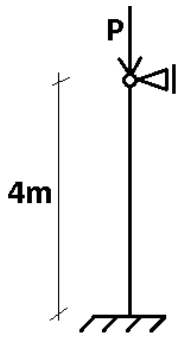
مفهوم ضریب طول موثر ستون:



	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
تئوریک	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
طراحی	0.65	0.80	1.0	1.2	2.10	2.0

مثال

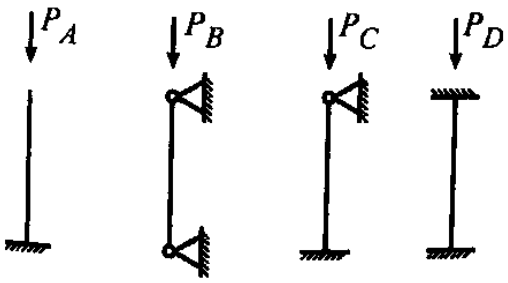
مقاومت تسلیم و مقاومت کمانشی ستون با مقطع مستطیل با ابعاد 30cm × 4cm **و** $Fy=2400\ \frac{kg}{cm^2}$؟



$$P_y = AF_y = 30 \times 4 \times 2400 = 288\ ton$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(0.7\times L)^2} = \frac{\pi^2 2\times10^6 \times \frac{30\times4^3}{12}}{(0.7\times400)^2} = 40.2\ ton$$

۴۲- تناسب ظرفیت باربری ستون‌های مطابق شکل چگونه است؟ $P_A : P_B : P_C : P_D$ **(آزاد ۷۹ و نظام مهندسی)**

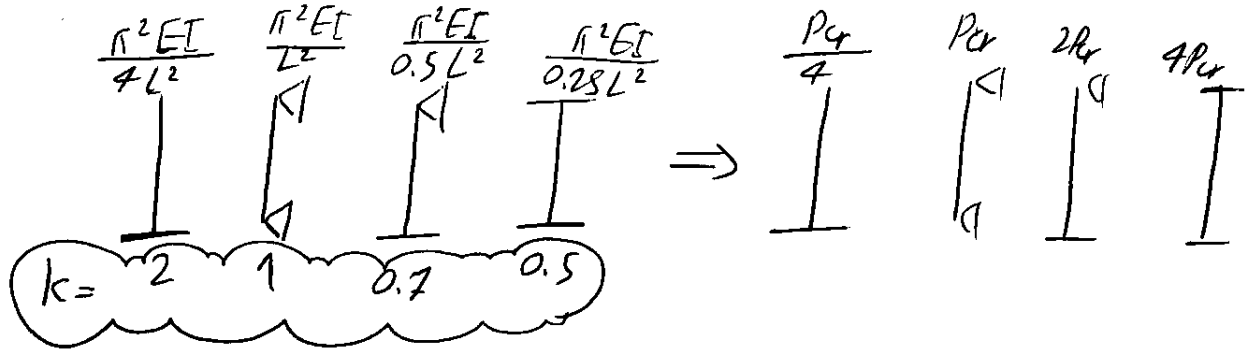


۱) ۱:۴:۸:۱۶

۲) ۱:۲:۱/۴:۴

۳) ۱:۲:۱/۴:۱۶

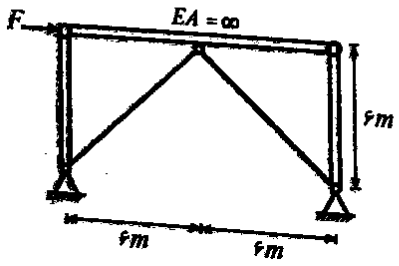
۴) ۱:۲:۲/۵:۴/۳

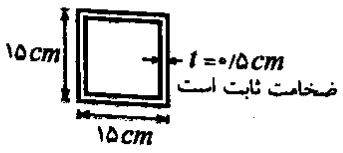


۴۳- برای سازهٔ شکل زیر چنانچه مقطع نشان داده شده برای بادبندها به‌کار رفته باشد، حداکثر نیروی F که سازه می‌تواند فقط با توجه به کمانش بادبندها با ضریب اطمینان ۲ تحمل کند، چند تن است؟ (حرکت سازه در جهت عمود بر صفحهٔ قاب مقید است.) $E = 2\times10^6\ kg/cm^2$ **مدول ارتجاعی)**

(سراسری ۸۱)

$(I = 1020\ cm^4\ ,\ \pi^2 = 10)$





۱) ۱۲

۲) ۱۶/۴

۳) ۲۰

۴) ۳۲/۸

نیروی هر بادبند $= (F/2)\times\frac{6\sqrt{2}}{6} = \frac{F\sqrt{2}}{2}$

نیروی کمانش بادبند $= \frac{P_{cr}}{2} = \frac{\frac{\pi^2 EI}{L^2}}{2} = \frac{10\times2\times10^6\times1020}{2\times(600\sqrt{2})^2} = 14167\ kg$ ← ضریب اطمینان

$\frac{F\sqrt{2}}{2} < 14167 \rightarrow F < 20034\ kg = 20\ ton$

تمرین:

۴۶- اگر نیروی محوری بحرانی (برای حالت کمانش) ستون دو سرگیردار P_1 و ستون دو سر مفصل P_2 و ستون یک سرگیردار- یک سر آزاد P_3 باشد (برای ابعاد و جنس یکسان فلزی) داریم: (نظام مهندسی)

۱) $P_1 < P_2 < P_3$

۲) $P_3 < P_1 < P_2$

۳) $P_3 < P_2 < P_1$

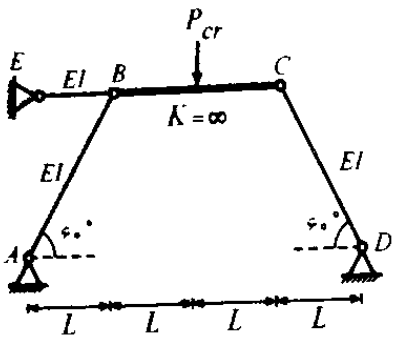
۴) $P_2 < P_3 < P_1$

$k=0.5 \rightarrow P_1 = \frac{\pi^2 EI}{(0.5L)^2} = 4P_{cr}$

$k=1 \rightarrow P_2 = \frac{\pi^2 EI}{(L)^2} = P_{cr}$

$k=2 \rightarrow P_3 = \frac{\pi^2 EI}{(2L)^2} = \frac{P_{cr}}{4}$

۴۷- سازهٔ روبه‌رو در نقاط B و C، تکیه‌گاه‌های جانبی دارد. عضو BC نیز کاملاً صلب می‌باشد. چنانچه رفتار سیستم کاملاً الاستیک باشد، بار بحرانی P_{cr} را برای این سیستم محاسبه کنید. (هراهری ۷۸)



۱) $P_{cr} = \frac{2\pi^2 EI}{L^2}$

۲) $P_{cr} = \frac{\sqrt{3}\,\pi^2 EI}{2L^2}$

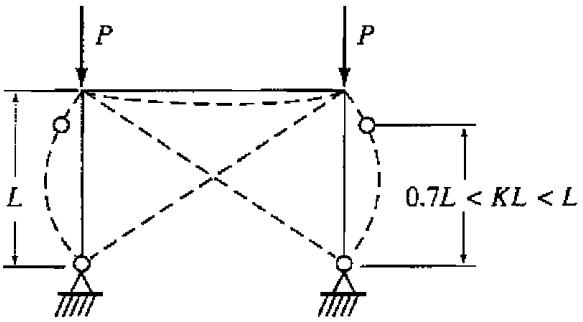
۳) $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}\left(\frac{\sqrt{3}}{4}+1\right)$

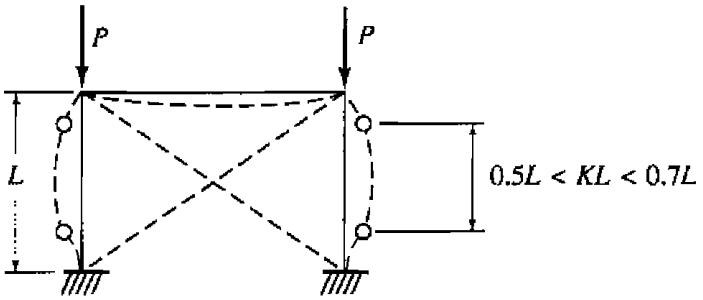
۴) $P_{cr} = \frac{\sqrt{3}\pi^2 EI}{4L^2}$

در مواردی که بار بحرانی یک سازه خواسته شود، باید ابتدا عضو یا اعضایی را که کمانش می کنند مشخص کنیم. در شکل فوق اعضای AB و CD تحت اثر فشار بوده و احتمال دارد کمانش کنند.

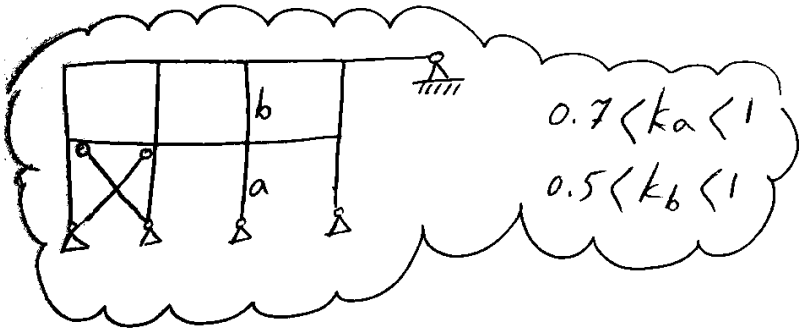
پس از مشخص شدن عضو بحرانی، نیروی آن را با استفاده از تحلیل سازه ها و بر اساس نیروی Pcr تعیین می کنیم: $F_{AB} = \frac{P_{cr}}{\sqrt{3}}$ و آن را برابر بار کمانشی عضو AB ($\frac{\pi^2 EI}{(2L)^2}$) قرار می دهیم و Pcr بدست می آید:

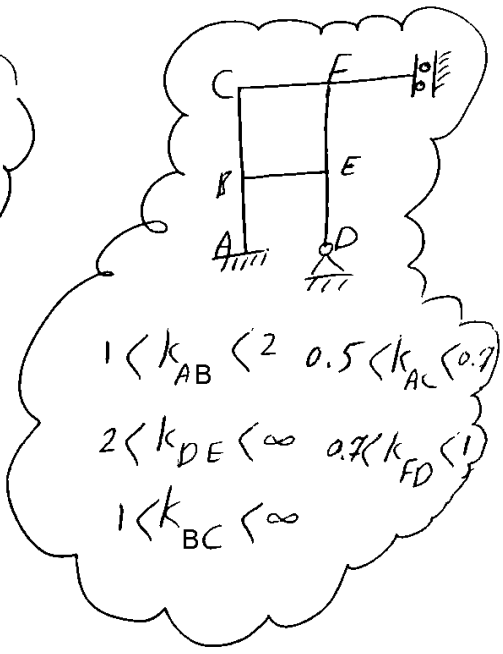
۴-۲- طول کمانش ستونها در قابها

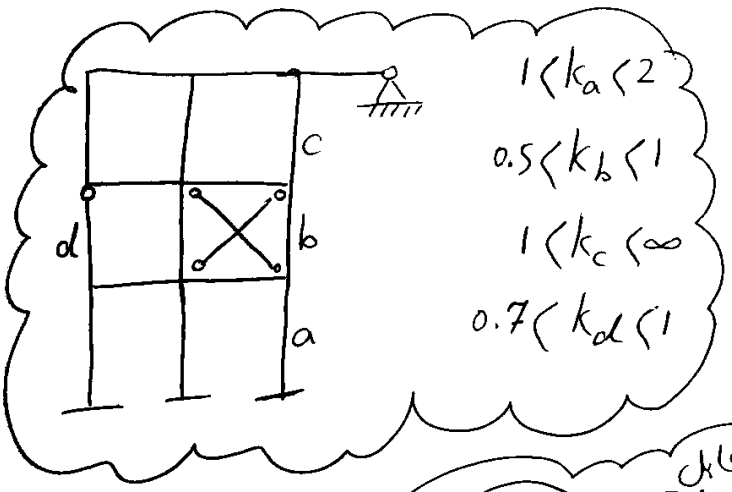


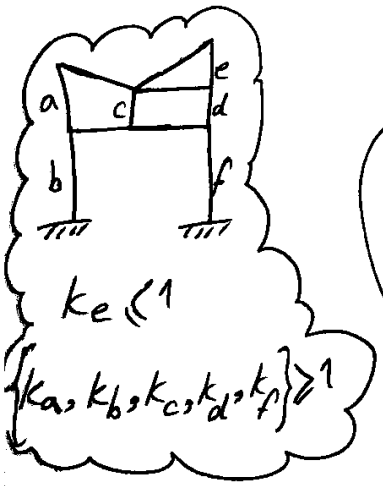


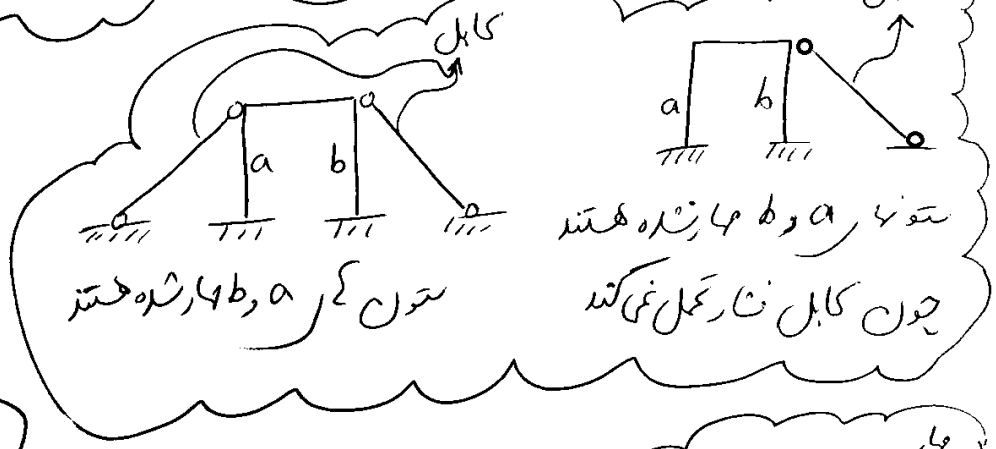
ستون مهار شده و مهار نشده در قابها

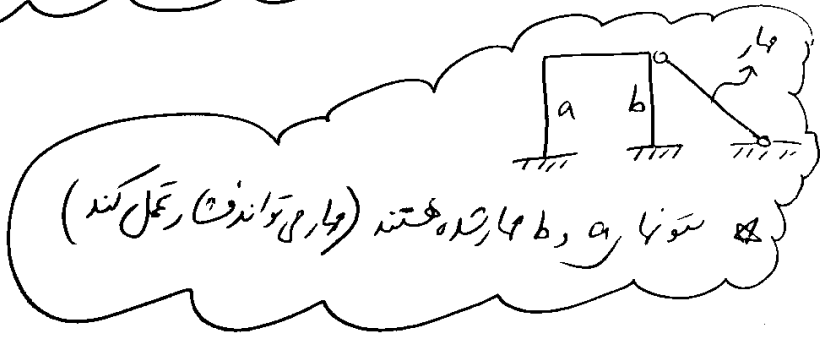

b
a
$0.7 < k_a < 1$
$0.5 < k_b < 1$

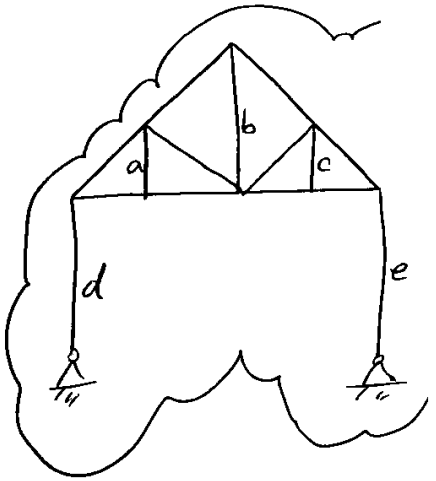

C
F
B
E
A
D
$1 < k_{AB} < 2$
$0.5 < k_{AC} < 0.7$
$2 < k_{DE} < \infty$
$0.7 < k_{FD} < 1$
$1 < k_{BC} < \infty$

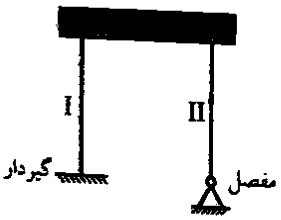

c
d
b
a
$1 < k_a < 2$
$0.5 < k_b < 1$
$1 < k_c < \infty$
$0.7 < k_d < 1$


a
c
e
d
b
f
$k_e < 1$
$\{k_a, k_b, k_c, k_d, k_f\} \geq 1$


کابل
a
b
ستون a و b مهار شده هستند
چون کابل فشار تحمل نمی کند
کابل
a
b
ستون a و b مهار شده هستند


a
b
مهار
* ستون a و b مهار شده هستند (مهاری تواند فشار تحمل کند)


b
a
c
d
e
$\{k_a\ k_b\ k_c\} < 1$
$\{k_d\ k_e\} \geq 1$

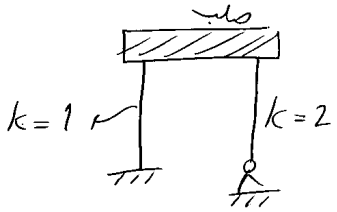


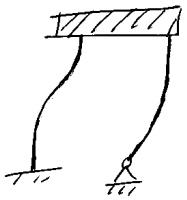
مقدار ضریب طول مؤثر کمانش (K) به ترتیب برای ستون‌های I و II سازه شکل مقابل که با انتهای فوقانی گیردار به عضو صلب فوقانی متصل شده‌اند کدام است؟ (سراسری ۸۰)

۱) ۱ و ۲
۲) ۰/۵ و ۰/۷
۳) ۱ و ۱
۴) ۰/۵ و ۱

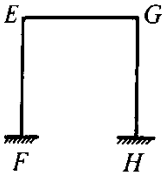
هر دو ستون بدون مهار جانبی هستند (۱) { $k=1$ دوسرگیردار / $k=2$ یکسرگیردار

شکل کمانش :



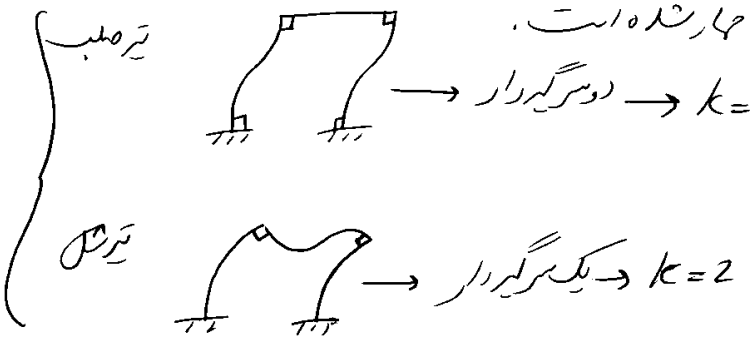


۳۵- ضریب طول کمانش ستون EF چقدر است؟ (آزاد ۷۹)



۱) $2 \le K_{EF} \le \infty$
۲) $0 \le K_{EF} \le 0/67$
۳) $1 \le K_{EF} \le 2$
۴) $K_{EF} = 0/67$

ستون EF مهارنشده است.



تمرین:

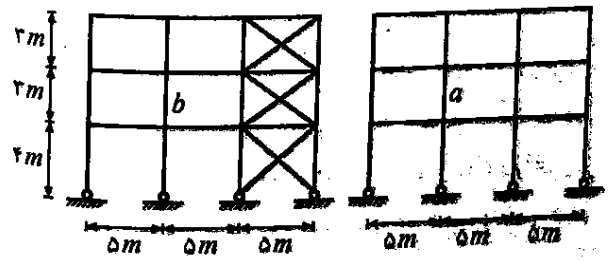
۳۶- طول کمانش یک ستون فولادی به طول L در یک قاب ساختمانی مهارنشده که حرکت جانبی در آن آزاد است کدام‌یک از مقادیر زیر را می‌تواند دارا باشد؟ (آزاد ۷۸ و نظام مهندسی)

۱) برابر L می‌باشد.
۲) بزرگتر از L می‌باشد.
۳) کوچکتر از L بوده و بستگی به سختی ستون‌های بالا و پایین ستون مورد نظر دارد.
۴) کوچکتر از L بوده و بستگی به سختی تیرهای متصل به دو انتهای ستون مورد نظر دارد.

گزینه ۲. برای ستونهای مهار نشده طول موثر (طول کمانشی) بزرگتر مساوی طول ستون می باشد: $L \le Le$

برای ستونهای مهار شده طول موثر (طول کمانشی) کوچکتر مساوی طول ستون می باشد: $L \ge Le$

۷۸- دو ستون a و b دارای مشخصات هندسی مقطع یکسان می‌باشند. باربری کدام‌یک بیشتر است؟ (مشخصات هندسی قاب‌ها یکسان است). (نظام مهندسی)

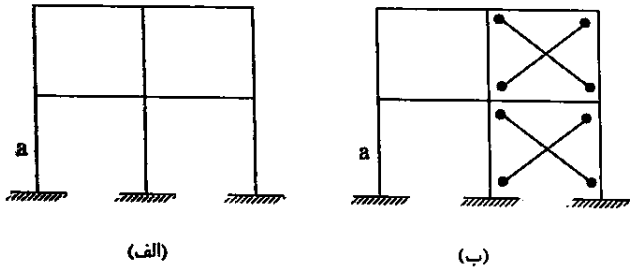


۱) ستون b
۲) ستون a
۳) هر دو مساوی هستند، چون مشخصات هندسی مساوی دارند.
۴) هیچ‌کدام از جواب‌های فوق

ستون a بارشده است و $k_a \geq 1$
ستون b بارشده است و $k_b < 1$
← ستون a ضعیف‌تر و زودتر کمانش می‌کند

تالیفی (حسین زاده)

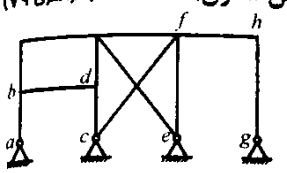
۱۲۰- شکل ب همان قاب شکل الف می‌باشد که بدان بادبند افزوده شده است. بار کمانشی ستون a در قاب شکل ب حدوداً چند برابر بار کمانشی قاب شکل الف است؟



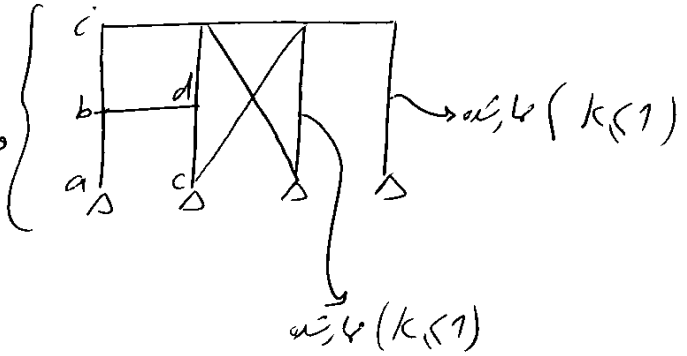
۱) بین ۴ تا ۸ برابر
۲) ۲ برابر
۳) ۴ برابر
۴) بار کمانشی ستون a در هر دو قاب برابر است.

گزینه ۱:

۲۱- در قاب شکل مقابل، کدام گزینه صحیح است؟ (K ضریب طول مؤثر کمانش ستون) (سراسری ۷۹)



۱) $K_{gh} > 1$
۲) $K_{ef} > 1$
۳) $K_{cd} < 1$
۴) $K_{ab} > 1$

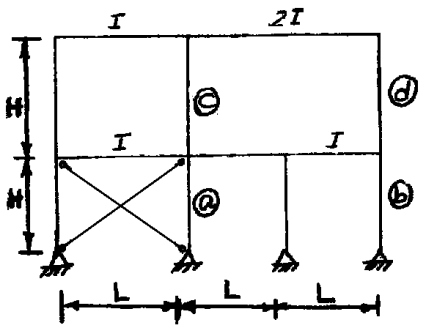


ستون ac بارشده است ($k < 1$)
و ستون ab بارشده است ($k \geq 1$)
بارشده ($k < 1$)
بارشده ($k < 1$)

سراسری ۹۱

۱۰۸- در قاب ۲ بعدی نشان داده شده در شکل زیر، ضریب طول مؤثر کدام یک از ستون های a، b، c یا d از بقیه بیشتر است؟
(ارتفاع و مشخصات مقاطع به کار رفته در همهٔ ستون‌ها مشابه است.)

۱) b
۲) a
۳) c
۴) d

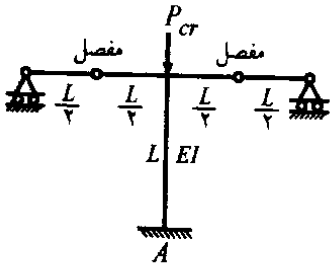


$k_a, k_b < 1$ ← a و b مهار شده هستند

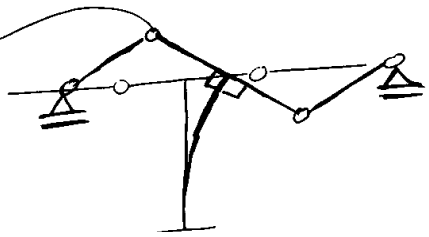
$k_d, k_c > 1$ ← c و d مهار نشده هستند

از نظر ضریب k برای ستون d بیشتر از ستون c می‌باشد $k_d > k_c > k_b > k_a$

۲۱- در شکل زیر در صورتی که EI اعضاء افقی بی‌نهایت فرض شود، ضریب طول مؤثر تئوریک عضو قائم چقدر است؟ (سراسری ۸۱)



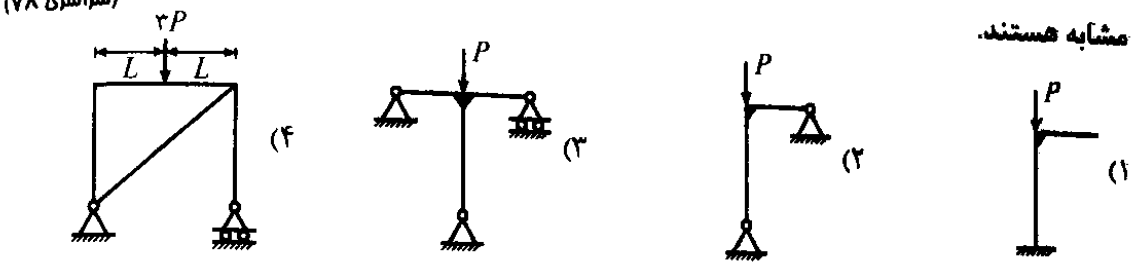
۱) $K = ۰/۷$
۲) $K = ۱$
۳) $K = ۱/۸$
۴) $K = ۲$



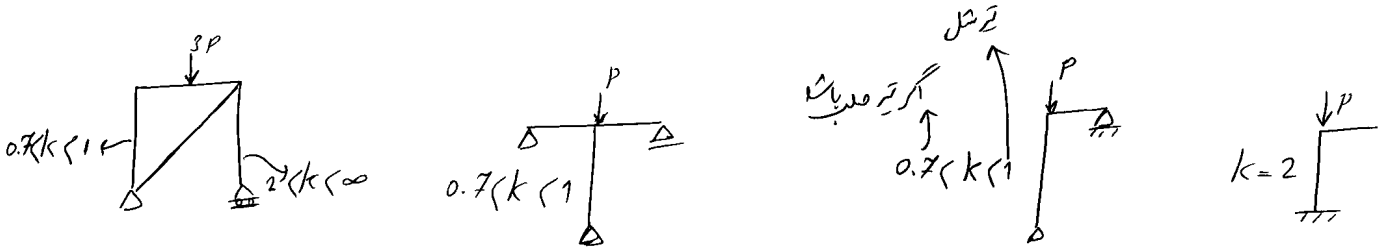
به علت وجود مفصل در تیر نمی‌تواند جلوی دوران ستون را بگیرد
بنابراین ستون مانند ستون لوله عمل می‌کند ($k=2$)

یک روش سریع جهت تشخیص اینکه در چه حالتی تیر نمی تواند جلوی دوران ستون را بگیرد:

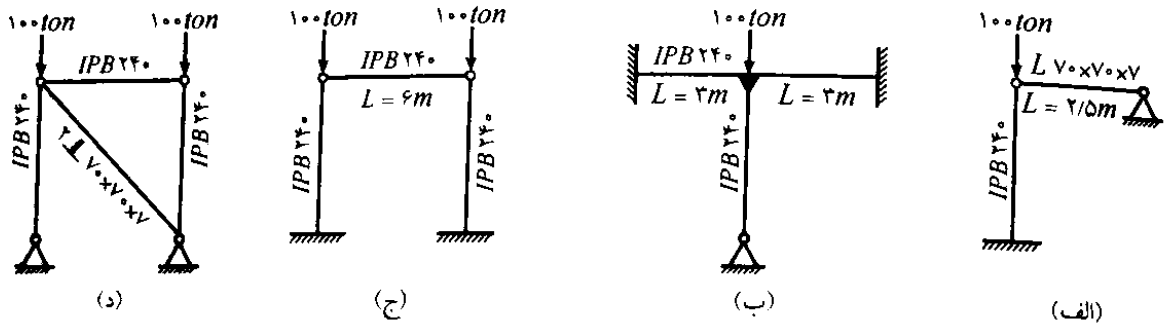
۱۹- احتمال کمانش کدام ستون در صفحهٔ کاغذ بیشتر است. تمام ستون‌ها دارای طول، مقطع و فولاد مشابه هستند. (سراسری ۷۸)



۴) ۳) ۲) ۱)



۲۰- احتمال وقوع کمانش در کدام‌یک از ستون‌های شکل زیر در صفحهٔ کاغذ بیشتر است؟ طول تمام ستون‌ها برابر ۶ متر می‌باشد و مقطع آن‌ها نیز مشابه و از نیمرخ IPB ۲۴۰ است. عمود بر صفحه کاغذ تمام ستون‌ها در برابر کمانش نگهداری شده‌اند. (سراسری ۸۲)

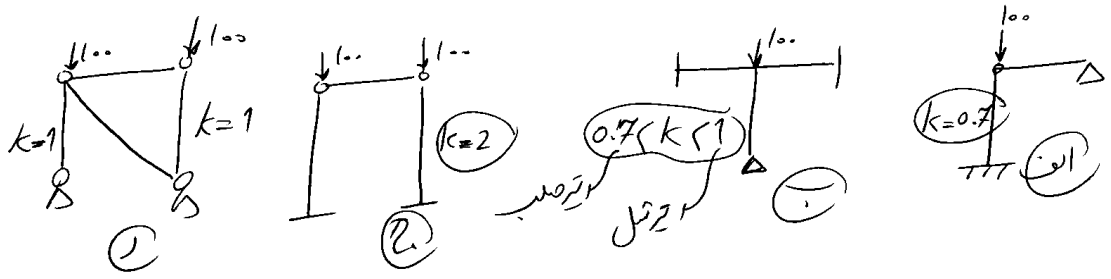


(الف) (ب) (ج) (د)

$L\,۷۰\times۷۰\times۷ (A = ۹/۴\ cm^۲\ ,\ r_x = ۲/۲۸\ cm\ ,\ r_\eta = ۱/۳۷\ cm)$

$IPB\,۲۴۰ (A = ۱۰۶\ cm^۲\ ,\ I_x = ۱۱۲۶۰\ cm^۴\ ,\ r_x = ۱۰/۳\ cm)$

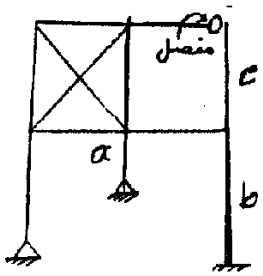
۱) به‌ترتیب موارد الف، ب، ج، د
۲) به‌ترتیب موارد ب، الف، د، ج
۳) به ترتیب موارد ج، د، ب، الف
۴) به ترتیب موارد د، ج، ب، الف



(ج ، د ، ب ، الف)

سراسری ۹۳

۱۰۷- در خصوص مقایسه ضریب طول موثر (k تئوریک) ستون‌های a ، b ، c در صفحه قاب کدام گزینه صحیح است؟ سختی خمشی تیرها و ستون‌ها یکسان می‌باشد.



۱) $k_a > k_b > k_c$

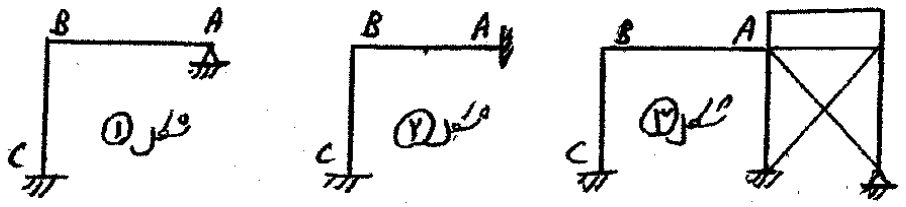
۲) $k_b > k_a > k_c$

۳) $k_c > k_a > k_b$

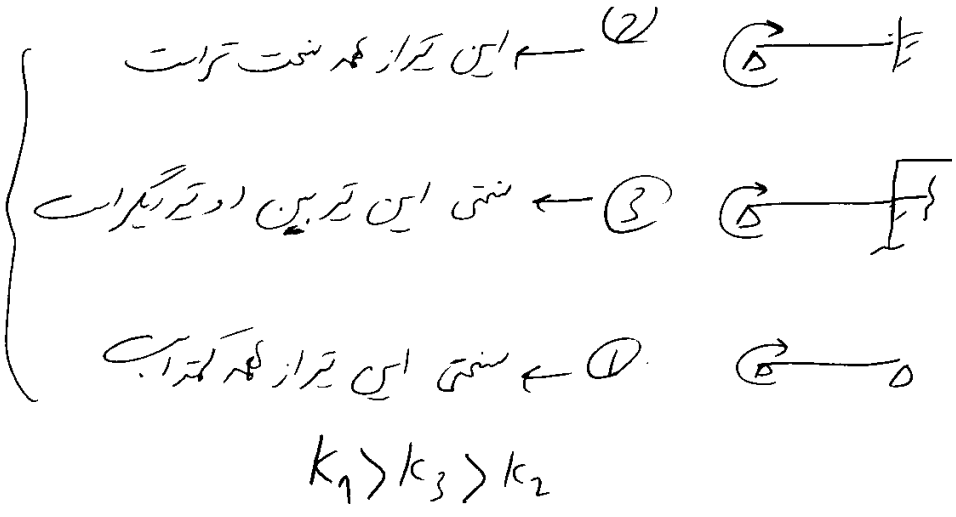
۴) بدون داشتن اطلاعات بیشتر، امکان قضاوت وجود ندارد.

۱۰۸- در سازه‌های شکل زیر چنانچه در هر سه شکل مشخصات تیر AB و ستون BC یکسان باشد، ضریب طولی موثر ستون BC در کدام شکل بیشتر خواهد بود؟

سراسری ۸۹

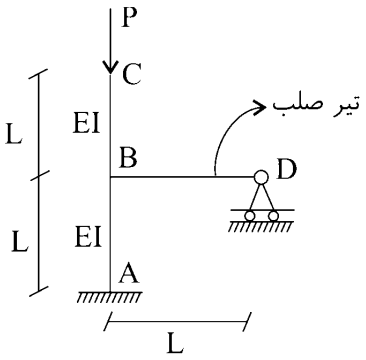


۱) $K_1 > K_3 > K_2$ ۲) $K_3 > K_2 > K_1$ ۳) $K_1 > K_2 > K_3$ ۴) $K_2 > K_1 > K_3$



تالیفی (حسین زاده)

بار کمانشی (بحرانی) ستون مقابل چقدر است؟



۱) $\frac{\pi^2 EI}{L^2}$

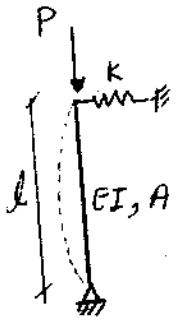
۲) $\frac{\pi^2 EI}{2L^2}$

۳) $\frac{\pi^2 EI}{4L^2}$

۴) ستون ناپایدار است و بار بحرانی آن صفر است.

آزاد ۸۹

۱۲۴ـ در ستون نشان داده شده حداقل سختی مهارجانبی برای آنکه کمانش ستون به صورت دو سر مفصل انجام شود کدام است؟



۱) $k \geq \frac{\pi^2 EI}{A\ell}$

۲) $k \geq \frac{4\pi^2 EI}{\ell^2}$

۳) $k \geq \frac{\pi^2 EI}{\ell^2}$

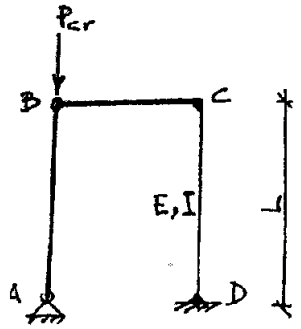
۴) $k \geq \frac{\pi^2 EI}{4\ell^2}$

گزینه ۳.

نحوه محاسبه بار بحرانی در ستونهایی که در آنها فنر داریم:

سراسری ۹۰

۱۰۹- دو عضو AB و BC صلب هستند. ضریب الاستیسیته و ممان اینرسی عضو CD به ترتیب E و I می‌باشند. بار بحرانی P_{cr} چقدر است؟ (ناپایداری خارج از صفحه سازه را در نظر نگیرید.)



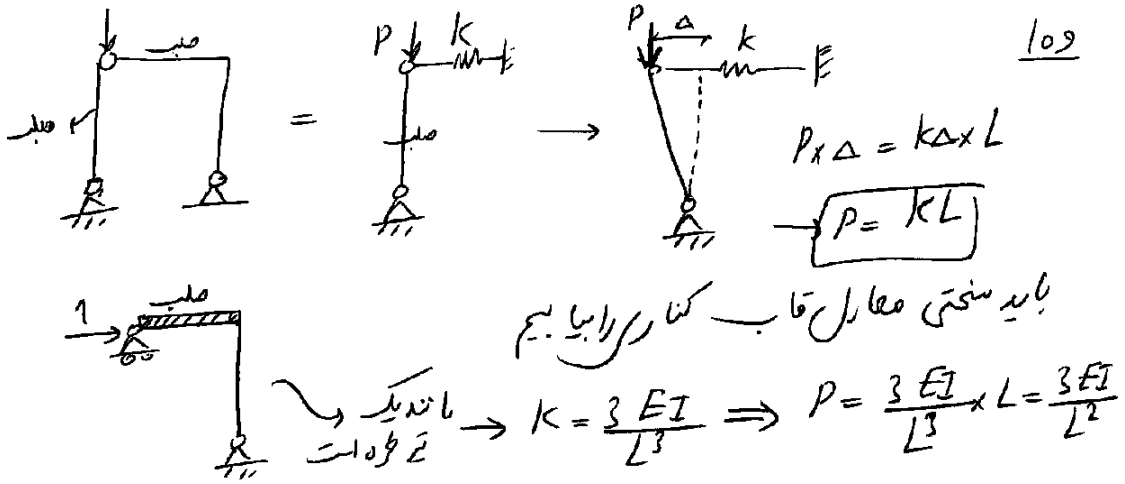
۱) $P_{cr}=\frac{3\pi^2 EI}{L^2}$

۲) $P_{cr}=\frac{3EI}{L^2}$

۳) $P_{cr}=0/25(\frac{\pi^2 EI}{L^2})$

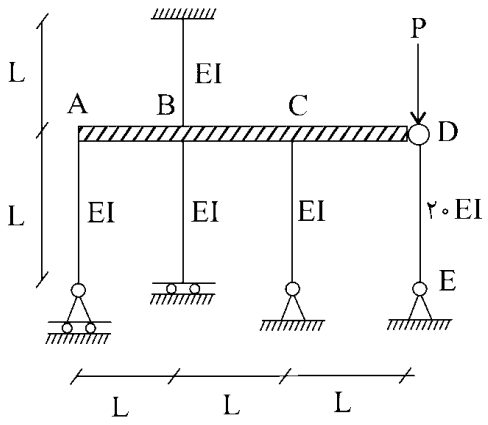
۴) $P_{cr}=\infty$ (امکان کمانش و ناپایداری وجود ندارد.)

پاسخ این تست با فرض گیردار بودن پای ستون در نقطه D برابر $P_{cr}=\frac{12EI}{L^2}$ خواهد بود که در گزینه ها نیست. ولی با مفصلی فرض کردن پای ستون در نقطه D پاسخ به صورت زیر خواهد بود:



تالیفی (حسین زاده)

بار کمانشی ستون DE چقدر است؟ تیر ABCD صلب است.



۱) $\frac{20EI}{L^2}$

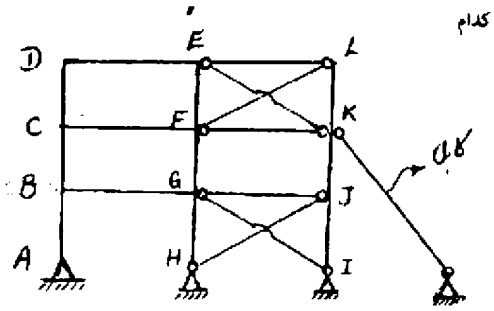
۲) $\frac{15EI}{L^2}$

۳) $\frac{10EI}{L^2}$

۴) $\frac{7EI}{L^2}$

آزاد۸۸

۱۲۵- در مورد قاب دو بعدی با سیستم باربری جانبی دوگانه قاب خمشی و مهاربندی هم محور کدام گزینه صحیح می باشد؟ (مشخصات مقطع تمامی ستونها باهم و تیرها باهم یکسان می باشند.) (K ضریب طول مؤثر کمانشی می باشد.)



۱) $K_{LK} = K_{KJ} = K_{JI}$

۲) $K_{CB} > K_{FG} > K_{KJ}$

۳) $K_{LK} = K_{CD} = K_{EF}$

۴) $K_{CB} = K_{FG} > 1$

گزینه ۴

در گزینه ۱ : $K_{LK} < K_{KJ}$ و $K_{LK} = K_{JI}$

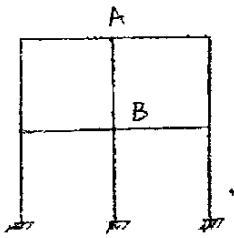
گزینه ۲: $K_{CB} = K_{FG}$ و $K_{CB} < K_{KJ}$

گزینه ۳: $K_{LK} > K_{CD}$ و $K_{CD} = K_{EF}$

نکته: کابل چون تنها کشش تحمل می کند، اگر در دو طرف سازه قرار داده نشود تاثیری در مهار طبقه ندارد.

آزاد۸۹

۱۲۷- در قاب زیر طراح سازه پروفیل IPE 240 را برای تیرها پیشنهاد کرده است. در صورتی که پیمانکار با توجه به پروفیلهای موجود در کارگاه از پروفیل IPE 300 استفاده کرده باشد، ضریب طول مؤثر ستون AB نسبت به مقدار درنظر گرفته شده در طراحی چگونه تغییر می‌کند؟



۱) کاهش می‌یابد

۲) افزایش می‌یابد

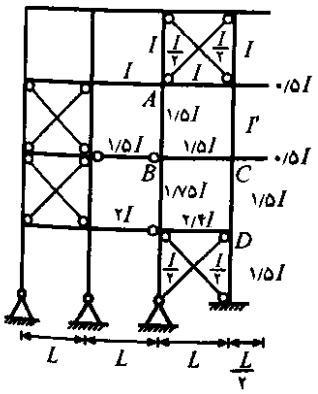
۳) ثابت می‌ماند

۴) بسته به سختی ستونها هر یک از گزینه‌های قبل می‌تواند صحیح باشد

گزینه ۱ . با تقویت تیرها نسبت به ستونها، گیرداری نسبی ستون افزایش می یابد (هرچه تیرها قویتر شوند دوران انتهای ستونها کمتر می شود. برای مثال اگر تیر صلب داشته باشیم دوران انتهای ستون صفر می شود). و با افزایش گیرداری انتهای ستون K آن کاهش می یابد.

۴-۳- مفهوم ضریب G و تاثیر آن بر ضریب K

۴۷- مطلوب است تعیین مقدار I' به‌طوری که ضریب طول مؤثر اعضای AB و CD یکسان باشد. (سراسری ۷۶)



۱) $I' = 1/2I$

۲) $I' = 1/31250I$

۳) $I' = 1/75I$

۴) مقدار I' قابل محاسبه نمی‌باشد.

نکته: برای اینکه ضریب طول موثر دوستون برابر باشد، باید ضرایب G آنها برابر باشد.

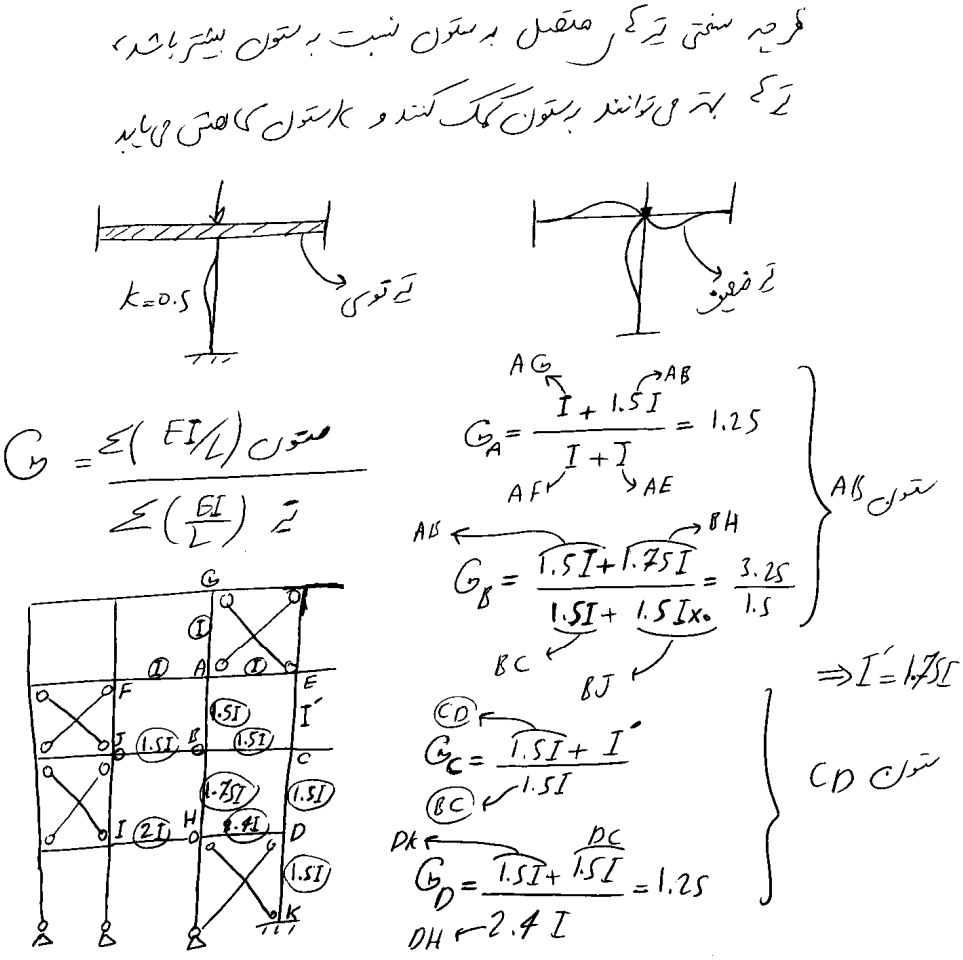
ضریب G چیست؟ برای هر ستون دو ضریب G داریم: یکی برای انتهای فوقانی آن و یکی برای انتهای تحتانی آن.

ضریب G هر انتها برابر نسبت سختی خمشی (EI/L) ستونهای متصل شونده به سختی خمشی تیرهای متصل به آن انتهاست.

نکته: مقدار G برای تکیه گاه مفصلی از لحاظ نظری بینهایت می باشد، ولی در عمل تکیه گاه مفصلی نیز درصد کمی گیرداری دارد و مقدار G آن را برابر ۱۰ در نظر می گیرند.

نکته: مقدار G برای تکیه گاه گیردار نیز از لحاظ نظری برابر صفر است ولی با توجه به اینکه این تکیه گاهها در عمل کاملا صلب نیستند، مقدار G تکیه گاه گیردار را برابر ۱ درنظر می گیرند.

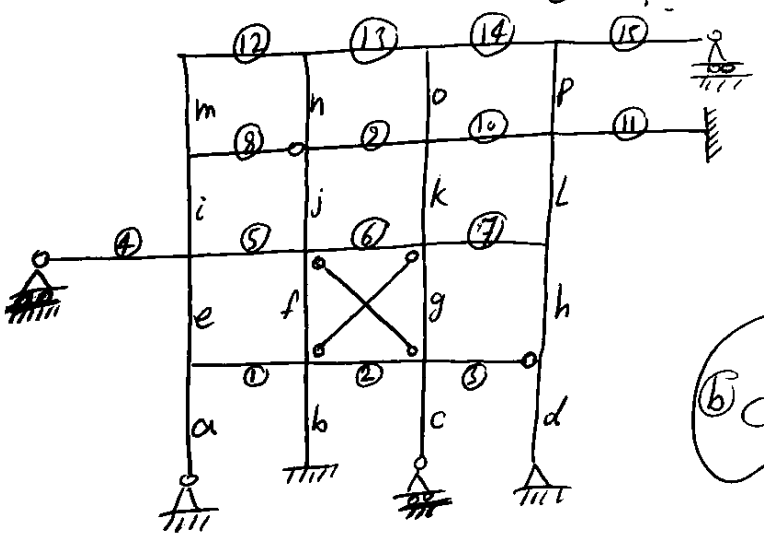
نکته: تیرهای طره کمکی به ستون نمی کنند (خودشان آویزان ستون هستند!) و بنابراین در محاسبه مقدار G سختی تیرهای طره را درنظر نمی گیریم (انگار که تیری وجود ندارد).



از آنجا که G_D برابر G_A می باشد، برای اینکه K هر دوستون برابر باشد باید $G_C=G_B$ باشد.

مطالعه آزاد:

ضریب اصلاح سختی تیرها برای محاسبه ضریب G:



ستون a: مهار نشده
$2 < k < \infty$
$G_{top} = \frac{a+e}{①}$
$G_{bot} = 10$

ستون b: $1 < k < 2$
$G_{top} = \frac{f+b}{①+②}$ $G_{bot} = 1$

ستون C: $2 < k < \infty$, $G_{top} = \frac{c+g}{②+0.5\times③}$

ستون d: $2 < k < \infty$
$G_{top} = 10$
$G_{bot} = 10$

ستون e: $0.5 < k < 1$, $G_{top} = \frac{e+i}{1.5\times④+⑤}$, $G_{bot} = \frac{a+e}{①}$

ستون f: $0.5 < k < 1$, $G_{top} = \frac{f+j}{⑤+⑥}$, $G_{bot} = \frac{f+b}{①+②}$

ستون j: $1 < k < \infty$
$G_{top} = \frac{n+j}{⑨}$
$G_{bot} = \frac{j+f}{⑤+⑥}$

ستون i: $1 < k < \infty$, $G_{top} = \frac{i+m}{0.5\times⑧}$, $G_{bot} = \frac{i+e}{0.5\times④+⑤}$

ستون L: $1 < k < \infty$, $G_{top} = \frac{p+L}{⑩+\frac{2}{3}\times⑪}$, $G_{bot} = \frac{L+h}{⑦}$

ستون m: $1 < k < \infty$, $G_{top} = \frac{m}{⑫}$, $G_{bot} = \frac{m+i}{0.5\times⑧}$

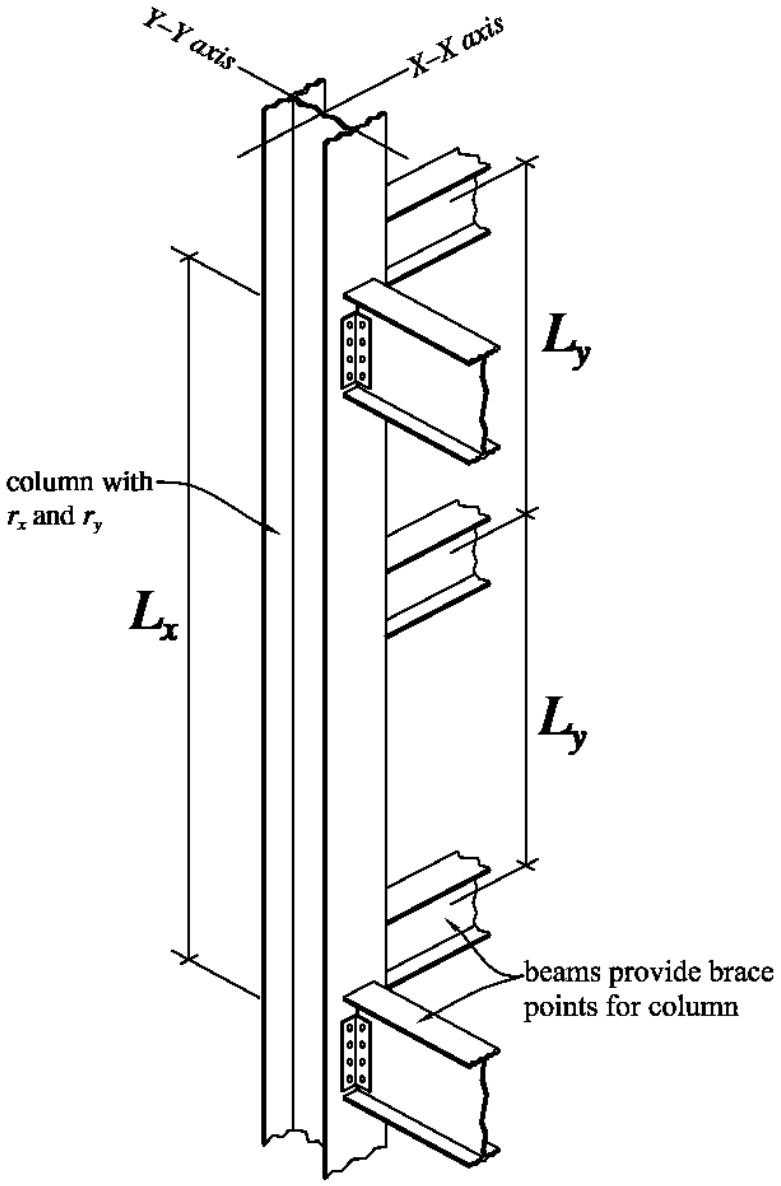
ستون p: $1 < k < \infty$, $G_{top} = \frac{p}{⑭+0.5\times⑮}$, $G_{bot} = \frac{p+L}{⑩+\frac{2}{3}\times⑪}$

۳۴- در قاب‌های خمشی بدون بادبند، با کاهش صلبیت تیرها، ضریب طول مؤثر قطعات فشاری، (آزاد ۸۱)

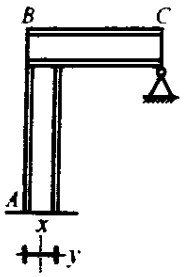
۱) کاهش می‌یابد.
۲) تغییر نمی‌کند.
۳) افزایش می‌یابد.
۴) به سمت ۱/۵ میل می‌کند.

گزینه ۳. دقت شود که اگر اتصال تیر به ستون گیردار نباشد (قاب خمشی نباشد) در این صورت صلبیت تیر هیچ تاثیری در مقدار K ستون نخواهد داشت و اگر می گفت که در قاب های ساده بادبندی شده.... گزینه ۲ صحیح بود.

نکات محاسبه ضریب لاغری و ضریب طول موثر در قابهای سه بعدی:



۳۰- قطعات قاب ABC از یک نیمرخ بال پهن تشکیل شده‌اند. وضع تکیه‌گاه‌ها در صفحهٔ قاب مطابق شکل زیر بوده و در نقاط A و C دارای تکیه‌گاه جانبی است که از حرکت قاب در امتداد عمود برصفحهٔ قاب در این نقاط جلوگیری می‌نمایند. ضریب کمانش ستون AB در دو امتداد به ترتیب زیر است: (مهندسی ۷۲)

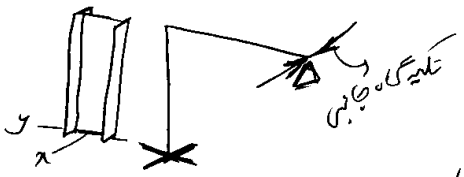


۱) $K_y < ۱ , K_x < ۱$

۲) $K_y > ۱ , K_x < ۱$

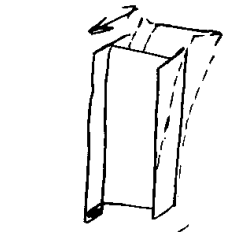
۳) $K_y > ۱ , K_x > ۱$

۴) $K_y < ۱ , K_x > ۱$

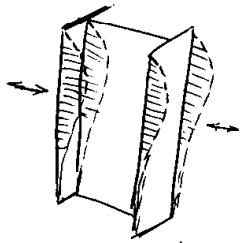


برای کمانش حول y ستون مهار نشده است ← $K_y > ۱$

برای کمانش حول x ← ستون مهار شده است ← $K_x < ۱$



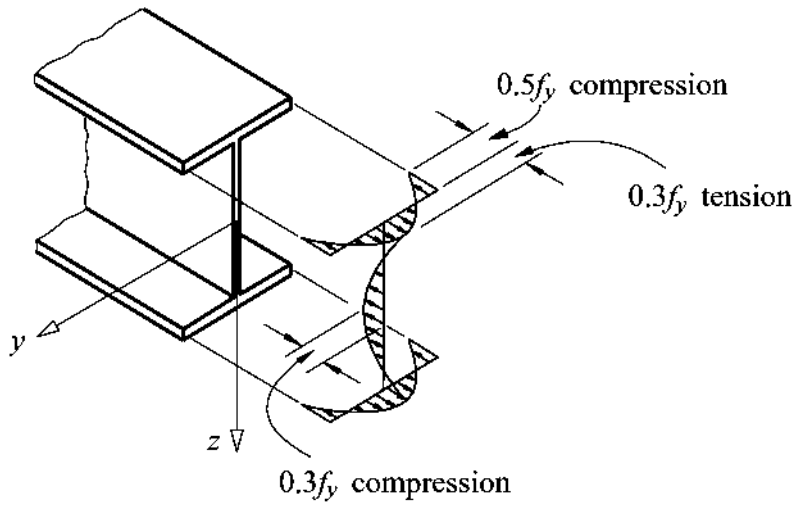
کمانش حول y



کمانش حول x

۴-۴- تنش های پسماند

در مقاطع نورد شده، پس از خروج از کوره آهن، در هنگام خنک شدن مقطع، لبه‌های آزاد زودتر به جسم جامد تبدیل می‌شوند. سپس قسمت‌های داخلی هنگام خنک شدن به علت انقباض کاهش طول می‌یابند و در نتیجه لبه های آزاد تحت اثر فشار، و قسمتهای داخلی تحت اثر کشش قرار می‌گیرند. به این تنش های ناشی از سرد شدن غیر یکنواخت، تنش های پسماند گویند.



نکته: عوامل زیر باعث ایجاد تنش های پسماند می شوند:
۱) نورد گرم مقاطع
۲) جوشکاری
۳) خم کاری سرد مقاطع
۴) سوراخ کاری (یا پانچ کردن)
۵) بریدن با شعله

۴-۵- تاثیر تنش های پس ماند بر رفتار غیرخطی اعضای کششی و فشاری

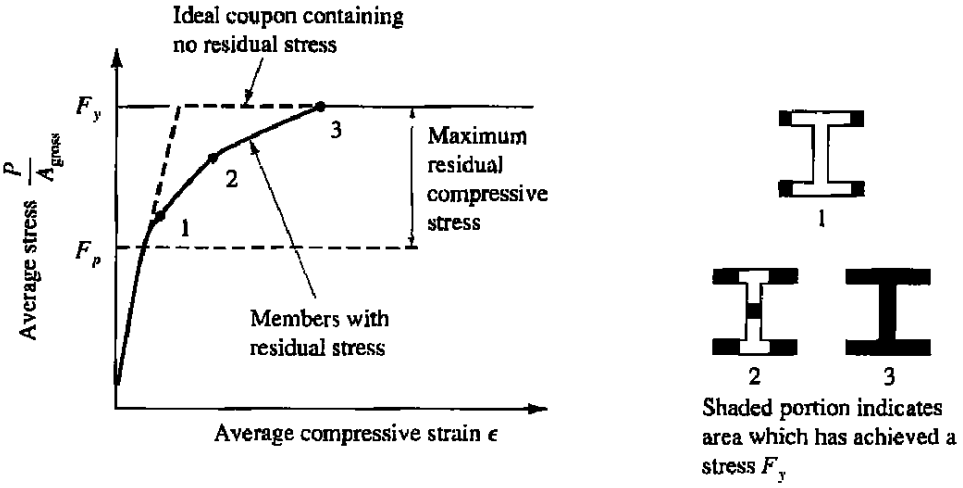
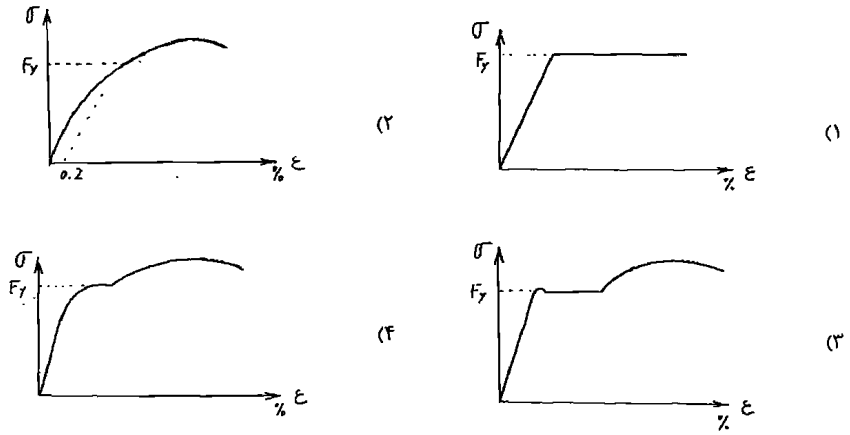


Figure 6.5.2 Influence of residual stress on average stress-strain curve.

سراسری ۸۲

۸- نمودار تنش ـ کرنش حاصل از انجام آزمایش کشش بر روی یک مقطع کامل نبشی‌شکل با نورد گـرم از فولاد نرمهٔ ساختمانی به کدام‌یک از شکل‌های زیر شبیه است؟ (سراسری ۸۲)



گزینه ۴. اگر نمی گفت که با نورد گرم است، گزینه ۳ صحیح می شد.

تنش پسماند از نورد گرم (در پروفیل نورد گرم) یا جوشکاری (در مقاطع ساخته شده) به‌طور معمول معادل کدام‌یک از مقادیر زیر در نظر گرفته می‌شود؟ (سراسری ۷۵ و ۷۴)

۱) حدود ۱۰٪ حد ارتجاعی فولاد
۲) حدود ۵۰٪ حد ارتجاعی فولاد
۳) معادل حد ارتجاعی (فقط برای فولاد نرمه)
۴) خیلی جزیی و در محاسبات دخالت داده نمی‌شود.

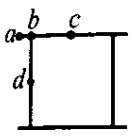
گزینه ۲

۱۸- در مقاطع بال‌پهن تولید شده در کارخانه، تنش‌های پسماند به‌صورت زیر می‌باشند؟ (آزاد ۸۰)

۱) در وسط جان و انتهای بال‌ها فشاری است.
۲) در وسط جان و وسط بال‌ها فشاری است.
۳) در وسط جان و انتهای بال‌ها کششی است.
۴) در وسط جان و وسط بال‌ها کششی است.

گزینه ۱. وسط جان و انتهای بالها که زودتر از بقیه نقاط مقطع سرد می شوند و تحت فشار پس ماند قرار می گیرند.

۱۶- در مقطع قوطی ساخته شده از ورق به شکل زیر، تنش‌های پسماند حرارتی به چه نحوی خواهد بود؟ (آزاد ۸۲)



۱) فشار در b و d
۲) فشار در b و کشش در c و d
۳) کشش در b و فشار در d
۴) کشش در c و a

گزینه ۳. نقاط c,d,a زودتر از بقیه نقاط مقطع سرد می شوند و تحت فشار پس ماند قرار می گیرند و نقطه b که دیرتر سرد می شود تحت کشش خواهد بود

۴-۶- تاثیر تنش پسماند بر مقاومت کششی و مقاومت فشاری اعضا

تمرین:

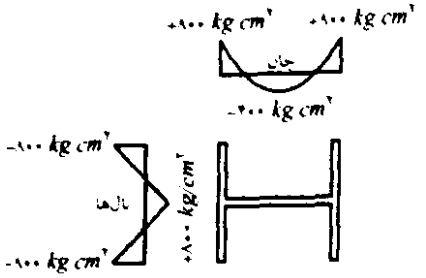
تأثیر تنش پسماند (*residual stress*) در باربری نهایی نیمرخ‌های فولادی تحت کشش و تحت فشار چگونه است؟ (هراهری ۷۵)

۱) باربری هر دو نوع قطعه کششی و فشاری را تقلیل می‌دهد.
۲) در باربری فشاری قطعات تأثیری ندارد ولی باربری کششی نیمرخ‌ها را تقلیل می‌دهد.
۳) در باربری کششی قطعات تأثیری ندارد ولی باربری فشاری نیمرخ‌ها را تقلیل می‌دهد.
۴) هیچگونه تأثیری در باربری نهایی قطعات کششی و فشاری ندارد.

گزینه ۳. تنش پسماند در اعضای کششی تنها رفتار غیر خطی را تسریع می بخشد ولی مقاومت نهایی را کاهش نمی دهد ولی در اعضای فشاری همانند اعضای کششی تنش های پسماند موجب کاهش زودرس سختی ماده (E) در ناحیه غیر خطی می شود، ولی از آنجا که در اعضای فشاری کمانش عضو تابعی از سختی است ، با کاهش سختی عضو فشاری زودتر کمانش کرده و بنابراین در این اعضا تنش پسماند موجب کاهش مقاومت (کمانشی) می شود

تمرین:

تنش‌های پسماند حرارتی به‌صورت تقریبی در بال یک عضو کششی با مقطع *IPB* ۲۰۰ با تنش جاری‌شدن $F_y = ۲۴۰۰\ kg/cm^۲$ و تنش نهایی $F_u = ۳۷۰۰\ kg/cm^۲$ مطابق شکل زیر فرض شده است. درصد کاهش در مقاومت عضو کششی ناشی از این تنش کدام است؟ (هراهری ۸۰)

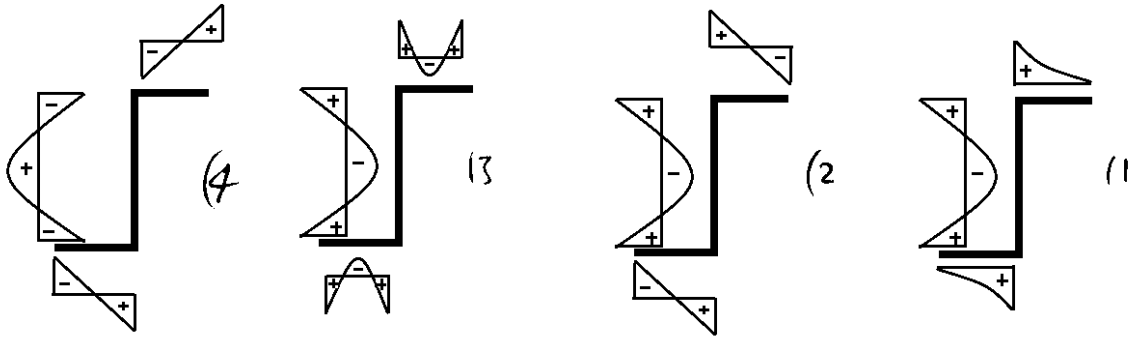


۱) ٪۲۲
۲) ٪۳۳
۳) ٪۶۷
۴) صفر

گزینه ۴. در اعضای کششی تنش های پسماند تاثیری در مقاومت عضو ندارد.

تالیفی (حسین زاده)

- کدامیک از گزینه‌ها توزیع تنش‌های پسماند را در مقطع گرم نوردیده را بهتر نشان می‌دهد؟ (تنش‌های کششی مثبت فرض شده‌اند)



۴-۷- کمانش ارتجاعی و کمانش غیر ارتجاعی

ظرفیت کمانشی ستون‌های فولادی نوردشده را تا زمانی می‌توان از فرمول اولر به‌دست آورد که تنش موجود در ستون از تنش ..... (معاصری ۷۶)

۱) پسماند تجاوز نکند. ۲) تسلیم تجاوز نکند.

۳) تسلیم به اضافه حداکثر تنش پسماند تجاوز نکند. ۴) تسلیم منهای حداکثر تنش پسماند تجاوز نکند.

گزینه ۴. در صورتی که لاغری عضو فشاری زیاد باشد، تنش کمانشی بسیار پایین تر از تنش تسلیم خواهد بود. مثلا در عضو کمانش می کند. فرض کنیم همین عضو دارای تنش پسماند فشاری 0.4Fy **و تنش پسماند کششی** 0.3Fy **باشد. بدین ترتیب حداقل و حداکثر تنش در عضو در لحظه کمانش به ترتیب برابر** 0.05Fy **و** 0.75Fy **خواهد بود. پس هیچ نقطه ای به تسلیم نمی رسد. در چنین مواری که در لحظه کمانش هیچ نقطه ای از مقطع تسلیم نمی شود، می توان بار کمانشی را از فرمول اولر بدست آورد. در عضو فوق تا زمانی که تنش اعمال شده از "تنش تسلیم منهای حدکثر تنش پسماند " تجاوز نکند می توان از فرمول اولر استفاده کرد. مثلا به جای** 0.35Fy **تا زمانی که تنش اعمال شده به ستون از (**0.4Fy=0.6Fy-Fy**) رد نشده می شود از فرمول اولر استفاده نمود.**

تمرین:

۱۷- در رابطهٔ با تنش‌های پسماند و پدیدهٔ تمرکز تنش در پروفیل‌های نوردشده کدام گزینه صحیح است؟ (آزاد ۸۱)

۱) در طرح اعضای فشاری اهمیت بیشتری دارند.

۲) در طرح اعضای کششی اهمیت بیشتری دارند.

۳) در طرح اعضای خمشی اهمیت بیشتری دارند.

۴) در طرح اعضای فشاری، کششی و خمشی اهمیت یکسان دارند.

گزینه ۱.

۸-۴- تنش مقاوم ستونها

آیین نامه ستونها را به دو دسته تقسیم می کند:

۱- ستونهای با لاغری بالا

۲- ستونها با لاغری متوسط (چاق!)

$$\left.\begin{array}{lll} \frac{KL}{r} > C_c & \rightarrow \text{لاغری بالا} \rightarrow \text{کمانش ارتجاعی} \rightarrow & \varphi F_n = 0.9\left(0.877\frac{\pi^2 E}{\lambda^2}\right) \\ \frac{KL}{r} < C_c & \rightarrow \text{لاغری متوسط} \rightarrow \text{کمانش غیر ارتجاعی} \rightarrow & \varphi F_n = 0.9\left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right]F_y \end{array}\right\} LRFD$$

$$\left.\begin{array}{lll} \frac{KL}{r} > C_c & \rightarrow \text{لاغری بالا} \rightarrow \text{کمانش ارتجاعی} \rightarrow & F_a = \frac{12}{23}\frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \\ \frac{KL}{r} < C_c & \rightarrow \text{لاغری متوسط} \rightarrow \text{کمانش غیر ارتجاعی} \rightarrow & F_a = \frac{F_y\left[1-0.5\left(\frac{\lambda}{C_c}\right)^2\right]}{\frac{5}{3}+\frac{3}{8}\left(\frac{\lambda}{C_c}\right)-\frac{1}{8}\left(\frac{\lambda}{C_c}\right)^3} \end{array}\right\} ASD$$

*** ضریب کاهش مقاومت در روش LRFD برای ستونهای لاغر عملا برابر 0.9x0.877=0.79 می باشد.**

سوال: ضریب اطمینان ستونهای لاغر بیشتر است یا ستونهای کوتاه؟

سوال: چرا آیین نامه ضریب اطمینان ستونهای لاغر را بیشتر در نظر می گیرد؟

سوال: مقدار ضریب Cc را چگونه تعیین کنیم؟

پاسخ: مقدار Cc با این شرط تعیین می شود که *هنگام کمانش* تنش نهایی در ستون به Fy نرسیده باشد (هیچ نقطه ای تسلیم نشده باشد و الاستیک باقی مانده باشد):

تنش نهایی در ستون= تنش فشاری در ستون بر اثر بار کمانشی + تنش پس ماند

روش ASD:

$$\text{تنش نهایی در ستون} = 0.5F_y + \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

$$0.5F_y + \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \le F_y \quad \rightarrow \quad \lambda \ge \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.5F_y}}$$

روش LRFD:

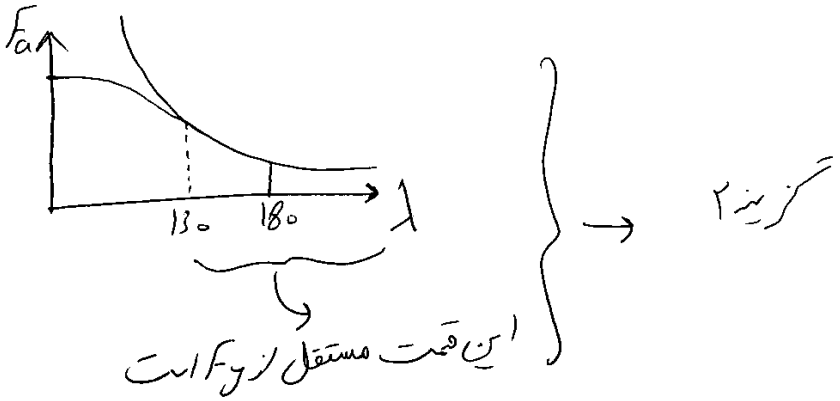
$$\text{تنش نهایی در ستون} = 0.56F_y + \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

$$0.56F_y + \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \le F_y \quad \rightarrow \quad \lambda \ge \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.44F_y}}$$

یعنی اگر $4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.44F_y}} \le \lambda$ **باشد ستون لاغر خواهد بود و کمانش ارتجاعی خواهیم داشت. مقدار** $4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ **را با** Cc **نشان می دهند که برای فولاد نرمه با** $Fy=2400\ kg/cm^2$ **تقریبا برابر ۱۴۰ می باشد. پس اگر لاغری ستون بیشتر از ۱۴۰ بود لاغر محسوب می شود.**

۴۲- لاغری یک ستون با حد تسلیم $F_y = ۲۴۰۰\ kg/cm^۲$ **برابر** $\lambda = ۱۸۰$ **و بار مجاز آن ۱۰۰ تن می‌باشد. اگر به جای استفاده از فولاد نرمه فوق‌الذکر از فولادی که دارای حد تسلیم** $F_y = ۳۶۰۰\ kg/cm^۲$ **است استفاده گردد، بار مجاز ستون به چند تن خواهد رسید؟** (مراجعه ۸۱)

۱) ۶۶/۶ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۲۰ ۴) ۱۵۰



۴۸- اگر ستون شمارهٔ ۱ از فولاد $ST-۳۷\ (F_y = ۲۴۰۰\ kg/cm^۲)$ **و ستون شمارهٔ ۲ از فولاد** $ST-۵۲$ $(F_y = ۳۶۰۰\ kg/cm^۲)$ **ساخته شده باشند، تحت شرایط کمانش ارتجاعی مقدار تنش فشاری مجاز** (F_a) **آن دو چه رابطه‌ای با یکدیگر دارند؟ (** F_y **تنش تسلیم فولاد است.)** (مراجعه ۷۷)

۱) $F_{a۲} = F_{a۱}$ ۲) $F_{a۲} = ۱/۵\,F_{a۱}$ ۳) $F_{a۲} = ۲\,F_{a۱}$ ۴) $F_{a۲} = ۰/۶۶\,F_{a۱}$

گزینه ۱. از آنجا که گفته کمانش ارتجاعی (الاستیک) یعنی در لحظه کمانش هیچ نقطه ای از مقطع به تسلیم نرسیده است(غیرارتجاعی نشده).

بنابراین ستون یک ستون لاغر است و مقاومت مقطع از رابطه اولر بدست می آید که تنش تسلیم هیچ تاثیری در آن ندارد. در واقع ستونهایی که لاغری آنها بالاست خرابی ستون با کمانش ارتجاعی خواهد بود و مهم نیست که Fy ستون چقدر است چون قبل از رسیدن به Fy کمانش می کند. پس تنش مجاز هردو یکسان خواهد بود.

۴۹- اگر ضریب اطمینان طراحی ستون‌های لاغر را ۲/۵ در نظر گرفته، حد تناسب (رفتار خطی) را برابر $0/6F_y$ فرض کنیم، کدام‌یک از روابط طراحی زیر برای فولاد نرمه ساختمانی با $F_y = 2400$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع صحیح می‌باشد؟ (مدول ارتجاعی فولاد $E = 2/1\times10^6$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و در تمام روابط F_a تنش فشاری مجاز بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد). (سراسری ۷۷)

۱) برای $\frac{KL}{r} \geq 120$ ، $F_a = \frac{10/4\times10^6}{(KL/r)^2}$

۲) برای $\frac{KL}{r} \geq 120$ ، $F_a = \frac{8/3\times10^6}{(KL/r)^2}$

۳) برای $\frac{KL}{r} \geq 110$ ، $F_a = \frac{8/3\times10^6}{(KL/r)^2}$

۴) برای $\frac{KL}{r} \geq 131$ ، $F_a = \frac{10/8\times10^7}{(KL/r)^2}$

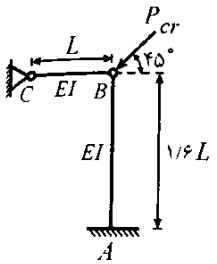
گزینه ۲ صحیح است. حد تناسب برابر $0.6Fy$ است پس تنش پس ماند برابر $0.4Fy$ می باشد:

$$0.4F_y + \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \leq F_y \quad \rightarrow \quad \lambda \geq \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6F_y}} \quad \rightarrow \quad C_c = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6\times 2400}} = 120$$

$$F_a = \frac{1}{2.5}\frac{\pi^2 E}{\lambda^2} = \frac{8.29\times10^6}{\lambda^2} = \frac{8.3\times10^6}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

دقت شود که در محاسبه تنش مجاز فشاری، به جای $\frac{12}{23}$ از $\frac{1}{2.5}$ استفاده شده است. چون ضریب اطمینان را خود سوال داده است.

۵۰- چنانچه رفتار سازه شکل مقابل الاستیک فرض شود و EI هر دو عضو یکسان باشد، بار بحرانی عبارت است از: (سراسری ۷۳)

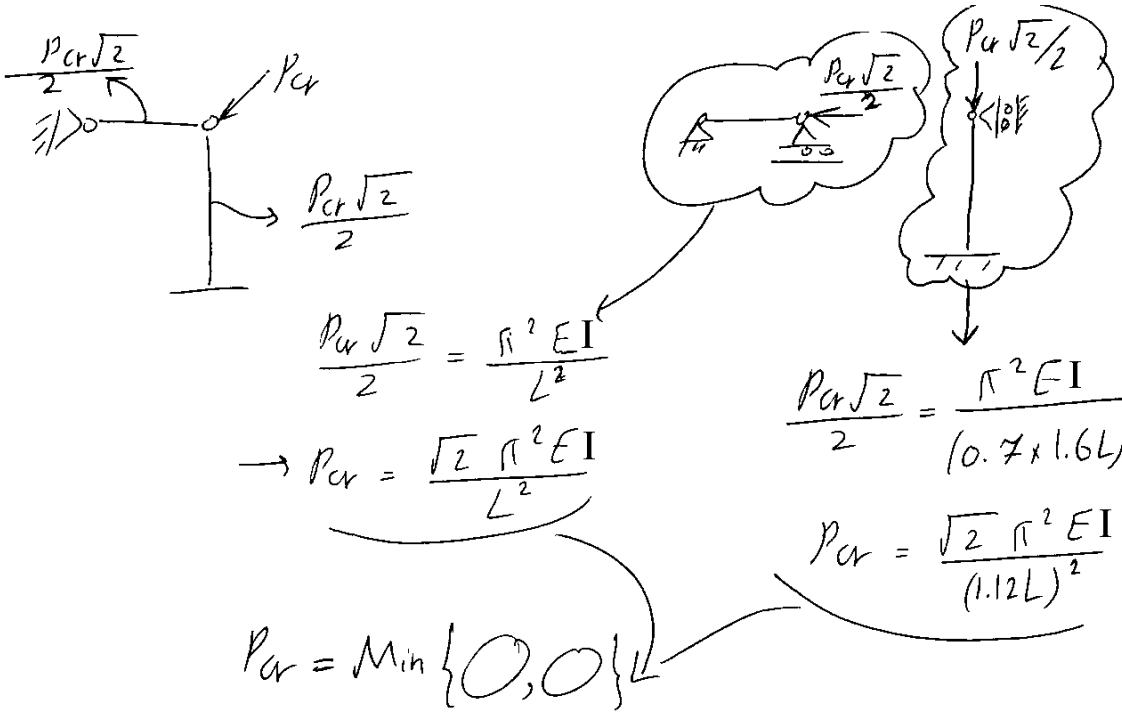


۱) $P_{cr} = \frac{\sqrt{2}\pi^2 \cdot EI}{(1/12L)^2}$

۲) $P_{cr} = \frac{\sqrt{2}\pi^2 \cdot EI}{(1/6L)^2}$

۳) $P_{cr} = \frac{\sqrt{2}\pi^2 \cdot EI}{L^2}$

۴) $P_{cr} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}\pi^2 \cdot EI}{1/12L^2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}\pi^2 \cdot EI}{L^2}\right)^2}$



تمرین:

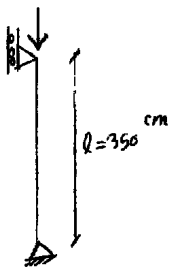
۵۸- ضریب لاغری هر دو ستون a و b برابر ۱۸۰ می‌باشد، تنش حد جاری‌شدن فولاد ستون‌های a و b به‌ترتیب برابر ۲۴۰۰ و ۳۶۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است. نسبت تنش فشاری مجاز ستون a به ستون b برابر است با: (آزاد ۸۰)

۱) $\frac{۲}{۳}$ ۲) ۱ ۳) $\frac{\sqrt{۲}}{۳}$ ۴) $\frac{۴}{۹}$

گزینه ۲. مرز بین کمانش الستیک (بدون اینکه نقطه ای تسلیم شود) و کمانش غیر الاستیک (کمانش همراه با تسلیم) برای فولاد بر اساس لاغری عضو تعیین می شود. برای فولاد با Fy=2400 لاغری تعیین کننده این مرز حدودا برابر ۱۴۰ است (حفظ شود). یعنی اگر لاغری یک ستون از ۱۴۰ بیشتر بود، لاغری آن بالاست و کمانش الاستیک خواهیم داشت و اگر لاغری یک ستون کمتر از ۱۴۰ بود، لاغری آن متوسط است و کمانش غیرالاستیک (همراه با تسلیم) خواهیم داشت. بنابراین ستون های a و b جزو ستون های لاغر هستند (۱۸۰ بیشتر از ۱۴۰است). و بار مجاز ستون بر اساس کمانش الاستیک تعیین می شود و بنابراین تنش تسلیم فولاد هیچ تاثیری در بار مجاز آن ندارد و هر دو ستون یکسان هستند. پس در ستونهای با لاغری زیاد اگر جنس فولاد ستون را تغییر دهیم (Fy آن را افزایش دهیم) هیچ فرقی به حال ستون نمی کند!

سراسری ۹۱

۱۰۷- ستون مقابل از نیمرخی با شعاع ژیراسیون حداقل $r_{min} = ۲cm$ مفروض است. نسبت استحکام فشاری این ستون چنانچه از فولاد اعلاء با تنش تسلیم $F_y = ۳۶۰۰ \frac{kg}{cm^۲}$ ساخته شود، به استحکام فشاری آن هر گاه از فولاد نرم با $F_y = ۲۴۰۰ \frac{kg}{cm^۲}$ ساخته شود؛ به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟



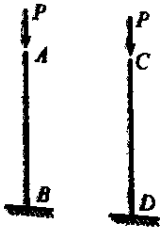
۱) ۱/۰۰
۲) ۰/۶۷
۳) ۱/۵۰
۴) ۲/۲۵

$\lambda = \frac{kl}{r} = \frac{1 \times 350}{2} = 175 \longrightarrow$ ستون لاغر است و کمانش ارتجاعی داریم و بنابراین F_y تاثیری در استحکام فشاری ندارد (گزینه یک صحیح است)

۵۵- برای عضو فشاری با ضریب لاغری بیشتر از C_c، تنش مجاز متناسب با کاهش ..... کاهش می‌یابد.
r = شعاع ژیراسیون، F_y = تنش حد جاری‌شدن فولاد (آزاد ۸۴)

۱) $r^۲F_y$ ۲) rF_y ۳) $r^۲$ ۴) r

۶۰- ستون‌های AB و CD دارای مقطع، ارتفاع و شرایط تکیه‌گاهی یکسان می‌باشند. ستون AB از فولاد با $F_y = ۲۴۰۰\ kg/cm^۲$ و ستون DC از فولاد با $F_y = ۳۶۰۰\ kg/cm^۲$ می‌باشند. کدام‌یک از پاسخ‌های زیر صحیح است؟ (آزاد ۷۹)



۱) ستون‌ها دارای ظرفیت باربری یکسان هستند.
۲) ستون CD دارای ظرفیت باربری بیشتر است.
۳) برحسب ضریب لاغری هر یک از موارد (۱) و (۲) امکان‌پذیر است.
۴) برحسب ضریب لاغری و مدول الاستیسیتهٔ فولاد هریک از موارد (۱) و (۲) امکان‌پذیر است.

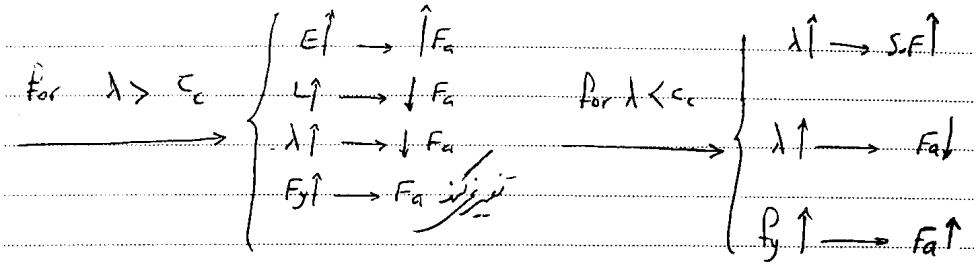
گزینه ۳. اگر ستونها لاغر باشند (کمانش الاستیک خواهیم داشت و بنابراین بار خرابی ستونها به Fy وابسته نخواهد بود) گزینه یک صحیح خواهد بود. اگر لاغری ستونها متوسط باشد (ستونها چاق باشند! و کمانش غیر الاستیک همراه با تسلیم نقاطی از مقطع را داشته باشیم) گزینه ۲ صحیح خواهد بود.

۶۱- اعضای فشاری با لاغری متوسط چگونه خراب می‌شوند؟ (آزاد ۷۸)

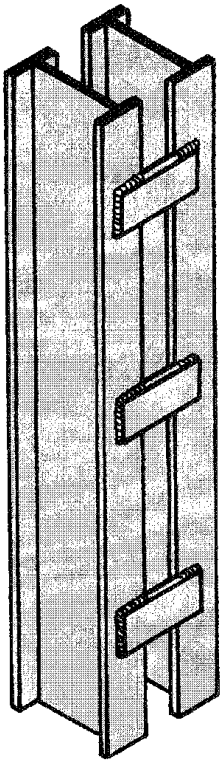
۱) به واسطهٔ کمانش الاستیک
۲) به واسطهٔ جاری‌شدن
۳) به واسطهٔ کمانش بعد از جاری‌شدن نقاطی از مقطع
۴) به واسطهٔ تسلیم

گزینه ۳. اگر می گفت با لاغری بالا یا لاغری زیاد یا اینکه می گفت لاغری ستون مثلا ۱۷۰ است، در این صورت گزینه ۱ صحیح می بود.

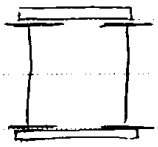
نکته

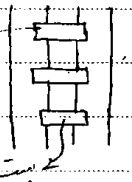


۹-۴- ستونهای بست دار



ستونهای مشبک : علت استفاده ، برای افزایش I_y ستونهای I شکل را با فاصله از هم قرار می دهند برای اتصال از بست استفاده می کنند .

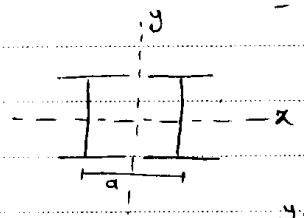




آجر از ورق کابل سرا سری استفاده نشود ستون ها عرضه ثبیت

بست

در این نوع چند از ستونهای مشبک زمانی می توان استفاده کرد که عضو تحت فشار خالص و یا فشار + خمش حول محور با متصالح (محور x) قرار گیرد .

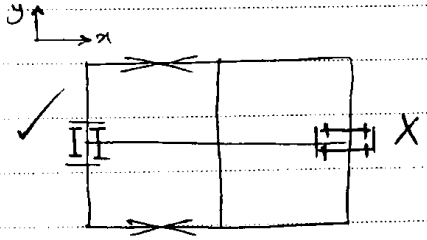


حول محور x با متصالح است

" " y بدون " "

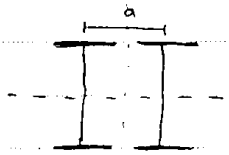
M_x می توان داشت

M_y نمی توان داشت



نکته : هر چه فاصله a بیشتر شود I_y بهتر خواهد شد .

در حالت مشخص از a ، $I_x = I_y$ می شود



سوال : اگر $I_x = I_y$ باشد کمانش حول کدام محور رخ می دهد ؟

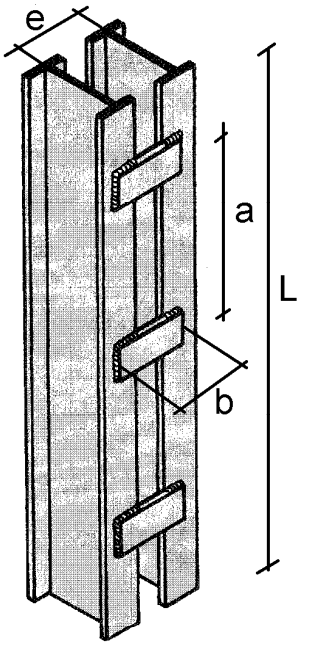
$$I_x = 2I'_x$$

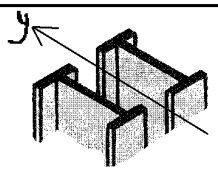
$$I_y = 2I'_y + 2A'\left(\frac{a}{2}\right)^2$$ ← با فرض صلب بودن بست ها است اگر بست ها مثلاً نشان دهیم باشند

$I_y = 2I'_y$ خواهد شد .

$$2I'_y < \text{حقیقی } I_y < \left(2I'_y + 2A'\left(\frac{a}{2}\right)^2\right)$$

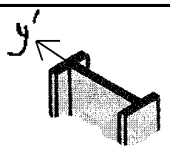
جواب سوال : حول محور y کمانش می کند چون $I_y < I_x$ حقیقی است .





$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2I'_y + 2A'(\frac{e}{2})^2}{2A'}}$$

$$\lambda_y = \frac{k_y L}{r_y}$$



$$r'_{min} = \sqrt{\frac{I'_y}{A'}}$$

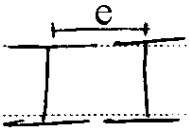
$$\lambda'_{min} = \frac{k'a}{r'_y}$$

$$\frac{a}{r'_y} \le 40 \quad \rightarrow \lambda_{ye} = \lambda_y$$

$$\frac{a}{r'_y} > 40 \quad \rightarrow \lambda_{ye} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda'^2_{min}}$$

λ_{ye} ↑
λ_y ≠ $\Longleftrightarrow$ ↑ a با افزایش فاصله بست ها
k_y ↓ ضریب طول موثر

λ_{ye} ↓
λ_y ↓ $\Longleftrightarrow$ ↑ e با افزایش طول
k_y ↑



جهت یافتن بار مجاز طراحی $\lambda = \max\{\lambda_x, \lambda_{ye}\}$

۱۰-۲-۴-۷ اعضای ساخته شده

۱۰-۲-۴-۷-۱ مقاومت فشاری اسمی

الف) در اعضای فشاری ساخته شده که در آنها اتصال قطعات متصل کنندهٔ میانی به اجزای مختلف مقطع به صورت پیچی و با عملکرد اتکائی می‌باشد، ضریب لاغری نسبت به محور عمود بر صفحهٔ بست (محور بدون مصالح مقطع ساخته شده) باید از رابطهٔ زیر تعیین شود.

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_o^2 + \left(\frac{a}{r_i}\right)^2} \qquad (۱۰-۲-۴-۷-۱۹)$$

ب) در اعضای فشاری ساخته‌شده که در آنها اتصال قطعات میانی متصل‌کننده به اجزای مختلف مقطع به صورت جوشی و یا پیچی با عملکرد اصطکاکی می‌باشد، ضریب لاغری نسبت به محور بدون مصالح مقطع ساخته شده (محور عمود بر صفحهٔ بست در اعضای فشاری ساخته شده با بست)، باید از رابطهٔ زیر تعیین شود.

$$\frac{a}{r_i} \le 40 \quad \rightarrow \quad \left(\frac{KL}{r}\right)_m = \left(\frac{KL}{r}\right)_o \qquad (۱۰-۲-۴-۷-۲۰)$$

$$\frac{a}{r_i} > 40 \quad \rightarrow \quad \left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_o^2 + \left(\frac{K_i a}{r_i}\right)^2} \qquad (۱۰-۲-۴-۷-۲۱)$$

در روابط فوق:

$\left(\frac{KL}{r}\right)_m$ = ضریب لاغری اصلاح شدهٔ عضو فشاری ساخته شده نسبت به محور بدون مصالح مقطع ساخته‌شده

$\left(\frac{KL}{r}\right)_o$ = ضریب لاغری مقطع ساخته شده نسبت به محور بدون مصالح مقطع ساخته‌شده

K_i = ۰/۵ برای مقطع نبشی پشت به پشت
= ۰/۷۵ برای مقطع ناودانی پشت به پشت
= ۰/۸۶ برای سایر مقاطع

K'

a = فاصلهٔ بین متصل‌کننده‌ها

r_i = شعاع ژیراسیون حداقل هر یک از اجزا

$$\lambda'_{min} < \frac{3}{4}\lambda_y$$

۱۰-۲-۴-۷-۲ محدودیت‌های ابعادی

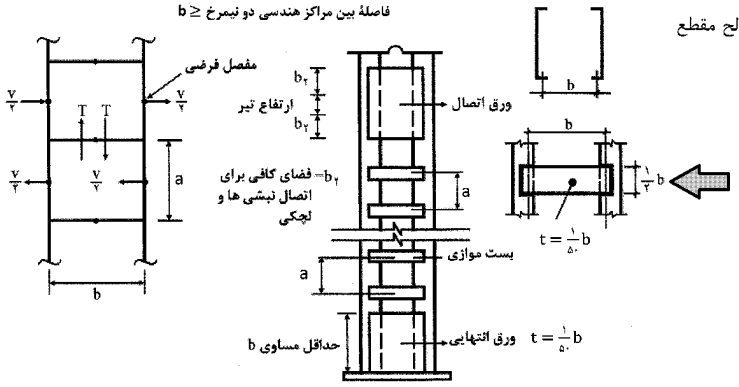
محدودیت‌های ابعادی اجزای اعضای فشاری ساخته‌شده به شرح زیر می‌باشند.

الف) هر یک از اجزای اعضای فشاری ساخته‌شده باید در فاصلهٔ a به یکدیگر متصل باشند، به نحوی‌که ضریب لاغری موثر هر یک از اجزا در فاصلهٔ a، Ka/r_i، از $\frac{3}{4}$ ضریب لاغری تعیین‌کننده کل عضو ساخته‌شده تجاوز نکند؛ که در آن r_i شعاع ژیراسیون حداقل هر جزء می‌باشد.

ج) چنانچه عضو فشاری ساخته شده از نیمرخ‌ها و بست‌های موازی تشکیل شده باشند، ضوابط زیر باید رعایت شوند.

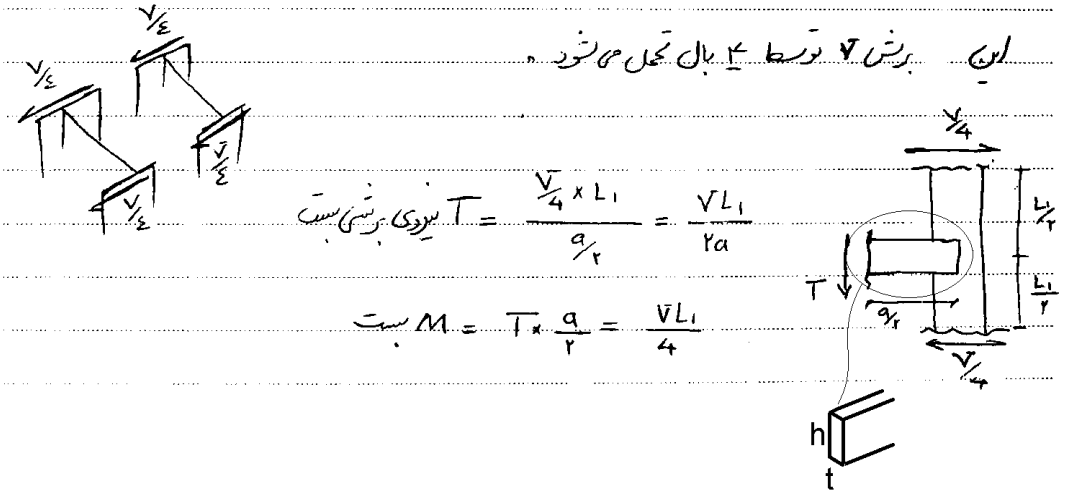
(۱) همانند اجزای کلیهٔ اعضای فشاری، فاصلهٔ بست‌ها از یکدیگر باید به اندازه‌ای باشند که ضریب لاغری موثر هر یک از اجزای عضو فشاری ساخته‌شده در فاصله بین مرکز به مرکز دو بست متوالی الزامات بند (الف) از محدودیت‌های ابعادی اعضای فشاری ساخته‌شده را تأمین نماید.

(۳) مشخصات هندسی بست‌های موازی شامل طول، مقطع و وسایل اتصال دو انتهای آنها به عضو فشاری، باید به گونه‌ای اختیار شود که منجر به تأمین مقاومت برشی عمود بر محور طولی عضو فشاری و به موازات صفحهٔ بست‌ها معادل ۲ درصد مقاومت فشاری موجود عضو فشاری و نیروی برشی ستون به موازات صفحهٔ بست‌ها به علت نیروهای خارجی شوند.



✓ بست باید بتواند خش و برش را به شرح زیر تحمل کند:

$$V = 0.02 P_{col} + V_{col}$$



این برش V توسط ۴ بال تحمل می‌شود.

$$\boldsymbol{M \le 0.9F_y \frac{th^2}{4}}$$

$$\boldsymbol{V \le 0.9(0.6F_y)th}$$

۶۹- ستونی از ۲INP با فاصلهٔ مرکز تا مرکز a تشکیل شده است. اگر ستون تحت نیروی محوری و M_x قرار گیرد (خمش حول محور x)، مناسب‌ترین فاصلهٔ a چگونه محاسبه می‌شود؟ (سراسری ۷۴ و نظام مهندسی)

۱) ضریب لاغری مؤثر ستون حول دو محور یکسان باشد.

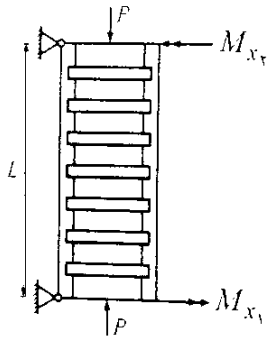
۲) شعاع ژیراسیون حول دو محور یکسان باشد.

۳) طول مؤثر $\left(\frac{KL}{2}\right)$ ستون نسبت به دو محور یکسان باشد.

۴) هرچه a بیشتر انتخاب شود بهتر است.

گزینه ۱. مناسب ترین فاصله وقتی است که هیچکدام از محورها ضعیف نباشد یعنی $\left(\frac{kL}{r}\right)_x = \left(\frac{kL}{r}\right)_{y-effective}$ **باشد**

در طرح ستون‌های مرکب (مشبک) با قیدهای افقی که مطابق شکل بارگذاری شده‌اند و برای ساختمان به کار می‌روند، مقدار نیروی برشی در طول ستون، از کدام گزینه به‌دست می‌آید؟ (سراسری ۷۹)



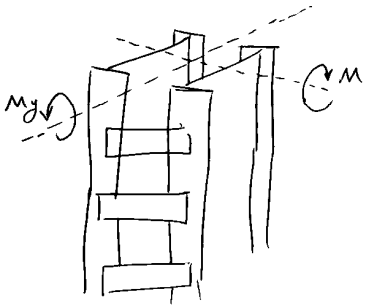
۱) $V = 0.02P$

۲) $V = 0.02P + \frac{M_{x_1} - M_{x_2}}{L}$

۳) $V = 0.02P + \frac{M_{x_1} - M_{x_2}}{2}$

۴) $V = 0.02P - \frac{M_{x_1} - M_{x_2}}{L}$

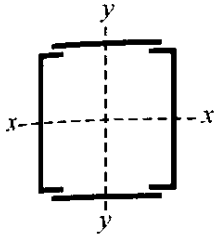
نکته: لنگری که موجب تغییر شکل زیست کمتر در محاسبات بست در نظر گرفته نمی شود



M_y را در نظر می گیریم (خمش حول x را در طراحی بست در نظر نمی گیریم)

گزینه ۱ صحیح است

۶۸- در یک ستون با مقطع مرکب که از دو پروفیل ناودانی ساخته شده و در آن از بست‌های افقی استفاده شده و فقط نیروی محوری را تحمل می‌کند، اگر $\left(\frac{KL}{r}\right)_y = \left(\frac{KL}{r}\right)_x$ **باشد، مقدار بار ماکزیممی که ستون می‌تواند تحمل کند چگونه محاسبه خواهد شد؟** (سراسری ۷۴ و نظام مهندسی)



۱) از محاسبه حول محور yها

۲) از محاسبه حول محور xها

۳) باربری ستون در دو جهت برابر است.

۴) بار محاسبه شده حول محور y را باید ۲٪ افزایش داد.

گزینه ۱. در طراحی ستون بست دار برای لاغری حول محور ضعیف (محور y) باید از لاغری موثر استفاده کنیم که مقدار آن بیشتر از لاغری غیر موثر است یعنی: $\left(\frac{kL}{r}\right)_y < \left(\frac{kL}{r}\right)_{y-effective}$.

برای کمانش محور x بست نداریم و در نتیجه $\left(\frac{kL}{r}\right)_x = \left(\frac{kL}{r}\right)_{x-effective}$

با توجه به اینکه $\left(\frac{kL}{r}\right)_x < \left(\frac{kL}{r}\right)_{y-effective}$ **کمانش حول محور y خواهد بود.**

ستونی دو سر مفصل به طول ۴ متر از دو نیمرخ I شکل تشکیل شده است و در آن از بست‌های افقی استفاده گردیده است. طبق ضوابط خاصی ضریب لاغری هر جزء ستون مابین بست‌ها نباید بیشتر از $\frac{۲}{۳}$ ضریب لاغری کل ستون باشد. در عین حال ضریب لاغری هر جزء ستون مابین بست‌ها نباید از ۴۰ نیز بیشتر شود. بر این اساس حداکثر فاصلهٔ S چقدر می‌تواند باشد؟ (سراسری ۷۸)

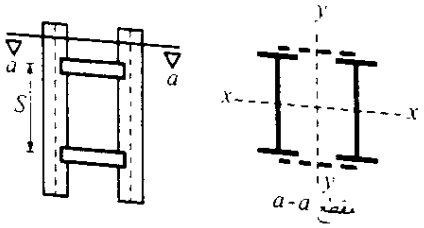
مشخصات هندسی نیمرخ دوبل:

$A = ۶۰\ cm^۲$ ، $I_x = ۴۰۰۰\ cm^۴$ ، $I_y = ۴۰۰۰\ cm^۴$

مشخصات هندسی تک نیمرخ:

$A' = ۳۰\ cm^۲$ ، $I_{x'} = ۲۰۰۰\ cm^۴$ ، $I_{y'} = ۲۰۰\ cm^۴$

$r'_x = ۸/۲\ cm$ ، $r'_y = ۲/۶\ cm$



۱) $۴۲\ cm$

۲) $۸۴\ cm$

۳) $۱۰۳\ cm$

۴) $۱۲۶\ cm$

$\frac{a}{r} < \frac{2}{3}\left(\frac{KL}{r}\right)$ کل ستون ⟶ $\frac{S}{2.6} < \frac{2}{3} \times \frac{\text{طول ستون}}{\sqrt{\frac{4000}{60}}}$ ⟶ $S < 84.9\ cm$

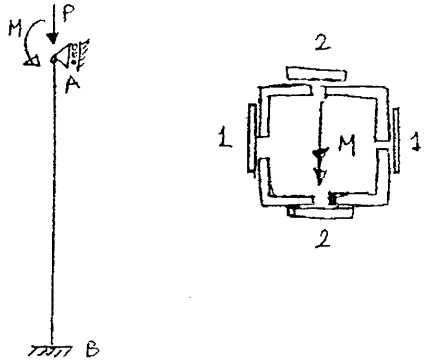
r_y ، مساحت مقطع کل ستون ، I کل ستون

$\frac{S}{2.6} < 40 \longrightarrow S < 104\ cm$

گزینه ۲ صحیح است

آزاد ۸۹

۱۲۸- مطابق شکل زیر ستونی از اتصال ٤ پروفیل نبشی با بست‌های موازی یکسان ساخته شده است. نیروی برشی طراحی بستهای ۱ چند برابر بستهای ۲ می‌باشد؟ (M=۰/۰۲ PL)



۱) $\frac{3}{5}$

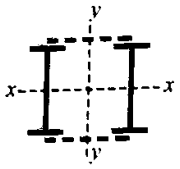
۲) $\frac{2}{5}$

۳) $\frac{1}{2}$

٤) $\frac{3}{4}$

گزینه ۲:

۷۴- ستون مرکب حاصل از دو تیرآهن ۲۰۰ *IPE* که فاصلهٔ محور آنها ۲۰۰ *mm* است را در نظر بگیرید. اگر ورق‌های بست دارای فاصله محور تا محور ۵۰۰ *mm* و ابعاد هر ورق برابر ۱۰×۱۰۰×۲۴۰ باشد، بر اثر بار محوری ۳۰ تن برای ستون، ورق بست برای چه تنش خمشی باید جوابگو باشد؟ (آزاد ۸۰)



۱) 1500 kg.cm $900\ kg/cm^2$

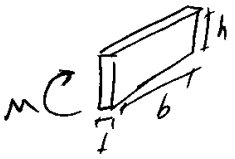
۲) 2333 kg.cm $1400\ kg/cm^2$

۳) 750 kg.cm $450\ kg/cm^2$

۴) 3000 kg.cm $1800\ kg/cm^2$

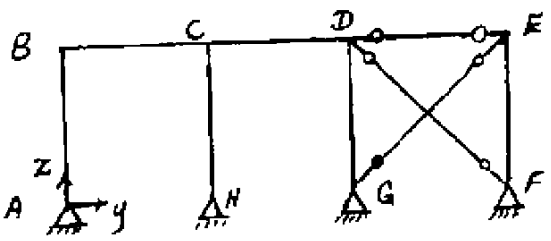
$V = 0.02 \times P = 0.02 \times 30000 = 600\,kg \Rightarrow$ بست $M = \frac{V \cdot a}{4} = \frac{600 \times 50}{4} = 7500\ kg.cm$

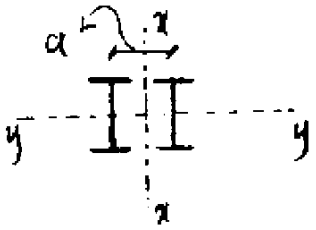
$\sigma = \frac{6M}{th^2} = \frac{6 \times 7500}{1 \times 10^2} = 450\ kg/cm^2$



آزاد ۸۸

۱۲۹- مقاطع تمامی ستونهای قاب دو بعدی شکل روبرو از دوبل I16 با فاصله جان به جان a می باشد. کدام گزینه صحیح نمی باشد؟





۱) طول مؤثر کمانش ستونهای AB و GD باهم برابر است.

۲) تغییرات a تأثیری در طول مؤثر کمانش ستونها ندارد.

۳) با افزایش a طول مؤثر کمانش ستون CH نیز افزایش می یابد.

۴) با افزایش a طول مؤثر کمانش EF تغییری نمی کند.

پاسخ: گزینه ۲.

گزینه ۱: ستونهای AB و GD هر دو در پایین مفصلی و در بالا تنها یک تیر گیردار به آنها وصل است و هر دو مهار شده هستند. بنابراین تمام شرایط برای آنها یکسان است و طول موثرشان با هم برابر است. اگر تیر DE دوسر مفصل نبود می توانست مانند تیر DC به ستون کمک کند که در این صورت طول موثر ستون GD از طول موثر ستون AB کمتر می بود

گزینه ۳: با افزایش فاصله a، ممان اینرسی ستون حول محور y افزایش می یابد و بنابراین سختی خمشی ستون (EI/L) افزایش می یابد. پس ستونها نسبت به تیرها قوی تر می شوند (و یا بهتر است بگوییم تیرها نسبت به ستونها ضعیفتر می شوند). و درنتیجه تیرها کمتر کمک ستون می کنند (هرچه تیرها قوی تر باشند با جلوگیری از دوران انتهای ستون مانع از کمانش ستون شده و بار کمانشی آن را افزایش می دهند) . بنابراین با افزایش a طول موثر ستون CH افزایش می یابد.

گزینه ۴: برای ستون EF از آنجا که هیچ تیر گیرداری به آن متصل نیست، قوی یا ضعیف کردن ستون تاثیری در مقدار k آن ندارد و از آنجا که ستون دوسرمفصل است مقدار K آن برابر یک است وتغییری نمی کند. اگر اتصال تیر DE به ستون گیردار بود، تیر کمکش می کرد و مقدار K آن کمتر از یک می شد که در این حالت هرچه تیر را قوی تر می کردیم مقدار K بیشتر کاهش می یافت.

تمرین:

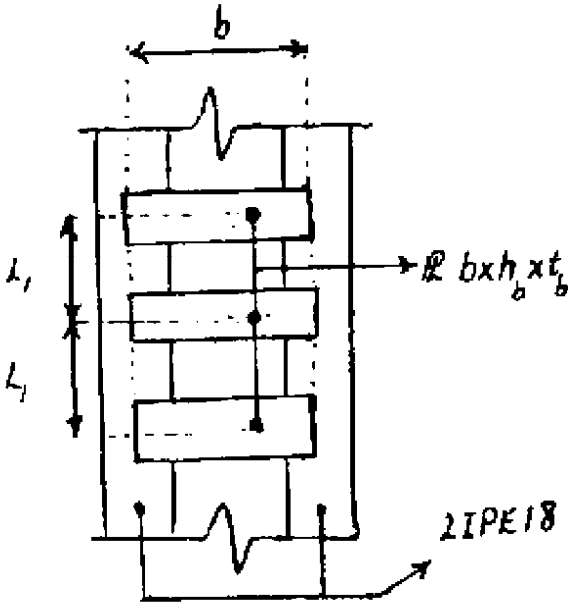
۷۴- بست‌های موازی در ستون‌های دوبل براساس ..... طراحی می‌شوند. (آزاد ۷۸)

۱) خمش ۲) برش ۳) کشش و خمش ۴) ترکیب برش و خمش

گزینه ۴

آزاد۸۸

نیروی برشی ضریب دار $\gamma V=7$ ton قرار دارد و مقاومت فشاری طراحی ستون برابر $\phi Pn=70$ ton می باشد



۱۳۰- یک ستون مشبک با بستهای افقی قرار است نیروی برشی ۵ تن و نیروی محوری ۵۰ تن را تحمل کند. کدام گزینه بهینه ترین پهنا (h_b) برای هریک از بستها می باشد؟ ($L_1 = 30$ cm و $b = 15$cm و $t_b = 0.8$ cm ضخامت ورق بست.)

Fy=2400 kg/cm²

تنش مجاز فشاری : 1000 kg/cm²

تنش مجاز برشی : 900 kg/cm²

تنش مجاز کششی و خمشی : 1500 kg/cm²

۱) ۱۵/۰ سانتیمتر ۲) ۹/۱ سانتیمتر

۳) ۱۳/۷ سانتیمتر ۴) ۸/۳ سانتیمتر

تالیفی (حسین زاده – ماهان ۹۱)

در یک ستون با بست‌های موازی، در صورتی که فاصله بست‌ها از هم دو برابر شود، ضخامت بست باید چند برابر شود تا بست ها پاسخگوی بارهای وارد شده باشد؟

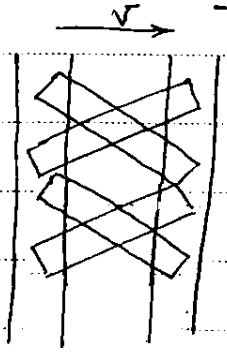
۱) نیازی به تغییر نیست.

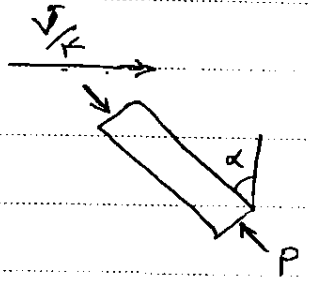
۲) $\sqrt{2}$ برابر

۳) 2 برابر

۴) ۴ برابر

نکته: در ستونهای با بست های مورب، بست ها براساس نیروی فشاری طراحی می شوند.



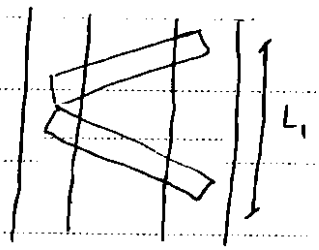


$P \sin\alpha = \frac{V}{4}$

نیروی بست

$P = \frac{V}{4 \sin\alpha}$

بست ضربدری



بست مورب تکی $P = \frac{V}{2 \sin\alpha}$

$\frac{L_1}{r_1} < \frac{3}{4} \lambda_{\text{کل ستون}}$

λ کل ستون $= Max(\lambda_{ye}, \lambda_x)$

نکته: $\frac{L}{r} <$ { تک ۱۴۰ ; ضربدری ۲۰۰ }

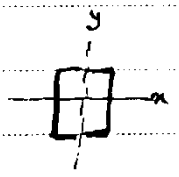
نکته: در عین بار مجاز فشاری بست های مورب

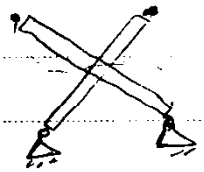
ضریب طول مؤثر

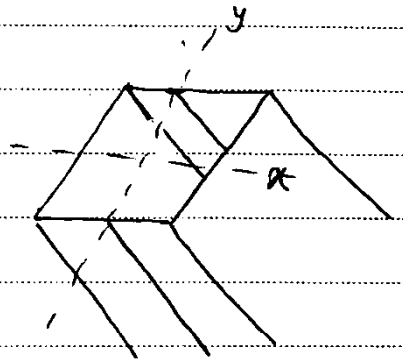
$\lambda = \frac{kL}{r} =$ { بست ضربدری $0.7 \frac{L}{r}$; بست تکی $1 \times \frac{L}{r}$ }

تقاطع نزدیکترین بست به گره تقریباً برابر $0.3L$ می باشد.

نکته: در بادبندها، چگونه λ_x و λ_y را حساب کنیم.







اگر بادبند در صفحه خود کمانش کند ←

$$\lambda_x = \frac{0.5 \times L}{\sqrt{\frac{I_x}{A}}}$$

اگر بادبند در جهت عمود بر صفحه کمانش کند ←

$$\lambda_y = \frac{1.0 L}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}}$$

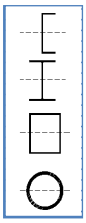
Summurized by Hoseinzadeh Based on AISC 89, Symmetric I Sections

■ $Compact \quad \frac{b_f}{2t_f} < \frac{545}{\sqrt{F_y}} \ , \frac{d}{t_w} < \frac{5365}{\sqrt{F_y}}$

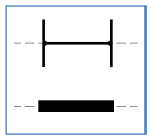
■ $Laterally\ supported\ L_b < \left(\frac{635 b_f}{\sqrt{F_y}} \ , \frac{14\times10^5}{\left(\frac{d}{A_f}\right)F_y} \right)$

■ flanges are continuously connected to the webs

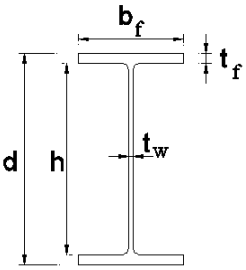
$\Rightarrow$



$F_b = 0.66F_y$



$F_b = 0.75F_y$



■ $Noncompact \quad \left(\frac{545}{\sqrt{F_y}} < \frac{b_f}{2t_f} < \frac{795}{\sqrt{F_y}}\right), \left(\frac{5365}{\sqrt{F_y}} < \frac{d}{t_w} < \frac{6370}{\sqrt{F_y}}\right)$

■ $Laterally\ supported \quad L_b < \left(\frac{635 b_f}{\sqrt{F_y}} \ , \frac{14\times10^5}{\left(\frac{d}{A_f}\right)F_y} \right)$

■ flanges need not to be continuously connected to the webs

$\Rightarrow F_b = 0.6F_y$

■ $Compact\ or\ non\ compact \quad \frac{b_f}{2t_f} < \frac{795}{\sqrt{F_y}} \ , \frac{d}{t_w} < \frac{6370}{\sqrt{F_y}}$

■ $Laterally\ Unsupported \quad L_b \not< \left(\frac{635 b_f}{\sqrt{F_y}} \ , \frac{14\times10^5}{\left(\frac{d}{A_f}\right)F_y} \right)$

■ $flanges\ need\ not\ to\ be\ continuously\ connected$

$$\begin{cases} if\ \sqrt{\frac{72\times10^5\times C_b}{F_y}} \le \frac{L_b}{r_T} < \sqrt{\frac{360\times10^5\times C_b}{F_y}} \rightarrow F_b = Min\left(Max\left[\left(\frac{2}{3} - \frac{F_y\left(\frac{L_b}{r_T}\right)^2}{1075\times10^5\times C_b} \right)F_y, \frac{84\times10^4\times C_b}{\frac{L_b\times d}{A_f}} \right], 0.6F_y \right) \\ if\ \frac{L_b}{r_T} > \sqrt{\frac{360\times10^5\times C_b}{F_y}} \rightarrow F_b = Min\left(Max\left[\frac{120\times10^5\times C_b}{\left(\frac{L_b}{r_T}\right)^2}, \frac{84\times10^4\times C_b}{\frac{L_b\times d}{A_f}} \right], 0.6F_y \right) \end{cases}$$

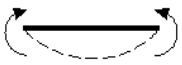
A_f: $Area\ of\ the\ compression\ flange$

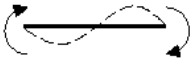
L_b: $Unsupported\ length\ of\ compression\ flange$

r_T: $Radious\ of\ gyration\ of\ a\ section\ consisting\ of\ the\ compression\ flange + \frac{1}{3} of\ the\ compresion\ web\ taken\ about\ the\ plane\ of\ the\ web$

$$C_b = Min\left\{1.75 + 1.05\times\frac{M_1}{M_2} + 0.3\left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2, 2.3\right\} \qquad \begin{cases} For\ cantiliver\ beams: C_b = 1 \\ if\ M_{max}\ is\ not\ at\ the\ ends: C_b = 1 \end{cases}$$

$M_1 is\ the\ smaler\ and\ M_2\ is\ the\ larger\ bending\ moment\ at\ the\ ends\ of\ the\ unbraced\ length$



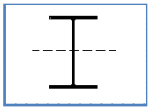
: $\frac{M_1}{M_2}$ ، 

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

Summurized by Hoseinzadeh Based on AISC 05, Fy=240MPa, Symmetric I Sections

■ $Compact\ \frac{b_f}{2t_f} < (\lambda_{pf} = 11)\ ,\frac{d}{t_w} < (\lambda_{pw} = 110)$
■ $Laterally\ supported\ L_b < (L_p = 50.8r_y)$
■ flanges are continuously connected to the webs

$\Rightarrow \quad M_n = M_p = F_y Z_x$



■ $\boldsymbol{Noncompact\ Flange}\quad (\lambda_{pf} = 11) < \frac{b_f}{2t_f} < (\lambda_{rf} = 29)$
■ $Compact\ Web\ \frac{d}{t_w} < (\lambda_{pw} = 110)$
■ $Laterally\ supported \quad L_b < (L_p = 50.8r_y)$
■ flanges need not to be continuously connected to the webs

$$M_n = M_p - (M_p - 0.7F_yS_x)\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \quad \rightarrow \quad M_n = M_p - (M_p - 0.7F_yS_x)\frac{\lambda - 11}{29 - 11}$$

■ $\boldsymbol{Laterally\ Unsupported}\ (L_p = 50.8r_y) < L_b$
■ $Compact\ \frac{b_f}{2t_f} < \left(0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11\right), \frac{d}{t_w} < \left(3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 110\right)$
■ flanges are continuously connected to the webs

$IF \quad \{L_b < (L_r = 110r_{ts})\} \quad \rightarrow M_n = C_b\left[M_p - (M_p - 0.7F_yS_x)\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right] \le M_p$

$IF \quad \{(L_r = 110r_{ts}) < L_b\} \quad \rightarrow M_n = \left(\frac{C_b\pi^2E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}\right)S_x \le M_p$

■ $\boldsymbol{Laterally\ Unsupported}\ (L_p = 50.8r_y) < L_b$
■ $\boldsymbol{Noncompact\ Flange}\quad (\lambda_{pf} = 11) < \frac{b_f}{2t_f} < (\lambda_{rf} = 22)$
■ $Compact\ Web\ \frac{d}{t_w} < (\lambda_{pw} = 110)$
■ flanges need not to be continuously connected to the webs

$$IF \quad \{L_b < (L_r = 110r_{ts})\} \rightarrow M_n = MIN\left\{\left(C_b\left[M_p - (M_p - 0.7F_yS_x)\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right]\right) \ , \ \left(M_p - (M_p - 0.7F_yS_x)\frac{\lambda - 11}{29 - 11}\right)\right\}$$

$$IF \quad \{(L_r = 110r_{ts}) < L_b\} \rightarrow M_n = MIN\left\{\left(\frac{C_b\pi^2E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}\right)S_x \ , \ \left(M_p - (M_p - 0.7F_yS_x)\frac{\lambda - 11}{29 - 11}\right)\right\}$$

$$\lambda_{pf} = 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} \approx 11 \qquad \lambda_{rf} = 1.0\sqrt{\frac{E}{F_y}} \approx 29 \qquad \lambda_{pw} = 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 110 \qquad \lambda_{rw} = 5.7\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 165$$

$$L_p = 1.76r_y\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 50.8r_y \qquad L_r = \pi r_{ts}\sqrt{\frac{E}{0.7F_y}} = 110r_{ts}$$

r_{ts}: *Radious of gyration of a section consisting of the compression flange* $\frac{1}{3}$ *of the compresion web taken about the plane of the web* $\cong 0.3b_f$

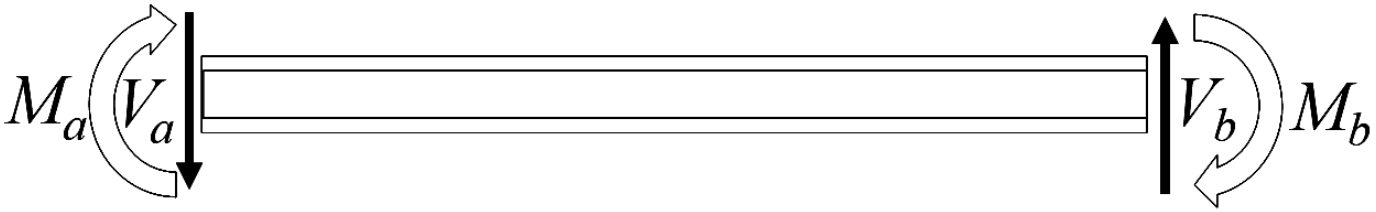
$C_b = \frac{12.5M_{max}}{2.5M_{max}+3M_A+4M_B+3M_C} \le 3$, *For cantiliver beams*: $C_b = 1$

M_{max}= Absolute value of maximum moment in the unbraced segment,
M_A= Absolute value of moment at quarter point of the unbraced segment,
M_B= Absolute value of moment at centerline of the unbraced segment,
M_C= Absolute value of moment at three-quarter point of the unbraced segment.

L_b= Unsupported length of compression flange.

۵-۱- تعریف تیر

تیرها اعضایی هستند که تحت اثر نیروی برشی و خمشی قرار دارند.

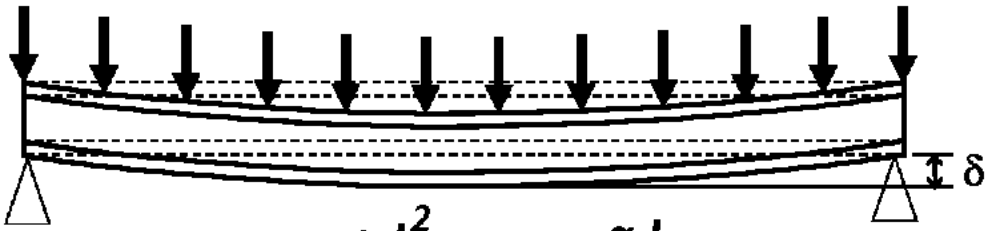


چه مواردی باید در مورد تیرها کنترل گردد؟

۱- برش تیر

۲- خمش تیر

۳- خیز تیر



$$M = \frac{qL^2}{8} \qquad V = \frac{qL}{2}$$

$$M_{\text{مقاوم}} = ? \qquad V_{\text{مقاوم}} = ?$$

کنترل خمش چگونه انجام می شود؟

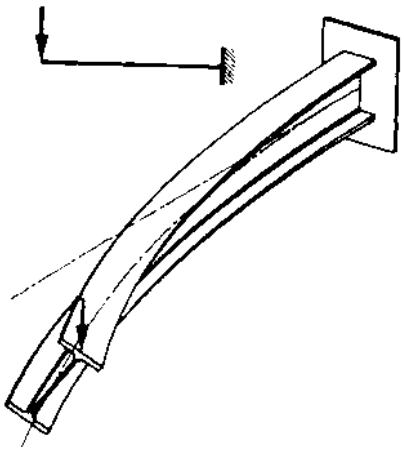
۱- محاسبه لنگر وارد بر تیر بر اساس تحلیل سازه: مثلا در تیرهای ساده تحت بارگسترده لنگر برابر $\frac{qL^2}{8}$ می باشد.

۲- محاسبه مقاومت خمشی تیر: یعنی اینکه تیر توانایی تحمل چه مقدار لنگر را دارد.

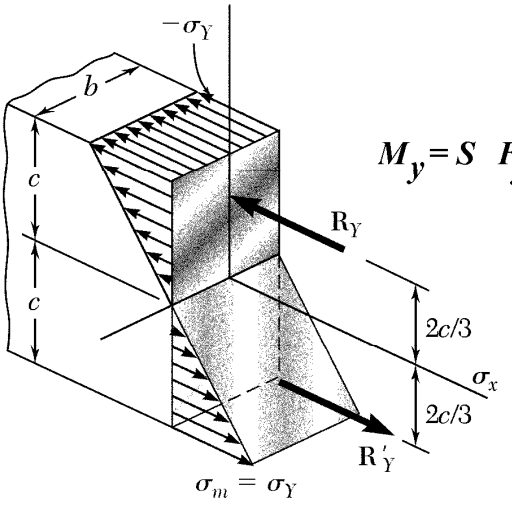
۳- لنگر ناشی از تحلیل باید کمتر از مقاومت خمشی تیر باشد.

دو عامل مهم موثر در مقاومت خمشی تیر I شکل؟

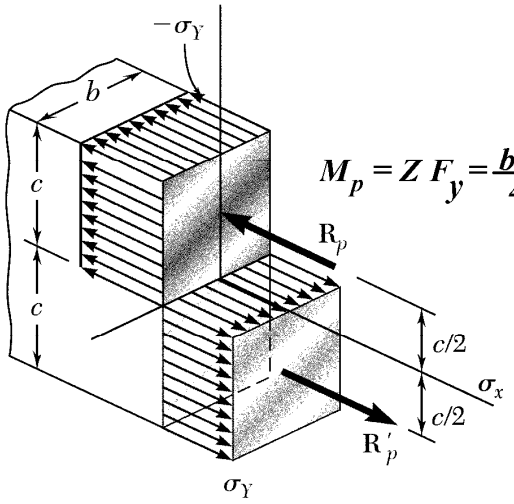
۱- کمانش موضعی **۲- کمانش پیچشی جانبی**



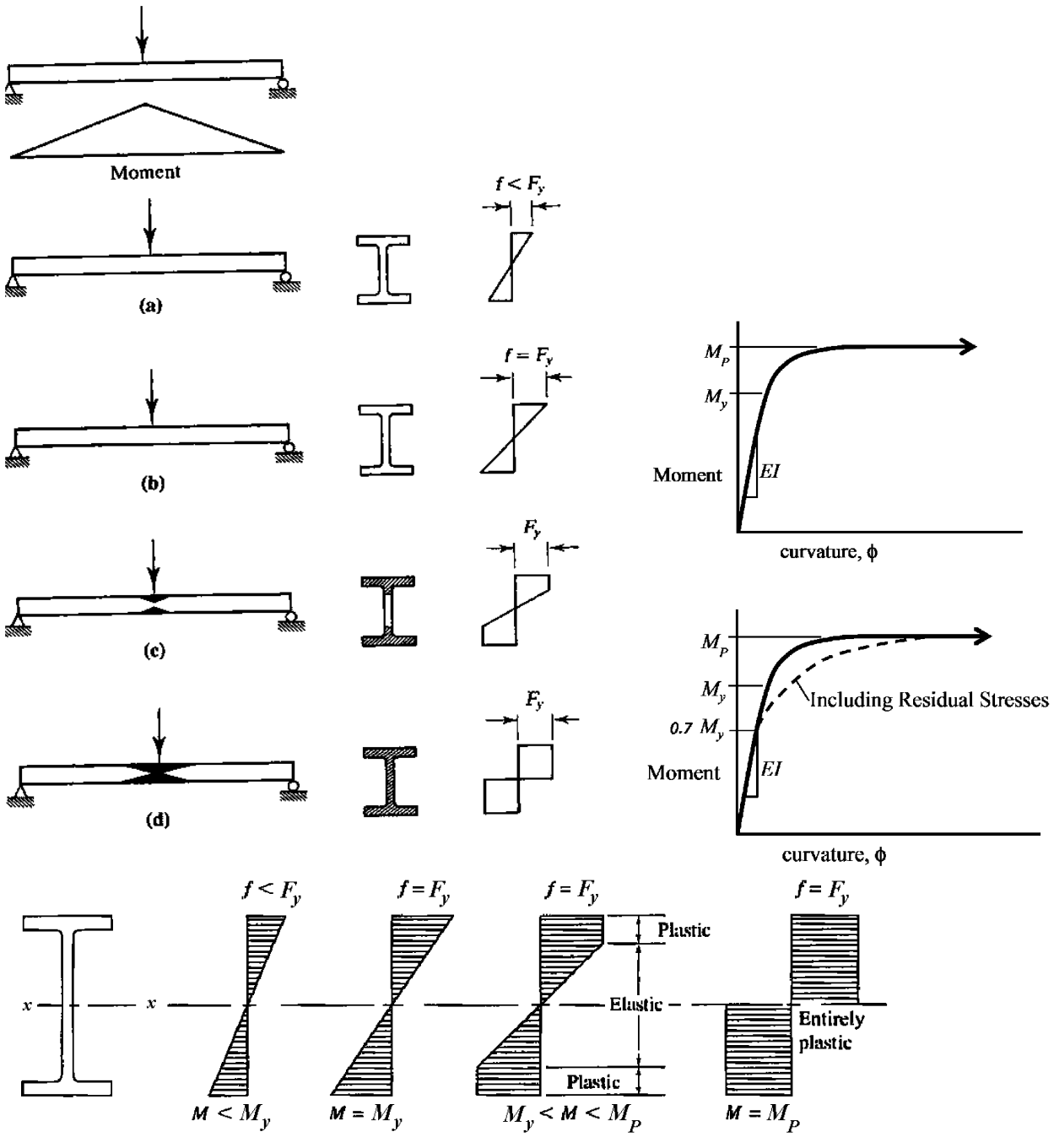
۲-۵- لنگر تسلیم و لنگر پلاستیک



$$M_y = S\ F_y = \frac{bh^2}{6} F_y$$



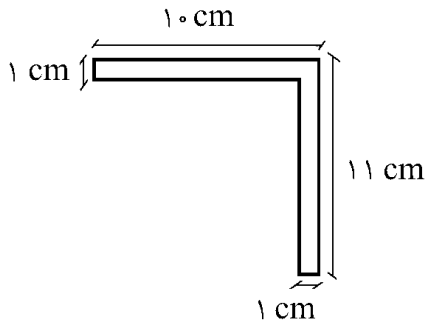
$$M_p = Z\ F_y = \frac{bh^2}{4} F_y$$



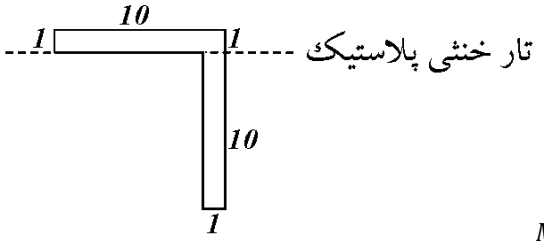
اساس الاستیک مقطع (S): منظور از ممان تسلیم (M_y) لنگری است که اگر به مقطع وارد شود، اولین تار بالایی و یا پایینی به تسلیم برسد. برای بدست آوردن مقدار (M_y) می توان از روابط مقاومت مصالح استفاده نمود یعنی $M_y = \frac{I}{c}F_y = SF_y$ که در آن c فاصله دورترین تار از تار خنثی و I ممان اینرسی مقطع می باشد. به S اساس الاستیک مقطع می گویند.

اساس پلاستیک مقطع (Z): منظور از ممان پلاستیک (M_p) لنگری است که اگر به مقطع وارد شود، کل مقطع به تسلیم برسد. برای بدست آوردن مقدار (M_p) *نمی توان* از رابطه $M_p = \frac{F_y I}{c}$ استفاده نمود و به جای آن باید از رابطه $M_p = ZF_y$ استفاده نمود که به Z اساس پلاستیک مقطع می گویند.

مثال: لنگر پلاستیک مقطع نبشی نشان داده شده چقدر است؟ $\left(F_y = 2000\frac{kg}{cm^2}\right)$



جهت محاسبه Z ابتدا تار خنثی را می‌یابیم، محل آن طوری تعیین می‌شود که مساحت مقطع در دو طرف تار خنثی برابر باشد:



$$Z = (10 \times 1) \times 0.5 + (10 \times 1) \times 5 = 55\ cm^3$$
$$M_p = ZF_y = 55 \times 2000 = 110000\ kg.m = 1.1\ t.m$$

نکته: دیاگرام کرنش ها تحت خمش در همه حالات خطی فرض می شود:

مقدار ظرفیت نهایی خمش مقطع (M_p) بیشتر از M_y است و نسبت $\frac{M_p}{M_y}$ را ضریب شکل می نامیم.

بنابراین $S.F = \frac{M_p}{M_y}$ ← $M_p = (F_y \cdot S) \cdot F.S$

S.F	۱٫۱۲	۱٫۱۲	۱٫۵	۱٫۷	۱٫۱۲
	I	□	▨	●	○
		توخالی			

۹۱- تعریف ضریب شکل (*shape factor*) در تیرهای خمشی چیست؟ (سراسری ۷۲)

۱) نسبت ممان‌اینرسی به ممان اولیهٔ سطح

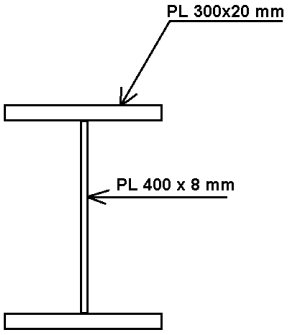
۲) نسبت ممانی که در مقطع ایجاد حالت پلاستیک کامل می‌کند به ممان ماکزیمم الاستیک

۳) نسبت سطح مقطع به محیط تیر

۴) نسبت ارتفاع به عرض مقطع

گزینه ۲

مثال: مقادیر Sx، Sy، Zx، Zy **را برای مقطع مقابل محاسبه کنید:**



$$\left.\begin{aligned} S_x = \frac{I_x}{c} = \frac{\left(\frac{300\times440^3}{12} - \frac{292\times400^3}{12}\right)}{220} = \frac{572266667}{220} = 2601212\ mm^3 = 2601\ cm^3 \\ Z_x = 2\times[(300\times20)\times210 + (200\times8)\times100] = 2840000\ mm^3 = 2840\ cm^3 \end{aligned}\right\} \frac{Z_x}{S_x} = 1.09$$

$$\left.\begin{aligned} S_y = \frac{I_y}{c} = \frac{\left(2\times\frac{20\times300^3}{12} + \frac{400\times8^3}{12}\right)}{150} = \frac{90017067}{150} = 600114\ mm^3 = 600\ cm^3 \\ Z_y = 2\times[2\times(150\times20)\times75 + (4\times400)\times2] = 906400\ mm^3 = 906\ cm^3 \end{aligned}\right\} \frac{Z_y}{S_y} = 1.51$$

مقاومت خمشی تسلیم My **حول محور قوی برای تیر فوق؟**

$$M_y = F_y S_x = 2400\times2601\ kg.cm = 62.4\ ton.m$$

مقاومت خمشی پلاستیک Mp **حول محور قوی برای تیر فوق؟**

$$M_P = F_y Z_x = 2400\times2840\ kg.cm = 68.16\ ton.m$$

آیا می توان Mp **را به صورت تقریبی بر اساس** S_x **محاسبه کرد؟**

$$M_P = F_y \times (1.1\times S_x)$$

مقاومت خمشی تسلیم My **حول محور ضعیف برای تیر فوق؟**

$$M_y = F_y S_y = 2400\times600\ kg.cm = 14.4\ ton.m$$

مقاومت خمشی پلاستیک Mp **حول محور ضعیف برای تیر فوق؟**

$$M_P = F_y Z_x = 2400\times906\ kg.cm = 21.74\ ton.m$$

آیا می توان Mp **حول محور ضعیف را به صورت تقریبی بر اساس** S_y **محاسبه کرد؟**

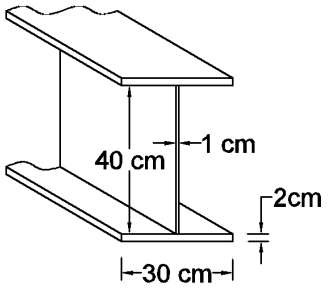
$$M_P = F_y \times (1.5\times S_y)$$

۳-۵- کمانش موضعی

جدول ۱۰ ـ ۱ ـ ۲ ـ ۱ محدودیت نسبت پهنای آزاد به‌ضخامت در اجزای فشاری

حالت	پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنای آزاد به‌ضخامت	
		مقاطع فشرده	مقاطع غیرفشرده
۱. بال‌های تیر نوردشده I و ناودانی در خمش	$\frac{b}{t}$	$\frac{545}{\sqrt{F_y}}$ =11.12	$\frac{795}{\sqrt{F_y}}$ =16.23
۹. جان قطعات تحت اثر فشار حاصل از خمش	$\frac{h}{t_w}$	$\frac{5365}{\sqrt{F_y}}$ =109.5	$\frac{6370}{\sqrt{F_y}}$ =130

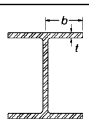
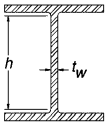
ASD



$\lambda_{بال} = 14.5/2 = 7.25$

$\lambda_{جان} = 40/1 = 40$

جدول ۱۰ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۱ محدودیت نسبت پهنا به‌ضخامت در اجزای فشاری

حالت	شرح اجزا	نسبت پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنا به‌ضخامت		مثال
			مقاطع فشرده λ_p	مقاطع غیرفشرده λ_r	
۱	بال‌های تیر نوردشده I و ناودانی تحت اثر خمش	$\frac{b}{t}$	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ =11.1	$\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ =29.2	
۹	جان مقاطع I شکل با دو محور تقارن و جان مقاطع ناودانی تحت اثر خمش	$\frac{h}{t_w}$	$3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$=109.9	$5.7\sqrt{\frac{E}{F_y}}$=166.6	

LRFD

مقاطع فولادی به‌سه نوع زیر تقسیم می‌شوند:

- **مقاطع فشرده**
- **مقاطع غیرفشرده**
- **مقاطع با اجزای لاغر**

برای اینکه یک مقطع فشرده محسوب شود باید بال‌ها در تمام طول خود به‌طور سرتاسری و پیوسته به‌جان یا جان‌ها متصل باشند و نسبت پهنا به‌ضخامت اجزای فشاری مقطع برحسب مورد نباید از نسبت عرض به‌ضخامت λ_p مشخص‌شده در جدول ۱۰ ـ ۲ ـ ۲ـ۱ تجاوز نماید.

اگر نسبت پهنا به‌ضخامت یک یا چند جزء فشاری نیمرخ از λ_p بزرگتر بوده ولی از λ_r تجاوز ننماید، در این صورت مقطع غیرفشرده محسوب می‌گردد.

چنانچه نسبت پهنا به‌ضخامت از λ_r مشخص شده در جدول ۱۰ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۱ تجاوز نماید در این صورت مقطع به‌عنوان مقطعی با اجزای لاغر به‌حساب می‌آید.

۱- کنترل نسبت عرض به ضخامت بال و جان در تیرها و ستون‌های فولادی I شکل و محدود کردن این نسبت اساساً به منظور جلوگیری از: (دراسری ۷۷)

۱) به تسلیم رسیدن جان و بال است.
۲) سنگین شدن عضو است.
۳) شکست و فروریختن عضو است.
۴) کمانش موضعی جان و بال است.

گزینه ۴. برای اینکه کمانش موضعی رخ ندهد، اجزای تشکیل دهنده مقطع (بال و جان تیر) نباید از یک حدی نازکتر باشند (هرچه نازک تر باشند احتمال چین خوردن و کمانش آنها افزایش می یابد). به همین دلیل آیین نامه می گوید که نسبت عرض به ضخامت بال وجان از یک حدی بیشتر نباشد.

آزاد ۸۹

۱۲۵- در تیرها و ستون‌های فولادی رعایت نسبت عرض به ضخامت مقطع چه تاثیری بر رفتار عضو دارد؟

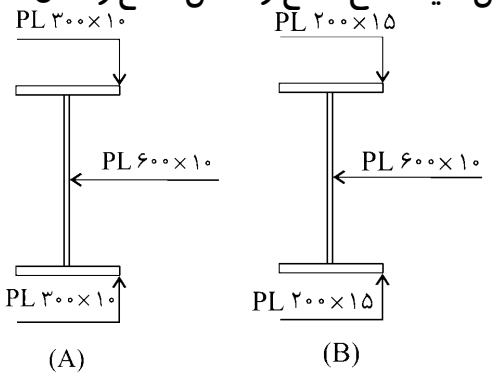
۱) از کمانش موضعی در مقطع جلوگیری می‌کند.
۲) مقاومت مقطع را افزایش می‌دهد.
۳) شکل‌پذیری مقطع را افزایش می‌دهد.
۴) تمام موارد صحیح است.

گزینه ۴ صحیح است

دلیل اصلی رعایت نسبت عرض به ضخامت جلوگیری از کمانش موضعی اجزای مقطع است (گزینه ۱). در عین حال رعایت این امر موجب افزایش ظرفیت خمشی مقطع می شود چون می توان به ظرفیت پلاستیک مقطع (Mp) رسید (گزینه ۲) و از طرفی مقاطعی که کمانش موضعی می کنند در واقع قبل از تسلیم کامل مقطع و انجام تغییرشکلهای بزرگ اجزای مقطع آنها کمانش می کند و در نتیجه شکل پذیری آنها نسبت به حالتی که مقطع به تسلیم کامل می رسد کمتر است (گزینه ۳).

تالیفی (حسین زاده – ماهان ۹۱)

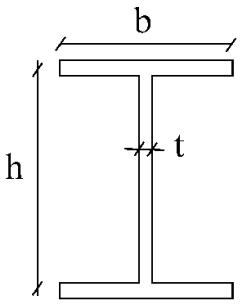
از بین دو مقطع A و B کدامیک برای استفاده در تیر فولادی مناسب‌تر است؟ فرض کنید سطح مقطع و اساس مقطع و ممان اینرسی هر دو مقطع یکسان است.



۱) هر دو یکسان است.
۲) مقطع A
۳) مقطع B
۴) در صورتی که تیر دارای مهار جانبی کافی باشد، هر دو مقطع یکسان هستند.

تالیفی (حسین زاده – ماهان ۹۱)

مقطع نشان داده شده از فولاد با $F_y = 2400 \frac{kg}{cm^2}$ ساخته شده است. برای اینکه این مقطع فشرده محسوب شود نسبت $\frac{h}{t}$ در شکل نباید از عدد ۱۱۰ تجاوز کند اگر به جای فولاد فوق از فولاد مقاوم‌تر با $F_y = 9600 \frac{kg}{cm^2}$ استفاده شود. حداکثر مقدار مجاز $\frac{h}{t}$ چقدر خواهد بود؟



۱) $\frac{110}{4}$
۲) $\frac{110}{2}$
۳) ۱۱۰
۴) ۲۲

شرط آن‌که پروفیلی به عنوان تیر فشرده محسوب شود، علاوه بر اتصال سرتاسری جان به بال چیست؟ (سراسری ۷۴)

۱) نسبت عرض به ضخامت قسمت‌های مختلف آن از حد معینی تجاوز ننماید.
۲) نسبت عرض به ضخامت در عناصر فشاری آن از حد معینی تجاوز ننماید.
۳) نسبت طول دهانه تیر به عرض بال از حد معینی تجاوز ننماید.
۴) شرط دیگری وجود ندارد چون همه پروفیل‌های نوردشده از فولاد نرمه، فشرده محسوب می‌شوند.

گزینه ۲.

حداکثر مجاز نسبت پهنای آزاد به ضخامت در بال پروفیل با مقطع فشرده متناسب است با: (آزاد ۸۶)

۱) تنش حد جاری‌شدن فولاد مصرفی
۲) جذر تنش حد جاری‌شدن فولاد مصرفی
۳) عکس جذر تنش حد جاری‌شدن فولاد مصرفی
۴) عکس تنش حد جاری‌شدن فولاد مصرفی

گزینه ۳:

تاثیر Fy بر انواع کمانش:

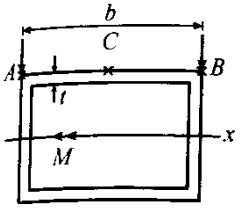
تمرین:

۷- معیار کنترل پدیدهٔ کمانش موضعی در آیین‌نامهٔ فولاد ایران کدام است؟ (آزاد ۸۳)

۱) مقدار $L_c = \frac{۶۳۵ b_f}{\sqrt{F_y}}$
۲) فرمول اولر
۳) نسبت عرض به ضخامت
۴) طول مهاری بال فشاری

گزینه ۳ صحیح است. معیار عدم کمانش موضعی، این است که نسبت عرض به ضخامت بالها و جانها کم نباشد (نازک نباشند)

۴- در تیر مقطع قوطی اگر نسبت $\frac{b}{t}$ بیش از مقدار مجاز انتخاب گردد و در خمش حول محور x مقادیر σ_A، σ_B و σ_C به‌ترتیب تنش‌های ایجاد شده در A، B و C باشند، کدام رابطه صحیح است؟ (سراسری ۷۹)



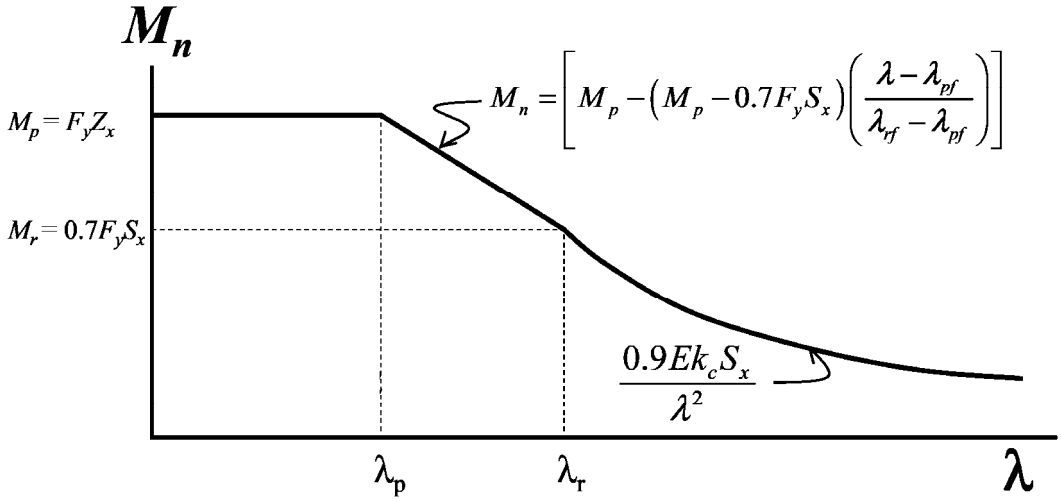
۱) $\sigma_A = \sigma_B < \sigma_C$
۲) $\sigma_A = \sigma_B > \sigma_C$
۳) $\sigma_A = \sigma_B = \sigma_C$
۴) $\sigma_A = -\sigma_B$ ، $\sigma_C = ۰$

گزینه ۲. به علت غیر فشرده بودن (نازک بودن) مقطع در نقطه c کمانش موضعی خواهیم داشت. و به اصطلاح نقطه c تحت اثر فشار وارده در می رود (کمانش می کند) و در نتیجه تنش آن کمتر خواهد بود. مسلما تنش اضافی ناشی از در رفتن نقطه c را باید نقاط A و B تحمل کنند.

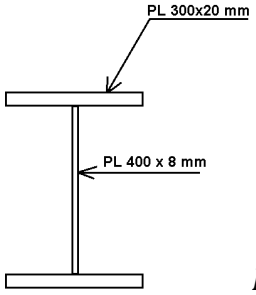
۴-۵- نحوه منظور کردن تاثیر کمانش موضعی در روابط آیین نامه

LRFD:	ASD:	
$\lambda \le \lambda_p$ "فشرده" $M_n = M_p = (F_y Z_x)$	"فشرده" $M_{مجاز} = (0.6\,F_y)(1.1 S_x)$	"فشرده" $M_{مجاز} = (0.6\,F_y)(1.25 S_y) = 0.75 F_y S_y$
$\lambda_p \le \lambda \le \lambda_r$ "غیر فشرده" $0.7 M_y \le M_n < M_p$	"غیرفشرده"	"غیرفشرده" $M_{مجاز} = (0.6\,F_y)(S_y) = 0.6 F_y S_y$

Local Buckling Criteria
Doubly Symmetric I-Shaped Members



مثال: لنگر مجاز $M_{مجاز}$ و مقاومت خمشی اسمی M_n را حول محور قوی برای مقطع مقابل محاسبه کنید:

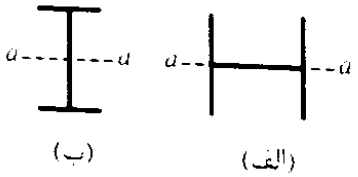


$$M_{مجاز} = 0.66 F_y S_x = (0.66 \times 2400) \times \frac{\left(\frac{300\times 440^3}{12} - \frac{292\times 400^3}{12}\right)}{220}\, kg.cm = 41.18\, ton.m$$

$$M_n = F_y Z_x = (2400) \times [2 \times (6000 \times 210 + 1600 \times 100)]\, kg.cm = 68.16\, ton.m$$

تمرین:

دو مقطع فشردهٔ نشان داده شده دارای اساس مقطع مساوی حول محور a-a می‌باشند. اگر از این دو مقطع به عنوان تیری با دهانه‌های مساوی استفاده شود، ظرفیت باربری خمشی کدام‌یک بزرگتر خواهد بود؟ (سراسری ۸۱)



۱) مقطع ب

۲) مقطع الف

۳) ظرفیت خمشی هر دو مساوی است.

۴) بستگی به طول مهارنشدهٔ بال فشاری تیرها دارد.

گزینه ۲:

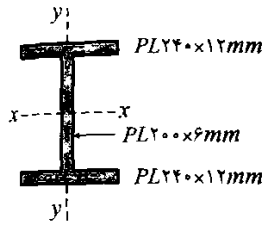
$$M_{\text{مجاز الف}} = (0.75\,F_y)S_y$$

$$M_{\text{مجاز ب}} = (0.66\,F_y)S_x$$

اساس ها برابرند پس مقاومت الف بیشتر است.

تمرین:

۳۶- برای مقطع فشرده مطابق شکل نسبت لنگر خمشی مجاز M_x به لنگر خمشی مجاز M_y چقدر می‌باشد؟ (آزاد ۸۱)



۱) ۲/۳۴

۲) ۲/۷۱

۳) ۲/۱۷

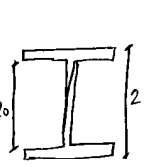
۴) ۲/۸۱

لنگر خمشی مجاز از رابطه $M=S.F_b$ بدست می آید. که S اساس مقطع و F_b تنش مجاز خمشی است.

نکته: در تست هایی که طول تیر را مشخص نکرده است و لنگر مجاز خمشی *مقطع (و نه تیر)* را خواسته است، فرض می شود تیر دارای اتکای جانبی است. بنابراین با توجه به اینکه گفته مقطع فشرده است، تنش مجاز حول محور x (محور قوی) برابر 0.66Fy و تنش مجاز خمشی حول محورy (محور ضعیف) برابر 0.75Fy می باشد:

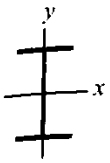
$$M_x = S_x \times (0.66F_y) = \frac{I_x}{\left(\frac{22.4}{2}\right)}(0.66F_y) = \frac{\left[\frac{24\times 22.4^3}{12} - \frac{23.4\times 20^3}{12}\right]}{11.2}(0.66F_y) = 405.4F_y$$

(ارتفاع کل مقطع، کم‌ارتفاع بال)



$$M_y = S_y \times (0.75F_y) = \frac{I_y}{12}(0.75F_y) = \frac{\left[2\times\frac{24^3\times 1.2}{12} + \frac{20\times 0.6^3}{12}\right]}{12}(0.75F_y) \rightarrow M_y = 172.8F_y \rightarrow \frac{M_n}{M_y} = 2.34$$

۳۶- در تیر با مقطع نوردشده (از نوع *IPE*) اگر F_{bx} و F_{by} تنش‌های خمشی مجاز نسبت به محورهای x و yبوده و W_x و W_y مدول مقطع نسبت به محورهای x و yباشند و تیر با داشتن تکیه‌گاه جانبی جزء تیرهای با اتکاء جانبی تلقی گردد، کدام گزینه صحیح است؟ (تیر دارای شرایط مقطع فشرده می‌باشد.) (سراسری ۷۹ و آزاد ۷۹)



۱) $W_x >> W_y \;,\; F_{by} > F_{bx}$

۲) $W_x >> W_y \;,\; F_{by} < F_{bx}$

۳) $W_x = W_y \;,\; F_{bx} = F_{by}$

۴) $\frac{W_x}{W_y} = \frac{F_{bx}}{F_{by}}$

گزینه ۱:

تمرین:

۹- پروفیل‌های فولادی که شرایط مقطع فشرده و محدویت فواصل تکیه‌گاه‌های جانبی را دارا می‌باشند: (آزاد ۸۱)

۱) تا حد لنگر خمشی پلاستیک قادر به تحمل لنگر هستند.

۲) تا حد لنگر خمشی جاری‌شدن قادر به تحمل لنگر هستند.

۳) چنانچه تنش فشاری ناشی از خمش از $0/66F_y$ تجاوز کند، قسمت‌های فشاری مقطع کمانش موضعی پیدا می‌کنند.

۴) چنانچه تنش فشاری ناشی از خمش از تنش حد جاری‌شدن (F_y) تجاوز کند، قسمت‌های فشاری مقطع کمانش موضعی پیدا می‌کنند.

گزینه ۱. با توجه به گفته های مسئله تیر فشرده بوده و دارای مهار جانبی است و بنابراین می تواند تا حد Mp لنگر تحمل کند. دقت کنید که تیرهایی که دارای مقطع فشرده هستند، با رسیدن به تنش Fy کمانش موضعی رخ نمی دهد. بنابراین گزینه های ۳ و ۴ نادرست هستند. اگر مقطع غیرفشرده بود، گزینه ۲ و ۴ صحیح می بود.

تمرین:

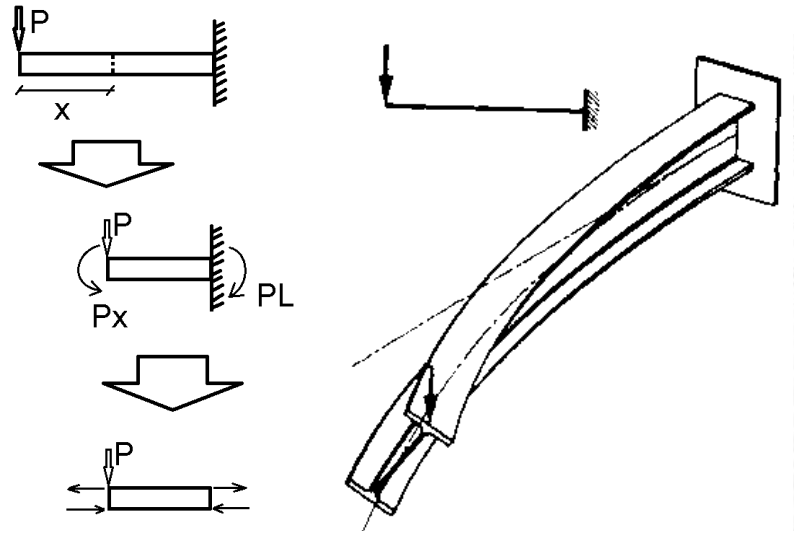
- اگر برای یک عضو خمشی، σ حداکثر تنش خمشی مجاز و ρ شعاع ژیراسیون و عمق آن $2y$ باشد، مساحت سطح مقطع مورد نیاز تحت لنگر M کدام است؟ (آزاد ۷۱)

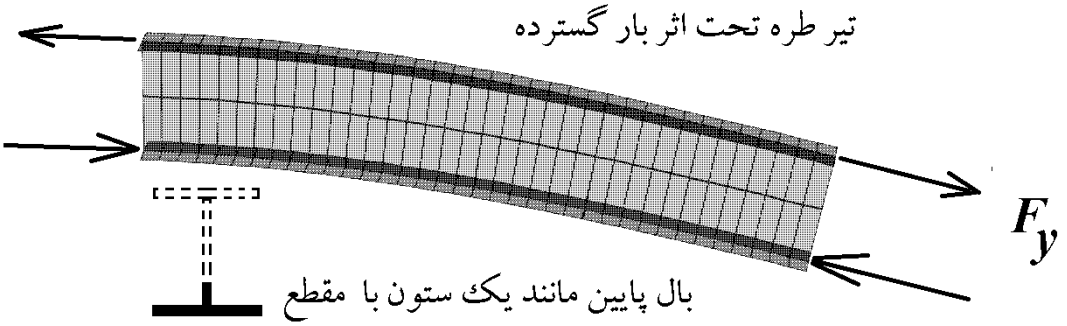
۱) $A=\frac{My}{\rho^2\sigma}$ ۲) $A=\frac{My^2}{\rho^2\sigma}$ ۳) $A=\frac{My}{\rho\sigma}$ ۴) $A=\frac{My}{\rho^2\sigma^2}$

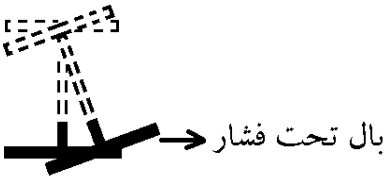
گزینه ۱.

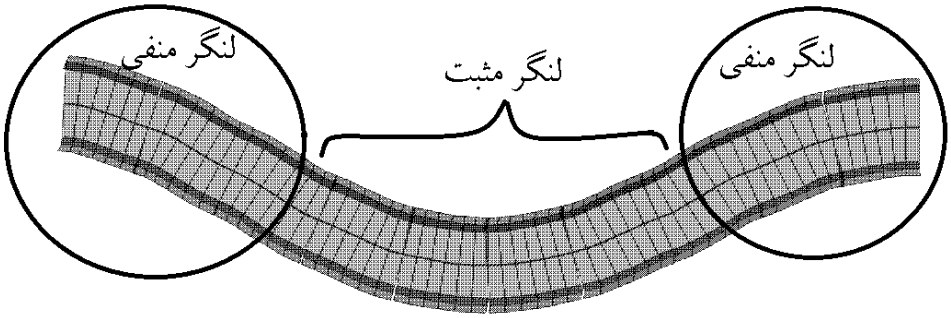
$$M = S \times F_b = S \times \sigma = \frac{I}{c} \times \sigma = \frac{I}{y} \times \sigma = \frac{\rho^2 \times A}{y} \times \sigma \qquad \rightarrow \qquad A = \frac{My}{\rho^2 \times \sigma}$$

۵-۵- کمانش پیچشی جانبی

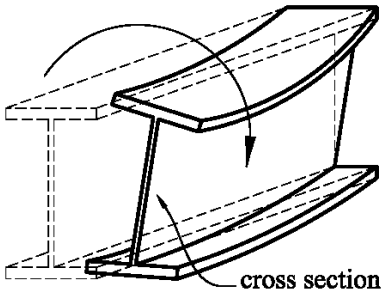








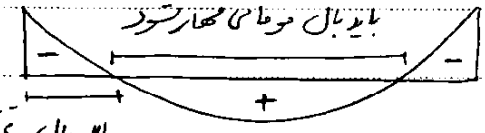
تیر دوسرگیردار تحت بار گسترده

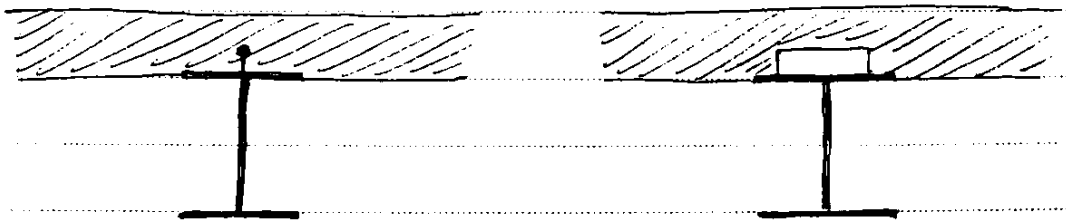


* کمانش پیچشی جانبی :

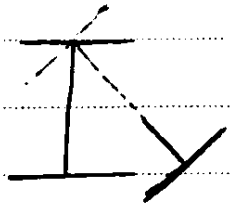
برای جلوگیری از کمانش پیچشی جانبی باید بال فشاری مقطع در فواصل مناسبی مهار گردد.

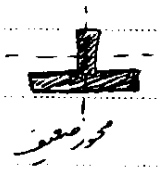
* در سیستم های تقف کامپوزیت
متن می تواند نقش مهار جانبی را برای
بال فوقانی انجام دهد.





* در مقابل کمانش پیچشی جانبی در عامل مقاومت می کند :
1 مقاومت پیچشی مقطع
2 مقاومت کمانش تبعت فشاری مقطع حول محور ضعیف آن





عوامل موثر بر کمانش جانبی تیر:

سوال: بال پایینی تیرهای اصلی در قابها را چگونه می توان مهار کرد؟ مهار در چه نقاطی بهتر است قرار گیرد؟

خمش حول محور ضعیف و کمانش پیچشی جانبی:

۱۱- **کدام‌یک از تدابیر مطروحه در زیر برای افزایش مقاومت کمانش جانبی مؤثر نمی‌باشد؟** (آزاد ۷۹)

۱) تقویت بال‌های فشاری تیر
۲) استفاده از *Stiffener* و سخت‌کننده‌ها
۳) تقویت و اضافه نمودن صفحه در بال فشاری
۴) افزایش ضخامت جان تیر

گزینه ۲

۹- **در تیرهای تحت خمش r_T برابر است با:** (آزاد ۷۷)

۱) شعاع ژیراسیون قسمتی از مقطع شامل بال فشاری و $\frac{1}{6}$ مساحت جان تحت فشار حول محوری که در صفحه جان قرار دارد.

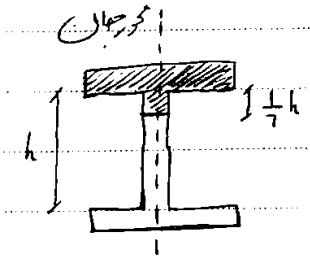
۲) شعاع ژیراسیون قسمتی از مقطع شامل بال فشاری و $\frac{1}{3}$ مساحت جان تحت فشار حول محوری که در صفحه جان قرار دارد.

۳) شعاع ژیراسیون قسمتی از مقطع شامل بال کششی و $\frac{1}{3}$ مساحت جان تحت فشار حول محوری که در صفحه جان قرار دارد.

۴) شعاع ژیراسیون قسمتی از مقطع شامل بال کششی و $\frac{1}{6}$ مساحت جان تحت فشار حول محوری که در صفحه جان قرار دارد.

r_T : شعاع ژیراسیون بال فشاری + $\frac{1}{3}$ قسمت فشاری جان حول محور جان

$\frac{1}{6}h$



شعاع ژیراسیون کل مقطع حول محور x = r_x

$r_T = 1/2\, r_x$

پدیدهٔ کمانش پیچشی جانبی در کدام‌یک از حالات زیر بحرانی است؟ (آزاد ۸۳)

۱) خمش تیرها حول محور ضعیف
۲) کمانش ستون‌ها حول محور قوی
۳) کمانش ستون‌ها حول محور ضعیف
۴) خمش تیرها حول محور قوی

گزینه ۴.

. کدام‌یک از مجموعه عوامل زیر در تعیین لنگر (بار) کمانش پیچشی جانبی تیرها بیشتر تأثیرگذار هستند؟ (سراسری ۸۱)

۱) طول تیر، فاصلهٔ سخت‌کننده‌های عرضی جان تیر و نوع تکیه‌گاه‌های انتهایی تیر.
۲) فاصلهٔ مهارهای جانبی، محل مهارهای جانبی، ایجاد انحنای تک یا دوبل توسط لنگرهای انتهایی.
۳) لاغری بال فشاری در فواصل مهارهای جانبی، مقاومت پیچشی مقطع تیر، نحوهٔ توزیع لنگر خمشی در طول تیر.
۴) نسبت‌های عرض به ضخامت ورق‌های تشکیل‌دهندهٔ مقطع تیر، مقاومت و شکل‌پذیری فولاد مقطع.

گزینه ۲

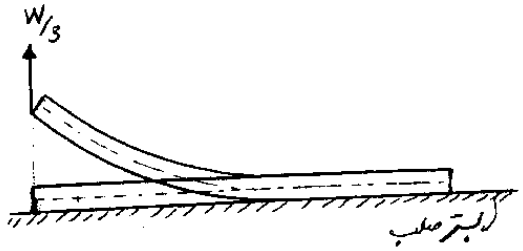
گزینه ۱: طول تیر مهم نیست بلکه فاصله بین مهارهای جانبی مهم است.

گزینه ۳: نحوه توزیع لنگر خمشی در طول تیر مهم نیست بلکه در فاصله بین مهارهای جانبی مهم است.

گزینه ۴: نسبت عرض به ضخامت مربوط به کمانش موضعی است نه کمانش پیچشی جانبی

آزاد ۸۹

۱۳۰- یک تیر آهن ۱۲ متری با وزن کل W و مدول مقطع حول محور ضعیف S_y به شکل نشان داده شده بر روی سطحی صلب قرار گرفته است. انتهای تیر با نیروی $\frac{W}{3}$ به سمت بالا کشیده می‌شود شرط کفایت مقاومت تیر کدام است؟



۱) $S_y \geq \frac{8}{9}\frac{W}{f_y}$

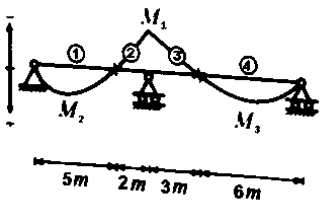
۲) $S_y \geq \frac{9}{8}\frac{W}{f_y}$

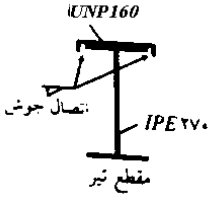
۳) $S_y \geq \frac{11}{8}\frac{W}{f_y}$

۴) $S_y \geq \frac{8}{11}\frac{W}{f_y}$

گزینه ۱:

با توجه به شکل زیر، در کدام قطعه از تیر، احتمال کمانش پیچشی جانبی بال فشاری بیشتر است؟ تیر در تکیه‌گاه‌ها و نقاط عطف که با ضربدر مشخص شده‌اند، دارای مهار جانبی بال فشاری می‌باشد. مقطع تیر از یک نیمرخ I که در بال بالا با یک ناودانی تقویت شده، تشکیل گردیده است. (سراسری ۸۰)



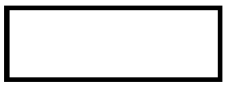
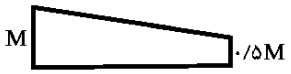
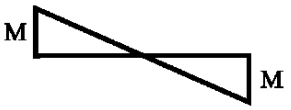


$|M_1^-| > |M_2^+| > |M_3^+|$

۱) شمارهٔ (۱)
۲) شمارهٔ (۲)
۳) شمارهٔ (۳)
۴) شمارهٔ (۴)

گزینه ۳:

۶-۵- تاثیر دیاگرام لنگر بر مقاومت پیچشی جانبی

نمودار M	C_b
	۱
	۱
	۱/۱۵
	۱/۲۵
	۱/۳
	۱/۶۵
	۲/۲۵

روش حد نهایی:

۱۰-۲-۵-۱-۳ برای اعضا با مقطع دارای یک محور تقارن و با انحنای ساده و خمش حول محور قوی و برای کلیهٔ اعضا با مقطع دارای دو محور تقارن، ضریب اصلاح کمانش پیچشی– جانبی (C_b) در نمودار لنگر خمشی غیر یکنواخت در حد فاصل دو مقطع مهارشده از رابطهٔ زیر تعیین می‌شود.

$$C_b = \frac{۱۲/۵\, M_{max}}{۲/۵M_{max}+۳M_A+۴M_B+۳M_C} \qquad (۱۰-۵-۲-۱)$$

که در آن:

M_{max} = قدر مطلق لنگر خمشی حداکثر در حد فاصل دو مقطع مهارشده

M_A = قدر مطلق لنگر خمشی در نقطه $\frac{۱}{۴}$ طول مهارنشده

M_B = قدر مطلق لنگر خمشی در نقطه $\frac{۱}{۲}$ طول مهارنشده

M_C = قدر مطلق لنگر خمشی در نقطه $\frac{۳}{۴}$ طول مهارنشده

تبصره ۱: برای تیرهای طره‌ای که انتهای آزاد آنها مهار نشده است، C_b مساوی واحد می‌باشد.

روش تنش مجاز:

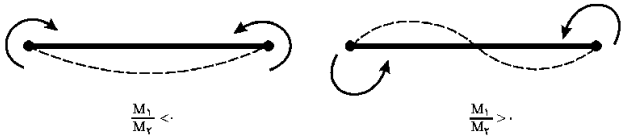
C_b = ضریب یکنواختی نمودار لنگر که نشان‌دهندهٔ اثر نمودار تغییرات لنگر خمشی در مقدار تنش مجاز می‌باشد و از رابطهٔ (۱۰ ـ ۱ ـ ۵ ـ ۶) تعیین می‌شود:

$$C_b = ۱/۷۵+۱/۰۵\frac{M_۱}{M_۲}+۰/۳\left(\frac{M_۱}{M_۲}\right)^۲ \le ۲/۳ \qquad (۱۰ ـ ۱ ـ ۵ ـ ۶)$$

در هر حال بیشینه مقدار C_b برابر ۲/۳ می‌باشد.

در رابطهٔ (۱۰ ـ ۱ ـ ۵ ـ ۶) $M_۱$ لنگر کوچکتر و $M_۲$ لنگر بزرگتر (از نظر قدر مطلق) در دو انتهای طول آزاد (بدون تکیه‌گاه جانبی) است که نسبت به‌محور قوی مقطع در نظر گرفته می‌شود. در حالتی که $M_۱$ و $M_۲$ هم‌علامت هستند[۱] (انحنای دوگانه)، نسبت $\frac{M_۱}{M_۲}$ مثبت و در حالتی که $M_۱$ و $M_۲$ علامت‌های مخالف دارند (انحنای ساده)، این نسبت منفی به‌حساب می‌آید.

اگر لنگر خمشی در بین دو انتهای طول آزاد، مقدار بزرگتری از لنگرهای دو انتها را به‌خود بگیرد، ضریب C_b برابر یک محسوب می‌شود.



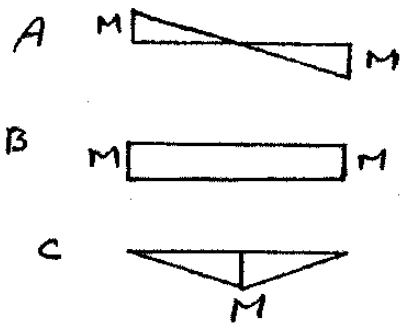
انحنای ساده — انحنای مضاعف

وقتی که مقدار F_{bx} و F_{by} برای به‌کار بردن در رابطه (۱۰ ـ ۱ ـ ۷ ـ ۱) محاسبه می‌شوند، C_b برای قاب‌هایی‌که انتقال جانبی در آنها امکان‌پذیر است، از رابطهٔ (۱۰ـ۱ـ۵ـ۶) محاسبه شده و برای قاب‌هایی که از انتقال جانبی آنها جلوگیری شده است، C_b برابر یک منظور می‌شود.

در تیرهای طره‌ای C_b برابر یک منظور می‌شود.

دیاگرام لنگر خمشی بین تکیه‌گاه‌های جانبی سه تیر مشابه، مطابق شکل زیر است. خطر کمانش پیچشی جانبی در کدام تیر نامحتمل‌تر است؟

سراسری ۸۹



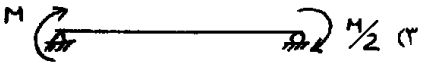
۱) A
۲) B
۳) B,A
۴) C

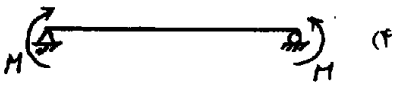
سراسری ۹۱

۱۱۰- با فرض خمشی حول محور قوی و وجود مهار جانبی در محل تکیه‌گاه‌های انتهایی، مقدار لنگر M در کدام یک از شکل‌های نشان داده شده از بقیهٔ حالت‌ها می‌تواند بیشتر باشد؟ (EI و L: ثابت)

۱)

۲)

۳) 

۴) 

گزینه ۱

در تقویت خمشی یک تیر با تقارن دوبل و مقطع جعبه‌ای فشرده، فاقد اتکای جانبی، ورق تقویت تنها برای یک بال موجود است. تقویت کدام بال به مقاومت تیر بیشتر می‌افزاید؟

سراسری ۸۹

۱) بال کششی ۲) بال فشاری ۳) بال تحتانی ۴) تفاوتی ندارد

برای مقاطع قوطی کمانش پیچشی جانبی در نظر گرفته نمی شود:

۱۰-۲-۵-۷ مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع قوطی شکل حول محورهای قوی و ضعیف

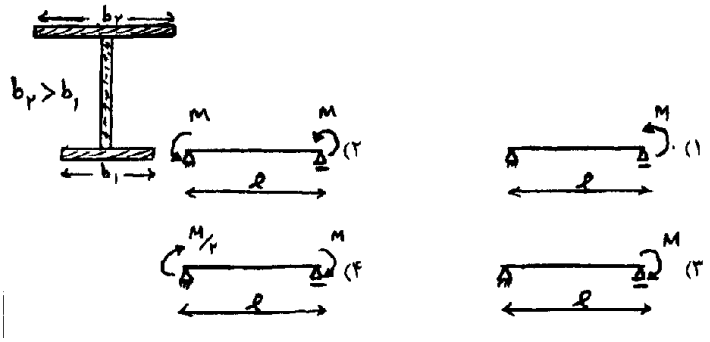
الزامات این بند مربوط است به تعیین مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع قوطی شکل با بال‌ها و جان‌های فشرده یا غیرفشرده که تحت اثر خمش حول محورهای قوی یا ضعیف قرار دارند.

مقاومت خمشی اسمی، M_n، این نوع اعضا باید برابر کوچکترین مقدار محاسبه شده بر اساس حالت‌های حدی تسلیم، کمانش موضعی بال و کمانش موضعی جان در نظر گرفته شود.

سوال ۸۵ I-- x -- برای M_n بدانست کدام بال تقویت شود ج: بال فشاری

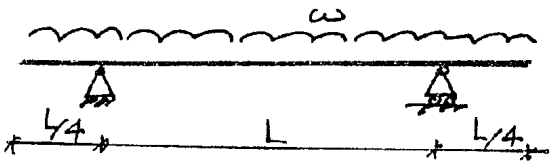
سراسری ۹۳

۱۰۸- چنانچه مقطع تیرهای هر چهار گزینه مطابق شکل زیر باشد، کدام تیر از نظر کمانش جانبی ظرفیت خمشی کمتری دارد؟



سراسری ۹۰

۱۱۰- در تیر نشان داده شده در شکل مقابل چنانچه بار وارده (ω) از نوع زنده فرض شود و ظرفیت خمشی نهایی مقطع برابر با ZF_y باشد، حداکثر مقدار ω (بدون اعمال ضریب اطمینان) چقدر است؟



۱) $\frac{۸ZF_y}{L^۲}$

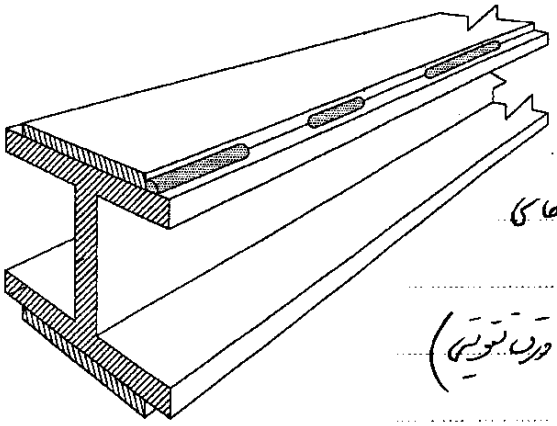
۲) $\frac{۳۲ZF_y}{۵L^۲}$

۳) $\frac{۳۲ZF_y}{L^۲}$

۴) $\frac{۱۶۰ZF_y}{۲۱L^۲}$

گزینه ۱:

۵-۷- □فحات تقویتی



ورق های تقویتی : در نقاطی که تنش خمشی بیشتر است یعنی تغییر مقطع می توان توسط ورق های تقویتی بال آن را تقویت کرد.

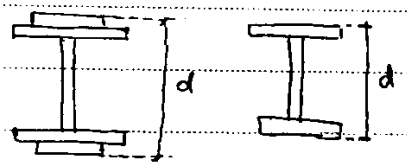
مساحت ورق تقویتی باید $\leq$ ۷۰٪ (مساحت کل بال شامل بال تیر + ورق تقویتی)

مثلاً، اگر مساحت یکی از بال های موجود $3\,cm^2$ باشد حداکثر مساحت ورق تقویتی آن بال $7\,cm^2$ است.

اگر به یک مقطع I شکل ورق های تقویتی به دو بال آن اضافه شود تحمل تنش آن (مدار S) چقدر افزایش می یابد؟

$$I_{x\,\text{جدید}} = I_x + 2I'_x + 2A\left(\frac{d}{2}\right)^2$$

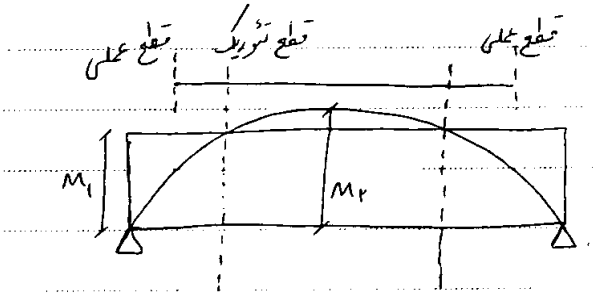
I_x: ممان اینرسی ورق های حول محور خودشان



$$S_{\text{جدید}} = \frac{I_{\text{جدید}}}{\frac{d_{\text{جدید}}}{2}}$$

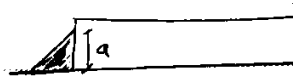
$$S_{\text{جدید}} \text{ تقریبی} \simeq S_{\text{قدیم}} + 2A\left(\frac{d}{2}\right)$$

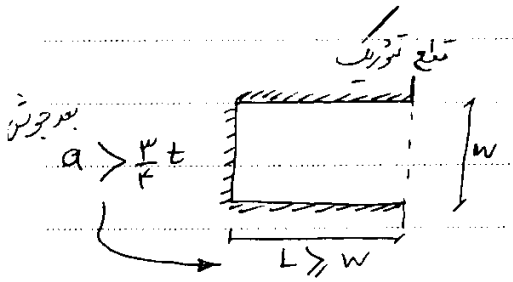
* نقاط قطع تئوریک و عملی ورق ها:

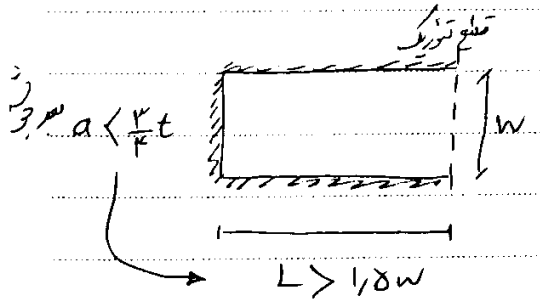


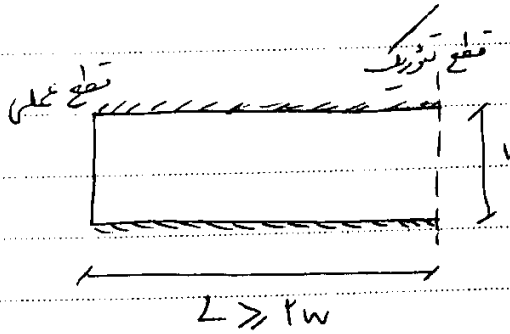
M_2 مقاومت با ورق تقویتی

M_1 مقاومت مقطع بدون ورق تقویتی







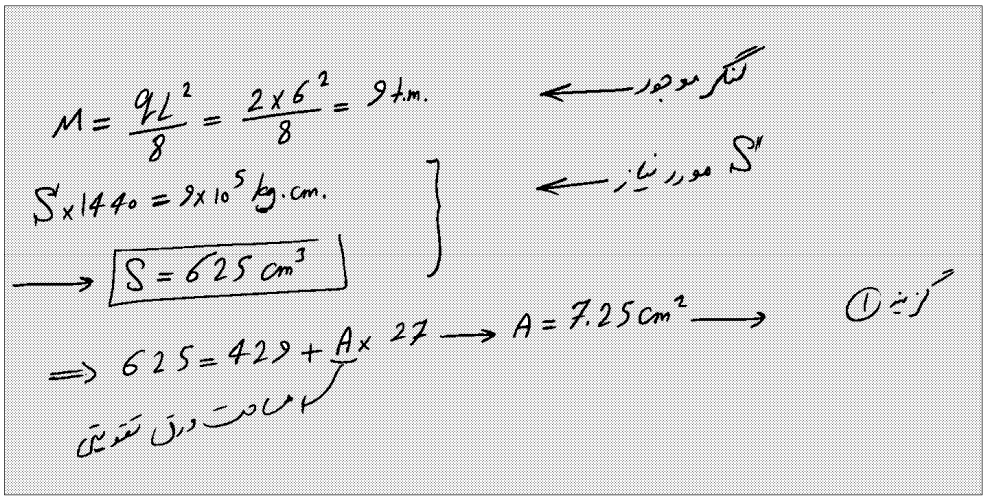


اساس پلاستیک $Z=500\ cm^3$ ضریب دار $3\ t/m$

۱۴- برای مقطع تیر دو سر ساده‌ای تحت بار گسترده یکنواخت $2t/m$ در طول ۶ متر از پروفیل IPE ۲۷۰ با مدول مقطع $S = 429\ cm^3$ استفاده شده است. چنانچه تنش خمشی مجاز برابر $1440\ kg/cm^2$ باشد، مساحت صفحات تقویتی که به‌طور مساوی بایستی به بال‌های کششی و فشاری اضافه نمود تقریباً چقدر است؟ تنش تسلیم برابر $2400\ kg/cm^2$

(سراسری ۸۱ با تغییر نظام مهندسی)

۱) $7\ cm^2$ ۲) $10\ cm^2$ ۳) $15\ cm^2$ ۴) نیازی به تقویت نیست

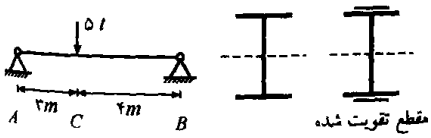


$$M_u = \frac{qL^2}{8} = \frac{3\times 6^2}{8} = 13.5\ t.m \le 0.9 \times Z \times 2400 \ \rightarrow\ Z = 625\ cm^3$$
$$\rightarrow\ 625 = 500 + A \times 27 \ \rightarrow\ A = 4.62\ cm^2$$

لنگر مقاوم طراحی تیر زیر را $6t.m$

تنش مجاز نرمال در تیر زیر را $1400\ kg/cm^2$ در نظر بگیرید و طول تئوریک یک ورق لازم برای تقویت خمشی آن را بر حسب cm به‌دست آورید. اساس مقطع نیمرخ تقویت‌نشده نسبت به محور خنثی $430\ cm^3$ می‌باشد. (بار $5ton$ ضریب دار می باشد.)

(سراسری ۷۹)



۱) ۲۸۱

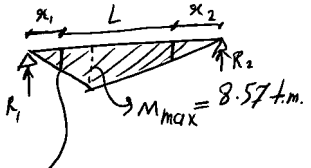
۲) ۲۱۱

۳) ۲۰۸

۴) به ورق نیاز ندارد.

از آنجا که $S = 430$ ، حداکثر لنگری که تیر تقویت نشده می‌تواند تحمل کند بدون تقویت $M = 430\times 1400 = 602000\ kg.cm. = 6.02\ t.m.$ برابر است با:

ابتدا و انتهای تیر لنگر کم است و نیاز به تقویت نیست



$$R_1 = \frac{5\times 4}{7} = \frac{20}{7} \qquad R_2 = \frac{5\times 3}{7} = \frac{15}{7}$$

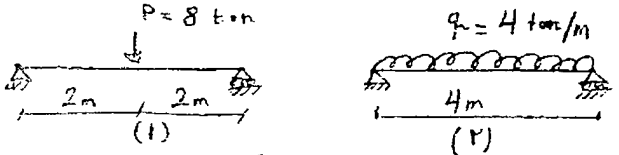
$$M_{x_1} = R_1 \times x_1 = 6.02 \rightarrow x_1 = \frac{6.02}{(\frac{20}{7})} = 2.107\ m$$

$$M_{x_2} = R_2 \times x_2 = 6.02 \rightarrow x_2 = \frac{6.02}{(\frac{15}{7})} = 2.81\ m$$

$$L = 7 - x_1 - x_2 = 2.08\ m = 208\ cm \rightarrow$$ طول $L = 208$ نیاز به تقویت است

آزاد ۸۹

۱۲٤- در شکلهای زیر مدول مقطع پروفیل اصلی $S_n = 400cm^3$ و تنش مجاز خمشی $F_b = 1500kg/cm^2$ است. کدامیک از عبارتهای زیر در مورد (مقایسه) ورقهای تقویتی تیرها صحیح است؟



۱) در تیرهای ۱ و ۲ مساحت ورقهای تقویتی یکسان ولی طول تئوریک ورقهای تقویتی در تیر ۱ بزرگتر از تیر ۲ است.

۲) در تیرهای ۱ و ۲ مساحت ورقهای تقویتی یکسان و طول تئوریک آنها نیز یکسان است.

۳) در تیر ۱ مساحت ورقهای تقویتی بیشتر ولی طول تئوریک ورقهای تقویتی کوچکتر است.

٤) در تیرهای ۱ و ۲ مساحت ورقهای تقویتی یکسان ولی طول تئوریک ورقهای تقویتی در تیر ۲ بزرگتر از تیر ۱ است

گزینه ۴

۵-۸- کاهش لنگر

در شرایط خاصی می توان لنگر منفی تکیه گاهها را کاهش داده و به لنگر مثبت وسط تکیه گاه افزود. با توجه به اینکه لنگر منفی بیشتر از لنگر مثبت وسط می باشد، این کار موجب اقتصادی تر شدن طرح می شود.

علت: **با افزایش بار وارد بر تیر در دو انتها که لنگر بیشتر است، با رسیدن به Mp مفصل پلاستیک تشکیل شده و تیکه گاه شل می شود! یعنی دیگر لنگر اضافی تحمل نمی‌کند و بدین ترتیب به علت *بازتوزیع لنگر*، لنگر تکیه گاه کاهش می یابد.**

شرایط استفاده از کاهش لنگر (باز توزیع لنگر) در تیرها:

-مقطع فشرده باشد

- تیر دارای تکیه‌گاه جانبی باشد

- بارگذاری ثقلی

- تیر طره (معین) نباشد

-اتصال صلب انتهایی ویا سراسری

- حداکثر لنگر در تکیه‌گاه‌ها

- اگر $fa \leq 0.15Fa$ می‌توان لنگر ستون را نیز کاهش داد

تمرین:

تحت شرایط خاصی می‌توان لنگر ماکزیمم منفی را در تیرهای ممتد به میزان ۱۰ درصد کاهش داد و تیر را بر این اساس طراحی نمود. کدام گزینه بیشترین تعداد این شرایط را در بر دارد؟ (سراسری ۷۸)

۱) مقطع باید فشرده باشد و لنگر ماکزیمم مثبت پس از بازتوزیع از قدرمطلق لنگر ماکزیمم منفی کمتر باشد.

۲) مقطع باید فشرده باشد و لنگر ماکزیمم مثبت پس از بازتوزیع از قدرمطلق لنگر ماکزیمم منفی بیشتر باشد.

۳) مقطع باید غیرفشرده باشد و لنگر ماکزیمم مثبت پس از بازتوزیع از قدرمطلق لنگر ماکزیمم منفی بیشتر باشد.

۴) مقطع باید غیرفشرده باشد و لنگر ماکزیمم مثبت پس از بازتوزیع از قدرمطلق لنگر ماکزیمم منفی کمتر باشد.

گزینه ۱

در صورتی که تیر مطابق شکل به‌طور کامل از جانب نگهداری شده باشد، عرض ورق بال را حساب کنید. (تنش خمشی مجاز فولاد ۱۴۱۵ kg/cm^2 می‌باشد.) (سراسری ۷۵)

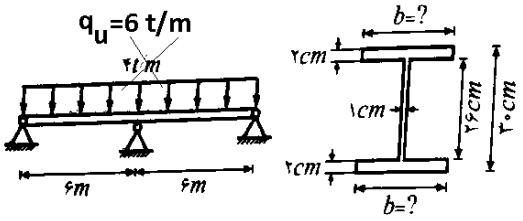
تنش تسلیم فولاد برابر $2400\ kg/cm^2$ می باشد

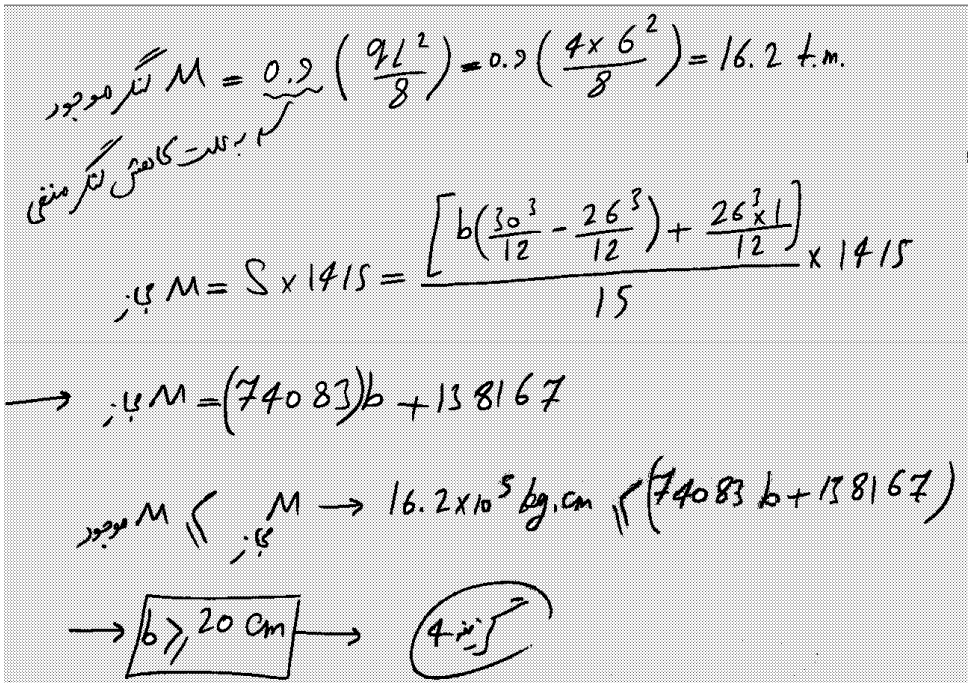
۱) $10\ cm$

۲) $12\ cm$

۳) $15\ cm$

۴) $20\ cm$





$$M_u = 0.9\frac{q_u L^2}{8} = 24.3\ t.m \leq 0.9\times Z\times 2400 \ \rightarrow\ Z = 1125\ cm^3$$

$$\rightarrow\ 1125 = 2\times 2b\times 14 + \frac{1\times 26^2}{4} \ \rightarrow\ b = 17\ cm$$

تمرین:

در تیرهای با مقطع فشرده و مهار جانبی کافی که دو سر آنها با اتصال صلب به ستون‌ها متصل شده‌اند، با شرایطی در آیین نامه اجازه داده شده که برای ۹۰ درصد لنگر منفی ناشی از بار گستردهٔ قائم طراحی شوند، علت چیست؟ (سراسری ۷۴ و نظام مهندسی)

۱) چون تیر مشکل کمانش نخواهد داشت.

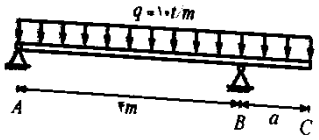
۲) ایجاد لولای پلاستیک در دو انتهای تیر و تغییر رفتار تیر

۳) چون در این تیرها جلوی کمانش گرفته شده و در نتیجه مقاومت خمشی آنها افزایش یافته است.

۴) چون لنگر خمشی در تیر دو سر گیردار در انتها حداکثر است و لنگر ناشی از کمانش در وسط تیر حداکثر است.

گزینه ۲

- تیری با ممان‌اینرسی ثابت در تمام طول خود مطابق شکل بارگذاری شده است. به‌ازای چه طولی از قسمت طره تیر (a) اقتصادی‌ترین نیمرخ به‌دست می‌آید؟ (لنگر ماکزیمم در دهانه AB را در وسط دهانه تیر فرض می‌کنیم.) (سراسری ۷۰)



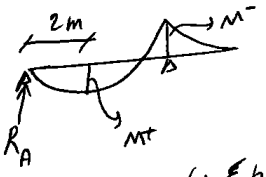
۱) $1/72\ m$

۲) $1/55\ m$

۳) $2\ m$

۴) $1/63\ m$

جهت بهینه شدن باید لنگر منفی برابر لنگر مثبت باشد:



$$M^- = \frac{qa^2}{2}$$

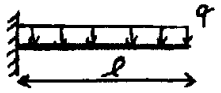
$$(\text{وسط دهانه}) M^+ = R_A \times 2 - \frac{q(2)^2}{2} = 4q - \frac{qa^2}{4} - 2q = 2q - \frac{qa^2}{4}$$

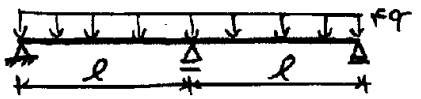
$$R_A \times 4 = \frac{q(4)^2}{2} - \frac{qa^2}{2} \rightarrow R_A = 2q - \frac{qa^2}{8}$$

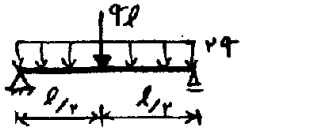
$$M^- = M^+ \longrightarrow \frac{qa^2}{2} = 2q - \frac{qa^2}{4} \rightarrow \frac{3a^2}{4} = 2 \rightarrow a = \sqrt{\frac{8}{3}} = 1.63\ m$$

سراسری ۹۳

۱۱۰- در صورتی که مقطع هر سه تیر یکسان و فشرده باشد و تیرها دارای تکیه‌گاه ممتد جانبی باشند، کدام تیر می‌تواند مقطع کوچکتری را داشته باشد؟

۱)


۲)


۳)


۴) هر سه گزینه مقطع یکسانی نیاز دارند.

۹-۵- کنترل خیز و ارتعاش در تیرها

۱- کنترل خیز سازه:

در کنترل خیز از چه ترکیب باری استفاده می شود؟ آیا بار زلزله را هم در نظر می گیریم؟

علت کنترل چیست؟ ۱- آسیب اجزای غیرسازه‌ای ۲- احساس امنیت ساکنین

$$\begin{Bmatrix} \Delta_{D+L} < \frac{L}{240} \\ \Delta_L < \frac{L}{360} \end{Bmatrix}$$

۲- ارتعاش تیرهایی که سطوح بزرگ خالی از تیغه بندی دارند:

آیین نامه جدید

۹-۲-۱۰-۴ ارتعاش (لرزش)

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 (نظیر بارهای ناشی از رفت و آمد افراد، حرکت و توقف آسانسورها، حرکت ماشین آلات و نظایر آنها) محاسبه شوند. در تیرهای مربوط به این کف‌ها، فرکانس نوسانی تیر باید به اندازه‌ای باشد که از حد احساس بشری تجاوز ننماید. برای این منظور، لازم است فرکانس دوره‌ای (f) این تیرها بزرگتر یا مساوی ۵ هرتز باشد.*

آیین نامه قدیم

۹ ـ ۲ ـ ۱۱ ـ ۴ افتادگی، ارتعاش و انتقال جانبی

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 به‌لرزش و ارتعاش حاصل از بارهای جنبشی (راه رفتن اشخاص، حرکت و توقف آسانسورها و نظایر آنها) محاسبه شوند. در تیرهای مربوط به‌این کف‌ها، نسبت ارتفاع به‌دهانه $\left(\frac{d}{L}\right)$ نباید از $\frac{۱}{۲۰}$ کمتر گردد. d ارتفاع کلی مقطع تیر (شامل ارتفاع بتن در تیرهای مختلط) و L طول مرکز به‌مرکز تکیه‌گاهی تیر است. همچنین لازم است فرکانس نوسانی تیرها محاسبه گردد که این فرکانس باید از حد احساس بشری کمتر باشد.*

محدود ساختن نسبت طول دهانه (L) به ارتفاع مقطع (d) در یک تیر ساده فولادی با مقطعی به شکل I به $\frac{L}{d} \le ۳۰$، معادل با محدود ساختن تغییرمکان مجاز تیر تحت بار گستردهٔ یکنواخت چه کسری از دهانه است؟ (سراسری ۸۰)

لنگر مقاوم طراحی برابر $\phi Mn=0.6SF_y$ می باشد

$\Delta = \frac{۵ wL^۴}{۳۸۴ EI}$ (تغییرمکان حداکثر تیر ساده) ، ~~$F_b = ۰/۶F_y$~~ (تنش مجاز) ، $F_y = ۲۴۰۰ kg/cm^۲$ (تنش جاری‌شدن) ، $E = ۲۱۰۰۰۰۰ kg/cm^۲$ (ضریب الاستیسیتهٔ فولاد)

۱) $\frac{۱}{۱۸۰}$ ۲) $\frac{۱}{۲۳۳}$ ۳) $\frac{۱}{۳۰۰}$ ۴) $\frac{۱}{۳۶۰}$

رابطه مقاومت: $\frac{\left[\frac{qL^۲}{8}\right]\frac{d}{2}}{I} = 0.6 \times 2400$

رابطه تغییر شکل: $\frac{۵qL^۴}{۳۸۴EI} = \frac{L}{n}$

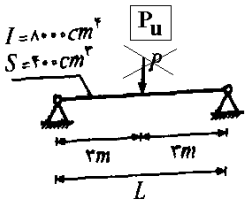
$\frac{L}{d} < ۳۰$ است داوطلبی گفته است که ۴ مساله را خواسته است

رابطه را برحسب $\frac{L}{d}$ مرتب می‌کنیم:

$$\frac{\frac{qL^۲ d}{۱۶I}}{\frac{۵qL^۴}{۳۸۴EI}} = \frac{0.6 \times 2400}{L/n} \Rightarrow \frac{d \times ۳۸۴E}{۱۶ \times ۵L^۲} = \frac{۱۴۴۰ \times n}{L} \Rightarrow \boxed{n = ۷۰۰۰ \frac{d}{L} = ۲۳۳} \Rightarrow \frac{۱}{n} > \frac{۱}{۲۹۹}$$

لنگر مقاوم طراحی برابر $\phi Mn=0.6SF_y$ می باشد

- اگر تغییرشکل مجاز تیر تحت بار متمرکز P در وسط دهانه برابر $\frac{L}{۳۰۰}$ و تنش خمشی مجاز تیر ۱۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد، کدام‌یک از گزاره‌های زیر صحیح است. [تذکر: تغییرشکل تیرها تحت بار متمرکز در وسط دهانه برابر است با: $\Delta = \frac{PL^۳}{۴۸EI}$] (سراسری ۸۲)



۱) حداکثر بار مجاز P برابر ۳/۷۳ تن می‌باشد و حداقل ارتفاع لازم مقطع $\frac{۱}{۳۰}$ دهانه است.

۲) حداکثر بار مجاز P برابر ۵/۲۰ تن می‌باشد و حداقل ارتفاع لازم مقطع $\frac{۱}{۲۰}$ دهانه است.

۳) حداکثر بار مجاز P برابر ۴/۱۰ تن می‌باشد و حداقل ارتفاع لازم مقطع $\frac{۱}{۳۰}$ دهانه است.

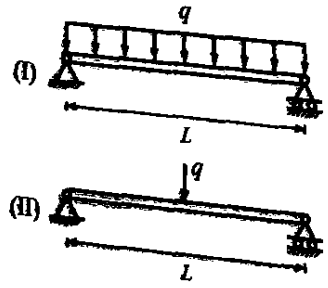
۴) حداکثر بار مجاز P برابر ۷/۴۶ تن می‌باشد و حداقل ارتفاع لازم مقطع $\frac{۱}{۲۰}$ دهانه است.

از این رابطه حداکثر P مربوط می‌آید: $\left[\frac{P \times L}{4}\right] = 0.6 \frac{I}{d/2} 2400$

رابطه خیز: $\frac{PL^3}{48EI} = \frac{L}{300}$

در تیرهای فولادی شکل زیر چنانچه تنش خمشی مجاز برای هر دو تیر یکسان و برابر $1400\ kg/cm^2$ و همچنین حداکثر تغییرمکان در تیرها محدود به $\frac{L}{240}$ باشد، کدامیک از روابط زیر درست می‌باشند؟ (۷۰ سراسری)

$E = 2/1\times10^6\ kg/cm^2$، $d_1 = I$ عمق (ارتفاع) تیر، $d_2 = II$ عمق (ارتفاع) تیر



۱) $d_1 > \frac{L}{30}$ ، $d_2 > \frac{L}{37/5}$

۲) $d_1 > \frac{L}{30}$ ، $d_2 > \frac{L}{120}$

۳) $d_1 > \frac{L}{25}$ ، $d_2 > \frac{L}{120}$

۴) هیچکدام

رابطه خیز: $\frac{5qL^4}{384EI} = \frac{L}{240}$ رابطه مقاومت:

$$\text{I} \rightarrow \boxed{\frac{\left(\frac{qL^2}{8}\right)\frac{d_1}{2}}{I} = 1400}$$

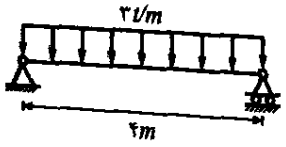
اگر دو رابطه فوق را بر هم تقسیم کنیم:

$$\frac{d_1 384E}{8\times2\times5L^2} = \frac{1400\times240}{L} \Rightarrow d_1 = \frac{L}{30}$$

$$\text{II} \rightarrow \begin{cases} \frac{\left(\frac{qL}{4}\right)\left(\frac{d_2}{2}\right)}{I} = 1400 \xrightarrow{\text{تقسیم بر هم}} \frac{d_2\times48E}{4\times2L^2} = \frac{1400\times240}{L} \longrightarrow d_2 = \frac{L}{37.5} \\ \frac{qL^3}{48EI} = \frac{L}{240} \end{cases}$$

تمرین:

در تیر سادهٔ مقابل حداکثر تغییرمکان وسط دهانه با فرض $E = 2/1\times10^6\ kg/cm^2$ و $I = 3000\ cm^4$ چقدر است؟ (آزاد ۷۷)



۱) $1/69\ cm$

۲) $2/2\ cm$

۳) $1/59\ cm$

۴) $2/25\ cm$

$$\Delta = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5\times30\times400^4}{384\times2.1\times10^6\times3000} = 1.59\ cm$$

تمرین:

بر طبق آیین‌نامه *AISC* حداکثر تغییرشکل مربوط به بار زنده برای تیرهایی که سقف اندودشده‌ای را تحمل می‌کنند و دارای شرایط تکیه‌گاهی ساده می‌باشند برابر است با: (آزاد ۸۰)

۱) $\frac{1}{360}$ دهانه ۲) $\frac{1}{200}$ دهانه ۳) $\frac{1}{240}$ دهانه ۴) $\frac{1}{400}$ دهانه

گزینه ۱. تغییرشکل تیر تحت اثر بار زنده باید کمتر از $\frac{1}{360}$ دهانه باشد. همچنین تحت اثر بار مرده و زنده با هم باید کمتر از $\frac{1}{240}$ دهانه باشد.

آزاد ۸۹

متمرکز ضریب دار

۱۲۵- در یک تیر غیر فشرده دو سرگیردار تحت اثر بار متمرکز در وسط دهانه، حداکثر نسبت طول تیر به ارتفاع آن چقدر می‌تواند باشد به طوری که نسبت تغییرمکان ماکزیمم تیر به طول آن از $\frac{1}{n}$ تجاوز نکند؟ (تیر دارای تکیه‌گاه جانبی سراسری می‌باشد و تنش تسلیم و مدول یانگ مصالح آن به ترتیب برابر σ_y و E می‌باشد).

۱) $\frac{12E}{n\sigma_y}$ ۲) $\frac{16E}{n\sigma_y}$

۳) $\frac{20E}{n\sigma_y}$ ۴) $\frac{10E}{n\sigma_y}$

گزینه ۳.

با توجه به غیرفشرده بودن مقطع و داشتن تکیه گاه جانبی تنش مجاز آن برابر $0.6Fy$ **می باشد.**

رابطه مقاومت: $\frac{\left(\frac{PL}{8}\right)\frac{d}{2}}{I} < 0.6\sigma_y$

رابطه خیز: $\frac{\frac{PL^3}{192EI}}{L} < \frac{1}{n}$

تقسیم این دو بر هم: $\frac{12Ed}{L} < n0.6\sigma_y$

مقدار $\frac{L}{d}$ **را خواسته است:** $\frac{12E}{n0.6\sigma_y} < \frac{L}{d} \quad \rightarrow \quad \frac{20E}{n\sigma_y} < \frac{L}{d}$

با توجه به غیرفشرده بودن مقطع و داشتن تکیه گاه جانبی لنگر مقاوم طراحی آن برابر $\varphi M_n = 0.9\left(0.7SF_y\right)$ **می باشد.**

رابطه مقاومت: $\left(\frac{PL}{8}\right) < 0.63\frac{I}{\left(\frac{d}{2}\right)}\sigma_y$

رابطه خیز: $\frac{\frac{PL^3}{192EI}}{L} < \frac{1}{n} \quad \rightarrow \quad \frac{PL^3}{192EI} < \frac{L}{n}$

تقسیم این دو بر هم: $\frac{24PLEI}{PL^3} < 0.63\frac{I}{\left(\frac{d}{2}\right)}\sigma_y\frac{n}{L}$

مقدار $\frac{L}{d}$ **را خواسته است:** $\frac{24E}{L} < 1.26\frac{n}{d}\sigma_y \quad \rightarrow \quad \frac{19E}{n\sigma_y} < \frac{L}{d}$

۵۱- کدامیک از روش‌های زیر در کاهش خیز تیرها مؤثرتر می‌باشد؟ (آزاد ۷۹)

۱) اضافه نمودن سخت کننده‌ها ۲) تقویت جان تیرها

۳) تقویت بال‌های تیر ۴) اضافه نمودن مهارهای جانبی و پلیت

گزینه ۳

۵-۱۰- تیر نعل درگاهی

یک تیر نعل‌درگاهی با طول مؤثر L برای طرح روی یک درب در نظر گرفته شده است. با توجه به ضخامت ثابت دیوار و مصالح آجری چه سطحی از دیوار در طراحی تیر باید بکار رود؟ (سراسری ۷۲)

۱) مستطیلی به طول L و ارتفاع $\frac{L}{2}$

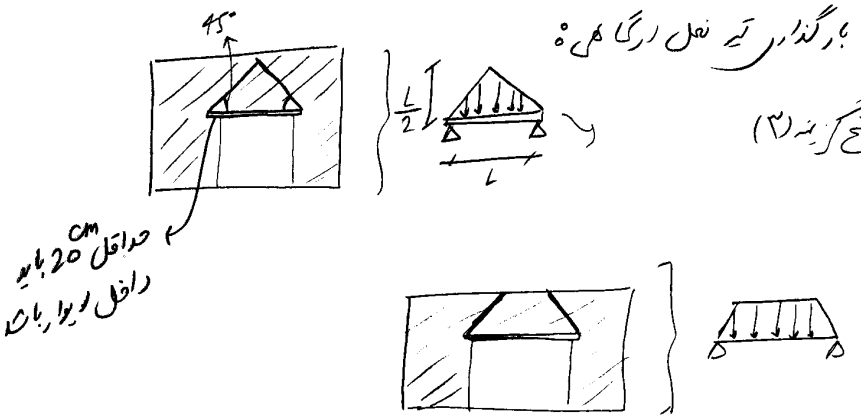
۲) دایره‌ای به قطر L

۳) مثلثی به قاعدهٔ L و ارتفاع $\frac{L}{2}$

۴) هیچکدام

۸۵ نحوه بارگذاری تیر نعل درگاهی

با سنج گزینه (۲)



تمرین: آزاد ۸۹

۱۲۶- چنانچه ارتفاع دیوار بالای تیر نعل درگاهی برای عملکرد قوسی کفایت کند لنگر طراحی تیر چقدر است؟ (طول تیر l، وزن مخصوص مصالح دیوار بالای تیر برابر γ و ضخامت دیوار t است).

۱) $\frac{\gamma t l^3}{12}$ ۲) $\frac{\gamma t l^3}{24}$

۳) $\frac{\gamma t l^3}{26}$ ۴) $\frac{\gamma t l^3}{48}$

گزینه ۲

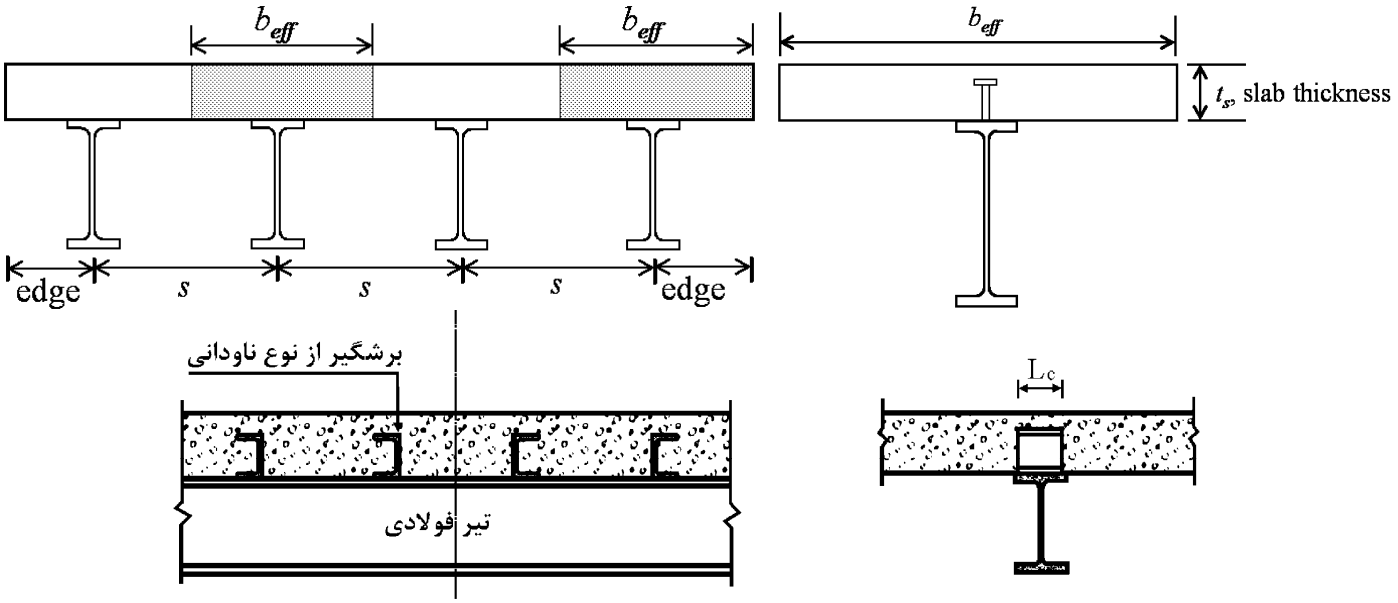
وزن واحد سطح دیوار برابر است با: $\gamma \times t$

یک بار گذاری مثلثی بر روی تیر خواهیم داشت که مقدار q در وسط تیر برابر خواهد بود با: $q = \gamma \times t \times L/2$

عکس العمل تکیه گاهی تیر نعل درگاهی در دو انتها: $R = q \times L/4 = \gamma \times t \times L^2/8$

$$M = R \times \frac{L}{2} - \frac{qL}{4} \times \frac{L}{6} = \frac{\gamma t L^3}{24}$$

۵-۱۱- سقف مختلط (سقف کامپوزیت یا سقف مرکب)



کاربرد تیرهای مرکب:

نقش برشگیر و آرایش مناسب آن:

۸۴- مزایای تیرهای مرکب کدام است؟ (آزاد ۷۸)

۱) کاهش مصرف فولاد

۲) افزایش ارتفاع نیمرخ فولاد

۳) کاهش مصرف فولاد و کاهش در ارتفاع نیمرخ فولادی

۴) افزایش ارتفاع نیمرخ و کاهش مصرف خاموت‌ها

گزینه ۳

سراسری ۹۰

۱۰۶- در تیرهای مختلط (مرکب بتنی فولادی) دو سر مفصل تعداد و آرایش زایده‌های برشی بر چه اساسی تعیین می‌گردد؟

۱) برش نظیر مقاومت خمشی مقطع تبدیل یافته تیر تعیین و از تقسیم آن بر مقاومت برشی نهایی یک برشگیر تعداد برشگیرهای لازم در طول تیر تعیین می‌گردد. این برشگیرها روی بال بالای تیر به فواصل مساوی استقرار می‌یابند.

۲) مقاومت برشی مجاز مقطع فولادی بر مقاومت برشی مجاز یک برشگیر تقسیم می‌گردد تا تعداد برشگیرها در طول دهانه تعیین گردد. $\frac{۱}{۳}$ برشگیرها در فاصله $\frac{۱}{۶}$ دهانه نزدیک تکیه‌گاه‌ها و مابقی با فواصل مساوی در بقیه طول دهانه توزیع می‌گردد.

۳) نصف مقاومت محوری فشاری مقطع مؤثر بتن یا مقاومت کششی فولاد مقطع هر کدام کوچک‌تر بود بر مقاومت برشی مجاز یک برشگیر تقسیم می‌گردد تا تعداد برشگیرها در نصف طول تیر تعیین گردد. این برشگیرها روی بال بالای تیر به فواصل مساوی استقرار می‌یابند.

۴) دو برابر مقاومت فشاری محوری مقطع مؤثر بتنی یا مقاومت محوری مقطع فولادی هر کدام بزرگ‌تر بود بر مقاومت نهایی برشی یک برشگیر تقسیم می‌گردد تا تعداد برشگیرها در نصف طول تیر به دست آید. $\frac{۲}{۳}$ این تعداد در $\frac{۱}{۶}$ دهانه نزدیک تکیه‌گاه و مابقی آن در بقیه دهانه با فواصل مساوی توزیع می‌شود.

۱۰-۲-۸-۳-۳ مقاومت خمشی مقاطع مختلط دارای برشگیر

ت) انتقال بار بین تیر فولادی و دال بتنی

ت-۱) نواحی لنگر خمشی مثبت

۱. مقاومت برش افقی مورد نیاز

برای عملکرد مختلط کامل، برش افقی مورد نیاز باید به شرح زیر برابر کوچکترین مقدار محاسبه شده بر اساس حالت‌های حدی خردشدگی بتن و تسلیم کششی مقطع فولادی در نظر گرفته شود.

- خردشدگی بتن

$$V_{hu} = ۰/۸۵ f'_c A_c \qquad (۱۰-۲-۸-۱۹)$$

- تسلیم کششی مقطع فولادی

$$V_{hu} = F_y A_s \qquad (۱۰-۲-۸-۲۰)$$

در روابط فوق:

f'_c= مقاومت فشاری مشخصهٔ نمونهٔ استوانه‌ای بتن

A_c= سطح مقطع دال بتنی در محدوده عرض موثر

A_s= مساحت مقطع فولادی

F_y= تنش تسلیم فولاد مقطع فولادی

۲. مقاومت برش افقی اسمی

مقاومت برش افقی اسمی اعضای با مقطع مختلط متکی بر دال بتنی و دارای برشگیر باید مطابق رابطهٔ زیر بر اساس مقاومت برشی برشگیرها تعیین گردد.

$$V_{hn} = \Sigma Q_n \qquad (۱۰-۲-۸-۲۱)$$

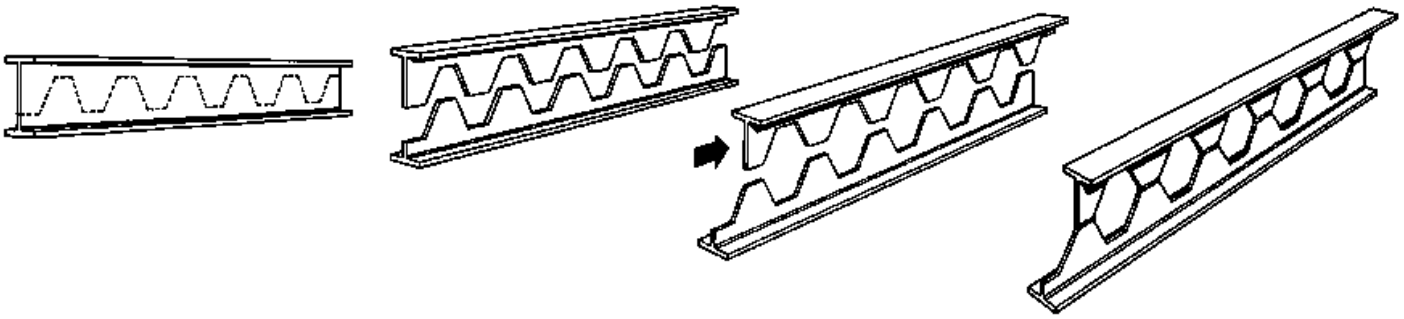
که در آن:

ΣQ_n= مجموع مقاومت‌های برشی اسمی برشگیرها در حد فاصل نقاط لنگر خمشی مثبت حداکثر و لنگر صفر مطابق مقررات بند ۱۰-۲-۸-۷.

۳. تعداد، فاصله و مشخصات برشگیرها بایستی از طریق برقراری رابطهٔ زیر و بدون احتساب ضریب کاهش مقاومت تعیین گردد.

$$V_{hn} \geq V_{hu} \qquad (۱۰-۲-۸-۲۲)$$

۱۲-۵- تیر لانه زنبوری



تیر لانه زنبوری:

اساس مقطع چند برابر می شود؟ **ممان اینرسی چند برابر می شود؟**

مقاومت خمشی چند برابر می شود؟ **مقاومت برشی چند برابر می شود؟**

تنش خمشی چند برابر می شود؟ **تنش برشی چند برابر می شود؟**

خیز چند برابر می شود؟

آیا به عنوان تیرچه سقف می تواند استفاده شود؟

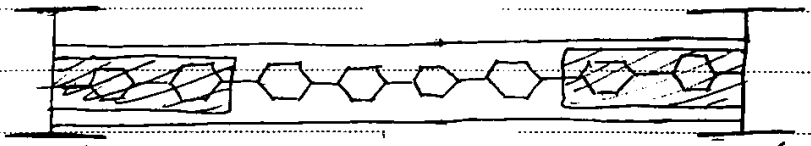
آیا در قابهای خمشی می تواند استفاده شود؟

آیا در قاب ساده بادبندی شده می تواند استفاده شود؟ در کدام دهانه ها

- امکان عبور تاسیسات از سوراخ‌ها

در چه نقاطی باید سوراخ آن پر شود؟

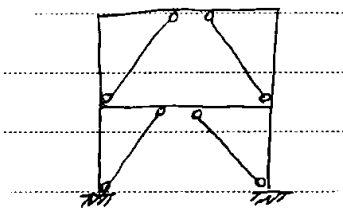
در کدامیک بهتر است استفاده نشود: تیرهای کوتاه یا تیرهای بلند؟



* از تیرهای لانه زنبوری در قابهایی که قاب اصلی هستند (مثل قاب خمشی) نمی‌توان استفاده کرد فقط بعنوان تیرچه می‌توان از آنها استفاده کرد.

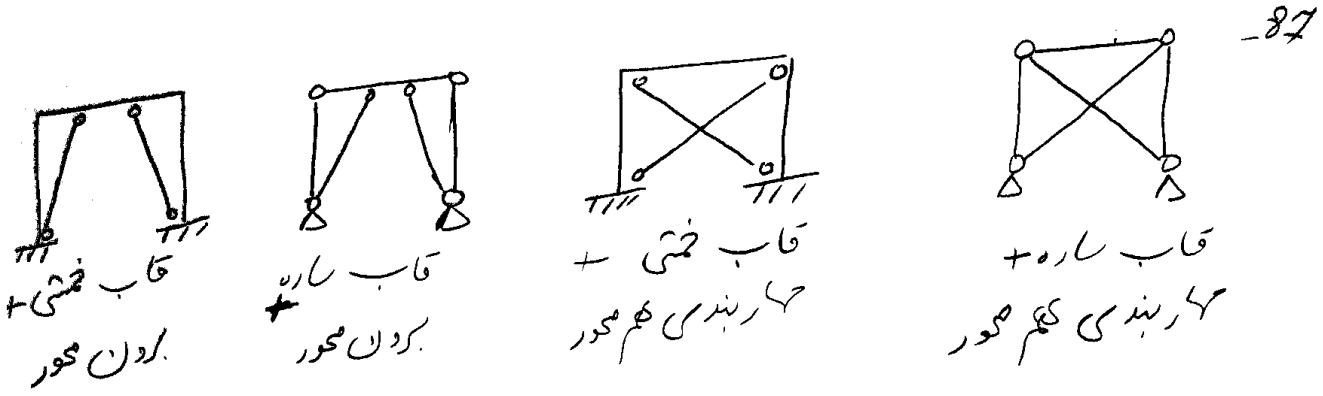
* هرچقدر نسبت طول تیر به ارتفاع آن کاهش یابد (تیر کوتاه‌تر شود) برش نسبت به خمش بیشتر می‌شود پس استفاده از تیرهای لانه زنبوری در تیرهای کوتاه مناسب نیست.

استفاده از تیر لانه زنبوری در جایی که بادبندها بصورت زدن کوریت عبور نمی‌یابند.



۸۷- استفاده از تیرهای لانه‌زنبوری برای تمامی تیرها در کدام‌یک از سیستم‌های سازه‌ای زیر می‌تواند کمترین اشکال را داشته باشد؟ (آزاد ۸۷)

۱) سیستم قاب ساختمانی ساده + مهاربندی هم‌محور
۲) سیستم ترکیبی قاب خمشی فولادی معمولی + مهاربندی هم‌محور
۳) سیستم قاب ساختمانی ساده + مهاربندی برون‌محور
۴) سیستم ترکیبی قاب خمشی فولادی معمولی + مهاربندی برون‌محور



البته طبق ضوابط لرزه ای آیین نامه فولاد ایران، استفاده از تیر لانه زنبوری در خود قاب مهاربندی شده (مانند شکل بالا) مجاز نیست. ولی کم اشکال ترین گزینه ها، گزینه یک است (شاید هم منظور طراح دهانه های کناری متصل به دهانه بادبندی شده است که در آنها استفاده از لانه زنبوری مجاز است).

تمرین:

۸۶- در یک تیر I شکل، ماکزیمم تنش خمشی σ، ماکزیمم تنش برشی τ و خیز ماکزیمم δ می‌باشد. در اثر لانه‌زنبوری کردن تیر مقادیر فوق به‌ترتیب به σ_c و τ_c و δ_c تبدیل می‌شوند. کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (سراسری ۷۴)

۱) $\delta_c = ۰/۷\delta \;,\; \sigma_c = ۱/۴\sigma \;,\; \tau_c = ۱/۴\tau$
۲) $\delta_c = ۰/۴\delta \;,\; \sigma_c = ۰/۷\sigma \;,\; \tau_c = ۱/۴\tau$
۳) $\delta_c = ۱/۴\delta \;,\; \sigma_c = ۰/۷\sigma \;,\; \tau_c = ۰/۷\tau$
۴) $\delta_c = ۰/۴\delta \;,\; \sigma_c = ۱/۴\sigma \;,\; \tau_c = ۰/۷\tau$

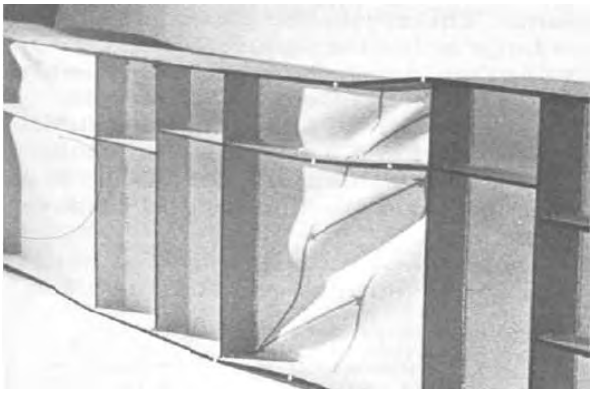
گزینه ۲

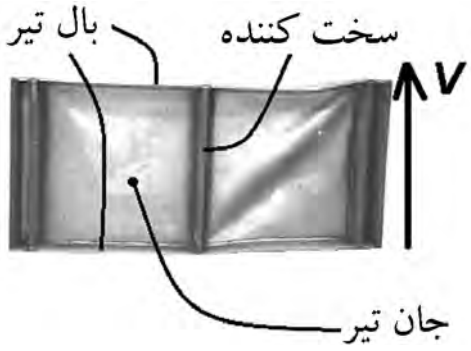
۱۳-۵- برش تیر

مقاومت برشی تیر مانند مقاومت محوری ستونها بستگی به لاغری جان دارد. بنابراین دو نوع مقاومت برشی داریم:

۱- مقاومت برشی بر اساس تسلیم فولاد
۲- مقاومت برشی بر اساس کمانش جان

در شکل زیر کدام نوع خرابی برشی اتفاق افتاده است؟



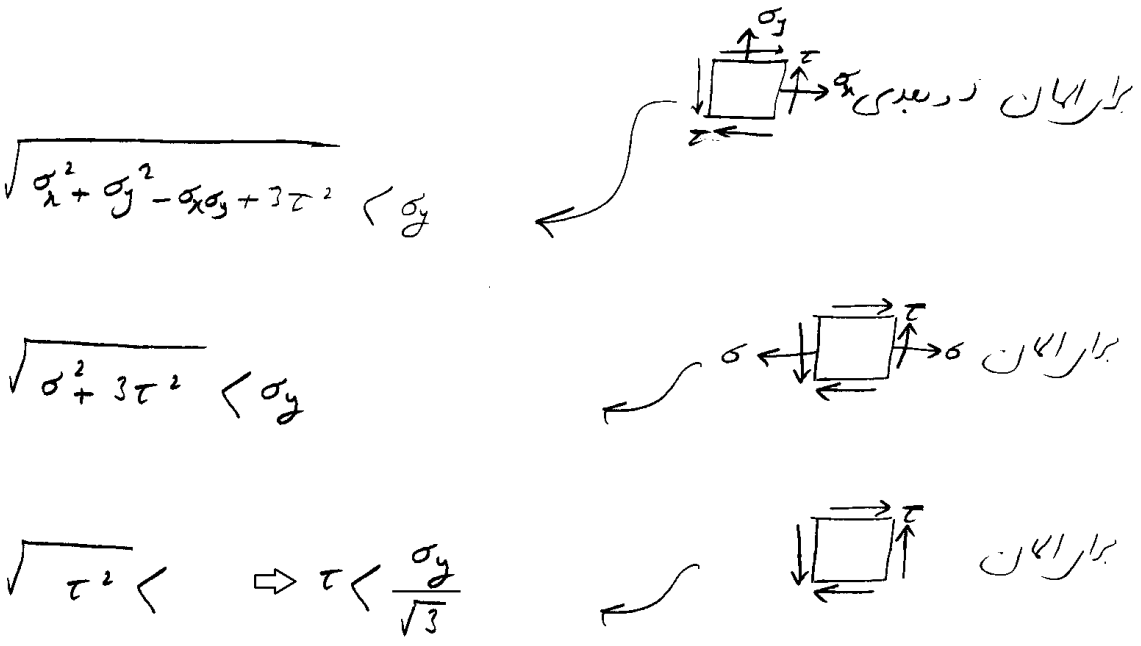


۵-۱۳-۱- مقاومت تسلیم برشی

تنش تسلیم برشی چقدر است؟

اگر فولاد تحت اثر ترکیبی از تنش های چند محوری و تنش برشی قرار گیرد، معیار تسلیم شدن آن طبق رابطه فون میسس (Von Mises) تعیین می شود:

$$\sqrt{\sigma_x^2+\sigma_y^2+\sigma_z^2-\sigma_x\sigma_y-\sigma_y\sigma_z-\sigma_x\sigma_z+3(\tau_{xy}^2+\tau_{xz}^2+\tau_{yz}^2)}\leqslant\sigma_y$$



۶۴- در یک نقطه از تیر فولادی که تحت لنگر M و برش V قرار دارد کدام کنترل‌ها بایستی انجام شود؟ (سراسری ۷۰)

۱) σ

۲) τ

۳) σ و τ و ترکیب تنش‌های $\sqrt{\sigma^2+3\tau^2}$

۴) σ و τ و ترکیب تنش‌های $\sqrt{\sigma^2+4\tau^2}$

گزینه ۳

۱۸- برای فولاد نرمهٔ ساختمانی بین حد ارتجاعی برشی F_{ys} و حد ارتجاعی کششی F_y رابطهٔ زیر برقرار است: (سراسری ۷۴ و نظام مهندسی)

۱) $F_{ys}=F_y$

۲) $F_{ys}=\frac{1}{\sqrt{3}}F_y$

۳) $F_{ys}=\frac{\sqrt{3}}{2}F_y$

۴) F_{ys} ربطی به F_y ندارد.

گزینه ۲

۱۴-۵- نحوه منظور کردن تاثیر کمانش جان در روابط آیین نامه

برای تیرهای I شکل:

ASD:

$\frac{h}{t_w} < \left(\frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65\right)$ "جان چاق" $V_{\text{مجاز}} = (0.4\,F_y)(dt_w)$
$\frac{h}{t_w} \geq \left(\frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65\right)$ "جان لاغر" $V_{\text{مجاز}} \leq (0.4\,F_y)(dt_w)$

LRFD:

$\frac{h}{t_w} < \left(2.24\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 65\right)$ "جان چاق" $V_n = 0.6F_y(dt_w)$
$\frac{h}{t_w} \geq \left(2.24\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 65\right)$ "جان لاغر" $V_n \leq 0.6F_y(dt_w)$

۱۰-۲-۶-۲-۱ مقاومت برشی اسمی

مقاومت برشی اسمی(V_n) اعضای با مقطع دارای جان سخت‌نشده (بدون سخت‌کننده) و سخت‌شده (با سخت‌کننده) بر اساس حالت‌های حدی تسلیم برشی و کمانش برشی از رابطهٔ زیر تعیین می‌شود.

$V_n = ۰/۶\, F_y A_w C_v$ (۱-۶-۲-۱۰)

که در آن:

F_y = تنش تسلیم فولاد جان

A_w = مساحت جان مقطع که برابر است با حاصل‌ضرب عمق کلی مقطع (d) در ضخامت جان (t_w)

C_v = ضریب برشی جان به شرح زیر:

الف) برای جان مقاطع I شکل نورد شده با $\frac{h}{t_w} \leq ۲/۲۴\sqrt{\frac{E}{F_y}}$:

$C_v=۱$ و $\phi_v=۱$ (۲-۶-۲-۱۰)

ب) برای جان سایر مقاطع به استثنای مقاطع لوله‌ای، ضریب برشی جان به شرح زیر است:

ب-۱) برای $\frac{h}{t_w} \leq ۱/۱\sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}$:

$C_v=۱$ $\phi_v=۰/۹$ (۳-۶-۲-۱۰)

۶۱- تنش برشی مجاز در آیین‌نامه‌های فولاد $۰/۴F_y$ در نظر گرفته شده است. ضریب اطمینان طراحی برای برش چقدر در نظر گرفته شده و چه تناسبی با ضریب اطمینان برای کشش یا خمش (۱/۶۷) دارد؟ (مهندسی ۸۹)

۱) ضریب اطمینان برای برش ۱/۶۷ انتخاب شده و مساوی ضریب اطمینان برای کشش و خمش است.

۲) ضریب اطمینان برای برش ۱/۴۴ اختیار شده که کمتر از ضریب اطمینان ۱/۶۷ برای کشش و خمش است.

۳) ضریب اطمینان برای برش ۲/۵ اختیار شده و ۱/۵ برابر ضریب اطمینان انتخابی برای کشش و خمش است.

۴) ضریب اطمینان برای برش ۱/۹۲ انتخاب شده و بزرگتر از ضریب اطمینان برای کشش و خمش است.

گزینه ۲

$$F_v = 0.4F_y = 0.4 \times \sqrt{3}\left(\frac{F_y}{\sqrt{3}}\right) = 0.69\left(0.6F_y\right)$$

$$\text{ضریب اطمینان برش} = \frac{1}{0.69} = 1.44$$

$$\text{ضریب اطمینان خمش} = 1.67$$

در تیرها هم برش داریم هم خمش. آیا باید در هر تستی هر دوی اینها را چک کنیم؟ از کجا بدانیم کدامیک را باید چک کنیم؟

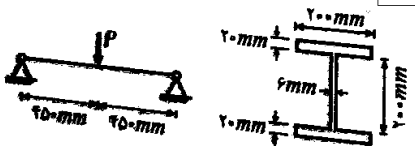
۳۴- حداکثر بار مجاز P در تیر ساده با مقطع نوردشده مطابق شکل با تنش جاری شدن $F_y = ۲۴۰۰\ kg/cm^۲$ چقدر است؟ از کمانش جانبی جلوگیری شده است. (آزاد ۸۶)

۱) ۲۳/۰ تن ضرایب اطمینان را برابر ۱ در نظر بگیرید

۲) ۳۰/۷۵ تن

۳) ۲۷/۶۳ تن

۴) ۲۷/۵۲ تن



تنها برش باید چک شود:

برش موجود: P/2

برش مجاز:

$0.4Fy\times(0.6\times24)=960\times14.4=13820kg$

برش موجود باید کمتر از برش مجاز باشد بنابراین نیروی مجاز برابر 27.6 تن خواهد بود:

$P/2<13.8ton \rightarrow P<27.6ton$

$0.6Fy\times(0.6\times24)=1440\times14.4=20361.6\ kg$

برش موجود باید کمتر از برش مقاوم باشد:

$P/2<20.36ton \rightarrow P<40.72ton$

تمرین:

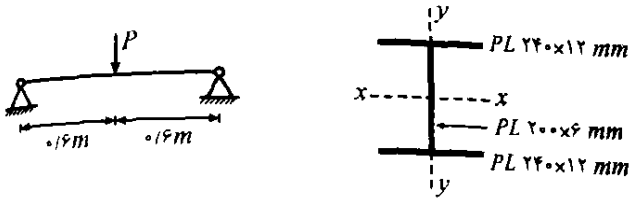
۳۵- با فرض $F_b = ۱۶۰۰\ kg/cm^۲$ (تنش مجاز در خمش) و $F_v = ۹۶۰\ kg/cm^۲$ (تنش مجاز در برش)، مقدار مجاز P بر روی تیر چند تن است؟ مقطع فشرده فرض می‌شود. (آزاد ۸۱)

۱) ۲۵/۸

۲) ۲۷/۶

۳) ۲۳/۰

۴) ۱۱/۵



گزینه ۱

تنها برش باید چک شود:

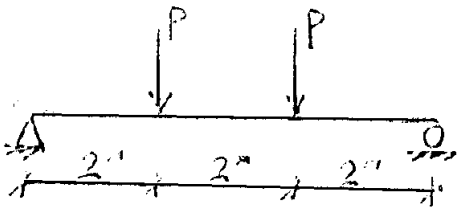
برش موجود: P/2

برش مجاز: $960\times(0.6\times22.4)=12902kg$

برش موجود باید کمتر از برش مجاز باشد بنابراین نیروی مجاز برابر 25.8 تن خواهد بود.

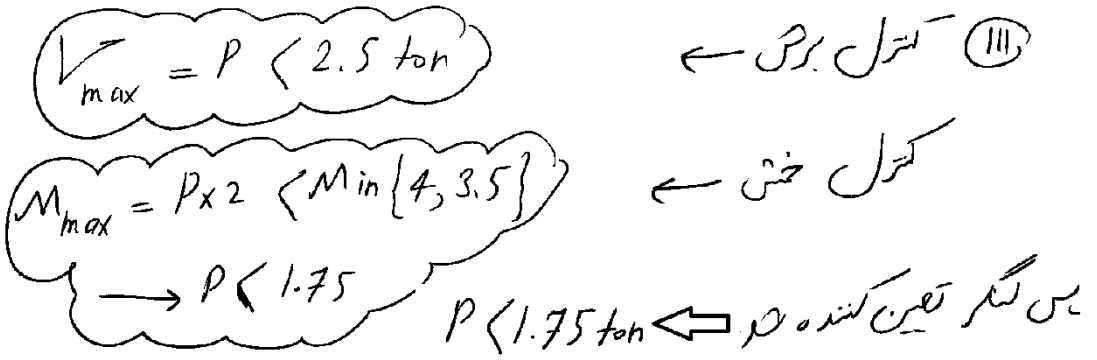
سراسری ۹۰

۱۱۱- تیر نشان داده شده در شکل زیر از یک نیمرخ I شکل تشکیل شده است. لنگر خمشی مجاز این تیر براساس معیار پایداری برابر $3/5\,t-m$ و براساس معیار تسلیم برابر $4\,t-m$ است. نیروی برشی مجاز این تیر نیز $2/5\,ton$ است. مقدار مجاز نیروی P با توجه به این ظرفیت‌ها چند تن است؟ (از وزن تیر صرفنظر کنید.)



۱) ۲
۲) ۱/۷۵
۳) ۲/۵
۴) ۴

گزینه ۲

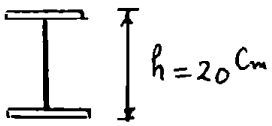


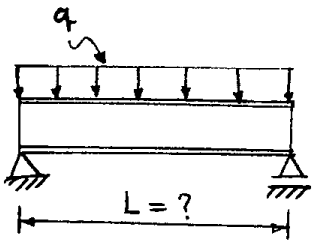
سراسری ۹۲

۱۱۳- **اگر برای تیر سادهٔ زیر، از پروفیلی با مشخصات داده شده استفاده شود، به‌ازای چه طول L برای تیر، به‌جای خمش، برش تعیین کننده خواهد بود؟**

$(F_b = 0/6F_y, F_v = 0/4F_y)$

$$\begin{bmatrix} I = 2000\,cm^4, & b_f = 10\,cm & , A = 30\,cm^2 \\ h = 20\,cm & , & t_w = 0/5\,cm \end{bmatrix}$$





۱) کم‌تر از ۲۴۰ سانتی‌متر
۲) بیش‌تر از ۱۲۰ سانتی‌متر
۳) کم‌تر از ۱۲۰ سانتی‌متر
۴) بیش‌تر از ۲۴۰ سانتی‌متر

گزینه ۳.

کنترل خمش:

$$\frac{qL^2}{8} \le \frac{0.6F_y I}{\frac{h}{2}} \rightarrow q \le \left(\frac{8}{L^2} \times 0.6F_y \times \frac{2000}{10} = \frac{960F_y}{L^2}\right)$$

کنترل برش:

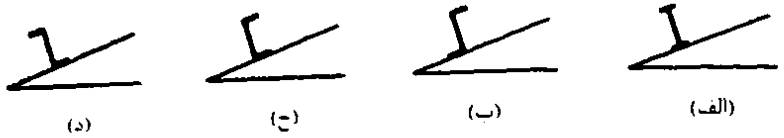
$$\frac{qL}{2} \le 0.4F_y \times (20 \times 0.5) \rightarrow q \le \left(\frac{8F_y}{L}\right)$$

$$\frac{960F_y}{L^2} \le \frac{8F_y}{L} \rightarrow L \le 120\ cm$$

۵-۱۵- پیچش

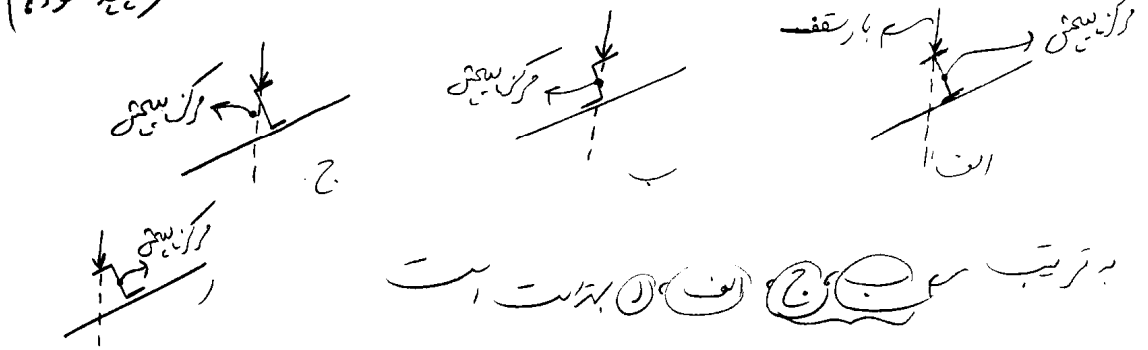
مرکز پیچش:

۹- کدام‌یک از گزینه‌های زیر برای بکارگیری به‌عنوان تیرچه (پرلین) برای حمل بارهای ثقلی بر روی سقف شیبداری با شیب تقریبی ۱۵٪ مناسب‌تر هستند؟ (سراسری ۸۴ و ۷۷ و آزاد ۸۳)



۱) الف و د ۲) ج و الف ۳) ب و ج ۴) د و ج

۹- مقطع مناسب، مقطعی است که پیچش کمتری به آن اعمال شود (چیه نشود!)



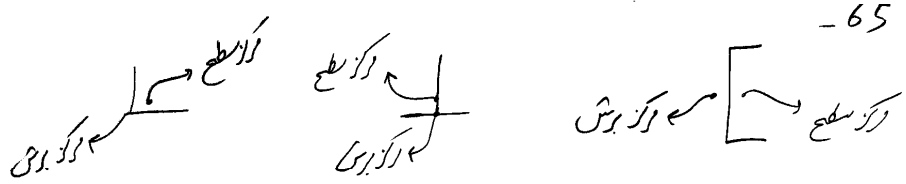
به ترتیب ب، ج، الف، د بهتر است

تمرین:

۶۵- در کدام‌یک از مقاطع زیر، مرکزسطح بر مرکزبرش منطبق می‌باشد؟ (آزاد ۸۲)

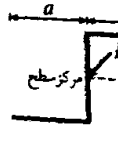
۱) ناودانی ۲) سپری ۳) نبشی ۴) مقطع Z شکل

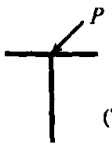
65-



مرکز سطح و مرکز برش بر هم منطبق است.

۶۲- تیر دو سر ساده با مقطع نشان داده شده را در نظر بگیرید که نیروی P در وسط دهانهٔ تیر به آنها اعمال می‌شود. در کدام‌یک از آنها تنش‌های ناشی از پیچش نیز باید در طراحی در نظر گرفته شود؟ مقطع (۲) و (۳) نسبت به صفحهٔ جان تقارن دارند. (مراسری ۷۹)

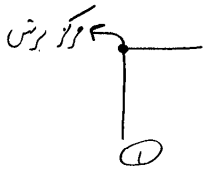
۱) 

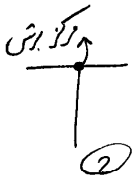
۲) 

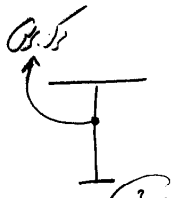
۳)

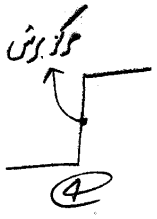
۴)

سوال 62 -

۱) 

۲) 

۳) 

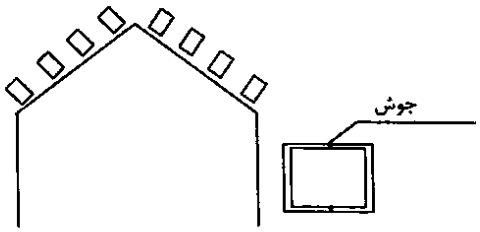
۴) 

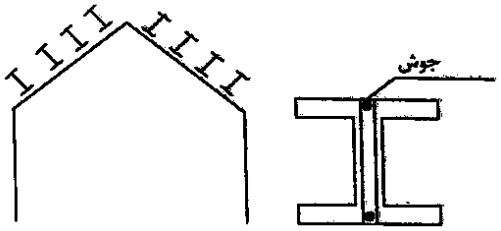
در تمامی گزینه‌ها نیروی P از مرکز برش رد می‌شود به جز گزینه ۳.

بنابراین در گزینه ۳ ، پیچش نیز خواهیم داشت

تالیفی (حسین زاده)

۶۳- برای ساخت لاپه‌های سقف یک سوله از مقطع مرکبی که از جوش دادن دو ناودانی به یکدیگر تشکیل می‌شود استفاده شده است. کدام طریقه جوش دادن ناودانی‌ها مناسب‌تر است؟

(الف) 

(ب) 

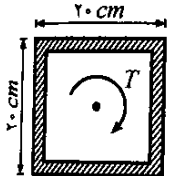
۱) الف

۲) ب

۳) هر دو طرح مناسب هستند.

۴) برای لاپه تنها می‌توان از مقطع Z و یا ناودانی تک استفاده کرد.

اگر تنش مجاز در برش ناشی از پیچش $1250\ kg/cm^2$ باشد و نیمرخ مطابق شکل برای تحمل پیچش $T = 16/2 \times 10^5\ m$ انتخاب شده باشد، ضخامت جدار نیمرخ چند cm است؟ (مراسری ۷۶)



۱) ۱

۲) ۲

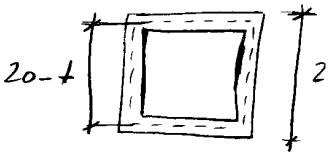
۳) ۳

۴) ۴

مقطع دایره‌ای: $\tau = \frac{T\rho}{J}$ { J همان تقلی است }

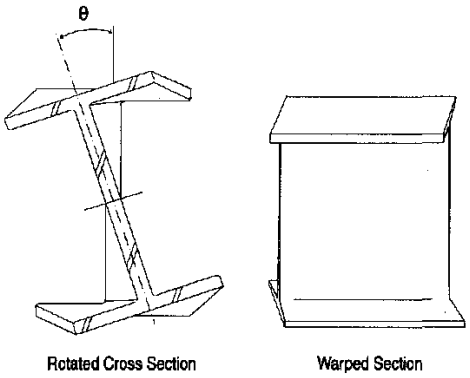
مقطع جدار نازک بسته: $\tau = \frac{T}{2A_m t}$ { + ضخامت جدار، A_m مساحت محصور }

مقطع جدار نازک باز: $\tau = \frac{T}{\frac{1}{3}Lt^2}$ { + ضخامت جدار، L طول مقطع }



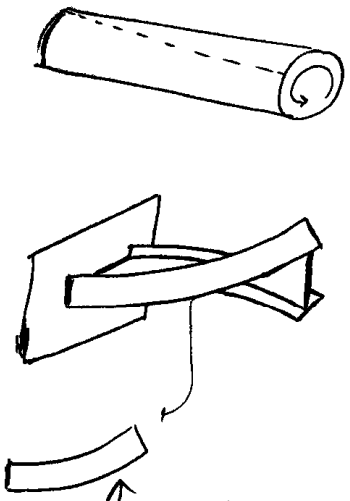
$\Rightarrow \tau = \frac{T}{2A_m t} < 1250 \Rightarrow \frac{16.2\times10^5}{2\times(18\times18)\times t} < 1250 \Rightarrow$ t=2 cm

با فرض اینکه $t=2$ باشد



68

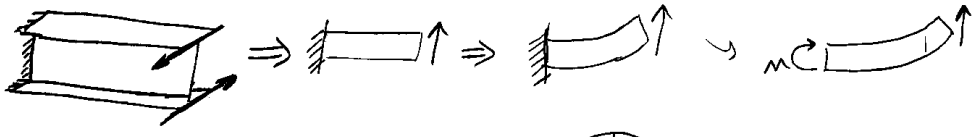
پیچش
- خالص (سن ونان)
- تابیدگی یا اعجاج



✓ در اعضای غیر دایره‌ای اگر تابیدگی آزاد نباشد اجزای مقطع تحت اثر خمش ناشی از پیچش قرار می‌گیرند

$T = T_S + T_\omega$
خالص تابیدگی

✓ در اثر تابیدگی در بالای تیر آ شکل (تنش‌ها ی طولی ایجاد می‌شود / تنش‌ها ی برشی ایجاد می‌شود)



✓ تنش‌ها ی برشی تابیدگی = تنش‌ها ی برشی + تنش‌ها ی طول

۶۸- بطور کلی در کدام‌یک از حالت‌های زیر علاوه‌بر تنش های برشی در اثر پیچش، تنش‌هـای طـولی نیـز به‌وجود می‌آید؟ (آزاد ۸۷)

۱) اگر مقطع عضو در هنگام پیچش تاب برندارد.

۲) اگر مقطع عضو از نوع باز بوده ولی دارای محورهای تقارن نباشد.

۳) اگر مقطع عضو از نوع بستهٔ جدارنازک باشد.

۴) اگر مقطع عضو تاب بردارد و در مقابل تاب برداشتن ممانعت وجود داشته باشد.

گزینه ۴

۵-۱۶- خمش دو محوره

- در تیر دو سر مفصل به طول ۶ متر چنانچه بار گستردهٔ یکنواختی با شدت ۱/۲ تن بر متر مطابق شکل اثر کند و $۱۵۰۰\ kg/cm^۲$ = تنش خمشی مجاز حول محور x، $۱۸۷۵\ kg/cm^۲$ = تنش خمشی مجاز حول محور y، کدام‌یک از روابط زیر درست می‌باشد؟ (حل با ماشین حساب) (سراسری ۷۰)

$S_x = x$ مدول خمشی حول محور

$S_y = y$ مدول خمشی حول محور

۱) $\frac{۳۵۲/۱۳}{S_x} \le ۱\ ,\ \frac{۵۹/۸۸}{S_y} \le ۱$

۲) $\frac{۳۵۲/۱۳}{S_x} + \frac{۵۹/۸۸}{S_y} \le ۱$

۳) $\frac{۳۵۲/۱۳}{S_x} \le ۱$

۴) $\frac{۳۵۲/۱۳}{S_x} \le ۱$ یا $\frac{۵۹/۸۸}{S_y} \le ۱$

۱۰-۲-۷-۲-۲ اعضای با مقطع دارای یک یا دو محور تقارن تحت اثر همزمان لنگر خمشی و نیروی محوری کششی

اثر توأم لنگر خمشی و نیروی محوری کششی حول یک یا هر دو محور x و y در اعضای با مقطع دارای یک یا دو محور تقارن با محدودیت $۰/۱ \leq (I_{yc}/I_y) \leq ۰/۹$ که در آن I_y ممان اینرسی مقطع کل و I_{yc} ممان اینرسی بال فشاری حول محور ضعیف y می باشد، به شرح زیر تعیین می‌گردد.

الف) $\frac{P_u}{P_t} \geq ۰/۲$:

$$\frac{P_u}{P_t} + \frac{۸}{۹}\left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}}\right) \leq ۱/۰ \qquad (۱۰-۲-۷-۳)$$

ب) $\frac{P_u}{P_t} < ۰/۲$:

$$\frac{P_u}{۲P_t} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}}\right) \leq ۱/۰ \qquad (۱۰-۲-۷-۴)$$

که در آن:

P_u = مقاومت کششی مورد نیاز

$\phi_t P_n = P_t$ = مقاومت کششی طراحی

ϕ_t = ضریب کاهش مقاومت در کشش (مطابق الزامات بخش ۱۰-۲-۳)

M_{ux} = مقاومت خمشی مورد نیاز نسبت به محور قوی x

M_{uy} = مقاومت خمشی مورد نیاز نسبت به محور ضعیف y

$\phi_b M_{nx} = M_{cx}$ = مقاومت خمشی طراحی نسبت به محور قوی x

$M_{ny} \phi_b = M_{cy}$ = مقاومت خمشی طراحی نسبت به محور ضعیف y

ϕ_b = ضریب کاهش مقاومت برای خمش مساوی ۰/۹

سراسری ۹۲

تنش تسلیم $Fy=2400 \frac{kg}{cm^2}$ | $Zx = 7.2\ Zy$ | اساس پلاستیک مقطع

۱۰۸- در یک تیرآهن فولادی با مقطع I شکل، منحنی تغییرات لنگر خمشی حول محورهای y،x مطابق شکل زیر است. اگر در مقطع مورد نظر بین مدول مقطع حول محورهای y،x رابطهٔ $W_x = 7/2 W_y$ برقرار باشد و تنش مجاز خمشی حول محورهای y،x $F_{bx} = F_{by} = 1440 \frac{kg}{cm^2}$ فرض شود، مدول مقطع W_x لازم، چند سانتی متر مکعب خواهد بود؟

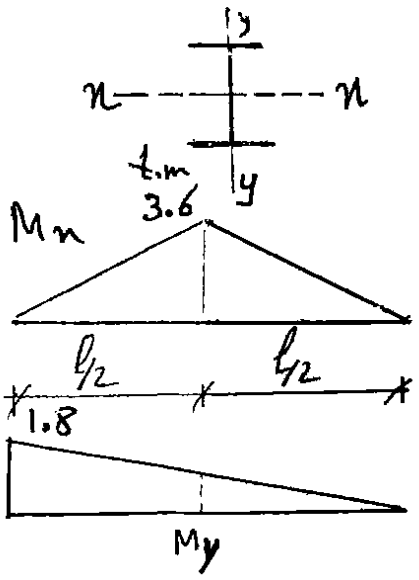
اساس پلاستیک لازم Z_x

۱) ۹۰۰

۲) ۵۷۵

۳) ۱۱۵۰

۴) ۱۴۷۵



گزینه ۱.

در میانه تیر $M_x = 3.6\ t.m$ **و** $M_y = 0.9\ t.m$**:**

$$\frac{\frac{M_x}{W_x}}{1440} + \frac{\frac{M_y}{W_y}}{1440} \le 1 \rightarrow \frac{\frac{360000}{W_x}}{1440} + \frac{\frac{90000}{W_x/7.2}}{1440} \le 1 \rightarrow W_x \ge 700$$

در انتهای تیر $M_x = 0\ t.m$ **و** $M_y = 1.8\ t.m$**:**

$$\frac{\frac{M_x}{W_x}}{1440} + \frac{\frac{M_y}{W_y}}{1440} \le 1 \rightarrow \frac{\frac{0}{W_x}}{1440} + \frac{\frac{180000}{W_x/7.2}}{1440} \le 1 \rightarrow W_x \ge 900$$

با فرض اینکه لنگرها ضریب دار باشند:

در میانه تیر $M_x = 3.6\ t.m$ **و** $M_y = 0.9\ t.m$**:**

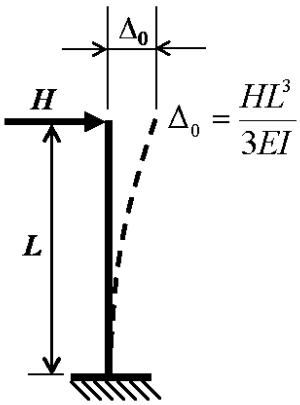
$$\frac{M_{ux}}{0.9 Z_x F_y} + \frac{M_{uy}}{0.9 Z_y F_y} \le 1 \rightarrow \frac{360000}{0.9 Z_x F_y} + \frac{90000}{0.9 \frac{Z_x}{7.2} F_y} \le 1 \rightarrow Z_x \ge 466$$

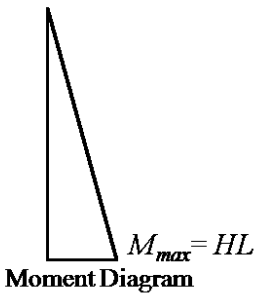
در انتهای تیر $M_x = 0\ t.m$ **و** $M_y = 1.8\ t.m$**:**

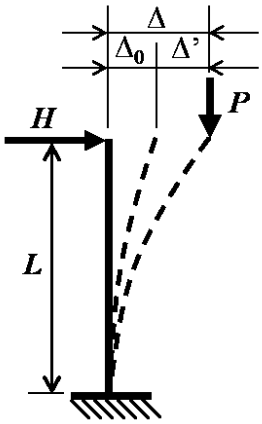
$$\frac{M_{ux}}{0.9 Z_x F_y} + \frac{M_{uy}}{0.9 Z_y F_y} \le 1 \rightarrow \frac{0}{0.9 Z_x F_y} + \frac{180000}{0.9 \frac{Z_x}{7.2} F_y} \le 1 \rightarrow Z_x \ge 600$$

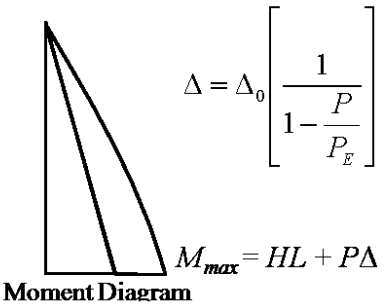
۶- تیرستون

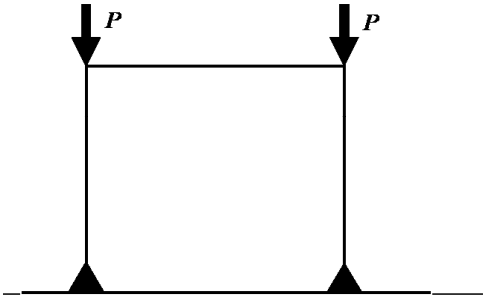
۶-۱- اثر $P-\Delta$ و $P-\delta$

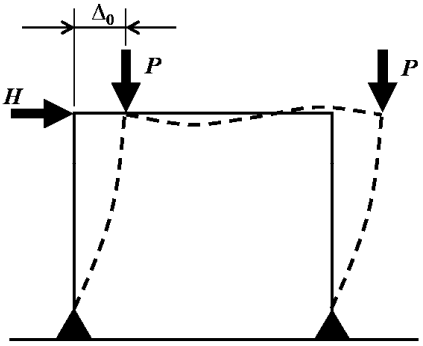


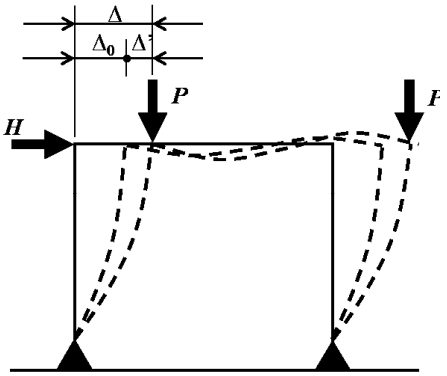












۱۰-۲-۱-۵ الزامات تحلیل و طراحی

به طور کلی برای تأمین پایداری کل سازه و تمامی اجزای آن، به‌کار بردن هر روش تحلیل و طراحی علمی و منطقی که آثار ذکر شده در بند ۱۰-۲-۱-۱ به نحو موثری در آن لحاظ شده باشد، مجاز است. روش‌های تحلیل و طراحی ارائه شده در زیر با محدودیت‌ها و الزامات ذکر شده به عنوان روش‌های قابل قبول تحلیل و طراحی محسوب می‌گردند.

(۱) روش تحلیل مستقیم

(۲) روش طول موثر

(۳) روش تحلیل مرتبه اول

۱۰-۲-۱-۴ روش‌های تحلیل مرتبه دوم

بجز در مواردی‌که در بخش ۱۰-۲-۱-۵-۳ مجاز دانسته شده است، مقاومت‌های مورد نیاز باید از طریق تحلیل‌های مرتبه دوم و با رعایت الزامات بخش ۱۰-۲-۱-۵ محاسبه شوند. در این مبحث استفاده از روش‌های تحلیلی زیر به عنوان روش‌های تحلیل مرتبه دوم مجاز دانسته شده است.

الف- تحلیل الاستیک مرتبهٔ دوم: تحلیل الاستیک مرتبهٔ دوم به تحلیل‌هایی گفته می‌شود که در آنها روش تحلیل سیستم سازه‌ای الاستیک بوده لیکن در حین تحلیل آثار مرتبهٔ دوم (شامل آثار P-δ و P-Δ) در آن لحاظ می‌گردد.

ب- تحلیل مرتبه دوم از طریق تحلیل الاستیک مرتبهٔ اول تشدید یافته: در این مبحث استفاده از روش تحلیل الاستیک مرتبهٔ اول تشدید یافته به عنوان یک روش تحلیل مرتبه دوم مجاز دانسته شده است. الزامات این نوع روش تحلیل مرتبه دوم در پیوست ۲ این مبحث ارائه شده است.

پیوست ۲

تحلیل مرتبه دوم از طریق تحلیل الاستیک مرتبه اول تشدیدیافته

$$M_u = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \quad \text{(پ-۲-۱)}$$

$$P_u = P_{nt} + B_2 P_{lt} \quad \text{(پ-۲-۲)}$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1-(P_u/P_{e1})} \quad \text{(پ-۲-۳)}$$

C_m= ضریبی است که به شرح زیر در حالتی‌که از انتقال جانبی قاب جلوگیری شده است، تعیین میگردد.

(۱) برای تیر ستون‌های فاقد هر نوع بار جانبی در بین دو انتهای آنها در صفحهٔ خمش:

$$C_m = 0.6 - 0.4\frac{M_1}{M_2} \quad \text{(پ-۲-۴)}$$

که در آن M_1 و M_2 لنگرهای خمشی مرتبه اول دو انتهای ناحیه مهار نشده عضو مورد نظر در صفحهٔ خمش بوده و $|M_1| \leq |M_2|$ می‌باشد. در رابطه پ-۲-۴ در صورتی که انحنای عضو به علت لنگرهای M_1 و M_2 ساده باشد نسبت $\frac{M_1}{M_2}$ منفی و در صورتی‌که انحنای عضو به علت لنگرهای M_1 و M_2 مضاعف باشد، نسبت $\frac{M_1}{M_2}$ مثبت است.

(۲) برای تیر ستون هایی که در معرض بار جانبی در بین دو انتهای آنها در صفحهٔ خمش قرار دارند مقدار C_m را می‌توان به طور محافظه کارانه برابر یک فرض نمود مگر آن که تحلیل دقیق مقدار کمتری را تعیین نماید.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 (EI)^*}{(K_1 L)^2} \quad \text{(پ-۲-۵)}$$

که در آن:

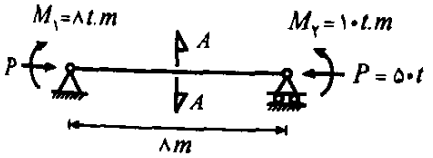
$(EI)^*$ =
- صلبیت خمشی کاهش یافته عضو برای حالتی‌که برای تأمین الزامات طراحی از روش تحلیل مستقیم استفاده شده باشد ($EI^* = 0.8\tau_b EI$ که در آن τ_b در بخش ۱۰-۲-۱-۵ تعریف شده است)
- صلبیت خمشی کاهش نیافته (EI) برای حالتی‌که برای تأمین الزامات طراحی از روش طول موثر و یا روش تحلیل مرتبه اول استفاده شده باشد.

$$B_2 = \frac{1}{\left[1-\frac{P_{story}}{P_{e\,story}}\right]} \geq 1.0 \quad \text{(پ-۲-۶)}$$

۴- در شکل زیر، تیر IPB۲۰۰ تحت نیروی محوری P و لنگرهای انتهایی M_1 و M_2 قرار دارد. لنگر تشدید یافته برای کنترل این تیر، چند تن متر است؟ (حل با ماشین حساب) (سراسری ۸۰)

$$IPB۲۰۰ \begin{cases} A = ۷۸/۱\ cm^۲ \ , \ I_x = ۵۷۰۰\ cm^۴ \ , \ I_y = ۲۰۰۰\ cm^۴ \ , \ S_x = ۵۷۰\ cm^۳ \\ S_y = ۲۰۰\ cm^۳ \ , \ r_x = ۸/۵۴\ cm \ , \ r_y = ۵/۰۷\ cm \end{cases}$$

۱) ۹/۴۰
۲) ۱۰/۰۸
۳) ۱۲/۶۰
۴) ۱۴/۴۴



$$M' = \frac{C_m}{1-\frac{f}{F_e}} M = \frac{0.92}{1-\frac{640}{1252}} \times 10 = 19.1\ ton$$

جواب گزینه ۲ می‌شود!

$$C_m = 0.6 + 0.4 \times \frac{8}{10} = 0.92$$

$$f = 50000/78.1 = 640$$

$$F_e = \frac{12}{23}\frac{\pi^2 E}{\lambda^2} = \frac{12}{23} \times \frac{\pi^2 \times 2.1 \times 10^6}{\left(\frac{800}{8.54}\right)^2} = 1252$$

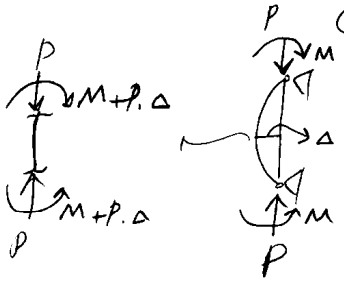
در صورتی که فرض شود بارهای وارد شده ضریب دار باشند:

$$B_1 = \frac{C_m}{1-\frac{P_u}{P_{e1}}} = \frac{0.92}{1-\frac{50000}{\left(\frac{\pi^2 \times 2.1 \times 10^6 \times 5700}{800^2}\right)}} = 1.26 \quad \rightarrow \quad M_u = B_1 M_{nt} = 1.26 \times 10 = 12.6\ t.m$$

۱- در طراحی تیرستون‌های دارای تکیه‌گاه جانبی در دو انتها، در چه مواردی می‌توان از تشدید لنگر خمشی در اثر نیروی فشاری صرفنظر کرد؟ (سراسری ۸۲)

۱) در هیچ موردی نمی‌توان از اثر تشدید لنگر صرفنظر کرد.
۲) در مواردی که تیرستون دارای لنگر خمشی در تکیه‌گاه‌ها بوده و فاقد بار جانبی در طول ستون باشد.
۳) در مواردی که تیرستون فاقد لنگر خمشی در دو انتها بوده و در طول ستون بارهای جانبی بر آن اثر نمایند.
۴) در مواردی که تیرستون دارای مهار جانبی کافی بوده یا بار محوری آن نسبت به بار بحرانی کمانش، کوچک (در حدود $\frac{۱}{۱۲}$) باشد.

تیرستون



۱- تشدید لنگر برحلت پدیده P-Δ می باشد

این تشدید زمانی است که هم Δ و هم P زیاد باشد

گزینه ۴ ← P کم است و نیاز به تشدید نیست

۶-۲- ترکیب خمش و نیروی محوری

۱۰-۲-۷ الزامات طراحی اعضا برای ترکیب نیروی محوری و لنگر خمشی و ترکیب لنگر پیچشی با سایر نیروها

۱۰-۲-۷-۲ اعضای با مقطع دارای یک یا دو محور تقارن تحت اثر همزمان نیروی محوری و لنگر خمشی

۱۰-۲-۷-۲-۱ اعضای با مقطع دارای یک یا دو محور تقارن تحت اثر همزمان لنگر خمشی و نیروی محوری فشاری

الف) برای $\frac{P_u}{P_c} \geq ۰/۲$:

$$\frac{P_u}{P_c} + \frac{۸}{۹}\left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}}\right) \leq ۱/۰ \qquad (۱۰-۲-۷-۱)$$

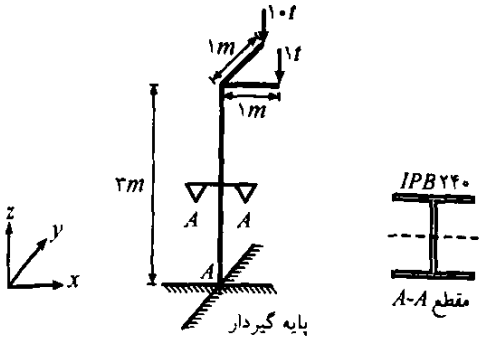
ب) برای $\frac{P_u}{P_c} < ۰/۲$:

$$\frac{P_u}{۲P_c} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}}\right) \leq ۱/۰ \qquad (۱۰-۲-۷-۲)$$

۳- بارهای وارد بر تیرستون شکل زیر، تقریباً چند درصد ظرفیت مجاز تیرستون می‌باشد؟ (تنش خمشی مجاز حول محور قوی برابر با $۰/۶F_y = ۱۴۴۰\ kg/cm^۲$ و تنش فشاری مجاز برابر $۸۹۰\ kg/cm^۲$ می‌باشد.) (حل با ماشین حساب) (دراسری ۸۱)

$A = ۱۰۶\ cm^۲$, $r_x = ۱۰/۳\ cm$, $r_y = ۶/۰۶\ cm$, $S_x = ۹۳۸\ cm^۳$, $S_y = ۳۲۷\ cm^۳$

$F_y = ۲۴۰۰\ kg/cm^۲$, $F_u = ۳۷۰۰\ kg/cm^۲$, $b_f = ۲۴\ cm$, $t_f = ۱/۷\ cm$, $E = ۲/۱\times۱۰^۶\ kg/cm^۲$



۱) ٪۱۰۰
۲) ٪۵۰
۳) ٪۷۰
۴) ٪۱۲۰

(3

$f_a = \frac{۱۱۰۰۰}{۱۰۶} = ۱۰۶$ تنش محوری

$F_a = ۸۹۰$ تنش مجاز محوری

$\longrightarrow \frac{f_a}{F_a} < ۰.۱۵ \longrightarrow$ ضریب تشدید نظیر $P-\Delta$ مهم نیست

$\longrightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{\left(\frac{۱۰\times۱۰^۵}{۹۳۸}\right)}{۱۴۹۰} + \frac{\left(\frac{۱\times۱۰^۵}{۳۲۷}\right)}{۰.۷۵\times۲۴۰۰} = ۱.۰۳ \longrightarrow$ تقریباً ٪۱۰۰

گزینه ① صحیح است

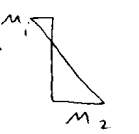
۷- ستونی تحت اثر توأم نیروی P و لنگرهای خمشی $M_۱$ و $M_۲$ قرار گرفته است ($M_۲ > M_۱$). اگر جهت لنگر $M_۱$ عوض شود، کدام گزینه زیر صحیح‌تر است؟

۱) ستون نیاز به پروفیل قوی‌تر پیدا می‌کند.
۲) ضریب طول مؤثر (K) افزایش می‌یابد.
۳) ستون دارای نیمرخ سبکتری می‌شود.
۴) در ستون پدیدهٔ پیچش به‌وجود می‌آید.

۷ حالت اول

$C_m = ۰.۶ - ۰.۴\left(\frac{-M_۱}{M_۲}\right)$

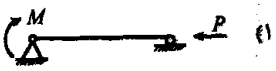
حالت دوم



تنش f_a کاهش می‌یابد و ستون به مقطع سبک‌تر (ضعیف‌تر) نیاز دارد

$C_m = ۰.۶ - ۰.۴\left(\frac{M_۱}{M_۲}\right)$

۵- تنش ماکزیمم در کدام تیرستون بیشتر است؟ در هر چهار حالت از یک نوع نیمرخ به طول L استفاده شده و تکیه‌گاه ممتد جانبی برای همهٔ حالات تأمین شده است. (سراسری ۷۸)

۱) 

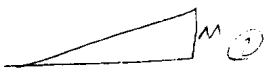
۲)

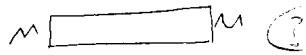
۳)

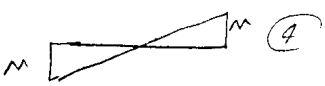
۴)

۵) با توجه به دیاگرام لنگر در ستون ها در گزینه (۳) تنش از همه بیشتر است

۱)

۲) 

۳) 

۴) 

راجل روش ۲: تنش خمشی برابر است با $\frac{C_m}{1-\frac{f_a}{F_a}} M$

تنها مقدار متغیر در رابطه فوق C_m است و بیشترین مقدار C_m مربوط به گزینه ۲ است

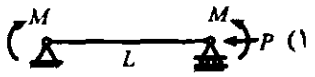
گزینه ۱: $C_m = 0.6 - 0 = 0.6$

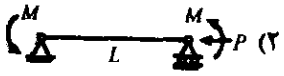
گزینه ۲: $C_m = 0.6 - 0 = 0.6$

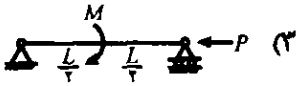
گزینه ۳: $C_m = 0.6 - 0.4(-1) = 1$

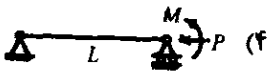
گزینه ۴: $C_m = 0.6 - 0.4(1) = 0.2 \rightarrow 0.4$

ضریب تشدید لنگر در تیرستون‌ها با عبارت $\frac{C_m}{1-\frac{f_a}{F_e'}}$ تعریف شده است. این ضریب برای کدام‌یک از گزینه‌های زیر بیشتر است؟ (جنس و نوع نیمرخ در چهارگزینه یکسان می‌باشد.) (آزاد ۸۷ و نقشه مهندسی)

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

-8

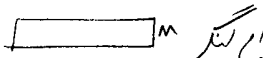
۱) $C_m = 0.6 - 0.4(-1) = 1$ ←

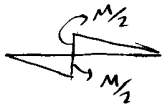
۲) $C_m = 0.6 - 0.4(1) \rightarrow C_m = 0.4$ ←

۳) $C_m = 1$

۴) $C_m = 0.6 - 0.4(0) = 0.6$

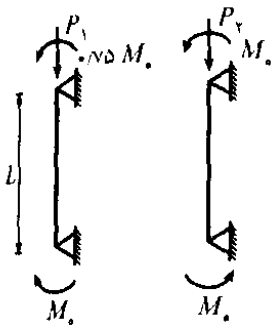
گزینه‌های ۱ و ۳ هردو (طبق آیین‌نامه) پاسخ می‌باشد

دلیل: برای گزینه ۱ ← دیاگرام لنگر  ← C_m برابر یک است

برای گزینه ۳ ← " " " ← C_m به طور محافظه‌کارانه  یک است ولی مقدار واقعی آن کمتر از یک است

بنابراین گزینه ۱ صحیح است

برای دو حالت بارگذاری مطابق شکل در رابطه با بارهای حداکثر مجاز P_1 و P_2 می‌توان گفت: (آزاد ۸۱)

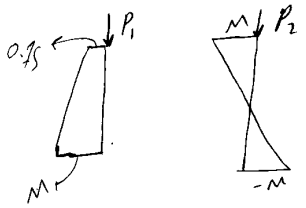


۱) $P_2 < P_1$

۲) $P_2 = P_1$

۳) $P_2 = 0.75P_1$

۴) $P_2 > P_1$

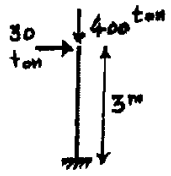


$C_1 > C_2 \rightarrow P_1 < P_2$

1/2

سراسری ۹۳

۱۰۹- در تیر ـ ستون زیر، با بهره‌گیری از یک تحلیل ساده شده $P-\Delta$، لنگر طراحی صفحه ستون به کدام یک از گزینه‌های زیر برحسب تن در متر (ton.m) نزدیک‌تر است؟ سختی جانبی تیر ـ ستون را $20\frac{ton}{cm}$ در نظر بگیرید.



۱) ۸۴

۲) ۲۰

۳) ۹۶

۴) ۱۰۶

آزاد ۸۹

- در خصوص نسبت نیاز به ظرفیت خمشی در تیر ستون‌ها طبق رابطه زیر کدام عبارت صحیح است؟

$$\frac{f_{bx}Cm}{F_{bx}\left(1-f_a/F'_{ex}\right)}$$

۱) Cm ضریب نشدید لنگر به علت عدم یکنواختی لنگر دو انتهای عضو است.

۲) Cm ضریب تخفیفی برای میزان هم‌مکانی لنگرحداکثر با لنگر ناشی از اثرات $P-\Delta$ می‌باشد.

۳) Cm وابسته به شرایط تکیه‌گاهی تیر ستون تعیین شده و اثر افزایش دارد.

۴) Cm وابسته به نسبت بار محوری به لنگر خمشی تیر ستون تعیین می‌شود.

گزینه ۲

تالیفی (حسین زاده-آزمون ماهان ۸۸)

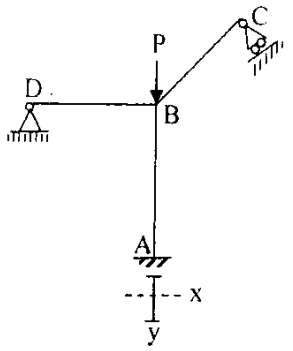
۱۱۷- ستون AB تحت بار P قرار دارد. قاب سه بعدی است. ستون AB و تیر BD در صفحه xz قرار دارند و تیر BC در صفحه yz قرار دارد. اگر از مقاومت پیچشی تیرها صرفنظر شود و با فرض اینکه برای ستون $I_x = ۱۶I_y$ باشد، ستون حول کدام محور کمانش می‌کند؟

۱) حول محور ضعیف خود (y)

۲) حول محور قوی خود (x)

۳) اطلاعات داده شده برای پاسخ دادن کافی نیست.

۴) همزمان حول هر دو محور رخ می‌دهد.

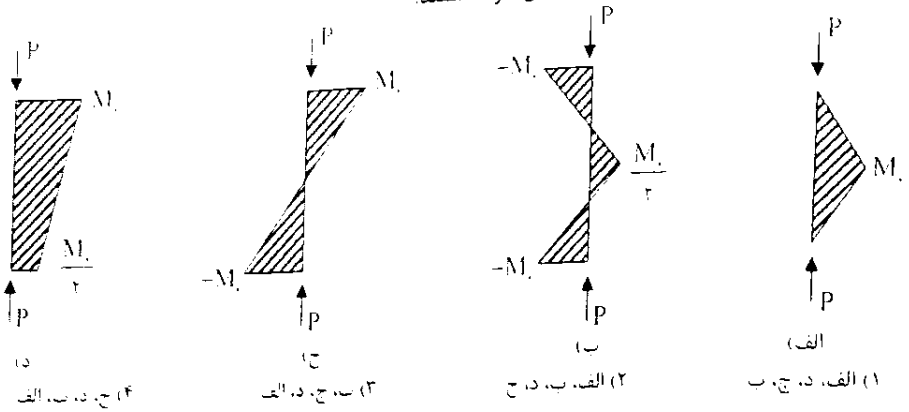


گزینه ۱

$$\left.\begin{array}{l} ۱ < k_x < ۲ \\ r_x = ۴r_y \end{array}\right\} \rightarrow \left.\begin{array}{l} \text{Max}\left(\dfrac{Kl}{r}\right)_x = \dfrac{۲L}{۴r_y} = \dfrac{L}{۲r_y} \\ \text{Min}\left(\dfrac{Kl}{r}\right)_x = \dfrac{L}{۴r_y} \\ \text{Max}\left(\dfrac{Kl}{r}\right)_y = \dfrac{۰/۷L}{r_y} \\ ۰/۵ < k_y < ۰/۷ \rightarrow \text{Min}\left(\dfrac{Kl}{r}\right)_y = \dfrac{۰/۵\,L}{r_y} \end{array}\right\} \rightarrow \left(\frac{Kl}{r}\right)_y > \left(\frac{Kl}{r}\right)_x$$

تالیفی (حسین زاده-آزمون ماهان ۸۸)

۱۱۷- کدام یک از تیر ستونهای زیر به ترتیب نیاز به مقطع قوی‌تری دارند؟
تمامی ستونها دارای مهار جانبی در دو انتهای خود هستند.



۱) الف، د، ج، ب

۲) الف، ب، د، ج

۳) ب، ج، د، الف

۴) ج، د، ب، الف

گزینه ۲

سراسری ۹۰

۱۰۷- مقطع مستطیل توخالی با ابعاد خارجی $۳۰^{cm} \times ۴۰^{cm}$ با لنگر اینرسی $۸۰,۰۰۰ cm^۴$ حول محور قوی و با سطح مقطع $۵۰۰ cm^۲$ تحت اثر لنگر خمشی $M_x = ۴۰ t.m$ ونیروی کششی محوری $۱۵۰ ton$ قرار می‌گیرد. چنانچه فولاد مصرفی دارای مقاومت جاری شدن $F_y = ۲۴۰۰ \frac{kg}{cm^۲}$ و مقاومت نهایی $F_u = ۳۷۰۰ \frac{kg}{cm^۲}$ فرض گردد نسبت نیروهای وارده به ظرفیت مقطع در چه حدود می‌باشد؟

۱) ۰/۶ تا ۰/۸ ۲) ۰/۴ تا ۰/۶ ۳) ۰/۸ تا ۱/۰ ۴) ۱/۰ تا ۱/۲

۱۰۷ ← مقطع تحت اثر ترکیب M و P قرار دارد ولی چون P کششی است تنش برشی نداریم ←

$$\frac{\left(\frac{MC}{I}\right)}{F_b} + \frac{\left(\frac{P}{A}\right)}{0.6F_y} < 1$$

چون گزینه خواسته، با فرض $F_b = 0.6F_y$

$$\frac{\frac{40\times10^5 \times 20}{80000}}{0.6\times2400} + \frac{\frac{150000}{500}}{0.6\times2400} = 0.9$$

تنها گزینه ③ قابل این عدد می‌شود

سراسری ۹۲

۱۱۱- برای طراحی یک تیرستون، در کدام گزینه، احتمالاً با بیش‌ترین آثار مرتبه‌ی دوم مواجه خواهیم بود؟ (Cm حداکثر خواهد بود.)

۱)

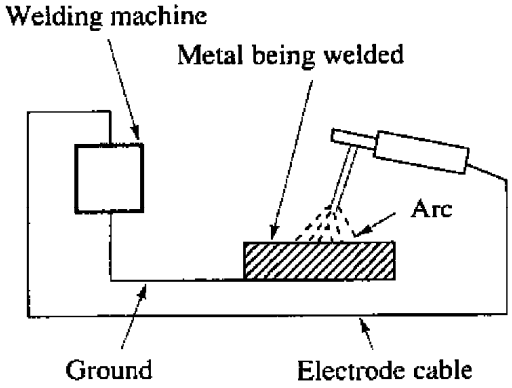
۲)

۳)

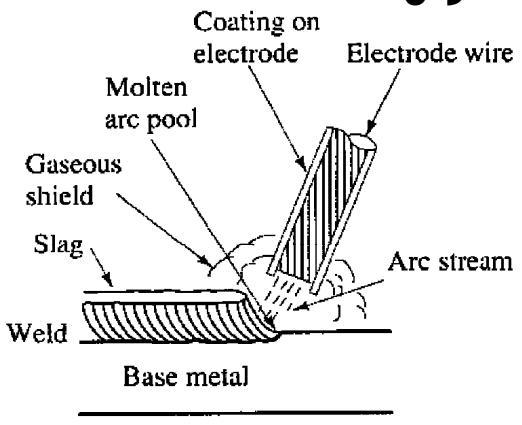
۴)

گزینه ۴

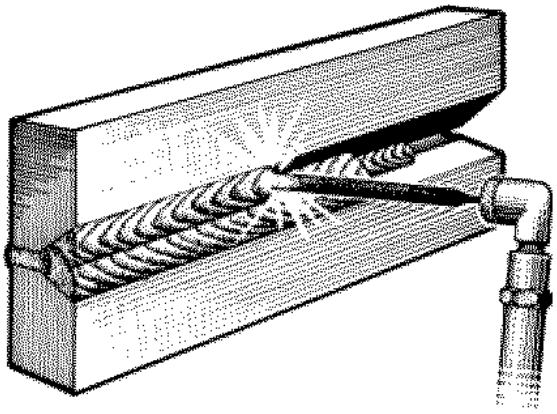
۷- جوش



(a) Arc welding circuit



(b) Shielded arc welding



الکترود E60XX

مقاومت کششی برحسب ksi ← ($F_u = 60\,ksi = (60\times 70)\,kg/cm^2$)

وضعیت جوش کاری، نوع منبع الکترسیته، جنس روکش الکترود

انواع جوش

شیاری ← با نفوذ کامل / با نفوذ ناقص

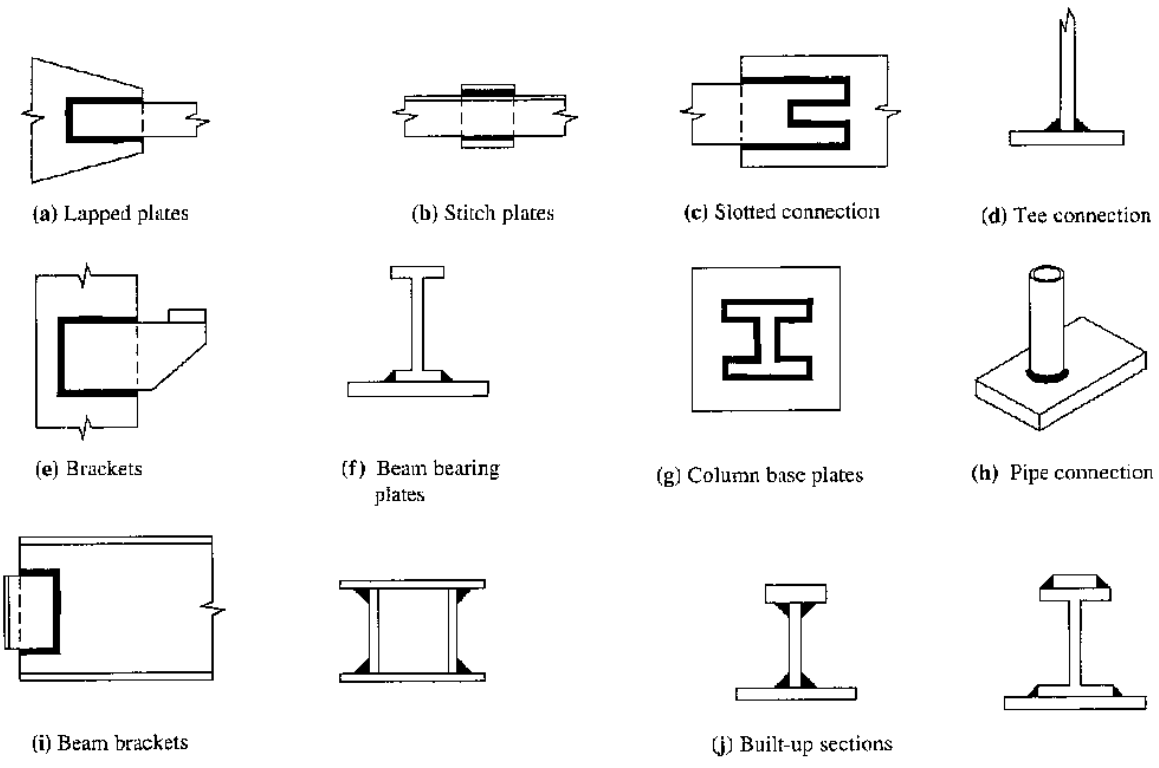
گوشه

انگشتانه

کام‌ه

(* نیاز به آماده سازی لبه ورق دارد (گرانتر است))

انواع جوش گوشه



(a) Lapped plates
(b) Stitch plates
(c) Slotted connection
(d) Tee connection
(e) Brackets
(f) Beam bearing plates
(g) Column base plates
(h) Pipe connection
(i) Beam brackets
(j) Built-up sections

جوش شیاری

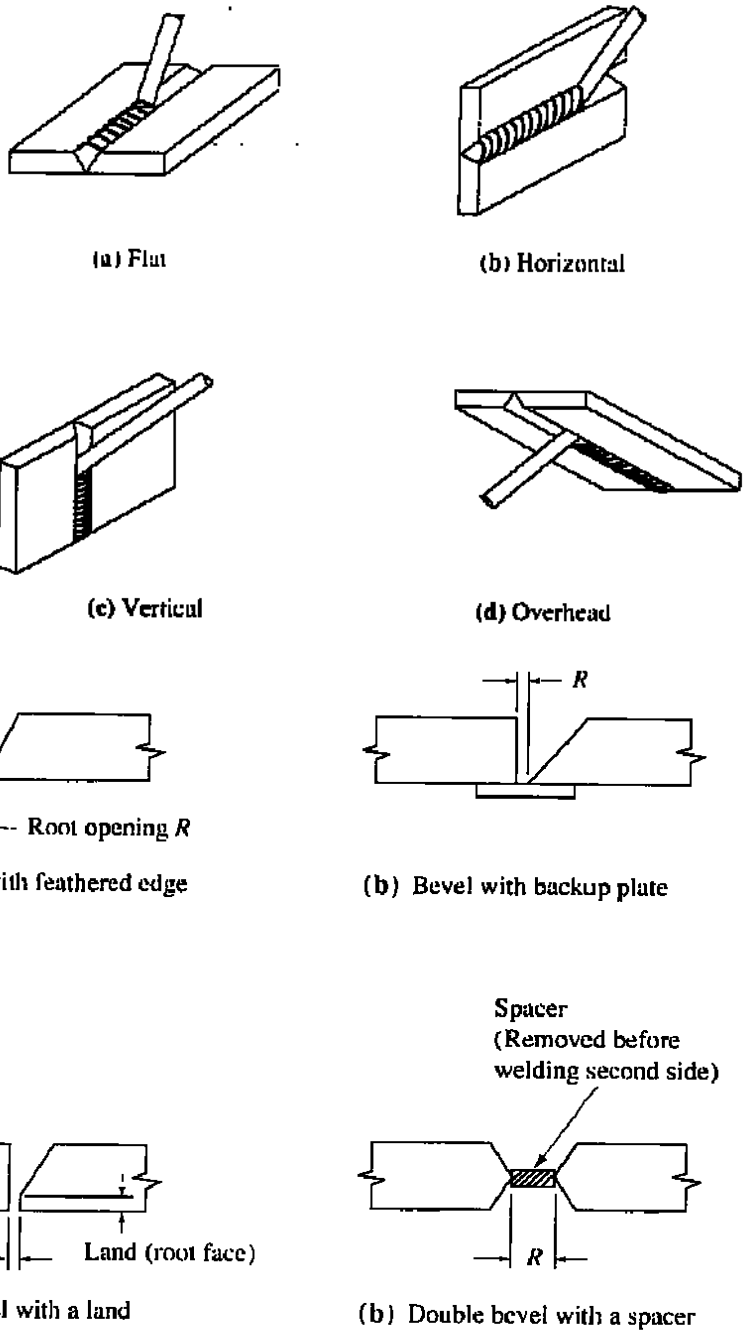
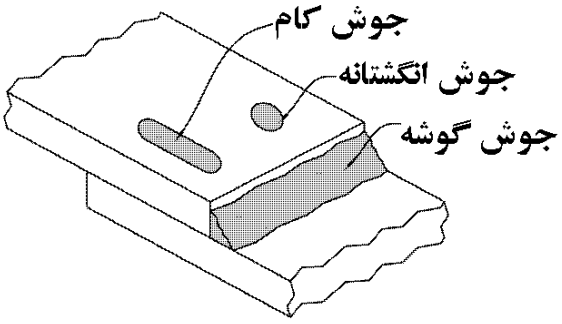


Figure 5.7.2 Typical edge preparations for groove welds.

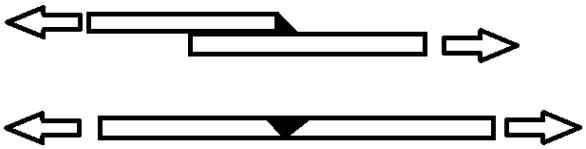
ترکیب جوش گوشه با جوش انگشتانه و کام



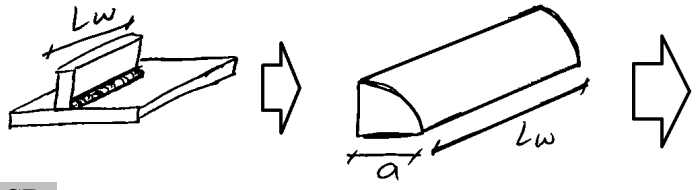
✓ جوش گوشه اقتصادی ترین است و بیشترین کاربرد را دارد
برخلاف شیاری نیاز به جفت دقیق کردن ندارد
✓ انگشتانه وقتی به کار می رود که { اندازه اتصال کم باشد / امکان کاشش اتصال باشد }

در اعضایی که تحت بارگذاری متناوب قرار می گیرند موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- **از ایجاد گوشه های تیز و زدگی جلوگیری شود (به علت تمرکز تنش)**
- **از حداقل جوش استفاده شود (خال جوش زده نشود)**
- **از خروج از مرکزیت تا حدامکان جلوگیری شود:**



۷-۱- مقاومت جوش گوشه



گلوی موثر (te)
بعد جوش یا ساق جوش (a)

ASD:

$$F_{\text{مجاز}} = \emptyset \times 0.5(0.6\,F_u)(0.707a)(L_w)$$

$$F_{\text{مجاز}} = 0.75 \times 0.5(0.6 \times 4200)(0.707a)(L_w) = 668\,aL_w\,kg$$

۱. در صورت انجام آزمایش‌های غیرمخرب نظیر رادیوگرافی و اولتراسونیک (فراصوتی):

$\phi = ۱$

۲. در صورت انجام جوش در کارخانه (و یا شرایط مشابه) و بازرسی چشمی جوش توسط افراد مجرب:

$\phi = ۰/۸۵$

۳. در صورت انجام جوش در محل و بازرسی چشمی جوش توسط افراد مجرب:

$\phi = ۰/۷۵$

LRFD:

$$\varphi R_n = \varphi\beta F_n = \varphi\beta(0.6\,F_u)(0.707a)(L_w)$$

$$\varphi R_n = 0.75 \times 0.75(0.6 \times 4200)(0.707a)(L_w) = 1000\,aL_w\,kg$$

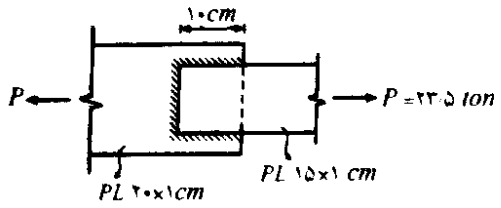
β= ضریب بازرسی جوش به‌شرح زیر:

۱. در صورت انجام آزمایش‌های غیرمخرب نظیر رادیوگرافی و التراسونیک (فراصوتی) : $\beta = ۱$

۲. در صورت انجام جوش در کارخانه (و یا شرایط مشابه) و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس جوش: $\beta = ۰/۸۵$

۳. در صورت انجام جوش در محل و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس جوش: $\beta = ۰/۷۵$

در شکل زیر جوش‌ها با الکترود E۶۰۱۰ انجام شده‌اند و بازرسی چشمی می‌شوند. بعد جوش مورد نیاز در اتصال زیر برحسب mm چقدر است؟ (آزاد ۸۳)



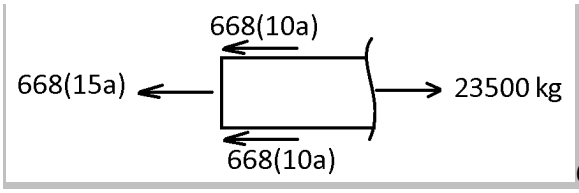
۱) ۴

۲) ۱۰

۳) ۶

۴) ۸

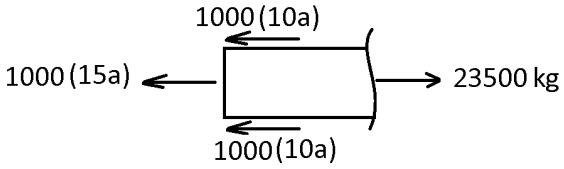
روش ASD:



$$668(15a + 10a + 10a) \geq 23500 \rightarrow a \geq 1\ cm$$

روش LRFD:

با فرض اینکه بار وارد شده بار مرده باشد، باید با ضریب 1.4 افزایش یابد:



$$1000(15a + 10a + 10a) \geq 1.4 \times 23500 \rightarrow a \geq 0.93\ cm$$

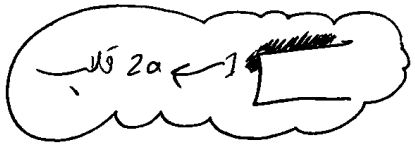
ارزش جوش:

حداقل بعد جوش برای اتصال دو قطعه بر چه اساسی تعیین می شود؟

جدول ۱۰ ـ ۲ ـ ۱۰ ـ ۲ حداقل بعد جوش گوشه

ضخامت قطعه نازکتر	حداقل بعد جوش گوشه (با یک بار عبور)
تا ۷ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
بیش از ۷ تا ۱۲ میلی‌متر	۵ میلی‌متر
بیش از ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر	۶ میلی‌متر
بیش از ۲۰ میلی‌متر	۸ میلی‌متر

✓ کلاب جوش: کلیه جوش‌هایی که در لبه کناری دو ضلع انتهایی عضو انجام می‌شود، باید در انتهای ضلع برای ضلع دیگر برگشت داده شود



تمرین:

۱- مفهوم نام $E60$ برای الکترود جوشکاری چیست؟ (هیدلبرگ ۷۴ و نظام مهندسی)

۱) ولتاژ جوشکاری باید ۶۰ ولت باشد.
۲) شدت جریان لازم ۶۰ آمپر است.
۳) مقاومت نهایی فلز جوش $60ksi$ می‌باشد.
۴) هیچ‌کدام

گزینه ۳

تمرین:

۷- در ساخت قطعاتی که تحت بارهای خستگی قرار دارند، کدام‌یک از موارد زیر درست نیست؟ (آزاد ۸۰)

۱) از عدم ایجاد هرگونه گوشه تیز بپرهیزید.
۲) از هرگونه اضافه‌جوش بپرهیزید.
۳) از عدم نفوذ کامل جوش بپرهیزید.
۴) از هرگونه ناصافی سطح جوش بپرهیزید.

گزینه ۱ : از عدم ایجاد هرگونه گوشه تیز بپرهیزید.

در ساخت اعضایی که تحت اثر بارهای خستگی قرار دارند، کدام‌یک از توصیه‌های زیر صحیح است؟ (آزاد ۷۹)

۱) باید سعی شود به جای اتصالات لب‌به‌لب از جوش گوشه‌ای با نفوذ کامل استفاده گردد.
۲) از اتصال جوش گوشه باید پرهیز کرد.
۳) باید سعی شود جوش در محل‌های نرم اعضا قرار گیرد.
۴) از مصالح خیلی نازک برای ساخت استفاده گردد.

گزینه ۲:

تمرین:

حداقل بعد جوش به چه منظوری در نظر گرفته می‌شود؟ (آزاد ۷۹)

۱) تحمل حداکثر نیروی وارده بر اتصال
۲) برای کنترل خستگی در جوش
۳) ذوب و اتصال کامل دو قطعه
۴) تحمل حداقل نیروی وارده بر اتصال براساس آیین‌نامه

گزینه ۳: اگر بعد جوش از حداقل آن کمتر باشد، نمی تواند قطعات را ذوب کرده و بهم متصل نماید.

تمرین:

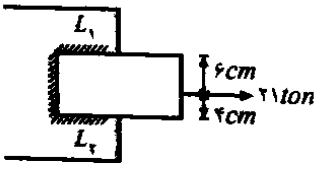
حداکثر بعد جوش به چه منظوری در نظر گرفته می‌شود؟ (آزاد ۷۸)

۱) تحمل حداکثر نیروی وارده بر اتصال
۲) تحمل حداقل نیروی وارده به اتصال
۳) تحمل نقطهٔ ذوب توسط دستگاه جوش
۴) جلوگیری از ذوب فلز در محل جوش

گزینه ۴

نحوه محاسبه طول جوش زمانی که خروج از مرکزیت داریم:

در اتصال شکل زیر چنانچه تنش برشی مجاز جوش برابر $1 ton/cm^2$ و بعد مؤثر جوش ۶ میلی‌متر باشد، مطلوب است تعیین مقادیر حداقل L_1 و L_2 به‌طوری‌که تنش یکنواخت در سطح جوش‌ها ایجاد گردد. (هراتی و آزاد ۷۹)



۱) $L_2 = 16\ cm \ , \ L_1 = 8\ cm$
۲) $L_2 = 16\ cm \ , \ L_1 = 9\ cm$
۳) $L_2 = 20\ cm \ , \ L_1 = 10\ cm$
۴) $L_2 = 9\ cm \ , \ L_1 = 16\ cm$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow 1000 \times (L_1 + 10 + L_2) \times 0.6 = 21000$$

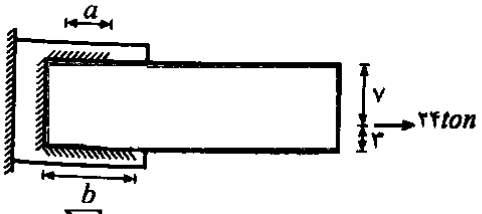
$$\sum M = 0 \rightarrow (1000 \times L_1 \times 0.6) \times 10 + (1000 \times 10 \times 0.6) \times 5 + (1000 \times L_2 \times 0.6) \times 0 - 21000 \times 4 = 0$$

دو معادله بالا را ساده کنیم:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow L_1 + L_2 = 25cm$$
$$\sum M = 0 \rightarrow L_1 = 9cm$$
$$\rightarrow L_2 = 16cm$$

تمرین:

در اتصال شکل زیر چنانچه تنش برشی مجاز جوش برابر $1000\ kg/cm^2$ و بعد مؤثر جوش $0/8\ cm$ باشد مطلوب است تعیین مقادیر حداقل a و b به‌طوری که تنش یکنواخت در جوش‌ها ایجاد گردد. (سراسری ۷۰)



۱) $a = 5/5\ cm\ ,\ b = 16/5\ cm$

۲) $a = 10\ cm\ ,\ b = 10\ cm$

۳) $a = 13\ cm\ ,\ b = 11\ cm$

۴) $a = 4\ cm\ ,\ b = 16\ cm$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow 1000 \times (a + 10 + b) \times 0.8 = 24000$$

$$\sum M = 0 \rightarrow (1000 \times a \times 0.8) \times 10 + (1000 \times 10 \times 0.8) \times 5 + (1000 \times b \times 0.8) \times 0 - 24000 \times 3 = 0$$

دو معادله بالا را ساده کنیم:

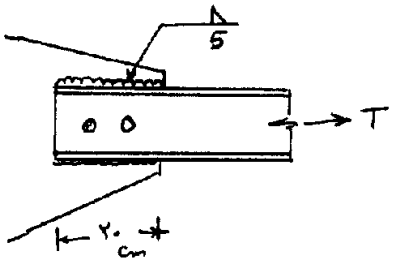
$$\sum F_x = 0 \rightarrow a + b = 20cm$$

$$\sum M = 0 \rightarrow a = 4cm$$

$$\rightarrow b = 16cm$$

سراسری ۹۳

۱۱۲- **در اتصال کششی یک ناودانی که دارای اتصال ترکیبی جوش با پیچ‌های اتکائی با صفحه اتصال می‌باشد و در صورتیکه ناودانی از مقاومت کافی نیز برخوردار باشد، ظرفیت کششی T چند ton است؟ D ۶۵۰ - ارزش جوش و برای مشخصات پیچ‌ها: $M20\ (8/8\ ,\ F_v = 1600 \frac{kg}{cm^2})$**



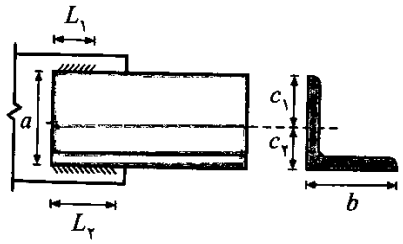
۱) ۱۰

۲) ۱۱/۵

۳) ۲۳

۴) ۱۳

یک بال نبشی مطابق شکل به صفحهٔ لچکی جوش شده است. برای اینکه به جوش‌ها کمتر نیروی برشی اعمال شود باید طول جوشکاری‌های L_1 و L_2 را به طریق زیر به‌دست آورد. (سراسری ۷۳)



۱) $L_1 = L_2$

۲) $L_2 = \frac{a}{b}c_2\ ,\ L_1 = \frac{a}{b}c_1$

۳) $L_2 = \frac{a}{b}c_1\ ,\ L_1 = \frac{a}{b}c_2$

۴) $L_2 = \frac{c_1}{a}(L_1 + L_2)\ ,\ L_1 = \frac{c_2}{a}(L_1 + L_2)$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow 650 \times a_w \times (L_1 + L_2) = T$$

$$\sum M = 0 \rightarrow (650 \times a_w \times L_1) \times a + (650 \times a_w \times L_2) \times 0 - T \times c_2 = 0$$

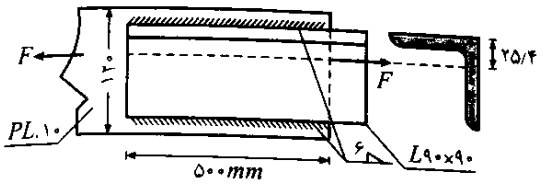
مقدار نیروی کششی (T) نامشخص است و در گزینه ها هم T نداریم. پس باید T را از دو معادله فوق حذف کنیم:

$$\sum M = 0 \rightarrow (650 \times a_w \times L_1) \times a - [650 \times a_w \times (L_1 + L_2)] \times c_2 = 0$$

$$\rightarrow L_1 \times a - (L_1 + L_2) \times c_2 = 0$$

$$\rightarrow L_1 = \frac{c_2}{a}(L_1 + L_2)$$

در اتصال زیر اگر سطح مقطع نبشی $A = ۱۵\ cm^۲$ و $\sigma = ۲\ ton/cm^۲$ (تنش مجاز فولاد) و σ_{hw} (مجاز محاسبه‌ای) $= ۱/۵\ ton/cm^۲$ (مجاز جوش) $= \sigma$ (مجاز جوش) τ باشد، مقدار مجاز F برابر است با: (بدون در نظر گرفتن پیچش ناشی از F در جوش‌ها) (سراسری ۷۷)



۱) $۲۴\ ton$
۲) $۳۰\ ton$
۳) $۴۵\ ton$
۴) $۶۳\ ton$

۱۷

نیروی جوش = [طول جوش × (ساق جوش × ۰.۷۰۷)] × تنش مجاز جوش

$= ۱۵۰۰ \times ۰.۶ \times ۰.۷۰۷ \times (۲ \times ۵۰) = ۶۳۶۳۰\ kg$

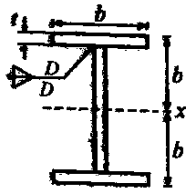
مقاومت ورق = تنش مجاز فولاد × مساحت ورق

$= ۱۲ \times ۱ \times ۲۰۰۰ = ۲۴۰۰۰\ kg$

مقاومت برشی نبشی = تنش مجاز فولاد × مساحت نبشی $= ۱۵ \times ۰.۸۵ \times ۲۰۰۰ = ۲۵۵۰۰\ kg$

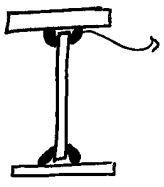
بنابراین نیروی مجاز برابر 24^{ton} است.

اگر نیروی برشی ماکزیمم در تیرورق مقابل V (کیلوگرم) و ارزش جوش گوشه $f = ۶۵۰D$ (کیلوگرم بر سانتی‌متر) باشد. در صورت استفاده از جوش یکسره برای اتصال بال به جان، بعد جوش لازم برابر کدام است؟ (ممان‌اینرسی مقطع I_x و D اندازهٔ ساق جوش است). (سراسری ۷۷)



۱) $D = t$
۲) $D = ۱/۵t$
۳) $D = \frac{Vb^۲t}{۶۵۰I_x}$
۴) $D = \frac{Vb^۲t}{۱۳۰۰I_x}$

۱۸



$\tau = \frac{VQ}{I_x t} = \frac{V(bt \times b)}{I_x \times (2D)} \leq ۶۵۰$

ممان سطح بال تیر

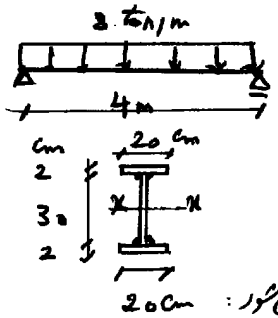
بجای ضخامت ۲t از ضخامت جوش استفاده می‌کنیم

$\rightarrow D \geq \frac{Vb^۲t}{۱۳۰۰ I_x}$

سراسری ۹۱

۱۱۱- در تیر شکل داده شده قرار است بال و جان به صورت غیر منقطع به هم جوش داده شود، اگر ارزش جوش ۸۰۰a باشد که در آن a عرض مؤثر جوش گوشه است، مقدار a بر حسب سانتی‌متر چقدر است؟ (ممان اینرسی حول محور x مقطع $20000\ cm^4$ می‌باشد.)

۱) ۰/۶
۲) ۰/۴
۳) ۰/۳
۴) ۰/۸



بعد جوش بال به جان براساس برش تعیین می‌شود: ممان سطح

$V = \frac{qL}{2} = \frac{8\times4}{2} = 16\ ton \longrightarrow \tau = \frac{VQ}{It} < 800$

$\Rightarrow \frac{16000\times(20\times2\times16)}{20000\times2a} \leqslant 800$

$\Rightarrow a \geqslant 0.32\ cm \Rightarrow$ گزینه ۲

تنش برشی در جوش — ممان اینرسی مقطع — $(2a)$ چون در دو طرف جوش گوشه داریم

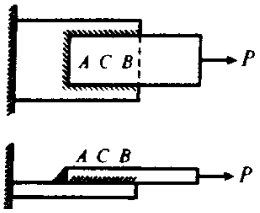
تمرین:

مبنای طراحی جوش اتصال بال به جان در تیرورق‌ها چیست؟ (نظام مهندسی)

۱) کمانش قائم جان تیر
۲) انتقال برش بین بال و جان
۳) لهیدگی یا جاری‌شدن جان در زیر بارهای سنگین
۴) هیچ‌کدام

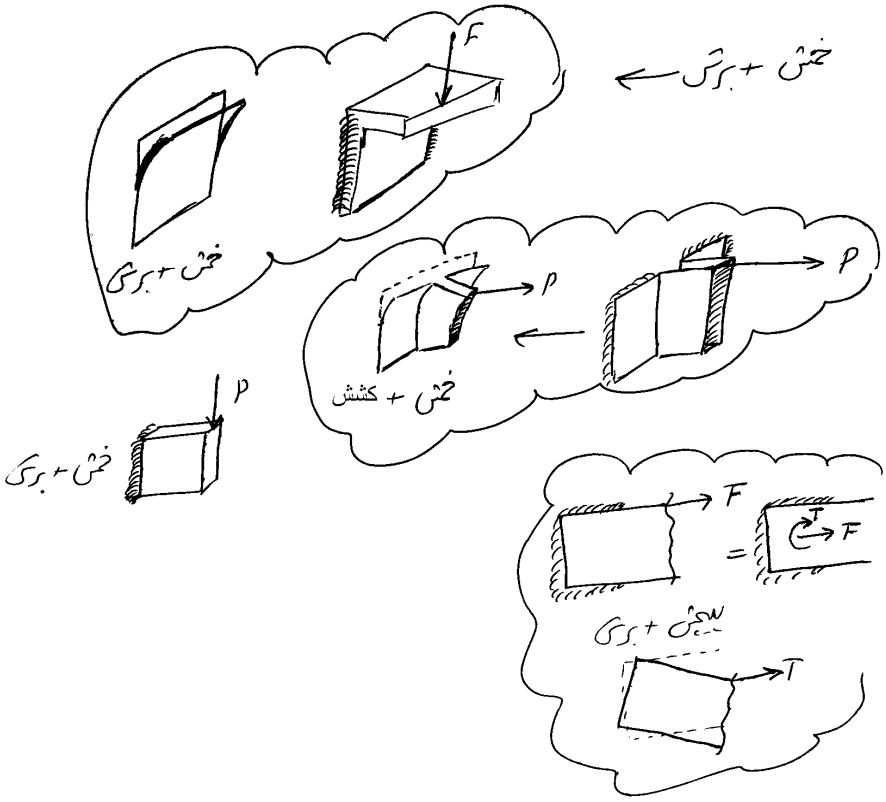
گزینه ۲

در شکل زیر حداکثر تنش جوش گوشه در کدام نقطه اتفاق می‌افتد؟ (آزاد ۸۱)



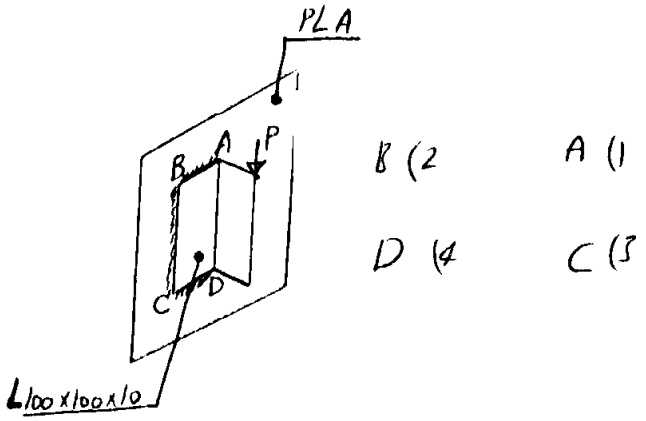
۱) نقطهٔ A
۲) نقطهٔ B
۳) نقطهٔ C و B
۴) نقطهٔ A و B

گزینه ۲



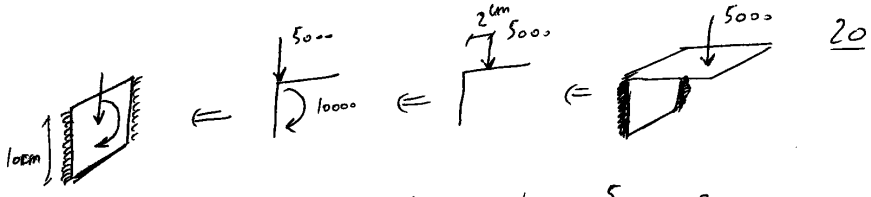
تالیفی (حسین زاده – ماهان ۹۱)

مطابق شکل یک نبشی در طول خطوط ABCD به صفحه A جوش شده است. تحت اثر نیروی P، حداکثر تنش جوش در کدام نقطه اتفاق می افتد؟



در اتصال مفصلی تیر به ستونی از نبشی نشیمن $10\times10\times1\ cm$ استفاده گردیده است. اگر برش تیر در تکیه‌گاه ۵ تن باشد و برون‌محوری این نیرو از وجه ستون ۲ سانتی‌متر باشد، مطلوب است تعیین بعد جوش مورد نیاز در دو طرف نبشی برای اتصال به ستون، اگر تنش مجاز جوش $0/920\ ton/cm^2$ فرض شود. (طول نبشی $10\ cm$ است.) (سراسری ۷۳)

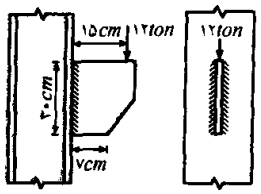
۱) $\frac{\sqrt{0/2215}}{0/920\times0/707}$ ۲) $\frac{\sqrt{0/1525}}{0/920\times0/707}$ ۳) $\frac{\sqrt{0/1325}}{0/920\times0/707}$ ۴) $\frac{\sqrt{0/4525}}{0/920\times0/707}$



گزینه ۲

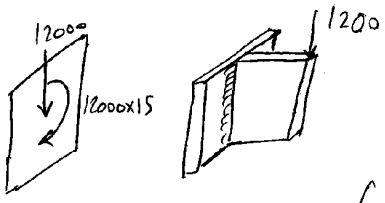
تمرین:

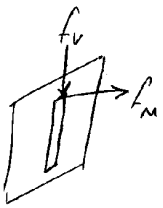
اندازه حداقل ساق جوش لازم برای اتصال در شکل زیر را تعیین کنید. (ارزش جوش گوشه $1000a\ kg/cm$ در نظر گرفته شود که a بعد جوش است.) (سراسری ۷۷ و مشابه سراسری ۷۵)



۱) $\sqrt{(\frac{1}{5})^2+(\frac{6}{5})^2}$ ۲) $\sqrt{(\frac{3}{10})^2+(\frac{1}{10})^2}$ ۳) $\sqrt{(\frac{3}{5})^2+(\frac{2}{5})^2}$ ۴) $\sqrt{(\frac{3}{5})^2+(\frac{1}{5})^2}$

۱)





سراسری ۹۱

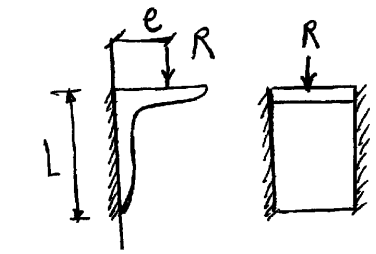
۱۱۳- حداکثر تنش در جوش اتصال ساده با نبشی نشیمن انعطاف‌پذیر چقدر است؟ (از برگشت جوش صرف نظر می‌شود.)

۱) $f=\frac{R}{L}\sqrt{۳e^۲+L}$

۲) $f=\frac{R}{۲L}\sqrt{۱+\left(\frac{۶e}{L}\right)^۲}$

۳) $f=\frac{R}{۲L}$

۴) $f=\frac{۳Re}{L^۲}$



برش در اتصال $= R$

$M = R \times e$ ← خمش در اتصال

$\rightarrow f_y = \frac{R}{2Lt}$ ← ضخط جوش / طول جوش / بعد موثر جوش

$f_x = \frac{Mc}{I} = \frac{Re(L/2)}{\frac{2tL^3}{12}}$

$\rightarrow f_x = \frac{3Re}{tL^2}$

$\rightarrow f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{\left(\frac{R}{2Lt}\right)^2 + \left(\frac{3Re}{tL^2}\right)^2} = \frac{R}{2tL}\sqrt{1+\left(\frac{6e}{L}\right)^2}$

گزینه ۲ صحیح است. (البته طراح فراموش کرده به t اشاره نماید)

سراسری ۹۳

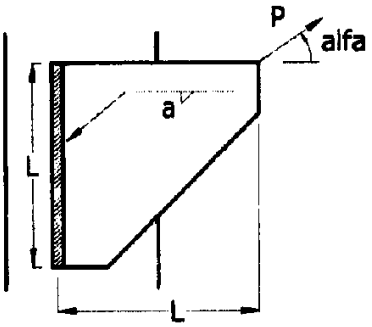
۱۱۳- برای اتصال جوش نشان داده شده، مقدار مجاز نیروی P برای چه حالتی از alfa مقدار کمتری دارد؟

۱) ۰°

۲) ۹۰°

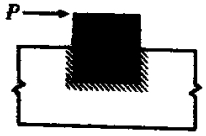
۳) $\tan^{-1}(۰/۵)$

۴) در هر سه حالت مساوی است.



تمرین:

ورقی مطابق شکل به یک تیر جوش شده است. تحت بار P مطابق شکل، جوش باید تحت اثر کدام‌یک از تنش‌های زیر محاسبه شود؟ (آزاد ۷۹)



۱) تنش‌های ناشی از برش

۲) تنش‌های ناشی از برش و پیچش

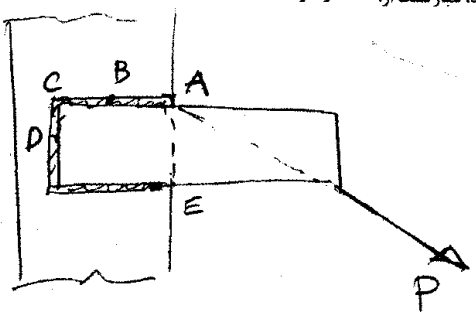
۳) تنش‌های ناشی از خمش و برش

۴) تنش‌های ناشی از خمش و پیچش

گزینه ۲

سراسری ۸۹

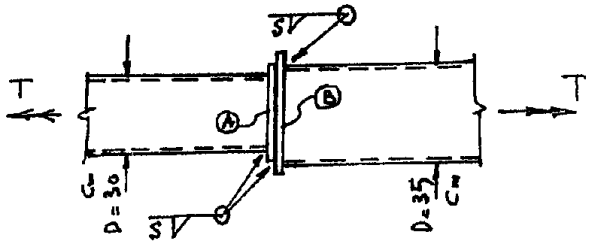
بحرانی ترین نقطه در جوش شکل داده شده، عبارتست از:
۱) A
۲) C
۳) E , A
۴) D , B



گزینه ۱:

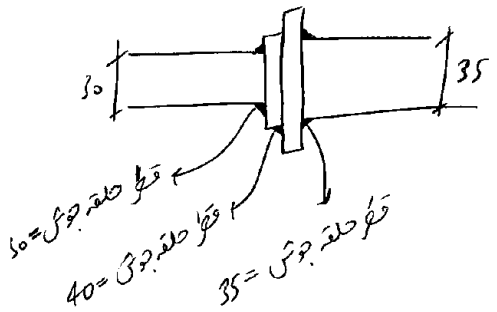
سراسری ۹۰

۱۱۲- مطابق شکل دو لوله فولادی به وسیله صفحات سر دایره‌ای با جوش گوشه به هم متصل شده‌اند. قطر صفحه کوچک‌تر (A) ۴۰ cm و قطر صفحه بزرگتر (B) ۵۰ cm می‌باشد. اگر جوش‌های گوشه اتصال همگی مشابه و نیروی برشی مجاز آنها $500 \frac{kg}{cm}$ باشند لنگر مجاز پیچشی T این ترکیب براساس ظرفیت جوش‌های اتصال حدوداً چند تن متر است؟



۱) $2/25\pi$
۲) $1/5\pi$
۳) 3π
۴) 4π

۱۱۲_



هرچه قطر حلقه جوش بیشتر باشد
مقاومت پیچشی حلقه
افزایش می یابد

از آنجا که بعد همه جوش‌ها یک است پس هرکدام از حلقه 30 cm خواهد بود
یعنی حلقه جوش 30 سانتی تعیین کننده است

نکته بعدی اینکه در این تست به جای اصطلاح ارزش جوش از اصطلاح
نیروی برشی مجاز جوش استفاده کرده است یعنی 500 $\frac{kg}{cm}$ همان ارزش جوش است

$$\tau = \frac{TR}{J} = \frac{T(15)}{2\pi R^3 s} < \frac{500}{s}$$

تنش برشی در جوش — بعد جوش

دایره $J = \frac{\pi}{2}R^4 \rightarrow J_{\text{حلقه}} = J_{\text{دایره}} = 4\times\left(\frac{\pi}{2}R^3\right)dR$

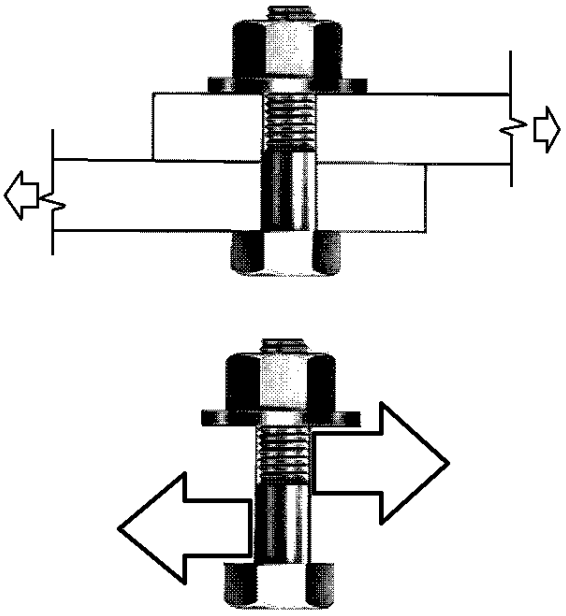
$\rightarrow J_{\text{حلقه}} = 2\pi R^3 t$

فضای حلقه کوی جوش

$$\Rightarrow \frac{T\times 15}{2\pi\times 15^3} < 500 \rightarrow T < 2.25\times10^5\pi \ \frac{kg}{cm}$$

$$\rightarrow T < 2.25\pi \ t.m.$$

۸- پیچ



انواع پیچ از نظر جنس پیچ:

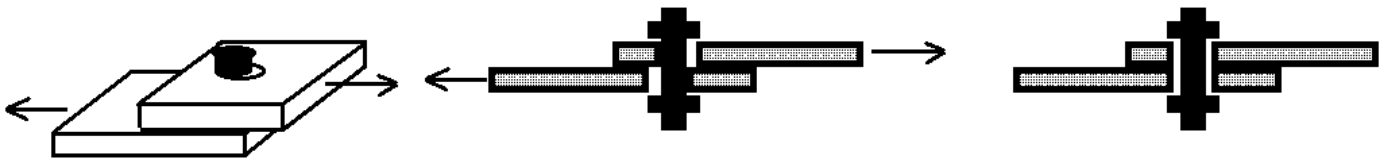
۱- پیچ معمولی: ارزان تر است ولی تعداد پیچ بیشتری لازم دارد.

برای مثال: پیچ 4.6 **با** $F_u=4000kg/cm^2$ ، $F_y=0.6F_u$

۲- پیچ اعلا (پیچ پرمقاومت): برای مثال: پیچ 8.8 **و پیچ** 10.9

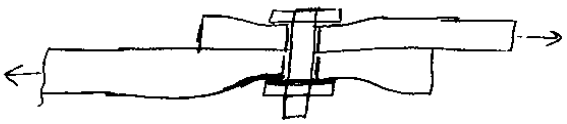
انواع اتصال:

۱- اتصال اتکایی: انتقال نیروی از طریق اتکای بدنه پیچ به قطعات متصل شونده است.



قبل از اعمال نیرو **بعد از اعمال نیرو**

۲- اتصال اصطکاکی: پیچها از طریق پیچاندن اضافی مهره ها پیش تنیده می شوند. در نتیجه پیچ تحت کشش اولیه و صفحات متصل شونده تحت فشار اولیه قرار می گیرند. انتقال نیرو از طریق اصطکاک بین صفحات متصل شونده است.



حداقل نیروی پیش تنیدگی: $T_i=0.55\ F_u\ A_b$

ترکیب پیچ و جوش: اگر اتصال اتکایی باشد، کل نیرو را جوش تحمل می کند (پیچ ها به درد نمی خورند)

اگر اتصال اصطکاکی باشد، جوش و پیچ در تحمل نیرو سهیم هستند (اگر سازه موجود با اتصال اصطکاکی را با جوش تقویت کنیم، می توان فرض کرد جوش تنش های اضافی را تحمل می کند)

در اتصالات لرزه گیر کدام نوع اتصال باید استفاده شود:

تنها اصطکاکی

در اتصالات با بارگذاری متناوب (خستگی) کدام نوع اتصال باید استفاده شود:

تنها اصطکاکی

از پیچ معمولی در کدام نوع اتصال می توان استفاده کرد؟

تنها اتکایی

از پیچ اعلا در کدام نوع اتصال می توان استفاده کرد؟

هم اتکایی و هم اصطکاکی

در اتصالات لرزه‌گیر، پیچ‌ها باید شرایط زیر را داشته باشند: (آزاد ۸۶)

۱) از نوع اتکایی باشند.
۲) گزینه (۳) و (۴)
۳) پیچ پرمقاومت باشند.
۴) به مقدار مقرر پیش‌تنیده شوند.

گزینه ۲

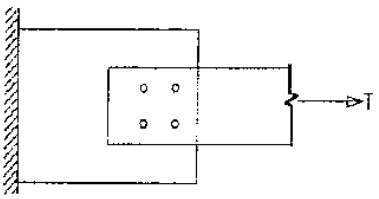
در یک ساختمان فولادی با قاب‌های سادهٔ بادبندی شده، اتصالات بادبندی جهت مقابله با نیروی زلزله (آزاد ۸۴)
باید شرط زیر را دارا باشند:

۱) اتصال آنها جوشی و یا پیچی اصطکاکی باشد.
۲) حتماً اتصال آنها جوشی باشد.
۳) اتصال آنها جوشی و یا پیچی اتکایی باشد.
۴) اتصال آنها هر چه باشد، اگر فقط برای نیروهای تعیین شده پاسخگو باشد کافی است.

گزینه ۱

نظام مهندسی ۸۹

۱۷- مزیت اصلی کاربرد اتصال پیچی اصطکاکی نسبت به اتصال پیچی اتکایی تحت اثر نیروی برشی مطابق شکل زیر چه می‌باشد؟



۱) بلند بودن طول پیچ‌ها در اتصالات اصطکاکی
۲) استفاده از پیچ‌های پر مقاومت در اتصالات اصطکاکی
۳) مشارکت همزمان و تقریباً یکسان پیچ‌ها در انتقال نیرو
۴) بلند بودن طول پیچ ها در اتصالات اتکایی

گزینه ۳

تمرین:

بر روی کله پیچی علامت 10.9 حک شده است. مفهوم این علامت چیست؟ (نظام مهندسی)

۱) حد گسیختگی فولاد پیچ t/cm^2 ۱۰/۹ است.

۲) قطر زیر دنده‌های پیچ mm ۱۰۹ است.

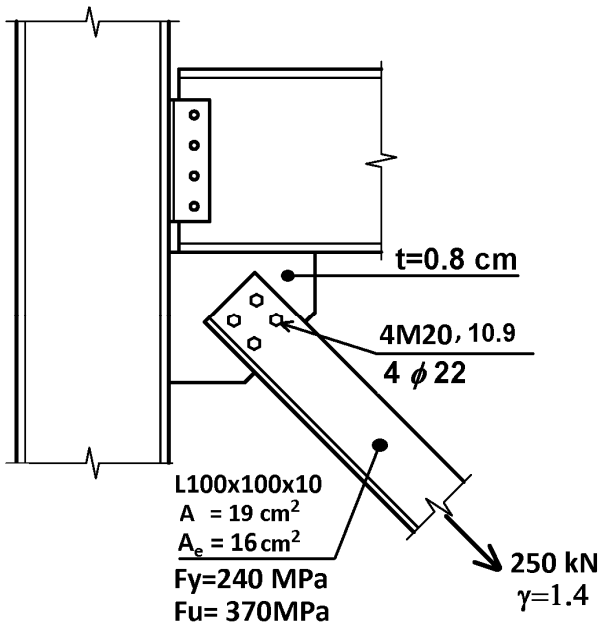
۳) لنگر پیچشی لازم برای سفت کردن پیچ $t.m$ ۱۰/۹ است.

۴) حد گسیختگی فولاد پیچ حدود t/cm^2 ۱۰ و حد جاری شدن اسمی آن حدود t/cm^2 ۹ می‌باشد.

گزینه ۴

۸-۱- مراحل کنترل اتصال اتکایی

۱- کنترل عضو کششی (مطابق فصل مربوط به اعضای کششی)



ASD: $\begin{cases} 250 \times 10^3 < (0.6 \times 240) \times 1900 \\ 250 \times 10^3 < (0.5 \times 370) \times 1600 \end{cases}$

LRFD: $\begin{cases} 1.4 \times 250 \times 10^3 < (0.9 \times 240) \times 1900 \\ 1.4 \times 250 \times 10^3 < (0.75 \times 370) \times 1600 \end{cases}$

۲- کنترل گسیختگی پیچ

جدول ۱۰ ـ ۱ ـ ۱۰ ـ ۶ تنش‌های مجاز در انواع وسایل اتصال

نوع وسیله اتصال	تنش کششی مجاز (F_t)	تنش برشی مجاز (F_v)				
		اتصال اصطکاکی				اتصال اتکایی
		سوراخ استاندارد	سوراخ بزرگ‌شده و لوبیایی کوتاه	سوراخ لوبیایی بلند		
				بار در امتداد عرضی	بار در امتداد طولی	
پرچ	$۰/۵F_y$					$۰/۶F_y$
پیچ معمولی	$۰/۳۳F_u$					$۰/۱۷F_u$
قطعه دندانه‌شده طبق مشخصات تعیین‌شده، در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه‌شده می‌گذرد.	$۰/۳۳F_u$					$۰/۱۷F_u$
قطعه دندانه‌شده طبق مشخصات تعیین‌شده، در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه‌شده نمی‌گذرد.	$۰/۳۳F_u$					$۰/۲۲F_u$
پیچ پرمقاومت که سطح برش از قسمت دندانه‌شده می‌گذرد.	$۰/۳۸F_u$	$۰/۱۵F_u$	$۰/۱۲F_u$	$۰/۱F_u$	$۰/۰۹F_u$	$۰/۲F_u$
پیچ پرمقاومت که سطح برش از قسمت دندانه‌شده نمی‌گذرد.	$۰/۳۸F_u$	$۰/۱۵F_u$	$۰/۱۲F_u$	$۰/۱F_u$	$۰/۰۹F_u$	$۰/۲۸F_u$

ASD:

$$\begin{cases} \text{نیروی وارد بر هر پیچ} = \frac{250\times10^3}{4} = 62500\ N \\ \text{نیروی مجاز} = \left(F_{\text{مجاز}}\right)(A_b) = (0.28\times1000)(\pi\times10^2) = 87920\ N \\ 62500 < 87920\ N \end{cases}$$

قابل قبول

جدول ۱۰-۲-۹-۱۰ تنش اسمی (پیچ و قطعات دندانه شده)

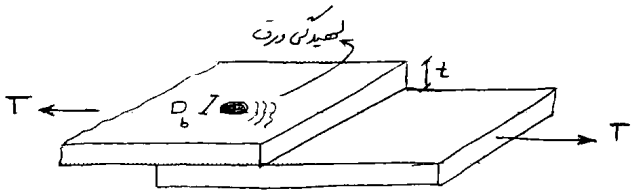
نوع وسیله اتصال	تنش کششی اسمی (F_{nt})	تنش برشی اسمی (F_{nv}) در اتصالات اتکایی
پیچ‌های معمولی	$۰/۷۵F_u$ [۱],[۲]	$۰/۴۵F_u$ [۵],[۳]
پیچ‌های پر مقاومت در حالتی‌که سطح برش از قسمت دندانه‌شده می‌گذرد	$۰/۷۵F_u$ [۴]	$۰/۴۵F_u$ [۵]
پیچ‌های پرمقاومت در حالتی‌که سطح برش از قسمت دندانه‌شده نمی‌گذرد	$۰/۷۵F_u$ [۴]	$۰/۵۵F_u$ [۵]
قطعهٔ دندانه‌شده طبق مشخصات تعیین‌شده، در حالتی‌که سطح برش از قسمت دندانه‌شده می‌گذرد	$۰/۷۵F_u$ [۱],[۶]	$۰/۴۵F_u$
قطعهٔ دندانه شده طبق مشخصات تعیین‌شده، در حالتی‌که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی‌گذرد	$۰/۷۵F_u$ [۱],[۶]	$۰/۵۵F_u$

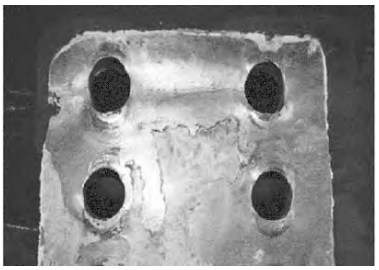
LRFD:

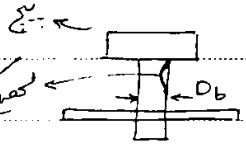
$$\begin{cases} \text{نیروی ضریب دار وارد بر هر پیچ} = \frac{1.4\times250\times10^3}{4} = 87500\ N \\ \text{مقاومت برشی طراحی} = \varphi F_{nv}A_b = 0.75(0.45\times1000)(\pi\times10^2) = 105975\ N \\ 87500 < 105975 \end{cases}$$

قابل قبول

۳- کنترل لهیدگی پیچ



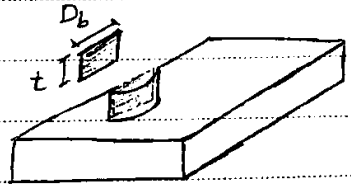




چون همیشه مقاومت پیچ < مقاومت ورق است ،
⇐ پیچ هیچ گاه دچار لهیدگی نمی شود و قبل از آن ورق له می شود

نیروی پیچ

$$f_p = \frac{P_b}{t D_b} < F_p = 1.2 F_u$$



ASD:

$$\begin{cases} \text{نیروی هر پیچ} = \frac{250\times10^3}{4} = 62500\ N \\ \text{نیروی مجاز} = \left(F_{\text{مجاز}}\right)(A_b) = (1.2\times370)(8\times20) = 71040\ N \\ 62500\ < 71040\ N \end{cases}$$

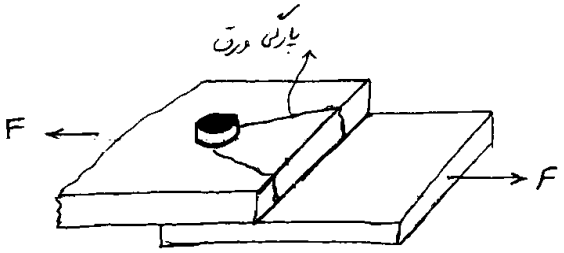
قابل قبول

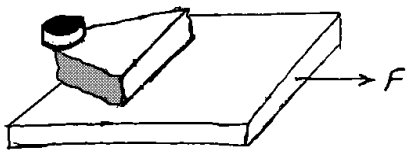
LRFD:

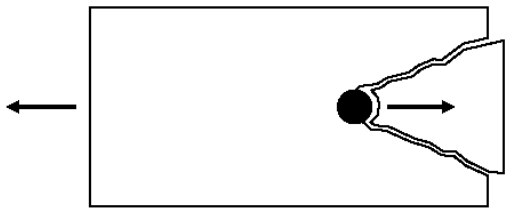
$$\begin{cases} \text{نیروی ضریب دار هر پیچ} = \frac{1.4\times250\times10^3}{4} = 87500\ N \\ \text{نیروی مقاوم طراحی} = (\varphi R_n) = \varphi\times2.4\times F_u A_b = (0.75\times2.4\times370)(8\times20) = 106560N \\ 87500\ < 106560 \end{cases}$$

قابل قبول

۴- کنترل پارگی ورق







Insufficient edge distance

Shearing out

۱۰-۲-۹-۳-۲ مشخصات و فواصل سوراخ‌ها در اتصالات پیچی

پ) حداقل فواصل سوراخ پیچ‌ها در اتصالات پیچی

فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌های استاندارد، سوراخ‌های بزرگ‌شده و سوراخ‌های لوبیایی نباید از ۳ برابر قطر وسیلهٔ اتصال کمتر باشد.

ت) حداقل فاصله سوراخ‌ها تا لبه در اتصالات پیچی

فاصلهٔ مرکز سوراخ‌های استاندارد تا لبهٔ قطعهٔ متصل شونده نباید از مقادیر داده شده در جدول ۱۰-۲-۹-۸ کمتر باشد.

جدول ۱۰-۲-۹-۸ حداقل فاصلهٔ مرکز سوراخ استاندارد تا لبه در هر راستا

لبهٔ بریده شده با قیچی (گیوتین)	لبهٔ نورد شدهٔ ورق- نیمرخ، تسمه و نیز لبه بریده‌شده با شعله اتوماتیک یا اره
۲d	۱/۷۵d

d = قطر اسمی پیچ

۵- کنترل حداکثر فواصل پیچها:

علت: ۱- جلوگیری از گذاشتن موضعی ورق بین پیچها
۲- جلوگیری از نفوذ مواد (آب و ...) بین صفحات بهم چسبیده و زنگ زدن آنها

۸-۲- کنترل اتصال اصطکاکی

در اتصال اصطکاکی نیز تمامی گامهای ۱ تا ۵ مربوط به اتصال اتکایی باید کنترل شوند. علاوه بر ۵ گام فوق باید لغزش صفحات نیز محدود شود:

۱۰-۲-۹-۳-۵ مقاومت کششی طراحی و برشی طراحی در اتصالات اصطکاکی

مقاومت کششی طراحی پیچ‌های پرمقاومت در اتصالات اصطکاکی عیناً مشابه مقاومت کششی طراحی پیچ‌های پر مقاومت در اتصالات اتکایی بوده و از ضوابط بند ۱۰-۲-۹-۳-۳ تعیین می‌گردد. مقاومت برشی طراحی پیچ‌های پرمقاومت در اتصالات اصطکاکی بر اساس کنترل لغزش بحرانی تعیین می‌گردد. مقاومت برشی طراحی پیچ‌های پر مقاومت در اتصالات اصطکاکی بر اساس کنترل لغزش بحرانی مساوی ϕR_{nv} می‌باشد که در آن، ϕ ضریب کاهش مقاومت و R_{nv} مقاومت برشی اسمی به شرح زیر می‌باشد.

$$R_{nv} = \mu D_u h_f T_b n_s \qquad (۱۰-۹-۲-۱۰)$$

که در آن:

ϕ = ضریب کاهش مقاومت به شرح زیر:

- برای سوراخ‌های استاندارد و سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد عمود بر راستای نیرو ϕ=۱
- برای سوراخ‌های بزرگ‌شده و سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد موازی با راستای نیرو ϕ=۰/۸۵
- برای سوراخ‌های لوبیایی بلند ϕ=۰/۷

μ= ضریب اصطکاک به شرح زیر:

- برای وضعیت سطحی کلاس A (سطح فلس‌دار تمیز و رنگ شده): μ=۰/۳
- برای وضعیت سطحی کلاس B (سطح تمیز شده با ماسه پاشی و رنگ‌نشده) : μ=۰/۵

D_u = نسبت پیش تنیدگی متوسط پیچ‌ها به پیش تنیدگی حداقل پیچ‌ها و مساوی ۱/۱۳

h_f = ضریب کاهش بخاطر وجود ورق‌های پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر به شرح زیر:

- در صورت عدم نیاز به ورق‌های پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر مساوی ۱
- در صورت استفاده فقط از یک ورق پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر مساوی ۱
- در صورت استفاده از دو یا تعداد بیشتری از ورق‌های پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر مساوی ۰/۸۵

T_b = حداقل نیروی پیش تنیدگی پیچ طبق مقادیر جدول ۱۰-۲-۹-۷

n_s = تعداد صفحات لغزش

جدول ۱۰-۲-۹-۷ حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در اتصالات اصطکاکی (T_b)

قطر اسمی پیچ (بر حسب میلی‌متر)	پیچ‌های نوع A۳۲۵	پیچ‌های نوع A۴۹۰
M۱۶	۹۱ kN	۱۱۴ kN
M۲۰	۱۴۲ kN	۱۷۹ kN
M۲۲	۱۷۶ kN	۲۲۱ kN
M۲۴	۲۰۵ kN	۲۵۷ kN
M۲۷	۲۶۷ kN	۳۳۴ kN
M۳۰	۳۲۶ kN	۴۰۸ kN
M۳۶	۴۷۵kN	۵۹۵ kN

تبصره: در مواردی‌که قطر اسمی پیچ غیر از اعداد ذکرشده در جدول ۱۰-۲-۹-۷ باشد، حداقل نیروی پیش‌تنیدگی را می‌توان برابر $0.55A_{nb}F_u$ (که *معادل* $0.7A_{eb}F_u$ است) در نظر گرفت، که در آن A_{nb} سطح مقطع اسمی پیچ، A_{eb} سطح مقطع خالص یا سطح مقطع زیر دندانه‌ها و F_u تنش کششی نهایی مصالح پیچ است.

۶- کنترل لغزش صفحات

با فرض اینکه : ۱- نوع پیچها در مثال قبل (اتصال بادبند) M20, 8.8 **باشد، و اتصال از نوع اصطکاکی باشد، لغزش را کنترل نمایید.**

ASD:

$$\begin{cases} \text{نیروی هر پیچ} = \dfrac{250\times10^3}{4} = 62500\ N \\ \text{نیروی مجاز} = \left(F_{\text{مجاز}}\right)(A_b) = (0.15\times1000)(\pi\times10^2) = 37680\ N \\ 62500 \not\leq 37680N \end{cases}$$

غیر قابل قبول

LRFD:

$$\begin{cases} \text{نیروی ضریب دار وارد بر هر پیچ} = \dfrac{250\times10^3}{4} = 62500\ N \\ \text{مقاومت برشی طراحی} = \varphi R_n A_b = 1(0.33\times0.9\times0.55\times800)(\pi\times10^2) = 41033\ N \\ 62500 \not\leq 41033 \end{cases}$$

غیر قابل قبول

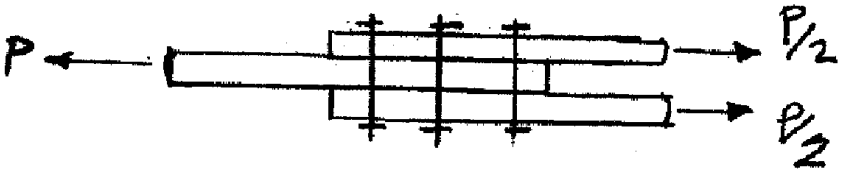
سوال: اگر یک اتصال را یک بار به صورت اصطکاکی و یک بار به صورت اتکایی طراحی کنیم، در کدام حالت پیچ های بیشتری لازم خواهد بود؟ (در هر دو نوع اتصال از پیچ اعلی استفاده شود)

در کدام اتصال تمیز بودن سطوح دارای اهمیت بیشتری است؟

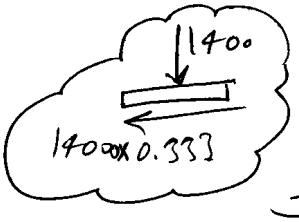
سراسری ۸۹

۱۱۲- در اتصال اصطکاکی نشان داده شده از سه پیچ استفاده شده است و در هر یک نیروی پیش تنیدگی برابر ۱۴۰۰۰ kg به وجود آمده است. در صورتیکه ضریب اصطکاک بین ورقها برابر ۰/۳۳۳ باشد نیروی P لازم برای اینکه ورقها در آستانه لغزش قرار گیرند بر حسب ton چقدر است؟

۱) ۱۴
۲) ۲۱
۳) ۴۲
۴) ۲۸



112 ← از آنجا که ضریب اصطکاک برابر 0.333 می باشد



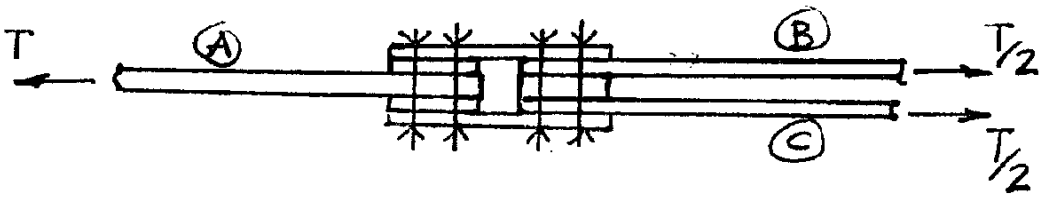
ورق میانی ← P ← هرکدام برابر 14000x0.333 است

$P = 6 \times 14000 \times 0.333 = 28000\ kg$

برش مضاعف در پیچ ها:

سراسری ۹۰

۱۱۳- ورق‌های A و B و C به وسیله جمعاً چهار عدد پیچ طبق شکل به هم متصل شده‌اند. در صورتی که سطح مقطع هر پیچ ۳ سانتی‌متر مربع و تنش برشی مجاز آن ۱۶۶۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد مقدار مجاز نیروی T براساس ظرفیت پیچ‌ها چند تن است؟



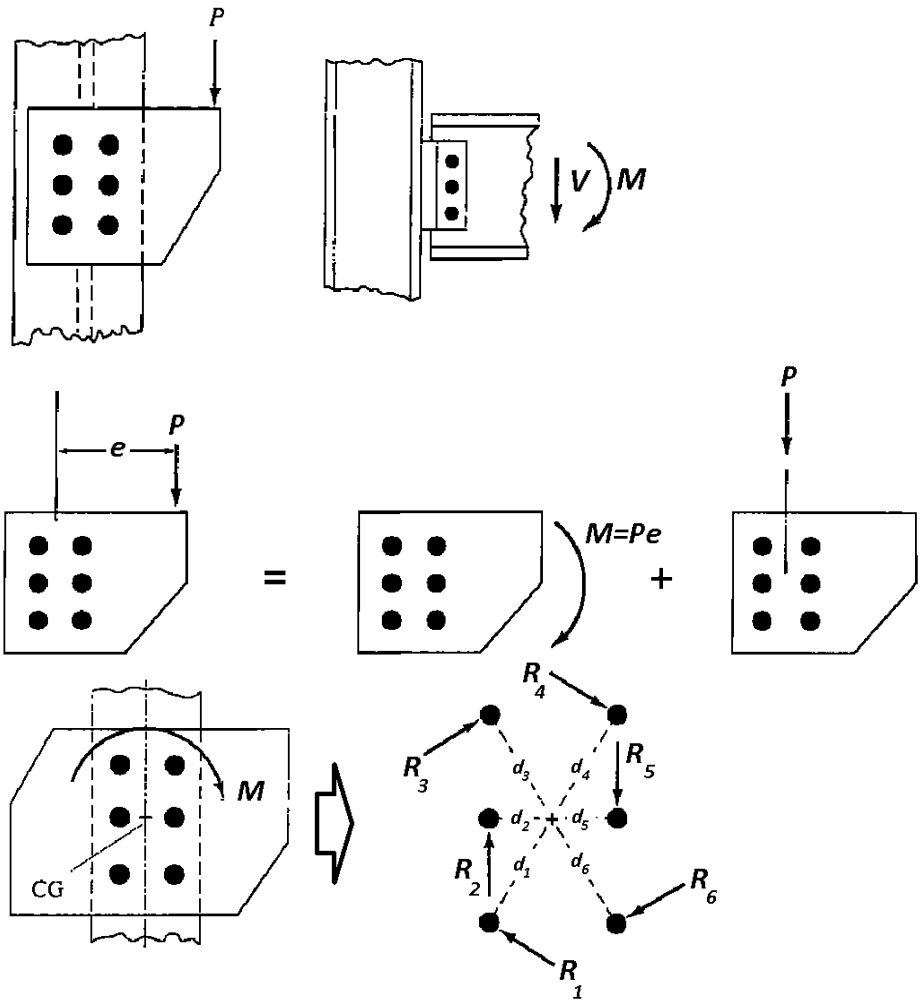
۱) ۲۰
۲) ۱۰
۳) ۳۰
۴) ۴۰

۱۱۳ حداکثر نیرو از هر پیچ برابر است با:

$\frac{T/2}{2} = \frac{T}{4} \Rightarrow \tau = \frac{T/4}{\text{سطح مقطع هر پیچ}} < 1666 \rightarrow T < 20\ \text{ton}$

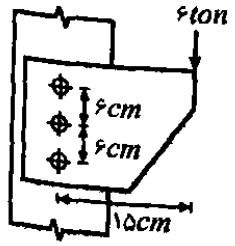
گزینه ①

پیچش در اتصال پیچی:



برای اتصال زیر از سه پیچ با سطح مقطع $۲\ cm^۲$ استفاده شده است. تنش برشی در پیچ فوقانی کدام است؟ (برحسب $kg/cm^۲$)

(سراسری ۷۷ با کمی تغییر)

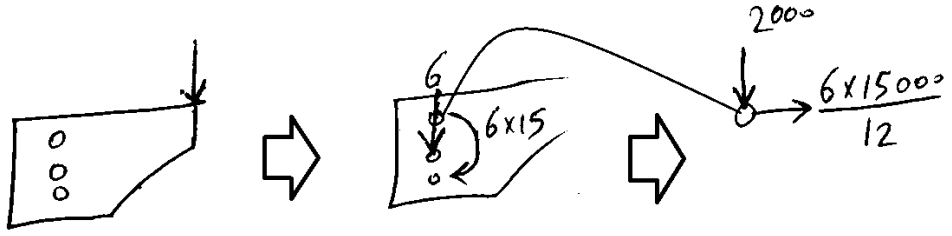


۱) $\sqrt{۱۷۵۰^۲+۳۰۰۰^۲}$

۲) ۱۰۰۰

۳) ۴۷۵۰

۴) $\sqrt{۳۷۵۰^۲+۱۰۰۰^۲}$

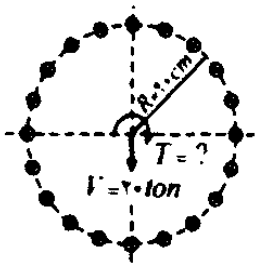


$$\rightarrow f=\sqrt{2000^2+7500^2} \rightarrow \tau=\frac{f}{2}=\sqrt{1000^2+3750^2}$$

تمرین:

در اتصال ساعتی شکل مقابل چنانچه از ۲۰ عدد پیچ $M\ 8.8$ به قطر $۲۰\ mm$ استفاده شود، در صورتی‌که تنش مجاز پیچ‌ها برابر $۱۶۰۰\ kg/cm^۲$ باشد، حداکثر لنگر پیچشی T که می‌تواند به اتصال وارد شود کدام‌یک از مقادیر زیر است؟

(نظام مهندسی)



۱) $T=۵۰ t\cdot m$

۲) $T\simeq ۳۲ t\cdot m$

۳) $T\simeq ۶۵ t\cdot m$

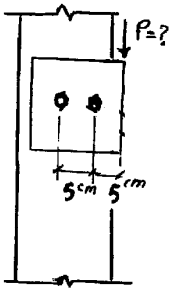
۴) $T\simeq ۶۰ t\cdot m$

$$\text{بیشترین برش پیچ‌ها} = \frac{\overbrace{20000}^{V}}{20}+\frac{T/20}{40}=1000+\frac{T}{800}$$

$$\tau=\frac{1000+T/800}{\pi\times 12}<1600 \rightarrow T<322123.8\ kg.cm=32\ t.m.$$

سراسری ۹۱

۱۱۲- در اتصال شکل زیر از دو پیچ پر مقاومت با قطر اسمی ۲۰ mm و تنش مجاز برشی $2800 \frac{kg}{cm^2}$ استفاده شده است.



حداکثر مقدار مجاز بار P بر حسب kg به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟

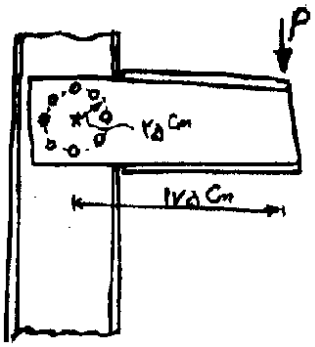
۱) ۴۴۰۰
۲) ۲۲۰۰
۳) ۱۷۶۰۰
۴) ۸۸۰۰

$$\tau = \frac{P/2 + \frac{P \times 7.5}{5}}{\pi \times 1^2} = \frac{2P}{\pi}$$

$$\tau \leq 2800 \rightarrow \frac{2P}{\pi} < 2800 \rightarrow P \leq 1400\pi \rightarrow P \leq 4396$$

سراسری ۹۳

۱۱۱- برای اتصال تیر به ستون از هشت پیچ با آرایش دایره‌ای مطابق شکل زیر استفاده شده است. نیروی برشی پیچ بحرانی چقدر است؟

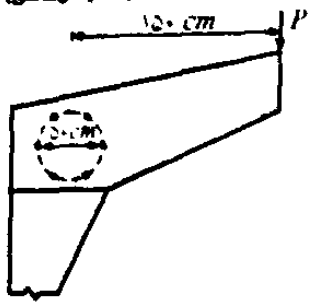


۱) P
۲) $\frac{P}{2}$
۳) $\sqrt{2}P$
۴) $2P$

تمرین:

در اتصال اصطکاکی پیچی زیر (به‌صورت ساعتی) از ۶ پیچ به قطر ۲۰ mm و تنش برشی مجاز ۱۲۰۰ kg/cm^2 و تنش کششی مجاز ۳۰۰۰ kg/cm^2 استفاده شده است. حداکثر مقدار P چقدر است؟

(نظام مهندسی)

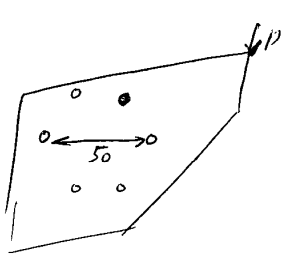


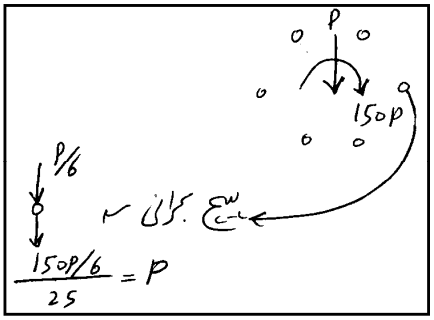
۱) ۳۲۳۰ kg

۲) ۹۴۲۵ kg

۳) ۷۵۴۰ kg

۴) ۶۶۰۰ kg



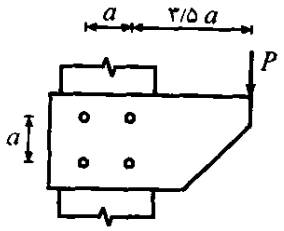


$F = P + \frac{P}{6} = \frac{7P}{6} \Rightarrow \tau = \frac{7P/6}{\pi \times 1^2} < 1200$

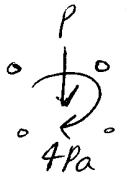
$\rightarrow P < \frac{1200 \times \pi \times 6}{7} = 3231\ kg$

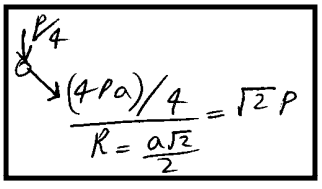
نیروی P به کمک چهار پیچ مشابه مطابق شکل به ستون منتقل می‌شود. براساس تحلیل الاستیک بیشترین نیروی ایجاد شده در پیچ‌ها چقدر می‌باشد؟ (آزاد ۸۱)

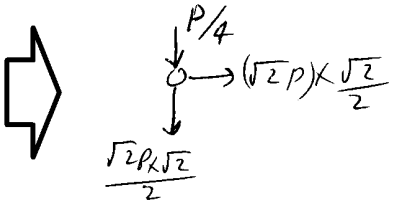
۱) $\frac{\sqrt{5}}{2}P$ ۲) $2P$ ۳) $\sqrt{2}P$ ۴) $\frac{\sqrt{41}}{4}P$

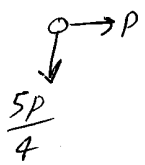


جهت بردار نامی از پیچ به جهت نیروی P نزدیک‌تر است





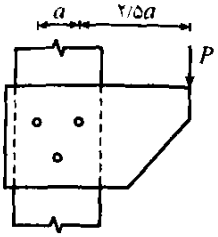




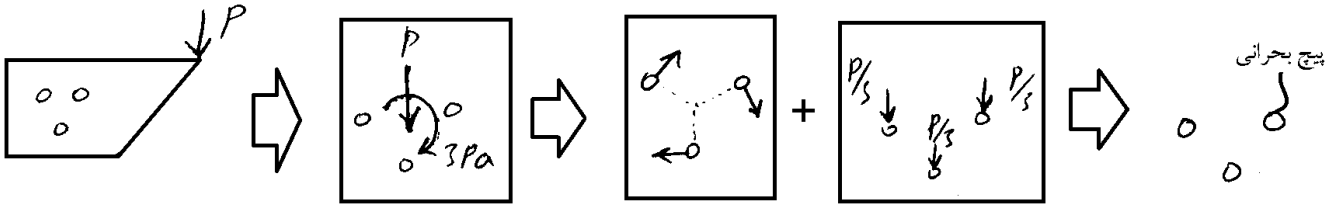
$F = \sqrt{(\frac{5P}{4})^2 + P^2} = \frac{\sqrt{41}P}{4}$

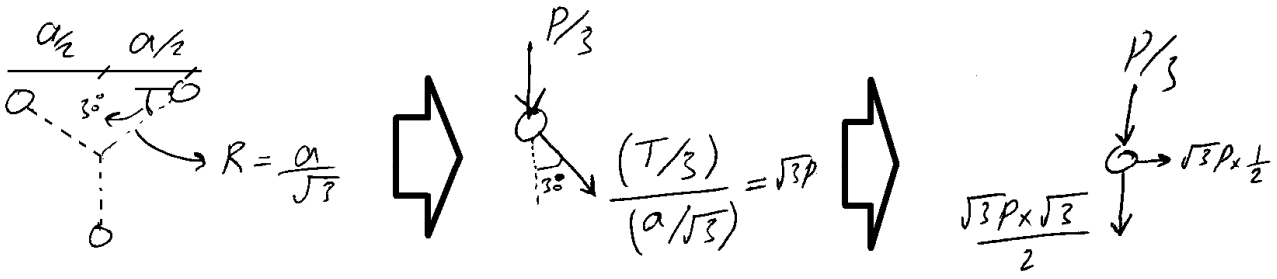
تمرین:

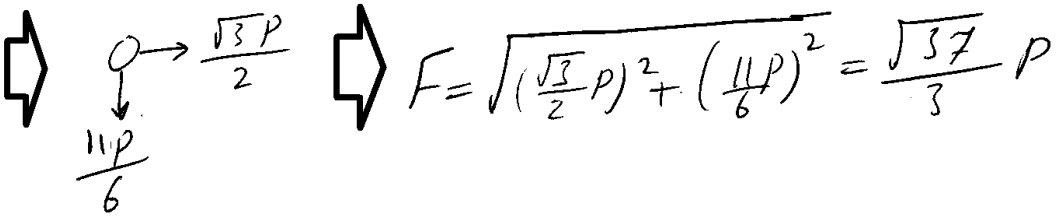
. نیروی P به کمک سه پیچ مشابه مطابق شکل به ستون منتقل می‌شود. براساس تحلیل الاستیک بیشترین نیروی ایجاد شده در پیچ‌ها چقدر می‌باشد؟ فاصلهٔ مراکز پیچ‌ها از یکدیگر برابر است. (آزاد ۸۱)



۱) $\frac{\sqrt{۳۷}}{۳}P$ ۲) $\frac{\sqrt{۳۸}}{۳}P$ ۳) $\frac{\sqrt{۳۵}}{۳}P$ ۴) $۲P$

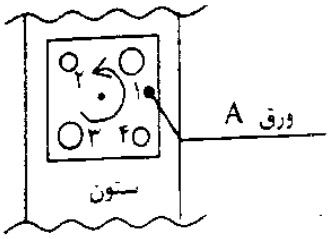






تالیفی (حسین زاده-آزمون ماهان ۸۸)

۱۱۲- ورق A توسط چهار پیچ مطابق شکل پیچش T را به ستون منتقل می‌کند. اگر قطر پیچ‌های ۱ و ۳ دو برابر قطر پیچ‌های ۲ و ۴ باشد، کدام رابطه صحیح است؟ τ تنش برشی متوسط در پیچ‌ها و F نیروی برشی هر پیچ است و فاصله مرکز تمامی پیچ‌ها از مرکز پیچش یکسان است.



۱) $\tau_۱ = \tau_۲, F_۱ = F_۲$

۲) $\tau_۱ = \tau_۲, F_۱ = ۴F_۲$

۳) $\tau_۱ = ۲\tau_۲, F_۱ = ۸F_۲$

۴) $\tau_۱ = \frac{\tau_۲}{۴}, F_۱ = F_۲$

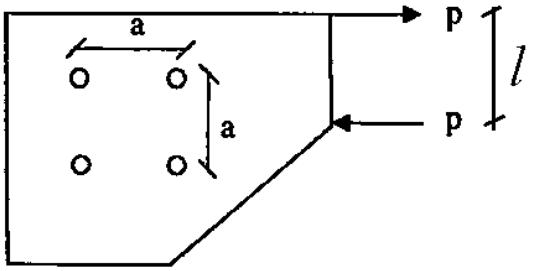
۱۱۲- گزینه ۲ صحیح است.

از آنجا که کرنش برشی تمامی پیچها با فاصله آنها از مرکز رابطه مستقیم دارد. بنابراین تنش‌های برشی در همه پیچها یکسان است و نیروی آنها از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$F_i = \tau_۱ \times \frac{\pi d_i^۲}{۴}$$

تالیفی (حسین زاده – آزمون ۸۸)

۱۱۹- در اتصال پیچی زیر اگر قطر پیچ‌ها و نیز فاصله پیچ‌ها از یکدیگر (a) دو برابر شوند نیروی مجازP چند برابر می‌شود؟



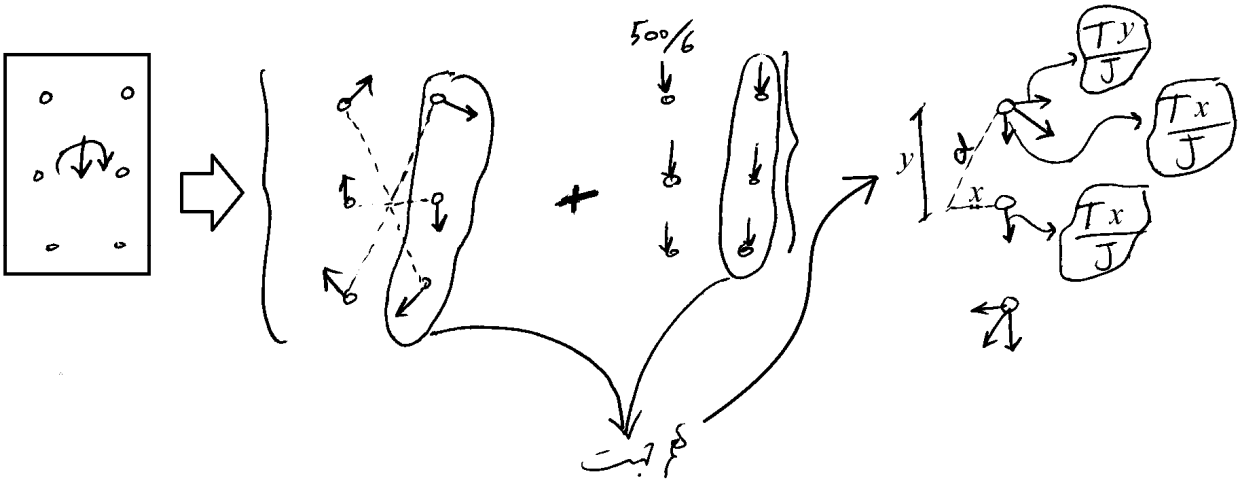
۱) ۲ برابر
۲) ۴ برابر
۳) ۸ برابر
۴) ۱۶ برابر

گزینه ۳:

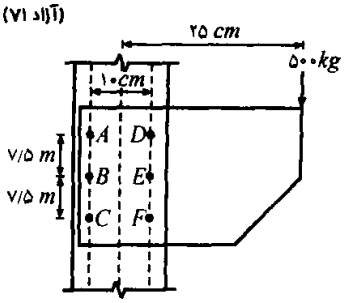
نحوه تعیین پیچ بحرانی:

۱- اگر فواصل پیچها برابر باشد

۲- اگر فواصل پیچ ها از مرکز اتصال برابر نباشد



در کدام‌یک از پیچ‌های شکل مقابل حداکثر تنش رخ می‌دهد؟ (آزاد ۷۱)



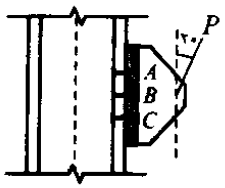
۱) D و A

۲) A و C

۳) F و C

۴) F و D

در طراحی اتصال اصطکاکی نشان داده شده در شکل وضعیت کدام پیچ بحرانی‌تر می‌باشد؟ (سراسری ۷۹)



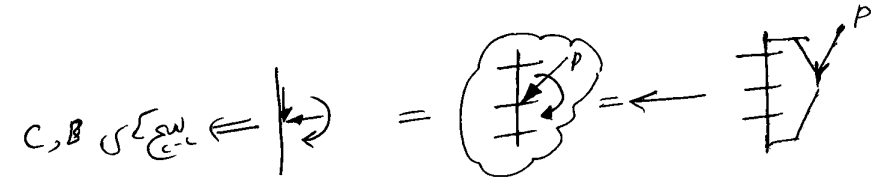
۱) C

۲) B

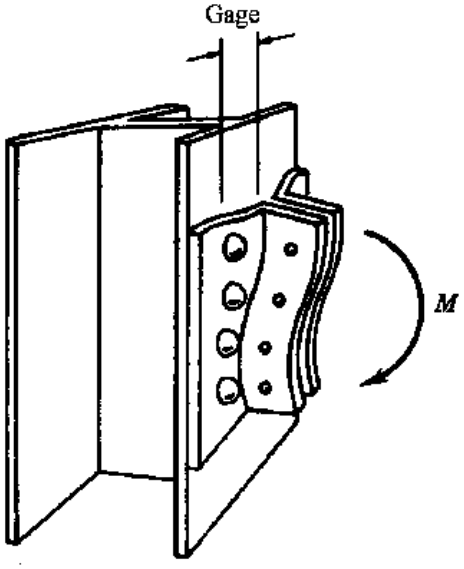
۳) A

۴) هر سه پیچ یک وضع دارند.

()



(رفتار خواهند بود و تنها پیچی که ممکن است رکنش بیفتد پیچ A است)



سراسری ۹۲

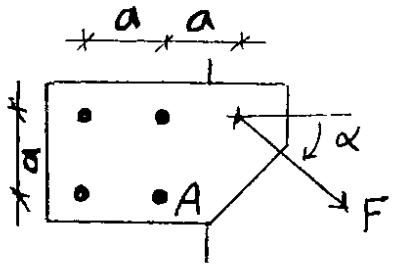
۱۱۰- در اتصال روبه‌رو ، اعمال نیروی F ،در کدام زاویه برای پیچ A بحرانی‌تر است؟

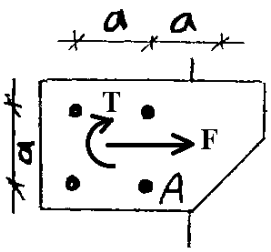
۱) 90°

۲) 45°

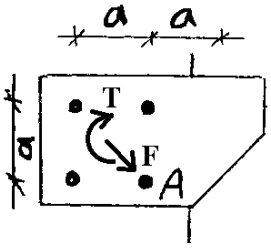
۳) 0°

۴) 135°

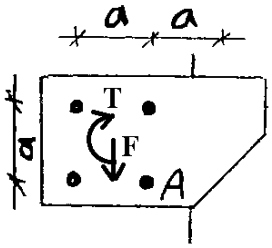




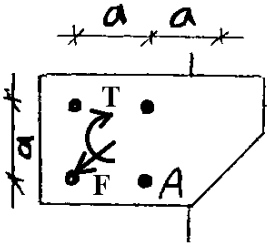
T=Fa/2



T= $\sqrt{2}$ F a



T=1.5Fa



T= 0.5$\sqrt{2}$ F a

گزینه ۱.

$$\left.\begin{aligned} F_{Ax}^{0} &= \frac{F}{4}-\frac{T}{4a}=\frac{F}{4}-\frac{\frac{Fa}{2}}{4a}=\frac{F}{8} \\ F_{Ay}^{0} &= 0-\frac{T}{4a}=-\frac{\frac{Fa}{2}}{4a}=-\frac{F}{8} \end{aligned}\right\} F^{0}=\frac{\sqrt{2}F}{8}$$

$$\left.\begin{aligned} F_{Ax}^{45} &= \frac{F\sqrt{2}}{8}-\frac{T}{4a}=\frac{F\sqrt{2}}{8}-\frac{\sqrt{2}Fa}{4a}=-\frac{\sqrt{2}F}{8} \\ F_{Ay}^{45} &= -\frac{F\sqrt{2}}{8}-\frac{T}{4a}=-\frac{F\sqrt{2}}{8}-\frac{\sqrt{2}Fa}{4a}=-\frac{3\sqrt{2}F}{8} \end{aligned}\right\} F^{45}=\frac{2\sqrt{5}F}{8}$$

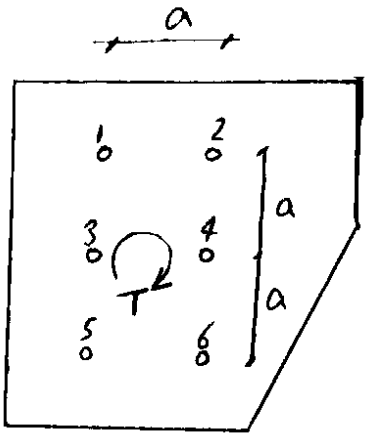
$$\left.\begin{aligned} F_{Ax}^{90} &= 0-\frac{T}{4a}=-\frac{1.5Fa}{4a}=-\frac{3F}{8} \\ F_{Ay}^{90} &= -\frac{F}{4}-\frac{T}{4a}=\frac{-F}{4}-\frac{1.5Fa}{4a}=\frac{-5F}{8} \end{aligned}\right\} F^{90}=\frac{\sqrt{34}F}{8}$$

$$\left.\begin{aligned} F_{Ax}^{135} &= -\frac{F\sqrt{2}}{8}-\frac{T}{4a}=-\frac{F\sqrt{2}}{8}-\frac{0.5\sqrt{2}Fa}{4a}=-\frac{\sqrt{2}F}{4} \\ F_{Ay}^{135} &= -\frac{F\sqrt{2}}{8}-\frac{T}{4a}=-\frac{F\sqrt{2}}{8}-\frac{0.5\sqrt{2}Fa}{4a}=-\frac{\sqrt{2}F}{4} \end{aligned}\right\} F^{135}=\frac{4F}{8}$$

تالیفی (حسین زاده – آزمون ۹۱)

در اتصال روبرو پیچ بحرانی کدام است؟

جنس پیچها متفاوت است به طوریکه تنش مقاوم نهایی (Fu) پیچهای ۵، ۶، ۲ و ۱ سه برابر تنش نهایی پیچهای ۳ و ۴ می باشد. قطر بولت ها یکسان است.



۱)پیچهای ۲، ۴ و ۶ **۲) پیچهای ۳ و ۴**

۳) پیچهای ۶، ۵، ۲، و ۱ **۴) پیچهای ۲ و ۶**

سراسری ۹۲

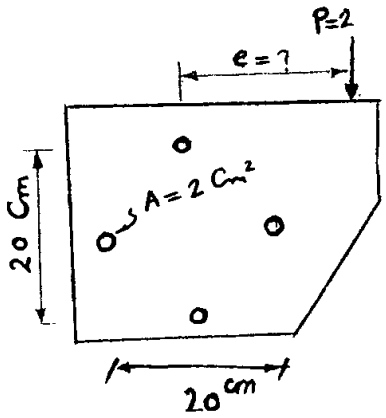
۱۱۲- در اتصال زیر، از چهار پیچ پر مقاومت با مساحت هر یک $A = 2cm^2$ و تنش مجاز برشی $2800 \frac{kg}{cm^2}$ استفاده شده است. حداکثر خروج از مرکزیت مجاز بار $P = 2ton$، به کدام یک از گزینه‌های زیر بر حسب سانتی‌متر نزدیکتر است؟

۱) ۱۰۰

۲) ۱۱۵

۳) ۱۳۰

۴) ۹۰



گزینه ۱.

نیروی برشی در بولت بحرانی برابر است با:

$$\left.\begin{matrix} T = Pe = 2000e \\ V = 2000 \end{matrix}\right\} \rightarrow F_{bolt} = \frac{V}{4} + \frac{T}{4 \times 10} = \frac{2000}{4} + \frac{2000e}{40} = 500 + 50e$$

تنش در بولت بحرانی برابر است با:

$$f_{bolt} = \frac{500}{2} + \frac{50e}{2} = 250 + 25e \leq 2800 \rightarrow e \leq 102\ cm$$

۹- اتصالات

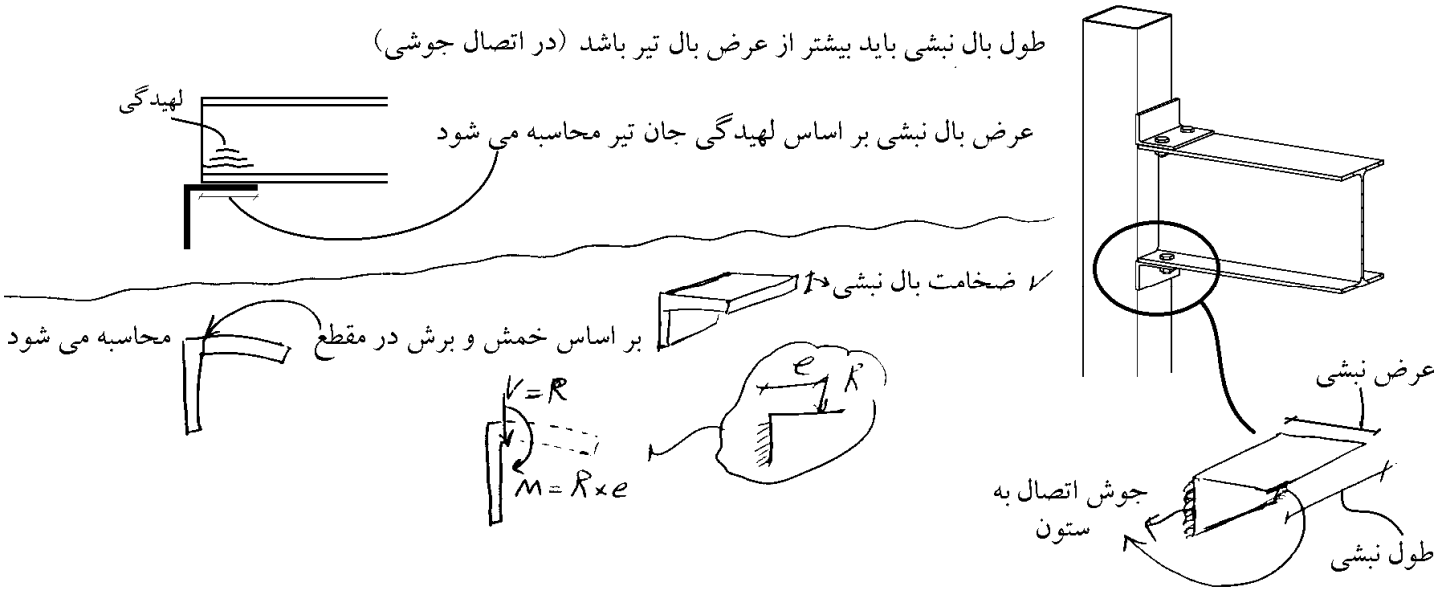
انواع اتصال:

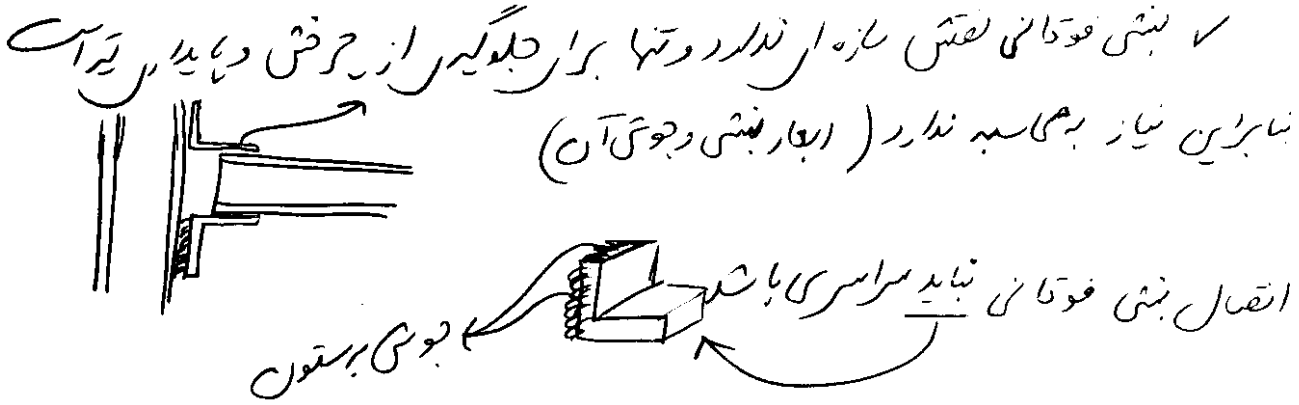
۱- صلب

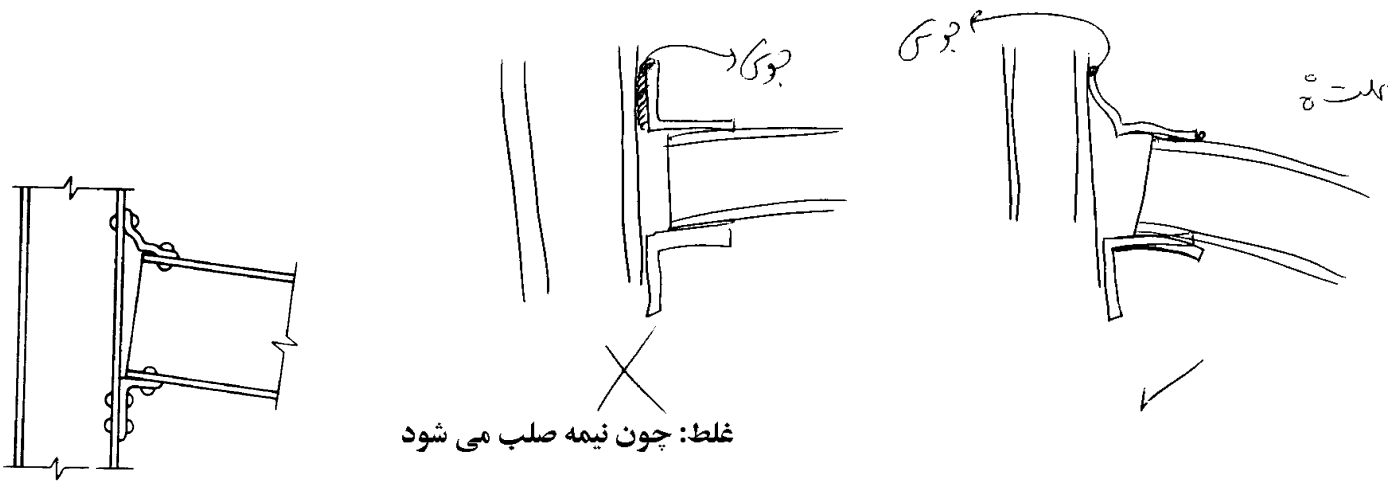
۲- نیمه صلب

۳- ساده (مفصلی)

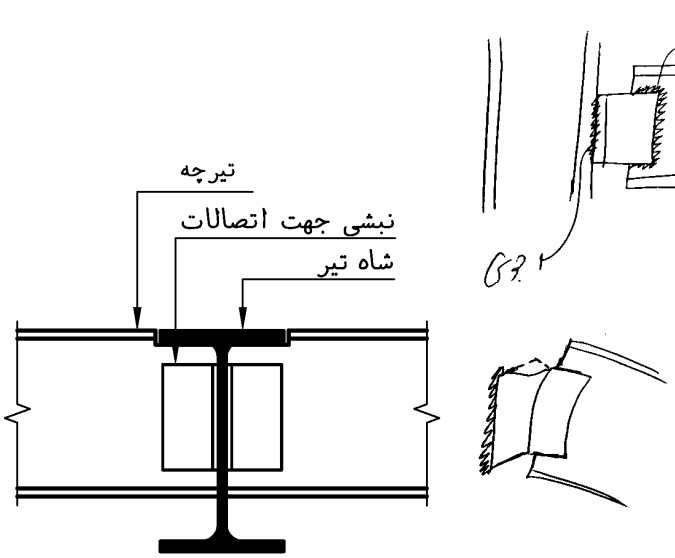
۱- اتصال با نبشی نشیمن (مفصلی)

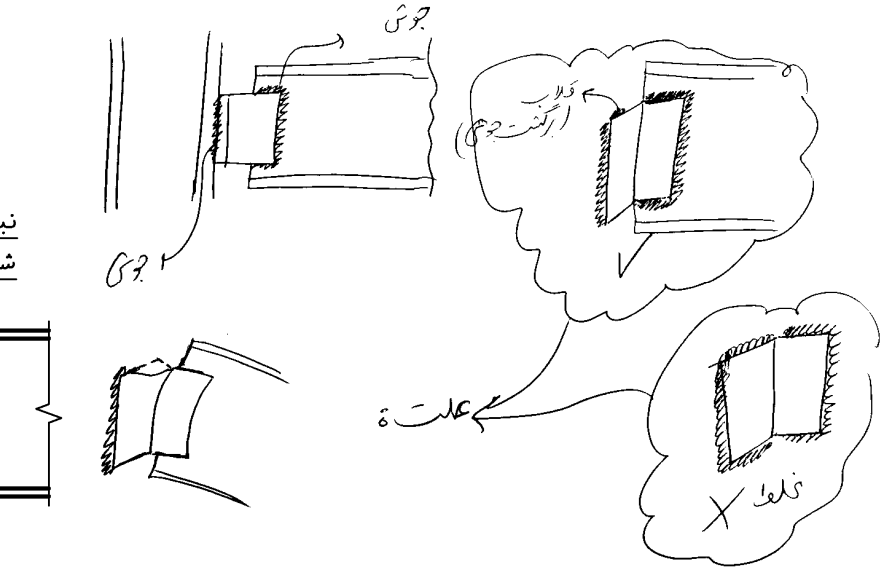


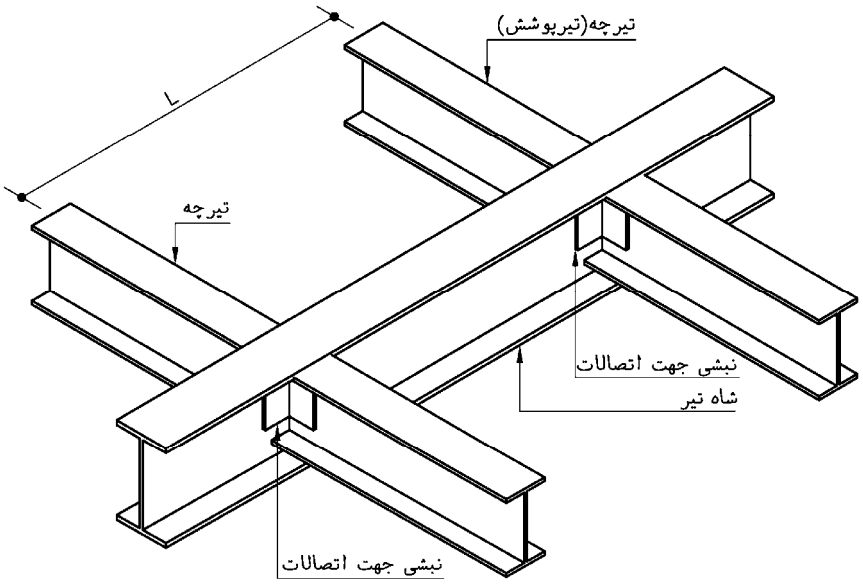




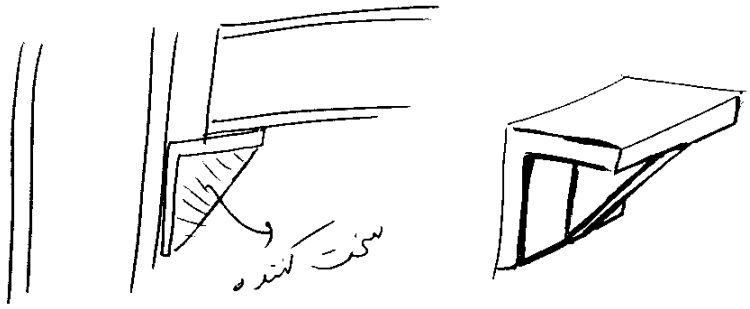
۲- اتصال با نبشی جان (مفصلی)

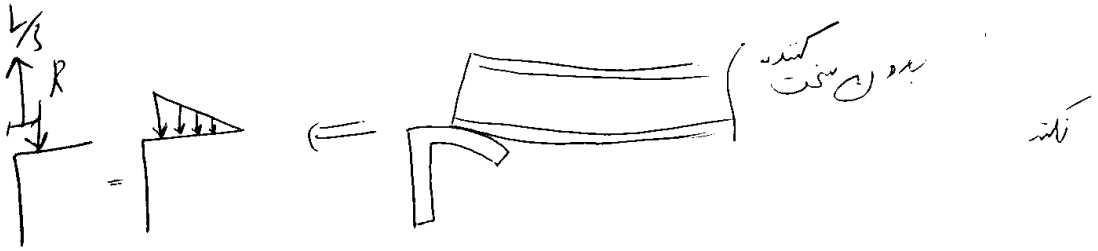


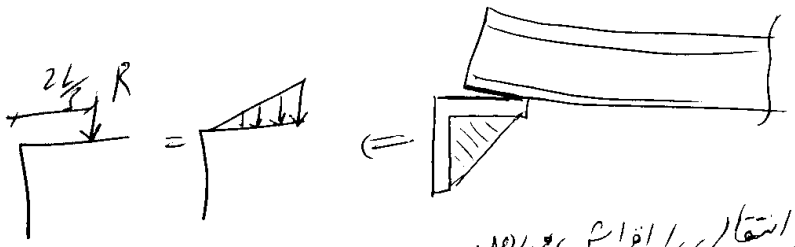




۳- اتصال با نبشی نشیمن با سخت کننده (مفصلی)

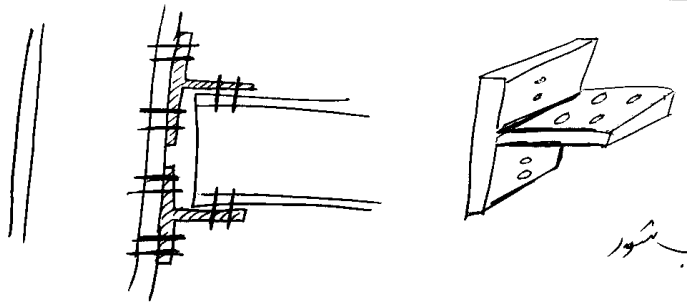


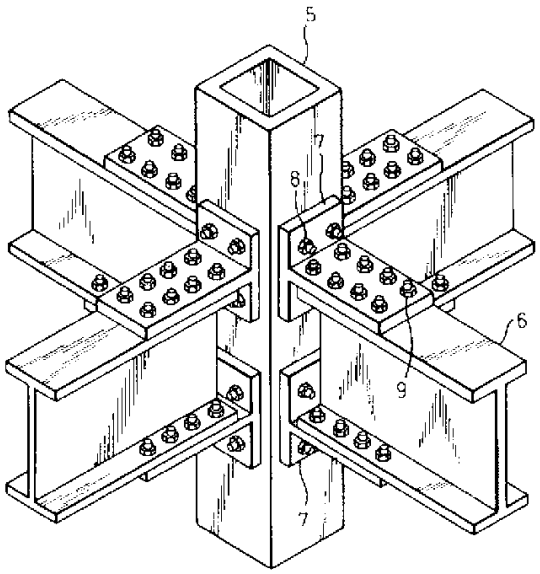




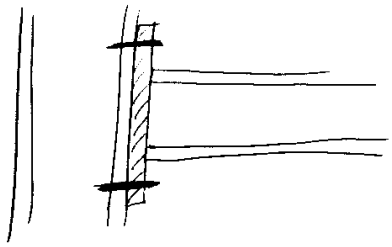
زجور سخت کننده لنگر انتقال را افزایش می دهد.

۴- اتصال با سپری بال





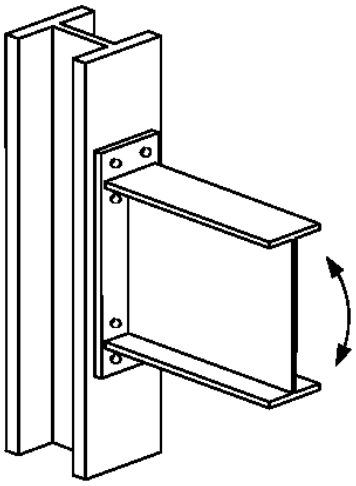
۵- اتصال با صفحه انتهایی

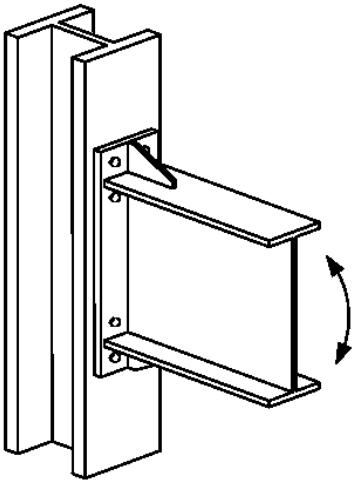


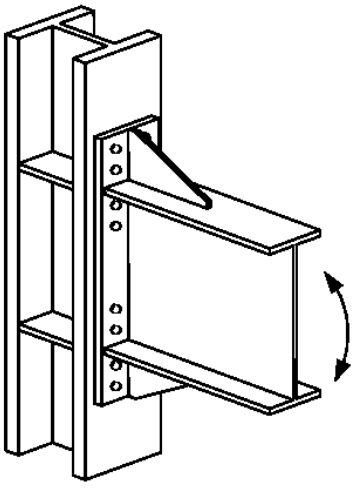
اتصال با صفحه انتهایی

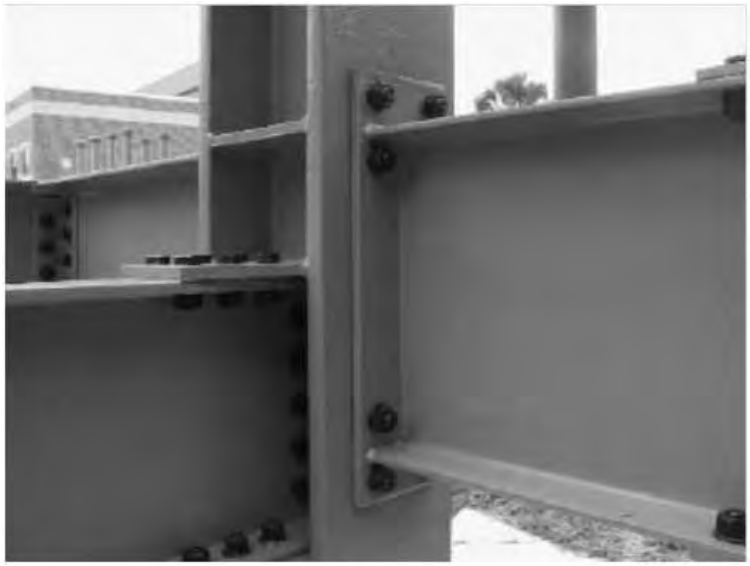
ابتدا یک صفحه انتهایی را به تیر جوش می‌دهند و سپس صفحه را به ستون پیچ می‌کنند

بسته به تعداد ردیف پیچ که صلب یا نیمه صلب است (معمولاً صلب فرض می‌شود)

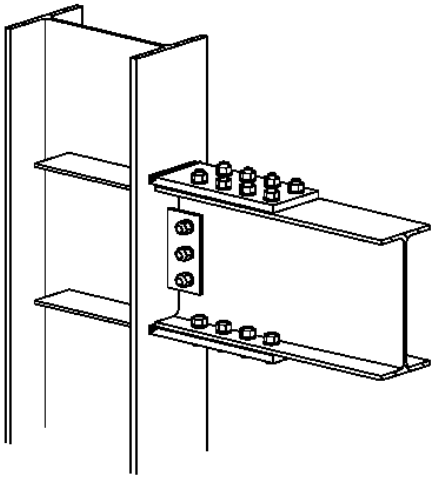


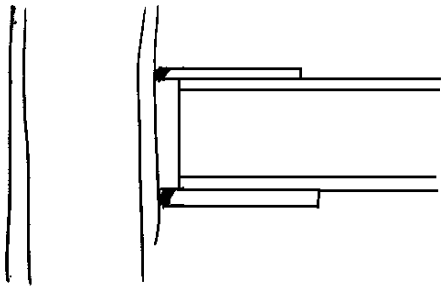


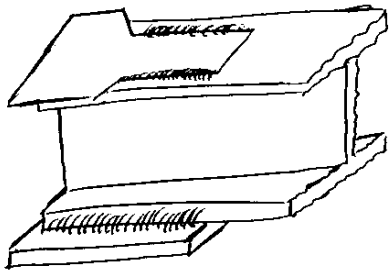




۶- اتصال گیردار با ورق روسری و زیرسری

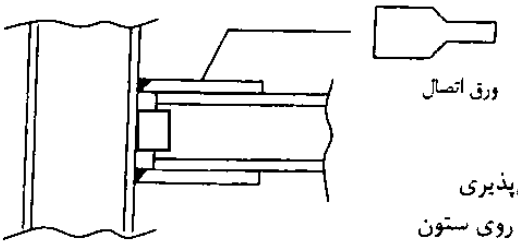






تالیفی (حسین زاده –آزمون ماهان ۸۸)

۱۱۹-در اتصال گیردار تیر به ستون علت کاهش دادن مقطع ورق اتصال بالایی تیر به ستون چیست؟

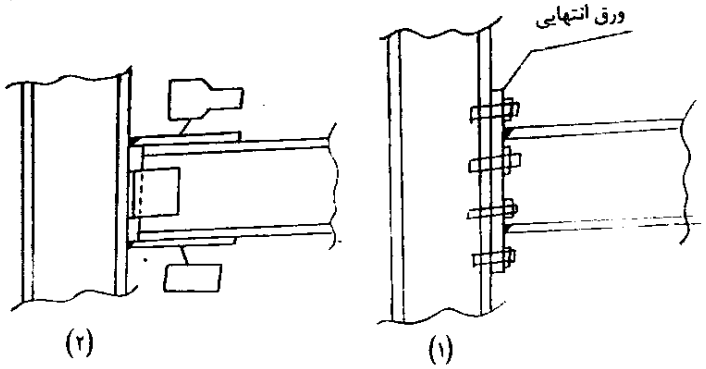


۱) سادگی اجرای اتصال
۲) صرفه‌جویی در مصالح
۳) دور کردن محل خرابی اتصال از جوش اتصال ورق به بال ستون و افزایش شکل‌پذیری
۴) افزایش مقاومت ورق اتصال از طریق رفتار قوسی شکل ورق و توزیع بهتر بار بر روی ستون

گزینه ۳

تالیفی (حسین زاده –آزمون ماهان ۸۸)

۱۱۱- در اتصال نوع ۱ در شکل زیر، تیر به یک ورق انتهایی جوش شده است و سپس ورق انتهایی توسط پیچ به ستون وصل شده **است. کدام عبارت صحیح است؟**



۱) صلبیت خمشی و شکل‌پذیری اتصال نوع ۱ بیشتر است.
۲) صلبیت خمشی و شکل‌پذیری اتصال نوع ۲ بیشتر است.
۳) صلبیت خمشی اتصال نوع ۱ بیشتر است ولی شکل پذیری آن کمتر است.
۴) صلبیت خمشی اتصال نوع ۲ بیشتر است ولی شکل‌پذیری آن کمتر است.

گزینه ۴

مبنای طراحی ابعاد (طول، عرض و ضخامت) پایهٔ افقی (بال افقی) نبشی نشیمن در اتصال مفصلی (ساده) تیر به ستون چیست؟ (مراجعه‌ی ۷۴)

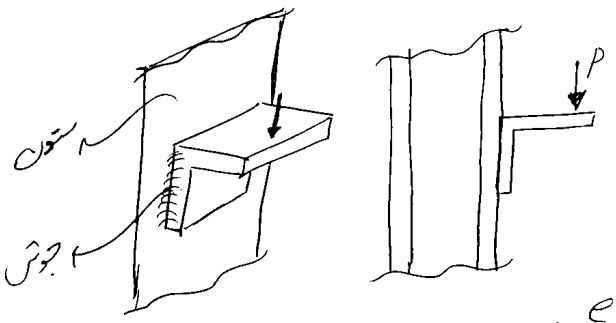
۱) لهیدگی یا جاری‌شدن جان تیر

۲) کنترل برش در پایهٔ افقی

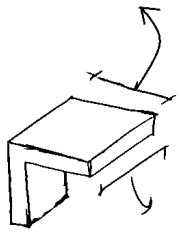
۳) کنترل خمش در مقطع بحرانی پایهٔ افقی

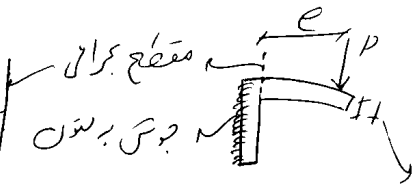
۴) هر سه مورد

گزینه ۴



این عرض اگر کوچک باشد، به علت تمرکز بار، جان تیر لهیده می شود





بر اساس خمش و برش در مقطع بحرانی تعیین می شود

ضخامت t باید آنقدر زیاد باشد تا بتواند $M = P.e$ را تحمل کند

ضخامت t باید آنقدر باشد تا بتواند $V = P$ را تحمل کند.

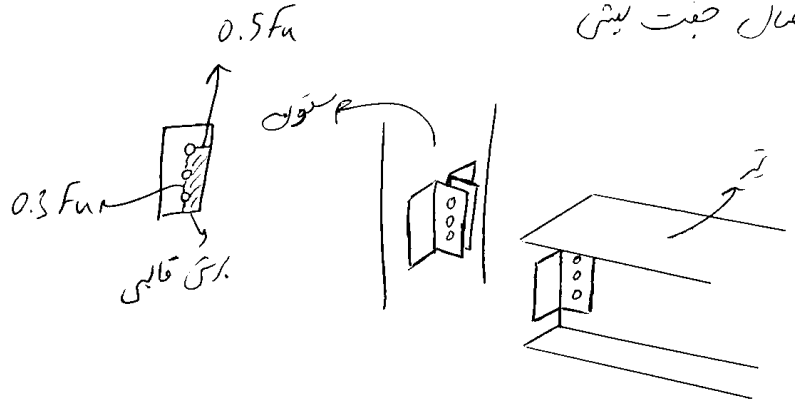
این طول باید حداقل 5cm بزرگتر از عرض تیر باشد

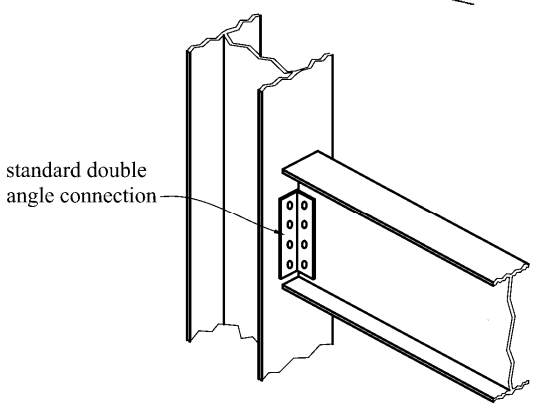
در اتصال مفصلی جفت نبشی تیر به ستون اگر اتصال نبشی به تیر پیچی باشد برش در راستای سوراخ پیچ‌ها در نبشی با تنش مجاز زیر کنترل می‌گردد. (آزاد ۸۵)

۱) $0.3F_u$ ۲) $0.6F_y$ ۳) $0.4F_y$ ۴) برش چک نمی‌شود

گزینه ۱

اتصال جفت نبشی





. در مورد اتصال ساده تیر به تیر، با جفت نبشی جان کدام‌یک از حالت‌های زیر طریقهٔ صحیح جوشکاری را مشخص می‌کند؟

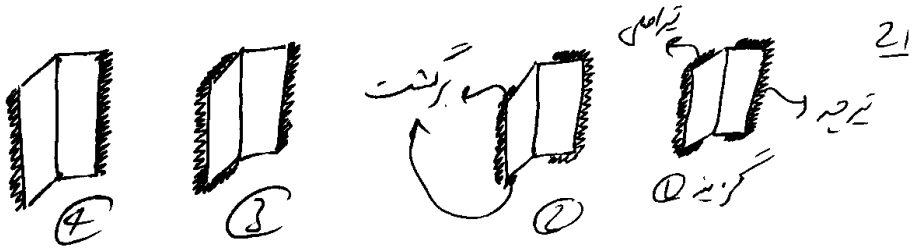
(نظام مهندسی)

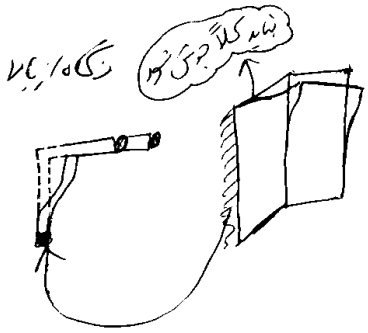
۱) دور تا دور نبشی روی تیرچه و تیر اصلی

۲) روی تیرچه دور تا دور و روی تیر اصلی فقط دو خط قائم با دو برگشت

۳) روی تیرچه دو خط قائم و روی تیر اصلی دور تا دور

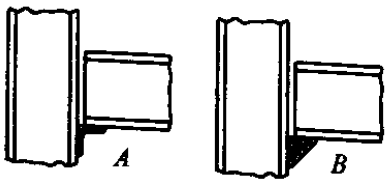
۴) روی تیرچه دو خط قائم و روی تیر اصلی دو خط قائم





. برای تکیه‌گاه سادهٔ یک تیر فولادی دو شکل A و B مطرح شده است. در مورد لنگر خمشی وارده به ستون کدام گزینه صحیح است؟

(آزاد ۷۸ و نظام مهندسی)



۱) لنگر وارده به ستون در حالت B بیشتر است.

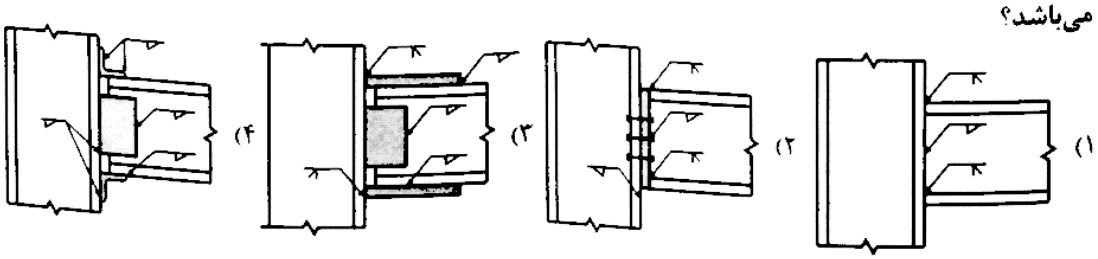
۲) لنگر وارده به ستون در هر دو حالت مساوی است.

۳) لنگر وارده به ستون در حالت A بیشتر است.

۴) چون تکیه‌گاه ساده است به ستون لنگری وارد نمی‌شود.

۲۵- کدام‌یک از اتصالات تیر به ستون زیر شکل‌پذیری و مقاومت بیشتری را برای اتصال صلب دارا می‌باشد؟

(صراسری ۷۷)



پاسخ: گزینه ۳

گزینه ۱ ترد شکن است و از نظر آیین نامه مجاز نیست (چون شکست آن از ناحیه جوش اتصال به ستون خواهد بود)

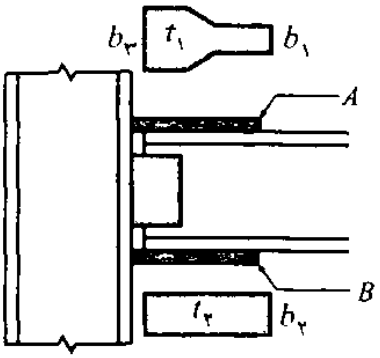
گزینه ۲ شکل پذیراست ولی یک اتصال نیمه صلب است. اگر علاوه بر پیچ های میانی در بالای بال فوقانی و نیز زیر بال پایین نیز پیچ داشتیم، صلب محسوب می شود و پاسخ می بود.

گزینه ۳ از شکل پذیری و مقاومت خوبی برخوردار است.

گزینه ۴ یک اتصال مفصلی می باشد.

در طرح اتصال صلب تیر به ستون یک قاب خمشی معمولی از مقاومت نهایی تیر استفاده شده است.

اگر t_1 و t_2 ضخامت ورق‌های A و B باشند، کدام مورد صحیح است؟ (آزاد ۷۸ و نظام مهندسی)



۱) $t_1 b_1 > t_2 b_2$

۲) $t_1 b_1 = t_2 b_2$

۳) $t_1 b_3 < t_2 b_2$

۴) $t_1 b_3 = t_2 b_2$

26 ورق A ← یک عضو کششی است که نیروی F را از تیر دارد پس

$$\text{نیروی وارد بر ورق A} = \frac{M}{d}$$

(لنگر وارد بر تیر / ارتفاع تیر)

$$\rightarrow \frac{F}{b_1 t_1} < 0.6 F_y \rightarrow \frac{M/d}{b_1 t_1} < 0.6 F_y$$

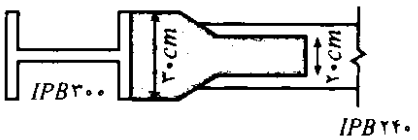
(سطح مقطع ورق)

ورق 2 ←

$$\frac{M/d}{b_2 t_2} < 0.6 F_y$$

با مقایسه دو رابطه فوق ← $b_1 t_1 = b_2 t_2$

در اتصال صلب تیر به ستون شکل زیر لنگر انتهای تیر $M = ۱۲\ ton\cdot m$ و عکس‌العمل تیر به ستون $R = ۱۸\ ton$ می‌باشد. با توجه به اینکه $F_y = ۲۴۰۰\ kg/cm^2$، ضخامت ورق گیردار برابر است با: (آزاد ۷۸)



۱) $۲\ cm$

۲) $۲/۵\ cm$

۳) $۳\ cm$

۴) $۱/۸\ cm$

27 نکته: ورق 2 ی بالای و پایین تنها لنگر را منتقل می‌کند و برش توسط ورق جان منتقل می‌شود بنابراین در این مسئله نیازی به $R = 18$ ها نداریم

$$\text{نیروی وارد بر ورق } F = \frac{1200000}{24} = 50000\ kg \Rightarrow \frac{50000}{(20 \times t)} \leqslant 0.6 \times 2400$$

(ارتفاع تیر / سطح مقطع ورق)

$$\rightarrow t \geqslant 1.736\ cm$$

گزینه 4 صحیح است

در شکل فوق حداقل تنش کششی در جوش نفوذی بین ورق و ستون برابر است با: (آزاد ۷۸)

۱) $۹۵۷\ kg/cm^2$ ۲) $۷۵۹\ kg/cm^2$

۳) $۶۵۳\ kg/cm^2$ ۴) $۹۲۵\ kg/cm^2$

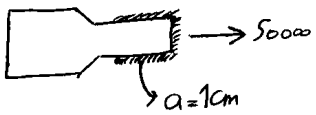
$\sigma = \frac{50000}{1.8 \times 30} = 925.92$ گزینه 4 28

در شکل فوق چنانچه ساق جوش cm ۱ باشد، طول جوش ورق به بال تیر برابر است با: (آزاد ۷۸)

(ارزش جوش: a ۶۷۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر، a ساق جوش است.)

۱) $۴۰\ cm$ ۲) $۴۵\ cm$ ۳) $۵۰\ cm$ ۴) $۷۵\ cm$

$50000 = L \times 670 \times 1 \rightarrow L = 74.62cm$ گزینه 4 29



سراسری ۹۲

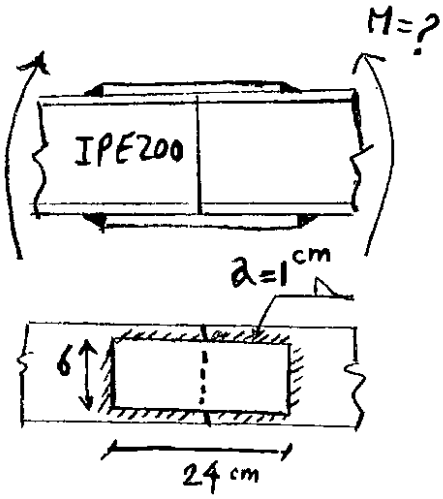
۱۰۹- شکل زیر، وصله‌ی دو تیر با نیم‌رخ IPE۲۰۰ را نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن خرابی جوش‌ها، حداکثر لنگر خمشی قابل انتقال بین دو نیمرخ چند تن متر است؟ جوش مورد استفاده گوشه و ارزش جوش را a۶۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر در نظر بگیرید (a بعد جوش برابر با ۱ سانتی‌متر است.)

۱) ۵٫۸

۲) ۳٫۹

۳) ۱٫۹

۴) ۷٫۸

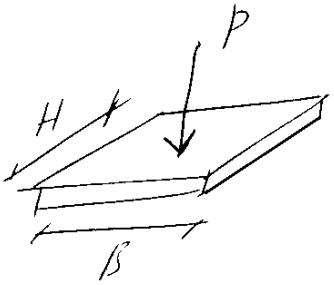


گزینه ۲.

لنگر M از طریق یک کوپل نیرو در بال بالا و پایین تیر و توسط جوش منتقل می شود. پس لنگر قابل انتقال برابر است با:

$$M = Fd = [650 \times (12 + 12 + 6)] \times 20 = 390000\ kg.cm = 3.9\ t.m$$

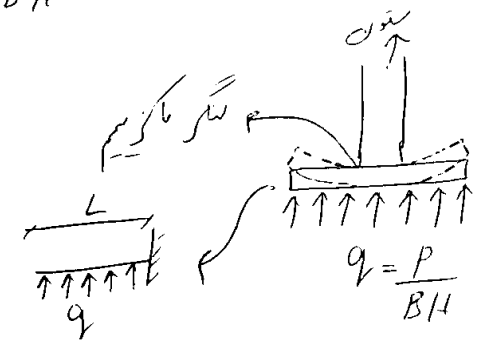
۱۰- ورق پای ستون (Base plate)



: Baseplate

① تعیین H, B ← اگر کوچک باشند بتن زیر آن خراب می‌شود

تنش بازدارندگی بتن > $\frac{P}{BH}$



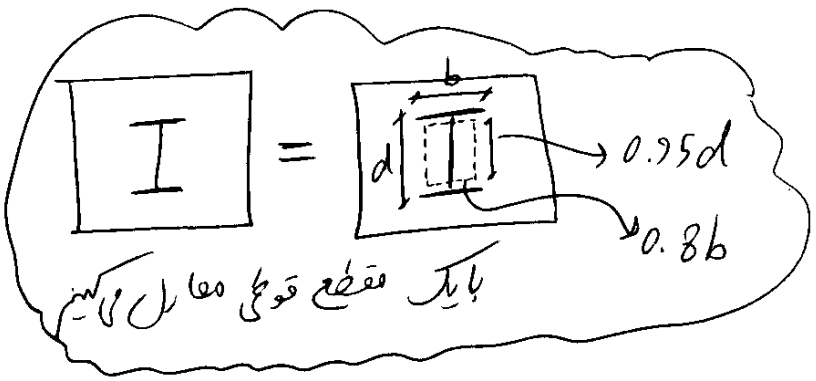
② تعیین t

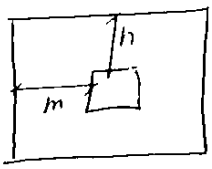
$$\left(M=\frac{qL^2}{2}\right)\leq\left[\left(S=\frac{t^2}{6}\right)0.75\times F_y\right]\Rightarrow t^2\geq\frac{3qL^2}{0.75F_y}\rightarrow t\geq L\sqrt{\frac{3q}{0.75F_y}}$$

:LRFD

$$\left[M_u=\frac{q_uL^2}{2}\right]\leq\left[0.9\,ZF_y=0.9\frac{t^2}{4}F_y\right]\quad\rightarrow t^2\geq\frac{2q_uL^2}{0.9F_y}\quad\rightarrow t\geq L\sqrt{\frac{2q_u}{0.9F_y}}$$

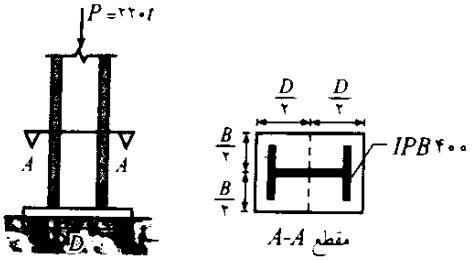
دقت شود که علاوه بر کنترل خمش، تنش برشی نیز باید کنترل گردد که عمدتا تعیین کننده نیست، مگر برای بتن های با مقاومت بالا در پی که استفاده از چنین بتن هایی در پی مرسوم نیست. بنابراین عملا تنها خمش را کنترل می کنیم.





$L=\text{Max}(m,h)$

با توجه به شکل، کدام‌یک از ابعاد زیر برای صفحهٔ زیر ستون، مناسب‌تر است؟ (هراضی ۸۱)



تنش مجاز فشاری بتن: $۸۰\ kg/cm^2$

تنش جاری‌شدن فولاد: $۳۰۰۰\ kg/cm^2$

تنش نهایی فولاد: $۵۰۰۰\ kg/cm^2$

$$IPB۴۰۰ \begin{cases} A = ۱۹۸\ cm^2 \\ b_f = ۳۰۰\ mm \\ H = ۴۰۰\ mm \end{cases}$$

۱) $۶۰\times۵۰\times۲/۵\ cm(D\times B\times t)$

۲) $۵۰\times۴۵\times۲/۰\ cm(D\times B\times t)$

۳) $۵۰\times۶۰\times۳/۰\ cm(D\times B\times t)$

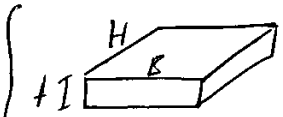
۴) $۶۰\times۵۰\times۴/۰\ cm(D\times B\times t)$

۱

B,H براساس مقاومت بتن زیر ورق تعیین می‌شود

(اگر مساحت B×H از یک حدی کمتر شود بتن می‌خراب می‌شود)

+ اگر از یک حدی کمتر شود ورق تحت اثر خمش خراب می‌شود



تنش مجاز بتن

$\frac{220000}{B\times H} < 80 \rightarrow B\times H > 2750 \rightarrow$ گزینه $\begin{cases} 60\times 50 = 3000 \\ 50\times 45 = 2250 \end{cases}$

فشار وارده بر بتن

بنابراین 60×50 باید انتخاب شود

با توجه به اینکه باید $B < D$ باشد پاسخ یا گزینه ① است یا گزینه ④

محاسبه t

$$n = \frac{50 - 0.8\times 30}{2} = 13$$

$$m = \frac{60 - 0.95\times 40}{2} = 11$$

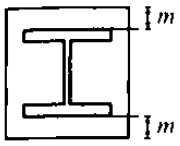
$$\rightarrow \frac{\left(\frac{P}{B\times D}\right)n^2}{2} < \frac{t^2}{6}\times(0.75\times 3000)$$

$$M < S \times F_b$$

$$\rightarrow \frac{220000}{2\times 50\times 60}\times 13^2 < \frac{t^2}{6}\times 2250 \rightarrow t > 4.065\ cm \rightarrow$$ گزینه ④

برای محاسبهٔ ضخامت ورق کفستون‌هایی که تنها نیروی محوری تحمل می‌نمایند کدام‌یک از روابط زیر به‌کار می‌رود؟ (توزیع تنش در زیر ورق پایه یکنواخت فرض شده است.) (سراسری ۷۵ و ۷۲)

ضخامت ورق $= t$، تنش خمشی مجاز فولاد $= F_b$، تنش فشاری مجاز بتن $= \sigma$



۱) $t = \sqrt{\frac{۳F_b m^۲}{\sigma}}$

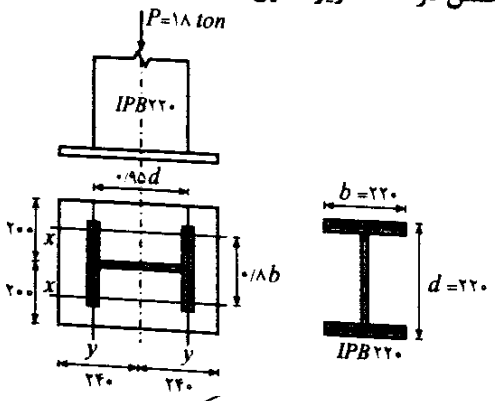
۲) $t = ۳\sqrt{\frac{mF_b}{\sigma}}$

۳) $t = ۳\sqrt{\frac{m\sigma}{F_b}}$

۴) $t = m\sqrt{\frac{۳\sigma}{F_b}}$

$$\frac{\sigma \times m^2}{2} < \frac{t^2}{6} \times F_b \rightarrow t > \sqrt{\frac{3m^2\sigma}{F_b}} = m\sqrt{\frac{3\sigma}{F_b}}$$

ضخامت مناسب کف ستون در شکل زیر چیست؟ تنش خمشی مجاز ورق را $F_b = ۱۷۵۰\ kg/cm^۲$ بگیرید. محورهای x و y محورهای بحرانی کنترل خمش در صفحهٔ زیر ستون هستند. (سراسری ۷۸)



۱) $t = ۲۰\ mm$

۲) $t = ۱۵\ mm$

۳) $t = ۱۰\ mm$

۴) $t = ۲۵\ mm$

2 ← چون ضخامت خواسته شده خمش در ورق را بررسی کنیم

$$m = \frac{40 - 0.8 \times 22}{2} = 11.2$$

$$n = \frac{48 - 0.95 \times 22}{2} = 13.55$$

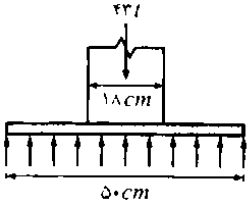
$$\rightarrow \frac{\overbrace{\left(\frac{18000}{40 \times 48}\right)}^{q} \times \overbrace{13.55^2}^{l^2}}{2} < \frac{t^2}{6} \times 1750$$

$$M < S' \times F_b$$

$$\rightarrow t \geq 1.71\ cm \rightarrow \text{گزینه ۱}$$

تمرین:

حداقل ضخامت لازم برای ورق کفستون نشان داده شده در شکل زیر چقدر می‌باشد؟ $F_y = ۲۴۰۰\ kg/cm^۲$ و ستون و کفستون مربع شکل در نظر گرفته شود. (آزاد ۸۰ و نظام مهندسی)



۱) ۳ سانتی‌متر

۲) ۱۰ سانتی‌متر

۳) ۶ سانتی‌متر

۴) ۱۲ سانتی‌متر

۴

$$\frac{\left(\frac{43000}{50 \times 50}\right) \times 16^2}{2} < \frac{t^2}{6} \times 0.75 \times 2400 \rightarrow t > 2.709\ cm$$

گزینه ۲

تمرین:

چنانچه بر اثر بار فشاری وارده بر صفحهٔ زیر ستون به ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی‌متر، فشار زیر صفحه برابر $q_a = ۱\,kg/cm^۲$ شود حداقل ضخامت صفحهٔ زیر ستون برابر خواهد بود با:
(ستون $INP۲۰۰$ ، $b_f = ۹\,cm$ ، $d = ۲۰\,cm$ و $F_b = ۱۸۰۰\,kg/cm^۲$) (آزاد ۸۰)

۱) $۵/۱\,mm$ ۲) $۵/۳\,mm$ ۳) $۶/۱\,mm$ ۴) $۶/۳\,mm$

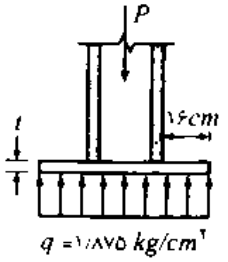
۵

$$m = \frac{50 - 0.8\times 9}{2} = 21.4 \longrightarrow \frac{1\times 21.4^2}{2} < \frac{t^2}{6}\times 1800$$

$$\longrightarrow t > 0.87\,cm \searrow$$ در گزینه‌ها ۱cm است ✓

تمرین:

چنانچه حداکثر فشار صفحهٔ زیر ستون $q = ۱/۸۷۵\,kg/cm^۲$ باشد، حداقل ضخامت صفحه برابر است با: ($F_y = ۲۴۰۰\,kg/cm^۲$) (آزاد ۷۹)



۱) $t = ۱\,cm$
۲) $t = ۰/۸\,cm$
۳) $t = ۱/۲\,cm$
۴) $t = ۱/۵\,cm$

$$\frac{1.875\times 16^2}{2} < \frac{t^2}{6}\times 0.75\times 2400 \longrightarrow t > 0.89\,cm \longrightarrow t = 1cm$$ ۶

صفحه کف‌ستون‌ها بر چه اساسی تعیین می‌شوند؟ (آزاد ۷۸)

۱) برش کف‌ستون
۲) خمش کف‌ستون
۳) تنش فشاری ستون
۴) تنش فشاری بتن زیر کف‌ستون

ابعاد B و H بر اساس گزینه ۴ و ضخامت صفحه بر اساس گزینه های ۱ و ۲ تعیین می شود. بنابراین گزینه های ۲ و ۴ صحیح است. احتمالا منظور طراح از صفحه، ابعاد افقی آن بوده نه ضخامت آن (گزینه ۴).

در یک کف‌ستون چنانچه نیروی فشاری ستون برابر ۱۱۲/۵ تن باشد، ابعاد صفحهٔ کف‌ستون برابر است با: (نیمرخ ستون $IPB۲۰۰$ ، حداکثر تنش مجاز بین بتن و صفحه $۵۳\,kg/cm^۲$ و $F_y = ۲۴۰۰\,kg/cm^۲$ و $F_b = ۰/۷۵\,F_y$). (آزاد ۷۸)

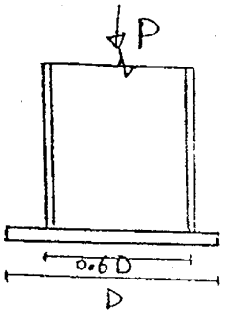
۱) ۵۵×۵۵ ۲) ۳۲×۳۲ ۳) ۶۰×۶۰ ۴) ۴۶×۴۶

$$\frac{112500}{B\times H} < 53 \longrightarrow B\times H > 2122.6 \searrow$$ ۸

$$\longrightarrow \text{if } B=H \longrightarrow B = \sqrt{2122.6} = 46.07$$

آزاد ۸۹

۱۳۰- در کف ستون مربعی شکل زیر چنانچه ابعاد کف ستون α برابر شوند (بدون تغییر ابعاد ستون) ضخامت لازم برای ورق کف ستون چند برابر می‌شود؟



۱) $\frac{a(a-0.6)}{0.4}$

۲) $\frac{a-0.6}{0.4}$

۳) $\frac{a-0.6}{0.4a}$

۴) $\frac{a-0.3}{0.7}$

گزینه ۳:

اگر به جای اینکه نیروی P را در سوال مشخص کند، در صورت سوال عنوان می شد که تنش مجاز فشاری بتن برابر q است، گزینه ۲ صحیح می بود.

۱۱- تیرورق ها

- در مقایسه با تیرهای عادی: $I_x>>I_y$، و برای افزایش هرچه بیشتر I_x ارتفاع جان را افزایش می‌دهند و احتمال انواع کمانش‌ها به ویژه کمانش‌های مربوط به جان افزایش می‌یابد

۱۱-۱- انواع کمانش‌ها

۱- کمانش پیچشی-جانبی (lateral-torsional buckling)

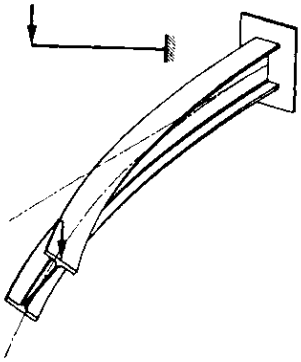


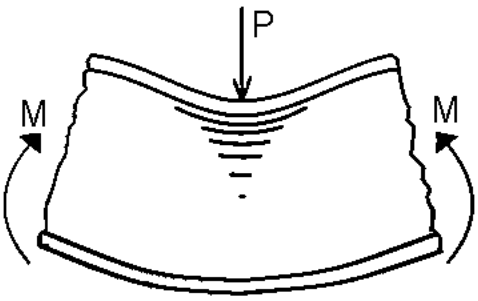
Figure 2.13 Lateral torsional buckling of a cantilever

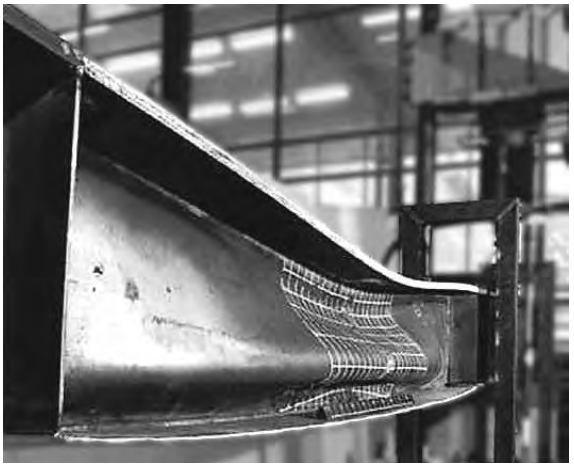
- وقوع آن ممنوع نیست.
- سخت کننده عرضی تاثیری در جلوگیری از آن ندارد.
- تاثیر وقوع: کاهش تنش مجاز خمشی.

۲- کمانش موضعی بال فشاری و کمانش موضعی جان (local buckling)

- وقوع آن ممنوع نیست.
- تاثیر وقوع: کاهش تنش مجاز خمشی.
- سخت کننده عرضی تاثیری در جلوگیری از آن ندارد.
- راه حل: بال و جان تیر فشرده باشد(یعنی نازک نباشد و نسبت عرض بال به ضخامت آن از حد مشخصی کمتر نباشد)

۳-کمانش قائم بال فشاری یا کمانش عمودی ورق جان (Vertical flange buckling)





- فرض کنیم بال بالایی تیر تحت اثر لنگر + بار متمرکز قرار دارد. این بال به جان تیر فشار قائم وارد می‌کند (مایل است به سمت پایین حرکت کند که جان جلوی آن را می‌گیرد)
- در نقاطی اتفاق می‌افتد که لنگر بسیار بالایی داشته باشیم . وجود بار متمرکز آنرا تشدید می کند.
- وقوع آن مجاز نیست.
- راه حل: جان تیر از یک حد مشخصی نازک تر نباشد:

۱۰-۲-۵-۱۳ تناسبات ابعادی مقطع اعضای خمشی

در اعضای با مقطع I شکل با جان لاغر باید محدودیت‌های زیر نیز رعایت شوند.

برای $\frac{a}{h} \le 1/5$: $(\frac{h}{t_w})_{max} = 12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ برای $\frac{a}{h} > 1/5$ $(\frac{h}{t_w})_{max} = 0/4\frac{E}{F_y}$

- برای افزایش بار کمانشی (کاهش احتمال کمانش): ↓ تنش پسماند $F_y \downarrow$, $\frac{h}{t_w} \downarrow$, $\upsilon \uparrow$, $E \uparrow$
- در تیرهای با F_y=2400، وجود سخت کننده عرضی تاثیر کمی در جلوگیری از کمانش عمودی ورق جان دارد
- اعداد فوق حداکثر مقدار مجاز $\frac{h}{t_w}$ برای تیر ورق است.

۴- کمانش خمشی ورق جان (Bend-Buckling of the web)

- قسمتی از جان تیرورق که تحت اثر فشار ناشی از *تنشهای خمشی* قرار دارد در راستای طولی تیر کمانش می‌کند.

- وقوع آن ممنوع نیست.

- تاثیر وقوع: کاهش تنش مجاز خمشی:

کمانش خمشی ورق جان رخ نمی‌دهد $\rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 5.7\sqrt{\frac{E}{F_y}} \xrightarrow{F_y=240} = 165$

کمانش خمشی ورق جان رخ می‌دهد: $\rightarrow \frac{h}{t_w} > 5.7\sqrt{\frac{E}{F_y}}$

۱۰-۲-۵-۵ مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع I شکل با یک یا دو محور تقارن با بالهای فشرده و غیرفشرده و جان لاغر حول محور قوی

مقاومت خمشی اسمی، M_n، این نوع اعضا باید برابر کوچکترین مقدار محاسبه شده بر اساس حالت‌های حدی تسلیم بال فشاری، کمانش پیچشی-جانبی، کمانش موضعی بال فشاری و تسلیم بال کششی در نظر گرفته شود.

الف) تسلیم بال فشاری

$$M_n=R_{pg}F_yS_{xc} \qquad (۱۰-۲-۵-۳۲)$$

که در آن:

F_y = تنش تسلیم فولاد

S_{xc} = اساس مقطع الاستیک نسبت به بال فشاری

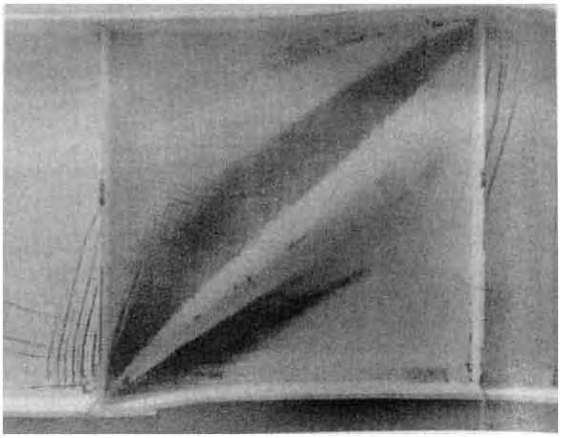
R_{pg} = ضریب تقلیل مقاومت خمشی مطابق رابطهٔ زیر:

$$R_{pg} = ۱ - \frac{a_w}{۱۲۰۰+۳۰۰a_w}\left(\frac{h_c}{t_w} - ۵/۷\sqrt{\frac{E}{F_y}}\right) \leq ۱/۰ \qquad (۱۰-۲-۵-۳۳)$$

- راه حل: ۱- از جان نازک استفاده نشود ($\frac{h}{t_w} < 165$) ۲- استفاده از سخت کننده طولی در جان تیرورق در میانه قسمت فشاری آن، تا جلوی کمانش آن را بگیرد (این راه حل در آیین نامه ایران ذکر نشده است و بیشتر برای تیرهای با فولاد با مقاومت بالا کارا می‌باشد).

- برای افزایش بار کمانشی (کاهش احتمال کمانش): $E \uparrow,\ \ \upsilon \uparrow,\ \frac{h}{t_w} \downarrow,\ \ F_y \downarrow$

۵- کمانش برشی یا قطری جان (Web shear buckling)



- علت آن نیروی برشی در تیرورق می‌باشد.
- وقوع آن ممنوع نیست.
- تاثیر وقوع: کاهش تنش مجاز برشی

در تیرورقهای بدون سخت کننده:

کمانش برشی جان رخ نمی‌دهد $\rightarrow \frac{h}{t_w} \le 1.1\sqrt{\frac{5E}{F_y}} \xrightarrow{F_y=240} = 71$

تنش مجاز برشی باید کاهش یابد $\frac{h}{t_w} > 1.1\sqrt{\frac{5E}{F_y}}$

دو روش برای محاسبه مقاومت برشی کاهش یافته داریم:

۱- استفاده از عمل میدان کششی که در آن فرض می‌شود پس از وقوع کمانش هنوز تیر قادر است به باربری ادامه دهد.

شرایط استفاده:

۱۰-۲-۶-۳ مقاومت برشی اعضا با توجه به عمل میدان کششی

در مواردی که قطعات سخت‌کننده عرضی مطابق الزامات بند ۱۰-۲-۶-۲-۲ در جان تیر تعبیه شود، می‌توان برای تعیین مقاومت برشی اسمی اعضا از عمل میدان کششی استفاده نمود.

۱۰-۲-۶-۳-۱ محدودیت‌های استفاده از عمل میدان کششی

به طور کلی استفاده از عمل میدان کششی برای حالت‌های زیر مجاز نمی‌باشد.

الف) در چشمه‌های دو انتهای تمامی اعضای دارای سخت‌کننده‌های عرضی

ب) در اعضایی که در آن $\frac{a}{h} > 3$ یا $\frac{a}{h} > [260/(h/t_w)]^2$ می‌باشد

پ) در اعضایی که $[2A_w/(A_{fc}/A_{ft})] > 2.5$ می‌باشد

ت) در اعضایی که $(h/b_{ft}) > 6$ یا $(h/b_{fc}) > 6$ می‌باشد

که در آن:

a، h و t_w در بند ۱۰-۲-۶-۲-۱ تعریف شده‌اند.

A_{fc} و A_{ft} = به ترتیب سطح مقطع بال فشاری و کششی

b_{fc} و b_{ft} = به ترتیب پهنای بال فشاری و کششی

۲- بدون استفاده از عمل میدان کششی: فرض می‌شود پس از کمانش تیر قادر نیست به باربری ادامه دهد (محافظه کارانه)

$$F_V = 0.6F_yA_wC_V$$

- راه حل:

۱- کاهش $(\frac{h}{t_w})$ ۲- استفاده از سخت کننده عرضی در جان تیرورق و کاهش فواصل آنها

- برای افزایش تنش مجاز برشی: $F_y \uparrow$ ، $\frac{a}{h} \downarrow$ ، $\frac{h}{t_w} \downarrow$

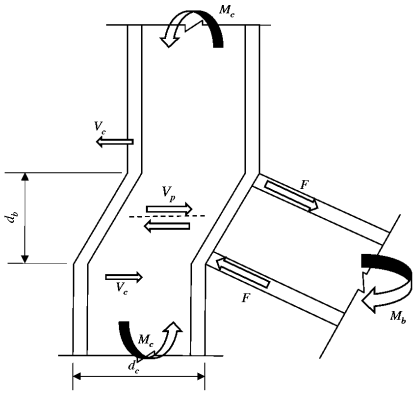
- وجود سخت کننده عرضی زمانی مفید است که جان تیر نازک باشد $(\frac{h}{t_w} > 71)$ و برای تیرهایی که $(\frac{h}{t_w} < 71)$ افزودن سخت کننده عرضی تنش مجاز برشی را افزایش نمی‌دهد.

- اگر $(\frac{h}{t_w} > 260)$ باشد وجود سخت کننده عرضی الزامی است.

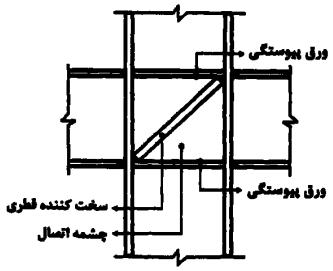
- سخت کننده ها باید به بال فشاری جوش شوند.

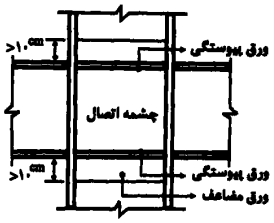
۱۱-۲- ناحیه اتصال (panel zone)

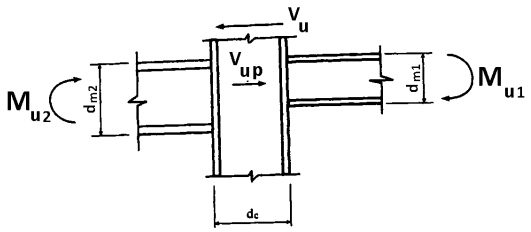
-چشمه اتصال (ناحیه مشترک بین تیر وستون)باید بتواند برش زیر را تحمل کند:



برش در چشمه اتصال: $V_{up} = \frac{M_{u1}}{d_{m1}} + \frac{M_{u2}}{d_{m2}} - V_u$







-تنش مجاز چشمه اتصال:

اگر نیروی محوری کم باشد: $P_u \le 0.75P_c \rightarrow \varphi R_n = 0.9 \times 0.6F_y d_c t_w \left(1 + \frac{3b_{cf}t_{cf}^2}{d_b d_c t_{cw}}\right)$

نیروی محوری زیاد باشد: $P_u > 0.75P_c \rightarrow \varphi R_n = 0.9 \times 0.6F_y d_c t_w \left(1 + \frac{3b_{cf}t_{cf}^2}{d_b d_c t_{cw}}\right)\left(1.9 - \frac{1.2P_u}{P_c}\right)$

-اگر ضخامت جان ستون به تنهایی قادر تحمل برش نباشد باید از سخت کننده قطری جان ویا از ورق مضاعف استفاده کرد.

۱۱-۳- اثر بار متمرکز

در تمامی مواردی که نیاز به سخت کننده است، اگر بار متمرکز به صورت کششی باشد: سخت کننده باید به بال تحت بار جوش شود. اگر بار متمرکز فشاری است: سخت کننده یا باید با فشار مستقیم تماسی (با سطح کاملا صاف) بار را منتقل کند و یا اینکه جوش شود.

۱- تسلیم موضعی جان (Web local yielding)

- در جان تیرها و ستونها در زیر بار متمرکز رخ می‌دهد.

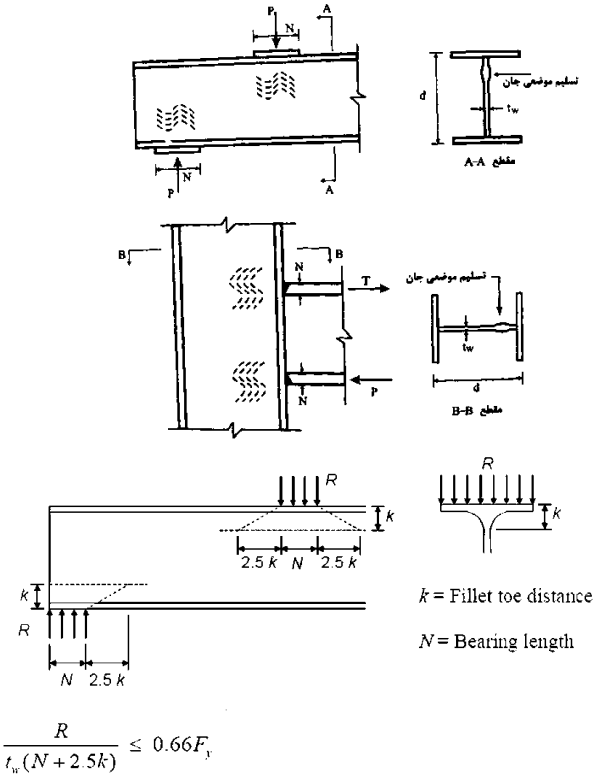
- در هر دو حالت بار فشاری و کششی باید کنترل شود.

- راه حل:

۱- افزایش ضخامت جان و یا افزایش طول تماس بار با تیر یا ستون و از بردن تمرکز آن: $\varphi R_n = 1 \times F_y t_w (N + \binom{2.5}{5} K)$

- به جای افزایش ضخامت جان می‌توان از ورق مضاعف جان در محل اثر بار متمرکز استفاده کرد.

۲- استفاده از سخت کننده به صورت جفت و جوش دادن آن به بال تحت بار متمرکز.

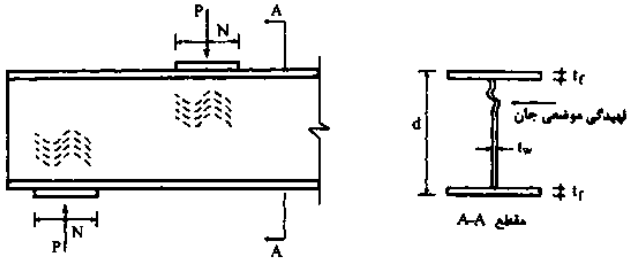


$$\frac{R}{t_w(N+2.5k)} \le 0.66F_y$$

۲- لهیدگی در جان تیرها در زیر بار متمرکز فشاری (Web crippling)

- در جان تیرها در زیر بار متمرکز رخ می‌دهد.

و تنها برای بار فشاری کنترل می‌شود.



- راه حل:

۱- افزایش ضخامت جان [استفاده از ورق مضاعف جان] و یا افزایش طول تماس بار با تیر یا ستون و از بردن تمرکز آن

۲- استفاده از سخت کننده به صورت جفت و جوش دادن آن به بال تحت بار متمرکز.

مقاومت طراحی لهیدگی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری مساوی ϕR_n می‌باشد که در آن ϕ ضریب کاهش مقاومت مساوی ۰/۷۵ و R_n مقاومت اسمی می‌باشد که بر اساس حالت حدی لهیدگی موضعی جان به شرح زیر تعیین می‌شود.

۱- در حالتی‌که بار متمرکز، در فاصله‌ای مساوی یا بزرگتر از d/۲ از انتهای عضو وارد می‌شود:

$$R_n = ۰/۸۰ t_w^۲ [۱ + ۳(\frac{l_b}{d})(\frac{tw}{tf})^{۱/۵}] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \qquad (۲۶-۹-۲-۱۰)$$

۲- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای کوچکتر از d/۲ از انتهای عضو وارد می‌شود:

- در صورتی که $l_b/d \le ۰/۲$ باشد:

$$Rn = ۰/۴۰ t_w^۲ [۱ + ۳(\frac{l_b}{d})(\frac{tw}{tf})^{۱/۵}] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \qquad (۲۷-۹-۲-۱۰)$$

- در صورتی که $l_b/d > ۰/۲$ باشد:

$$R_n = ۰/۴۰ t_w^۲ [۱ + (\frac{۴l_b}{d} - ۰/۲)(\frac{t_w}{t_f})^{۱/۵}] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \qquad (۲۸-۹-۲-۱۰)$$

۳- کمانش توام با حرکت جانبی در جان تیرها (نام دیگر: کمانش قائم جان) (Web sideway buckling)

- در جان تیرها در زیر بار متمرکز فشاری رخ می‌دهد.

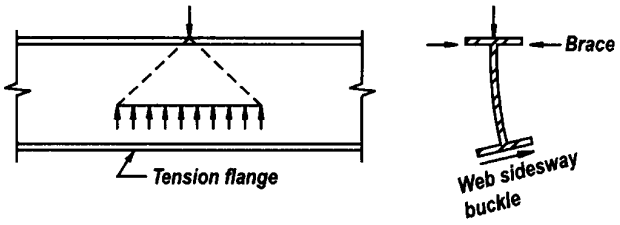
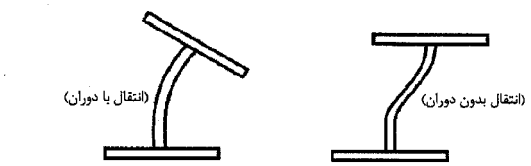


Fig. C-J10.1. Web sidesway buckling.

۱۰-۲-۹-۱۰-۴ کمانش جانبی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری

الزامات این بند مربوط است به حالتی‌که یک نیروی فشاری متمرکز تکی، به عضوی اعمال می‌شود که از حرکت جانبی بین بال فشاری تحت بار و بال کششی، در محل تأثیر نیروی متمرکز توسط مهار جانبی جلوگیری نشده است (شکل ۱۰-۲-۹-۱۹).

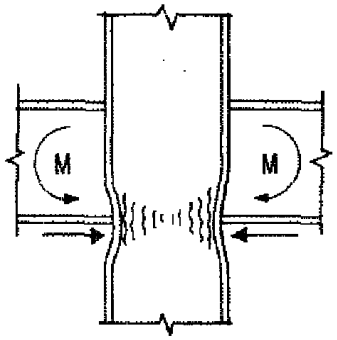


(ب) حالتی‌که بال فشاری در مقابل دوران زاویه‌ای نگهداری نشده است (مقطع A-A).

(الف) حالتی‌که بال فشاری در مقابل دوران زاویه‌ای نگهداری شده است (مقطع A-A).

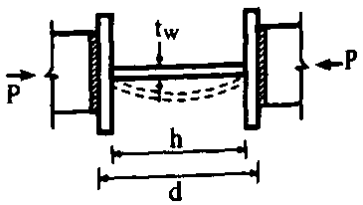
۴- کمانش فشاری در جان ستون در مقابل بال فشاری تیر در اتصال صلب تیر به ستون (Web compression buckling)

- زمانی اتفاق می‌افتد که هر دو بال تحت بار متمرکز فشاری قرار داشته باشند.



مقاومت طراحی کمانش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری مساوی ϕR_n می‌باشد که در آن ϕ ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۹ و R_n مقاومت اسمی است که بر اساس حالت حدی کمانش موضعی جان از رابطهٔ زیر تعیین می‌گردد.

$$R_n = \frac{۲۴t_w^۳\sqrt{EF_{yw}}}{h} \qquad (۱۰-۲-۹-۳۱)$$



راه حل:

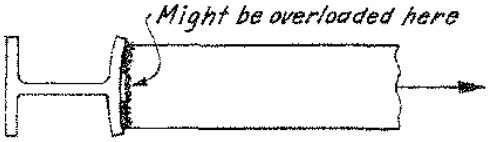
۱- کاهش لاغری جان ستون (کاهش $\frac{h}{t_w}$)

۲- استفاده از یک جفت سخت کننده به صورت جفت *در مقابل بال فشاری* تیر در جان ستون (ورق پیوستگی).

- سخت کننده به صورت ستون فرضی با طول موثر 0.75h (h فاصله آزاد جان) طراحی می‌شود.

۵- خمش موضعی بال ستون در مقابل بال کششی تیر در اتصال صلب تیر به ستون با مقطع H (Flange local bending)

- اگر بال ستون به حد کافی صلبیت نداشته باشد، باعث ایجاد تمرکز تنش در جوش می‌شود



مقاومت طراحی خمش موضعی بال در مقابل نیروی متمرکز کششی مساوی ϕR_n می‌باشد که در آن ϕ ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۹ و R_n مقاومت اسمی طبق رابطهٔ زیر می‌باشد.

$$R_n = ۶/۲۵ F_{yf} t_f^۲ \qquad (۲۳-۹-۲-۱۰)$$

که در آن:

t_f= ضخامت بال تحت نیروی کششی

F_{yf}= تنش تسلیم بال

- اگر عرض بارگذاری شده روی بال ستون از $0.15b_{fc}$ کمتر باشد، بررسی فوق لازم نیست.

راه حل:

۱- افزایش ضخامت بال ستون(t_f)

۲- استفاده از یک جفت سخت کننده به صورت جفت *در مقابل بال فشاری* تیر در جان ستون (ورق پیوستگی).

- پدیده لهیدگی جان را تعریف کنید. (سراسری ۷۳، آزاد ۷۹ و نظام مهندسی)

۱) قسمتی از جان که تحت اثر نیروی متمرکز فشاری قرار می‌گیرد و دچار اعوجاج می‌شود.

۲) قسمتی از جان که تحت اثر نیروی متمرکز فشاری قرار می‌گیرد و دچار پیچش می‌شود.

۳) قسمتی از جان که تحت اثر نیروی متمرکز فشاری قرار می‌گیرد و دچار کمانش می‌شود.

۴) قسمتی از جان که تحت اثر نیروی متمرکز فشاری قرار می‌گیرد و دچار تسلیم می‌شود.

گزینه ۴ صحیح است

۷۱- یک اتصال صلب تیر به ستون در قسمت فشاری سخت‌کننده نیاز دارد که این سخت‌کننده به‌صورت یک عضو فشاری طرح شده است. کدام گزارهٔ زیر صحیح است؟ (آزاد ۸۶)

۱) جان ستون در کمانش فشاری مشکل داشته است.

۲) جان ستون در تسلیم موضعی جان مشکل داشته است.

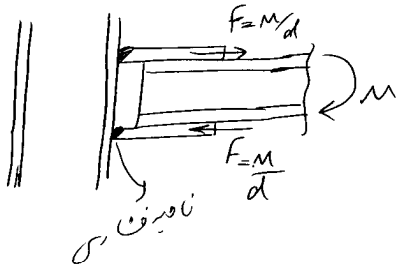
۳) جان ستون در لهیدگی جان مشکل داشته است.

۴) جان ستون در برش چشمهٔ جان مشکل داشته است.

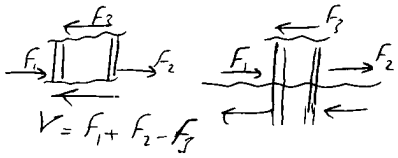
از آنجا که گفته در قسمت فشاری نیاز به سخت کننده دارد و به صورت تحت فشاری طراحی می‌شود نتیجه می‌گیریم که مشکل کمانش داشته است. گزینه ۱ صحیح است.

در اتصال صلب تیر به ستون که با استفاده از ورق‌های اتصال جوش نفوذی‌شده در بالا و پایین تیر ساخته می‌شود، کدام پدیدهٔ زیر در ناحیهٔ فشاری اتصال باید کنترل گردد؟ (آزاد ۸۵)

۱) کمانش توأم با انتقال جانبی در جان ستون
۲) تسلیم موضعی در جان ستون
۳) پارگی برش در جان ستون
۴) خمش موضعی در بال ستون



گزینه ۱: کمانش توأم با انتقال جانبی تنها در تیرها اتفاق می‌افتد چون معمولاً ستون‌ها در راستای انتقال جانبی مهار شده‌اند



گزینه ۳: پارگی برشی مربوط به کل اتصال (کشش + فشار) است

گزینه ۴: خمش موضعی در بال کششی باید کنترل گردد.

گزینه ۲ صحیح است

در یک اتصال صلب تیر به ستون که با استفاده از ورق‌های اتصال جوش نفوذی‌شده به ستون در دو طرف ساخته می‌شود، کدام پدیدهٔ زیر در ناحیه فشاری اتصال نباید کنترل شود؟ (آزاد ۸۴)

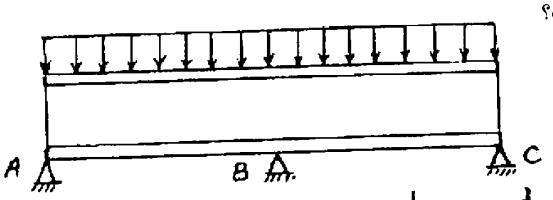
۱) کمانش توأم با انتقال جانبی در جان
۲) خمش موضعی بال ستون
۳) لهیدگی در جان
۴) ۱ و ۲

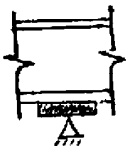
در ناحیه اتصال کمانش با انتقال جانبی رخ نمی‌دهد و خمش موضعی مربوط به ناحیه کششی است (گزینه 4 صحیح است)

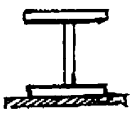
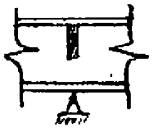
نکته: در ناحیه فشاری ← کمانش فشاری جان، لهیدگی و خرد شدگی جان ستون باید چک شود

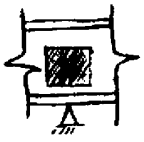
آزاد ۸۸

در تیر سراسری زیر برای محافظت تیر از کمانش جان در نقط B کدام گزینه ضروری تر و موثرتر است؟

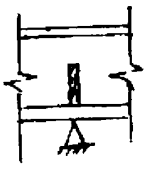


۱)


۲)



۳)


۴)



گزینه ۴:

کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟ (آزاد ۸۰)

۱) لهیدگی بین جان و بال در تکیه‌گاه و کمانش قطری و کمانش قائم در زیر بار متمرکز اتفاق می‌افتد.

۲) لهیدگی بین جان و بال در زیر بار متمرکز سنگین اتفاق می‌افتد، در حالی‌که کمانش قطری و کمانش قائم جان تیر همیشه در تکیه‌گاه اتفاق می‌افتد.

۳) لهیدگی بین جان و بال به‌علت بار متمرکزی است که به جان تیر اعمال می‌شود و کمانش قطری جان یک پدیدهٔ جاری‌نشدن موضعی است.

۴) لهیدگی بین جان و بال یک پدیدهٔ جاری‌شدن موضعی است و کمانش قطری جان تیر در نتیجهٔ فشاری است که در امتداد قطری از نیروی برشی حاصل می‌شود و کمانش قائم جان تیر به علت بار متمرکزی است که بر جان تیر اعمال می‌شود.

گزینه ۴

مرکزگره (*Panel Zone*) در اتصالات فولادی: (آزاد ۷۸)

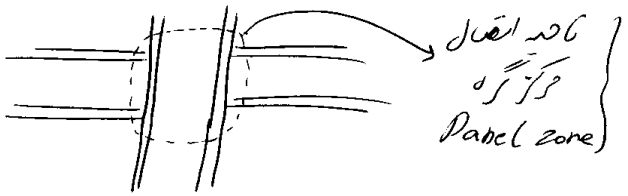
۱) به محل اتصال تیرها به صفحهٔ ستون اطلاق می‌گردد.

۲) به محل اتصال تیر به ستون و به صفحهٔ جان ستون اطلاق می‌گردد.

۳) به پانل‌های جوش‌شده در اتصالات گفته می‌شود.

۴) به محل اتصال تیر به ستون و به قسمت بال ستون اطلاق می‌گردد.

گزینه ۲



۱- **نسبت عرض به ضخامت در جان تیرورق‌هایی که از فولاد نرمه ساخته شده‌اند می‌تواند تا مقدار زیر برسد:** (سراسری ۷۴)

۱) کمتر از ۲۶ ۲) کمتر از ۵۲ ۳) بیشتر از ۲۰۰ ۴) بیشتر از ۳۰۰

گزینه ۴

کمانش قائم جان تیر (آزاد ۸۰)

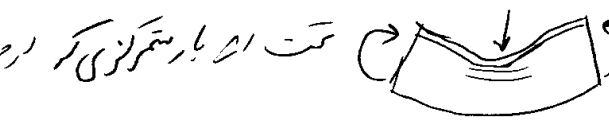
۱) در زیر بار متمرکز به‌وجود می‌آید.

۲) در بالای صفحهٔ تقسیم فشار تکیه‌گاه به‌وجود می‌آید.

۳) در زیر بار متمرکز و در بالای صفحهٔ تقسیم فشار تکیه‌گاه به‌وجود می‌آید.

۴) در بال انتهایی به‌وجود می‌آید.

کمانش قائم جان: تحت اثر بار متمرکزی که از محل تنگ‌شدگی دار شود ایجاد می‌شود.



در تکیه گاه های کناری لنگر صفر است و کمانش قائم نداریم ولی در تکیه گاههای میانی تیر لنگر منفی بالایی داریم و بار متمرکز تکیه گاه می تواند موجب کمانش قائم تیر شود. بنابراین گزینه ۳ صحیح است.

تمرین:

پدیدهٔ کمانش قائم بال در جان در کدام‌یک از اعضای زیر اتفاق می‌افتد؟ (آزاد ۸۳)

۱) تیرورق‌ها ۲) تیرستون‌ها

۳) تیرها ۴) ستون‌ها

گزینه ۱

برای افزایش مقاومت کمانشی ناشی از برش در جان یک تیر بهتر است سخت کننده جان ..... قرار بگیرد. (آزاد ۷۹)

۱) نزدیکتر به بال تحت فشار ۲) نزدیکتر به بال تحت کشش

۳) در وسط ارتفاع ۴) در اتصال با بال تحت فشار

گزینه ۴

برای سخت کننده هایی که برای افزایش ظرفیت برشی تعبیه می شوند (و نه به علت اثر بار متمرکز):

می توان (و بهتر است) قطعه سخت کننده را نرسیده به بال کششی قطع کرد.

ولی سخت کننده ها باید به بال فشاری وصل شوند.

منظور از بال فشاری: در خمش + بال فوقانی تحت فشار و بال پایین تیر تحت کشش خواهد بود و در خمش منفی برعکس است.

بنابراین در تیرهای لرزه گیر (تیرهای دوسر گیردار در قاب های خمشی) که جهت لنگر عوض می شود، سخت کننده ها باید به هر دو بال جوش شوند.

تمرین:

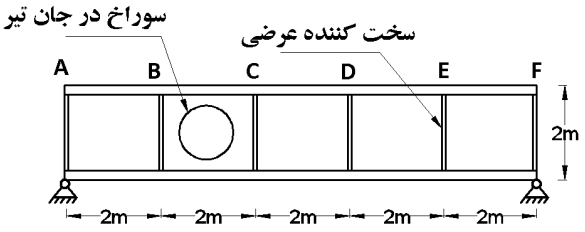
تنش برشی مجاز تیرهایی که در آنها کمانش قطری مطرح نیست برابر است با: (آزاد ۷۷)

۱) $0/66F_y$ ۲) $0/6F_y$ ۳) $0/4F_y$ ۴) $0/45F_y$

گزینه ۳

تالیفی (حسین زاده – آزمون ماهان ۸۸)

در چه قسمت هایی از تیرورق زیر مقاومت برشی را می توان با استفاده از عمل میدان کششی محاسبه کرد؟



۱) در چشمه های CD و DE

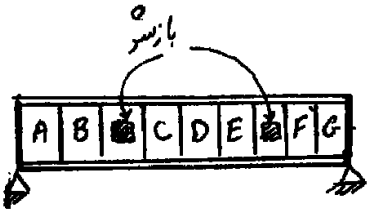
۲) در تمام چشمه ها به جز BC

۳) فقط در چشمه DE

۴) فقط در چشمه های انتهایی DE و AB

سراسری ۹۱

۱۰۹- در طراحی برشی تیر ورق مقابل، در کدام یک از چشمه‌ها استفاده از عمل میدان کشش مجاز است؟



۱) F , E , D , C , B

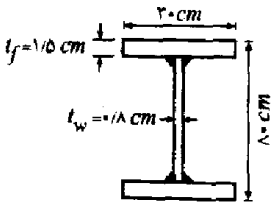
۲) G , F , E , D , C , B , A

۳) G , D , A

۴) D

گزینه 4

در یک تیرورق با مقطع زیر، ماکزیمم نیروی برشی $V_{max} = ۹۶\,ton$ می‌باشد. اگر حد تسلیم فولاد به‌کار رفته در ساخت تیرورق $F_y = ۲۴۰۰\,kg/cm^۲$ باشد، آنگاه: (سراسری ۷۲ با تغییر نظام مهندسی)



۱) این تیرورق برای تحمل نیروی برشی $V = ۹۶\,ton$ کافی است و نیاز به تقویت ندارد.

۲) ضعف این تیرورق را با اضافه نمودن تسمه‌های تقویتی به بال‌های فوقانی و تحتانی می‌توان برطرف کرد.

۳) ضعف این تیرورق را می‌توان با اتصال سخت‌کننده‌هایی به جان برطرف نمود.

۴) هیچ‌کدام

نسبت لاغری جان تیر ورق (نسبت ارتفاع به ضخامت جان) در هر صورت نباید از مقدار تعیین کننده ناشی از کمانش زیر بیشتر گرفته شود.

۱) کمانش برشی جان

۲) کمانش خمشی جان

۳) کمانش قائم جان در اثر انحنای خمشی بال فشاری

۴) کمانش جانبی- پیچشی تیرورق

سراسری ۸۹

گزینه ۳