

برای دریافت جزوات، کتب و نمونه سوالات بیشتر به ما پیوندید در

https://t.me/iust_scientific



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

جزوه درس :

سازه های فولادی ۱

استاد :

جناب آقای مهندس طاحونی

نگارش:

حمید کاظم

(کارشناس عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

(دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش سازه دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

تابستان ۱۳۸۹

«بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ»

حمید کاظم

سازہ کار فولادی ۱

جناب آقا مهندس طاحونی

سرفصل درس ۸

- (۱) تاریخچه و معرفی و خواص مکانیکی فولاد
- (۲) مشخصات هندسی مقطع
- (۳) اعضای کششی

- (۴) پیچ و پیچ { وسایل اتصال
- (۵) جوش

میان ترم ↑

- (۶) گمانش موضعی اعضای کت فشار

- (۷) ستون های کت بار جوشی - اعضای کت فشار

- (۸) تیر کم با انگای جانبی

پایان ترم ↑

- (۹) تیر کم سه سر - باز توزیع لنگر

نمره رضایی ۸

- (۱) کتاب الف طلایی (۲۳)

- (۲) ایمان میان ترم (۸)

- (۳) ایمان پایان ترم (۹)

* در ایمان ۵ (دوره نمره بهتری برد)
اختصاص دارد

فهرست مأخذ ۲

- (۱)* کت دهم از مجموعه مقررات ملی ایران { اجباری
- (۲)* کتاب اشتال کوچک (سبز رنگ)

- (۳) جزوه طلایی

- (۴) کتاب طراحی زده های فولادی

- (۵) Salmon & Johnston

- (۶) Stelli Tips

« تَارِيخِیْمَ ، معارفی و خواص مکانی فولاد »

مار کجہ صاحبہ ہر فولادی :

در سال 1780 سخندان لمی حدی ارنند. اهن راضه شد هم حسیس مل یادگانه 30 نیزه شد
حدین اهن است با ارنند کرسن بالاگه حالت شکسته دارد.
در سال 1840 مل لمی معلق باز کسر لمی حدی راضه شد. در حسیس مل به علت شکستگی
حدین نوند اهن کم کرسن، نرم و کلیش خوار شروع شد تا شکستگی کاهش یابد.
نور دقت اهن (با حدین یا اهن نرم) - نور دقت - نور دقت اهن (در سال 1840)
اعراض شد.

در ۱۸۷۰ نوردریخ کمی آغاز شد.
تولید فولاد ۱۸۹۰ برایش سراسر ایالت فولاد ریخته گری شد

تاریخچه در ایران

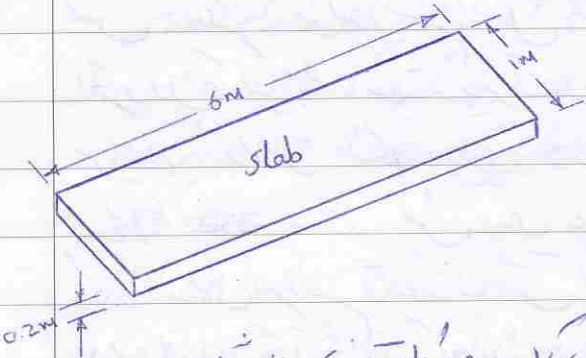
از زمان افتر کبر ایرانی به علاقه به دانش فولاد دانسته نویس بار کشور ایران در سال 1320
به دنبال آفرینش صنعت فولاد در ایران بودند کارخانه فولاد اصفهان در سال 1348
توسط شورای اقتصاد ایجاد شد. بعد از این سال ایران از تجربه تولید را در دست گرفت و موجب
شد که آهن از باقی استخراج می شد.
سپس آهن را به صورت پودر درمی آورند. از بالا در دوره پخته می زنند و در این کار کک در دست
می آید و آهن خالص گرفته می شود.

بخش مخصوصی کارخانه در ده دوم آلمانی را که کارخانه فولاد بود در احوال ساخت
ایران یکی که هم اولین کارخانه فولاد بود را در احوال ساخت (با روش احیای مستقیم)
برپا داشت در سال 1354 در صدر عباس باکونلوری آتالیایی که قرار بر ساخت داشت
انقلاب شد و قرار شد که به اصفهان منتقل شود. این کارخانه فولاد مبارکه بود.
از آن به بعد آتالیایی که بنیاد فولاد ایران را در دست گرفته

فولاد سازه

فولاد در صنعت به صورت سفت آهن (صلبت، سختی، برکت) یافت می شود. سفت آهن خرد و آسان شده و در کوره بلند و دمای زیاد احیاء می گردد. حاصل کار کوره بلند، آهن کربنی با میزان کربن 3 تا 4.5 درصد می باشد. به این آهن خام گویند. آهن خام باید مجدداً تصفیه گردد تا کربن زیادی و سایر ناخالصی های آن حذف گردد. به این کار فولاد سازی می گویند. در این تنظیم مقدار کربن به آن آلیاژی نظیر منگنیز، نیکل، کروم، فسفر، مولیبدن، فسفر، سیلیکن، نیوفور، تیتانیم و وانادیم اضافه می شود. میزان این آلیاژ به نیازهای استیلین، آلیاژ بسیار کمی در مقاومت، شکل پذیری، جوش پذیری و پایداری (مقاومت در مقابل خوردگی) دارد. میزان کربن و سایر آلیاژها در فولاد بسیار کم است. گدازه آهن عمده ای در مقاومت فولاد دارد.

احیا ← سفت آهن تبدیل به آهن خام
فولاد سازی ← آهن خام + آهن فاضله در کوره الکتریکی ذوب و آلیاژها به حد مناسب می رسند.
رنگین کاری ← استیل (تختال) $1000 \times 200 \text{ mm}^2$ و طول 6 متر. شمش $100 \times 100 \text{ mm}^2$
شمش 8 میلگرد، پنجخ، ...

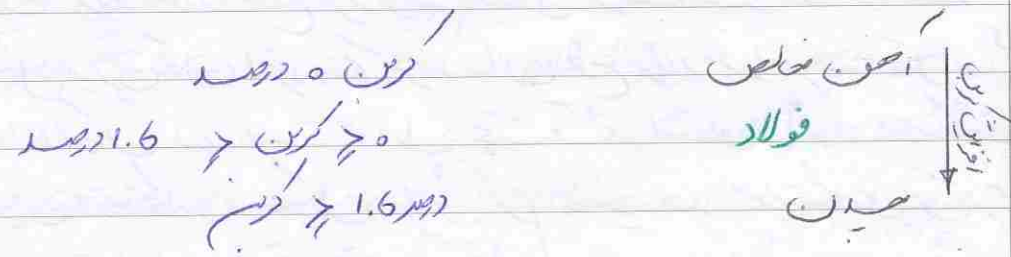


نورد
استیل ورق

فولاد کربن داره

به فولادی اطلاق می شود که مقدار کربن آلیاژی آن مطابق زیر باشد.

کربن = 1.7%	منگنیز = 1.65%	سیلیکن = 0.6%
مس = 0.6%		



کربن 0.6 درصد
منگنیز 1.6 درصد
سیلیکن 0.6 درصد

کم کربن	نمراز	0.15/	
۱۲ ملایم	0.15/ تا 0.29/	0.29/	فلاد ساختمانی
۱۳ متوسط	0.3/ تا 0.59/	0.59/	
۱۴ پر کربن	0.6/ تا 1.7/	1.7/	

فلاد کربن صمغی :

فلاد کربن صمغی شامل انواع زیرینده

۱) فلاد نرمه و در ده کربن ملایم با میزان کربن 0.25/ تا 0.29/ قرار دارد شکل پذیر است. موجب نیپر آن عالی است. در سیستم نامگذاری قدیم با علامت ST 37 معروف بود. تنش تسلیم این فلاد من 2200 تا 2400 $\frac{kg}{cm^2}$ (نرم) صفت (حرمه صفت) تنش تسلیم کم می شود (و مقاومت نهی آن حدود 3700 $\frac{kg}{cm^2}$) می باشد.

۲) فلاد کربن پر مقاومت کم آلیاژ و این فلاد که با اختراش بسیار خاص الیترک نظیر نرم، متوسط، مس، مکنتر، فولیدر، شکل، فخر، وان دم و دیگر کربن به فلاد کربن دار بدست می آید. اخترو در الیترک باعث برتر شدن ساختار سلولی فلاد گردیده مقاومت آن اختراش می یابد. دارای شکل نیپر و موجب نیپر منسی هستند. تنش تسلیم آن که حدود 3500 $\frac{kg}{cm^2}$ است. تنش نهی 5200 $\frac{kg}{cm^2}$ است. نام تجاری آن که ST 52 می باشد کارخانه کربن ایران ساخته شده است.

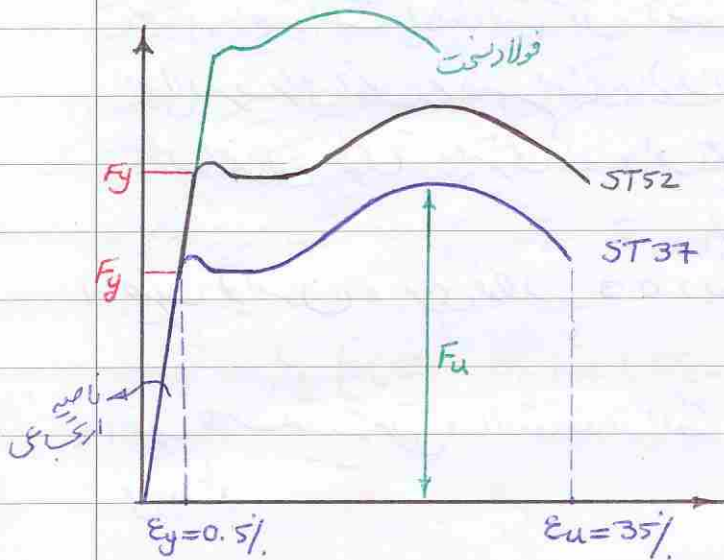
۳) فلاد کربن آلیاژ دار آندیده باز سخت شده (Quench Tempered) و آرد در اصل انتهای فلاد را با یاسیدن آب (فلاد آلیاژ دار) به سرعت خنک نمائیم مقاومت نهی آن به شدت اختراش می یابد و بسیار شکننده می گردد. حال اختراش فلاد تا دمای 600°C محدود گرم شود و به آرامی خنک گردد مورد اصلاح حرارتی مقاومت فلاد از دست می دهد، لیکن بر شکل نیپر آن اختروده می گردد. این نوع فلاد در امر ساختن یاز کار در زیادی ندارد، اما آن در صنعت حمل و نقل، استفاده می شود. موجب کاری آن شکل است. برای موجب کاری با آن این گرم نمائید و بعد از موجب کاری پس گرم کنید.

۴) فلاد کربن سبج و برای ساخت انواع سبج از فلاد کربن با مقاومت نهی 4000 تا 10000 $\frac{kg}{cm^2}$

استفاده می شوند. هیچ کمربند مقاومت با استفاده از فولاد کمربند استفاده می شوند.

مشخصات مکانیکی فولاد

(۱) نمودار تنش کرنش مهم ترین مشخصه فولاد می باشد. شکل کلی آن برای فولاد در صورت زیر است:



برای فولاد های سخت به دوروش F_y تعیین می گردد (معمول به یکیم ندارند)

(۱) اگر کرنش 0.2٪ به موازات خط اولیه رسم می کنیم تا نمودار را قطع کند.

(۲) اگر کرنش 0.5٪ به موازات محور عمودی بالا می رسم تا محلی را قطع کند.

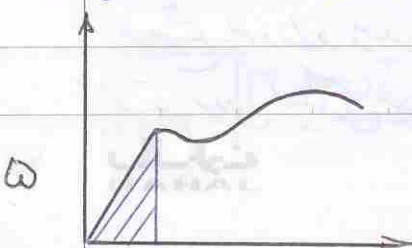
$$\epsilon_y = \frac{F_y}{E}$$

(۲) به یکیم با ناصیه یکم (۱) در فولاد های ST52 ، ST37 ناصیه افقی در نمودار تنش - کرنش وجود دارد که در طراحی پلاستیک فولاد مورد استفاده قرار می گیرد. در این ناصیه بدون اختلال نیرو، خواصی کرنش خواصم داشت. طول ناصیه یکیم حدود 20 برابر ϵ_y می باشد.

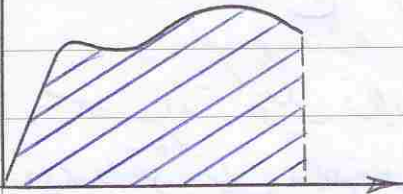
(۳) سخت شدنی محدود پس از یکیم ناشی حدود 30٪ ناصیه ارتجاعی فولاد از خود اختلال مقاومت نشان می دهد تا به نقطه کششگی برسد. در طراحی از این اختلالی مقاومت استفاده نمی شود.

(۴) ضریب الاستیسیته و سخت قسمت ابتدایی خطی نمودار تنش - کرنش را ضریب الاستیسیته گویند و با E نمایش می دهند. از مهم ترین مشخصات مکانیکی مصالح است. مقدار E را در سخت دهم $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ و در AISC برابر $E = 29000000 \text{ psi}$ می باشد.

(۵) ضریب فنریته (Resilience) و برابر است با مساحت زیر نمودار تنش - کرنش (در ناحیه خطی نشان دهنده میزان جذب انرژی در ناحیه ارتجاعی فولاد است).



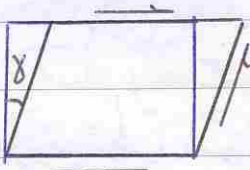
۶) **طاقت (toughness)** نشان دهنده سطح زیر تنش کرنش تا نقطه تنش پایداری است. قدرت جذب انرژی را در حالت خمیری نشان می دهد.



فولاد نرم دارای ضریب قریبی در مراتب کوچکتر از فولاد دلی می باشد و نکته است اعاطافت آن در ضد فولاد شکنه است. فولاد نرمه برای این مورد مناسب است. اما فولاد سخت هنگام برش با برشکاری این برشکاری را به همراه انرژی می دهد.

۷) ضریب یاسون و برای فولاد 0.3 در نظر گرفته می شود.

۸) ضریب الاستیسیته برشی و با استفاده از قانون هاب $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$ محاسبه می شود. $0.8 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ می باشد.



$$G = H$$

۹) ضریب انبساط حرارتی و ضریب انبساط حرارتی فولاد برابر $12 \times 10^{-6} \text{ mm/mm}^\circ\text{C}$ می باشد.

$$\Delta L = \alpha (\Delta T) L$$

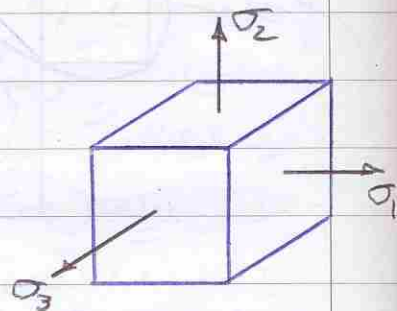
معیار تسلیم فولاد در تنش برحسب محوره

وقتی که فولاد تحت تنش یک محوره قرار دارد، رفتار مکانیکی آن از تسلیم نقطه تسلیم و نقطه شکست می باشد. فولاد در تنش کرنش قابل پس بینی است. حال مکانیکی را در نظر می گیریم که حالت تنش دلی می باشد محوره قرار می باشد. میتوان مثال خود کوکلی از یک سازه فولادی در نظر بگیریم که تحت تنش دلی اصلی σ_1 ، σ_2 ، و σ_3 قرار داشته باشد. متوال است که به بررسی از σ_1 ، σ_2 و σ_3 می تواند باعث تسلیم خود شود. در نظر داریم که این امکان از حالتی مستقیم برای مطالعه موضوع وجود ندارد و چنین آزمائشی باید در برگیرنده حالات متعدد باشد. در چنین مواردی معیار تسلیم برای شکست خود در توجه قرار می گیرد. این معیار دلی تسلیم برای تمام مصالح تسلیم می شود.

و تا آنکه یک واحد را می توانیم به مصالح را آن لحاظ باشد و همچنین همه است. به عنوان مثال برای مصالح غیر چگوش نظیر فولاد و بتن در صورت فای عمل می کند و عیار سختی مورد کولمب در نظر گرفته می شود. در مورد مصالح شکسته نظیر حیل و عیار تنش اصلی مورد توجه است و این سختی وکی رخ می دهد که تنش اصلی به نقطه سختی رسیده باشد. در مورد مصالح شکل پذیر مثل فولاد است و نظیر ترسکا مورد بحث قرار گرفت که در آن سختی حتماً رخ می داد و تنش برشی حداکثر به نقطه تسلیم در برش است. حالت کاملاً آن تنویری فولاد مسیز می باشد. در مبنای انرژی حداکثر در تنش برشی تبدیل یافته و حالت دقتی برای آن می کند. طبق این نظیر تنش مقادیر ای با توجه به تنش های اصلی σ_1 ، σ_2 و σ_3 به صورت زیر نوشته می شود.

$$\sigma_h^2 = \frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]$$

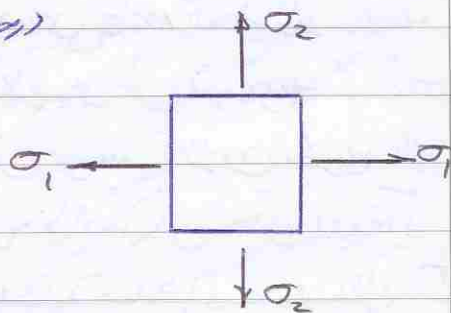
$$\sigma_h \leq F_y$$



در حالت دو بعدی

$$\sigma_h^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2$$

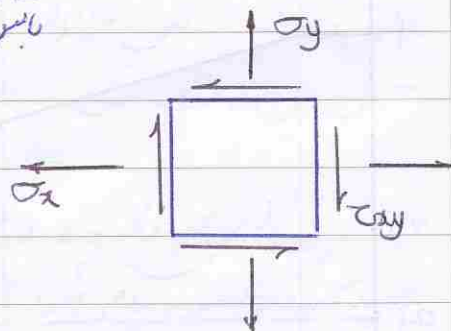
σ_h تنش مقادیری $\sigma_h \leq \sigma_y$



باتنس برای تحولی

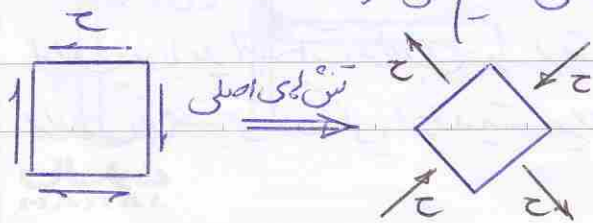
$$\sigma_h = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_h \leq \sigma_y$$



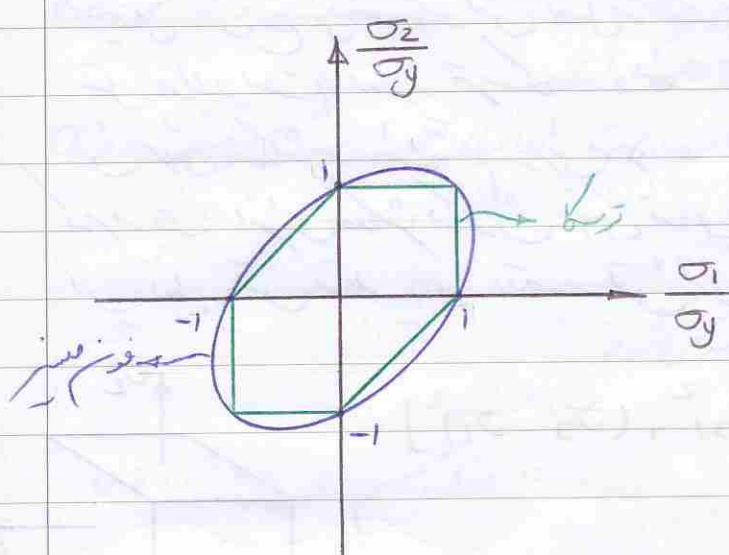
تسلیم در برش می خواهم بنیم خرد از برش زمانی تسلیم می شود.

$$\sigma_1 = \tau \quad \sigma_2 = \tau$$



$$\sigma_h^2 = \tau^2 + \tau^2 + \tau^2 = 3\tau^2 \Rightarrow \sigma_h = \sqrt{3}\tau$$

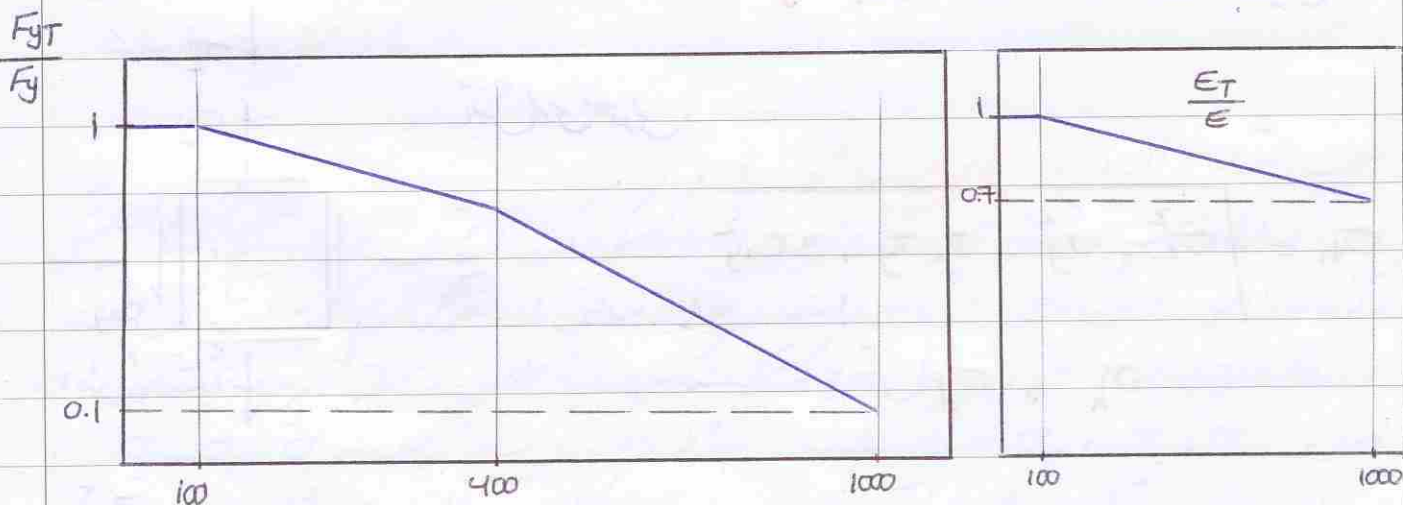
$$\sigma_h = F_y \rightarrow \tau = \tau_y \Rightarrow F_y = \sqrt{3}\tau_y \Rightarrow \tau_y = \frac{F_y}{\sqrt{3}}$$



ترسکه در مورد مصالح شکل پذیر از تنش برشی Max به حد بحرانی (تنش برشی Max در عضو تحت فشار یا کشش) به در لحظه کنینگی (بر بد مصالح کنینگی می شود).
فول منبره اگر کنینگی از ارزشی که مربوط به تغییر شکل برشی است به حد بحرانی برسد همان کنینگی می گردد.
حد بحرانی ارزش تغییر شکل برشی، ارزشی تغییر شکل برشی Max در عضو تحت فشار یا کشش به در لحظه کنینگی می باشد.

اثر دما بر زیاد در مشخصات مکانیکی فولاده

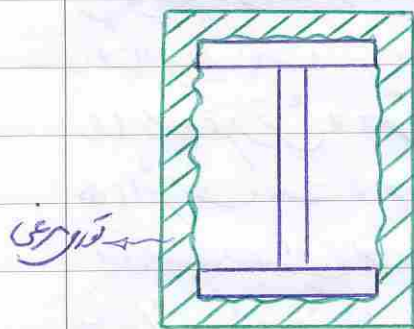
آزمای محدود 100°C مشخصات مکانیکی فولاد تغییر نمی کند. از دمای 100°C تا محدود 400°C مشخصات مکانیکی فولاد بصورت تدریجی ترویل می یابد. از دمای 400°C تا 1000°C که نقطه سرنخی فولاد است مشخصات مکانیکی به شدت کاهش می یابد. از این نظر باید فولاد را در مقابل آتش سوزی می فضا کرد.



از این رو باید اسکلت فولادی را در مقابل آتش سوزی می فضا نمود. برای این کار در سازه های فولادی توصیه می شود یکی از عملیات زیر را انجام پذیرد.

- (۱) دور پیچ کردن ستون و تیر فولادی به یک مصالح نبشی مثل آجر، گچ و غیره
- (۲) دور پیچ کردن ستون و تیر فولادی به یک ملات ماسه سیمان که غالباً به پوش یا سیدنی می باشد (Shotcrete)

(۳) استفاده از زینت بزرگ خاص

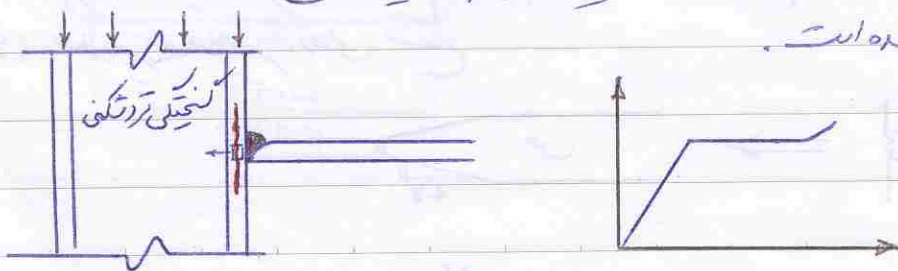


ترد شکنی (Brittle Fracture)

حالتی از شکستگی فولاد است که در آن رفتار شکل پذیر فولاد مشهود نمی گردد. با وقوع ترک در فولاد و گسترش ناگهانی آن، عضو به صورت ناگهانی شکنجه می شود. در ترد شکنی فولاد عوامل زیر دخیل هستند:

- (۱) اثر دما: در دمای 10°C به پایین خواص شکل پذیری فولاد کاهش می یابد. در دمای 30°C فولاد اصلاً شکل پذیر نیست. خاصیت ترد شکنی را به کمک آزمایش ضربه شابی اندازه گیری می کنند. برای فولادهای معمولی در دمای صفر انرژی حدود 40 J و 6 J است. در دمای 10°C این مقدار به 3 kg.m می رسد. در دمای 30°C تقریباً صفر می رسد.
- با افزودن بعضی از آلیاژهای فولاد به انرژی شابی در انرژی پایین رسیدگی می کنند.
- اثر فولاد در هنگام عملیات تولید و نورد در دماهای سرد در خواص شکل پذیری آن در دمای پایین اثرات. این فولاد را رده RST نامند. ترد شکنی در این دما در صورت تیرکاری محال می باشد و در مناطق سرد با بزرگ شدت سرد در توجه قرار گیرد.

- (۲) اثر تنش: در چند محوره (در محل اتصالات) در محلهای اتصالات جوشی که در آن نیروهای چند محوره به عضو وارد می شود، ترد شکنی افزایش می یابد. این موضوع در رفتار سازه ها که در زیر بار لرزه که مشهود شده است.

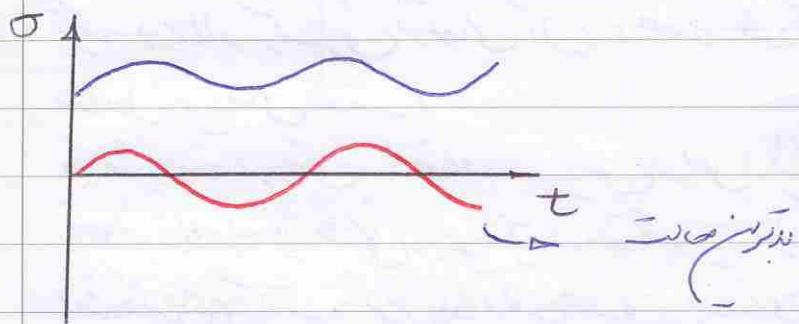


(۳) اثر تنش کم می ماند و وقتی فولاد تحت عملیات حرارتی قرار می گیرد (مثل جوشکاری) در هنگام سرد شدن منقبض می گردد و چون محلولی انقباض گرفته شده است تنش کم می آید و این در غایت حرکت به بار خارجی در آن رخ می ماند. چنین تنشی می تواند عاملی برای ترد شدن در آن شده باشد.

(۴) وجود تنش و حرکت تغییر ناگهانی در مقطع عضو می تواند باعث افزایش ترد شدن گردد.

(۵) اثر تنش است و در فولاد ضخیم دارای خاصیت ترد شدن گزینشی می باشد و این در مناطقی که تنش بیشتر است رخ می دهد.

(۶) اثر بار کم و دنیا یکی و ضرر داری و حرکت به بار گذاری ضرر داری و دنیا یکی می تواند باعث تسریع در ترد شدن شود. بار گذاری دنیا یکی باری است که مقدار آن با بار فانی تغییر است و می تواند حتی تغییر انبساط فشاری در کشش باشد.



با توجه به موارد فوق در جراحی فولاد باید به نکات زیر توجه داشت تا مشکل ترد شدن نداشته باشیم و یا نسبت به آن حساسیت به خرج

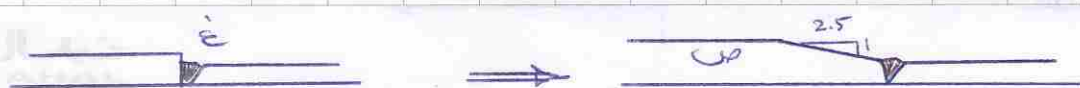
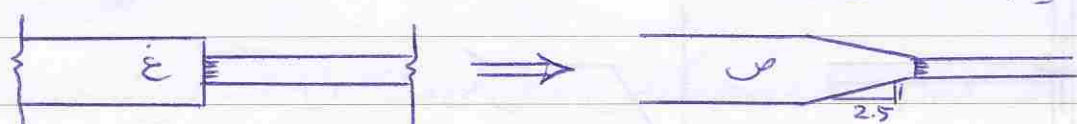
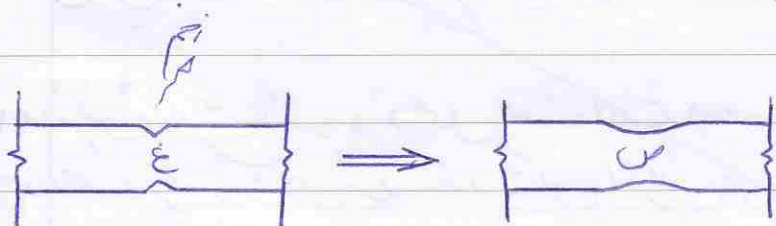
بدهیم

- (۱) کمر برداری در دمای پایین تر از صفر.
- (۲) وجود تنش کم کششی (ترد شدن بیشتر است).
- (۳) وجود قطعات فولادی با منحنی فیلر زیاد. در دمای بالای محلولی، معمولاً از قطعات با ضخامت بیش از ۴۰mm استفاده نمی شود.

(۴) امکان وقوع تنش کم می بیند مگره

(۵) وجود زخم یا شیار

(۶) محلولی از تغییر ناگهانی مقطع

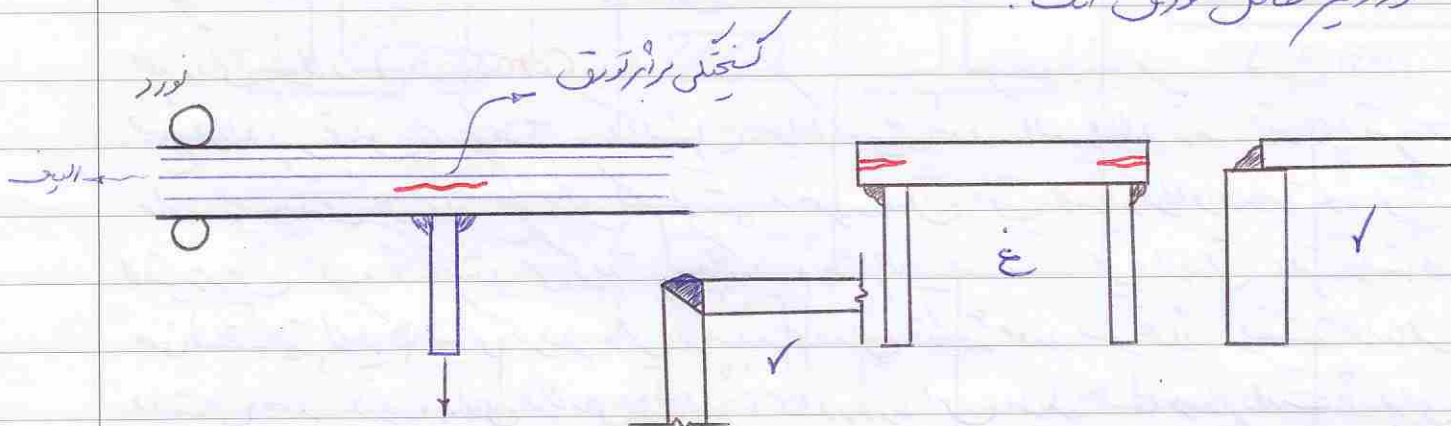


۱۷) استفاده از اتصالات جوشی حجم می تواند باعث تنش های بیش مانده در هم باعث تنش های نامحدودی گردد. در کارهای دقیق بعضی می شود اتصالات کارخانه را با جوش بابت رقطعات در محل به جوش پیچ کردند.

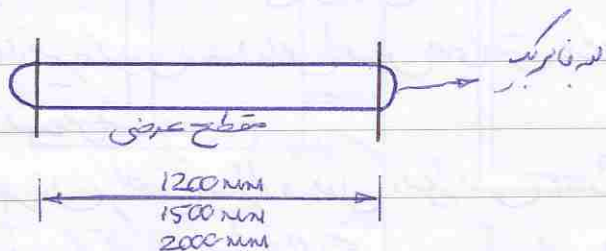
۱۸) بارنداری دینامیکی و ضلکی تنش های رفت و برگشتی می تواند باعث ای و fatigue حاصل گردد که عاملی برابر برافزایش است.

لایه (Lamination)

ساختار فلکروسلولی فولاد نورد شده شیار به شیار می باشد که در سطح داخلی در موازات شیار قرار گرفته اند. بطوریکه در امتداد این لایه مقاومت بسیار زیاد و در جهت عمود بر آن کم مقاومت ضعیف تر است. خصوصاً که فولاد را صدکمی از نیروی کششی می دانیم مثلاً سفایه عملیات نورد، آن را از حالت انزو و نیروی کشش کامل بدون می آورد. در خصوص درختی است که از زیاد و مصالحی که در آن دمای نورد شدن درجی کمتر شده باشد همچنین زودتر در دسترس قرار نورد نیز عامل تدریج است.

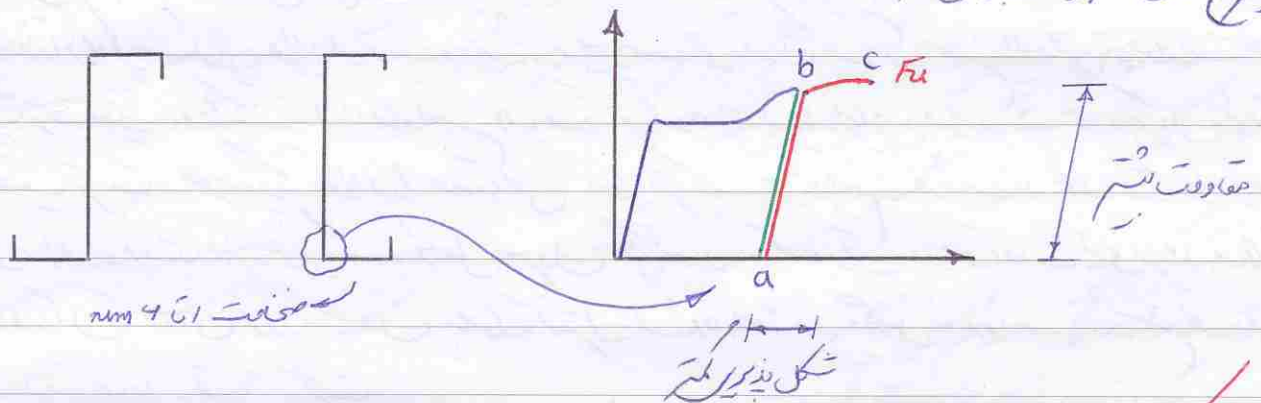


بهترین دیدیه لایه در ورق لایه ها ساخت زیاد به خصوص در لبه های ورق موجود می آید. لبه های ورق پس از نورد به صورت نیم دایره یا کرک می آید. در محل بانه ورق که را لبه گیری کند.



عملیات سرد و سخت شدنی محذره (Cold Form)

عملیات سرد در نور کردن فولاد یا حک کردن ورق های فولادی در دمای معمولی گفته می شود. در این عملیات فولاد بدین شکل را در نموده، در منطقه سخت شدنی محذره می رسد. در این حالت پس از باز برداری مثل آستینگ در هم مقاومت فولاد افزایش یافته و هم شکل پذیری آن کاهش یافته. بنابراین لازم است بعد از عملیات سرد، عملیات بازگشت صورت گیرد تا خواص شکل پذیری فولاد برگردد. در اعضای درجه دوم مثل تیرهای با جرم کمی صفتی استفاده از نیرج های سرد محذره می باشد.



خوردگی فولاد (Corrosion)

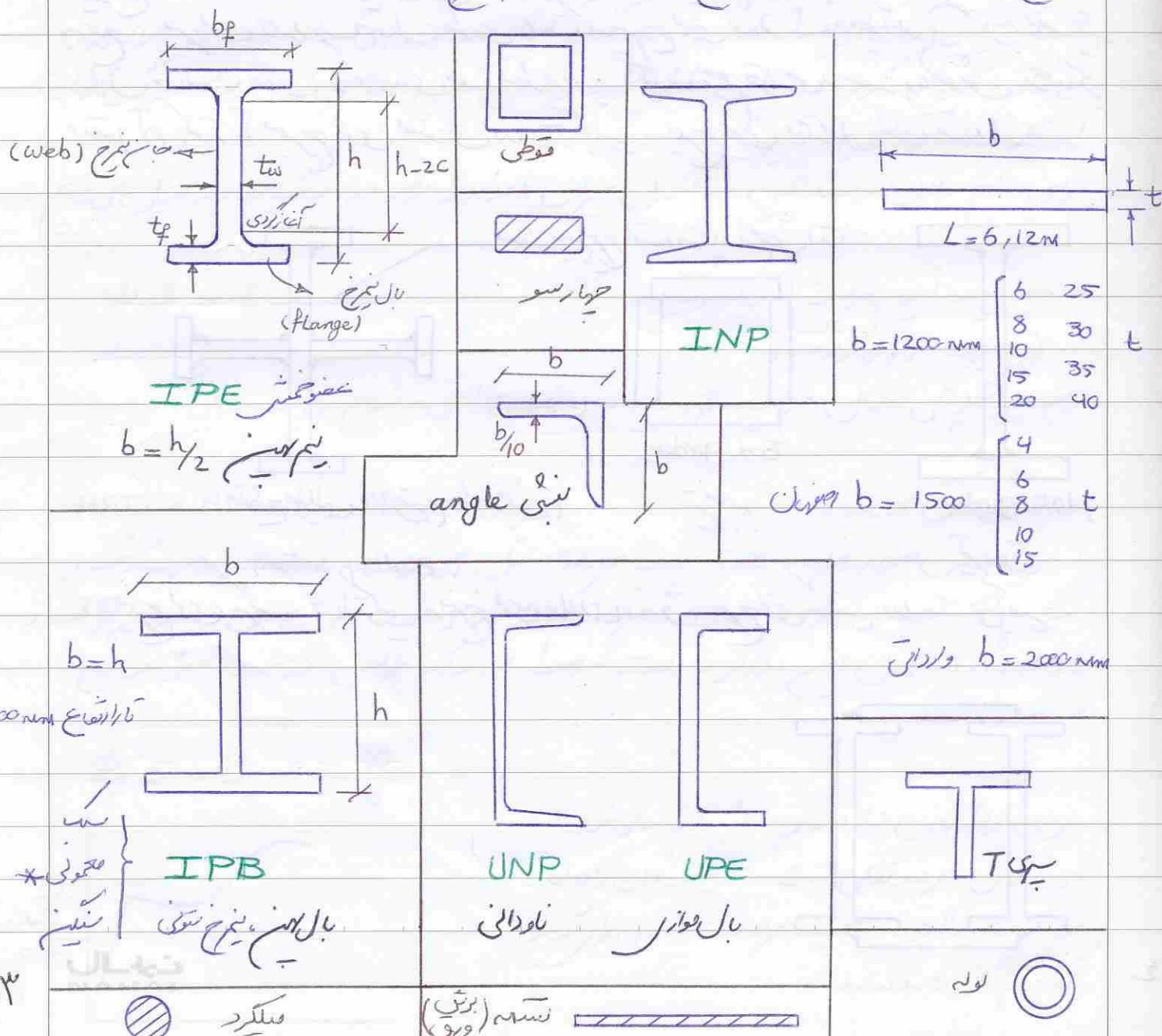
سطح فولاد در تماس با محیط است. با اکسیژن هوا اکسید می شود. اکسید فولاد زنگ آهنه ای تیره دارد و چسبندگی آن با سطح زیرین کم است. به مرور زمان این لایه از فولاد جدا شده و لایه زیرین مجدداً اکسید می گردد. به طور کلی در شرایط مناسب پس از مدتی رفته رفته از ضخامت فولاد کاسته می گردد و پس از گذشت مدتی قطعه مورد نظر عملاً ظرفیت خود را از دست می دهد. در سازه های فولادی دریایی یا محیطی دریا این پدیده بسیار جدی است. برای جلوگیری از خوردگی فولاد می توان از روش های زیر استفاده نمود:

- ۱) زنگ آفری ۱۵ هزاره زنگ های بسیار مقاومی وجود دارد که چسبندگی مناسبی با فولاد دارند. در صورت شش سطحی می توان با انتخاب سیستم زنگ مناسب به ضخامت کافی رسید.
- ۲) با لایه زنگ کردن. در این روش ضخامت از ۱۰۰ میکرون برای فولاد در دمای زیاد کسیده می شود.
- ۳) افزودن بعضی آلیاژها مثل آلومینیم باعث می شود زنگ فولاد حالت سرامیکی به خود گرفته و کاملاً به طور محکم به سطح فولاد بچسبد. زنگ پس فولاد که نمونه ای است و نباید اشاره داد به آن ضرر به یازخم وارد نمود. فولاد کم کربن (Cor-ten)

۲) فولادی ضد زنگ: آهن بدون اکسید کربن و نیکل، کروم، وانادیم باعث می شود زنگ فولاد به صورت توده ای شود و باقی بماند. (Stainless steel)

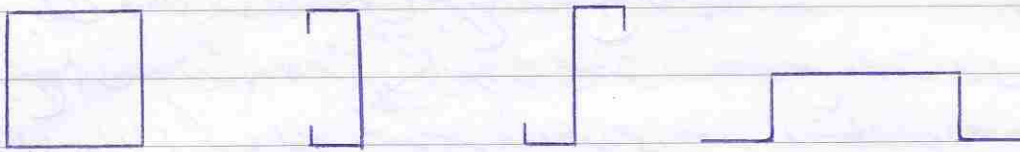
نیم رخ های یا مقاطع فولادی: برای آنکه بتوان از فولاد استفاده کرد، باید آن را به صورت مقاطع یا پروفیل های خاصی درآورد. این نیم رخ های به شرح زیر می باشند.

۱) نیم رخ های نورده شده: بیشتر در کاربرد داربست و سقف های برای تولید آن کشش فولادی را داغ کرده از این کشش نورده می دهند. دستگاه نورده در صورتی که Stand نامیده می شود، یک سازه اتکا دار با کاهش داده و نهایتاً آن را به یک نورده شکل دهنده نیم رخ حاصل می گردد. انواع نیم رخ های ساختمانی به شرح زیر می باشند.



(Cold formed section)

۱۲) نیرخ لمی سردآشده و ورق لمی فولادی با ضخامت 4mm را به روش دستگاه پرس صاف است
 سردآشده می نمایند و نیرخ لمی سبکی تولید می کنند. نیرخ لمی برای اعضای دوم در پیوستش لمی
 یک سقف و تحت پانچال لمی سبک به حالت کانکس و موارد مشابه ساخته می شوند
 (برای در و پنجره هم استفاده می کنند)



(plate section)

۱۳) نیرخ لمی ساخته شده از ورق و برای کارهای سنگین مثل پل لمی (که نه بزرگ پانچال می
 برقیق، نیرخ لمی وارد در پانچال طوری است که نیرخ لمی نورد شده حواله می آن می کنند
 در این حالت ورق را با پانچال مورد نظر بریده، گداز و هم جوشکاری و جوش در جگه
 متصل می کنند تا نیرخ لمی قشوعی بدست آید. نیرخ لمی معمول عبارتند از:

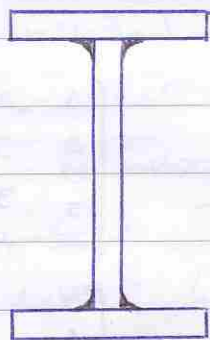
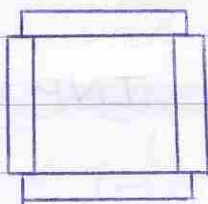


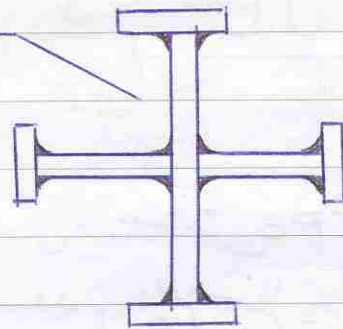
plate girder

نیرخ لمی ساخته شده از ورق و برای کارهای سنگین است



Box girder

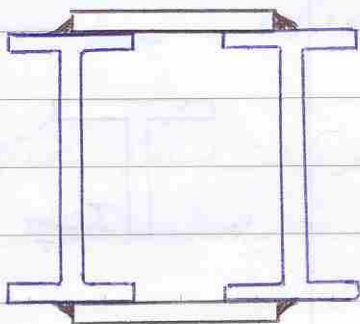
تیر محبوس



مقاطع صلبی (برای تیر و ورق محبوس)

(Built up section)

۱۴) نیرخ لمی مرکب و با ترکیبی از نیرخ لمی فولادی و ورق نیرخ لمی مرکب بدست می آید



روش طراحی

اگر مقاومت سازه را با حرف S و بار وارد بر سازه را با حرف L نمایش دهیم، معنی سازه ناموفق در برابر ایجاب می نماید:

بار وارده $L \geq S$ مقاومت سازه

از طرف دیگر اقتصاد و پهنایی ایاب می نماید که نزدیک تر به روش مقاومت از بار وارده می توانیم بی حد و بند و بیش در نظر گرفتن مسائل امکان یابی طرح باشد.
توانج S و L که مقاومت و بار وارده را تعریف می نمایند، کمیت های اتفاقی و غیر قطعی هستند. همیشه کمیت های را با توجه به عدم اماره اطلاعات آماره ای سازه S و L وجود دارد می توان تخمین کرد. به عنوان مثال بار وارد بر کلاس، مقداری اتفاقی نزدیک به تخمین آن می تواند است و تعداد را تخمین نیز اتفاقی از مسائل مختلف است.
برای پاسخ دادن به مسئله ای، با اعمال ضرایبی تا مقدار موجود را به یک مقدار تبدیل می کنیم:

$$\phi S = \gamma L$$

ϕ ضریب تقلیل ظرفیت (کوچکتر از یک)

γ ضریب بار (بزرگتر از یک)

بر حسب تکنیکی اعمال ضرایب ϕ و γ ، روش های طراحی به شرح زیر بدست می آید:

ASD : Allowable Stress Design

(۱) روش تنش مجاز

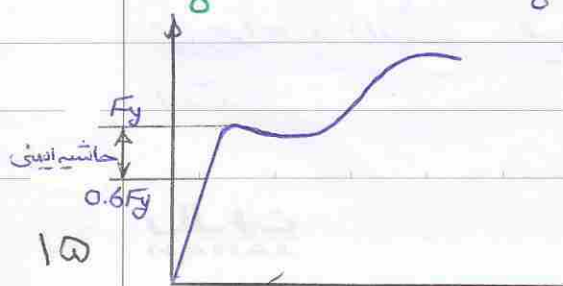
در این روش مورد ضریب ایستادگی مقدار مستقل می گردند. مقاومت در ضریب کوچکتر از یک ϕ ضرب می شود و بارگذاری با ضریب γ منظور می شود. به طور سنتی مقدار ϕ و γ حدود ۰.۶ است. با اعمال این عدد در مقاومت خلاصه می شود که طراحی در محدوده ای فولادین می دهد.

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

$$\frac{\phi}{\gamma} = 0.6$$

برای اندازه دین فولاد در این روش استفاده می شود.

این روش هر چند بدیهی است، تجربه نشان داده است در سازه های فولادی با اهمیت همراه است و دلیلی برای کنار گذاشتن آن وجود ندارد.

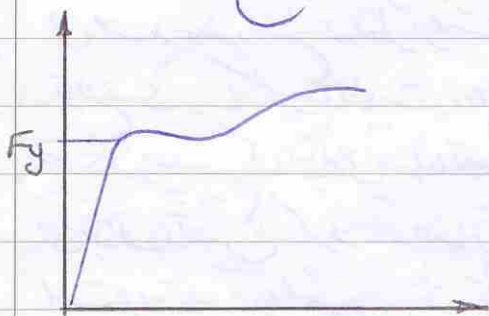


۱۲) روش مقاومت نهایی و USD & Ultimate Strength Design

این روش در فولاد به طرح خمیری یا بلااستیک نیز معروف شده است. در این مورد ضریب ایمنی است منتقل می شوند و رابطه ایمنی به صورت زیر در می آید.

$$\phi = \frac{S}{L}$$

یعنی بار که در ضریب زیر تر از یک ضرب شده و با مقاومت نهایی مقابله می گردد. ضریب ϕ در حدود ۱.۶ در نظر گرفته می شود. مدت زمانی در طراحی فولاد مطرح گردد به وسیله حجم وقت توانست می باشد. تنش می باشد. نتایج در روش ایمنی یا ایمنی است.



۱۳) طراحی در روش حالات حدی و LSD & Limit State Design

عیب روش تنش مجاز و در روش مقاومت نهایی در اینست که برای تمام مقادیر که در این تمام بار که از ضریب یکسان استفاده می شود. در حالتی که در این عدم قطعیت آن که یکسان نیست. در عنوان مثال عدم قطعیت بار زنده بیش از بار مرده است. بنابراین نتایج ایمنی به صورت منطقی تر از روش دیگر می آید.

$$\phi S = \phi_d L_d + \phi_L L_L + \dots$$

این روش در حال حاضر نسبت حدی برای حالت تنش می باشد. در طراحی بتن مسلح به طور کامل می گیریم. روش تنش می باشد است و اینست که نام بارها نیز با این منطق استوار است. در نتیجه این نام فولادی، حجم در ادو یا حجم در استرینکس، این نام که می دهد برای منطق استوار می باشد. در ادو یا بانام حالت حدی و در استرینکس بانام محبت LRFD معروف می باشد. این نام محبت حجم در استرینکس این روش را که در روش می خواهد دانست. ضریب تقلیل ظرفیت $\phi = 0.9$ و $\phi_L = 1.5$ و $\phi_d = 1.25$ است.

تعداد در منصفی ضرایب اضمحلال و ضرایب باره

امروزه محققین سعی می‌کنند با استفاده از مدل کمی آماري مقاومت و بارهای وارد بر باره را مورد بررسی و مطالعه آمار قرار دهند و با بر داری آن‌ها برای ضرایب ϕ و λ اعداد منطبق بدست آورند. برای آنکه در اولیایر دلیل به شما می‌توانیم به توضیحات زیر توجه کنیم.

$$S = L \rightarrow S - \Delta S = L + \Delta L \Rightarrow S(1 - \frac{\Delta S}{S}) = L(1 + \frac{\Delta L}{L})$$

$$\Rightarrow F.S. = \frac{S}{L} = \frac{1 + \frac{\Delta L}{L}}{1 - \frac{\Delta S}{S}}$$

$$\frac{\Delta L}{L} = 40\%$$

$$\frac{\Delta S}{S} = 15\%$$

$$\rightarrow F.S. = 1.65, \quad \frac{1}{F.S.} = 0.6$$

« مشخصات هندسی مقطع »

در طراحی پاره‌های فولادی مشخصات هندسی مقاطع نقش عمده‌ای دارد. این طراحی باید قادر باشد مشخصات هندسی پیرامون پاره‌های مختلف را به‌ویژه با استفاده از جدول بدلت تعیین نموده و مورد استفاده قرار دهد.

بدون شک هرگز انتخابی در این امر باعث خطای فاحش می‌گردد و این موضوع را می‌توان مشخصاتی از مقطع که بدان نیاز داریم عبارتند از:

- | | |
|----------------------------------|---------------------------|
| (۱) سطح مقطع A | (۲) جمان انیسی I |
| (۳) اینس مقطع S | (۴) شعاع زیر اسون r |
| (۵) جمان انیسی حاصل ضرب I_{xy} | (۶) جمان انیسی قطبی I_0 |
| (۷) ثابت بخش J | (۸) مرکز برش e |

روش جدولی برای تعیین مشخصات هندسی مقطع

پیرامون پاره‌های فولادی که در بازار ایران بواج دارند منطبق بر استاندارد DIN آلمان می‌باشند و در اکثر کشورهای اروپایی و بسیاری از نقاط دنیا از جمله ایران مورد استفاده قرار می‌گیرند. کارخانه‌های ایران نیز تولید خود را منطبق بر این استاندارد می‌کنند. مشخصات این پیرامون (در جدولی در نام) انتقال فراهم آمده می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. توجه شود که کشور آمریکا و هند کشورهایی هستند که دارای استانداردهای خود در بازار ایران به صورت انبوه وجود ندارد. تنها در هنگام استفاده از لیت آمریکا و انگلیس به این موضوع دقت می‌شود.

12" x 36 ، 12" x 46 ، 12" x 56 ، 12" x 76 ، 12" x 96

در این جدول مشخصات استاندارد

مشخصات هندسی مقاطع ساده و مقاطع پاره از قبل قفلت، مستطیل، دایره و موارد مشابه می‌باشند. مشخصات هندسی آن که رایجاً حفظ می‌شود و یا به کمک جدول بدلت می‌آوریم.

مشخصات هندسی مقاطع مرکب و مقاطع مرکب حاصل از دو پاره پیرامون و مقاطع پاره که طراحی آن را در کتاب حجم قرار داده و در عنوان عضو از آن استفاده می‌کنند. برای می‌توان مشخصات هندسی آن را از روش جدولی استفاده می‌شود که روش بسیار مطمئنی است و دقت بسیار دارد.

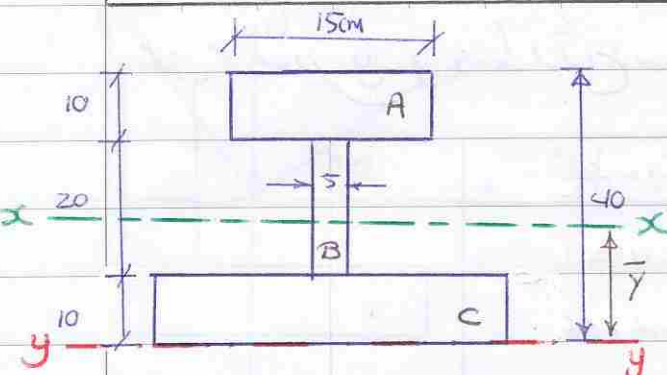
$$M = Ay$$

$$n = \frac{\sum M}{\sum A} \quad \text{فاصله یارضختر از محور مرکزی}$$

مثال: مشخصات هندسی مقطع را می بینید.
(۱) انتاب محورین

مطلوبت: تعیین محل محور مرکزی افقی و مشخصات هندسی آن و I حول آن

برابر محل می باشد ابتدا باید محور مرکزی را بیابیم، انتاب را می بینیم. محل آن اضلاع را می بینیم؛ ولی توصیه می شود در پاسخ ترتیب با مقطع قرار داده شود (چونکه با اعداد مثبت سر و کار داریم).

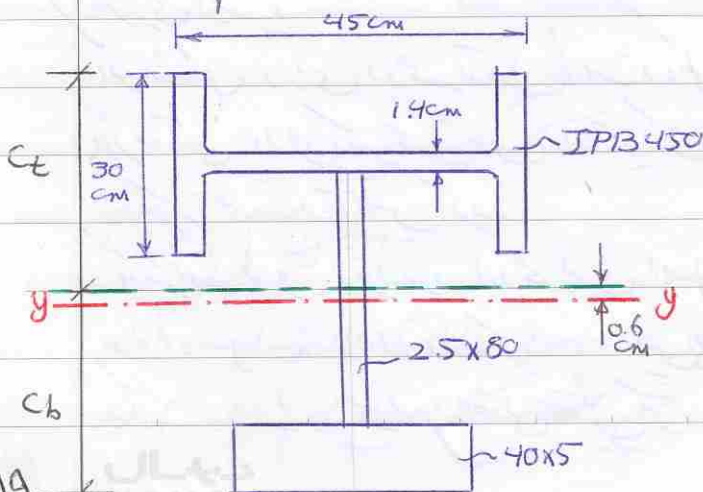


ردیف	b x d	فاصله مرکز ضلع لا محوری (cm)	$A_i (cm^2)$	Ay	Ay^2	$I_g = \frac{bd^3}{12}$
	25 x 10	5	250	1250	6250	2083 = $\frac{25 \times 10^3}{12}$
B	5 x 20	20	100	2000	40000	3333
	15 x 10	35	150	5250	183750	1250
Σ			500	8500	230000	6666.6

$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{A} = \frac{8500}{500} = 17 \text{ cm}$$

$$I_n = \sum Ay^2 + \sum I_g - \sum \frac{(Ay)^2}{A} = 230000 + 6666 - \frac{8500^2}{500} = 92166$$

$$r_n = \sqrt{\frac{92166}{500}} = 13.58 \text{ cm}$$



مثال: مطلوبت: محل محور مرکزی افقی و مشخصات آن

$$I_y = I_n + A^2 \rightarrow I_n = I_y - An^2, n = \frac{M}{A} \Rightarrow I_n = I_y - \frac{M^2}{A}$$

$$I_y = I_g + Ay^2 \Rightarrow I_n = Ay^2 + I_g - \frac{M^2}{A} \Rightarrow I_n = \sum Ay^2 + \sum I_g - \frac{(\sum M)^2}{\sum A}$$

کل محورها ی-ی و وسط ارتفاع محاسبه در نظر گرفته می شود.

ردیف	ابعاد cm bxd	فاصله مرکز از مبدا (cm)	$A_i \text{ cm}^2$	Ay	Ay^2	$I_g = \frac{bd^3}{12}$
A	40x5	42.5	200	-8500	361250	417
B	2.5x80	0	200	0	0	106666
IPB 450	-	40.7	218	8873	361114	11720
Σ			618	373	841167	

$$n = \frac{M}{A} = \frac{373}{618} = 0.6$$

$$I_n = 841167 - \frac{373^2}{618} = 840942 \text{ cm}^4$$

$$C_b = 45 + 0.6 = 45.6$$

$$S_b = 840942 / 45.6 = 18442 \text{ cm}^3$$

$$C_t = 15 + 0.7 + 40 - 0.6 = 55.1$$

$$S_t = 840942 / 55.1 = 15262 \text{ cm}^3$$

$$r_n = \sqrt{\frac{840942}{618}} = 37.03 \text{ cm}$$

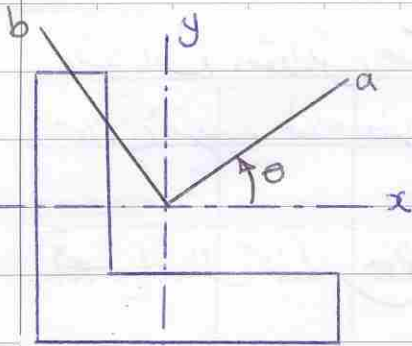
محورهای اصلی مرکز ثقل

طبق تعریف محورهای اصلی، تولید در همان انفرسی حول یکی از آن که صداتر و حول دیگر صداتر باشد. اگر مرکز جرم در اصلی منطبق بر مرکز هندسی سطح باشد، آن که را محورهای اصلی مرکزی تولید.

۱) اگر مقطع دارای دو محوره تقارن باشد، یکی از آن که صداتر و دیگری صداتر است.

۲) اگر مقطع دارای یک محوره تقارن باشد، آن محوره اصلی است. محور دیگر نیز عمود بر آن است. لذا باید مرکز مختصات تقسین گردد.

۳) اگر شرایط فوق برقرار نبود باید محورههای اصلی را تقسین نمود. برای این کار دستگاه مختصات مرکزی درخواه لازم را انتخاب کرده، سپس نسبت به آن محاسبات همان انفرسی صورت می گیرد. به کمک روابط زیر محورههای اصلی تقسین می گردد.

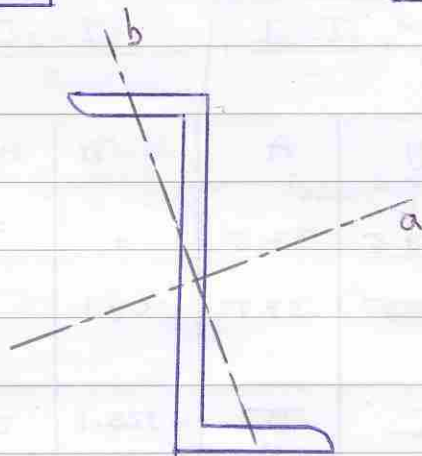
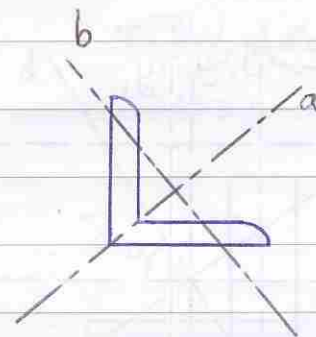
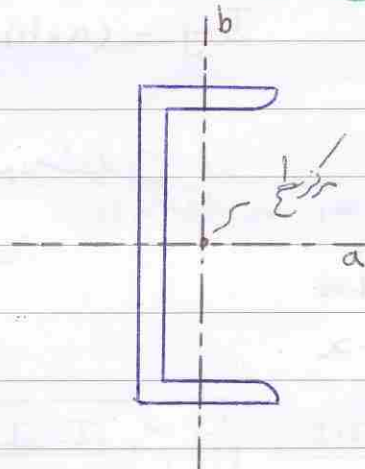
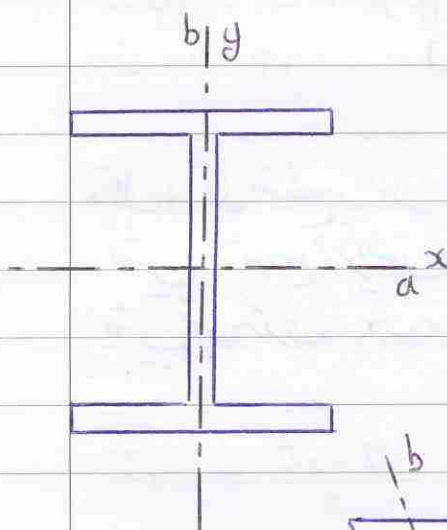


$$\tan 2\theta = - \frac{2 I_{xy}}{I_x - I_y}$$

$$I_{\text{Max/Min}} = \frac{I_x + I_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2}$$

یعدی I_{xy} و محاسبات اینها حاصل ضرب

نمایش محورهای اصلی نیز به صورت اول



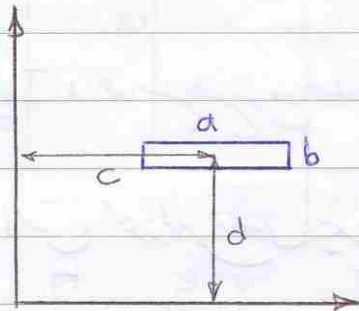
محاسبات اینها حاصل ضرب به طبق تعریف از رابطه برداشت می آید

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

نمونه انتخاب دستگاه مختصات x و y همان اینها حاصل ضرب دارای علامت است اگر تمام مقطع در ربع اول یا سوم قرار داشته باشد مقدار آن مثبت و اگر در ربع دوم یا چهارم قرار

دسته باشد مقدارش صفر است. در غیر اینصورت علامتش طبق ضوابط تقسیم خواص است.
محور انیترسی حاصل ضرب نسبت به دستگاه کمی اصلی مرکزی نسبی صفر می باشد.

قضیه انتقال محور لای موازی درجه انیترسی حاصل ضرب به



$$I_{xy} = I_{ab} + A(dx)c$$

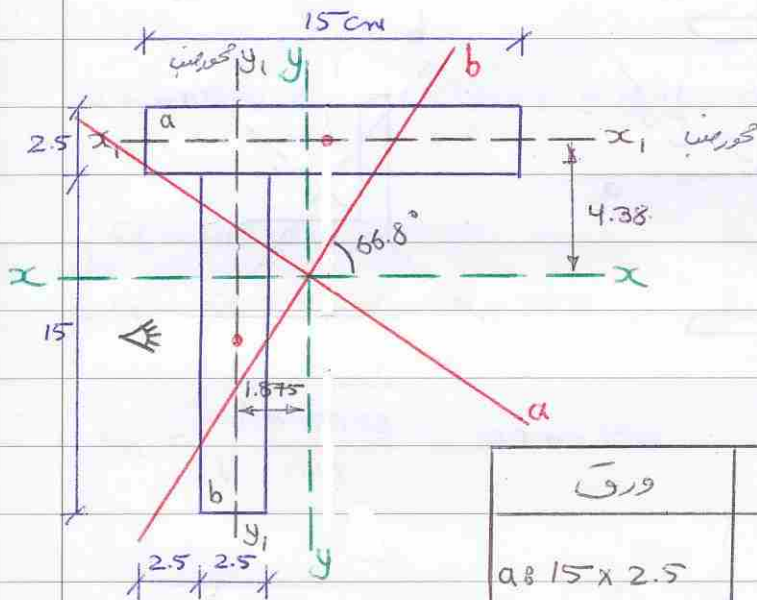
$$I_{xy} = \sum A dx dy$$

$$I_{xy} = (a \times b)(dx)c$$

مثال: برای مقاطع نشان داده شده معلوم است

تقسیم شده بر اساس مرکز ثقل

تقسیم محور مرکزی x-x



ورق	y	A	M=Ay	Ay ²	I _g
a: 15 x 2.5	0	37.5	0	0	19.5
b: 2.5 x 15	-8.75	37.5	-328.1		
Σ		75	-328.1	3593.5	

$$n = \frac{M}{A} = - \frac{328.1}{75} = -4.38$$

$$I_x = 3593.5 - \frac{328.1}{75} = 2158$$

تقسیم محور مرکزی y-y

ردیف	y	A	M = Ax	Ax ²	I _y
a: 2.5x15	3.75	37.5	140.6	527	703
b: 15x2.5	0	37.5	0	0	19.5
Σ		75	140.6	1249.5	

$$n = \frac{140.6}{75} = 1.875$$

$$I_y = 1249.5 - \frac{140.6^2}{75} = 986$$

$$I_{xy} = \sum A d_x d_y = (2.5 \times 15)(4.38 \times 1.875) + (2.5 \times 15)(-4.38 \times -1.875) = 615.94$$

تغییر محور اصلی

$$\tan 2\theta = -\frac{2I_{xy}}{I_x - I_y} = -\frac{2 \times 615.94}{2158 - 986} = -1.05 \rightarrow 2\theta = 133.6$$

$$\Rightarrow \theta = 66.8^\circ$$

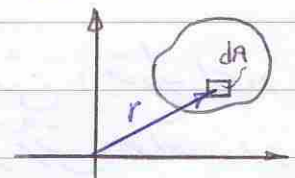
$$I_{min} = \frac{I_x + I_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2} = \frac{2158 + 986}{2} - \sqrt{\left(\frac{2158 - 986}{2}\right)^2 + 615.94^2}$$

$$= 722 \text{ (نسبت b)} \Rightarrow r_{min} = \sqrt{\frac{722}{75}} = 3.1 \text{ cm}$$

محور انزیری قطبی I₀

برابر است با مجموع محاور انزیری I_x و I_y.

$$I_0 = I_x + I_y = \int_A r^2 dA$$



$$= \int_A (x^2 + y^2) dA = \int_A x^2 dA + \int_A y^2 dA = I_x + I_y$$

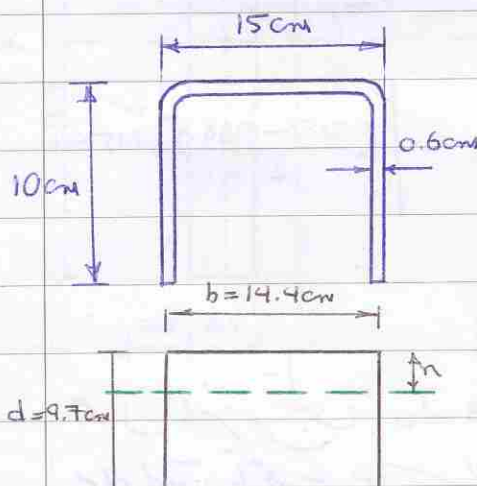
از محاور انزیری قطبی I₀ در بخش مقاطع دایره‌ای شکل (توضیحی یا تصویری) استفاده می‌شود.

ثابت بچش J

لذا ثابت بچش J در جی سبات مربوط به بچش مقاطع غیر دایره استفاده می شود. برای هر مقطع رابط خاصی دارد، فلذا در کشش مربوط به بچش در رابط لازم آید که خواص داشته باشد.

مشخصات هندسی مقاطع حد بارنازک

مقاطع فولادی اغلب حد بارنازک هستند یعنی نسبت ضخامت اجزای آن به بعد از تنش کمتر از 20 است. در چنین حالتی روابط بسیار ساده ای برای محاسبه مشخصات هندسی مقاطع وجود دارد. (مثلاً جدول ص 64 و ص 65 کتاب) از این روابط می توان در تعیین مشخصات هندسی استفاده نمود. در مقاطع حد بارنازک مقطع بصورت خط میانی داده می شود و از فواصل مرکز به مرکز استفاده می گردد. در روابط فقط یک ضایعت صادر وجود دارد. هر ضعیل کمی نزدیک شده دارای ضایعتی نیستند، اما مقاطع سرد نباشد که از یک ضعیف با ضایعت ثابت ساخته می شوند در اینصورت در خواصی گیرند.



مثال: محاسبه ثابت بچش و ضایعت این پروفیل را بدین گونه

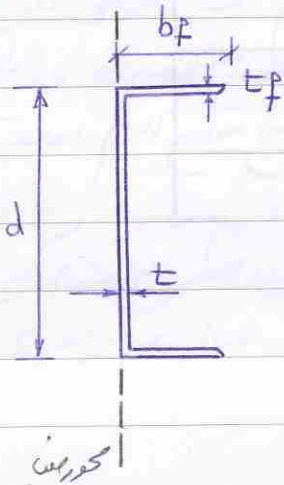
$$n = \frac{d^2}{b + 2d} = \frac{9.7^2}{14.4 + 2 \times 9.7} = 2.78$$

$$r_x = \frac{\sqrt{\frac{d^3}{3} (2b + d)}}{b + 2d} = \frac{\sqrt{\frac{9.7^3}{3} (2 \times 14.4 + 9.7)}}{14.4 + 2 \times 9.7} = 3.2 \text{ cm}$$

مرکز ثقل

نقطه ای است که اگر اعداد بار وارده از آن نقطه عبور کنند، هیچگونه بچشی در مقطع ایجاد نمی گردد. اگر مقطع دارای محور تقارن باشد محل برخورد آن به مرکز ثقل محاسبه می شود. اگر مقطع دارای یک محور تقارن باشد، مرکز ثقل در روی آن قرار دارد و محل آن بصورت زیر قابل محاسب است. برای این کار یک محور تقارن در نظر می گیریم، فاصله مرکز هندسی اجزای مقطع را از آن محور با x نمایش می دهیم. فاصله e یعنی شکل مرکز ثقل از رابط زیر قابل محاسب است.

$$e = \frac{\sum I_x \cdot x}{\sum I_x}$$



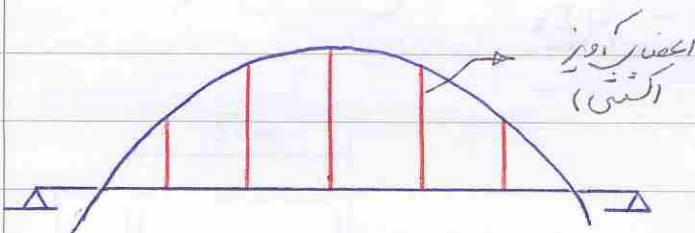
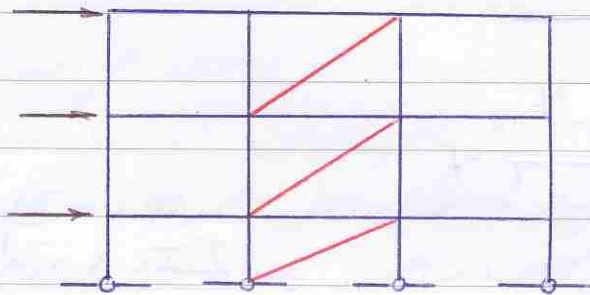
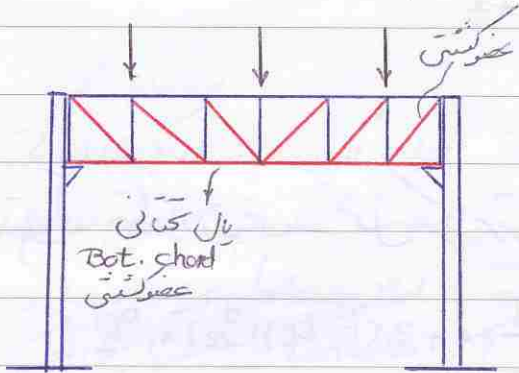
مثال: محوری میانه محل مرکز ثقل

$$e = \frac{\sum I_x \cdot x}{\sum I_x} = \frac{\frac{t \cdot d^3}{12} \times 0 + 2(b_f t_f) \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times \frac{b_f}{2}}{I_x \text{ کل مقطع}}$$

$$\rightarrow e = \frac{b_f^2 d^2 t_f}{4 I_x} \quad \text{مقدار میانه}$$

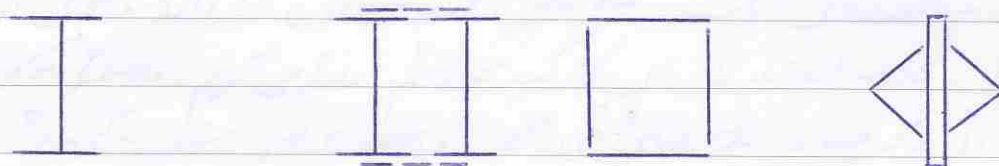
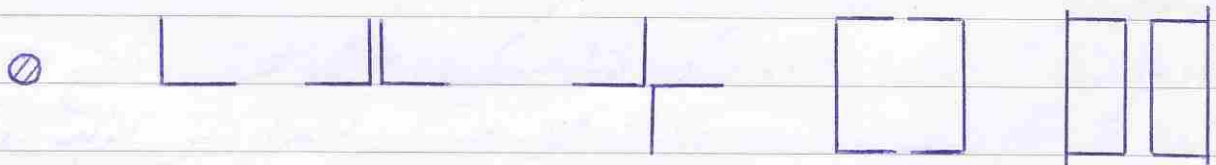
« اعضای کششی »

در ساختمان به اعضای کششی بصورت اعضای کششی خرابه، اعضای کششی باربرند یا یاوین به مورد استفاده قرار می گیرد.



نمونه برای مناسب برای اعضای کششی ۵

در صورتیکه نیروی عضو کششی کوچک باشد می توان از میل درد یا کشش در عناصر عضو کششی استفاده نمود. با افزایش نیروی عضو کششی استفاده از کشش می زوچ، زوچ ناودانی، IPB و یا نمون برای محبت ای ساخته شده از ورق، یا دوپروفل I همراه با ورق یا سیم استفاده نمود.



IPB

خواص اعضا کششی

برای خواص اعضا کششی باید معیارهای زیر مورد توجه قرار گیرد:

- (۱) معیار تسلیم روی سطح مقطع کل
- (۲) معیار مقاومت نهایی روی سطح مقطع خالص
- (۳) معیار لاغری

خواص یعنی انتخاب نیمی از خواص برای عضو کششی که نیروی آن معلوم است. خواص ممکن است بصورت مستقیم صورت پذیرد، یعنی با داشتن تنش و ضرایب نیروی عضو مشخصه خواصی مقطع بدست می آید. در گجت این مشخصه به جدول مربوطه که مجموع کرده و سطح مقطع لازم را بدست می آوریم.

گاهی مواقع خواص مستقیم امکان پذیر نیست و انتخاب نیمی از خواص بازنمون تحت بدست می آید. در خواص اعضا کششی در قالب مواردی توان بصورت مستقیم عمل نمود. حال به ذکر معیارهای خواص می پردازیم:

۱) معیار تسلیم روی سطح مقطع کل: در این حالت سطح مقطع کلی عضو از رابطه زیر بدست می آید:

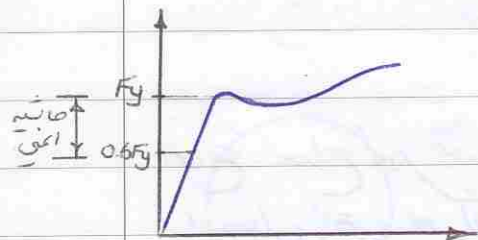
$$A_g = \frac{T}{F_t} = \frac{T}{0.6 F_y}$$

سطح مقطع کل

T نیروی کششی عضو مورد نظر

F_t تنش کششی مجاز مساوی $0.6 F_y$

A_g gross section



۲) معیار مقاومت نهایی: معیار دیگر برای خواص اعضا کششی مقاومت نهایی F_u می باشد که بر سطح مقطع خالص اعمال می گردد. در این حالت خواهیم داشت:

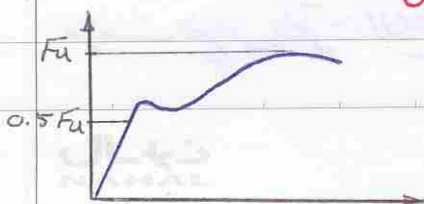
$$A_n = \frac{T}{0.5 F_u} \quad (A_e = \frac{T}{0.5 F_u})$$

سطح مقطع خالص

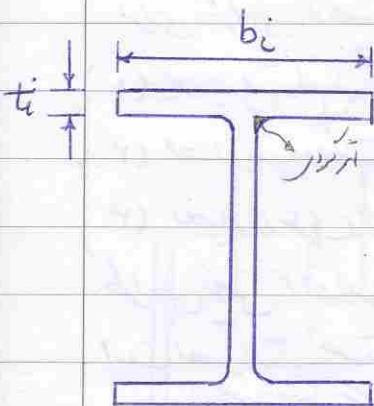
T نیروی کششی

A_n net section

F_u مقاومت نهایی فولاد



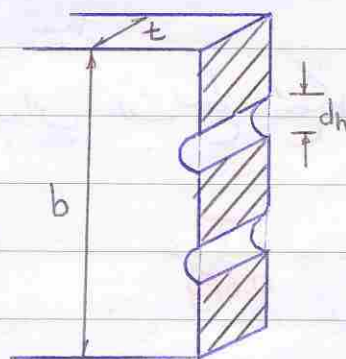
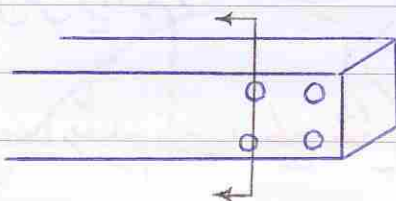
* سطح مقطع طی (Ag) = سطح مقطع طی (Ag) برابر است با مجموع حاصلضرب عرض در ضخامت در عضو برای تمام اجزای مقطع به اضافه شعرونه زدی در محل تقاطع



$$A_g = \sum b_i t_i + \text{شعرونه زدی}$$

سطح مقطع طی نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد. برای منحنی های صاف شده یا ورق می توان از رابط مذکور استفاده نمود (محول اشغال)

* سطح مقطع خالص (An) = در صورتی که برای اتصال اعضای گسشی از پیچ یا برچ استفاده می کنیم لازم است عضو گسشی را قطع کنیم و در آن سوراخ می ایجاد کنیم. این سوراخ که از سطح مقطع طی می کاهد به سطح باقی مانده بین آن سوراخ که مساحت خالص گفته می شود

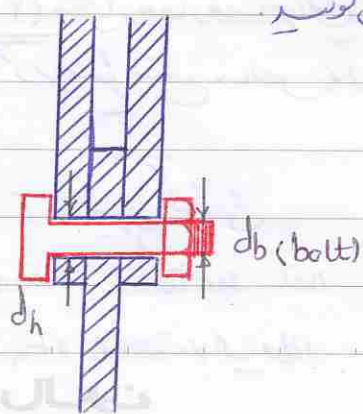


d_h = قطر سوراخ (hole)

$$A_n = A_g - \sum d_h \cdot t$$

انواع سوراخ که مورد استفاده در صنعت ساخت سازه های فولادی

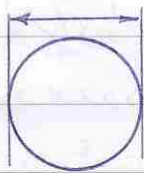
در اتصال یخی معمولاً حیند ورق روی هم قرار گرفته اند و سوراخ های پیچ یا برچ عبور داده شده و محکم می شود. برای آنکه این کار امکان پذیر باشد باید قطر سوراخ اندکی بزرگتر از قطر پیچ باشد. به اختلاف این دو قطر، لقی سوراخ می گویند.



$$\text{لقی} = d_h - d_b$$

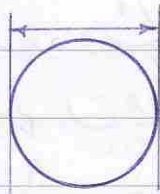
بر حسب میزان لقی، انواع سوراخ به پنج گروهی با شده

$$d_h = d_b + 2 \text{ mm}$$



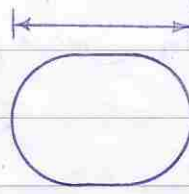
سوراخ استاندارد

$$d_h = d_b + 5 \text{ mm}$$



سوراخ نزدیک شده

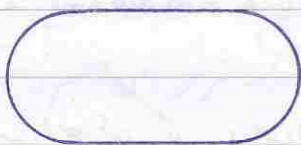
$$d_b + 7 \text{ mm}$$



لوبیایی کوتاه

$$d_b + 2 \text{ mm}$$

$$2.5 d_b$$



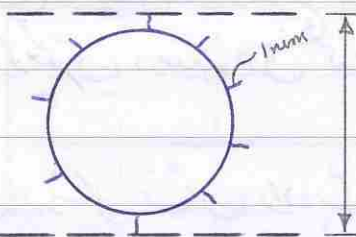
$$d_b + 2 \text{ mm}$$

لوبیایی بلند

عملیات سوراخ کاری

۱) نکته در سوراخ کاری است که در هر دو طرف سوراخ کاری استفاده از قلمه یا دریل می باشد. در این حالت قلمه به اندازه کافی از قطر بزرگتر است. * لقی + قطر بچ = قلمه *

۲) یا بچ را ممکنه کردن و در صورتی که در وقت ورق ضعیف تر باشد می توانیم سوراخ را بگردانیم. یا بچ را ضعیف تر از این می نامیم. حفره کاری بزرگتر است که خواص دارد. مصالحی را می توان می دهد. در محله سوراخ کاری که در بدنه فلز است می توانیم آن را بزرگتر از ۱ mm می شود. برای در نظر گرفتن اثر ترک که 2 mm به قطر سوراخ افزوده می شود.

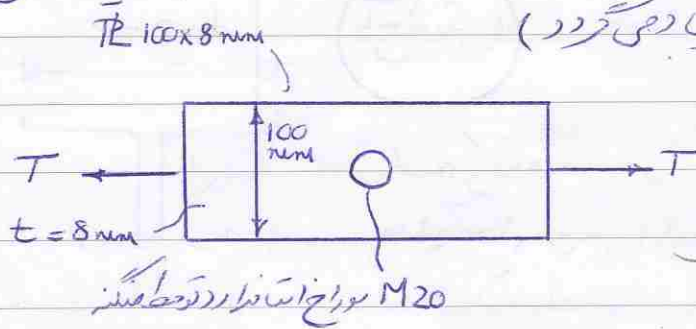


$$d_h = d_b + 2 \text{ mm} + \text{اثر لقی}$$

* نکته ای برای باورند که وقوع ترک در فولاد می تواند بصورت پیش رونده ادامه داشته باشد. در محصول سخت باریکی دنیا ممکنه و ضعیف ای. لذا افزایش 2 mm به قطر سوراخ نمی تواند میزان این نقص مکانیکی را بیاورد. راه حل میانه که می تواند اقتصاد و کیفیت را با هم داشته باشد به شرح زیر است و استاده بکند فلز سوراخ می کند 2 mm کوچکتر از قطر بچ ای می گردد. پس با توجه کاری به قطر مطلوب می رسم.

M20 ← سوراخ استاندارد برابر پیچ 20 میلی متر

مثال ۱ برای تسمه نشان داده شده در شکل سطح مقطع خالص A_n را بیابید. (سوراخ استاندارد نبوده و توسط دستگاه ضربدر این ایجاب می گردد)



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

$$D_h = 20 + 2 + 2 = 24 \text{ mm}$$

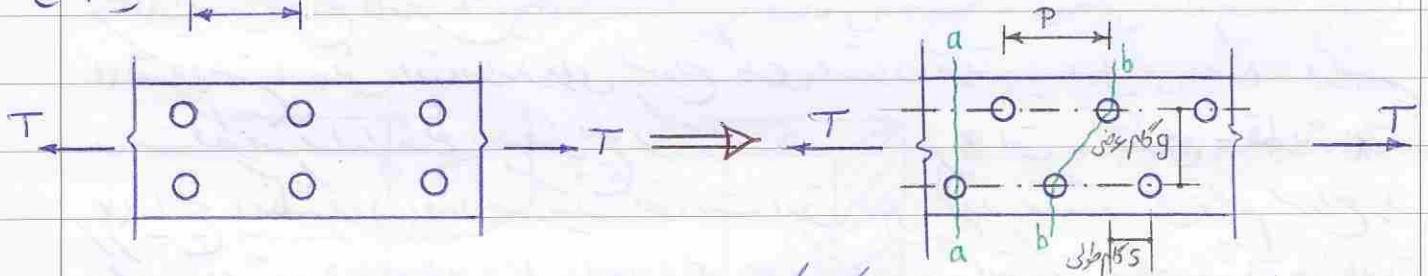
$$\text{عرض خالص} = 10 - 2.4 = 7.6 \text{ cm}$$

$$A_n = 7.6 \times 0.8 = 6.08 \text{ cm}^2$$

اگر سوراخ یک در میان ۲

به منظور اقرانی سطح مقطع خالص، گاهی اوقات بعضی سوراخ ها را در یک صفحه ای در یک صورت یک در میان یا نزدیک در آورند

P فواصل یک سوراخ ها



در سوراخ یکی یک در میان باید دو مقطع گسسته شود و حالت قرار گیرد

$$\begin{cases} A_{n1} = A_g - 1 \times D_h \times t \\ A_{n2} = A_g - 2 \times D_h \times t + \frac{s^2}{4g} \times t \end{cases}$$

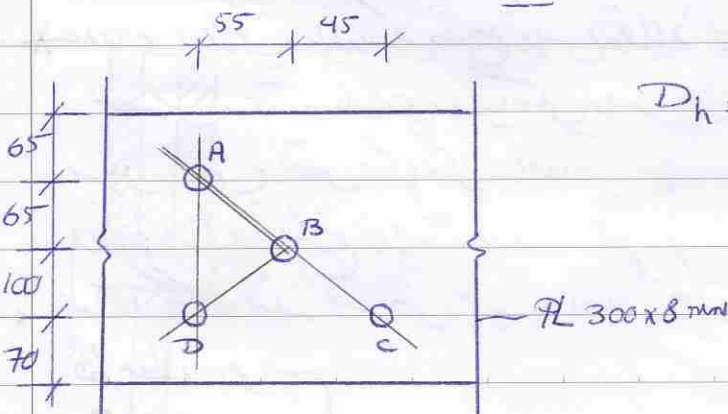
برای هر صورت استاندارد

(الف) مقطعی که نزدیک پیچ می گذرد (a-a)

(ب) مقطعی که از دو پیچ می گذرد (b-b)

* کوچکترین دو مقدار فوق کنترل گشته خواهد بود.

مثال ۲ در شکل نشان داده شده حداقل مساحت خالص را تعیین کنید



$$D_h = D_b + \text{لغی} + \text{فولنه} = 24 \text{ mm}$$

$$A_n = [30 - 2 \times 2.4] \times 0.8 = 20.16 \text{ cm}^2 \quad \text{مقطع AD}$$

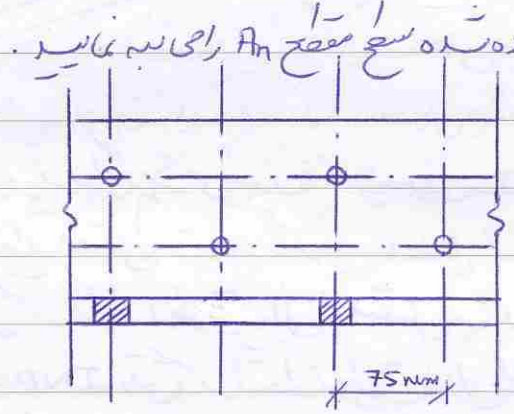
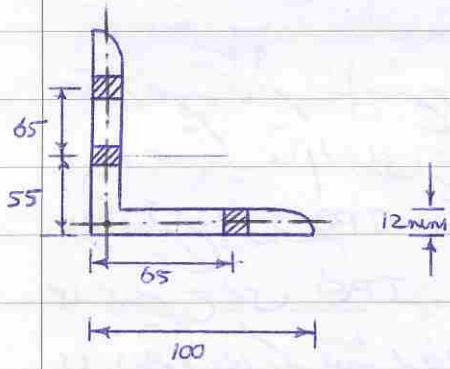
$$A_n = [30 - 3 \times 2.4 + \frac{5.5^2}{4 \times 6.5} + \frac{5.5^2}{4 \times 10}] \times 0.8 = 19.78 \text{ cm}^2 \quad \text{مقطع ABD}$$

$$A_n = [30 - 3 \times 2.4 + \frac{5.5^2}{4 \times 6.5} + \frac{4.5^2}{4 \times 10}] \times 0.8 = 19.57 \text{ cm}^2 \quad \text{مقطع ABC}$$

مساحت خالص منبری

استفاده از سوراخ کمی پس از منبری به منبری قاعده است و محاسبه است در دو ساق منبری قرار داده باشد. برای تعیین سطح مقطع خالص منبری را حول میل تارگسترش می دهیم و محاسبه می کنیم.

(L 150 x 100 x 12)



$$D_h = D_b + \text{لغی} + \text{اثر فیلنه} = 24 \text{ mm}$$

$$A_g = 28.7 \text{ cm}^2$$

مقطع AC

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

مقطع ABC

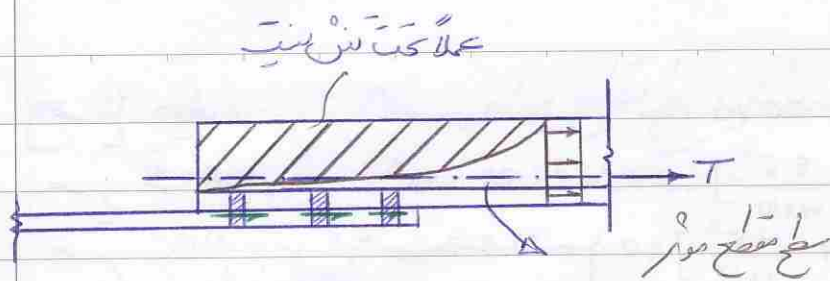
$$A_n = 28.7 + [-3 \times 2.4 + \frac{7.5^2}{4 \times 6.5} + \frac{7.5^2}{4 \times 10.8}] \times 1.2 = 24.22 \text{ cm}^2$$

مقطع AC بحرانی است.

سطح مقطع خالص موثر

از تمام اجزای مقطع عضو در محل اتصال بصورت مستقیم متصل شده باشند در توزیع تنش کششی در عضو تاخیر بوجود می آید. یعنی قسمت کمی از جرم متصل شده در طول مشخص عاری از تنش خواهند بود و عملاً در باربردن شرکت نمی کنند. سطح مقطع باقی مانده را به سطح مقطع موثر نامند.

در عنوان مثال مقاومت کششی بد
نمایی که فقط یک بال آن به ورق
اتصال وصل شده است، از مقاومت
کششی بدنی نظر که هر دو بال آن
متصل شده به تیر است کوکتر است.



برای اعضای جوش برده

$$A_e = U A_g$$

برای اعضای بچ شده

$$A_e = U A_n$$

ضریب تأثیر

$$U = \frac{86}{\dots}$$

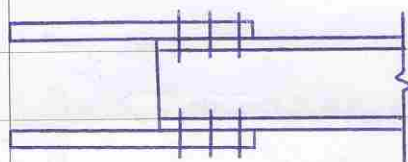
مقدار ضریب تأثیر U به شرح زیر در نظر گرفته می شود: (جدول 3-2 صفحه 91) (اسی نامه ص 51)

(1) در صورتیکه تمام اجزای مقطع متصل شده باشند $U=1$

(2) در تیرهای IPE و IPB وقتی که فقط از طریق بال به متصل شده باشند $U=0.9$

(3) در تیرهای IPE و INP وقتی که فقط از طریق بال به متصل شده باشند $U=0.85$

(4) در تیرهای IPE و INP وقتی که فقط از طریق یک بال به متصل شده باشند $U=0.85$

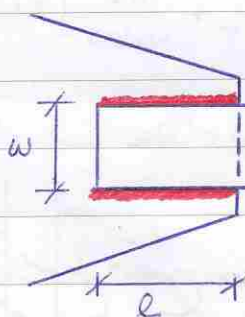


نکته: در اتصالات یخچي حداقل باید سه بچ در ابتدا و انتها
وجود داشته باشد. اگر دو بچ وجود داشته باشد در تمام

حالات $U=0.75$

(5) در تسمه های کششی که فقط از طریق جوش به نقل متصل شده باشند به ترتیب زیر عمل می شود:

(جوش بر دو لبه یوزری)



$$l > 2w$$

$$U = 1$$

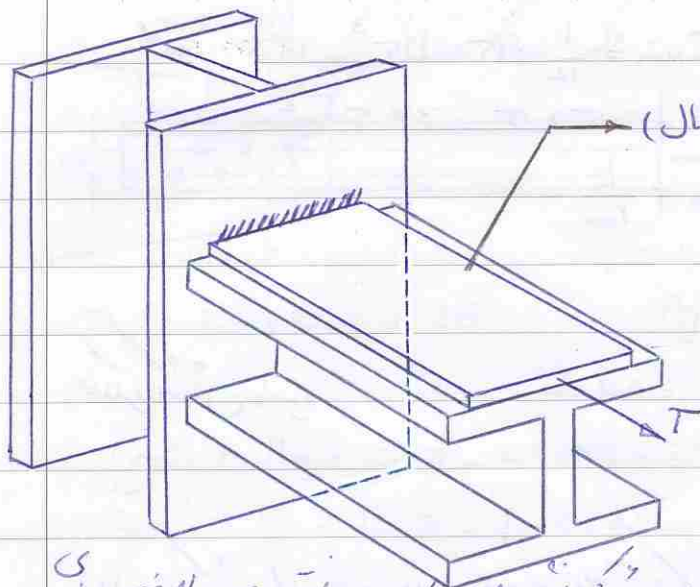
$$2w > l \geq 1.5w$$

$$U = 0.87$$

$$1.5w > l \geq w$$

$$U = 0.75$$

۱۶ ورق های کششی کوتاه ۸ از ورق های کششی کوتاه عنوان ورق های زیر بر دو لبه یوزری در
اتصال تیر به ستون استفاده می شود. سطح مقطع مؤثر بصورت زیر تعریف می شود:



$$A_e = A_n \leq 0.85 A_g$$

۳) معیار لاغری و درجای اعضای کشتی بدیده گشتی و محدود کردن درشتی معیار لاغری برای
 اعضای کشتی بی معیاره تقوس رسد. اما از عضو کشتی ضعیف لاغری باشد در ضمن حمل و نقل
 صدمه می بیند و در هنگام نصب و در آن افتادگی (شکم دادن) ایجاد می شود. برای جلوگیری
 از این بدیده در اعضای کشتی و لاغری حد اکثر را به 300 محدود می کنند.

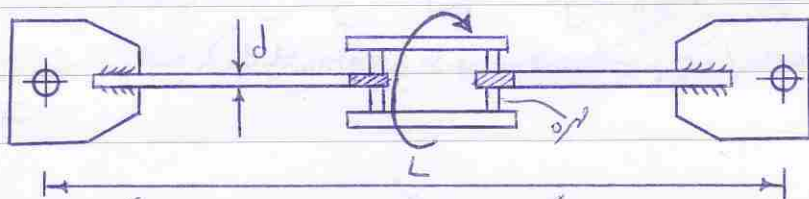
طول عضو کشتی

$$\lambda_{max} = \frac{L}{r_{min}} \leq 300$$

طول عضو کشتی است و $(\frac{L_{Max}}{r_{min}} = 300)$

میلگرد کشتی و

در مواردی در عنوانش اعضا کشتی از میلگرد استفاده می شود. در این حالت برای جلوگیری از افتادگی
 باید میلگرد در افتادی پس تنیده گردد تا به حالت مستقیم در آید. برای ایجاد کشتی اولیه یا پس
 تنیدی از لب دو نیچ یا قورباغه استفاده می شود.

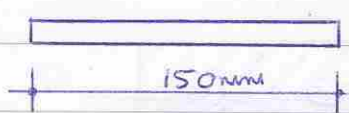


$$\frac{L}{d} \leq 300$$

هم چنین آیس نامه مقر می کند لب $\frac{L}{4}$ در اعضای کشتی میلگرد در صورت بالا محدود گردد.

مثال و مصلحت لغتین صد اکثر طول می بار لب تنیده کشتی با مقطع توپر $150 \times 25 \text{ mm}$. اگر گنس سطح
 مقطع را با میلگرد بایم و در آن کشتی اولیه ای بگیریم صد اکثر طول می بار گنس خفیه خواهد بود.

* r_{min} و r_{max} در نسبت تک باید در راستای محورهای اصلی محاسبه شوند و محاسبه در این راستا همان اینترنس r_{min} و r_{max} است.



$$25 \text{ mm}$$

$$I_{min} = \frac{1}{12} \times 15 \times 2.5^3 = 19.53 \text{ cm}^4$$

$$A = 2.5 \times 15 = 37.5 \text{ cm}^2$$

$$r_{min} = \left(\frac{I_{min}}{A} \right)^{1/2} = 0.72$$

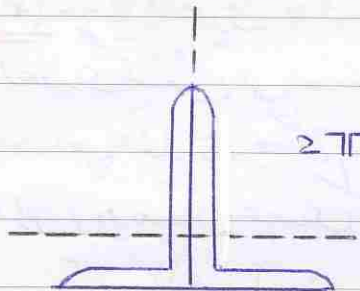
$$\lambda_{max} = \frac{L}{r_{min}} = 300$$

$$L_{max} = 300 \times 0.72 = 216 \text{ cm}$$

$$\pi D^2/4 = 37.5 \quad \text{محور } D = \sqrt{\frac{4 \times 37.5}{\pi}} = 6.9 \text{ cm}$$

$$L_{max} = 300 \times 6.9 = 2070 \text{ cm}$$

✓
محور دایکس اولیه



27 I 150x100x12

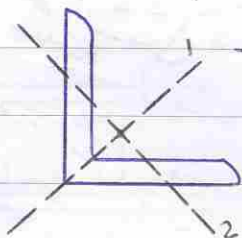
مثال: محاسبه طول مجاز اعضای زیر را تعیین کنید.
با استفاده از روش جدولی مشخصات هندسی مقطع داریم و

$$r_x = 4.78 \text{ cm}$$

$$r_y = 3.7 \text{ cm}$$

$$r_{min} = 3.7 \text{ cm}$$

$$L_{max} = 300 \times 3.7 = 1110 \text{ cm}$$

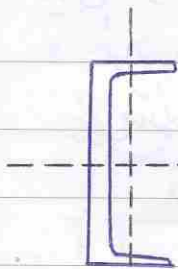


7120x120x12

$$r_1 = 4.6$$

$$r_{min} = r_2 = 2.35$$

$$L_{max} = 300 \times 2.35 = 705 \text{ cm}$$



UNP300

$$r_x = 11.7 \text{ cm}$$

$$r_y = 2.9 \text{ cm}$$

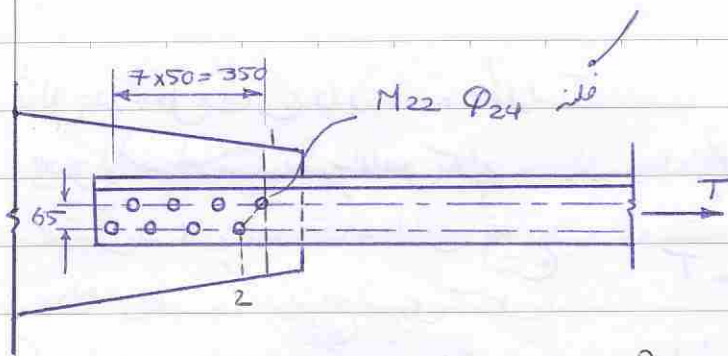
$$r_{min} = r_y$$

$$L_{max} = 300 \times 2.9 = 870 \text{ cm}$$

مثال: محاسبه طول مجاز اعضای زیر را تعیین کنید.
150x100x12 mm با خربشات زیر متصل شده است.

M22 8 پیچ 22mm

24mm 8 سوراخ $\phi 24$



ST37

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

$$F_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

$$D_h = 22 + 2 + 2 = 26$$

$$A_g = 28.7 \text{ cm}^2$$

تکین سطح مقطع خالص (A_n)

$$\text{میرا } A_n = 28.7 - 2.6 \times 1.2 = 25.58 \text{ cm}^2$$

$$\text{میرا } A_n = 28.7 + \left[-2 \times 2.6 + \frac{5^2}{4 \times 6.5} \right] \times 1.2 = 23.61 \text{ cm}^2 \checkmark$$

میانه مقطع مؤثر

نسبت فقط از طریق یک تال متصل شده است.

$$A_e = 0.85 A_n = 0.85 \times 23.61 = 20.07 \text{ cm}^2$$

$$T_1 = 0.6 F_y A_g = 0.6 \times 2400 \times 28.7 \times 10^{-3} = 41.33 \text{ ton}$$

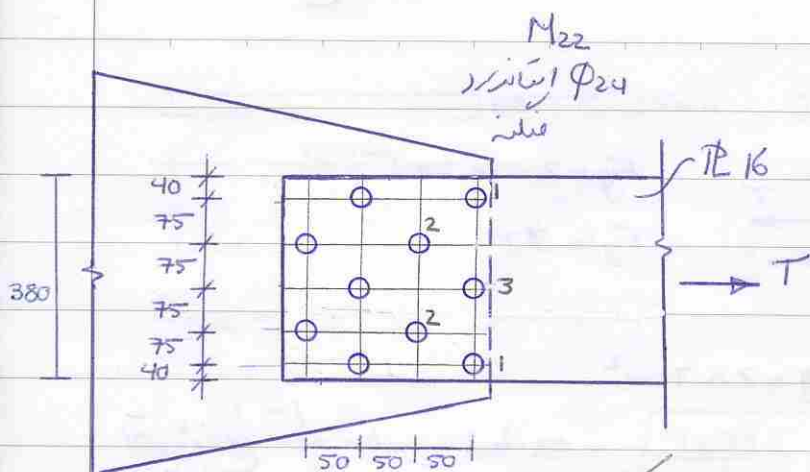
$$T_2 = 0.5 F_u A_e = 0.5 \times 3700 \times 20.07 \times 10^{-3} = 37.13 \text{ ton}$$

$$T = 37.13 \text{ ton}$$

$$L = 300 r_{min} = 300 (2.15) = 645 \text{ cm}$$

مکانیزم انتقال نیرو در اعضای کششی

در محاسبات مربوط به سطح مقطع خالص باید در نظر گرفتن از جهت اول کشش در رابطه انتقال نیرو توسط پیچ که از شدت نیروی مؤثر در جهت بعدی گاسته می گردد. بنابراین در انتخاب سطح مقطع مؤثر بحرانی باید به نیروی مؤثر بر آن مقطع نیز توجه کرد. به عبارت دیگر کشش با سطح مقطع مؤثر کوچکتر وجود داشته باشد، تلفظ نیروی مؤثر بر آن نیز کوچکتر از نیروی کل باشد. این موضوع باید در مثال شرح بیشتر می گردد.



الحسن مساحت مؤرخ خاص کرانی

M22 می باشد. اگر توزیع نیروی T من

اِس کے بصورت مساوی و ملینو اُخت نہ

نظر بر سه نمود صریح 0.1 نیروی T_1

اصل می نماید. بابی خرض سطح مقصود مؤثر کر این تقیص می گردد

$$D_h = 22 + 2 + 2 = 26 \text{ mm}$$

نوع ۱-۳-۱) متافیزیکی اصولیات.

مقطع ۱-۲-۳-۲-۱) تمام نیروی آموخته باشد

$$A_n = \left[38 - 5 \times 2.6 + 4 \frac{5^2}{4 \times 7.5} \right] 1.6 = 45.33 \text{ cm}^2$$

سبح مفتح ضامن النعم به اني والعتيق قد بلى حرور

$$A_n = \left[38 - 4 \times 2.6 + 2 \times \frac{5^2}{4 \times 7.5} \right] \times 1.6 = 46.83 \text{ cm}^2$$

$$\cancel{r}^9 A_n = \frac{46.83}{0.9} = 52.03$$

ST37 $F_y = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ $F_u = 3700 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ و A من نه ظرفیت کششی ورق

$$A_n = 45.33 \text{ cm}^2$$

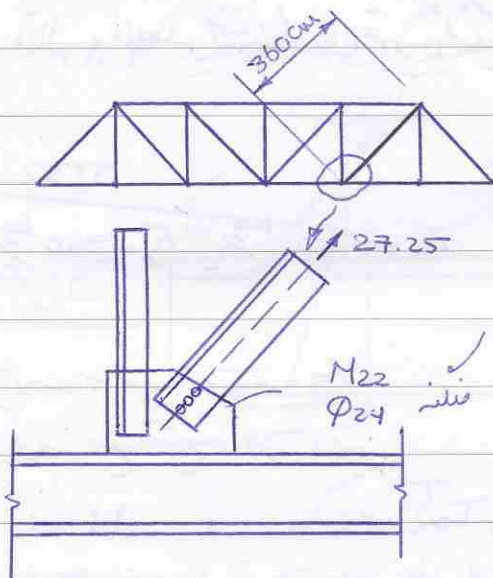
$$T = A_g \cdot 0.6 F_y = 60.8 \times 0.6 \times 24 = 87.55 \text{ ton}$$

طراحی 8

فصل ۱۱ کی در تابلو، ارائه شد مربوط به کنترل بودن از این بر روی فاصل ۱۱ کی در منظور طراحی ارائه می شوند که در آن نیروی وارده معلوم است و باید نیروی فاصل اتیاب گردد.

مثال، مطلوبیت طراحی عضو کششی یک خرپای فول 360cm و بانیروی 27.25 ton. فولاد مصرفی ST37 (نرمه) با $F_y = 2400$ و $F_u = 3700$ (kg/cm²) است.

در دو حالت الف) یک سینی
ب) صفت سینی



$$A_e = \frac{T}{0.5 F_u} = \frac{27.25 \times 10^3}{0.5 \times 3700} = 14.73 \text{ cm}^2$$

$$A_g = \frac{T}{0.6 F_y} = \frac{27.25 \times 10^3}{0.6 \times 2400} = 18.92 \text{ cm}^2$$

چون یک بال سینی مقبل شده است $U = 0.85$

$$A_n = \frac{A_e}{0.85} = \frac{14.73}{0.85} = 17.33 \text{ cm}^2$$

$$D_h = D_b + 2 + 2 = 26 \text{ mm}$$

$$r_{min} = \frac{L}{300} = \frac{360}{300} = 1.2 \text{ cm}$$

معیار لاغری

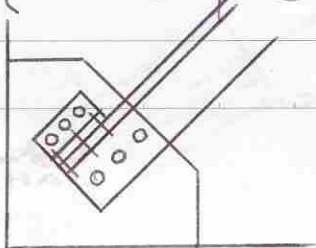
$$7100 \times 100 \times 10$$

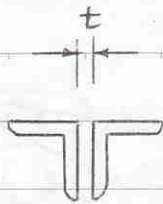
$$A_g = 19.2 \text{ cm}^2 > 18.92$$

$$r_{min} = 1.95 > 1.2$$

$$A_n = 19.2 - 1 \times 2.6 = 16.6$$

تدبیر کم است
مقاطع اتیابی از نظر سطح مقطع ضرایب مقداری ضعف است. اگر که حجم سینی با نیرو برابر استفاده کنیم باید قطریج را کمتر بگیریم یا اگر فاصله را حذف کنیم، یعنی با استفاده از اتصال از آن خنثی هر دو بال ای هم دارد.





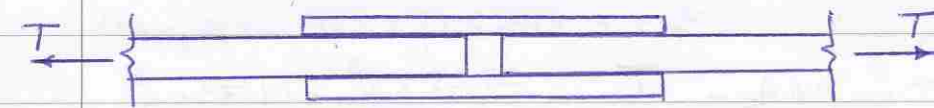
نشی جدول و اردوشی انتخاب شود فاصله به اندازه ورق باشد
 (و به این باشد)

$$T 80 \times 80 \times 8 \quad A_g = 2 \times 12.3 = 24.6 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 24.6 - 2 \times 2.6 \times 0.8 = 20.44 \text{ cm}^2$$

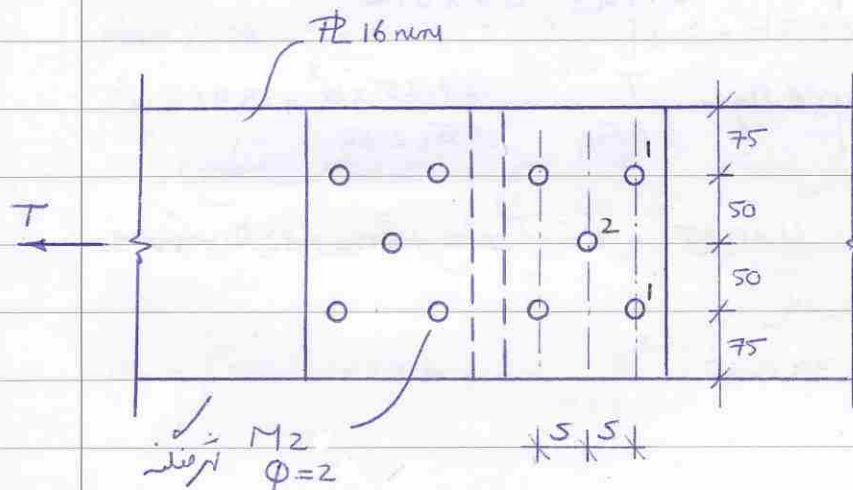
$$r_x = 2.43 \text{ cm} > 1.2 \text{ cm}$$

مثال و فاصله S، اطوری تقس کنند و در اکثر ظرفیت کششی ورق بدست آید.



STS2

$$F_u = 5200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad F_y = 3600 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$



$$A_g = 25 \times 1.6 = 40 \text{ cm}^2$$

می به سطح مقطع خاص در این

8 (1-1)

$$A_n = 40 - 2 \times 2.6 \times 1.6 = 31.68 \text{ cm}^2$$

$$< 0.85 A_g = 54 \text{ cm}^2$$

$$T = 0.6 F_y A_g = 0.6 \times 3600 \times 40 = 86.4 \text{ ton}$$

$$T = 0.5 F_u A_n = 0.5 \times 5200 \times 31.68 = 82.37$$

$$\rightarrow T = 82.37 \text{ ton}$$

با توجه به این که ظرفیت برینایی سطح مقطع خاص بدست آمده است، حال باید به انتخاب عدد
 فاصله برینایی S کاری کنیم که در هر 1-2-1 سطح مقطع موثر ما برابر حجم مقدار در هر
 1-1 شود.

$$1-2-1 \quad A_n = 40 - 3 \times 2.6 \times 1.6 + 2 \frac{S^2}{4 \times 5} \times 1.6 = 27.52 + \frac{S^2}{6.25}$$

$$31.68 = 27.52 + \frac{S^2}{6.25} \rightarrow S = 5 \text{ cm}$$

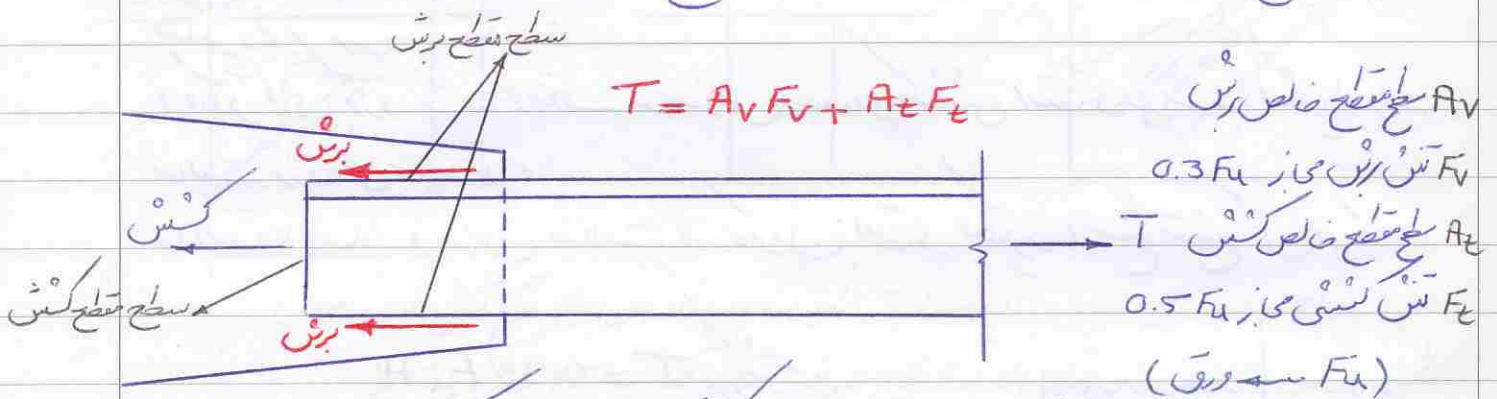
$$A_n = 40 - 3 \times 2.6 \times 1.6 + 2 \times \frac{5^2}{4 \times 5} \times 1.6 = 31.52 \text{ cm}^2$$

گسستگی قالی تریبی از گسستگی برشی در اعدادی موازی نیرو، و گسستگی کششی در اعداد عمود بر نیرو می باشد.

$$T_{max} = 31.52 \times 0.5 \times 5200 = 81.95$$

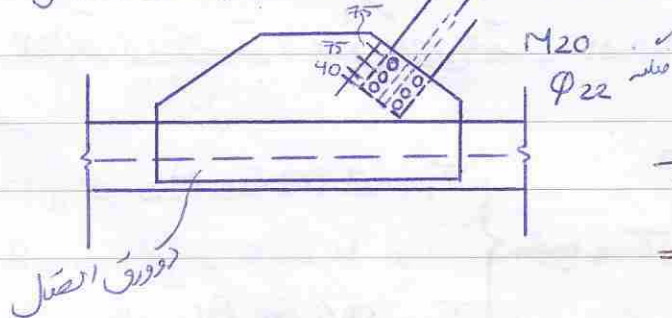
گسستگی قالی و (Block shear)

نوع دیگری از گسستگی اعضای کششی گسستگی قالی است. در این حالت انتهای عضو در ورق اتصال بصورت کلی در اعداد یک خط گسستگی فکوه می شود. اگر اتصال جوشی باشد خط گسستگی در اعداد خط جوش خواصد بود و اگر اتصال می باشد در اعداد ربع خواصد بود. همه روی سطح گسستگی برشی و کششی وجود دارد و مجموع ظرفیت آن که ظرفیت کل می باشد



مثال: در اتصال خرابی نشان داده شده ظرفیت کششی T را محاسبه کنید.

ST37 $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ $F_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$
 $A_g (\text{IPB200}) = 78.1 \text{ cm}^2$ $d = 20$ $b_f = 20$ $t_f = 1.5 \text{ cm}$



۱) ظرفیت برشی سطح مقطع کل

$$T_1 = 0.6 F_y A_g$$

$$= 0.6 \times 2.4 \times 78.1 = 112.46 \text{ ton}$$

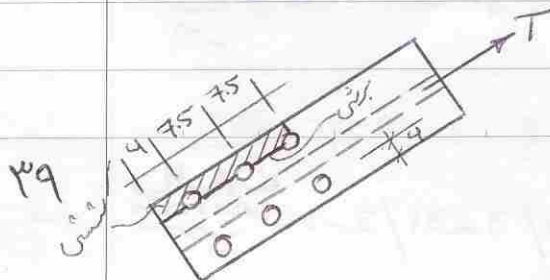
۲) ظرفیت برشی سطح مقطع خالص

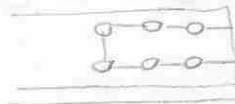
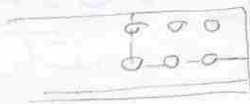
$$T_2 = 0.5 F_u A_e$$

$$A_e = 0.9 A_n = 0.9 [78.1 - 4 \times 2.4 \times 1.5] = 57.33$$

$$T_2 = 0.5 \times 3.7 \times 57.35 = 106 \text{ ton}$$

۳) ظرفیت کششی برشی گسستگی قالی

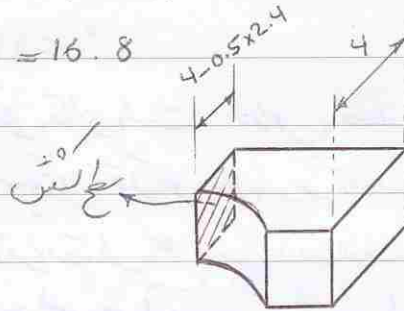
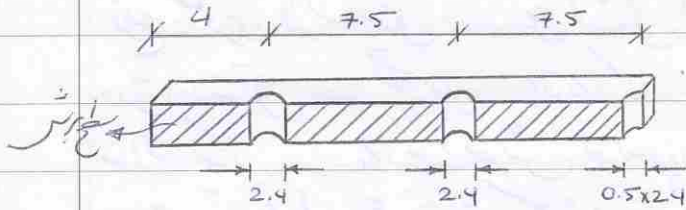




$$T_3 = A_v (0.3 F_u) + A_e (0.5 F_u) = 117.66 \text{ ton}$$

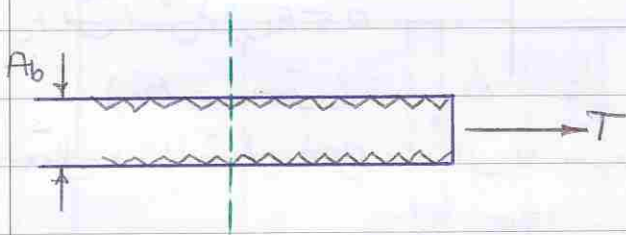
$$A_v = 4 \times 1.5 (19 - 2.5 \times 2.4) = 78 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 4 \times 1.5 (4 - 0.5 \times 2.4) = 16.8$$



مسکرتگی از زوئه شده

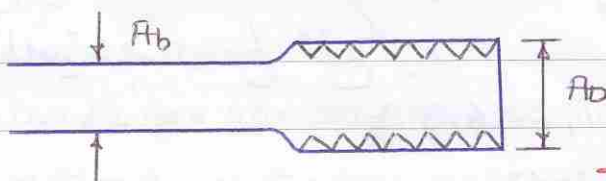
از مسکرتگی از زوئه شده اغلب به عنوان اعضای کششی استفاده می شود. مسکرتگی را در دو حالت از زوئه می نمایند:
(۱) انتهای ساده و در این حالت دنده کردن انتهای مسکرتگی از سطح مقطع آن می کاهد



$$T = 0.33 F_u A_b$$

F_u تنش نهایی مسکرتگی
 A_b سطح مقطع ته اولیه مسکرتگی

(۲) انتهای برجسته و گوش خراشی است.



$$T = \min \begin{cases} T_1 = 0.33 F_u A_D \\ T_2 = 0.6 F_y A_b \end{cases}$$

مثال: مخزنی به وزن 40 ton توسط چهار مسکرتگی با انتهای از زوئه شده و از این سطح است. مطلوب است تعیین قطر مسکرتگی. مسکرتگی از نوع نرمه با $F_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$ ، $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ ، نهایی هر مسکرتگی 10 ton.

$$A_b = \frac{T}{0.33 F_u} = \frac{10 \times 10^3}{0.33 \times 3700} = 8.19 \text{ cm}^2$$

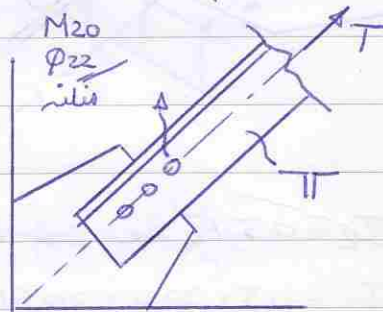
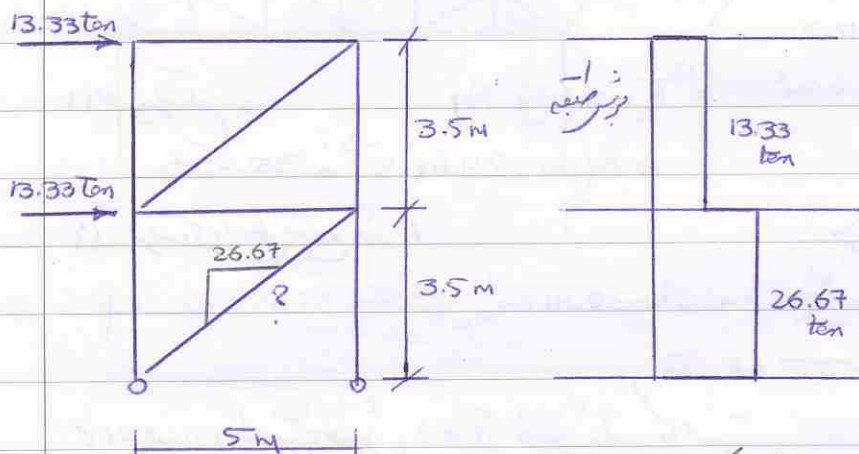
$$\text{USE } \phi 32 \rightarrow A_b = \frac{\pi \times 3.2^2}{4} = 8.04 \approx 8.19$$

→ USE 4 $\phi 32$

این انتخاب را در ادامه بررسی می‌کنیم

مثال: محاسبات طراحی عضو فولادی بادبرزن داده شده در شکل در طبقه اول با استفاده از

نشی دریل



محول طراحی در مقابل نیروی باد یا زلزله است طبق این نامه می‌توانیم تنش برای 33٪ اوارس
و هم به جابر اوارس تنش برای 67٪ می‌توانیم فرض کنیم 0.75 فرض کردیم

$$= 0.75 \times 26.67 = 20 \text{ ton}$$

$$\text{طول بادبرزن} = \sqrt{5^2 + 3.5^2} = 6.1 \text{ m}$$

$$T = 20 \times \frac{6.1}{5} = 24.41$$

طراحی

$$A_g = \frac{T}{0.6 F_y} = \frac{24.41 \times 10^3}{0.6 \times 2400} = 16.95 \text{ cm}^2 \rightarrow A_{g1} = 16.95 \text{ cm}^2$$

معیار یکم

$$D_h = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

$$A_n = A_{g2} - 2 \times 2.4 \times 1 = A_{g2} - 4.8$$

$$\rightarrow A_e = 0.85 (A_{g2} - 4.8) = 0.85 A_{g2} - 4.08$$

$$A_e = \frac{T}{0.5 F_u} = \frac{24.41 \times 10^3}{1850} = 13.19$$

$$13.19 = 0.85 A_{g2} - 4.08 \Rightarrow A_{g2} = 20.32 \text{ cm}^2 \checkmark$$

معیار سیمانی

$$\frac{L}{r_{min}} \leq 300 \Rightarrow r_{min} = \frac{6.1 \times 10^3}{300} = 2.03$$

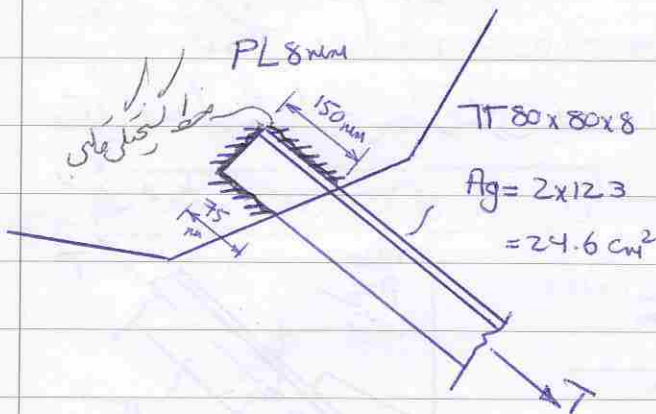
معیار انکس

$$\rightarrow T 80 \times 80 \times 8$$

(کنترل که به عهده دانشجو)

بعد از اینکه برای این می‌باید که مقطع بدست آید باید برای آن معیار یکی این نامه کنترل کرد

مثال و محاسبات اتصال خرشتی زوج نمایی نشان داده شده در شکل
(در نقشه کشی با ضخامت کمتر فولاد منتهی)



ST 37 $F_y = 2400$ $F_u = 3700$

(۱) اعتبار بستم $T_1 = 0.6 F_y A_g$
 $= 1440 \times 24.6 \times 10^{-3} = 35.42 \text{ ton}$

(۲) برابری سطح مقطع هر طرف

$T_2 = 0.5 F_u A_e \rightarrow A_e = 0.85 \times 24.6 = 20.91 \text{ cm}^2$

$T_2 = 0.5 \times 3700 \times 20.91 \times 10^{-3} = 38.68 \text{ ton}$

(۳) برابری خرشتی جوش و فولاد فرض کنید با هم

$T_4 = 0.3 F_u A_v + 0.5 F_u A_t$

(۴) برابری کشش و جوش

$A_v = 0.8 (15 + 7.5) = 18 \text{ cm}^2$

$A_t = 0.8 \times 8 = 6.4 \text{ cm}^2$

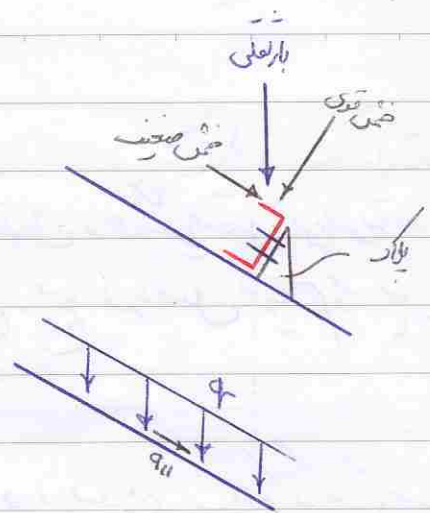
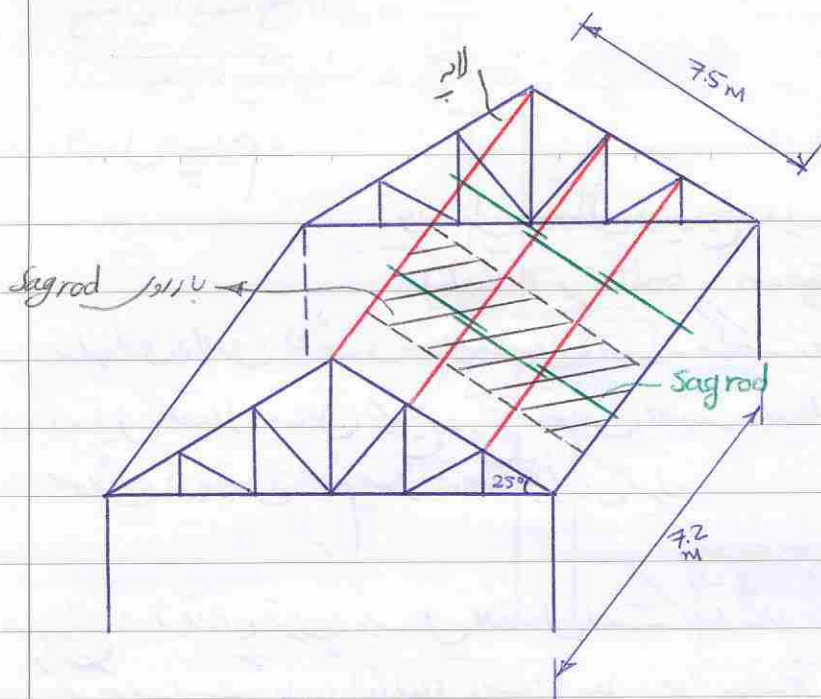
$\rightarrow T_4 = 3700 (0.3 \times 18 + 0.5 \times 6.4) = 31.82 \text{ ton} \checkmark$

$\rightarrow T = 31.82 \text{ ton}$

پیرس (عروض پیرس شده)

مثال و طراحی وصل مهار سقف (صل مهار کشش)

یکی از موارد استفاده وصل مهار که استفاده از آن به عنوان وصل مهار کشش تیر در کمر سقف می باشد است. این تیر که در این باره (Purlin) نیز نامیده می شود برای لایه که از سقف می کشد متصل ناودانی و یا Z در صورت مورد تقویم دلی اکثر آن سر دانه استفاده می شود. (دانه تیر) فاصله مابین دو خرپای سقف است که بین ۶ تا ۱۲ متر انتخاب می شود. چون سقف مهار است تیر که با لایه که علاوه بر وصل محول محو و صغیف است نیز قرار می گیرد. اگر خواهم دانه وصل صغیف را به اندازه وصل اصلی در نظر بگیریم، این مصالح بسیار غیر اقتصادی خواهد بود. در همین علت به کمک وصل مهار (دانه وصل محو و صغیف را کم می کنیم. به این که (Sag rod) می گویند یعنی میله ای که از شکم داران عبور می کند



بار عمودی 90 kg/m^2 بار افقی 17 kg/m^2 وزن لایه 20 kg/m^2 وزن لایه q_s

$$\rightarrow 127 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{11} = 127 \sin 25 = 53.67 \text{ kg/m}^2$$

$$T = 53.67 \times \frac{7.2}{3} \times 7.5 \times 10^{-3} = 0.97 \text{ ton}$$

$$F_t = 0.33 F_u = 0.33 \times 3700 = 1221 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_D = \frac{0.97 \times 10^3}{1221} = 0.79$$

ϕ_{10} (O.K.)

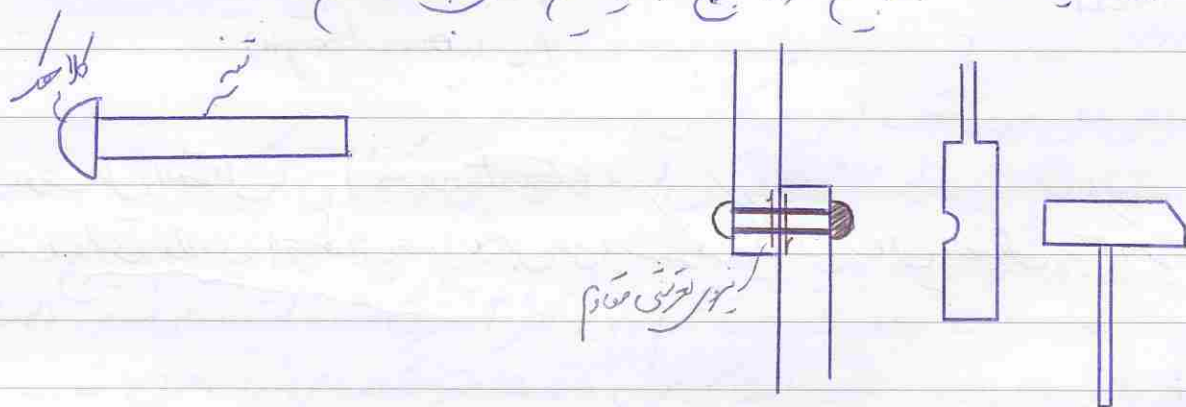
ϕ_{12} (over design)

وسائل اتصال (پیچ و پیچ)
Fasteners (bolts & rivet)

سازه های فولادی اعضای جدا از هم می باشند که به کمک وسائل اتصال به هم متصل می شوند.
وسائل اتصال شامل پیچ و پیچ و پیچ هستند. ابتدا پیچ و پیچ در فصل چهارم و سپس
صوبش در فصل پنجم مورد توجه قرار می گیرد.

پیچ از قدیمی ترین وسائل اتصال است که شکل می شود از صلبه ای پاره که سر آن را
کلاهک است. آن را تا دمای سرخ شدن حرارت می دهند. به کمک آنرا آن را گرفته و سر پاره
آن را وارد سوراخ قطعه می کنند. طول ته از ضخامت قطعه بزرگتر است. بنابراین سر آن از ضخامت
قطعه بیرون می زند. سر کلاهک در آن را از یک طرف گرفته و سر دیگر آن را می گویند تا به
صورت کلاهک در آن و اتصال برقرار گردد. بعد از جدائی پیچ خشک می شود. درص خشک
شدن منقبض می گردد. در نتیجه درق که در آن هم می خورد در سطوح تماس ایجاد نیروی اصطکاک
می نماید که بسیار مفید است. این اصطکاک هم باعث آب بندی درز شده و هم باعث وجود
آب بندی نیروی لغزشی مقاوم می شود.

عملیات پیچ کاری با اصول و ضوابط است. پیچ کاری داغ خطرات بسیاری دارند. و درت زدن
اجرای اتصال زیاده است. بنابراین امروزه پیچ ها با پیچ مناس برای پیچ است.



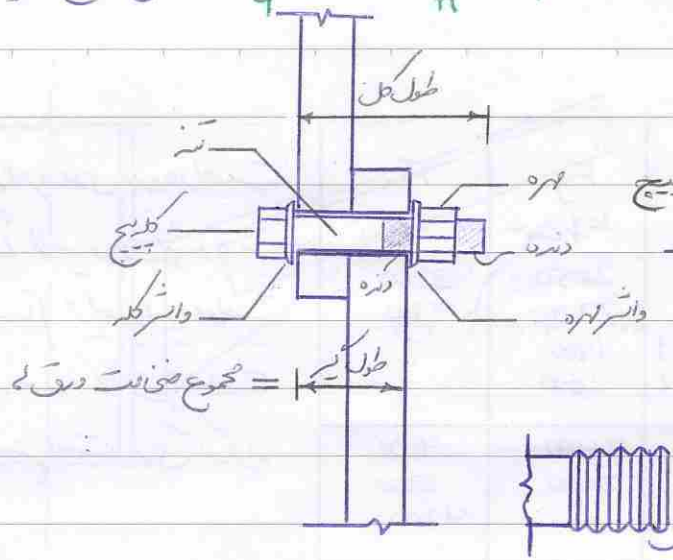
پیچ
قسمت های مختلف پیچ به شرح زیر می باشد:

$$A_b = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$= \frac{\pi}{4} (D - \frac{0.9743}{n})^2$$

n تعداد دنده که در یک سانتی متر

D قطر استریچ



ضخامت واشر کل = طول گیر + طول کل استریچ
 (S.N.M) = حداقل دودنده آزاد + ضخامت واشر مهره +

طول کل = مجموع ضخامت دوق

بر روی قطعه استریچ ناک کارخانه استاندارد هیچ حدی در دایره استریچ کارخانه ای متعددی برای تولید استریچ وجود دارد مثل سخت فولاد، توخید، بوبان کار و... که معمولاً مواد اولیه را وارد می کنند و با سختی کمی سخت در برابر استریچ انجام می شود. اگر لازم باشد، استریچ را به دانه نرم کالانیزه می کنند. کالانیزه قریبی در ضخامت حدود 100 میکرون می باشد در دمای بالا بر روی استریچ دانه می نشیند.

* استریچ که در رده کمی زیر تولید می شود

۱) استریچ کمی معمولی و استریچ کمی را تولید که مقاومت نهایی (Fu) آن به سانتی 4000 تا 5000 (4000 < Fu < 5000) kg/cm² قرار دارد.

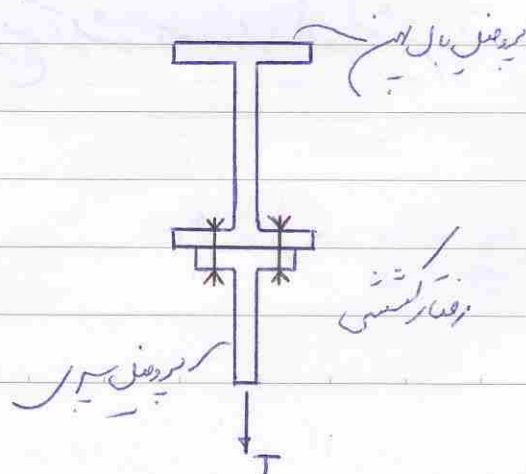
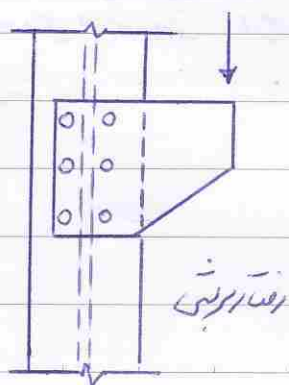
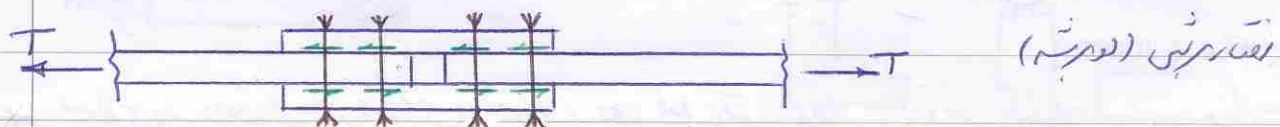
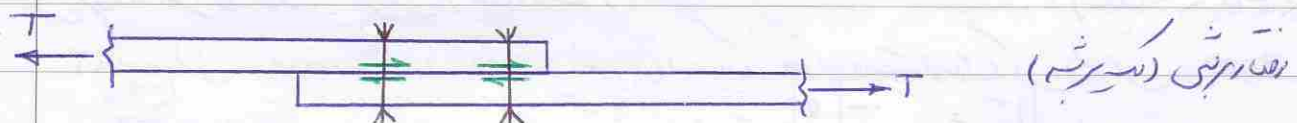
۲) استریچ کمی بر مقاومت (HV) و کمی را تولید که مقاومت نهایی آن به سانتی 8000 و 10000 (8000 < Fu < 10000) kg/cm² می باشد. استریچ کمی بر مقاومت قابلیت پش پش شده شدن دارند.

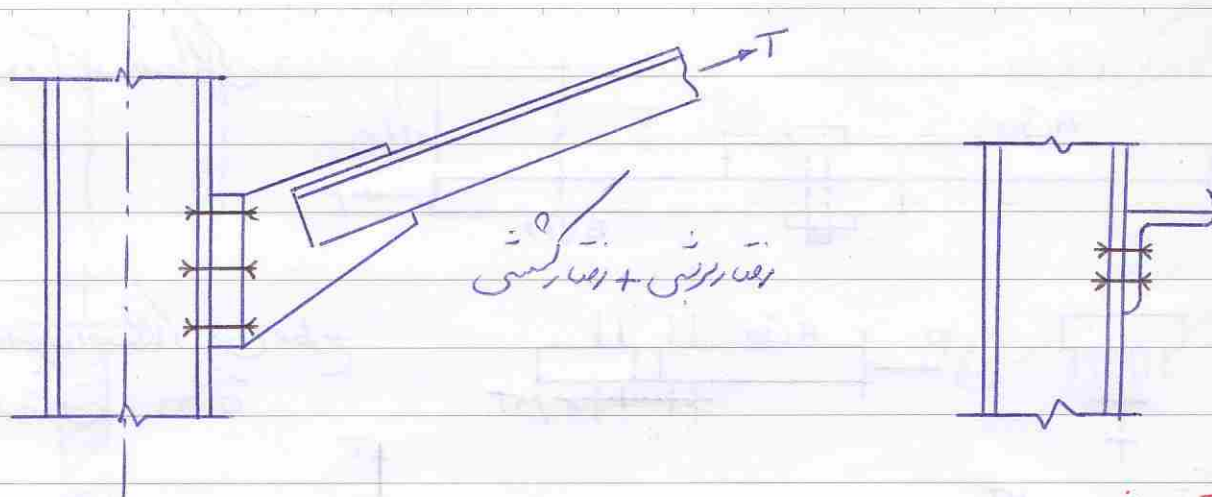
* استریچ کمی بر ضخامتی در قوطی 16 تا 30 میلی متر ساخته می شوند. قوطی کمی بر متعارف سن 18 تا 24 میلی متر است. در استاندارد DIN آلمان و ASTM آمریکا، استریچ کمی بر طرح طرح طبقه بندی می شوند. از هر گونه استریچ که کشور وجود دارد با استاندارد DIN مشخص می شوند.

توضیح	نام تجاری		F_y kg/cm ²	F_u kg/cm ²
	DIN	ASTM		
برج	UST 36		2050	3300
	UST 38		2250	3700
		A502-Gr1	1900	
		A502-Gr2	2600	
ریج های متوسطی	4.6		2400	4000
	5.6	A307	3000	5000 4200
ریج های بروزها و HV	8.8		6400	8000
	10.9		9000	10000
		A325		8250
		A490		7250 10000

* برای اندامه های زروه راحت
می شود معمولاً لایه زروه شده بر
کتر نشی به نام فولسیدین بولفیت
آغشته می شود. بر این علت
ریج های محکمش است بوی گوشت
صدا

انتقال نیرو در اتصالات لخی و برجی ۳
ریج های و برج که دارای (دو نوع رفتار برشی و کششی) می باشند. در اتصال محکمش است لکی از این
دو رفتار رو بایترکیب آن که وجود داشته باشد.





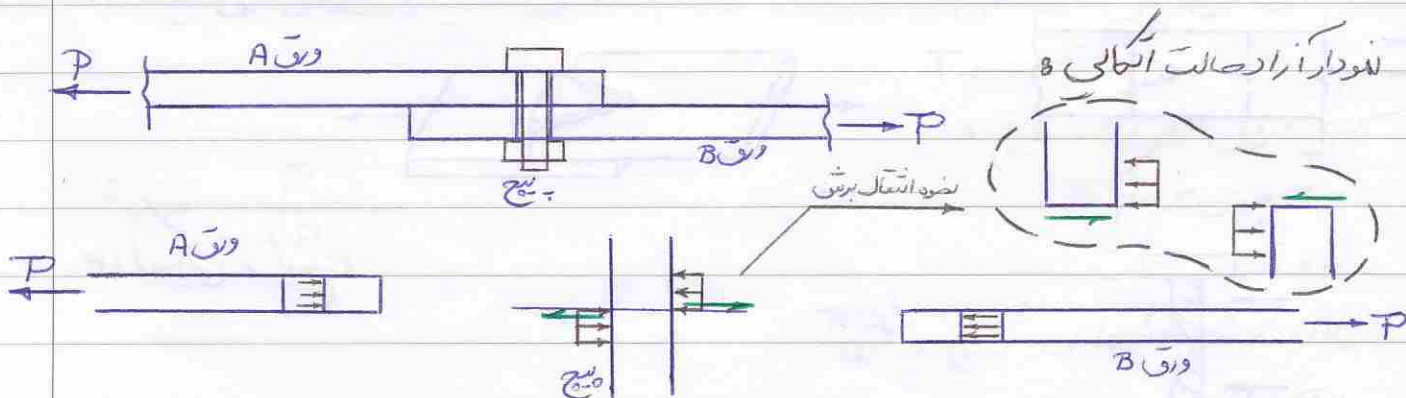
رقتا برشی بیچ کم و بیچ کم

در این نامه دو نوع رقتا برشی برای بیچ کم یس نی شده است:

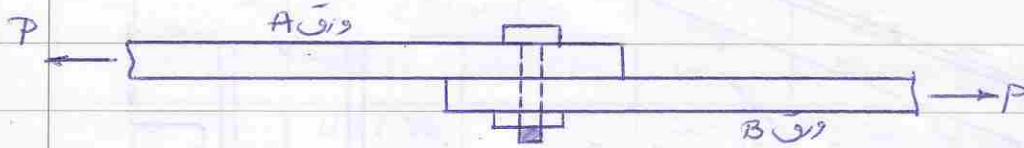
(۱) رقتا انگانی: در این حالت نیروی برشی بصورت برش مستقیم از طریق تپه بیچ انتقال می یابد. (bearing type)

(۲) رقتا اصطکاکی: در حالت اصطکاکی بیچ کم، رقتا برشی از طریق اصطکاک در سطح تماس بین ورقها منتقل می شود. در این حالت انتقال نیروی برشی بواسطه نیروی اصطکاک صفحات در حال تماس ملاحظه می شود. تپه بیچ نفس در انتقال برش ندارد. عملکرد اتصال اصطکاکی به مراتب بالاتر و با کیفیت تری می باشد. زیرا همگوارتر و لغزش بین صفحات صورت نمی گیرد. در حالیکه در اتصالات انگانی اگر لغزش نیرو عوض شود (مثلاً نیروی زلزله) امکان جدا شدن صفحات نسبت به هم وجود دارد و ملاحظه می شود. نمودار آزاد بیچ کم در حالت انگانی و اصطکاکی به شرح زیر است:

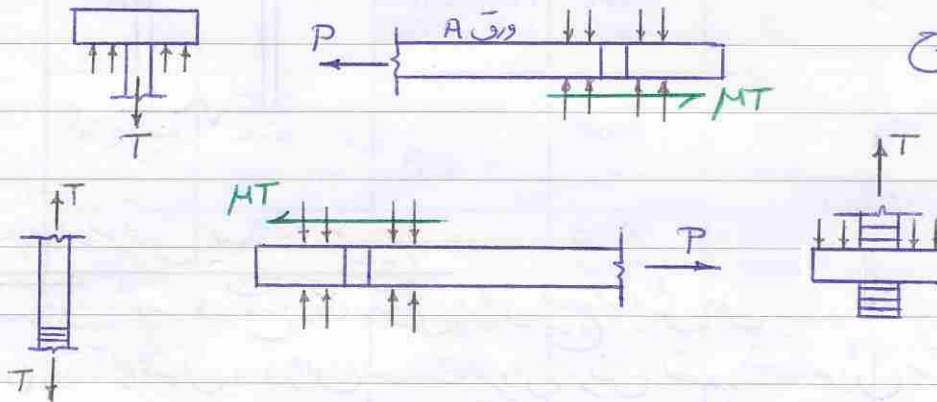
Fricting type
slip critical



نمودار آزاد اصطکاک



۸۴ ضرب اصطکاک بین سطوح
درمان 0.33

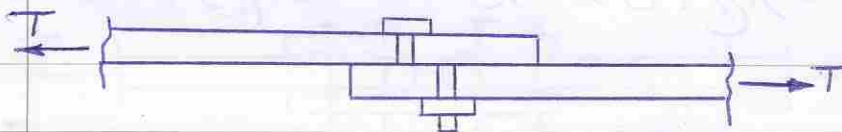


انتقال درجه در برچ

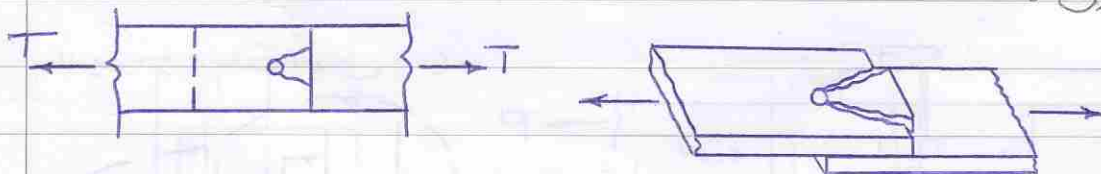
در برچ که بواسطه انتقال نیروی کششی T وجود دارد ولی مقدارش قابل پیش بینی نیست و گاهی نمی باشد. ما علم داریم موضوع در برچ که عمل اصطکاک وجود دارد لیکن در جی ثابت در صورت اتکالی کامل در نظر گرفته می شود.

۱۱) گمانیزم کمی خرابی پیچ و برچ

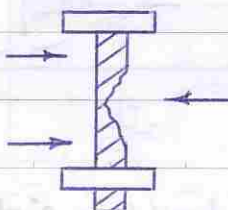
در پیچ و برچ یکی از انواع گمانیزم کمی کششکی زبر وجود دارد
۱۱) کششکی لرزشی تنه پیچ



۱۲) کششکی لرزشی ورق



۱۳) لرزشی تنه پیچ



درجی نباتات مرکباً در پیچ از یک سر تنش می آید استفاده می نمایم. این تنش که محکم است
در محل با این وقت بوجود نیاید. گنبد با بوسه در ضربه می کشد و تنش می آید و محکم تر شده
برضای این تنش می آید یا قرار داری می نبات قابل اطمینان خواهد بود.

$$f_v = \frac{P}{m A_b}$$

۵۴ تعداد صفحات

6D: قرائت سے پہلے

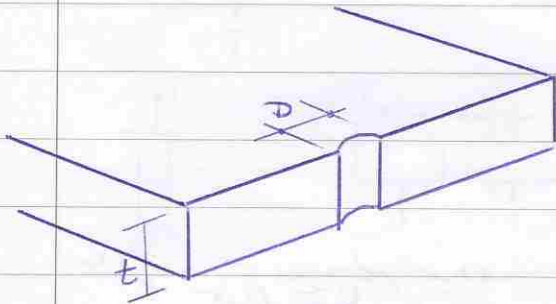
۸- تنش کششی استمر در تیر پیچ
 P نیروی کشش به هم می پیچ

$$f_t = \frac{P}{A_b}$$

۹- تنش لنگری استمر در تیر پیچ

$$f_p = \frac{P}{D \cdot t}$$

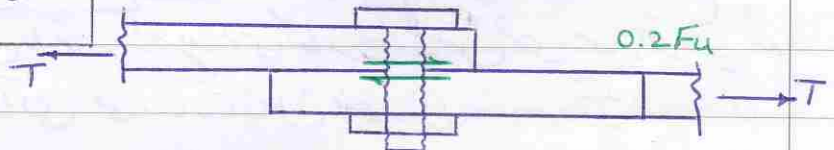
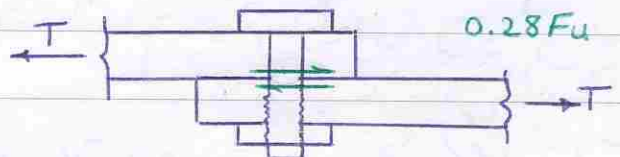
D قطر استمر پیچ



معیارهای طراحی اتصالات انگلی در برش

* ۱- تنش برشی مجاز - به هم می پیچد
 $f_v = \frac{P}{n A_b}$
 * بر حسب سطح مقطع است

نوع وینده اتصال	تنش برش مجاز (kg/cm ²)	
	پیچ	
	0.6 F _y	
	پیچ معمولی	
	0.17 F _u	
پیچ بر صفا و لغت	0.2 F _u	صفحه برشی از ناحیه دنده شده عبور می کند
	0.28 F _u	صفحه برشی خارج از ناحیه دنده شده است
صله مهارک	0.17 F _u	صفحه برشی از ناحیه دنده شده عبور می کند
	0.22 F _u	صفحه برشی خارج از ناحیه دنده شده است



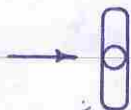
F_u تنش برشی استمر پیچ

* ۲- تنش لنگری مجاز

$$F_p = 1.2 F_u$$

مورد اول استاندارد و با لوبایی کوتاه در مقدار محدود بر نیرو
 F_p تنش برشی ورق F_u تنش انگلی مجاز

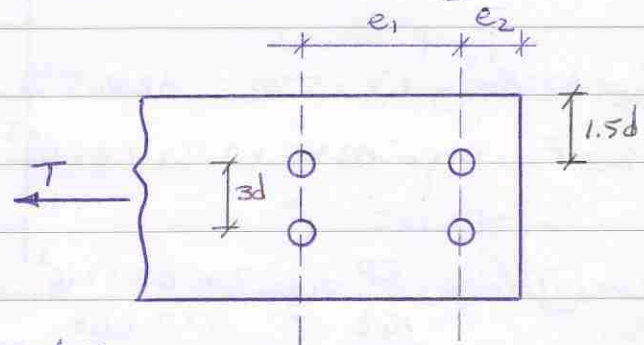
$$F_p = F_u$$



مورد دوم استاندارد و با لوبایی بلند در مقدار محدود بر نیرو
 لوبه در محور شگاف عبور می کند و باید در نظر گرفته شود

تذکره در پیچ های اتکابی استفاده از سوراخ های نزدیک شده یا لوبیایی کوتاه و بلند در امتداد نیرو مجاز نیست

۳) معیار گسختگی در ورق های اتصال به برای اینکه در ورق های اتصال گسختگی بوجود نیاید لازم است فاصله بین محور به محور سوراخ ها از مقدار $\frac{1}{2}$ داده شده در زیر کمتر نباشد.



این نام

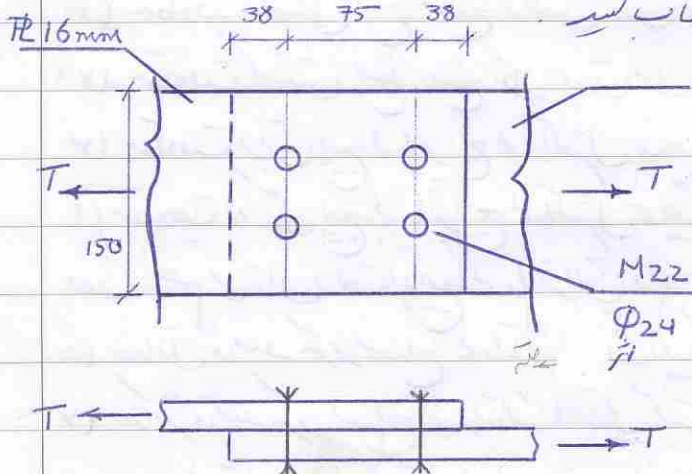
$$S = e_1 \begin{cases} \geq 3D_b \\ \geq 75 \text{ mm} \\ \geq \frac{2P}{F_{ut}} + \frac{D}{2} \end{cases} \quad \text{اجزای}$$

P مجموع نیروهای
 F_u مقاومت کششی نهایی ورق اتصال
 t ضخامت ورقه متصل شده

این نام

$$L_e = e_2 \begin{cases} \geq 2D_b \\ \geq 50 \text{ mm} \\ \geq \frac{2P}{F_{ut}} \end{cases}$$

مثال ۱: در اتصال نشان داده شده ظرفیت کششی اتصال را در دو حالت سطح برش خارج از ناحیه (منتهی شده و سطح برش داخل ناحیه اندزه شده حساب کنید)



ST52 $F_y = 3600$ $F_u = 5200$

$F_u = 8000 \text{ kg/cm}^2$

$$A_n = (15 - 2 \times 2.4) \times 1.6 = 16.32$$

$$A_g = 15 \times 1.6 = 24 \text{ cm}^2$$

$$A_e = A_n = 16.32 < 0.85 \times 24 = 20.4 \quad \checkmark$$

$$T = 0.6 F_y A_g = 0.6 \times 3.6 \times 24 = 51.38 \text{ ton}$$

۱) $T = 0.5 F_u A_e = 0.5 \times 5.2 \times 16.32 = 42.34 \text{ ton}$

خواص برشی پیچ ها

$$F_v = 0.28 \times 8000 = 2240 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_b = 3.8 \text{ cm}^2$$

$$R_{ss} = F_v A = 2240 \times 3.8 \times 10^{-3} = 8.51 \text{ ton (Single shear)}$$

$$T = 4 \times R_{ss} = 34.05 \text{ ton}$$

مقاومت برشی کل پیچ ها
کنترل لایه‌ها

$$F_p = 1.2 F_u = 1.2 \times 5200 = 6240 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_B = F_p \cdot D \cdot t = 6240 \times 2.2 \times 1.6 \times 10^{-3} = 21.96 > R_{ss}$$

پی کنترل شده نیست

$$\frac{2P}{F_{ut}} = \frac{2 \times 8.51 \times 10^3}{5200 \times 1.6} = 2.05 < 3.8 \text{ cm}$$

ب (صفحه برش) داخل ناصیه (نموده)

$$F_v = 0.2 \times 8000 = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$T = 4 R_{ss} = 4 \times 1600 \times 3.8 \times 10^{-3} = 24.32 \text{ ton}$$

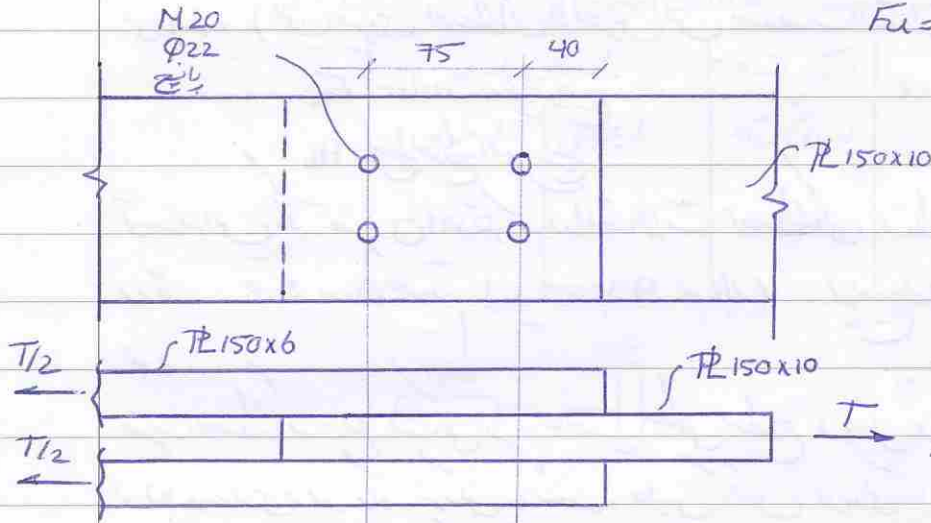
روش گام به گام برای طراحی اتصالات اتکایی

- (۱) مقاومت کششی سطح مقطع خالص ورق لای اتصال را کنترل نمایید.
- (۲) مقاومت کششی سطح مقطع کل ورق لای اتصال را کنترل نمایید.
- (۳) مقاومت برشی پیچ ها یا برچ ها را کنترل نمایید.
- (۴) مقاومت لایه‌های پیچ ها یا برچ ها را کنترل نمایید. برای کم کردن تنش لای لایه‌های هم می توان صفحات ورق و هم می توان تعداد پیچ ها را افزایش داد.
- (۵) حداقل فاصله مرکز سوراخ ها را با لبه اتکایی کنترل نمایید.
- (۶) حداقل فاصله مرکز سوراخ ها را با لبه اتکایی کنترل نمایید.
- (۷) فاصله متعادل پیچ ها را نیز کنترل نمایید.
- (۸) از اتصالات بلند اجتناب نمایید و سعی نمایید که اتصال را با حداقل طول طراحی کنید. این منظور وقتی حاصل می شود که فاصله وسط اتصالات (پیچ یا برچ) را به درازتر درجه درجه محدودتر کنید و کمتر از ۵ برابر قطر در نظر بگیرید و در صورتی که این پیچ را درازتر در نظر بگیرید و از ۵ برابر قطر بیشتر نباشد.

مثال طراحی:

در مثال قبل کنترل کشش و منحنی محدودیت تیرچه بود. در این مثال از خواص استفاده می‌کنیم.
 مثال: محاسبه تقویت تعداد ریب به 20mm از نوع برصافیت. $(F_u = 8000 \frac{kg}{cm^2})$ برای اتصال فلان.
 داده شده در شکل: اتصال از نوع انگلی. صفحه برش خارج از ناحیه دیده شده ورق از فولاد ST52

$$F_u = 5200 \frac{kg}{cm^2} \text{ و } F_y = 3600 \frac{kg}{cm^2}$$



لغزش خرفیت کششی ورقه
 (ورق میانی حکم است)

$$A_g = 15 \times 1 = 15 \text{ cm}^2$$

$$A_n = [15 - 2(2 + 0.4)] \times 1 = 10.2 \text{ cm}^2$$

$$A_n \text{ حاکم } A_n = 0.85 \times 15 = 12.75 \text{ cm}^2 > 10.2$$

$$A_e = A_n = 10.2 \text{ cm}^2$$

$$T = 0.5 F_u A_e = 0.5 \times 5200 \times 10.2 \times 10^{-3} = 26.52 \text{ ton} \text{ حاکم}$$

$$T = 0.6 F_y A_g = 0.6 \times 3600 \times 15 \times 10^{-3} = 32.4 \text{ ton}$$

تقویت تعداد ریب

$$F_u = 0.28 \times 8000 = 2240 \frac{kg}{cm^2}$$

$$A_b = 3.14 \text{ cm}^2$$

$$R_{DS} = 2 A_b F_u = 2 \times 3.14 \times 2240 \times 10^{-3} = 14.07 \text{ ton (Double Shear)}$$

$$R_b = F_p \cdot D \cdot t = 1.2 F_u \cdot D \cdot t = 1.2 \times 5200 \times 2 \times 1 \times 10^{-3} = 12.48 \text{ ton حاکم}$$

$$\text{تعداد ریب} = \frac{26.52}{12.48} = 2.13 \rightarrow N = 4$$

* سعی شود گویه در تعداد ریب و در دایره ریب داشته باشیم

اگر به دنبال اقتصاد کردن در اتصال باشیم باید $4M_{18}$ یا $4M_{16}$ را قرار دهیم
 (2.13 تا 3 می‌بریم بهیچ 3 تا نمی‌شود، 4 قرار می‌دهیم)

$$\left\{ \begin{aligned} L_e &\geq \frac{2P}{F_{ut}} = \frac{2 \times \left(\frac{26.52}{4} \right) \times 10^3}{5200 \times 1} = 2.55 \text{ cm} \\ L_e &\geq 2D = 2 \times 2 = 4 \text{ cm} \checkmark \end{aligned} \right.$$

کنترل فاصله انتهایی

انصالات برشی اصطکاکي

در انصالات برشی اصطکاکي، بهج راحت نیروی T پس کشیده می کشند. بنابراین در این مورد هیچ نیروی اصطکاکي مساوی با MT در سطح تماس وجود می آید. از این نیروی اصطکاک در انتقال برشی استفاده می شود. مقدار حداقل نیروی پس کشیده طبق توصیه آیین نامه برابر $0.55 F_u A_b$ می باشد. (این نیروی اصطکاکي از لغزش بین صفحات اتصال جلوگیری می کند)

$$T = 0.55 F_u A_b$$

F_u مقاومت نهایی پیچ

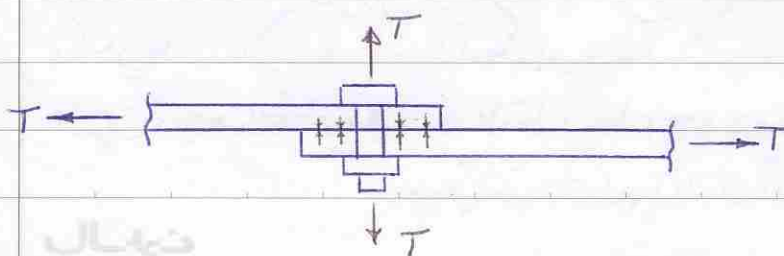
A_b سطح مقطع آبر پیچ

توصیه بر این نکته ضروری است که در انصالات اصطکاکي فقط مجاز به استفاده از پیچ که بر مقاومت از رده 8.8 به بالا هستیم (یا A325 به بالا). از پیچ کمی معمولی نمی توان برای این امر استفاده نمود.

ضرب اصطکاک μ بستگی به وضعیت سطحی سطوح در حال تماس دارد. در سطوح در حال تماس تمیز، نوبه و عاری از زنگ زدگی باشند و فلز آهن بر روی آن باشد مقدار μ برابر 0.3 می باشد. در هنگام خورد لایه ای از آلودگی بر روی قطعات فولادی شکل می گیرد. اگر فولاد زنگ خورده باشد، این لایه حین تماس فولاد دارد که به آن فلز (Mill scale) گویند. در سطح فولاد زنگ خورده فرجه کمی یا غایب یا حتی تمیز نیم فلز آن زده می شود و فولاد در این نوعی درمی آید و در حواصا یا تیر است و زنگ می زند. در سطوح در حال تماس را بصورت نقره ای در آوریم می توانیم ضرب μ را از 0.35 گرفت و خود که کمی روشن در سطوح تماس ممنوع است.

تنش برشی مجاز در انصالات اصطکاکي

در انصالات اصطکاکي منتهی به نام کنترل لاسیتی نداریم. زیرا تمایلی نیست که هیچ جدا سازی صورت نگیرد. اما رسم بر این است که فواصل پیچ ها مانند حالت انگابی صورت گیرد. اما برای تنش برشی مجاز باید مقدار برشی انتخاب گردد. (تنش برشی آن تنش است که پیچ را ببرد - تنش برشی اصطکاکي)



$$T = 0.55 F_u A_b$$

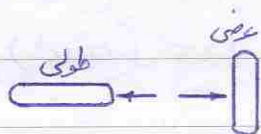
$$\mu T = 0.3(0.55 F_u) A_b = 0.17 F_u A_b$$

نیروی اصطکاکی در ازای هر پیچ

$$0.17 F_u = \text{تنش برشی در اصطکاکی}$$

تنش کمی برشی استی محاور در اتصالات اصطکاکی

نوع سوراخ	استاندارد	بزرگ شده لوبیائی کوتاه	لوبیائی بلند	
			بار عرضی	بار طولی
تنش برشی محاور	$0.15 F_u$	$0.12 F_u$	$0.1 F_u$	$0.09 F_u$



F_u تنش لابی مصالح پیچ

اولی ایجاد نیرو در پیش تنیدی در پیچ

۱) ابتدا پیچ به کمک اجاره استاندارد با نیروی کارگر آهنگش دیده به صورت اولیه محکم می گردد.
* اگر پیچ انگلی باشد کار صحیح تمام است.

۲) برای ایجاد نیروی پیش تنیدی باید پیچ را اضافه بر این حالت بپیچانیم. اگر اضافه بستن پیچ غیر استاندارد باشد نسبت بر سرش آن می شود و یا اگر آن نسبت بر سرش تنیدی در ترک در پیچ می شود در صورت بخیل باقی می ماند و بعد از پیچ می گردد.

→ برای ایجاد این اضافه پیچ بودن کمی استاندارد در شرح ذکر وجود دارد.

الف) استفاده از اجاره درج یا ترکمتره این اجاره دارای دسته بلند و عقربه ای است که مقدار کمتر بچسبی دارد و آن می دهد. مقدار نیرو در اجاره اعمال می شود تا عقربه به کمتر بچسبی مطلوب برسد. در این مورد کار متوقف می شود.

ب) بودن اضافه پیچانیدن به تجربه ثابت شده است، بعد از سخت شدن اولیه اضافه پیچانیدن به مقدار ۳ تا ۵ درصد بودن پیش تنیدی مطلوب را بدست می دهد. برای تعیین مقدار دور اضافه کافی است یک پیچ را با اجاره درج سخت کرده و به کمتر بچسبی مطلوب برسیم. باقی برای تراشیم با صحنه دستور العمل (الف) دارد.

پ) دانتر DTI دارای حساسی کمی روی سطح خود است. وقتی نیروی پیش تنیدی به مقدار

مطلوب رسید بر چسبگی به له می شود و سپس انجام کار است.
 (استفاده از آچار لنگری باری یا برقی و آفرزنده لیسیم قند زیادی در زیر لیسیم آچار که وجود دارد. مهره را
 با سرعت زیادی سفت می کنند و وقتی سفت شد آچار را به سمت لیسیم اعمال می کنند. هر گاه آفرزنده و
 ضایعی توان فشار دستگاه را طوری تنظیم کرد که در بین سفت شدن مطلوب برسم.

محاسبه گزینش ضمایح باینر در بین سفتی لازم

$$M_T = KDT$$

T نیروی بین سفتی مورد نظر
 D قطر پیچ

K ضریب بهره (0.12 تا 0.25) }
 پیچ نو $K=0.2$
 پیچ با گیرش مولیدین مولفیت $K=0.15$

* در پیچ اجاره فاسد شده روغن یا گیرش معمولی را نباید دان، زیرا که آچار به دوارد سطح تماس می شود.

$$M_T = KD(0.55 F_u) \frac{\pi D^2}{4} = 0.43 KD^3 F_u$$

$$\rightarrow M_T = 0.43 KD^3 F_u$$

در عنوان مثال $F_u = 8000 \frac{kg}{cm^2}$ $D = 20 mm$ $K = 0.2$

$$\rightarrow M_T = 5.5 \text{ ton.cm}$$

مثال ۳: مثال ۱ را با فرض پیچ اصطکاکی بر مقاومت تکرار کنید.

$$F_u = 8000 \frac{kg}{cm^2} \quad T = 42.43 \text{ ton}$$

لحس خرابیت پیچ که $F_v = 0.15 \times 8000 = 1200 \frac{kg}{cm^2}$

$$A_b = \frac{\pi}{4} (2.2)^2 = 3.8 \text{ cm}^2$$

$$R_{ss} = F_v A_b = 1200 \times 3.8 \times 10^{-3} = 4.56 \text{ ton} \quad (\text{Single shear})$$

$$T = 4R_{ss} = 4 \times 4.56 = 18.24 \text{ ton} \quad \text{حاصل است}$$

M20 , $\phi 22$

$$F_u = 8000 \text{ kg/cm}^2 \quad T = 26.52 \text{ ton}$$

$$F_v = 0.15 \times 8000 = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{DS} = 2 F_v A_b = 2 \times 1200 \times 3.14 \times 10^{-3} = 7.54 \text{ ton}$$

$$\text{تعداد پیچ} = \frac{26.52}{7.54} = 3.52 \rightarrow N = 4$$

ترکیب نیرو در برش و لنگر بیشتر در گروه پیچ

در بسیاری از حالات گروه پیچ تحت تأثیر نیروی برش و لنگر همزمان حاصل از بارهای متمرکز در مجموع رفتار پیچ به برشی است. لذا نکته سؤال تحولی توزیع لنگر بیضی بین پیچ است. توزیع برش متقارن بین پیچ که داده است و از تقسیم نیرو در تعداد پیچ که بدست می آید برای توزیع لنگر بیضی بین پیچ که از رابطه مقاومت مصالح $F = \frac{TP}{J}$ استفاده می کنیم.

$$F = \frac{TP}{J}$$

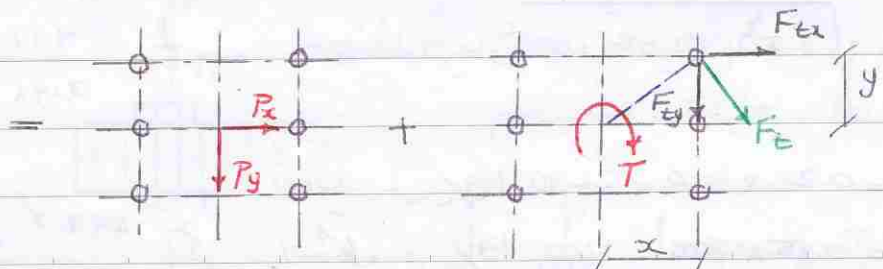
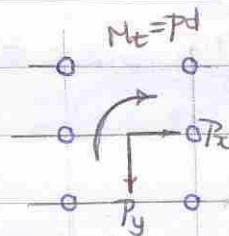
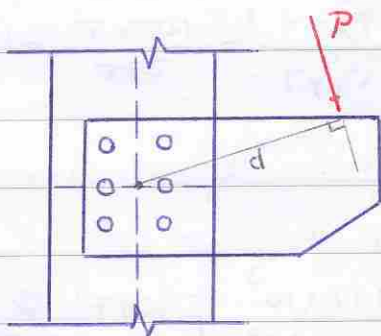
T لنگر بیضی

P فاصله پیچ صرد نظر از مرکز گروه پیچ

J عین انرسی قطبی پیچ که با سطح مقطع ثابت A

$$\begin{cases} I_x = A \sum x^2 \\ I_y = A \sum y^2 \end{cases}$$

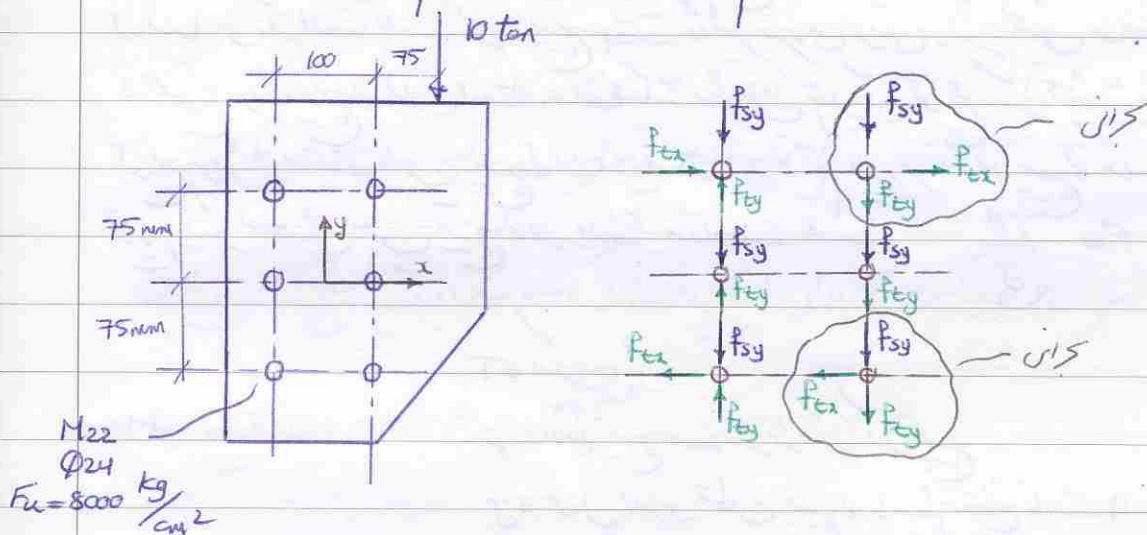
$$J = I_x + I_y = A \sum (x^2 + y^2)$$



$$\left\{ \begin{aligned} F_{sx} &= \frac{P_x}{n} & F_{sy} &= \frac{P_y}{n} & \text{Shear} \\ F_{tx} &= \frac{My}{\Sigma(x^2+y^2)} & F_{ty} &= \frac{Mx}{\Sigma(x^2+y^2)} & \text{Torsion} \end{aligned} \right.$$

$$F = \sqrt{(F_{sx} \pm F_{tx})^2 + (F_{sy} \pm F_{ty})^2} \quad \text{تشن کل میریج (برش)}$$

مثال نشان دهنده اتصال نشان داده شده هم در حالت انکشی و هم در حالت اصطکابی
مقدار قبول می باشد.



$$e = 7.5 + 5 = 12.5 \text{ cm}$$

$$T = 10 \times 12.5 = 125 \text{ ton.cm}$$

$$\Sigma x^2 + \Sigma y^2 = 6 \times 5^2 + 4 \times 7.5^2 = 375 \text{ cm}^2 \quad (\text{در دو طرف از لیف } x=5 \text{ و } x=-5 \text{ است})$$

$$F_{tx} = \frac{T y}{\Sigma(x^2+y^2)} = \frac{125 \times 7.5}{375} = 2.5 \text{ ton} \quad F_{ty} = \frac{T x}{\Sigma(x^2+y^2)} = \frac{125 \times 5}{375} = 1.67 \text{ ton}$$

$$F_{sy} = \frac{10}{6} = 1.67$$

$$F = \sqrt{2.5^2 + (1.67 + 1.67)^2} = 4.17 \text{ ton} \rightarrow f = \frac{4.17 \times 10^3}{3.14 \times \frac{2.2^2}{4}} = 1097 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = 0.28 \times 8000 = 2240 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{انکشی}$$

$$F_v = 0.15 \times 8000 = 1200 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{اصطکابی} > 1097 \checkmark$$

پیچ‌های دیرپا که تحت کشش هستند

الف) پیچ‌های غیر پین سیده در صورتیکه پیچ‌ها در غیر پین سیده تحت کش قرار گیرند مقدار تنش کشی مجاز آن‌ها مطابق جدول زیر خواهد بود. تنش‌ها در تقاطع ریشه‌ای سطح مقطع این‌ها پیچ قرار دارند.

(جدول مقابل تنش کشی مجاز انواع پیچ دیرپا می‌باشد)

تنش کشی مجاز	نوع و سیدم اصلی
$0.75 F_y$	پیچ
$0.33 F_u$	پیچ معمولی
$0.38 F_u$	پیچ پر مقاومت

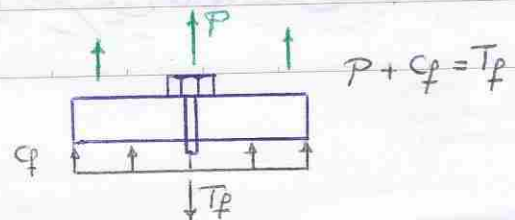
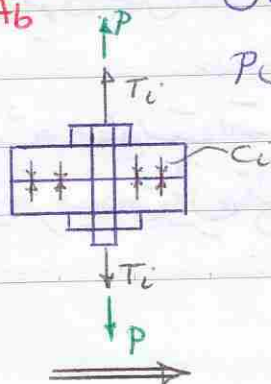
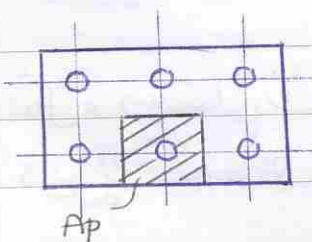
ب) پیچ‌های پین سیده: وقتی یک پیچ پین سیده می‌شود که آن کش اولیه T_i موجود می‌باشد کش اولیه در پیچ باعث نیروی فشاری C_i در صفحات تحت تماس می‌شود. حال اگر در همین پیچ نیروی کشی به اندازه P اعمال گردد، بر کش پیچ اضافه می‌گردد و از فشار تماس C_i کاسته می‌شود. لیکن نتایج مطالعات نظری نشان می‌دهد تا جایی که فشار C_i منفی نباشد اثر افزایش کش در پیچ قابل توجه نیست. اما اگر $C_i = 0$ شود در این صورت تمام کش خارجی به T_i افزوده می‌شود. روابط نظری برای کش نهایی پیچ و فشار نهایی C_f به شرح زیر می‌باشد:

$$T_f = T_i + \frac{P}{1 + \frac{A_p}{A_b}}$$

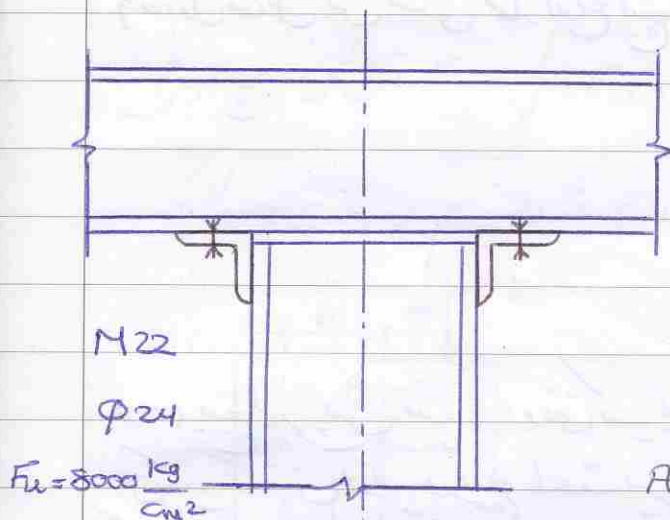
A_b : سطح مقطع یک پیچ
 T_i : کش اولیه (پین سیدی) (initial)
 T_f : کش در پیچ پس از اعمال نیروی کشی P (final)
 P : نیروی کشی خارجی

$$C_f = C_i - P \frac{A_p / A_b}{1 + \frac{A_p}{A_b}}$$

C_i : فشار اولیه بین ورق‌های در تماس
 C_f : فشار نهایی بعد از اعمال نیروی کشی P
 A_p : سطح تماس لقمه یک پیچ



مثال ۱ اتصال زن داده شده پیش تنیده می باشد که با تنش اولیه $0.55 F_u$ پیش تنیده شده است. فاصله بندی پیچ در طول و عرض 7.5 cm است. بنابراین سطح نمایان حجم هر پیچ $7.5 \times 7.5 \text{ cm}^2 = 56.25 \text{ cm}^2$ خواص داشته. حال برای اتصال کشش خارجی اعمال می گردد بطوریکه هر پیچ با تنش M_{ax} تحت کشش قرار گیرد. در اینصورت نیروی کشش پیچ محدود خواص دارد. (پیچ $M22$ و 8.8 هسته)



$$A_b = 3.8 \text{ cm}^2$$

$$T_i = 0.55 \times 8000 \times 3.8 \times 10^{-3} = 16.72 \text{ ton}$$

$$C_i = T_i = 16.72 \text{ ton}$$

$$P = 0.38 F_u A_b = 0.38 \times 8000 \times 3.8 \times 10^{-3} = 11.55 \text{ ton}$$

$$A_p = 7.5 \times 7.5 = 56.25 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_p}{A_b} = \frac{56.25}{3.8} = 14.8$$

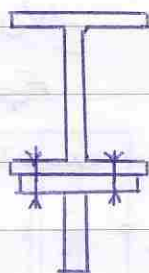
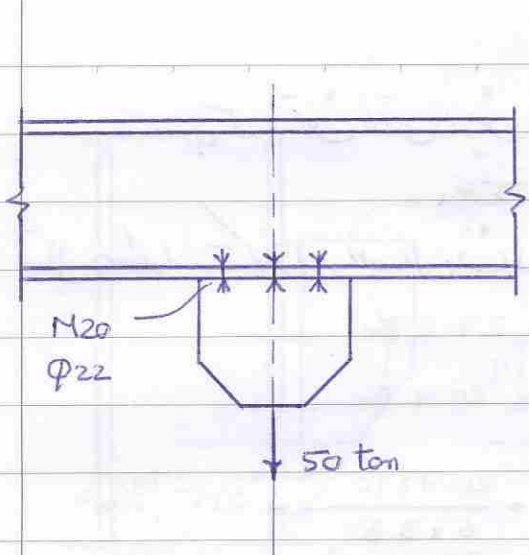
$$T_f = T_i + \frac{P}{1 + \frac{A_p}{A_b}} = 16.72 + \frac{11.55}{1 + 14.8} = 17.45 \text{ ton}$$

$$C_f = C_i - P \frac{\frac{A_p}{A_b}}{1 + \frac{A_p}{A_b}} = 5.95 \text{ ton}$$

فلاصحه می شود که در پیچ های پیش تنیده اعمال محدود نیروی کشش می باشد تا تغییر قابل توجهی در کشش پیچ موجود نباشد. اگر نیروی تمائشی T برابر صفر گردد، در آنصورت تمام کشش خارجی بر پیچ وارد شده و پیچ گسیخته خواص دارد.

* نتیجه گیری کلی اینست که اعمال نیروی کشش مجازاتی بر پیچ های پیش تنیده نیز امکان پذیر است.

مثال ۲ در اتصال زن داده شده مطلوبیت تعیین کنید. تعداد پیچ 20 mm از نوع پرچ و دیت با $F_u = 8000 \text{ kg/cm}^2$ می باشد برای هر دو حالت پیش تنیده و غیر پیش تنیده صادق است.



تنش می کشش

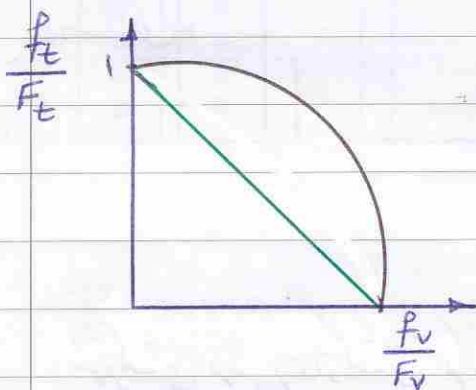
$$F_t = 0.38 \times 8000 = 3040 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_t = F_t A_b = 3040 \times 3.14 \times 10^{-3} = 9.55$$

$$n = \frac{T}{R_t} = \frac{50}{9.55} = 5.24 \rightarrow n = 6$$

ترکیب تنش برش و کشش

تنش برشی و تنش کششی در دو امتداد مختلف بر یک سطح اعمال می شوند (تنش کششی عمود بر سطح و برشی موازی بر سطح هستند) بنابراین جمع جبری این دو اعطاسخ پذیر نیست. (در برخی محاسبات برای تعیین نیروی مقاوم ای طراحی از تئوری کمکی (مقوت مثل فول منسبت استفاده می نمایند. به جای ابعاد (مقوت فول منسبت این نامه که از روابط اندر کشش و برش استفاده می کنند که به جای بعضی فول منسبت محاسبه است بصورت خطی یا نیم دایره ای باشد.



۱) پیچ بر انگاشی و رابطه اندر کشش و کشش (این پیچ بصورت زیر است.

$$\left(\frac{F_v}{F_v}\right)^2 + \left(\frac{F_t}{F_t}\right)^2 \leq 1$$

F_t تنش کششی میز

F_v تنش برشی مورد

F_v تنش برشی میز

F_t تنش کششی مورد

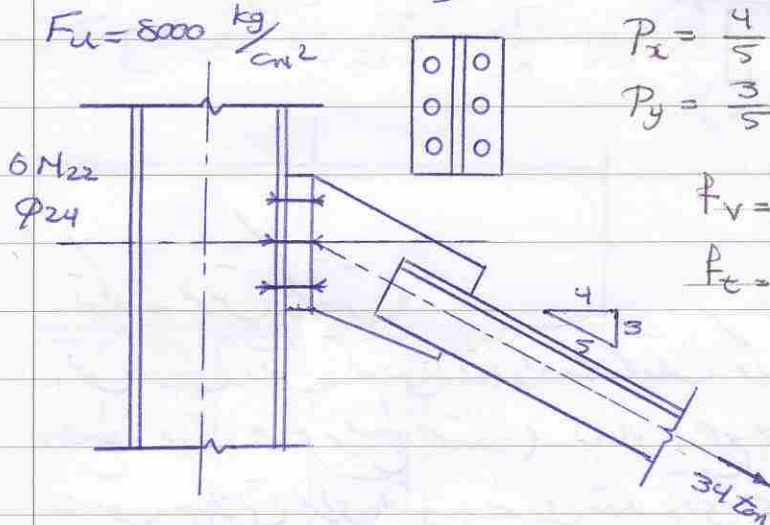
۲) پیچ بر کشش تنیده اصطلاحی و (پیچ کمکی پس تنیده از رابطه اندر کشش خطی زیر استفاده می شود)

$$\frac{F_v}{F_v} + \frac{F_t}{F_{tp}} \leq 1$$

F_{tp} : تنش ناشی از کشش کششی اولیه

$$F_{tp} = 0.55 F_u$$

مثال : محاسبه کنترل اتصال فلان داده شده در دو حالت استاتیکی و پویا



$$P_x = \frac{4}{5} \times 34 = 27.2 \text{ ton}$$

$$P_y = \frac{3}{5} \times 34 = 20.4 \text{ ton}$$

$$f_v = \frac{P_y}{nA} = \frac{20.4 \times 10^3}{6 \times 3.8} = 895 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = \frac{P_x}{nA} = \frac{27.2 \times 10^3}{6 \times 3.8} = 1193 \text{ kg/cm}^2$$

(1) استاتیکی

$$F_v = 0.28 \times 8000 = 2240$$

$$F_t = 0.38 \times 8000 = 3040$$

$$\left(\frac{895}{2240}\right)^2 + \left(\frac{1193}{3040}\right)^2 = 0.16 + 0.16 = 0.32 < 1$$

$$F_v = 0.15 \times 8000 = 1200$$

$$F_{tp} = 0.55 \times 8000 = 4400$$

(2) پویا

$$\frac{895}{1200} + \frac{1193}{4400} = 0.75 + 0.27 = 1.02$$

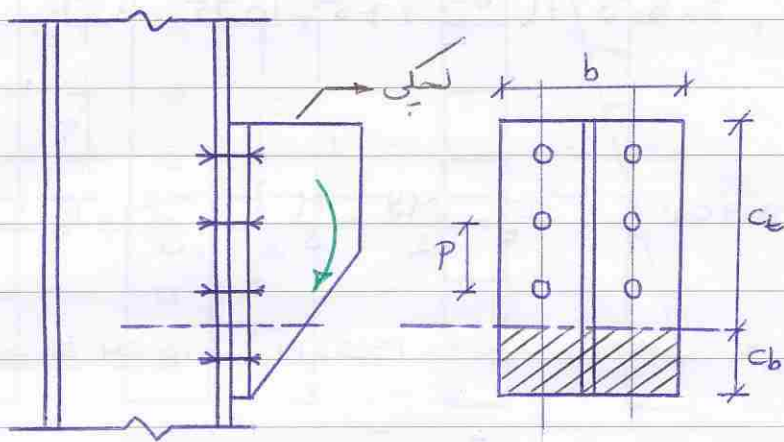
$$f_t = 1193 < 0.38 \times 8000 = 3040$$

نیروی کشش از نیروی مجاز کشش کم می‌گردد.

تأثیر اندر خمیر بر نیروی بیچ

نیروی بیچ خمیر است که تأثیر اندر خمیر قرار می‌گیرد. این موضوع باید در دو حالت بیچ که نیروی کشش کششی و بیچ که بیچ کششی مورد توجه قرار گیرد.
(الف) بیچ که بیچ کششی و بیچ کششی در وقت که نیروی بیچ کششی کششی قرار می‌گیرد.
در حالت کشش تا زمانی که بیچ کششی عمل می‌کند. در حالت کششی تا زمانی که بیچ کششی عمل می‌کند.
اتصال در حال تماس می‌باشند. بنابراین مقطع مورد استفاده مقطع به خود خود در شکل خواهد بود.

* دقت شود که در ناصه کششی فقط از برچ که یا پیچ که در نظر گرفته می شود در با مقداری لغزش ، در ناصه فشاری اثر از سوراخ که صرف نظر می گردد.



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

مثال: محلول است محاسبه ظرفیت خمشی مجاز اتصال نشان داده شده در شکل. پیچ که به قطر 20 mm از

نوع معمولی با $F_u = 4000 \frac{kg}{cm^2}$ می باشد.

(1) تعیین محل نارضتی

تجربه نشان داده است ارتفاع نارضتی صغری در

حدود $\frac{1}{6}$ تا $\frac{1}{7}$ ارتفاع کل است. بالایی

راحتی بوسیله آزمون و خطا ارتفاع نارضتی

باید بدست آید. در عنوان فرض اول نارضتی

را پس پیچ کمی نرم و سولم در نظر گرفته و آن را

لا قرار می دهیم. با مابقی قرار دادن نیز استاتیک

تاریختانی و فوقانی نسبت به نارضتی مقدار آن قابل می باشد.

$$\frac{by^2}{2} = mn A_b (h' - y + p \frac{n-1}{2})$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} (2)^2 = \pi$$

$$m = 2$$

$$h' = 18.75$$

$$n = 8$$

$$p = 7.5$$

$$\frac{18y^2}{2} = 2 \times 8 \times 3.14 (18.75 - y + 7.5 \times \frac{8-1}{2}) \rightarrow y = 13.1 \text{ cm}$$

از پس پیچ دوم و سولم نبود دوباره باید y را فرض کرد و محاسبه را تکرار کرد.

$$I = \frac{mn A_b p^2 (n^2 - 1)}{12} + mn A_b (\frac{n-1}{2} p + h' - y)^2 + \frac{by^3}{3}$$

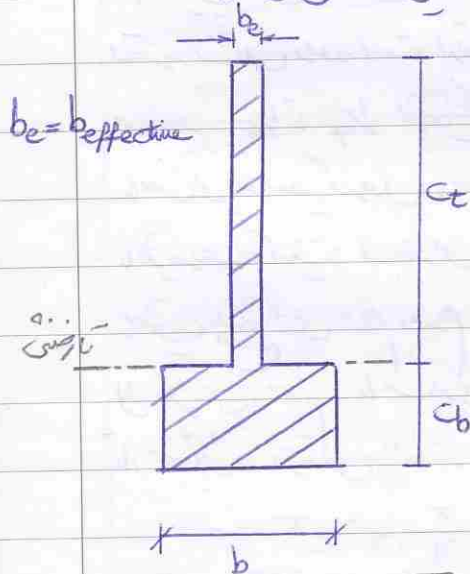
$$I = \frac{2 \times 8 \times 3.14 \times 7.5^2 (8^2 - 1)}{12} + \frac{2 \times 8 \times 3.14 \left(\frac{8-1}{2} \times 7.5 + 18.75 - 13.1 \right)^2}{3} + \frac{18 \times 13.1^3}{3} = 79450 \text{ cm}^4$$

$$S = \frac{I}{c} = \frac{79450}{58.15} = 1367 \text{ cm}^3 \quad F_c = \frac{M \gamma}{I} = \frac{M}{S} \rightarrow M = F_c \cdot S$$

$$F_c = 0.33 \times 4400 = 1320 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow M = 1367 \times 1320 \times 10^{-5} = 18.04 \text{ ton.m}$$

اوش ساره شده برای تقس **شخصت خنثی** **نروه لیج**

روابط ارائه شده برای شخصت خنثی مقطع خم بوده و کاربرد این وقت فرست برای این منظور
لش تقویتی ارائه شده است که وقت این روش تقویتی در صورتیکه تعداد درف های بیج بش
از 4 باشد و فاصله بینر بیج های (حد p) منظم باشد، خوب ای دقتی حاصل می شود



$$b_e = \frac{A_b}{p} m$$

A_b سطح مقطع **بیج**
 p فاصله **بیج**

$$\frac{c_b}{c_t} = \sqrt{\frac{b_e}{b}}$$

m تعداد درف **بیج**

$$I = \frac{b c_b^3}{3} + \frac{b_e c_t^3}{3}$$

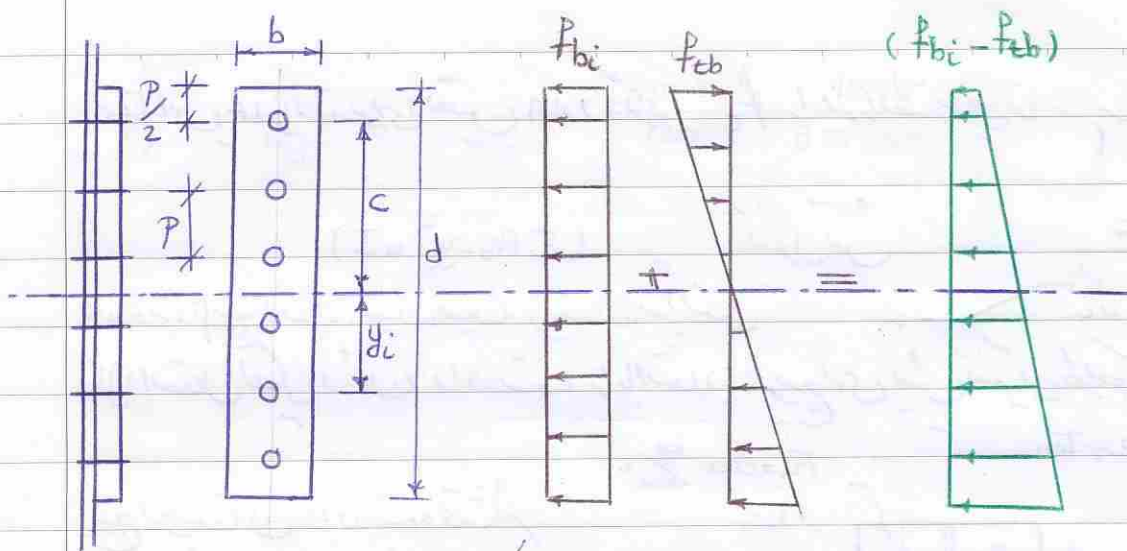
$$b_e = \frac{3.14}{7.5} \times 2 = 0.837 \text{ cm}$$

$$\frac{c_b}{c_t} = \left(\frac{0.837}{18} \right)^{1/2} = 0.216$$

$$c_b = 13.3 \text{ cm} \quad c_t = 61.7 \text{ cm}$$

$$I = \frac{18 \times 13.3^3}{3} + \frac{0.837 \times 61.7^3}{3} = 79649 \text{ cm}^4$$

ب) بیج های با بیش تنیدی در صورتیکه در بیج های بیش تنیدی اولیه وجود داشته باشد، تنش فشاری
سبب صفات در حال تماس بوجود می آید. با تأثیر کمتر خمشی، مارکدیکت تنش کششی و در دست
دیگر تنش فشاری خواهیم داشت. تنش کششی باعث فشاری عصبی تر گریه شده و در نهایت فشار کم
و در دست دیگر تنش فشاری برهم افزوده شده و در نهایت فشار زیاد خواهیم داشت. به حوصل
کل مقطع درف است و مقطع بصورت ممکن کمتر خمشی را تحمل می نماید. مقطع بصورت ممکن
عمل کرده و تا دقتی در وسط ارتفاع خواص دارد.



مجموع نیروی کششی در هر خط

$$f_{bi} = \frac{\sum T_i}{bd}$$

تension stress at bolt line

$$f_{tb} = \frac{M}{S} = \frac{6M}{bd^2} \quad (f_{tb} = \frac{Md/2}{\frac{bd^3}{12}})$$

مساوات صریح $\times$ تنش کششی = نیروی کششی صریح

$$T_{net} = f_{tb} \times b \times p$$

$$T_{net} = \frac{6M}{bd^2} bp$$

$$T_{net} = \frac{6MP}{d^2}$$

T_{net} = نیروی کششی خالص در هر خط صریح می باشد

تنش کششی در هر خط صریح

$$f_t = \frac{T_{net}}{A_b} = \frac{6MP}{A_b d^2}$$

تنش کششی باید برای فاصله $P/2$ اصلاح گردد

مقدار در هر خط صریح

$$f_t = f_t \left(\frac{d-P}{d} \right) = \frac{6MP}{A_b d^2} \left(\frac{d-P}{d} \right)$$

$$d = np \Rightarrow f_t = \frac{6MP}{An^2 p^2} \left(\frac{np-P}{np} \right) = \frac{12M}{An^3 p^2} \left(\frac{P(n-1)}{2} \right)$$

$$f_t = \frac{12M}{mAn^3 p^2} \left(\frac{P(n-1)}{2} \right) \leq 0.38 F_u$$

اگر رابطه فوق را حوضی و سطح کنیم رابطه بسیار مفیدی برای تعیین n تعداد در هر خط صریح بدست می آید

$$n = \sqrt{\frac{6M}{mRP}}$$

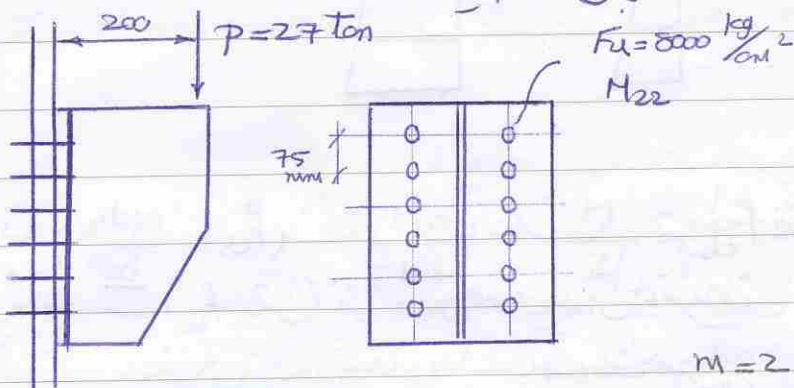
$$R = 0.38 F_u A_b$$

رابطه حوضی
نیروی کششی مجاز در هر خط صریح

مقام این عملیات برای تعیین n بود و گرنه f_t را از رابطه زیر می توانست بدست آورد

$$f_t = \frac{M_c}{\sum A_b \cdot y_i^2} \quad \text{کنترل شد} \quad (\sum A_b \cdot y_i^2 = I)$$

مربوط به تمام پیچ است. به درناهیافت از وجه درناهیافت کشش
مثال: اتصال لکمی نشان داده شده را با استفاده از پیچ های پس کشی طراحی کنید.



پیچ های نشان داده شده کتانر
توانم برش و کش می باشند. برای
تعیین تعداد پیچ به استناد فرض می کنیم
فقط کتانر کش هستند.

$$m = 2 \quad P = 7.5$$

$$n = \sqrt{\frac{6M}{MRP}}$$

$$F_t = 0.38 \times 8000 = 3040 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_b = 3.8 \text{ cm}^2$$

$$R = 38 \times 3040 \times 10^{-4} = 11.55 \text{ ton}$$

$$M = 27 \times 0.2 = 5.4 \text{ ton.m}$$

$$n = \sqrt{\frac{6 \times 5.4 \times 10^5}{2 \times 11550 \times 7.5}} = 4.32 \quad \text{این}$$

$$F_v = 0.15 \times 8000 = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

تعداد در تلف پیچ برای برش

$$R_{ss} = 3.8 \times 1200 = 4560 \text{ kg}$$

$$n = \frac{27000}{2 \times 4560} = 2.96 \quad \text{این}$$

$$n = \sqrt{4.32^2 + 2.96^2} = 5 \quad \text{این}$$

اگر n را به صورت صحیح در انتخاب می کنیم

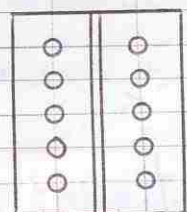
$$f_t = \frac{M_c}{\sum A y^2}$$

$$\sum A y^2 = 4 \times 3.8 (7.5^2 + 15^2) = 4275 \text{ cm}^4$$

کنترل

$$f_t = \frac{5.4 \times 10^5}{4275} = 1895 < 3040 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{P}{\sum A} = \frac{27000}{3.8 \times 10} = 710.53 < 1200 \text{ kg/cm}^2$$

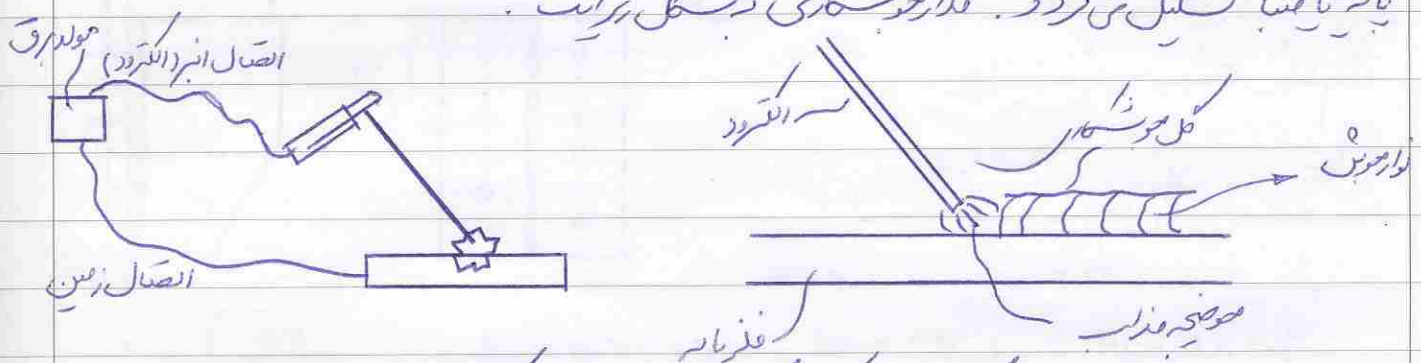


$$\frac{P_v}{F_v} + \frac{P_e}{F_{ei}} \leq 1 \rightarrow \frac{710.53}{1200} + \frac{1895}{0.55 \times 8000} = 1.02 \approx 1$$

فصل پنجم:

"جوش"

جوشکاری فرایندی است که در آن دو فلز به کمک حرارت، فشار و یا ترکیبی از آن به یکدیگر متصل می‌شوند. فرایندی که برای جوشکاری وجود دارد در صنعت به عنوان تقریباً به طور انحصاری فقط از روش جوش قوس الکتریکی (electrical arc welding) استفاده می‌شود. در این روش منبع تولید کننده حرارت قوس الکتریکی است که به وسیله نوک الکترود و فلز پایه یا ضمیمه تشکیل می‌گردد. مدار جوشکاری به شکل زیر است.



جریان کار در این ترتیب است که وقتی نوک الکترود در فاصله نزدیک می‌شود (فاصله از حدود ۲ تا ۳ میلی‌متر) هوای موجود بین نوک الکترود و قطعه مذاب به یونیزه می‌شود، به طوری که قابلیت انتقال الکتریسیته را می‌یابد و بی با مقاومت زیاد با عبور الکتریسیته این ناحیه به شدت گرم می‌شود، دمای حدود ۳۰۰۰ درجه می‌یابد، به طوری که قدرت ذوب الکترود و قطعه مذاب را داراست. با حرکت الکترود در سمت جلو، نوار جوش در لبه قطعه مذاب شکل می‌گیرد. مصالح نوار جوش قسمتی از فلز پایه ذوب شده و قسمتی از الکترود ذوب شده می‌باشد. الکترود دارای پوشش است. این پوشش همراه الکترود ذوب می‌شود و داخل نوار جوش نمی‌شود، بلکه بصورت یک لایه نوری نوار جوش را سرب می‌کند. به آن کل جوشکاری گویند که خاصیت محافظتی ندارد ولی در لابود شعله نوار جوش بسیار موثر است.

روش لیزر جوش قوس الکتریکی:

برای انجام جوش قوس الکتریکی (برقی) می‌توان از روش لای (دستی یا اتوماتیک) (هندکار) استفاده نمود. در روش دستی الکترود دارای طول محدودی است (بین ۳۵ تا ۵۰ سانتی‌متر). جوشکار آن را داخل انبر قرار داده و با کنترل دست جوشکاری را انجام می‌دهد. نواری به طول حداکثر ۱۵ سانتی‌متر تا ۲۰ سانتی‌متر می‌تواند به وسیله جوشکار الکترود را عوض کرده جوشکاری را ادامه می‌دهد.

جوش اتوماتیک (خودکار) : در این روش الکترود و محفظه است و دور قرقه های لحیمه شده است توسط دستگاهی که نوک آنر تغذیه می شود. سرعت آن قابل کنترل است. حداثت آنر توسط جوشکار یا یک رباط نیمه خودمند انجام می شود. (جوش اتوماتیک الکترود لحیمه است و می فیل (ایگن) ندارد. در حقیقت نوع حفاظت از نوک جوش انواع روش های اتوماتیک به شرح زیر است.

- ۱) جوشکاری زیر پوشی
- ۲) جوشکاری تحت حفاظت گاز
- ۳) الکترود توپوری

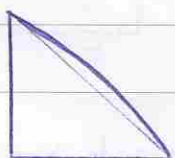
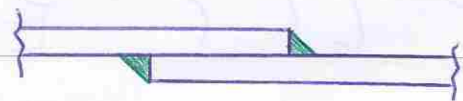
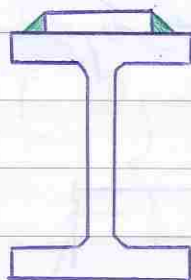
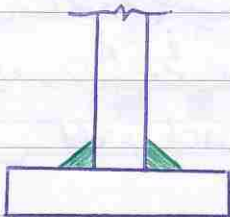
انواع جوش ها

انواع جوش مورد استفاده در صنعت به شرح زیر است :

- ۱) جوش گزشت
- ۲) جوش تباری یا توذ کامل
- ۳) جوش تباری یا توذ ناقص
- ۴) جوش آلتسانه
- ۵) جوش کام

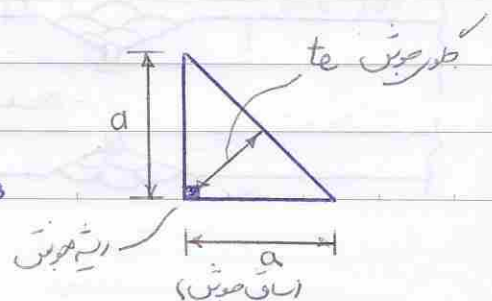
۱) جوش گوشه (Fillet weld)

جوش گوشه تباری است که در هیچ اتصال دو قطعه انجام می شود. مصالح آن در حالت ایده آل مثل قائم الزاویه است. سطح جوش بر مبنای است. باید علاوه بر جوش باید باشد. تقریباً هیچ عنوان مجاز نیست. کذب یا حداکثر 3mm مجاز است. این مثل قائم الزاویه ترجیحاً باید رعایت شود. السامتی باشد.



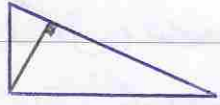
مقطع ایده آل جوش گوشه

$$t_e = 0.707a$$



قابل قبول

* نکته: یا طول جوش ضعیف تر پس نقص جوش نداشته است و گنجشک جوش از این محل رخ می دهد. حجم جوش در آن مقطع بحرانی جوش نیز نباشد. برای تعیین آن از رابطه جوش بر سطح جوش عمود می کنیم. (از جوش قائم الزامی بود باید جوش عمود شود)



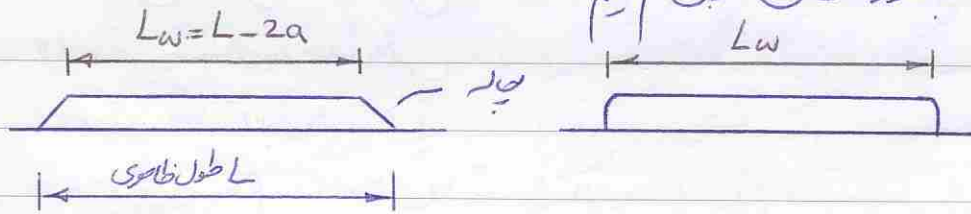
مساحت مقطع مؤثر جوش: مساحت مقطع مؤثر جوش مساوی است با حاصلضرب

$$A_e = L_w \times t_e = L_w \times (0.707a)$$

طول جوش در طول مؤثر جوش

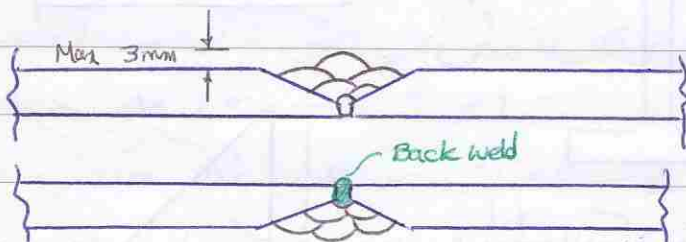
و L_w طول جوش

L_w طول جوش می باشد و طول دارای از جوش است که در آن ساق جوش یا بهتر بگوییم مقطع جوش ثابت است. در شروع جوشکاری یا انتهای جوشکاری، مقطع جوش با ساق کامل انجام نمی شود و اصطلاحاً در این دو نقطه جوش ناقص داریم. اگر جوش در این نقاط از طول جوش استفاده کنیم باید دستور العمل خاص از کردن جوش را بچشم - در غیر این صورت باید از طول ظاهر جوش در حروف به اندازه ساق جوش کم کنیم.



۱۲) جوش شیار (groove weld) a با نفوذ کامل (full penetration)

جوشی است که پس از دو ورق انجام می شود. از این نوع آن جوش لب نیز می توانیم برای انجام این عمل از دست اندازی ورق استفاده می شود و هیچ خوردگی حذف از این نیست که مقاومت جوش و ورق یکسان باشد. بنابراین جوش باید در کل ضخامت ورق لحیم دهنی عیب باشد. به همین علت بعد از انجام جوشکاری در یک طرف باید ورق را بکشد و در طرف دیگر جوش را بکشد تا جوش در آن هم به این خط جوش Back weld شود.

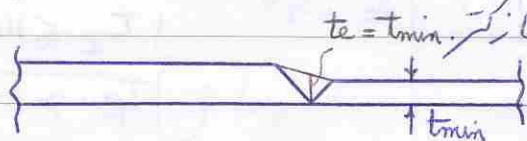


مساحت موثر جوش تیاریه

مساحت موثر جوش تیاریه مساحت با طول جوش ضرب در طولی موثر جوش، طولی موثر جوش برابر است با ضخامت ورق نازکتر.

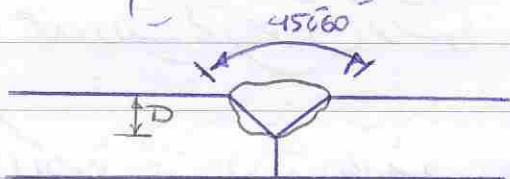
$$t_e = t_{min}$$

$$A_e = L_w \times t_e$$



۳) جوش تیاریه (groove weld) با نفوذ نسبی (partial penetration)

این جوش نیز در تیاریه بین دو لبه ورق داده می شود. لیکن ارتفاع تیاریه به طور عددی کمتر از ضخامت ورق است. ضخامت موثر گلوگاه جوش برابر است با عمق تیاریه مضرب ۳mm. کاهش سطحی کمتر از حد است که از نفوذ کامل جوش در ریشه اجتنابی نداریم.



$$t_e = D - 3_{mm}$$

* اگر برابر انجام جوش تیاریه با نفوذ ناقص از جوش

ارتفاع تیاریه از روی دایره کشیم و یا زاویه جوش از 60° باشد می توان از کاهش 3mm صرفه جویی کرد. در این حالت نیز سطح مقطع غیر قابل قبول است و گاهی تا حد اکثر 3mm قابل پذیرفتن است.

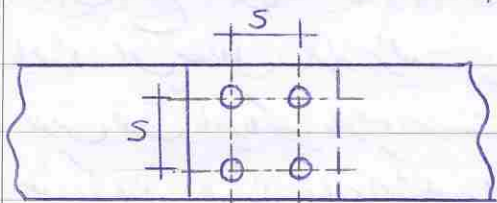
$$\alpha \geq 60^\circ \rightarrow t_e = D$$

$$45^\circ \leq \alpha < 60^\circ \rightarrow t_e = D - 3_{mm}$$

۴) جوش انباشته (plug weld)

جوشی است که در دو لب سوراخ داده می شود، داخل آن را کاملاً پر می کنند. تیاریه به هیچ وجه نیست. مساحت موثر جوش برابر است با مساحت سوراخ.

$$A_e = \frac{\pi d^2}{4}$$



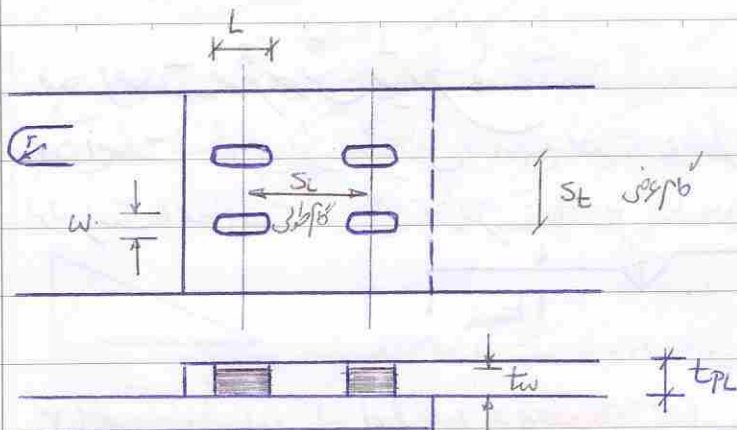
$$\textcircled{1} \begin{cases} t_{PL} \leq 16mm \rightarrow t_w = t_{PL} \\ t_{PL} > 16mm \rightarrow t_w = \frac{1}{2} t_{PL} \geq 16mm \end{cases}$$

$$\textcircled{2} \begin{cases} s \geq 4d \\ d \geq t_{PL} + 8mm \\ d \leq 2.25 \times t_w \end{cases}$$

$$A_e = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\textcircled{3} t_{PL} + 8mm \leq d \leq 2.25 t_w$$

ضخامت جوش



۵) جوش کف (slot weld) ۵

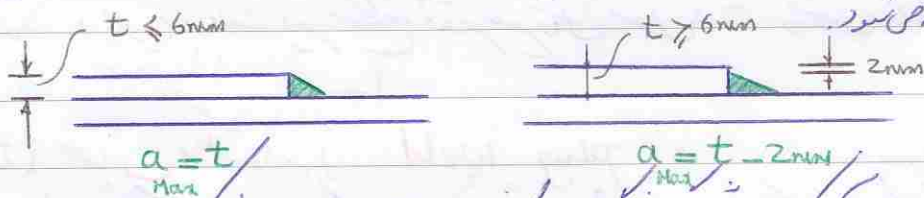
$$A_e = L \cdot w$$

$$\begin{cases} t_{PL} \leq 16 \text{ mm} \rightarrow t_w = t_{PL} \\ t_{PL} > 16 \text{ mm} \rightarrow t_w = \frac{1}{2} t_{PL} \geq 16 \text{ mm} \end{cases}$$

$$\begin{cases} L \leq 10 t_w & \text{عرض} \quad S_t \geq 4w \\ W \geq t_{PL} + 8 \text{ mm} \leq 2.25 t_w & \text{کف طول} \quad S_L \geq 2L \\ t_{PL} + 8 \text{ mm} \leq W \leq 2.25 t_w \end{cases} \quad r \geq t_{PL}$$

محدودیت کف جوش نوشته ۵

۱) اگر جوش نوشته در ورق داده شود، در صورتیکه ضخامت ورق کمتر از 6mm داده شود اندازه ساق می تواند صاف در ضخامت ورق گردد. اگر ضخامت ورق بیش از 6mm باشد اندازه ساق مسطح و ضخامت ورق 2mm کمتر گرفته می شود.

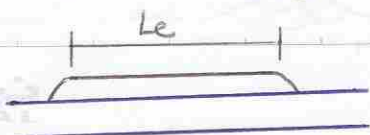


۲) حداقل اندازه جوش نوشته ۵ برای اند جوش نوشته برای کافی به ورق بر حسب تصویر در جدول زیر شده است. هیچ جوش در جدار تری نشانی ندارد، باید ساق جوش بر حسب ضخامت ورق دارای حداقل باشد. این حداقل به قرار زیر است:

ضخامت ورق بابت	حداقل اندازه ساق (mm)	amin
تا 6 میلیمتر	3	
تا 12	5	
تا 20	6	
> 20	8	

جوش فوق باید با یک بار عبور بدست آید. با استفاده از فلکسیشن فرمات می توان از تری نشانی جوش حذف کرد. حداقل کمی فوق را حفظ نمود. با استفاده از فلکس و دیگر کم حیدر و در سطحی تراش از حداقل کف فوق کانت.

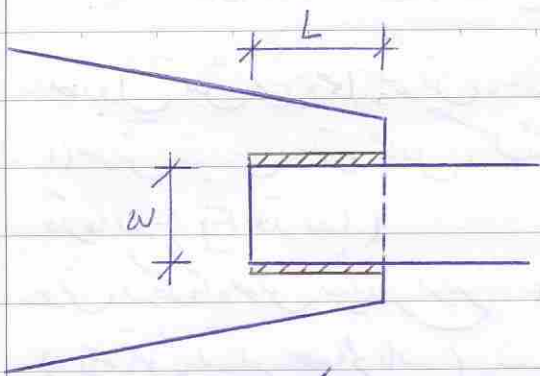
۳) حداقل طول موثر جوش نوشته ۵ و حداقل طول موثر جوش نوشته ۴ برابر اندازه ساق است. اگر طول جوش کمتر از این مقدار باشد می توان بصورت جکسون عمل کرد و اندازه ساق موثر را به طول موثر در نظر گرفت.



$$\min(L_e) \geq 4a \geq 4 \text{ cm}$$



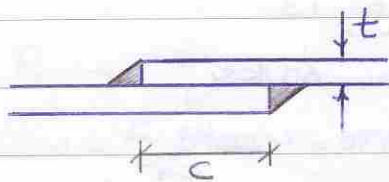
(حالت متکواص توصیه نمی شود)



۴) در صورتی که انتهای سته با جوش نباشد
مستقل شده باشد، طول جوش نباشد باید
برابر از عرض سته در نظر گرفته شود.

$$\begin{cases} L \geq w \\ w < 20 \text{ cm} \end{cases}$$

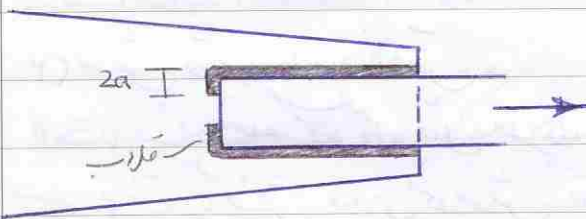
۵) حداقل طول پوشش در اتصالات بوی هم برابر ۵ برابر ضخامت ورق نازکتر می باشد.



$$\begin{cases} c \geq 5t \\ c \geq 2.5 \text{ cm} \end{cases}$$

t ضخامت ورق نازکتر

۶) قلاب و عجله جوش نباشد در حالتی ایده آل است که ابعاد جوش موثری محدود نباشد.
در صورتی که جوش می شود انتهای جوش به اندازه ۲ برابر اندازه باقی برگشت داده شود به
این کار قلاب می گویند.



حداقل اندازه جوش نباید با نفوذ ناقص.

حداقل اندازه طرکاه جوش تئوری با نفوذ ناقص در صورت ارقام معرفی شده برای جوش نباشد
است. برابر مقدار دقیقتر به جدول زیر نامیده می شود.

تنش کم مجاز جوش

تنش مجاز جوش از رابطه زیر بدست می آید.

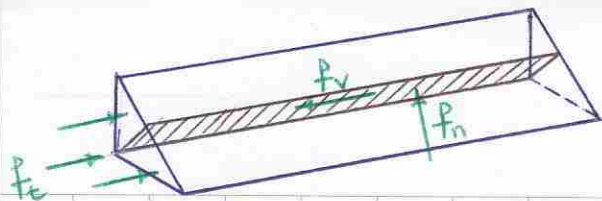
$$\sigma = \text{ضریب کنترل کیفی جوش} \times \text{اعداد جدول} \times \sigma_0 = \text{تنش مجاز جوش}$$

$$\phi = 0.75$$

$$\phi = 0.85$$

$$\phi = 1$$

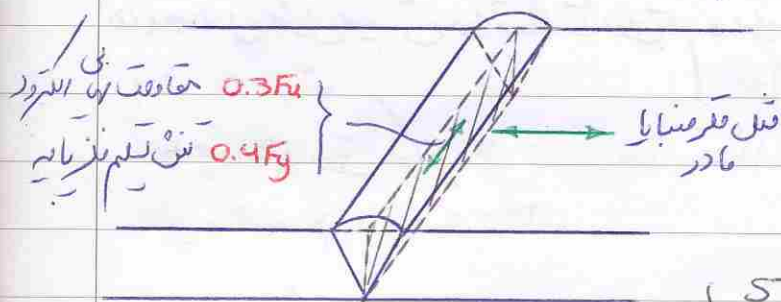
انجام جوش در کارگاه یا بازرسی چشمی (VI) ه
انجام جوش در کارخانه یا بازرسی چشمی (VI) ه
کنترل جوشکاری به کمک از روش های غیر مخرب RT یا UT ه



F_x کشش و فشار عمود بر سطح موثر
 F_y کشش و فشار موازی محور موثر
 F_v برش در طولاه موثر (روی سطح موثر موثر)

جدول تنش های مجاز جوش

۸۴۰۰ (میلین پاییه) (صنعتی واضح تر است)
 (۱) موثر تیار با بقدر کامل کشش و فشار عمود بر طولاه یا موازی محور موثر برابر مقاومت
 قمرمادر (F_y قمرمیا)
 برش در طولاه موثر تیار برابر $0.3 F_u$ (مقاومت نهایی قمرالترود) یا $0.4 F_y$
 (F_y تنش تسلیم مصالح پایه) سه حرکتی در حرکتی



E 60 13

$F_u = 60 \text{ ksi}$

$$F_u = 60 \times 70 = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

ST 37 $\geq$ E 60

ST 52 $\geq$ E 70

یعنی الترود ساربار برای قمر ST 52
 باید بیشتر از E 70 باشد

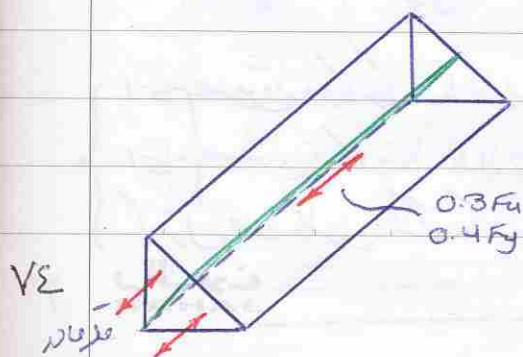
که قمر ترانه قمرمادر

(۲) موثر تیار با بقدر ناقص

الف) فشار بر صفحه طولاه قمرمادر
 ب) فشار بر کشش موازی محور موثر قمرمادر
 ج) برش در سطح طولاه برابر $0.3 F_u$ یا $0.4 F_y$ (حکومت کوکتر)
 د) کشش عمود بر سطح موثر برابر $0.3 F_u$ یا $0.6 F_y$ (حکومت کوکتر)

(۳) موثر گشته

موثر گشته فقط می توان روی سطح طولاه تنش برشی تحمل کند
 مقدار تنش برشی مجاز $0.3 F_u$ یا $0.4 F_y$ (حکومت کوکتر) می باشد
 * توصیه می شود موثر گشته طوری طراحی گردد که طولاه موازی برش کار نکند. اگر تنش کمی غیر از
 برش در طولاه عمل کند آن کم نیز برش فرض می شود



* باید $\min (0.4 F_y t, (0.3 F_u \phi)(0.707 a))$
 را انتخاب کنیم (برای R_w). t ضخامت ورق نازکتر

$$R_w = (0.3 F_u \phi) (0.707 a) \quad \text{برش}$$

۴) برش آلتان در کام و این برش که فقط بر برش به جوار است فضل مشترک سطح تماس در ورق خواص می شوند.

تنش برش مجاز برابر $0.3 F_u$ و $0.4 F_y$ می باشد.

ارزش برش (R_w)

نیروی قابل تحمل مجاز برای ۱ cm طول برش با ضخامت t_e را ارزش برش گویند (معمولاً برش در تنش مجاز، ارزش برش است)

$$R_w = F_{\text{مجاز}} \times t_e \quad (\text{kg/cm})$$

$$R_w = F_{\text{مجاز}} \times 0.707 a$$

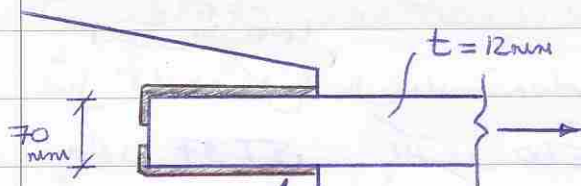
برای برش گوشه

$$E60 \text{ جوشکاری با } F_u = 4200 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow F_{\text{مجاز}} = 4200 \times 0.3 = 1260 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 0.75 \quad F_{\text{مجاز}} = 1260 \times 0.75$$

$$\Rightarrow R_w = 1260 \times 0.75 \times 0.707 a \Rightarrow R_w \approx 650 a \quad (\text{kg/cm})$$

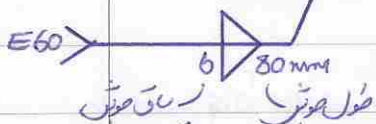
مثال ۱ در شکل نشان داده شده نیروی کششی مجاز برای چه باشد $(E60, \phi = 0.75)$



$$R_w = 650 a \Rightarrow T_w = (R_w \cdot L_w) 2$$

$$T_w = 2 \times 8 \times 650 \times 0.6 = 6.24 \text{ ton}$$

$$T_P = 0.6 A_g F_y \Rightarrow T_P = 7 \times 1.2 \times 0.6 \times 240 \times 10^3 = 12.1 \text{ ton}$$

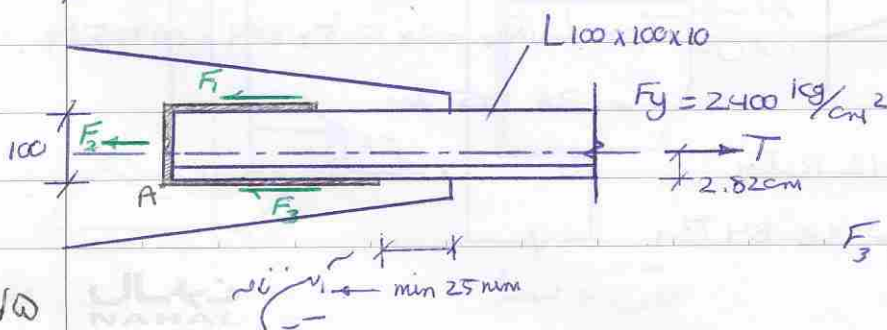


طول جوش

برش جوش

مثال ۲ (جوش متعادل) و مطلوب خواص جوش گوشه برای اتصال شنی نشان داده شده (اکسپوز)

$(E60 \text{ با } \phi = 0.75)$



جوش باید جوری خواص شود

محلی که آن نیروها را مقاوم F_1, F_2, F_3

۷۵

۹۶ با کل تأثیر نیروی خارجی T محاسب کردند تا در درجه جوش بخش نداشته باشیم.

حد اقل اندازه ساق جوش $= 5 \text{ mm}$ حد اکثر اندازه ساق جوش $= 10 - 2 = 8 \text{ mm}$

$a = 6 \text{ mm}$ $\phi = 0.75$ $R_w = 650 \times 0.6 = 390 \text{ kg/cm}$

انوار جوش نباید از ورق مجاور آن قدر تر باشد. ورنه حداکثر نیروی تحمل آن برابر نیروی تحمل ورق مجاور آن نخواهد شد.

$\text{Max } R_w = 0.4 F_y t = 0.4 \times 2400 \times 1 = 960 \text{ kg/cm} > 390 \quad \text{O.K.}$

$F_2 = R_w L_w = 390 \times 10 \times 10^{-3} = 3.9 \text{ ton}$

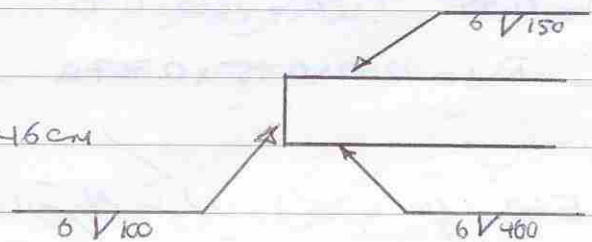
در صورتی که تقسیم بار جوش را نداشته باشیم F_2 را باید منفرجه کنیم.

$\sum M_A = 0 \rightarrow 10 F_1 + 5 F_2 - 2.82 T = 0 \rightarrow F_1 = \frac{27.65(2.82) - 3.9 \times 5}{10} = 5.85 \text{ ton}$

$F_3 = T - F_1 - F_2 = 27.65 - 5.85 - 3.9 = 17.9 \text{ ton}$

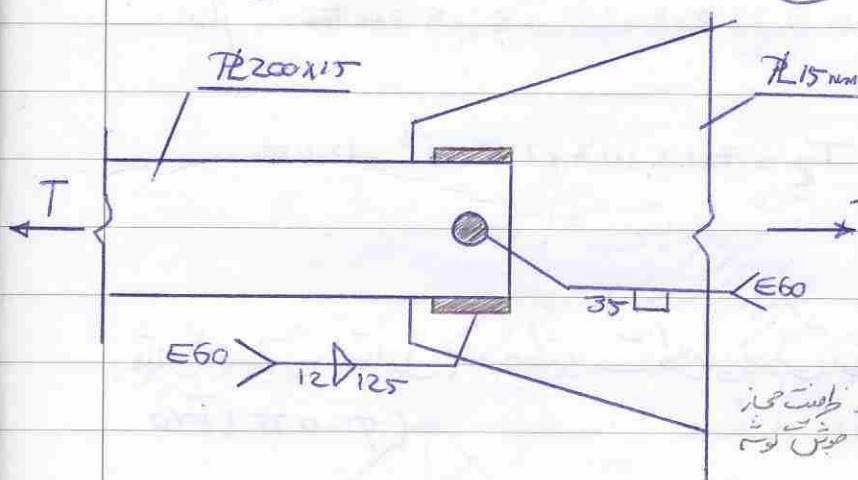
$L_{w1} = \frac{F_1}{R_w} = \frac{5.85 \times 10^3}{390} = 15 \text{ cm}$

$L_{w3} = \frac{F_3}{R_w} = \frac{17.9 \times 10^3}{390} = 45.9 \text{ cm} = 46 \text{ cm}$



(جوش انگشتری)

مثال ۳) در شکل نشان داده شده نیروی مجاری T، را محاسبه کنید. (ضرب بار هر یک یک فرض بود)
فولاد ST37، اکترور E60



$R_w = 1.2(0.707)(0.3 \times 4200)$
 $= 1069 \text{ kg/cm}$

$(R_w) = 0.4 F_y t = 0.4 \times 2400 \times 1.5 = 1440$
 $> 1069 \quad \text{O.K.}$

طرفیت مجاری جوش $T_1 = L_w R_w = 2 \times 12.5 \times 1069 = 26725 \text{ kg}$
 $= 26.725 \text{ ton}$

$T_2 = \frac{\pi \times 3.5^2}{4} (0.3 \times 4200) 10^{-3} = 12.12 \text{ ton}$

$T = T_1 + T_2 = 26.72 + 12.12 = 38.84 \text{ ton}$

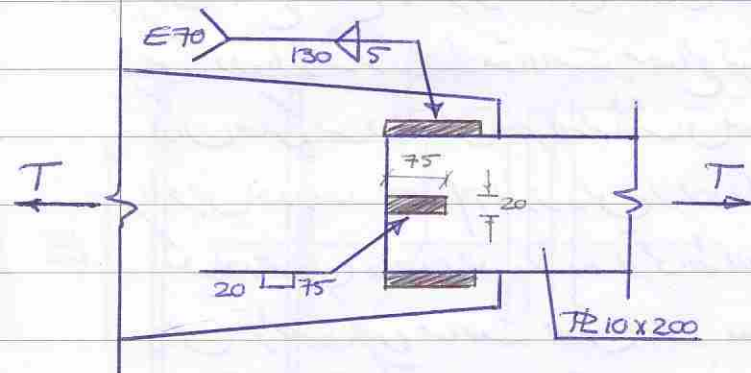
طرفیت مجاری جوش انگشتری

$$T = 0.6 F_y A_g = 0.6 \times 2400 \times 20 \times 1.5 \times 10^{-3} = 43.2 \text{ ton}$$

کنترل نیرو در کشش شده

$$T = 38.84 \text{ ton}$$

بی T حاکم برابر جوش است



مثال ۴ (جوش کام) در شکل نشان داده شده
نیروی مجاز T را می بیند

$$ST52, F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2, \phi = 1$$

ظرفیت مجاز جوش شده

$$R_w = 0.5 \times 0.707 (4400 \times 0.3) = 519.6 \text{ kg/cm}$$

$$T_1 = L_w R_w = 2 \times 13 \times 519.6 \times 10^{-3} = 13.51 \text{ ton}$$

ظرفیت مجاز جوش کام

$$T_2 = 2 \times 7.5 (4900 \times 0.3) \times 10^{-3} = 22.05 \text{ ton}$$

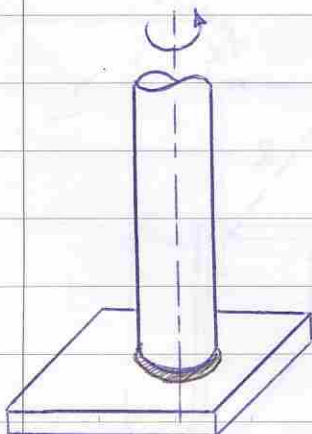
$$T = T_1 + T_2 = 13.51 + 22.05 = 35.56 \text{ ton}$$

کنترل

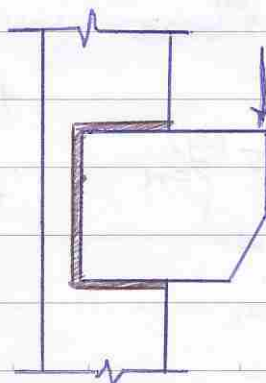
$$T = 0.6 F_y A_g = 0.6 \times 3600 \times 1 \times 20 \times 10^{-3} = 43.2 \text{ ton} > 35.56 \text{ ton}$$

انصالات جوشی به محور

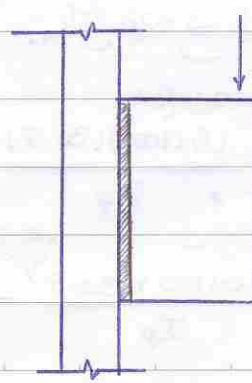
صورت انصالات پیچی، انصالات جوشی نیز می توانست که تأثیر بخش خاص، برش و بخش، بخش خاص و برش و کشش قرار گیرد مانند اشکال زیر



برش



برش + کشش



برش + کشش

* اگر a برابر واحد فرض شده $R_w = 650a$ قرار می دهیم. اگر a برابر واحد فرض شده $R_w = 920a$ قرار می دهیم.

روش محاسبه اتصالات جوش بر روی محور

برخلاف پیچ جوش محسوب می شود و انتظار است و انتظار می رود روابط مقاومت مصالح در آن صادق تر باشند. در محاسبه جوش باید به صورت یک مقطع مورد توجه قرار می گیرد و برای آن، سطح مقطع، مرکز جاذب، این مقطع یا ثابت بخش (محال انحرافی قطبی) می باشد می گردد و با توجه به روابط مقاومت مصالح تنش که می باشد می گردد.

از آن جایی که در ابتدای امر اندازه های جوش معلوم نیست می باشد مشخصات هندسی مقطع با فرض بعد واحد انجام می شود و پس از آن می باشد بعد جوش بدست می آید. با توجه به این که بعد جوش واحد فرض شده از لحاظ ابعادی مشخصات هندسی مقطع جوش بدست می آید. یا با استفاده از این معادلات جوش واحد cm ، این مقطع بعد cm^2 و می باشد انحرافی cm^3 می باشد. نتایج در جدولی در کتاب است (ص 234)

مثال (روش مستقیم و دقیق) و اندازه جوش گوشه مورد نیاز برای اتصال نشان داده شده با فرض $E60$ و $\phi = 50.75$ بدست آورده

اطلاعات در ردیف 5 جدول می باشد.

$a = ?$
فرض اولی $a = 1 cm$

$\bar{X} = \frac{b^2}{2b+d} = \frac{15^2}{2 \times 15 + 20} = 4.5 cm$

$I_p = I_x + I_y = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$

$I_p = \frac{8 \times 15^3 + 6 \times 15 \times 20^2 + 20^3}{12} - \frac{15^4}{2 \times 15 + 20} = 4904 cm^3$

$A = 20 + 15 \times 2 = 50 cm$

$P'_y = \frac{P_y}{A} = \frac{6 \times 1000}{50} = 120 kg/cm$

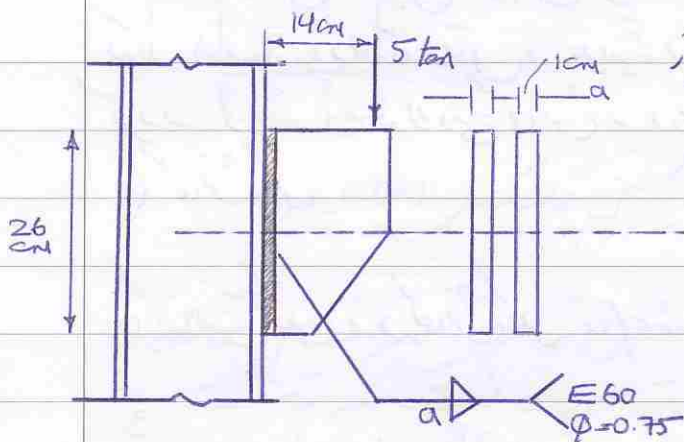
$T = P_e = b \times 30.5$

$P''_x = \frac{T_y}{I_p} = \frac{(6 \times 1000)(30.5)10}{4904} = 373.15 kg/cm$

$P''_y = \frac{T_x}{I_p} = \frac{6 \times 1000 \times 30.6 \times 10^{-5}}{4904} = 391.81 kg/cm$

$$f_r = \sqrt{(373.18)^2 + (120 + 391.81)^2} = 633.39 \text{ kg/cm}$$

$$f_r = R_w \Rightarrow 650a = 633.39 \Rightarrow a = 0.97 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$$



مثال (برش و خم) و اندازه جوش گوشه و درون ز
برابر اتصال شش داده شده را بدست آورید.

$$A = 2 \times 1 \times 26 = 52 \text{ cm}$$

$$S = \frac{2 \times 1 \times 26^2}{6} \quad S = \frac{d^2}{3} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} S = 225.3 \text{ cm}^2$$

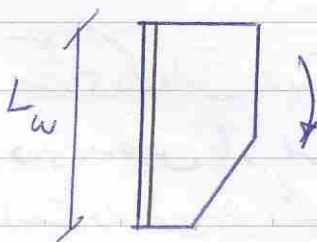
$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{5 \times 1000 \times 14}{225.3} = 310.65 \text{ kg/cm}$$

$$f_v = \frac{P}{A} = \frac{5 \times 1000}{2 \times 26 \times 1} = 96.15 \text{ kg/cm}$$

دو تن فوق یکی از جوش برش و دیگری از جوش قائم است. جوش آسنج افکار نیز برایت. اگر
کوچک حجم دقتی رفتار کنیم تنش معکوبه از بایر جوش قوسه نیز بدست آید. ولی در جوش آسنج
الطوره توتین بصورت برداری جمع می راند. پس تنش معکوبه از برابر است با:

$$f_r = \sqrt{96.15^2 + 310.65^2} = 325.19 \quad 650a = 325.19 \Rightarrow a = 0.5 \text{ cm} = 5 \text{ mm}$$

در مثال طراحی ارتفاع جوشی را تحت خمش است در ابتدای امر معلوم نیست. از رابطه زیر
می توان تخمین مناسب زده



$$L_w = \sqrt{\frac{6M}{R_w}}$$

R_w از برش جوش

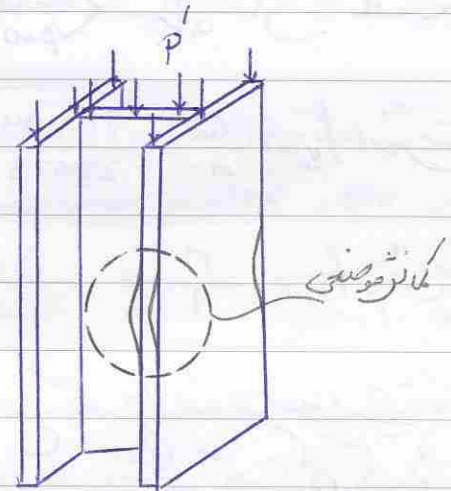
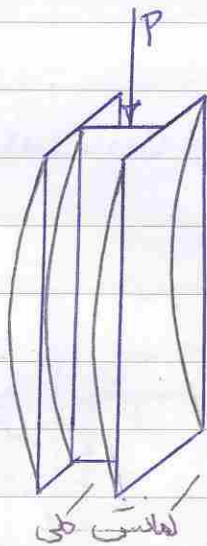
فصل ششم

کمانش موضعی اعضا

فولاد صلبی است محکمی که مقاومت فشاری و کششی آن یکسان است. کشش تحت حالات خاصی محکمتر است در اجزای فولادی نایابداری رخ داده و شکست فشاری محکمتر گردد. اعضای فولادی متکامل از ورق لایه با ضخامت کم تحت بارهای منتهی لایه نایابداری پیدا کردن به بسیار زیاد است و قبل از پدید آمدن شکست در آن نایابداری محکمتر است باعث کمانش گردد. در اعضای فولادی کمانش به دو صورت رخ می دهد:

(۱) کمانش کلی (۲) کمانش موضعی

۱) کمانش کلی در کمانش کلی تمام عضو تحت تاثیر تنش های فشاری کمانش می نماید.

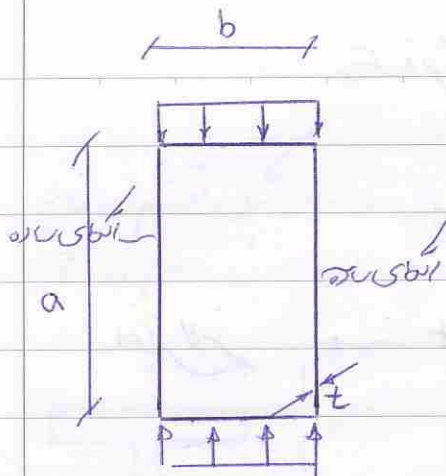


۲) کمانش موضعی: حالتی است که در آن کل عضو دچار کمانش نمی شود، بلکه اجزای تحت فشار آن (بال یا جان) به طور موضعی دچار کمانش می شوند و باربری خود را از دست می دهد.

هر دینامیک کمانش کلی موضعی بسیار کم اند و باید به طور مستقل مورد توجه قرار گیرند. این فصل اختصاص به کمانش موضعی دارد که کمانش کلی در فصل بعد مورد بحث است.

۶- تئوری کمانش ورق لایه

ورقی به عرض b و ارتفاع a با ضخامت t در نظر بگیرید که از لبه ها تحت تنش فشاری است و لبه های آن گاهی سازه دارند.

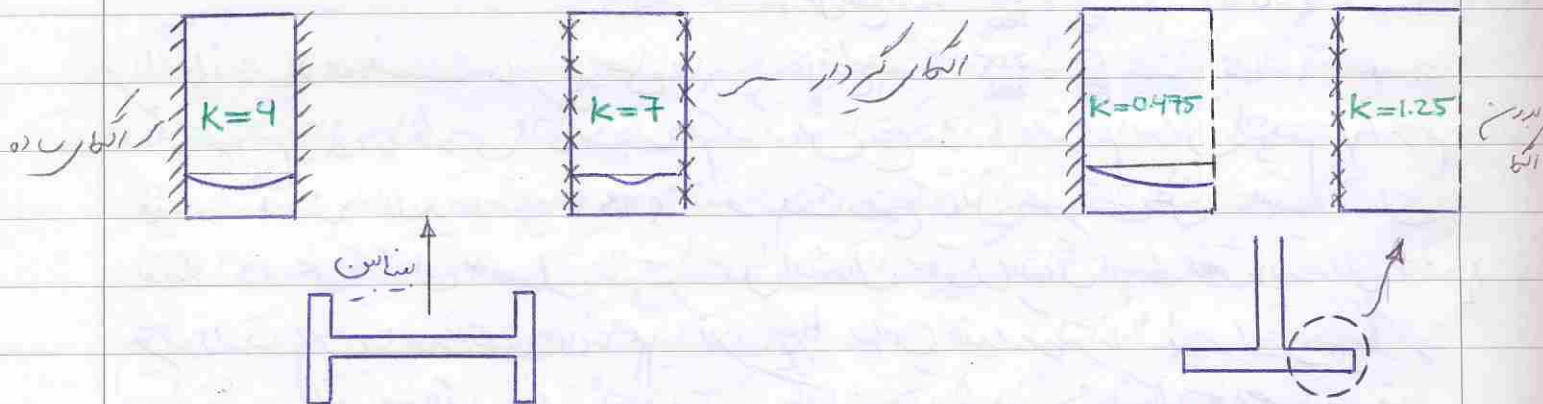


در تئوری پایداری صفحات و پوسته که (کمانش) معادله دفرانسیل و معادلات فوق حل شده و تنش بحرانی کمانش بصورت زیر بدست می آید.

$$F_{cr} = K \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)(b/t)^2}$$

μ ضریب پواسون
K تاثیر شرایط نگهداری در لبه بند (معادله نیرو)

رابطه فوق بسیار شبیه به رابطه کمانش اولر است که با شکل ظاهر است. ما می دانیم همانطور که دیده می شود متغیر اصلی در این رابطه طول ورق یعنی a نسبت به لبه ثابت b/t یعنی عرض و ضخامت است. کمانش پیدا می کند که به آن لاغری خرونی گفته می شود. در رابطه فوق نسبت یا ضریب K کمانش به شرایط نگهداری در لبه دارد به عنوان مثال مقدار K برای دو حالت مختلف داده می شود.

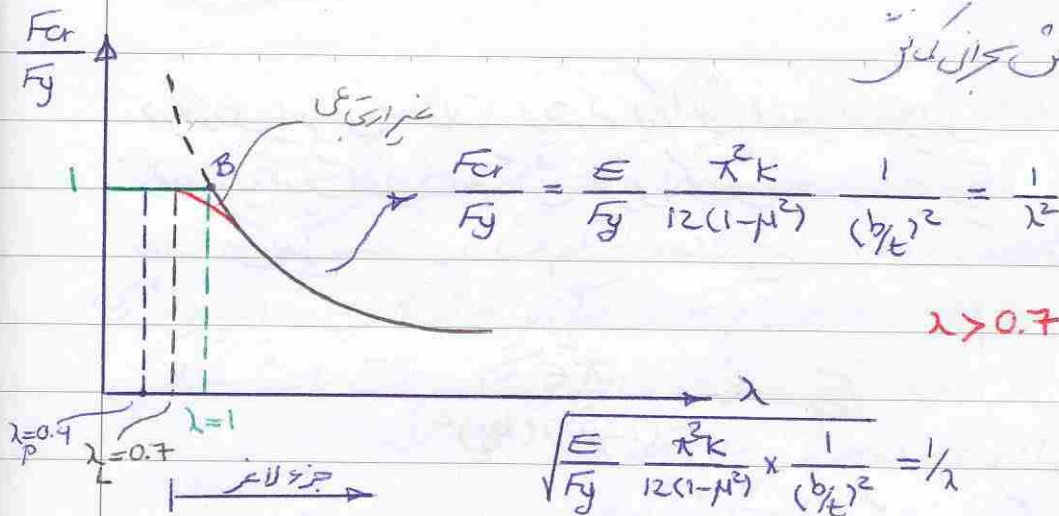


رسم نمودار تنش کمانش بحرانی (در مثال لاغری)

برای آنکه دید بهتری از رابطه کمانش داشته باشیم سعی می کنیم نمودار F_{cr} را در مقابل لاغری b/t رسم کنیم. برای این کار ابتدا رابطه را بصورت نزولی در می آوریم که به این منظور طرفین را به F_y تقسیم می کنیم.

$$\frac{F_{cr}}{F_y} = \frac{E}{F_y} \times \frac{\pi^2 K}{12(1-\mu^2)} \times \frac{1}{(b/t)^2}$$

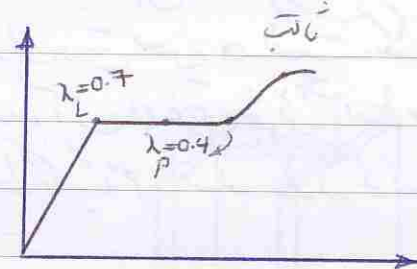
فقرت بحرانی



اختیار لاغر $\lambda > 0.7$

جزء لاغر

- 1) $0 < \lambda < 0.4$ فشرده
- 2) $0.4 < \lambda < 0.7$ غیر فشرده
- 3) $0 < \lambda < 0.3$ فشرده لرزه ای



- مثال
- 1) $\lambda = 0.2 \rightarrow \frac{F_y}{F_{cr}} = \frac{4}{100}$ تحمل مقطع بالارست
 - 2) $\lambda = 0.6 \rightarrow \frac{F_y}{F_{cr}} = \frac{36}{100}$ تحمل مقطع ضعیف است
 - 3) $\lambda = 1.5 \rightarrow \frac{F_y}{F_{cr}} = \frac{225}{100}$ تحمل مقطع ضعیف است

انتخاب λ مناسب براساس طراحی

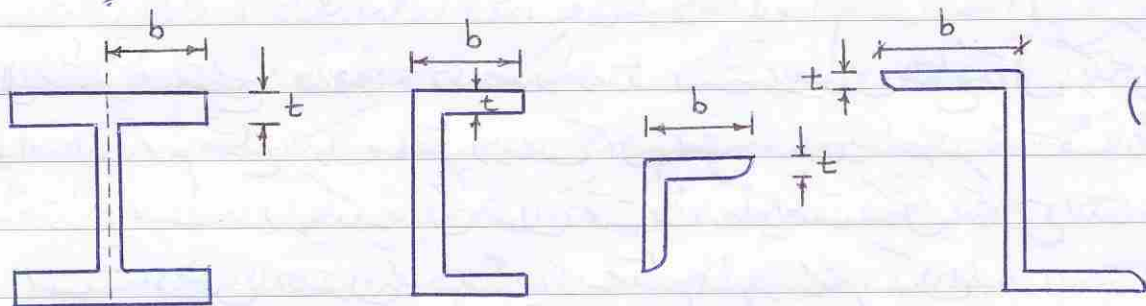
اگر خواهم λ را طوری انتخاب کنم که تنش برنج نداشته باشم، می توانم به تنس F_y برسم مقدار $\lambda = 1$ باید باشد (B). در محبت وقوع تنش غیر آرسنی و ناحیه انتقال نقص B عملاً قابل حصول نیست، محل اتصال یعنی انتقال با خط افق در حوالی $\lambda = 0.7$ قرار دارد. این را صد لاغری می نامیم. اگر b/t از این مقدار بزرگتر باشد خر لاغر در نظر گرفته می شود. در طراحی معمولاً از اخزای لاغر استفاده نمی کنیم. در طرف مقابل اگر خواهم خر موصود رفتار دارد خاصه بدستیم فردر λ مربوط به آن برابر با درصدی کوچکتر گیریم که به آن λ_p (plastic) گویند. اگر b/t طوری باشد که λ در λ_p قرار گیریم به آن مقطع غیر فشرده گوئیم که در محل آن استفاده می شود و آن از عنصر (مقطع) است که نقش شکل دهنده پلاستیک داشته باشیم. اگر از λ_p کوچکتر می گیریم. به این ناحیه، ناحیه فشرده گوئیم. اگر بزرگتر از λ_p در نظر بگیریم، در این ناحیه مقطع بصورت فشرده است. این ناحیه را معمولاً صلبی نیم فشرده لرزه ای مطرح شده است که λ آن از 0.4 نیز کوچکتر است.

دیده این نام در مورد اعراب کت فته

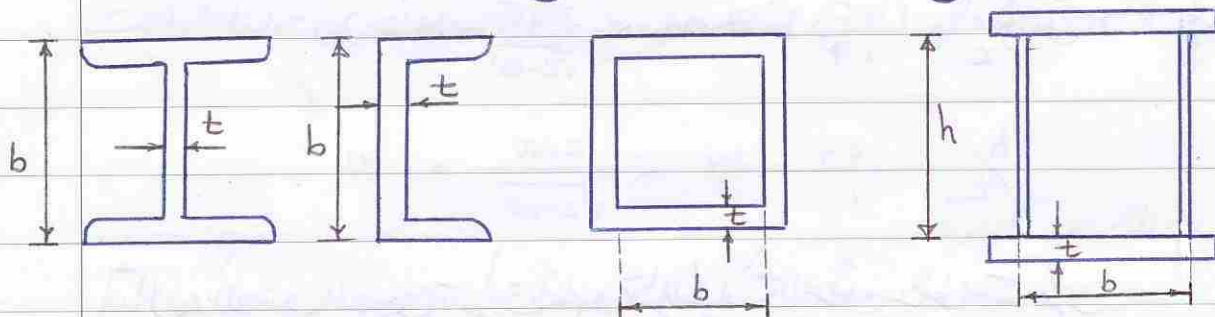
در حالت کلی این نام اعرابی تحت فته به اعراب کت به شکل و دو لبه شکل تقسیم می شود.
 (۱) اعراب کت به شکل مثل تحت کتی در جهت بال و پیر خ کتی I، ناودانی، لنگی و ستری و ح

حشر

(این نام ۱۸ و ۱۹)



(۲) اعراب دو لبه شکل مثل جان پیر خ کتی I، بال و جان پیر خ کتی حشر و ناودانی می باشد



در حالت کلی مقاطع در سه رده فته، غیر فته و لاغر طبقه بندی می شود. (فته آن که حشر که b/t آن از λp کوچکتر است. از آن که می توان در طراحی الاستیک و عوارضی که انتظار تغییر شکل کتی فرا راجع داریم استفاده نمود) غیر فته آن کتی حشر که b/t آن که سن λ در λp قرار می گیرد. از آن که در طرح الاستیک استفاده می شود) اعرابی لاغر دارای b/t بزرگتر از λ حشر. یعنی می بینیم از آن که استفاده نکنیم) اگر خواصم استفاده کنیم باید در نظر می گیریم که تحفیت قابل شوم و تحت دهم در این خصوص قدرت است (مراصد به AISC) در تحت دهم مقدار درصدی λp در λ برای حالت مختلف در جدولی برای کت به شکل و دو لبه شکل ارائه شده است.

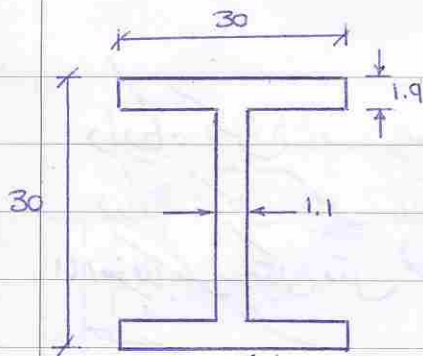
کاربرد اصلی اعضاء فته در تیرک و اعضاء حشر است.

مثال: کنترل کنید IPE 200، IPB 300 کدام یک از حالات فته و غیر فته و لاغر حشر

بال $b/t = \frac{5}{0.85} = 5.88 < \frac{545}{\sqrt{2400}} = 11.1 \checkmark$

جان $d/t = \frac{20}{0.56} = 35.71 < \frac{5365}{\sqrt{2400}} = 109 \checkmark$

نصیه فته λp

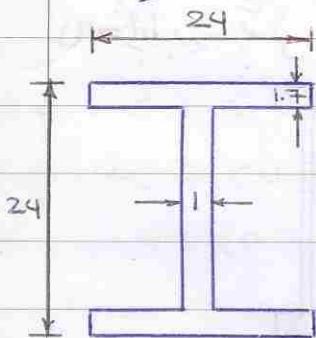


$$\frac{b}{t} = \frac{15}{1.9} = 7.9 < \frac{545}{\sqrt{2400}} = 11.1 \quad \checkmark$$

ناصبه فشرده

$$\frac{d}{t} = \frac{30}{1.1} = 27.27 < \frac{5365}{\sqrt{2400}} = 109 \quad \checkmark$$

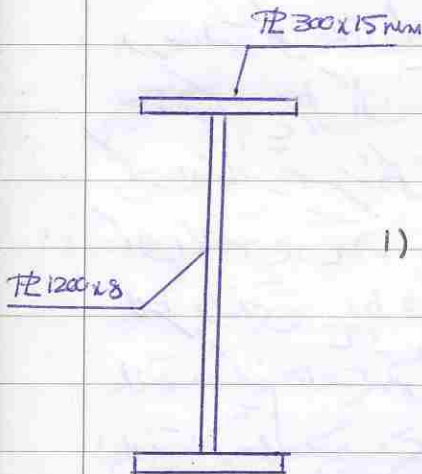
مثال پستی از مقطع IPB240 وجود دارد. نسبت اعصابی مقطع آن را کنترل کنید.
 * اختلاف مهم مقطع پستون با پتر در جان آن است. جان مقطع پتر تخت و ریشی در نصف ارتفاع است. در جان پستون تخت و ریشی در نصف در کل ارتفاع است. پتر پستون پتر است. در جان پستون که غالباً نیاز به مقطع فشرده نداریم. آن را با نسبت کمی غیر فشرده می‌کنند. غیر فشرده



$$\frac{b}{t} = \frac{12}{1.7} = 7.06 < \frac{795}{\sqrt{2400}} = 16.2 \quad \checkmark$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{24}{1} = 24 < \frac{2000}{\sqrt{2400}} = 41$$

مثال (لا آخری موصفی تیر ورق که) شرایط نسبت عرض به ضخامت برای مقطع غیر فشرده را در مقطع تیر ورق زیر کنترل کنید.



$$1) \quad \frac{b}{t} = \frac{150}{15} = 10 < \frac{795}{\sqrt{\frac{F_y}{K_c}}} \quad \frac{h}{t_w} = \frac{1200}{8} = 150$$

$$\frac{h}{t_w} > 50 \rightarrow K_c = \frac{7}{\sqrt{h/t_w}} = \frac{7}{\sqrt{150}} = 0.57$$

$$\frac{795}{\sqrt{\frac{2400}{0.57}}} = 12.25 > 10 \quad \text{O.K.}$$

* در تیر ورق که دنبال مقطع فشرده هستیم

$$2) \quad \frac{h}{t_w} = \frac{1200}{8} = 150 < \frac{6370}{\sqrt{F_y}} = \frac{6370}{\sqrt{0.6 \times 2400}} = 168$$

پس مقطع غیر فشرده است

۱) در پستون که کافی است شرایط مقطع غیر فشرده کنترل گردد.

۲) در تیر ورق که تراخ مقطع غیر فشرده می‌ایم

۳) در تیر که اعضا خمشی به دنبال شرایط مقطع فشرده هستیم

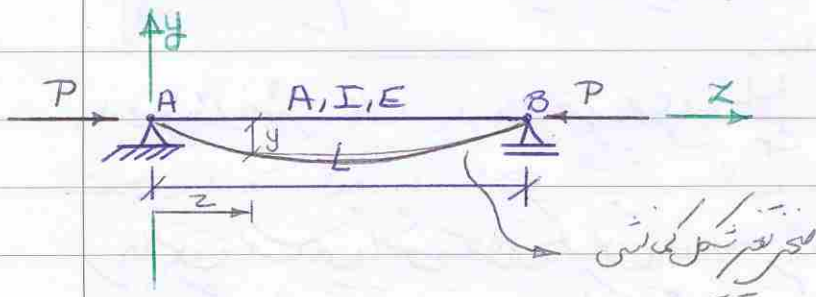
دستوں کے وسائل اعضا فشاری

اعضای فشاری در ساختمان به صورت ستون کے، اعضای فشاری خرابی کے (یا بال فوقانی، کمانی، قوس کے و یا اعضای قائم) و یا قطری کے فشاری در ہمارے لیے، دارای کاربرد زیادی در ساختمان های فولادی می باشند. همانطور که در بحث کمانش موضعی عنوان کردیم، اصولاً اعضای فولادی به صورت موضعی و به صورت کلی نسبت به ساختمان های مسطح، آرمه و دیواری صاف و غیره کمانش در آن کمتر راحتی رخ می دهد. لذا اصطلاحاً کمانش کلی اعضای فشاری یا ستون کے از مباحث بسیار مهم سازه های فولادی است. از مباحث و تجربہ های واقعی نشان می دهد که اعضای فشاری لاغر گت باربری به مراتب کوچکتر از ظرفیت فشاری مصالح (Fy, A) گمانه کرده و پایداری و باربری خود را از دست می دهند.

معادله کمانش الاستیک اورده

معادله کمانش اعضای فشاری در محدوده الاستیک اولین بار توسط ریاضی دان سوئیسی برنالی اورسل شد. معادله اورسل به عبارتی دیگر این است که کمانش استاتیکی با آن از درج متفاوت وجود داشته باشد. با توجه به اینکه این معادله بسیار پیچیده است و محاسبه آن به صورت تفریق داده می شود.

ستون دوسر معضلی به شرح انتقال می بینی شکل استاندارد معادله اورسل است. در تکمیل بحث شرایط اولیه خاص انتهای مورد توجه را خواص در خدمت.



اثر $P-\Delta$ $M = Py$

$$\left. \begin{aligned} y'' &= \frac{M}{EI} \\ M &= -Py \end{aligned} \right\} \rightarrow y'' = \frac{-Py}{EI} \rightarrow y'' + \frac{P}{EI} y = 0 \quad (k^2 = \frac{P}{EI})$$

$$\Rightarrow y'' + k^2 y = 0 \Rightarrow y = A \sin kz + B \cos kz$$

و اعمال شرایط مرزی

$$\left. \begin{array}{l} \text{مقادیر بدو صواب (پایدار) } A = 0 \\ \text{نقطه } A \text{ و } Z=0, y=0 \rightarrow B=0 \\ \text{نقطه } B \text{ و } Z=L, y=0 \rightarrow 0 = A \sin kL \rightarrow \sin kL = 0 \end{array} \right\}$$

$$\sin kL = 0 \Rightarrow kL = \pi \Rightarrow k^2 L^2 = \pi^2 \Rightarrow \frac{P}{EI} L^2 = \pi^2$$

$$\Rightarrow P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

به رابطه فوق نیروی کمین آورده می شود. این رابطه در روابط کرن هم حاصل شد ولی شاید تاگی کرن استفاده عملی نداشت. با تقسیم دو طرف رابطه فوق بر سطح مقطع A تنش بحرانی کمین بصورت زیر حاصل می گردد.

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 \frac{I}{A}}{L^2} \rightarrow F_{cr} = \frac{\pi^2 EI^2}{L^2}$$

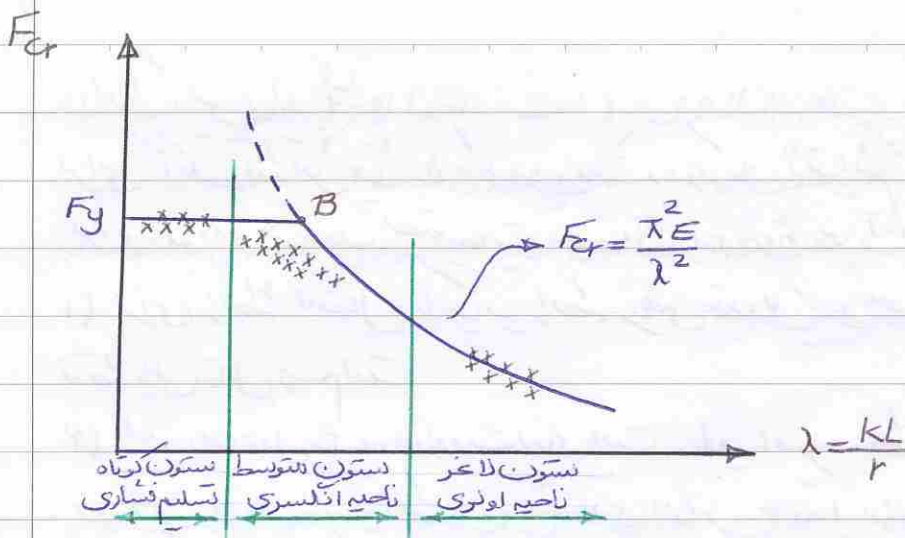
$$\Rightarrow F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2} \quad L_r \text{ و لاغری ستون دوطرفه مضاعف}$$

همانطور که بعد از خواصم دیدیم اگر شرایط تکیه گاهی دو انتهای ستون عوض شود به جایی L_r ، لاغری بصورت $\frac{KL}{r}$ بدست می آید. K ضریب طول موثر گویند. کرده اند به در موردش صحبت خواهم کرد. با این تعریف شکل کلی تنش بحرانی کمین به شکل زیر می آید.

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad \lambda = \frac{KL}{r} \text{ ضریب لاغری} \quad K \text{ ضریب طول موثر}$$

نمایش رسمی تنش بحرانی کمین:

اگر دستگاه مختصاتی انتخاب کنیم که محور افقی آن لاغری λ و محور قائم آن تنش بحرانی کمین (تنش فشاری) باشد، رابطه اوگر در این دستگاه بصورت λ داده شده در زیر قابل بیان است.

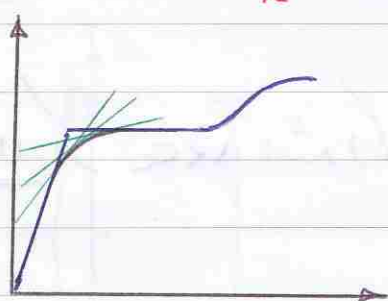


حد بالای تنش بحرانی F_{cr}
 تنش تسلیم F_y می باشد.
 یعنی بدست آمده که ترکیبی
 از تنش محلی و تنش افقی می باشد
 در تمام موارد الطباق بسیار
 ضعیف باینجه از تنش محلی دارد،
 به استثنای مواردی نقطه تقاطع

آن به (B) که نیجه از تنش محلی و تنش نظری بود. این بدینجه تا حدیست که
 بعد حدوداً نصف شوند و در اوایل قرن بیستم شخص به نام انگلر نظریه محلی
 را در این مورد ارائه نمود.

انگلر به این ترتیب بیان نمود که قتل از تسلیم ایده آل ستون، به علت وجود تنش محلی می باشد
 که تنش غیر ارجحی در ناحیه ابتدایی تسلیم رخ می دهد. او برای این نواحی شکل اصلاح
 شده ای از رابطه اول ارائه کرد که به جای ضریب ارجحی C در آن از ضریب ارجحی
 محاسباتی استفاده می شود.

رابطه محاسباتی انگلر $\rightarrow F_{cr} = \frac{\pi^2 E_c}{\lambda^2}$ ضریب ارجحی



لازم به تذکر است که اهمیت ناحیه انگلری از اینجاست
 که اکثر ستون های مقاوم ساختمانی که در این محدوده
 قرار می گیرند، رابطه انگلر که بصورت نقطه یابی قابل
 رسم است، بدینسان مقاومت فشاری است.

بعد از ثانلی رابطه انگلر را اصلاح نمود و این اصلاح قدری تراکم دار را بالا برد. (در نگاه ثانلی
 برای بود که می توان برای تمام مقاطع از ضریب الاستیسیته E استفاده نمود. نکته باید در دست
 رگشت از E خطی و درست فاصله مقطع نه محاسباتی (E_c) استفاده کرد که دقیقتر از
 انگلر می باشد.

* ملاحظه می شود در تنش فشاری میز تالشی از لایه ۱ است. ابتدا لایه میانی با c مقابله گردد و در صورت نیکی مقابله تنش فشاری از تالشی از روابط $\frac{1}{2}$ بدست آید. برای صلب سازی از تکرار می ثابت محولاً تنش فشاری میانه در جدولی ارائه می شود (اصول نیورت صحت ۹ حجم ۱) - ص ۱۷۵ و ص ۱۷۶

۹ اثر شرایط تکیهگاهی (دو انتهای ستون) ۹

رابطه لور برای ستون دوسر محصل بدون انتقال جانبی فرجه بدست آمد. در یک قتل شرایط تکیهگاهی دو انتهای ستون با ضریب تحول مؤثر k در رابطه لور اعمال گردد. اکنون تأثیر شرایط تکیهگاهی دو انتهای ستون تصور شرح مورد توجه قرار می گیرد.

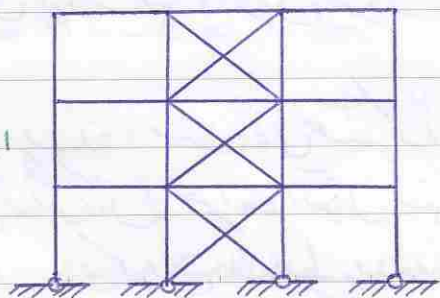
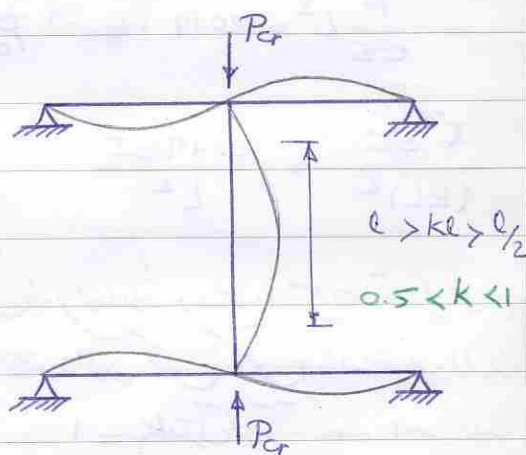
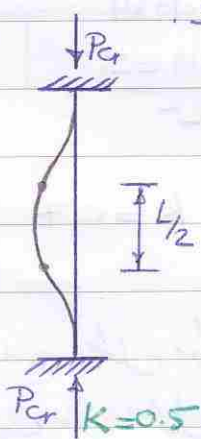
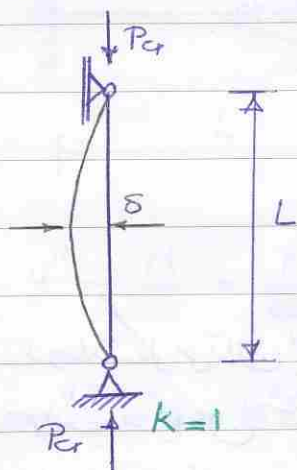
طبقه بندی ستون که از لحاظ شرایط انتهای ۸

در یک دسته بندی کلی ستون که در دو حالت چهارگانه جانبی تقسیم می شوند.

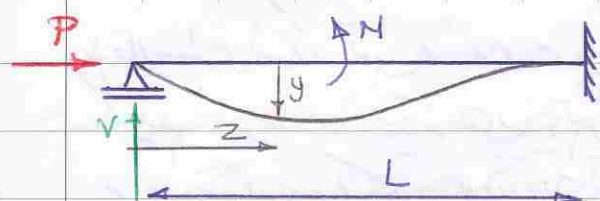
(۱) ستون یکی چهارگانه جانبی

(۲) ستون یکی چهارگانه جانبی

ستون که چهارگانه به ستونی اطلاق می شود که دو انتهای آن نسبت به حجم انتقال جانبی نداشته باشند. در این ستون به فقط گمانش $P-\delta$ وجود خواهد داشت.



بررسی نظری ۸



$$M = -Py - Vz$$

$$y'' = \frac{M}{EI} = \frac{-P}{EI}y - \frac{V}{EI}z$$

$$k^2 = \frac{P}{EI} \Rightarrow y'' + k^2 y = -\frac{V}{EI}z$$

$$\Rightarrow y = A \sin kz + B \cos kz - \frac{V}{P}z$$

$$1) \begin{cases} z=0 \rightarrow y=0 \Rightarrow B=0 \end{cases}$$

$$2) \begin{cases} z=L \rightarrow y=0 \Rightarrow A \sin kL = \frac{V}{P}L \Rightarrow \end{cases}$$

$$\frac{dy}{dz} = AK \cos kz - \frac{V}{P}$$

$$3) z=L \rightarrow \frac{dy}{dz} = 0 \Rightarrow AK \cos kL = \frac{V}{P}$$

$$2, 3 \rightarrow \tan kL = kL \rightarrow kL = 4.4934 \Rightarrow k^2 L^2 = 20.19$$

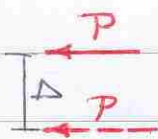
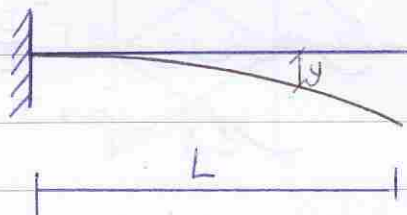
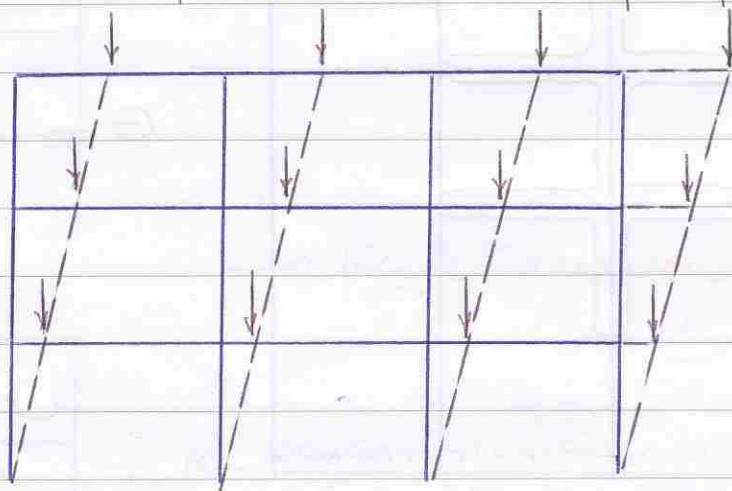
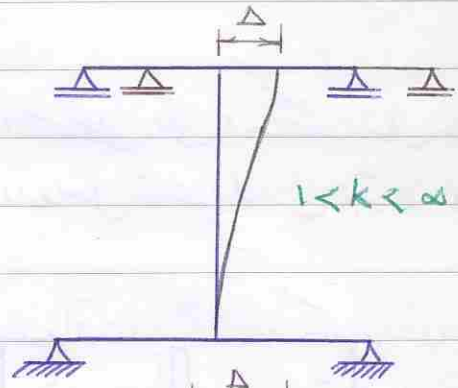
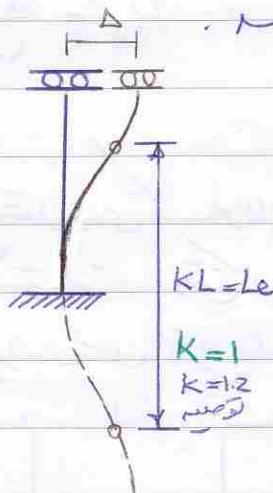
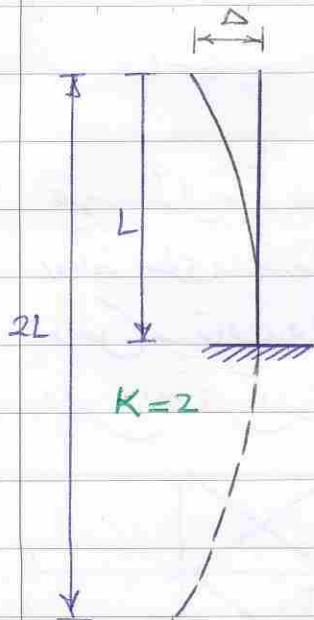
$$\rightarrow \frac{P}{EI} L^2 = 20.19 \Rightarrow P_{cr} = \frac{20.19 EI}{L^2}$$

$$\frac{k^2 EI}{(kL)^2} = \frac{20.19 EI}{L^2} \Rightarrow k = 0.7$$

در حالت کلی می توان نتیجه گرفت که ضریب طول موثر برای ستون که هر دو سرش به سبب 0.5 تا 1 می باشد
 حوضه ای که امکان کشتن نظری برای ضریب طول موثر همواره وجود دارد کلاً این ناممکن می دارد
 که برای ستون های مهار شده یا خنجر گردد $k=1$ ستون های مهار شده

ستون های مهار شده: ستون های مهار شده که از انتقال جانبی دو انتهای آن جلوگیری شده است.
 بنابراین شکل گمانش آن که همراه با انتقال نسبی دو انتهای آن باشد. این اثر را اصطلاحاً
 اثر P-Δ گویند. ستونی که این شرایط را دارا است از نظر گمانش بحرانی تر بوده و ضریب طول موثر

انرژی ان (K) همراه با انرژی می باشد.



$$M = P(\Delta - y)$$

برای تقریب

$$y'' = \frac{M}{EI} = \frac{P}{EI} (\Delta - y)$$

$$k^2 = \frac{P}{EI}$$

$$y'' + k^2 y = k^2 \Delta \rightarrow y = A \sin kz + B \cos kz + \Delta$$

$$\begin{cases} z=0 \\ y=0 \end{cases} \rightarrow B = -\Delta$$

$$\Rightarrow y = \Delta(1 - \cos kz)$$

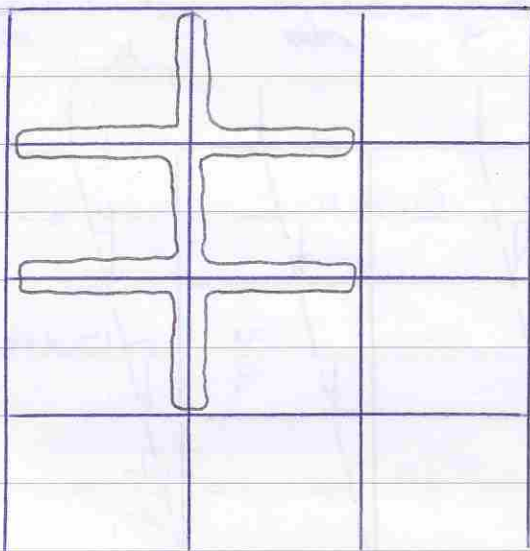
$$\begin{cases} z=L \\ \frac{dy}{dz} = 0 \end{cases} \rightarrow A = 0$$

$$\Rightarrow \Delta = \Delta(1 - \cos kL) \rightarrow 1 = 1 - \cos kL \rightarrow kL = \pi/2$$

$$K^2 L^2 = \frac{\pi^2}{4} \rightarrow \frac{P}{EI} L^2 = \frac{\pi^2}{4} \Rightarrow P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(2L)^2} \quad k=2$$

ضرب طول موثر در قاب های

روابط نظری ارائه شده برای ستون های تک می باشد. حالت عملی وقتی است که ستون در داخل یک قاب فولاد قرار داشته باشد. وقتی که ستون در داخل قاب فولادی باشد، باید برابر روابط آن ضرب گیر داری نمی لغزید نمود.



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

G ضرب گیر داری نمی

G_c و G_g و بالا و پایین

I/L ضرب گیر داری نمی
 $\sum \frac{I_c}{L_c}$ و برابر ستون های نمی لغزید

I و همایست این

$\sum \frac{I_g}{L_g}$ و برابر ستون های نمی لغزید
 L و طول

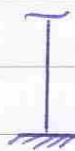


$G = \infty$

نظری

$G = 10$

عملی



$G = 0$

نظری

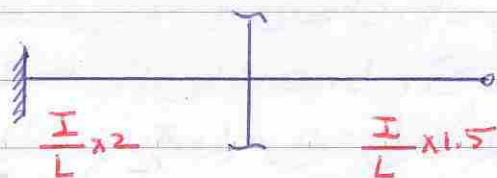
$G = 1$

عملی

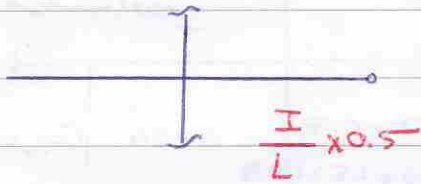
* برای مقادیر $\frac{I}{L}$ تیر که باید اصلاحات زیر در نظر گرفته شود.

در قاب های مهار شده از انتهای دیگر تیر (دور) بصورت مفصلی باشد $\frac{I}{L}$ آن باید در ۱.۵

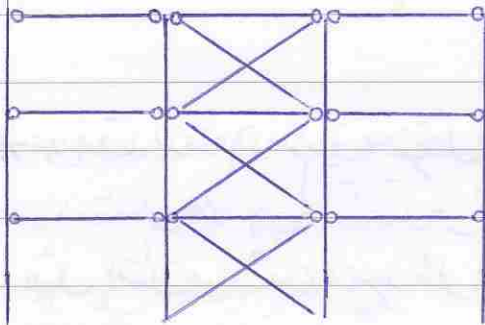
ضرب گردد و از انتهای دیگر تیر بصورت گیر داری باشد $\frac{I}{L}$ آن باید در ۲ ضرب گردد.



در قاب کمی مهار شده اگر انتهای دیگر تیر مفصلی باشد $\frac{I}{L}$ باید در 0.5 ضرب گردد

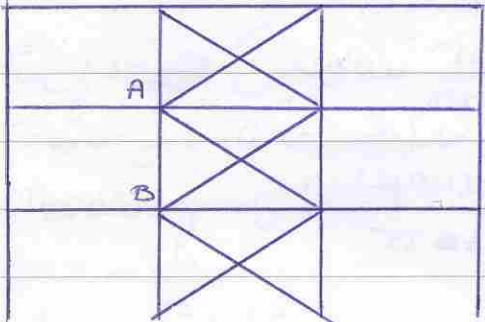


با داشتن بر داری نسبی G برای دو انتهای متوال
ضریب طول موثر آن را می توان با استفاده از روابط
موردار کمی از بر داری آورد



الف) قاب ساده مهار شده: قابی است که اتصال تیر به ستون
مفصلی است و $K=1$ می باشد

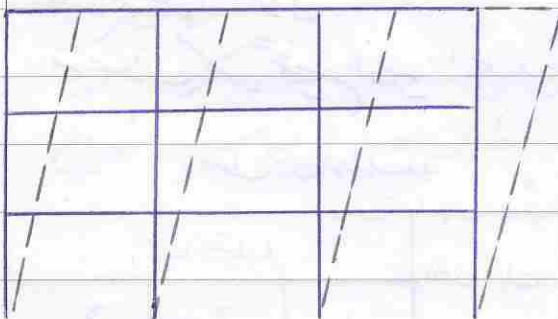
ب) قاب خمشی مهار شده: اتصال تیر به ستون صلب
است و مهار کننده دارد



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

$K=1$ و توصیف این نوع

ج) قاب خمشی مهار نشده

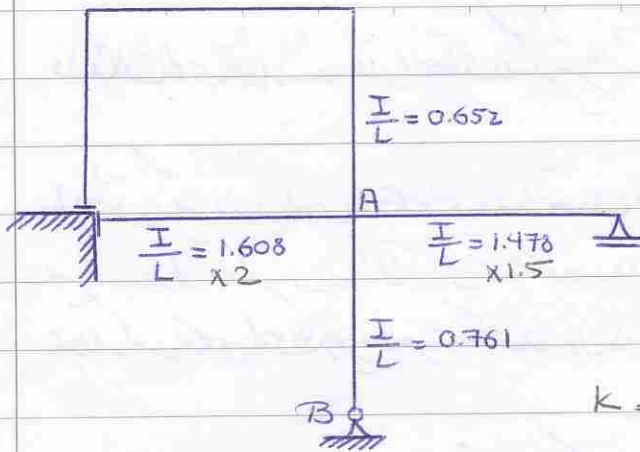


$$K = \sqrt{\frac{1.6G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7.5}{G_A + G_B + 7.5}} \gg 1$$

این نوع توصیف ندارد

به جای استفاده از روابط فوق می توان از نمودارهای جدولی و لاری استفاده کرد (ص 295
کتاب بهمنگر طامون)

مثال (ستون مهار شده) و ضریب طول موثر ستون AB را بدست آورید.

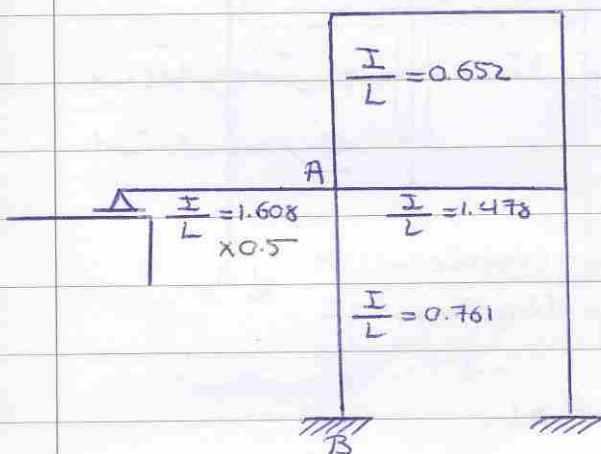


$$G_A = \frac{0.652 + 0.761}{2 \times 1.608 + 1.5 \times 1.478} = 0.26 \quad G_B = 10$$

$$K = \frac{3 \times 10 \times 0.26 + 1.4(10 + 0.26) + 0.64}{3 \times 0.26 \times 10 + 2(10 + 0.26) + 1.28} = 0.77$$

* در فوق از نمودار جدولی نیز قابل حصول است. این نمودار توصیه می شود. $K = 1$ باشد.

مثال (ستون مهار شده) و ضریب طول موثر ستون AB را بدست آورید.



$$G_A = \frac{0.652 + 0.761}{0.5 \times 1.608 + 1.478} = 0.62 \quad G_B = 1$$

$$K = \sqrt{\frac{1.6 \times 1 \times 0.62 + 4(1 + 0.62) + 7.5}{1 + 0.62 + 7.5}} = 1.28 > 1$$

مقادیر تجربی برای K

بر عنوان که تخمین اولیه از K در طرح اولیه می توان از جدول زیر استفاده کرد.

ستون مهار شده *

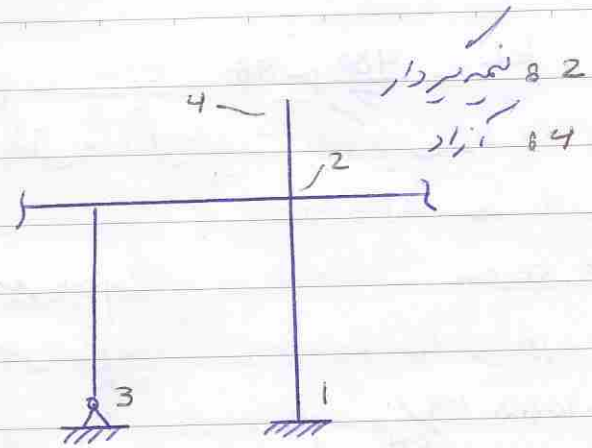
ستون پستی مهار شده

شماره انتهای ستون	شماره انتهای پای ستون		
	1	2	3
بالا			
1	0.75	0.8	0.9
2	0.8	0.85	0.95
3	0.9	0.95	1

پای ستون	پای ستون		
	1	2	3
بالای ستون			
1	1.2	1.3	1.6
2	1.3	1.5	1.8
3	1.6	1.8	—
4	2.2	—	—

* در نهایت موارد می توان درجه بندی تعیین K را براساسی واحد منظور نمود.

81 تقریباً سیردار
83 تقریباً مفصلی



* مقدار توصیه شده برابر خواص برابر مقدار K در جدول صفحه 293 آمده است.

خواص ستون ۱ و ۳

بر خلاف خواص اعضای کشش، خواص ستون که نمی تواند بصورت مستقیم انجام شود برای خواص نیار به از محول و خط داریم، زیرا تنش محاسبه ستون (تنش محاسبه ای) تابعی است از لاغری و خود ضرب لاغری تابعی است از ضرب طول و K و شعاع گریز این مقطع. بنابراین برای آنکه بتوانیم لاغری را محاسبه کنیم باید حدس اولیه ای از مقطع انتخابی داشته باشیم. لذا برای خواص ستون که یکی از دو عضو زیر می تواند مورد توجه قرار گیرد.

۱) تنش محاسبه اولیه ای حدس زده بر مبنای آن مقطعی بدست آمده پس آن را کنترل کنیم اگر مقطع جواب نداد (Under design بود) و یا ضعیفی اضافه بود (Over design) باید شماره مقطع را عوض کرده و محدود کنترل کنیم تا نسبت DCR (Demand Capacity ratio) (نسبت تقاضا به ظرفیت) کوچکتر و نزدیک به یک باشد.

$$DCR = \frac{F_a}{F_n}$$

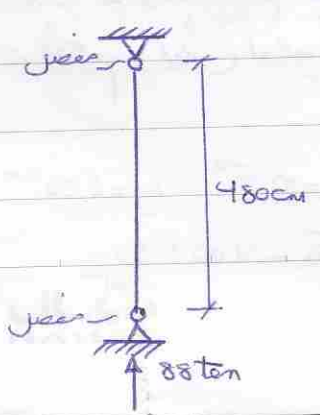
تنش بر مبنای F_n
تنش محاسبه ای F_a

γ_{min}
 λ_{max}

۲) می توانیم شعاع گریز اولیه حدس زده، بر مبنای آن لاغری را حساب کرده و تنش محاسبه اولیه ای حدس زده، بر مبنای آن تنش محاسبه کار مطابق بند ۱ را محاسبه کرد. شعاع گریز این تنش به شرح که در جدول 299 کتاب نوشته شده است.

مثال: مطلوب است خواص ستون شش زده شده در شکل ستون از نوع IPB که نیروی فکالی برای ستون به می باشد، خواص زده در

ST 37 $F_y = 2400 \frac{kg}{cm^2}$
 $K=1 \rightarrow KL = 480 cm$



$$r = 0.25b = 0.25 \times 20 = 5 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{KL}{r} = \frac{480}{5} = 96$$

$$\lambda = 96 \rightarrow F_a = 930 \text{ kg/cm}^2$$

طبق جدول نیوت ی ایس نامه

$$A = \frac{P}{F_a} = \frac{88000}{930} = 92 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{IPB 260}$$

$$A = 118 \text{ cm}^2 \quad r_x = 11.2 \text{ cm} \quad r_y = 6.58 \text{ cm}$$

سعی دوم

$$\lambda = \frac{KL}{r} = \frac{1 \times 480}{6.58} = 73 \rightarrow F_a = 1083 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{P}{F_a} = \frac{88000}{1083} = 81.25 < 118 \rightarrow \text{IPB 220}$$

$$A = 91 \text{ cm}^2 \quad r_x = 9.43 \quad r_y = 5.59 \text{ cm}$$

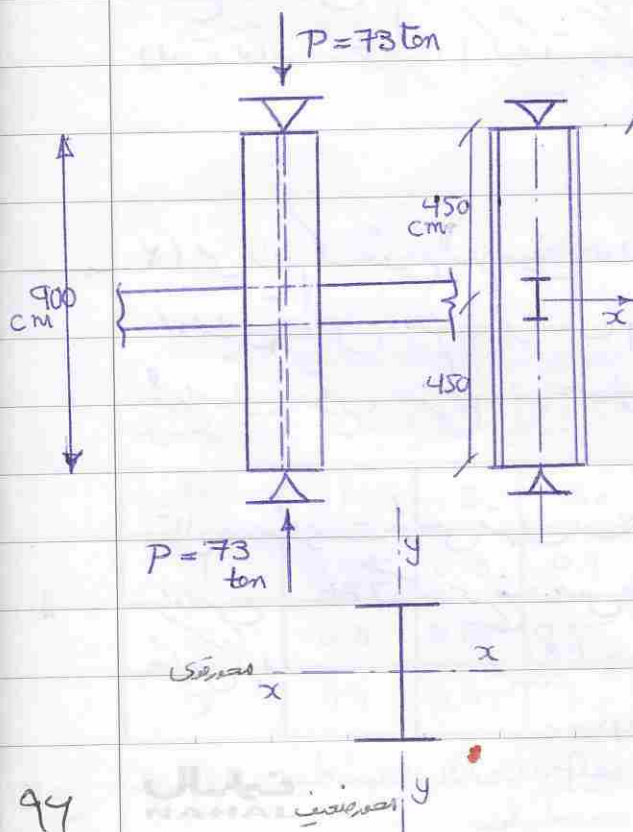
$$\lambda = \frac{1 \times 480}{5.59} = 86 \rightarrow F_a = 989 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{P}{F_a} = \frac{88000}{989} = 89 \text{ cm}^2 < 91$$

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

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{967}{989} = 0.98 \text{ o.k.}$$

نسبت عرض به ضخامت اجزای برهمن انتخاب شده با سیرای مقطع غیر فشرده گسترش گردد. (در پیوندها انتخاب)



مثال: ستون دوسره مفصل مطابق شکل مفروض می باشد در دو طرف ارتفاع از انتقال صافی ستون حول محور ضعیف صورتی شده است. مطلوب است خواص ستون از سیرای IPB (فولاد صغری، ST37 در نظر بگیرید)

برای خواص بدین صیغه سعی می نمود فرض زیر را می می دهیم (فرض اولیه)

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

$$A = \frac{P}{F_a} = \frac{73000}{800} = 91.25 \text{ cm}^2$$

$$\text{IPB 240} \quad A = 106 \text{ cm}^2 \quad r_x = 10.3 \quad r_y = 6.08 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{900}{10.3} = 78.38 \rightarrow F_a = 980 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda_y = \frac{450}{6.08} = 74.01 \rightarrow \lambda_x \text{ حاکم است}$$

$$f_{cr} A = \frac{73000}{980} = 74.5 \text{ cm}^2$$

سر دوم

$$\text{IPB 220} \quad A = 91 \text{ cm}^2 \quad r_x = 9.43 \text{ cm} \quad r_y = 5.59$$

$$\lambda_x = \frac{900}{9.43} = 95.44 \rightarrow F_a = 912 \text{ kg/cm}^2$$

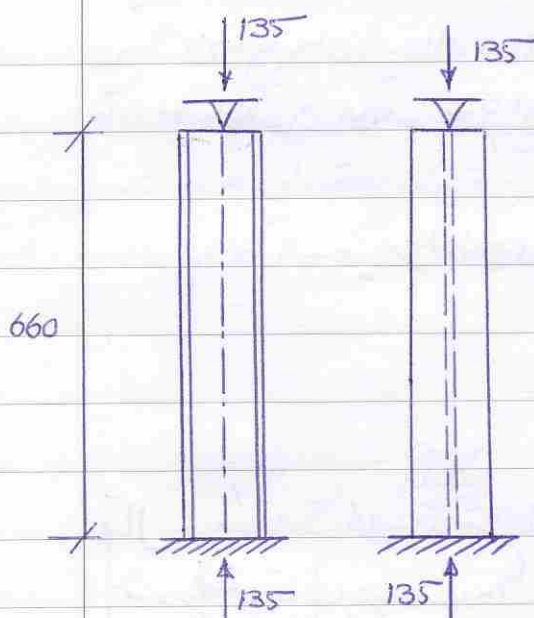
$$f_{cr} A = \frac{73000}{912} = 80.04 \text{ cm}^2 < 91$$

و به این دلیل بحرانی نیستیم

$$f_a = \frac{73000}{91} = 802$$

$$\rightarrow \text{DCR} = \frac{f_a}{F_a} = \frac{802}{912} = 0.88$$

کنترل IPB200 در عمده دانخواست



مثال: محاسبه طرح ستون نشان داده شده در شکل

$$k_x = k_y = 0.8$$

$$\text{ضخ اول} \quad r_y = 0.25b = 6 \text{ cm}$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{0.8 \times 660}{6} = 88$$

$$F_a = 974 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} A = \frac{135000}{974} = 138.6 \text{ cm}^2$$

$$\text{IPB 300} \quad A = 149 \text{ cm}^2 \quad r_x = 13 \quad r_y = 7.58 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{0.8 \times 660}{13} = 41$$

$$\lambda_y = \frac{0.8 \times 660}{7.58} = 70 \quad \lambda_x \text{ حاکم است}$$

$$F_a = 1103 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} A = \frac{135000}{1103} = 122.4 \text{ cm}^2$$

$$\text{IPB 280} \quad A = 131 \text{ cm}^2 \quad r_x = 12.1 \quad r_y = 7.09 \text{ cm}$$

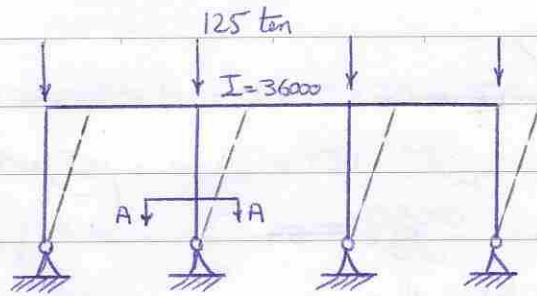
سر دوم

$$\lambda_x = \frac{0.8 \times 660}{12.1} = 44 \quad \lambda_y = \frac{0.8 \times 660}{7.09} = 75 \rightarrow F_a = 1069$$

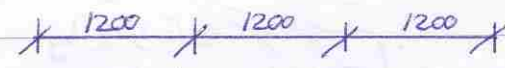
$$f_{cr} A = \frac{135 \times 10^3}{1069} = 126.28 \checkmark$$

$$\frac{f_a}{F_a}$$

کنترل عرض بر ضعیف است



مثال و محاسبه طراحی ستون
قاب مهار شده در امتداد عمود بر صفحه،
ستون که مهار شده و ضعیف شود
گمانش داخل صفحه $K_x > 1$
گمانش خارج صفحه $K_y = 1$



$$F_a = 900 \text{ kg/cm}^2 \quad A = \frac{125000}{900} = 139 \text{ cm}^2 \quad \text{IPB 280}$$

$$\text{IPB 280} \rightarrow A = 131 \text{ cm}^2 \quad I_x = 19270 \text{ cm}^4 \quad r_x = 12.1 \text{ cm} \quad r_y = 7.09 \text{ cm}$$

$$G_{top} = \frac{\sum I/L \text{ تیر}}{\sum I/L \text{ ق}} = \frac{19270/360}{2 \times 36000/1200} = 0.51$$

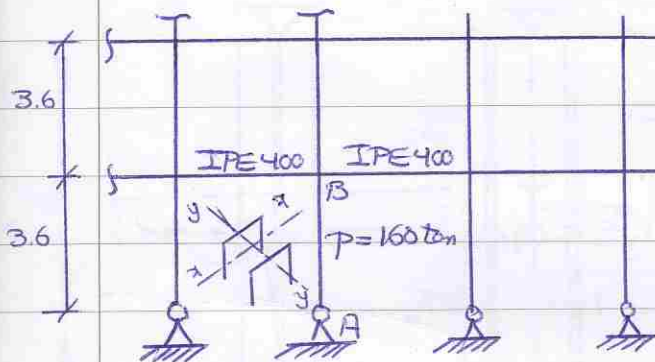
$$G_{bot} = 10 \quad \frac{\text{لواب}}{\text{مرداب}} \rightarrow K_x = 1.8 \rightarrow \lambda_x = \frac{1.8 \times 630}{12.1} = 94 \rightarrow F_a = 928$$

$$\lambda_y = \frac{630}{7.09} = 89$$

$$A = \frac{125000}{928} = 134.7 \quad P_a = \frac{125 \times 10^3}{131} = 954 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{P_a}{F_a} = \frac{954}{928} = 1.03 \quad \text{Say O.K.}$$

مثال و محاسبه طراحی مفصل AB برای قاب مهار شده (داخل صفحه قاب مهار شده،
عمود بر صفحه قاب مهار شده است)



$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{قاب مهار شده}$$

$$K_y = 1$$

$$F_a = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{P}{F_a} = \frac{168 \times 10^3}{1200} = 140 \text{ cm}^2 \quad \text{IPB 300}$$

$$\text{IPB 300} \rightarrow A = 149$$

$$r_x = 13$$

$$r_y = 7.58 \text{ cm}$$

$$I_x = 25170 \text{ cm}^4$$

$$\frac{I}{L} = \frac{25170}{360} = 69.92$$

$$IPE 400 \rightarrow I_x = 23130 \text{ cm}^4 \quad \frac{I}{L} = \frac{23130}{1000} = 23.13$$

$$G_T = \frac{2 \times 69.92}{2 \times 23.13} = 3 \quad G_B = 10$$

$$k_x = 2.3 \rightarrow \lambda_x = \frac{2.3 \times 360}{13} = 63.70 \quad \lambda_y = \frac{1 \times 360}{7.58} = 47.5$$

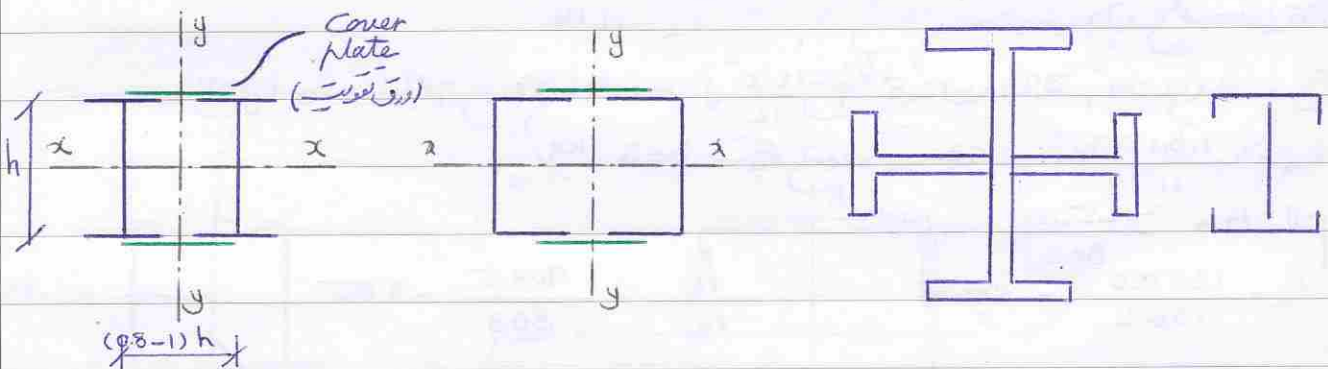
$$F_a = 1154 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{مورد } \frac{P}{A} = \frac{168 \times 10^3}{149} = 1127 < 1154$$

$$DCR = \frac{1127}{1154} = 0.98$$

کنترل نسبت عرض به جفت به همراه دالته

۱۱ ستون های ترکیبی جان مره

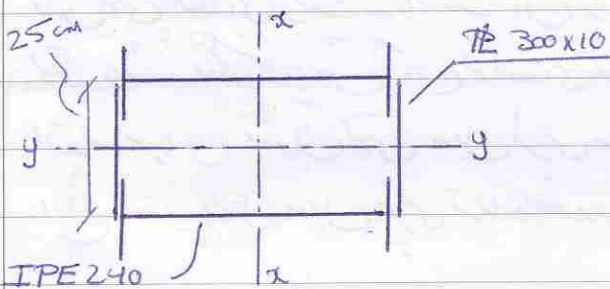
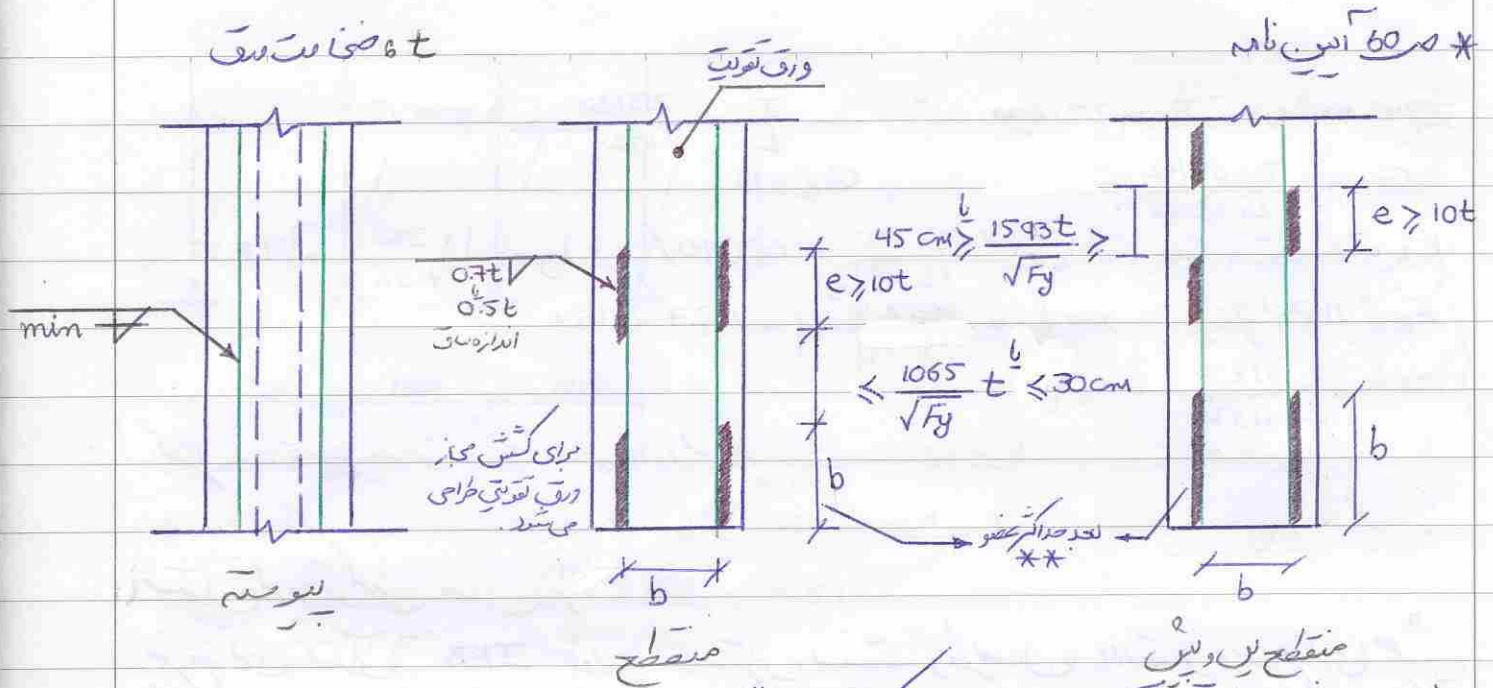
بنیمخ های ستونی IPB خمواره در دسترس نیست و طرح جان با اتصال بنیمخ های خمشی IPE و ناودانی توسط ورق به یکدیگر اقدام به ساخت ستون های ترکیبی می نمایند. اگر ورق های اتصال یه دسته باشند آن را ستون جان مره و اگر ورق های اتصال بصورت نته باشند بطوریکه پس آن که فضای خالی باشد آن که را ستون های ترکیبی می نامیم. اندازه بر روی ستون های جان مره می داریم. انواع ستون های جان مره می تواند بصورت زیر باشد:



جوش اتصال ورق به بنیمخ مره این صوبن کت نیروی زیادی قرار ندارد. به صورت نظری تحت برش ناشی از گشتا است و این مقدار محدود بر روی نیست (اصود ۲ نیروی محوری).
* اغلب نوع جوش و اندازه ساق آن برابر با مقررات حداقل این نامه ای انتخاب می شود به حالت صوبن می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

- (۱) پوسته که بهترین حالت است.
- (۲) منقطع و این صوبن باید بتواند به اندازه نیروی مجاز ورق کشش تحمل کند.
- (۳) منقطع پس ویش

**** این صوبش باید بتواند نیروی مادی حاصل از سطح مقطع ورق در $0.6F_y$ را تحمل کند.**



$$A = 2 \times 39.1 + 2 \times 30 \times 1 = 138.2 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 2 \times 3890 + 2 (30 \times 1 \times 12.5^2)$$

$$I_x = 17155 \text{ cm}^4$$

$$r_x = 11.14$$

$$I_y = 2 (284 + 39.1 \times 12.5^2 + \frac{1 \times 30^3}{12}) = 17287 \text{ cm}^4 \rightarrow r_y = 11.18 \text{ cm}$$

$$\lambda_a = \frac{1.8 \times 630}{11.14} = 102 \rightarrow F_a = 863 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{لازم } A = \frac{125000}{863} = 145$$

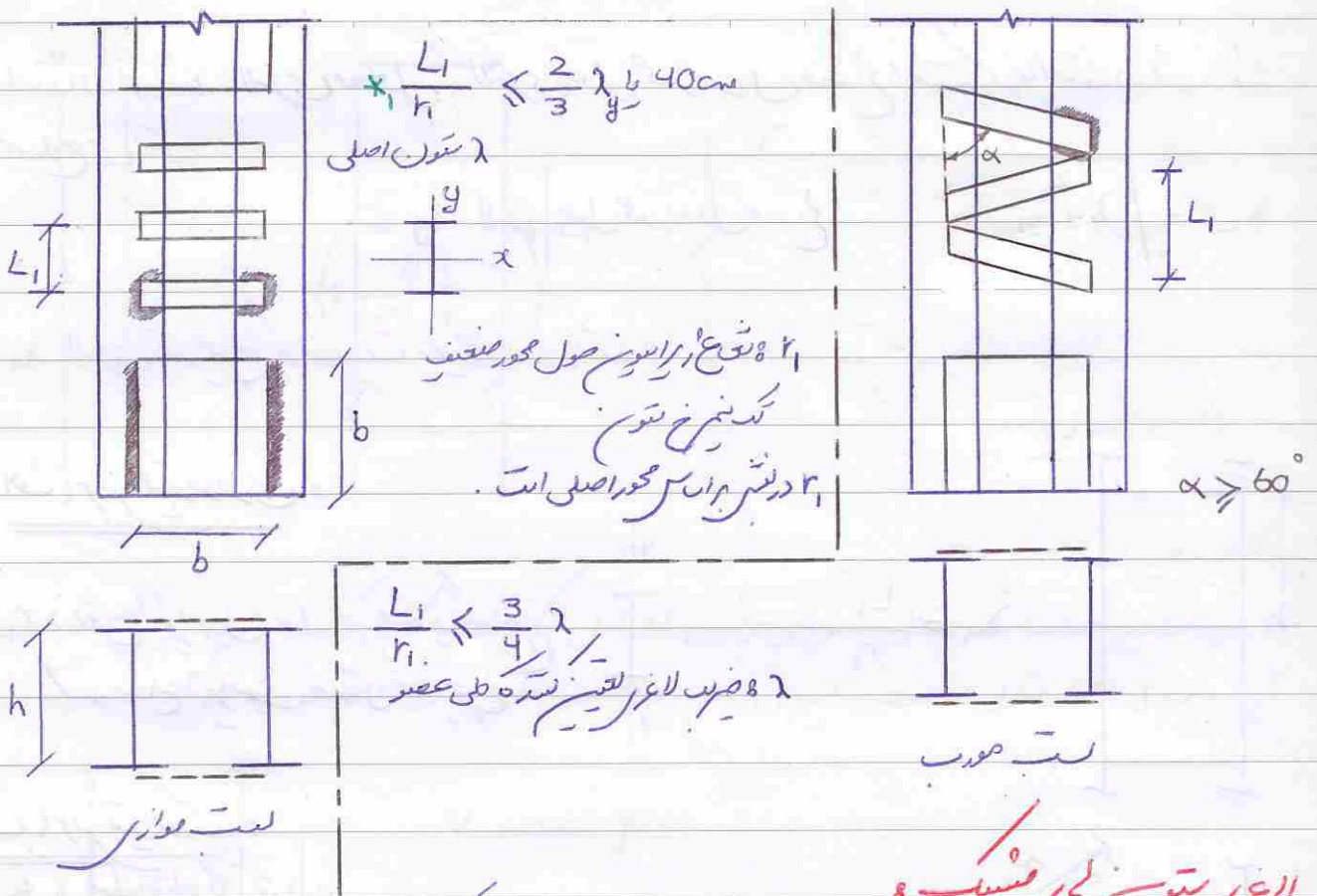
$$f_a = \frac{125000}{138.2} = 904.5$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{904.5}{863} = 1.05$$

۱۲ ستون بزرگتر شد

وقتی که سطح مقطع نیم رخ لمی فولادی کافی باشد و حذف ماژاسن شعاع از استون مناسب
مجدد یکبار به باشد، بر جای آن که ستون که را با ورق متصل کنیم، آن که را با ستون لمی
منقطع تر محدود می یوندیم و حجم و محدودیت که افرایشی در سطح مقطع ایی دکرده در افرایش
سطح مقطع تأثیر ندارد. فقط باعث یکبار به شدن دو نیم رخ و افرایش شعاع از استون
محل محدودیت صی شوند.

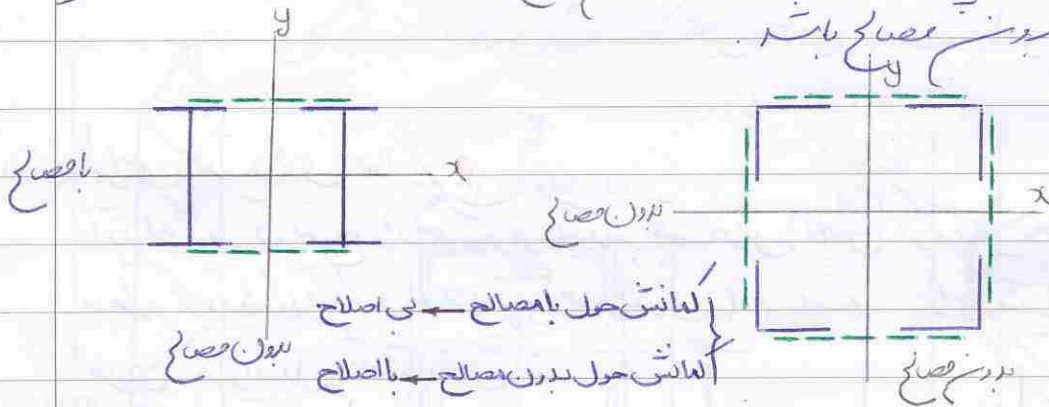
* 8 - ضریب لاغری عضوکاری نسبت به محور y-y (محور محور برای ابعاد است) L_1 فاصله مرکز ثقل به مرکز فکته در ابعاد طول عضو r_1 شعاع ژیراسیون حداقل یک نیم رخ



لاغر بودن در مشابیه

از مقطع ستون برای مثبت مورد مطالعه قرار گیرد، ملاحظه می شود که دارای دو نوع محور هستند.

محور با مصالح و محور بدون مصالح / محور با مصالح است که جان بر را قطع کند و محور بدون مصالح جان خالی را قطع می کند. پس محور و محور اصلی می تواند بدون مصالح باشد.



لگانش حول محور با مصالح - برای گشت حول محور با مصالح لاغری می کند نسبت ستون متداولی می باشد می شود دو محاسبه اصلاحی لازم است.

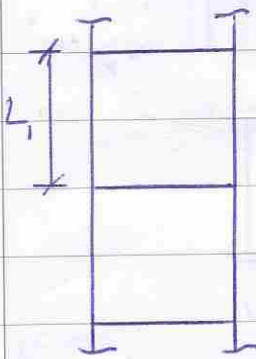
لگانش حول محور بدون مصالح - برای گشت حول محور بدون مصالح از مفهوم لاغری محاسب

استفاده می شود. لاغری معادل، لاغری حول محور بدون اصلاح است که با استفاده از رابطه زیر اصلاح می شود.

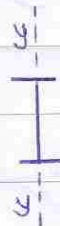
$$\lambda_e = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_z^2} \quad \text{لاغری حول محور بدون اصلاح}$$

λ_1 لاغری تک پیچ که بصورت زیر محاسبه می شود:

الف) برابر قید موازی:



$$\lambda_1 = \frac{L_1}{r_1}$$



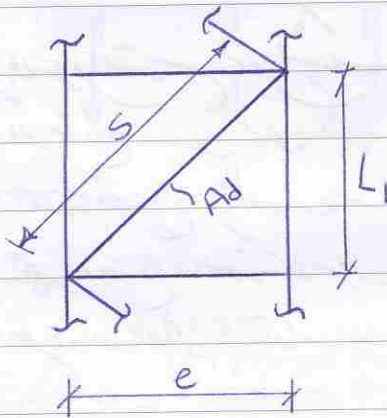
r_1 : شعاع ابراسون حول محور ضعیف تک پیچ
 که شعاع ابراسون صدافک تک پیچ

ب) برابر قید محور:

A : سطح مقطع کل ستون

A_d : سطح مقطع قطری

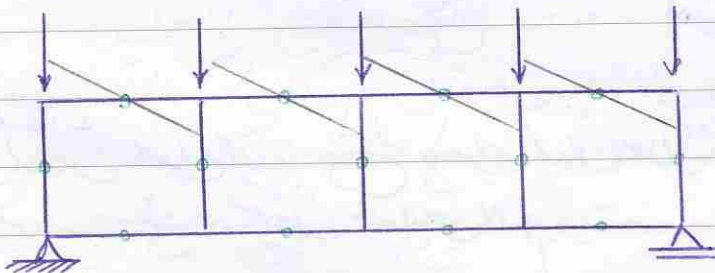
S : طول کمترین قید محور



$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A}{2A_d} \cdot \frac{S^3}{L_1 e^2}}$$

الف) طراحی قیدهای موازی:

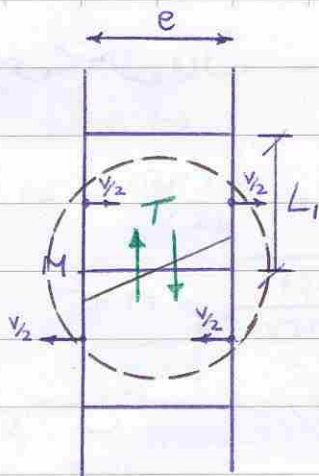
قیدهای که در پیچ را به محدودی سبب کمترین ناشی از کمین حسد برش ناشی از کمین به طور محافظه کارانه (2 درصدی مجاز ستون) می باشد. برای قیدهای موازی از تئوری خرابی هیراندل استفاده می کنند.



در ربط اعضای افقی همان ضوابط و

بصورت لولا عمل می کنند.

$$V = 0.02P$$

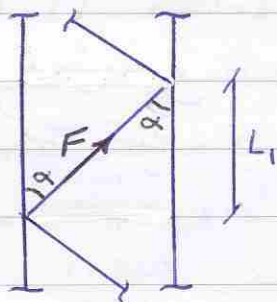


$$\left\{ \begin{aligned} T &= \frac{L_1}{e} \times \frac{V}{2} & V &= 0.02P \\ M &= \frac{Te}{2} \end{aligned} \right.$$

T نیروی برشی میانه
M نیروی گسشی میانه

ب) طراحی میانه بار مورد

ستون با میانه مورد در مقابل نیروی برشی V مثل یک خرابا کار می کند. نیروی برشی V معادل 2 نیروی مجاب ستون است. نیروی موصود در عضو قطری از روابط Δ به زیر بدست می آید.

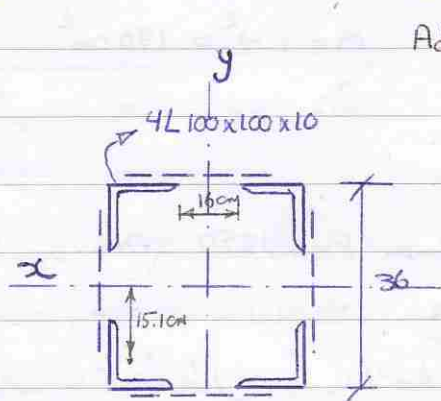


$$V = 0.02P$$

$$F = \frac{V}{2 \sin \alpha}$$

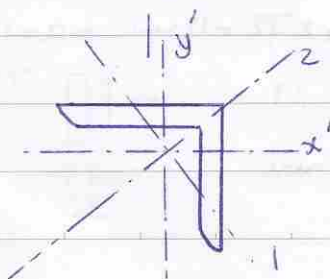
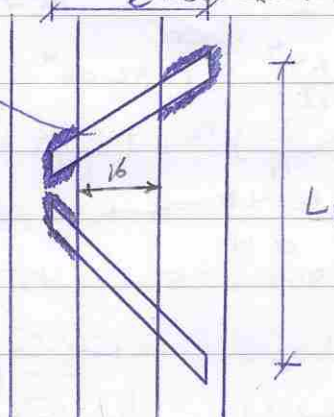
بعلاوت موصود محور در دو سه ستون

مثال: مطلوب است تعیین ظرفیت باربری ستون مشبک زنی داده شده در شکل



$$Ad = 1.4^2 = 1.96$$

$$e = 36 - 2 \times 2.9 = 30.2$$



$$\left\{ \begin{aligned} A &= 22.7 \text{ cm}^2 \\ \bar{I}_{x'} = \bar{I}_{y'} &= 207 \text{ cm}^4 \\ r_{x'} = r_{y'} &= 3.02 \text{ cm} & e' &= 2.9 \text{ cm} \\ r_i &= 1.95 \text{ cm} \end{aligned} \right.$$

$$A = 4 \times 22.7 = 90.8 \text{ cm}^2$$

(۱) تعیین مشخصات هندسی ستون

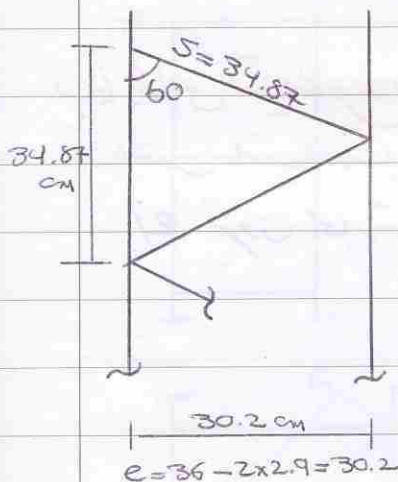
$$I_x = I_y = 4(207 + 22.7 \times 15.1^2) = 21531$$

$$r_x = r_y = \sqrt{\frac{I}{A}} = 15.4 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{1 \times 450}{15.4} = 29.22$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A}{2Ad} + \frac{S^3}{L_e^2}} = \pi \sqrt{\frac{90.8}{2 \times 1.96} \times \frac{34.87^3}{30.2^2}} = 17.45$$

چون هر دو مقدار بیش از مقدار مجاز است، بنابراین برای آن، لایه را جدول (۲) محاسبه کرد.



$$\lambda_{ex} = \lambda_{ey} = \sqrt{29.22^2 + 17.45^2} = 34$$

$$F_a = 1313 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{sp} = 1313 \times 90.8 \times 10^{-3} = 119.22 \text{ ton}$$

$$\frac{L_1}{r_1} = \frac{34.87}{1.95} = 17.88 < 40, \quad \frac{2}{3} \lambda = 19.48 \quad (\lambda = \lambda_x = \lambda_y = 29.22)$$

$$\frac{b}{t} = \frac{100}{12} = 8.33 < \frac{635}{\sqrt{2400}} = 12.96 \text{ o.k.}$$

(۲) کنترل کمانش موضعی

(۳) طراحی و کنترل قوس در ستون

$$V = 0.02P = 0.02 \times 119.22 = 2.38 \text{ ton}$$

$$F = \frac{2.38}{2 \times \sin 60} = 1.37 \text{ ton}$$

$$\text{طول بار در قوس} = \frac{16}{0.130} = 18.47$$

$$A = 1.4^2 = 1.96 \text{ cm}^2$$

$$I = \frac{1.4^4}{12} = 0.32 \text{ cm}^4$$

$$r = \left(\frac{I}{A} \right)^{1/2} = \left(\frac{0.32}{1.96} \right)^{1/2} = 0.4 \text{ cm}$$

$$\frac{L}{r} = \frac{18.47}{0.4} = 46.2 < 140 \rightarrow F_a = 1250 \text{ o.k.}$$

$$P_a = 1.96 \times 1.25 = 2.45 \text{ ton} > 1.37$$

بنابراین به نیروی قوس در ستون محاسبه طول جوش اتصال آن انجام پذیرات.

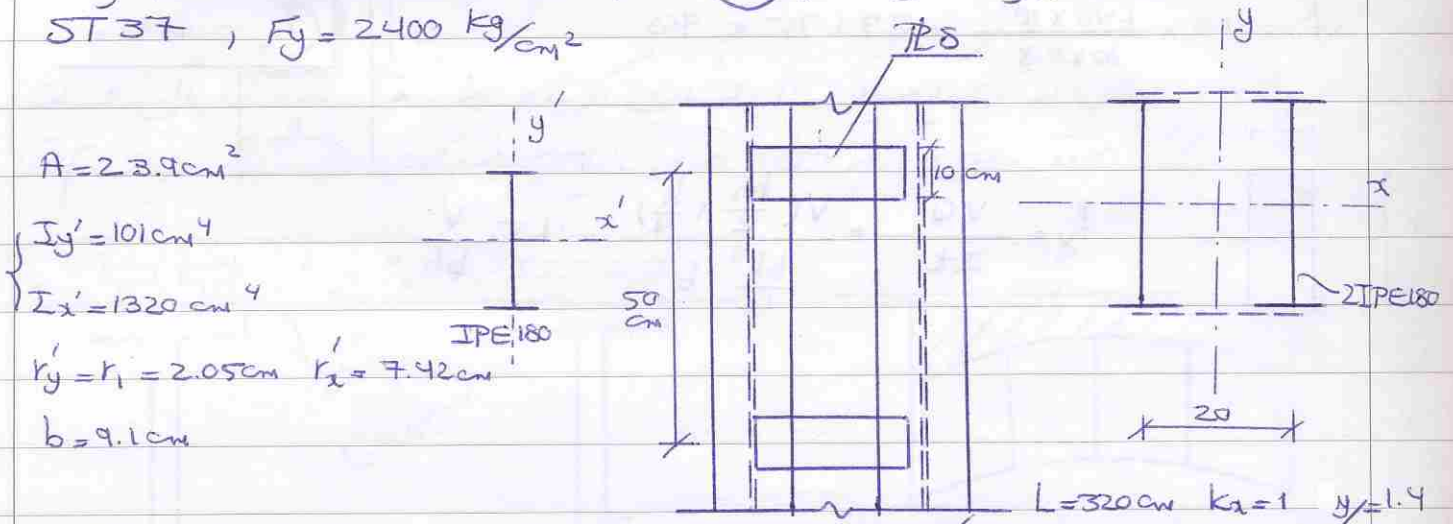
$$t = 14 \text{ mm} \rightarrow a_{min} = 6 \text{ mm}, \quad a_{max} = t - 2 = 12 \text{ mm} \rightarrow a = 10 \text{ mm}$$

$$R_w = 650 a = 650 \times 1 = 650 \text{ kg/cm}$$

$$L_w = \frac{F}{R_w} = \frac{1.37 \times 10^3}{650} = 2.11 \text{ cm} \approx 22 \text{ mm}$$

* در محاسبه ضامن ستون و جملات این برای محاسبه گوردی و باقی کار نداریم.

مثال: محاسبه تعیین خرفیت با بر ستون شیب نشان داده شده در شکل با قیود موازی
 $ST 37$, $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$



نکته: این نامه از ستون شیب فقط می توان برای محاسبه محاسبه در عنوان قاب خمشی استفاده کرد

مشخصات هندسی مقطع

$$A = 2 \times 23.9 = 47.8$$

$$I_x = 2 \times 1320 = 2640 \text{ cm}^4 \quad r_x = \sqrt{\frac{2640}{47.8}} = 7.42 \text{ cm}$$

$$I_y = (101 + 23.9 \times 10^2) 2 = 4982 \text{ cm}^4 \quad r_y = \sqrt{\frac{4982}{47.8}} = 10.21$$

$$\lambda_x = \frac{1 \times 320}{7.42} = 43.13 \quad \lambda_y = \frac{1.4 \times 320}{10.21} = 43.88$$

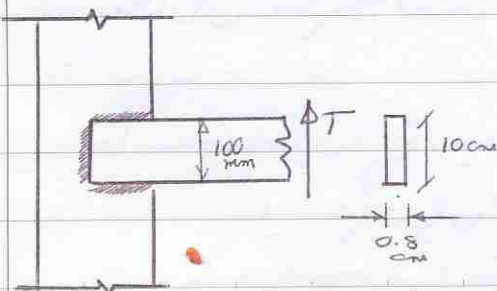
$$\lambda_1 = \frac{L_1}{r_1} = \frac{50}{2.05} = 24.39 < 40, \frac{2}{3} \lambda_y$$

$$\lambda_{ey} = \sqrt{43.88^2 + 24.39^2} = 50 \text{ cm}$$

$$F_a = 1228 \text{ kg/cm}^2 \quad P_a = 1.228 \times 47.8 = 58.7 \text{ ton}$$

$$V = 0.02p = 0.02 \times 58.7 = 1.17 \text{ ton}$$

طراحی قیود برای موازی



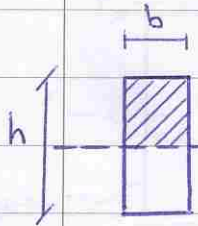
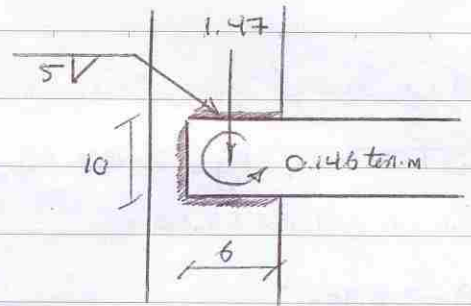
$$T = \frac{L_1}{e} \cdot \frac{V}{2} = \frac{50}{2} \times \frac{1.17}{2} = 1.46 \text{ ton}$$

$$M = T \frac{e}{2} = 1.46 \times 0.1 = 0.146 \text{ ton.m}$$

$$S = \frac{0.8 \times 10^2}{6} = 13.33$$

$$\frac{P}{f_b} = \frac{0.146 \times 10^5}{13.33} = 1095 < 1400$$

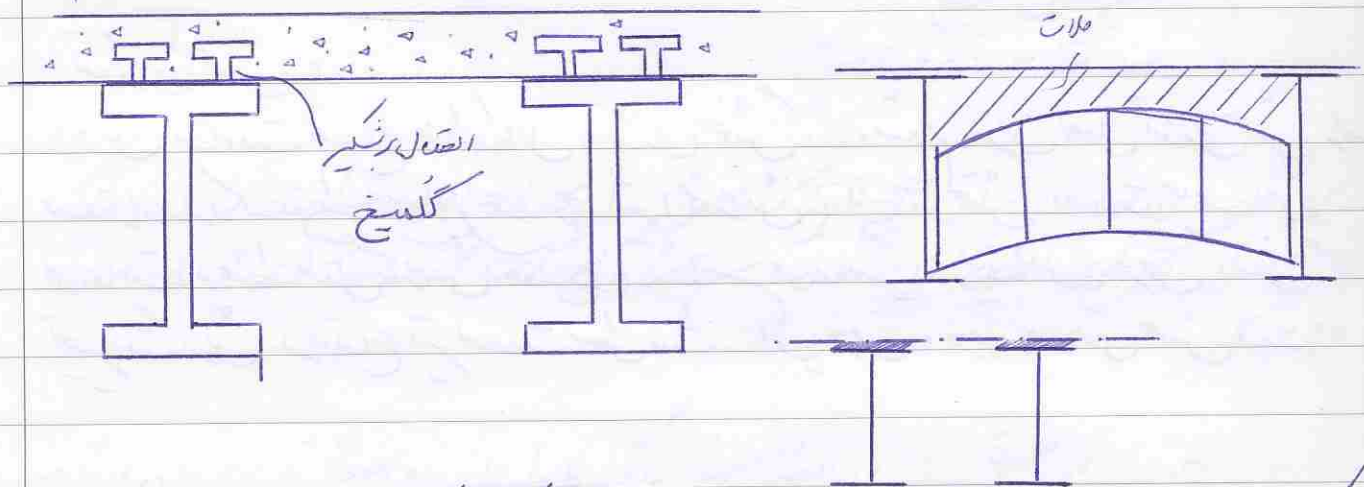
$$P_v = 1.5 \times \frac{1.46 \times 10^3}{10 \times 0.8} = 273.75 < 960$$



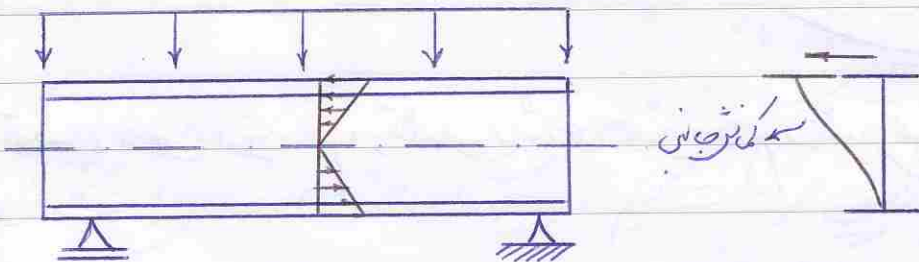
$$f_v = \frac{VQ}{It} = \frac{V \left(\frac{bh}{2} \times \frac{h}{4} \right)}{\frac{bh^3}{12} b} = 1.5 \frac{V}{bh}$$

« تیرچه با اتکای جانبی »

تیر با اتکای جانبی به تیری گویند که بال فشاری آن مهار شده باشد. مهار بال فشاری می تواند به کمک سقف نشی آرمه، طاق ضربی، یا خرستم مهار بندی شده دیگری باشد.



اگر بال فشاری مهار نشود تحت تاثیر تنش فشاری امکان گمانش آن وجود دارد. این مسئله را گمانش جانبی گویند. این موضوع بر طبق فصل دهم است. بنابراین سقف نشی آرمه، طاق ضربی، خرستم یا دیگری که لازم است تأمین شود که اگر بال فشاری تیر مهار شده باشد امکان گمانش جانبی آن وجود ندارد و می توانیم تا حد اکثر تنش فشاری مجاز از آن استفاده کنیم.



تیرچه را بر حسب وظیفه به طرق زیر طبقه بندی می کنند:

(۱) تیرچه (joist) - تیر سبکی است که بار سقف را به شاخته انتقال می دهد.

(۲) شاخته (Girder) - در اصطلاح معماری به آن تیری می گویند که بار بر اصلی سقف است و بار سقف را به ستون منتقل می کند. به آن تیر حمال و گاهی به آن تیر نشی گویند.

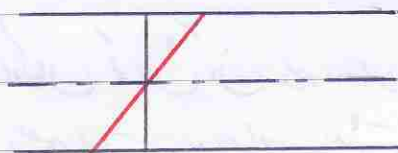
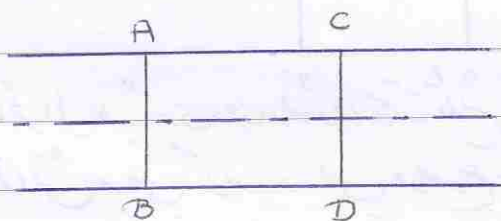
(۳) تیر بغل در گاهی (Lintel) - تیری است که در بالای بارش دریا پنجره قرار می گیرد.

(۴) تیرلبه‌ای (Spandrel) و تیرکشی هستند در دیوار اعمال و ضلعی هستند در علاقه بر یا بر سقف یا بر دیوار و در آن را نیز تحمل می‌کند

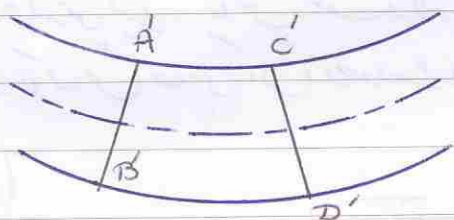
(۵) لاله (purlin) و تیرسکلی است از پنجم ح یا I یا مادوانی، از آن برای حمل پوشش یا سقف قش شش‌دانی، ساندویچ پانل یا نظایر آن در سالن‌های صنعتی استفاده می‌شود

۶- تئوری خمش

در دیوار مقاومت مصالح به طور کامل با تئوری خمش است. در این فرض اصلی تئوری خمش را به این صورت قرار دارد که مقاطع صفحه‌ای عمود بر محور تیر (محور خمش) پس از خمش بصورت صفحه‌های صاف می‌مانند و فقط حول یک محور خمشی مقداری توارش می‌یابند. نکته این فرض آنست که تغییرات کرنش در ارتفاع تیر بصورت خطی است. این فرض، فرض راستی خمش است.



تغییرات کرنش در ارتفاع خطی است

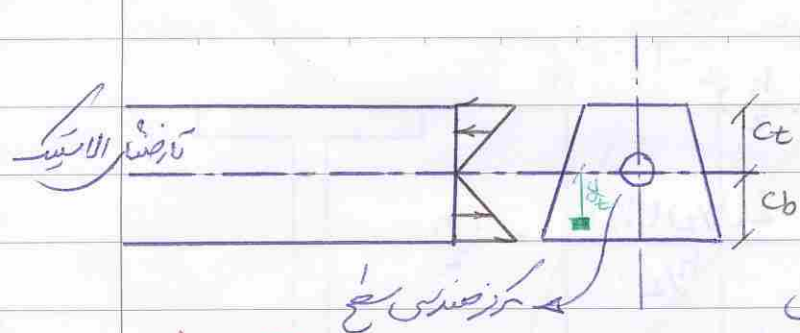


توصیه: فرض فوق هم در تئوری ارتجاعی خمش و هم در تئوری غیر ارتجاعی یا خمیری خمش برقرار می‌باشد.

الف) تئوری خمش ارتجاعی

در تئوری خمش ارتجاعی فرض تناسب تنش و کرنش برقرار است. با توجه به خطی بودن تغییرات کرنش در ارتفاع، تغییرات تنش نیز در ارتفاع خطی خواهد بود و از آنجا که نیرو که در مقطع می‌تواند به این نتیجه رسید که تارخشی یا محل کرنش که تنش‌های صفر در حالت ارتجاعی از مرکز سطح مقطع می‌گذرد که به آن تارخشی می‌گویند.

* محل تارخشی خمش ارتجاعی مرکز سطح مقطع $(S = \sum Ay = 0)$



در مقطع مصالح با تئوری تبدیل اندک
در مقطع رابط بخش تصویر در بدست
می آید

M لنگر بخش داخل در مقطع مورد بررسی

I می باشد اینرسی مقطع

لا فاصله نقطه مورد نظر از تار خنثی

$$f = \frac{MY}{I}$$

نکته: اگر گاهی فوق در حالتی صحیح است که بخش حول محورهای اصلی مقطع باشد. در صورتیکه
بخش حول محورهای اصلی نباشد به آن بخش بخش گج گویند که دوست گاهی بعد مورد بررسی
قرار می گیرد.

نیمخ مناسب برای بخش در رابط بخش اگر لا را برابر با فاصله تارهای دور از تار خنثی
قرار دهیم تن گاهی صد اکثر تصویر از می آید می شود.

top: $f_{Max,t} = \frac{M c_t}{I} = \frac{M}{S_t}$

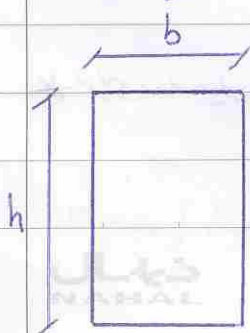
$S_t = \frac{I}{c_t}$ این بالا

S این مقطع الاستیک

bottom: $f_{Max,b} = \frac{M c_b}{I} = \frac{M}{S_b}$

$S_b = \frac{I}{c_b}$ این پایین

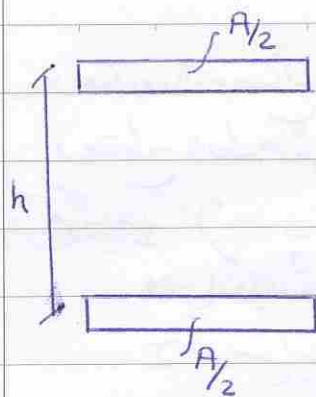
از دو رابط فوق می توانیم نتیجه بگیریم مقطع مناسب برای بخش مناسب است که این مقطع نزدیک
دائیه باشد. اگر نخواهیم دقیق تر صحبت کنیم، مقطع برای بخش اقتصاد تر است که نسبت
این مقطع به بدنه آن نزدیک باشد.
اگر سطح مقطع را به اندازه فزون در نظر بگیریم، می گویم مقطع برای بخش مناسب است که نسبت
این مقطع به سطح مقطع نزدیک تر باشد. به عنوان مثال در تصویر فراموش



$$A = bh$$

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

$$\rightarrow S = \frac{Ah}{6} \Rightarrow \frac{S}{A} = \frac{h}{6}$$



$$I = 2 \left(\frac{A}{2} \right) \left(\frac{h}{2} \right)^2$$

$$S = \frac{I}{h/2} = \frac{2 \left(\frac{A}{2} \right) \left(\frac{h}{2} \right)^2}{h/2} = \frac{Ah}{2}$$

$$\frac{S}{A} = \frac{h}{2}$$

بالای محل ملاحظه می شود که نسبت $\frac{S}{A}$ برابر شد یعنی اگر بتوانیم مقطع ایده ای درست کنیم که در آن تمام سطح به فاصله h متمرکز شده باشد، دارای آن من مقطع صدور^۳ برابر مقطع مستطیل است (با همان سطح مقطع). چنین مقطع ایده ای در محل وجود ندارد ولی نزدیک ترین حالت در آن مقاطع I شکل هستند. انتظاری بود که چرا که با α تن می دهیم برابر آن که بیش از ۲ وصلی کمتر از ۶ باشد.

$$S = \frac{Ah}{\alpha} \quad \alpha = \frac{Ah}{S} \rightarrow \begin{cases} \alpha = 2 & \text{بهترین} \\ \alpha = 6 & \text{نامطلوبترین} \end{cases}$$

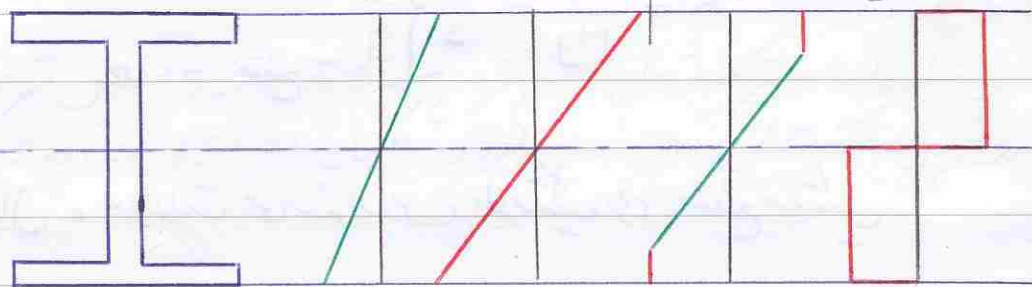
مثال ۸ α را برای IPE 300 بدست آورید. همچنین برای IPB 300.

IPE 300	$\rightarrow A = 53.8 \text{ cm}^2$	$S = 557$	$\alpha = \frac{Ah}{S} = \frac{53.8 \times 30}{557} = 2.89$
IPB 300	$\rightarrow A = 149$	$S = 1680$	$\alpha = \frac{Ah}{S} = \frac{149 \times 30}{1680} = 2.66$

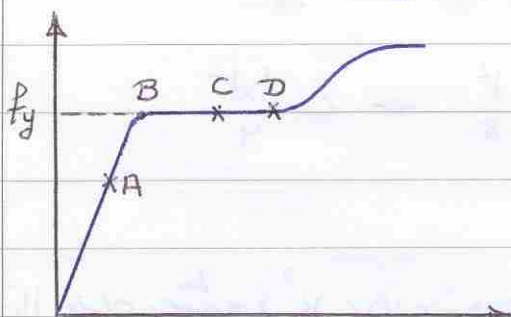
۶- تصویر خمشی خمیر (غیر ارتجاعی)

یکی از نکات مثبت نمرخ لمی فولادی آنست که پس از حالت ارتجاعی بلافاصله از پس منی روند و با وقوع پدیده تسلیم در آن به دو دسته تسلیم در تمام ارتفاع، مقطع به مقاومت خمشی پس از نقطه تسلیم می رسند. در آن مقاومت خمیری شوند و با M_p نمایی می دهیم.

* برای رسیدن به حد پلاستیک باید مقطع فشرده باشد. در غیر این صورت گمانش می رود.



$$F = \frac{M}{S} < F_y \quad F = \frac{M_y}{S} = F_y \quad M > M_y \quad M_p > M_y$$



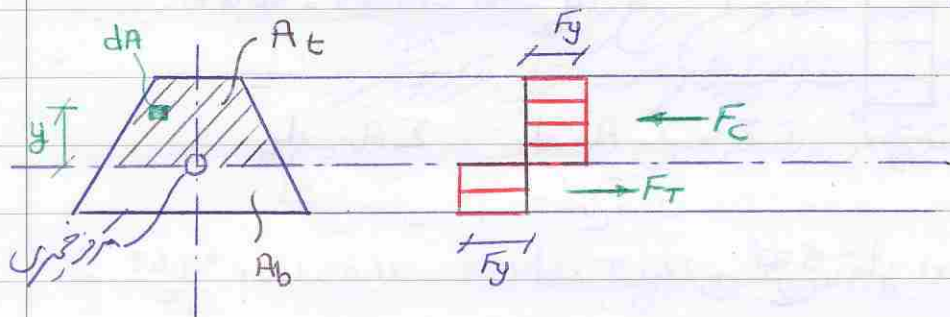
نکته: پلاستیک یا خمیری $\rightarrow$

$$M_p = Z F_y \quad (Z > S)$$

$(F_y = \frac{M_p}{Z})$ Z : این مقطع پلاستیک

نظریه خمش پلاستیک (خمیری) :

در تئوری خمش پلاستیک یا خمیری توزیع تنش در دو ناحیه فشرسی یا کشش یکسان و برابر با F_y است. تا زمانی که وجود دارد ولی از هر دو سطح می‌گذرد. در آن تا زمانی که خمیری یا مرکز خمیری گویند. تا زمانی که خمیری یا پلاستیک در محلی قرار می‌گیرد که حاصل سطوح کشش و فشرسی برابر باشند.



نیاز این تا زمانی که خمیری در محلی قرار می‌گیرد که در سطح کشش و فشرسی برابر باشد. در مقطعی که نسبت به محور افقی خود متقارن می‌باشد تا زمانی که خمیری منطبق بر تا زمانی که است.

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_c = A_t F_y \quad F_t = A_b F_y$$

$$F_c = F_t \Rightarrow A_t F_y = A_b F_y \Rightarrow A_t = A_b = \frac{1}{2} A$$

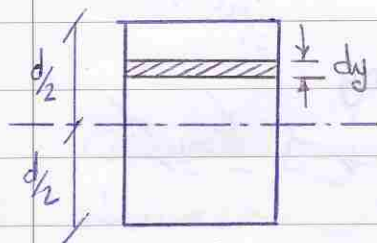
خمیری منطبق بر تا زمانی که است.

محاسبه نمر پلاستیک مقاوم مقطع :

$$M_p = \int_A F_y (dA) y \Rightarrow M_p = F_y \int_A y dA \quad (Z = \int_A y dA \text{ این پلاستیک})$$

$$\rightarrow M_p = Z F_y \quad K = \frac{M_p}{M_y} = \frac{Z}{S} \left\{ \begin{array}{l} \text{مقطع منطبق} = 1.5 \\ \text{مقطع I} = 1.12 \end{array} \right.$$

مثال: مطلوب است ضریب ایستایی برای مقطع منطبق

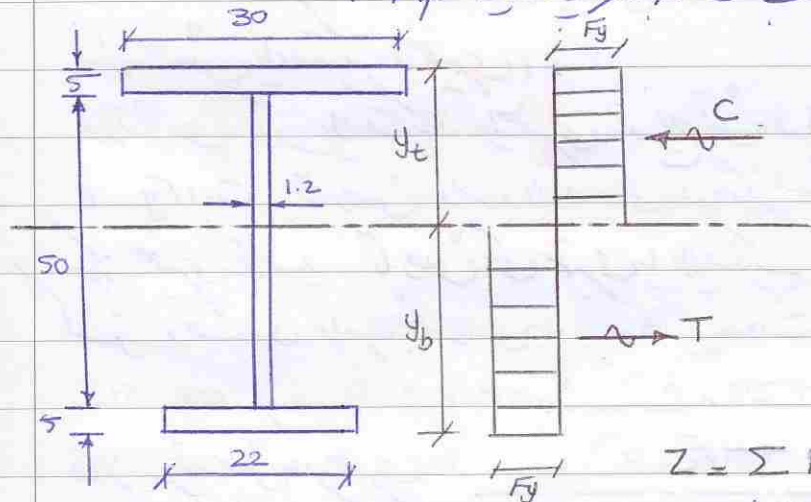


$$Z = \int_A y dA \quad dA = b dy \quad Z = 2 \int_0^{d/2} b y dy$$

$$\rightarrow Z = 2b \left[\frac{y^2}{2} \right]_0^{d/2} = 2b \frac{d^2}{8} \rightarrow Z = \frac{b d^2}{4}$$

$$S = \frac{b d^2}{6} \Rightarrow K = \frac{Z}{S} = \frac{b d^2 / 4}{b d^2 / 6} = 1.5$$

مثال: برای مقطع زان داده شده مطلوب است ضریب ایستایی M_p



$$A = 30 \times 5 + 50 \times 1.2 + 22 \times 5 = 320 \text{ cm}^2$$

$$A_T = A_b = 160 \text{ cm}^2$$

$$30 \times 5 + 1.2 (y_t - 5) = 160$$

$$y_t = 13.33$$

$$y_b = 60 - 13.33 = 46.67$$

$$Z = \sum A_i d_{ci} + \sum A_i d_{ti}$$

سطوح فوقانی + سطوح تحتانی

$$Z = 30 \times 5 \times 10.88 + 8.33 \times 1.2 \times \frac{8.33}{2} + 22 \times 5 \times 44.17 + 41.6 \times 1.2 \times \frac{41.67}{2} = 7567 \text{ cm}^3$$

$$M_p = Z F_y = 7567 \times 2400 \times 10^{-5} = 181.61 \text{ ton.m}$$

$$M_y = \min (S_t F_y, S_b F_y)$$

$$S_{\min} = S_b = 6157$$

$$K = \frac{Z}{S_{\min}} = 1.23$$

طراحی تیر لوله

اولین گام تعیین بار واحد بر تیر که شامل فاصله بین تیرهاست می باشد پس تیر تحلیل شده و نمودار نیروی برش و گشتاور کشش آن رسم می گردد. سپس باید کنترل های زیر در طراحی ملحوظ گردد.

- (۱) تنش در گشتاور
- (۲) تغییر شکل
- (۳) تنش در برش
- (۴) لنگ موضعی بین بال و صلب و لنگ در جاب
- (۵) کنترل تنش در پیچش
- (۶) گمانش صافی بال تحت فشار

موارد آمده در این فصل موارد ۵ و ۶ در فولاد ۲ مورد مطالعه و خواص آن گرفته

۱) معیار تنش در گشتاور

رسم بر این است که طراحی تیر بر مبنای معیار تنش گشتاور آغاز گردد. با توجه به اینکه طراحی گشتاور نیاز به از محول و لحاظ ندارد، اینکار به سه ترتیب شروع برای طراحی تیر گشتاور. بعد از انتخاب تیر مناسب بر مبنای معیار گشتاور و بعد از کنترل خواص تیر. برای انتخاب مقطع مناسب بر مبنای گشتاور رابطه گشتاور را بصورت زیر می نویسیم.

$$S \text{ این مقطع} \quad f_b \text{ تنش گشتاور (bending)} \quad M \text{ گشتاور}$$

$$f_b = \frac{M}{S}$$

اگر رابطه فوق طرحین و سطح شود مقدار f_b را برابر تنش گشتاور می گیریم

$$S = \frac{M}{f_b}$$

برای طراحی f_b را برابر تنش گشتاور می گیریم

$$f_b = \text{تنش مجاز گشتاور}$$

$$S_{\text{لازم}} = \frac{M}{f_b}$$

با توجه به رابطه فوق و علاقه ای کنیم که برای انتخاب S مناسب لازم است تنش گشتاور مجاز f_b معلوم باشد

تنش مجاز خمشی F_b برابر تیرگی با اتکال جانبی

۱) تنش خمشی F_b در گشتی مجاز در تیرهای انتهایی با مقطع I با اتکال جانبی در یک مقطع است نسبت به محور ضعیف دارای تعداد حته و خمش حول محور قوی صورت می گیرد در هم خمش تیر از یک طرف در یک مقطع برای آن که صدق حته و خمش حول محور قوی آن که دارای اتکال جانبی نباشد. با مقطع در فواصل کمتر از مقدار مربوطه در آن صورت F_b در صورت برتری باشد.

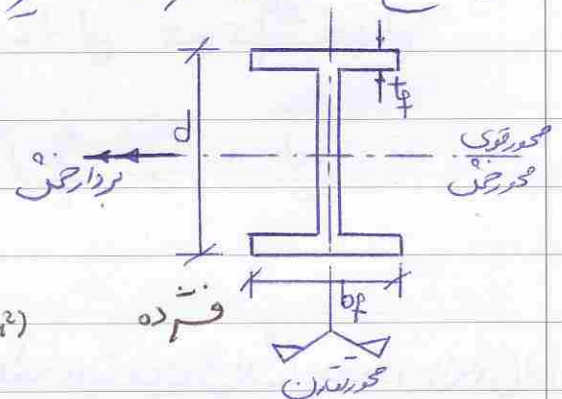
$$F_b = 0.66 F_y$$

$$L_c = \frac{635 b_f}{\sqrt{F_y}}$$

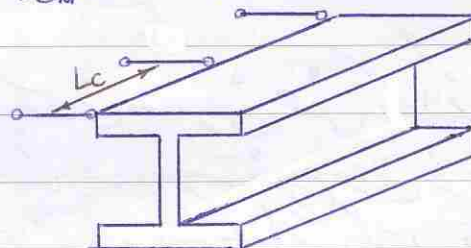
min

$$L_c = \frac{14 \times 10^5}{\left(\frac{d}{A_f}\right) F_y}$$

b_f (cm) عرض بال فاری
 d ارتفاع کلی منفرج
 A_f مساحت بال فاری
 F_y (kg/cm²) تنش تسلیم
 L_c فواصل اتکالی جانبی

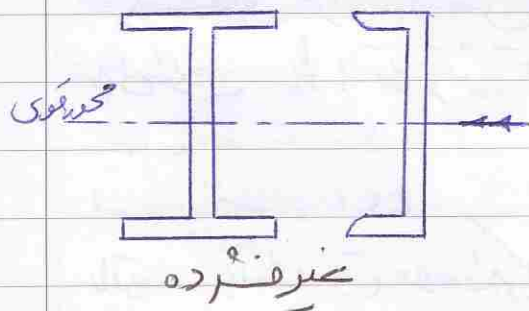


ST37 $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow F_b = 0.66 \times 2400 = 1584 \quad F_b = 1600 \text{ kg/cm}^2$



۲) تنش کششی و فاری مجاز ناشی از خمش در تیرهای انتهایی منفرج برای I و ناودانی با منفرج غیر فشرده که حول محور قوی حته و خمش است و بال فاری آن دارای اتکال جانبی مطابق بند ۱ می باشد برابر است با:

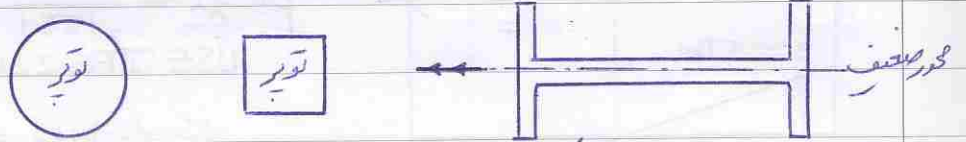
$$F_b = 0.6 F_y$$



ST37 $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \quad F_b = 1440 \text{ kg/cm}^2$

(۳) تنش کشش و فشار ناشی از گشتش در تارهای انتهایی نیمه ای در شکل I با دو محور تقارن که دارای شرایط فشرده و منقبضه در حین محصور ضعیف گشت هستند قرار دارند و نیز مقاطع توپر در مربع متصل برابر است با ه

$$F_b = 0.75 F_y$$



* این نامده صحت از تارهای جانبی نمی زنند (در این صحت گشت جانبی وجود ندارد)

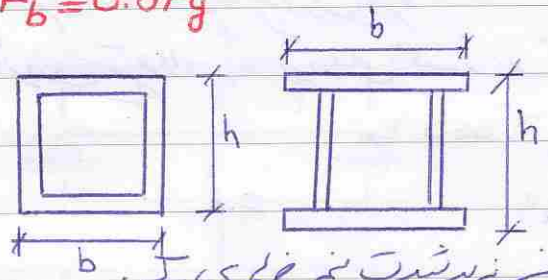
* از شرایط فشرده و منقبضه در این صحت قرار می گیرد، این نامده در صورتی است که تنش را کاهش می دهد (در حالت غیر فشرده ه)

$$\frac{545}{\sqrt{F_y}} < \frac{b_f}{2t_f} < \frac{795}{\sqrt{F_y}} \rightarrow F_b = F_y \left[1.075 - 0.006 \left(\frac{b_f}{2t_f} \right) \sqrt{F_y} \right] \geq 0.6 F_y$$

$$0.75 \rightarrow 0.6$$

(۴) تنش کشش و فشار ناشی از گشت در تارهای انتهایی قوطی های مربع و یا متصل با مقطع غیر فشرده برابر است با ه (نیمه ای قوطی های تکمیلی که گشت جانبی ندارند)

$$F_b = 0.6 F_y$$



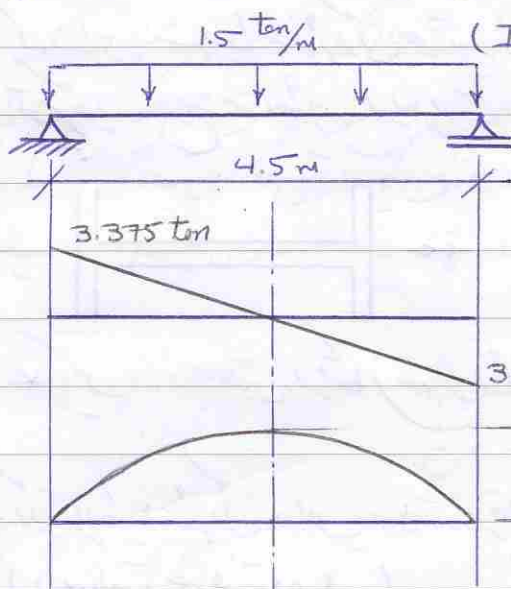
الف) نیمه ای قوطی که در آن $h/b \leq 6$ باشد نیاز به مهار بندی بال فشاری ندارند و برای آن که گشت جانبی مطمح نیست و رخ نمی دهد

ب) اگر $h/b > 6$ باشد نیاز به مهار بندی جانبی صحت کشش نه بد شدت نیمه ای قوطی است

(۵) برای تمام نیمه ای قوطی دیگر که در (ه) مهار شده قرار می گیرند و در رابطه مهار بندی بال فشاری را در حین محصور ضعیف گشت جانبی بال فشاری برای آن که مطمح نیست، تنش فشرده و کشش مجاز ناشی از گشت برابر است با ه

$$F_b = 0.6 F_y$$

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



مثال: محسوب خواص تیر پاره نشن داده شده در شکل
بال فای دارای اتکای جانبی کافی است. (مقطع IPE)

$$F_b = 0.66 \times 2400 = 1584 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_x = \frac{3.8 \times 10^5}{1584} = 240 \text{ cm}^3$$

USE IPE 220 $S = 252$

$$W = 26.2 \text{ kg/m}$$

شرایط مقطع فراهم شده

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{11}{2 \times 0.92} = 5.98 < \frac{5.45}{\sqrt{2400}} = 11$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{22}{0.59} = 37.3 < \frac{5365}{\sqrt{2400}} = 109.5$$

کنترل اتکای جانبی

$$L_c = \frac{635 b_f}{\sqrt{2400}} = \frac{635 \times 11}{\sqrt{2400}} = 143 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow L_c = 143 \text{ cm}$$

$$L_c = \frac{14 \times 10^5}{\left(\frac{d}{A_p}\right) F_y} = \frac{14 \times 10^5}{\left(\frac{22}{11 \times 0.92}\right) 2400} = 268 \text{ cm}$$

برای ایجاد شرایط اتکای جانبی باید بال فای در فواصل کمتر از 143cm مهار گردد (محدود)

15 برابر عرض بال فای (در اینجا با ضخامت جوشکاری نیست)

کنترل محدودیت بزرگترین تیر

آنرژن تیر فولادی در بارگذاری محسوب نشده باشد، باید کنترل محدودیت گردد.

$$q = 1.5 + 0.0262 = 1.526$$

$$\rightarrow M = 3.863 \text{ ton}$$

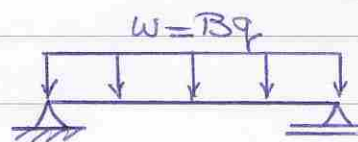
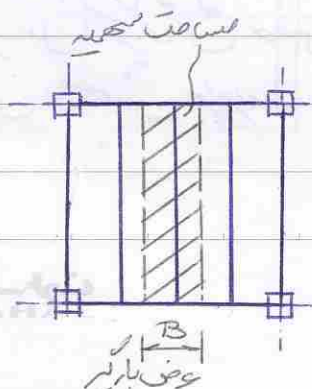
$$F_b = \frac{3.863 \times 10^5}{252} = 1533 < 1584 \text{ kg/cm}^2$$

O.K.

بار وارد بر تیر

هر تیر سهم خاصی از بار وارد بر کف ساختمان را به خود اختصاص می دهد که به آن سطح بار تیر می گویند و در بعضی موارد به عرض بار تیر می گویند.

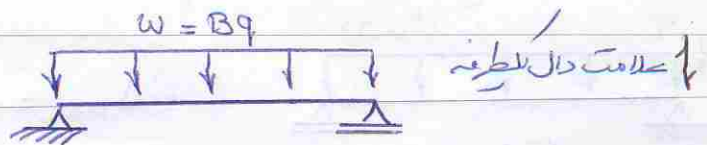
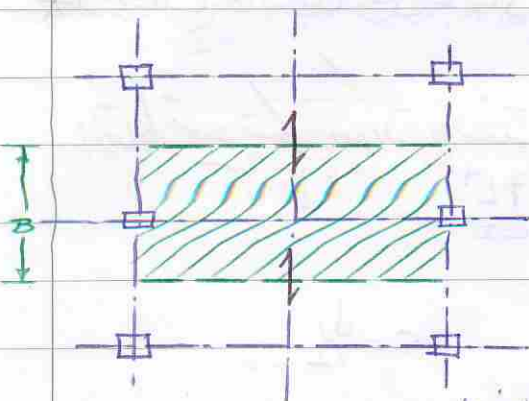
التیر



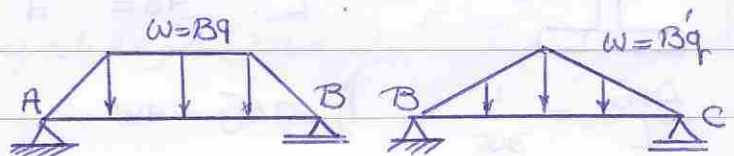
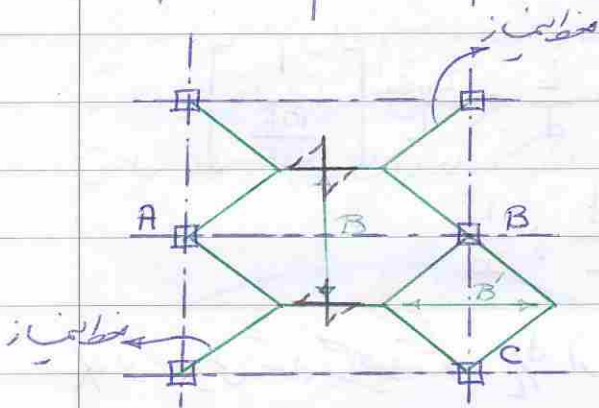
q شدت بار سقف (kg/m^2)

W شدت بار تیر (kg/m)

۱۲) شش‌تیر باردار از دال یکطرفه (تیر به یک طرف می‌برد)

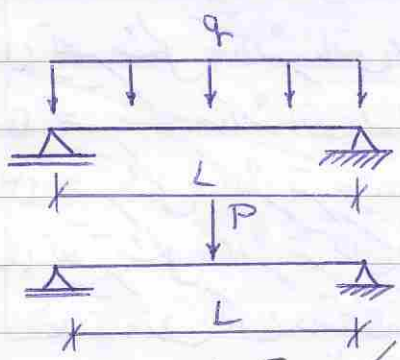


باردار از دال دوطرفه می‌برد



۱۳) تغییر شکل (انحراف) تیرها و Deflection

یکی از معیارهای مهم کنترل و طراحی تیرها تغییر شکل آن‌هاست. در بارهای برداری تیرهای فولادی کاملاً رفتار الاستیک دارند و تغییر شکل آن‌ها می‌تواند برگشت‌ناپذیر باشد. یکی از روش‌های تیرها در تحلیل سازه‌های فولادی با آن‌ها استفاده می‌شود و محاسبه قرار می‌گیرد. (۱) توابع آماده‌شده برای شکل (وصلات زیر را داریم)

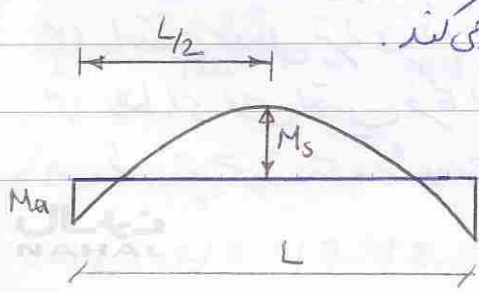


$$\left\{ \begin{aligned} \Delta_{Max} &= \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI} \\ \Delta_{Mid} &= \frac{PL^3}{48EI} \end{aligned} \right.$$

۳) روش بار مجاری، کاسه سینی

۲) روش تیر نزدیک

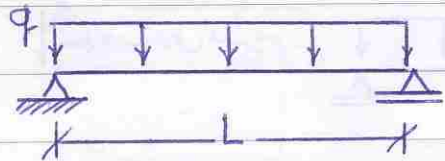
۴) روابط تقریبی و شکل رابطه‌ای که بر اساس نمودار گشت‌های کاری کند



$$\Delta = \frac{5L^2}{48EI} [M_s - 0.1(M_a + M_b)]$$

* در اغلب محاسبات عملی به جای تغییر شکل حداکثر از تغییر شکل وسط دانه استفاده می شود

ارتباط تغییر شکل حداکثر با نسبت $\frac{d}{L}$

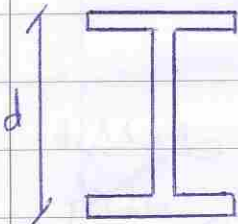


$$\Delta_{Max} = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI}$$

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

$$f = \frac{Mc}{I}$$

$$c = \frac{d}{2}$$



$$\frac{\Delta_{Max}}{L} = \frac{10f}{48E} \times \frac{L}{d} \Rightarrow \frac{L}{d} = \frac{\Delta_{Max}}{L} \left[\frac{1}{\frac{10f}{48E}} \right]$$

$$\frac{\Delta_{Max}}{L} = \frac{1}{360}, \quad f_b = 0.6F_y = 1440 \rightarrow \frac{d}{L} \geq \frac{1}{20}$$

* توصیه می شود صحت $\frac{d}{L}$ از $\frac{1}{20}$ کوچکتر در نظر گرفته نشود

محدودیتی برای تغییر شکل

تغییر شکل بیش از حد تر باعث ارتفاع سقف، آسیب دیدن نازک کاری، افتادگی تیر در شکم دادن می گردد که خود نیز مقبول نیست. به همین علت این نامه برای تغییر شکل حداکثر تیر را به صورت زیر محدود می کنند:

- (۱) تغییر شکل حداکثر ناشی از بار مرده وزنده برابر $\frac{1}{240}$ دانه
- (۲) تغییر شکل حداکثر ناشی از بار زنده $\frac{1}{360}$ دانه
- (۳) تغییر شکل حداکثر تیر حرکتی به علت بار مرده وزنده برابر $\frac{1}{600}$ دانه
- (۴) تغییر شکل حداکثر تیر کمی که بارهای خاص (ماشین آلات خاص) را تحمل می کند $\frac{1}{1000}$ دانه به علت وزن آن دستگاه.

هم چنین در مورد ارتفاع d تیر که توصیه می شود به کار برده می شود:

- (۱) ارتفاع حداقل تیر کمی حامل $\frac{1}{20}$ دانه (مقطع تیر خاص)
- (۲) ارتفاع حداقل تیر کمی بام (مقطع) که سقف کمی سبک تحمل می کند مثل لایه $\frac{1}{30}$ دانه
- (۳) رابطه ای برای تعیین فرکانس ارتعاشی تیر تعیین شده است که استفاده از آن همواره توصیه می شود به تجربه است، ارتفاعات با فرکانس کوچکتر از که توسط حسن شیری قابل

ادراک است و ایجاب می کند. بنابراین همواره توصیه می کند فرکانس ارتعاشی پس از 5Hz باشد.

$$f = 70 \sqrt{\frac{I}{PL^4}} \geq 5$$

I عین انرسی تیر (cm^4)
 L طول دهانه (m)
 P شدت بار گسترده (kg/m)
 f فرکانس به هرتز
 فرکانس و تعداد لرزه سه ثانیه

پیش فرض یا ضربه اولیه

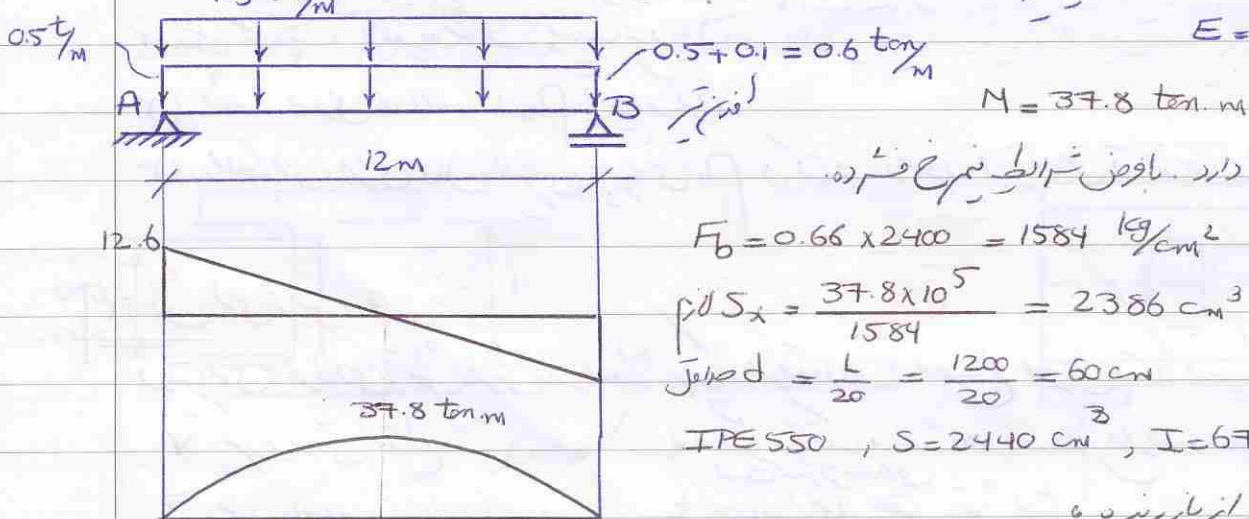
در دهانه کمی نزدیک تغییر شکل ناشی از بار مرده می آید و عیار بار مرده را ضمیمه قابل تشخیص است و تیر را تحت بار مرده و زنده می دهد. در هنگام ساخت تیر در آن ضربه اولیه ای می دهند. مقدار ضربه اولیه تقریباً برابر افتادگی ناشی از بار مرده است. بطوریکه بعد از اعمال بار مرده تیر افتی دیده شود.



Δ ناشی از بار مرده

مثال: مطلوب است طراحی تیر ساده از نوع IPE تحت بار گسترده ای به میزان 2 t/m که 1.5 t/m آن بار زنده است. حداکثر تغییر شکل ناشی از بار زنده به $1/360$ دهانه محدود گردد.

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$



بال استای جانبی دارد. با فرض شرایط خنثی شده.

$$F_b = 0.66 \times 2400 = 1584 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_x = \frac{37.8 \times 10^5}{1584} = 2386 \text{ cm}^3$$

$$d = \frac{L}{20} = \frac{1200}{20} = 60 \text{ cm}$$

$$\text{IPE } 550, S = 2440 \text{ cm}^3, I = 67120 \text{ cm}^4$$

تغییر شکل ناشی از بار زنده

$$\Delta_{LL} = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI} = \frac{5}{384} \times \frac{15 \times 1200^4}{2.1 \times 10^6 \times 67120} = 2.873 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta}{L} = \frac{2.873}{1200} = \frac{1}{417} < \frac{1}{360} \text{ o.k.} \checkmark$$

تغییر شکل ناشی از بار مرده

$$\Delta = \frac{2.1}{1.5} \times 2.873 = 4.02 \rightarrow \frac{\Delta}{L} = \frac{4.02}{1200} = \frac{1}{298} < \frac{1}{240} \text{ o.k.} \checkmark$$

این نیز به طول اشاره می‌کند؟

$$f = 70 \sqrt{\frac{I}{P_d L^4}} = \sqrt{\frac{67120}{600 \times 12^4}} = 5.1 > 5$$

$$\frac{bf}{2t_f} = \frac{21}{2 \times 1.72} = 6.14 < \frac{545}{\sqrt{2400}} = 11 \quad \text{O.K.} \checkmark$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{55}{1.11} = 49.55 < \frac{5365}{\sqrt{2400}} = 109 \quad \text{O.K.} \checkmark$$

کنترل شرایط خم شدن

نمونه آب انباشتی در بام

در بام که تحت توزیع و بارگذاری نزدیک به نایاب آب انباشتی رخ می‌دهد که شواهد تجربی هم وقوع خرابی ناشی از آن به نسبت آرد در هنگام بارندگی شدید لوله‌های تحت بار مسدود گردد آب باران در سقف بام گردای می‌شود. انباشته شدن آب باعث تغییر شکل و افتادگی تیرهای بام می‌شود. با افزایش حجم آب میزان افتادگی نیز افزایش می‌دهد و دوره تسلیم پدیده آغاز می‌شود تا در نقطه‌ای باعث خرابی بام گردد. برای جلوگیری از این پدیده روش عملی به شرح زیر است.

(۱) با ایجاد شیب منفر از افتادگی تیر که در اثر بار پدیده جلوگیری شود به نحوی که دال بصورت تخت یا قدری محدب دیده شود.

(۲) نصب فنری مناسب در بام ایجاد گردد.

(۳) رابطه‌ای برای محاسبه نیروی تیرهای بام در کتاب موجود دارد. می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

نیروی برشی

در تیرهای فولادی تنش برشی از رابطه زیر که در مقاومت مصالح معرفی شده است می‌شود.

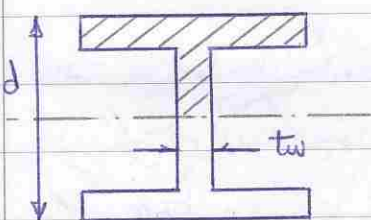
۷ نیروی برشی مقطع V
 ۸ گشتاور برشی Q
 ۹ گشتاور برشی t
 ۱۰ گشتاور برشی I

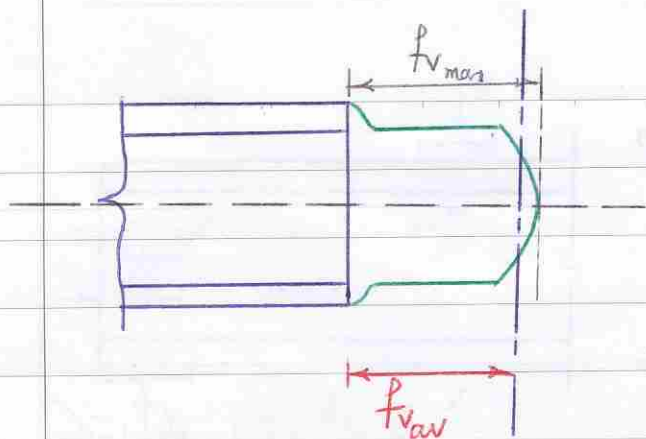
$$f_v = \frac{VQ}{It}$$

از توزیع تنش برشی در ارتفاع تیر مقطع I رسم کردیم خواهم داشت

۷ نیروی برشی داخلی
 ۸ ارتفاع کل مقطع
 ۹ گشتاور داخلی

$$f_{vav} = \frac{V}{d t_w}$$





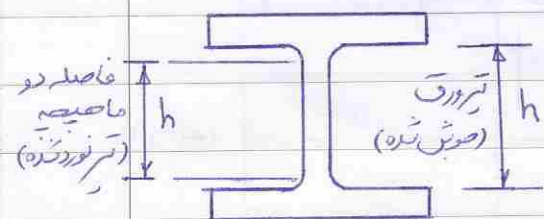
F_{vav} حدود 96-97٪ F_{vmax} است.
(این رابطه فقط برای منحنی های I و مشابه است.)

تنش برشی مجاز

طبق رابطه فون میسز تنش برشی تسلیم τ_y به صورت زیر می باشد.
از چنانچه قبل تر تنش تسلیم فوق ضریب ایمنی 0.66 اعمال شود بدست خواهیم آورد.

$$\tau_y = \frac{F_y}{\sqrt{3}} \quad \text{و} \quad F_v = 0.66 \frac{F_y}{\sqrt{3}} \approx 0.4 F_y \quad \rightarrow \quad F_v = 0.4 F_y$$

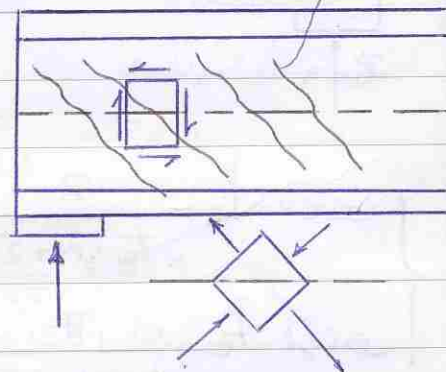
افراد این تنش برشی بدیده گمانش در جابجایی بر سر گمانش قطعی اندیش گمانش
قطعی در تیر که با ارتفاع مقطع برابر در جابجایی از این بدیده در جهت تیر ورق که بر روی
ضواحت است. در این قسمت به ذکر این نکته اکتفا می شود که این نسبت ارتفاع جان به ضعیف است
آن در رابطه از ضیق نمایی نیاز به بررسی گمانش قطعی نسبت و تنش مجاز برشی $0.4 F_y$ است.



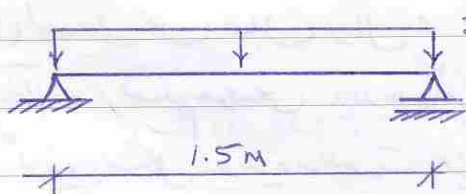
$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}}$$

$$h = d - 2c$$

که جدول است



مثال: مطلوبیت انتخاب منحنی I به دراز 1.5 م بر بار 30 تن/م را تحمل می نماید.
(تیر دارای اتکالی جانبی کامل است)



$$M = \frac{30 \times 1.5^2}{8} = 8.44 \text{ ton.m}$$

$$V = \frac{1}{2} \times 30 \times 1.5 = 22.5 \text{ ton}$$

$$F_b = 0.66 F_y = 0.66 \times 2400 = 1584 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_x = \frac{M}{F_b} = \frac{8.44 \times 10^5}{1584} = 532.83 \text{ cm}^3$$

$$\text{INP 280} \rightarrow 542 \text{ cm}^3 = S_x > 539$$

$$f_v = \frac{V}{d t_w} = \frac{22.5 \times 10^3}{28 \times 1.01} = 796 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = 0.4 \times 2400 = 960 > 796 \text{ O.K.}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{d - 2k}{t_w} = \frac{28 - 2 \times 2.75}{1.01} = 22.28 < 65$$

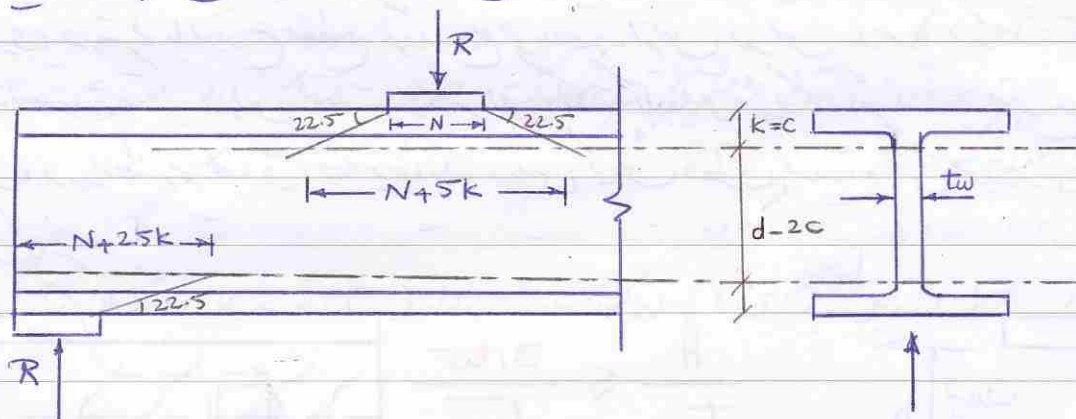
K در جدول انسال است

$$\frac{3185}{\sqrt{200}} = 65$$

کنترل برش

۱-۴) تسلیم موضعی

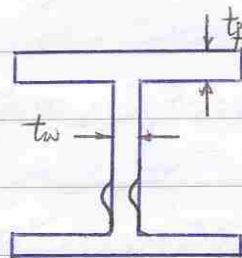
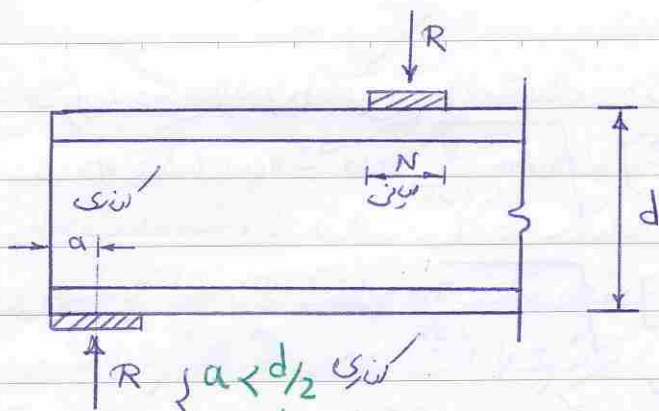
در محل تکیه‌گاه که ویا در محل تأثیر بارهای متمرکز، احتمال دارد در حالت نیروهای فشاری بزرگ در محل تماس بال در جان تنگی نیروی رخ دهنده باعث وقوع پدیده تسلیم گردد.



$$\left\{ \begin{array}{l} \text{بار مابین} \\ f_c = \frac{R}{t_w (N+5k)} \leq 0.66 F_y \\ \text{بار کناری} \\ f_c = \frac{R}{t_w (N+2.5k)} \leq 0.66 F_y \end{array} \right.$$

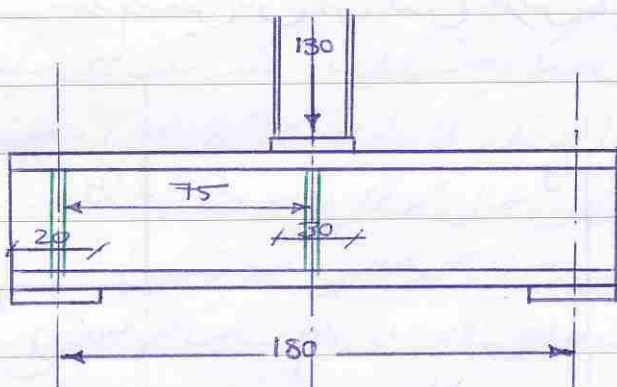
۲-۴) لایندگی جان و بال

علاوه بر تسلیم موضعی پدیده دیگری در زیر بال متمرکز رخ می‌دهد که با آن لایندگی جان و بال گویند. شکل پدیده به صورت زیر است.



$$\begin{cases} a > d/2 & R_{Nmax} = 566 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{3/2} \right] \sqrt{F_y \frac{t_f}{t_w}} \\ a < d/2 & R_{Nmax} = 285 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{3/2} \right] \sqrt{F_y \frac{t_f}{t_w}} \end{cases}$$

مثال: تیر از نوع IPB 600، متونی با بار متمرکز 130 ton، حاصل می‌باشد. مساحت کنترل نشود.



IPB 600

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

$$I_x = 171000 \text{ cm}^4 \quad S_x = 5700 \text{ cm}^3$$

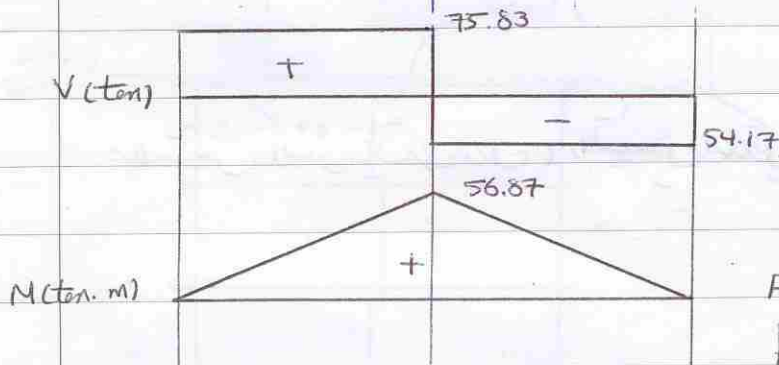
$$d = 60 \text{ cm}$$

$$t_w = 1.55 \text{ cm}$$

$$t_f = 3.0 \text{ cm}$$

$$k = 5.7 \text{ cm}$$

کنترل شرایط



$$\left. \begin{aligned} \frac{b_f}{2 t_f} &= \frac{30}{2 \times 3} = 5 < 11 \\ \frac{d}{t_w} &= \frac{60}{1.55} = 38.7 < 109 \end{aligned} \right\}$$

$$F_b = 0.66 F_y = 1584 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_b = \frac{M}{S} = \frac{56.87 \times 10^5}{5700} = 998 < 1584$$

$$P_v = \frac{V}{d t_w} = \frac{75.8 \times 10^3}{60 \times 1.55} = 815 < 960$$

$$\frac{R}{t_w (N + 5k)} = \frac{130 \times 10^3}{1.55 (30 + 5 \times 5.7)} = 1434 < 0.66 F_y$$

کنترل تیر

$$\frac{R}{t_w (N + 2.5k)} = \frac{75.83 \times 10^3}{1.55 (20 + 2.5 \times 5.7)} = 1428 < 1584 \text{ ok}$$

کنترل اسیرگی (محل بارش) :

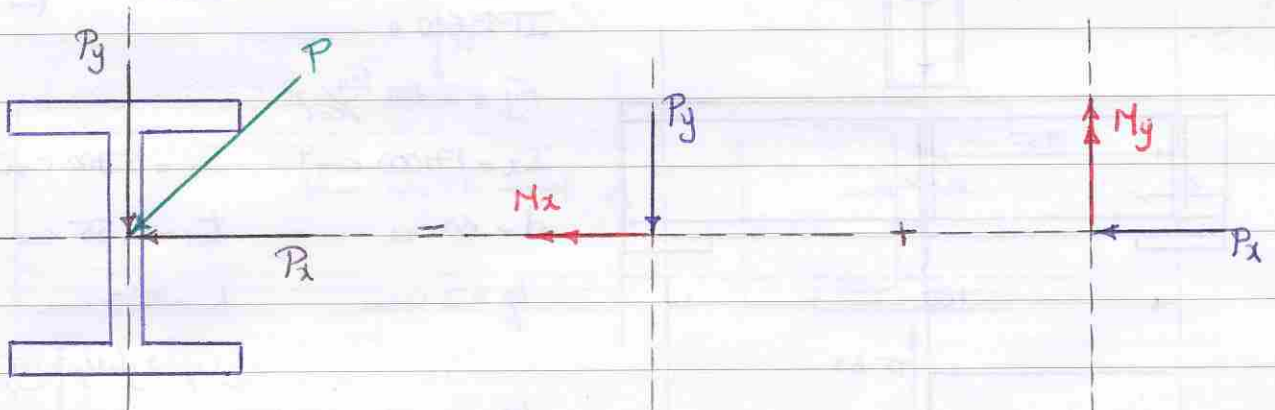
$$R = 566 \times 1.55^2 \left[1 + 3 \left(\frac{30}{60} \right) \left(\frac{1.55}{3} \right)^{1.5} \right] \times \sqrt{2400 \times \frac{3}{1.55} \times 10^{-3}} = 144.3 \text{ ton} > 130 \text{ ton} \quad \checkmark$$

$$R = 285 \times 1.55^2 \left[1 + 3 \left(\frac{30}{60} \right) \left(\frac{1.55}{3} \right)^{1.5} \right] \times \sqrt{2400 \times \frac{3}{1.55} \times 10^{-3}} = 64 \text{ ton} < 75.83 \quad \times$$

همواره توصیه می شود در محل تأثیر بارهای متمرکز سنجش به سمت لبه کتفه درجه بندی تر قرار داده شود. بهر جواب در صورت عدم جواب منفی.

خمش دوگانه :

در حالات متعددی خمش نسبت به محور اصلی مقطع رخ می دهد. در مواردی این مسئله پیش کار نیست که نیرو در دو استاندارد اصلی تجزیه شود و خمش بطور مستقل برای آن استاندارد نوشته شود سپس تنش های خمشی و برشی با توجه به جهت مربوطه با یکدیگر جمع شوند.



علامت تنش (تنش یا فشار بودن) با تئض استاتیکی

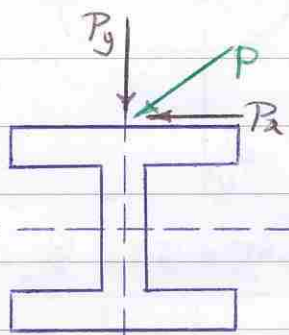
$$\begin{cases} f_b = + \frac{M_x}{S_x} + \frac{M_y}{S_y} \\ f_v = + \frac{V_x Q_x}{I_y t_x} + \frac{V_y Q_y}{I_x t_y} \end{cases}$$

رابطه طراحی :

$$F_b = + \frac{M_x}{S_x} + \frac{M_y}{S_y} \rightarrow S_x = \frac{1}{F_b} \left[M_x + M_y \frac{S_x}{S_y} \right]$$

1) IPB $\Rightarrow \frac{S_x}{S_y} \approx 3$ 2) UNP, INP, IPE $\Rightarrow \frac{S_x}{S_y} \approx 8$

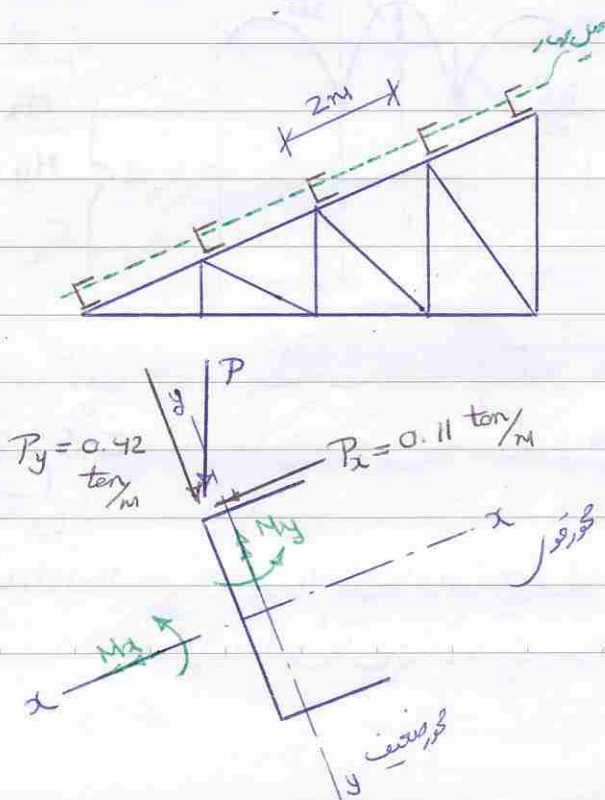
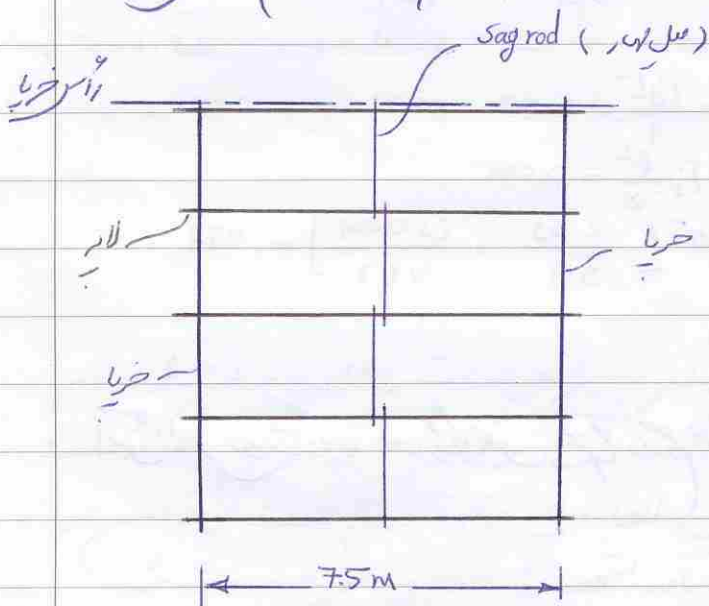
حالت خاص: حالتی که در این حالت موجودات نسبت به بارهای فوقانی مقطع اعمال گردد این بارگذاری در طراحی تیرهای سقف که ورق سقف برپای فوقانی متصل شده است موجود می آید. در این حالت همانطور که در شکل نشان داده شده است مولفه P_y توسط تمام مقطع حمل می گردد و P_x با آن مقابله می کند. اما مولفه P_x فقط توسط پال فوقانی تحمل می شود. این مقطع پال فوقانی تقریباً $\frac{1}{2}$ است، در نتیجه تنش خمشی در پال برابر بدست می آید.



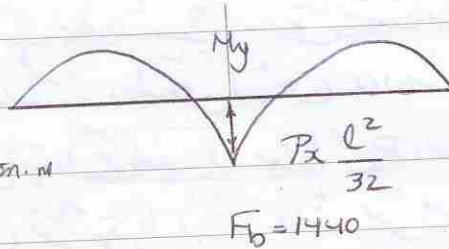
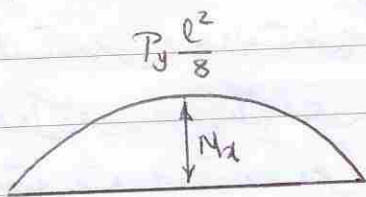
$$f_b = \pm \frac{M_x}{S_x} \pm \frac{M_y}{\frac{1}{2} S_y}$$

$$S_x = \frac{1}{F_b} [M_x + 2M_y \frac{S_x}{S_y}]$$

مثال (خارجی لایه بام): تیرهای لایه بام تیرهای سبکی هستند پوشش یک سقف لایه سوار را تحمل می نمایند. ورق لایه سوار سقف برپای فوقانی آن که نشسته می شود، یعنی حالت دوم بحث در مورد آنست که صدق است. لایه لایه بامی خمش حول محور دارای دماندای برابر با فاصله روخا یا دیو قلاب می باشد. اما برای خمش حول محور ضعیف (صاف) آن که توسط ضلع لایه (Sag rod) کوکب می شوند. (مطلوبت طراحی لایه بام با ضلع مستقر)



(درتسم سه بعدی در آرایش صفحه صورت گرفته است)

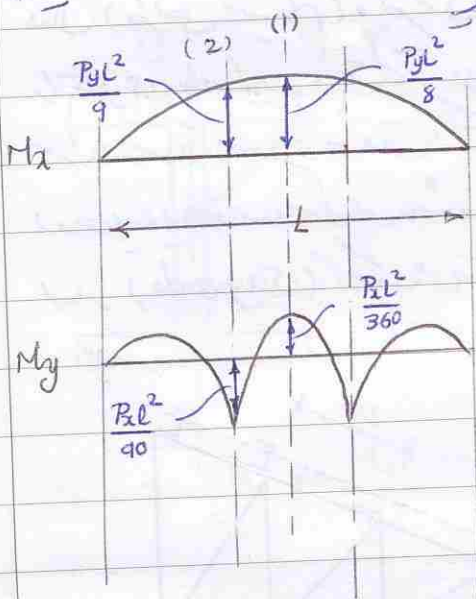


$$L = 7.5 \rightarrow \begin{cases} M_x = 0.42 \times \frac{7.5^2}{8} = 2.95 \text{ ton.m} \\ M_y = 0.11 \times \frac{7.5^2}{32} = 0.19 \text{ ton.m} \end{cases}$$

$$S_x = \frac{1}{1440} [2.95 + 2 \times 0.19 \times 8] \times 10^5 = 416$$

$$\text{UNP 260} \rightarrow F_b = \frac{2.9 \times 10^5}{371} + \frac{2 \times 0.19 \times 10^5}{47.7} = 795.15 + 796.65 = 1592 \text{ kg/cm}^2$$

تنگ مدیت آمده مقداری زیاد است. باید غیره نیز رخ را بالا ببریم، یا اصل هوا را در نقطه ۱/۳ قرار دهیم. اگر این کار انجام گیرد خود ارتعاش بخش بصورت نرمیست می آید.



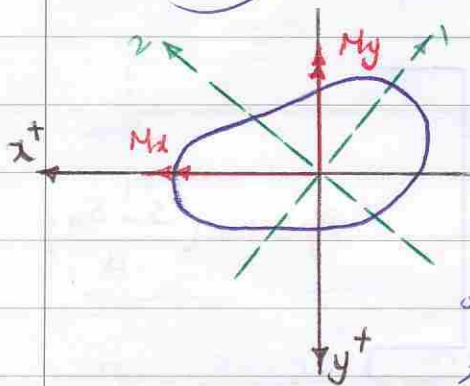
$$1 \left\{ \begin{aligned} M_x &= P_y \frac{L^2}{8} = 2.95 \text{ ton.m} \\ M_y &= P_x \frac{L^2}{360} = 0.11 \times \frac{7.5^2}{360} = 0.017 \\ F_b &= 10^5 \left(\frac{2.95}{371} + \frac{2 \times 0.017}{47.7} \right) = 796 + 72 = 868 \end{aligned} \right.$$

$$2 \left\{ \begin{aligned} M_x &= \frac{P_y L^2}{9} = 2.63 \\ M_y &= P_x \frac{L^2}{90} = 0.069 \\ F_b &= 10^5 \left[\frac{2.63}{371} + \frac{2 \times 0.069}{47.7} \right] = 999 \end{aligned} \right.$$

بازنش در مدیت آمده اجزایه کاهش نیز رخ را هم متوسط داری

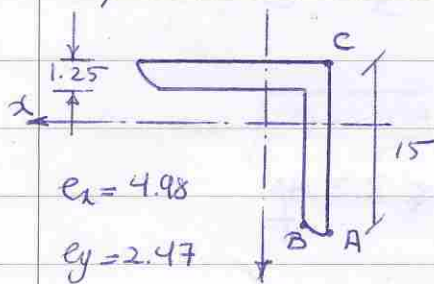
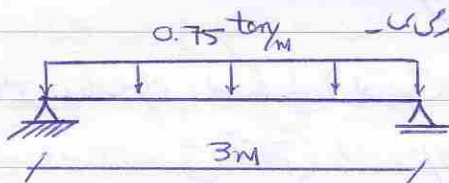
خمش کج (Skew bending)

اگر خمش حول محور اصلی رخ دهد و آن خمش کج نباشد رابطه خمش کج بر شرح زیر است و باید برای آن قرارداد علامت منطوق شود (شکل کشی مثبت و منفی است)



$$\frac{p}{t_b} = \frac{M_y I_x - M_x I_{xy}}{I_x I_y - I_{xy}^2} x + \frac{M_x I_y - M_y I_{xy}}{I_x I_y - I_{xy}^2} y$$

مثال: مطلوب است محاسبه تنش برای خمشی صدانه در بنی نشان داده شده وقتی که از آن بعنوان تیر بده استفاده می شود. پال بلندتر نسبت در مقدار قائم قرار دارد و بارهای قائم نیز در مقدار قائم از مرکز برش کشی عبور می کنند. به این صورت که هیچ گونه چرخش در بنی ایجاد نمی شود.



$$M_x = \frac{1}{8} \times 0.75 \times 3^2 = 0.844 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0$$

$$\frac{p}{t_b} = \frac{M_x (y I_y - I_{xy}^2)}{I_x I_y - I_{xy}^2}$$

$$\begin{cases} I_x = 679.69 \text{ cm}^4 \\ I_y = 244.92 \text{ cm}^4 \\ I_{xy} = 237.46 \text{ cm}^4 \end{cases}$$

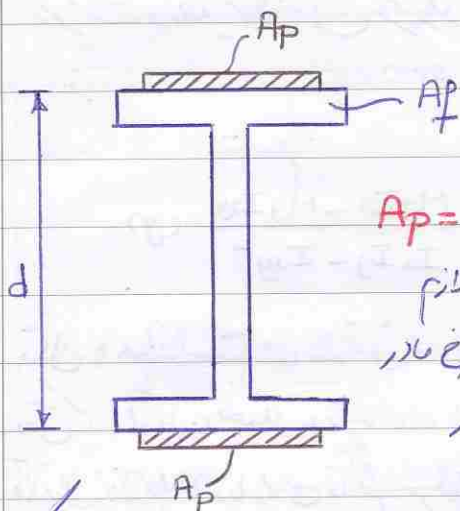
$$\begin{cases} x = 2.47 & y = 10.02 & \rightarrow p_A = 1432 \text{ kg/cm}^2 \\ x = 1.22 & y = 10.02 & \rightarrow p_B = 1660 \text{ kg/cm}^2 \\ x = 2.47 & y = 4.98 & \rightarrow p_C = 1385 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

نقطه A
نقطه B
نقطه C

تقویت نیرخ لمر استاندارد در بک ورق

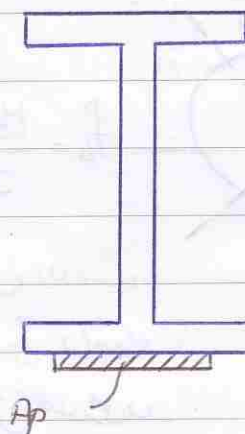
گاهی مواقع مشخصات هندسی نیرخ نورد شده جوابگو نیست و نیاز خاصی است. در این حالت خراج باید نیرخ را به یک ورق تقویت کنند. تقویت می تواند به کمک ورق یک طرفه یا دو طرفه انجام شود در صورتی که مصلوب تقویت با دو ورق می باشد. برای تعیین ابعاد ورق تقویتی در کام محنت می توان از ابعاد استاندارد نمود. پس از تعیین ابعاد اولیه باید مشخصات هندسی نیرخ تقویت شده محاسبه شده و کنترل کش انجام شود.

عضو ورق تقویتی می تواند کمتر یا بیشتر از عرض بال بریزد (تیر خورد شده). در تقویت ناحیه سوراخ
 صفت کمتر است عضو ورق بیش از عرض بال شود تا هنگام اتصال لاس برود. در ناحیه سوراخ
 عضو ورق اضافی است.



$$A_p = \frac{S - 0.9S_b}{d}$$

S: اسی مقطع لازم
 S_b : اسی مقطع نیزخ مادر
 d: ارتفاع نیزخ مادر



$$A_p = 1.2 \left(\frac{S - S_b}{d} \right)$$

اگر، ناچار برای جلوگیری از تقویت نامناسب، بعضی تقویت تیر اجتناب از تقویت با ورق ضعیف، سوراخ
 تحت ورق تقویتی را به 70٪ مساحت کل بال محدود می کنند (کش مل ورق تقویتی)

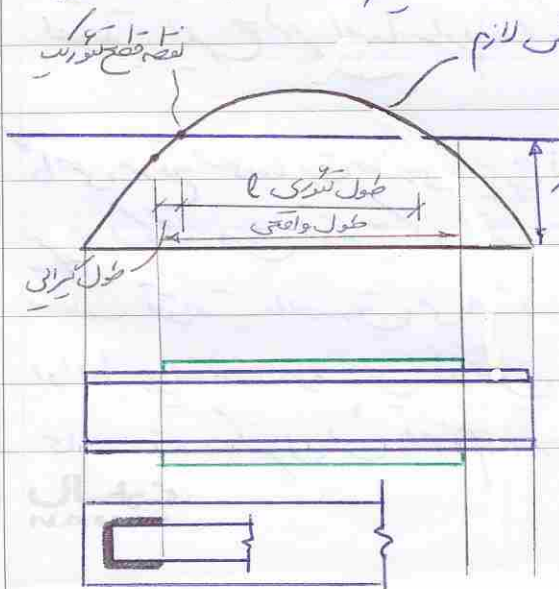
$$A_p \leq 0.7(A_p + A_f)$$

$$A_p = 0.7(A_p + A_f) \rightarrow 0.3A_p = 0.7A_f \rightarrow A_p \leq 2.3A_f$$

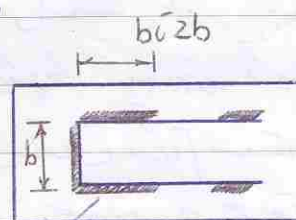
توصیه: تا حد اکثر نیزخ موجود در بازار استفاده کنید. بعد شروع در تقویت کنید.

طول ورق تقویتی

طول ورق تقویتی از تقاطع نمودار کمتر خمش با ظرفیت خمش مجاز نیزخ مادر بدست می آید.



(عضو ورق تقویتی) $2 \times$ طول تیرایی $\leftarrow$ عرض ورق تقویتی

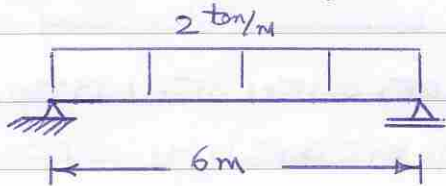


چون انتهای بال در هر کل ظرفیت خمش می باشد
 $(0.6F_y A_p)$

$b = (2 - 1.5) = 0.5$ متر → دور تا دور جوش شود
 $2b = 1$ متر → فقط دو (2) جان جوش شود

L طول کمر $l = L \sqrt{\frac{S - S_b}{S}}$ طول ورق تقویت

مثال: تیرین داده شده را با یک پنخ صغیر طراحی کرده، آنرا را تقویت کنید. (از تقویت در طرف استفاده کنید). اتکالی جانبی ندارد.



$$F_b = 0.6 \times 2400 = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{2 \times 6^2}{8} = 9 \text{ ton.m}$$

$$S = \frac{9 \times 10^5}{1440} = 625 \text{ cm}^3$$

$$\text{IPE 270, } S_b = 429 \text{ cm}^3$$

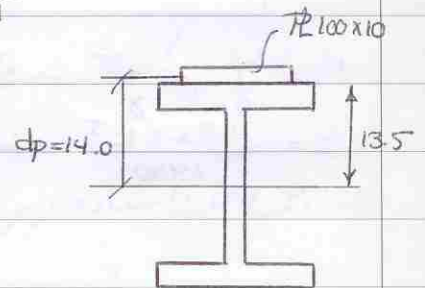
$$A_p = \frac{S - 0.9S_b}{d} = \frac{625 - 0.9 \times 429}{27} = 8.88 \text{ cm}^2$$

$$\text{USE 2PL 100 x 10 mm} \rightarrow A_p = 10 \text{ cm}^2$$

$$I_{\text{مجموع}} = I_b + 2A_p d^2 = 5790 + 2 \times 10 \times 14^2 = 9710$$

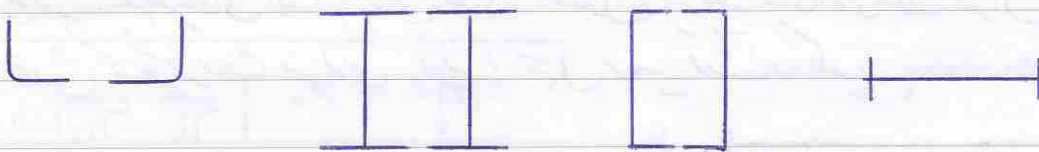
$$S = \frac{9710}{14.5} = 670 > 625$$

$$l = 600 \sqrt{\frac{625 - 429}{625}} = 336 \text{ cm} \rightarrow l = 3.6 \text{ m}$$



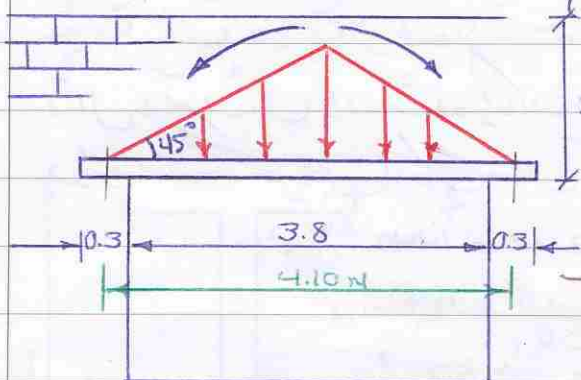
تیرهای برغل در کامر (Lintel)

تیرهای می بایستند که روی باز شو پنجه قرار داده می شوند. پنخ های صغیر از این نوع است.



در روی تیر برغل در کامر آخر چسب تا تیر از زیر سقف انجام می شود. وزن این کار به باید توسط تیر برغل در کامر تحمل شود. مقدار تیر از این وزن بصورت عمل قوی به یک نگاه به انتقال پیدا می کند. آنچه مهم تیر برغل در کامر است، هدایت مستوی ال صغیر باز شو است. 45 درجه است.

مثال: محلولت طراحی ترنفل در گاهی بازو نشانی داده شده در شکل
 طول نشین 0.3



دوبار اجرای 35cm با وزن مخصوص $1.85 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$

شدت صدک بارشتر $= 2.05 \times 0.35 \times 1.85 = 1.33 \text{ ton/m}$

کل بارشتر $(w_1) = \frac{1}{2} \times 1.33 \times 4.1 = 2.72 \text{ ton}$

وزنشتر $(w_2) = 0.03 \text{ ton/m}$

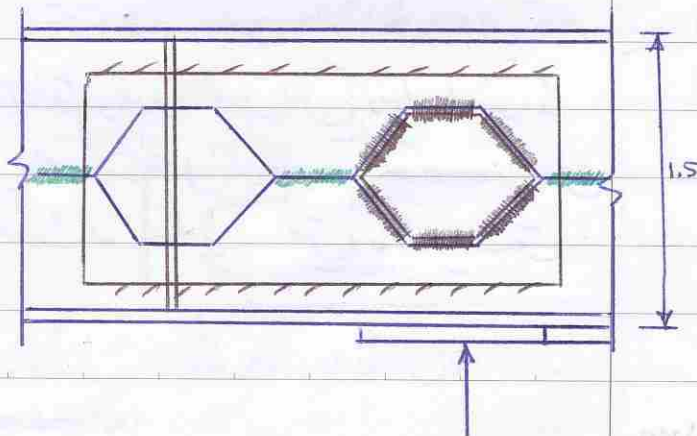
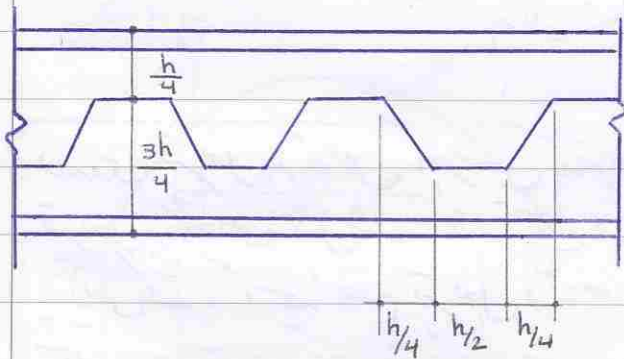
$$M = \frac{w_1 L}{6} + \frac{w_1 L^2}{8} = \frac{2.72 \times 4.1}{6} + \frac{0.03 \times 4.1^2}{3} = 1.92$$

$$S = \frac{1.92 \times 10^5}{1440} = 133 \rightarrow \text{USE 2 IPE 140, } S = 77.3 \times 2 = 154.6$$

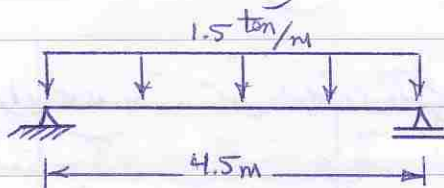
کنترل برش و تغییر شکل به همراه دالنجو

تیر لانه زنبوری (Castled Beams)

برای سفت تر شدن تیرهای سنگ با جان اینرسی و ارتفاع زیاد، تیرهای نورده را در افتاد جان با طرح زبانه خاص می زنند. سپس آن با رالنت و حجم قدری می لغزاند تا نقاط جداگانه و در حجم قرار گیرند. نقاط خاص و در حجم را صوبش می دهند. تیری با جان سوراخ دار وجود می آید که ارتفاع آن حدود 1.5 برابر ترنفلج دارد است. از نظر اقتصادی تیره ترنفلج را پس یک تا دو تیره کاهش می دهد. این تیر برای جوش سوار اقتصادی است ولی از لحاظ برش ضعیف است. در نواحی برش جداگانه سوراخ که این کمک ورق می کنند تا مقاومت برش افزایش یابد. از تیرهای لانه زنبوری فقط در عنوان تیر استفاده می شود. از آن به عنوان عضو اتصال جوش گرفته است زیرا برای زلزله را تحمل نمی آید استفاده نکنند.



مثال، تیرتختی ساده شده در شکل را با تیر آهنس لانه زنبوری طراحی کنید



$$M = \frac{ql^2}{8} = 3.8 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

$$F_b = 0.6 \times 2400 = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{3.8 \times 10^5}{1440} = 204 \text{ cm}^3$$

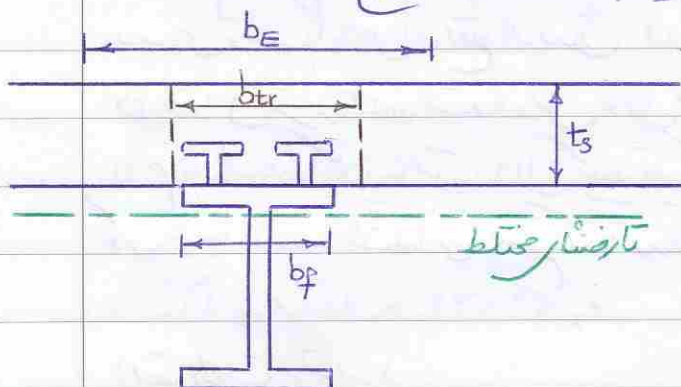
$$\text{CIPE 180 (Cast IPE 180)} \quad S = 229 \text{ cm}^3 > 204 \text{ cm}^3$$

مداول مربوط به لانه زنبوری در صفحات 849 ، 850 ، 851 موجودند

* این مورد استفاده برای مقطع سوراخ دار است

تیر لمب محفظه یا کامپوزیت (فولاد و بتن)

از دال بتنی واقع در روی تیر فولادی را به کمک الصالات مرکب مناسب با تیر فولادی یکپارچه نماییم، مقطعی محفظه متشکل از دال بتنی آرمه که در آن تیر فولادی که در بتن قرار می گیرد و دال بتنی در گشتی کار می کند بدین صورت می آید. صنعت تیری بسیار قوی تر از تیر فولادی تنهایی است. و مورد دال بتنی به منظور کف طبقه الزامی است. بنابراین تنها محارج اضافه الصالات مرکب خواص دارد که باید اضافه شود. در مقابل این اضافه محارج ناپایدار محفظه دلبت آمده بسیار قوی تر خواص دارد در این حالت باعث اقتصاد طرح می شود.



b_E عرض موثر

$$b_E = \min \begin{cases} L/4 \\ b \\ b_f + 16 t_s \end{cases}$$

L طول دهانه
 b کمترین عرض تیر

محاسبات خمشی

برای محاسبات خمشی از تیرهای تیرکلی صلب در مقاومت مصالح استفاده می شود. کل مقطع در مقطع فولادی تبدیل می شود، یعنی ارتفاع نامیده تنی دست من خورد و ثابت می ماند ولی عرض آن تبدیل به عرض تبدیل یافته می شود. یعنی بر عدد n تقسیم می شود که در آن n نسبت ضریب الاستیسیته فولاد به بتن می باشد.

$$b_{tr} = \frac{b_e}{n} \quad n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.1 \times 10^6}{15000 \sqrt{f_c}} = \frac{135}{\sqrt{f_c}}$$

$$f_c = 200 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow n = 10$$

مقطع خمشی حاصل، مقطع تبدیل یافته نامیده می شود. برای آن مشخصات هندسی شامل محل انحنای، این مقطع می باشد و در این بخش کنترل تنش صورت می گیرد.

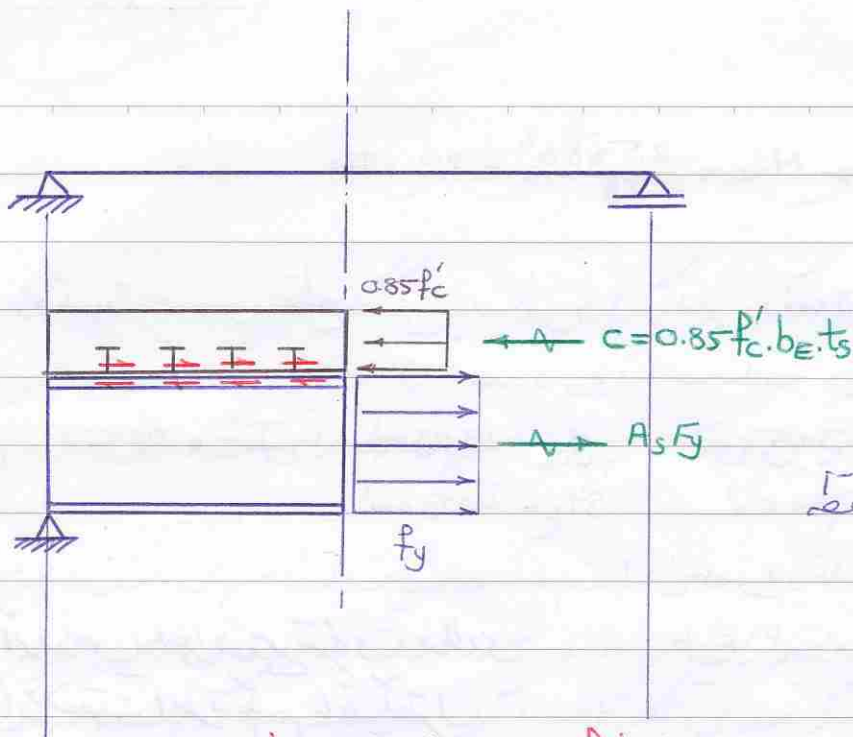
روش احراز

ابتدا تیر فولادی در جایی خود نصب و اتصالات آن کامل می شود. سپس قالب سقف در حقیقت دو تیرچه قرار داده شده، سقف ارتفاع تیر می شود و بتن پری صورت می گیرد. در هنگام بتن پری می توان در زیر تیرچه فولادی از بار موقت استفاده نمود یا می شود که استفاده نکرد. در حالت دوم نیاز به کنترل اضافی وجود دارد که به موقع بر آن اشاره می شود. به جایی قالب گاهی مواقع از ورق فولاده ای استفاده می شود، یعنی برای تیرچه های ورق فولاده ای قرار داده شده و بتن پری صورت می گیرد. اگر ورق فولاده ای دارای برجستگی های لازم باشد بطوریکه با بتن دال یکپارچه گردد، در صورت از ورق فولاده ای استفاده می توانیم ارتفاع تیرهای دال را کاهش داد.

اتصالات برشگیر

طبق آیین نامه فولاد جهت حجم اتصالات برشگیر می توانست بصورت طنج یا ناودانی باشند. نیروی برش مقاوم طنج که در جدول جهت حجم (حواشی صفحه 39) ارائه شده است. برای محاسبه برشگیر اتصالات جری اینانی از استفاده می شود و در محاسبه آن تعداد برشگیر

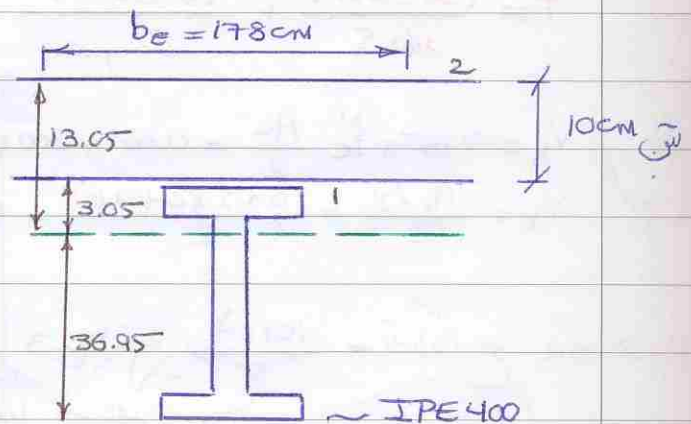
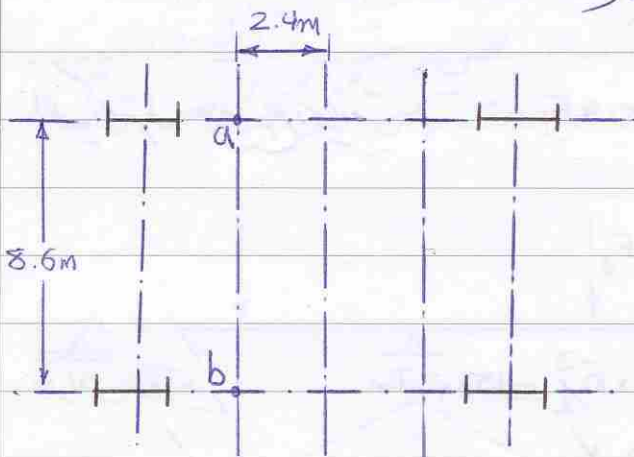
بدست می آید.



n تعداد برشگیر از یک سطح تا سطح
مداکثر تنش

$$n = \frac{\text{مقاومت مجاز برشگیر}}{\text{Min} (1/2 A_s f_y \text{ و } 1/2 \times 0.85 f'_c b_e d_s)}$$

مثال: مقطع ترکیب (ریلاخ سقف از طراحی کنید)
 $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ $n = 10$



$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \quad n = 10$$

$$f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{بار زنده} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{بار مرده + نازک کاری} = 250 \text{ kg/m}^2$$

عرض بارگیر = 2.4 m بعضی بار وارد بر تیرچه ab :

وزن تیر = 0.0663 ton/m وزن نازک کاری = $2.4 \times 0.25 = 0.6$

وزن دال = $2.4 \times 0.1 \times 2.4 = 0.58 \text{ ton/m}$ بار زنده = $2.4 \times 0.5 = 1.2$

$$\text{وزن} = 2.5 \text{ ton/m} \rightarrow M_{max} = \frac{2.5 \times 8.6^2}{8} = 23.1 \text{ ton}$$

$$\text{عرض تیر در لبه} = b_t = \frac{178}{10} = 17.8 \text{ cm}$$

می سابت هندسی سطح

$$\begin{array}{llll} y_b = 36.95 \text{ cm} & y_{t1} = 3.05 \text{ cm} & y_{t2} = 13.05 \text{ cm} & I_{tr} = 60423 \\ S_b = 1635 \text{ cm}^3 & S_{t1} = 19811 \text{ cm}^3 & S_{t2} = 4650 \text{ cm}^3 & \end{array}$$

$$f_b = \frac{23.1 \times 10^5}{1635} = 1413 \text{ kg/cm}^2 \text{ o.k.}$$

از درص احوا در زیر تیر می فولادی
بار صفت اخرا ننگیم باید کنترل
صورت گیرد

$$f_{b1} = \frac{23.1 \times 10^5}{19811}$$

$$f_{b2} = \frac{1}{10} \times \frac{23.1 \times 10^5}{4650} = 50 \text{ kg/cm}^2 < 0.45 f_c$$

$$f = \frac{M}{S_s \text{ فولاد}} + \frac{M}{S_{\text{composite}}} \leq 0.9 f_y$$

(IPE 450) S_s فولاد $S_{\text{composite}}$

این کنترل بیشتر در است

$$f = \frac{M}{S_s \text{ فولاد}} + \frac{M}{S_{\text{composite}} \text{ bottom}} \leq 0.9 f_y$$

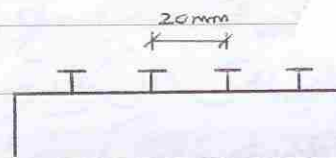
$$V_h = 0.85 \times f_c' \times \frac{A_c}{2} = 0.85 \times 200 \times 178 \times 10 \times 10^{-3} / 2 = 151.3 \text{ ton}$$

$$V_h = \frac{A_s F_y}{2} = \frac{84.5 \times 240 \times 10^{-3}}{2} = 101.4 \text{ ton} \checkmark$$

طراحی برشگیر

$$20 \text{ mm} \times \frac{101.4}{5} = 20.3$$

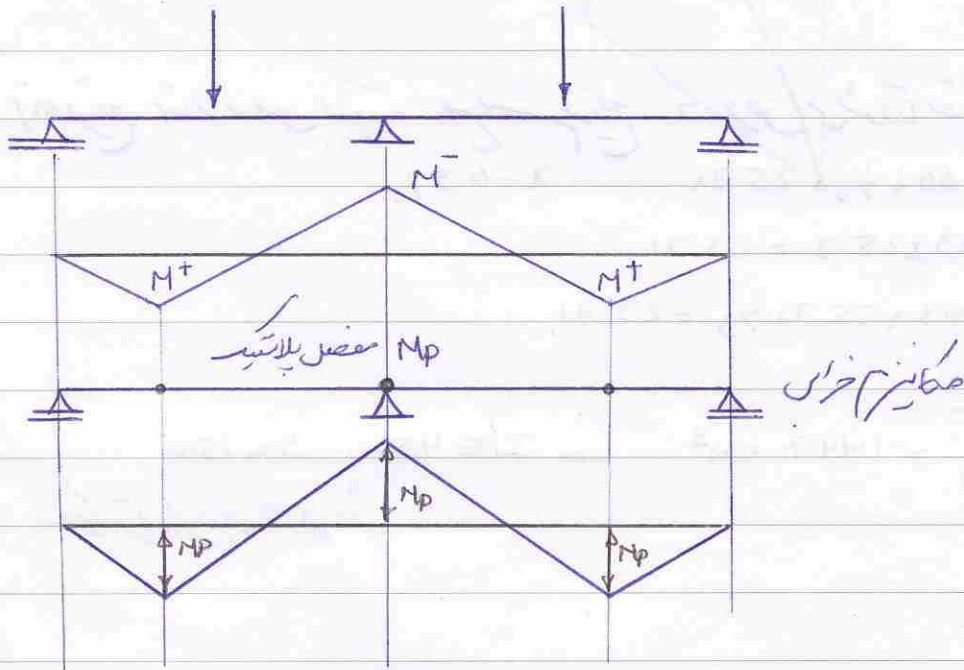
صبر این زمانه



«تیرهای سراسری با اتکای جانبی»

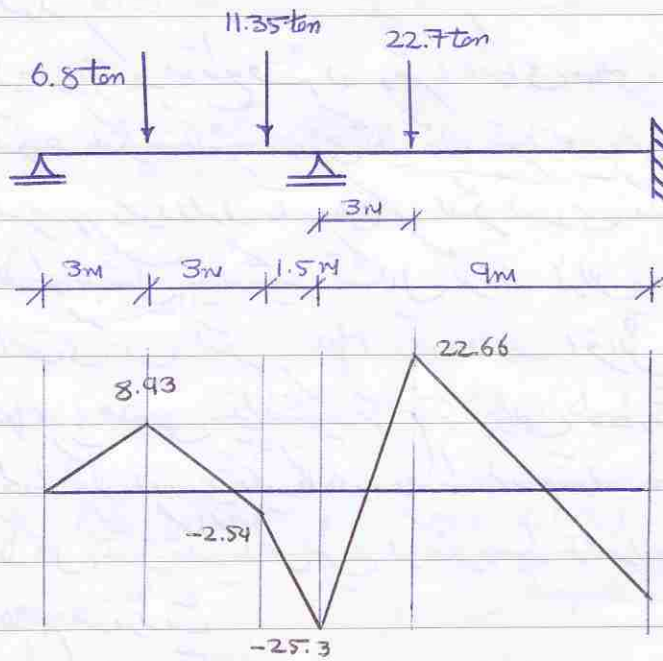
برای طراحی تیرهای سراسری ابتدا باید آن را بارگذاری و سپس در یک تکیه از روش کمی مشاهده شده تحلیل می‌نماید (نخستین گام، معادله تیری، سپس محاسبه تیرهای برشی و گشتاورهای آن رسم شده و طراحی می‌تواند بر این اساس انجام گیرد و برای تیر و برش انجام شود.

در صورتی که مقطع فربه و تیر با اتکای جانبی باشد، از تغییرات ناخواسته می‌تواند حاصل شود. تیر در تیرهای گسترده در روی تکیه گاه تیر از این نوع و هنوز قدرت باربر قابل توجهی در تیر سراسری وجود دارد. با فرضی که تیر در روی تکیه گاه به تیر پلاستیک M_p برسد و در آن نقطه مفصل پلاستیک تشکیل گردد. از این روش تیر سراسری نیز تیرهای است که در انتهای آن تیر M_p وجود دارد. احوالی بار می‌تواند صورت گیرد تا در داخل تیر در M_p یا مفصل پلاستیک رسم. در این لحظه تیر خراب شده و تبدیل به مکانیزم می‌شود. در این لحظه تیر در روی تکیه گاه و وسط تیر مقدار M_p است. یعنی برخلاف حالت الاستیک که در آن تیر تکیه گاه بیش از تیر وسط را می‌برد در حالت نهایی تیر تکیه گاه خاص در وسط کار با هم صاف می‌شود.



بار توزیع شده

باتوجه به کثافت انجام شده و تعادل گزینشی و ضعیف در حالت پهنایی، آیین نامه اجازه می دهد در مورد بار گزینشی الاستیک از گزینشی تا ۱۰٪ کاهش دهیم و ضعیف نسبت به گزینشی ضعیف اضافه کنیم. این موضوع منب تعادل گزینشی و ضعیف می شود که اگر بار توزیع گزینشی



مثال ۸

استفاده از بار توزیع

$$M^- = 25.3 - 0.1 \times 25.3 = 22.77$$

$$M^+ = 22.66 + 0.1 \times 25.3 \times \frac{2}{3} = 24.35 \text{ ton.m}$$

۱۰٪ توزیع مقدار ضعیفی نیست. فرض می شود که تعادل برقرار شود

$$25.3 - 25.3x = 22.66 + \frac{2}{3} \times 25.3x \quad x = 6.3\%$$

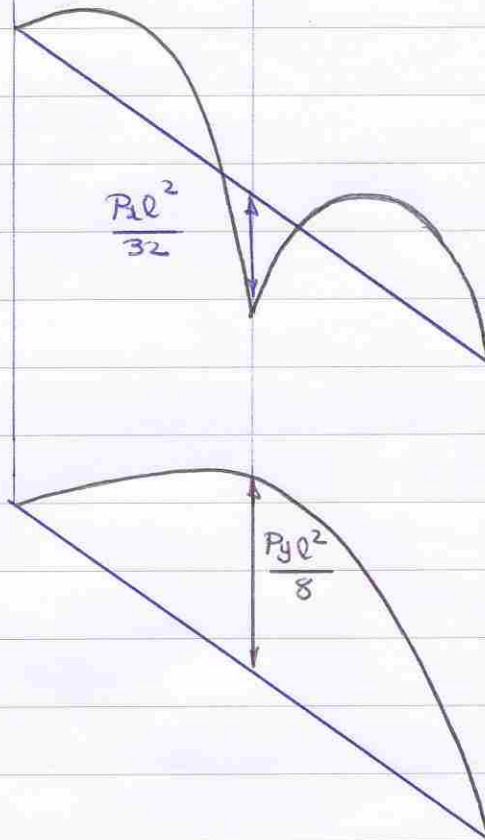
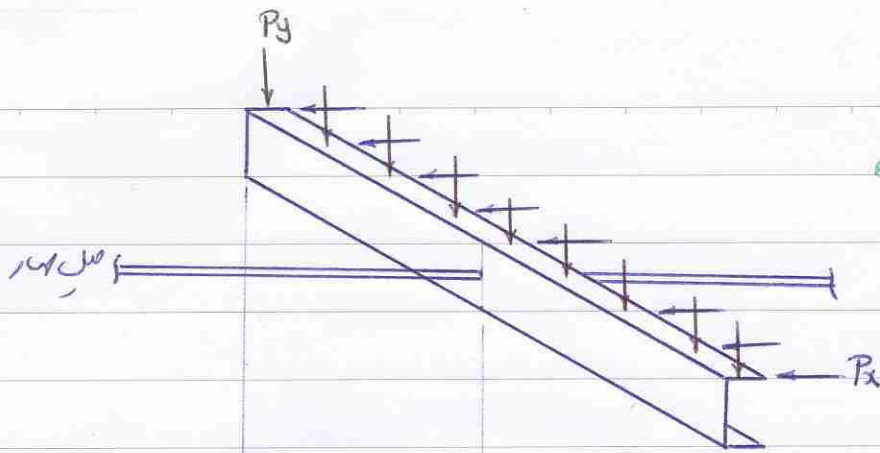
$$M^- = 25.3 - 0.063 \times 25.3 = 23.71$$

$$M^+ = 22.66 + 0.063 \times 25.3 \times \frac{2}{3} = 23.71$$

$$S = \frac{23.71 \times 10^5}{0.66 \times 2400} = 1497 \text{ cm}^3 \rightarrow \text{IPE 450, } S = 1500$$

سایر گزینشی که به همراه داشته

فشار همیش دوگانه



در صورت لزوم می توانید با آدرس پست الکترونیکی زیر
انتقادات و پیشنهادات خود را ارائه فرمائید .

hamid_kazem041@yahoo.com