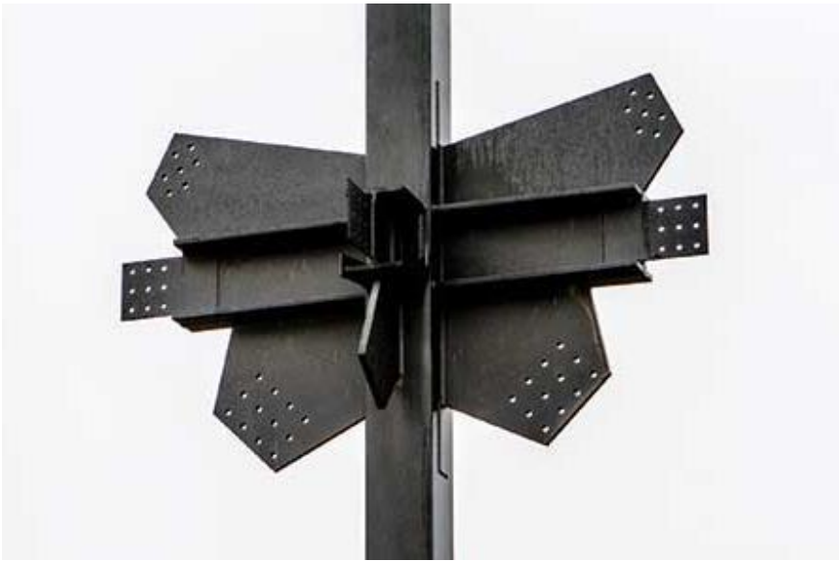


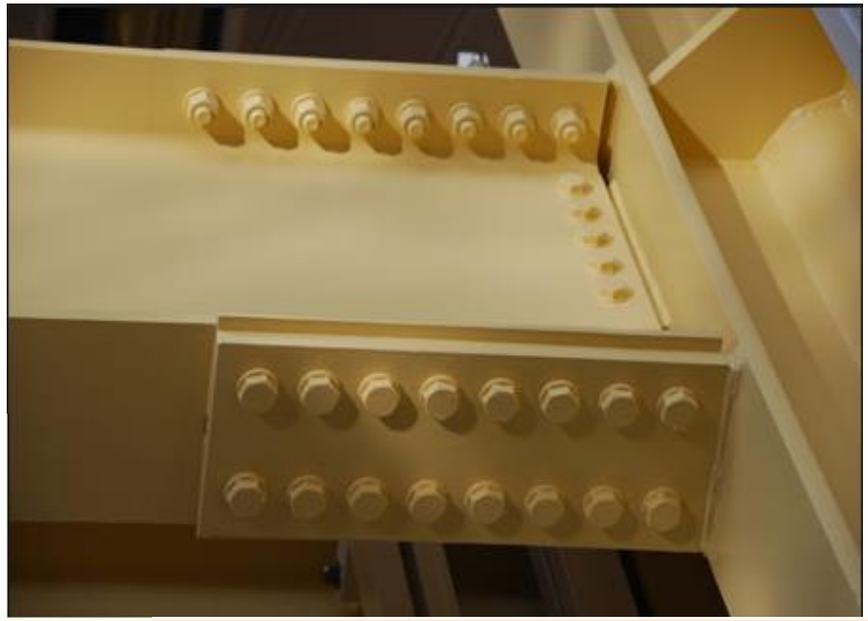
سمینار آموزشی

طرح و اجرای اتصالات پیچی در سازه های فولادی

ارائه : دکتر سید رسول میرقادری

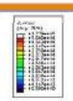
بهمن ۱۳۹۳





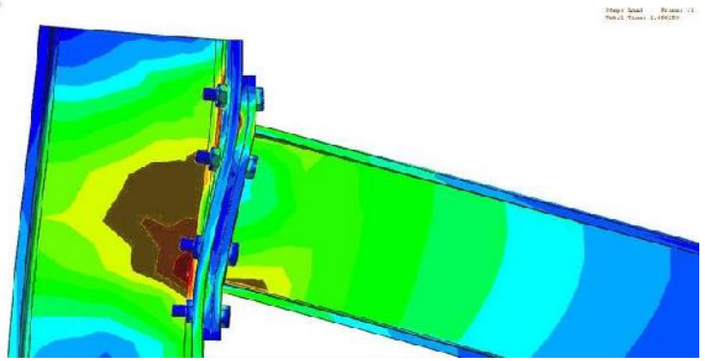


پیچ و اتصالات پیچی



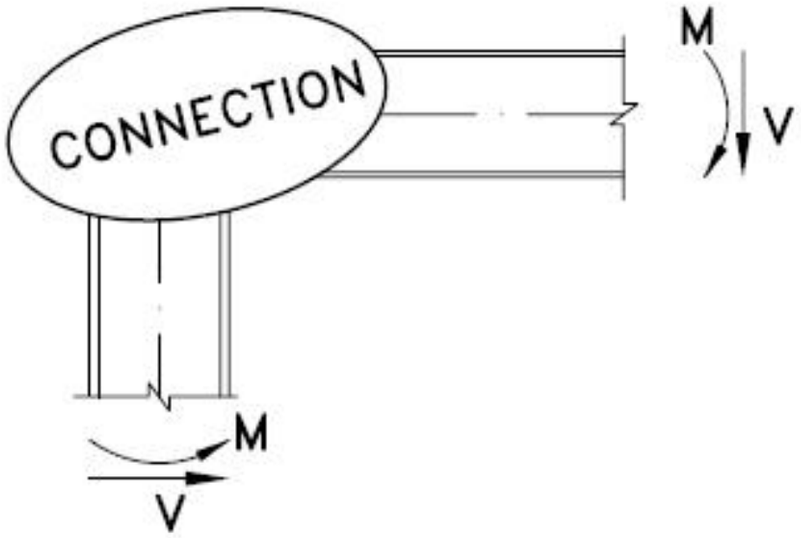
ارائه دهنده: دکتر سید رسول میرقادری

تهیه کننده: مهندس فرهاد کشاورزی



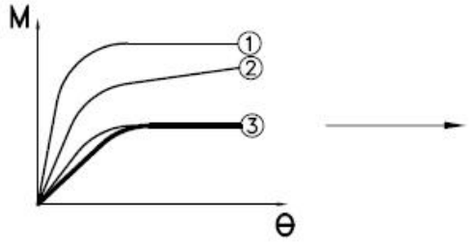
اتصالات و قیود

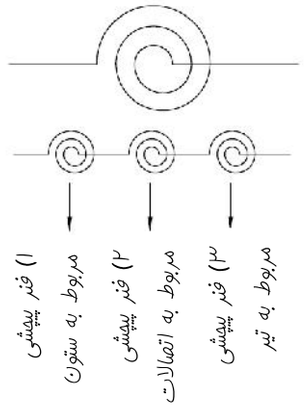
با نگاهی به محیط اطرافمان، برای مثال در داخل خانه، اشیاء بسیاری را می‌توانیم پیدا کنیم که هر کدام از اجزاء و اعضایی تشکیل شده‌اند

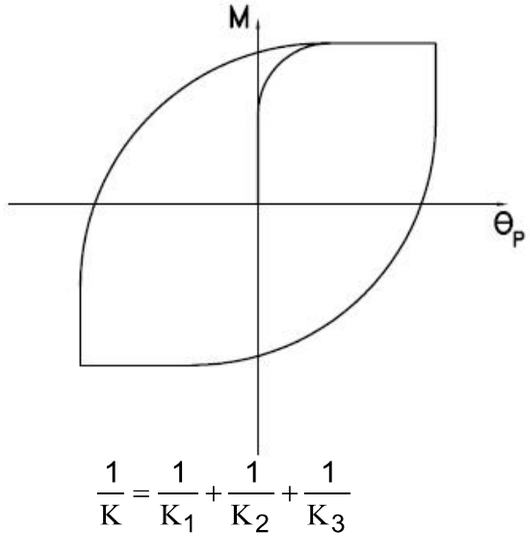


اتصال

شی یکپارچه







سختی معادل فنرهای پیچشی سری

اتصال محیطی را فراهم کرده است که یک نوع انتقال بین تلاشهای مختلف اجزاء برقرار می گردد.

اتصالات و قیود

اما با نگاهی ریزتر می توان دریافت که خود اتصالات نیز دارای ادواتی می باشند که با فن خاصی به یکدیگر متصل می گردندو عبارتند از :



◀ **جوش:** اتصال اعضای سازه به کمک حرارت و ذوب شدن موضعی نواحی اتصال و یکپارچه سازی مصالح با یکدیگر توسط فلز جوش



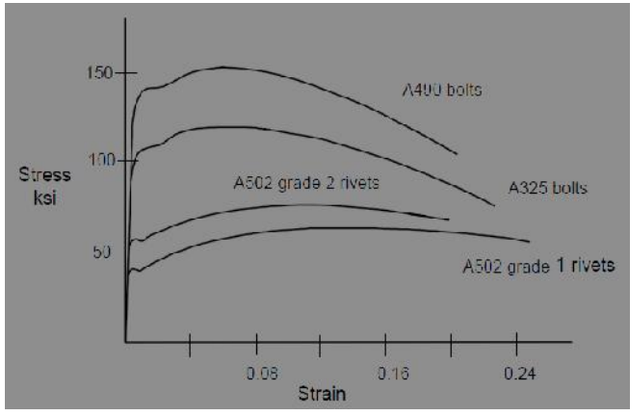
◀ **پرچ:** از قدیمی ترین ادوات اتصال برای سازه های فولادی هستند. پرچها با قطر ۱ تا ۴ سانتیمتر ساخته شده و دارای دو نوع به نامهای **A502-Gr1** و **A502-Gr2** در استاندارد **ASTM** می باشند.

$$\text{A502} - \text{Gr1}: F_y = 1950kg/cm^2 F_u = 3600 - 4350kg/cm^2$$
$$\text{A502} - \text{Gr2}: F_y = 2670kg/cm^2 F_u = 4780 - 5760kg/cm^2$$



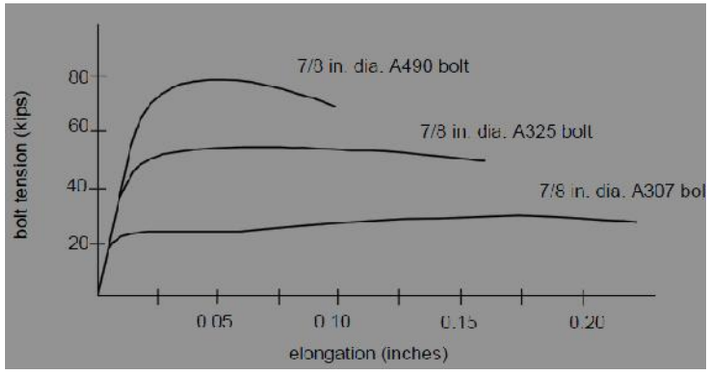
◀ **پیچ:** به دو صورت معمولی و پر مقاومت مورد استفاده قرار می گیرند.

انواع پیچ :



پیچ های معمولی

- از نوع فولاد نرمه با کربن کم می باشد.
- در استاندارد **ASTM** با علامت **A307** مشخص می شوند که در کله پیچ حک شده است.
- مورد مصرف این پیچ ها در سازه های سبک و اعضای درجه دوم سازها می باشد. همچنین در اتصالاتی که اعضای اصلی آن توسط جوش و یا پیچهای پر مقاومت متصل می شوند، استفاده می شود.
- پیچ های **4.6**، **4.8**، **5.6**، **6.8** در زمره پیچ های معمولی می باشند. (عدد اول با ضریب ۱۰۰ معرف مقاومت کششی نهایی بر حسب **kg/cm²** و ۱۰٪ حاصلضرب عدد دوم در مقاومت نهایی بیانگر مقاومت تسلیم این پیچ هاست.
- از قطرهای ۱۲ میلیمتر (**M12**) تا ۳۶ میلیمتر (**M36**) در بازار یافت می شوند.

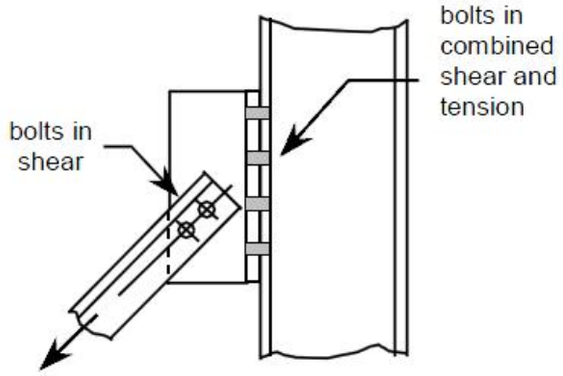


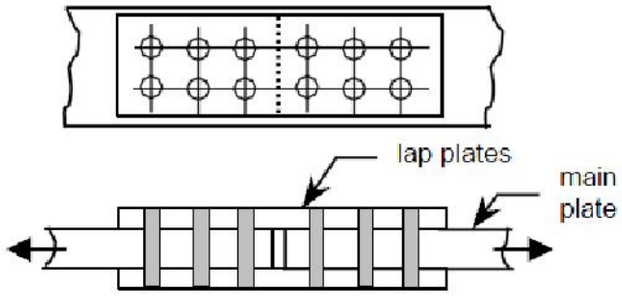
پیچ های پرمقاومت

- از نوع فولاد نرمه با کربن متوسط می باشد.
- در استاندارد **ASTM** با علامت **A325** و **A449** مشخص می شوند.
- بدلیل قابلیت تحمل خوب نیروهای پیش تنیدگی برای اتصالات اصطکاکی کاربرد وسیع دارند.
- پیچ های **8.8**، **10.9** در زمره پیچ های پرمقاومت می باشند. (عدد اول با ضریب ۱۰۰ معرف مقاومت کششی نهایی بر حسب **kg/cm²** و ۱۰٪ حاصلضرب عدد دوم در مقاومت نهایی بیانگر مقاومت تسلیم این پیچ هاست.
- از قطرهای ۱۲ میلیمتر (**M12**) تا ۳۶ میلیمتر (**M36**) در بازار یافت می شوند.

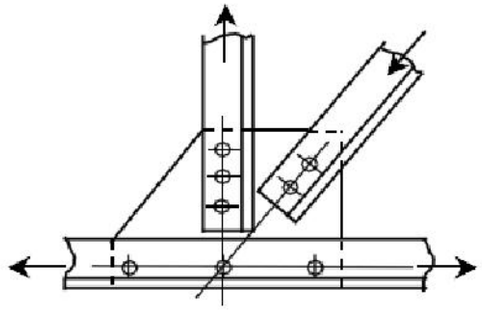
انواع اتصالات پیچ :

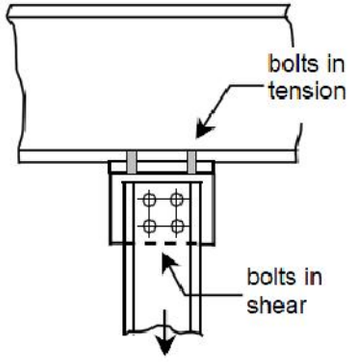
بر حسب هندسه اتصال و مسیر انتقال بار پیچها می توانند تحت اثر :

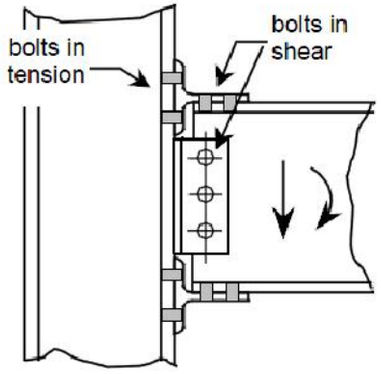


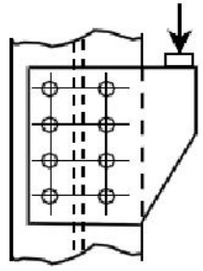


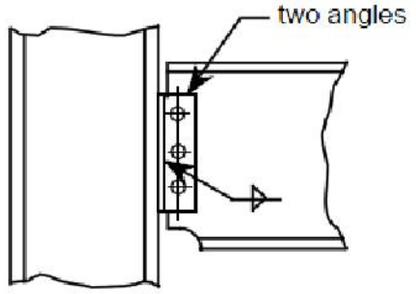
Lap Splice


Truss Joint






Eccentric Joint

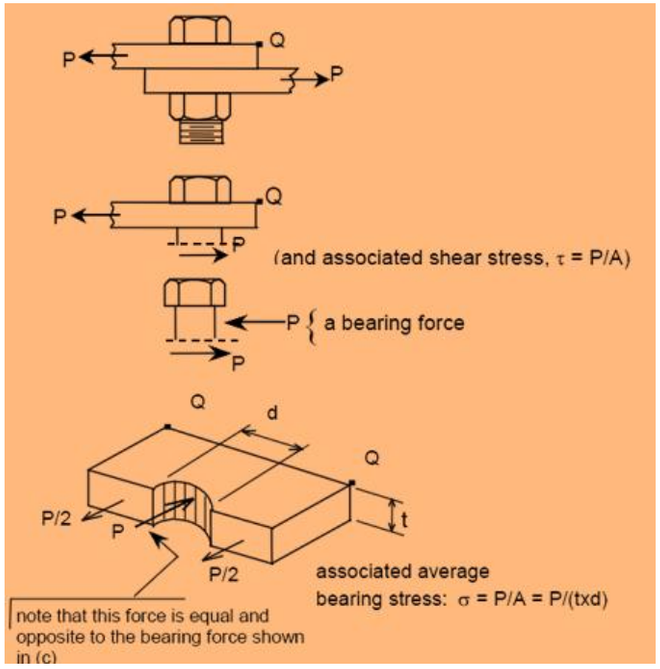


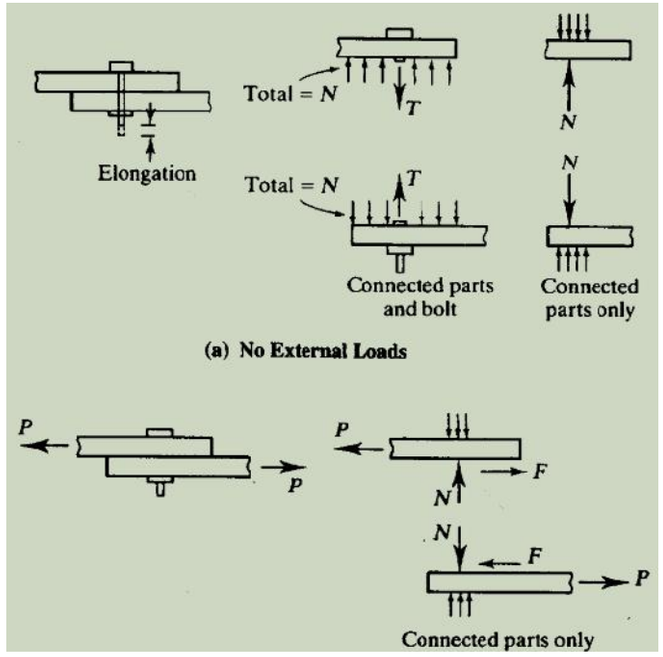
Standard Beam Connection

مکانیزم های اتصالات پیچی

اتصال اتکایی

قطعاتی که توسط پیچ به یکدیگر متصل شده اند، پس از پشت سر گذاشتن مقاومت اصطکاکی جزئی بطور جهشی در خلاف جهت همدیگر می لغزند. پس از لغزش، جداره پیچ بر جداره سوراخ چسبیده و نیروهای اعمالی با ایجاد تنش برشی در پیچ یا تنش فشاری به جداره پیچ منتقل می شوند.



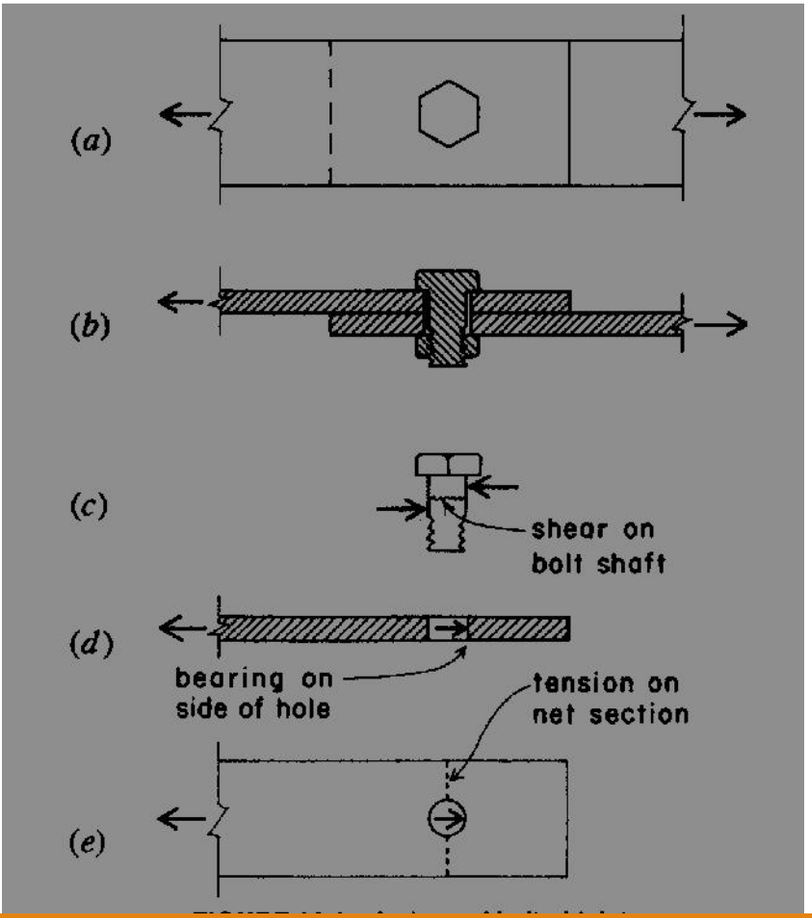


اتصال اصطکاکی

با ایجاد نیروی پیش تنیدگی در پیچ، فشاری معادل این نیرو بر روی ورق های اتصال وارد می شود. و بدین صورت با بسیج کردن اصطکاک بین دو قطعه مقاومت در برابر برش بوجود می آید.

اتصال اتکایی:

اصولاً این اتصالات مقاومت لازم در برابر تقاضای وارده را بر اساس سطح مقطع پیچ متکی به جداره سورخ های تعبیه شده در ادوات اتصال تامین می کنند.



مکانیزم های گسیختگی در این نوع اتصال عبارتند از:

۱) گسیختگی یا تسلیم ورق تحت اثر کشش

۲) گسیختگی برشی پیچ

۳) لهیدگی ورق ولهیدگی بدنه پیچ

۴) پارگی انتهایی ورق در اثر برش

۵) برش قالبی

اتصال اتکایی:

گام اول: کنترل مقاومت کششی طراحی در ورق هایی اتصال

$$T_u \leq \varphi P_n = 0.9 F_y A_g$$
$$T_u \leq \varphi P_n = 0.75 F_u A_e$$

A_g و A_e به ترتیب سطح مقطع کل و سطح مقطع خالص مؤثر هستند.

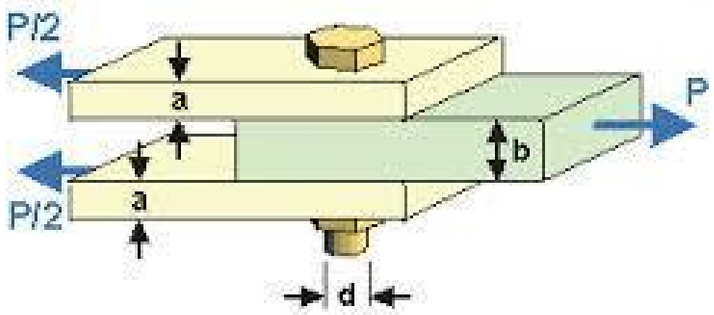
F_y = تنش تسلیم ورق

F_u = تنش کششی نهایی ورق



گام دوم: کنترل مقاومت برشی پیچ ها

در صورتی که سطح برش از سطح دندانه دار پیچ عبور کند، آیین نامه های طراحی مقاومت طراحی برشی را حدود ۳۰٪ کاهش می دهند.

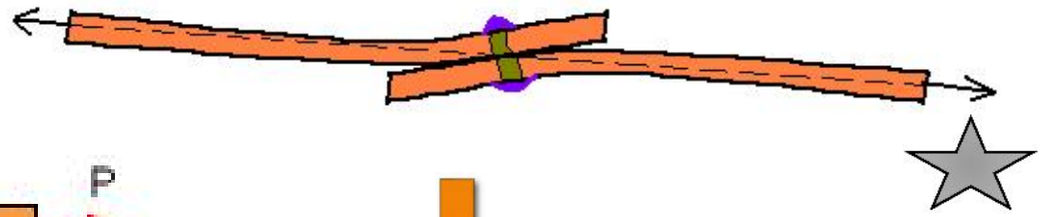


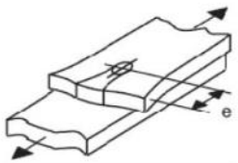
اتصال اتکایی:

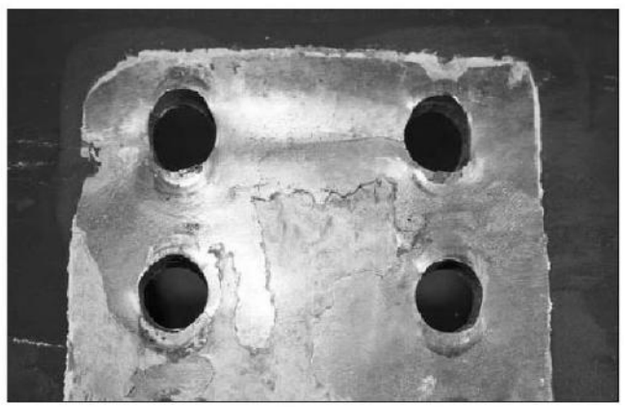
گام سوم: کنترل تنش های لهیدگی

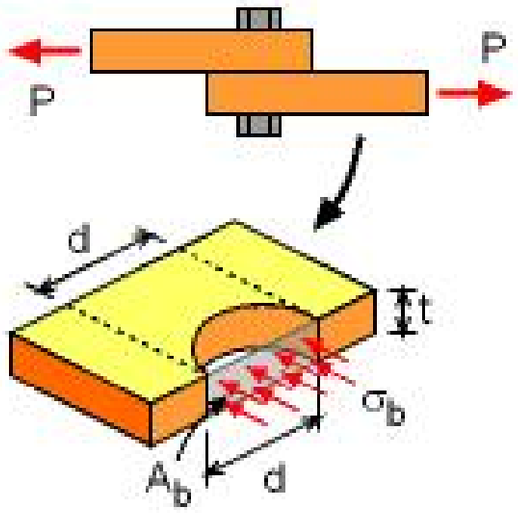
در اتصالات اتکایی به محض وقوع لغزش بین ورق های اتصال، بدنه پیچها با جداره سوراخ تماس پیدا کرده که تنشهای فشاری ناشی از این فشار، تنش های لهیدگی خوانده می شود.

$$f_p = \frac{P}{n_b d_b t}$$

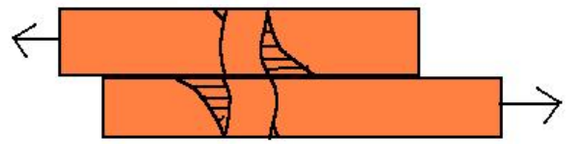






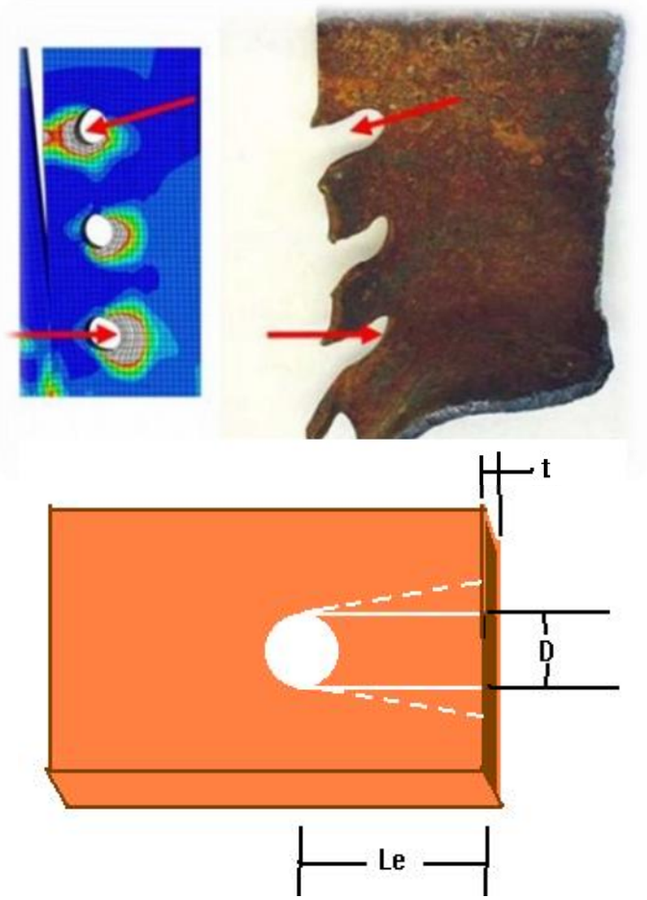


تمایل به خمش در ورقهای متصل همپوشانی شده می توانند تنش های غیر یکنواختی برای تنش لهیدگی ایجاد نماید.



اتصال اتکایی:

$$R_n = 2t\tau_u^p(L_e - \frac{D}{2})$$



گام چهارم : پارگی انتهایی ورق در اثر برش

در اثر اعمال نیروی خارجی انتهای ورق ها ممکن است در اثر برش گسیخته شوند.

که **D** قطر سوراخ، و فاصله مرکز تا مرکز آن تا لبه انتهایی L_e می باشد. با توجه به اینکه $\tau_u^p = 0.7F_u$ و همچنین حداقل فاصله توصیه شده **2.67D** برای فاصله مرکز تا مرکز پیچ ها:

$$R_n = 3F_uDt$$

که بر اساس توصیه **AISC** و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان این رابطه بصورت زیر پیشنهاد شده است:

$$R_n = 2.4F_uDt$$

اتصال اتکایی:

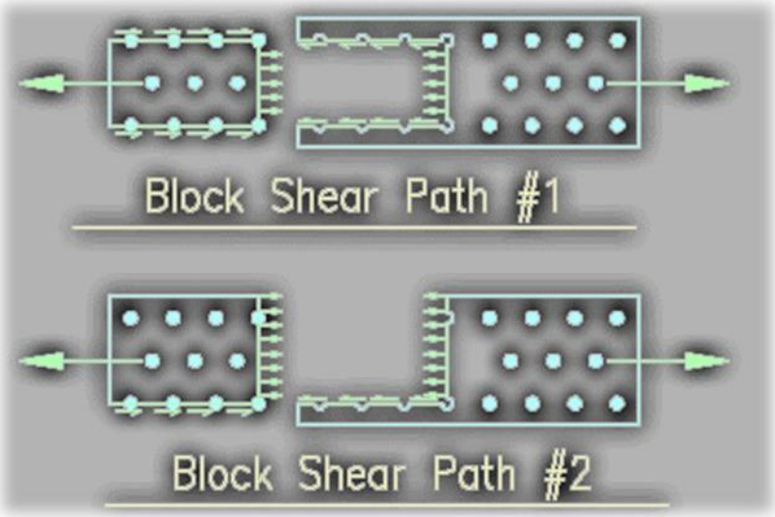
گام پنجم: برش قالبی

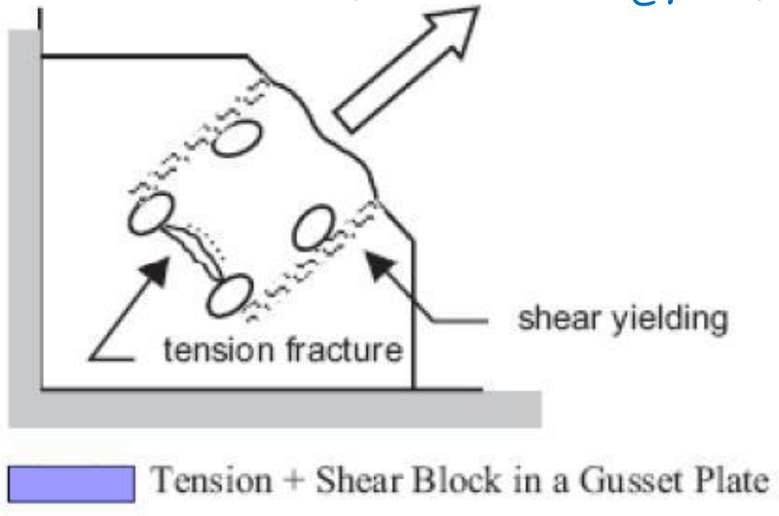
$$R_n = \min(0.6F_uA_{nv} + U_{bs}F_uA_{nt}, 0.6F_yA_{gv} + U_{bs}F_uA_{nt})$$

نیروی وارده به اتصال به اندازه ای باشد که از ترکیب شکست برشی با کششی در طول یک مسیر در لبه قطعه متصل شده رخ دهد .

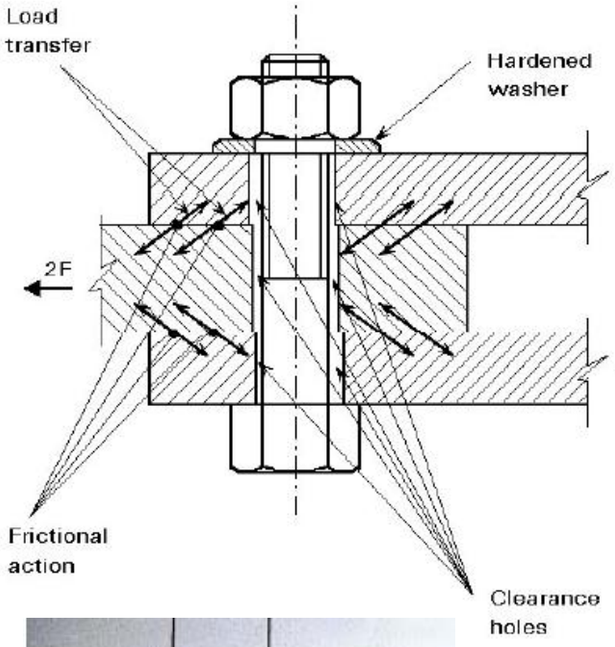
این مود شکست بسیار شبیه حالاتی می باشد که فاصله تا لبه برای پیچ ها رعیت نشده باشد.

A_{gv} سطح مقطع کلی تحت برش، A_{nt} سطح مقطع خالص تحت کشش، A_{nv} سطح مقطع خالص تحت برش، U_{bs} ضریب توزیع تنش که برای توزیع یکنواخت تنش کششی در انتهای عضو برابر **1.0** و برای توزیع غیر یکنواخت آن برابر **0.5** است.

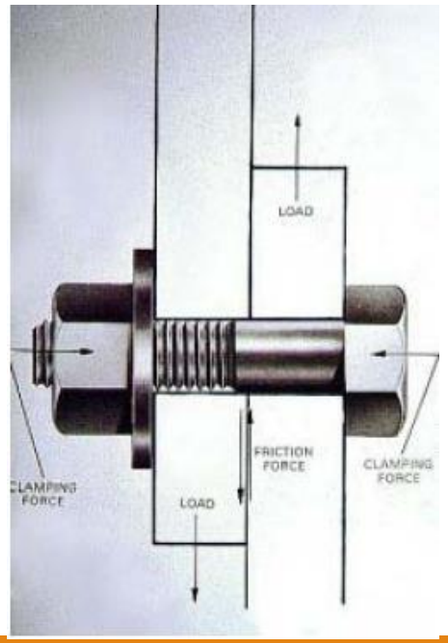




اتصال اصطکاکی :

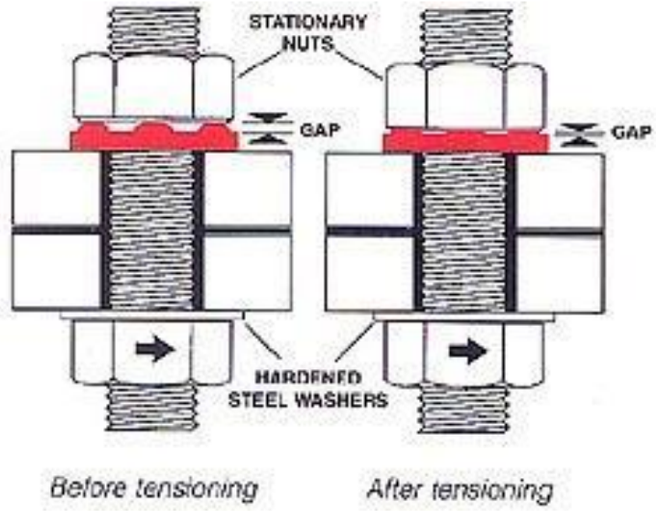


- با ایجاد نیروی پیش تنیدگی **Tb** در پیچ، فشاری معادل این نیرو بر روی ورق های اتصال وارد می شود.
- در مواردی که قرار است هیچ گونه لغزشی بین ورقهای اتصال رخ ندهد، از این اتصالات استفاده می شود.
- به محض آغاز لغزش بین ورق ها، نیروی اصطکاکی $N_f = \mu T_b$ باعث جلوگیری از لغزش می شود.
- مکانیزم های گسیختگی در این نوع اتصال نیز مانند اتصال اتکایی می باشد.



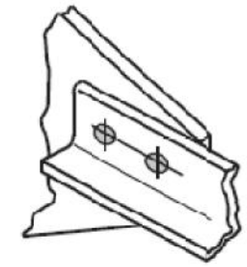
Research Council on Structural Connections (RCSC) prescribes four tightening procedures.

1. Turn of the nut method
2. Calibrated-wrench tightening
3. Installation of alternate design bolts
4. Direct-tension-indicator tightening

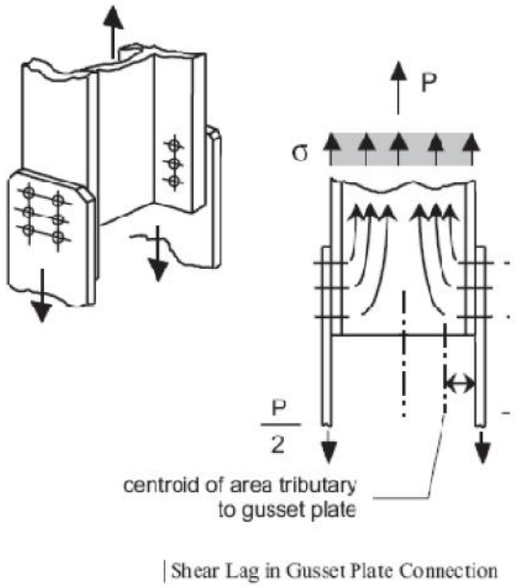


Direct Tension Indicating Washers

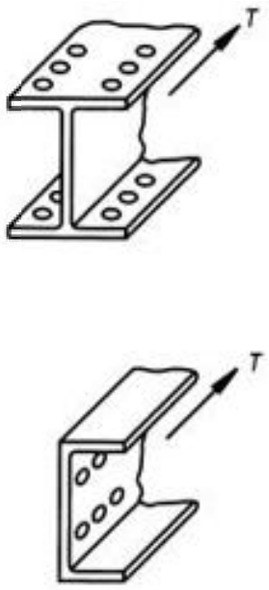
پدیده تاخیر برشی :

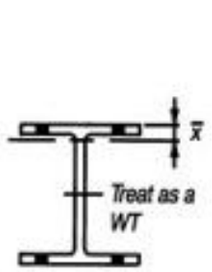


Shear Lag in Angle Connection



Shear Lag in Gusset Plate Connection





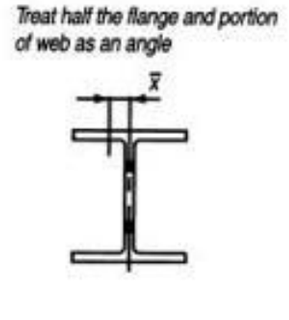


Fig. C-D3.1. Determination of x̄ for U.



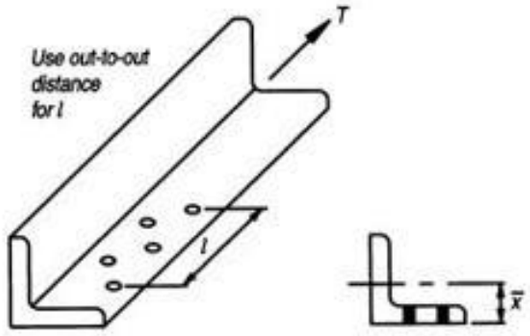
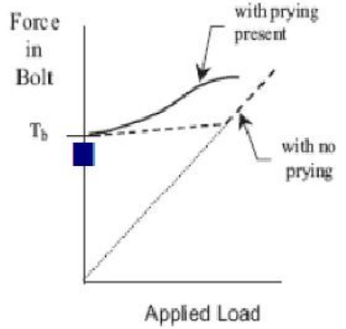


Fig. C-D3.2. Determination of l for U for bolted connections with staggered holes.

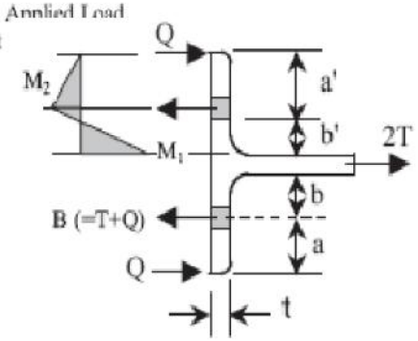
$$A_e = UA_n$$

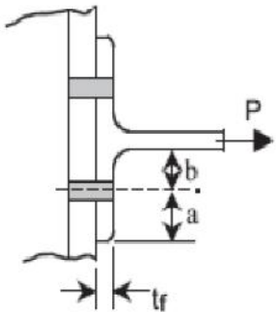
$$U = 1 - \bar{x}/L \leq 0.9$$

اثر اهرمی :

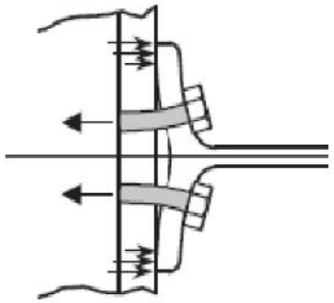


Bolt Force vs. Applied Load
Prying Present

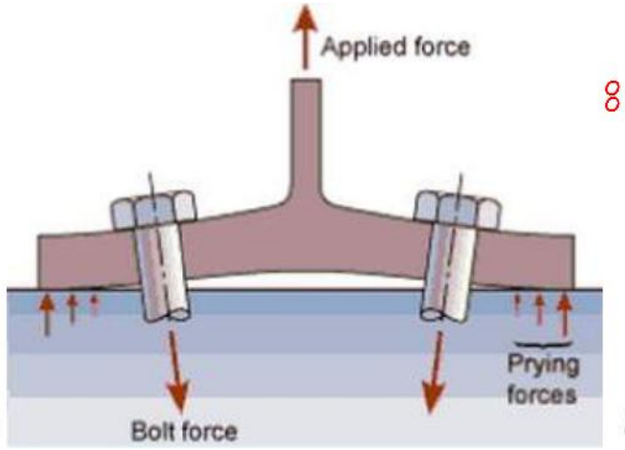


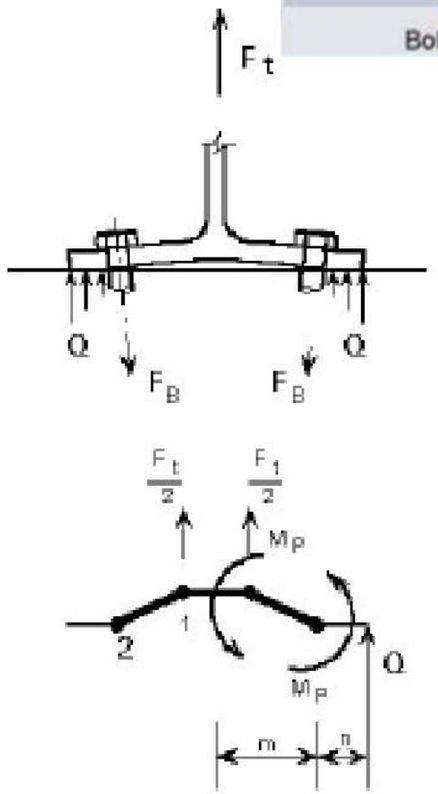


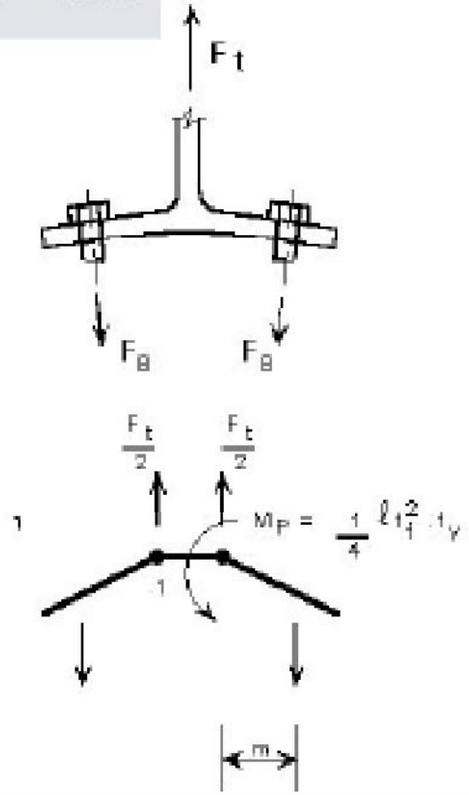
Tee-Stub Connection



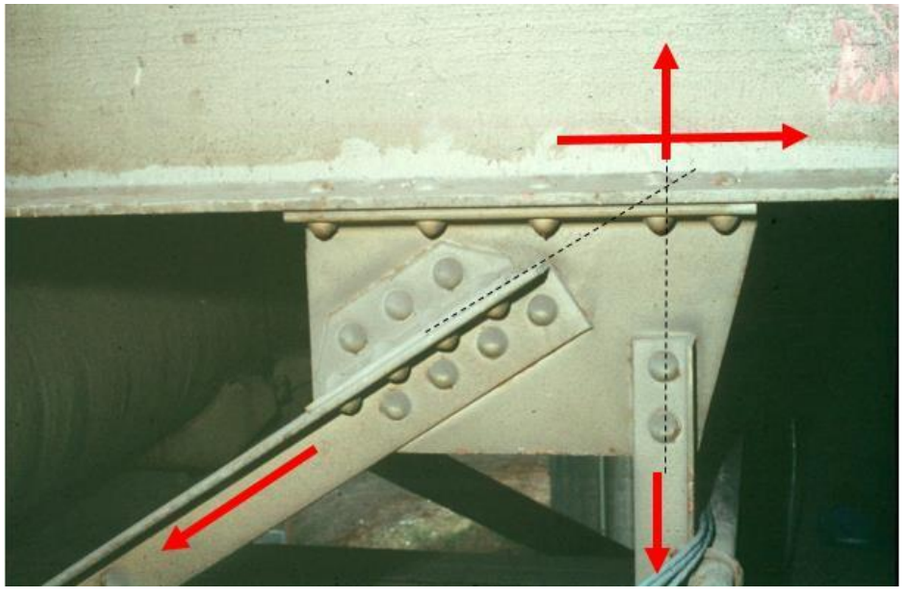
Tee-Stub in Deformed Condition







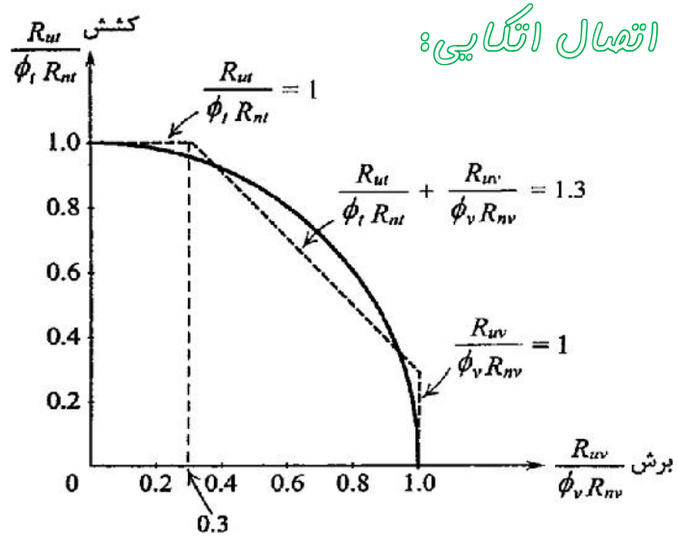
اندرکنش نیروی کششی و برش:



اتصال اتکایی:

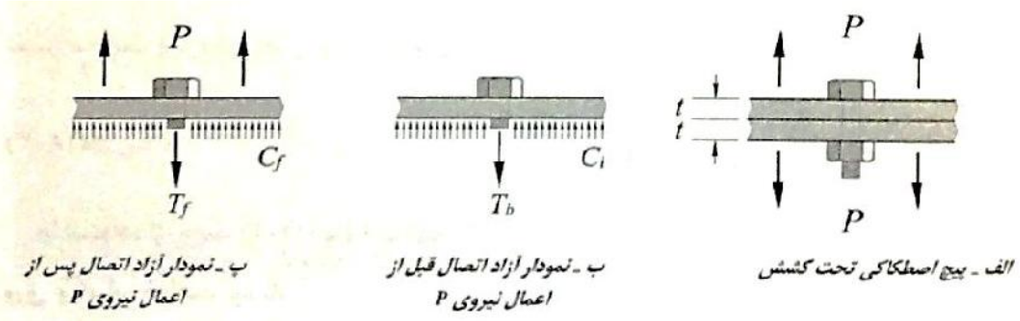
$$\left(\frac{R_{ut}}{\varphi_t R_{nt}}\right)^2 + \left(\frac{R_{vt}}{\varphi_v R_{nv}}\right)^2 \le 1$$

$$R_{nt} = F_{nt} A_{nb}$$
$$R_{nv} = F_{nv} A_{nb}$$



اتصال اصطکاکی:

با اعمال نیروی کششی، نیروی فشاری بین ورقهای اتصال کاهش و نیروی کششی پیچ افزایش می یابد. ($\mathbf{A_p}$ مساحت ورق در حال تماس، $\mathbf{A_{nb}}$ مساحت پیچ)



$$T_f = T_b + \frac{P}{1 + A_p/A_{nb}}$$

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

$$\frac{R_{uv}}{R_{nv}} + \frac{T_u}{T_b} \le 1$$

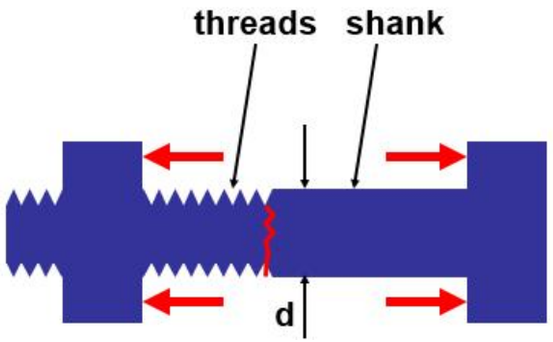
نکاتی چند در خصوص اتصالات پیچی:

- در اتصالات اصطکاکی ظرفیت مجاز پیچ در بارهای لرزه ای زلزله تشدید یافته و حداکثر مورد انتظار میتواند معادل با ظرفیت مجاز پیچ در حالت اتصالات اتکایی در نظر گرفته شود.

بارهای سرویس ←
- اتکایی ← D+2 mm
- اصطکاکی ← D+5 mm

بارهای لرزه ای ← اتکایی یا اصطکاکی ← D+2 mm

- در پیچ ها به طور معمول اگر سطح برش از بخش رزوه شده بگذرد مقاومت در برابر برش کمتر می باشد و در حالتی که از محل رزوه شده نگذرد تا ۴۰٪ مقاومت افزایش پیدا می کند این مهم در تعیین تعداد پیچ های اتصالات متحمل بارهای لرزه ای بسیار تعیین کننده می باشد.



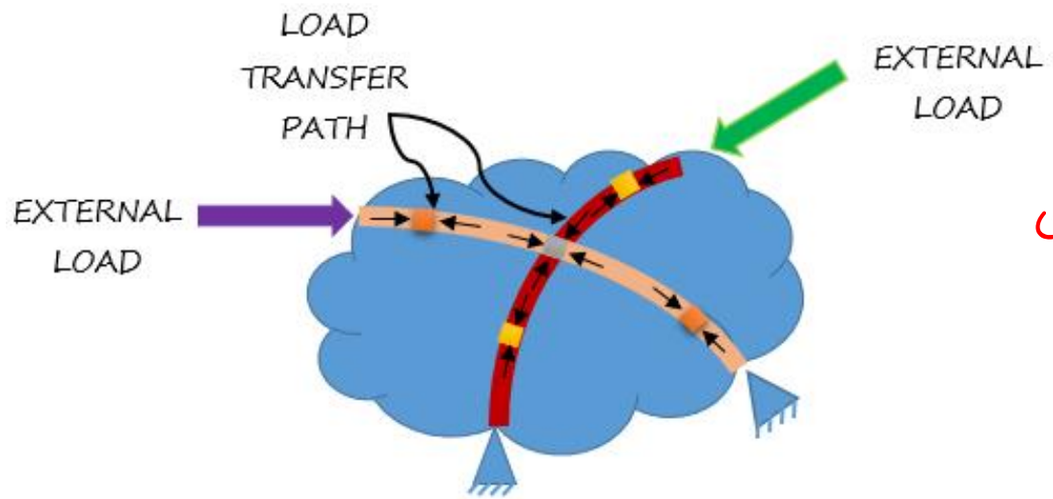
نکاتی چند در خصوص اتصالات پیچی:

قضیه حد پایین در مکانیک محیط های پیوسته :

اگر مسیر انتقال باری در یک میط پیوسته فیزیکی وجود داشته باشدکه آن مسیر :

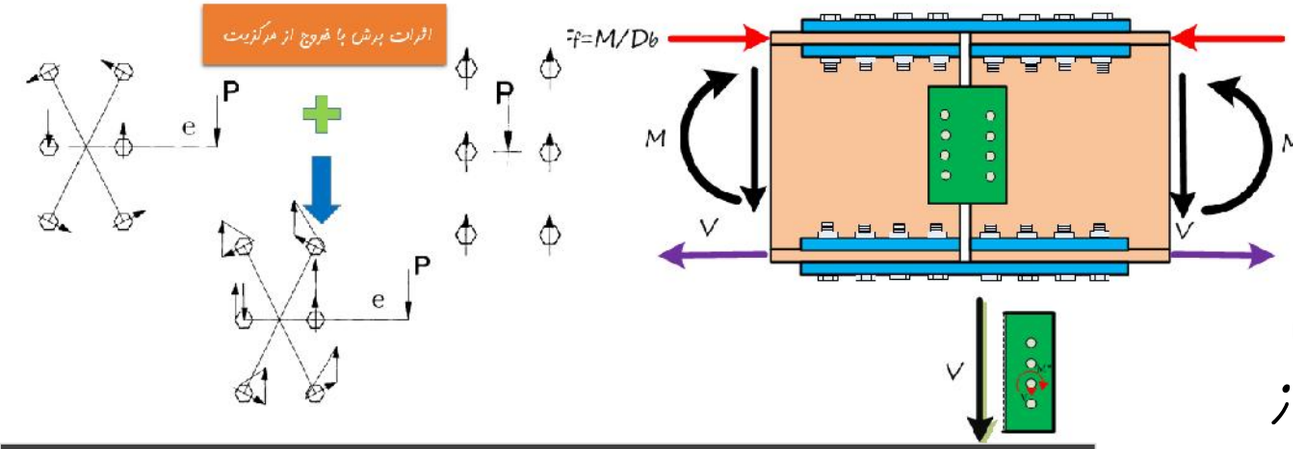
۱- به لحظا معیارهای شکست ایمن باشد و در محدوده مجاز تنش مصالح تشکیل دهنده محیط باشد.

۲-همچنین شرط جهان شمول تعادل را ارضاء نماید.



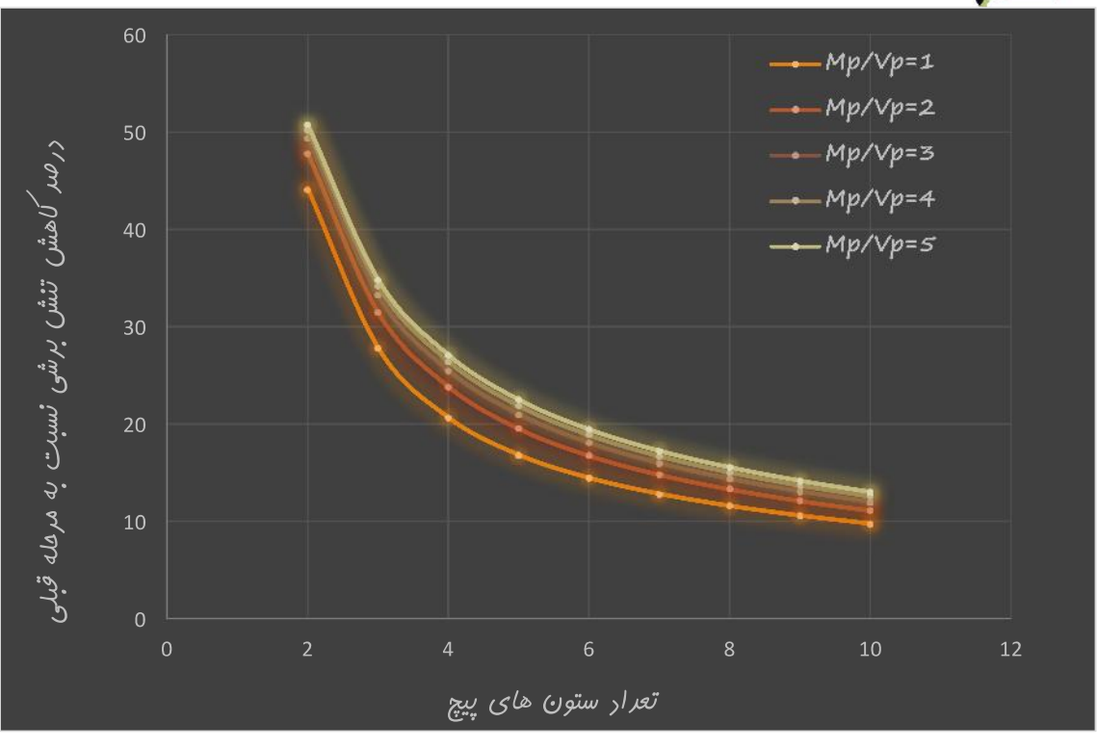
حتما مسیر اتخاذ شده مسیر ایمن و محافظه کارانه ای خواهد بود و مسیرهای حد پایین تر از این مسیر نیز وجود دارد.

نکاتی چند در خصوص اتصالات پیچی:



به عنوان مثال برای تیرهای I شکل که می توان برای اجزای مختلف آن به راحتی وظیفه تحمل یک تلاش خلاص را درنظر گرفت، در ناحیه وصله سهم بارهای وصله بال و جان را نظر به قضیه حد پایین از تلاشهای وارده کاملا جدا کرد و لذا طراحی حالت معقول تر و بهینه تری خواهد داشت.

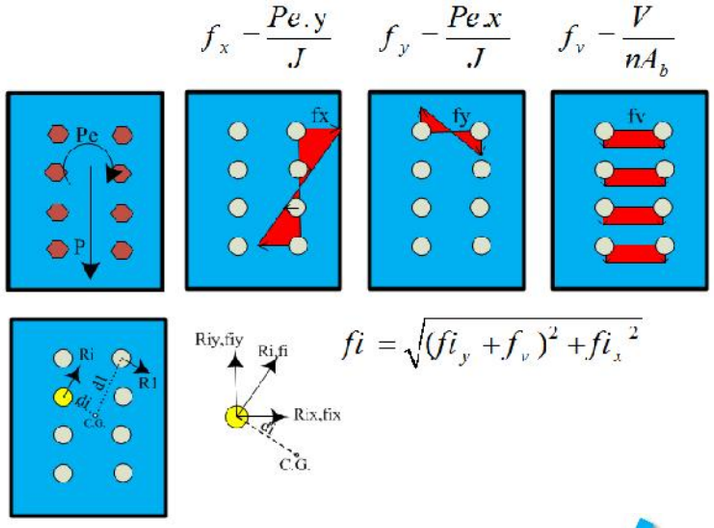
به طور معمول این اشتباه مصطلح در طراحی مهندسی وجود دارد که برای جان تیر نیز سهمی از لنگر در نظر گرفته می شود که این لنگر باعث پیچش در محل اتصال و مجموعه پیچ های جان می گردد با در نظر گرفتن پیچش ناشی از برش جان اصولا با زیاد شدن ستون پیچها طرح ممکن است دچار واگرایی شود.

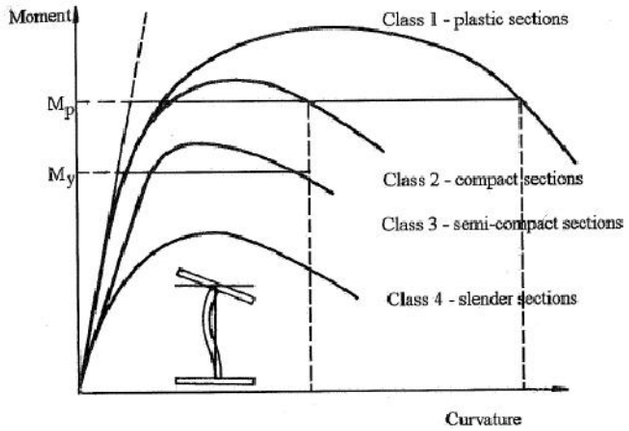


نکاتی چند در خصوص اتصالات پیچی:

روش طراحی قیود اتصالات:

مبنای طراحی قیود اتصال از جمله پیچ ها و جوشها بر مبنای کنترل تنش الاستیک در قطعات می باشد اما ایا این روند درست است؟

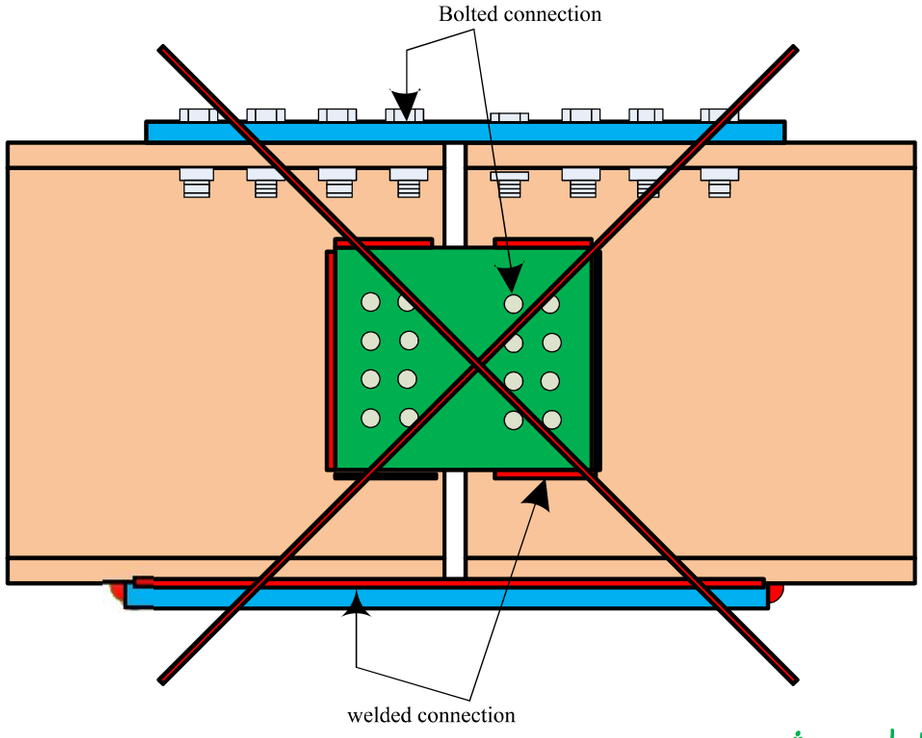




مقاومت متناظر با یک مود خرابی یا شکست در تلاش حاکم

حداکثر تنش ایجاد شده در هندسه در مقایسه با معیارهای شکست

سختی الاستیک متناظر با سطح مقاومت الاستیک حائز اهمیت می باشد.



نکاتی چند در خصوص اتصالات پیچی:

- استفاده از باربری همزمان پیچ و جوش در یک موضع اتصال مجاز نیست.

دلیل : اختلاف سختی این دو نوع قید وعدم هماهنگی و رفتار یکسان جوش و پیچ در انتقال نیروهای رفت و برگشتی ناشی از زلزله

- طول گیره زیاد برای پیچهای اتصالات اتکایی میتواند باعث ایجاد خمش در طول پیچش و در اتصالات اصطکاکی با توجه به زیاد شدن طول و کاهش سختی ازدیاد طول نسبی پیچ بیشتر می گردد و نیروی صرف پیش تنیدگیباعث ازدیاد طول پیچ و عمل کاهش نیروی فشاری برای بسیج کردن اصطکاک می گردد.

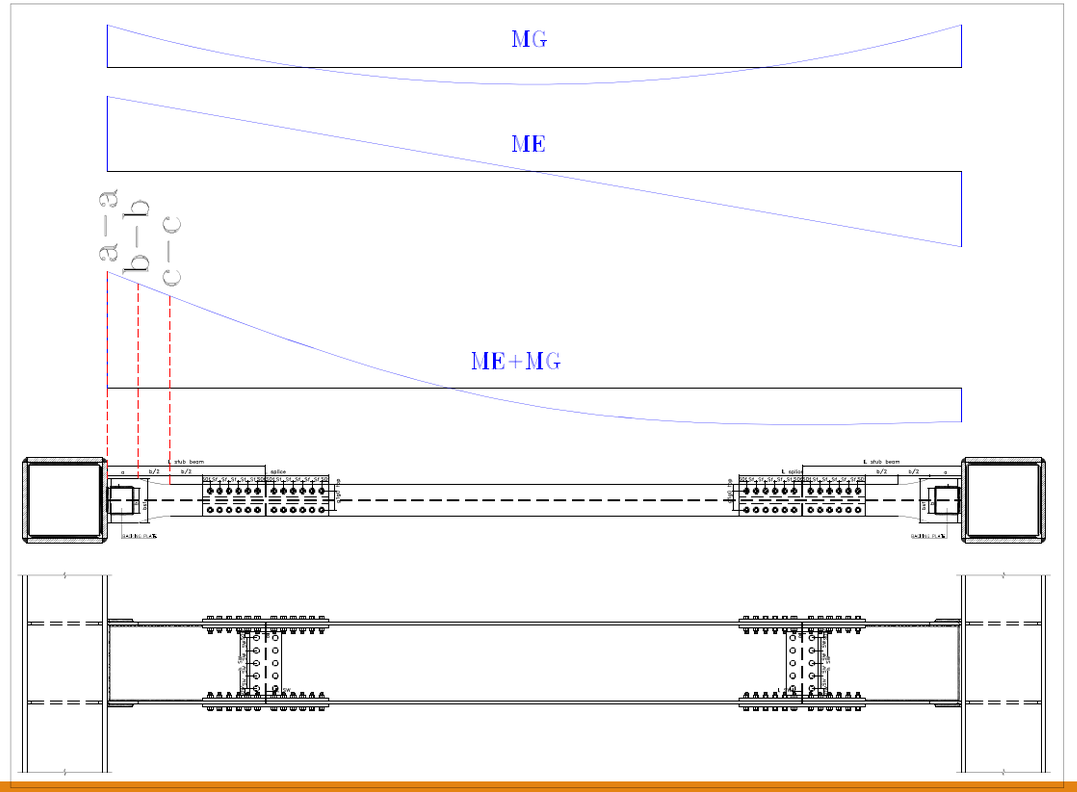
طراحی نمونه اتصالات :

طراحی وصله تیر :

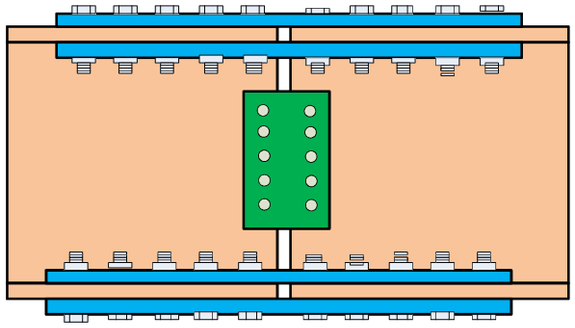
۱- تقاضای وصله تیرها در ناحیه اتصال چون عقب تر مفصل پلاستیک واقع شده است اصولا نظر به شیب گرادیان لنگر تقاضای خمشی آن از ظرفیت حداکثر مورد انتظار مفصل پلاستیک تیر کمتر می باشد. فی الواقع می توان برای ظرفیتی معادل با :

$$M_{exp} = Z_p F_y \qquad V = \frac{W_g \times L_h}{2}$$

$$V_p = \frac{2M_p}{L_h} \qquad V_0 = V_p + V$$



طراحی وصله تیر :



وصله تیر با ۸ ورق اتصال(۶ ورق بال و ۲ ورق جان)

۲- حدس اولیه برای ابعاد ورق های پوششی فوقانی و تحتانی

۳- محاسبه ظرفیت های خمشی برای ورق فوقانی و تحتانی و جمع مینیمم های آن ها به عنوان ظرفیت خمشی ناشی از مسیرهای گسیختگی محتمل شامل:

- **Yielding**

$$T_{yielding,top} = 0.6F_y \times t_{splice} \times b_{top-splice} \times R_y$$

- **Rupture**

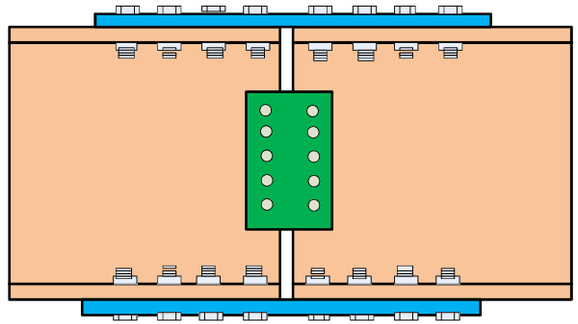
$$T_{\text{rupture},top} = 0.5F_u \times R_t \times [(t_{splice} \times b_{top-splice}) - 2 \times (t_{splice} \times (D_f + 0.2))]$$

- **Block shear**

$$A_{v,top} = 2 \times [S_2 + (n_f - 1) \times S_1 - (n_f - \frac{1}{2}) \times (D_f + 0.2)] \times t_{splice}$$

$$A_{\text{t},top} = (b_f - 2 \times S_2 - (D_f + 0.2)) \times t_{splice}$$

$$T_{blockshear,top} = R_t \times F_u \times (A_{v,top} \times 0.3 + A_{\text{t},top} \times 0.5)$$



وصله تیر با ۴ ورق اتصال(۲ ورق بال و ۲ ورق جان)

طراحی وصله تیر :

۴- مقایسه مینیمم خمش های فوق با حداکثر خمش مورد انتظار

$$M_{top,splice} = \min\left\{T_{yielding,top}, T_{\text{rupture},top}, T_{blockshear,top}\right\} \times (d_b + t_{splice})$$

$$M_{capacity} = M_{bot,splice} + M_{\text{top},splice}$$

$$M_{Demand} = 0.6 \times 1.1 \times M_z = 0.6 \times 1.1 \times F_y \times Z_b$$

$$Ratio = \frac{M_{Demand}}{M_{capacity}} < 1$$

۵- طراحی پیچ های ورق اتصال بال بر اساس حداکثر برش مورد انتظار

$$V_{\max} = \frac{M_{Demand}}{d_b} \qquad f_v = \frac{V_{\max}}{2 \times n_f \times A_b}$$

$$F_v = 0.2F_u \longrightarrow f_v < F_v$$

طراحی وصله تیر :

۶- طراحی تعداد و آرایش پیچ های جان تیر بر اساس حداکثر برش مورد انتظار

$$V_{\max} = \frac{2M_p}{L_h} \qquad f_{v1} = \frac{V_{\max}}{2n_w A_b}$$

$$n_w = 2k+1 \rightarrow \; J = 2\sum_{i=1}^{k} A_b (i \times S_1)^2 \rightarrow y_{\max} = kS_1$$

$$n_w = 2k \rightarrow \; J = 2\sum_{i=1}^{k} A_b \left((i - \frac{1}{2}) \mathrm{S}_1 \right)^2 \rightarrow y_{\max} = (k - 0.5)S_1$$

$$f_{vt} = \frac{Ty_{max}}{2J} = \frac{(V_{\max} \times S_2) y_{max}}{2J}$$

$$f_v = \sqrt{f_{vt}^{\,2} + f_{v1}^{\,2}} \;, \; F_v = 0.2F_u \Rightarrow f_v < F_v \; OK$$

۷- طراحی تعداد و آرایش پیچ های جان تیر بر اساس حداکثر برش مورد انتظار

$$A_v = [\mathrm{h}_{wp} - n_w (D_f + 0.2)] \times \mathrm{t}_{wp}$$

$$V = 0.3F_u A_v \times 2 \longrightarrow V < V_{\max}$$

۸- کنترل لهیدگی ورق جان تیر

$$f_p = \frac{V}{D_w \times n_f \times t_w} \rightarrow F_p = 1.2F_u \longrightarrow f_p > F_p$$

طراحی نمونه اتصالات :

طراحی وصله ستون :

وصله ستون در قاب های خمشی ویژه بایستی شرایط بند های زیر را برآورده کنند.

در صورت استفاده از وصله پوششی، $\mathbf{M_s}$ و $\mathbf{V_s}$ به ترتیب مقاومت های خمشی و برشی وصله باید به شرح زیر در نظر گرفته شود:

حداقل مقاومت خمشی وصله ستون

$$M_s = 0.6 Z_c F_{ye}$$

حداقل مقاومت برشی وصله ستون

$$V_s = \frac{0.6 \sum M_{pc}}{h_s}$$

$$\sum M_{pc} = \sum Z_c (F_y - f_a)$$

موقعیت وصله هایی باید به اندازه ۱۲۰ سانتی متر از بال تیر در اتصال تیر به ستون فاصله داشته باشند.

طراحی وصله ستون :

گام های طراحی:

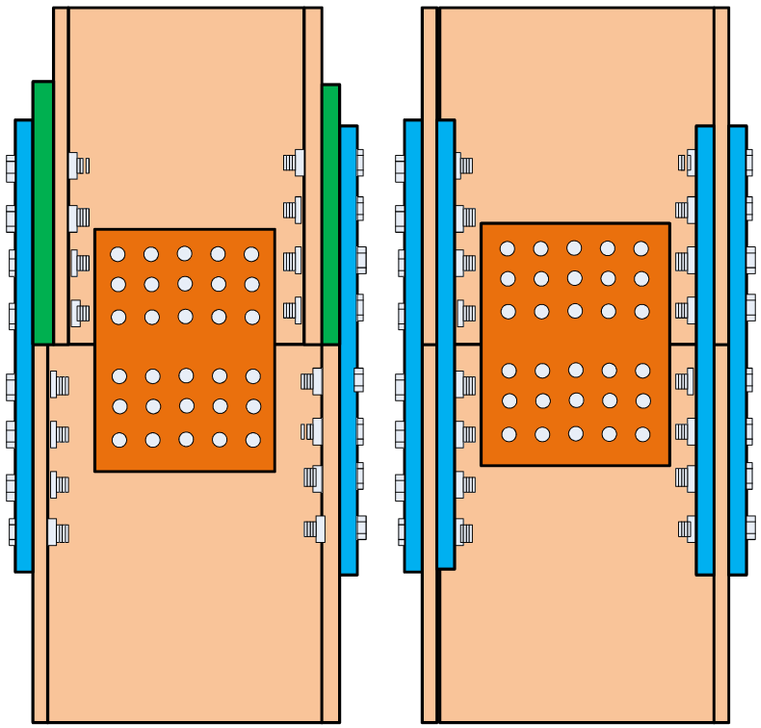
۱- تعیین بارهای طراحی با توجه به خصوصیات هندسی ستون ها

$$M_s = 0.6 Z_c F_{ye} \quad V_s = \frac{0.6 \sum M_{pc}}{h_s} \ , \ \sum M_{pc} = \sum Z_c (F_y - f_a) \ , \ P$$

۲- تعیین سهم نیرویی بال ها و جان

$$P_f = \frac{M_s}{d_c} + \frac{P A_f}{A} \quad V_f = 0$$

$$P_w = \frac{P A_w}{A} \quad V_w = V$$



الف – وصله ستون بدون استفاده از ورق پر کننده

ب – وصله ستون استفاده از ورق پر کننده

اتصال پیچی وصله ستون

طراحی وصله ستون :

گام های طراحی:

۳- طراحی و کنترل ورق اتصال بال

$$f_f = \frac{P_f}{A} \le 0.6F_y \Rightarrow A \ge \frac{P_f}{0.6F_y}$$

۴- تعیین تعداد پیچ های مورد نیاز در ناحیه اتصال بال

$$f_v = \frac{P_f}{nA_b} \le F_v \Rightarrow n \ge \frac{P_f}{A_b F_v}$$

۵- کنترل ها شامل تنش های کششی و فشاری و گسیختگی قالبی و لهیدگی ورق

$$R_n = 0.6F_u A_{nv} + U_{bs}F_u \le 0.6F_y A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt}$$

$$f_p = \frac{P_f}{nd_b t} \le F_p = 1.2F_u$$

طراحی وصله ستون :

گام های طراحی:

۵- طراحی و کنترل ورق اتصال جان

$$f_v = \frac{3}{2}\frac{V_s}{A_w} < F_v = 0.4F_y$$

$$f_a = \frac{P_w}{A} \quad T = V_s \times a \Rightarrow f_b = \frac{T}{S} \longrightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} < 1$$

۶- طراحی و کنترل ورق اتصال جان

$$f_{vx} = \frac{1}{2}\frac{V_s}{\sum A_b} \quad f_{vy} = \frac{1}{2}\frac{V_y}{\sum A_b}$$

$$f_{tx} = \frac{1}{2}\frac{T \times y}{J} \quad f_{ty} = \frac{1}{2}\frac{T \times x}{J}$$

$$f_r = \sqrt{(f_{vx} + f_{tx})^2 + (f_{vy} + f_{ty})^2} < F_v$$

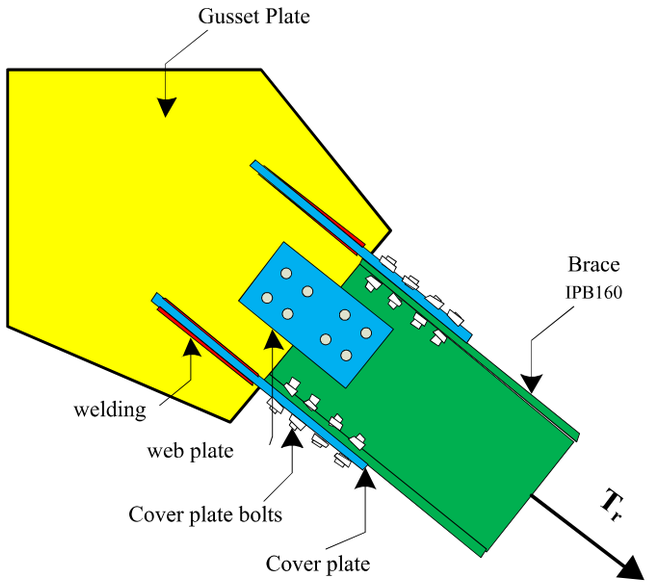
طراحی نمونه اتصالات :

طراحی اتصال مهاربند به ورق گاست:

گام های طراحی :

۱- تعیین نیروی طراحی اتصال مهاربند **ASD**

الف: نیروهای کششی حداکثر مجاز مهاربند معادل



$$T_r = \frac{R_y F_y A_g}{F.S.}$$

ب: حداکثر نیروی مجاز که از طرف سیستم سازه به مهاربند منتقل می گردد.

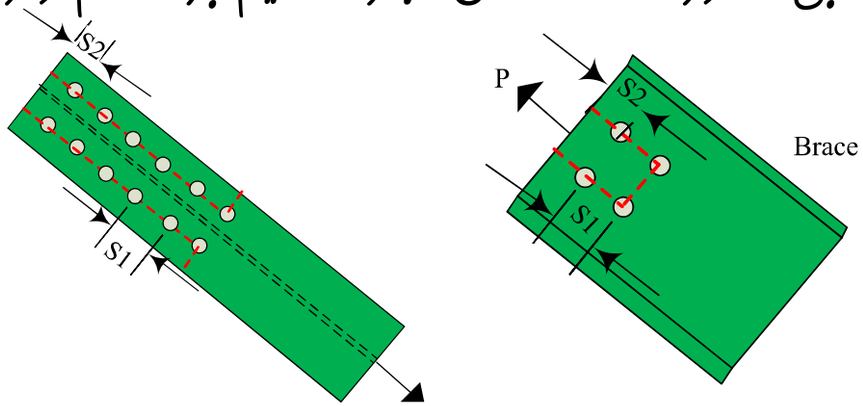
۲- تعیین تعداد پیچ های مورد نیاز و توزیع آن ها در محل بال ها و جان

$$n = \frac{Tr}{A_{bolt} \times F_v}$$

طراحی اتصال مهاربند به ورق گاست:

۳- کنترل گسیختگی قالبی برای عضو مهاربند با اتوجه به آرایش درنظر گرفته شده در مرحله قبل فرمول کنترل معیار گسیختگی قالبی که در حالت تنش مجاز تقسیم بر ۲ هم دارد.

$$R_n = 0.6F_u A_{nv} + U_{bs}F_u \le 0.6F_y A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt}$$

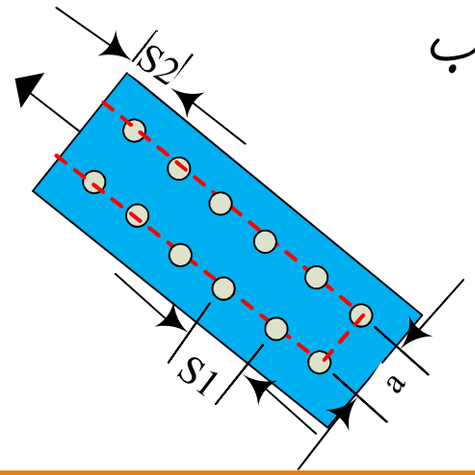


۴- طراحی ورق های بال **(Cover plate)** و اتصال آن به **(Gusset Plate)** و کنترل های لازم برای **Cover plate** شامل تنش های فشاری و کششی و گسیختگی قالب

$$f_t = \frac{P}{A_e} < 0.5F_u \qquad f_t = \frac{P}{A} < 0.6 \times F_y$$

$$r = \frac{1}{\sqrt{12}}t$$

$$\frac{L}{r} \rightarrow F_a \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} < 1$$



طراحی نمونه اتصالات :

طراحی اتصال تیر به ورق میانگذر :

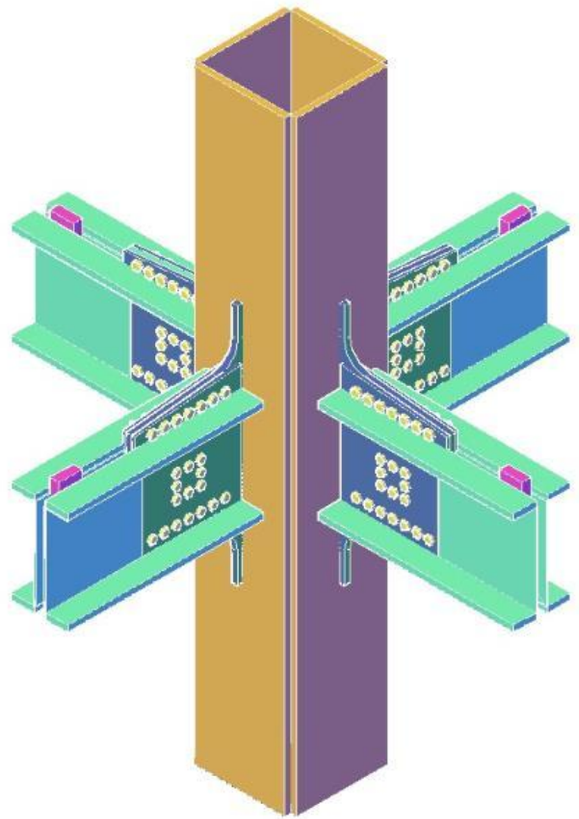
۱- محاسبه حداکثر نیروهای وارده مورد انتظار بر حسب مشخصات هندسی مقطع تیر

$$Z_p = b_f\, t_f\,(h_w + t_f) + \frac{h_w^{\,2}}{4} t_w$$

$$M_{exp} = R_y Z_p F_y \qquad V = \frac{W_g \times L_h}{2} \qquad M_p = 1.1 \times 0.6 \times R_y Z_p F_y$$

$$V_p = \frac{2M_p}{L_h} \qquad V_0 = V_p + V \qquad W = W_g \times L_1 \qquad V_{ES} = V_0 + W$$

$$M_{gravity} = \frac{W_g \times L_1^{\,2}}{2} \qquad M_{ES} = M_p + M_{gravity} + V_0 \times L_1$$



طراحی اتصال تیر به ورق میانگذر :

$$V = V_p + \frac{W}{2}$$

$$M = M_p + V_p \frac{L_1}{2} + W_g \frac{L_1^2}{8}$$

۲- طراحی پیچ های اتصال جان تیر به ورق میان گذر:

$$f_{x\max} = \frac{M \times diy_{\max}}{J} \qquad f_{y\max} = \frac{M \times dix_{\max}}{J}$$

$$f_{ys} = \frac{V}{\sum nA} \qquad f_r = \sqrt{(f_{y\max} + f_{ys})^2 + f_{x\max}^2}$$

$$F_r = 0.2F_u \qquad f_r < F_r$$

۳- کنترل خمشی و برشی ورق میانگذر برای ضخامت

$$V_u = \tau_{yp} d_c t_{TH} \left(1 + \frac{3.464\omega^2}{d_c d_b}\right) \qquad where: \ \tau_{yp} = 0.6F_{yTH} \ and \ \omega = L_{TH} \sin\left(Arc\tan\left(\frac{15(cm)}{L_{TH}}\right)\right)$$

$$Z = \frac{1}{4} t_{TH} h^2$$

$$M_{ES} \le Z \times F_y$$

طراحی اتصال تیر به ورق میانگذر :

۴- کنترل خمشی اتصال با جان افزایش یافته به ورق میان گذر بر اساس مودهای گسیختگی

- خمش ناشی از تسلیم فولاد

$$S = \frac{I}{C} \longrightarrow M_{yielding} = 0.6F_y S$$

- خمش معادل گسیختگی قالبی

$$T_{blockshear} = 0.6F_u A_{nv} + U_{bs}F_u \le 0.6F_y A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt}$$

$$\longrightarrow M_{blockshear} = T_{blockshear} \times d_b$$

- خمش معادل با rupture

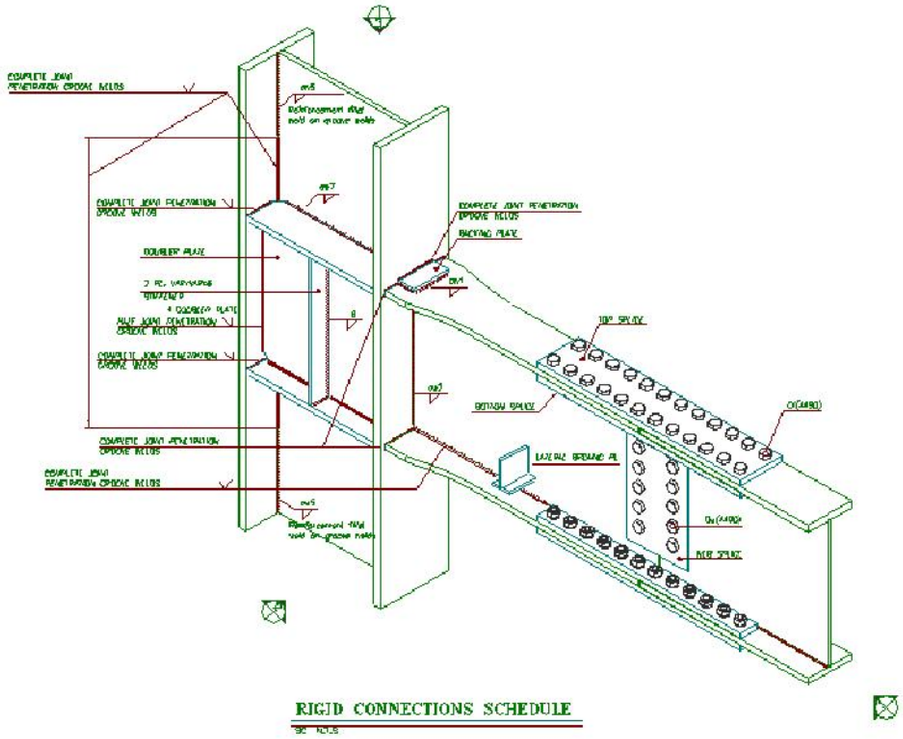
$$T_{rupture} = 0.3F_u A_{rupture} \longrightarrow M_{rupture}$$

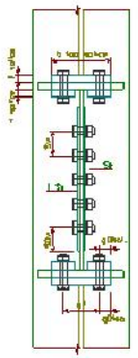
- حداقل مقادیر فوق می بایست با لنگر پلاستیک حداکثر مورد انتظار مقایسه شود

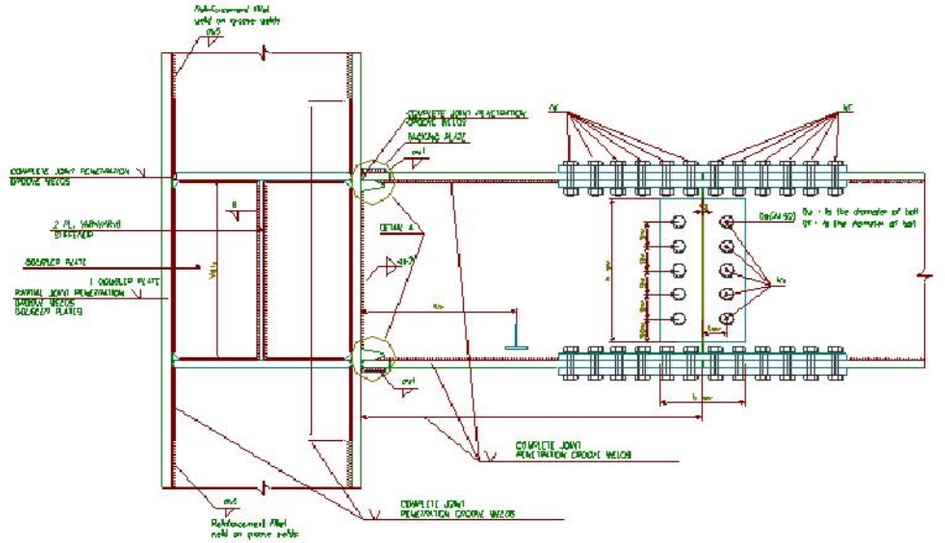
$$M_{demand} = M_p = 0.6 \times 1.1 \times M_{\exp}$$

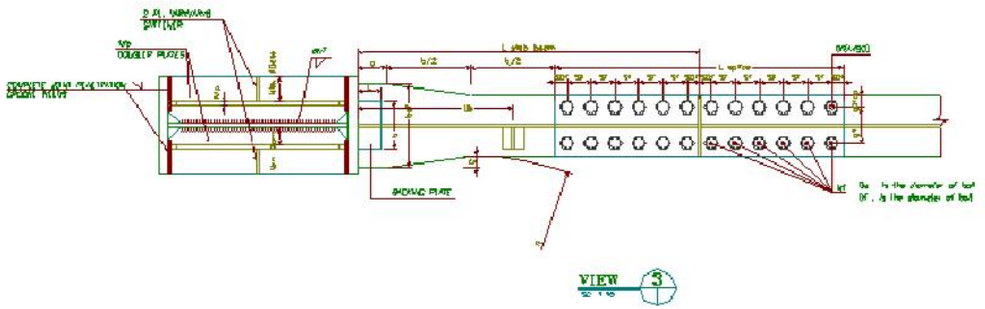
$$M_{capacity} = \min\left\{M_{rupture}, M_{yielding}, M_{Blockshear}\right\}$$

نمونه اتصالات پیچی برای وصله تیر به دستک:

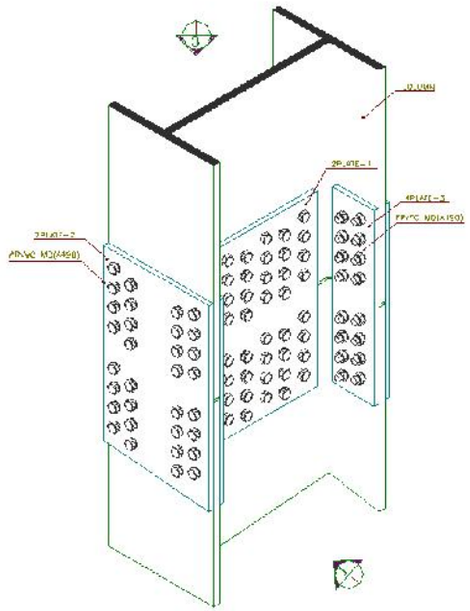




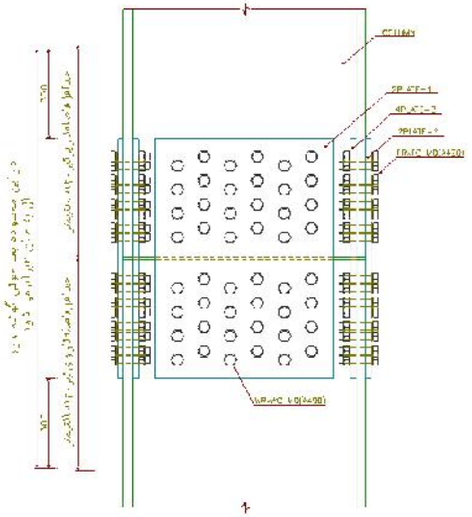




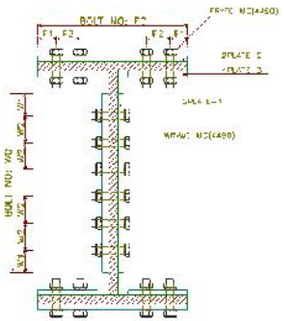
نمونه اتصالات پیچی برای وصله ستون:



SEISMIC COLUMN SPLICE



VIEW 1



VIEW 3

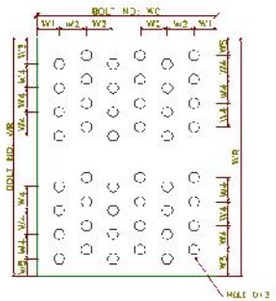


PLATE-1

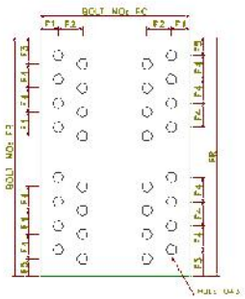


PLATE-2

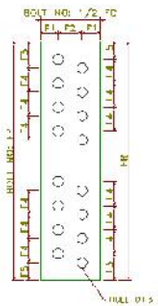
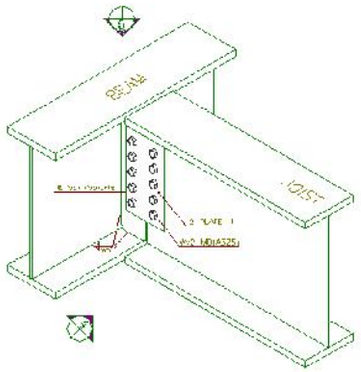
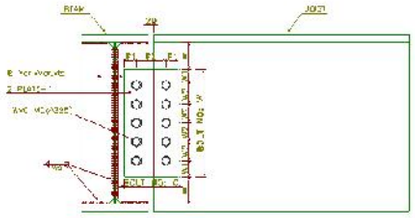


PLATE-3

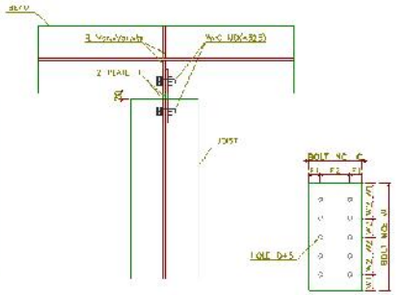
نونه اتصالات تیر چه به تیر مفصلی:



JOIST HINGE CONNECTION TO BEAM

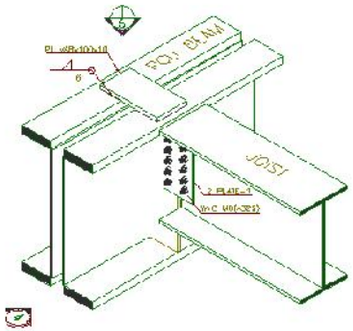


VIEW 4

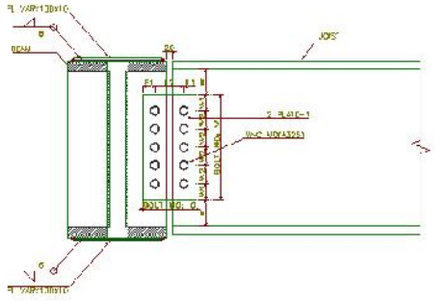


VIEW 3

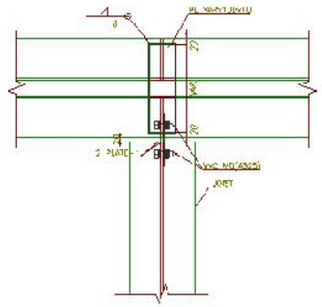
PLATE 1



JOIST HINGE CONNECTION TO BEAM



VIEW 1



VIEW 2

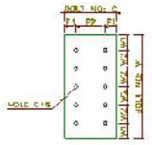


PLATE-1

نونه اتصالات تیر به ورق میانگذر:

