

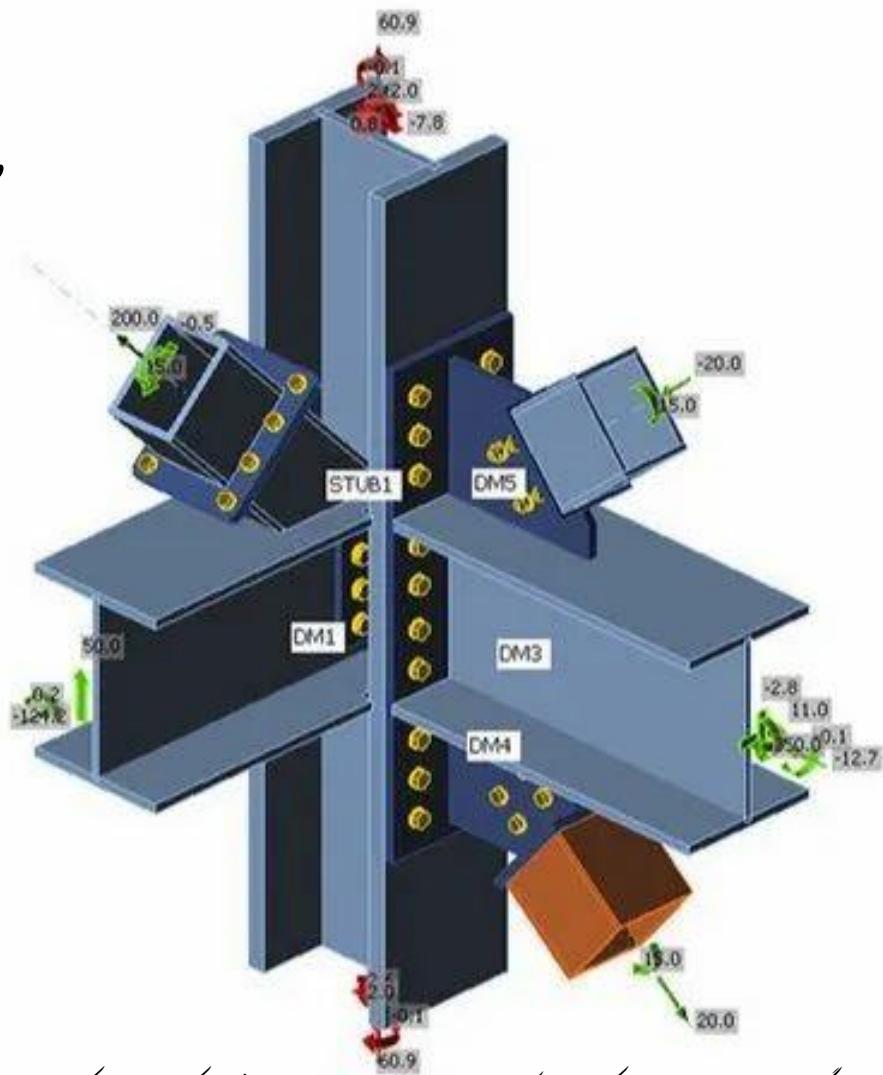
دانشگاه شهرد

طراحی سازه‌های فولادی ۲

مبحث سوم:

اتصالات پیچی

درس: دکتر محمد رضا میرجلیلی



توجه: این دسالمه برگرفته از جزوءه جانب آقای دکتر رحیمی و کتاب طراحی سازه‌های فولادی (جلد ششم) دکتر از هری و دکتر میر قادری می‌باشد. بجز رعایت حقوق ناشر و مولحان لازم است که دانشجویان محترم این کتاب را تهیه کنند، و غیراین صورت مجاز به چاپ و انتشار صفات کتاب نبی باشند.

۱-۳ مقدمه

امروزه استفاده از پیچ به عنوان یک وسیله‌ی اتصال مناسب و قابل اطمینان در ساخت و اجرای سازه‌های فولادی بسیار رایج و متداول گردیده است. چون عموماً در ساخت و تولید پیچ‌ها از فولادهای مخصوص با عملیات ویژه استفاده می‌کنند، مصالح پیچ‌ها دارای مقاومت گسیختگی به مراتب بالاتر از فولادهای ساختمانی معمولی می‌باشند. دست‌یابی به پیچ‌های پر مقاومت و با کیفیت مناسب موجب فراهم شدن افق‌های جدیدی در زمینه‌ی اتصالات انواع سازه‌های فولادی اعم از ساختمان، پل و تأسیسات صنعتی گردیده است.

در این فصل ضمن ارائه‌ی مزایا و معایب اتصالات پیچی، انواع پیچ‌ها از لحاظ نوع و مقاومت، عملکرد و کاربرد بیان گردیده و چگونگی رفتار انواع اتصالات توسط آن‌ها تحت تأثیر نیروهای گوناگونی نظیر کشش، برش، پیچش، خمش و ترکیب آن‌ها مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در ادامه ضمن ارائه‌ی نحوه محاسبه‌ی مقاومت مورده نیاز در اتصالات پیچی و مقایسه و کنترل آن با مقاومت طراحی مربوطه، محدودیت‌های مندرج در آئیننامه‌های طراحی برای اتصالات پیچی نیز بیان خواهد شد. در انتهای فصل نیز مثال‌های متنوعی از نحوه کاربرد پیچ‌ها در اتصالات سازه‌های فولادی در ارائه خواهد شد.

۲-۳ مزایا و معایب اتصالات پیچی

همان‌گونه که در فصل اول ذکر شد با توجه به مشکلات اجرایی که در اجرای سازه‌های فولادی توسط اتصالات به کمک پرج وجود دارد، امروزه استفاده از پیچ‌های پر مقاومت به عنوان یک وسیله‌ی

اتصال مناسب جایگزین پرج و در مواردی نیز جوش، گردیده است. برای اتصالات پیچی مزایای متعددی را می‌توان بر شمرد، هرچند در کنار این مزایا مشکلاتی نیز در مسیر اجرای این‌گونه اتصالات وجود دارد که به عنوان عیب تلقی می‌شوند.

۳-۲-۱ مزایای اتصالات پیچی

مزایای اتصالات پیچی بدین شرح است،

- ۱- سرعت نصب و مونتاژ بالا: سرعت نصب و اجرای سازه‌های فولادی به کمک اتصالات پیچی بسیار بالا بوده و در مدت کوتاهی می‌توان یک سازه‌ی فولادی را به کمک پیچ سرپا کرد.
- ۲- امکان باز نمودن سازه و استفاده‌ی مجدد: اعضای سازه‌های فولادی را که با پیچ به یکدیگر متصل شده‌اند، می‌توان از هم جدا نمود و در محل دیگری مجددآ آن‌ها را به یکدیگر متصل و سازه‌ی جدیدی را احداث نمود. این موضوع در اجرای سازه‌های موقت نظیر پل‌ها و داربست‌های غیر دائم اهمیت ویژه‌ای دارد.
- ۳- محدودیت در تأمین وسایل و تجهیزات جوشکاری: در مواردی که امکان فراهم نمودن تجهیزات و وسایل نظیر دستگاه جوش و برق مورد نیاز نباشد، استفاده از پیچ در اتصالات به عنوان یک روش جایگزین چاره‌ساز خواهد بود.
- ۴- عدم نیاز به کارگر ماهر: چنان‌چه در فصل دوم ذکر شد، در استفاده از فن جوشکاری به وجود کارگر ماهر نیاز است. در مواردی که کارگر ماهر در دسترس نباشد به کمک پیچ می‌توان تا حد زیادی این محدودیت را برطرف نمود.
- ۵- بی‌سر و صدا بودن هنگام نصب و اجرا: اصولاً اجرای سازه‌های فولادی به کمک اتصالات پیچی همراه با سر و صدای زیاد نمی‌باشد. در حالی که اجرای سازه‌های فولادی به کمک پرج توانم با سر و صدای زیاد و در مواردی آزاردهنده است.
- ۶- شرایط محیطی کار: همان‌گونه که در فصل دوم اشاره شده، برای اجرای مناسب اتصالات جوشی لازم است درجه حرارت محیط، تهویه‌ی هوا، محل استقرار و نیز فضای دسترسی به اتصال در شرایط مناسب و قابل قبولی باشند. در حالی که محدودیت‌های ذکر شده در اجرای سازه‌های فولادی به کمک اتصالات پیچی به مراتب کمتر است.

۷- عدم محدودیت در اعضای اتصال: در اجرای سازه‌های فولادی ممکن است مواردی پیش آید که امکان جوش‌پذیری اعضای سازه به آسانی و با کمک تجهیزات و وسایل موجود میسر نباشد، در این صورت استفاده از اتصالات پیچی چاره‌ساز است.

۸- کم هزینه بودن کارهای نصب و اجرا: چون در اجرای سازه‌های فولادی به کمک اتصالات پیچی به وسایل معمولی نیاز بوده و احتیاج به تجهیزات خاص و نیز کارگرهای ماهر و متخصص نمی‌باشد، هزینه‌ی اجرای سازه کاهش می‌یابد. ضمناً چنان‌چه بنا به علی در هنگام نصب، سفت کردن پیچ‌ها قبل از اعمال بار به خوبی انجام نشده باشد امکان محکم کردن دوباره میسر می‌باشد.

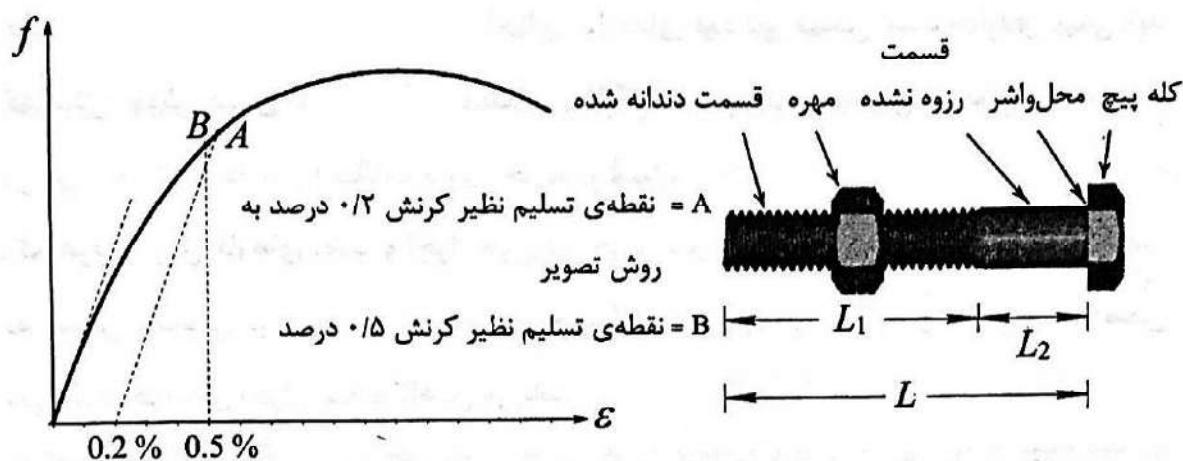
۳-۲-۲- معایب اتصالات پیچی

مشکل عمده در اجرای سازه‌های فولادی با اتصالات پیچی در اثر اجرای غلط و نامناسب سوراخ‌ها و عدم رعایت میزان پیش‌تنیدگی لازم در پیچ‌ها و عدم انطباق آن‌ها هنگام اجرا و نصب پدید می‌آید. بنابراین در تعیین در تعبیه‌ی سوراخ‌های اعضا در کارگاه‌های صنایع فلزی، باید به دقت محل سوراخ‌ها تعیین و با وسایل و تجهیزات مناسب عمل سوراخ نمودن اعضا، صورت گیرد.

۳- ۳- پیچ‌های معمولی و پیچ‌های پر مقاومت

تقسیم‌بندی پیچ‌های معمولی و پیچ‌های پر مقاومت با توجه به مقاومت نهایی کششی آن‌ها و نوع مصالحی که در ساخت و تولید آن‌ها به کار می‌رود، انجام می‌گیرد. در شکل ۱-۳ شکل ظاهری یک پیچ کامل مت Shank از تنہی پیچ، مهره و واشر نشان داده شده است. هر دو نوع پیچ معمولی و پر مقاومت دارای شکل ظاهری مشابه یکدیگر هستند. خود پیچ از کله‌ی پیچ، بدنه و قسمت دندانه شده تشکیل شده است.

ساخت و تولید پیچ غالباً به وسیله‌ی فرمدهی سرد و توسط پرس انجام می‌گیرد. برای جلوگیری از تردی و شکنندگی در پیچ، حداقل شکل‌پذیری از مصالح پیچ انتظار می‌رود که در استانداردهای مختلف مقادیر آن ذکر گردیده است.



شکل ۳-۱- شکل ظاهری مجموعه‌ی پیچ و نمودار تنش کرنش پیچ

واشر در مجموعه‌ی پیچ دارای شکل‌های گرد و یا چهارگوش بوده و ضخامت آن‌ها بین ۴ تا ۸ میلی‌متر می‌باشد و چنان‌چه خاصیت ارتجاعی داشته باشد به آن واشر فنری گویند. شکل کله‌ی پیچ و نیز سطح مقطع مهره به صورت شش ضلعی است. طول بدنه‌ی پیچ با توجه به ضخامت اجزای اتصال انتخاب می‌شود. حد فاصل اعضای اتصالی با دندانه، با واشر پر می‌شود. پیچ‌ها با طول بین ۳۰ الی ۲۰۰ میلی‌متر در سری‌های ۵ میلی‌متری ساخته می‌شوند.

۳-۳- ۱- پیچ‌های معمولی

مصالح پیچ‌های معمولی از نوع فولاد نرم‌ه با کربن کم می‌باشد. پیچ‌های معمولی در استاندارد آمریکایی ASTM با علامت A307 که عمدها در کله‌ی پیچ و در قسمت شش ضلعی حک گردیده است، مشخص می‌شوند. قیمت پیچ‌های معمولی از پیچ‌های پر مقاومت کمتر بوده و مورد مصرف آن‌ها در سازه‌های سبک مانند خرپاهای کوچک، سازه‌های موقتی و اعضای درجه دوم سازه‌ها مانند مهاربندها و لایه‌ها می‌باشد. از پیچ‌های معمولی به عنوان وسیله‌ی کمکی مونتاژ نیز در اتصالاتی که اعضای اصلی آن توسط جوش و یا پیچ‌های پر مقاومت متصل می‌شوند، استفاده می‌شود. حد گسیختگی پیچ A307 حدود 4200 kg/cm^2 می‌باشد.

در استاندارد ISO طبقه‌بندی پیچ‌ها با دو عدد که توسط نقطه از یکدیگر مجزا و در کله‌ی پیچ حک می‌شوند، مشخص می‌شود. عدد اول با ضریب ۱۰۰۰ F_u معرف مقاومت کششی نهایی پیچ بر حسب kg/cm^2 می‌باشد و عدد دوم بعد از اعشار حاصل ضرب یک دهم عدد دوم در عدد اول

(مقاومت کششی نهایی پیچ F_u) بیان گر F_y ، تنش حد تسلیم پیچ می‌باشد. به عنوان مثال پیچ 4.6 دارای مشخصات زیر است،

$$F_u = 4 \times 1000 \text{ kg/cm}^2 = 4000 \text{ kg/cm}^2 \quad F_y = 0.6 F_u = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

پیچ‌های 4.6، 4.8، 5.6 و 6.8 در زمرةی پیچ‌های معمولی محسوب می‌شوند. پیچ 4.6 برای اتصالات اتکایی از نوع فولاد St37 و پیچ 5.6 برای اتصالات با فولاد St52 مصرف می‌شوند. پیچ‌های معمولی از قطرهای ۱۲ میلی‌متر (M12) تا ۳۶ میلی‌متر (M36) در بازار یافت می‌شوند. در کشور ما استاندارد ISO برای شناسایی پیچ‌ها بیشتر مورد توجه می‌باشد.

۳-۳-۲ پیچ‌های پر مقاومت

عرضه‌ی پیچ‌های پر مقاومت تحول زیادی در صنعت سازه‌های فولادی و اتصالات آن‌ها به وجود آورد. مصالح پیچ‌های پر مقاومت از فولاد با کربن متوسط است که خود و مهره‌ی آن‌ها به وسیله‌ی عملیات مرغوب‌سازی (حرارت‌دهی و کاهش حرارت) تولید می‌شوند و قبل از شروع عملیات مرغوب‌سازی حدود ۱۶ تا ۲۵ ساعت گداخته می‌شوند.

در استاندارد ASTM، پیچ‌های با علامت A325 و A449 با تنش تسلیم حدود 5600 kg/cm^2 تا 9000 kg/cm^2 و A490 از نوع فولاد آلیاژدار با تنش تسلیم 8000 kg/cm^2 تا 6300 kg/cm^2 از نوع پر مقاومت معروفی و طبقه‌بندی می‌شوند.

در استاندارد ISO پیچ‌های 8.8 با تنش نهایی $F_y = 6400 \text{ kg/cm}^2$ و $F_u = 8000 \text{ kg/cm}^2$ و تنش تسلیم $F_u = 10000 \text{ kg/cm}^2$ با تنش نهایی $F_y = 9000 \text{ kg/cm}^2$ و تنش تسلیم $F_u = 10000 \text{ kg/cm}^2$ شناسایی می‌شوند. پیچ‌های 10.9 و 12.9 و 14.9 که به عنوان پیچ‌های خیلی پر مقاومت مطرح هستند، در استاندارد ISO تعریف شده‌اند که پیچ 14.9 در بازار ایران به ندرت یافت می‌شود. قطر پیچ‌های پر مقاومت در محدوده‌ی ۱۲ تا ۳۶ میلی‌متر می‌باشد و قطرهای ۲۰ و ۲۲ میلی‌متر (M20، M22) در کارهای ساختمانی بیشتر رایج است.

در جدول ۱-۳ مشخصات پیچ‌های تولیدی یا موجود در ایران مطابق استانداردهای ASTM و ISO آورده شده است.

جدول ۳ - ۱ - مشخصات پیچ‌های تولید یا موجود در ایران

تنش کششی نهایی مصالح پیچ (F _u)	تنش تسليم مصالح پیچ (F _y)	نام استاندارد		نوع پیچ
		ISO	ASTM	
۴۰۰ kg/cm ²	۲۴۰ kg/cm ²	—	A307	پیچ‌های معمولی
۴۰۰ kg/cm ²	۲۴۰ kg/cm ²	4.6	—	
۴۲۰ kg/cm ²	۳۲۰ kg/cm ²	4.8	—	
۵۰۰ kg/cm ²	۳۰۰ kg/cm ²	5.6	—	
۵۲۰ kg/cm ²	۴۰۰ kg/cm ²	5.8	—	
۶۰۰ kg/cm ²	۴۸۰ kg/cm ²	6.8	—	
۸۰۰ kg/cm ²	—	—	A325 $d \leq 24\text{ mm}$	پیچ‌های پر مقاومت
۷۲۵ kg/cm ²	—	—	A325 $d > 24\text{ mm}$	
۱۰۰۰ kg/cm ²	—	—	A490	
۸۰۰ kg/cm ²	—	8.8	—	
۱۰۰۰ kg/cm ²	—	10.9	—	
۱۲۰۰ kg/cm ²	—	12.9	—	

پیچ‌های پر مقاومت به دلیل قابلیت تحمل خوب نیروهای پیش‌تنیدگی برای اتصالات اصطکاکی کاربرد وسیع دارند.

پیچ‌های معمولی ممکن است تحت تأثیر بارهای متناوب نظیر نیروهای ناشی از لرزش، نوسان، ضربه و نیروهای دینامیکی شل شده و مهره‌ها از پیچ جدا شوند. برای جلوگیری از شل شدن مهره‌ها می‌توان از دو مهره (زوج مهره)، ورق‌های شیاردار بر روی مهره، خار خم شده یا فنری در پشت مهره و یا واشر فلزی استفاده نمود.

امکان شل شدن پیچ‌ها در اتصالات اصطکاکی به علت اعمال نیروی پیش‌تنیدگی بر روی مهره وجود ندارد و این نوع پیچ‌ها برای نیروهای دینامیکی نیز مناسب هستند. برای جلوگیری از شل شدن پیچ‌ها می‌توان از چسب‌های مخصوص که دندانه‌ی پیچ در آن آغشته شده و پس از آن مهره بسته می‌شود، استفاده کرد.

برای جلوگیری از زنگزدگی به ویژه در سر و مهره‌ی پیچ می‌توان آن‌ها را با رنگ‌های مخصوص نظیر پودر سنگ، اکسید آهن و رنگ سربی رنگ‌آمیزی کرد و یا از پیچ‌ها و مهره‌های روکش‌دار که در مقابل زنگزدگی مقاوم هستند، استفاده نمود. در پیچ‌هایی که در معرض زنگزدگی و خوردگی در هوای خیلی مرطوب قرار دارند از کلاهک‌های پلاستیکی استفاده می‌کنند.

۳-۴ پیش‌تنیدگی پیچ‌های پر مقاومت

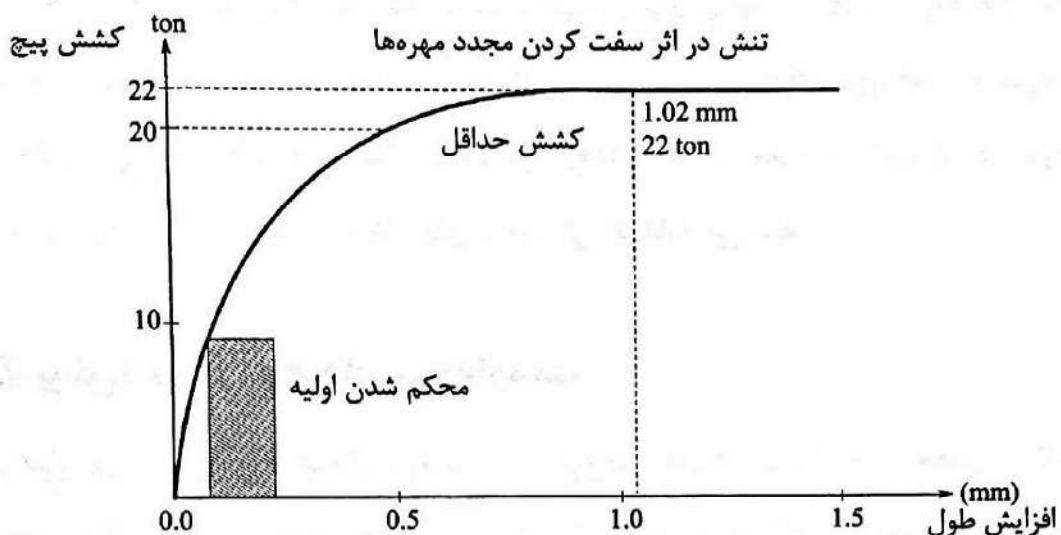
در مواردی که لازم باشد هیچ‌گونه لغزشی بین ورق‌های اتصال پدید نیاید، پیچ‌های پر مقاومت که با نیروی پیش‌تنیدگی T_b پیش‌تنیده می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. نیروی پیش‌تنیدگی T_b باید حتی‌امکان بزرگ بوده و از طرفی نیز نباید باعث تغییر شکل دائمی و یا گسیختگی در پیچ شود.

۳-۴-۱ نیروی پیش‌تنیدگی

چون پیچ‌های پر مقاومت از فولاد با کربن زیاد ساخته می‌شوند، نقطه‌ی تسلیم مشخصی برای آن‌ها وجود ندارد. برای تعیین مقاومت پیچ به جای استفاده از بار حد تسلیم از اصطلاح بار معیار کمک گرفته می‌شود. بار معیار F_{PL} نیرویی است که از حاصل ضرب سطح مقطع خالص زیر دندانه‌ها (A_{eb}) مطابق رابطه‌ی (۱-۳) در تنش نظیر کرنش $\epsilon/2$ درصد به روش تصویر محاسبه می‌شود،

$$A_{eb} = \frac{\pi}{4} (d_b - \frac{0.9743}{n})^2 \quad (1-3)$$

در رابطه‌ی (۱-۳)، d_b قطر اسمی پیچ بر حسب سانتی‌متر و n تعداد دندانه‌های پیچ در یک سانتی‌متر طول است. برای تعیین تنش نظیر کرنش $\epsilon/2$ درصد باید از محل کرنش $\epsilon/2$ درصد در محور مربوطه خطی به موازات شیب ابتدایی منحنی تنش کرنش ($\epsilon-f$) رسم نمود. به جای تنش نظیر کرنش $\epsilon/2$ درصد می‌توان تنش نظیر کرنش $5/8$ درصد را به کار برد (شکل ۲-۳). شکل ۲-۳ نمودار تغییرات نیرو بر حسب افزایش طول برای یک پیچ خاص از نوع فولادهای خشکه را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲ - نقطه‌ی تسلیم برای فولادهای خشکه

بار معیار برای پیچ‌های A325 و A490 به ترتیب ۸۰ تا ۷۰ درصد حداقل مقاومت کششی نهایی آن‌ها می‌باشد. آئین‌نامه‌ی AISC نیروی پیش‌تنیدگی را برای پیچ‌های A325 و A490 معادل ۷۰ درصد حداقل مقاومت کششی نهایی پیچ‌ها در نظر می‌گیرد. مقادیر نیروی پیش‌تنیدگی برای هر دو نوع پیچ A325 و A490 برای قطرهای مختلف توسط آئین‌نامه‌ی AISC در جدول ۳-۲ ذکر گردیده است. نیروی مندرج در جدول ۳-۲ معادل بار معیار برای پیچ A325 و تقریباً معادل ۹۰ تا ۸۵ درصد بار معیار برای پیچ A490 است.

جدول ۳-۲ - حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در پیچ‌های پر مقاومت
مطابق آئین‌نامه‌ی AISC و مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان ایران

نیروی پیش‌تنیدگی بر حسب تن		قطر پیچ بر حسب mm
A490	A325	
۱۱/۴	۹/۱	M16
۱۷/۹	۱۴/۲	M20
۲۲/۱	۱۷/۶	M22
۲۵/۷	۲۰/۵	M24
۳۳/۴	۲۶/۷	M27
۴۰/۸	۳۲/۶	M30
۵۹/۵	۴۷/۵	M36

آئین نامه DIN نیروی پیش‌تنیدگی T_b در پیچ‌های پر مقاومت که از آن‌ها عملکرد اصطکاکی انتظار می‌رود را کمتر از ۸۰ درصد حاصل ضرب تنش حد تسلیم مصالح پیچ در سطح مقطع اسمی (ناخالص) پیچ A_{nb} پیشنهاد می‌کند (رابطه‌ی (۲-۳)).

$$T_b \leq \cdot / ۸ F_y A_{nb} \quad (2-3)$$

جدول ۳-۳ نیروی پیش‌تنیدگی برای پیچ‌های ۱۰.۹ و ۸.۸ را مطابق استاندارد ISO نشان می‌دهد.

جدول ۳-۳ - نیروی پیش‌تنیدگی (T_b) در پیچ‌های پر مقاومت مطابق آئین نامه DIN

M36	M30	M27	M24	M22	M20	M16	M12	شماره پیچ
۵۱	۳۵	۲۹	۲۲	۱۹	۱۶	۱۰	۵	T_b بر حسب تن برای پیچ‌های ۱۰.۹
۳۵/۷	۲۴/۵	۲۰/۳	۱۵/۴	۱۳/۳	۱۱/۲	۷	۳/۵	T_b بر حسب تن برای پیچ‌های ۸.۸

همان‌گونه که ملاحظه می‌کنید مقادیر پیشنهادی آئین نامه DIN برای نیروی پیش‌تنیدگی از مقادیر نظری آن که توسط آئین نامه AISC توصیه گردیده کمتر است. مبحث دهم از مقررات ملی ساختمانی ایران حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در پیچ‌ها را مطابق رابطه‌ی (۳-۳) پیشنهاد می‌کند.

$$T_b = \cdot / ۵۵ F_u A_{nb} \quad (3-3)$$

که در آن A_{nb} مساحت اسمی پیچ و F_u تنش نهایی کششی آن می‌باشد.

همان‌گونه که اشاره شد آئین نامه AISC نیروی پیش‌تنیدگی را برابر ۷۰ درصد مقاومت کششی نهایی پیچ‌ها با درنظر گرفتن سطح مقطع زیر دندانه‌ها، $(\cdot / ۷ A_{eb} F_u)$ پیشنهاد می‌کند. با فرض حدود ۷ دندانه در یک سانتی‌متر طول پیچ ($n = ۷$) و $d_b = ۱\text{ cm}$ در رابطه‌ی (۱-۳)، ۷۰ درصد مقاومت کششی نهایی پیچ برای نیروی پیش‌تنیدگی، پیشنهاد آئین نامه AISC تقریباً مشابه ۵۵ درصد نیروی پیش‌تنیدگی روی سطح مقطع اسمی پیشنهادی آئین نامه ایران است. حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در اتصالات اصطکاکی مطابق مبحث دهم از مقررات ملی ساختمانی ایران مانند مقادیر ارائه شده توسط آئین نامه AISC مندرج در جدول ۲-۳ می‌باشد.

۳-۴-۲ نحوه ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی

برای اعمال نیروی پیش‌تنیدگی T_b که توسط آئین‌نامه‌های طراحی ارائه شده است، روش‌های مختلفی وجود دارد که معمول‌ترین آن‌ها به شرح زیر است:

۱- استفاده از آچارهای مدرج دستی یا مکانیکی

در این روش لنگر پیچشی توسط آچارهای دستی و یا مکانیکی که بر روی آن وسیله‌ای برای اندازه‌گیری لنگر پیچشی M_v وجود دارد، به پیچ اعمال می‌شود. برای اعمال نیروی پیش‌تنیدگی پس از سفت کردن اولیه‌ی پیچ، درجه‌ی آچار روی صفر تنظیم و سپس آچار پیچانده می‌شود تا لنگر پیچشی M_v بر مهره‌ی آن وارد شود. نیروی پیش‌تنیدگی طبق رابطه‌ی (۴-۳) محاسبه می‌شود [۲].

$$T_b = \frac{M_v}{kd_b} \quad (4-3)$$

در رابطه‌ی (۴-۳)، d_b قطر پیچ و k ضریبی است که بر روی دسته‌ی آچار درج شده است. چون دقت کار در این روش حدود ± 10 تا ± 15 درصد است، از این‌رو آئین‌نامه‌های طراحی توصیه می‌کنند که لنگر پیچشی وارد بر پیچ به گونه‌ای تنظیم شود تا کشش ایجاد شده در پیچ ۵ درصد بیشتر از مقادیر پیشنهادی توسط آئین‌نامه‌ها باشد. به جای استفاده از آچارهای مدرج دستی، استفاده از آچارهای مدرج الکتریکی یا پنوماتیکی نیز معمول بوده که در آن‌ها اعمال لنگر پیچشی به کمک موتورهای الکتریکی و یا هوای فشرده انجام می‌گیرد.

۲- استفاده از آچارهای خاردار

در این روش در دسته‌ی آچار در نزدیکی سر آچار خاری پیش‌بینی شده است که قابل تنظیم می‌باشد. دسته‌ی آچار با رسیدن نیرو به T_b در محل آزاد شده و دور مفصل خاردار شل می‌شود. سرعت این آچار بیشتر و قیمت آن گران‌تر از آچار مدرج است.

۳- پیچاندن مجدد مهره‌ها به مقدار زاویه‌ی معین پس از محکم شدن اولیه‌ی آن‌ها

soft کردن مجدد مهره‌ها به مقدار معین بعد از محکم شدن اولیه‌ی آن‌ها از معمول‌ترین و ارزان‌ترین روش‌های ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی در پیچ‌ها است. در این روش پس از محکم شدن اولیه‌ی پیچ، مهره را به مقدار معینی سفت می‌نمایند تا کرنش مشخصی در پیچ به وجود آید.

جدول ۴-۳ مقدار دور لازم را بر حسب طول پیچ و وضعیت سطوح خارجی قسمت‌هایی که به یکدیگر قرار است پیچ شوند، نشان می‌دهد.

جدول ۳-۴ - میزان دور لازم برای ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی

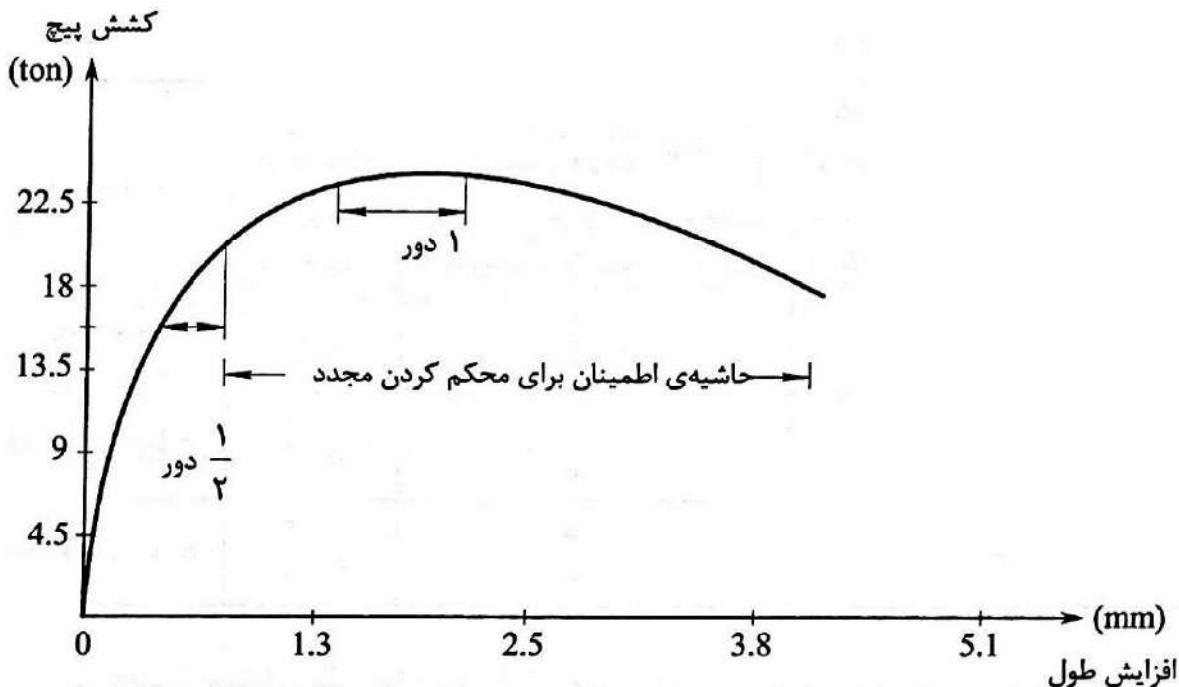
حالات سطوح خارجی قسمت‌هایی که به یکدیگر پیچ می‌شوند				طول پیچ (ℓ)
هر دو سطح دارای شیب کمتر از ۱:۲۰ نسبت به امتداد قائم بر محور پیچ می‌باشد. (از واشرهای شیبدار استفاده نشده است).	یکی از سطوح عمود و دیگری دارای شیب کمتر از ۱:۲۰ می‌باشد. (از واشرهای شیبدار استفاده نشده است).	هر دو سطح عمود بر محور پیچ هستند	هر دو سطح عمود بر محور پیچ هستند	
$\frac{2}{3}$ دور	$\frac{1}{2}$ دور	$\frac{1}{3}$ دور	$\ell \leq 4d_b$	
$\frac{5}{6}$ دور	$\frac{2}{3}$ دور	$\frac{1}{2}$ دور	$4d_b < \ell \leq 8d_b$	
۱ دور	$\frac{5}{6}$ دور	$\frac{2}{3}$ دور	$8d_b < \ell \leq 12d_b$	

مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان ایران میزان دور لازم برای ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی را تنها برای حالت هر دو سطح عمود بر محور پیچ، ارائه کرده است.

در روش سفت کردن دستی مهره‌ها، محکم شدن اولیه هنگامی است که یک کارگر معمولی با یک آچار معمولی تلاش کامل خود را برای محکم کردن پیچ به کار برد. در روش‌های ماشینی سفت شدن اولیه پس از اعمال چند ضربه توسط دستگاه ایجاد می‌شود. هر چند سفت شدن اولیه‌ی پیچ به وضعیت سطوح ورق‌های اتصال بستگی دارد، لیکن آزمایش‌ها نشان داده که این تغییرات تأثیر چندانی در مقدار نیروی پیش‌تنیدگی ندارد. در شکل ۳-۳ منحنی تغییرات نیروی کششی پیچ بر حسب افزایش طول آن نشان داده شده است.

تغییر شکل به وجود آمده در پیچ در هنگام محکم شدن اولیه و سفت کردن مجدد آن به اندازه‌ی نیم دور در شکل ۲-۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل ملاحظه می‌شود نیروی پیش‌تنیدگی ۲۲ تنی که از سفت کردن مجدد مهره‌ها به اندازه نیم دور دیگر ایجاد می‌شود در ناحیه مسطح منحنی قرار دارد. به بیان دیگر تغییرات کشش به وجود آمده در محکم شدن اولیه پیچ، تأثیری روی رفتار کلی پیچ ندارد. برای پاسخ به این سؤال که چنان‌چه نیروی پیش‌تنیدگی به حدود ۹۰ درصد مقاومت کششی پیچ رسیده و به بیانی از بار معیار تجاوز کند آیا

هنوز پیچ مقاومت کافی دارد، منحنی تغییرات مقاومت کششی پیچ بر حسب افزایش طول آن در شکل ۳-۳ رسم شده است.



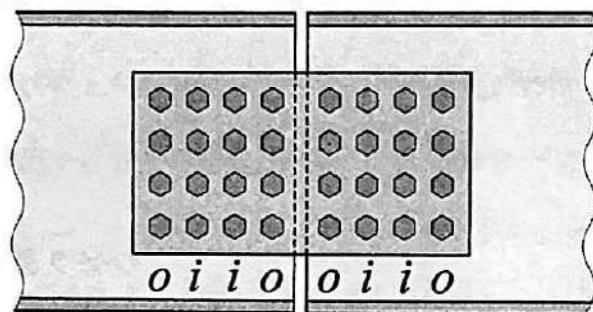
شکل ۳-۳ - رفتار پیچ براساس پژوهش مرجع [1]

با توجه به شکل ۳-۳ چنان‌چه برای ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی از آچارهای مدرج استفاده کنیم مقاومت عامل تعیین‌کننده خواهد بود.

در این روش چنان‌چه مقدار لنگر پیچشی اعمالی به میزانی باشد که موجب گسیختگی در پیچ شود، این پیچ هنگام نصب و اجرا اصولاً عوض خواهد شد.

در صورتی که اعمال نیروی پیش‌تنیدگی توسط سفت کردن مجدد مهره‌ها انجام گیرد آن‌گاه تغییر شکل عامل تعیین‌کننده خواهد بود که حاشیه‌ی اطمینان مربوطه نیز در شکل ۳-۳ مشخص شده است. بنابراین ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی در پیچ به روش‌های گوناگون مشکلی برای پیچ‌های با مقاومت بالا ایجاد نمی‌کند و در هر دو روش پیچ از ابتدای محکم شدن تا زمان گسیختگی $\frac{1}{2}$ دور ظرفیت دارد. شایان ذکر است اعمال نیروی پیش‌تنیدگی به پیچ‌های معمولی عملی و مجاز نمی‌باشد. سفت کردن پیچ‌ها باید به دقیق و با ترتیب خاص و مناسبی انجام گیرد. در یک اتصال در ابتدای پیچ‌های داخلی و سپس پیچ‌های بیرونی محکم می‌شوند. در صورتی که تعداد پیچ‌ها در یک اتصال

زیاد باشد، اول پیچهای وسط اتصال را محکم کرده و به ترتیب عمل سفت کردن را تا پیچهای کناری ادامه می‌دهند. توصیه می‌شود ابتدا پیچها را با ۶۰ درصد نیروی پیش‌تنیدگی نهایی محکم نموده و پس از آن ۱۰۰ درصد نیروی پیش‌تنیدگی به پیچ اعمال شود. شکل ۴-۳ ترتیب محکم نمودن پیچها را که از پیچهای داخلی (i) شروع شده تا پیچهای بیرونی (o) ادامه می‌یابد، نشان می‌دهد.



شکل ۴-۳ - ترتیب محکم کردن پیچها

پس از اتمام عمل محکم کردن کلیه پیچها، حدود ۵ درصد آن‌ها مجدداً کنترل می‌شوند. در کنترل مجدد باید از پیچاندن اضافی پیچها که موجب آسیب رساندن به آن‌ها می‌شود اجتناب نمود. ضمناً لازم است آچارهایی که برای محکم کردن پیچها به کار می‌روند مرتباً کنترل و کالیبره شوند و مهر کنترل و کالیبراسیون به آن‌ها الحاق شود.

روش‌های دیگری برای سفت کردن پیچها از قبیل تعییه زائدات در انتهای پیچ که پس از سفت کردن پیچ به میزان پیش‌تنیدگی، کنده شود (TC Bolts)¹ و یا استفاده از واشرهایی که روی آن زائدات تعییه شده (DTI)² و این واشرها بین مهره و صفحه قرار گرفته و با سفت کردن پیچ این زائدات صاف می‌شوند نیز وجود دارد. برای استفاده از این روش‌ها می‌توان به مراجع معتبر مراجعه نمود.

۳-۴ - کنترل کیفیت و تضمین کیفیت

عدم توجه به نیازمندی‌های کیفی خاص اتصالات پیچی موجب می‌شود تا اختلاف فاحشی میان اتصالات اجرا شده با مفروضات طراحی وجود داشته باشد. به منظور حصول اطمینان از کیفیت اتصالات پیچی کنترل‌های زیر، پیش و بعد از انجام عملیات نصب در سازه‌های فولادی به ویژه در سازه‌های با کاربرد خاص و حساس توصیه می‌شوند:

1- Tension Control Bolts

2- Direct Tension Indicator

ت - وظایف بازرس پیج و مهره

بازرس پیج و مهره باید به منظور انجام بازرسی‌های مربوطه، هماهنگی کامل و نزدیک با پیمانکار و سایر بازرسین پروژه داشته باشد. تمامی بازرسی‌های مورد اشاره در مدارک قرارداد، نظامنامه‌ی تضمین کیفیت و مشخصات فنی و آیین‌نامه‌ی ساختمنی باید توسط بازرس پیج و مهره صورت پذیرد. بازرسی‌ها باید در زمان‌های مشخص و طی یک برنامه‌ی زمان‌بندی به گونه‌ای انجام شود که از ایجاد وقفه در عملیات اجرایی اجتناب شود و پیمانکار ملزم شود تا بلافاصله پس از وقوع هرگونه مغایرت اجرایی، نسبت به اصلاح آن اقدام نماید.

وظایف بازرسین پیج و مهره، به شرح زیر است،

- ۱- مطالعه‌ی دقیق مباحث اجرایی مشخصات فنی، نقشه‌های قرارداد، نقشه‌های کارگاهی ساخت و نقشه‌های نصبی پروژه.
- ۲- مطالعه‌ی تمام «گواهینامه‌های مطابقت مواد» که از طرف کارخانه‌ی سازنده صادر شده است و حصول اطمینان از تطابق ویژگی‌های مواد قطعات با الزامات پروژه.
- ۳- تأیید شناسایی مواد پیج و مهره‌ها.
- ۴- تأیید وجود شرایط مناسب و تحت کنترل جهت انبار قطعات.
- ۵- تأیید وجود دستورالعمل‌های مصوب نصب پیج و مهره.
- ۶- حصول اطمینان از آگاهی تمام نیروهای کاری از دستورالعمل نصب پیج و مهره.
- ۷- مشاهده‌ی آزمایش پیش از نصب که در ابتدای کار و به ازای هر محموله انجام می‌شود.
- ۸- کنترل عملیات کالیبراسیون آچار در روش استفاده از آچار کالیبره، در ابتدای هر شیفت کاری.
- ۹- کنترل کفايت وضعیت اتصال شامل وضعیت ابعاد سوراخ‌ها و عدم وجود وضعیت نامناسب در سوراخ‌هایی که گشاد شده و یا برقو زده شده‌اند.
- ۱۰- در اتصالات اصطکاکی، کنترل مناسب بودن وضعیت سطوح ورق‌های اتصالی که بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند.
- ۱۱- کنترل سفت شدن اولیه‌ی (Snug Tight) تمام پیج‌ها، قبل از اعمال نیروی پیش‌تنیدگی.
- ۱۲- در اتصالاتی که باید پیش‌تنیده شوند، کنترل عملیات پیش‌تنیدگی در قالب یک برنامه‌ی زمان‌بندی مناسب به منظور حصول اطمینان از صحت انجام این عملیات.

۱۳- حل و فصل بلافصله‌ی هرگونه اختلاف‌نظر درخصوص دست‌یابی به میزان پیش‌تنیدگی موردنظر.

۱۴- تهیه‌ی گزارش کاملی درخصوص اتصالاتی که مشاهده و بازرسی شده و مورد قبول واقع شده‌اند. این گزارش باید طبق برنامه و در زمان‌های مربوط به مسئول معرفی شده تحویل شود.

۳- ۵ اتصالات اتکایی و اصطکاکی

اتصالات پیچی را می‌توان در دو شکل اتصال نوع اتکایی^۱ و اتصال نوع اصطکاکی^۲ طبقه‌بندی نمود. اتصال نوع اتکایی را اتصال معمولی و یا اتصال غیر اصطکاکی نیز می‌نامند. هر دو نوع اتصال توسط آئین‌نامه‌های طراحی سازه‌های فولادی نظیر AISC و مقررات ملی ساختمانی ایران به رسمیت شناخته شده است و طبق ضوابط هر دو آئین‌نامه برای هر دو نوع اتصال باید از پیچ‌های پر مقاومت که به یک شیوه نصب و اجرا می‌شوند، استفاده کرد.

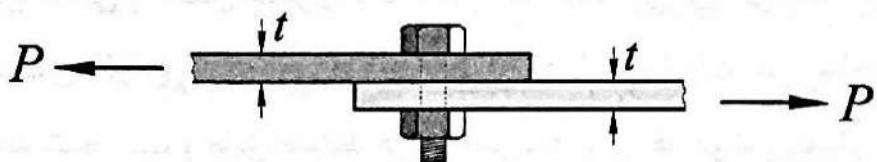
۳- ۵- ۱ اتصالات اتکایی

در مواردی که لغزش جزیی بین صفحات اتصال مجاز باشد اتصال اتکایی به کار می‌رود. در اتصالات اتکایی، لغزش بین صفحات به گونه‌ای است که بدنه‌ی پیچ با جداره‌ی سوراخ‌ها تماس پیدا می‌کند. معیار طراحی در اتصالات اتکایی مقاومت اتصال است. رفتار اتصالات اتکایی و اصطکاکی تحت بارهای سرویس به یکدیگر شباهت زیادی دارد، با این تفاوت که ضریب اطمینان در مقابل لغزش صفحات در اتصالات اتکایی کمتر از ضریب اطمینان در مقابل لغزش صفحات در اتصالات اصطکاکی است.

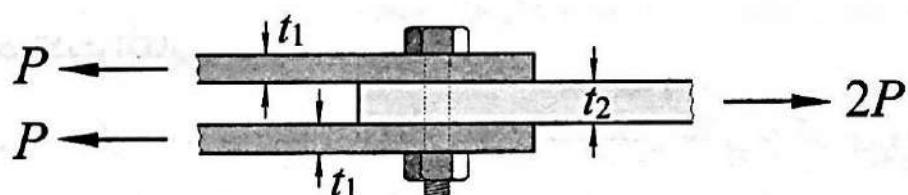
در اتصالات اتکایی پس از لغزش صفحات، انتقال بارهای واردہ بر اتصال توسط ترکیبی از عمل اصطکاکی و اتکایی در پیچ و در بدنه‌ی سوراخ انجام می‌گیرد. چنان‌چه بارها به صورت استاتیکی به اتصال اتکایی اعمال شوند چون جهت بار با زمان تغییر نمی‌کند لغزش فقط یک بار رخ می‌دهد. اعمال بارهای دینامیکی موجب لغزش صفحات اتصال در جهات مختلف شده و موضع تماس بدنی پیچ با جداره‌ی سوراخ مرتباً عوض می‌شود. در ادامه نحوه انتقال نیرو و کنترل‌های لازم در اتصالات اتکایی بیان می‌گردد؛

الف - نحوه انتقال نیرو در اتصالات اتکایی

در اتصالات اتکایی یا لهیدگی، قطعاتی که توسط پیچ به یکدیگر متصل شده‌اند پس از پشت سر گذاشتن مقاومت اصطکاکی جزیی به طور جهشی در خلاف جهت هم‌دیگر می‌لغزند. مقاومت اصطکاکی جزیی بین اعضا عموماً ناشی از محکم بستن مهره‌های پیچ‌ها می‌باشد. بعد از لغزش، بدنه‌ی پیچ بر جداره‌ی سوراخ چسبیده و نیروهای اعمالی با ایجاد تنش برشی در پیچ یا تنش فشار مستقیم در جداره و پیچ منتقل می‌شوند. شکل ۳-۵ یک اتصال اتکایی که پیچ‌های آن تحت اثر برش یک‌طرفه و دو‌طرفه هستند را نشان می‌دهد.



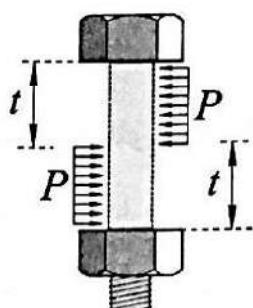
الف - اتصال برنسی یک‌طرفه



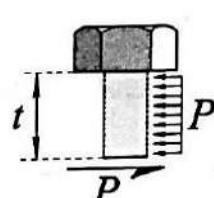
ب - اتصال برنسی دو‌طرفه

شکل ۳-۵ - اتصال اتکایی توسط پیچ

با اعمال نیرو در اتصال شکل ۳-۵ رفتار اتصال در ابتدا الاستیک و با افزایش آن رفتار اتصال وضعیت پلاستیک یا خمیری خواهد داشت. نمودار آزاد ورق اتصال بالایی و پیچ در شکل ۳-۶ نشان داده شده است.



پ - پیچ



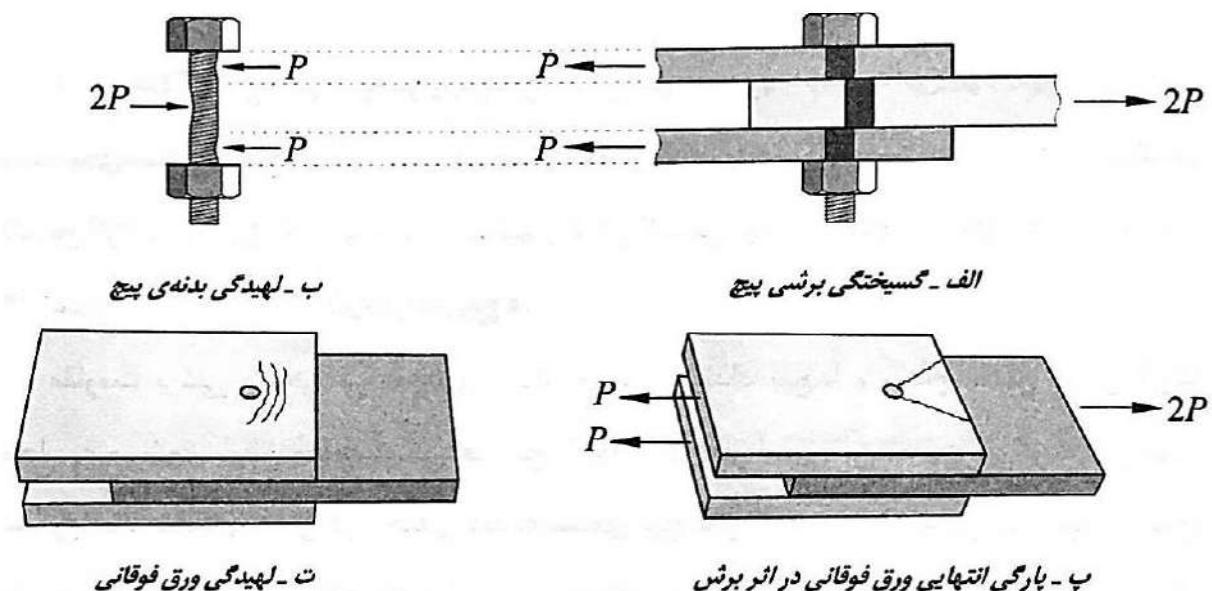
ب - نیمه‌ی بالایی پیچ



الف - ورق اتصال بالایی

شکل ۳-۶ - نمودار آزاد اتصال اتکایی با برش یک‌طرفه

همان‌گونه که در شکل ۳-۶ نشان داده شده است، گسیختگی اتصال اتکایی ممکن است با انهدام پیچ و یا انهدام ورق همراه باشد. شکل ۳-۷ انواع گسیختگی‌های ممکن در اتصال اتکایی که پیچ‌ها در آن تحت برش دوطرفه هستند (شکل ۳-۵-ب) را به صورت اغراق‌آمیز نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷ - انواع گسیختگی‌های ممکن در اتصال اتکایی با برش دوطرفه

از هر یک از انهدام‌های ممکن که در شکل ۳-۷ نشان داده شده است باید جلوگیری به عمل آورد. به بیان دیگر، می‌باید تنש‌های ناشی از نیروهای اعمالی که ممکن است موجب هر کدام از انهدام‌های نشان داده شده در شکل ۳-۷ گردد، محاسبه و با مقادیر مجاز آن کنترل شود. ضمناً علاوه بر تنش‌های ناشی از نیروهای اعمالی در محل اتصال، ورق‌های اتصال نیز باید قادر به تحمل نیروهای وارد شده باشند. در ادامه، نحوه محاسبه‌ی تنش برای حالات مختلف اتصال شکل ۳-۵ ارائه می‌شود.

ب - کنترل‌های لازم در اتصالات اتکایی

۱- کنترل مقاومت کششی طراحی در ورق‌های اتصال

ورق‌های اتصال در شکل ۳-۵، تحت تأثیر نیروهای کششی قرار دارند و باید مقاومت طراحی ($T_u(\varphi P_n)$) از T_u نیروی کششی مورد نیاز با توجه به وجود سوراخ در آن‌ها بیشتر باشد. در فصل دوم از جلد پنجم کتاب سازه‌های فولادی نحوه محاسبه و کنترل کشش در اعضای سوراخ‌دار براساس روش حدی LRFD بیان گردید که خوانندگان می‌توانند جهت یادآوری به مطالب ارائه شده در آن فصل مراجعه نمایند. محاسبه و کنترل نیروهای کششی در ورق‌های اتصال بدین شرح است،

$$T_u \leq \phi P_n = 0.9 F_y A_g \quad (5-3\text{-الف})$$

$$T_u \leq \phi P_n = 0.75 F_u A_e \quad (5-3\text{-ب})$$

در روابط (۵-۳) A_e, A_g به ترتیب سطح مقطع کل و سطح مقطع خالص مؤثر هستند. نحوه محاسبه سطح مقطع خالص مؤثر در فصل دوم از جلد پنجم کتاب طراحی سازه‌های فولادی تشریح گردید. F_u, F_y به ترتیب تنש تسلیم و تنش کششی نهایی مصالح ورق‌های اتصال هستند.

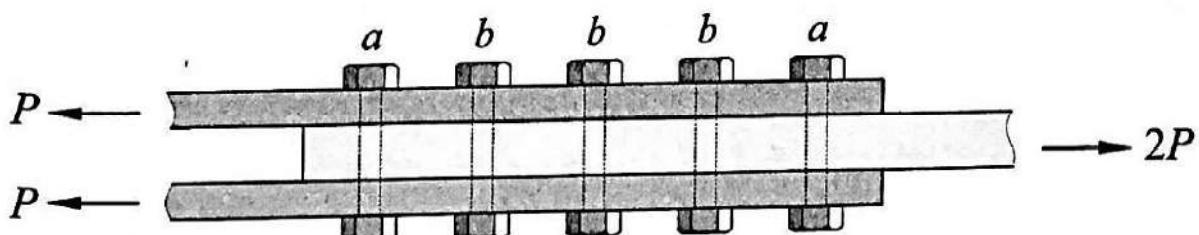
۲- کنترل مقاومت برشی طراحی در پیچ‌ها

مقاومت برشی طراحی در پیچ‌های اتصال براساس تعداد پیچ‌ها و سطح مقطع اسمی آن‌ها محاسبه می‌شود. سطح مقطع مقطع اسمی هر پیچ با توجه به قطر اسمی آن تعیین می‌گردد. در عمل ممکن است صفحه‌ی برش در ناحیه‌ی دندانه شده‌ی پیچ قرار داشته باشد، که در این صورت سطح مقطع مؤثر پیچ کمتر از سطح مقطع اسمی آن خواهد بود. برای جبران این افزایش تنش برشی در پیچ ناشی از کاهش سطح مقطع، آئیننامه‌های طراحی مقاومت طراحی برشی پیچ‌هایی که دندانه‌های آن‌ها در سطح برش قرار می‌گیرند را حدود ۳۰ درصد کاهش می‌دهند.

در اتصالاتی که در آن‌ها تعداد پیچ‌های اتصال در هر ردیف، در جهات موازی و عمود بر امتداد نیرو، زیاد باشد، اصولاً نیروی موجود بین کلیه‌ی پیچ‌ها به طور مساوی توزیع نمی‌شود. شکل ۸-۳ یک اتصال اتکایی که در آن در جهات موازی امتداد نیروهای اعمالی، پنج ردیف پیچ به کار رفته است را نشان می‌دهد.

در اتصال شکل ۸-۳ توزیع نیرو بین پیچ‌ها با توجه به صلبیت ورق‌ها و نیز پیچ‌ها، تعیین می‌شود. حالات زیر برای توزیع نیرو بین وسایل اتصال ممکن است؛

الف- چنان‌چه پیچ، کاملاً صلب و ورق‌های اتصال انعطاف‌پذیر باشند، نیروهای اعمالی فقط به وسیله‌ی ردیف اول و آخر (پیچ‌های a) منتقل شده و پیچ‌های ردیف‌های میانی (پیچ‌های b) نیرو تحمل نمی‌کنند.



شکل ۳-۸ - اتصال اتکایی با تعداد پنج ردیف پیچ

ب - اگر ورق‌های اتصال کاملاً صلب و پیچ‌های اتصال کاملاً انعطاف‌پذیر فرض شوند، کلیه‌ی پیچ‌ها به طور یکسان در برابری سهیم خواهند بود.

چون ورق‌های اتصال و نیز پیچ‌ها هر دو، خاصیت انعطاف‌پذیری دارند، توزیع واقعی نیرو بین پیچ‌ها وضعیتی مابین دو حالت الف و ب دارد. در این حالت با اعمال نیرو ابتدا در پیچ‌های انتهایی لغزش به وجود آمده و این دو ردیف (پیچ‌های a) نیروی بیشتری را تحمل می‌کنند. لیکن با افزایش نیرو و قبل از گسیختگی، تغییر شکل‌های خمیری بزرگی در اتصال به وجود می‌آید و در این حالت نیروی تمام پیچ‌ها تقریباً یکسان خواهد بود. البته با افزایش تعداد ردیف‌های پیچ توزیع یکنواخت نیرو بین پیچ‌ها انجام نخواهد گرفت، از این رو بهتر است تعداد ردیف‌های پشت سر هم در جهت امتداد نیرو به عدد ۶ محدود گردد.

بنابراین f_v تنش برشی موجود در هر پیچ از رابطه‌ی (۳-۴) به دست می‌آید،

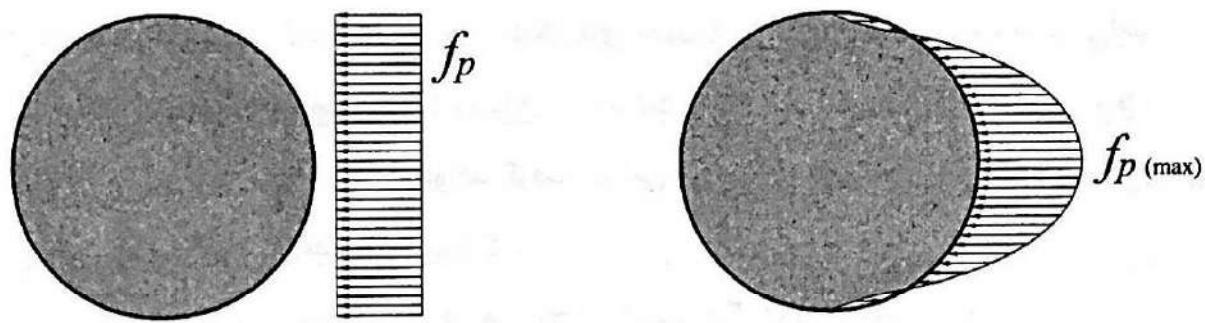
$$f_v = \frac{P}{n_b A_{nb}} \quad (3-4)$$

که در آن n_b تعداد پیچ‌های موجود در اتصال و A_{nb} سطح مقطع اسمی پیچ و برابر $\frac{\pi d_b^3}{4}$ می‌باشد. نحوه‌ی کنترل تنش برشی موجود در پیچ بر مبنای هر دو نگرش مقاومت مجاز (ASD) و روش حدی (LRFD) در بخش‌های آینده ارائه خواهد شد.

۳- کنترل تنش‌های لهیدگی

علاوه بر کنترل تنش‌های کششی ورق‌های اتصال در مقاطع خالص بحرانی و نیز تنش برشی در پیچ‌ها باید تنش‌های لهیدگی در ورق‌های اتصال و نیز پیچ‌ها محاسبه و کنترل شوند. در اتصالات اتکایی به محض وقوع لغزش بین ورق‌های اتصال، بدنه‌ی پیچ‌ها با جداره‌ی سوراخ تماس پیدا کرده و به آن فشار اعمال می‌کند. توزیع تنش‌های فشار ناشی از اتکاء که به آن تنش‌های لهیدگی نیز می‌گویند، براساس علم تئوری الاستیسیته تعیین می‌شود. منظور از لهیدگی، از هم گسیختگی و یا از هم پاشیدگی ذرات تشکیل‌دهنده‌ی مصالح و از دست رفتن مقاومت اولیه‌ی آن‌ها می‌باشد. همان‌گونه که یک قطعه گچ تحت اثر نیروی فشاری لهیده شده و به پودر تبدیل می‌شود، ذرات فولاد نیز در موضع اتصال و در محل لهیدگی از هم گسیخته و ساختار اولیه‌ی خود را از دست داده و در نتیجه ظرفیت باربری آن‌ها به شدت کاهش می‌یابد.

هر چند توزیع نیرو در محل لهیدگی براساس روش‌های موجود در تئوری الاستیسته به صورت سینوسی در حالت ارجاعی است، (شکل ۹-۳-الف)، لیکن برای محاسبه‌ی تنش لهیدگی در اتصالات پیچی از فرضیه‌ی خمیری کامل استفاده می‌شود و توزیع تنش لهیدگی (f_p) بر روی جداره‌ی سوراخ و بدنه‌ی پیچ به صورت یکنواخت فرض می‌گردد (شکل ۹-۳-ب).



الف - توزیع واقعی تنش در حالت الاستیک
ب - توزیع یکنواخت تنش لهیدگی در محاسبات اتصالات اتکایی

شکل ۹-۳ - توزیع تنش لهیدگی در حوالی سوراخ

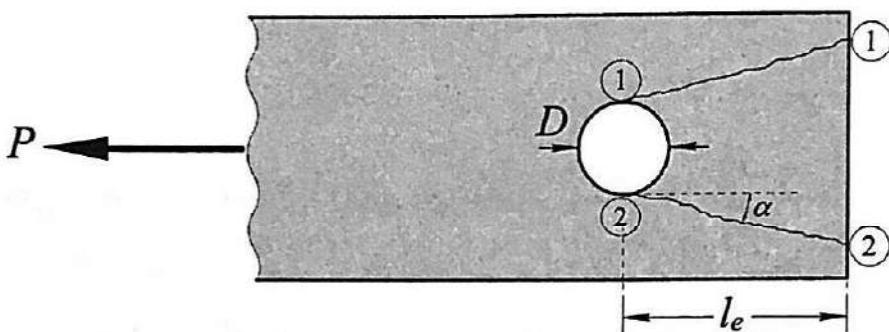
بنابراین تنش لهیدگی موجود در اتصال اتکایی f_p از رابطه‌ی (۷-۳) محاسبه خواهد شد،

$$f_p = \frac{P}{n_b d_b t} \quad (7-3)$$

در رابطه‌ی (۷-۳)، n_b تعداد پیچ‌ها در محل اتصال، d_b قطر اسمی پیچ و t ضخامت ورق نازک‌تر است.

۴ - مقاومت اتکایی اتصال

مقاومت حدی لهیدگی اتصال به تغییر شکل‌های اطراف سوراخ بستگی دارد (شکل ۷-۳-ت). همان‌گونه که در شکل ۷-۳-پ ملاحظه می‌شود، در اثر اعمال نیروی خارجی انتهای ورق‌ها ممکن است در اثر برش گسیخته شوند. اگر فاصله‌ی سوراخ کناری تا لبه‌ی ورق و یا فاصله‌ی سوراخ‌ها از یکدیگر کم باشد، ورق در پشت سوراخ بریده و پاره می‌شود. شکل ۱۰-۳ گسیختگی انتهای ورق در امتداد خطوط ①-① و ②-② را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۰ - گسیختگی انتهای ورق

قطر سوراخ D و فاصله‌ی مرکز آن تا لبه‌ی انتهایی L_e می‌باشد. اگر α زاویه‌ی خطوط شکست با امتداد نیروی P را در جهت اطمینان برابر صفر فرض کنیم، چنان‌چه مقاومت برشی ورق اتصال R_u^P و ضخامت آن t باشد، مقاومت اسمی R_u براساس گسیختگی انتهایی ورق برابر است با،

$$R_u = 2t \tau_u^P \left(L_e - \frac{D}{2} \right) \quad (8-3)$$

چنان‌چه F_u^P که در آن F_u تنش کششی نهایی مصالح ورق است، در نظر گرفته شود، خواهیم داشت،

$$R_u = 1/4 F_u D t \left(\frac{L_e}{D} - \frac{1}{2} \right) \quad (9-3)$$

با استفاده از ضابطه‌ی $P_u \leq \varphi R_u$ می‌توان از رابطه‌ی (9-3) حداقل فاصله‌ی مرکز آخرین ردیف پیچ تا لبه‌ی کناری ورق را محاسبه کرد.
از طرفی نیروی موجود P_u در پیچ را می‌توان بحسب تنش لهیدگی f_p به صورت رابطه‌ی (10-3) بیان نمود،

$$P_u = f_p D t \quad (10-3)$$

توصیه‌ی اغلب طراحان و آئین‌نامه‌های طراحی براساس تجربیات عملی رعایت حداقل فاصله‌ی مرکز تا مرکز پیچ‌ها به میزان $2/67D$ می‌باشد. در این صورت رابطه‌ی (9-3) مانند رابطه‌ی (10-3) بازنویسی خواهد شد.

$$R_n = \gamma F_u D t \quad (11-3)$$

از مقایسه‌ی روابط (۱۰-۳) و (۱۱-۳) می‌توان مقاومت لهیدگی یا اتكایی اتصالات را تعیین کرد. آئین‌نامه‌ی AISC و مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان ایران رابطه‌ی (۱۱-۳) را در حالتی که نیرو در امتداد طولی سوراخ باشد، برای مقاومت اتكایی در جدار سوراخ پیچ پیشنهاد می‌کند.

$$R_n = 2/4 F_u d_b t \quad (12-3)$$

بنابراین برای طراحی اتصالات اتكایی (لهیدگی - معمولی) موارد زیر باید مراعات شود،

۱- تعیین مقاومت مورد نیاز کششی در ورق‌های اتصال براساس سطح مقطع کل و سطح مقطع خالص مؤثر و مقایسه با مقاومت طراحی ورق

۲- محاسبه‌ی مقاومت مورد نیاز برشی در پیچ و مقایسه‌ی آن با مقاومت طراحی برشی پیچ

۳- تعیین مقاومت مورد نیاز اتكایی در سوراخ ورق‌های اتصال و مقایسه‌ی آن با مقاومت اتكایی در جدار سوراخ پیچ

۴- کنترل حداقل فاصله‌ی مرکز سوراخ‌ها از یکدیگر و از لبه‌های انتهایی برای جلوگیری از پارگی ورق

۳-۵-۲ اتصالات اصطکاکی

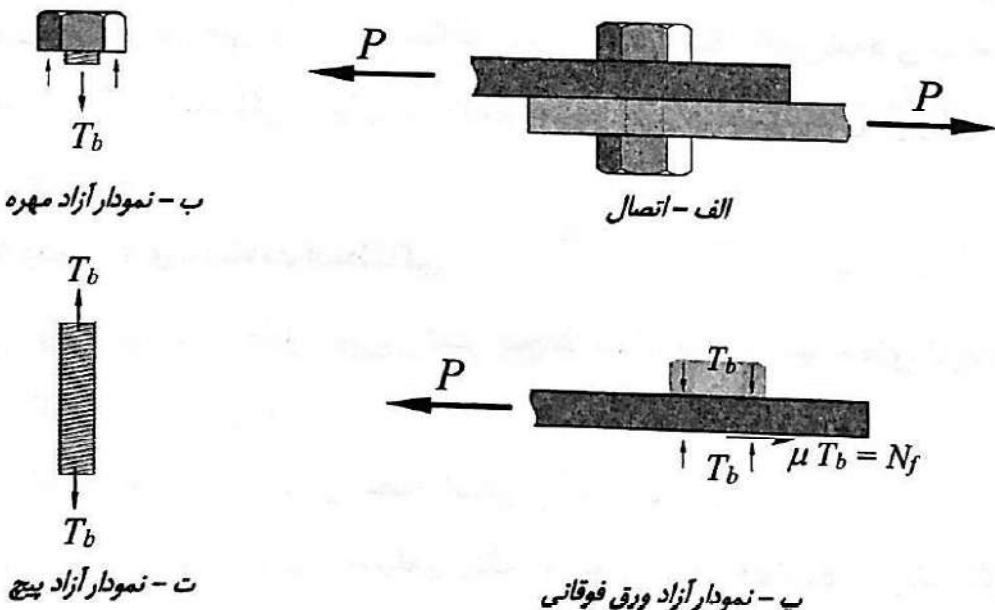
هنگامی که در یک اتصال مهره‌ی پیچ پس از محکم شدن اتصال، بیشتر پیچانده شود و به عبارت دیگر در پیچ نیروی پیش‌تنیدگی T_b ایجاد گردد، فشاری معادل نیروی T_b از طرف مهره‌ی پیچ بر روی ورق‌های اتصال وارد می‌شود. این نوع اتصال را اتصال اصطکاکی می‌نامند. در مواردی که قرار است هیچ‌گونه لغزشی تحت اثر بارهای سرویس بین ورق‌های اتصال رخ ندهد از اتصالات اصطکاکی استفاده می‌شود. در اتصال اصطکاکی اگر ورق‌های اتصال در جهت موازی با سطح خود تحت اثر نیروی P قرار گیرند به محض آغاز لغزش بین ورق‌ها، نیروی اصطکاکی N_f برابر μT_b که در آن μ ضریب اصطکاک بین ورق‌های اتصال است، باعث جلوگیری از لغزش می‌شود.

برای تعیین ضریب اصطکاک μ از روش‌های تجربی استفاده می‌شود. مقدار μ به زبر یا صیقلی بودن سطح ورق‌های اتصال بستگی دارد. ضریب اصطکاک μ برای فولادهای با مقاومت بالا بیشتر از

فولادهای معمولی است. به عنوان مثال ضریب μ برای فولاد St52 بیشتر از فولاد St37 است. مقدار μ برای فولاد معمولی با پوسته‌ی ناشی از نورد گرم بین $0.25 \leq \mu \leq 0.35$ است. برای افزایش μ روش ماسه‌پاشی و یا تمیز کردن به وسیله‌ی شعله پیشنهاد می‌گردد. عملیات ماسه‌پاشی و تمیز کردن با شعله باید بعد از سوراخ کردن انجام شود. چون دندانه‌ی پیچ‌ها قبل از قرار گرفتن در سوراخ روغن کاری می‌شوند با شعله باید دقت نمود که سطوح ورق‌ها به آن آلوده نگردند. به وسیله‌ی شعله یا ماسه‌پاشی می‌توان ضریب اصطکاک را برای فولاد تا $\mu = 0.5$ افزایش داد.

روش‌های پیش‌تنیدگی در پیچ در بخش ۴-۳ شرح داده شد.

در شکل ۳-۱۱ یک اتصال اصطکاکی که وسایل اتصال آن پیچ‌های پر مقاومت و پیش‌تنیده می‌باشد، نشان داده شده است. نمودار آزاد مهره‌ها، ورق‌های اتصال و پیچ نیز در این شکل به نمایش درآمده است. در اتصال اصطکاکی چون نیروی اصطکاک $N_f = \mu T_b$ ناشی از پیش‌تنیدگی توانایی انتقال نیرو از طریق ورق‌های اتصال را دارد، تحت اثر بارهای سرویس بین بدنه‌ی پیچ و جداره نیروی لهیدگی ایجاد نمی‌شود (شکل ۳-۱۱). در یک اتصال اصطکاکی با افزایش بار، نیروی اصطکاک N_f دیگر قادر به مقابله با بارهای وارد نمی‌باشد. با افزایش نیروی P نیروهای مقاوم همان تنش‌های لهیدگی بین بدنه‌ی پیچ و جداره سوراخ و تنش برشی در پیچ خواهد بود. بنابراین انهدام یک اتصال اصطکاکی نیز مانند گسیختگی‌های نشان داده شده در شکل ۷-۳ خواهد بود.



شکل ۳-۱۱ - انتقال نیرو در یک اتصال اصطکاکی

در هر حال یک اتصال اصطکاکی مزایا و محدودیت‌هایی بدین شرح است؛

الف - مزایای اتصالات اصطکاکی

- ۱- در اتصالات اصطکاکی برای پیچهای پر مقاومت عادی سوراخ کردن دقیق لازم نیست و دقت ۲ میلی‌متر کافی است.
- ۲- در اتصالات اصطکاکی چون بخشی از نیرو قبل از موضع سوراخ توسط اصطکاک تحمل می‌شوند لذا تنش‌های موجود در ورق و در محل سوراخ کاهش می‌یابد.
- ۳- به دلیل اعمال نیروی پیش‌تنیدگی، امکان شل شدن مهره‌ها کاهش می‌یابد.
- ۴- در بارگذاری‌های تناوبی، تأخیر در باربری ایجاد نشده و فقط جهت نیروی اصطکاک تغییر می‌کند.
- ۵- در بارگذاری‌های تناوبی با تعداد تناوب زیاد، پدیده‌ی خستگی پیچ کنترل می‌گردد.
- ۶- فشردگی دو ورق با نیروی قابل ملاحظه معادل نیروی پیش‌تنیدگی، موجب می‌شود سطح مناسب و یکنواختی برای انتقال نیروها به ویژه نیروهای لرزه‌ای با ماهیت رفت و برگشتی فراهم شود. انجام چنین رفتاری باعث خواهد شد کلیه‌ی پیچ‌ها به صورت همزمان در باربری مشارکت کنند. این در حالی است که در اتصالات اتکایی به دلیل سطح تماس کوچک و لقی بین سوراخ و پیچ، احتمال عدم اتکای همزمان کلیه‌ی پیچ‌ها به بدنه سوراخ‌ها زیاد خواهد بود. هم‌چنین پدیده‌ی تأخیر در انتقال نیرو (Shear Lag) در اتصالات اتکایی در بارگذاری‌های لرزه‌ای و با ماهیت رفت و برگشتی بسیار نامطلوب است. حاصل چنین امری عدم مشارکت کلیه‌ی پیچ‌ها در باربری همزمان نیروهای لرزه‌ای در اتصالات اتکایی است. از این‌رو آئین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای استفاده از اتصالات اصطکاکی را برای اتصالات و وصله‌ی اعضای سیستم‌های باربر لرزه‌ای جانبی ضروری می‌دانند.

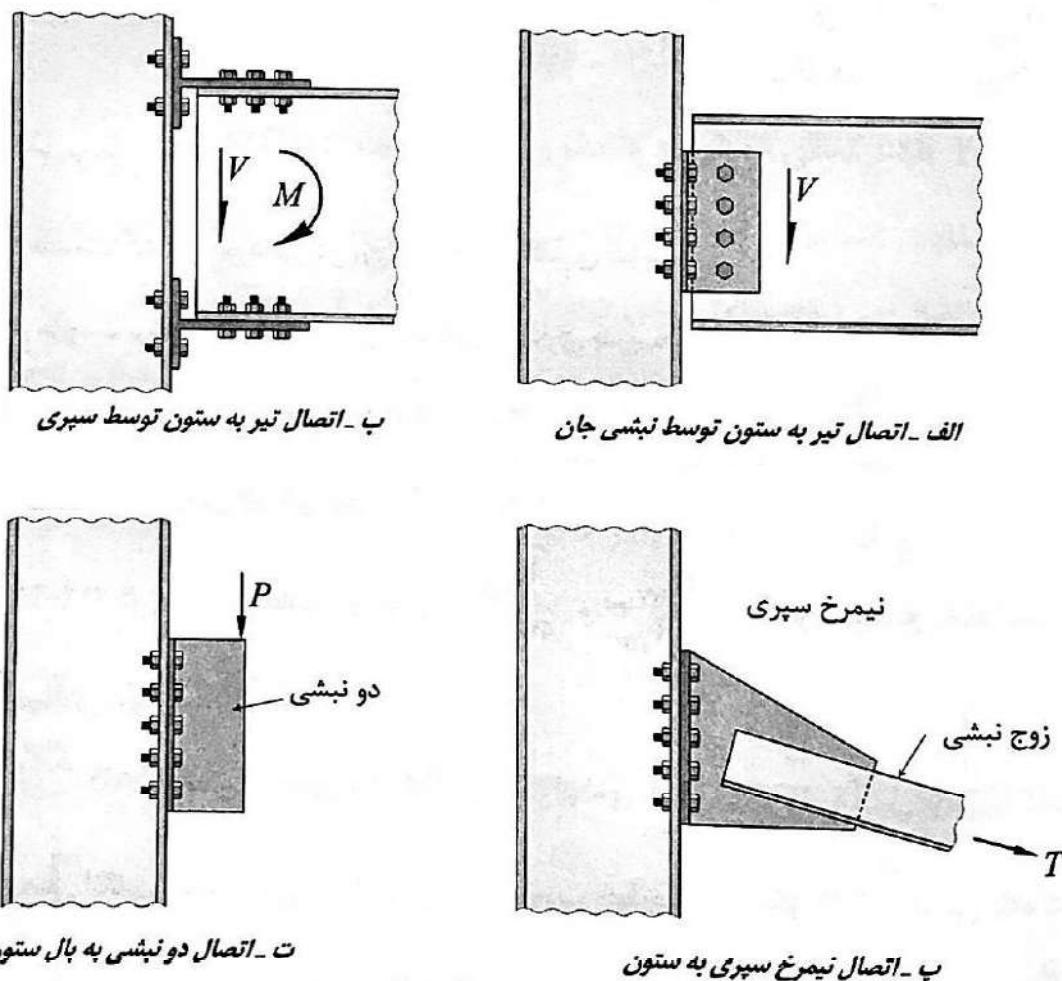
ب - محدودیت‌های اتصالات اصطکاکی

- ۱- در این‌گونه اتصالات به دلیل باربری کمتر پیچ‌ها، تعداد آن‌ها و سوراخ‌های لازم نسبت به اتصالات اتکایی بیشتر می‌شود.
- ۲- در اتصالات اصطکاکی تمیز کردن سطوح اتصال از آلودگی‌ها، امری ضروری است.
- ۳- قطعات باید پس از تمیزکاری به وسیله‌ی رنگ غیر لغزان برای جلوگیری از زنگزدگی سطوح اتصال رنگ‌آمیزی شوند. رنگ‌های غیرلغزنده عموماً از نوع آلکالی - سیلیکات - روی بوده و عموماً قیمت اتصال را بالا می‌برند.

در اتصالات اصطکاکی که احتمال شل شدن مهره ها و در نتیجه کاهش و یا از دست رفتن نیروی پیش تنبیدگی وجود دارد، برای حصول اطمینان از عملکرد اتصال باید علاوه بر کنترل آن برای حالتی که بین سطوح تماس نیروی اصطکاک وجود دارد، آن را همانند یک اتصال غیر اصطکاکی (یاتاقانی) در مقابل تنش های برشی و لهیدگی کنترل نمود.

۳-۶ ترکیب برش و کشش در اتصالات پیچی

به دلیل وجود خروج از مرکزیت نیروها و نیز عملکرد توأم نیروی برشی، نیروی محوری و لنگر خمشی در اتصالات پیچی، ترکیب تنش های برشی و کششی در پیچ های اتصال باید مورد توجه قرار گیرد. در شکل ۱۲-۳ اتصالاتی که در آن ها پیچ های اتصال تحت اثر ترکیبی از تنش های برشی و کششی هستند، نشان داده شده است.



شکل ۱۲-۳ - اتصالات پیچی تحت اثر همزمان برش و کشش

آئین نامه های AISC و مبحث دهم از مقررات ملی ساختمانی ایران برای پیچ های پر مقاومت که در اتصالات اصطکاکی تحت اثر تؤام کشش و برش مورد استفاده قرار می گیرند، مقرر می دارند که مقاومت برشی اسمی در ضربی کاهنده ای متناظر با رابطه (۳-۲-۲) ضرب R_{nv} گردد.

۳ - ۷ مشخصات و فوائل سوراخها در اتصالات پیچی

در اتصالات پیچی لازم است قطعات فولادی به نحو صحیح و مناسب با قطر پیچ، سوراخ شوند. دقیق در سوراخ کاری و سالم بودن بدنه هی سوراخها نقش مهمی در میزان مقاومت و برابری اتصالات پیچی ایفا می کند.

۳ - ۷ - ۱ روش های سوراخ کردن قطعات فولادی

روش های زیر جهت سوراخ کردن قطعات فولادی متداول است،

- ۱- یکی از روش های دقیق برای سوراخ کردن قطعات فولادی استفاده از مته^۱ است. با استفاده از متهی دستی می توان قطعات فولادی را با دقیق یک میلی متر سوراخ کرد و با دستگاه های ابزار دقیق نظیر CNC که با متهی خودکار کار می کنند، می توان به دقیق $\frac{1}{3}$ میلی متر دست یافت.
- ۲- استفاده از دستگاه سوراخ زنی (منگنه)^۲ یکی از روش های سوراخ کردن قطعات فولادی است. عیوب این روش آن است که اطراف سوراخ آسیب دیده و ترک بر می دارد. برای قطعات فولادی با ضخامت بیش از 12 میلی متر حدود $1/5$ میلی متر اطراف سوراخ دچار آسیب می شود. با افزایش ضخامت قطعات فولادی آسیب دیدگی در اطراف سوراخ بیشتر می شود. از این رو قطر سوراخ خدشه دار شده حدود 3 میلی متر افزایش خواهد داشت. برای جبران آسیب دیدگی می توان سوراخها را 3 میلی متر کوچک تر منگنه نموده و سپس آن ها را به وسیله هی برق و زدن گشاد کرد. مقاومت خستگی قطعاتی که به وسیله منگنه سوراخ می شوند کاهش یافته و این گونه قطعات در سازه هایی که در دمای پائین قرار می گیرند، وضعیت ترد و شکننده داشته و باعث بروز ترک های برشی در لبه های منگنه شده می شود.

۳- یکی از روش‌های سوراخ کردن قطعات ضخیم فولادی که قرار است قطر سوراخ در آن‌ها بزرگ باشد استفاده از برش توسط شعله‌ی گاز است. تا جایی که ممکن است باید از به کار بردن این روش خودداری نمود و در صورت استفاده توصیه می‌شود سوراخ با قطر ۵ میلی‌متر کوچک‌تر از قطر نهایی به وسیله‌ی شعله بریده شده و سپس به وسیله‌ی مته گشاد شود.

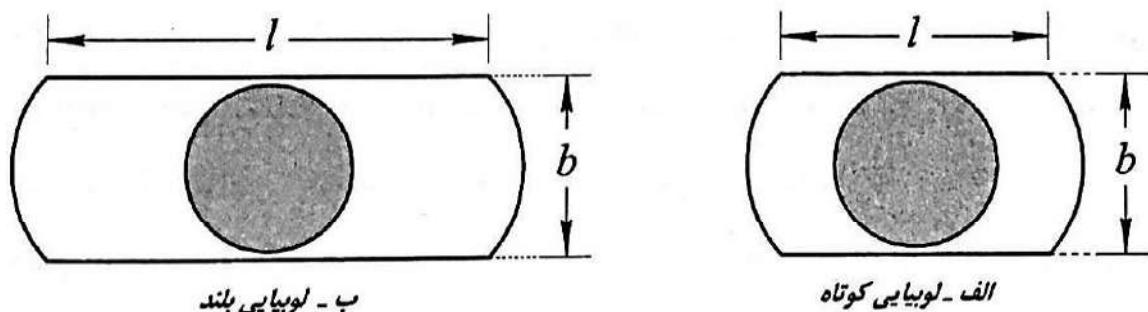
در هر حال باید سعی شود که قطعات فولادی ابتدا به میزان ۲ میلی‌متر کوچک‌تر سوراخ شده و سپس تا قطر مورد نظر به وسیله‌ی مته گشاد شوند. سوراخ‌هایی که به کمک مته انجام می‌شوند باید با سمباده صاف و تمیز گردند.

۲-۷-۳ انواع سوراخ‌ها در اتصالات پیچی

آئین‌نامه‌های طراحی AISC و مبحث دهم از مقررات ملی ساختمانی ایران انواع سوراخ‌ها را بدین شرح طبقه‌بندی می‌کنند،

- ۱- سوراخ استاندارد گرد^۱ (STD)،
- ۲- سوراخ بزرگ شده‌ی گرد^۲ (OVS)،
- ۳- سوراخ لوبيایي بلند^۳ (LSL)،
- ۴- سوراخ لوبيایي کوتاه^۴ (SSL)،
- ۵- سوراخ لوبيایي (بلند یا کوتاه) عمود بر جهت نیرو^۵ (NSL)

در شکل ۳-۱۵ تصویر سوراخ‌های لوبيایي کوتاه و بلند نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۵ - سوراخ‌های لوبيایي

آئین نامه‌ی AISC و مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان ایران در اتصالات اصطکاکی مقاومت برشی طراحی برای پیچ‌های پر مقاومت را براساس وضعیت سطوح ورق‌های در حال تماس و نیز نوع سوراخ بیان می‌کند. آئین نامه‌های مذکور سطوح تماسی که تمیز بوده و لایه‌ای از اکسید حاصل از نورد گرم در روی آن قرار داشته باشد (سطح فلس‌دار تمیز و رنگ شده) را کلاس A می‌نامد و سطح تمیز شده با ماسه‌پاشی و رنگ نشده را کلاس B نام‌گذاری می‌کند.

جدول ۳ - ۵ - ابعاد اسمی سوراخ پیچ بر حسب میلی‌متر

ابعاد اسمی سوراخ (mm)				قطر پیچ (mm)
سوراخ لوبيایي بلند (طول × عرض) (mm)	سوراخ لوبيایي کوتاه (طول × عرض) (mm)	سوراخ بزرگ شده	سوراخ استاندارد	
۱۸×۴۰	۱۸×۲۲	۲۰	۱۸	M16
۲۲×۵۰	۲۲×۲۶	۲۴	۲۲	M20
۲۴×۵۵	۲۴×۳۰	۲۸	۲۴	M22
۲۷×۶۰	۲۷×۳۲	۳۰	۲۷	M24
۳۰×۶۷	۳۰×۳۷	۳۵	۳۰	M27
۳۳×۷۵	۳۳×۴۰	۳۸	۳۳	M30
$(d_b + ۳) \times ۲ / ۵ d_b$	$(d_b + ۳) \times (d_b + ۱۰)$	$d_b + ۸$	$d_b + ۳$	$\geq M36$

محدودیت ابعاد اسمی سوراخ‌ها و دامنه‌ی کاربرد آن‌ها

مبحث دهم از مقررات ملی ساختمانی ایران محدودیت‌های زیر را برای سوراخ‌های اتصالات

پیچی در نظر می‌گیرد.

- ابعاد حداقل سوراخ پیچ‌ها باید مطابق جدول ۳ - ۵ باشند.
- سوراخ‌های بزرگ فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز است.
- سوراخ‌های لوبيایي کوتاه در تمام امتدادها در اتصالات اصطکاکی مجاز هستند و در اتصالات اتكایی امتداد طولی سوراخ باید عمود بر امتداد نیرو باشد.
- در اتصالات اتكایی، سوراخ‌های لوبيایي بلند فقط در امتداد عمود بر مسیر نیرو مجاز هستند و در اتصالات اصطکاکی فقط می‌توانند در یکی از ورق‌های اتصال و در هر امتداد اختیاری وجود داشته باشند.

۵- در ورق کف ستون‌ها، ضمن رعایت رواداری‌های مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان، حداکثر قطر سوراخ مساوی $d_b + 6 \text{ mm}$ در نظر گرفته می‌شود.

شایان ذکر است که سوراخ‌های لوبیایی و بزرگ به دلایل زیر در اتصالات تعییه می‌شوند،

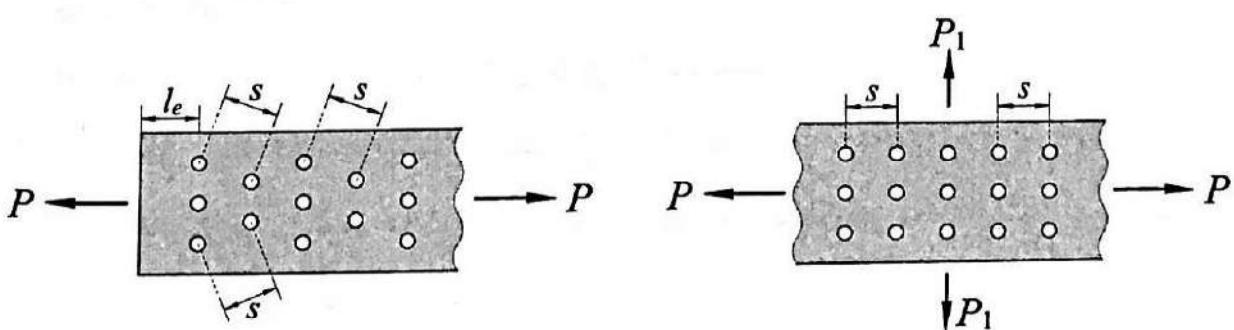
۱- در اتصالات اتکایی و یا اصطکاکی که در آن‌ها به دلایل نیروی پیش‌تنیدگی کاهش یا حذف می‌شود، هنگامی که اتصال تحت بارهای دینامیکی قرار می‌گیرد احتمال تماس تنہی پیچ با جداره‌ی سوراخ در دفعات مکرر وجود دارد. تعییه‌ی سوراخ‌های بزرگ یا لوبیایی موجب عدم تماس تنہی پیچ با جداره‌ی سوراخ خصوصاً در اثر پدیده‌ی خستگی خواهد شد.

۲- تعییه‌ی سوراخ‌های بزرگ و لوبیایی شرایط مناسب‌تری را برای مونتاژ، تنظیم و رواداری پیچ‌ها در اتصال فراهم می‌نماید.

۳- تعییه‌ی سوراخ‌های بزرگ و لوبیایی از وقوع تنش‌های ناشی از درجه حرارت و نیز تنش‌های مرتبه دوم جلوگیری می‌کند.

۷-۳ فواصل حداقل و حداکثر سوراخ‌ها

در اتصالات پیچی سوراخ‌ها بر روی خطوط مستقیم در جهت نیرو و یا عمود بر آن در یک یا چند ردیف تعییه می‌گردند، (شکل ۱۶-۳-الف). چنان‌چه تعداد پیچ‌های مورد نیاز در یک اتصال زیاد باشد می‌توان سوراخ‌ها را به صورت زیگزاگ اجرا نمود، (شکل ۱۶-۳-ب). فواصل سوراخ‌ها در یک اتصال به طور منظم و یکنواخت انتخاب می‌شود و به بیان دیگر آرایش پیچ‌ها در یک اتصال باید مناسب و هماهنگ با قطر آن‌ها و ابعاد قطعات اتصال باشد.



الف - سوراخ‌ها عمود و موازی امتداد نیرو

شکل ۱۶-۳-آرایش سوراخ‌ها در یک اتصال پیچی

ب - سوراخ‌های زیگزاگ

در شکل ۳-۱۶ فواصل سوراخ‌ها از یکدیگر S و فاصله‌ی آن‌ها از لبه‌ی انتهایی با L نمایش داده شده است. رعایت حداقل و حداقل فواصل سوراخ‌ها از یکدیگر و نیز از لبه‌ها ضروری است. دلایل مراعات فواصل حداقل و حداقل سوراخ‌ها به شرح زیر است:

الف - دلایل رعایت حداقل فواصل سوراخ‌ها

- ۱- جلوگیری از گسیختگی و یا پاره شدن قطعات فولادی در محل اتصال و لبه‌ها،
- ۲- فراهم نمودن فضای کافی و مناسب برای آچار و در نتیجه محکم کردن آسان مهره‌های پیچ.

ب - دلایل رعایت حداقل فواصل سوراخ‌ها

- توزیع واقعی نیرو در یک اتصال با چند ردیف پیچ به دلیل ارجاعی بودن قطعات اتصال به گونه‌ای است که پیچ‌های انتهایی در مقایسه با پیچ‌های میانی نیروی بیشتری را تحمل و منتقل می‌کنند. همان‌گونه که قبلاً بیان شد با افزایش صلبیت ورق توزیع نیرو بین پیچ‌ها یکنواخت‌تر خواهد شد. چون در محاسبه‌ی اتصالات پیچی، توزیع نیرو بین پیچ‌ها را یکنواخت فرض می‌کنیم بنابراین لازم است ورق‌های اتصال صلبیت کافی داشته باشند. رعایت حداقل فواصل سوراخ‌ها تا حدودی تضمین‌کننده‌ی صلبیت ورق‌ها و در نتیجه قابل قبول‌تر شدن توزیع مساوی نیرو در پیچ‌ها خواهد گردید.

- برای جلوگیری از باز شدن درز بین قطعات اتصال و خطر زنگ زدگی آن‌ها لازم است فاصله‌ی سوراخ‌های اتصال از مقدار معینی تجاوز نکند.

- هنگامی که ورق‌های اتصال تحت اثر نیروهای فشاری قرار می‌گیرند، احتمال وقوع کمانش موضعی در آن‌ها وجود دارد. محدود نمودن فواصل سوراخ‌ها باعث کاهش طول موج کمانش و در نتیجه کاهش خرابی ورق ناشی از پدیده‌ی ناپایداری موضعی خواهد گردید.

در ادامه فواصل حداقل و حداقل مجاز سوراخ‌ها به صورت کمی بیان می‌شود؛

الف - فواصل حداقل سوراخ‌ها

مبحث دهم از مقررات ملی ساختمانی ایران با الهام از سایر آئین‌نامه‌های طراحی سازه‌های فولادی نظیر AISC و DIN، حداقل فواصل سوراخ‌ها را بدین شرح در نظر می‌گیرد:

۱- فواصل حداقل سوراخ‌ها از یکدیگر

S فاصله‌ی مرکز به مرکز سوراخ‌های استاندارد یا سوراخ‌های بزرگ شده و یا سوراخ‌های لوبيایی از یکدیگر نباید از ۳ برابر قطر پیچ کمتر باشد ($S \geq 3d_b$).

۲- فواصل حداقل سوراخ‌ها از لبه

L حداقل فاصله‌ی مرکز سوراخ‌های استاندارد تا لبه قطعه‌ی متصل شونده از جدول ۳-۶ تعیین می‌شود.

جدول ۳-۶ - حداقل فاصله‌ی مرکز سوراخ استاندارد تا لبه در هر راستا

لبه‌ی نورد شده‌ی ورق - نیمرخ، تسعه و نیز لبه‌ی بریده شده با شعله‌ی اتوماتیک یا اره	لبه‌ی بریده شده با قیچی (گیوتین)
$1/75d_b$	$2d_b$

$$d_b = \text{قطر اسمی پیچ}$$

برای سوراخ‌های بزرگ شده و سوراخ‌های لوبيایی فاصله‌ی مرکز سوراخ تا لبه نباید از مقادیر جدول ۳-۶ به اضافه‌ی مقدار C مربوطه از جدول ۳-۷ کمتر در نظر گرفته شود.

جدول ۳-۷ - مقادیر افزایش حداقل فاصله‌ی سوراخ تا لبه (C)

موازی با لبه	سوراخ لوبيایی (mm)		سوراخ بزرگ شده (mm)	
	عمود بر امتداد لبه			
	لوبیایی بلند	لوبیایی کوتاه		
°	$0.75d_b$	۵mm	۳mm	

ب- فواصل حداقل سوراخ‌ها تا لبه و مرکز تا مرکز سوراخ‌ها

۱- برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی کم و متوسط ناشی از عوامل جوی قرار دارند، مطابق مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان ایران $L_{e(max)}$ حداقل فاصله از مرکز هر سوراخ تا نزدیک‌ترین لبه قطعات در تماس برابر است با،

$$L_{e(max)} \leq \min(12t, 15\text{ cm}) \quad (۲۳-۳)$$

۲- برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی شدید ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند $L_{e(max)}$ حداقل فاصله از مرکز هر سوراخ تا نزدیک‌ترین لبه قطعات در تماس برابر است با،

$$L_{e(\max)} \leq \min(8t, 12/5 \text{ cm}) \quad (24-3)$$

۳- برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی کم و متوسط ناشی از عوامل جوی قرار دارند، S_{\max} حداقل فاصله‌ی بین مرکز تا مرکز سوراخها چنین است،

$$S_{\max} \leq \min(24t, 30 \text{ cm}) \quad (25-3)$$

۴- برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی شدید ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، S_{\max} برابر است با،

$$S_{\max} \leq \min(14t, 20 \text{ cm}) \quad (26-3)$$

در روابط (۲۳-۳) الی (۲۶-۳)، t ضخامت نازک‌ترین قطعه‌ی متصل شونده است.

۳-۸ مقاومت کششی طراحی و مقاومت برشی طراحی در اتصالات اتکایی

چنان‌چه لقی و خستگی در اثر ارتعاشات و یا نوسانات بارگذاری در اتصالات اتکایی از اهمیت برخوردار نباشند، می‌توان در این اتصالات پیچ‌ها را بدون ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی در آن‌ها و تنها تا حالت سفت شدن اولیه محکم کرد. سفت شدن اولیه هنگامی است که یک کارگر معمولی با یک آچار معمولی تلاش کامل خود را برای محکم کردن پیچ‌ها به کار برد. در روش‌های ماشینی، سفت شدن اولیه پس از اعمال چند ضربه توسط دستگاه ایجاد می‌شود.

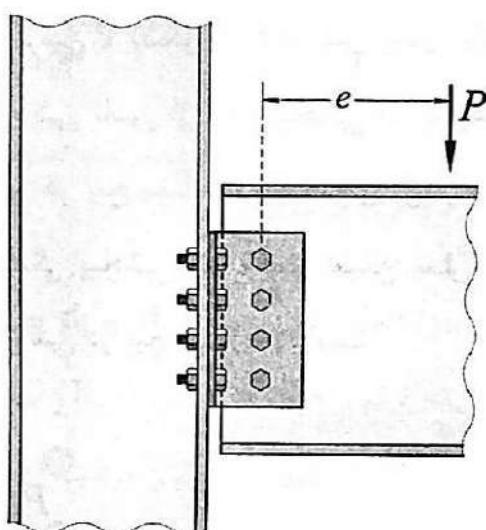
مقاومت طراحی در آئین‌نامه‌ها از جمله مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان ایران براساس ضریبی از مقاومت نهایی حداقل پیچ یا تنفس نهایی آن F_u ارائه می‌شود. در تعیین مقاومت طراحی، سطح مقطع اسمی پیچ (مقاطع دندانه نشده پیچ) و میله‌های دندانه شده (غیر از میله‌های با دندانه‌های برجسته) ملاک محاسبه می‌باشد. در مواردی که میل مهارهای کف ستون‌ها از میلگرد ساخته می‌شوند در تعیین مقاومت‌ها سطح مقطع اسمی ناحیه‌ی دندانه شده که عموماً کوچک‌تر از قطر اسمی میلگرد است، ملاک محاسبه خواهد بود.

۳-۸-۱ مقاومت کششی اسمی (R_{nt}) و مقاومت برشی اسمی (R_{nv})

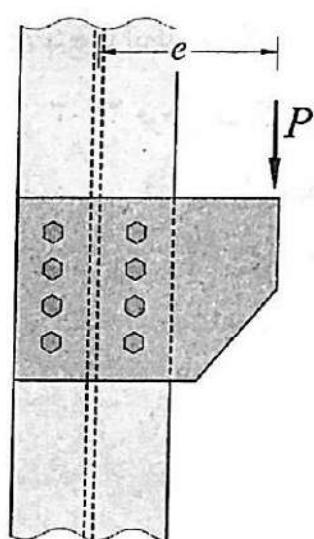
مقاومت‌های کششی و برشی اسمی براساس مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان ایران در اتصالات اتکایی مطابق روابط (۲۷-۳) و (۲۸-۳) تعیین می‌شوند.

۳-۱۲-۳- اتصال پیچی تحت اثر هم زمان نیروی برشی و لنگر پیچشی

چنان‌چه خط اثر نیروی اعمالی از مرکز هندسی مجموعه‌ی پیچ، که در یک صفحه قرار دارند، عبور نکند، اتصال پیچی علاوه بر نیروی برشی تحت اثر لنگر پیچشی نیز قرار می‌گیرد. در شکل ۲۳-۳-الف پیچ‌های اتصال ورق به بال ستون و در شکل ۲۳-۳-ب پیچ‌های اتصال نبشی به جان تیر تحت اثر هم زمان نیروی برشی و لنگر پیچشی قرار دارند.



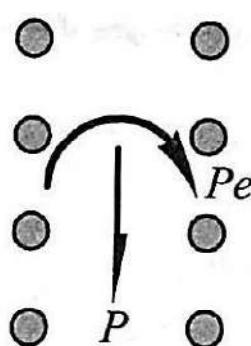
ب - اتصال به بال ستون



الف - اتصال به بال ستون

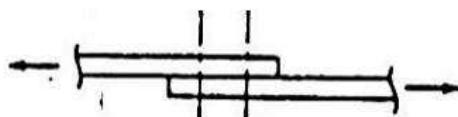
شکل ۳-۳- اتصال پیچی تحت اثر برش خارج از مرکز

نیروی برشی P با خروج از مرکزیت e را می‌توان به مرکز سطح پیچ‌ها همراه با لنگر پیچشی Pe منتقل نمود (شکل ۳-۴).

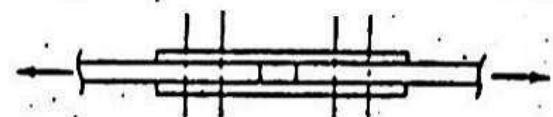


شکل ۳-۴- اثر هم زمان نیروی برشی و لنگر پیچشی بر مجموعه‌ی پیچ‌ها

هر چند تجزیه و تحلیل تنش در اتصالات پیچی به پیچیدگی اتصالات جوشی نیست، لیکن تعیین تنش‌های ایجاد شده در وسایل اتصال مستلزم فرضیات ساده کننده‌ای است.

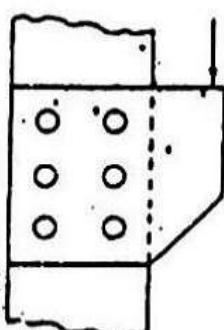


اتصال رویهم (یک برشه)

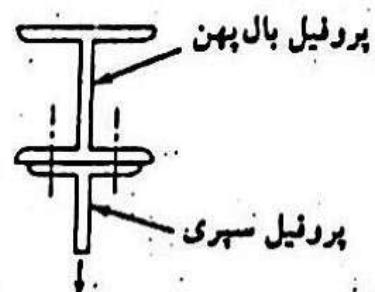


اتصال رویهم (دو برشه)

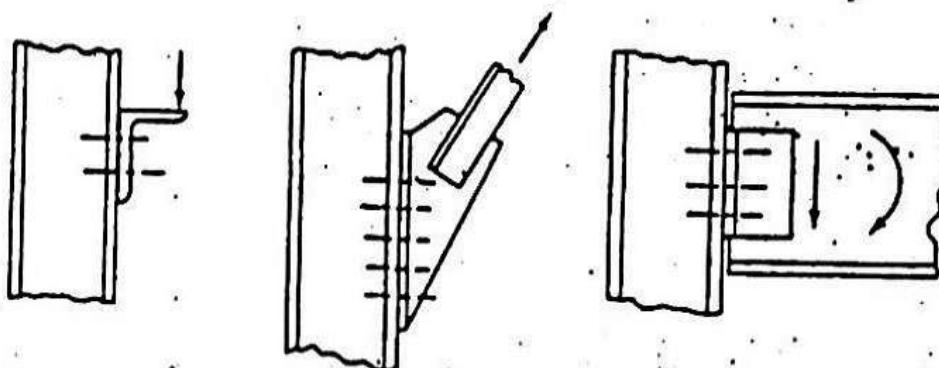
الف - اتصالات برشی (رفتار برشی)



ب - اتصال برش برون محور (رفتار برشی)

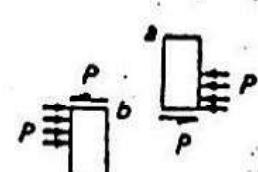
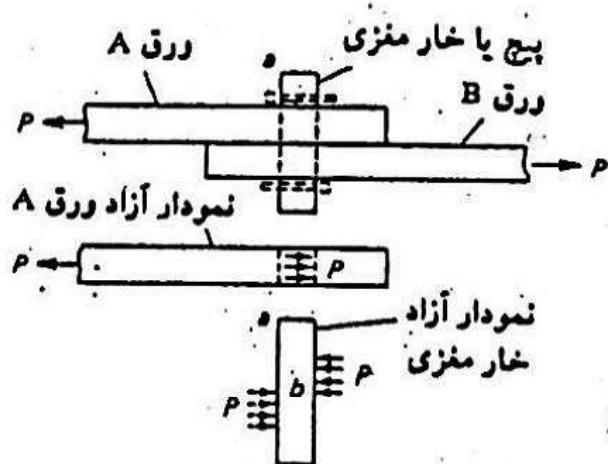


ج - اتصال کشش (رفتار کشش)



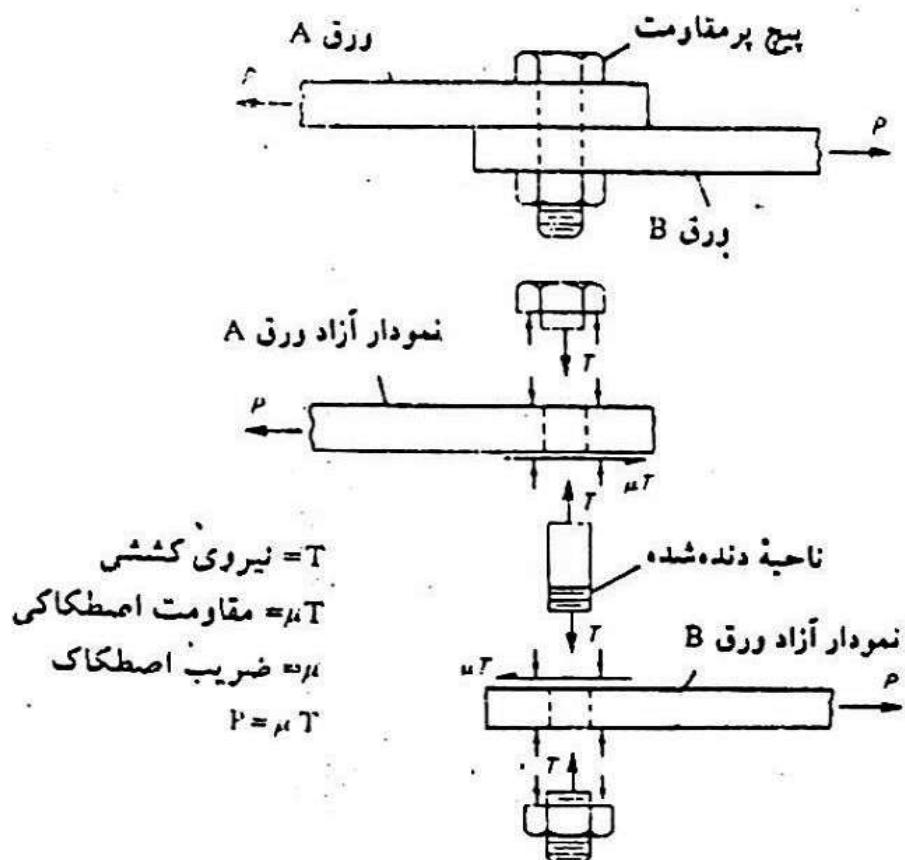
د - اتصال ترکیبی برش و کشش (رفتار برشی و کشش)

ل ۴ - ۵ - چند نمونه از اتصالات برقی و بیجی

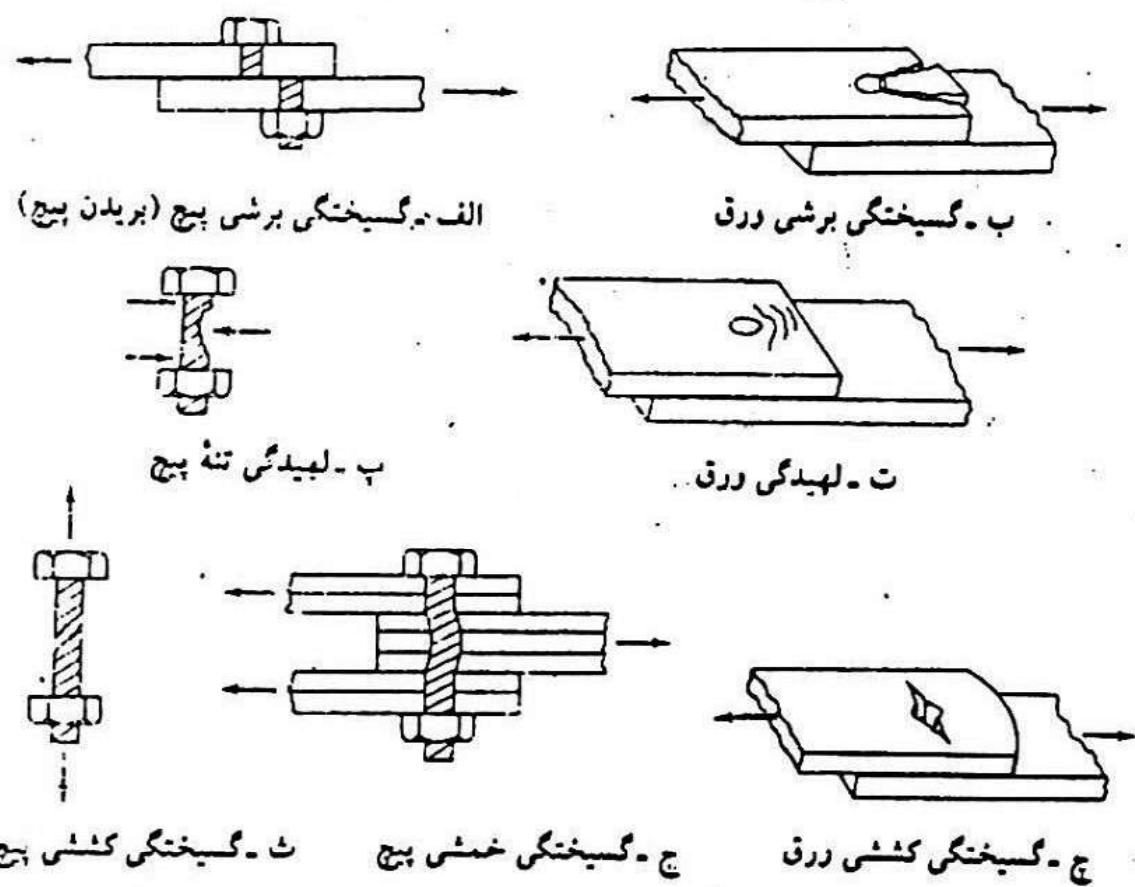


متطمی از بیج که نشان دهنده
نحوه انتقال برش می‌باشد

شکل ۴ - ۶ - انتقال نیرو در یک بیج انکایم



شکل ۴ - ۸ - انتقال نبرو در بک بیج پر مقاومت اصطکاکی.



شکل ۴ - ۹ - صور مختلف خرابی بک انصال بیج.

۳-۹-۲-۱۰ پیچ‌ها و قطعات دندانه‌شده

۱-۳-۹-۲-۱۰ انواع پیچ‌ها

انواع متداول پیچ‌های مورد استفاده در اسکلت‌های فولادی عبارتند از پیچ‌های معمولی و پیچ‌های پر مقاومت. در جدول ۶-۹-۲-۱۰ مشخصات پیچ‌های موجود یا تولید در ایران طبق استانداردهای ISO و ASTM ارائه شده است. برای هر پیچ باید واشر و مهره سازگار مورد استفاده قرار گیرد. پیچ‌ها با دو نوع عملکرد "اتکایی" و "اصطکاکی" مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از پیچ‌های پر مقاومت منطبق با استانداردهای ملی یا بین‌المللی، برای هر دو نوع اتصال و استفاده از پیچ‌های معمولی فقط در اتصالات اتکایی مجاز است. در اتصالات اتکایی ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی لازم نیست ولی در اتصالات اصطکاکی پیچ‌ها باید پیش‌تنیده گردند. حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در اتصالات اصطکاکی مطابق مقادیر جدول ۷-۹-۲-۱۰ می‌باشد. برای حصول پیش‌تنیدگی استفاده از یکی از سه روش «سفت کردن مجدد مهره»، «واشرهای کشش سنج» یا «آچار مدرج» امکان‌پذیر است.

جدول ۶-۹-۲-۱۰ مشخصات پیچ‌های تولید یا موجود در ایران

نام استاندارد	نوع پیچ		پیچ‌های معمولی
	ISO	ASTM	
-	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰ MPa
۴۶	-	۴۰۰	۴۰۰ MPa
۴.۸	-	۴۲۰	۴۲۰ MPa
۵.۶	-	۵۰۰	۵۰۰ MPa
۵.۸	-	۵۲۰	۵۲۰ MPa
۶.۸	-	۶۰۰	۶۰۰ MPa
A۳۰۷	-	۸۰۰	۸۰۰ MPa
-	A۳۲۵	-	d ≤ ۲۴mm
-	A۳۲۵	-	d > ۲۴mm
-	A۴۹۰	-	۱۰۰۰ MPa
۸.۸	-	-	۸۰۰ MPa
۱۰.۹	-	-	۱۰۰۰ MPa
۱۲.۹	-	-	۱۲۰۰ MPa

جدول ۳-۴-۱۰ نیروی پیش‌تنیدگی و لنگر پیچشی پیش‌تنیدگی متناظر برای پیچ‌های ۸.۸

گریسکاری با MOS _r	لنگر پیچشی لازم (KN.m)	نیروی پیش‌تنیدگی (kN)	قطر اسمی
			(mm)
۰/۲	۰/۲۸	۹۱	M۱۶
۰/۳۶	۰/۴۸	۱۴۲	M۲۰
۰/۵۲	۰/۷۲	۱۷۶	M۲۲
۰/۶۴	۰/۸۸	۲۰۵	M۲۴
۱/۰	۱/۳۲	۲۶۷	M۲۷
۱/۳۲	۱/۷۶	۳۲۶	M۳۰
۲/۲۴	۳/۰۴	۴۷۵	M۳۶

جدول ۴-۴-۱۰ نیروی پیش‌تنیدگی و لنگر پیچشی پیش‌تنیدگی متناظر برای پیچ‌های ۱۰.۹

گریسکاری با MOS _r	لنگر پیچشی لازم (KN.m)	نیروی پیش‌تنیدگی (kN)	قطر اسمی
			(mm)
۰/۲۵	۰/۳۵	۱۱۴	M۱۶
۰/۴۵	۰/۶	۱۷۹	M۲۰
۰/۶۵	۰/۹	۲۲۱	M۲۲
۰/۸	۱/۱	۲۵۷	M۲۴
۱/۲۵	۱/۶۵	۳۳۴	M۲۷
۱/۶۵	۲/۲	۴۰۸	M۳۰
۲/۸	۳/۸	۵۹۵	M۳۶

جدول ۷-۹-۲-۱۰ حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در اتصالات اصطکاکی (T_b)

پیچ‌های نوع A۴۹۰	پیچ‌های نوع A۳۲۵	قطر اسمی پیچ (بر حسب میلی‌متر)
۱۱۴ kN	۹۱ kN	M۱۶
۱۷۹ kN	۱۴۲ kN	M۲۰
۲۲۱ kN	۱۷۶ kN	M۲۲
۲۵۷ kN	۲۰۵ kN	M۲۴
۳۳۴ kN	۲۶۷ kN	M۲۷
۴۰۸ kN	۳۲۶ kN	M۳۰
۵۹۵ kN	۴۷۵ kN	M۳۶

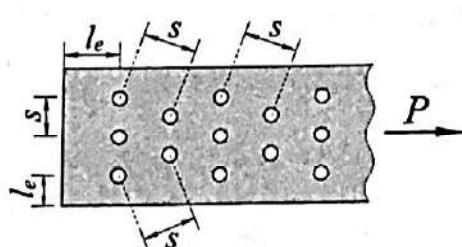
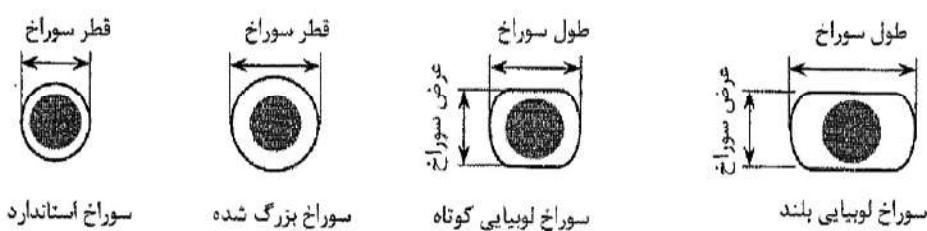
تبصره: در مواردی که قطر اسمی پیچ غیر از اعداد ذکر شده در جدول ۷-۹-۲-۱۰ باشد، حداقل نیروی پیش‌تنیدگی را می‌توان برابر $\frac{۵۵}{۷} A_{nb} F_u$ (که معادل $\frac{۷}{۵} A_{eb} F_u$ است) در نظر گرفت، که در آن A_{nb} سطح مقطع اسمی پیچ، A_{eb} سطح مقطع خالص یا سطح مقطع زیر دندانه‌ها و F_u تنش کششی نهایی مصالح پیچ است.

محدودیت ابعاد اسمی سوراخ‌ها و دامنه کاربرد آنها

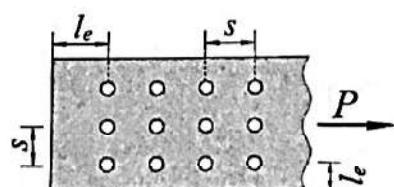
۱. ابعاد حداکثر سوراخ پیچ‌ها باید مطابق جدول ۸-۹-۲-۱۰ باشند.
۲. سوراخ‌های بزرگ شده فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز است.
۳. سوراخ لوبيایی کوتاه در تمام امتدادها در اتصالات اصطکاکی مجاز هستند و لی در اتصالات انکایی، امتداد طولی سوراخ باید عمود بر امتداد نیرو باشد.
۴. سوراخ لوبيایی بلند فقط در امتداد عمود بر مسیر نیرو در اتصالات انکایی مجاز هستند. در اتصالات اصطکاکی در تمام امتدادها مجاز بوده لیکن باید فقط در یکی از ورق‌های اتصال وجود داشته باشد.
۵. در ورق کف‌ستون‌ها، ضمن رعایت رواداری‌های مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان، حداکثر قطر سوراخ مساوی $d+6$ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۸-۹-۲-۱۰ ابعاد اسمی سوراخ پیچ بر حسب میلی‌متر

ابعاد اسمی سوراخ (mm)				قطر پیچ (mm)
سوراخ لوبيایي بلند (طول×عرض) (mm)	سوراخ لوبيایي کوتاه (طول×عرض) (mm)	سوراخ بزرگ شده	سوراخ استاندارد	
۱۸×۴۰	۱۸×۲۲	۲۰	۱۸	M16
۲۲×۵۰	۲۲×۲۶	۲۴	۲۲	M20
۲۴×۵۵	۲۴×۳۰	۲۸	۲۴	M22
۲۷×۶۰	۲۷×۳۲	۳۰	۲۷	M24
۳۰×۶۷	۳۰×۳۷	۳۵	۳۰	M27
۳۳×۷۵	۳۳×۴۰	۳۸	۳۳	M30
(d+3)×2/5 d	(d+3) × (d+10)	d+8	d+3	≥M36



ب - سوراخ‌های زیکزاک



الف - سوراخ‌ها عمود و موازی امتداد نیرو

حداکثر فاصله سوراخ‌ها در اتصالات پیچی

فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌های استاندارد، سوراخ‌های بزرگ‌شده و سوراخ‌های لوبيایي نباید از ۳ برابر قطر وسیله اتصال کمتر باشد.

حداکثر فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌ها در اتصالات پیچی

حداکثر فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌ها در اتصالات پیچی در هر راستا به شرح زیر است.

۱. برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی کم و متوسط ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله بین مرکز سوراخ‌ها نباید از ۲۴ برابر

ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده و همچنین از ۳۰۰ میلی‌متر تجاوز کند.

۲. برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی شدید ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله بین مرکز سوراخ‌ها نباید از ۱۴ برابر

ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده و همچنین از ۲۰۰ میلی‌متر تجاوز کند.

حداکثر فاصله سوراخ‌ها تا لبه در اتصالات پیچی

فاصله مرکز سوراخ‌های استاندارد تا لبه قطعه متصل شونده نباید از مقادیر داده شده در جدول ۸-۹-۲-۱۰ کمتر باشد.

جدول ۸-۹-۲-۱۰ حداکثر فاصله مرکز سوراخ استاندارد تا لبه در هر راستا d = قطر اسمی پیچ

لبه نورد شده ورق- نیمرخ، تسمه و نیز لبه بریده شده با شعله اتوماتیک یا اره	لبه بریده شده با فیچی (گیوتین)
۱/۷۵d	۲d

برای سوراخ‌های بزرگ‌شده و سوراخ‌های لوبيایي فاصله مرکز سوراخ تا لبه نباید از آنچه که برای سوراخ استاندارد تعیین شده به اضافه مقدار C مربوطه از جدول ۹-۹-۲-۱۰ کمتر شود.

جدول ۹-۹-۲-۱۰ مقادیر افزایش حداکثر فاصله سوراخ تا لبه (C)

موازی با لبه	سوراخ لوبيایي (mm)		سوراخ بزرگ‌شده (mm)	
	عمود بر امتداد لبه			
	لوبيایي بلند	لوبيایي کوتاه		
.	۰/۷۵ d	۵ mm	۳ mm	

حداکثر فاصله مرکز سوراخ تا لبه

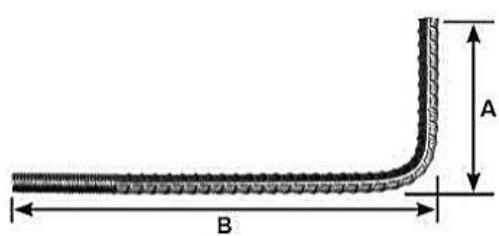
حداکثر فاصله از مرکز هر پیچ تا نزدیکترین لبه قطعه در هر راستا به شرح زیر است.

۱. برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی کم و متوسط ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله از مرکز هر پیچ تا نزدیکترین لبه

قطعه در هر راستا نباید از ۱۲ برابر ضخامت نازکترین قطعه و همچنین از ۱۵۰ میلی‌متر تجاوز کند.

۲. برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی شدید ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله از مرکز هر پیچ تا نزدیکترین لبه قطعه در

هر راستا نباید از ۸ برابر ضخامت نازکترین قطعه و همچنین ۱۲۵ میلی‌متر تجاوز کند.



در اتصالات اتکایی که در آنها لقی و خستگی در اثر ارتعاشات یا نوسانات بارگذاری مسئله‌ساز نیستند، کافی است پیچ‌ها را بدون ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی، تنها تا حالت سفت‌شدن اولیه محکم نمود. سفت‌شدن اولیه هنگامی است که یک کارگر معمولی با یک آچار معمولی تلاش کامل خود را برای محکم کردن پیچ به کار برد. در روش‌های ماشینی، سفت شدن اولیه پس از اعمال چند ضربه توسط دستگاه ایجاد می‌شود.

در تعیین مقاومت‌ها، سطح مقطع اسمی پیچ (مقطع دندانه‌نشده پیچ) و میله‌های دندانه شده (غیر از میله‌های با دندانه‌های برجسته) ملاک می‌باشند. در میله‌های با دندانه‌های برجسته، سطح مقطع میله بدون دندانه ملاک محاسبه می‌باشد. همچنین، در مواردی که میل‌مهارهای کف‌ستون‌ها از میلگرد ساخته می‌شوند، در تعیین مقاومت‌ها سطح مقطع اسمی ناحیه رزوه شده (که عموماً کوچکتر از قطر اسمی میلگرد می‌باشد)، ملاک محاسبه خواهد بود.

$$\phi R_{nt} = \phi F_{nt} A_{nb}$$

$$\phi R_{nv} = \phi F_{nv} A_{nb}$$

ϕ = ضریب کاهشی مقاومت و مساوی ۰/۷۵ می‌باشد.

R_{nt} = مقاومت کششی اسمی

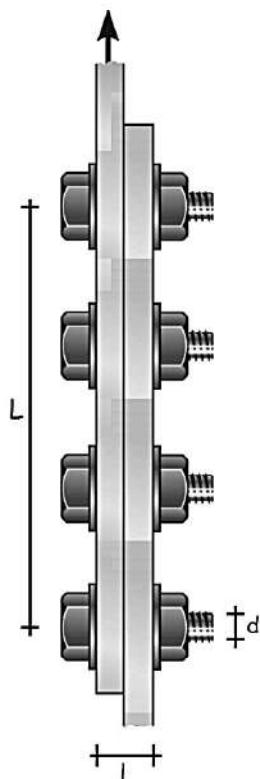
R_{nv} = مقاومت برشی اسمی

A_{nb} = سطح مقطع اسمی وسیله اتصال (پیچ یا قطعه دندانه‌شده)

F_{nt} = تنش کششی اسمی مطابق مقادیر جدول ۱۰-۹-۲-۱۰

F_{nv} = تنش برشی اسمی مطابق مقادیر جدول ۱۰-۹-۲-۱۰

جدول ۱۰-۹-۲-۱۰ تنش اسمی (پیچ و قطعات دندانه شده)



اتصالات اتکایی	تنش برشی اسمی (F _{nv}) در	تنش کششی اسمی (F _{nt})	نوع وسیله اتصال
۰/۴۵F _u [۵][۲][۷]	۰/۷۵F _u [۱][۲]	پیچ‌های معمولی	
۰/۴۵F _u [۵]	۰/۷۵F _u [۴]	پیچ‌های پر مقاومت در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه‌شده می‌گذرد	
۰/۵۵F _u [۵]	۰/۷۵F _u [۴]	پیچ‌های پر مقاومت در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه‌شده نمی‌گذرد	
۰/۴۵F _u	۰/۷۵F _u [۱][۶]	قطعه دندانه‌شده طبق مشخصات تعیین شده، در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه‌شده می‌گذرد	
۰/۵۵F _u	۰/۷۵F _u [۱][۶]	قطعه دندانه شده طبق مشخصات تعیین شده، در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی‌گذرد	

باده است.

[۱] فقط بارگذاری استاتیکی

[۲] در پیچ‌های معمولی که طول گیره آنها (L) از d برابر قطرشان (d) بیشتر است، مقادیر فوق باید به ازای هر ۲ میلی‌متر طول اضافی گیره، یک درصد کاهش داده شود.

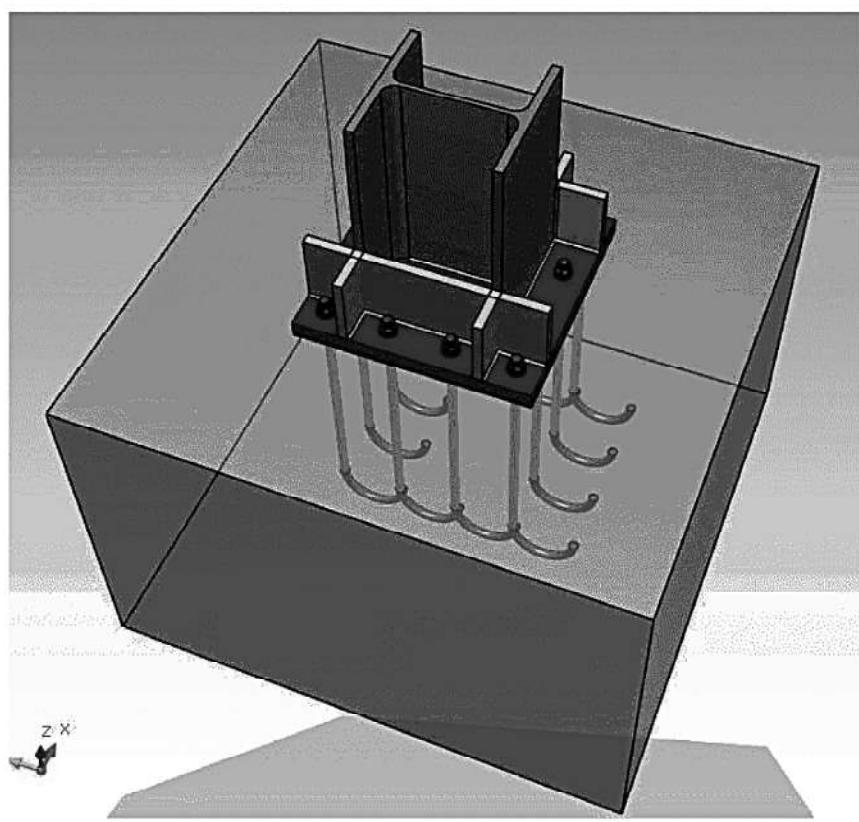
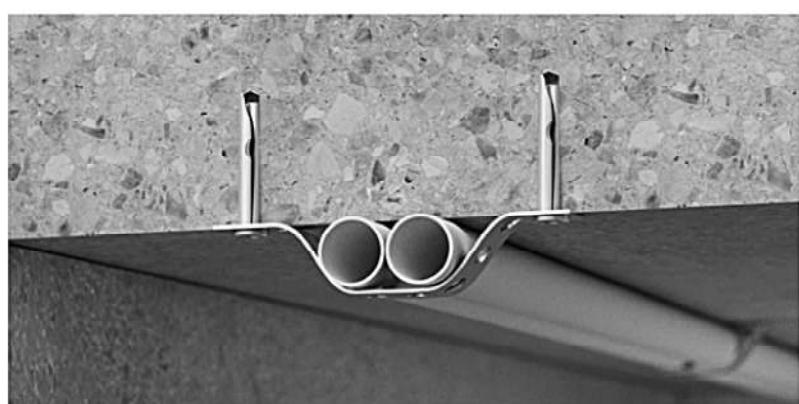
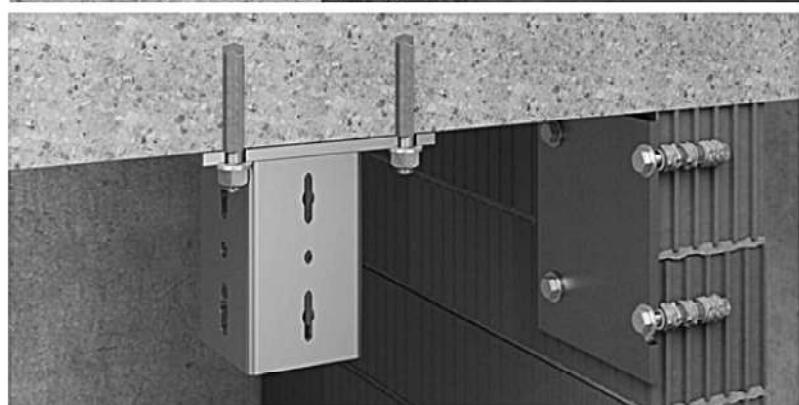
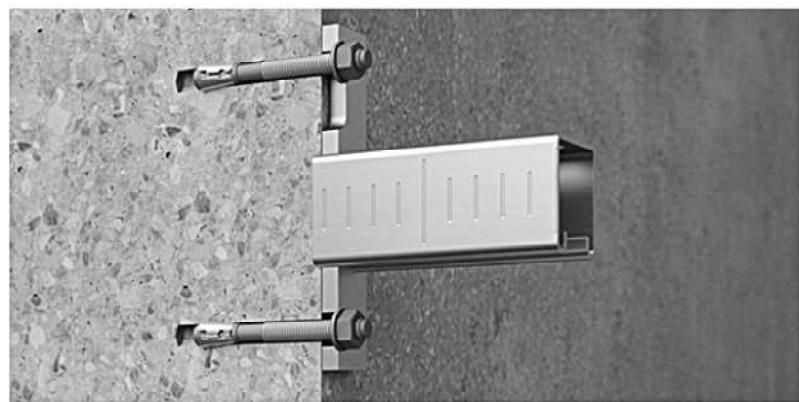
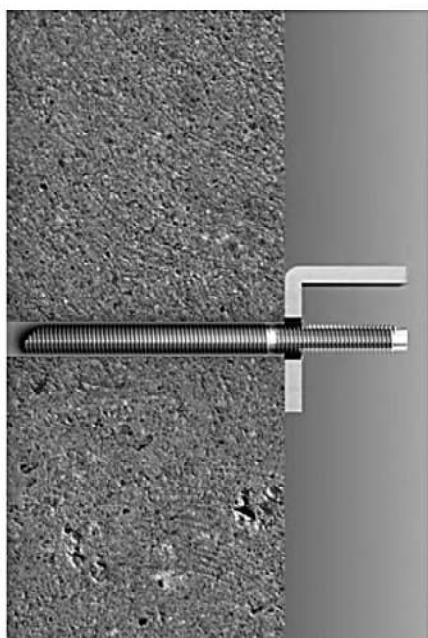
[۳] قرار گرفتن دندانه‌ها در سطح برش محاذ است.

[۴] برای تنش کششی اسمی پیچ‌های پر مقاومت تحت اثر تنش کششی ناشی از خستگی به آئین نامه‌های معتبر بین‌المللی رجوع شود.

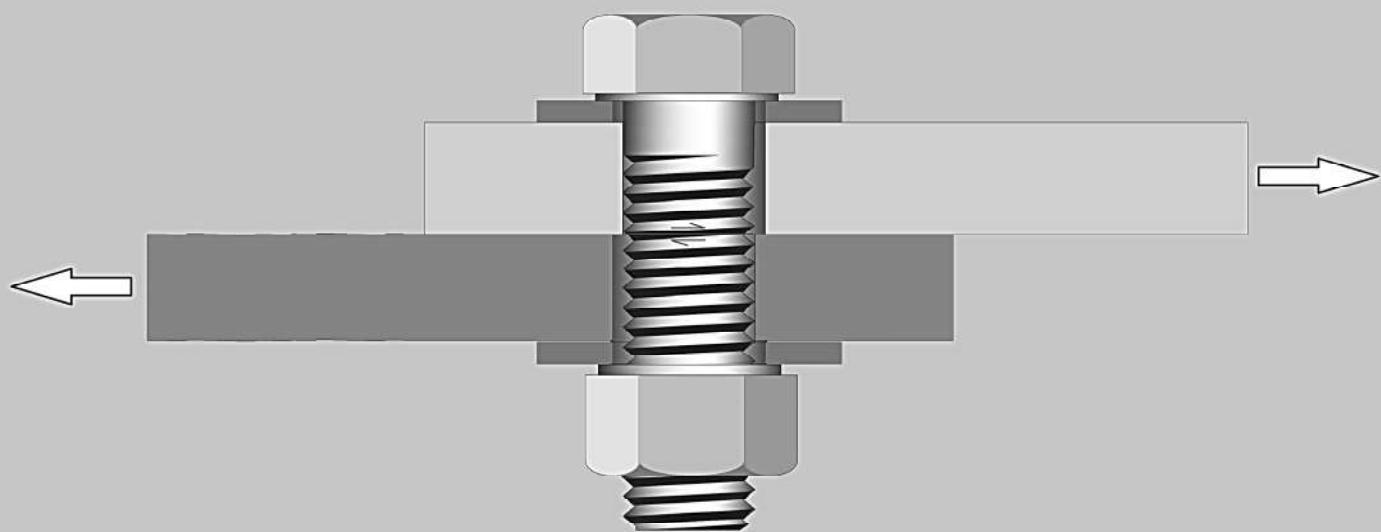
[۵] وقتی که فاصله اولین و آخرین پیچ در امتداد نیرو (L) از ۱۲۵۰ میلی‌متر تجاوز کند این مقادیر را باید $\times ۲۰\%$ کاهش داد.

[۶] مقاومت کششی اسمی ناحیه دندانه‌شده یک قطعه دندانه‌شده با حدیده توبی بر اساس سطح مقطع آن در قطر خارجی حدیده، A_D ، باید از سطح مقطع اسمی تنها (قبل از ناحیه توبی) ضریب $r = 1 - 0.01x(l-5d)/2$ بیشتر باشد.

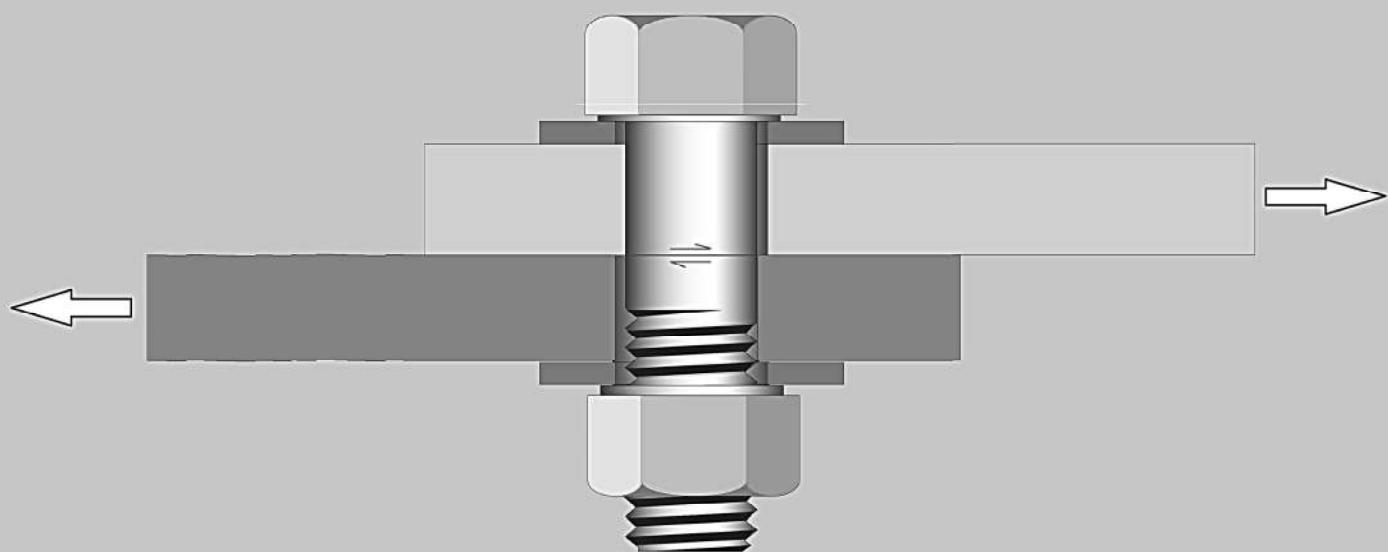
قطعات دندانه شده (جزوه شده) Threaded Parts



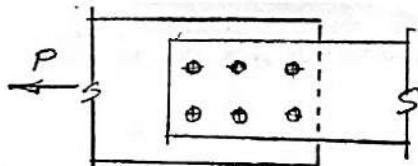
سطح برش از قسمت دندانه شده می گذرد



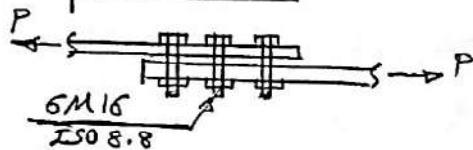
سطح برش از قسمت دندانه شده نمی گذرد



مثال ۱: احتمال آنچه تحت برش خالص

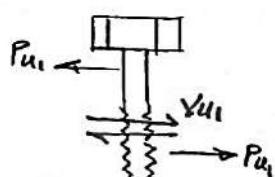


$$\begin{cases} D = 120 \text{ kN} \\ L = 50 \\ W = 70 \end{cases}$$



$$\begin{aligned} 1.2D + 1.6L &\rightarrow P_u = 224 \\ 1.4D &\rightarrow P_u = 168 \\ 1.0D + L + 1.4W &\rightarrow P_u = 292 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_{u1} = \frac{P_u}{N=6} = 48.7 \text{ kN}$$



$$V_{u1} = P_{u1} = 48.7 \text{ kN}$$

کام ۲) تعیین برش حداقل تک بیچ:

کام ۳) معنی سارست برپی طراح تک بیچ: (ϕR_{nv1})

$$\text{ج ۱) } M16 \rightarrow A_{b1} = \frac{\pi}{4} (16)^2 = 201 \text{ mm}^2 = A_{nb1}$$

$$\text{ISO 8.8} \rightarrow \text{مقطع برش دنده شده} \rightarrow \text{سازمان} \rightarrow f_{ny} = 0.45 f_u$$

$$\rightarrow y-9-c-1-d \rightarrow f_u = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{ny} = 0.45 \times 500 = 360 \text{ MPa} \quad \text{نشانی اسی}$$

$$R_{nv1} = f_{ny} \cdot A_{nb1} = 360 \times 201 = 72360 \text{ N} = 72.36 \text{ kN} \quad \text{سارست برش اسی تک بیچ}$$

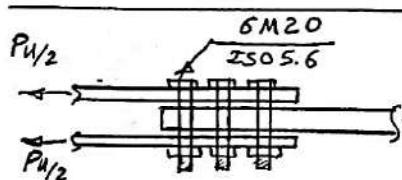
$$\phi R_{nv1} = 0.75 \times 72.36 = 54.27 \text{ kN}$$

سارست برپی طراح تک بیچ

$$V_{u1} \leq \phi R_{nv1}$$

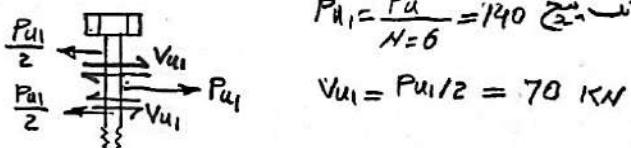
کام ۴) کتربل:

$$42.7 \leq 54.27 \quad O.K.$$



مثال ۲: احتمال زیر را برپی کنید. سطح برش از قسمت دنده شده نمی‌گردد.

$$\text{کام ۵) بارگذاری، تحلیل، ترتیب ۶). } P_{u1} = \frac{P_u}{N=6} = 140 \text{ kN} \quad \text{نمودار تک بیچ} \quad P_u = 840 \text{ kN}$$



$$V_{u1} = P_{u1/2} = 70 \text{ kN}$$

کام ۶) تعیین برش حداقل تک بیچ:

کام ۷) معنی سارست برپی طراح تک بیچ (ϕR_{nv1})

$$\text{ج ۲) } M20 \rightarrow A_{b1} = A_{nb1} = \frac{\pi}{4} (20)^2 = 314 \text{ mm}^2$$

$$\text{ISO 5.6} \rightarrow \text{ج ۳) مساحت} \rightarrow 10-9-(10-10) \rightarrow f_{ny} = 0.45 f_u \quad \left\{ f_{ny} = 0.45 \times 500 = 225 \text{ MPa} \right.$$

$$\rightarrow y-9-c-1-d \rightarrow f_u = 500 \text{ MPa} \quad \left. \right\}$$

$$R_{nv1} = f_{ny} \cdot A_{nb1} = 225 \times 314 = 70.65 \text{ kN} \xrightarrow{\times \phi = 0.75} \phi R_{nv1} = 53.0 \text{ kN}$$

$$V_{u1} = 70 \leq \phi R_{nv1} = 53.0 \quad N.G.$$

کام ۸) کتربل:

مثال ۳.۲ دو ستار میان تک تردد و مطری پیچ ایلام را دریافت کرد. نوع پیچ A307
 گام ۰) بارگذاری، تحلیل، ترکیب بار
 $P_{u1} = \frac{840}{N}$ $\leftarrow P_u = 840 \text{ KN}$
 $V_{u1} = P_{u1}/2 = 420/N \text{ (KN)}$ \therefore تعیین برش صاف تک پیچ :

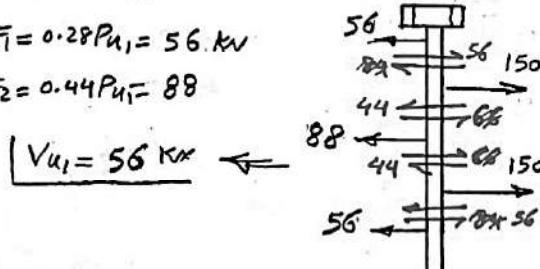
$A_{b1} = ?$ $\quad (9\phi R_{nv1})$
 گام ۲) حاسنه ستاره بررسی طراحی تک پیچ
 $A307 \rightarrow d_{جذب} \rightarrow 10-9-5-1-d_{جذب} \rightarrow F_{nv} = 0.45F_u \quad \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow F_{nv} = 180 \text{ MPa} = 180 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ \rightarrow F_u = 400 \text{ MPa} \end{array} \right.$
 $R_{nv1} = F_{nv} \cdot A_{b1} = 180 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times A_{b1} (\text{mm}^2) = 180 A_{b1} \text{ N} = 0.18 A_{b1} \text{ KN} \xrightarrow{x 9=0.75}$
 $\phi R_{nv1} = 0.135 A_{b1} \text{ KN}$ $\quad (3)$

$V_{u1} \leq \phi R_{nv1} \rightarrow \frac{420}{N} \leq 0.135 A_{b1} \Rightarrow N \cdot A_{b1} = 3111 \text{ mm}^2$
 $\therefore \text{Try M24} \rightarrow A_{b1} = \frac{\pi}{4} (24)^2 = 452 \text{ mm}^2 \quad \therefore N = 6.9$

∴ USE 8M24

مثال ۴) اتصال زیر را ترسیم نمایی.
 سطح برش لزتم قسم دنده نمایند.
 $F_1 = 1800 \text{ KN}$ \quad ورق $25 \times 200 \text{ mm} = A$
 $F_2 = 1500 \text{ KN}$ \quad ورق $20 \times 165 = ①$ و $15 \times 140 = ②$
 گام ۰) بارگذاری، تحلیل، ترکیب بار : $P_u = 2700 \text{ KN}$
 گام ۱) تعیین برش صاف تک پیچ :

$\frac{F_1}{F_2} = \frac{15 \times 140}{20 \times 165} = 0.633$ \quad ۱) مقدار F_1 و F_2 میان سطح برش آنهاست.
 $F_1 = 0.633 F_2 \quad \left\{ \begin{array}{l} F_1 = 0.28 P_u \\ F_2 = 0.44 P_u \end{array} \right. \quad \rightarrow \quad \left\{ \begin{array}{l} F_1 = 0.28 P_{u1} = 56 \text{ KN} \\ F_2 = 0.44 P_{u1} = 88 \text{ KN} \end{array} \right.$
 $2F_1 + F_2 = P_u \quad \rightarrow \quad V_{u1} = 56 \text{ KN}$ \quad ۲) مقدار V_{u1} با محاسبه میتواند تعیین شود.



گام ۲) سه ستاره بررسی طراحی تک پیچ.
 مطلب پایانیت (۲) نیز جدول ۱۰-۹-۵-۱-۰ میانه ایلام را دریافت کرد.
 $l = 100 \text{ mm}$ \quad مقدار l برابر با 100 mm است.
 $d_{جذب} = 16 \text{ mm} = d$ \quad مقدار d برابر با 16 mm است.
 $l > 5d \quad \rightarrow \quad l = 100 \text{ mm} > 5 \times 16 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$ \quad مقدار l برابر با 100 mm است.
 $r = 1 - 0.01 \left(\frac{l-5d}{2} \right) = 0.90$ \quad ضریب کامش برابر با 0.90 است.

$ISO 6.8 \rightarrow \text{مقدار } l = 100 \text{ mm} \rightarrow F_{nv} = 0.45 F_u$

$\rightarrow F_u = 600 \text{ MPa}$

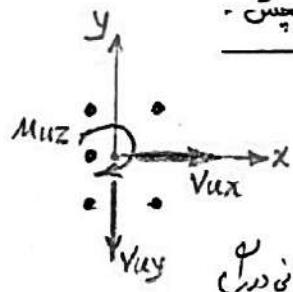
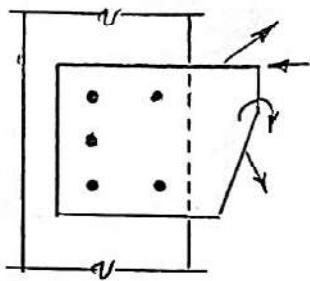
$\tilde{F}_{nv} = 0.9 \times 0.45 \times 600 = 243 \text{ MPa}$ $\xrightarrow{x A_{b1} = 201 \text{ mm}^2 / M16} R_{nv1} = 48.8 \text{ KN} \xrightarrow{x 9=0.75} \phi R_{nv1} = 36.6 \text{ KN}$

$V_{u1} = 56 \text{ KN} \neq \phi R_{nv1} = 36.6 \text{ KN.G.}$

کسر (۳) کسر

نتیجه: اتصال با طبع کشید.

اچالات آنکه برش مستقیم + مرش نامی نزدیکی -



طریقات: صفحه افقی صلب است.

صالع دفعه الاستیک - بلاستیک است.

در کسره های مختلف مراحل تئین برش نامی نزدیکی

و عدد دلخواه: ۱- برش الاستیک ۲- برش بلاستیک (گردنگی دری)

براس سه درجه (۱) طالب نزد این روش است.

ابتدا همه سردهای دارای بر اتصال به گزراش (مرز سطح پیچیده) نتیج رسید. برای اصل جمع آثار شکل ۶۰
نموده است با:

$$\begin{aligned} & \text{V}_{ux_1}^s \quad \text{V}_{ux_1}^t \\ & \text{V}_{ux_1}^s = \frac{\text{V}_{ux}}{N} \quad \text{V}_{uy_1}^s = \frac{\text{V}_{uy}}{N} \quad \text{V}_u^t = ? \\ & \text{V}_{uy_1}^s \quad \text{V}_{uy_1}^t \end{aligned}$$

برش مستقیم

برش نامی نزدیکی

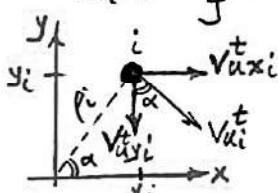
مسنون با برش الاستیک، با فرض رهار الاستیک صالع دفعه، با فرض آبله نش برش ایجاد شده
در پیچیده متناسب با ناصله آن به گزراش است و راستیه آن عمور بر خطا مغلق شده دفعه
به گزراش است:

$$\begin{aligned} & M_{uz} \quad \tau_i \propto p_i \quad \tau_i = K \cdot p_i \quad \rightarrow V_{ui}^t = K \cdot p_i \cdot A_{bi} \quad (\text{سطح سطح پیچیده}) = A_{bi} \\ & V_{ui}^t = \frac{A_{bi} \cdot p_i}{J} M_{uz} \quad J = \int A_{bi} \cdot p_i^2 = \int (x_i^2 + y_i^2) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow M_{uz} = \int V_{ui}^t \cdot p_i = K \int A_{bi} \cdot p_i^2 \rightarrow K = \frac{M_{uz}}{\int A_{bi} \cdot p_i^2}$$

$$\Rightarrow V_{ui}^t = \frac{A_{bi} \cdot p_i}{J} M_{uz}, \quad J = \int A_{bi} \cdot p_i^2 = \int (x_i^2 + y_i^2)$$

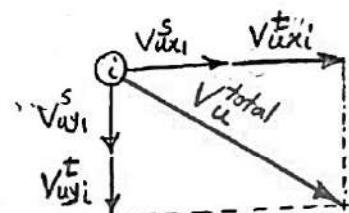
$$V_{ui}^t = \frac{p_i}{J} \cdot M_{uz}, \quad J = \int p_i^2 = \int (x_i^2 + y_i^2)$$



$$\begin{aligned} & \delta \cdot \alpha = y_i / p_i \quad \text{و} \quad \cos \alpha = x_i / p_i \\ & V_{ux_i}^t = V_{ui}^t \cdot \delta \cdot \alpha = \frac{p_i}{J} M_{uz} \cdot \frac{y_i}{p_i} \quad \left\{ \right. \quad \rightarrow \quad \left. \begin{aligned} & V_{ux_i}^t = \frac{y_i}{J} M_{uz} \\ & V_{uy_i}^t = V_{ui}^t \cdot \cos \alpha = \frac{p_i}{J} M_{uz} \cdot \frac{x_i}{p_i} \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

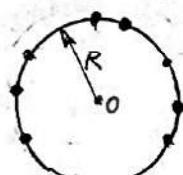
محاسبه جاییه سردهای برشی ناتیجه برش مستقیم و برش نامی نزدیکی:

$$V_u^{\text{total}} = \sqrt{(V_{ux_1}^s + V_{ux_1}^t)^2 + (V_{uy_1}^s + V_{uy_1}^t)^2}$$



$$\begin{aligned} & \text{متر} \quad \left\{ \begin{array}{c} \alpha \times \alpha \\ \vdots \quad \vdots \\ \vdots \quad \vdots \\ \vdots \quad \vdots \\ \vdots \quad \vdots \end{array} \right. \quad J = \frac{mn}{12} \left(b^2(n^2-1) + a^2(m^2-1) \right) \\ & \text{ستون} \quad m \quad b \quad n \end{aligned}$$

آریش ساده، مرز سطح پیچیده به گزراش طبقه منطبق است.

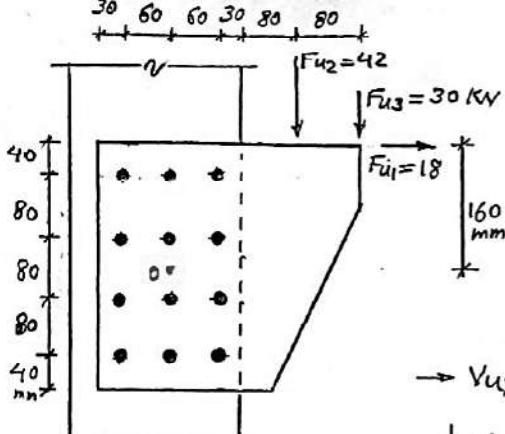


نحوه جاییه جاییه

$$J = n \cdot R^2$$

$$n = \text{تعداد سطوح}$$

انصاری احمدی تئیت اثر هزینه روش مستقیم + روش ناشی لوز بیچن



شاد ۱. تابعی اندکل شدن طاوه سه سطح ۱۲M16

نون A307 ، پیچیده را کنترل کنید.

کار ۲) هرگذرا، حلول، ترتیب میر

کام ۱) تعیین کردهاها (مرکز سطح پیچیده) و انتقال همه نیروها و نیروها آن.

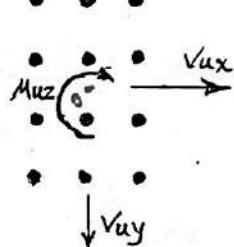
$$\rightarrow V_{ux} = F_{u1} = 18 \text{ kN}$$

$$\downarrow V_{uy} = F_{u2} + F_{u3} = 72 \text{ kN}$$

$$M_{uz} = F_{u1} \times 160 + F_{u2} \times 170 + F_{u3} \times 250 \Rightarrow M_{uz} = 17520 \text{ KN.mm}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{ux_1}^s = \frac{V_{ux}}{N=12} = 1.5 \text{ kN} \\ V_{uy_1}^s = \frac{V_{uy}}{12} = 6.0 \text{ kN} \end{array} \right. \rightarrow \text{مسنونه روش مستقیم برای تابعی} :$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{ux_1}^s = 1.5 \text{ kN} \\ V_{uy_1}^s = 6.0 \text{ kN} \end{array} \right.$$



سطر $n=4$ ، $b=80 \text{ mm}$
ستون $m=3$ ، $a=60$

$$J = \frac{mn}{12} (b^2(n^2-1) + a^2(m^2-1)) \rightarrow J = 124,800 \text{ mm}^2$$

با مرتبه دیگر و توجه به مکانیزم ملاطفه روتوریه پیچ بخانی، پیچ A است.

$$A \left\{ \begin{array}{l} x_A = 60 \text{ mm} \\ y_A = 120 \text{ mm} \end{array} \right.$$

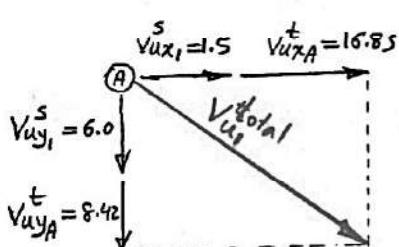
$$\left\{ \begin{array}{l} V_{ux_A}^t = \frac{y_A}{J} \times M_{uz} = \frac{120 \text{ mm}}{124,800 \text{ mm}^2} \times 17520 \text{ KN.mm} = 16.85 \text{ kN} \\ V_{uy_A}^t = \frac{x_A}{J} \times M_{uz} = 8.42 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{ux_1}^s = 1.5 \\ V_{ux_A}^t = 16.85 \end{array} \right.$$

$$V_{u1}^{total} = \sqrt{(V_{ux_1}^s + V_{ux_A}^t)^2 + (V_{uy_1}^s + V_{uy_A}^t)^2}$$

$$V_{u1}^{total} = 23.3 \text{ kN}$$

کام ۲) مسنه بیشینه روش برآورد تابعی :

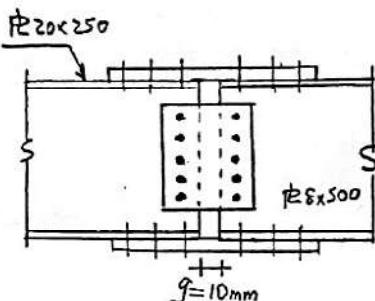
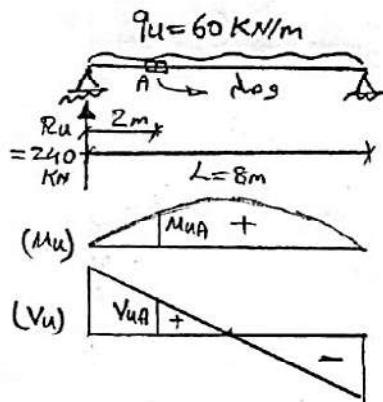


$$A307 \rightarrow \text{متری} \rightarrow 4-9-5-1 \rightarrow f_u = 400 \text{ MPa} \quad \left. \begin{array}{l} f_{nv} = 0.45 \times 400 = 180 \text{ MPa} \\ f_{nv} = 0.45 f_u \end{array} \right\}$$

$$R_{nv_1} = A_{nb} \times f_{nv} = 201 \text{ mm}^2 \times 180 = 36.18 \text{ kN} \xrightarrow{x_{sf}=0.75} R_{nv_1} = 27.1 \text{ kN}$$

$$V_{u1}^{total} = 23.3 \leq R_{nv_1} = 27.1 \text{ kN} \quad O.K. \checkmark$$

کنسل : ۶۴۰ کیلو



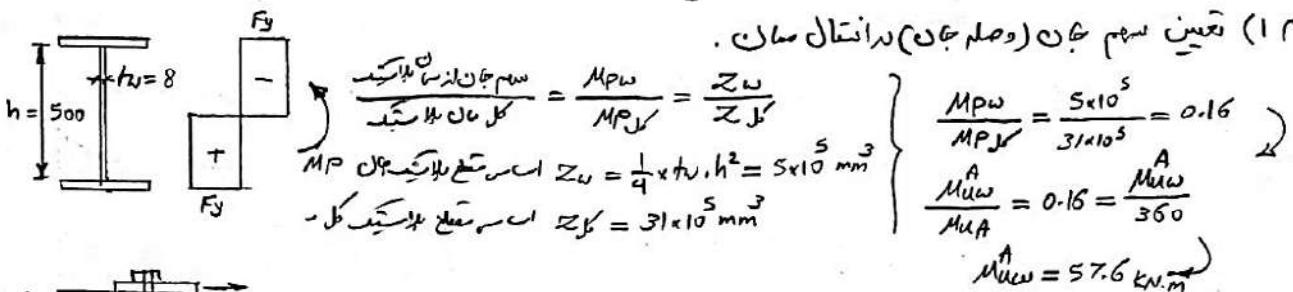
مثال ۲. تمحیص رصله جان برای
برس طبع کشیده. اینکل بصورت
آکسی ۴ دیموه ۱۰.۹
است و بسطع برس لزوم است نهان.
شده نمی شود.

کام ۰) بارداری، تحلیل هرکب ۶

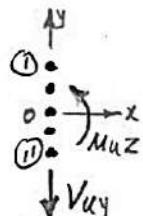
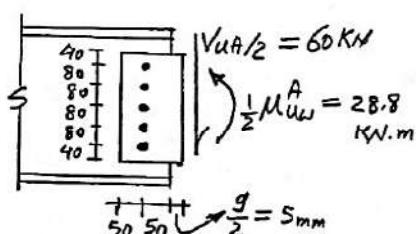
$$V_{uA} = R_u - 2m \times q_u = 120 \text{ KN}$$

$$M_{uA} = R_u \times 2m - q_u \times \frac{2^2}{2} = 360 \text{ KN.m}$$

۳۴) تعیین سهم جان (وصله جان) بر انتال مان.



پر توجه آنچه اصل داشته است، هرگز لازم نیست در ورق وصله جان نفت لگز M_{uW}^A و نفت برس V_{uA} را ترسیط پنهان
نمیل کنند.



$$\begin{cases} V_{ux_1}^s = \frac{V_{uy}}{N=5} = 12 \text{ KN} \\ V_{ux_1}^t = 0 \end{cases}$$

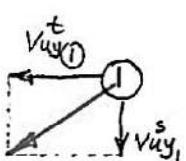
کام ۲) همین گز سطح اینکل و انتال ۷۰ نیز همان

$$\begin{cases} V_{ux} = 0 \\ V_{uy} = \frac{1}{2} V_{uA} = 60 \text{ KN} \\ M_{uz} = \frac{1}{2} M_{uW}^A - \frac{1}{2} V_{uA} \times \left(\frac{g}{2} + 50 \right) \times \frac{1}{1000} = 25.5 \text{ KN.m} \end{cases}$$

۳۵) تعیین برس مستقیم تک بیج:

$$\begin{cases} n=5, b=80 \text{ mm} \\ m=1, a=x \end{cases} \quad J = \frac{mn}{12} \left(b^2(n^2-1) + a^2(m^2-1) \right) = 64,000 \text{ mm}^2$$

$$\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 160 \end{cases} \quad \begin{cases} V_{ux_0}^t = \frac{y_0}{J} M_{uz} = \frac{160 \text{ mm}}{64,000 \text{ mm}^2} \times 25.5 \times 10^3 = 63.75 \text{ KN} \\ V_{uy_0}^t = \frac{x_0}{J} M_{uz} = 0 \end{cases} \quad \text{سچ سطری ۱} \quad \text{سچ سطری ۱۱}$$



$$V_{u1}^{total} = \sqrt{(V_{ux_1}^s + V_{ux_0}^t)^2 + (V_{uy_1}^s + V_{uy_0}^t)^2} = 64.9 \text{ KN.m}$$

۳۶) تعیین تعداد برس طاری تک بیج (SRv)

$$ISO 10.9 \rightarrow \gamma = 1.1-d_{eff} \rightarrow F_u = 1000 \text{ MPa}$$

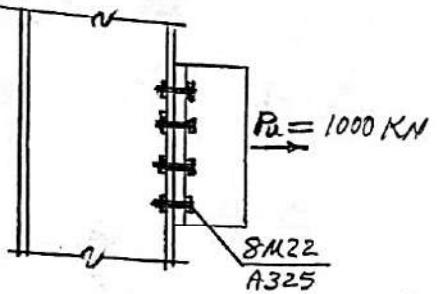
اـنکل آنکه سطع برس لزوم است بیج برمند است
دندنه نمی شود، پس نمی شود

$$R_{nv_1} = F_{nv} \cdot A_{nb_1} = 550 \times A_{nb_1}, N = 0.55 A_{nb_1}, \text{ KN} \quad \xrightarrow{\times 0.75} 0.55 R_{nv_1} = 0.4125 A_{nb_1}, \text{ KN}$$

$$V_{u1}^{total} \leq \phi R_{nv_1} \quad 64.9 \leq 0.4125 A_{nb_1} \rightarrow A_{nb_1} = 15.79 \text{ mm}^2 \rightarrow d_b = 14.2$$

use 5 M16

مثال ۱.۱ اتصال آنلایی هست کشش خالص.

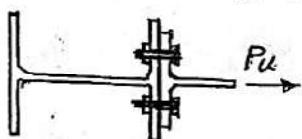


در اینجا لزوم بر پس از اینکه بجزی علی کشش نترل کنیم (از این امر بعده میتوانیم برویم شود).

کام ۰) برآورد از این تغییرات، تحلیل هر کریب باشد

کام ۱) محاسبه سهم کش پیچ:

$$P_{u1} = \frac{P_u}{N=8} = 125 \text{ kN}$$



کام ۲) محاسبه مقاومت کشش طراحی تک پیچ: (ϕR_{nt1})

جیز: M22 $\rightarrow A_{b1} = 380 \text{ mm}^2 = A_{nb1}$

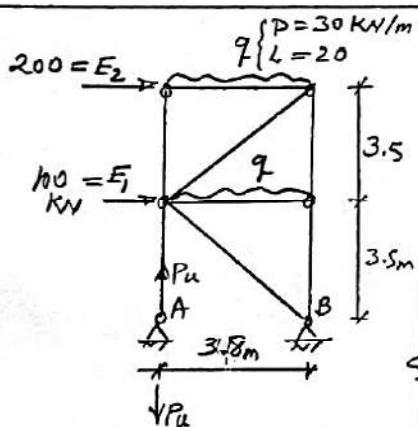
A325 $\rightarrow 10-9-1-10 \text{ درجه} \rightarrow f_{nt} = 0.75 F_u$ کشش کشش ایزو

$\downarrow 7-9-1-10 \text{ درجه} \frac{d=22 \leq 24}{F_u = 800 \text{ MPa}} \rightarrow f_{nt} = 600 \text{ MPa}$ کشش کشش ایزو

$$R_{nt1} = f_{nt} \cdot A_{nb1} = 228 \text{ kN} \xrightarrow{x\varphi=0.75} \phi R_{nt1} = 171 \text{ kN}$$

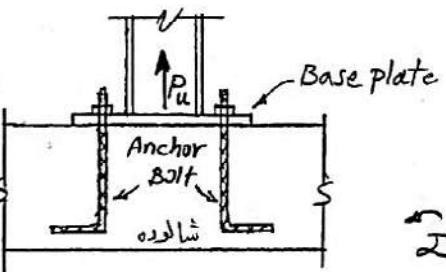
$$P_{u1} = 125 \text{ kN} \leq \phi R_{nt1} = 171 \quad 0.1 \text{ ک} \checkmark$$

کام ۳) نترل:



مثال ۲) میله هارهاد (Anchor Bolts) صفحه از سردن A طراحی بخانه ترکیب ایزو

کشش طرح کشید. میله هارهاد ندارای $F_u = 400 \text{ MPa}$ است.



کام ۴) برآورد از این تغییرات، تحلیل هر کریب باشد

، D = ۰ -

$$\sum MB = 0 \quad P_D \times 3.8 \text{ m} + 2 \times (30 \times 3.8) \times 1.9 = 0$$

$$P_D = -114 \text{ kN}$$

$$P_L = -76 \text{ kN} \rightarrow L = ۰ -$$

$$\sum MB = 0 \quad P_E \times 3.8 - 100 \times 3.5 - 200 \times 7 = 0 \Rightarrow P_E = +460.5 \text{ kN} \quad : E = ۰ -$$

$$1.4D \rightarrow P_u = -159.6 \quad \text{و} \quad 1.2D + 1.6L \rightarrow P_u = -255.4 \text{ kN} \quad : \text{ترکیب ۶} -$$

$$1.2D + L + E \rightarrow P_u = +247.7 \text{ kN} \quad \text{و} \quad \text{کشش} \quad 0.9D + E \rightarrow P_u = +357.9 \quad : \text{کشش}$$

$$P_{u1} = \frac{P_u}{N} = \frac{357.9}{N} \text{ kN}$$

کام ۱) نهیں سهم کش پیچ (کم میله هارهاد)

کام ۲) محاسبه مقاومت کشش طراحی تک پیچ: (ϕR_{nt1})

$$= A_{b1} = A_{nb1}$$

$$\rightarrow 10-9-1-10 \text{ درجه} \rightarrow f_{nt} = 0.75 F_u = 0.75 \times 400 = 300 \text{ MPa}$$

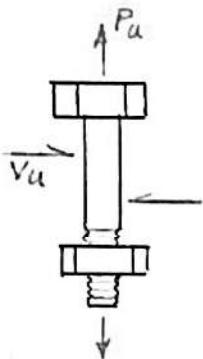
$$R_{nt1} = f_{nt} \times A_{nb1} = 300 \times A_{nb1} (\text{mm}^2) \quad N = 0.3 A_{nb1} \text{ kN} \xrightarrow{x\varphi=0.75} \phi R_{nt1} = 0.225 A_{nb1} \text{ kN}$$

کام ۳) نترل:

$$P_{u1} \leq \phi R_{nt1} \quad \frac{357.9}{N} \leq 0.225 A_{nb1} \rightarrow N \times A_{nb1} \geq 1590.7 \text{ mm}^2$$

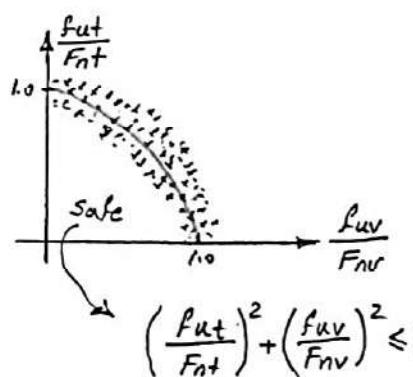
$$\therefore \text{TRY } N=4 \rightarrow A_{nb1} = 397.7 \text{ mm}^2 = \frac{\pi}{4} d_b^2 \rightarrow d_b = 22.5 \text{ mm}$$

$\therefore \text{USE 4 Anchor Bolt M25}$



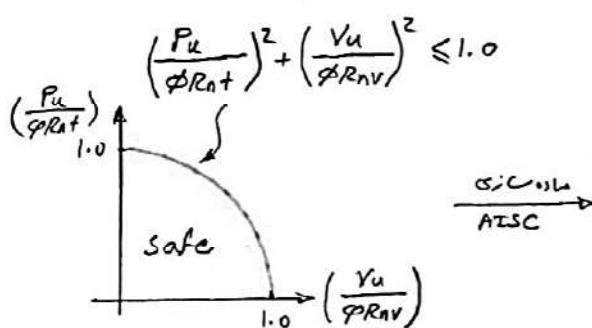
$$A_{nb} = A_b = \frac{\pi}{4} d_b^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} f_{ut} = \frac{P_u}{A_{nb}} \\ f_{uv} = \frac{V_u}{A_{nb}} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{تنشیت محدود} \\ \text{تنشیت برشی محدود} \end{array}$$



$$\left(\frac{P_u}{R_{n_t}} \right)^2 + \left(\frac{V_u}{R_{n_v}} \right)^2 \leq 1.0$$

با اعمال ضریب کاهش تاریخ
 $\phi = 0.75$



نتایج آزمایش بین تأثیر هزون بررسی روش:

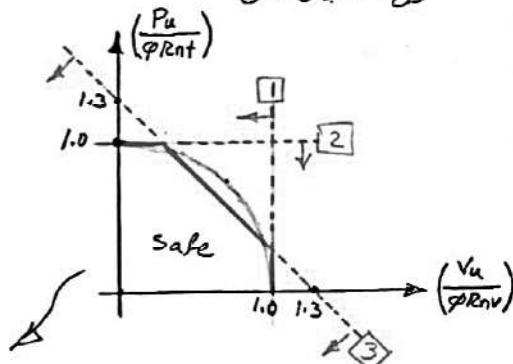
$$F_{n_t} = 0.75 F_u \quad \text{نمایش عادی: تاریخ کشی اسی}$$

$$F_{n_v} = \begin{cases} 0.45 F_u & \sim \text{ بش } \\ 0.55 F_u & \sim \text{ برش خالص: بش } \end{cases}$$

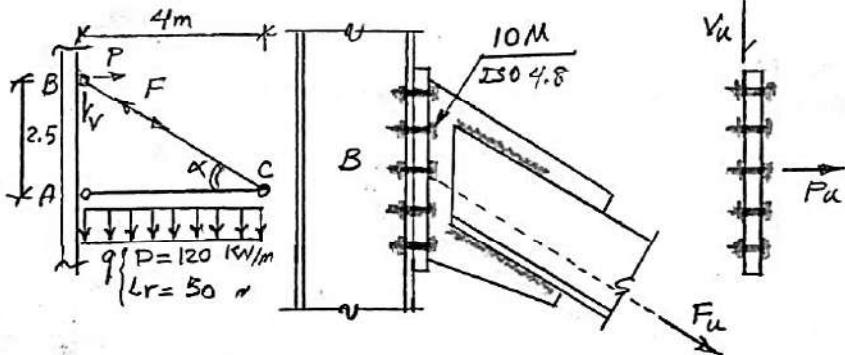
آنالیز خوب برتراند بی دامنه در نظر نمود.

با ضرب صدر رسمی کسرها در A_{nb} داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{n_t} = F_{n_t} \cdot A_{nb} \\ R_{n_v} = F_{n_v} \cdot A_{nb} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{نمایش کشی اسی} \\ \text{بین تأثیر هزون خالص} \\ \text{نمایش برش اسی} \\ \text{بین تأثیر برش خالص} \end{array}$$



- [1] کسری برش خالص:
- [2] کسری کشی خالص:
- [3] کسری اثر هزون کشی درین:



امكان احتمالي تمت اثرا هزء کشش دربری
مشان ۱۴٪، احتمال تمت داده مشاهده مارکی
برش کشش هزء پیچ طرح نماید.
(تعین تقدیر بیچ لازم)
استاد نیروی F_u لذ کژراحتل (وزنی سطح سطح
پیچیده میگذرد).

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow q \times \frac{4^2}{2} = P \times 2.5 \Rightarrow P = 3.2 \text{ KN}$$

$$\alpha = \text{ArcTg} \frac{2.5}{4} = 32^\circ \quad , \quad \begin{cases} P = F \cdot Q_0 \cdot K \\ V = F \cdot S \cdot \alpha \end{cases}$$

گام (۱) بار نداری، تحمل ترکیب باشد.

$$F = \frac{P}{Q_0 \alpha} = 3.77 \text{ KN} \Rightarrow \begin{cases} F_D = 452.4 \text{ KN} \\ F_{Lr} = 188.5 \text{ KN} \end{cases}$$

$$1.4 D \Rightarrow F_u = 1.4 \times 452.4 = 633.4 \text{ KN}$$

$$1.2 D + 1.6 L_r \Rightarrow F_u = 1.2 \times 452.4 + 1.6 \times 188.5 = 844.5 \text{ KN}$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \rightarrow F_u = 844.5 \text{ KN}$$

$$\begin{cases} P_u = 716.2 \text{ KN} \\ V_u = 447.5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_{u1} = \frac{P_u}{N=10} = 71.62 \text{ KN} \\ V_{u1} = \frac{V_u}{10} = 44.75 \end{cases}$$

گام (۲) تعین سهم سطح پیچ :

گام (۳) تعین تغایر برش طاری (ϕR_{nVi}) و تغایر کشش طاری (ϕR_{nti}) بیچ.

$$\text{ISO 4.8} \rightarrow 4-9-5-10 \text{ جبری} \rightarrow F_u = 420 \text{ MPa}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{جبری} \rightarrow 1-9-5-10 \text{ جبری} \rightarrow \\ \begin{cases} F_{nt} = 0.75 F_u = 315 \text{ MPa} \\ F_{nv} = 0.45 F_u = 189 \text{ MPa} \end{cases} \end{array} \right.$$

$$A_{nb1} = A_{b1} (\text{mm}^2)$$

$$\begin{cases} \phi R_{nti} = 0.75 \times 315 \times A_{b1} = 236.25 A_{b1} (\text{N}) = 0.23625 A_{b1} \text{ KN} \\ \phi R_{nVi} = 0.75 \times 189 \times A_{b1} = 141.75 A_{b1} (\text{N}) = 0.14175 A_{b1} \text{ KN} \end{cases}$$

گام (۳) لسل.

$$\text{کثر برش سنتیم} \quad \frac{V_{u1}}{\phi R_{nVi}} \leq 1.0 \rightarrow \frac{44.75}{0.14175 A_{b1}} \leq 1.0 \Rightarrow A_{b1} \geq 315.7 \text{ mm}^2$$

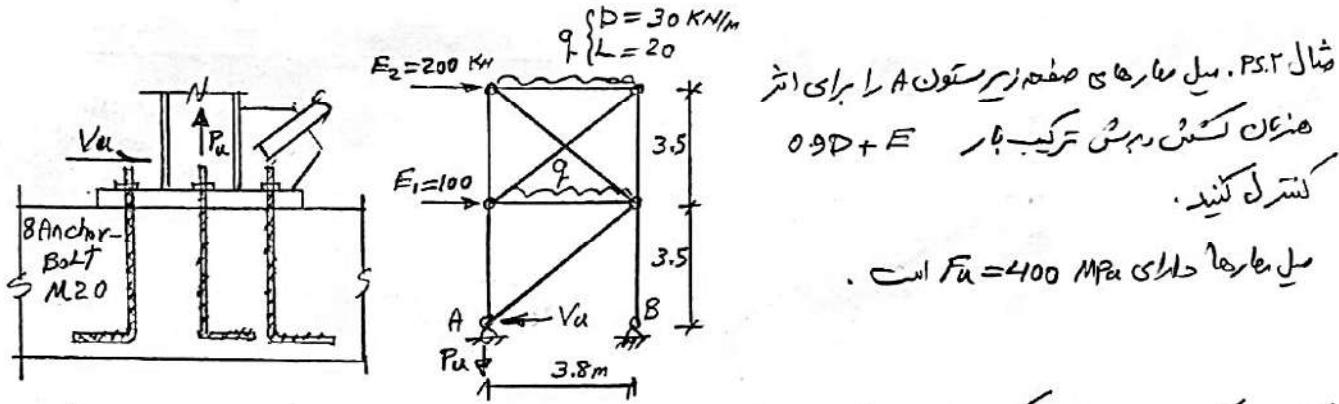
$$\text{کثر کشش سنتیم} \quad \frac{P_{u1}}{\phi R_{nti}} \leq 1.0 \rightarrow \frac{71.62}{0.23625 A_{b1}} \leq 1.0 \Rightarrow A_{b1} \geq 303.2 \text{ mm}^2$$

$$\text{کثر اتر تأمین برش و کشش} \quad \frac{V_{u1}}{\phi R_{nVi}} + \frac{P_{u1}}{\phi R_{nti}} \leq 1.3 \rightarrow \frac{44.75}{0.14175 A_{b1}} + \frac{71.62}{0.23625 A_{b1}} \leq 1.3 \Rightarrow A_{b1} \geq 476 \text{ mm}^2$$

$$d_b = 24.6 \text{ mm} \leftarrow \frac{\pi}{4} d_b^2 = A_{b1} = 476 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Max}$$

؛ USE 10 M27.

تذکر: آنر نیروی F_u بعورت فت روی بشد. بچشم پوشی لزامی مبتدا نیز را محظا که در انتقال برش، اصل قطعه
برآمد عمل برش خالص V_u به بیچ شود.



کام (۰) بار نارسی، تحلیل ترکیب بار - قوه سوئنگرهای V_u , P_u و میل گرسنگه زیرستون باست دوده میگردید.

$$q_u = 0.9 \times 30 = 27 \text{ KN/m}$$

$$P_u = \frac{1}{3.8} \left(2 \times q_u \times \frac{3.8}{2} + 100 \times 3.5 + 200 \times 7 \right) = 357.9 \text{ KN} \quad V_u = E_1 + E_2 = 300 \text{ KN}$$

$$N = 8$$

$$\begin{cases} P_{u1} = \frac{P_u}{8} = 44.7 \text{ KN} \\ V_{u1} = \frac{V_u}{8} = 37.5 \text{ KN} \end{cases}$$

کام (۲) تعیین همایش بریشی رکشی طراحی شجع ϕR_{NVI} , ϕR_{NTI} .

$$1.0 \times 0.9 \times 1.0 \times 0.75 \rightarrow \begin{cases} F_{NV} = 0.45 F_u = 180 \text{ MPa} \\ F_{NT} = 0.75 F_u = 300 \end{cases}$$

$$M20 \rightarrow A_{nb1} = A_{b1} = 314 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_{NVI} = 0.75 \times F_{NV} \times A_{nb1} = 42.4 \text{ KN}$$

$$\phi R_{NTI} = 0.75 \times F_{NT} \times A_{nb1} = 70.7 \text{ KN}$$

$$\frac{V_{u1}}{\phi R_{NVI}} = \frac{37.5}{42.4} = 0.88 \leq 1.0 \quad O.K.$$

$$\frac{P_{u1}}{\phi R_{NTI}} = \frac{44.7}{70.7} = 0.63 \leq 1.0 \quad O.K.$$

$$\frac{V_{u1}}{\phi R_{NVI}} + \frac{P_{u1}}{\phi R_{NTI}} = 0.88 + 0.63 = 1.51 \leq 1.3 \quad N.G.$$

} $\rightarrow N.G.$ سوابقوشی نیز نیست.

تشریف ۱: اتصال ۱ ب ۸M22 محدهاً کسر کنید.

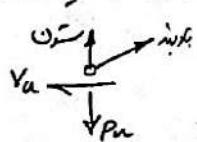
تشریف ۲: اتصال ۱ ب ۸M20 بارهای ترکیب $0.9D + L + E$ کسر کنید.

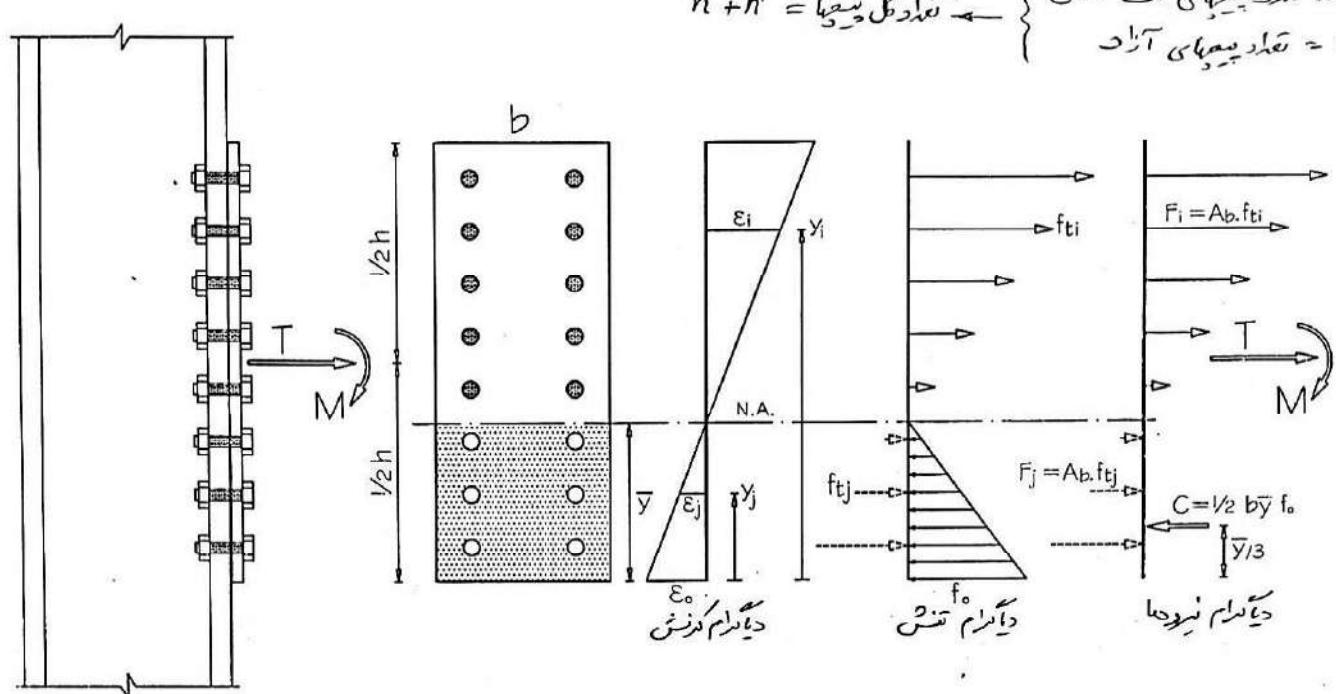
نکره: اگر نیز P_u ببورت شد رسم شد، جسم برشی لازماً اصطکاک به انقال بیرونی برشی لایه صفحه زیرستون داشته باشد.

نکره: آنلاین که ده کام (۰) ذکر شده، نیزهای عکس اعلی P_u را V_u در محل گرسنگه زیرستون باست دوده.

حکم شهاده که برآمده نیزهای معمولی استون و خودبه بیوشه، نیزهای نیزهای معمولی استون P_u نیست، و

نیزهای P_u مجموع نیزهای مدور استون و سولفه فامن نیزهای مدوری بادینه است.





$$\epsilon_i = \left(\frac{y_i}{\bar{y}} - 1 \right) \epsilon_0 \quad \epsilon_j = \left(1 - \frac{y_j}{\bar{y}} \right) \epsilon_0$$

$$f_o = E \cdot \epsilon_0 \quad f_{ti} = E \cdot \epsilon_i = E \cdot \epsilon_0 \left(\frac{y_i}{\bar{y}} - 1 \right) = f_o \left(\frac{y_i}{\bar{y}} - 1 \right) \quad f_{tj} = f_o \left(1 - \frac{y_j}{\bar{y}} \right)$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow T = \sum_{i=1}^n F_i - C + \sum_{j=1}^{n'} F_j \Rightarrow$$

$$T = f_o \left\{ Ab \left[\frac{1}{\bar{y}} \cdot Y_i - (n-n') - \frac{1}{\bar{y}} Y'_i \right] - \frac{1}{2} b \bar{y} \right\} \quad (1)$$

$Y_i = \sum_{i=1}^n y_i$	$Y'_i = \sum_{j=1}^{n'} y_j$	$Y_2 = \sum_{i=1}^n y_i^2$	$Y'_2 = \sum_{j=1}^{n'} y_j^2$	$e = \frac{M}{T}$	مکارداد:
--------------------------	------------------------------	----------------------------	--------------------------------	-------------------	----------

$$C + T \left(\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3} \right) = \sum_{i=1}^n F_i \left(y_i - \frac{\bar{y}}{3} \right) + \sum_{j=1}^{n'} F_j \left(y_j - \frac{\bar{y}}{3} \right) \Rightarrow$$

$$M + T \left(\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3} \right) = f_o \cdot Ab \left\{ \frac{1}{\bar{y}} Y_2 - \frac{4}{3} Y_1 + \frac{1}{3} \bar{y} - \frac{1}{\bar{y}} Y'_2 + \frac{4}{3} Y'_1 - \frac{n'}{3} \bar{y} \right\} \quad (2)$$

$$(2) \div (1) \Rightarrow$$

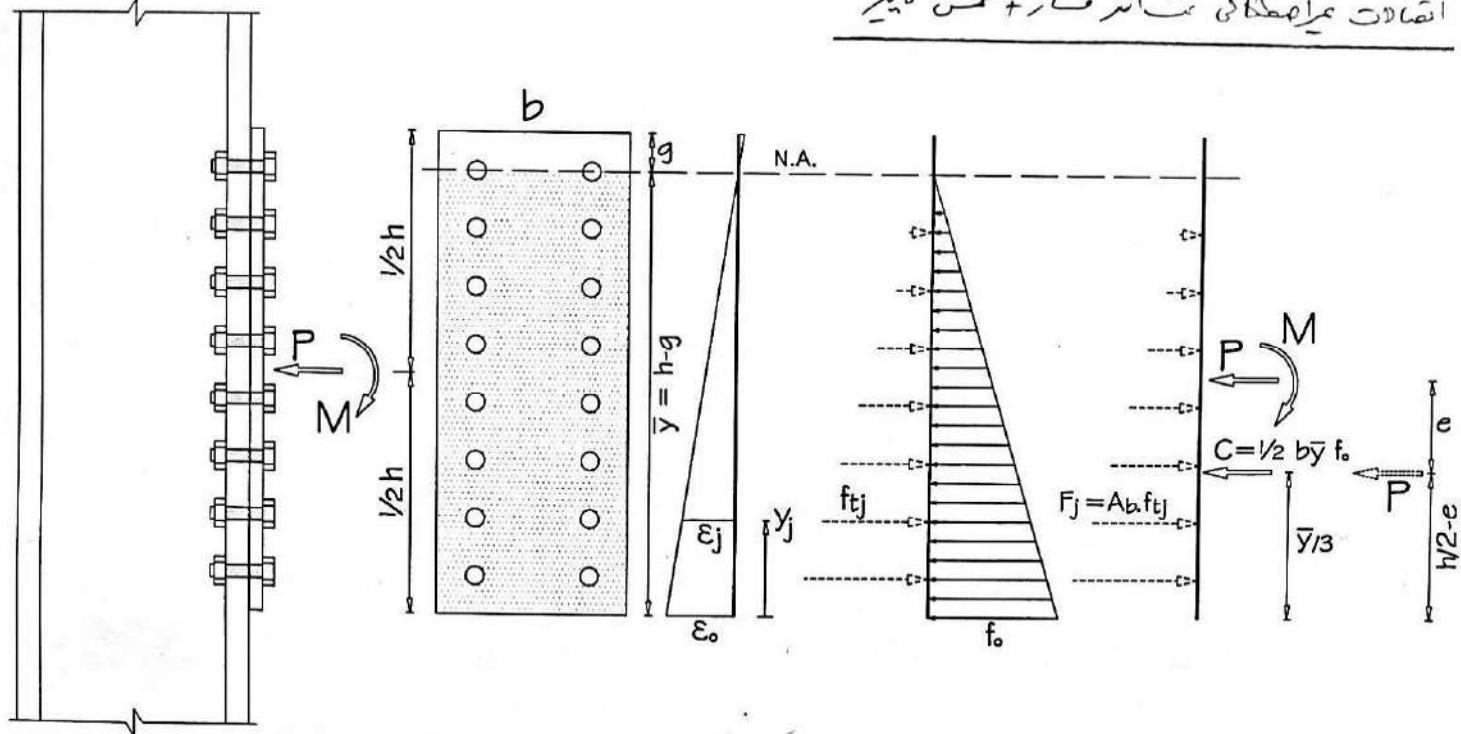
$$\left[\frac{b}{6} \right] \bar{y}^3 + \left[-\frac{b}{2} \left(e + \frac{h}{2} \right) \right] \bar{y}^2 + \left[-(n-n') \left(e + \frac{h}{2} \right) + (Y_1 - Y'_1) \right] Ab \cdot \bar{y} + \left[(e + \frac{h}{2}) (Y_1 - Y'_1) - (Y_2 - Y'_2) \right] Ab = 0 \quad (*)$$

بحل (*) برای سود \bar{y} در عدد ده بیش از مقدار مدارد.

$$\begin{cases} (1) & f_o = \frac{T}{Ab \left[\frac{1}{\bar{y}} (Y_1 - Y'_1) - (n-n') \right] - \frac{1}{2} b \bar{y}} \\ (2) & f_o = \frac{M + T \left(\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3} \right)}{Ab \left\{ \frac{1}{\bar{y}} (Y_2 - Y'_2) - \frac{4}{3} (Y_1 - Y'_1) + \frac{\bar{y}}{3} (n-n') \right\}} \end{cases}$$

$$f_{ti} = \left(\frac{y_i}{\bar{y}} - 1 \right) f_o \rightarrow f_{tmax} = \left(\frac{y_{max}}{\bar{y}} - 1 \right) f_o \rightarrow P_{umax} = f_{tmax} \cdot Ab$$

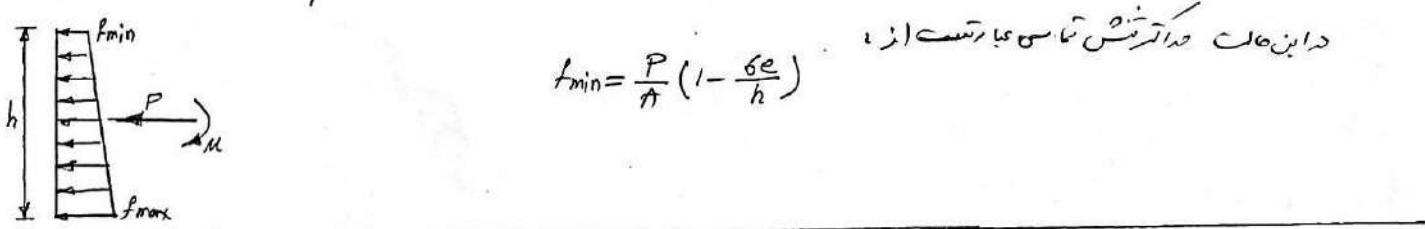
تذکر: آنکه مقدار روزانه سون ملی متر (مکار) روابط با جمل استفاده نیست



حالات اول) هیچیکن از نقاط صفحه از زوی ستد بلند نمی شود \rightarrow هیچیکن از پیچیدهای تاثر کشش ملبد نمی شود ($e < \frac{h}{6}$)

ب) حاشم پوششی لذا اثر سعی خواهی بود نوشت:

$$f_{max} = \frac{P}{A} + \frac{M \times \frac{h}{2}}{I} = \frac{P}{A} + \frac{M \times \frac{h}{2}}{\frac{1}{12} b h^3} \quad \left\{ \begin{array}{l} f_{max} = \frac{P}{A} + \frac{P \cdot e}{\frac{1}{12} b h^2} = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6e}{h} \right) \\ \text{حاشم پوششی:} \end{array} \right.$$



حالات دوم) بخته ای از صفحه تا ادنین ردیف پیچ از زوی ستد بلند برخود \rightarrow هیچیکن از پیچیدهای تاثر کشش ملبد نمی شود
با توجه به شکل بالا آگر فاصله تا لای صفحه تا ادنین ردیف پیچ بلند و مرتفع شود، بچشم پوششی از وجود پسورد خواهی بود

نوشت:

$$\bar{y} = h - g \quad C = \frac{1}{2} b \bar{y} \cdot f_0$$

برای ریخت شرط هارل $\sum F_x = 0$ دفعه اثر داشته باشد:

$$P = C = \frac{1}{2} b \bar{y} \cdot f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{2P}{b \bar{y}} = \frac{2P}{b(h-g)}$$

$$\bar{y}/3 = \frac{h}{2} - e \Rightarrow \frac{h-g}{3} = \frac{h}{2} - e \Rightarrow e = \frac{h}{6} + \frac{g}{3}$$

$$e = M/P \quad \text{جمع بندی:}$$

بخته ای از صفحه از زوی ستد بلند برخود در دیگر ایز پیچیدهای تاثر کشش ملبد نمی شود

حالات ثالث) $e > \frac{h}{6}$ \rightarrow همچنان که لذت از صفحه از زوی ستد بلند برخود میگیرد از پیچیدهای تاثر کشش نمای انتهای و داین علاوه:

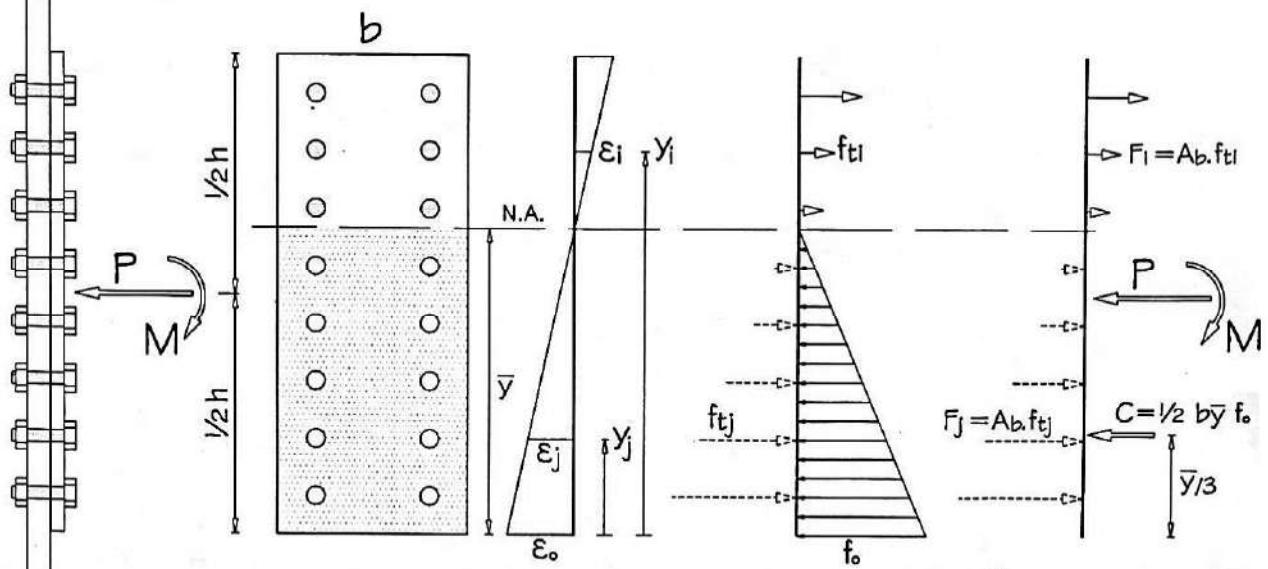
$$\bar{y} = 1.5h - 3e \quad \text{و} \quad f_0 = \frac{2P}{b \bar{y}}$$

$$\bar{y} = h - g \quad \left\{ \begin{array}{l} f_0 = \frac{2P}{b(h-g)} \\ e = \frac{h}{6} + \frac{g}{3} \end{array} \right. \quad \text{دو دست در دست اگر}$$

$$f_{max} = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6e}{D} \right)$$

هیچیکن از نقاط صفحه از زوی ستد بلند نمی شود و داین حالات:

انهای می‌نمایند که تنش افقی زیاد نباشد (جذب سوم)



$$n_{total} = n + n' = \begin{cases} n & \text{نقد پیچیای تنش کشش} \\ n' & \text{نقد پیچیای آزاد} \end{cases}$$

$$Y_1 = \sum_{i=1}^n y_i, \quad Y'_1 = \sum_{j=1}^{n'} y_j, \quad Y_2 = \sum_{i=1}^n y_i^2, \quad Y'_2 = \sum_{j=1}^{n'} y_j^2, \quad e = \frac{M}{P}$$

$$\varepsilon_i = \left(\frac{y_i}{\bar{y}} - 1 \right) \varepsilon_0, \quad \varepsilon_j = \left(1 - \frac{y_j}{\bar{y}} \right) \varepsilon_0$$

$$f_0 = E \cdot \varepsilon_0, \quad f_{ti} = E \varepsilon_i = E \varepsilon_0 \left(\frac{y_i}{\bar{y}} - 1 \right) = f_0 \left(\frac{y_i}{\bar{y}} - 1 \right), \quad f_{tj} = f_0 \left(1 - \frac{y_j}{\bar{y}} \right)$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow -P = \sum_{i=1}^n F_i - C + \sum_{j=1}^{n'} F_j \Rightarrow$$

$$-P = f_0 \left\{ Ab \left[\frac{1}{\bar{y}} (Y_1 - Y'_1) - (n - n') \right] - \frac{1}{2} b \bar{y} \right\} \quad (1)$$

$$C = M - P \left(\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3} \right) = \sum_{i=1}^n F_i \left(y_i - \frac{\bar{y}}{3} \right) + \sum_{j=1}^{n'} F_j \left(y_j - \frac{\bar{y}}{3} \right) \Rightarrow$$

$$M - P \left(\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3} \right) = f_0 \cdot Ab \left\{ \frac{1}{\bar{y}} (Y_2 - Y'_2) - \frac{4}{3} (Y_1 - Y'_1) + \frac{\bar{y}}{3} (n - n') \right\} \quad (2)$$

$$(2) \div (1) \Rightarrow$$

$$\left[\frac{b}{6} \right] \bar{y}^3 + \left[-\frac{b}{2} \left(-e + \frac{h}{2} \right) \right] \bar{y}^2 + \left[-(n - n') \left(-e + \frac{h}{2} \right) + (Y_1 - Y'_1) \right] Ab \cdot \bar{y} + \left[\left(-e + \frac{h}{2} \right) (Y_1 - Y'_1) - (Y_2 - Y'_2) \right] Ab = 0 \quad (*)$$

با حل (*) می‌آید (اگر کثیر تعدد آن در معادله بیشتر باشد ممکن است این مکار طرد)

$$\begin{aligned} \bar{y} &= v \xrightarrow{(1)} f_0 = \frac{-P}{Ab \left[\frac{1}{\bar{y}} (Y_1 - Y'_1) - (n - n') \right] - \frac{1}{2} b \bar{y}} \\ &\xrightarrow{(2)} f_0 = \frac{M - P \left(\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3} \right) = -P \left(-e + \frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3} \right)}{Ab \left\{ \frac{1}{\bar{y}} (Y_2 - Y'_2) - \frac{4}{3} (Y_1 - Y'_1) + \frac{\bar{y}}{3} (n - n') \right\}} \end{aligned}$$

$$f_{ti} = \left(\frac{y_i}{\bar{y}} - 1 \right) f_0 \rightarrow f_{tmax} = \left(\frac{y_{max}}{\bar{y}} - 1 \right) f_0 \rightarrow P_{umax} = f_{tmax} \times Ab$$

آنچه در این مسأله رخورد روابط مبنی بر انتقال تنش از کشش خرس است باین تعداد که و

$$\begin{cases} T \rightarrow -P \\ e \rightarrow -e \end{cases}$$

حالت حاصل : علت خص خالص ($P=0$)

$$Ab \left[\frac{1}{J} (Y_1 - Y'_1) - (n - n') \right] - \frac{1}{2} b \bar{y} = 0$$

بوجه بـ طبله ①

$$\Rightarrow \frac{1}{2} b \bar{y}^2 + Ab(n - n') \bar{y} - Ab(Y_1 - Y'_1) = 0$$

$$\textcircled{*} \rightarrow \bar{y} = \frac{-Ab(n - n') + \sqrt{Ab^2(n - n')^2 + 2bAb(Y_1 - Y'_1)}}{b}$$

لـ هـ كـ تـ لـ مـ نـ وـ بـ دـ بـ دـ وـ دـ حـ دـ اـ دـ لـ حـ دـ اـ دـ (عـ لـ لـ بـ اـ حـ مـ اـ دـ لـ)

$$\mu = f_o Ab \left\{ \frac{1}{J} (Y_2 - Y'_2) - \frac{4}{3} (Y_1 - Y'_1) + \frac{\bar{y}}{3} (n - n') \right\}$$

بـ طـ بـ طـ بـ طـ ②

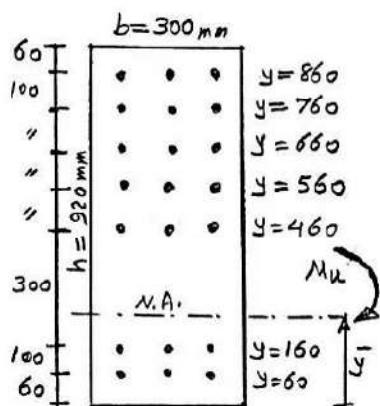
$$f_o = \frac{\mu}{Ab \left\{ \frac{1}{J} (Y_2 - Y'_2) - \frac{4}{3} (Y_1 - Y'_1) + \frac{\bar{y}}{3} (n - n') \right\}}$$

$$\rightarrow f_{e_i} = \left(\frac{y_i}{J} - 1 \right) f_o \rightarrow f_{max} = f_o \left(\frac{y_{max}}{J} - 1 \right)$$

$$P_{max} = f_{max} \times Ab$$

ـ

مثال ۱. بجز اتصال آنچه نشود داده شده دیگر برای ریخته نیزی کشش در پیغما را محاسبه کنید. پیغما از نوع $M_u = 1500 \text{ KN.m}$ (A490 M30) هستند.



- حرس اولیه: خط خمینه بین ردیف اول و دوم قرار دارد،

$$n=18, Y_1=3(60+460+\dots+860)=10380 \text{ mm}$$

$$n'=3, Y_1'=3(60)=180$$

$$A_b=A_{nb}=707 \text{ mm}^2$$

$$150\bar{y}^2 + 707(18-3)\bar{y} - 707(10380-180) = 0$$

$$\rightarrow \bar{y} = 186.7 \text{ mm} \notin [60, 160] \quad \text{⇒} \rightarrow \text{حرس اولیه درست نیست}$$

- حرس بعدی: خط خمینه بین ردیف دوم و سوم قرار دارد،

$$n=15, Y_1=3(460+560+\dots+860)=9900 \quad \rightarrow 150\bar{y}^2 + 707(15-6)\bar{y} - 707(9900-660) = 0$$

$$n'=6, Y_1'=3(60+160)=660 \quad \rightarrow \boxed{\bar{y}=188.6} \in [160, 460] \quad \text{⇒} \rightarrow \text{حرس اولیه درست است}$$

$$Y_2=3(460^2+\dots+860^2)=6834000 \text{ mm}^2, Y_2'=3(60^2+160^2)=87600 \text{ mm}^2 \quad \text{لـ اطـهـ سـعـمـ}$$

$$f_o = \frac{M_u = 1500 \text{ KN.m} = 1500 \times 10^6 \text{ N.mm}}{707 \left\{ \frac{1}{188.6} (6834000 - 87600) - \frac{4}{3} (9900 - 660) + \frac{188.6}{3} (15-6) \right\}} = \frac{1500 \times 10^6}{16,982,087 \text{ mm}^3}$$

$$f_o = 88.3 \text{ MPa}$$

$$f_{tmax} = \left(\frac{y_{max}}{\bar{y}} - 1 \right) f_o \rightarrow P_{umax} = A_b \times f_{tmax} \xrightarrow{y_{max}=860} \boxed{P_{umax} = 222.2 \text{ KN}}$$

مثال ۲. در مثال قبل اگر علاوه بر تنش نیز کشش میز برآورد طور شود،

$$c = \frac{M_u}{T_u} = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm} \quad \text{⇒} \rightarrow \text{حرس اولیه درست آورده، } P_{umax}$$

- حرس اولیه: خط خمینه بین ردیف اول و دوم قرار دارد:

$$\left\{ n=18, Y_1=10380 \text{ mm}, Y_2=6,910,800 \text{ mm}^2 \right.$$

$$\left. n'=3, Y_1'=180, Y_2'=10800 \right.$$

$$\left[\frac{b}{6} \right] \bar{y}^3 + \left[-\frac{b}{2} \left(e + \frac{h}{2} \right) \right] \bar{y}^2 + \left[-(n-n') \left(e + \frac{h}{2} \right) + (Y_1-Y_1') \right] A_b \bar{y} + \left[\left(e + \frac{h}{2} \right) (Y_1-Y_1') - (Y_2-Y_2') \right] A_b = 0$$

$$50\bar{y}^3 - 219,000\bar{y}^2 - 8,271,900\bar{y} + 5,650,344,000 = 0 \quad \rightarrow \boxed{\bar{y}=145 \text{ mm}} \in [60, 160] \quad \text{⇒} \rightarrow \text{حرس اولیه درست شد}$$

$$\textcircled{1} \rightarrow f_o = \frac{T_u}{A_b \left[\frac{1}{\bar{y}} (Y_1-Y_1') - (n-n') \right] - \frac{1}{2} b \bar{y}} = 86.31 \text{ MPa}$$

$$\textcircled{2} \rightarrow f_o = \frac{M_u + T_u \left(\frac{h}{2} - \bar{y}_G \right)}{A_b \left\{ \frac{1}{\bar{y}} (Y_2-Y_2') - \frac{4}{3} (Y_1-Y_1') + \frac{\bar{y}}{3} (n-n') \right\}} = 86.28 \text{ MPa}$$

$$\boxed{P_{umax} = 300.8 \text{ KN}} \xrightarrow{x_{Ab}}$$

$$f_o = 86.3 \text{ MPa}$$

$$f_{tmax} = \left(\frac{y_{max}}{\bar{y}} - 1 \right) f_o$$

$$f_{tmax} = 425.5 \text{ MPa}$$

پال ۳. در سال ۱ اگر به صورت احتال لذت خشی $P_u = 5000 \text{ KN}$ و نیزی شی $M_u = 1500 \text{ KN.m}$ وارد شود،

$$T_u = -P_u = -5000 \text{ KN}, e = \frac{M_u}{T_u} = -0.3 \text{ m} = -300 \text{ mm} \quad \text{راست آویز. } P_{umax}$$

- حسن اولیع : خط ضمیم بین ردیف سوم ریهار مکارهای دارد $\bar{y} \in [460, 560]$,

$$n=12, Y_1=8520 \text{ mm}, Y_2=6,199,200 \text{ mm}^2$$

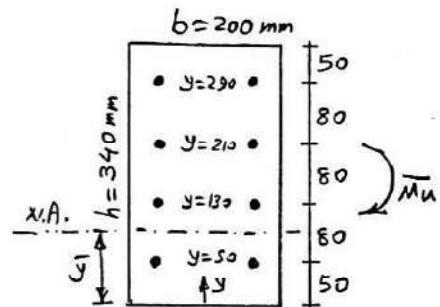
$$n'=9, Y'_1=2040, Y'_2=722400$$

$$50\bar{y}^3 - 24000\bar{y}^2 + 4,242,000\bar{y} - 3.13908 \times 10^9 = 0 \rightarrow \boxed{\bar{y} = 538.8} \in [460, 560] \quad \textcircled{3}$$

$$\textcircled{1} \rightarrow f_a = \frac{T_u = -5000 \times 10^3 \text{ N}}{Ab \left[\frac{1}{3}(Y_1 - Y'_1) - (n - n') \right] - \frac{1}{2} b \bar{y}} = 67.17 \text{ MPa} \quad \begin{cases} \text{آداه سیم} \\ \textcircled{3} \rightarrow \end{cases}$$

$$\textcircled{2} \rightarrow f_a = \frac{M_u + T_u \left(\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3} \right)}{Ab \left\{ \frac{1}{3}(Y_2 - Y'_2) - \frac{4}{3}(Y_1 - Y'_1) + \frac{\bar{y}}{3}(n - n') \right\}} = 67.17 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow f_{fmax} = \left(\frac{y_{max}}{\bar{y}} - 1 \right) f_a \rightarrow Ab \Rightarrow \boxed{P_{umax} = 28.3 \text{ KN}}$$



مسئلہ ۱۔ انقلابی تمت اثر لشش خنک $M_u = 100 \text{ kNm}$ ملردارد۔ در ۵ مرتبہ پیچھے از زویں (IS0 - 8.8) M20 میٹر کا سکیت کشی پیچھا رکھ لئے۔

$$A_b = 314 \text{ mm}^2$$

حدس اولیہ: خط ضمیم بین ریب اول و دوم علیرغم: $\bar{y} \in [50, 130]$ پیچھے کشی

$$\rightarrow n = 6, Y_1 = 2(130 + 210 + 290) = 1260 \text{ mm}$$

$$\rightarrow n' = 2, Y_1' = 2(50) = 100 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{2} b \bar{y}^2 + A_b(n-n')\bar{y} - A_b(Y_1 - Y_1') = 0$$

$$100\bar{y}^2 + 1256\bar{y} - 364240 = 0 \rightarrow \begin{cases} \bar{y} = -73.2 \text{ mm} & \text{نہیں قابل قبل} \\ \bar{y} = 54.4 \text{ mm} & \in [50, 130] \text{ O.K.} \end{cases}$$

$$Y_2 = 2(130^2 + 210^2 + 290^2) = 290200 \text{ mm}^2$$

$\leftarrow n b 1 \rightarrow$

$$Y_2' = 2(50^2) = 5000 \text{ mm}^2$$

$$f_o = \frac{M_u}{A_b \left\{ \frac{1}{3} (Y_2 - Y_2') - \frac{4}{3} (Y_1 - Y_1') + \frac{\bar{y}}{3} (n - n') \right\}} = \frac{100 \times 10^6}{1183313 \text{ mm}^3} \text{ N/mm} = 84.5 \text{ MPa}$$

$$f_{tmax} = f_o \left(\frac{Y_{max}}{\bar{y}} - 1 \right) = 84.5 \left(\frac{290}{54.4} - 1 \right) = 366 \text{ MPa}$$

$$P_{u1} = f_{tmax} \times A_b = 114.9 \text{ KN}$$

$$R_{nt1} = f_{nt} \cdot A_{nb} = 0.75 f_u \times A_{nb} = 0.75 \times 800 \times 314 = 188.4 \text{ KN}$$

لئے:

$$P_{u1} = 114.9 \leq R_{nt1} = 0.75 \times 188.4 = 141.3 \text{ KN} \quad \text{O.K.}$$

مسئلہ ۲۔ در شال قبل آثر برش دیہ پیچھا رکھ لئے۔

$$f_o = \frac{50 \times 10^6}{1183313} = 42.25 \text{ MPa} \quad \leftarrow \bar{y} = 54.4 \text{ mm} \quad \leftarrow$$

$$f_{tmax} = 183 \text{ MPa} \rightarrow P_{u1} = 57.45 \text{ KN} \quad , \quad R_{nt1} = 141.3 \text{ KN}$$

سے سے بڑیں نایں مردود نہیں پیچھے رساۓ جوں ماروں دیاں

$$V_u = \frac{\bar{V}_u}{8} \Rightarrow V_{u1} = 90 \text{ KN}$$

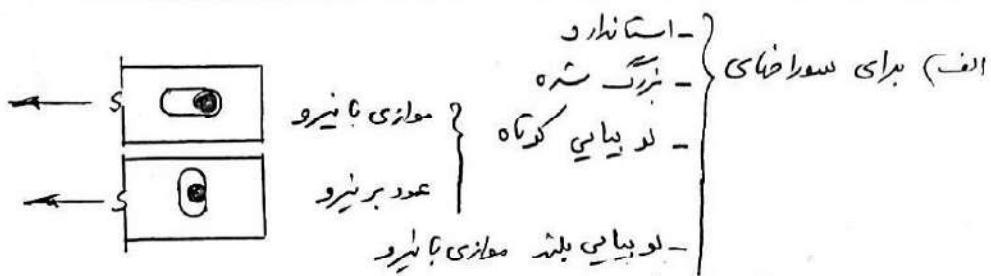
$$\phi R_{nv} = 0.75 \times [0.55 f_u \times A_{nb}] = 0.75 \times 0.55 \times 800 \times 314 :$$

$$\Rightarrow \phi R_{nv1} = 103.6 \text{ KN}$$

لئے:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{V_{u1}}{R_{nv1}} = \frac{90}{103.6} = 0.87 \leq 1.0 \quad \text{O.K.} \\ \frac{P_{u1}}{R_{nt1}} = \frac{57.45}{141.3} = 0.41 \leq 1.0, \quad \text{O.K.} \\ \frac{V_{u1}}{R_{nv1}} + \frac{P_{u1}}{R_{nt1}} = 1.28 \leq 1.3 \quad \text{O.K.} \end{array} \right\} \rightarrow \text{O.K.}$$

تعیین تعداد آنچه ای اسپو برابر سی AISC دسته بندی می‌گیرد



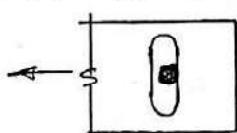
۱) اگر تغییر شکل سطح پیچ تخته بود درین کیفیت طراحی نباشد:

$$R_{n_1} = \min \begin{cases} R_{nb} = 2.4 dt Fu \\ R_{ns} = 1.2 l_c t Fu \end{cases}$$

۲) اگر تغییر شکل سطح پیچ تخته بود درین کیفیت طراحی نباشد:

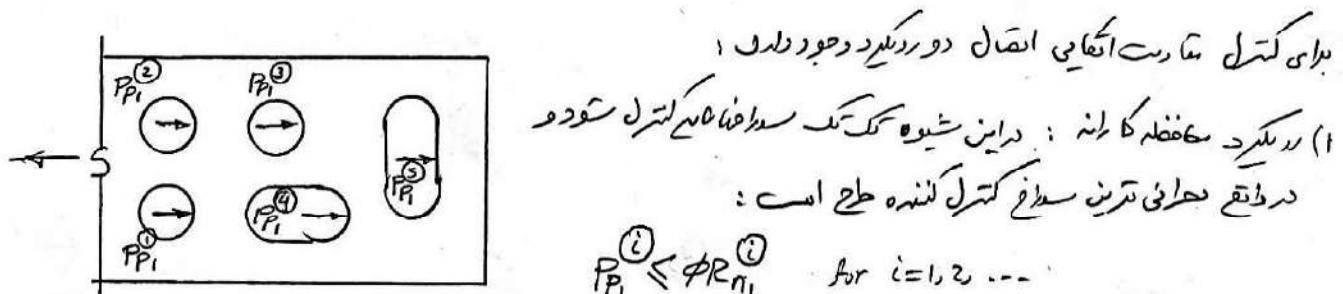
$$R_{n_1} = \min \begin{cases} R_{nb} = 3.0 dt Fu \\ R_{ns} = 1.5 l_c t Fu \end{cases}$$

دو دلتا باید آیند اما اینهاست. اگر بعثت ۵ در ذکر شده تغییر شکل سطح پیچ تخته بود درین کیفیت طراحی نباشد. معملاً حالت (۱) را ذکر کرد که عاقله کارانه تر است.



ب) برای سطوح خارجی لزیم باشد که عدد برابر باشد.

$$R_{n_1} = \min \begin{cases} R_{nb} = 2.0 dt Fu \\ R_{ns} = 1.0 l_c t Fu \end{cases}$$



۳) روکشید واقعی و اضافه ای تر: در این روکشید مجموع نیروهای نهایی وارد بر جبار سطح خارجی (مجموع نیز تعداد آنچه ای اضافه ای)

با مجموع تعداد آنچه ای طرح همه سطح خارجی کنترل می‌شود:

$$\sum_{i=1}^5 P_{Pi}^i \leq \phi \sum_{i=1}^5 R_{n_1}^i$$

i	P_{Pi}^i	$\phi R_{n_1}^i$	نتیجه کنترل
۱	105	100	N.G.
۲	105	100	N.G.
۳	100	110	D.K.
۴	80	90	O.K.
۵	70	80	O.K.
جمع	460	480	O.K.

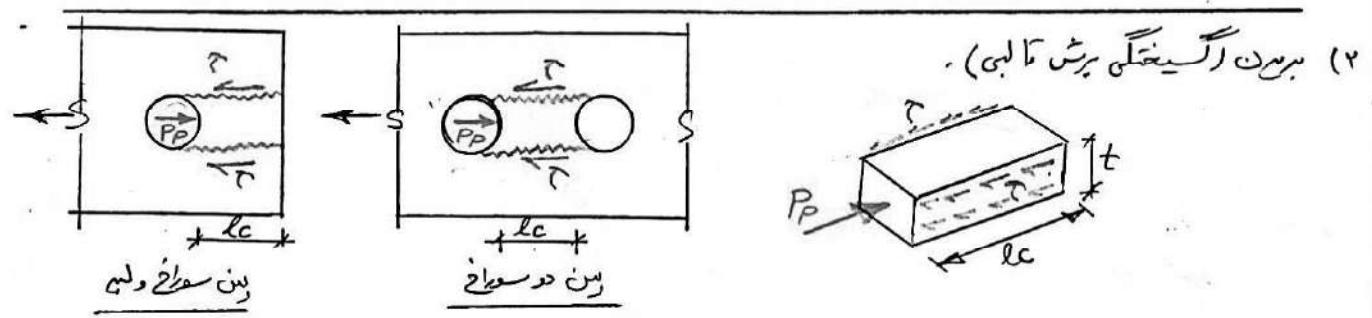
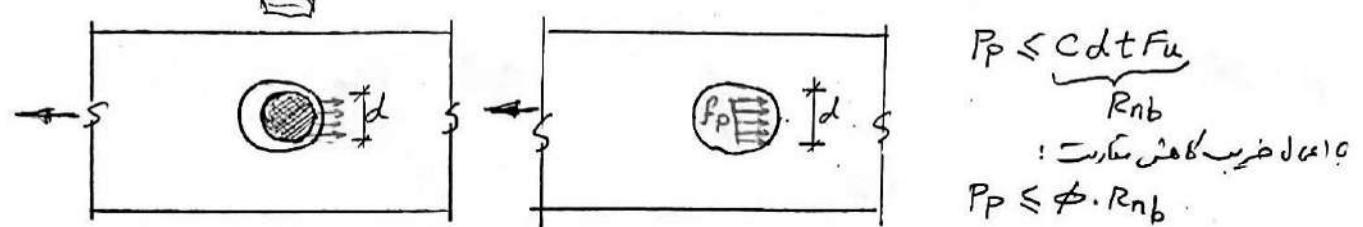
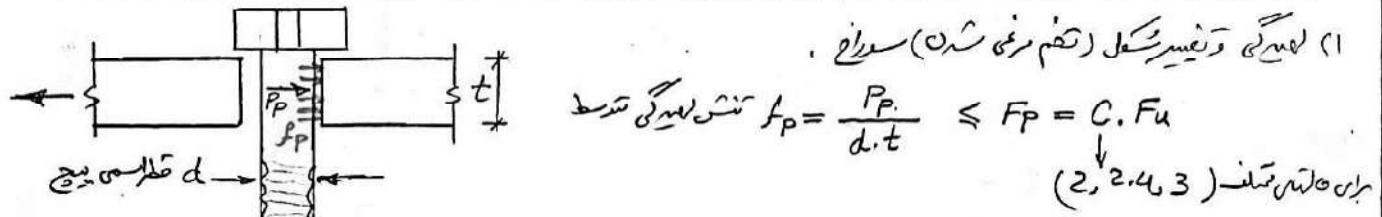
نتیجه:

اصلاً از تعداد آنچه ای عجیب نیست $\rightarrow N.G.$ $\xrightarrow{\text{روکشید (۱)}}$

$\xrightarrow{\text{روکشید (۲)}}$ O.K. \rightarrow است

نمودار سویاخ پیچ (در اصطلاح آنکایی)

نمودار سویاخ پیچ دو عامل است { ۱) نیروی ونوسیر کش (تضمیر غیر شدن) سویاخ
۲) بریدن (گسیختن پرش تالیب) } - زین در سویاخ
زین سویاخ دلیل تعیین شده است.



$$\tau = \frac{P_p}{2 \cdot l_c \cdot t} \leq \tau_n = C' \cdot F_u \rightarrow P_p \leq \underbrace{(2C')}_{R_{ns}} l_c \cdot t \cdot F_u$$

برای طلاهه مختلف (۰.۵, ۰.۶, ۰.۷۵)

اعمال ضریب کاهش مقادیر :

نکر: در محاسبه l_c قطر واقعی سطاخ (d_h) را مسجدول ۱۰-۹-۲-۸ بگیری و در لون مقطع $d_h = dh + 2mm$

جمع بندی: کسری مقادیر آنکایی در هبار سطاخ پیچ :

$$P_p \leq \phi \cdot R_{n1}$$

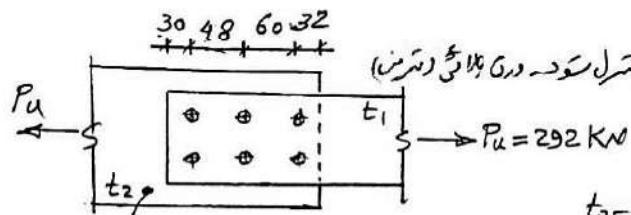
$$R_{n1} = \min \begin{cases} R_{nb} \\ R_{ns} \end{cases}$$

$P_p =$ نیروی نهایی وارد بر هبار سطاخ (نیاز تا مرد آنکایی) آنک سطاخ

$R_{n1} =$ مقادیر آنکایی اسمنی تک پیچ (کم سطاخ)

$\phi = 0.75$ ضریب کاهش مقادیر

مثال لتريل متساوية ابعاد



مثال ١. شكل ١.٥ شكل متساوية ابعاد كتريل عليه . فعدم تزويق كتريل سود در ٦٤٣ (تريل) يسمى ٦M16 لزنق ٢٥٠-٨-٨ سوراخ ازنه استandard . فتحات در ٦٤٣

(Fu=360 MPa) S235

شکم ١) تعیین P_{P_1} سطحی مغلق :

درین سهل حول همه بینهایتین هسته، برای همه سوراخ :

$$P_{P_1}^{(A)} = P_{P_1}^{(B)} = P_{P_1}^{(C)} = P_{P_1} = \frac{P_u}{6} = 48.7 \text{ kN}$$

شکم ٢) تعیین متساوية ابعاد اسیم سوراخ موردنظر

الف) برای سوراخ (A) : $t=t_2=6$ ، $F_u=360 \text{ MPa}$ S235

و سطح اسیم $dh=18 \text{ mm}$ جبر (٩-٩-٢-١٠) \rightarrow میخ M16

$$l_c^A = 32 - \frac{dh}{2} = 32 - 9 = 23 \text{ mm}$$

M16

$$R_{n1}^{(A)} = \min \left\{ R_{nb} = 2.4 dt Fu = 2.4 \times 16 \times 6 \times 360 = 82.9 \text{ kN} \atop R_{ns} = 1.2 l_c \cdot t Fu = 1.2 \times 23 \times 6 \times 360 = 59.6 \text{ kN} \right\} \rightarrow R_{n1}^{(A)} = 59.6 \text{ kN}$$

ب) برای سوراخ (B)

$$l_c^B = 60 - 2 \times \frac{dh}{2} = 60 - 18 = 42 \text{ mm}$$

$$R_{n1}^{(B)} = \min \left\{ R_{nb} = 2.4 dt Fu = 82.9 \text{ kN} \atop R_{ns} = 1.2 l_c \cdot t Fu = 1.2 \times 42 \times 6 \times 360 = 108.9 \text{ kN} \right\} \rightarrow R_{n1}^{(B)} = 82.9 \text{ kN}$$

ج) برای سوراخ (C)

$$l_c^C = 48 - 2 \times \frac{dh}{2} = 48 - 18 = 30 \text{ mm}$$

$$R_{n1}^{(C)} = \min \left\{ R_{nb} = 2.4 dt Fu = 82.9 \text{ kN} \atop R_{ns} = 1.2 l_c \cdot t Fu = 1.2 \times 30 \times 6 \times 360 = 77.8 \text{ kN} \right\} \rightarrow R_{n1}^{(C)} = 77.8 \text{ kN}$$

شکم ٣) كتريل.

برای من مرید (١) محقق کاره :

$$(A) \text{ سوراخ} : P_{P_1}^{(A)} = 48.7 \not\leq R_{n1}^{(A)} = 0.75 \times 59.6 = 44.7 \text{ kN} \quad N.G. \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$$

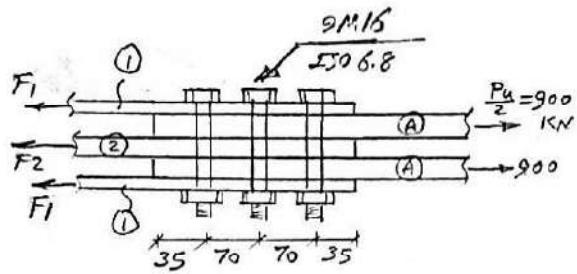
$$(B) \text{ سوراخ} : P_{P_1}^{(B)} = 48.7 \leq R_{n1}^{(B)} = 0.75 \times 82.9 = 62.2 \text{ kN} \quad O.K. \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow N.G.$$

$$(C) \text{ سوراخ} : P_{P_1}^{(C)} = 48.7 \leq R_{n1}^{(C)} = 0.75 \times 77.8 = 58.4 \text{ kN} \quad O.K. \quad \left. \begin{array}{l} \text{امثل لزنق} \\ \text{سارت ابعاد} \\ \text{جواب} \end{array} \right\} \text{شیست}$$

$$\underbrace{P_{P_1}^{(A)} + P_{P_1}^{(B)} + P_{P_1}^{(C)}}_{\downarrow} \leq \phi (R_{n1}^{(A)} + R_{n1}^{(B)} + R_{n1}^{(C)}) \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{برای من مرید (٢) :} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$$

$$6 \times 48.7 = P_u = 292 \text{ kN} \leq 0.75 (2 \times 59.6 + 2 \times 82.9 + 2 \times 77.8) = 330.5 \text{ kN} \quad O.K.$$

امثل لزنق سارت ابعاد جواب او است .



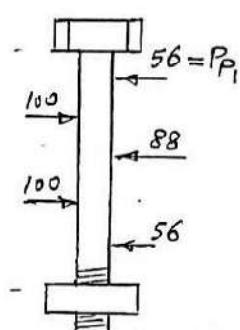
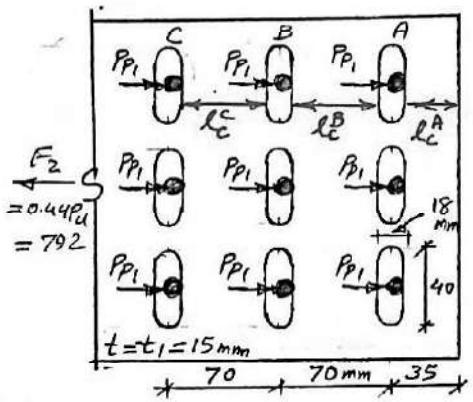
مثال ۲. مثال (۵.۴) تحریک تراویت آنچه کنترل نمایه.

$$\text{درق } \text{B} 25 \times 200 = \textcircled{①}$$

$$\text{درق } \text{C} 15 \times 140 = \textcircled{②}$$

$$\text{درق } \text{D} 20 \times 165 = \textcircled{③}$$

ورقها اصل همچنان لزنیع ۵۲۷۵ و فردا بعنوان ترسیم.



کام ۱) پارندگی بتعلیل ترکیب بر ✓

کام ۲) تعیین P_{P_1} سطحهای مخالف.

پارههای تایید مثال (۵.۶) نیزه ولود

بر جای سطحهای درق $\textcircled{①}$ همه ساری؟

$$P_{P_1} = 56 \text{ KN}$$

۲۳) تعیین تراویت آنچه اسما سطح نهادنظر

$$\text{محیط M16} \rightarrow \lambda = 9 - 5 - 1 = 3 \rightarrow \text{عرض} \times \text{ارتفاع} = 18 \times 40 \text{ mm} \rightarrow \left| \begin{array}{l} d = 16 \text{ mm} \\ dh = 18 \text{ mm} \end{array} \right.$$

الف) سطح \textcircled{A}

$$l_c^A = 35 - \frac{dh}{2} = 35 - \frac{18}{2} = 26 \text{ mm}$$

$$\textcircled{①} R_{n_1} = \min \left\{ \begin{array}{l} R_{nb} = 2.0 dt F_u = 2 \times 16 \times 15 \times 410 = 196.8 \text{ KN} \\ R_{ns} = 1.0 l_c t F_u = 1 \times 26 \times 15 \times 410 = 159.9 \text{ KN} \end{array} \right\} \rightarrow R_{n_1} = 159.9 \text{ KN}$$

$$l_c^B = 70 - 2 \times \frac{dh}{2} = 70 - 18 = 52 \text{ mm}$$

ب) سطح \textcircled{B}

$$\textcircled{②} R_{n_1} = \min \left\{ \begin{array}{l} R_{nb} = 2.0 dt F_u = 2 \times 16 \times 15 \times 410 = 196.8 \text{ KN} \\ R_{ns} = 1.0 l_c t F_u = 1 \times 52 \times 15 \times 410 = 319.8 \text{ KN} \end{array} \right\} \rightarrow R_{n_1} = 196.8 \text{ KN}$$

۲۴) کنترل: براساس ریزید معقوله کارله :

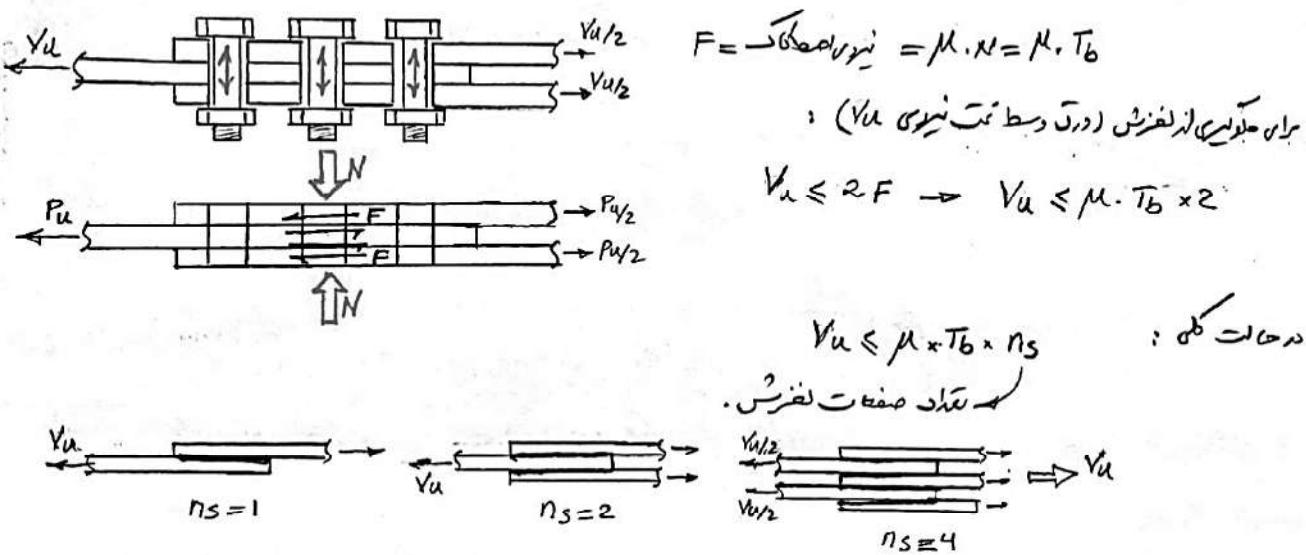
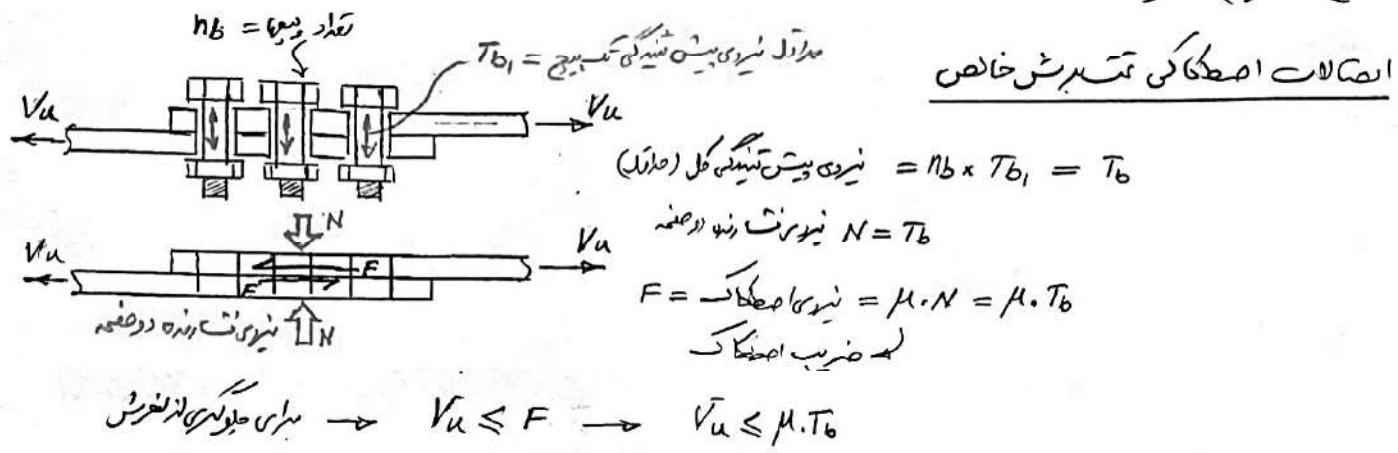
$$P_{P_1} = 56 \text{ KN} \leq \phi R_{n_1} = 0.75 \times 159.9 = 119.9 \text{ KN} \quad \text{O.K.} \quad \text{الف) سطح } \textcircled{A}$$

$$P_{P_1} = 56 \text{ KN} \leq \phi R_{n_1} = 0.75 \times 196.8 = 147.6 \text{ KN} \quad \text{O.K.} \quad \text{ب) سطح } \textcircled{B}$$

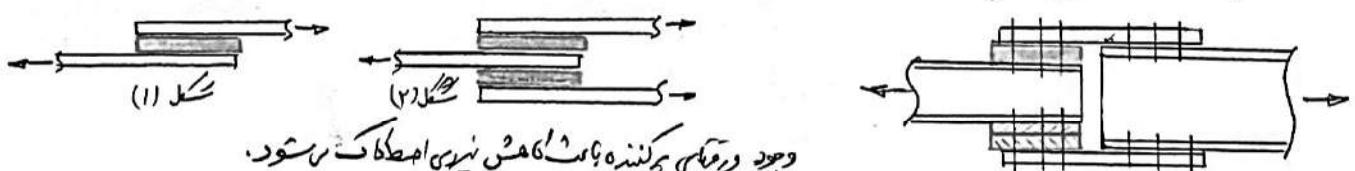
O.K. ✓

اصحالت اصطکاکی (Slip-critical)

نکرهم: کلیه اصطلاحات اصطکاکی با بردارهای همراه مرتبط نهان، بصورت غیراصطکاکی را که بعده زیر طبع (کترل) نشوند.



در بعضی موارد ممکن است اجرای از صفات (ورقهای) کرکنده استفاده نرود.



نکرهم: در مواردیں تعداد صفات لغزش (n_s) ورقهای کرکنده را نباخ در تکرار نهاد با جایز نمایند (۱) و $n_s = 1$ و در شکل (۲) $n_s = 2$ نباید.

نیروی نشارنه $N = T_b = n_b \times T_{b,i}$ باشد تکرار نماین حداکثر نیروی پیش تسبیح مسماه گرسن. نه که در اصل $N = T_b$.

تعداد پیچ (n_b) از نظر آنچه بعضی از دیگران نیروی پیش تسبیح بین $1.1 \text{ to } 1.4$ دارند. نتیجه تجربی تدان سوده:

$$P_u = \frac{\text{نیروی پیش تسبیح متوسط پیچ}}{\text{حداقل}} = 1.13$$

نایابی بایه کننده لغزش بصورت زیر به مصالح نرود:

$$Vu \leq M \cdot P_u \times T_b \times n_s$$



ضوابط مهندسی اسلامی برای تسلیفات اصطکاکی تئوری برس

$$V_u \leq \phi R_{nv}$$

ضریب کاهش تعدادت \downarrow
مقادیر برخواست \rightarrow

$$\phi = \begin{cases} 1.0 & \rightarrow \text{بلای سطح استاندارد و دویمایی کرکاه عمودی نیزد} \\ 0.85 & \rightarrow \text{بلای سطح نیزد شده دویمایی کرکاه مولادی نیزد} \\ 0.7 & \rightarrow \text{بلای سطح دریمایی بلند} \end{cases}$$

$$R_{nv} = \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s$$

$$\mu = \begin{cases} 0.3 & \rightarrow \text{وضعیت سطحی کلاس A} \\ 0.5 & \rightarrow \text{سطح تمیز شده با سه لایه ورنگ نشده} \end{cases}$$

$$h_f = \begin{cases} 1.0 & \rightarrow \text{بردن ورق پرکننده طبقه یاکه ورق پرکننده} \\ 0.85 & \rightarrow \text{دوفی حینه ورق پرکننده} \end{cases}$$

$$T_b = n_b \times T_{b1} \quad , \quad n_b = \frac{T_b}{T_{b1}} \quad , \quad \text{نیزه پیش نشانه کل (مدل) } \\ \text{لیزه از جمله (۱-۲-۷-۹) و (۱۰-۳-۴-۵) در (۱۰-۴-۳-۲)}$$

$$n_s \quad \text{تعداد صفحات لغزشی}$$

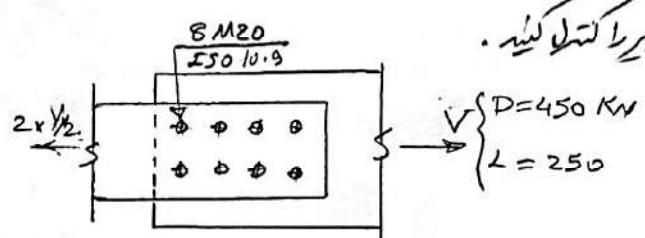
تذکرہ: مطلب مرتبہ تسلیفات اصطکاکی را علیاً در ذکر خالد: $V_u \leq \phi R_{nv}$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_u \leq \phi R_{nv} \\ R_{nv} = \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \end{array} \right. \quad \rightarrow \quad \text{در ذکر مذکور:}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_u \leq \phi R_{nv} \\ R_{nv} = \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \end{array} \right. \quad \rightarrow \quad \text{تعداد لایه ها} = n_b = \frac{T_b}{T_{b1}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_u = \frac{V_u}{n_b} \cdot n_b \leq \phi R_{nv} \\ V_{u1} \leq \phi R_{nv1} \end{array} \right. \quad \rightarrow \quad \text{رویدادم: تک لایه رسم نیزه تک لایه دنظر مرتفعه میشود:}$$

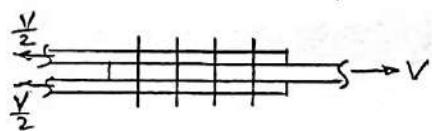
$$\left\{ \begin{array}{l} V_{u1} = \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_{b1} \cdot n_s \\ R_{nv1} = \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_{b1} \cdot n_s \end{array} \right.$$



مثال ۱) بارهای مخصوص و قصیت سطحی از ملاس A و شد، اصل اصطکاکی نیز را کنترل کنید.

سطوح بصورت اسکاندار است.

کام ۰) فرآیند، تحلیل، ترکیب:



$$1.4D \rightarrow V_u = 630 \text{ KN}$$

$$1.2D + 0.6L \rightarrow V_u = 940 \text{ KN} \quad \text{تعیین کننده}$$

$$V_{u1} = \frac{V_u}{n_b = 8} = 117.5 \text{ KN} \quad \text{کام ۱) تعیین سهم گند پیچ}$$

کام ۲) تعیین شارط اسیه برپه گند پیچ (R_{NVi}) و (R_{NVi})

$$\mu = 0.3 : A_{\text{ملاس}}$$

$n_s = 2$ دو صفحه لزنس: $h_f = 1$ ، سه درجه رکشی $\phi = 1.0$

$$T_b_1 = 179 \text{ KN} : \text{Z}_{50} 10.9 + M_{20}$$

$$R_{NVi} = \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b_1 \cdot n_s = 0.3 \times 1.13 \times 1.0 \times 179 \times 2 = 121.4 \text{ KN}$$

$$\phi R_{NVi} = 1.0 \times 121.4 = 121.4 \text{ KN}$$

کام ۳) کنترل:

$$V_{u1} = 117.5 \leq \phi R_{NVi} = 121.4 \quad O.K. \checkmark$$

توضیح: در ادامه این اصول بحدوت نیز اصطکاکی (انگلیم) نیز کنترل شد: کنترل برپه گند پیچ، فاصله حائل را کنترل سودافه، کنترل شارط اگرچه سودافه، کنترل برپه گند پیچ، کنترل شارط کنترل برپه گند پیچ



مثال ۲) اصل رهبری بصورت اصطکاکی کنترل نماید.

این اصل اول ۴x6 = 24 A325 اس، و قصیت از ملاس ۸، سودافه لوپیا بی کوکا مجاز نیست،

کام ۰) فرآیند، تحلیل، ترکیب:

$$\frac{V_u}{2} = 210 \text{ KN} : A325 - M16$$

$$V_{u1} = \frac{V_u / 2}{n_b = 6} = 35 \text{ KN} \quad \text{کام ۱) تعیین سهم گند پیچ.} \quad \phi R_{NVi}$$

کام ۲) تعیین ϕR_{NVi} .

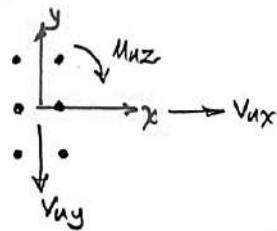
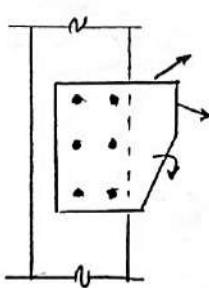
$$\mu = 0.5 : 8 \text{ ملاس}$$

$n_s = 1.0$ ، $h_f = 1.0$ دو صفحه لزنس ، $\phi = 0.85$ دو صفحه لزنس

$$T_b_1 = 91 \text{ KN} : A325 - M16 \quad \text{بردل ۱۰-۹-۲-۱-۰} \quad \text{تعیین سهم گند پیچ.}$$

$$R_{NVi} = \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b_1 \cdot n_s = 0.5 \times 1.13 \times 1.0 \times 91 \times 1 = 51.4 \text{ KN} \quad \xrightarrow{\times \phi = 0.85} \phi R_{NVi} = 43.7 \text{ KN}$$

$$V_{u1} = 35 \text{ KN} \leq \phi R_{NVi} = 43.7 \quad O.K. \checkmark \quad \text{کنترل:} \quad \text{کام ۳)$$



امثل اصطلاحی که برش مستقیم + برش ناٹی لد پیش

درین ساخته کارانه و سرمه اینست که مس بامصالحت آنکار

نیزه هر یکی حداقل گذیج محاسبه کلته رشود.

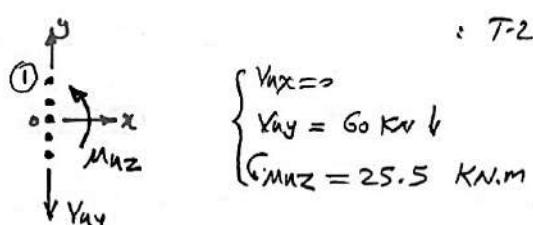
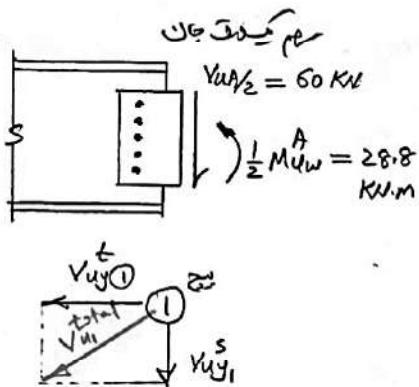
ترم سوره چون اصطلاح اصطلاحی است، به همینکه لد پیش

برش عرضی آیه و بنابراین فقط میرت "نیزه برشی صافه گذیج" نام است است.
ولو یعنی این درین ساخته کارانه و ده سازه شده باشند این عورت لا جباره رسم.

DC در مثال ۲، پیغام وصله ۴۰ را بصورت اصطلاحی با پیغام ۱۰.۹ تکم طبع کنید.

سطع از ملاس A، نوی سدا خا بزرگ ترده فرضی رشود.

با قوه هم تابع شد : T-2



⇒ T-2 مثلا ۳۵۶۶ ری

نیزه هر یکی (فیرداقی) صافه گذیج ده بیخ ① آنکه راه استه

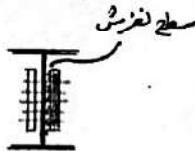
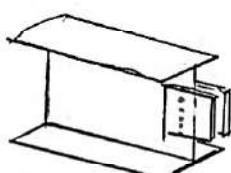
$$V_{u1}^{total} = 64.9 \text{ KN}$$

کام ۲. تعیین تعداد برش طرح گذیج بصورت اصطلاحی (Rnvi).

M=0.3 : A ماس

ns=1 کهی سطع نفری

ترم سوره که که درون را کلته رکنم.



آمر ۴۰ نیزه را انتظار گذیج نهاده است که نیزه هاد
کند بیخی (Vux1 و Vuy1) دور گام رهسته و دراین
صورت تقدیم سطوح نفری ns=2 نظر رشیده.

$$h_f = 1.0 \quad \text{در سطح بزرگ شده} \quad \phi = 0.85 \quad \text{د بین دو رکنم} \quad T_{b1} = ? \text{ KN}$$

$$R_{nvi} = 0.3 \times 1.13 \times 1.0 \times T_{b1} \times 1.0 = 0.339 T_{b1} \text{ KN}$$

$$\phi R_{nvi} = 0.85 R_{nvi} = 0.288 T_{b1} \text{ KN}$$

کام ۷. کتل (حل) :

$$V_{u1}^{total} = 64.9 \text{ KN} \leq \phi R_{nvi} = 0.228 T_{b1} \Rightarrow T_{b1,req} = 284.6 \text{ KN}$$

!
M27
! M27 جبرل (۱-۲-۳) مربوط به پیغام ۱۰.۹ ملاحظه سوره بیخ

مشابه است : $T_{b1} = 334 \text{ KN}$

• USE SM27

امثلات اصطکاکی تثت کشش خالص

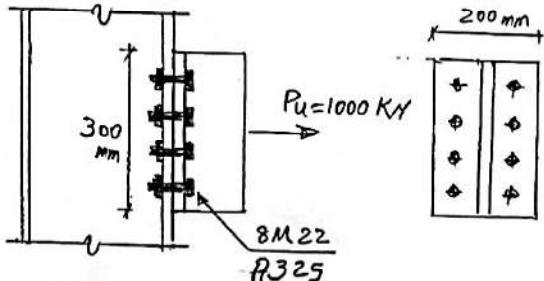
کسر امثال اصطکاکی تثت نیروی کشی خالص عیناً نامه امثال آنها است:

$$P_{u1} \leq \phi \cdot R_{nt1} \quad , \quad \phi = 0.75, \quad R_{nt1} = F_{nt} \cdot A_{nb1}$$

سفع مقطع گذبیج حس
↓ جدول (۱۰-۹-۲)

برای همانجا بیوای پیاده و نیز آن
0.75 F_u

با ز خونی شال (P.1) ، اصلی زیرا قابل بصوت آنهاست کسر کریم :



$$P_{u1} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ kN}$$

$$R_{nt1} = F_{nt} \cdot A_{nb1} = 228 \text{ kN} \xrightarrow{\times \phi = 0.75} \phi R_{nt1} = 171 \text{ kN}$$

$$P_{u1} = 125 \leq \phi R_{nt1} = 171 \text{ kN}$$

آنهاست بعدتر اصطکاکی هم بازی کسر آن عیناً مطلب بالا گذاشت خواهد شد.

منظمه در حالت اصطکاکی دعفه تنش کشی در بیوای را مطابعه کنیم :

- قبل از اعمال نیروی کشی P_u بیوای اصطکاکی تثت افزایش دیگر نیست، T_b قدردار:

$$M_{22} - A_{325} \xrightarrow{\text{بیوای}} T_b = 176 \text{ kN}$$

$$M_{22} \quad A_{nb1} = \frac{\pi}{4} (22)^2 = 380 \text{ mm}^2 \quad \left. \begin{array}{l} \text{سفع مقطع گذبیج} \\ \text{کشی اولیه} \end{array} \right\} \sigma_i = \frac{T_b}{A_{nb1}} = 463 \text{ MPa}$$

با توجه به آینه بیوای بیوای (تفصیل 24) تنش کشی مطابق (باقترانه جدول ۱۰-۹-۶) برابر: $F_u = 800 \text{ MPa}$ است

بلابرانی تنش اعمال نیروی کشی P_u ، تنش کشی لوله ریش نیست (بیوای) :

$$\frac{\sigma_i}{F_u} = \frac{463}{800} = 0.58$$

- بیوای اعمال نیروی کشی P_u ، نیروی کشی تک دفعه ملزم $P_{u1} = 125 \text{ kN}$ متشود و دفعه اضافه تنش $\Delta \sigma$

$$\Delta \sigma = \frac{P_{u1}}{A_{nb1}} = 329 \text{ MPa} \quad \text{دیگر بررسید.}$$

$$\tilde{\sigma}_f = \sigma_i + \Delta \sigma = 792 \text{ MPa} \quad \text{بلابرانی تنش کل بیوای:}$$

$$\frac{\tilde{\sigma}_f}{F_u} = \frac{792}{800} \approx 1.0 \rightarrow ?! \quad \text{بعنده بیوای داشته} \quad \text{کسب نکلی است.}$$

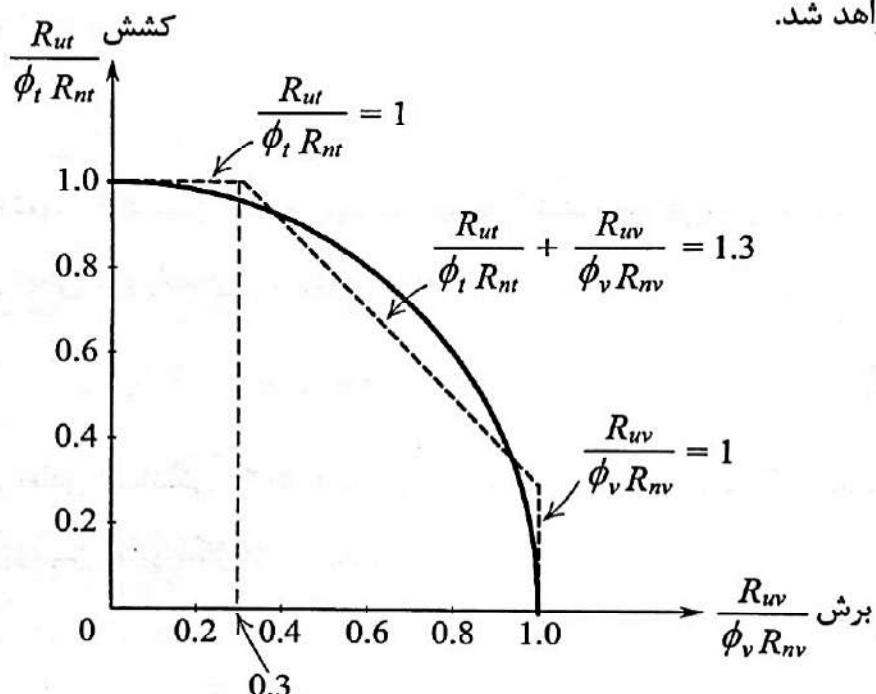
- آنرا نیز کشی P_u نهادنیم و نه کسر $P_{u1} = \phi R_{nt1} = 171 \text{ kN}$ هم سود باز کسر این جایلو خواهد بود که درین حالت

$$\Delta \sigma' = \frac{\phi R_{nt1}}{A_{nb1}} = 450 \text{ MPa} \rightarrow \tilde{\sigma}_f' = \sigma_i + \Delta \sigma' = 913 \text{ MPa} \rightarrow \frac{\tilde{\sigma}_f'}{F_u} = 1.14 \geq 1.0$$

بنده بیوای ۱۴ بیوای از طرف نایاب بیوای تحل کند گستاخی ۱۱۹

که مگه میشه ۱۱۹

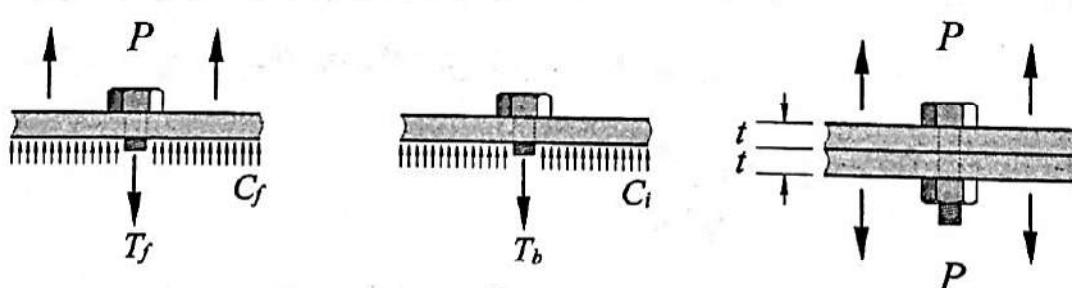
و برش در حالت‌های حدی مطابق با مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان ایران در بخش‌های آینده ارائه خواهد شد.



شکل ۳-۱۳ - اندرکنش برش و کشش در پیچ‌ها

۳-۶-۲ اندرکنش برش و کشش در اتصالات اصطکاکی

در اتصالات اصطکاکی اعمال هرگونه نیروی کششی به اتصال باعث کاهش تنش فشاری بین ورق‌های اتصال می‌شود. برای روشن شدن این مطلب اتصال اصطکاکی شکل ۳-۱۴-الف را که تحت اثر بار خارجی کششی P می‌باشد، مورد بررسی قرار می‌دهیم. پیچ اصطکاکی تحت اثر نیروی پیش‌تنیدگی اولیه‌ی T_b قرار دارد و سطح تماس اتصال A_p و ضخامت ورق‌های اتصال t است. نمودار آزاد پیچ قبل از اعمال نیرو در شکل ۳-۱۴-ب و نمودار آزاد اتصال پس از اعمال نیروی کششی P در شکل ۳-۱۴-پ نشان داده شده است.



الف - پیچ اصطکاکی تحت کشش
ب - نمودار آزاد اتصال قبل از
اعمال نیروی P
پ - نمودار آزاد اتصال پس از
اعمال نیروی P

شکل ۳-۱۴ - اثر بار خارجی کششی در اتصال اصطکاکی

در نمودار آزاد شکل ۱۴-۳-ب، C_i نیروی فشاری بین سطوح اتصال قبل از اعمال نیروی کششی خارجی P برابر است با،

$$C_i = T_b \quad (14-3)$$

با توجه به نمودار آزاد شکل ۱۴-۳-پ، بین نیروی کششی خارجی، نیروی ثانویه‌ی تماسی در سطح و نیروی نهايی پیچ رابطه‌ی زیر برقرار است،

$$P + C_f = T_f \quad (15-3)$$

از رابطه‌ی تعادل استاتیکی (۱۵-۳) به تنهايی نمی‌توان نیروهای T_f, C_f را تعیین نمود و به رابطه‌ی همسازی بین تغییر شکل‌ها نیاز است.

چنان‌چه در اثر اعمال نیروی P ، طول پیچ بین سطح زیرین سر پیچ‌ها و سطح در تماس دو ورق به اندازه‌ی δ_p افزایش یابد، آن‌گاه می‌توان نوشت،

$$\delta_b = \frac{(T_f - T_b)t}{A_{nb}E_b} \quad (16-3)$$

در رابطه‌ی فوق E_b, A_{nb} به ترتیب مساحت و مدول الاستیسیته‌ی پیچ است.

در همین حال اختلاف فشار بین ورق‌های اتصال ضخامت آن‌ها را به اندازه‌ی δ_p تغییر می‌دهد.

$$\delta_p = \frac{(C_i - C_f)t}{A_p E_p} \quad (17-3)$$

که در آن A_p, E_p به ترتیب مساحت و مدول الاستیسیته‌ی ورق در حال تماس است.
چنان‌چه تماس بین دو ورق اتصال باقی بماند، برای سازگاری تغییر شکل‌ها لازم است مقادیر تغییر ضخامت ورق‌های اتصال δ_b و افزایش طول پیچ δ_p مساوی باشند، بنابراین،

$$\delta_b = \delta_p \Rightarrow \frac{T_f - T_b}{A_{nb}E_b} = \frac{C_i - C_f}{A_p E_p} \quad (18-3)$$

با استفاده از روابط (۱۴-۳) و (۱۵-۳) و (۱۸-۳) نیروی نهايی پیچ T_f و نیروی نهايی تماسی دو ورق C_f برابر خواهد بود با،

$$E_p F_b = E_b F_p$$

$$T_f = T_b + \frac{P}{1 + A_p / A_{nb}} \quad (19-3)$$

$$C_f = C_i - P \frac{A_p / A_{nb}}{1 + A_p / A_{nb}} \quad (20-3)$$

روابط فوق بیان‌گر این مطلب است که در اتصالات اصطکاکی با اعمال نیروی کششی P ، نیروی کششی در پیج افزایش و نیروی فشاری تماسی بین ورق‌های اتصال کاهش می‌یابد. برای اطلاع خوانندگان از میزان کاهش نیروی فشاری سطوح اتصال، مثال زیر ارائه می‌شود.

پوکومه طالب صنعت ۱۸۵ تا ۱۸۷ کتاب دستگاهی - بحث نادی . همانطور که لفظ شد ، نیروی گذشته P_u عده‌ای صرف کاملاً تنفس رسانیده بین مردمه اتصال مسترد بخشنای این نیاز سبب افزایش تنفس کردن می‌شود

$$\bar{T}_P = T_b + \frac{P_u}{1 + AP/A_{nb}}$$

$$\bar{T}_{P_1} = T_{b_1} + \frac{P_{u_1}}{1 + AP_1/A_{nb_1}}$$

$$\sigma_P = \sigma_i + \frac{P_{u_1}/A_{nb_1}}{1 + AP_1/A_{nb_1}} = \sigma_i + \frac{\Delta \sigma}{1 + AP_1/A_{nb_1}}$$

افزایش تنفس کشی دائمی

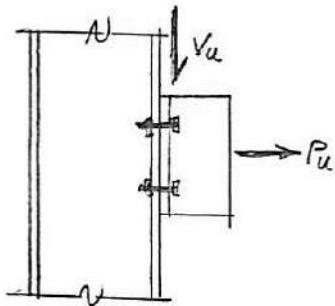
$$\rightarrow AP_1 = \frac{200 \times 360}{380} = 7500 \text{ MPa} , A_{nb_1} = 380 \text{ mm}^2$$

$$\Delta \sigma = \frac{\Delta \sigma}{1 + 7500/380} = \frac{329 \text{ MPa}}{20.7} = 15.9 \text{ MPa}$$

$$\frac{\Delta \sigma}{\sigma_i} = \frac{15.9}{463} = 0.034 = 3.4\%$$

$$\sigma_P = \sigma_i + \Delta \sigma = 478.9 \text{ MPa}$$

جمع بندی : اتصال اصلی کمیت کشی را عنی آننه اتصال اکنافی تسلیم کنیم موجود در اتصال اصلی کلیه از هم بین صورت اکنافی تسلیم متوجه نبایرین اصولاً نیازی به تسلیم درجه نیست . افزایش تنفس ناشی از نیروی کشی بیشتر از حد ذاتی نیست بین ظاهر شد .



امصالات اصلی کی تھت انہر ہنڑاں برنس دکش سستم.

ھائینونہ کے دفعہ نیروی کشی P_u عدالت کاہٹ کاہٹ کاہٹ رہا سی دوسرے ایکل برسرور
روشنی میخیز لئے انہت اختریں پاچھے مٹھے کشی کاہٹ بدل بیسی (گردد)۔

کاہٹ رہا سی (نیروی کشی کاہٹ) وہ ایصال جاہٹ کاہٹ کاہٹ نیروی اصطکاں می شود.

$$V_{u1} = \frac{V_u}{n_b} \rightarrow P_{u1} = \frac{P_u}{n_b}$$

برای کہ سچ:

$$V_{u1} \leq \phi R_{nv1} = \phi [\mu D_u h_f T_{b1} \cdot n_s]$$

بیرونی رہنہ
نیروی اصطکاک

- آئر نیروی کشی P_u نہیں:

- آئر نیروی کشی P_u طارہ متود: دراہنی حالت نیروی کشی (رسم کہ سچ) ہانزا تھریا P_{u1} کاہٹ دیاں

نیروی مسٹر ناقریلہن بصیرت ریڈری ایچ: $P_{u1} = D_u \cdot T_{b1} - P_u$
کافٹن یا سہ

$$V_{u1} = \mu \cdot h_f \cdot n_s (D_u \cdot T_{b1} - P_{u1}) = \underbrace{\mu D_u h_f T_{b1} n_s}_{R_{nv1}} \left(1 - \frac{P_{u1}}{D_u \cdot T_{b1}}\right) = R_{nv1} \left(1 - \frac{P_{u1}}{D_u \cdot T_{b1}}\right)$$

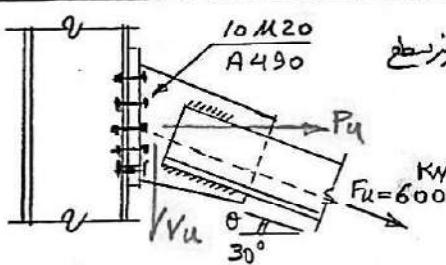
$$V_{u1} \leq \phi R_{nv1} \left(1 - \frac{P_{u1}}{D_u \cdot T_{b1}}\right)$$

کسل لقیں

ضوابط AISI و مبحث ۱۰ برای امصالات اصلی کی تھت انہر ہنڑاں برنس دکش سستم: یہ مکانہ نہیں زرائی ہے:

$$\left\{ P_{u1} \leq \phi R_{nt1}, \varphi = 0.75, R_{nt1} = F_{nt} \cdot A_{nb1} = 0.75 F_u \cdot A_{nb1} \right\} \quad \text{کسل کشی خاص}$$

$$\left\{ V_{u1} \leq \phi R_{nv1} \times K_{sc} \rightarrow \varphi = \begin{cases} 1.0 \\ 0.85 \\ 0.7 \end{cases} \rightarrow R_{nv1} = \mu D_u h_f T_{b1} n_s \text{ ضرب کاہٹ اصطکاک} \quad K_{sc} = \left(1 - \frac{P_{u1}}{D_u \cdot T_{b1}}\right) \right\} \quad \text{کسل ریسنر کشی ہنڑاں}$$



مثال ۱۔ ایصال اصطکاکی روپیو رکش کیہ۔ اسٹنڈنیروی F_u از ریز سطح ایصال ریز سطح سچیا ہے لیرد۔ سطح فہارنیجی لو یا می بلند۔ وہ صفتی محلی ملاں A.

$$\left\{ P_u = F_u \cdot \cos \theta = 520 \text{ KN} \right. \quad \text{کام ۰۰} \quad \left. V_u = F_u \cdot \sin \theta = 300 \text{ KN} \right.$$

$$\text{کام ۰۱ تین سہ کہ سچ: } P_{u1} = \frac{P_u}{10} = 52 \text{ KN}, V_{u1} = \frac{V_u}{10} = 30 \text{ KN}$$

$$A_{490} \xrightarrow{Y_9 - 1 - \Delta_{nr}} F_u = 1000 \text{ MPa} \rightarrow F_{nt} = 0.75 F_u = 750 \text{ MPa} \quad : \varphi R_{nt1} \quad \text{کام ۰۲ تین سہ کہ سچ: } \varphi R_{nt1} = 176.6 \text{ KN}$$

$$R_{nt} = F_{nt} \cdot A_{nb1} = 750 \times 314 \text{ mm}^2 = 235.5 \text{ KN} \quad \xrightarrow{\times \varphi = 0.75} \varphi R_{nt1} = 176.6 \text{ KN} \quad : K_{sc} \rightarrow \varphi R_{nv1} \quad \text{کام ۰۳ تین سہ کہ سچ: } K_{sc} = 0.74$$

$$\frac{M_{20}}{A_{490}} \xrightarrow{V_9 - 1 - \Delta_{nr}} T_{b1} = 179 \text{ KN} \quad : K_{sc} \rightarrow \varphi R_{nv1} \quad \text{کام ۰۴ تین سہ کہ سچ: } K_{sc} = \left(1 - \frac{P_{u1}}{D_u \cdot T_{b1}}\right) = \left(1 - \frac{52}{1.13 \times 179}\right) = 0.74$$

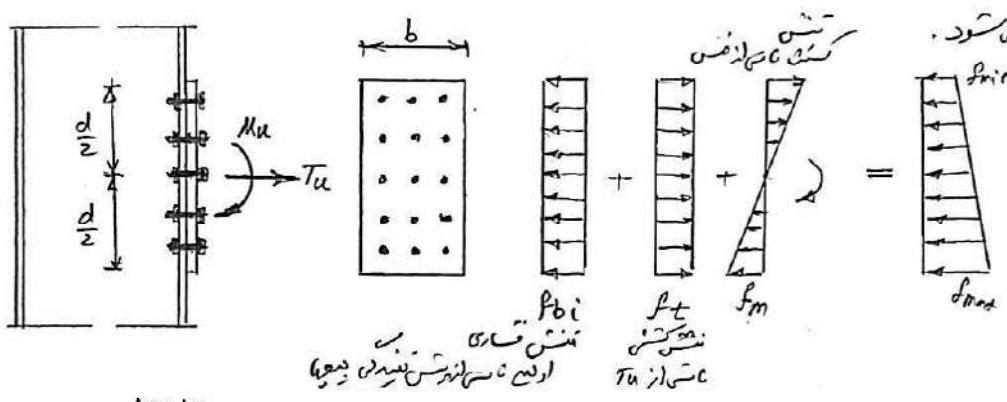
$$R_{nv1} = \mu D_u \cdot h_f \cdot T_{b1} \cdot n_s = 0.3 \times 1.13 \times 1.0 \times 179 \times 1 = 60.7 \text{ KN} \quad \xrightarrow{\varphi = 0.7} \varphi R_{nv1} = 42.5 \text{ KN}$$

$$V_{u1} \leq \phi R_{nv1} (K_{sc}) \rightarrow 30 \leq 42.5 \times 0.74 = 31.5 \text{ KN} \quad \text{کہ سچ: } V_{u1} \leq \phi R_{nv1} (K_{sc})$$

اهمالات اصطکاکی ترنس + کشی کاستی لذخمن

حال خاص صنعتی اصطکاکی ترنس که دارای مرکز سطح همه بیعه در مرکز مستطیل و ابعاد پرسود دارد مسخنده

میکن هستند در نظر درجه پرسود.



اربعه نسبت نسبت دارند (معنی داشتن نسبت دیده)

$$f_{bi} = \frac{n_b \cdot T_{bi}}{b \cdot d}, \quad f_t = \frac{T_u}{b \cdot d}, \quad f_m = \frac{M_u \cdot d/2}{\frac{1}{12} b d^3} = \frac{6 M_u}{b d^2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} f_{min} = f_{bi} - f_t - f_m \\ f_{max} = f_{bi} - f_t + f_m \end{array} \right. \rightarrow$$

با غرض تحقق این شرط

متوجه اصطکاکی ترنس کشی خالص، افزایش نشست کشی بیعه (دلاوه بر نشست کشی (لوسی پیس سیلر))

کوشش لولا T_u را M_u بیسیر باز و عده ای از T_u ، M_u تغییر نشست تماست درین بین صنعتی سوون می باشد.

منتبار از نشست کشی دیده است، متوجه اصطکاکی ترنس کشی خالص به علاوه فرض پرسود که دارای

T_u ، M_u داخل بیعه نشست کشی ایجاد نشود. بجز معابد این نشست کشی (غمراحتی) در این مختلف

ویژگی دسته است. روش ایام شده در تاب دلتا از هر سیم کادی در اینجا کوچک نفع داده می شود:

در این روش لزوجود صفحه و منش هایی زیر آن چشم پوشی شده و فرض پرسود مقطعی شمل همه بیعه از نزد

ی ایالا (خط خضراء) نزد T_u و M_u را تعامل نکند. دلاوه قطعاً M_u را در نظر نمایم.

$$\left(\sum_{i=1}^{n_b} A_{bi} \cdot y_i \right)_{Mu} = \sum_{i=1}^{n_b} A_{bi} \cdot y_i^2 \cdot I$$

مشخص پرسود. سین سال این رسم این مطلع خواهد
کرد:

(برای مرکز سطح و مطلع همه بیعه تحسین دیویس خط خضراء)

نشست کشی حد اکثر در دو ترین بیعه نشست ($y_{max} = y_{min}$) ایجاد پرسود (ترکم پرسود این نشست لاعمر نیست)

$$O_{max} = \frac{M_u \cdot y_{max}}{I} = \frac{M_u}{I/y_{max}} = \frac{M_u}{S} \quad \text{و} \quad S = \frac{I}{y_{max}}$$

٩٦

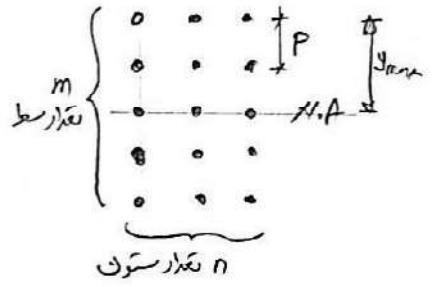
حوزه محدود کشش (نیز راکھ) در دربرمزن تعطیل:

$$P_{umax} = Ab_1 \times \bar{y}_{max}$$

برای حالت خامد کیبل بولن سطح سقط همه داری:

$$P_{umax} = Ab_1 \times \frac{M_u \times \bar{y}_{max}}{\frac{I}{I=Ab_1 \sum y_i^2}} = \frac{M_u \cdot \bar{y}_{max}}{\sum y_i^2}$$

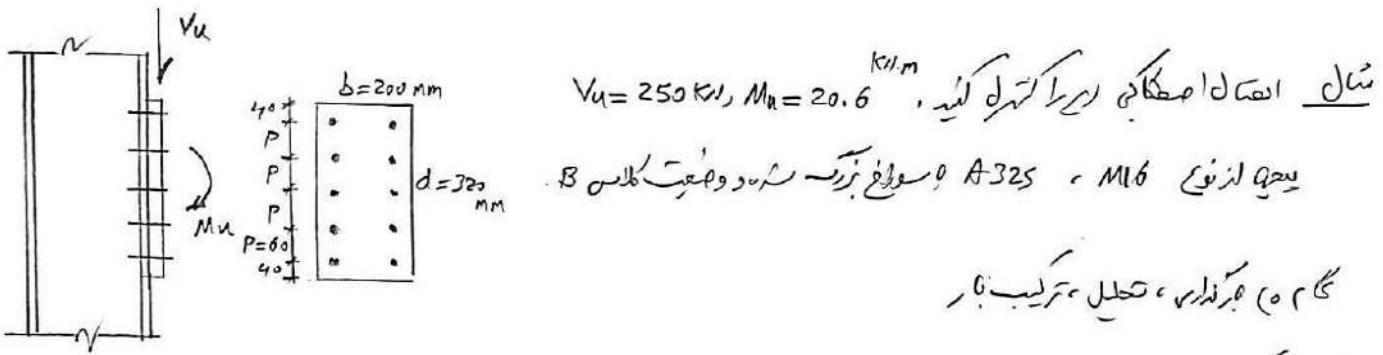
حال خاص تر: سطح سقط همه دار (Ab_1 = 0) و اولین سطح سطرسترن:



$$n_b = m \times n \quad \text{تعداد دلخواه}$$

$$\left. \begin{aligned} I &= \frac{mn}{12} Ab_1 m(m+1) P^2 \\ y_{max} &= \frac{m+1}{2} P \end{aligned} \right\} S = \frac{I}{y_{max}} = Ab_1 \underbrace{\left[\frac{n}{6} m(m+1) P \right]}_{S}$$

$$P_{umax} = Ab_1 \times \frac{M_u}{S} \Rightarrow \boxed{P_{umax} = \frac{M_u}{S}}$$



$$M16, A32S \rightarrow T_{b1} = 91 \text{ kN}$$

$$f_{bi} = \frac{n_b \times T_{b1}}{b \cdot d} = \frac{10 \times 91,000 \text{ N}}{200 \times 320} = 14.2 \text{ MPa}$$

$$f_t = 0, f_m = \frac{6 \cdot M_u}{b \cdot d^2} = \frac{6 \times 20.6 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}{200 \times 320^2} = 6.04 \text{ MPa}$$

$$f_{min} = f_{bi} - f_t - f_m = 8.16 \geq 0 \rightarrow \text{حلاص انتقال من المقدمة}$$

٤) حساب مقدار كسر (نيرفاعي) (عدة تكرار نيرفاعي) (نيرفاعي).

$$\hat{S} = \frac{n}{\delta} m(m+1)P \xrightarrow[m=5]{n=2} \hat{S} = 600 \text{ mm}$$

$$P_{u,max} = \frac{M_u}{\hat{S}} = \frac{20.6 \times 10^3 \text{ KN} \cdot \text{mm}}{600} \Rightarrow P_{u,max} = 34.33 \text{ kN}$$

٥) حاسبة سهم نيرفاعي برسن (نيرفاعي)

$$V_{u1} = \frac{V_u}{n_b} = \frac{250}{10} = 25 \text{ kN}$$

$$R_{nt1} = f_{nt} \cdot A_{b1} \xrightarrow{\times \varphi = 0.75} \phi R_{nt1} = 90.45 \text{ kN}$$

$$A32S \rightarrow 0.75 f_u = 0.75 \times 800 = 600 \text{ mm}^2$$

$$P_{u,max} = 34.33 \leq \phi R_{nt1} = 90.45 \quad O.K. \checkmark$$

ب) كسر برسن دوبلاتي (نيرفاعي كسر دوبلاتي):

$$R_{nv1} = \mu \cdot P_{u1} \cdot h_f \cdot T_{b1} \cdot n_s \rightarrow R_{nv1} = 51.4 \text{ kN}$$

حيث $\mu = 0.5$, $h_f = 1.13$, $T_{b1} = 7.0$, $n_s = 1$.

نوع برق: $\varphi = 0.85$

$$\phi R_{nv1} = 43.7 \text{ kN}$$

$$K_{SC} = \left(1 - \frac{P_{u,max}}{P_{u1} \cdot T_{b1}}\right) = 0.67$$

$$V_{u1} = 25 \text{ kN} \leq K_{SC} \cdot \phi R_{nv1} = 0.67 \times 43.7 = 29.3 \quad O.K. \checkmark$$

نحوی تأثیر بر اجزای اتصال دهنده (سل و رهایه اتصال، ورقه اتصال، نشیه ها و برآشها) و وسائل اتصال

$$\left\{ \begin{array}{l} P_u \leq \phi_{f1} \cdot R_{n1} \\ P_u \leq \phi_{f2} \cdot R_{n2} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{کترل شدید:} \\ \text{کترل کمیتی:} \end{array}$$

۰.۹

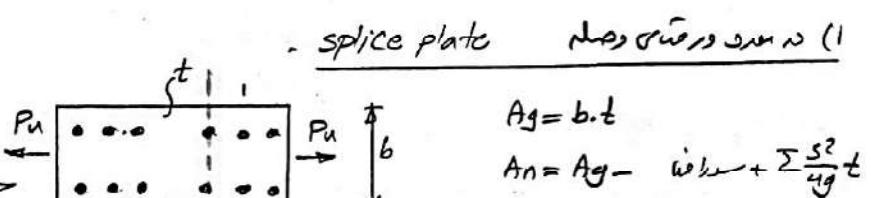
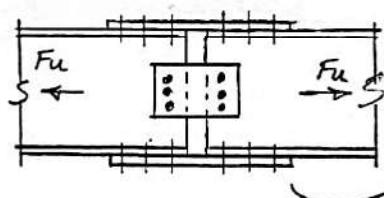
$F_y \cdot A_g$

I مقاومت کشی اعضا در برابر ناچ اتصال

سراجهه شدیده فضل طبع اعضا کشی سازه های فولادی ۱.

$$0.75 \rightarrow F_u \cdot A_e, A_e = U \cdot A_n, A_n = A_g - \text{سراف} + \sum \frac{s^2}{4g} t$$

مطلوب تعلیم:



$$\begin{aligned} A_g &= b \cdot t \\ A_n &= A_g - \text{سراف} + \sum \frac{s^2}{4g} t \\ A_e &= \min \begin{cases} A_n \\ 0.85 A_g \end{cases} \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_u \leq \phi_{f1} \cdot R_{n1} \rightarrow R_{n1} = F_y \cdot A_g \\ P_u \leq \phi_{f2} \cdot R_{n2} \rightarrow R_{n2} = F_u \cdot A_e \end{array} \right.$$

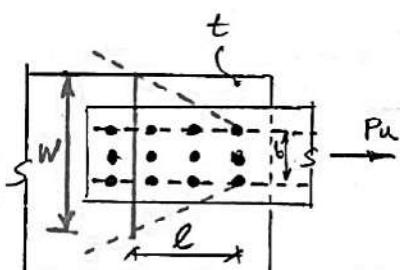
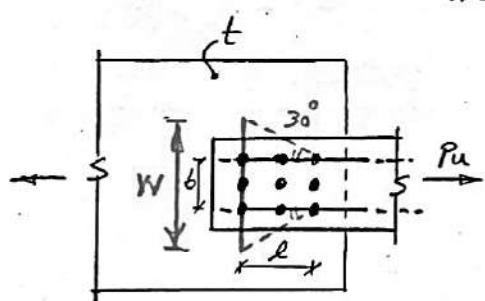
II در حد ورقه اتصال Gussset plate

صفته: مکاره ورق در انتقال نیزه را رت نمی کند و توزیع تنش بحورت بلکه ایست نیست.

: Whitmore روشن پیشنهادی "ویتمور"

در این دریش فقط بخوبیه از مرض ورق در تعجل نیزه بعنوان مرض موثر در نظر گرفته شده و توزیع تنش در آن بلکه ایست خوب است.

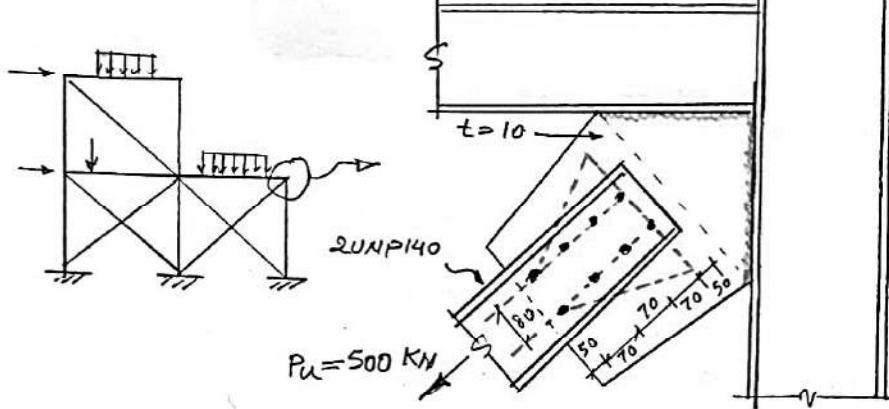
$$W = b + 2l \tan 30^\circ$$



$$A_g = W \cdot t \rightarrow \text{کترل شدید: } P_u \leq \phi_{f1} \cdot R_{n1}, \phi_{f1} = 0.9, R_{n1} = F_y \cdot A_g$$

$$A_n = A_g - \text{سراف} + \sum \frac{s^2}{4g} t$$

$$A_e = \min \begin{cases} A_n \\ 0.85 A_g \end{cases} \rightarrow \text{کترل کمیتی: } P_u \leq \phi_{f2} \cdot R_{n2}, \phi_{f2} = 0.75, R_{n2} = F_u \cdot A_e$$



فاصله ارتسن را میزیند و برابر با $l = 3 \times 70 = 210 \text{ mm}$

$$W = 80 + 2 \times 210 T_{30} = 322.5 \text{ mm}$$

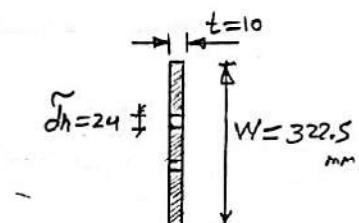
$$A_g = W \cdot t = 322.5 \times 10 = 3225 \text{ mm}^2$$

$$A_n = A_g - 2 \times \tilde{d}_h \times t = 3225 - 2 \times 24 \times 10 = 2745 \text{ mm}^2$$

$$A_e = \min \{A_n, 0.85 A_g\} = \min \{2745, 2741\} = 2741 \text{ mm}^2$$

حول سطح $P_u = 500 \text{ kN} \leq \phi_1 \cdot R_{n1} = 0.9 (F_y \cdot A_g) = 682 \text{ kN} \quad \text{o.k.} \checkmark$

حول سینکلر $P_u = 500 \text{ kN} \leq \phi_2 \cdot R_{n2} = 0.75 (F_u \cdot A_e) = 740 \text{ kN} \quad \text{o.k.} \checkmark$



مثال ۱۰: مباریت کشیده و مقاومت افقی
کشیده کشیده.
($F_y = 235, F_u = 360$) S235
فولاد صافی
العتد ۸ M20
و سایخ استاندار.

$$\tilde{d}_h = 22 \text{ mm} \\ \tilde{d}_h = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

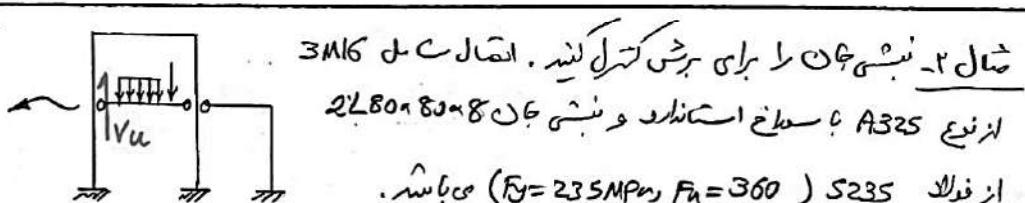
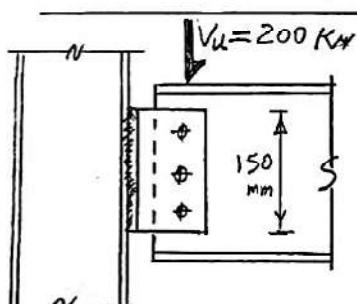
مباریت برسی اعضا در مقاومت نامع احتمال

- حالت حدی تسلیم برسی روی سطح نیز خاص (کم)

- حالت حدی گستاخی برسی روی سطح خاص

= سطح سطح مهتمت برسی

= سطح سطح خاص مهتمت برسی :



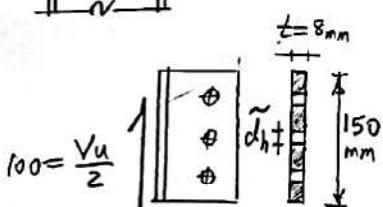
$$A_g = 150 \times 8 = 1200 \text{ mm}^2$$

$$M16 \rightarrow \text{سایخ استاندار} \rightarrow \tilde{d}_h = 18 \text{ mm} \xrightarrow{+2} \tilde{d}_h = 20 \text{ mm}$$

$$A_{nv} = A_g - 3 \tilde{d}_h \cdot t = 1200 - 3 \times 20 \times 8 = 720 \text{ mm}^2$$

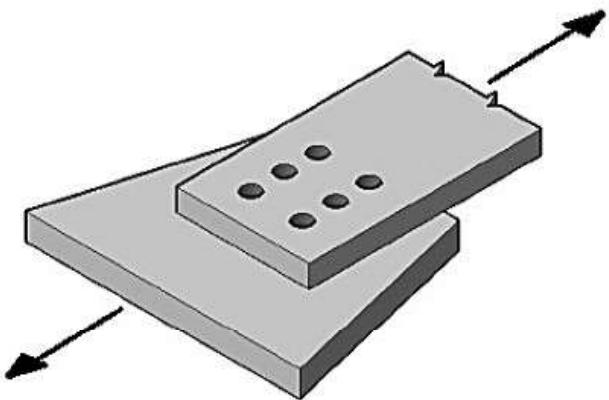
$$\frac{V_u}{2} = 100 \text{ kN} \leq \phi_1 R_{n1} = 1.0 \times (0.6 \times 235 \times 1200) = 169.2 \text{ kN} \quad \text{o.k.}$$

$$\frac{V_u}{2} = 100 \text{ kN} \leq \phi_2 R_{n2} = 0.75 (0.6 \times 360 \times 720) = 155.5 \text{ kN} \quad \text{o.k.}$$

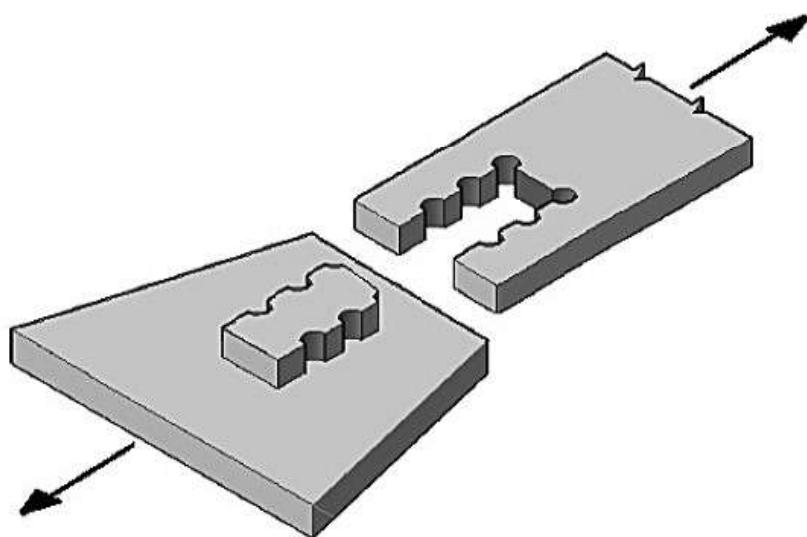


$$100 = \frac{V_u}{2}$$

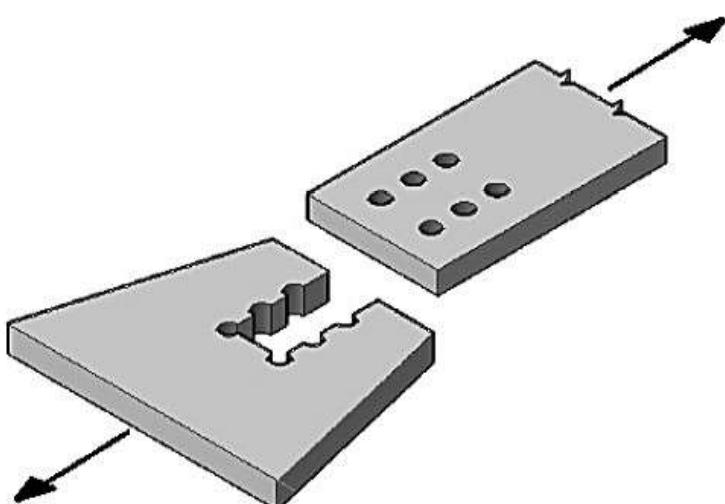




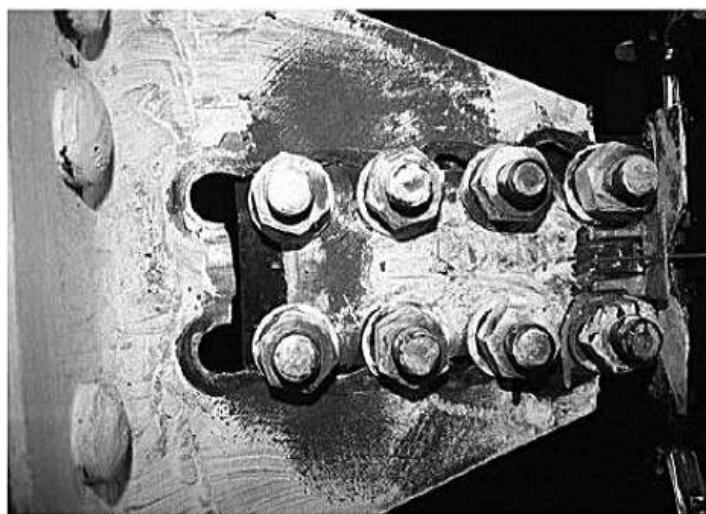
Tension member

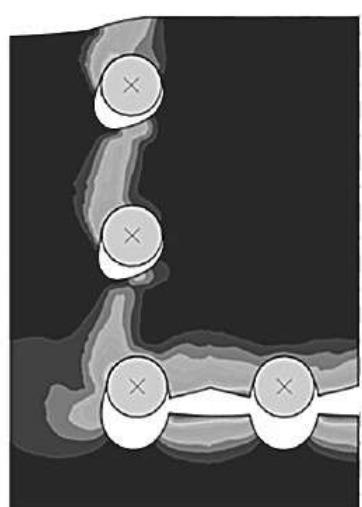
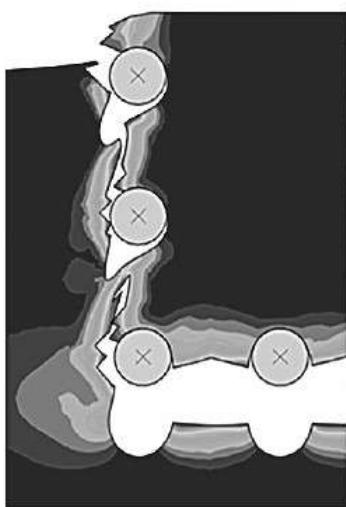
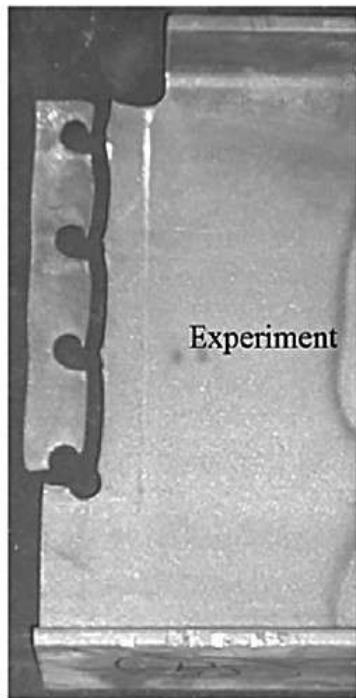


Block shear in Member



Block shear in Gusset Plate

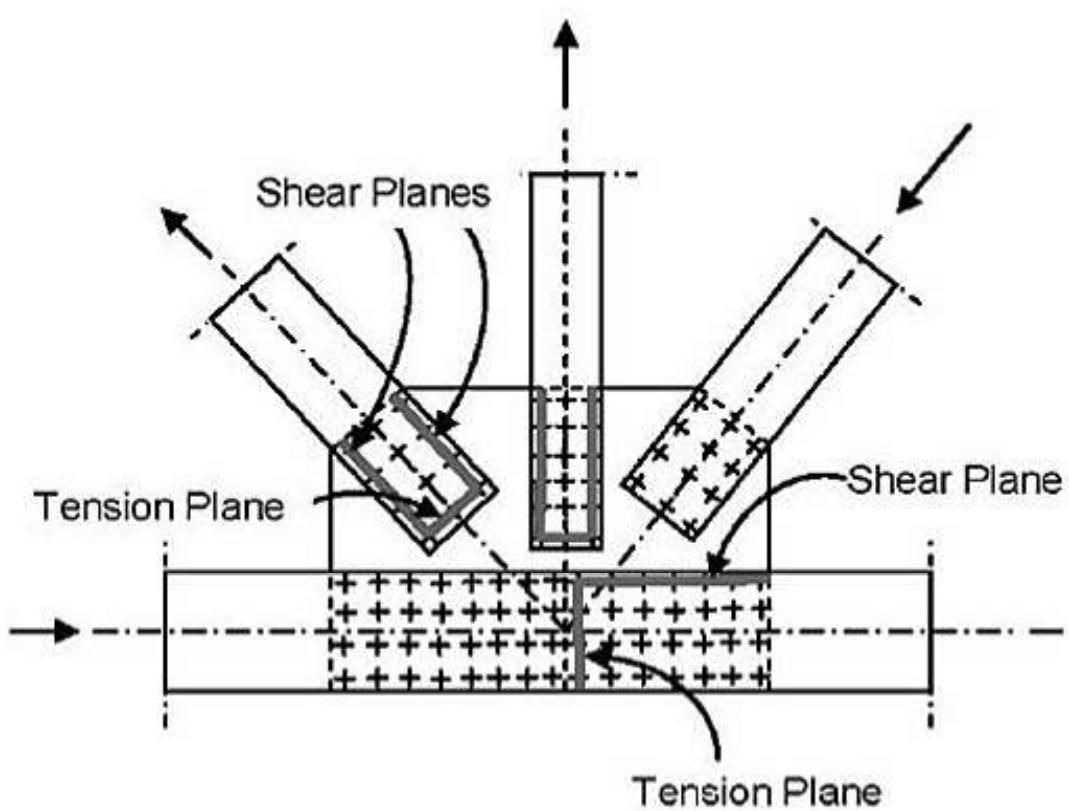
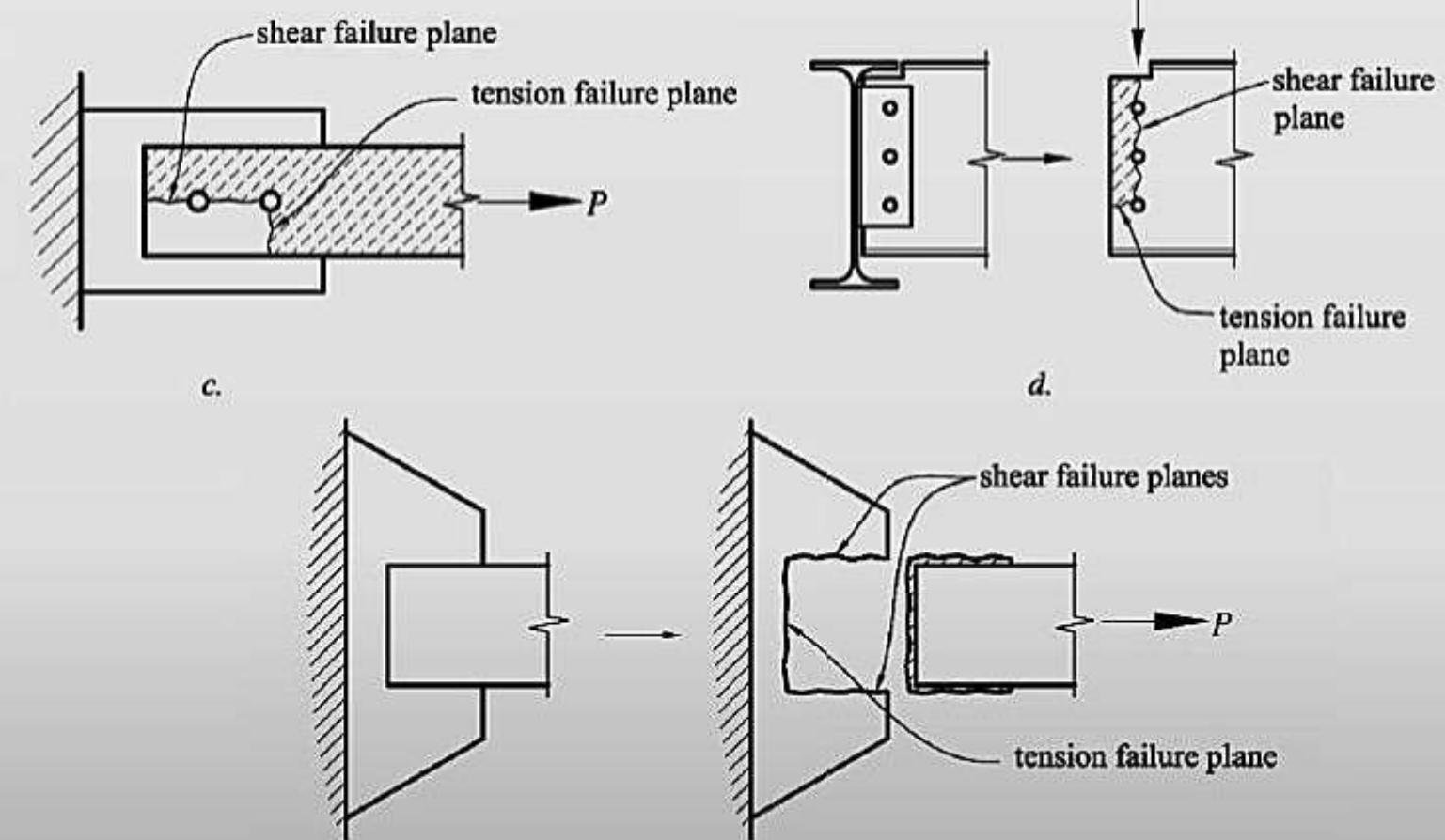




گسیفتگی کششی + گسیفتگی برشی

گسیفتگی کششی + تسلیم برشی

Block Shear Failure



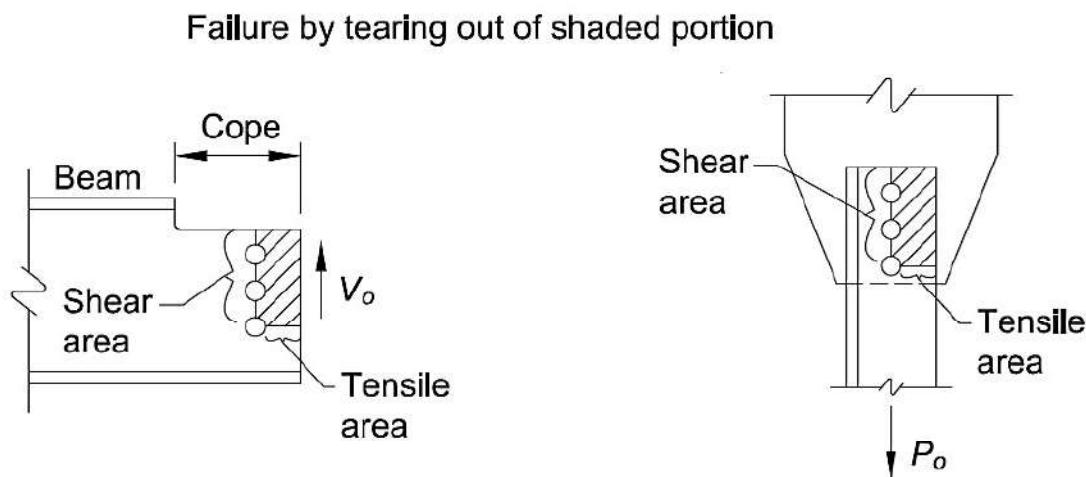


Fig. C-J4.1. Failure surface for block shear rupture limit state.

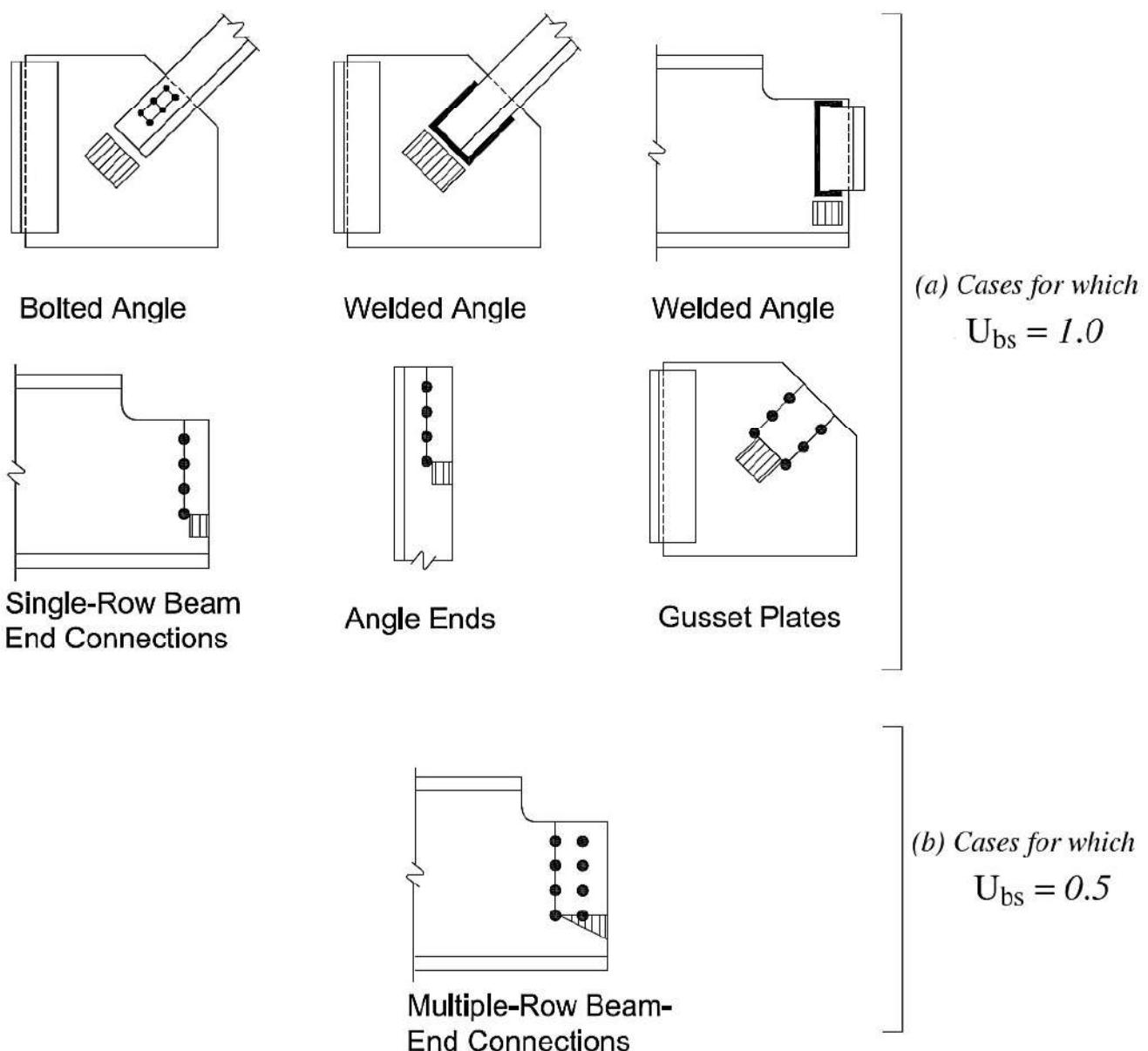
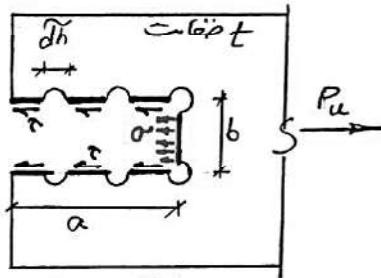
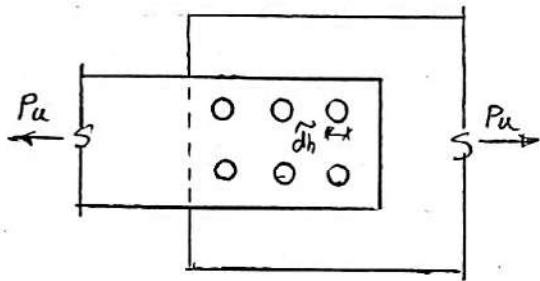


Fig. C-J4.2. Block shear tensile stress distributions.



$$A_{nt} = \text{مقطع تمت لسنس خوش} = (b - 2 \frac{d_h}{2}) t$$

$$A_{nv} = \text{مقطع تمت برش خوش} = (a - 2 \frac{1}{2} d_h) t \times 2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_{gt} = \text{مقطع تمت کشکل} = b \times t , \quad A_{nt} = A_{gt} - \text{سرماخ} = A_{gt} - 2 \frac{d_h}{2} \times t \\ A_{gv} = \text{مقطع تمت پرسکل} = 2 a t , \quad A_{nv} = A_{gv} - \text{سرماخ} = A_{gv} - 2 \frac{1}{2} d_h \times t \times 2 \end{array} \right.$$

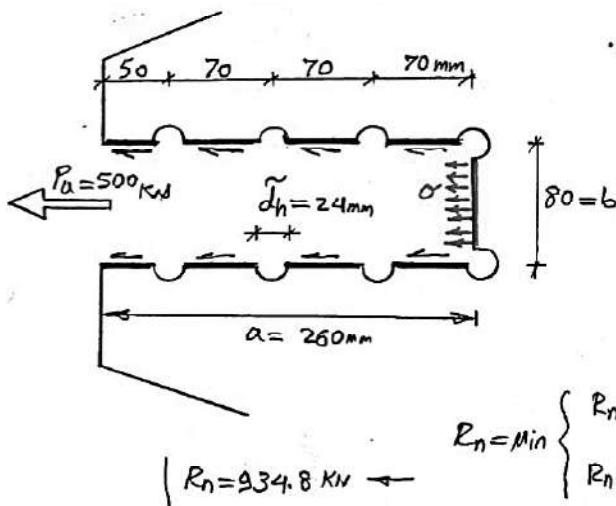
گستینگل کشکل

$$P_u \leq \phi R_n , \quad \phi = 0.75 , \quad R_n = \min \left\{ \begin{array}{l} R_{n1} = 0.6 F_u \cdot A_{nt} + U_{bs} \cdot F_u A_{nt} \\ R_{n2} = 0.6 F_y \cdot A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \end{array} \right.$$

$$U_{bs} = \begin{cases} 1.0 & \text{منفذ بینواخت کشکل} \\ 0.5 & \text{منفذ نیرنواخت کشکل} \end{cases}$$

$$(10-9-10-9)$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{نمای برتری}$$



مثال ۱. صفحه اعمال را برای برش قابی ترتیل کنید.

$$A_{gv} = 2 \times 260 \times 10 = 5200 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = A_{gv} - (3 \frac{1}{2} d_h \times 10) \times 2 = 3520 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = (80 - 2 \times \frac{1}{2} d_h) \times 10 = 560 \text{ mm}^2$$

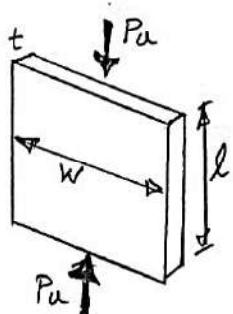
توزيع نش بینواخت ایست

$$R_n = \min \left\{ \begin{array}{l} R_{n1} = 0.6 \times 360 \times 3520 + U_{bs} \times 360 \times 560 = 961.9 \text{ kN} \\ R_{n2} = 0.6 \times 235 \times 5200 + " " = 934.8 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$P_u = 500 \text{ kN} \leq \phi R_n = 0.75 \times 934.8 = 701.1 \text{ a.K.V} : \text{کسری}$$

نتیجه: نادارانی را برای برش قابی ترتیل کنید. (توجه کنید هر دارانی $\frac{P_u}{2}$ را منتهی نماید)

- برای ورق ایصال از ۵۰ مرض موثر و سور برای طراحی استفاده نموده که جزئیات آن دشتهای زیر ارائه نموده.



- ضریب طول مرتبه λ برای تعیین لافری محدود احتمالات نظر محققین اسے که توصیه شده است. آن ده تفسیر ۲۰۱۶ AISC آنهاست.

نشانی ۲۴۳ سید علی بگاه و مدهم (آینین کا اصطلاح دیسانوہس فولادی) ضریب $K=1.2$ را پیشنهاد داده که پس از رعایت کارانه است.

$$r = \frac{t}{\sqrt{12}} \approx 0.3t \quad \rightarrow \quad \lambda = \frac{K \cdot l}{r}$$

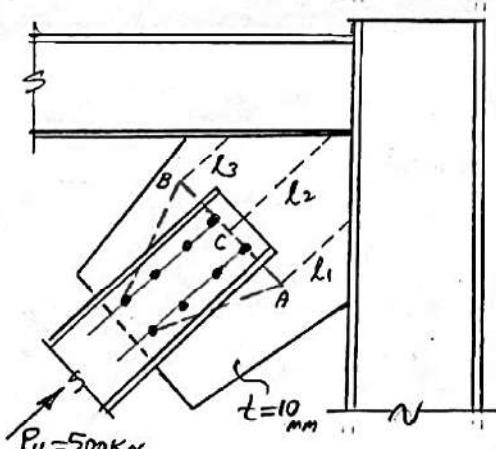
صيغه ۱۰ : شماره (۱-۲-۳-۹-۲).

$\left\{ \begin{array}{l} P_u \leq \phi \cdot P_n \\ \phi = 0.9 \end{array} \right. \rightarrow$ کافی است این قدر است که $\lambda \leq 25$ باشد:

$\left\{ \begin{array}{l} P_u \leq \phi \cdot P_n \\ \phi = 0.9 \end{array} \right. \rightarrow$ اگر $\lambda > 25 \rightarrow$ حالت مذکور نباید باشد:

حدولت فرول شدن بلندی عضت $\lambda = \frac{\text{حدولت فرول}}{\text{سترن}}$

مثال ۴ - مثلاً اگر نیاز $P_u = 500 \text{ kN}$ بصورت فرسایه داشته و مشخصات هنوز ایصال مطابق شفعت زیر است، ورق ایصال (Gusset plate) را برای تراکم کنید.



عرض موثر و سور طبقه ۱: $W = 322.5 \text{ mm}$
از انتهی (تفصیل A)، وسط (تفصیل B) و انتهای (تفصیل C) عرض و سور خلوطی برآن عدد مرکم را بخطوط هم مطالعات نیزی P_u خواهد بود.

طبقه شدن فرضی λ بصورت زیر پیشنهاد شده است:

$$\lambda = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{3}$$

در این مثال $l_3 = 130$, $l_2 = 290$ و $l_1 = 150$ است.

$$l = 190 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{K \cdot l}{r} = \frac{1.2 \times 190}{0.3 \times 10} = \frac{1.2 \times 190}{0.3 \times 10} = 76 > 25 \Rightarrow$$

$$\left. \begin{array}{l} \lambda = 76 \\ F_{cr} = 176.2 \text{ MPa} \\ Ag = W \cdot t = 3225 \text{ mm}^2 \end{array} \right\} \rightarrow P_n = F_{cr} \cdot Ag = 568 \text{ kN}$$

$$P_u = 500 \text{ kN} \neq \phi P_n = 0.9 \times 568 = 511$$

کسر:

N.G.