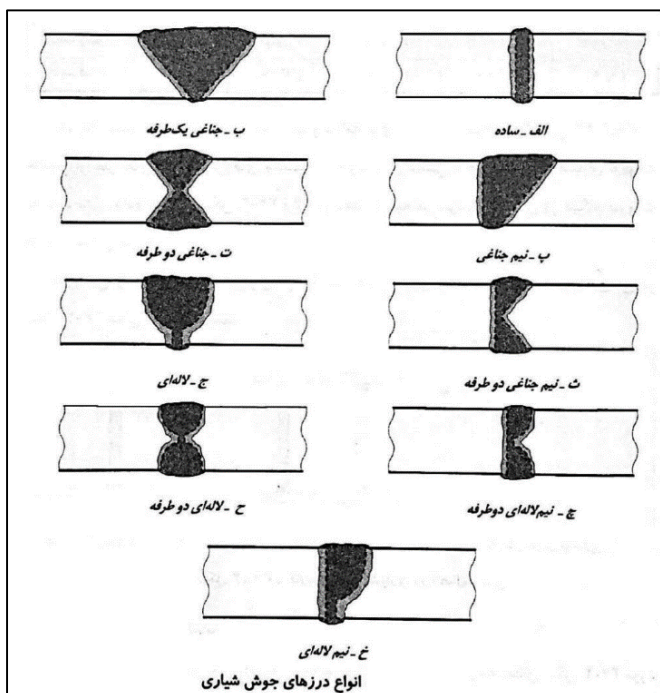
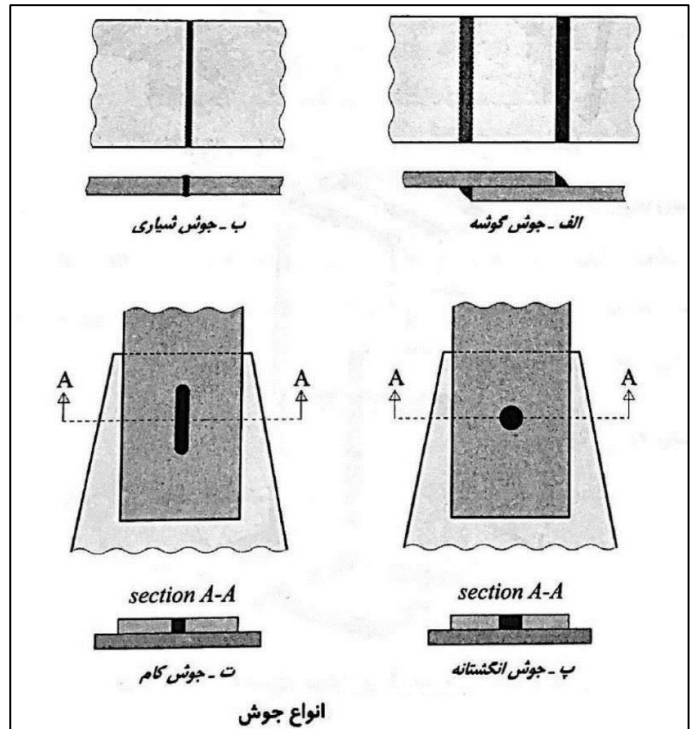
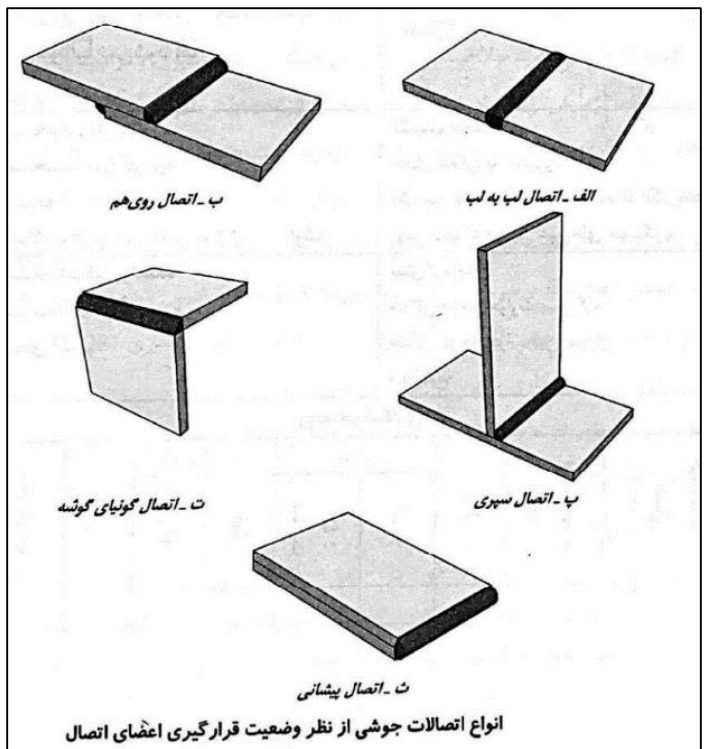
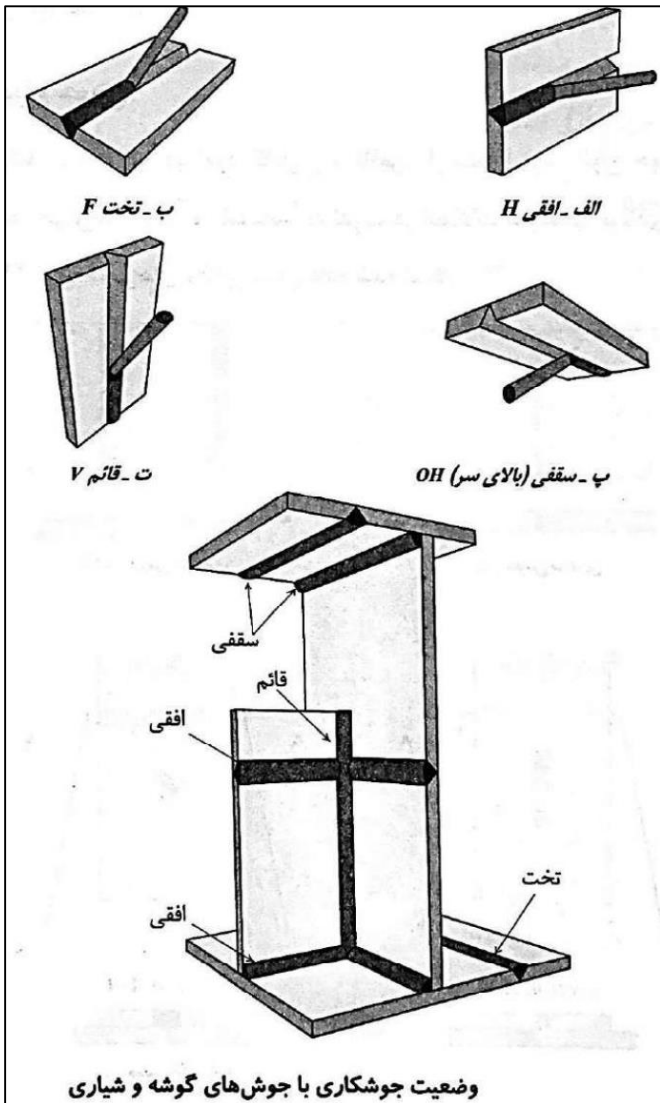


مفاهیم اولیه اتصالات جوشی



علائم اختصاری جوش

علائم جوش		شیاری								
		ساده	جناغی	نیم جناغی	لاله‌ای	نیم لاله‌ای	جناغی لب گرد	نیم‌جناغی گرد		
جوش پشت پست	گوشه	کام یا انگشترانه								
جوش یکسره که طول آن مشخص نشده										
وضعیت سطح جوش		سنگ زده شود		محدب						
جوش در موقع نصب										
جوش دور تا دور		مستوی		مقعر						
<p> a = اندازه‌ی ساق یا بعد گلولی جوش l = طول نوار جوش P = فاصله‌ی مرکز به مرکز نوارهای جوش منقطع </p>										
<p> محل درز جوش نوع جوش و سطح تمام شده‌ی آن جوش دور تا دور </p>										

جدول ۲-۲ - حداقل پیش گرمایش و درجه‌ی حرارت ۲م

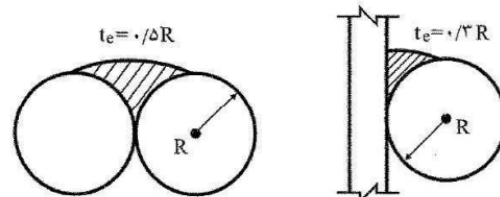
شماره	نوع فولاد	روش جوشکاری	مشخصات ورق	
			حداقل ضخامت ورق (mm)	حداقل درجه‌ی حرارت ورق (سانتیگراد)
A	St37 St52	جوش دستی با الکتروود روکش دار (غیر از الکترودهای کم هیدروژن)	≤ 20	۲۰
			$20 < t \leq 40$	۶۵
			$40 < t \leq 65$	۱۱۰
			$t > 65$	۱۵۰
B	St37 St52	جوش دستی با الکترودهای روکش دار کم هیدروژن جوش زیرپودری جوش تحت حفاظ گاز (الکترودفلازی یا تنگستن) جوش با الکتروود توپودری	≤ 20	۱۰
			$20 < t \leq 40$	۶۵
			$40 < t \leq 65$	۱۱۰
			$t > 65$	۱۱۰
C	$F_y \geq 400 \text{ N/mm}^2$	جوش دستی با الکتروود روکش دار کم هیدروژن جوش زیرپودری جوش تحت حفاظ گاز (الکترودفلازی یا تنگستن) جوش با الکتروود توپودری	≤ 20	۱۰
			$20 < t \leq 40$	۶۵
			$40 < t \leq 65$	۱۱۰
			$t > 65$	۱۵۰

آئین‌نامه‌ی جوشکاری موارد زیر را جهت پیش گرمایش مقرر می‌دارد:

- در جوشکاری ورق‌ها با ضخامت بزرگتر از ۲۵ میلیمتر که تحت بارهای دینامیکی قرار دارند، فقط باید از الکترودهای کم هیدروژن استفاده نمود.
- هر قدر گیرداری قطعه‌ی مورد جوش بیشتر باشد، دمای پیش گرمایش باید افزایش یابد.
- دمای پیش گرمایش لازم نیست از ۲۳۰ درجه‌ی سانتیگراد بیشتر باشد.

۱-۲-۹-۲-۱۰ جوش‌های شیاری

الف) سطح مقطع موثر: سطح مقطع موثر در جوش‌های شیاری عبارت است از: حاصل ضرب طول موثر در ضخامت موثر جوش. طول موثر جوش برابر با طول جوش شده و ضخامت موثر جوش شیاری با نفوذ کامل برابر با ضخامت قطعه نازکتر در اتصال لب به لب و ضخامت قطعه جوش شده در اتصال کنج و سپری در نظر گرفته می‌شود. ضخامت موثر در جوش شیاری با نفوذ نسبی برابر با عمق شیار جوش منهای ۳ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. استفاده از جوش شیاری با نفوذ نسبی در وضعیتی که بارگذاری متناوب (اثر خستگی) وجود داشته باشد مجاز نیست. ضخامت موثر جوش شیاری که بین دو لبه گرد (مثل شیار بین دو میلگرد) و یا بین یک لبه گرد و لبه تخت (مثل میلگرد در مجاورت ورق) داده می‌شود، مطابق شکل ۱-۲-۹-۲-۱۰ می‌باشد.



شکل ۱-۲-۹-۲-۱۰ ضخامت موثر جوش‌های شیاری لب گرد

ب) محدودیت: ضخامت موثر در جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی نباید از مقادیر مندرج در جدول ۱-۲-۹-۲-۱۰ کمتر شود. حداقل ضخامت موثر با توجه به ضخامت قطعه نازکتر تعیین می‌شود. ضخامت جوش نباید از ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده تجاوز کند.

جدول ۱-۲-۹-۲-۱۰ حداقل ضخامت موثر جوش شیاری با نفوذ نسبی

ضخامت قطعه نازکتر	حداقل ضخامت موثر
تا ۶ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
بیش از ۶ تا ۱۲ میلی‌متر	۵ میلی‌متر
بیش از ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر	۶ میلی‌متر
بیش از ۲۰ تا ۴۰ میلی‌متر	۸ میلی‌متر
بیش از ۴۰ تا ۶۰ میلی‌متر	۱۰ میلی‌متر
بیش از ۶۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر	۱۳ میلی‌متر
بیش از ۱۵۰ میلی‌متر	۱۶ میلی‌متر

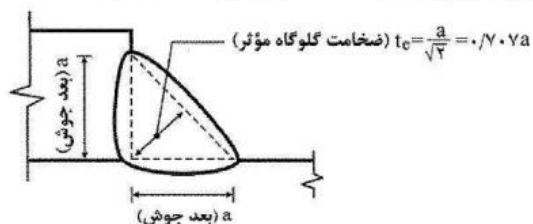
- در صورتی که نتوان ضخامت‌های حداقل فوق را با یک عبور تعیین نمود باید از پیش گرمایش و یا فرآیندهای کم‌هیدروژن استفاده کرد.
- برای قطعات با ضخامت بزرگتر از ۴۰ میلی‌متر، پیش‌گرمایش و دستورالعمل جوشکاری باید با ...

۱-۲-۹-۲-۱۰ جوش‌های گوشه

الف) سطح مقطع موثر: سطح مقطع موثر در جوش‌های گوشه برابر با حاصل ضرب طول موثر در ضخامت گلوگاه موثر در نظر گرفته می‌شود.

طول موثر جوش گوشه (به جز جوش‌هایی که در سوراخ و شکاف قرار می‌گیرد) برابر با طول کلی نوار جوش شامل قسمت‌های برگشت خورده می‌باشد.

بعد جوش گوشه (a) اندازه ساق مقطع جوش می‌باشد. طبق شکل ۱-۲-۹-۲-۱۰ ضخامت گلوگاه موثر (te) در جوش گوشه برابر کوتاهترین فاصله بین ریشه مقطع جوش تا سطح خارجی آن و به عبارت دیگر برابر ارتفاع وارد بر وتر مثلث مقطع جوش به حساب می‌آید.



شکل ۱-۲-۹-۲-۱۰ ضخامت گلوگاه موثر جوش‌های گوشه

ب) محدودیت‌ها:

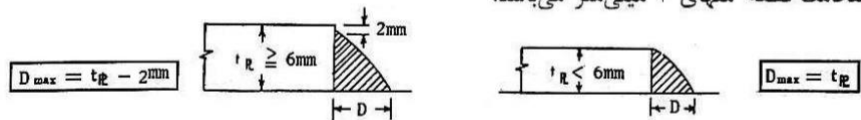
۱- حداقل بُعد جوش‌های گوشه نباید از بُعد مورد نیاز برای انتقال بارهای محاسبه شده و اندازه‌های نشان داده شده در جدول ۲-۹-۲-۱۰ کوچکتر انتخاب شود. حداقل بُعد جوش تابع ضخامت قطعه نازکتر می‌باشد و از طرفی نباید بُعد جوش از ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده تجاوز نماید.

جدول ۲-۹-۲-۱۰ حداقل بُعد جوش گوشه

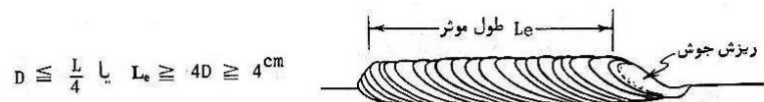
حداقل بُعد جوش گوشه (با یک بار عبور)	ضخامت قطعه نازکتر
۳ میلی‌متر	تا ۶ میلی‌متر
۵ میلی‌متر	بیش از ۶ تا ۱۲ میلی‌متر
۶ میلی‌متر	بیش از ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر
۸ میلی‌متر	بیش از ۲۰

- در صورتی که نتوان ضخامت‌های حداقل فوق را با یکبار عبور تأمین نمود، باید از پیش گرمایش و یا فرآیندهای کم هیدروژن استفاده کرد.
- در سازه تحت بار دینامیکی حداقل اندازه جوش ۵ میلی‌متر می‌باشد

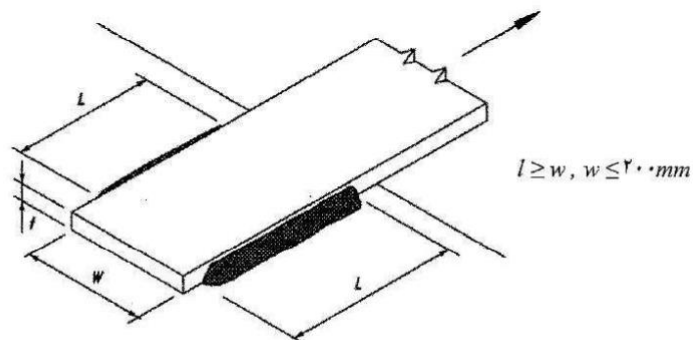
۲- حداکثر بُعد جوش‌های گوشه در لبه قطعات متصل شونده برای قطعات با ضخامت مساوی یا کمتر از ۶ میلی‌متر برابر ضخامت قطعه و برای قطعات با ضخامت بیش از ۶ میلی‌متر برابر ضخامت قطعه منهای ۲ میلی‌متر می‌باشد.



۳- طول موثر جوش‌های گوشه‌ای که برای تحمل تنش‌ها محاسبه شده‌اند نباید از ۴ برابر بُعد جوش کمتر باشد. به عبارت دیگر، بُعد جوش نباید از $\frac{1}{4}$ طول آن تجاوز نماید.



۴- در اتصالات انتهای تسمه‌های کششی اگر از جوش گوشه فقط در لبه‌های طولی و موازی امتداد نیرو استفاده شود، طول جوش هر طرف نباید از فاصله عمودی بین آنها (تقریباً پهنای تسمه) کمتر باشد و این فاصله نباید از ۲۰۰ میلی‌متر تجاوز کند (شکل ۴-۹-۲-۱۰). برای تأثیر طول جوش در سطح مقطع موثر اعضای کششی به جدول ۱-۳-۲-۱۰ مراجعه شود.



شکل ۴-۹-۲-۱۰ جوش گوشه در انتهای تسمه‌های کششی

۵- در اتصال انتهایی اعضای محوری، طول موثر جوشی که به صورت طولی بارگذاری شده است نباید از ۱۰۰ برابر بعد جوش (a) تجاوز نماید. در صورت نیاز به طول جوش بیش از ۱۰۰ برابر بعد ساق جوش، طول موثر جوش باید با ضریب (β) کاهش داده شود.

$$L_e = \beta L \quad \beta = 1/2 - 0.002 (L/a) \leq 1/0 \quad (1-9-2-10)$$

که در آن:

L_e = طول موثر جوش

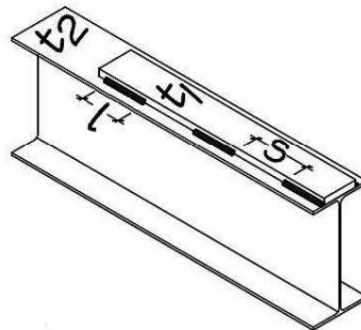
L = طول واقعی جوشی که از قسمت انتهایی جوش به صورت طولی بارگذاری شده است.

a = بُعد ساق جوش

β = ضریب کاهش طول واقعی (اسمی) جوش

برای L/a بزرگتر از ۳۰۰ طول موثر جوش باید برابر $180a$ در نظر گرفته شود.

۶- جوش‌های گوشه منقطع برای انتقال تنش‌های محاسبه شده هنگامی مجاز است که نیروی منتقله از مقاومتی که با جوش پیوسته (سرتاسری) و با حداقل بعد جوش تأمین می‌شود، کمتر باشد. استفاده از این نوع جوش در اتصال جان و بال تیر ورق‌ها، اتصال ورق‌های تقویتی بال، اتصال قطعات سخت‌کننده به جان تیر ورق و برای اتصال اجزای اعضای ساخته‌شده از ورق مجاز می‌باشد. طول موثر قطعات جوش منقطع نباید از ۴ برابر بُعد جوش و از ۴۰ میلی‌متر کمتر باشد. فاصله آزاد بین قطعات جوش نباید از ۱۶ برابر ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده وقتی که در فشار است و از ۲۴ برابر این ضخامت وقتی که در کشش است، بیشتر شود. در این خصوص به الزامات بندهای ۱۰-۲-۳-۵ و ۱۰-۲-۴-۷-۲ نیز مراجعه شود.



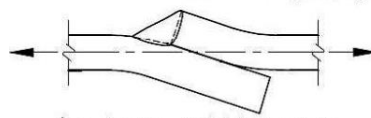
$$t_{min} = \text{Min}\{t_1, t_2\}$$

$$S \leq 16 t_{min} \text{ تحت فشار}$$

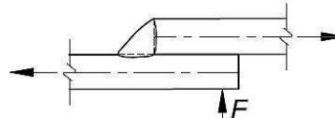
$$S \leq 24 t_{min} \text{ تحت کشش}$$

$$L \geq \text{Max}\{4D, 40\text{mm}\}$$

۷- در اتصالات پوششی (رویهم) دو قطعه، طول همپوشانی نباید از ۵ برابر ضخامت قطعه نازکتر کمتر باشد و در هیچ حالتی از ۲۵ میلی‌متر کمتر نشود. در اتصالات پوششی که ورق و تسمه‌های تحت اثر تنش‌های محوری را به یکدیگر متصل می‌کند، باید ضلع انتهایی هر یک از قسمت‌های متصل شونده، توسط جوش گوشه اتصال یابند (جوش دو طرفه). در وضعیتی که اتصال به اندازه کافی مقید شده باشد یا تغییرشکل خمشی آنقدر محدود باشد که از باز شدن اتصال تحت اثر بار حداکثر جلوگیری شود، می‌توان از جوش یکطرفه استفاده کرد (شکل ۱۰-۲-۹-۵).



(ب) جوش یکطرفه غیر مقید و غیر مجاز



(پ) جوش یکطرفه مقید و مجاز



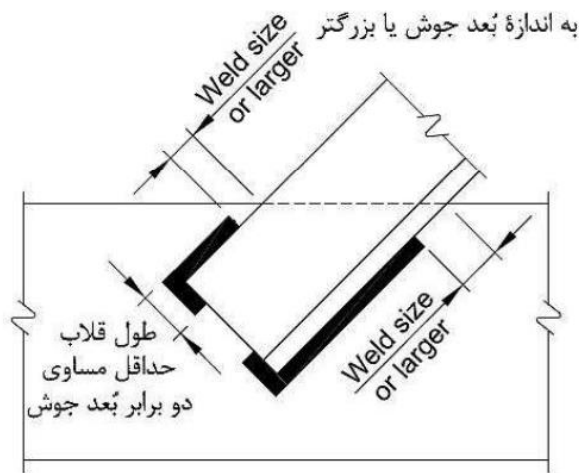
(الف) طول همپوشانی در اتصالات پوششی (جوش دو طرفه)

شکل ۱۰-۲-۹-۵ اتصال پوششی (رویهم) دو قطعه

۹- جوش‌های گوشه می‌توانند به انتهای ناحیه اتصال منتهی شده یا قبل از رسیدن به انتهای ناحیه اتصال قطع شوند و یا حتی می‌توان آنها را طوری جوش داد تا به شکل قوطی یا ناودانی در بیاید. مگر در مواردی به شرح زیر که محدودیتی برای آنها وضع شده است.

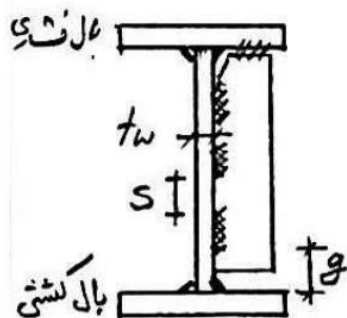
- در اتصالات پوششی (رویهم) که یکی از قطعه‌های اتصالی تا پشت لبه قطعه اتصالی دیگر که تحت اثر تنش کششی قرار دارد امتداد یافته باشد، جوش گوشه باید در فاصله‌ای بیشتر یا مساوی با بُعد جوش تمام شود (شکل ۱۰-۲-۹-۶).

- کلیه جوش‌های گوشه که در لبه کناری یا ضلع انتهایی عضو انجام می‌شود، باید در انتهای ضلع و بر روی ضلع دیگر برگشت داده شود که به آن قلاب می‌گویند. حداقل طول قلاب ۲ برابر بُعد جوش می‌باشد. این شرط شامل جوش‌های گوشه قائم و جوش‌های گوشه سر بالا در تکیه‌گاه‌های لچکی (براکت) و برای نبشی‌های نشیمن تیر و اتصالات نظیر می‌باشد (شکل ۱۰-۲-۹-۶).



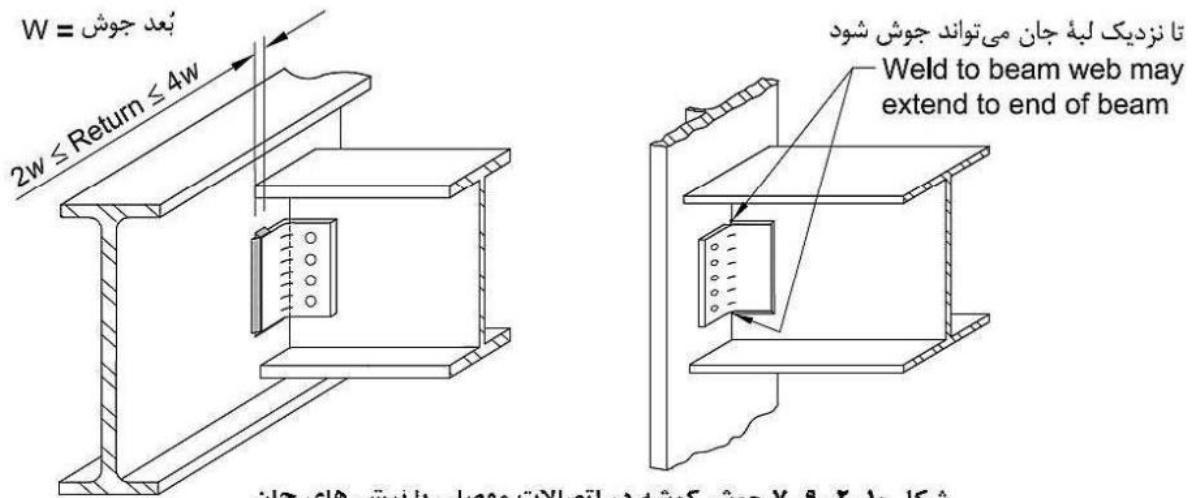
شکل ۱۰-۲-۹-۶ جوش گوشه در انتهای اعضای محوری

- جوش‌های گوشه‌ای که ورق‌های سخت‌کننده عرضی را به جان تیر ورق‌های با ضخامت جان کمتر از ۲۰ میلی‌متر متصل می‌کنند، نباید کمتر از ۴ برابر و بیشتر از ۶ برابر ضخامت جان، از پنجه جان تا جوش جان به بال منتهی شود. مگر در حالتی که انتهای ورق سخت‌کننده عرضی به بال جوش شده باشد.



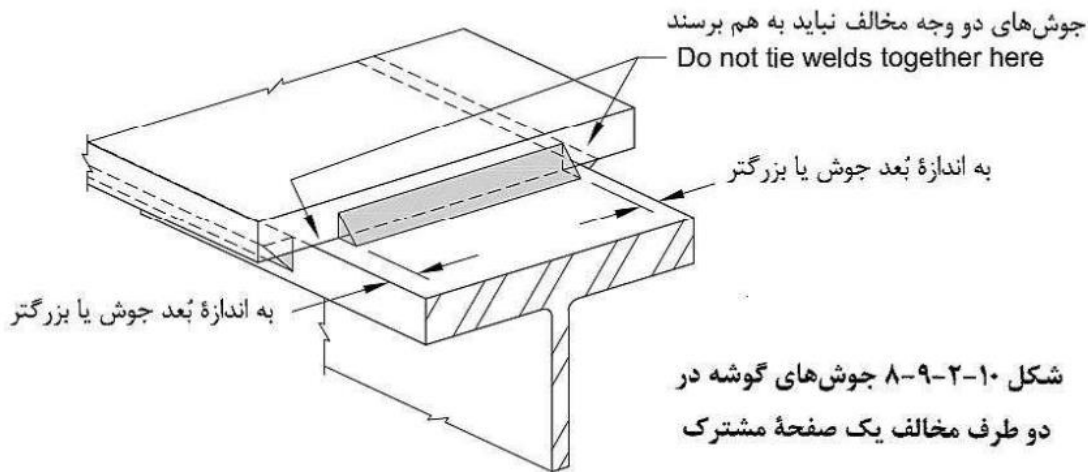
$$4t_w \leq s \leq 6t_w$$

- در اتصالات مفصلی با نبشی‌های جان، که انعطاف‌پذیری اتصال به مقدار زیادی تابع انعطاف‌پذیری بال برجسته نبشی‌ها می‌باشد، برگشت در انتهای جوش گوشه نباید از ۴ برابر بُعد جوش و نیز نصف پهنای بال نبشی بیشتر باشد. برگشت انتها در جوش گوشه باید در نقشه‌ها و جزئیات اجرایی قید شود (شکل ۷-۹-۲-۱۰).

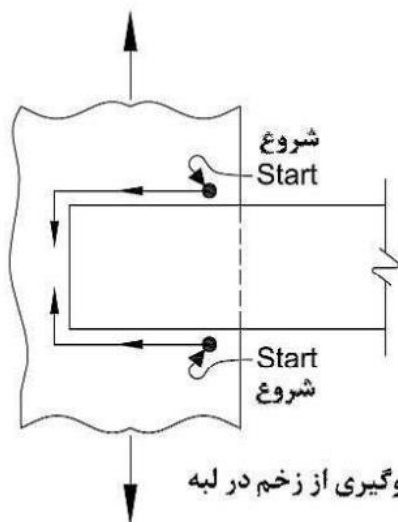


شکل ۷-۹-۲-۱۰ جوش گوشه در اتصالات مفصلی با نبشی‌های جان

- جوش‌های گوشه‌ای که در دو وجه مخالف یک صفحه مشترک ایجاد می‌شود، باید در گوشه مشترک بین دو نوار جوش قطع شوند (شکل ۸-۹-۲-۱۰).



شکل ۸-۹-۲-۱۰ جوش‌های گوشه در دو طرف مخالف یک صفحه مشترک



- در اتصالات پوششی (رویهم) برای جلوگیری از زخم در لبه، انتخاب محل شروع و پایان مسیر جوشکاری باید مورد توجه قرار گیرد (شکل ۹-۹-۲-۱۰).

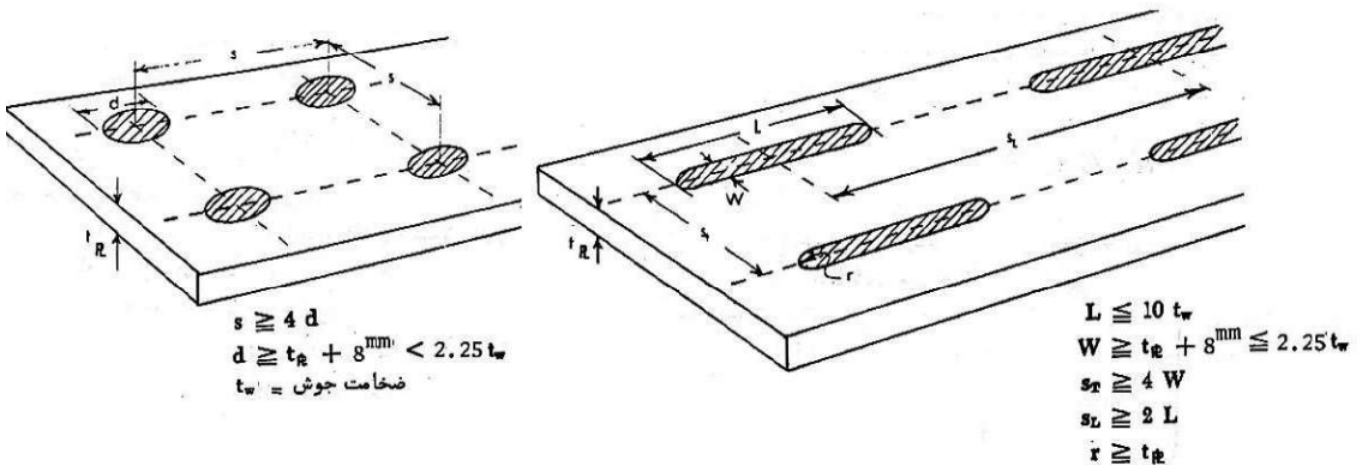
شکل ۹-۹-۲-۱۰ مسیر مناسب برای جلوگیری از زخم در لبه

۱۰-۲-۹-۳-جوش‌های انگشتانه و کام

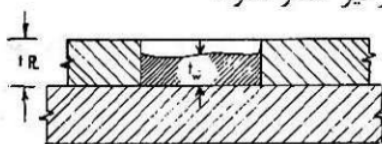
الف) سطح مقطع مؤثر: سطح مقطع مؤثر در برش برای جوش انگشتانه و کام مساوی سطح مقطع اسمی سوراخ و شکاف در صفحه برش در نظر گرفته می‌شود.

ب) محدودیت‌ها

۱. استفاده از جوش انگشتانه و کام برای انتقال برش در اتصالات پوششی و یا جلوگیری از کماتش در عناصر رویهم آمده در اعضای ساخته شده، مجاز می‌باشد.
۲. قطر سوراخ در جوش انگشتانه نباید از ضخامت قطعه سوراخ شده به اضافه ۸ میلی‌متر کمتر باشد. همچنین قطر یاد شده نباید از قطر حداقل به اضافه ۳ میلی‌متر و یا $\frac{1}{4}$ برابر ضخامت جوش بزرگتر شود.
۳. حداقل فاصله مرکز به مرکز سوراخ‌های جوش‌های انگشتانه ۴ برابر قطر سوراخ می‌باشد.
۴. طول شکاف در جوش کام نباید از ۱۰ برابر ضخامت جوش بیشتر باشد.
۵. پهنای شکاف در جوش کام نباید از ضخامت قطعه بریده شده به اضافه ۸ میلی‌متر کمتر و همچنین از $\frac{1}{4}$ برابر ضخامت جوش بیشتر باشد.
۶. انتهای شکاف یا باید نیم‌دایره‌ای باشد و یا خطی مستقیم که گوشه‌های آن تبدیل به ربعی از دایره (با شعاعی بزرگتر از ضخامت قطعه حاوی شکاف) می‌شود، باشد. مگر اینکه انتهای شکاف به لبه قطعه منتهی شده باشد.
۷. حداقل فاصله مرکز به مرکز شکاف‌ها در امتداد عمود بر طول، ۴ برابر پهنای شکاف و حداقل فاصله مرکز به مرکز شکاف‌ها در امتداد طول، ۲ برابر طول شکاف می‌باشد.



۸. ضخامت جوش انگشتانه و کام در قطعاتی که ضخامت آنها ۱۶ میلی‌متر و یا کمتر است، باید برابر با ضخامت قطعه باشد. در قطعاتی که ضخامت آنها بیش از ۱۶ میلی‌متر است، ضخامت این جوش باید حداقل $\frac{1}{4}$ ضخامت قطعه باشد و از ۱۶ میلی‌متر نیز کمتر نشود.



$t_p \leq 16^{mm} \Rightarrow t_w = t_p$

$t_p > 16^{mm} \Rightarrow t_w \geq \frac{1}{2} t_p \geq 16^{mm}$

مقاومت جوش

۱۰-۲-۹-۲-۴ مقاومت جوش

مقاومت طراحی جوش‌ها مساوی ϕR_n می‌باشد که در آن، ϕ ضریب کاهش مقاومت طبق جدول ۱۰-۲-۹-۳ و R_n مقاومت اسمی جوش می‌باشد که باید به شرح زیر برابر کوچکترین مقدار محاسبه شده بر اساس حالت‌های حدی گسیختگی کششی و گسیختگی برشی برای مصالح فلز پایه و حالت حدی گسیختگی برای فلز جوش در نظر گرفته شود. با توجه به آیین نامه اتصالات بنظر می‌رسد برای جوش

الف) بر اساس مصالح فلز پایه

$$R_n = \beta F_{nBM} A_{BM}$$

β ← نفوذی تحت کشش و برش
 ضریب بازرسی بایراعمال شود

(۱۰-۲-۹-۲)

ب) بر اساس مصالح فلز جوش

$$R_n = \beta F_{nw} A_{we}$$

(۱۰-۲-۹-۳)

که در آن:

$$F_{nBM} = \text{تنش اسمی فلز پایه}$$

$$F_{nw} = \text{تنش اسمی فلز جوش}$$

$$A_{BM} = \text{سطح مقطع فلز پایه}$$

$$A_{we} = \text{سطح مقطع مؤثر جوش}$$

$$\beta = \text{ضریب بازرسی جوش به شرح زیر:}$$

۱. در صورت انجام آزمایش‌های غیرمخرب نظیر رادیوگرافی و التراسونیک (فراصوتی): $\beta = 1$

۲. در صورت انجام جوش در کارخانه (یا شرایط مشابه) و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس

$$\beta = 0.85 \text{ : ذیصلاح جوش}$$

۳. در صورت انجام جوش در محل و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس ذیصلاح جوش: $\beta = 0.75$

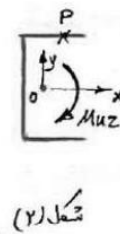
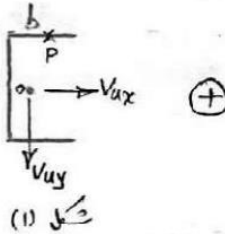
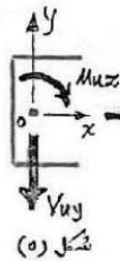
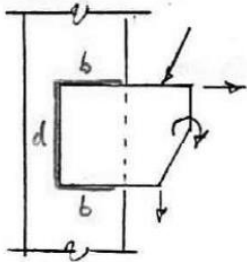
جدول ۱۰-۲-۹-۳ مقاومت جوش‌ها

تنش اسمی (F_{nBm} یا F_{nw})	ضریب کاهش مقاومت (ϕ)	نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش	نوع بار و جهت آن نسبت به محور جوش	نوع جوش
مطابق بخش مربوطه	مطابق بخش مربوطه	فلز پایه	کششی عمود بر مقطع مؤثر	جوش شیاری با نفوذ کامل و لبه آماده شده
مطابق بخش مربوطه	مطابق بخش مربوطه	فلز پایه	فشاری عمود بر مقطع مؤثر، کششی و یا فشاری موازی با محور جوش	
مطابق فصل ۱۰-۲-۹-۳	مطابق فصل ۱۰-۲-۹-۳	فلز پایه	برشی، در مقطع مؤثر	
مطابق بخش مربوطه	مطابق بخش مربوطه	فلز پایه	فشاری، در امتداد عمود بر مقطع مؤثر فشاری، موازی با محور جوش کششی، موازی با محور جوش	جوش شیاری با نفوذ نسبی
$F_{nBM} = F_u$	۰.۷۵	بر اساس فلز پایه	کششی در امتداد عمود بر مقطع مؤثر	
$F_{nw} = 0.16F_{ue}$	۰.۱۸	بر اساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)		
	مطابق فصل ۱۰-۲-۹-۳	بر اساس فلز پایه	برشی، در مقطع مؤثر	جوش گوشه
$F_{nw} = 0.16F_{ue}$	۰.۷۵	بر اساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)		
مطابق فصل ۱۰-۲-۹-۳	مطابق فصل ۱۰-۲-۹-۳	بر اساس فلز پایه	برشی، در مقطع مؤثر (الکتروود مصرفی)	
مطابق بخش مربوطه	مطابق بخش مربوطه	فلز پایه	کششی یا فشاری، موازی با محور جوش	جوش انگشتانه و کام
مطابق فصل ۱۰-۲-۹-۳	مطابق فصل ۱۰-۲-۹-۳	بر اساس فلز پایه	برشی، موازی سطح برش شونده (روی مقطع مؤثر)	
$F_{nw} = 0.16F_{ue}$	۰.۷۵	بر اساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)		

F_{ue} = تنش نهایی فلز جوش (الکتروود مصرفی)

F_y = تنش تسلیم فلز پایه

جوش گوشه تحت اثر برش مستقیم + برش ناشی از پیچش

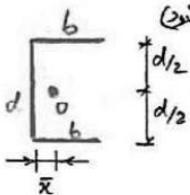


$q_{ux}^s = \frac{V_{ux}}{l_w} \text{ N/mm}$
 $q_{uy}^s = \frac{V_{uy}}{l_w} \text{ N/mm}$

$l_w = 2b + d$

- برای نقطه دلخواه P در شکل (1) جریان برش عبارت است از:

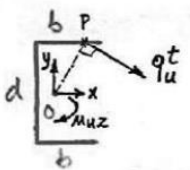
- فرض 0 مرکز سطح جوش است (در مساحت te برابر با ده فرض شده و این اندازه در تعیین با طرد چشم پوشش می‌شود)



$\bar{x} = \frac{d \cdot 0 + 2 \times b \cdot b/2}{2b + d} \rightarrow \bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$

- در شکل (2) برای تعیین جریان برش در نقطه دلخواه P به مختصات (x, y) با فرض آنکه [مختصات اضلاع صلب هستند + جریان برشی (تنش برشی) متناسب با فاصله P تا نقطه 0 (مركز OP) است + جریان (تنش برشی) عمود بر خط OP و هم جهت با گنگر پیچش Muz است] داریم:

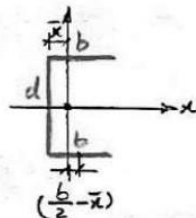
$q_{ux}^t \propto OP = \rho = \sqrt{x^2 + y^2}$



$M_{0z} = M_{uz} \rightarrow \int_L (q_{ux}^t \cdot dl) \cdot \rho = M_{uz}$

$q_{ux}^t = \alpha \rho$ (1)
 رابطه مقادیر گنگر حاصل 0:

$M_{uz} = \alpha \int_L \rho^2 dl = \alpha \int_L (x^2 + y^2) dl = \left\{ \int_L x^2 dl + \int_L y^2 dl \right\} \alpha$ (2)



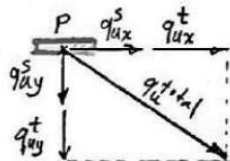
$\tilde{I}_x = \int_L y^2 dl = 2 \times \left(b \times \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right) + \frac{1}{12} d^3 = \frac{bd^2}{2} + \frac{d^3}{12}$
 $\tilde{I}_y = \int_L x^2 dl = d \cdot \bar{x}^2 + 2 \left[\frac{1}{12} b^3 + b \left(\frac{b}{2} - \bar{x} \right)^2 \right] = \frac{8b^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$

$\tilde{I}_P = \tilde{I}_x + \tilde{I}_y = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$

$M_{uz} = \alpha \cdot \tilde{I}_P \rightarrow \alpha = \frac{M_{uz}}{\tilde{I}_P}$ (1)
 $q_{ux}^t = \frac{M_{uz} \cdot \rho}{\tilde{I}_P}$

$q_{ux}^t = q_{ux}^t \cdot \cos \theta = q_{ux}^t \cdot \frac{y}{\rho} \Rightarrow q_{ux}^t = \frac{M_{uz} \cdot y}{\tilde{I}_P}$
 $q_{uy}^t = q_{uy}^t \cdot \sin \theta = q_{uy}^t \cdot \frac{x}{\rho} \Rightarrow q_{uy}^t = \frac{M_{uz} \cdot x}{\tilde{I}_P}$

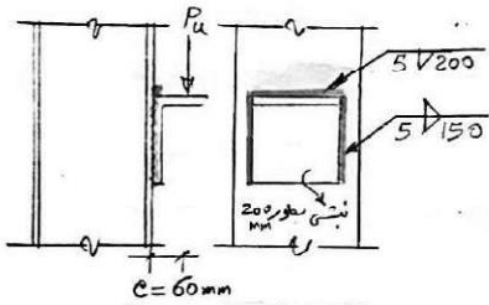
با جمع بردار تنشها (جهت‌های) برشی، مقدار تنش (جریان) برشی کل در نقطه دلخواه P قابل تعیین است.



$q_{u}^{total} = \sqrt{(q_{ux}^s + q_{ux}^t)^2 + (q_{uy}^s + q_{uy}^t)^2}$

برای طرح (کنترل) جوش باید حداکثر مقدار q_{u}^{total} که در گوشه‌ها (نقاط دراز 0) اتفاق می‌افتد تعیین گردد.

جوش گوشه تحت برش + کش



روش متداول این است که تنش برشی و تنش کششی ناشی از کش
 محاسبه می شود و با ترکیب برداری آنها تنش (جریان) برآیند بصورت
 برشی (تصور شده) محاسبه می گردد.

مثال ۱۹ برای جوش نبشی نشین به ستون شکل بالا، مدانه P_u را از نظر جوش محاسبه کنید. (انگیزه مصرفی $E80$
 جوش بصورت کارخانه ای با آرایش $5V$ است. فرض بر شود که برای ابعادی جویا بگوست.

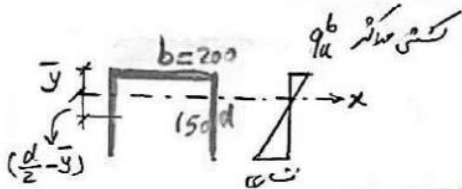
گام ۱) محاسبه جریان برش مستقیم (در دهانه نقاط ساری است) (فرض می شود)



$$q_u^s = \frac{P_u}{L_w} = \frac{P_u}{500 \text{ mm}} \quad \text{N/mm}$$

گام ۲) محاسبه جریان کششی (کششی ناشی از کش).

مثال به معنای تیر در نظر گرفته می شود و محاسبه جوشی در مسایح با طول جوشها
 چشم پوشی می شود



$$\bar{y} = \frac{bx + 2 \times d \times d/2}{b + 2d} = \frac{d^2}{b + 2d} = 45 \text{ mm}$$

$$\bar{I}_y = b \cdot \bar{y} + 2 \left[\frac{1}{12} d^3 + d \times \left(\frac{d}{2} - \bar{y} \right)^2 \right]$$

$$\bar{S} = \frac{\bar{I}_y}{\bar{y}} = \frac{2bd + d^2}{3} = 27,500 \text{ mm}^2$$

این سطح مقطع کششی :

$$q_u^b = \frac{M_{max}}{\bar{S}} = \frac{P_u \times e}{\bar{S}} = \frac{P_u \times 60 \text{ mm}}{27,500} = 2.182 \times 10^{-3} P_u \quad \text{N/mm}$$

جریان کششی مدانه ناشی از کش:

گام ۳) محاسبه برآیند :

$$q_u^{total} = \sqrt{q_u^{s2} + q_u^{b2}} = 2.96 \times 10^{-3} P_u \quad \text{N/mm}$$

گام ۴) محاسبه ارزش جوش ϕ_{tn}


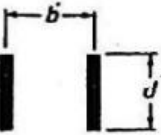
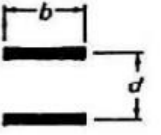
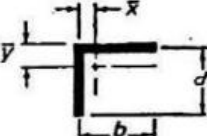
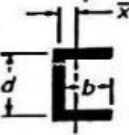
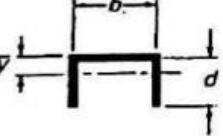
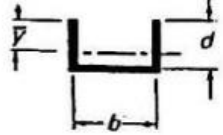
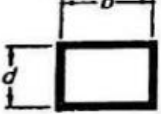
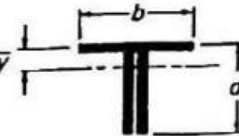


$$\phi_{tn} = 0.75 \left(\beta \cdot F_{nw} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} D \right) \rightarrow \phi_{tn} = 891 \text{ N/mm}$$

گام ۵) کنترل :

$$q_u^{total} = 2.96 \times 10^{-3} P_u \leq \phi_{tn} = 891$$

$$\Rightarrow P_{u \max} = 301,014 \text{ N}$$

Table 5.16.1 Properties of Welds Treated as Lines

Section $b = \text{width}; d = \text{depth}$	Section Modulus $\tilde{S} = \tilde{I}_x/\bar{y}$	Polar Moment of Inertia, \tilde{I}_p about Center of Gravity
1. 	$S = \frac{d^2}{6}$	$I_p = \frac{d^3}{12}$
2. 	$S = \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
3. 	$S = bd$	$I_p = \frac{b(3d^2 + b^2)}{6}$
4. 	$\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$ $\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$	$S = \frac{4bd + d^2}{6}$ $I_p = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
5. 	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$	$S = bd + \frac{d^2}{6}$ $I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$
6. 	$\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$	$S = \frac{2bd + d^2}{3}$ $I_p = \frac{b^3 + 6b^2d + 8d^3}{12} - \frac{d^4}{2d+b}$
6'. 	$\bar{y} = \frac{bd + d^2}{b+2d}$	$S = \frac{2bd + d^2}{3} \times \frac{d}{b+d}$ $I_p = \frac{b^3 + 6b^2d + 8d^3}{12} - \frac{d^4}{2d+b}$
7. 	$S = bd + \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{(b+d)^3}{6}$
8. 	$\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$	$S = \frac{2bd + d^2}{3}$ $I_p = \frac{b^3 + 8d^3}{12} - \frac{d^4}{b+2d}$
9. 		$S = bd + \frac{d^2}{3}$ $I_p = \frac{b^3 + 3b^2 + d^3}{6}$
10. 	$S = \pi r^2$	$I_p = 2\pi r^3$

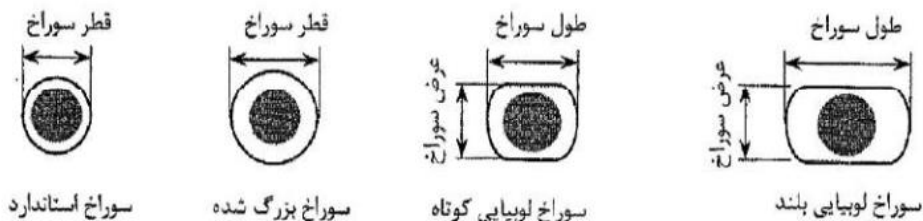
مفاهیم اولیه اتصالات پیچی

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

نوع پیچ	نام استاندارد		تنش کششی نهایی مصالح پیچ (F_u)	تنش تسلیم مصالح پیچ (F_y)
	ISO	ASTM		
پیچ‌های معمولی	-	A307	۴۰۰۰ kg/cm ^۲	۲۴۰۰ kg/cm ^۲
	4.6	-	۴۰۰۰ kg/cm ^۲	۲۴۰۰ kg/cm ^۲
	4.8	-	۴۲۰۰ kg/cm ^۲	۳۲۰۰ kg/cm ^۲
	5.6	-	۵۰۰۰ kg/cm ^۲	۳۰۰۰ kg/cm ^۲
	5.8	-	۵۲۰۰ kg/cm ^۲	۴۰۰۰ kg/cm ^۲
	6.8	-	۶۰۰۰ kg/cm ^۲	۴۸۰۰ kg/cm ^۲
پیچ‌های پرمقاومت	-	A325 d ≤ ۲۴ mm	۸۰۰۰ kg/cm ^۲	-
	-	A325 d > ۲۴ mm	۷۲۵۰ kg/cm ^۲	-
	-	A490	۱۰۰۰۰ kg/cm ^۲	-
	8.8	-	۸۰۰۰۰ kg/cm ^۲	-
	10.9	-	۱۰۰۰۰ kg/cm ^۲	-
	12.9	-	۱۲۰۰۰ kg/cm ^۲	-

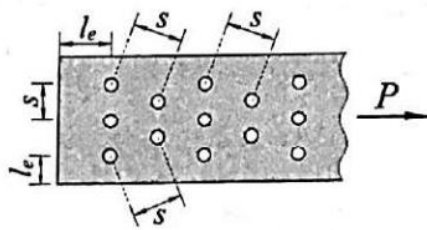
جدول ۳-۵ - ابعاد اسمی سوراخ پیچ برحسب میلی‌متر

ابعاد اسمی سوراخ (mm)				قطر پیچ (mm)
سوراخ لوبیایی بلند (طول × عرض)	سوراخ لوبیایی کوتاه (طول × عرض)	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
$(d_b + ۳) \times ۲ / \delta d_b$	$(d_b + ۳) \times (d_b + ۱۰)$	$d_b + ۸$	$d_b + ۳$	≥ M36

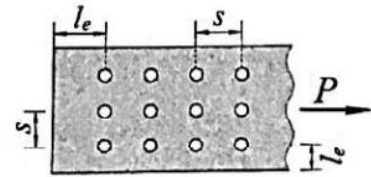


محدودیت ابعاد اسمی سوراخ‌ها و دامنه کاربرد آنها

۱. ابعاد حداکثر سوراخ پیچ‌ها باید مطابق جدول ۱۰-۹-۸ باشند.
۲. سوراخ‌های بزرگ شده فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز است.
۳. سوراخ لوبیایی کوتاه در تمام امتدادها در اتصالات اصطکاکی مجاز هستند ولی در اتصالات اتکایی، امتداد طولی سوراخ باید عمود بر امتداد نیرو باشد.
۴. سوراخ لوبیایی بلند فقط در امتداد عمود بر مسیر نیرو در اتصالات اتکایی 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.



ب - سوراخ‌های زیگزگی



الف - سوراخ‌ها عمود و موازی امتداد نیرو

۱- فواصل حداقل سوراخ‌ها از یکدیگر

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

۲- فواصل حداقل سوراخ‌ها از لبه

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

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

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

d_b = قطر اسمی پیچ

برای سوراخ‌های بزرگ شده و سوراخ‌های لوبیایی 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)

سوراخ بزرگ شده (mm)	سوراخ لوبیایی (mm)	
	عمود بر امتداد لبه	موازی با لبه
3mm	لوبیایی کوتاه	لوبیایی بلند
	5mm	$0.75d_b$

فواصل حداکثر 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 $L_e(max)$ حداکثر فاصله از مرکز هر سوراخ تا نزدیک‌ترین لبه‌ی قطعات در تماس برابر است با،

$$L_e(max) \leq \min(12t, 15 \text{ cm}) \quad (23-2)$$

۲- برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی شدید ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند $L_e(max)$ حداکثر فاصله از مرکز هر سوراخ تا نزدیک‌ترین لبه‌ی 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} حداکثر فاصله‌ی بین مرکز تا مرکز سوراخ‌ها چنین است،

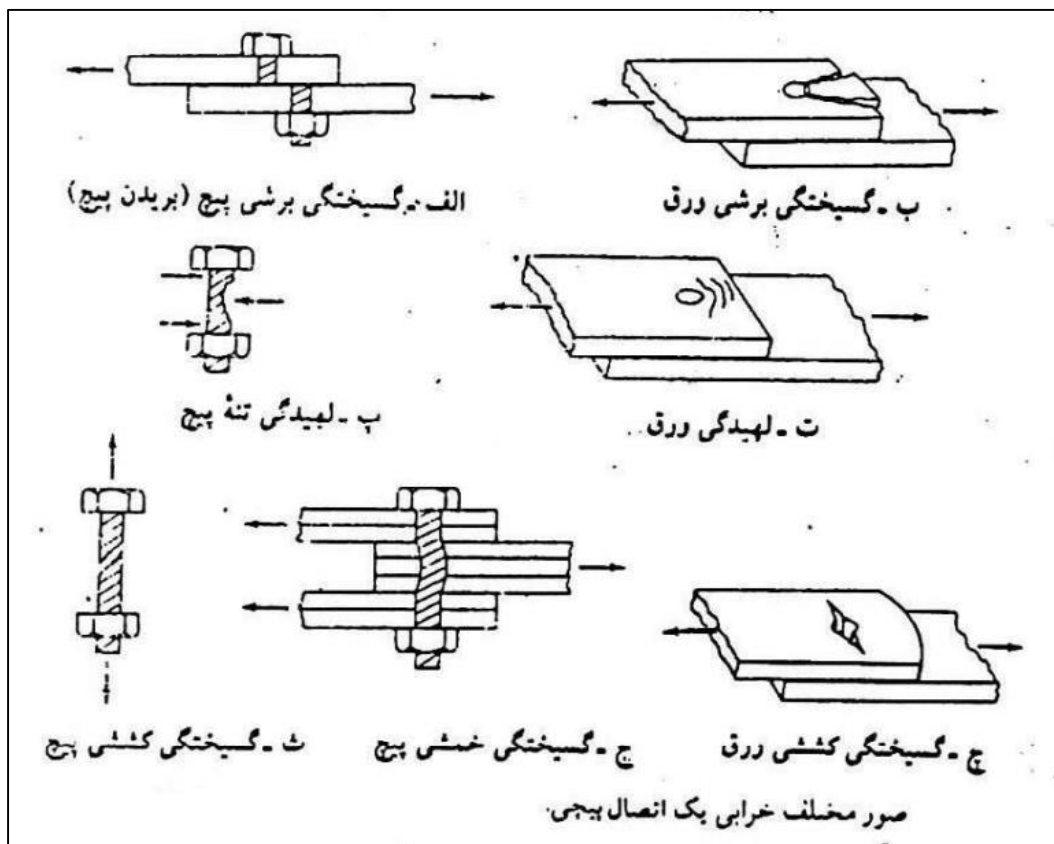
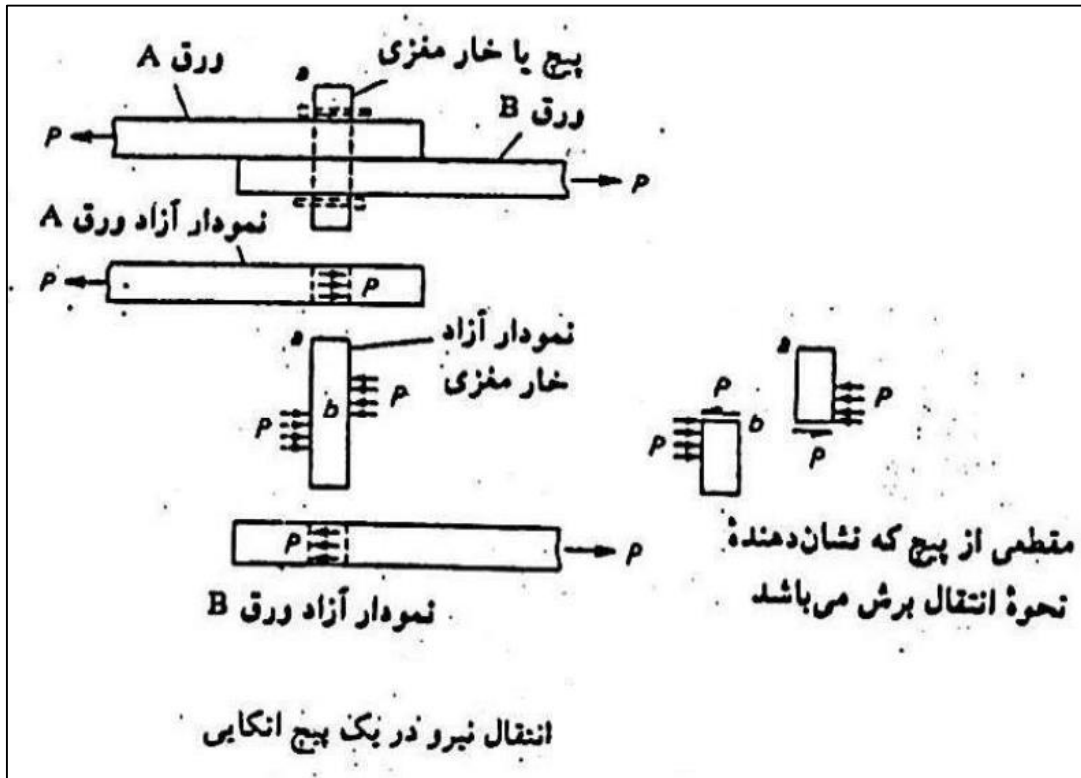
$$S_{max} \leq \min(24t, 30 \text{ cm}) \quad (25-3)$$

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 (۲۳-۲) الی (۲۶-۳)، t ضخامت نازک‌ترین قطعه‌ی متصل شونده است.

مقاومت اتصالات پیچی اتکایی



مقاومت برشی پیچ اتکایی

$$\text{مقاومت کششی طراحی} = \phi R_{nt} = \phi F_{nt} A_{ntb}$$

$$\text{مقاومت برشی طراحی} = \phi R_{nv} = \phi F_{nv} A_{nrb}$$

ϕ = ضریب کاهش مقاومت و مساوی ۰/۷۵ می باشد.

$$R_{nt} = \text{مقاومت کششی اسمی}$$

$$R_{nv} = \text{مقاومت برشی اسمی}$$

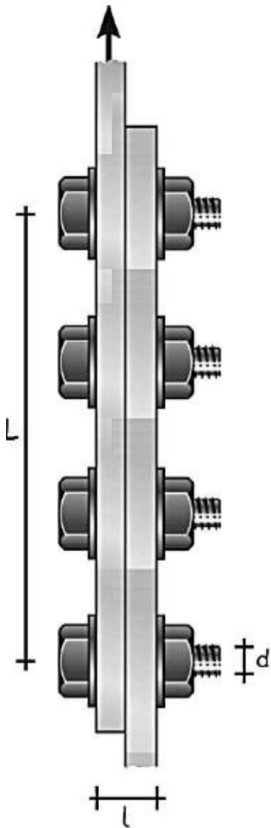
A_{nrb} = سطح مقطع اسمی وسیله اتصال (پیچ یا قطعه دندانه شده)

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)

تنش کششی اسمی (F_{nt})	تنش برشی اسمی (F_{nv}) در اتصالات اتکایی	نوع وسیله اتصال
$0.75F_u$ [۱],[۲]	$0.45F_u$ [۵],[۲],[۶]	پیچ های معمولی
$0.75F_u$ [۴]	$0.45F_u$ [۵]	پیچ های پر مقاومت در حالی که سطح برش از قسمت دندانه شده می گذرد
$0.75F_u$ [۴]	$0.55F_u$ [۵]	پیچ های پر مقاومت در حالی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی گذرد
$0.75F_u$ [۱],[۶]	$0.45F_u$	قطعه دندانه شده طبق مشخصات تعیین شده، در حالی که سطح برش از قسمت دندانه شده می گذرد
$0.75F_u$ [۱],[۶]	$0.55F_u$	قطعه دندانه شده طبق مشخصات تعیین شده، در حالی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی گذرد



یادداشت ها:

[۱] فقط بارگذاری استاتیکی

[۲] در پیچ های معمولی که طول گیره آنها (l) از ۵ برابر قطرشان (d) بیشتر است، مقادیر فوق باید به ازای هر ۲ میلی متر طول اضافی

$$r = 1 - 0.01x(l-5d)/2$$

ضریب کاهش

گیره، یک درصد کاهش داده شود.

[۳] قرار گرفتن دندانه ها در سطح برش مجاز است.

[۴] برای تنش کششی اسمی پیچ های پر مقاومت تحت اثر تنش کششی ناشی از خستگی به آئین نامه های معتبر بین المللی رجوع شود.

[۵] وقتی که فاصله اولین و آخرین پیچ در امتداد نیرو (L) از ۱۲۵۰ میلی متر تجاوز کند این مقادیر را باید ۲۰٪ کاهش داد.

[۶] مقاومت کششی اسمی ناحیه دندانه شده یک قطعه دندانه شده با حدیده توپی بر اساس سطح مقطع آن در قطر خارجی حدیده، A_D ،

باید از سطح مقطع اسمی تنه (قبل از ناحیه توپی) ضریب F_y بیشتر باشد.

مقاومت اتکایی در جداره سوراخ پیچ اتکایی

سه تابع دو عامل است {
 (۱) لهیدگی و تغییر شکل (تخم مرغی شدن) سوراخ
 (۲) بریدن (گسیختگی برش قالبی) - بین دو سوراخ
 - بین سوراخ و لبه
 }
 تعیین کننده است F_u و F_y

(۱) لهیدگی و تغییر شکل (تخم مرغی شدن) سوراخ
 برای حالتی مختلف (۲، ۲.۴، ۳)
 $f_p = \frac{P_p}{d \cdot t} \leq F_p = C \cdot F_u$
 تنش متوسط

با اعمال ضریب کاهش مقاومت:
 $P_p \leq C d t F_u$
 R_{nb}
 $P_p \leq \phi \cdot R_{nb}$

(۲) بریدن (گسیختگی برش قالبی)
 بین دو سوراخ
 بین سوراخ و لبه

با اعمال ضریب کاهش مقاومت:
 $\tau = \frac{P_p}{2 \times l_c \cdot t} \leq \tau_n = C' \cdot F_u$
 برای حالتی مختلف (۰.۵، ۰.۶، ۰.۷۵)
 $P_p \leq (2C') l_c \cdot t \cdot F_u$
 R_{ns}

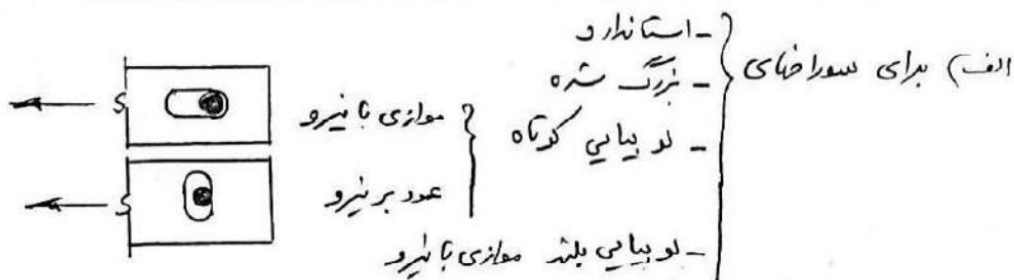
تذکره: در محاسبه l_c قطر واقعی سوراخ (d_h) براساس جدول ۱۰-۲-۹-۸ بکار می رود و نه $d_h + 2m$ قطر اسمی

جمع بندی: کنترل مقاومت اتکایی در جداره سوراخ پیچ:

$P_p \leq \phi \cdot R_{n1}$
 $R_{n1} = \text{Min} \begin{cases} R_{nb} & \text{لهیدگی} \\ R_{ns} & \text{برش} \end{cases}$

P_p = نیروی نهایی وارد بر جداره سوراخ (نیاز مقاومت اتکایی) تک سوراخ
 R_{n1} = مقاومت اتکایی اسمی تک پیچ (تک سوراخ)
 $\phi = 0.75$ ضریب کاهش مقاومت

تعیین مقاومت انکابی برابر با $AISC$ و بحث بر مبنای مقررات ملی ایران



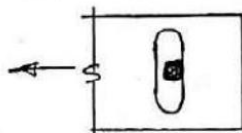
$$R_{n1} = \text{Min} \begin{cases} R_{nb} = 2.4 d t F_u \\ R_{ns} = 1.2 l_c t F_u \end{cases}$$

۱) اگر تغییر شکل سوراخ پیچ تحت بار سرد منجر به محدودیت طراحی باشد:

$$R_{n1} = \text{Min} \begin{cases} R_{nb} = 3.0 d t F_u \\ R_{ns} = 1.5 l_c t F_u \end{cases}$$

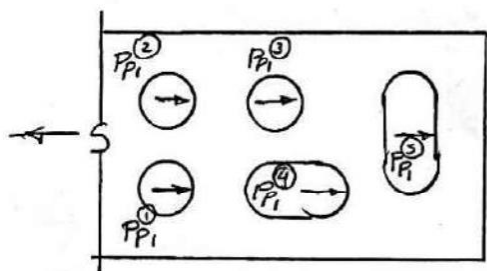
۲) اگر تغییر شکل سوراخ پیچ تحت بار سرد منجر به محدودیت طراحی نباشد:

در حالت ۱ و ۲ در آیین نامه $AISC$ آمده است. اما در بحث ۱۰ بدون ذکر اینکه تغییر شکل سوراخ پیچ تحت بار سرد منجر به محدودیت طراحی باشد یا نباشد، فقط حالت (۱) را ذکر کرده که محافظه کارانه تر است.



ب) برای سوراخهای لوابیایی بلند که عمود بر نیرو است.

$$R_{n1} = \text{Min} \begin{cases} R_{nb} = 2.0 d t F_u \\ R_{ns} = 1.0 l_c t F_u \end{cases}$$



برای کنترل مقاومت انکابی اتصال دو روکری در وجود ردیف ۱

۱) روکری محافظه کارانه: در این شیوه تک تک سوراخها به کنترل شود و

در واقع بحرانی ترین سوراخ کنترل کننده طرح است:

$$P_i^{(i)} \leq \phi R_{n1}^{(i)} \quad \text{for } i=1, 2, \dots$$

۲) روکری واقعی و اقتصادی تر: در این روش مجموع نیروهای نهایی وارده بر چهار سوراخ (مجموع نیازمندی است انکابی سوراخها)

با مجموع مقاومت انکابی طرح همه سوراخها کنترل می شود:

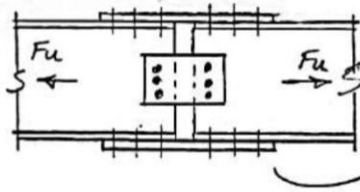
$$\sum_{i=1} P_i^{(i)} \leq \phi \sum_{i=1} R_{n1}^{(i)}$$

مقاومت کششی اعضای اتصال

I مقاومت کششی اعضا در بجا بردن ناچسب اتصال

مراجعه شود به فصل طرح اعضای کششی، سازه های فولادی ۱.
 کنترل تسلیم: $P_u \leq \phi_t \cdot R_{n1}$
 کنترل سستی: $P_u \leq \phi_t \cdot R_{n2}$
 که 0.75 $F_u \cdot A_e$, $A_e = U \cdot A_n$, $A_n = A_g - \text{سوراخ} + \sum \frac{s^2}{4g}$

مطالب تکمیلی:



۱) در مورد ورق های وصل splice plate

$$A_g = b \cdot t$$

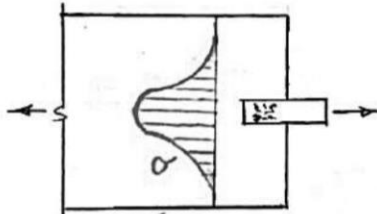
$$A_n = A_g - \text{سوراخ} + \sum \frac{s^2}{4g} t$$

$$A_e = \text{Min} \begin{cases} A_n \\ 0.85 A_g \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_u \leq \phi_t \cdot R_{n1} & , R_{n1} = F_y \cdot A_g \\ P_u \leq \phi_t \cdot R_{n2} & , R_{n2} = F_u \cdot A_e \end{cases}$$

۲) در مورد ورق های اتصال Gusset plate

مقدمه: کل عرض ورق در انتقال نیرو به رگت نمی‌کند و توزیع تنش به صورت کینوات نیست.

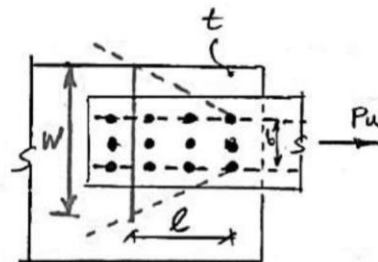
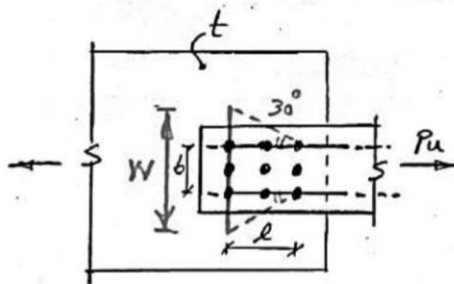


توزیع تنش کششی

روش پیشنهادی "ویتور" Whitmore:

در این روش فقط بخشی از عرض ورق در تحمل نیرو بعنوان عرض موثر در نظر گرفته شده و توزیع تنش در آن کینوات فرض می‌شود.

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



کنترل تسلیم: $P_u \leq \phi_t \cdot R_{n1}$, $\phi_t = 0.9$ و $R_{n1} = F_y \cdot A_g$ $\rightarrow A_g = W \cdot t$

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

کنترل سستی: $P_u \leq \phi_t \cdot R_{n2}$, $\phi_t = 0.75$, $R_{n2} = F_u \cdot A_e$ $\rightarrow A_e = \text{Min} \begin{cases} A_n \\ 0.85 A_g \end{cases}$

مقاومت برشی اعضای اتصال

II) مقاومت برشی اعضا در مهارت نامعین اتصال

$$\begin{cases} V_u \leq \phi_t \cdot R_{n1} & \text{د } \phi_t = 1.0 \text{ و } R_{n1} = 0.6 F_y \cdot A_{gv} \\ V_u \leq \phi_t \cdot R_{n2} & \text{د } \phi_t = 0.75 \text{ و } R_{n2} = 0.6 F_u \cdot A_{nv} \end{cases}$$

$$A_{nv} = A_{gv} - \text{سماپنا} + 2 \frac{S^2}{4g} t$$

- حالت جدی تسلیم برشی روی مقطع میخ‌ها (کلی)

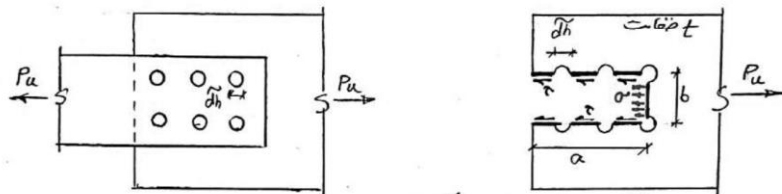
- حالت جدی گسیختگی برشی روی مقطع خاص

$$\text{مقطع} = A_{gv} \text{ مقطع کل تحت برش}$$

$$\text{مقطع} = A_{nv} \text{ مقطع خاص تحت برش}$$

مقاومت برش قالبی اعضای اتصال

III) مقاومت برش قالبی Block shear



$$A_{nt} = \text{مقطع تحت کشش خالص} = (b - 2 \frac{d_h}{2}) t$$

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

$$\begin{cases} A_{gt} = \text{مقطع تحت کشش کل} = b \times t & \text{و } A_{nt} = A_{gt} - \text{سماپنا} = A_{gt} - 2 \frac{d_h}{2} \times t \\ A_{gv} = \text{مقطع تحت برش کل} = 2at & \text{و } A_{nv} = A_{gv} - \text{سماپنا} = A_{gv} - 2 \frac{1}{2} d_h \times t \times 2 \end{cases}$$

$$P_u \leq \phi R_n \quad \phi = 0.75 \quad R_n = \text{Min} \begin{cases} R_{n1} = 0.6 F_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt} \\ R_{n2} = 0.6 F_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt} \end{cases}$$

$$U_{bs} = \begin{cases} 1.0 & \text{سه تنش بی‌ظرفت کشش} \\ 0.5 & \text{سه تنش زیر ظرفت کشش} \end{cases} \text{ شکل (۱۰-۱-۱۰)}$$

مقاومت فشاری اعضای اتصال

IV) مقاومت تحت برش در نامعین اتصال

- برای ورق اتصال از همان فرض موثر و دستور برای طراحی استفاده می‌شود. که جزئیات آن در شکل زیر ارائه می‌شود.

- ضریب طول موثر K برای تعیین لافری مورد احتیاج نظر می‌گردد. که توضیح آن در تفسیر ۲۰۱۵-۲۰۱۶ AISC آمده است.

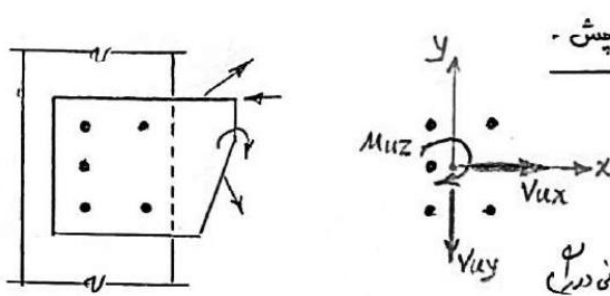
شماره ۲۴ C ۱۵۵ بر اساس دوم (آئین نامه اتصالات دینامیکی فولادی) ضریب $K=1.2$ را پیشنهاد داده که باید محافظه کارانه است.

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

صیحت ۱۰ : بند (۱-۲-۹-۴-۴)

$$\begin{cases} P_u \leq \phi P_n & \text{اگر } \lambda \leq 25 \quad \leftarrow \text{کمانش اتفاق نمی‌افتد و حالت بحرانی کنترل برش است} \\ \phi = 0.9 \quad P_n = F_y \cdot A_g \quad A_g = w \cdot t \end{cases}$$

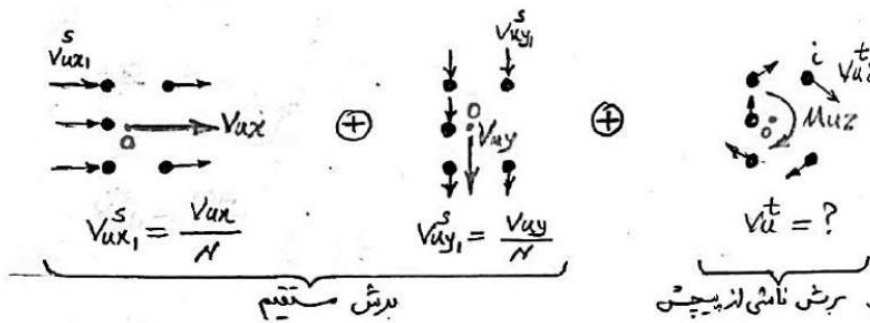
$$\begin{cases} P_u \leq \phi P_n & \text{اگر } \lambda > 25 \quad \leftarrow \text{حالت بحرانی نشیءه کنترل شود} \\ \phi = 0.9 \quad P_n = F_{cr} \cdot A_g \quad A_g = w \cdot t \quad F_{cr} = \text{تنش بحرانی عضو تحت برش} \end{cases}$$



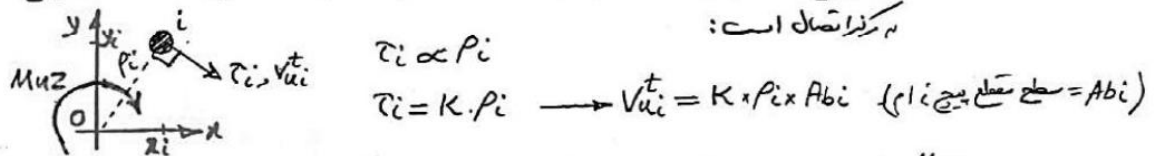
انحالات انکلیبی تحت برش مستقیم + برش ناشی از پیچش

- فرضیات: صفا اتصال صلب است.
- مصالح ویج الاستیک - پلاستیک است.
- در صورتی که تغییر برای تعیین برش ناشی از پیچش
- و عدد دلدو 1- در صورت الاستیک (مرکز ثقل در مرکز)
- برابر سه در صورت (1) مطالب زیر ارائه می شود.

ابتها نه نیروها را در دو بر اتصال به مرکز اتصال (مرکز سطح ویجها) منتقل می شود. بر اساس اصل جمع آثار شکل 10



مسئله با روش الاستیک، با فرض رفتار الاستیک مصالح ویج، با فرض اینکه تنش برش ایجاد شده در ویجها متناسب با فاصله آن با مرکز اتصال است و راستای آن عمود بر خط مماس مقل کننده ویج به مرکز اتصال است:

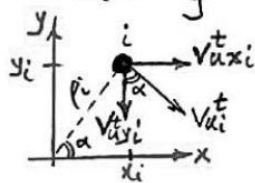


$$\tau_i \propto p_i \quad \tau_i = K \cdot p_i \rightarrow V_{ut} = K \cdot p_i \times A_{bi} \quad (\text{مساحت سطح ویج } i = A_{bi})$$

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

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

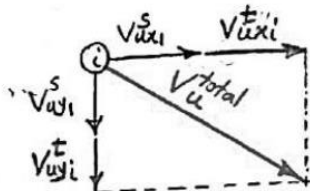
$$V_{ut} = \frac{p_i}{J} \times M_{uz}, \quad J = \int p_i^2 = \int (x_i^2 + y_i^2)$$



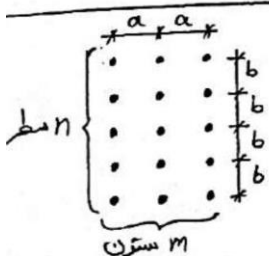
$$\sin \alpha = y_i/p_i \quad \text{و} \quad \cos \alpha = x_i/p_i$$

$$\left. \begin{aligned} V_{uxi} &= V_{ut} \times \sin \alpha = \frac{p_i}{J} M_{uz} \times \frac{y_i}{p_i} \\ V_{uyi} &= V_{ut} \times \cos \alpha = \frac{p_i}{J} M_{uz} \times \frac{x_i}{p_i} \end{aligned} \right\} \rightarrow \begin{cases} V_{uxi} = \frac{y_i}{J} M_{uz} \\ V_{uyi} = \frac{x_i}{J} M_{uz} \end{cases}$$

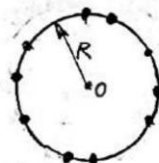
مسئله برآیند نیروهای برشی ناشی از برش مستقیم و برش ناشی از پیچش:



$$V_{total} = \sqrt{(V_{ux1} + V_{uxi})^2 + (V_{uy1} + V_{uyi})^2}$$



$$J = \frac{mn}{12} (b^2(n^2-1) + a^2(m^2-1))$$



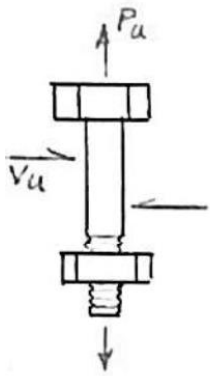
$$J = n \cdot R^2$$

آرایش مستطقی، مرکز سطح ویجها در مرکز سطح مستطقی است.

n = تعداد ویجها

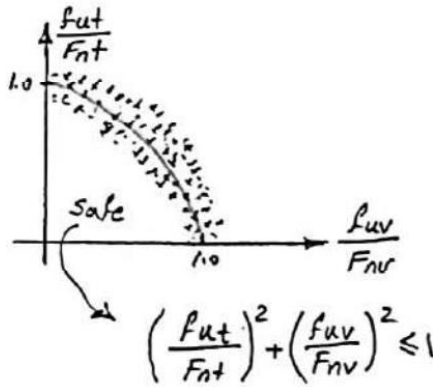
نکته J برای حالت خاص

اتصال انقباضی تحت اثر همزمان برش و کشش



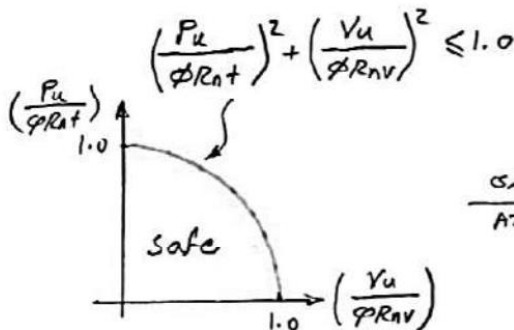
d_b
 $A_{nb} = A_b = \frac{\pi}{4} d_b^2$

تنگش کشش موجود: $f_{ut} = \frac{P_u}{A_{nb}}$
 تنش برش موجود: $f_{uv} = \frac{V_u}{A_{nb}}$



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

با اعمال ضریب ایمنی مقادیر $\phi = 0.75$



ماده ۱۳.۱
 AISC

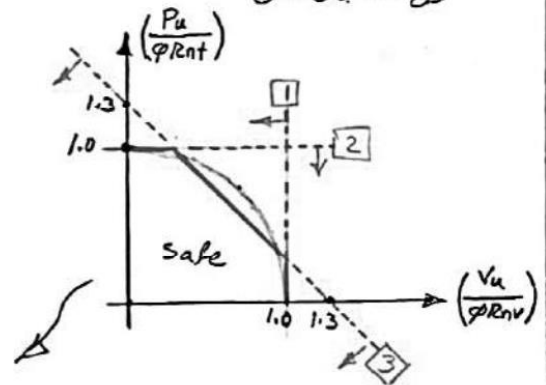
نتایج آزمایش بیخ تحت اثر همزمان برش و کشش:

مقدار کشش خالص: مقادیر کشش ایمنی $F_{nt} = 0.75 F_u$
 مقدار برش خالص: مقدار برش ایمنی $F_{nv} = \begin{cases} 0.45 F_u \\ 0.55 F_u \end{cases}$

با تقریب خوب میتوان یک دایره در نظر گرفت:

با ضرب صورت و مخرج کسر ها در A_{nb} داریم:

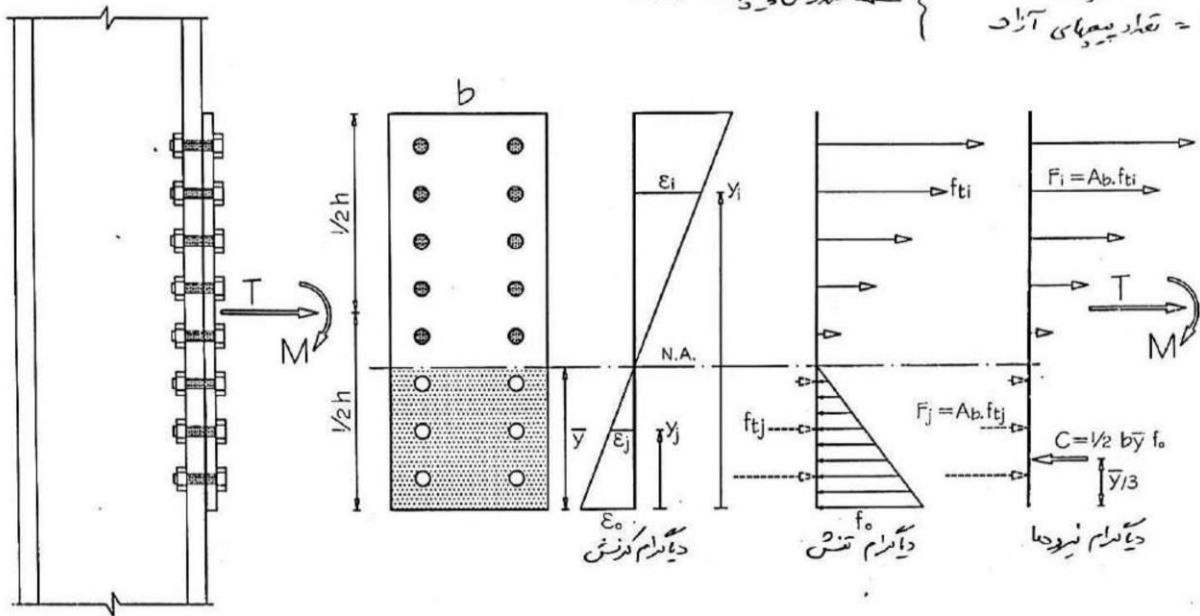
مقدار کشش ایمنی: $R_{nt} = F_{nt} \cdot A_{nb}$
 بیخ تحت کشش خالص
 مقدار برش ایمنی: $R_{nv} = F_{nv} \cdot A_{nb}$
 بیخ تحت برش خالص



- ۱ کنترل برش خالص: $\left(\frac{V_u}{\phi R_{nv}}\right) \leq 1.0$
- ۲ کنترل کشش خالص: $\left(\frac{P_u}{\phi R_{nt}}\right) \leq 1.0$
- ۳ کنترل اثر همزمان کشش و برش: $\left(\frac{V_u}{\phi R_{nv}}\right) + \left(\frac{P_u}{\phi R_{nt}}\right) \leq 1.3$

اصولات پیچ غیر اصطکاکی تحت اثر نیروی محوری کششی + لنگر

$n + n' =$ تعداد کل پیچها $\left\{ \begin{array}{l} n = \text{تعداد پیچهای تحت کشش} \\ n' = \text{تعداد پیچهای آزاد} \end{array} \right.$



با توجه به دایگرام کرنش $\rightarrow \epsilon_i = \left(\frac{y_i}{\bar{y}} - 1\right) \epsilon_o$ و $\epsilon_j = \left(1 - \frac{y_j}{\bar{y}}\right) \epsilon_o$
 با توجه به دایگرام تنش $\rightarrow f_o = E \cdot \epsilon_o$ و $f_{ti} = E \cdot \epsilon_i = E \epsilon_o \left(\frac{y_i}{\bar{y}} - 1\right) = f_o \left(\frac{y_i}{\bar{y}} - 1\right)$ و $f_{tj} = f_o \left(1 - \frac{y_j}{\bar{y}}\right)$

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

$T = f_o \left\{ A_b \left[\frac{1}{\bar{y}} \sum y_i - (n - n') - \frac{1}{\bar{y}} \sum y_j \right] - \frac{1}{2} b \bar{y} \right\}$ (1)

مقررات داد: $y_1 = \sum_{i=1}^n y_i$, $y_1' = \sum_{j=1}^{n'} y_j$, $y_2 = \sum_{i=1}^n y_i^2$, $y_2' = \sum_{j=1}^{n'} y_j^2$ و $e = \frac{M}{T}$ (میان محوری)

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

$M + T \left(\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3}\right) = f_o \cdot A_b \left\{ \frac{1}{\bar{y}} y_2 - \frac{4}{3} y_1 + \frac{n}{3} \bar{y} - \frac{1}{\bar{y}} y_2' + \frac{4}{3} y_1' - \frac{n'}{3} \bar{y} \right\}$ (2)

(2) ÷ (1) \Rightarrow

$\left[\frac{b}{6}\right] \bar{y}^3 + \left[-\frac{b}{2} \left(e + \frac{h}{2}\right)\right] \bar{y}^2 + \left[-(n - n') \left(e + \frac{h}{2}\right) + (y_1 - y_1')\right] A_b \bar{y} + \left[\left(e + \frac{h}{2}\right) (y_1 - y_1') - (y_2 - y_2')\right] A_b = 0$ (*)

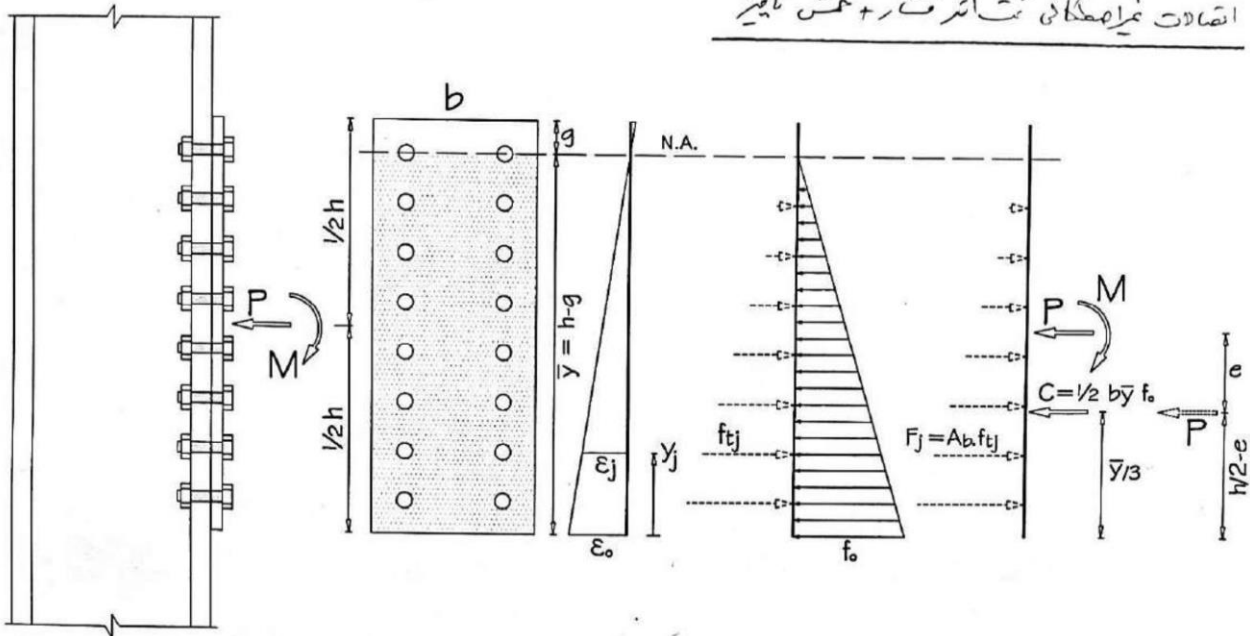
حل (*) \rightarrow \bar{y} نسبت به e باید با یک کنترل شود که در معده ده پیش فرض اولین مقررات در.

$\bar{y} = \bar{y} \begin{cases} \textcircled{1} & f_o = \frac{T}{A_b \left[\frac{1}{\bar{y}} (y_1 - y_1') - (n - n') \right] - \frac{1}{2} b \bar{y}} \\ \textcircled{2} & f_o = \frac{M + T \left(\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3}\right)}{A_b \left\{ \frac{1}{\bar{y}} (y_2 - y_2') - \frac{4}{3} (y_1 - y_1') + \frac{\bar{y}}{3} (n - n') \right\}} \end{cases}$

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

تذکره: اگر کل ضربه زدن ستون بلبه ستون (مقررات) شرایط ۷۶ بول استاندارد نیست

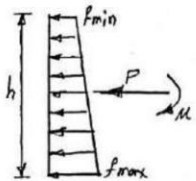
اتصالات غیراصحکافی تحت اثر ثقل + خمش نامیزه



حالت اول) هیچکدام از نقاط منفه از روی ستون بلند نمی شود ← هیچیک از پیچها تحت اثر کشش قرار نمی گیرد. $(e < h/6)$
 با چشم پوشی از اثر سوراخها بر تکان نوشت:

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

$A = b \cdot h$, $e = \frac{M}{P}$



در این حالت مدار کشش تماس با ستون است از:

$$f_{min} = \frac{P}{A} \left(1 - \frac{6e}{h} \right)$$

حالت دوم) بخشی از منفه تا اولین ردیف پیچ از روی ستون بلند می شود ← هیچیک از پیچها تحت اثر کشش قرار نمی گیرد
 با توجه به شکل بالا اگر فاصله بالای منفه تا اولین ردیف پیچ برابر 'g' فرض شود، با چشم پوشی از وجود سوراخها بر تکان نوشت:

برای رعایت شرط تعادل $\sum F_x = 0$ از سمت چپ نیروی P برابر و طایفه ایی نقطه اثر داشته:

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

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

$$\bar{y}_3 = \frac{h}{2} - e \rightarrow \frac{h-g}{3} = \frac{h}{2} - e \Rightarrow e = \frac{h}{6} + \frac{g}{3}$$

جمع بندی: $e = M/P$

حالت سوم) اگر $e > (\frac{h}{6} + \frac{g}{3})$ ← بستن از منفه از روی ستون بلند می شود و ردیفهای از پیچها به کشش می افتند.

حالت اول) اگر $(\frac{h}{6} + \frac{g}{3}) \geq e > \frac{h}{6}$ ← بخشی از منفه از روی ستون بلند می شود ولی هیچیک از پیچها به کشش نمی افتند و در این حالت:

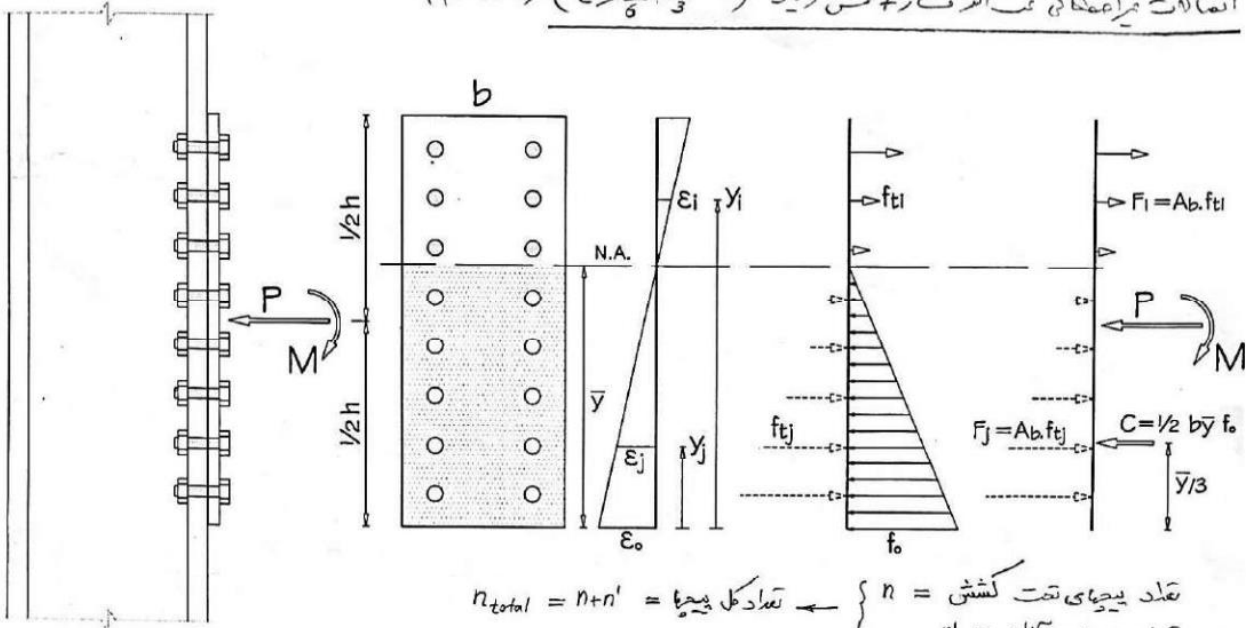
حالت دوم) اگر $e > \frac{h}{6} + \frac{g}{3}$ ←

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

حالت اول) اگر $e \leq \frac{h}{6}$ ← هیچیک از نقاط منفه از روی ستون بلند نمی شود و در این حالت:

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

انقلاط فراموشگانه تحت اثر فشار و تنش زیاد ($e > \frac{h}{6} + \frac{g}{3}$) (بدون رسم)



$n_{total} = n + n' =$ تعداد کل میخها $\left\{ \begin{array}{l} n = \text{تعداد میخهای تحت کشش} \\ n' = \text{تعداد میخهای آزاد} \end{array} \right.$

مقادیر ما: $e = \frac{M}{P}$ و $Y_2 = \sum_{j=1}^{n'} z_j^2$ و $Y_1 = \sum_{i=1}^n z_i^2$ و $Y_2' = \sum_{j=1}^{n'} z_j$ و $Y_1' = \sum_{i=1}^n z_i$

با توجه به تغییر کرنش $\epsilon_i = (\frac{y_i}{\bar{y}} - 1) \epsilon_o$ و $\epsilon_j = (1 - \frac{z_j}{\bar{y}}) \epsilon_o$

با توجه به برابری تنش $f_o = E \cdot \epsilon_o$ ، $f_{ti} = E \epsilon_o = E \epsilon_o (\frac{y_i}{\bar{y}} - 1) = f_o (\frac{y_i}{\bar{y}} - 1)$ و $f_{tj} = f_o (1 - \frac{z_j}{\bar{y}})$

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

$-P = f_o \left\{ A_b \left[\frac{1}{\bar{y}} (Y_1 - Y_1') - (n - n') \right] - \frac{1}{2} b \bar{y} \right\}$ (1)

توازن گزینشی حول نقطه A $\rightarrow M - P \left(\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3} \right) = \sum_{i=1}^n F_i \left(z_i - \frac{\bar{y}}{3} \right) + \sum_{j=1}^{n'} F_j \left(z_j - \frac{\bar{y}}{3} \right) \Rightarrow$

$M - P \left(\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3} \right) = f_o \cdot A_b \left\{ \frac{1}{\bar{y}} (Y_2 - Y_2') - \frac{4}{3} (Y_1 - Y_1') + \frac{\bar{y}}{3} (n - n') \right\}$ (2)

(2) ÷ (1) \Rightarrow

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

با حل (*) \bar{y} بدست می آید (باید کنترل نمود \bar{y} در محدوده پیش فرض اولیه مقرر شود.)

$\bar{y} = v$ $\begin{cases} \textcircled{1} f_o = \frac{-P}{A_b \left[\frac{1}{\bar{y}} (Y_1 - Y_1') - (n - n') \right] - \frac{1}{2} b \bar{y}} \\ \textcircled{2} f_o = \frac{M - P \left(\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3} \right)}{A_b \left\{ \frac{1}{\bar{y}} (Y_2 - Y_2') - \frac{4}{3} (Y_1 - Y_1') + \frac{\bar{y}}{3} (n - n') \right\}} \end{cases}$

$f_{ti} = \left(\frac{y_i}{\bar{y}} - 1 \right) \times f_o \rightarrow f_{tmax} = \left(\frac{y_{max}}{\bar{y}} - 1 \right) f_o \rightarrow P_{u,max} = f_{tmax} \times A_b$

ملاحظه که رابطه مورد روابط مانند انقلاط تحت اثر کشش و فشرش است با این تفاوت که و

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

حالت خاص: تحت تنش خالص ($P=0$)

با توجه به رابطه ①

$$A_b \left[\frac{1}{3} (Y_2 - Y_1) - (n - n') \right] - \frac{1}{2} b \bar{y} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} b \bar{y}^2 + A_b (n - n') \bar{y} - A_b (Y_2 - Y_1) = 0 \quad (*) \rightarrow \bar{y} = \frac{-A_b (n - n') + \sqrt{A_b^2 (n - n')^2 + 2b A_b (Y_2 - Y_1)}}{b}$$

این رابطه مورد استفاده قرار دارد. (معمولاً برای محاسبه اولیه $\bar{y} \approx \frac{h}{3} \sim \frac{h}{7}$)

$$M = f_0 A_b \left\{ \frac{1}{3} (Y_2 - Y_1) - \frac{4}{3} (Y_1 - Y_1') + \frac{\bar{y}}{3} (n - n') \right\}$$

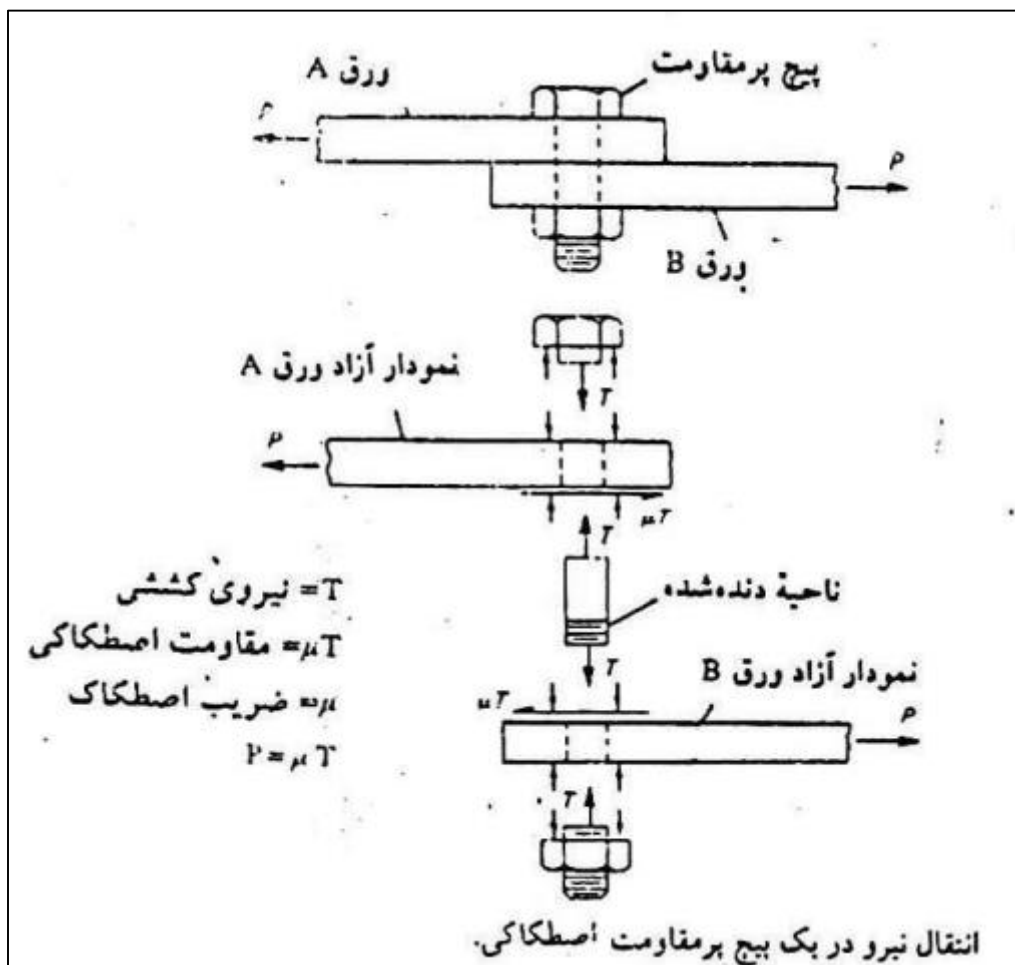
با توجه به رابطه ②

$$f_0 = \frac{M}{A_b \left\{ \frac{1}{3} (Y_2 - Y_1) - \frac{4}{3} (Y_1 - Y_1') + \frac{\bar{y}}{3} (n - n') \right\}}$$

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

$$P_{max} = f_{tmax} \times A_b$$

مقاومت اتصالات پیچی اصطکاکی



$T =$ نیروی کششی
 $\mu T =$ مقاومت اصطکاکی
 $\mu =$ ضریب اصطکاک
 $P = \mu T$

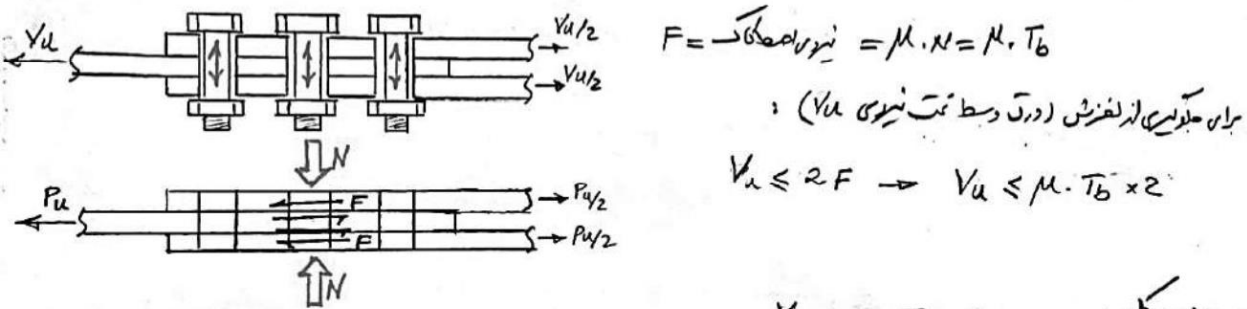
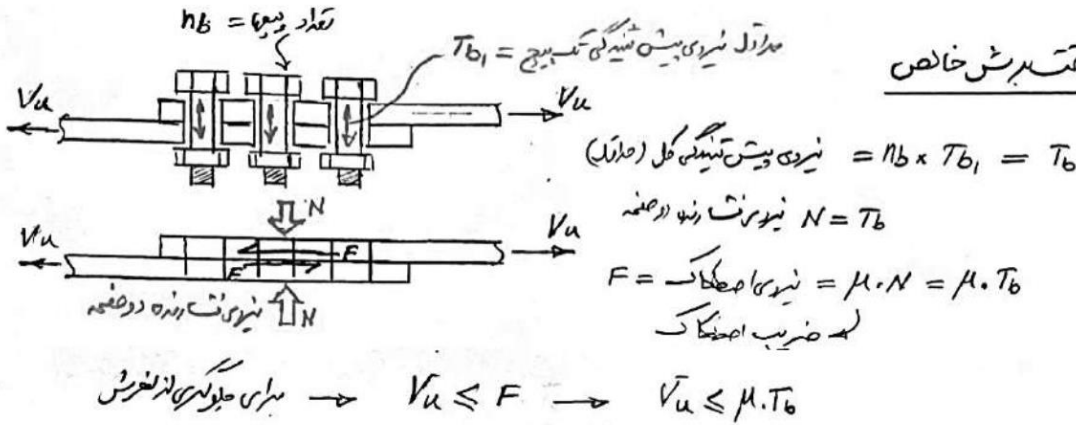
جدول ۱۰-۲-۹-۷ حداقل نیروی پیش تنیدگی در اتصالات اصطکاکی (T_b)

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

اتصالات اصطکاکی (Slip-critical)

تذکره مهم: کلیه اتصالات اصطکاکی باید علاوه بر رعایت ضوابط مربوطه آنها، بصورت غیر اصطکاکی (آکواب) نیز طبع (کنترل) شوند.

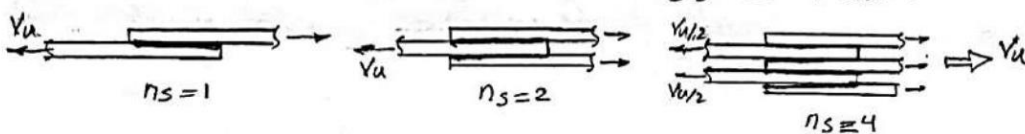
اتصالات اصطکاکی تحت برش خالص



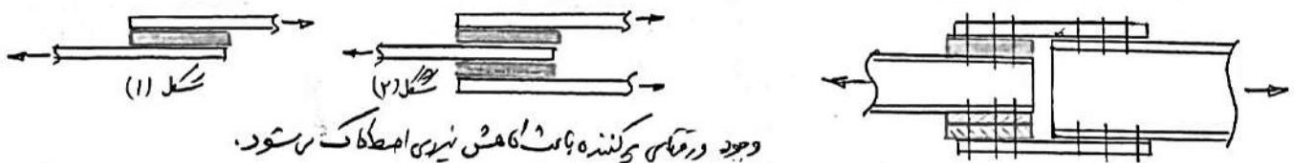
در حالت کلی:

$V_u \leq \mu \times T_b \times n_s$

تعداد صفحات لغزش.



در بعضی موارد به دلیل اجزای از صفحات (در سوراخ) پرکننده Filler plates استفاده می شود.



تذکره: در صورتی تعداد صفحات لغزش (n_s) در قطعی پرکننده را نباید در نظر گرفت. بنا بر این در شکل (۱) و $n_s = 1$ و در شکل (۲) $n_s = 2$ می باشد.

نیروی شارژده $N = T_b = n_b \times T_{b1}$ باید نظر گرفتن حداقل نیروی پیش تنبیدی محاسب گردد. در حالتی که در یک اتصال با تعدادی پیچ (n_b) از نظر آماری بعضی از پیچها نیروی پیش تنبیدی بیش از T_{b1} دارند. نتایج تجربی نشان می دهد:

$P_u = \frac{\text{نیروی پیش تنبیدی متوسط پیچها}}{\text{حداقل}} = 1.13$

بنابراین برای کنترل لغزش بصورت زیر اصلاح می شود:

$V_u \leq \mu \cdot P_u \times T_b \times n_s$

ضوابط AISC ریب ۱۰ برای کنترل اتصالات اصطکاکی تحت برش

$V_u \leq \phi R_{nv}$
 ↓ ضریب کاهش مقاومت
 ← مقاومت برش اساسی

$\phi = \begin{cases} 1.0 & \text{برای سوراخ استاندارد و لوبیایی کوتاه عمود بر نیرو} \\ 0.85 & \text{برای سوراخ بزرگ شده و لوبیایی کوتاه موازی نیرو} \\ 0.7 & \text{برای سوراخ لوبیایی بلند} \end{cases}$

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

$\mu = \begin{cases} 0.3 & \text{وضعیت سطحی کلاس A} \\ 0.5 & \text{وضعیت سطحی کلاس B} \end{cases}$

سطح فلز در تیز درنگ نشده → وضعیت سطحی کلاس A

سطح تیز شده با عدم بازش درنگ نشده → وضعیت سطحی کلاس B

$h_f = \begin{cases} 1.0 & \text{ضریب کاهش بکار وجود ورق پرکننده} \\ 0.85 & \text{وجود ورق پرکننده} \end{cases}$

بدون ورق پرکننده یا فقط با یک ورق پرکننده

دو یا چند ورق پرکننده

$T_b = n_b \times T_{b1}$ و $n_b =$ تعداد کل پیچها
 $T_{b1} =$ تکیه تک پیچ
 (۴-۴) و (۳-۴-۱۰) و (۷-۹-۲-۱-۱) (۴-۴-۱۰-۴)

n_s تعداد صفحات لغزشی

تذکره: سید مربوط به کنترل اتصالات اصطکاکی را بر توان با هر دو تکرار حل کرد:

تکرار اول: کل پیچها با کل نیرو V_u در نظر گرفته شود:
 $\begin{cases} V_u \leq \phi R_{nv} \\ R_{nv} = \mu \cdot P_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \quad \text{و} \quad T_b = n_b \times T_{b1} \quad \text{و} \quad n_b = \text{تعداد کل پیچها} \end{cases}$

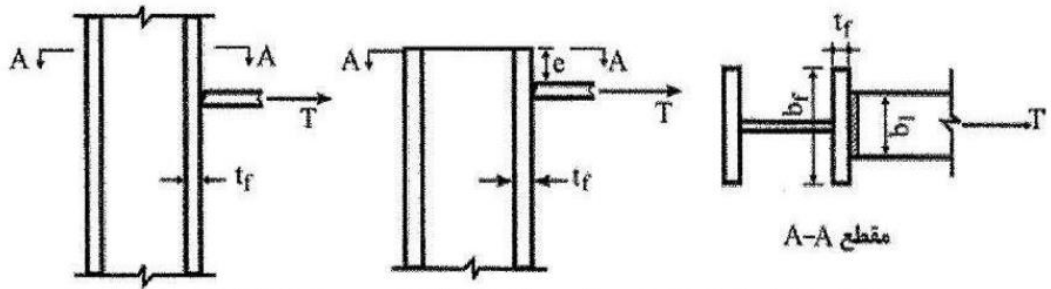
تکرار دوم: تک پیچ رسم نیروی تک پیچ V_{u1} در نظر گرفته شود:

$\begin{cases} V_{u1} = \frac{V_u}{n_b} \quad \text{تکیه تک پیچ} \\ V_{u1} \leq \phi R_{nv1} \\ R_{nv1} = \mu \cdot P_u \cdot h_f \cdot T_{b1} \cdot n_s \end{cases}$

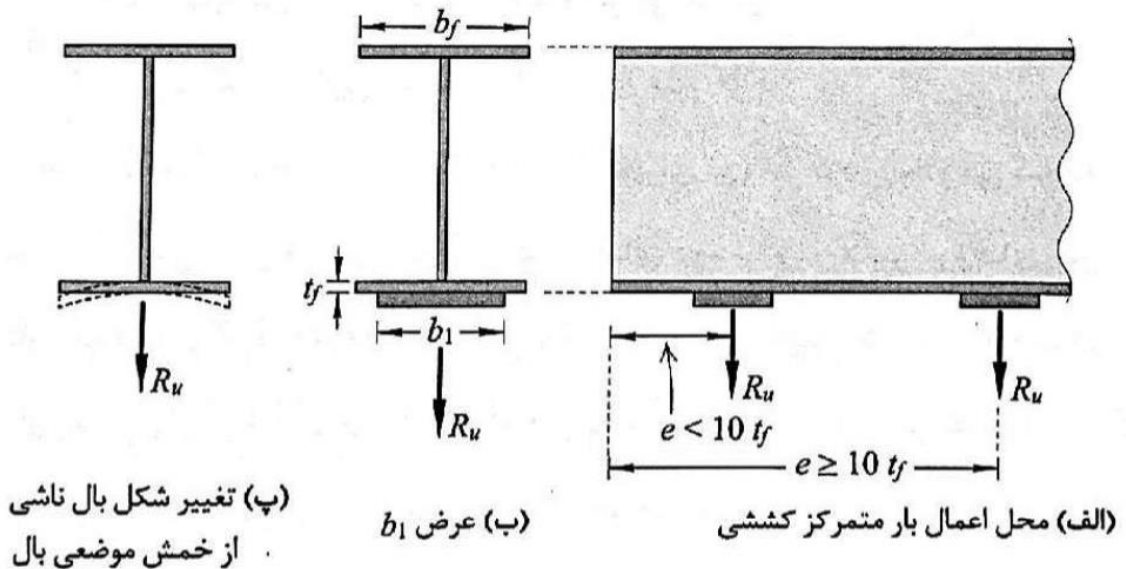
کنترل‌های ویژه برای نیروهای متمرکز

۱۰-۲-۹-۱۰-۱ خمش موضعی بال در مقابل نیروی متمرکز کششی

الزامات این بند برای هر دو حالت نیروی کششی متمرکز تکی و مولفه کششی زوج نیروی متمرکز کاربرد دارد (شکل ۱۰-۲-۹-۱۰).



شکل ۱۰-۲-۹-۱۰ خمش موضعی بال در مقابل نیروی متمرکز کششی



مقاومت طراحی خمش موضعی بال در مقابل نیروی متمرکز کششی مساوی ϕR_n می‌باشد که در

آن ϕ ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۹ و R_n مقاومت اسمی طبق رابطه زیر می‌باشد.

$$R_n = 6.25 F_{yf} t_f^2 \quad \phi = 0.90 \quad (۲۳-۹-۲-۱۰)$$

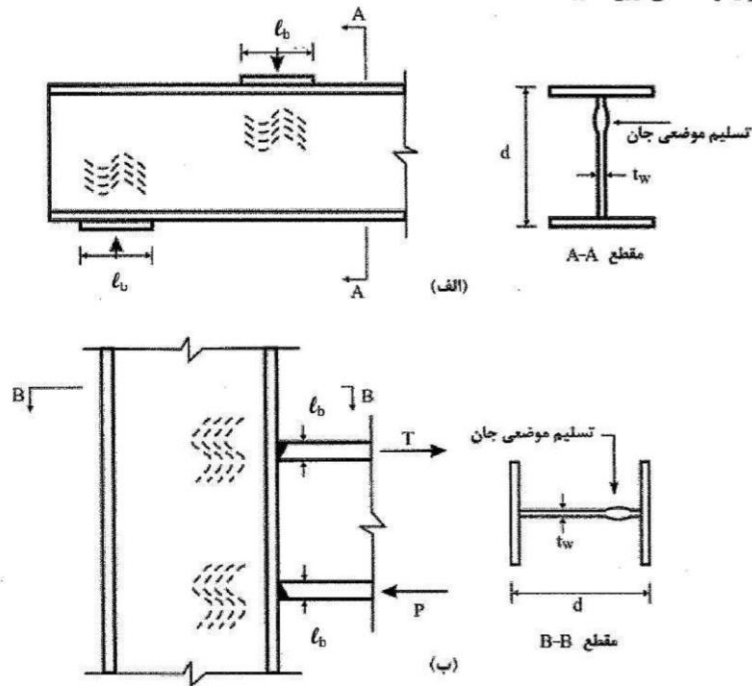
که در آن: t_f ضخامت بال تحت نیروی کششی و F_{yf} تنش تسلیم بال

R_n = مقاومت اسمی با اعمال محدودیت‌های زیر:

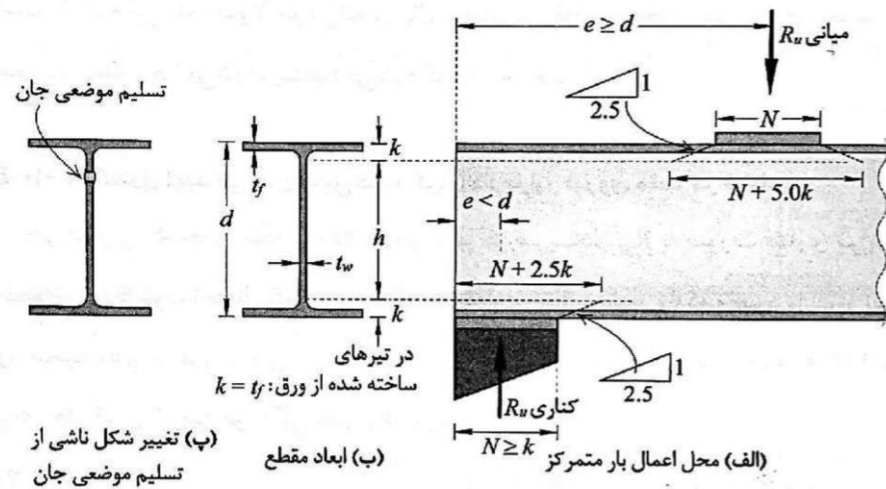
۱- در صورتی که طول بارگذاری شده در امتداد پهنای بال (b_1)، کوچکتر از $0.15 b_f$ باشد، بررسی رابطه ۲۳-۹-۲-۱۰ الزامی نیست.

۲- در صورتی که نیروی کششی در فاصله‌ای کمتر از $1.0 t_f$ از انتهای عضو اثر نماید ($e < 1.0 t_f$)، مقدار R_n حاصل از رابطه ۲۳-۹-۲-۱۰ باید ۵۰ درصد کاهش یابد.

۲-۱۰-۹-۲-۱۰ تسلیم موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز کششی و فشاری
 الزامات این بند برای نیروی کششی متمرکز تکی، نیروی فشاری متمرکز تکی و هر دو مولفه
 فشاری و کششی زوج متمرکز کاربرد دارد (شکل ۱۷-۹-۲-۱۰).



شکل ۱۷-۹-۲-۱۰ تسلیم موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز کششی و فشاری



مقاومت طراحی تسلیم موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز کششی و فشاری مساوی ϕR_n می‌باشد که در آن ϕ ضریب کاهش مقاومت مساوی ۱ و R_n مقاومت اسمی می‌باشد که براساس حالت حدی تسلیم موضعی جان به شرح زیر تعیین می‌شود.
 $\phi = 1.00$

۱- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای بزرگتر از d از انتهای عضو وارد می‌شود:

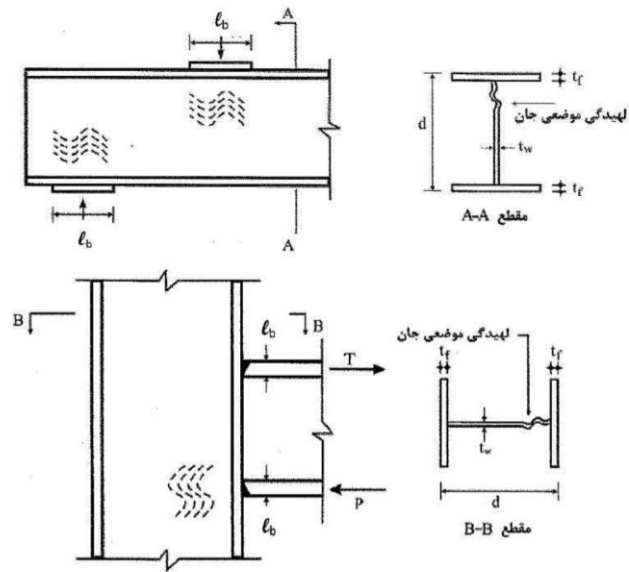
$$R_n = F_{yw} t_w (5k + l_b) \quad (۲۴-۹-۲-۱۰)$$

۲- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای مساوی یا کوچکتر از d از انتهای عضو وارد می‌شود:

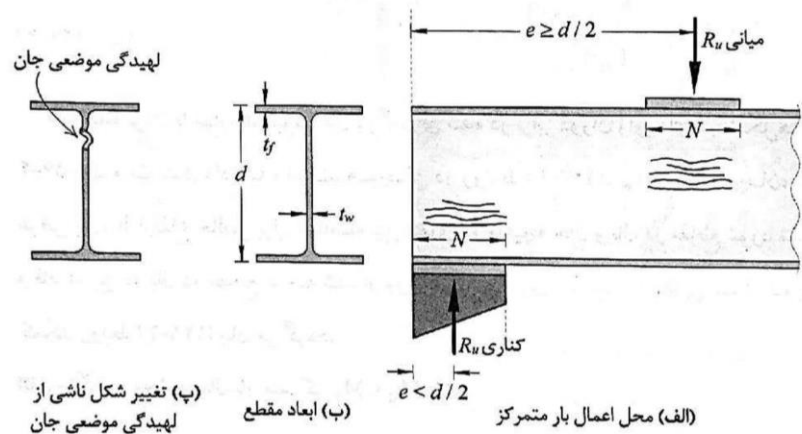
$$R_n = F_{yw} t_w (2.5k + l_b) \quad (۲۵-۹-۲-۱۰)$$

۳-۱۰-۹-۲-۱۰- لهدگی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری

الزامات این بند برای نیروی فشاری متمرکز تکی و مولفه فشاری زوج نیروی متمرکز کاربرد دارد (شکل ۱۸-۹-۲-۱۰).



شکل ۱۸-۹-۲-۱۰ لهدگی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری



مقاومت طراحی لهدگی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری مساوی ϕR_n می‌باشد که در آن ϕ ضریب کاهش مقاومت مساوی 0.75 و R_n مقاومت اسمی می‌باشد که بر اساس حالت حدی لهدگی موضعی جان به شرح زیر تعیین می‌شود.

۱- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای مساوی یا بزرگتر از $d/2$ از انتهای عضو وارد می‌شود:

$$R_n = 0.80t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{l_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (26-9-2-10)$$

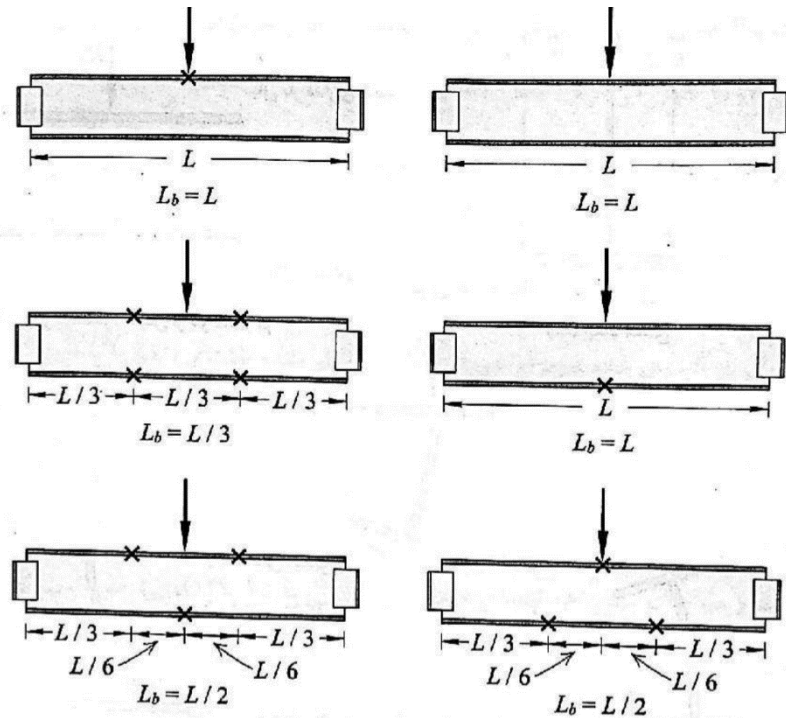
۲- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای کوچکتر از $d/2$ از انتهای عضو وارد می‌شود:

- در صورتی که $l_b/d \leq 0.2$ باشد:

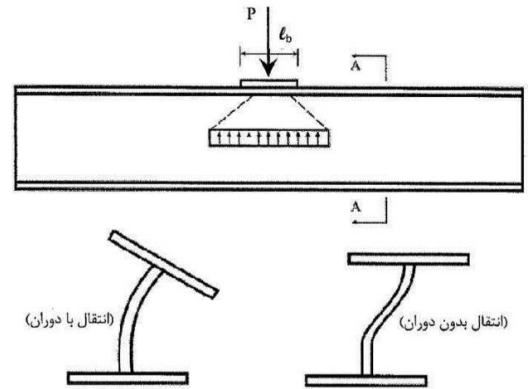
$$R_n = 0.40t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{l_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (27-9-2-10)$$

- در صورتی که $l_b/d > 0.2$ باشد:

$$R_n = 0.40t_w^2 \left[1 + \left(\frac{4l_b}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (28-9-2-10)$$



۱۰-۲-۹-۱۰-۴ کماتش جانبی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری الزامات این بند مربوط است به حالتی که یک نیروی فشاری متمرکز تکی، به عضوی اعمال می شود که از حرکت جانبی بین بال فشاری تحت بار و بال کششی، در محل تأثیر نیروی متمرکز توسط مهار جانبی جلوگیری نشده است (شکل ۱۰-۲-۹-۱۰).



(الف) حالتی که بال فشاری در مقابل دوران زاویه ای نگهداری شده است (مقطع A-A).
(ب) حالتی که بال فشاری در مقابل دوران زاویه ای نگهداری نشده است (مقطع A-A).

شکل ۱۰-۲-۹-۱۰ کماتش جانبی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری

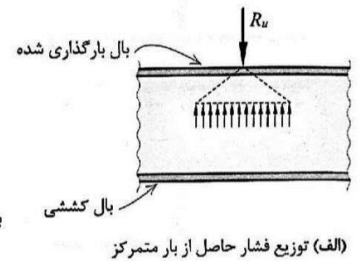
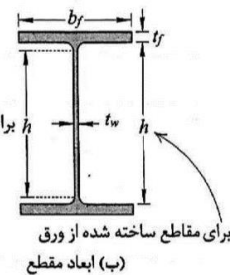
مقاومت طراحی کماتش جانبی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری مساوی ϕR_n می باشد که در آن ϕ ضریب کاهش مقاومت مساوی ۰/۸۵ و R_n مقاومت اسمی است که براساس حالت حدی کماتش جانبی جان به شرح زیر تعیین می گردد.

۱- اگر بال فشاری (بال بارگذاری شده) در مقابل دوران زاویه ای نگهداری شده باشد (شکل ۱۰-۲-۹-۱۰-الف):

- در صورتی که $(h/t_w)/(L_b/b_f) \leq 2.3$ باشد:
(۱۰-۲-۹-۲۷)

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 f}{h^2} \left[1 + 0.4 \left(\frac{h/t_w}{L_b/b_f} \right)^3 \right]$$

- در صورتی که $(h/t_w)/(L_b/b_f) > 2.3$ باشد، لزومی به کنترل کماتش جانبی جان نیست.



برای مقاطع ساخته شده از ورق (ب) ابعاد مقطع

(الف) توزیع فشار حاصل از بار متمرکز

۲- اگر بال فشاری (بال بارگذاری شده) در مقابل دوران زاویه‌ای نگهداری نشده باشد (شکل ۱۰-۲-۹-۱۹-ب):

- در صورتی که $(h/t_w)/(L_b/b_f) \leq 1.7$ باشد:

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2} \left[0.4 \left(\frac{h/t_w}{L_b/b_f} \right)^3 \right] \quad (28-9-2-10)$$

- در صورتی که $(h/t_w)/(L_b/b_f) > 1.7$ باشد، لزومی به کنترل کمانش جانبی جان نیست.
تبصره: در صورتی که مقاومت مورد نیاز از مقاومت طراحی بیشتر باشد، تعبیه مهر جانبی برای هر دو بال فشاری و کششی در محل اثر بار متمرکز ضروری است.

در روابط فوق:

b_f = پهناي بال

t_f = ضخامت بال

t_w = ضخامت جان

L_b = بزرگترین طول بدون مهر جانبی هر دو بال در محدوده اعمال بار متمرکز
 h = ارتفاع آزاد جان (فاصله بین انتهای دو ماهیچه جان و بال در روی جان در مقاطع نوردشده و فاصله بین دو بال در مقاطع ساخته شده از ورق)

C_r = ضریبی است که به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

- اگر در محل اعمال بار متمرکز $M_u < M_y$ باشد:

$$C_r = 6.6 \times 10^6 \text{ MPa} \quad (29-9-2-10)$$

- اگر در محل اعمال بار متمرکز $M_u \geq M_y$ باشد:

$$C_r = 3.3 \times 10^6 \text{ MPa} \quad (30-9-2-10)$$

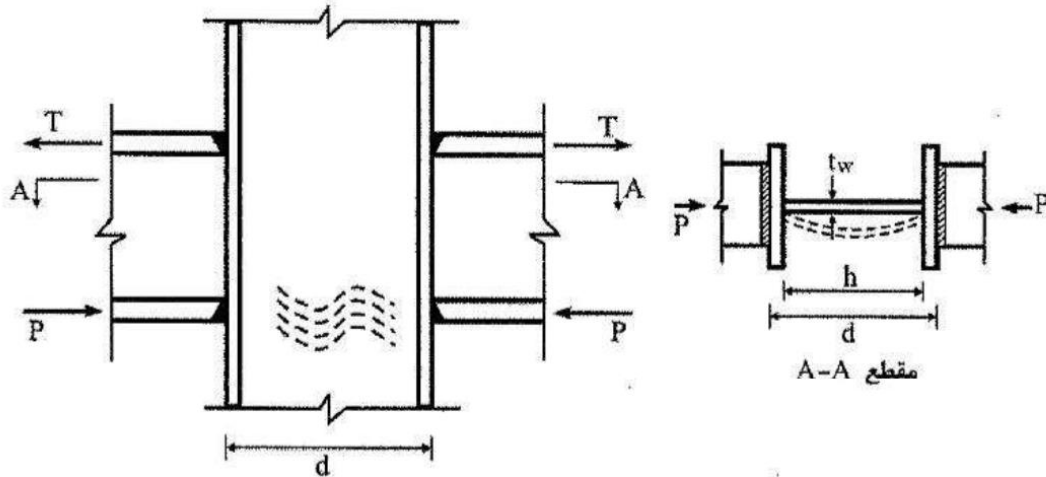
که در آن:

M_u = مقاومت خمشی مورد نیاز

M_y = لنگر خمشی تسلیم

۱۰-۲-۹-۱۰-۵ کمانش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری

الزامات این بند مربوط است به حالتی که یک جفت نیروی فشاری تنها یا یک جفت مولفه فشاری زوج نیرو در یک مقطع در جهت مخالف به بال‌های مقابل عضو اعمال می‌شوند (شکل ۱۰-۲-۹-۲۰).



شکل ۱۰-۲-۹-۲۰ کمانش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری

مقاومت طراحی کمانش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری مساوی ϕR_n می‌باشد که در آن ضریب کاهش مقاومت برابر 0.9 و R_n مقاومت اسمی است که بر اساس حالت حدی کمانش موضعی جان از رابطه زیر تعیین می‌گردد.

$$R_n = \left(\frac{24 t_w^3 \sqrt{E F_{yw}}}{h} \right) \quad (۱۰-۲-۹-۳۱)$$

که در آن:

t_w = ضخامت جان

h = ارتفاع آزاد جان (فاصله بین انتهای دو ماهیچه جان و بال در روی جان در مقاطع نوردشده و فاصله بین دو بال در مقاطع ساخته شده از ورق)

F_{yw} = تنش تسلیم فولاد جان

E = مدول الاستیسیته فولاد

تبصره ۱: در صورتی که جفت نیروی فشاری در فاصله‌ای کمتر از $d/2$ از انتهای عضو اثر نماید،

مقدار R_n حاصل از رابطه ۱۰-۲-۹-۳۱ باید ۵۰ درصد کاهش یابد.

۷-۱۰-۹-۲-۱۰ مقررات تکمیلی برای سخت‌کننده‌ها در مقابل نیروهای متمرکز و در انتهای آزاد

تیرها و شاه‌تیرها

- در انتهای آزاد تیرها و شاه‌تیرهایی که در مقابل دوران در حول محور طولی نگهداری نشده است، باید یک جفت سخت‌کننده عرضی که در تمام ارتفاع جان ادامه دارد، تعبیه گردد.
- در صورتی که مطابق بندهای ۱۰-۹-۲-۱۰ و ۱۰-۹-۲-۱۰ نیاز به سخت‌کننده در مقابل نیروی متمرکز کششی باشد، لازم است یک جفت سخت‌کننده در مقابل نیروی متمرکز تعبیه شود. سخت‌کننده‌ها باید دارای مقاومت کششی حداقل برابر با اختلاف مقاومت مورد نیاز و مقاومت طراحی در محل‌های بارهای متمرکز مطابق الزامات بخش ۳-۲-۱۰ باشد. جوش سخت‌کننده‌ها به بال‌های فشاری و کششی باید دارای مقاومتی حداقل برابر با اختلاف مقاومت مورد نیاز و مقاومت طراحی در محل بارهای متمرکز مطابق الزامات بخش ۳-۲-۱۰ باشد. جوش سخت‌کننده‌ها به جان باید دارای مقاومتی حداقل برابر با اختلاف جبری نیروهای کششی دو انتهای سخت‌کننده باشد.

۴. سخت‌کننده‌های عرضی و قطری باید ضوابط تکمیلی زیر را نیز برآورده نمایند.

- پهنای هر سخت‌کننده به اضافه نصف ضخامت جان ستون نباید از یک سوم پهنای بال تیر یا ورق اتصال (که بار متمرکز را وارد می‌کند) کمتر باشد.

$$b_s \geq \min\left(\frac{b_f}{3}, \frac{b_l}{3}\right) - \frac{t_w}{2}$$

- ضخامت سخت‌کننده‌ها نباید از نصف ضخامت بال تیر یا ورق اتصال (که بار متمرکز را وارد می‌کند) کمتر باشد.

$$t_s \geq \frac{1}{3} \times \min(t_f, t_l)$$

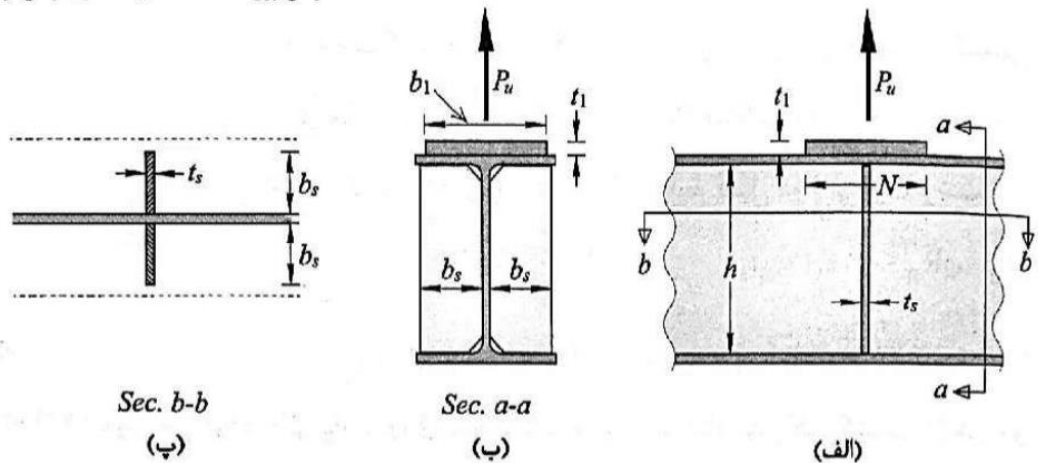
- همچنین ضخامت سخت‌کننده‌ها نباید از پهنای هر سخت‌کننده تقسیم بر ۱۶ کمتر باشد.

$$t_s \geq \frac{b_s}{16}$$

- ارتفاع ورق سخت‌کننده باید مساوی ارتفاع آزاد جان (فاصله بین دو بال) باشد.

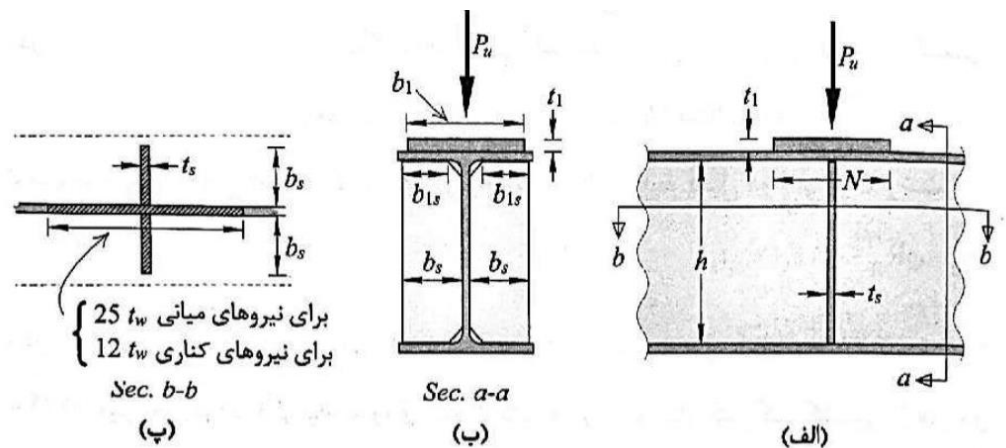
$$N_u = P_u - \phi R_n$$

$$N_u \leq 0.9 F_y (2b_s t_s)$$



$$N_u = P_u - \phi R_n$$

$$N_u \leq 0.9 F_{cr} A^+$$



$\begin{cases} 25 t_w & \text{برای نیروهای میانی} \\ 12 t_w & \text{برای نیروهای کناری} \end{cases}$

همچنین، تنش بحرانی کمانش خمشی ستون فرضی است که به کمک روابط فصل سوم به دست می‌آید. در این روابط، ضریب لاغری ستون فرضی است که در آن $r^+ = \sqrt{\frac{I^+}{A^+}}$ شعاع ژیراسیون مقطع ستون فرضی حول محور عبوری از مرکز جان است.

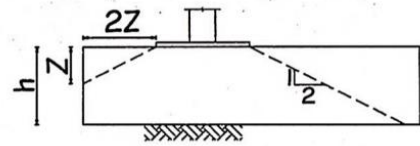
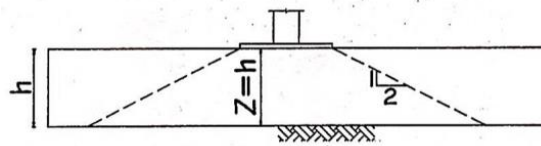
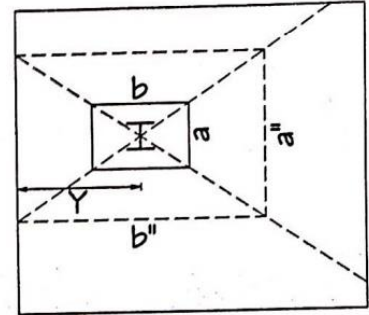
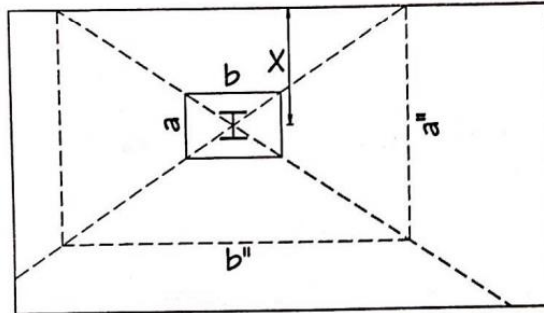
$$r^+ \approx \sqrt{\frac{1}{12} t_s (2b_s + t_w)^3 / A^+}$$

طراحی کف ستون

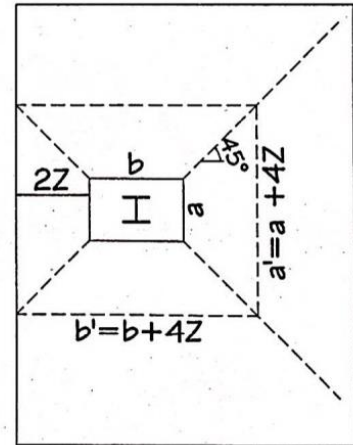
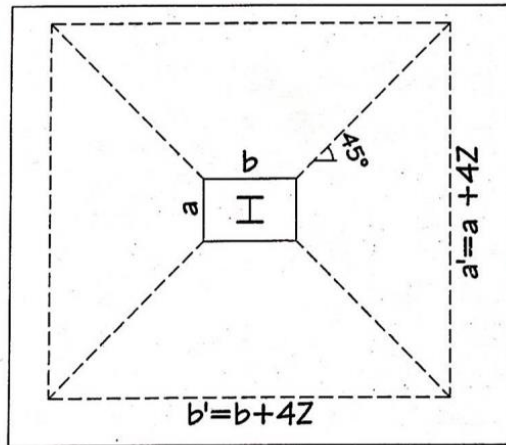
$$a'' = 2X, \frac{a}{b} = \frac{a''}{b''} \rightarrow b'' = 2X \frac{b}{a}$$

$$b'' = 2Y, \frac{a}{b} = \frac{a''}{b''} \rightarrow a'' = 2Y \frac{a}{b}$$

Plan
 $A_2 = a'' \times b''$

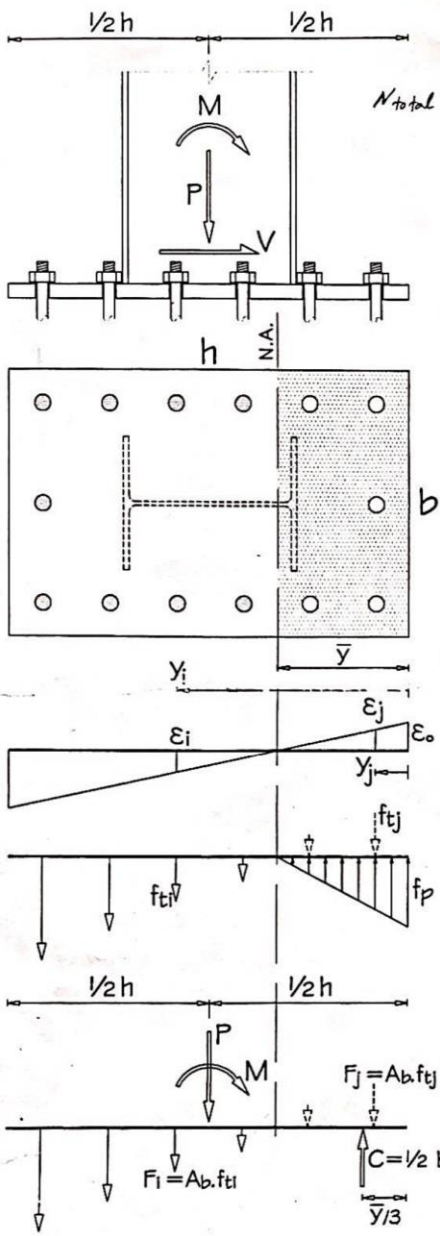


Sec.
 $A_2 = a' \times b'$



$$A_1 = a \times b \quad A_2 = \text{Min} \left\{ A_2^{\text{Plan}}, A_2^{\text{Sec.}} \right\}$$

$$F_p = 0.85 f_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 f_c \quad f_{p_{\text{max}}} \leq F_p$$



حالت سه) تعدادی از میل‌ها به کشش می‌آیند $e > (\frac{h}{6} + \frac{y}{3})$

قرارداد: $N = N' = N$ تعداد میل‌ها در هر سمت کشش
 تعداد کل میل‌ها $N_{total} = N + N' = N$
 $Y_1 = \sum_{i=1}^N y_i$ و $Y_1' = \sum_{j=1}^{N'} y_j$ و $Y_2 = \sum_{i=1}^N y_i^2$ و $Y_2' = \sum_{j=1}^{N'} y_j^2$

با توجه به دیاگرام کرنش: $\epsilon_i = (\frac{y_i}{y} - 1) \epsilon_0$ و $\epsilon_j = (1 - \frac{y_j}{y}) \epsilon_0$

با توجه به دیاگرام تنش: $f_p = E_c \cdot \epsilon_0$ و $E_c =$ مدول الاستیته بتن

$f_{t_i} = E_s \cdot \epsilon_i = n E_c \cdot \epsilon_i$ و $E_s =$ مدول الاستیته فولاد و $n = \frac{E_s}{E_c}$

$f_{t_j} = E_c \cdot \epsilon_j$ با توجه به دیاگرام تنش و روابط بالا:

$C = \frac{1}{2} b \bar{y} \cdot f_p$

$F_i = A_b \cdot f_{t_i} = A_b \cdot n E_c \cdot \epsilon_i = n A_b f_p (\frac{y_i}{y} - 1)$

$F_j = A_b \cdot f_{t_j} = A_b \cdot E_c \cdot \epsilon_j = A_b \cdot f_p (1 - \frac{y_j}{y})$

توازن قائم: $\sum F_y = 0 \Rightarrow -P = \sum_{i=1}^N F_i - C + \sum_{j=1}^{N'} F_j \Rightarrow$

$-P = f_p \{ A_b [\frac{1}{y} (n Y_1 - Y_1') - (n N - N')] - \frac{1}{2} b \bar{y} \}$ (1)

توازن گشتاور حول نقطه اثر نیروی C: $\sum M_c = 0 \Rightarrow$

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

$M - P (\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3}) = f_p \cdot A_b \{ \frac{1}{y} (n Y_2 - Y_2') - \frac{4}{3} (n Y_1 - Y_1') + \frac{\bar{y}}{3} (n N - N') \}$ (2)

(2) ÷ (1) \Rightarrow

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

حل (*) \leftarrow با استفاده از نرم افزار (با توجه به محدودیت بیش از حد فرض اولیه مگر در اول)

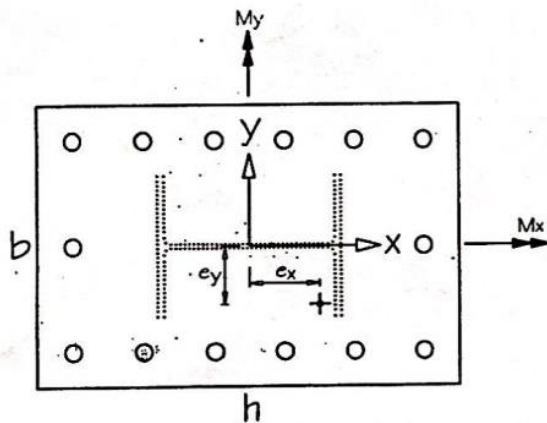
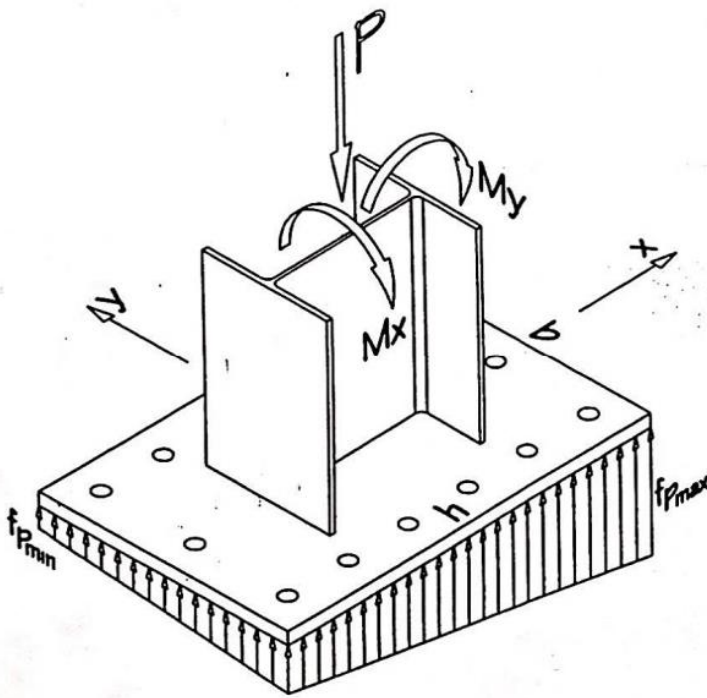
$\bar{y} = y$

(1) $f_p = \frac{-P}{A_b [\frac{1}{y} (n Y_1 - Y_1') - (n N - N')] - \frac{1}{2} b \bar{y}}$

(2) $f_p = \frac{M - P (\frac{h}{2} - \frac{\bar{y}}{3})}{A_b \{ \frac{1}{y} (n Y_2 - Y_2') - \frac{4}{3} (n Y_1 - Y_1') + \frac{\bar{y}}{3} (n N - N') \}}$

$f_{t_i} = (\frac{y_i}{y} - 1) \times n f_p \rightarrow f_{t_{max}} = (\frac{y_{max}}{y} - 1) \times n f_p$

$P_{u_{max}} = f_{t_{max}} \times A_b$ \leftarrow گشتاور نهایی کششی در مقطع



مصفحه زیر ستون تحت فشار دو محورها نابینا

$$e_x = \frac{M_y}{P} \quad , \quad e_y = \frac{M_x}{P}$$

$$A = b \cdot h$$

در صورتیکه هیچک از نقاط صفحه از زبری نشالوده بلند نشود هر یک از نوشت :

$$f_p(x,y) = \frac{P}{A} + \frac{M_x \cdot y}{I_x} + \frac{M_y \cdot x}{I_y}$$

$$I_x = \frac{1}{12} h b^3 \quad , \quad I_y = \frac{1}{12} b h^3$$

$$f_{pmax} = \frac{P}{A} + \frac{M_x \cdot b/2}{\frac{1}{12} h b^3} + \frac{M_y \cdot h/2}{\frac{1}{12} b h^3}$$

$$f_{pmax} = \frac{P}{A} + \frac{6 P e_y}{b \cdot h - b} + \frac{6 P \cdot e_x}{b \cdot h - h}$$

$$f_{pmax} = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6 e_y}{b} + \frac{6 e_x}{h} \right)$$

به همین ترتیب :

$$f_{pmin} = \frac{P}{A} \left(1 - \frac{6 e_y}{b} - \frac{6 e_x}{h} \right)$$

شرط اینکه صفحه از زبری نشالوده بلند نشود اینست که :

$$f_{pmin} \geq 0 \Rightarrow \left| \frac{6 e_y}{b} + \frac{6 e_x}{h} \right| \leq 1 \quad (*)$$

برای تعیین ابعاد صفحه لازم است : $f_{pmax} \leq \frac{F_y}{A}$

در صورتیکه شرط (*) برقرار نباشد تضمینی از صحت صفحه از زبری نشالوده بلند خواهد شد که با زاد کردن گتورها منجر به ایجاد گتش در بعضی از میل بارها خواهد گردید.

Base-Plate with Stiffeners

$$t \stackrel{1.0 \text{ mm}}{\geq} Z = \frac{1}{4} t^2$$

$$M_u = \text{Max} \{ M_{u_i} \} \text{ (N.mm/mm)}$$

$$t = \sqrt{\frac{4 M_u}{0.9 F_y}}$$

Region ①

$$M_{u1} = \frac{1}{2} f_p \cdot a_1^2$$

Region ②

$$a_2 \leq b_2$$

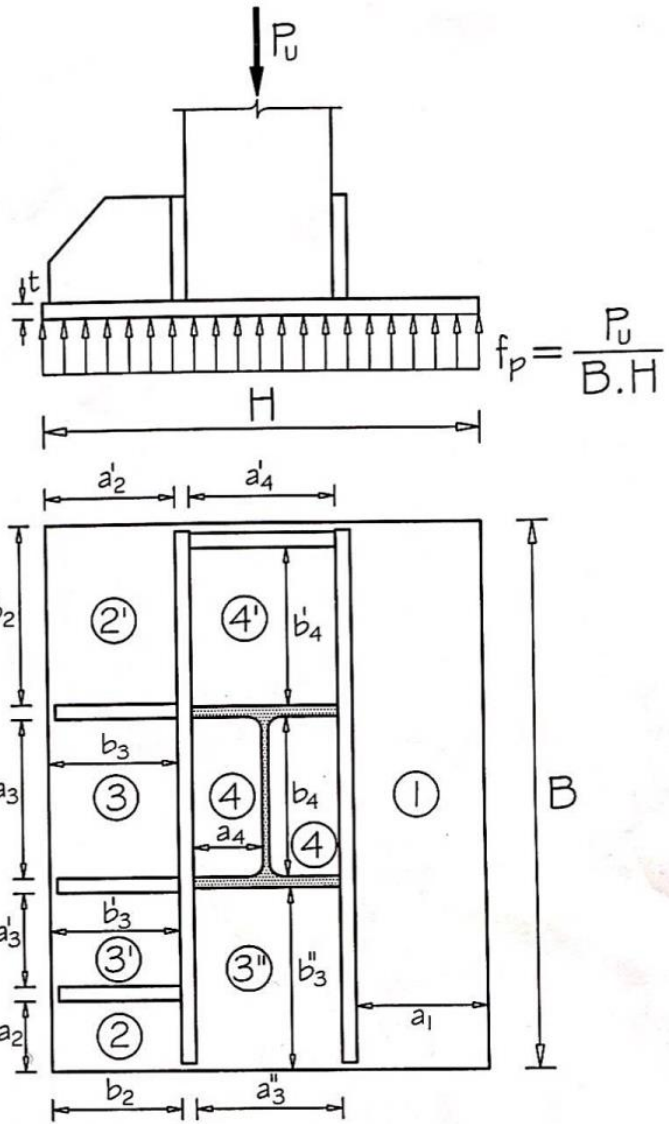
$$M_{u2} = \frac{1}{2} f_p \cdot a_2^2$$

Region ③

$$a_3 = \text{Free Edge}$$

$$\frac{b_3}{a_3} < 0.5 \rightarrow M_{u3} = \frac{1}{2} f_p \cdot b_3^2$$

$$\frac{b_3}{a_3} \geq 0.5 \rightarrow M_{u3} = \alpha \cdot f_p \cdot a_3^2$$



b_3/a_3	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	2.0	>2.0
α	0.060	0.074	0.088	0.097	0.107	0.112	0.120	0.126	0.132	0.133

Region ④

$$a_4 \leq b_4$$

$$M_{u4} = \beta \cdot f_p \cdot a_4^2$$

b_4/a_4	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	>2.0
β	0.048	0.063	0.075	0.081	0.086	0.091	0.094	0.098	0.100	0.125