



طراحی سازه‌های فولادی ۲

مدرس: دکتر شهاب‌الدین حاتمی

اتصالات پیچی

نمونه های اتصالات پیچی



نمونه های اتصالات پیچی



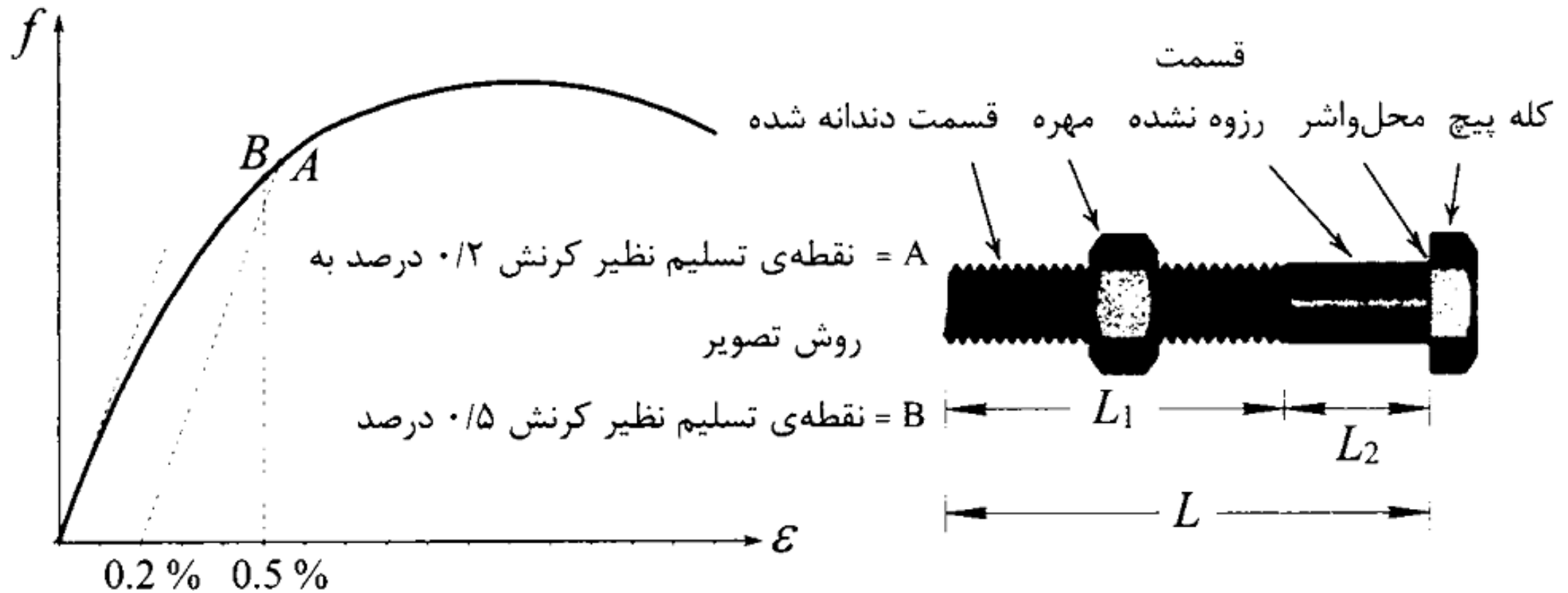
نمونه های اتصالات پیچی



نمونه های اتصالات پیچی



رفتار مکانیکی پیچ‌ها



انواع پیچ‌ها

جدول ۱۰-۲-۹-۶ مبحث دهم

نوع پیچ	نام استاندارد		تنش تسلیم مصالح پیچ (F_y)	تنش کششی نهایی مصالح پیچ (F_u)
	ISO	ASTM		
پیچ‌های معمولی	—	A307	2400 kg/cm^2	4000 kg/cm^2
	4.6	—	2400 kg/cm^2	4000 kg/cm^2
	4.8	—	3200 kg/cm^2	4200 kg/cm^2
	5.6	—	3000 kg/cm^2	5000 kg/cm^2
	5.8	—	4000 kg/cm^2	5200 kg/cm^2
	6.8	—	4800 kg/cm^2	6000 kg/cm^2

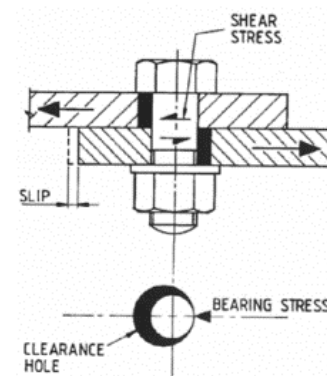
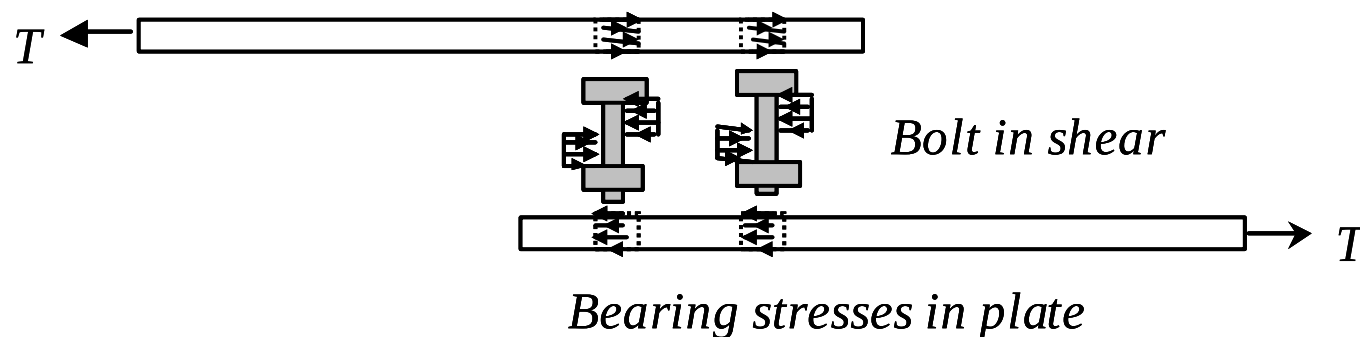
انواع پیچ‌ها



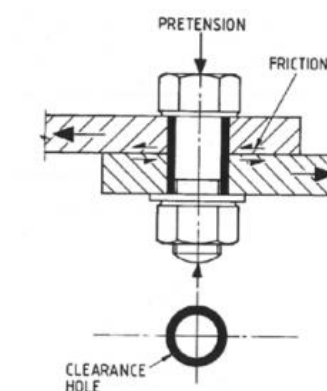
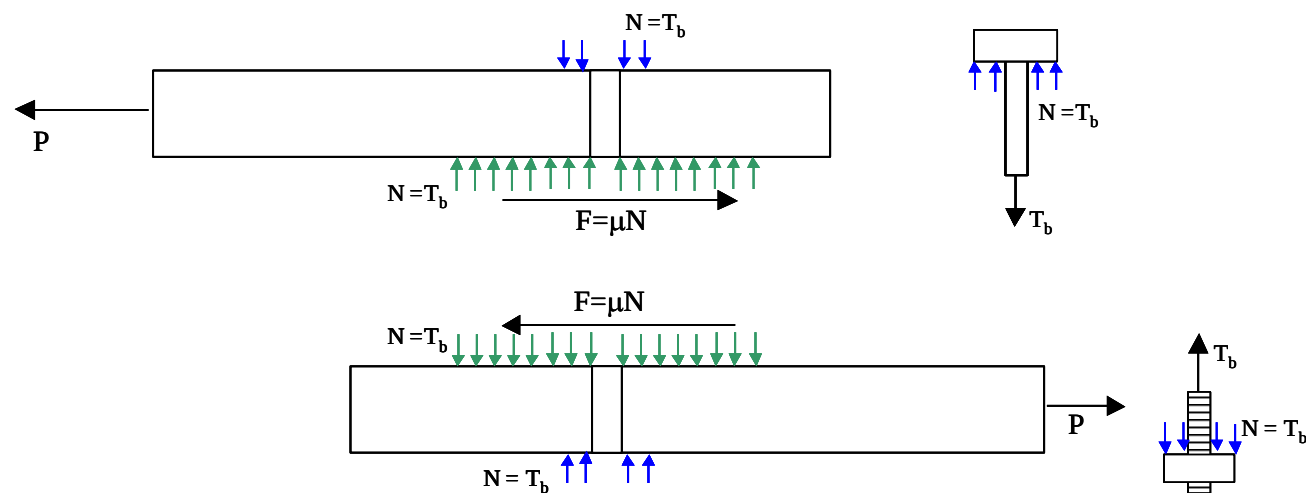
جدول ۱۰-۲-۹-۶ مبحث دهم

نوع پیچ	نام استاندارد		تنش تسلیم مصالح پیچ (F_y)	تنش کششی نهایی مصالح پیچ (F_u)
	ISO	ASTM		
پیچ‌های پرمقاومت	—	A325 $d \leq 24\text{mm}$	—	8000 kg/cm^2
	—	A325 $d > 24\text{mm}$	—	7250 kg/cm^2
	—	A490	—	10000 kg/cm^2
	8.8	—	—	8000 kg/cm^2
	10.9	—	—	10000 kg/cm^2
	12.9	—	—	12000 kg/cm^2

دو نوع عملکرد اتصال پیچی



• اتصال اتکایی

Bearing Connection

• اتصال اصطکاکی

Friction or Slip Critical Connection

نیروی پیش تنیدگی پیچ‌ها

حداقل نیروی پیش تنیدگی در عملکرد اصطکاکی:

جدول - حداقل نیروی پیش تنیدگی در پیچ‌های پر مقاومت

مطابق آیین‌نامه‌ی AISC و مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان ایران

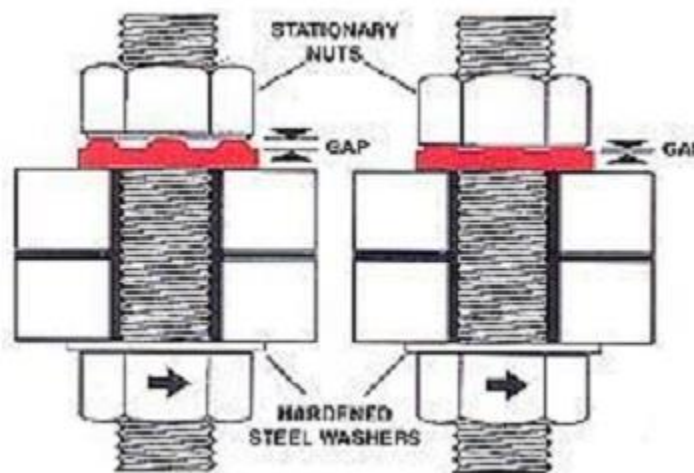
نیروی پیش تنیدگی بر حسب تن		قطر پیچ بر حسب mm
A490	A325	
۱۱/۴	۹/۱	M16
۱۷/۹	۱۴/۲	M20
۲۲/۱	۱۷/۶	M22
۲۵/۷	۲۰/۵	M24
۳۳/۴	۲۶/۷	M27
۴۰/۸	۳۲/۶	M30
۵۹/۵	۴۷/۵	M36

$$T_b = 0.55 F_u A_{nb}$$



روش‌های ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی در پیچ‌ها

- استفاده از آچار مدرج (ترک متر)
- استفاده از واشر دارای زائده
- پیچاندن پیچ به زاویه معین



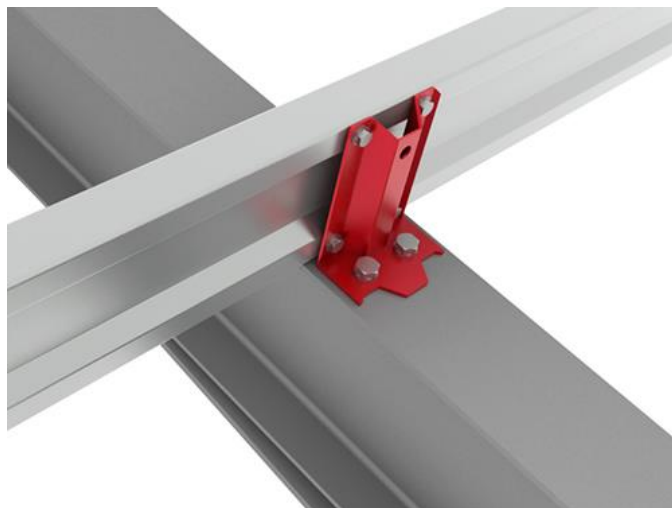
کاربرد پیچ‌های اتصالات اتکایی و اصطکاکی

❑ کلیه پیچ‌ها در اتصالات و وصله‌های اعضای سیستم باربر لرزه‌ای باید از نوع پرمقاومت با رفتار اصطکاکی باشند. (بند ۱۰-۳-۳-۳ مبحث دهم)

❑ کلیه پیچ‌های در وصله‌های ستون‌ها باید از نوع پرمقاومت با رفتار اصطکاکی باشند. (بند ۱۰-۳-۳-۳ مبحث دهم)

❑ در سازه‌های تحت بارهای متناوب و پدیده خستگی، پیچ‌های پرمقاومت با عملکرد اصطکاکی کارایی بهتری دارند.

❑ در سازه‌های سبک یا در اعضای ثانویه مانند لاپه‌ها، پیچ‌های معمولی اقتصادی‌ترند.



روش‌های سوراخ کردن قطعات فولادی



استفاده از مته

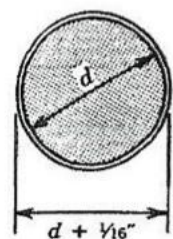


دستگاه سوراخ زنی (پانچ)

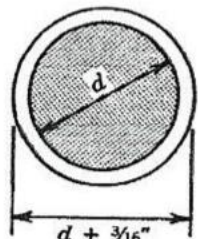


استفاده از شعله گاز

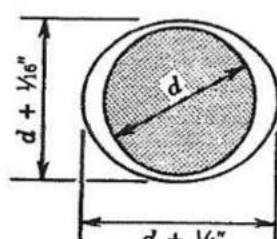
انواع سوراخ‌ها در اتصالات پیچی



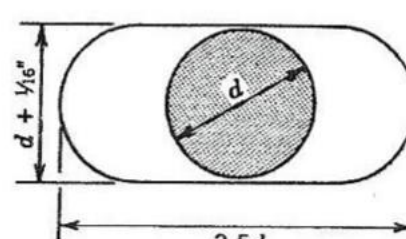
(a) STD.



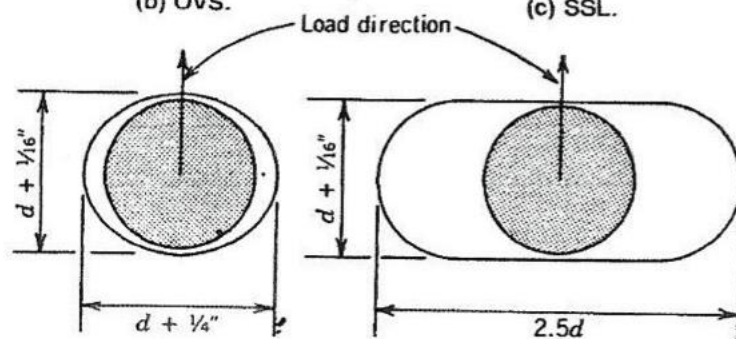
(b) OVS.



(c) SSL.



(d) LSL.



(e) NSL.

۱- سوراخ استاندارد گرد^۱ (STD)،

۲- سوراخ بزرگ شده‌ی گرد^۲ (OVS)،

۳- سوراخ لوبیایی بلند^۳ (LSL)،

۴- سوراخ لوبیایی کوتاه^۴ (SSL)،

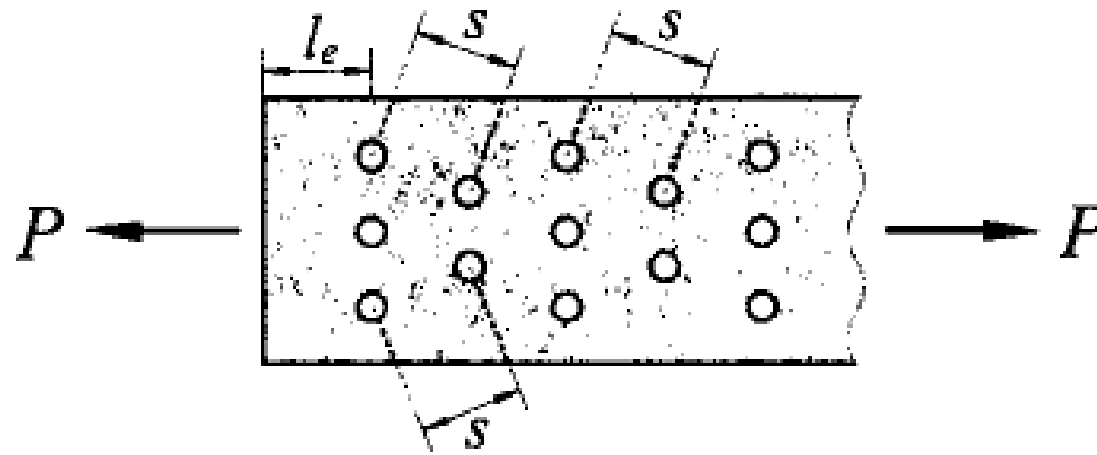
۵- سوراخ لوبیایی (بلند یا کوتاه) عمود بر جهت نیرو^۵ (NSL)

✓ در اتصالات و وصله‌های اعضای سیستم باربر لرزه‌ای و وصله کلیه ستونها، سوراخ‌ها باید از نوع استاندارد یا لوبیایی کوتاه در جهت عمود بر نیرو باشند. (بند ۱۰-۳-۳-۳ مبحث دهم)

ابعاد حداکثر انواع سوراخ‌ها

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
$(d_b + ۳) \times ۲/۵d_b$	$(d_b + ۳) \times (d_b + ۱۰)$	$d_b + ۸$	$d_b + ۳$	$\geq M36$

حداقل فواصل مرکز تا مرکز سوراخ‌های مجاور



$$s \geq 3d_b$$

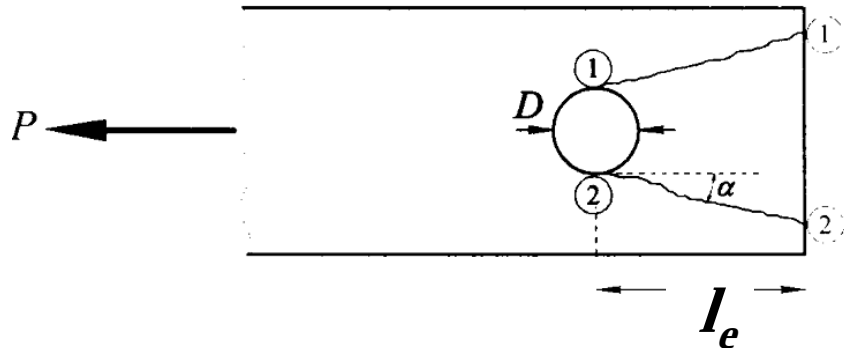
حداقل فواصل مرکز سوراخ تا لبه مجاور

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

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

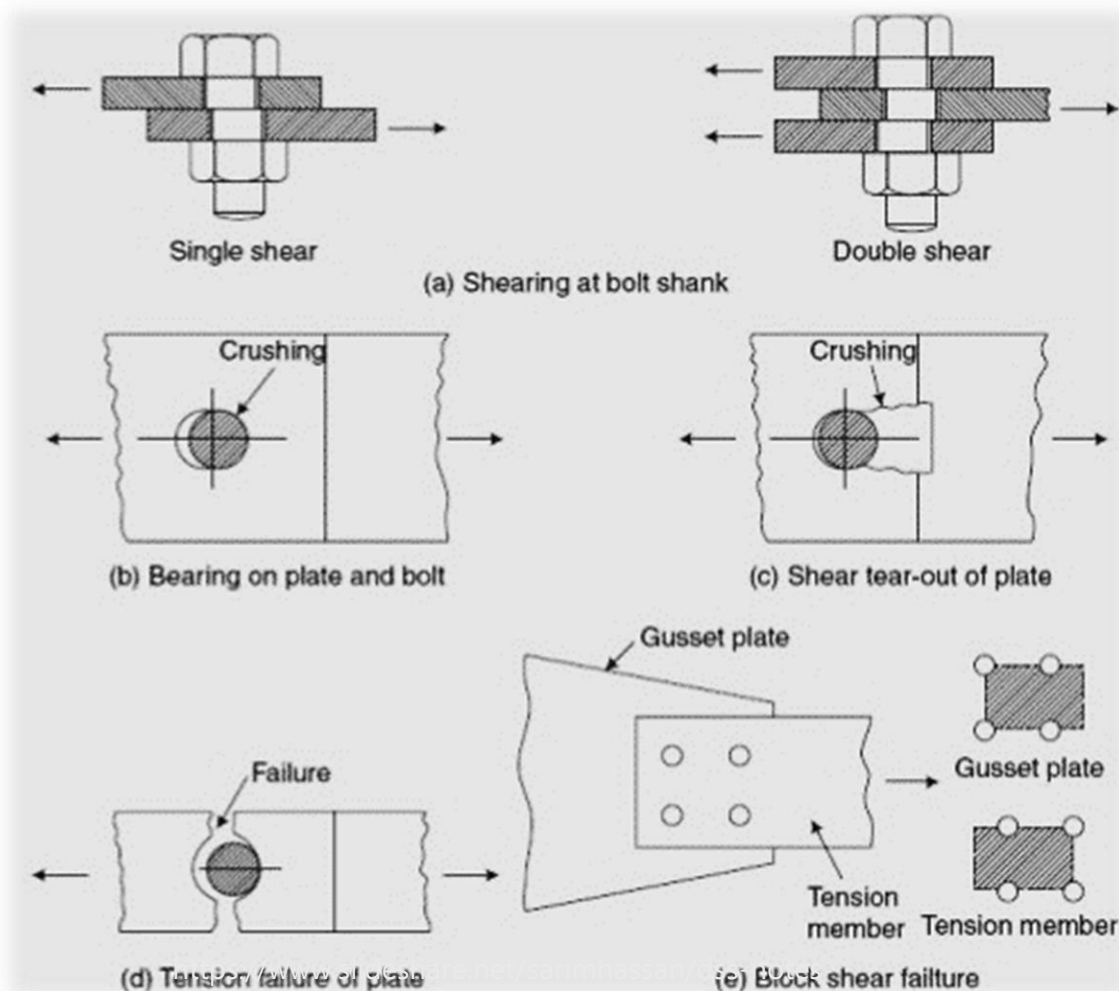
جدول - مقدار افزایش حداقل فاصله‌ی سوراخ تا لبه (C)

سوراخ بزرگ شده (mm)	سوراخ لوبیایی (mm)	
	عمود بر امتداد لبه	
	لوبیایی بلند	لوبیایی کوتاه
۳ mm	۵ mm	۰/۷۵d _b



حالات حدی محتمل در طراحی اتصالات پیچی

- تسلیم کششی در مقطع ناخالص عضو
- گسیختگی کششی در مقطع مؤثر عضو
- مقاومت برشی پیچ (اتکایی)
- مقاومت برشی اتصال (اصطکاکی)
- مقاومت کششی پیچ (اتکایی/اصطکاکی)
- مقاومت لهیدگی ورق
- مقاومت برش قالبی
- ترکیب برش و کشش مرکزگرا
- ترکیب نیروی برشی و گشتاور پیچشی
- ترکیب نیروی برشی و لنگر خمشی



♦ - تسلیم کششی در مقطع ناخالص:

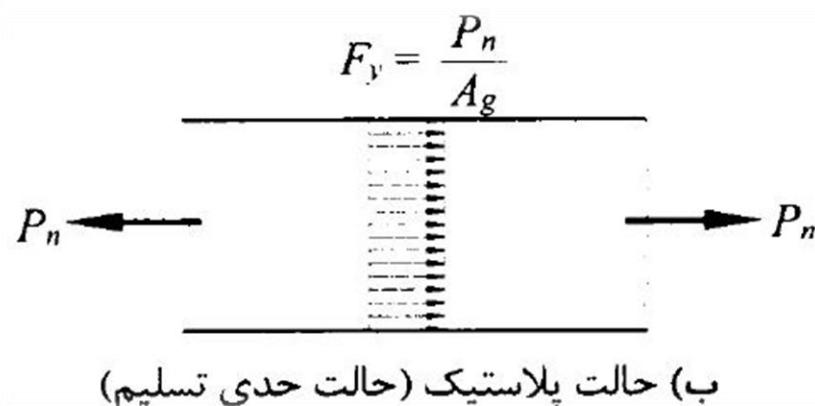
$$P_u \leq \phi P_n$$

$$P_n = F_y A_g \quad \phi = 0.9$$

P_n : مقاومت اسمی عضو کششی

F_y : مقاومت تسلیم مصالح فولادی

A_g : مساحت مقطع ناخالص عضو کششی



۱- گسیختگی کششی در مقطع خالص مؤثر:

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$P_n = F_u A_e \quad \phi = 0.75$$

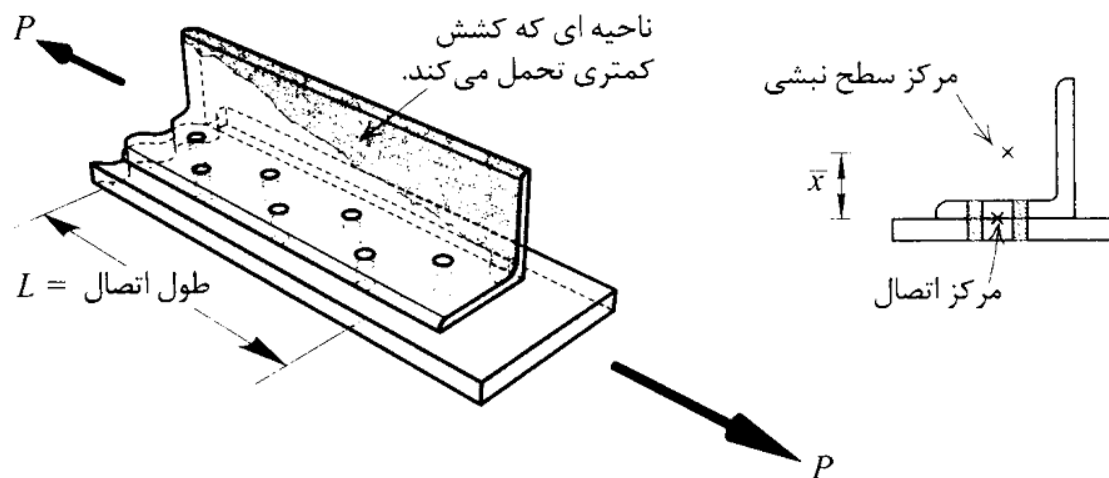
$$\text{برای سوراخ استاندارد} \begin{cases} \text{اگر } d_b < 24 \text{ mm} \rightarrow d_h = d_b + 2 \text{ mm} \\ \text{اگر } d_b \geq 24 \text{ mm} \rightarrow d_h = d_b + 3 \text{ mm} \end{cases}$$

$$A_n = [W - n(d_h + 2 \text{ mm})] t$$

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$$

$$A_e = U A_n$$

$$A_e \leq 0.85 A_g \text{ در ورق های وصله پیچی:}$$



۲- مقاومت برشی پیچ (اتکایی):

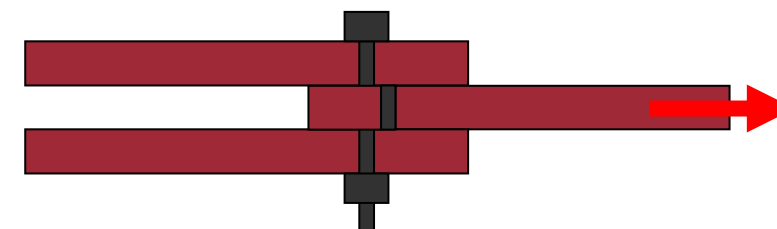
تنش برشی اسمی (F_{nv}) در اتصالات اتکایی	نوع وسیله‌ی اتصال
$0.45F_u$ [۵][۳]	پیچ‌های معمولی
$0.45F_u$ [۵]	پیچ‌های پر مقاومت در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده می‌گذرد.
$0.55F_u$ [۵]	پیچ‌های پر مقاومت در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی‌گذرد.

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

به ازاء هر پیچ:

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

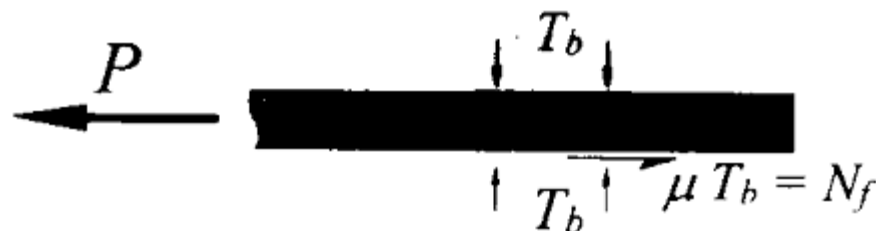
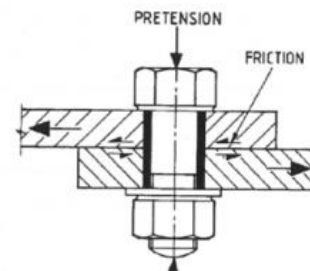
$$\phi = 0.75$$



۳- مقاومت برشی (اصطکاکی):

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

$$R_{nv} = \mu D_u h_f T_b n_s \quad \text{به ازاء هر پیچ:}$$



برای سوراخ‌های استاندارد و سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد عمود بر راستای نیرو $\phi=1$

برای سوراخ‌های بزرگ‌شده و سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد موازی با راستای نیرو $\phi=0.85$

برای سوراخ‌های لوبیایی بلند $\phi=0.7$

۳- مقاومت برشی (اصطکاکی):

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

μ = ضریب اصطکاک و به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود.

- برای وضعیت سطحی کلاس A (سطح فلس‌دار تمیز و رنگ‌نشده): $\mu = 0/3$
- برای وضعیت سطحی کلاس B (سطح تمیز شده با ماسه‌پاشی و رنگ‌نشده): $\mu = 0/5$



کلاس B (ماسه پاشی شده)



کلاس A

۳- مقاومت برشی (اصطکاکی):

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

D_u = نسبت پیش‌تنیدگی متوسط پیچ‌ها به پیش‌تنیدگی حداقل پیچ‌ها $1/13$

h_f = ضریب کاهش به علت وجود ورق‌های پرکننده در بین قطعات متصل بدین شرح،

- در صورت عدم نیاز به ورق‌های پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر $h_f = 1$
- در صورت استفاده فقط از یک ورق پرکننده در بین قطعات متصل به یکدیگر $h_f = 1$
- در صورت استفاده از دو یا تعداد بیشتری از ورق‌های پرکننده در بین قطعات متصل به

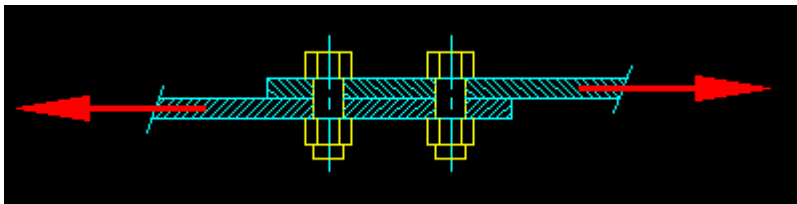
یکدیگر $h_f = 0.85$

۳- مقاومت برشی (اصطکاکی):

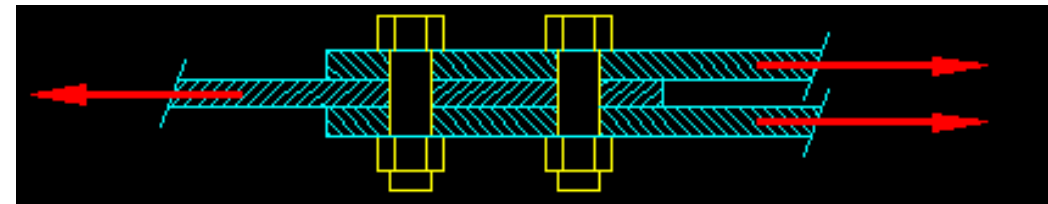
$$R_{nv} = \mu D_u h_f T_b n_s$$

T_b = حداقل نیروی پیش‌تنیدگی و برابر $0.55 F_u A_{nb}$

n_s = تعداد صفحات لغزش



$n_s = 1$



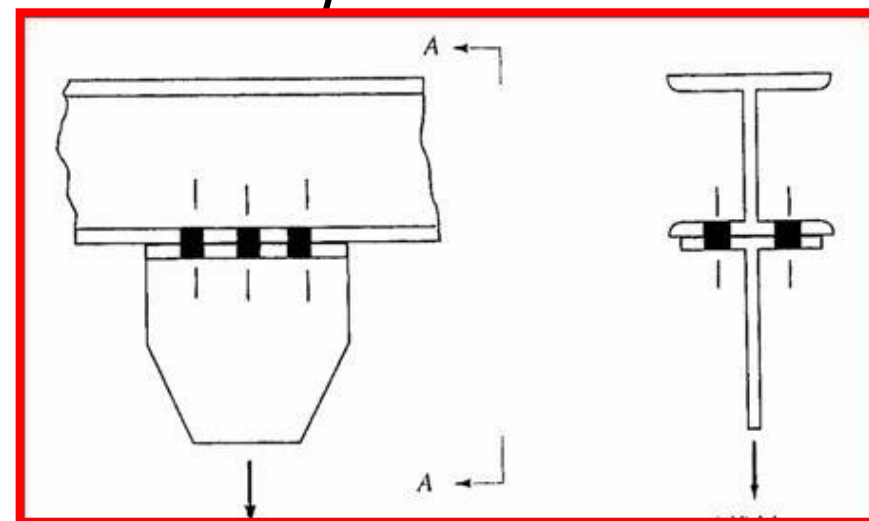
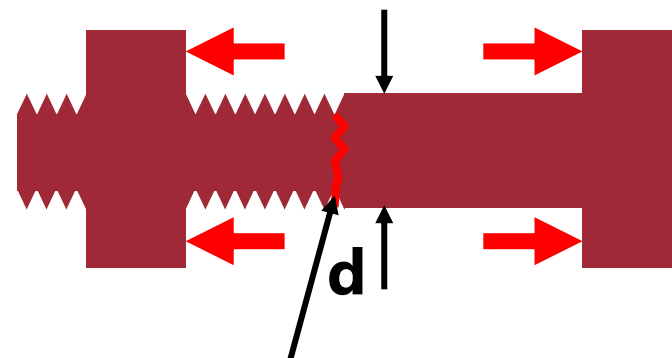
$n_s = 2$

۴- مقاومت کششی پیچ (اتکایی/اصطکاکی):

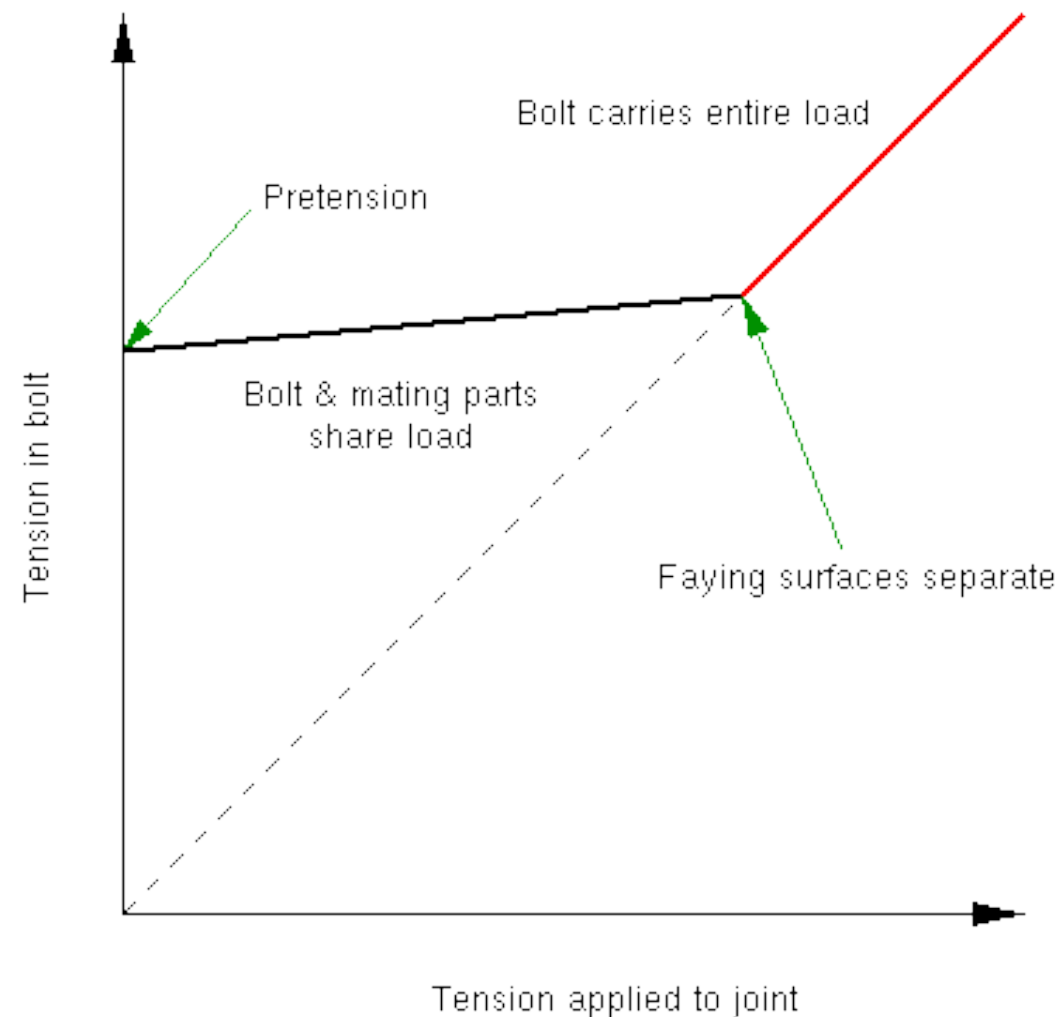
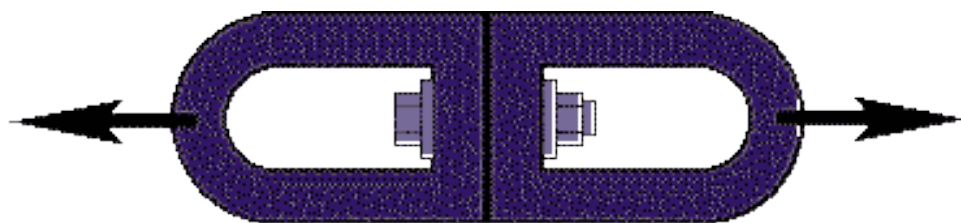
$$R_{ut} \leq \phi R_{nt} \quad \phi = 0.75$$

$$R_{ut} = F_{nt} A_{nb} \quad \text{به ازاء هر پیچ:}$$

$$F_{nt} = 0.75 F_u$$



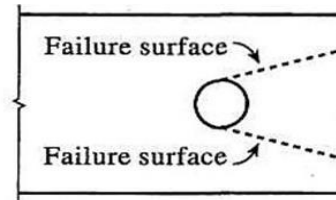
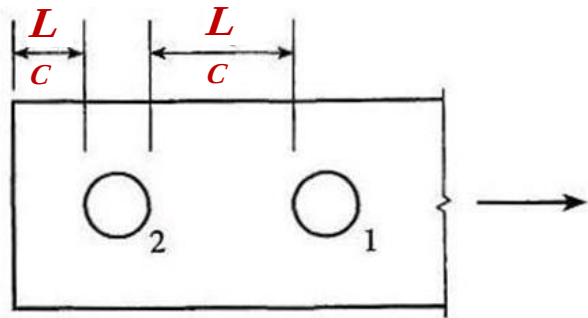
روند تغییرات نیروی کششی پیچ‌های پیش‌تنیده در اتصال تحت کشش:



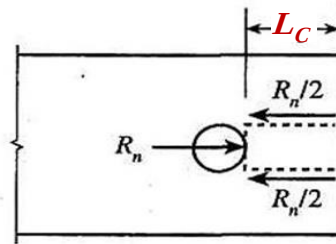
۵- مقاومت لهیدگی ورق (اتکایی/اصطکاکی):

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$\phi = 0.75$$



(a)



(b)



برای سوراخ استاندارد، سوراخ بزرگ شد، سوراخ لوبیایی کوتاه و سوراخ لوبیایی بلند در

حالتی که نیرو در امتداد طولی باشد.

$$R_n = \min\left(\frac{1}{2}L_c t F_u, \frac{1}{2}d_b t F_u\right) \quad \text{به ازاء هر پیچ:}$$

F_u = تنش کششی نهایی مصالح ورق اتصال

t = ضخامت قطعه‌ی اتصال

برای سوراخ لوبیایی بلند در حالتی که نیرو در امتداد عرضی باشد

$$R_n = \min(L_c t F_u, 2d_b t F_u)$$

۵- مقاومت لهیدگی ورق (اتکایی/اصطکاکی):

مقاومت اتکایی طراحی در جدار سوراخ پیچ در **اتصالات اتکایی و اصطکاکی** مساوی ϕR_n می‌باشد که در آن ϕ ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۷۵ و R_n مقاومت اتکایی اسمی می‌باشد که بر اساس حالت حدی اتکایی برای حالت‌های مختلف به شرح زیر تعیین می‌گردد.

$$R_n = 1/2 l_c t F_u \leq 2/4 d t F_u$$

(بند ۱۰-۲-۹-۳-۷ مبحث دهم)

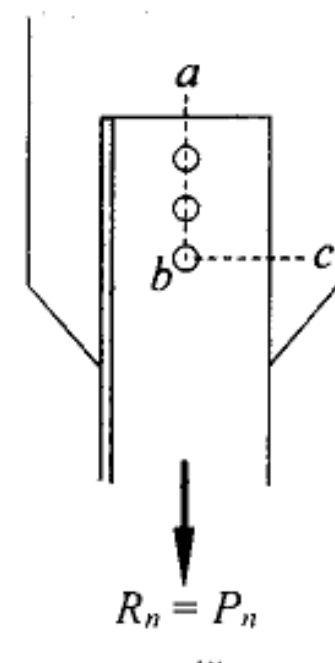
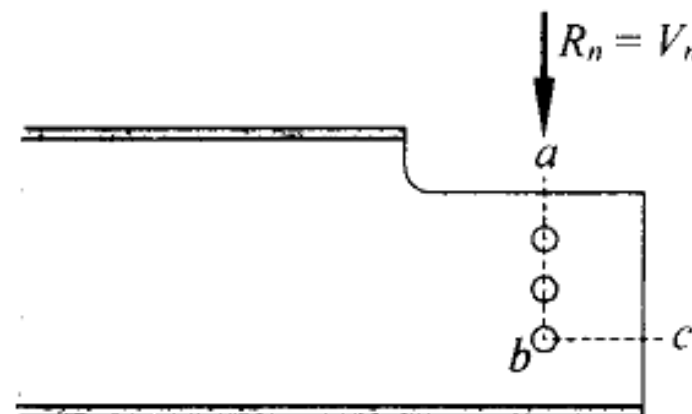
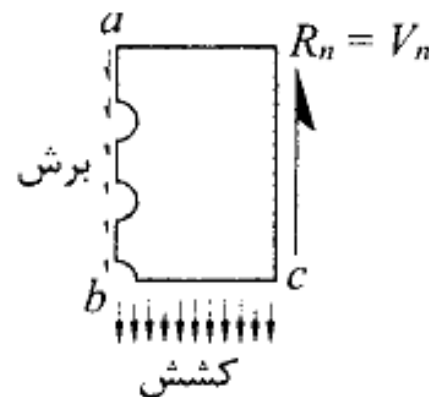
slip-critical connections must meet the strength requirements to resist the factored loads as shear/bearing joints.



۶- مقاومت برش قالبی:

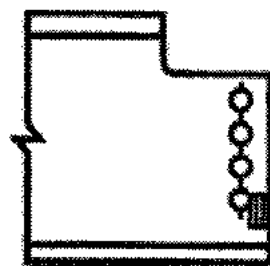
$$R_u \leq \phi R_n$$

$$\phi = 0.75$$



$$R_n = \min(0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \quad , \quad 0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt})$$

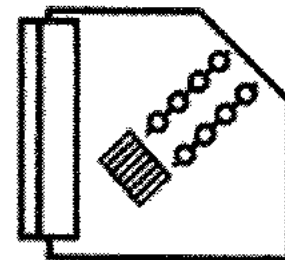
۶- مقاومت برش قالبی:



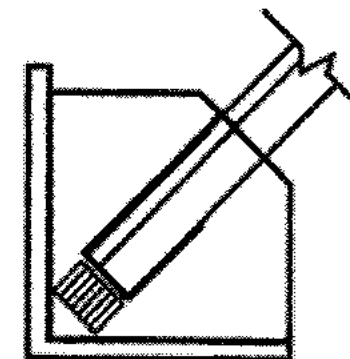
بال بریده شده تیر با
یک ردیف پیچ



انتهای نبشی

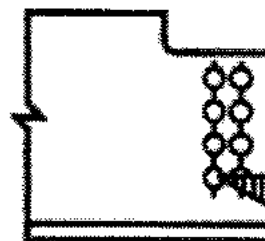


ورق اتصال



نبشی جوش شده

(a) حالت‌هایی که در آنها $U_{bs}=1/0$ در نظر گرفته می‌شود



بال بریده شده تیر با دو ردیف پیچ

(b) حالت‌هایی که در آنها $U_{bs}=0/5$ در نظر گرفته می‌شود

ترکیب برش و کشش گذرنده از مرکز سطح پیچها (اتکایی):

$$R_{ut} \leq \phi R'_{nt}$$

$$\phi = 0.75$$

$$R_{uv} \leq \phi R'_{nv}$$

$$R'_{nt} = F'_{nt} A_{nb}$$

$$R'_{nv} = F'_{nv} A_{nb}$$

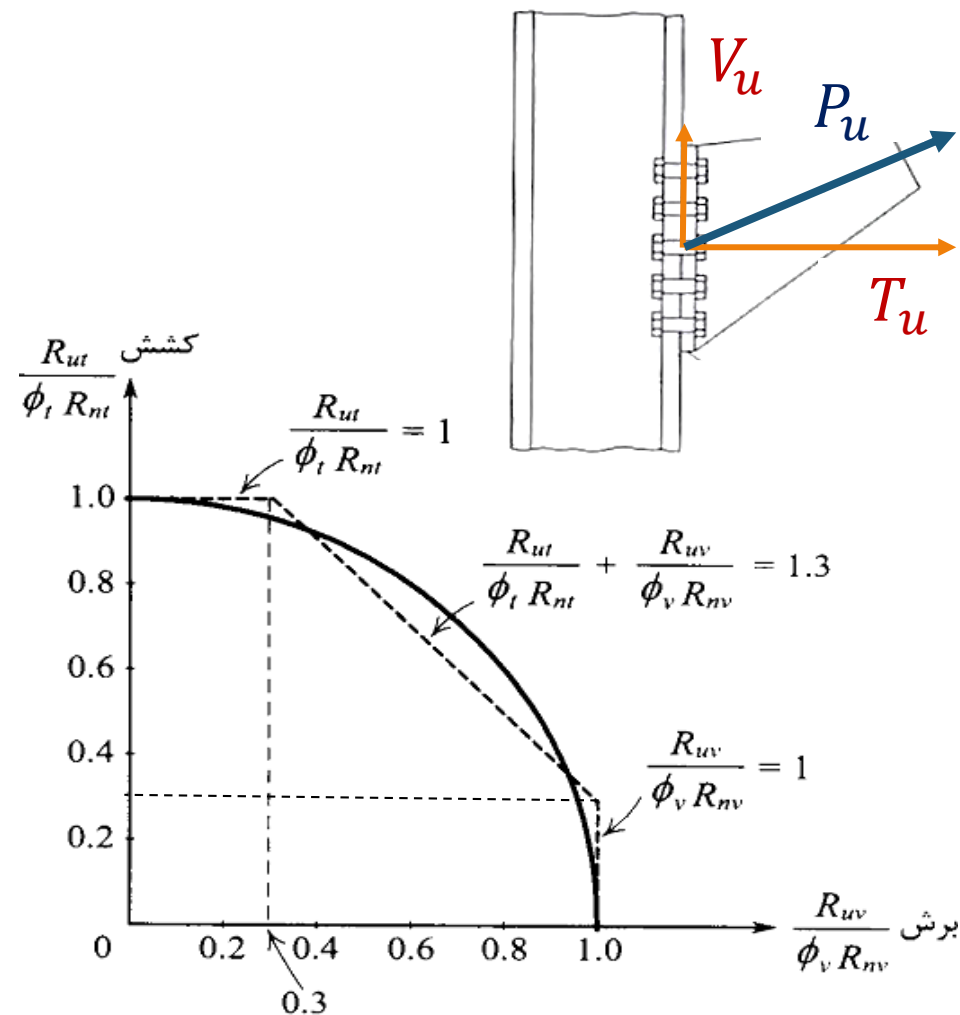
$$F'_{nt} = F_{nt} \left(1/3 - \frac{f_{uv}}{\phi F_{nv}} \right) \leq F_{nt}$$

$$F'_{nv} = F_{nv} \left(1/3 - \frac{f_{ut}}{\phi F_{nt}} \right) \leq F_{nv}$$

f_{uv} = تنش برشی مورد نیاز

f_{ut} = تنش کششی مورد نیاز

(بند ۱۰-۲-۹-۳-۴ مبحث دهم)





ترکیب برش و کشش گذرنده از مرکز سطح پیچها (اصطکاکی):

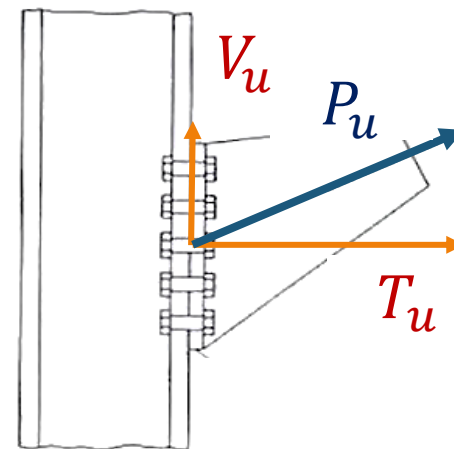
$$R_{ut} \leq \varphi R_{nt} \quad \varphi = 0.75$$

$$R_{uv} \leq \varphi R'_{nv} \quad \varphi = 1, 0.85, 0.7$$

$$R'_{nv} = \mu D_u h_f T_b n_s \times K_{sc}$$

$$K_{sc} = 1 - \frac{T_u}{D_u n_b T_b}$$

T_u = نیروی کششی موردنیاز با اعمال ضرایب بار
 n_b = تعداد پیچ‌هایی که نیروی کششی را تحمل می‌کنند.



$$R_{nt} = F_{nt} A_{nb} \quad \leftarrow \text{ظرفیت کششی با حضور نیروی برشی، تغییر نمی‌کند}$$

کنترل تنش در پیچ

اگر مقادیر زیر برای پیچ‌های مختلف در یک اتصال، یکسان نباشند، بجای نیروی مجموعه پیچ‌ها از تنش در پیچ بحرانی در طراحی استفاده می‌شود:

- نیروی برشی یا مقاومت برشی در پیچ (برای عملکرد اتکایی)،
- نیروی اصطکاک تحت برش متناظر با هرپیچ یا مقاومت برشی (برای عملکرد اصطکاکی)
- نیروی کششی پیچ یا مقاومت کششی

ترکیب برش و کشش گذرنده از مرکز سطح پیچها (با رویکرد تنش)

$$f_{ut} = R_{ut} / n_b A_{nb}$$

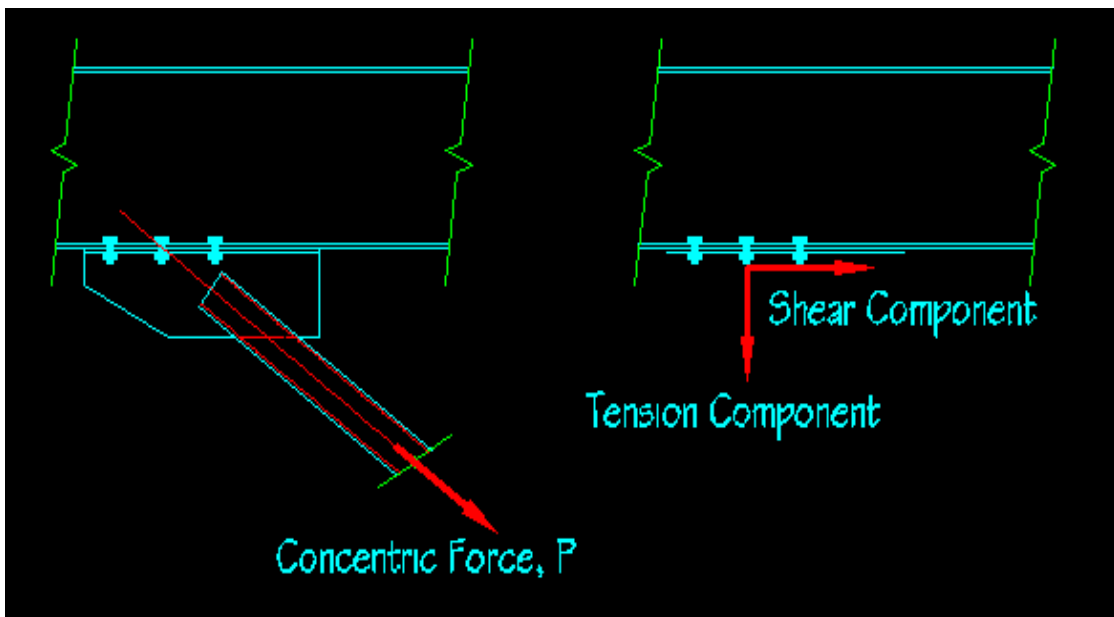
اتکایی: $f_{ut} \leq \phi F'_{nt}$

اصطکاکی: $f_{ut} \leq \phi F_{nt}$

$$f_{uv} = R_{uv} / n_b A_{nb}$$

اتکایی: $f_{uv} \leq \phi F'_{nv}$

اصطکاکی: $f_{uv} \leq \phi \frac{\mu D_u h_f T_b n_s K_{sc}}{A_{nb}}$

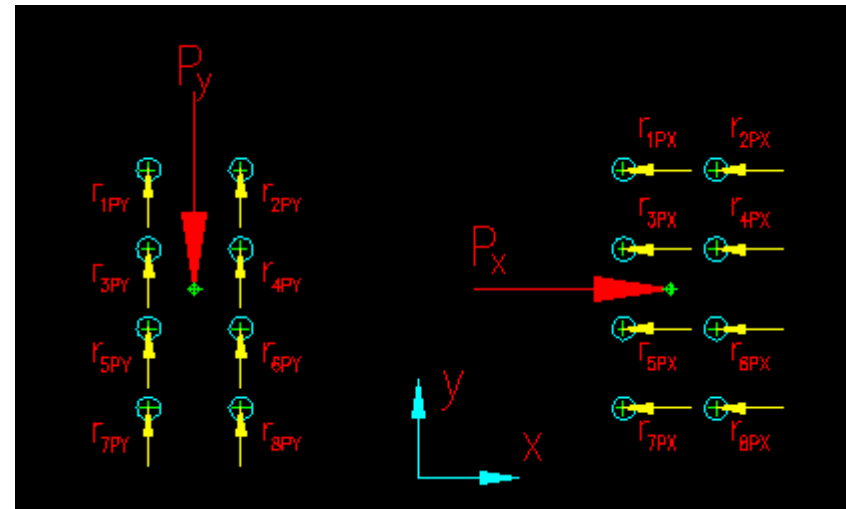
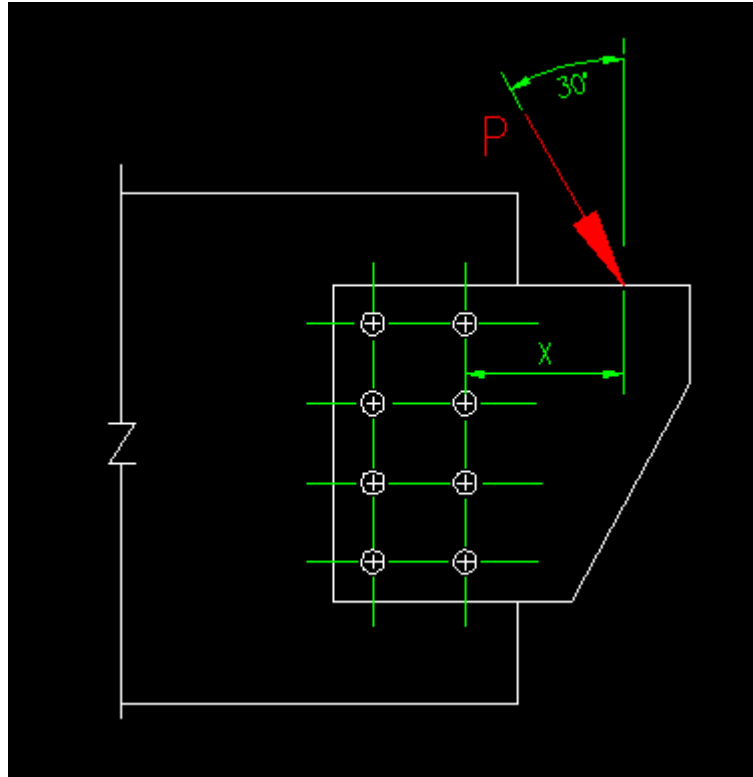


A Beginner's Guide to the Steel Construction Manual

برای عملکرد اصطکاکی، اگر تنش در صفحات تماس با تنش در پیچها معادل سازی شود.

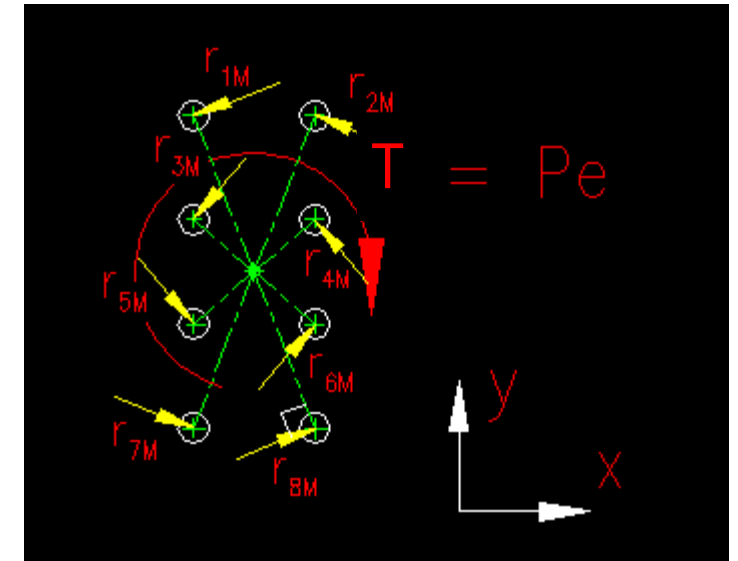


ترکیب نیروی برشی و گشتاور پیچشی



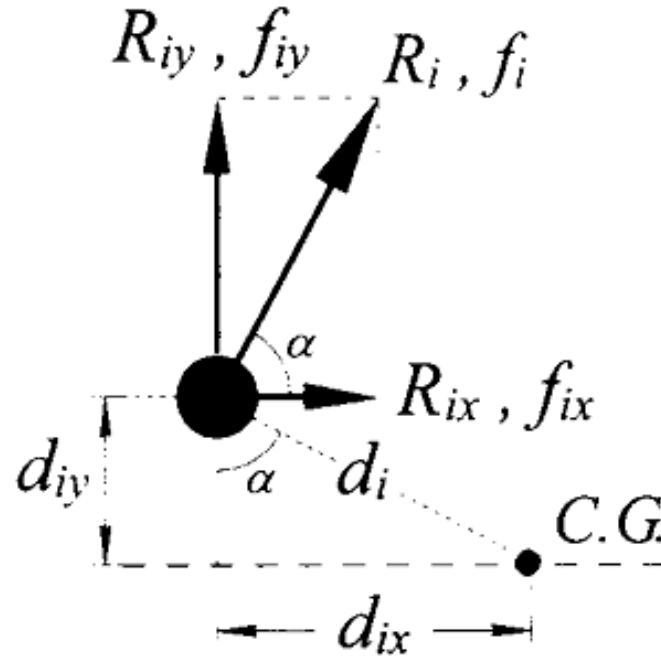
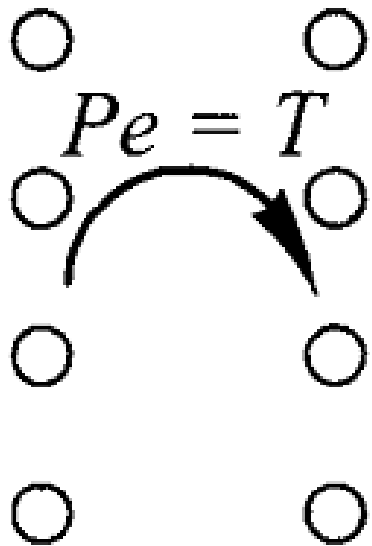
$$f_{sy} = \frac{P_y}{\sum A_i}$$

$$f_{sx} = \frac{P_x}{\sum A_i}$$



$$f_i = \frac{T d_i}{\sum A_i d_i^2}$$

ترکیب نیروی برشی و گشتاور پیچشی

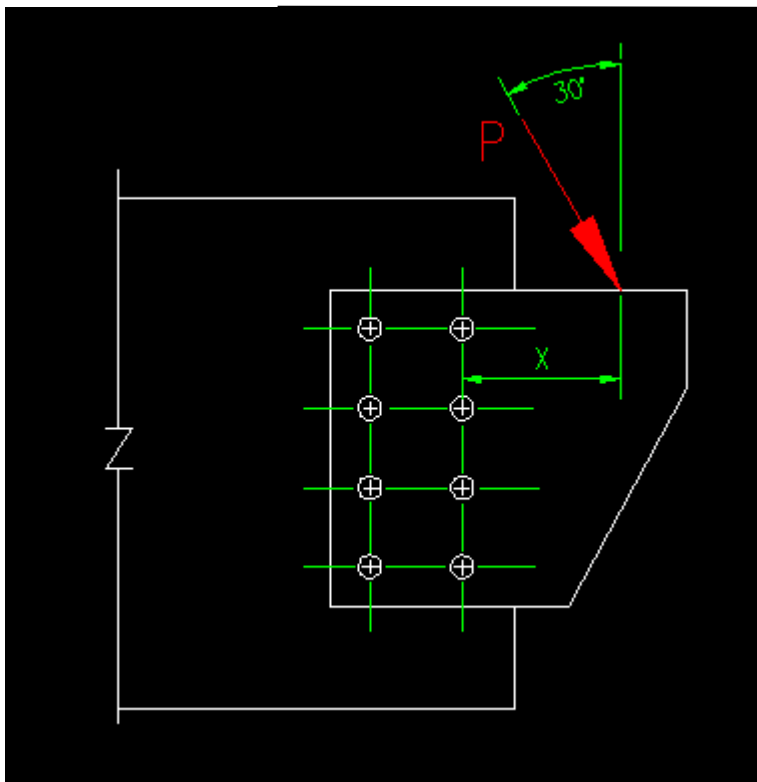


$$f_i = \frac{T d_i}{\sum A_i d_i^2}$$

$$f_{ix} = \frac{T d_{iy}}{\sum A_i (d_{ix}^2 + d_{iy}^2)}$$

$$f_{iy} = \frac{T d_{ix}}{\sum A_i (d_{ix}^2 + d_{iy}^2)}$$

ترکیب نیروی برشی و گشتاور پیچشی



A Beginner's Guide to the Steel Construction Manual

$$f_{sx} = \frac{P_x}{\sum A_i}$$

$$f_{sy} = \frac{P_y}{\sum A_i}$$

$$f_{ix} = \frac{Td_{iy}}{\sum A_i (d_{ix}^2 + d_{iy}^2)}$$

$$f_{iy} = \frac{Td_{ix}}{\sum A_i (d_{ix}^2 + d_{iy}^2)}$$

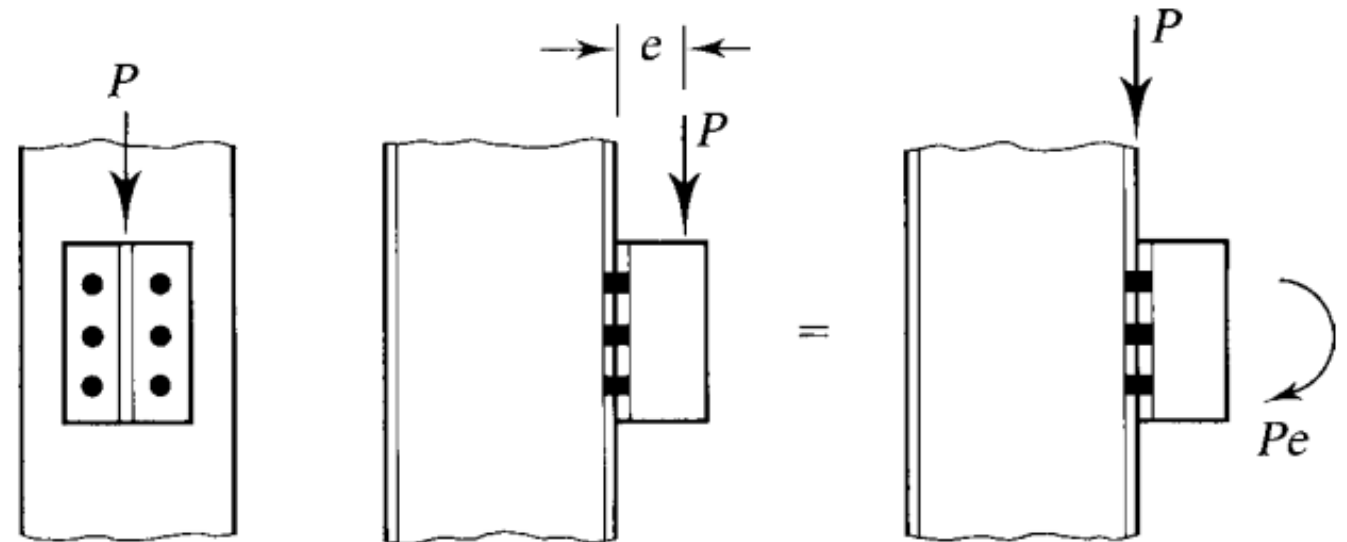
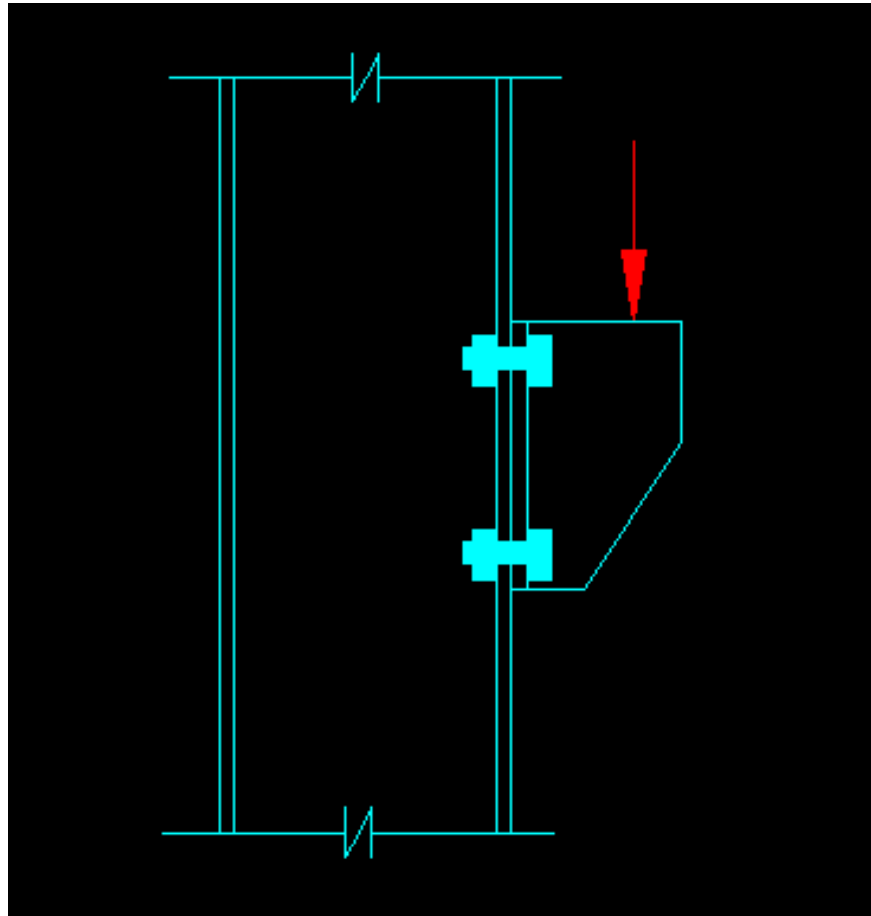
$$f_{uv} = \sqrt{(f_{sx} + f_{ix})^2 + (f_{sy} + f_{iy})^2}$$

مقاومت برشی پیچ بحرانی: $f_{uv} \leq \phi F_{nv}$:اتکایی

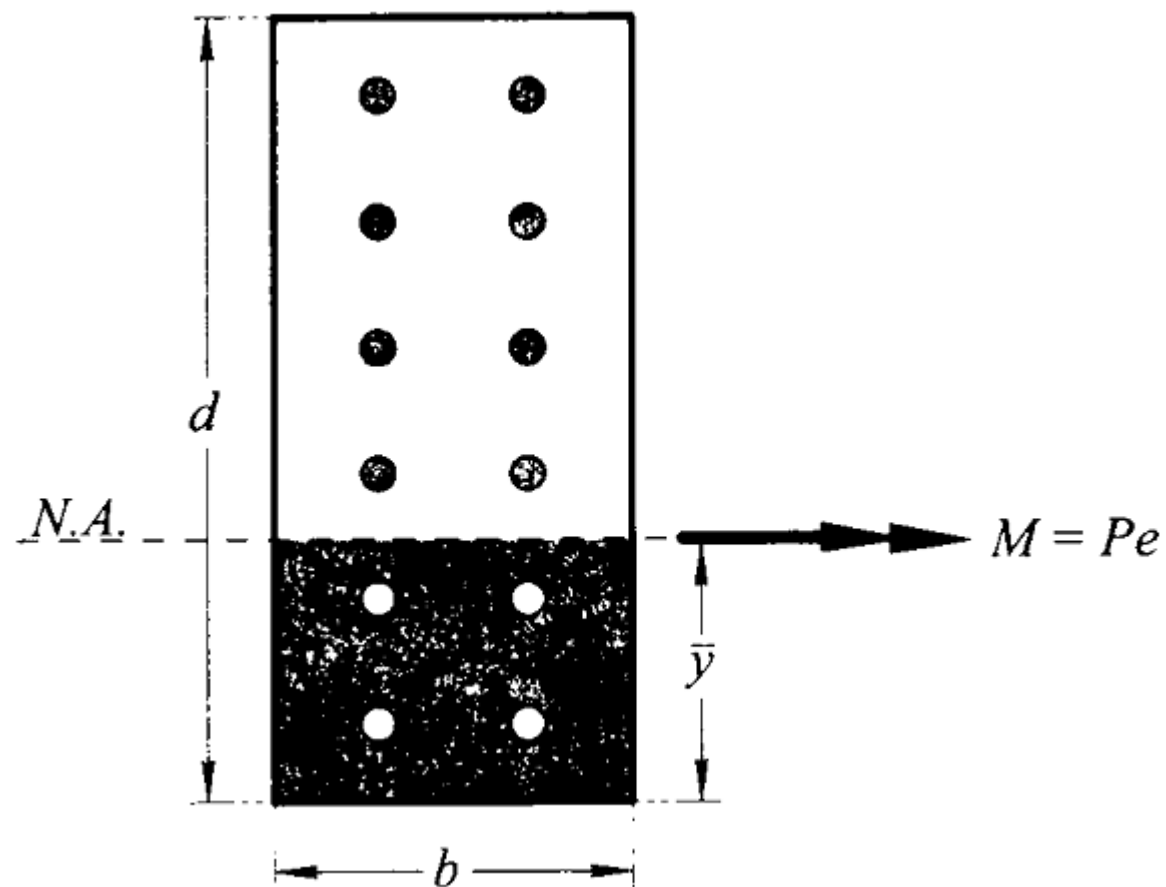
اصطکاکی: $f_{uv} A_{nb} \leq \phi \mu D_u h_f T_b n_s$

برای عملکرد اصطکاکی، اگر تنش در صفحات تماس با تنش در پیچها معادل سازی شود، برای ناحیه بحرانی می توان نوشت:

ترکیب نیروی برشی و گشتاور خمشی



ترکیب نیروی برشی و گشتاور خمشی (اتکایی)

مقاومت کششی پیچ بحرانی: $f_{ut} \leq \phi F'_{nt}$ 

$$\frac{b\bar{y}^2}{2} = \sum A_{bi} (S_i - \bar{y})$$

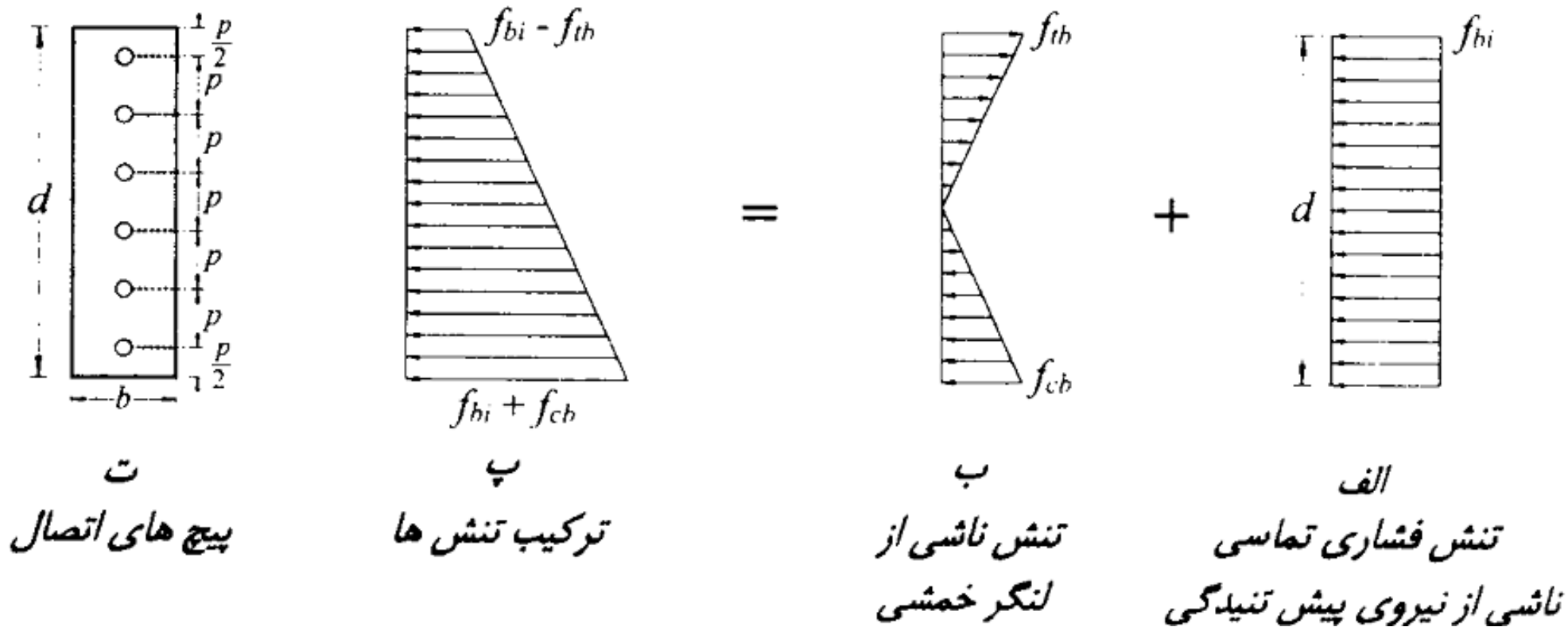
$$f_{ut} = \frac{My}{I}$$

$$I = \frac{b\bar{y}^3}{3} + \sum A_{bi} (S_i - \bar{y})^2$$

مقاومت برشی اتصال: $V_u \leq \sum \phi R'_{nv}$ برای هر پیچ: $R'_{nv} = F'_{nv} A_{nb}$

ترکیب نیروی برشی و گشتاور خمشی (اصطکاکی)

توزیع تنش در صفحات تماس ناشی از جمع اثر پیش تنیدگی و خمش:





ترکیب نیروی برشی و گشتاور خمشی (اصطکاکی)

مقاومت کششی پیچ بحرانی:

$$f_{ut} \leq \phi F_{nt}$$

اگر تنش در صفحات تماس با تنش در پیچها معادل سازی شود، می توان نوشت:

$$f_{ut} = \frac{My}{I} \quad I = \sum_{i=1}^{n_b} (A_{nb})_i y_i$$

مقاومت برشی اتصال:

$$V_u \leq \sum_{i=1}^{n_b} \phi (R'_{nv})_i$$

به ازای پیچ i ام:

$$(R'_{nv})_i = (R_{nv})_i (K_{sc})_i$$

$$(R_{nv})_i = \mu D_u h_f (T_b)_i n_s \quad (K_{sc})_i = 1 - \frac{(T_u)_i}{D_u (T_b)_i} \quad (T_u)_i = (f_{ut})_i (A_{nb})_i$$

