PDF Compressor Pro

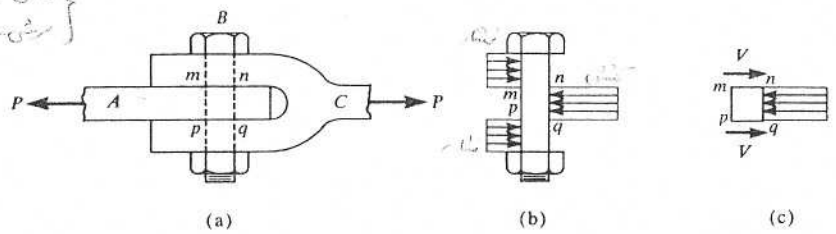


# فصل چهارم

## تنش‌های برشی مستقیم و اتصالات با پرچ و جوش

### ۴ – ۱ تنش برشی و کرنش برشی

به عنوان یک مثال عملی در جایی که تنش‌های برشی وجود دارد اتصال شکل ۴ – ۱ a را در نظر می‌گیریم. اتصال مزبور شامل میله A ، رکابک C و پیچ B می‌باشد. پیچ B از درون سوراخ‌هایی در میله و رکابک عبور می‌کند. میله و رکابک در اثر نیروهای کششی P جدار پیچ را تحت فشار قرار می‌دهند و در آن تنش‌هایی موسوم به تنش‌های تکیه گاهی ایجاد می‌کنند ( شکل ۴ – ۱ b ). شکل ۴ – ۱ b نشان می‌دهد که پیچ در مقاطع mn و pq تمایل به بریده شدن یا برش دارد. اگر ما نمودار جسم آزاد قسمت mnpq پیچ را رسم کنیم ( شکل ۴ – ۱ c ) واضح است




شکل ۴ – ۱



که نیروهای برشی V باید در سطوح بریده شده اثر کند. در این مثال از معادله تعادل میله در امتداد افق نتیجه می‌شود که $V = P/2$ . این نیروهای برشی در روی سطح مقطع های mn و pq تنش هایی تولید می کنند که به تنش های برشی موسوم می باشد. تنش های برشی غالبا" با حرف $\tau$ نشان داده می شود. توزیع دقیق تنش های برشی را نمی توان به آسانی تعیین نمود، ولی با تقسیم نمودن نیروی برشی کل V بر مساحت سطح مقطع A که بر آن اثر می‌کند می‌توان مقدار متوسطی برای آن بدست آورد.

$$\tau_{av} = \frac{V}{A} \qquad (4\text{-}1)$$

مساحت A در مثال شکل ۴ – ۱ مساحت سطح مقطع پیچ می‌باشد.

طرح پیچ‌ها و پرچ‌ها و قطعات دیگر که تحت برش مستقیم قرار دارند معمولا" بر اساس معادله فوق و تنش مجاز متوسط $\tau_w$ صورت می‌گیرد. اگر تنش مجاز کششی مصالح $\sigma_w$ باشد تنش‌مجازبرشی‌همان مصالح معمولا" در حدود $0.5\sigma_w$ تا $0.6\sigma_w$ می‌باشد. همانطوریکه در فصل‌های بعد خواهیم دید، تنش‌های برشی در میله‌هایی که تحت بار گذاری کششی یا خمشی هستند نیز به طور غیر مستقیم ایجاد می‌شود.

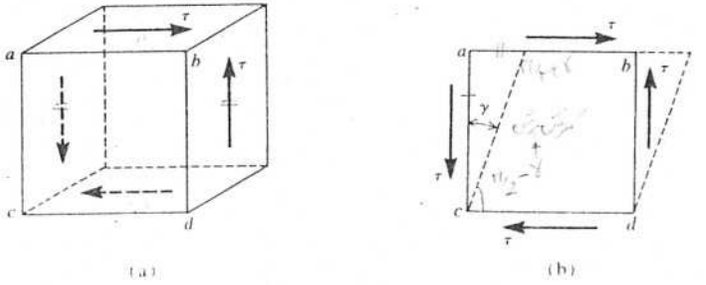
در فصل های قبل ما با تنش‌هایی سر و کار داشتیم که بطور عمودی بر سطوحی که بر آنها وارد می‌شدند عمل می‌کردند و از این رو این تنش‌ها غالبا" تنش‌های عمودی نامیده می‌شوند. از طرف دیگر تنش‌های برشی همیشه بطور مماسی بر سطح عمل می‌کنند، از این رو به آنها تنش‌های مماسی نیز می‌گویند. در هر دو حالت تنش‌ها معرف شدت نیرو، یعنی نیرو در واحد سطح، هستند و فرق اساسی بین آنها در جهت تنش‌می‌باشد.

برای اینکه تغییر شکل‌های ایجاد شده بوسیله تنش برشی را تجسم کنیم، عنصر مکعبی کوچکی از ماده را در نظر می‌گیریم ( شکل ۴ – ۲ a ) و فرض می‌کنیم که تحت تنش برشی $\tau$ که روی سطح فوقانی آن توزیع شده قرار گرفته باشد. اگر تنش های عمودی روی مکعب اثر نکند، باید تنش برشی مساوی $\tau$ ولی در جهت مخالف در سطح تحتانی آن اثر کند تا در امتداد افق تعادل بر قرار شود. بعلاوه تنش‌های برشی در بالا و پایین تولید لنگری می‌کنند که باید با لنگر تنش‌های برشی که در جدارهای قائم اثر می‌کند موازنه گردد. اگر عنصرمزبور قرار است تعادل استاتیکی داشته باشد، تنش‌ها در سطوح قائم نیز باید برابر $\tau$ باشد. بنابراین به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که

الف – تنش‌های برشی که روی عنصری‌از ماده عمل می‌کنند همواره به صورت دو جفت مساوی و با جهت مخالف اثر می‌کنند.

PDF Compressor Pro






شکل ۲ ــ ۴ تنش برشی و کرنش برشی

ب ــ تنش‌های برشی همواره در سطوح عمود بر یکدیگر وجود دارند .

تنش‌های برشی در دو سطح عمود بر هم همواره مقدار مساوی دارند وجهتشان‌طوری است که هر دو تنش یا به خط تقاطع دو سطح نزدیک و یا از آن دور می‌شوند . حالت‌تنش عنصری‌از ماده مانند شکل ۲ a ــ ۴ که تنها تحت اثر تنش‌های برشی می‌باشدموسوم به برش خالص است . برش خالص با تفصیل بیشتری در فصل پنجم بحث خواهد شد .

تغییرشکل‌عنصری‌ازماده در برش خالص در شکل ۲ b ــ ۴ نشان داده شده‌است . این‌شکل وجه abcd جلوی عنصر مکعبی‌را نشان می‌دهد . چون روی عنصرمزبورتنش‌های عمودی اثر نمی‌کند طول اضلاع ab ، cd ، ac و bd تغییر نخواهد کرد . در عوض تنش‌های برشی باعث خواهد شد که مربع abcd به شکل یک لوزی که با خطوط منقطع در شکل ۲ b ــ ۴ نشان داده شده است در آید . زاویه گوشه c که‌قبلا" $\pi/2$ بود حالا به $\pi/2 - \gamma$ کاهش یافته است ( $\gamma$ زاویه کوچکی است که در شکل ۲ b ــ ۴ c مشخص شده است ) . در همان حال زاویه گوشه a به $\pi/2 + \gamma$ افزایش یافته است .

زاویه $\gamma$ مقیاسی برای اندازه گیری تغییر شکل ناشی از تنش برشی می‌باشد و به کرنش برشی‌موسوم‌است . در شکل ۲ b ــ ۴ مشاهده می‌شود که کرنش برشی $\gamma$ برابربامقدار لغزش افقی‌لبه فوقانی عنصرمزبور نسبت به لبه تحتانی آن تقسیم بر ارتفاع عنصرمیباشد .

با آزمایش ماده در برش خالص و اندازه گیری کرنش برشی بر حسب تابعی از تنش برشی می‌توان منحنی تنش ــ کرنش برشی را به طور تجربی بدست‌آورد . چنین‌منحنی‌ای شبیه منحنی نظیر برای حالت کشش ماده مزبور خواهد بود و از روی آن می‌توان‌حد تناسب ، نقطه تسلیم و تنش نهایی در برش را تعریف نمود . تجربه نشان می‌دهد که‌برای فلزات شکل پذیر از جمله فولاد سازه‌ای تنش تسلیم در برش $\tau_y$ برابر 0.5 تا 0.6



تنش تسلیم در کشش $\sigma_y$ می‌باشد .

اگر ماده یک ناحیه ارتجاعی خطی داشته باشد ، منحنی تنش ــ کرنش برشی‌یک‌خط مستقیم خواهد بود و تنش برشی و کرنش برشی با یکدیگر مستقیما" متناسب می باشند . بنابراین معادله زیر برای قانون هــوک در برش بدست می‌آید :

$$\tau = G\gamma \qquad (4\text{-}2)$$

در این رابطه G ضریب ارتجاعی برشی مصالح می‌باشد . مقادیر نمونه G برای چند نوع مصالح در جدول ۱ ــ ۱ داده شده است . ساده‌ترین راه برای ایجاد برش خالص به وسیله پیچش یک لوله استوانه‌ای تو خالی می‌باشد که بعدا" در فصل پیچش مورد بحث قرار خواهد گرفت و معمولا" G از چنین آزمایش پیچشی بدست می‌آید . همچنین باید توجه نمود که ضرائب ارتجاعی در کشش (E) و برش (G) مستقل از یکدیگر نیستند و رابطه‌ای بین آنها وجود دارد که در فصل بعد نشان داده خواهد شد .

## ۲ ــ ۴ مسائل حل شده

### مسئله ۱ ــ ۴

در اتصال پیچی شکل ۱ a ــ ۴ نیروی P برابر 30 kN و قطر پیچ برابر 10 mm است . مقدار متوسط تنش برشی را در روی سطوح mn و pq حساب کنید .

حـل :

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{P}{2A} = \frac{30000}{2\pi(5)^2} = 191\ \text{MPa}$$

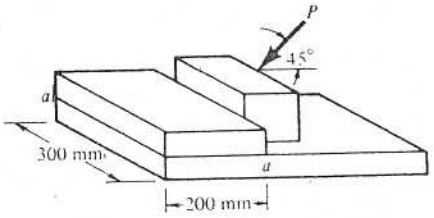
### مسئله ۲ ــ ۴

در شکل ۳ ــ ۴ نیروی P تمایل به بریدن بلوک متوقف کننده در امتداد صفحه a-a دارد . اگر P= 30 kN باشد تنش برشی متوسط‌را در صفحه a-a پیداکنید .

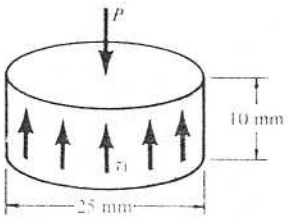
حـل : فقط مؤلفه افقی P در ایجاد برش مزبور مؤثر است . مقدار مؤلفه

PDF Compressor Pro






شکل ۳ ـ ۴




شکل ۴ ـ ۴

مزبور $30\cos 45° = 21.3\,\text{kN}$ می باشد . بنابراین تنش برشی متوسط برابر است با

$$\tau = \frac{P\cos 45°}{A} = \frac{21.3\times 10^{3}}{300\times 200} = 0.35\,\text{MPa}$$

**مسئله ۳ ـ ۴**

فولاد سازه‌ای با کربن کم دارای مقاومت نهایی برشی تقریبا" $300\,\text{MPa}$ میباشد . نیروی لازم برای ایجاد سوراخی به قطر $25\,\text{mm}$ در صفحه‌ای فولادی به ضخامت $10\,\text{mm}$ را حساب کنید .

**حل :** فرض می‌کنیم تنش برشی در روی سطح استوانه‌ای به قطر $25\,\text{mm}$ وضخامت $10\,\text{mm}$ مطابق شکل ۴ ـ ۴ به طور یکنواخت توزیع شده باشد . از معادله تعادل در امتداد قائم نیروی لازم برای ایجاد سوراخ مزبور به دست می‌آید .

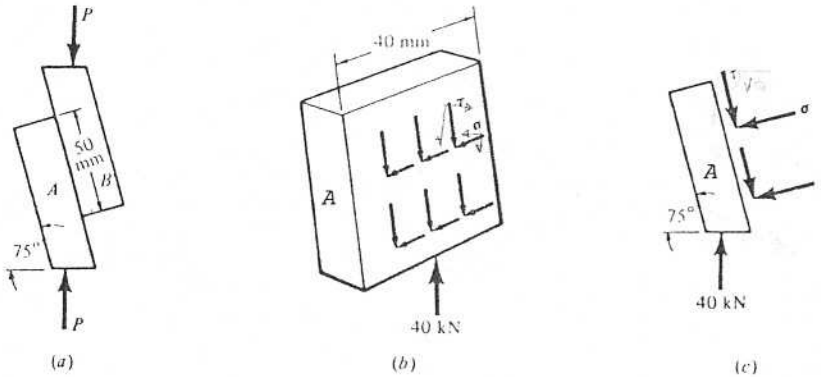
$$P = \tau A = \pi(25)(10)(300\times 10^{6}\times 10^{-6}) = 235000\,\text{N}$$

**مسئله ۴ ـ ۴**

در صنایع چوب بعضی مواقع برای تعیین مقاومت برشی اتصالاتی که با چسب صورت



می‌گیرد از بلوک های مایل مانند شکل ۴ ـ ۵a استفاده می‌شود . عرض بلوک های A و B که با چسب به یکدیگر متصل شده‌اند در جهت عمود بر صفحه شکل $40\,\text{mm}$ می‌باشد . اگر نیروی قائم $40\,\text{kN}$ برای ایجاد گسیختگی در محل اتصال لازم باشد مقاومت نهایی برشی چسب را حساب کنید .




شکل ۵ ـ ۴

**حل :** تعادل بلوک تحتانی A را در نظر می‌گیریم . اثر بلوک B در روی بلوک A شامل تنش‌های عمودی و برشی می‌باشد که در شکل‌های ۴ ـ ۵b و ۴ ـ ۵c نشان داده شده است . معادله تعادل بلوک A در امتداد افق ( شکل ۴ ـ ۵c ) به صورت زیر نوشته می‌شود :

$$\tau(50)(40)\cos 75° = \sigma(50)(40)\cos 15° \quad : \quad \sigma = 0.269\tau \qquad (1)$$

معادله تعادل بلوک A در امتداد قائم عبارتست از

$$40000 - \tau(50)(40)\sin 75° - \sigma(50)(40)\sin 15° = 0 \qquad (2)$$

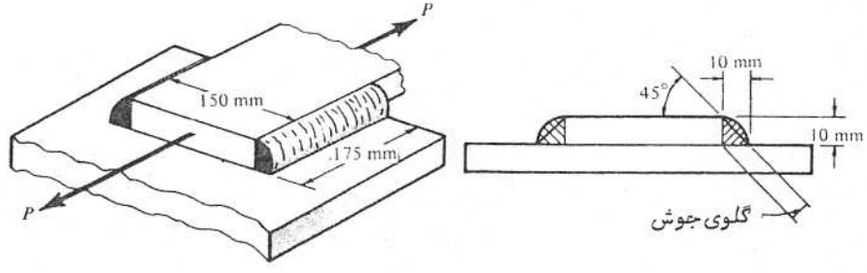
از جایگزینی $\sigma = 0.269\tau$ در معادله فوق $\tau$ بدست می‌آید : $\tau = 19.3\,\text{MPa}$

**مسئله ۵ ـ ۴**

PDF Compressor Pro



یک نوع متداول جوش برای اتصال دو صفحه به یکدیگر جوش گوشه ( شکل ۶ ــ ۴ ) می‌باشد . این نوع جوش می‌تواند برش و همچنین کشش ، فشار و خمش را تحمل‌کند .برای دو صفحه شکل ۶ ــ ۴ مقدار مجاز نیروی کششی P را بـر اساس تنش برشـی مجاز 80 MPa تعیین کنید . فقط تنش های برشی را در جوش در نظر بگیرید . نیروهای P در وسط فاصله بین دو جوش وارد شده‌اند .




شکل ۶ ــ ۴

**حـل :** کوچکترین بعد جوش موسوم به گلوی جوش می‌باشد که در این مسئله برابر با $10 \sin 45° = 7.07$ mm است . سطح موءثر جوش که در مقابل برش مقاومت می‌کند برابر است با حاصل ضرب طول جوش در اندازه گلوی جوش. بنابراین سطح موءثر هر یک از دو جوش برابر $175(7.07) = 1237\ mm^2$ می‌باشد . مقدار مجاز نیروی کششی در این صورت برابر است با

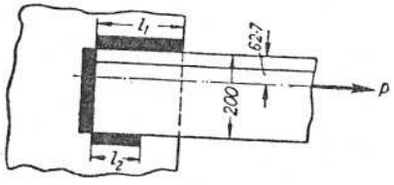
$$P_w = (80\times10^6)(10^{-6})(2)(1237) = 198000\ N$$

**مسئله ۶ــ۴**

یک نیروی کششی 40 t به طور مرکزی به یک نبشی $200\ mm \times 150\ mm \times 16\ mm$ وارد شده است ( شکل ۷ ــ ۴ ) . نبشی مطابق شکل به یک صفحه جوش گوشه‌ای‌داده شده است . برای اینکه طول های $l_1$ و $l_2$ کاهش یابند انتهای نبشی نیز به صفحه جوش داده شده است . تنش مجاز برشی جوش $800\ Kg/cm^2$ می‌باشد . طول‌های $l_1$ و



$l_2$ را مجاسبه کنید .




شکل ۷ ــ ۴

**حـل :** با توجه به اینکه گلوی جوش تقریبا" برابر $t \sin 45° = 0.7\ t$ می‌باشد طول کل جوش لازم بر اساس مقاومت برشی برابر است با ( ضخامت نبشی = t )

$$l = \frac{P}{0.7\ t\ \tau_w} = \frac{40000}{0.7\times1.6\times800} = 44.7\ cm$$

طول جوش انتهای نبشی برابر 20 cm است . بنابراین طول باقی مانده که مجموع طول‌های $l_1$ و $l_2$ می‌باشد برابر 24.7 cm است .

طول های $l_1$ و $l_2$ باید چنان انتخاب شود که برآیند تنش‌های برشی‌در روی تمام طول جوش در صفحه محور نبشی قرار بگیرد . محور نبشی در فاصله 6.27 cm از لبه فوقانی آن قرار دارد ( شکل ۷ ــ ۴ ) . بنابراین معادله زیر نتیجه می‌شود :

$$6.27\ l_1 + \frac{6.27^2}{2} = \frac{13.73^2}{2} + 13.73\ l_2$$

همچنین

$$l_1 + l_2 = 24.7$$

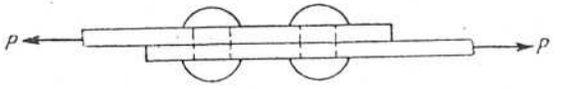
از حل دو معادله فوق نتیجه می‌شود : $l_1 = 20.7 cm$ و $l_2 = 4$ cm

**مسئله ۷ــ۴**

PDF Compressor Pro



تعداد پرچ‌های لازم به قطر 20mm را برای اتصال دو صفحه به ضخامت‌های 8 و 10 میلیمتر پیدا کنید ( شکل ۸ – ۴ ) . نیروی کششی P در محل اتصال برابر 20 τ است . تنش های مجاز برشی و فشاری به ترتیب $1400\ Kg/cm^2$ و $3200\ Kg/cm^2$ می‌باشند .




شکل ۸ – ۴

حل : بر اساس مقاومت برشی پرچ تعداد پرچ‌های لازم برابر است با ( قطر پرچ =d )

$$n \geq \frac{P}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)\tau_w} = \frac{20000}{\pi \times \frac{2^2}{4} \times 1400} = 4.53 \# 5$$

بر اساس مقاومت فشاری پرچ تعداد پرچ‌های لازم برابر است با ( ضخامت صفحه = t )

$$n \geq \frac{P}{td\sigma_w} = \frac{20000}{0.8 \times 2 \times 3200} = 3.9 \# 4$$

بنابراین برای اتصال مزبور حداقل پنج پرچ لازم است .

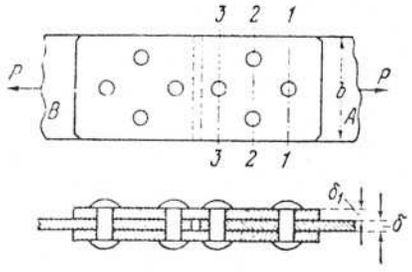
## مسئله ۸ – ۴

دو تسمه فولادی A و B به ضخامت $\delta = 10mm$ و عرض $b = 150mm$ بوسیله دو صفحه مطابق شکل ۹ – ۴ به یکدیگر پرچ شده‌اند . قطر پرچ‌ها $d = 16\ mm$، ضخامت صفحات اتصال $\delta_1 = 6\ mm$ و عرض آنها برابر با عرض تسمه‌ها $150\ mm$ می باشد . اگر بار کششی P برابر 8 تن باشد تنش‌ها را در پرچ‌ها و تسمه‌ها حساب کنید .

حل :

الف – محاسبه تنش در پرچ‌ها : درهرطرف اتصال چهار پرچ ( i = 4 ) وجود دارد .






شکل ۹ – ۴

در دو مقطع هر یک از پرچ‌ها نیروی برشی P/i وجود دارد . بنابراین تنش برشی در پرچ‌ها برابر است با

$$\tau = \frac{P}{(2i)\frac{\pi}{4}(d^2)} = \frac{8000}{2\times4\times0.785\times1.6^2} = 500\ Kg/cm^2$$

ب – محاسبه تنش در تسمه‌ها : در مقطع 1-1 تمام نیروی P بوسیله تسمه‌منتقل می‌شود . این مقطع بوسیله یک پرچ ضعیف شده است و مساحت سطح مقطع تسمه در مقطع مزبور برابر است، با

$$A_{1-1} = \delta(b-d) = 1(15 - 1.6) = 13.4\ cm^2$$

تنش کششی در مقطع 1-1 برابر است با

$$\sigma_{1-1} = \frac{P}{A_{1-1}} = \frac{8000}{13.4} = 597\ Kg/cm^2$$

در مقطع 2-2 نیروی منتقل شده توسط تسمه فقط $\frac{3}{4}P$ است زیرا نیروی $\frac{P}{4}$ بوسیله پرچ اول حمل و به توسط صفحه‌های فوقانی و تحتانی و پرچ‌های سمت چپ اتصال به تسمه B منتقل شده است . مقطع 2-2 بوسیله دو پرچ ضعیف شده است ، در نتیجه مساحت سطح مقطع آن برابر است با

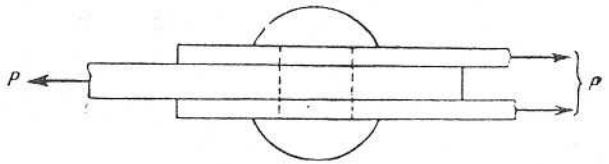
$$A_{2-2} = \delta(b-2d) = 1(15 - 2\times1.6) = 11.8\ cm^2$$

PDF Compressor Pro



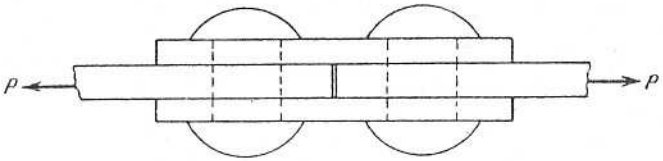
یکنواخت بارگذاری شده است، ولی در تمام طول لبه تحتانیش تکیه گاه ندارد ( شکل ۴ – ۱ – ۴ ) . اگر بار کل در بالای استوانه برابر 4MN باشد و 30 مترازلبه‌تحتانی آن بدون تکیه گاه باشد ، تنش برشی متوسط را در روی هر یک از مقاطع a-a و b-b پیدا کنید . استوانه از بتن به ضخامت 200 mm و ارتفاع 10 m ساخته شده است .

**مسئله ۵ – ۱ – ۴** تعداد پرچ‌های لازم به قطر 20 mm را برای اتصال دو صفحه به ضخامت 5 mm به صفحه سومی به ضخامت 12 mm ( شکل ۵ – ۱ – ۴ ) پیدا کنید . نیروی کششی P در روی اتصال برابر 18 t و تنش‌های مجاز برشی و فشاری به ترتیب $1000\ Kg/cm^2$ و $2800\ Kg/cm^2$ می‌باشند .



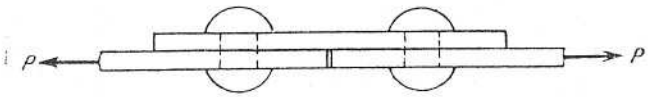

شکل ۵ – ۱ – ۴

**مسئله ۶ – ۱ – ۴** تعداد پرچ‌های لازم به قطر 17 mm را برای اتصال دو صفحه به کمک دو عدد تسمه مطابق شکل ۶ – ۱ – ۴ پیدا کنید . نیروی کششی P برابر 30 t ، ضخامت هر یک از صفحه‌ها برابر 10 mm و ضخامت تسمه‌ها برابر 6 mm است . تنش‌های مجاز برشی و فشاری به ترتیب $1000\ Kg/cm^2$ و $2800\ Kg/cm^2$ میباشد .




شکل ۶ – ۱ – ۴

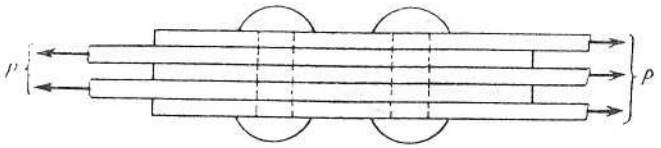
**مسئله ۷ – ۱ – ۴** دو صفحه به توسط یک تسمه مطابق شکل ۷ – ۱ – ۴ به یکدیگر پرچ شده‌اند . ضخامت صفحه‌ها و تسمه برابر 10 mm است . اگر تنش‌های مجاز برشی‌وفشاری به ترتیب $1400\ Kg/cm^2$ و $3200\ Kg/cm^2$ باشند تعداد پرچ‌های‌لازم به‌قطر17mm را تعیین کنید . نیروی P در محل اتصال برابر 24 t می‌باشد .




شکل ۷ – ۱ – ۴

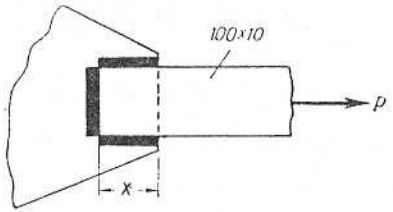


**مسئله ۸ – ۱ – ۴** دو صفحه هریک به ضخامت 10 mm به سه صفحه هریک‌به‌ضخامت 8 mm به توسط پرچ‌های به قطر 20 mm مطابق شکل ۸ – ۱ – ۴ متصل شده‌اند . اتصال مزبور تحت اثر نیروی کششی 28 t می‌باشد . اگر تنش‌های مجاز برشی و فشاری به ترتیب $1000\ Kg/cm^2$ و $2800\ Kg/cm^2$ باشند تعداد پرچ های لازم راتعیین کنیـد .




شکل ۸ – ۱ – ۴

**مسئله ۹ – ۱ – ۴** حداقل طول x را که برای جوش دادن در صفحه فولادی شکـل ۹ – ۱ – ۴ لازم است تعیین کنید . تنش‌کششی در صفحه $1400\ Kg/cm^2$ و تنش‌برشی مجاز جوش برابر $800\ Kg/cm^2$ می‌باشد .




شکل ۹ – ۱ – ۴

## ۴ – ۴ جواب‌های مسائل حل نشده

۴ – ۱ – ۱ : $50\ Kg/cm^2$

۴ – ۱ – ۲ : 2.5 MPa

۴ – ۱ – ۳ : $\tau = 0.707\ P/ab$

۴ – ۱ – ۴ : $\tau = 0.24$ MPa

۴ – ۱ – ۵ : چهار عدد

۴ – ۱ – ۶ : هفت‌پرچ در هرنیمه اتصال

۴ – ۱ – ۷ : هشت پرچ در هر نیمه اتصال

۴ – ۱ – ۸ : سه پرچ

۴ – ۱ – ۹ : 7.5 cm

PDF Compressor Pro



تنش کششی در تسمه در مقطع 2-2 برابر است با

$$\sigma_{2-2} = \frac{\frac{3}{4}P}{A_{2-2}} = \frac{\frac{3}{4}\times 8000}{11.8} = 508\ \mathrm{Kg/cm^2}$$

تنش در مقطع 2-2 15 در صد کمتر از تنش در مقطع 1-1 است.

در مقطع 3-3 نیروی منتقل شده به تسمه B برابر $P - \frac{3}{4}P = \frac{1}{4}P$ است.

مساحت سطح مقطع در مقطع 3-3 برابر مساحت سطح مقطع در مقطع 1-1 است.

$$A_{3-3} = A_{1-1} = 13.4\ \mathrm{cm^2}$$

تنش کششی در این مقطع برابر است با

$$\sigma_{3-3} = \frac{\frac{P}{4}}{A_{3-3}} = \frac{\frac{8000}{4}}{13.4} = 150\ \mathrm{Kg/cm^2}$$

این تنش 75% کمتر از تنش در مقطع 1-1 می‌باشد.

حال تنش تکیه گاهی در تسمه را در اثر فشار وارده بوسیله پرچ حساب می‌کنیم.

مساحت تکیه گاهی تسمه در هر پرچ برابر است با

$$A_b = \delta d = 1 \times 1.6 = 1.6\ \mathrm{cm^2}$$

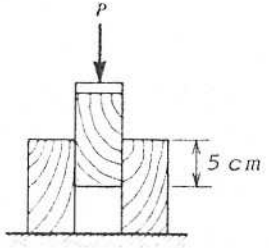
فشاری که بوسیله یک پرچ بر تسمه وارد می‌شود برابر $\frac{P}{4}$ می باشد. بنابراین تنش تکیه گاهی برابر است با

$$\sigma_b = \frac{\frac{P}{4}}{A_b} = \frac{\frac{8000}{4}}{1.6} = 1250\ \mathrm{Kg/cm^2}$$

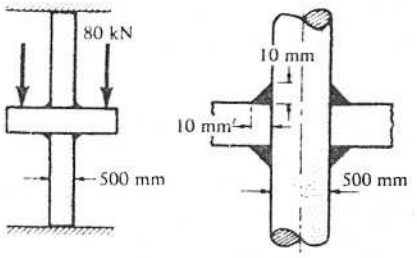
## ۴ــ۳ مسائل حل نشده



**مسئله ۱ــ۱ــ۴** سه قطعه چوب مطابق شکل ۱ ــ ۱ ــ ۴ با چسب به یکدیگر متصل شده‌اند. قطعات چوب سطح مقطع یکسان دارند و طولشان در جهت عمود برصفحه‌تصویر 20 cm می‌باشد. اگر بار P برابر 10000 Kg باشد تنش برشی متوسط در محل اتصال قطعات چقدر است ؟



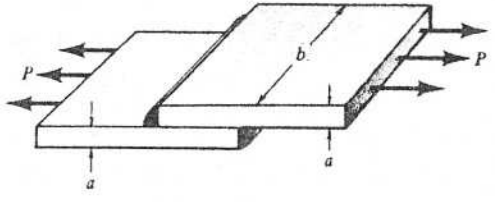

شکل ۱ ــ ۱ ــ ۴



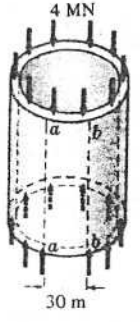

شکل ۲ ــ ۱ ــ ۴

**مسئله ۲ــ۱ــ۴** در شکل ۲ ــ ۱ ــ ۴ بارکل 80 kN بر بالکن به صورت متقارن و شعاعی وارد می‌آید. تکیه گاه مرکزی، ستونی به قطر 500 mm می‌باشد. بالکن در دو سطح فوقانی و تحتانی به ستون جوش شده و طول اضلاع جوش گوشه 10 mm است. تنش برشی متوسطی را که بین ستون و بالکن وجود دارد حساب کنید.

**مسئله ۳ــ۱ــ۴** دو صفحه با ضخامت یکسان در شکل ۳ ــ ۱ ــ ۴ بوسیله‌دونوارجوش گوشه به یکدیگر متصل شده‌اند. تنش برشی حداکثر را در جوش‌ها تعیین کنید.




شکل ۳ ــ ۱ ــ ۴




شکل ۴ ــ ۱ ــ ۴

**مسئله ۴ــ۱ــ۴** استوانه قائم جدار نازکی به قطر 40 m در طول لبه فوقانیش بطور