# فصل دوم

# قطعات کششی

## مقدمه

قطعات کششی یا دارای نیمرخ ساده هستند و یا دارای نیمرخ مرکب می‌باشند. انواع نیمرخهای (پروفیلهای) ساده عبارتند از: میلگرد، تسمه، نبشی، ناودانی و I و ... نیمرخهای مرکب از ترکیب ۲ یا چند نیمرخ ساده تشکیل می‌شوند. انتخاب پروفیل ساده عملکرد اجرایی را تسهیل خواهد بخشید و حتی محاسبات و تهیهٔ نقشه‌های اجرایی را نیز سرعت خواهد داد ولی با این حال در موارد زیر از پروفیل مرکب استفاده می‌کنیم:

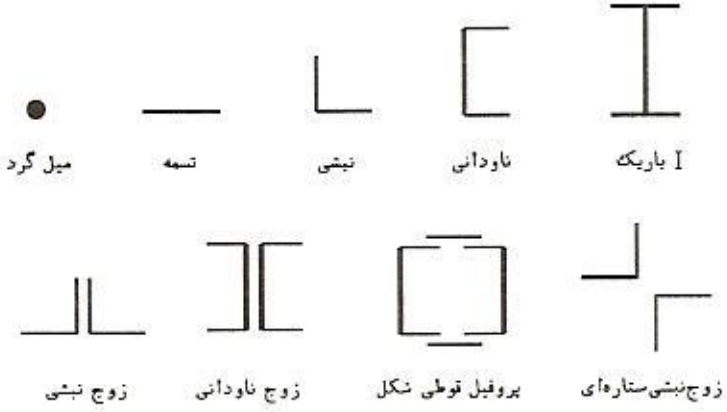
**الف** ـ زیبایی قطعه مورد نظر باشد.

**ب** ـ اتصالات مخصوص انتهای قطعه نیاز به مقطعی خاص داشته باشند.

**ج** ـ نیروی کششی بیش از ظرفیت باربری نیمرخ ساده باشد.

**د** ـ ضریب لاغری ($\lambda = \frac{kl}{r_{min}}$) نیمرخ ساده صلبیت کافی را به قطعه ندهد (بعدها خواهیم گفت که باید در قطعات کششی $\lambda \leq ۳۰۰$ باشد).

**هـ** ـ به دلیل اثر توأم کشش و خمش به صلبیت جانبی بالایی نیاز باشد.




**شکل ۱ـ۲ . نیمرخهای متداول قطعات کششی (مرکب و ساده)**

هر گاه قطعات کششی دارای صلبیت خمشی کمی باشند، زیر اثر وزن خود تغییر شکل داده و به اصطلاح شکم می‌دهند. برای از بین بردن این تغییر شکل اولیه با استفاده از بست قورباغه‌ای یا حرارت یا ... در قطعات کششی، کشش اولیه‌ای قبل از اعمال بار کششی ایجاد می‌کنند. زیرا تغییر شکل اولیهٔ ناشی از وزن باعث می‌شودکه‌این‌قطعات تحت‌اثربار خارجی‌تغییرشکل قابل‌توجهی‌داده‌وقدرت کششی قطعه کاهش یابد.

## اثر تنشهای پس ماند

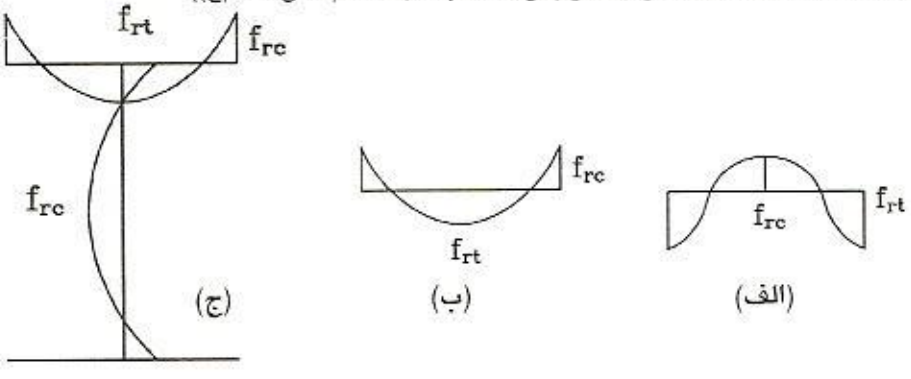
وجود تنشهای پس ماند در قطعات کششی موجب می‌شود که عملکرد قطعات کشش تحت تأثیر بار کمی‌متفاوت باعملکردنمونهٔ فولادی در آزمایش کشش ساده باشد. علل ایجاد تنشهای پس ماند عبارتند از:

۱ـ سرد شدن غیریکنواخت نیمرخهای نورد شده پس از نورد در بستر خنک کننده

۲ـ سرد شدن غیریکنواخت نیمرخهای ساخته شدهٔ جوشی پس از جوشکاری

۳ـ کار سرد انجام شده بر روی قطعات خمیده برای صاف کردن

نحوهٔ ایجاد تنش پس ماند در یک نیمرخ I شکل پس از نورد گرم به این ترتیب است که پس از اتمام نورد گرم، نوک بالهای نیمرخ از سه سمت در معرض هوای سرد محیط قرار می‌گیرد، لذا با سرعتی سریعتر از محل اتصال بال به جان پروفیل شروع به سرد شدن می‌کند و به همین دلیل، قسمت وسط جان نیز، سریعتر از محل اتصال جان به بال خنک می‌شود. بدین ترتیب فلز اتصالات بال به جان، حتی پس از آن که دو انتهای بال و قسمت میانی جان تا درجهٔ حرارت محیط سرد شده باشند، به سرد شدن خود ادامه می‌دهد. یک چنین تأخیری در سرد شدن سبب می‌شود که در اثر انقباض حاصل در اتصالات جان به بال این پروفیل، تنش فشاری در قسمتهای قبلاً خنک شدهٔ پروفیل و تنش کششی در اتصالات جان به بال این پروفیل به‌وجود آید. یک چنین تنشهایی را تنش پس ماند خواهیم نامید. (شکل ۲ـ۲.(ج))




شکل ۲ـ۲ . تنش پس ماند $f_{rt}$: تنش کششی و $f_{rc}$: تنش فشاری

در مورد تسمه‌های نورد شده نیز همین وضعیت برقرار بوده و لبه‌های آنها تحت فشار قرار می‌گیرند. اما در تسمه‌های بریده شده به کمک مشعل عکس حالت نورد شده اتفاق می‌افتد یعنی پس از برش، قسمتهای واقع در مسیر بریده شده حرارت خود را از دست می‌دهند منقبض می‌شوند، قسمت میانی تسمه را تحت فشار قرار می‌دهند و خود در کشش می‌افتند (شکل ۲ـ۲.(الف) و (ب)).

## نکات مهم :

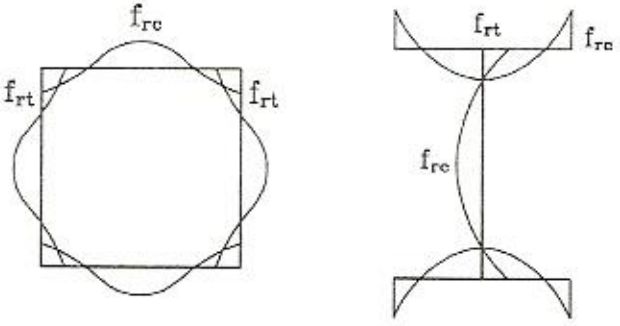
*تنش پس ماند در قطعات جوش شده بیشتر از قطعات نورد شده می‌باشد.*

*مقدار تنش پس ماند تابعی از ضخامت است و مثلاً با افزایش ضخامت تسمه، تنش پس ماند آن افزایش می‌یابد.*

*تنش پس ماند حرارتی تقریباً در همهٔ طول قطعه وجود دارد، منتهی در دو انتهای آن طبعاً برابر با صفر بوده، ولی به سرعت در فاصلهٔ کمی از دو انتها شدت آن به مقدار حداکثر می‌رسد.*

*به دلیل تفاوت در تنشهای پس ماند، در دو ستون I شکل و قوطی شکل با ضریب لاغری یکسان، استحکام ستونی که از نیمرخ قوطی شکل ساخته شده باشد، بیشتر است* ($\square > I$).

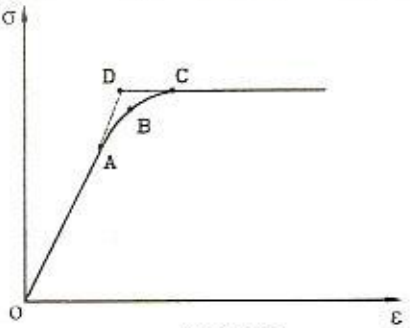
*تنش پس ماند در لبه‌های نیمرخ I شکل فشاری است و در لبه‌های نیمرخ قوطی شکل کششی می‌باشد.*




**شکل ۳ـ۲**

*وجود تنش پس ماند موجب می‌شود که منحنی ایده‌آل تنش ـ کرنش کمی تغییر کند. اگر در یک تسمه تنش پس ماند وجود نداشته باشد، تغییرات تنش با کرنش برطبق خط* OAD *صورت می‌گیرد (شکل ۴ـ۲). لذا دیده می‌شود که وجود تنش پس ماند سبب تغییر تنش تسلیم فولاد نمی‌گردد، ولی باعث می‌شود که حَد خطی فولاد که برای فولاد شکل (۴ـ۲) نقطه* D *بوده*

*است به نقطهٔ A تنزل یابد و از طرف دیگر کرنش مربوط به تنش تسلیم فولاد از کرنش مربوط به نقطهٔ D به نقطه C افزایش یابد و در واقع گوشه تیز حالت قوسی به خود بگیرد.*




شکل ۴ـ۲

## تنشهای مجاز

روش طراحی قطعات کششی بر مقاومت نهایی آنها استوار است. بدین ترتیب که دو نوع احتمال خرابی زیر در نظر گرفته می‌شوند:

۱ـ ازدیاد طول زیاده از حد قطعه تحت اثر بارگذاری قطعه که برای جلوگیری از این خرابی باید داشت:

$$(f_t)_g \leq (F_t)_g$$

۲ـ گسیختگی قطعه که برای جلوگیری از این خرابی باید داشت :

$$(f_t)_e \leq (F_t)_e$$

$(F_t)_g$ و $(F_t)_e$ به ترتیب تنش کششی مجاز در سطح مقطع کلی و مؤثر و $(f_t)_g$ و $(f_t)_e$ نیز به ترتیب تنش کششی موجود در سطح مقطع کلی و مؤثر می‌باشند.

در توضیح خرابی نوع ۱ باید گفت که: $(f_t)_g = \frac{T}{Ag} \leq (F_t)_g = ۰/۶۰F_y$

پس فرمول شمارهٔ ۱ به صورت روبه رو در می‌آید: $\frac{T}{Ag} \leq ۰/۶۰F_y$

به قسمی که: T = نیروی کششی موجود در عضو

Ag = سطح مقطع کلی

$F_y$ = تنش تسلیم

و فرمول شمارهٔ ۲ به صورت روبه رو در می‌آید: $\frac{T}{A_e} \leq ۰/۵F_u$

به قسمی که: T = نیروی کششی موجود در عضو

Ae = سطح مقطع مؤثر

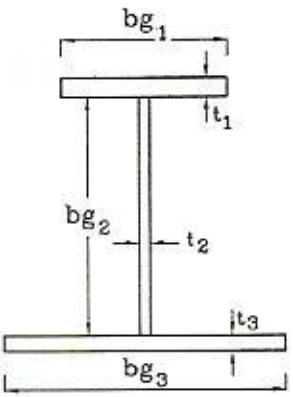
$$T = (0.6F_Y A_g \cdot 0.5F_u A_e)_{min}$$ $F_u$ = تنش نهایی

به عبارت بهتر:

$T$ = نیروی کششی مجاز (حداکثر نیروی کششی که مجاز است به قطعه وارد شود).

## سطح مقطع کل ($A_g$)

عبارت است از حاصل ضرب پهنای ورق‌های مختلف تشکیل دهندهٔ مقطع در ضخامت هر ورق.




شکل ۵ـ۲

$$A_g = \sum_{i=1}^{n} b_{gi}\, t_i$$

$$Ag = b_{g1} \times t_1 + b_{g2} \times t_2 + b_{g3} \times t_3$$

در رابطه فوق:

$A_g$ = سطح مقطع کلی

$b_{gi}$ = پهنای جزء مورد نظر مقطع

$t_i$ = ضخامت جزء مورد نظر مقطع

## سطح مقطع خالص $A_n$

سطح مقطع خالص یک نیمرخ حاصل تفریق اثر سوراخهای ایجاد شده در عضو از مقطع کلی می‌باشد و در حالت کلی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$A_n = \Sigma\, b_{ni}\, t_i$$

که در آن:

$A_n$ = سطح مقطع خالص

$t_i$ = ضخامت جزء مورد نظر مقطع

$b_{ni}$ = پهنای جزء مورد نظر مقطع منهای قطر سوراخها = b - nD

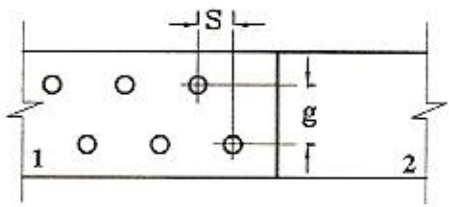
***در موارد عملی، در محاسبه $b_{ni}$ ،قطر سوراخها را ۱/۵ میلی‌متر بیشتر در نظر می‌گیرند تا از لبه‌های ترک‌دار یا له شدهٔ سوراخها صرف‌نظر شود.***

$$b_{ni} = \begin{cases} \text{برای اعضای دارای یک ردیف سوراخ} & b_{gi} - \sum_{i=1}^{n} (D_i + 1/5\text{mm}) \\ \text{برای اعضای دارای چند ردیف سوراخ} & [\, b_{gi} - \sum_{i=1}^{n} (D_i + 1/5\text{mm}) \,] + \sum_{i=1}^{n} \frac{S_i^2}{4g_i} \end{cases}$$

$t_i$ = ضخامت جزء مورد نظر مقطع

$D_i$ = قطر هر یک از سوراخهایی که مقطع مورد نظر از آنها عبور می‌کند.

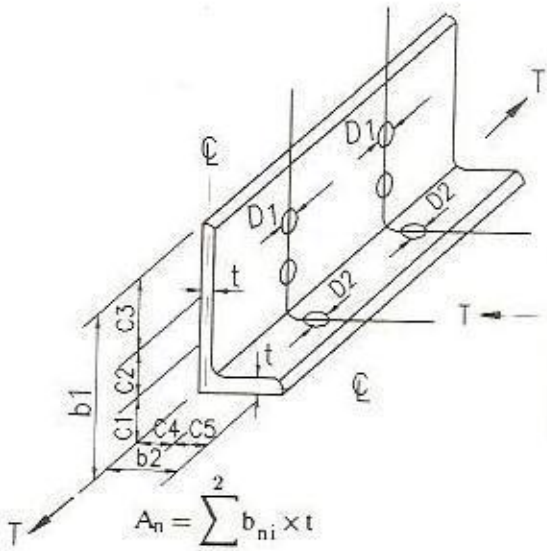
قطر محاسباتی سوراخها = $D_i + 1/5$ mm

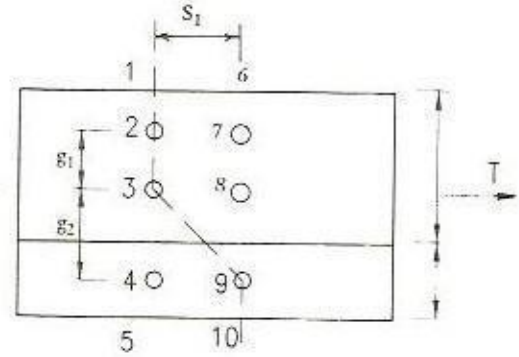



**شکل ۶ـ۲ . اتصال دو قطعه به یکدیگر**

هر گاه سوراخهای یک قطعه کششی متشکل از یک نبشی روی دو ساق آن قرار گرفته باشد، برای تعیین مقدار g در ترم $\frac{s^2}{4g}$ می‌باید به مانند آنچه در شکل (۶ـ۲) نشان داده شده است، فاصلهٔ بین مراکز دو سوراخ در روی میانتار نبشی اندازه گرفته شود، بدین ترتیب مقدار g در نبشی برابر با مقدار زیر خواهد بود:

$$g = g_a - \frac{t}{2} + g_b - \frac{t}{2} = g_a + g_b - t$$




$$A_n = \sum_{i=1}^{2} b_{ni} \times t$$

برای مسیر 10-9-3-2-1 داریم:

$$\sum b_{ni} = \left\{ \left[ b_1 - 2(D_1 + 1.5\,mm) \right] + \left[ b_2 - t - 1(D_2 + 1.5) \right] + \frac{S_1^2}{4g_2} \right\}$$

$$g_2 = C_1 + C_4 - 2 \times \frac{t}{2}$$

که در آن:

## سطح مقطع مؤثر (Ae)

سطح مقطع مؤثر خالص برای اعضای کششی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

۱ ـ چنانچه بار به‌وسیلهٔ پیچ یا پرچ یا جوش مستقیماً به‌کلیهٔ اجزای مقطع منتقل گردد، سطح مقطع خالص مؤثر $A_e$ برابر سطح مقطع خالص $A_n$ می‌باشد.

۲ ـ چنانچه بار کششی به‌وسیلهٔ پیچ یا پرچ یا جوش توسط قسمتی از اجزای مقطع (و نه تمام آن) منتقل گردد، سطح مقطع مؤثر $A_e$ به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$A_e = AU$$

که در آن:

$U$ = ضریب کاهش طبق رابطهٔ

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

$\bar{x}$ = برون‌محوری اتصال

L= طول اتصال در امتداد نیرو

در صورت آزمایش و یا اثبات به‌طریق منطقی، می‌توان از U بزرگتری استفاده نمود.

A= طبق تعاریف زیر:

الف: وقتی که بارکششی توسط پیچ یا پرچ منتقل گردد:

$A=A_n$

= سطح مقطع خالص عضو

ب: وقتی که بارکششی فقط توسط جوش طولی به‌عضوی غیر از ورق و یا جوش طولی در ترکیب با جوش عرضی منتقل گردد:

$A=A_g$

= سطح مقطع کلی عضو

پ: وقتی که بارکششی فقط توسط جوش عرضی منتقل گردد:

A= سطح مقطع عضوی که به‌طور مستقیم اتصال یافته

U=1.0

ت: چنانچه انتقال بار به‌ورق، به‌وسیلهٔ دو خط جوش طولی در امتداد دو لبه در انتهای ورق انجام شود، برای $l \geq w$ داریم:

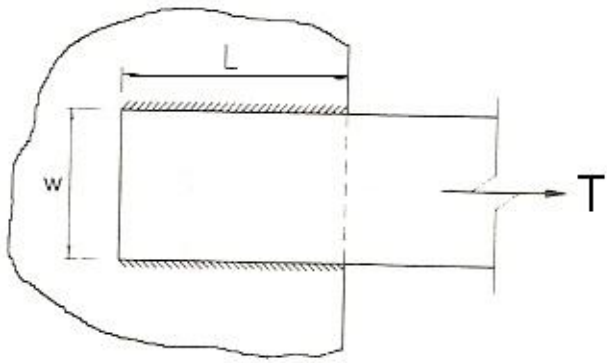
A= سطح مقطع ورق

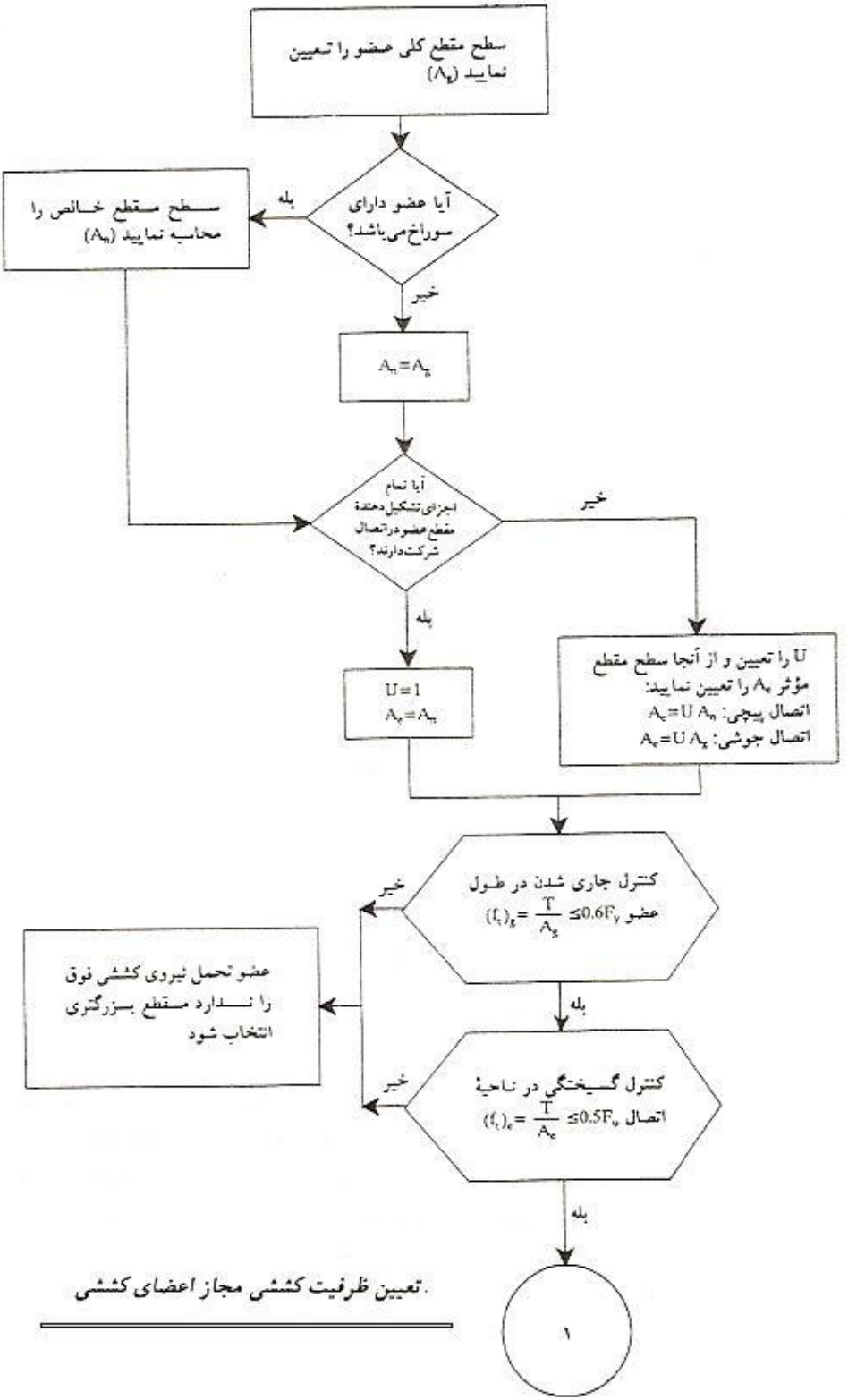
و:

$l>2w$ ..... U=1.0

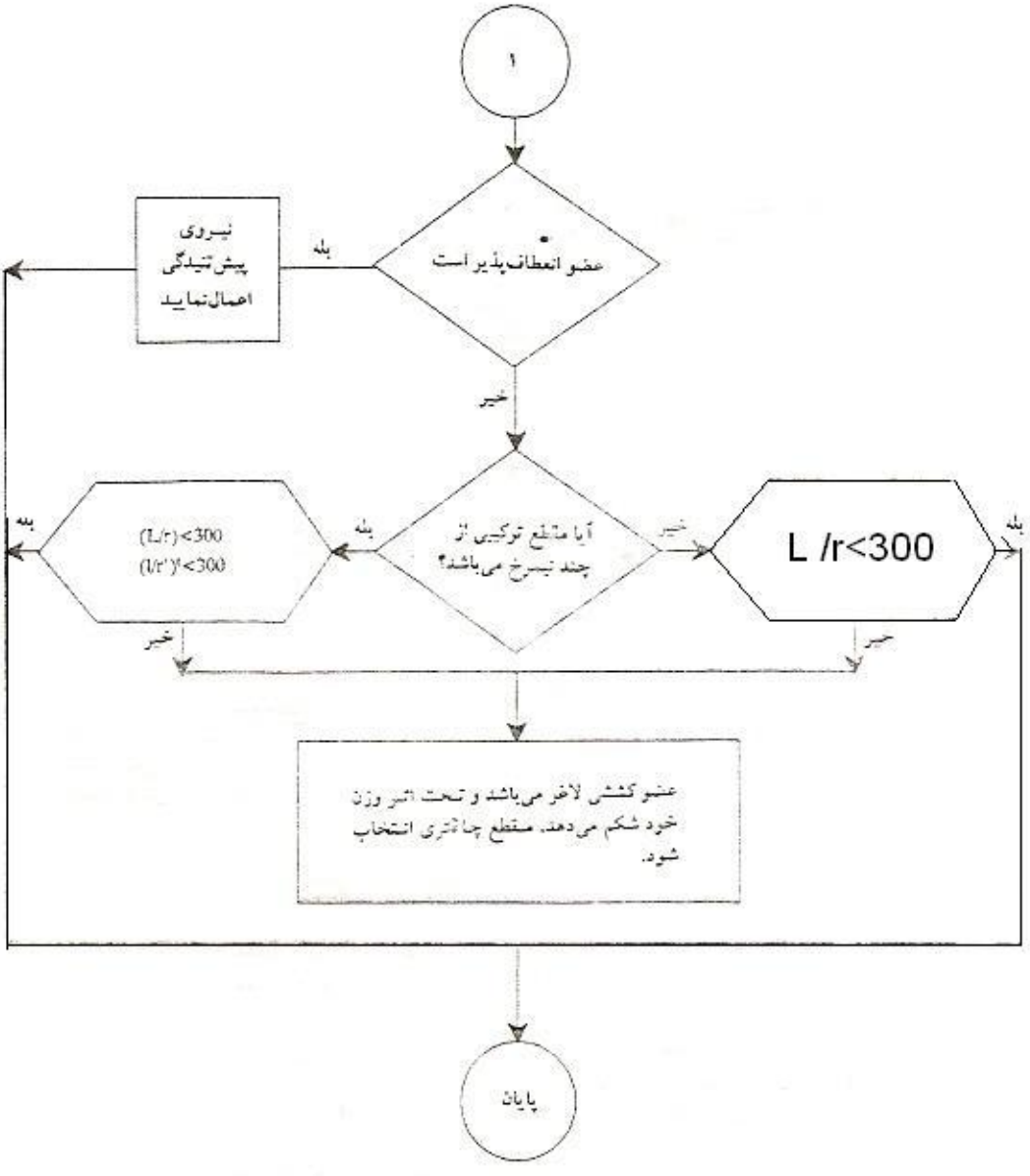
$2w>l>1.5w$ ..... U=0.87

$1.5w>l>w$ ..... U=0.75






تعیین ظرفیت کششی مجاز اعضای کششی




* اعضا انعطاف‌پذیر به‌اعضایی اطلاق می‌شود که سختی خمشی فوق‌العاده کمی دارند و تحت وزن خود شکم می‌دهند مانند کابلها، میلگردها و مفتولها.

وقتی این اعضاء به‌عنوان عضو کششی در نظر گرفته می‌شوند باید جهت جلوگیری از شکم دادن آنها نیروی پیش‌تنیدگی در حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در آنها وجود داشته باشد. برای این منظور استفاده از بستهای دو پیچ یا وسایل مشابه متداول می‌باشد.

؛(l/r') عبارت است از لاغری تک‌پایه حداقل هر عضو از مقطع مرکب بین دو بست متوالی.

**ـ کنترل لاغری اعضای کششی**

مثال

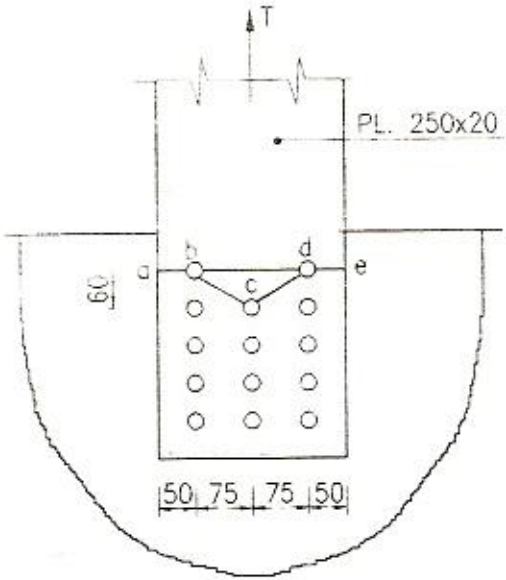
نیروی کششی مجاز را با توجه به‌شکل و مشخصات داده شده به‌دست آورید.

مشخصات فولاد مصرفی: $F_y=2400\ kg/cm^2$

$F_u=3600\ kg/cm^2$

قطر پیچها 20mm می‌باشد

$\begin{cases} b=25\ cm \\ t=2.0\ cm \end{cases}$




حل:

با توجه به‌اینکه سوراخها استاندارد می‌باشند قطر این سوراخها را با توجه به‌جدول ۵ قسمت ۱۰ ـ ۱ ـ ۷ ـ ۳ آیین‌نامه به‌دست خواهیم آورد. فرض می‌کنیم سوراخها پانچ شده باشند.

تعیین تنش مجاز کششی:

قطر سوراخ استاندارد $=20+1.5+1.5=23$

سطح مقطع کلی $A_g=25\times2=50\ cm^2$

1) $F_t=0.6F_y=0.6\times2400=1440\ kg/cm^2$ روی سطح مقطع کلی

2) $F_t=0.5F_u=0.5\times3600=1800\ kg/cm^2$ روی سطح مقطع مؤثر

سطح مقطع خالص عبارت است از مقدار کوچکتر به‌دست آمده از دو مسیر زیر:

۱ ـ مسیر «abde»

$$A_n=t\times(b-n\times D)$$

که در آن n تعداد سوراخها در مسیر موردنظر و D قطر سوراخ می‌باشد.

$$A_n=2\times(25-2\times2.3)=40.8\ cm^2$$

۲ ـ مسیر «abcde»

$$A_n=t\times(b-n\times D+m\frac{S^2}{4g})$$ به‌قسمت ۱۰ ـ ۱ ـ ۱ ـ ۱۱ ـ ب آیین‌نامه مراجعه شود.

S= فاصلهٔ دو پیچ در امتداد اعمال نیرو

g= فاصلهٔ دو پیچ در امتداد عمود بر اعمال نیرو

m= تعداد خطوط مورب

$$A_n=2(25-3\times2.3+2\times\frac{6.0^2}{4\times7.5})=41.0\ cm^2$$

سطح مقطع خالص نباید از ۸۵٪ سطح مقطع کلی بیشتر در نظر گرفته شود. (۱۰ـ۱ـ۱ـ۱۱ـپ)

$$0.85A_g=0.85\times50=42.5>40.8\ cm^2 \quad O.K.$$

نیروی کششی مجاز ورق فوق مقدار کوچکتر به‌دست آمده از دو رابطهٔ زیر می‌باشد:

1) $P_{مجاز}=A_g\times0.6F_y=50\times0.6\times2400=72000\ kg=72\ ton$

2) $P_{مجاز}=A_n\times0.5F_u=40.8\times0.5\times3600=73440\ kg=73.44\ ton$

پس نیروی کشش مجاز $P_{مجاز}=72ton$ خواهد بود.

با فرض آنکه ظرفیت مقطع 72ton باشد، این امکان وجود دارد که مقطع روی خط «C» پس از کم کردن سه سوراخ از آن مقاومت کششی ورق را کنترل نماید. اگر برشی را که دو پیچ اولیه حمل می‌کنند از ظرفیت کل کم نماییم باقیماندهٔ بار عبارت خواهد بود از:

$$\frac{12}{14}\times72=61.71\ ton$$

سطح مقطع خالص روی خط C عبارت است از:

$$A_n=t\times(b-n\times D)=2.0(25-3\times2.3)=36.2\ cm^2$$

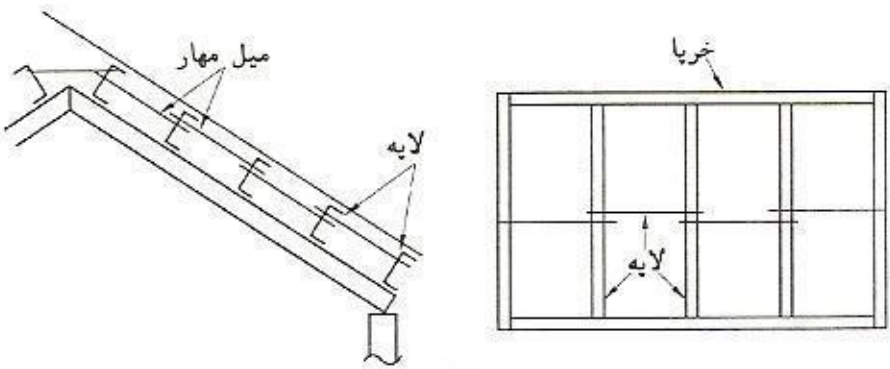
پس ظرفیت مقطع روی خط C عبارت است از:

$P_{مجاز}\ A_n\times0.5F_u=36.2\times0.5\times3600\times10^{-3}=65.16\ ton>61.71\ ton$ O.K.

## میلگردهای کششی (Sag Rods)

مطابق آنچه که در شکل زیر مشاهده می‌شود در سقف سازه‌های صنعتی بر روی دو خرپای طرفین، لاپه‌هایی به طور موازی، قرار می‌گیرند. لاپه‌ها معمولاً ناودانی یا پروفیل z هستند. از آنجا که معمولاً فاصله بین دو خرپا زیاد است برای اقتصادی‌تر و کوچکتر شدن پروفیل لاپه‌ها، آنها را به وسیلهٔ میلگردهای کششی به یکدیگر وصل می‌کنیم. نام دیگر میلگرد کششی، میل مهار می‌باشد.

هر گاه که از میل مهارها در بادبندهای افقی، جانبی و یا عمودی ساختمانها و برجها استفاده شود، عموماً به این قطعات، کشش اولیه‌ای اعمال می‌کنند تا از خمش زیاده از حد این نوع قطعات که دارای سختی خمشی ناچیزی هستند، جلوگیری کنند. با یک چنین تمهیدی از حرکات نوسانی بنا که احتمالاً خرابی ناشی از خستگی را به دنبال دارد، جلوگیری می‌کنند.



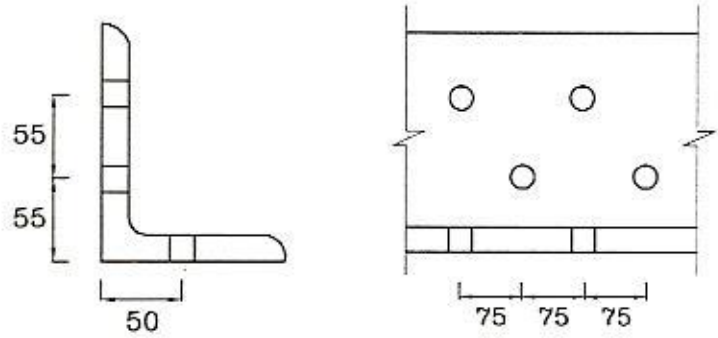

شکل (۱۰-۲) لاپه در ساختمان صنعتی

## کنترل صلبیت خمشی قطعات کششی

هر چند که در طرح و محاسبهٔ قطعات کششی مسألهٔ پایداری دخالتی ندارد، ولی لازم است که طول قطعات کششی را به منظور جلوگیری از تغییر شکل خمشی زیاده از حد آنان به طریقی محدود کرد. در غیر این صورت این‌گونه قطعات تحت اثر وزن خود تغییر شکل خمشی قابل توجهی داده همین عامل سبب لرزش و نوسان در سازه‌ای می‌شود که تحت اثر بارهای جانبی حاصل از باد و یا دستگاههای نوسان‌دار قرار دارد، پس داریم که باید:

$$\frac{KL}{r} = \lambda \leq ۳۰۰$$

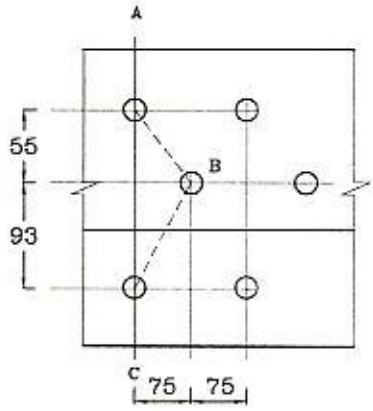
**مثال** مطلوب است تعیین سطح مقطع خالص $A_n$ برای نبشی ۱۲×۹۰×۱۵۰، قطرسوراخها ۲۴ میلی‌متر، در تعبیه سوراخها از روش سوراخزنی استفاده شده است.




حل:

$$A_n = A_g - Dt + \frac{s^2}{4g}$$

که در رابطهٔ فوق D قطر محاسباتی سوراخ می‌باشد.




نبشی باز شده

مسیر A - C :

سطح مقطع نبشی = ۲۷/۵ $cm^2$

$۲۷/۵ - ۲ (۲/۴ + ۰/۱۵) \times ۱/۲ = ۲۱/۸۸ cm^2$

مسیر A - B - C :

$$۲۷/۵ - ۳ (۲/۴ + ۰/۱۵) ۱/۲ + [\frac{۷/۵^2}{۴\times۵/۵} + \frac{۷/۵^2}{۴\times۹/۳}] \times ۱/۲ = ۲۳/۲۰ cm^2$$

$\Rightarrow A_n = ۲۱/۸۸ cm^2$ مسیر بحرانی A - C است:

حداکثر نیروی کششی که مجاز است به نبشی وارد شود.

$F_u = ۳۷۰۰ kg/cm^2$ $F_y = ۲۳۳۳ kg/cm^2$

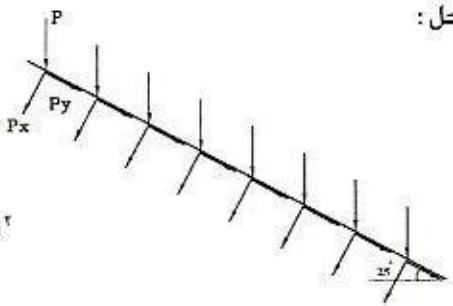
$T \leq ۰/۶ F_y A_g = ۰/۶ \times ۲۳۳۳ \times ۲۷/۵ = ۳۸۴۹۵ kg$

$T \leq ۰/۵ F_u A_e = ۰/۵ \times ۳۷۰۰ \times ۲۳/۲۰ = ۴۲۹۲۰ kg$

$\Rightarrow T = ۳۸۴۹۵ kg$ کمترین دو مقدار بالا:

**مثال** هرگاه با توجه به شکل (۱۰ـ۲) طول یک سمت شیبدار سقف برابر با ۷/۵m و زاویه شیب سقف برابر با ۲۵° باشد، مطلوب است طرح میل مهار لاپه‌ها، وزن پوشش سقف برابر با ۱۵ $kg/m^2$ و وزن لاپه‌ها را برابر با ۱۷/۵ $kg/m^2$ بگیرید. منطقه‌ای که این ساختمان صنعتی در آن منطقه واقع شده است دارای برفی معادل با ۲۰۰ $kg/m^2$ است. فاصله دو خر پا را ۴/۵m بگیرید.

**حل :**




وزن پوشش = ۱۵ $kg/m^2$

وزن لاپه‌ها = ۱۷/۵ $kg/m^2$

بار برف روی سطح شیبدار = ۲۰۰ $\cos ۲۵° = ۱۸۱ kg/m^2$

$P = ۱۵ + ۱۷/۵ + ۱۸۱ = ۲۱۳/۵ kg/m^2$

بار P مطابق شکل قابل تجزیه به دو بار $P_x$ و $P_y$ می‌باشد که بار $P_y$ در راستای میل مهار لاپه بوده و توسط میل مهار لاپه که به منزله تکیه‌گاه میانی برای لاپه است تحمل خواهد شد، لذا خواهیم داشت:

$P_y = P \sin ۲۵ = ۲۱۳/۵ \times \sin (۲۵°) = ۹۰/۲ kg/m^2$

بار حداکثر در میل مهار لاپه = $(\frac{۴/۵}{۲} \times ۷/۵) \times ۹۰/۲ kg/m^2$

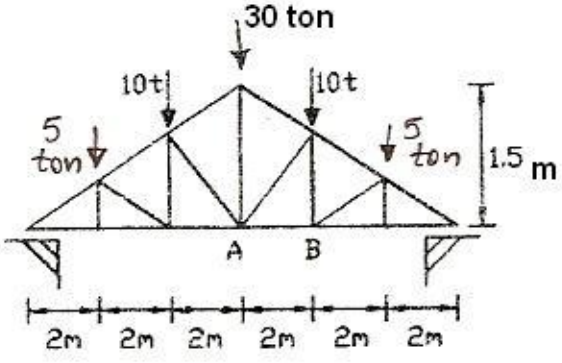
$F_t = ۰/۳۳ \times ۳۷۰۰ = ۱۲۲۰ kg/m^2$

$A_D \geq \frac{T}{F_t} = \frac{۱۵۲۳}{۱۲۲۰} = ۱/۲۵ cm^2$ $D = ۱۴ mm$ $A_D = ۱/۵۴ cm^2$

# نمونه سؤالات مبحث کشش

عضو کششی AB از خرپای شکل را از یک مقطع قوطی شکل با ضخامت ۱cm طراحی کنید. (آیا مقطع بدست آمده قابل قبول است)؟

$F_y = 2400\ Kg/cm^2$ , $E = 2.05\times10^6\ Kg/cm^2$

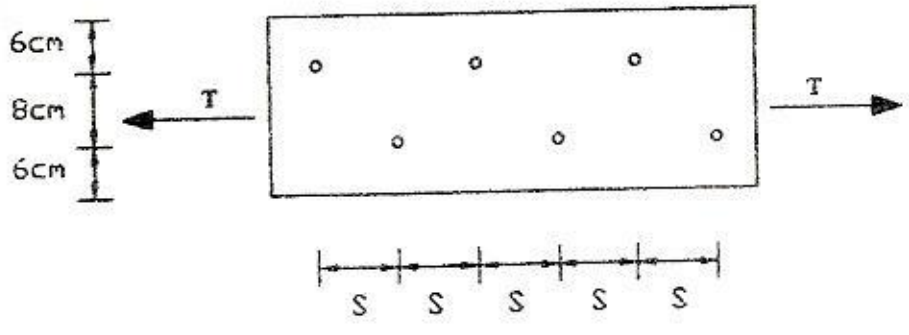



---

منحنی بین نیروی کششی مجاز و فاصلهٔ افقی S برای ورق اتصال شکل چه می‌باشد؟ (توابع مربوط به این منحنی را پیدا کنید).

$F_y = 2400\ Kg/cm^2$ , $Fu = 3600\ kg/cm^2$

$D = 23mm$ قطر محاسباتی $t = 20mm$ ضخامت ورق



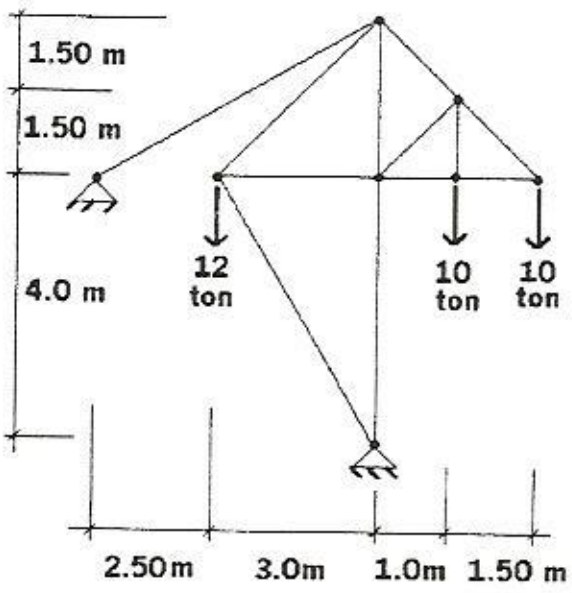

---

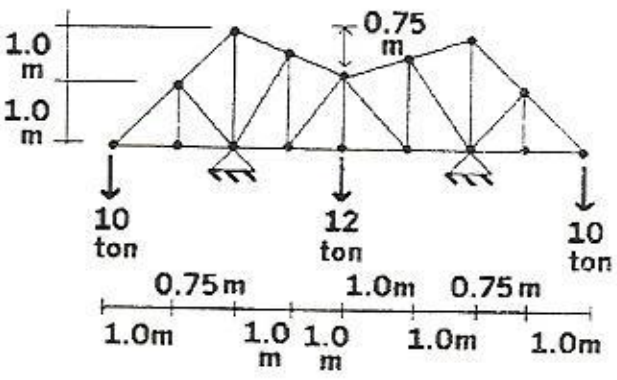
حداکثر طول مجاز عضو کششی شکل چقدر است؟

# نمونه سؤالات مبحث کشش

**کلیه اعضاء کششی خرپا های زیر را از زوج نبشی به هم چسبیده طراحی کنید. ( اتصالات، بوسیله جوش ایجاد میشود.)**

**فولاد مصرفی : Fy=2400 kg/cm2**

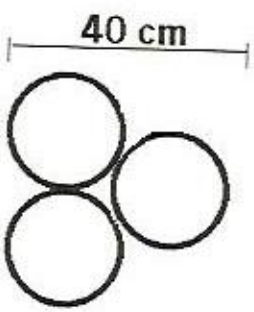



---

نیروی کششی مجاز مقطع ستونی شکل را تحت شرایط زیر بیابید.

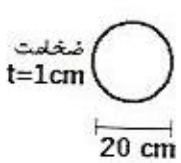
( Fy =2400 kg/cm2 ; E =2.10*10$^{6}$ kg/cm2 )




مقطع ستون

طول موثر ستون : KL =400cm

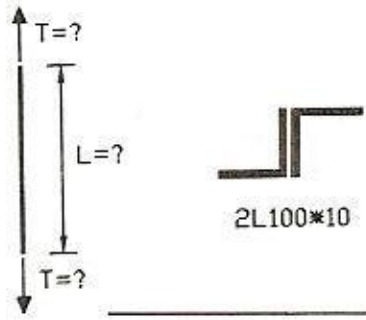
مقطع ستون :




(توضیح اینکه اجزا به یکدیگر متصل می باشند.)

# نمونه سؤالات مبحث کشش

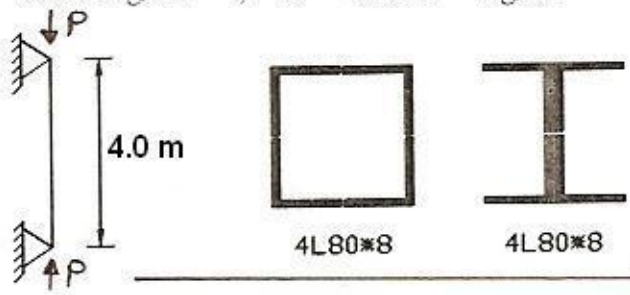
مطلوب است تعیین حداکثر طول و نیروی کششی مجاز (فولاد مصرفی از نوع معمولی با تنش تسلیم $2400\ Kg/cm^2$ می‌باشد.)




---

برای مقاطع شکل زیر نیروی کششی مجاز را پیدا کرده و با یکدیگر مقایسه نمایید.

$F_y = 2400\ Kg/cm^2$ , $E = 2.1\times10^6\ Kg/cm^2$




---

**نیروی کششی مجاز ورق شکل زیررا بیابید .**

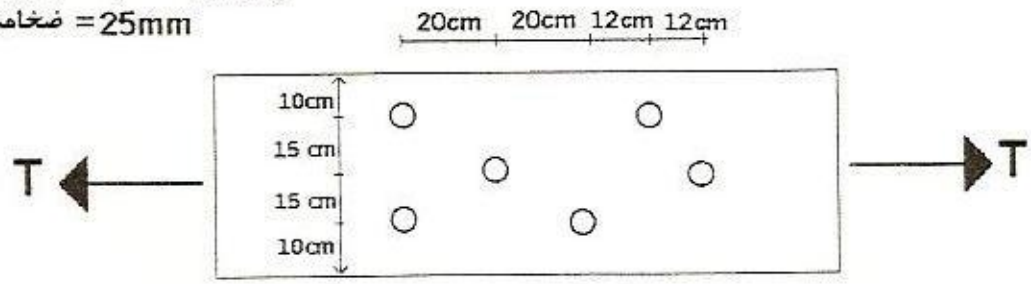
$E = 2.10*10^6\ kg/cm2$

$Fy = 2400\ kg/cm2$

$F_U = 3600\ kg/cm2$

قطرمحاسباتی سوراخ‌ها $= 25mm$

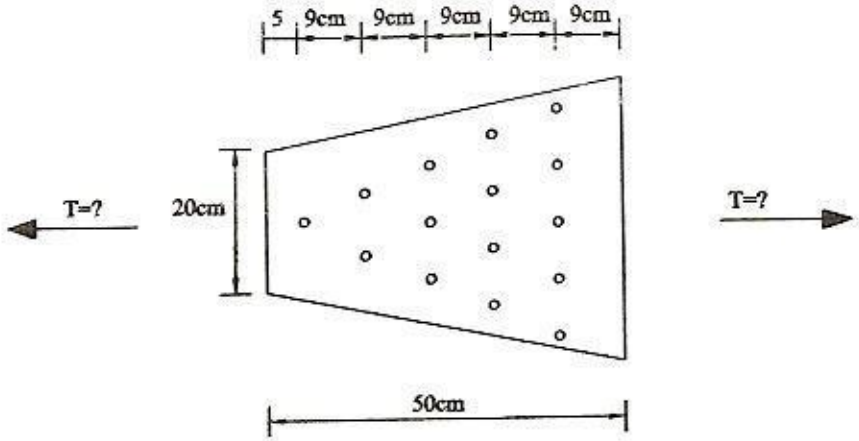
ضخامت ورق $= 25mm$



# نمونه سؤالات مبحث کشش

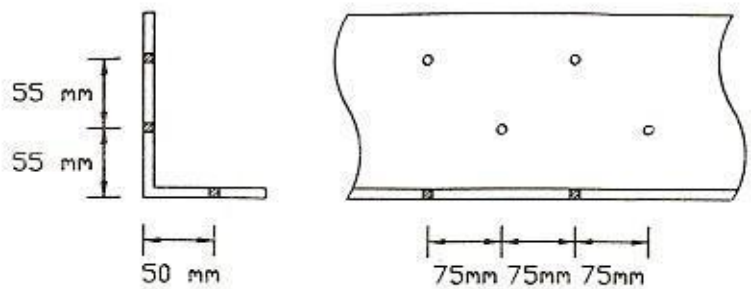
حداکثر نیروی کششی مجاز ورق اتصال شکل چقدر است؟(توضیح اینکه قطر محاسباتی سوراخها 23 mm بوده و فواصل مراکز سوراخها در هر امتداد قائم و همچنین فاصلهٔ لبه ورق تا مرکز سوراخ در هر امتداد قائم با یکدیگر مساوی است.)

$F_y = 2800\ Kg/cm^2$ ,  $E = 2.05\times10^6\ Kg/cm^2$




---

مطلوب است تعیین $A_n$ برای نبشی $12 \times 90 \times 150$ . ( قطر محاسباتی سوراخها 25.5 mm می‌باشد.)




جواب : $A_n = 21.38\ cm^2$