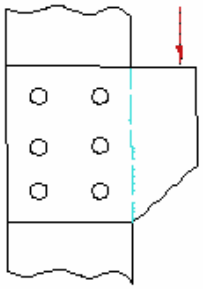
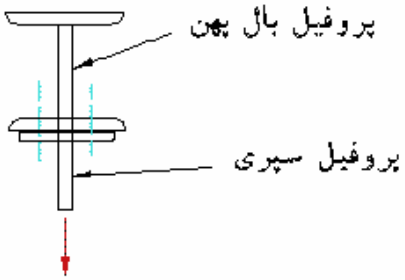
پیچ و پرچ

انتقال نیرو در اتصالات پیچی و پرچی

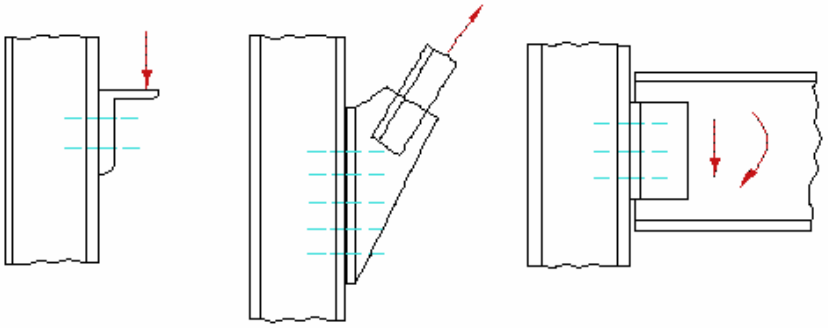
اتصال رویهم (یک برشه) — اتصال رویهم (دوبرشه)

الف – اتصالات برشی (رفتاربرشی)





ب – اتصال برشی برون محور(رفتاربرشی) — پ – اتصال کششی (رفتارکششی)



ت – اتصال ترکیبی برشی وکششی (رفتار برشی کششی)

m=1 یک برشه

m=2 دو برشه

تنش برشی اسمی در پیچها و پرچها $f_v = \frac{P}{m(\pi \frac{D^2}{4})} \Rightarrow P = m.A.f_v$

تنش کششی اسمی در پیچها و پرچها $f_t = \frac{P}{\pi \frac{D^2}{4}} \Rightarrow P = A.f_t$

P = نیروی وارد بر یک پیچ D = قطر اسمی پیچ یا پرچ

m = تعداد صفحات برش در پیچ یا پرچ

تنش لهیدگی $f_p = \frac{P}{Dt} \Rightarrow P = f_p.D.t$

که در آن t مساوی ضخامت ورق می باشد .

Copyright by: www.afshinsalari.com

جدول 2 – نیروی پیش تنیدگی در پیچهای پر مقاومت طبق AISC

قطر پیچ		نیروی پیش تنیدگی (تن)	
اینچ	میلیمتر *	A325	A490
	12	5/3	6/7
$\frac{1}{2}$	16	8/5	10/7
$\frac{5}{8}$			
$\frac{3}{4}$	20	12/5	15/6
$\frac{7}{8}$		17/3	21/8
1	22		
	26	22/7	
$1\frac{1}{8}$	28	24/9	28/5
$1\frac{1}{4}$	32		35/6
		31/6	
$1\frac{3}{8}$	34		45/4
$1\frac{1}{2}$	38	27/8	53/8
		45/8	65/8

* برحسب نزدیکترین اندازه ، رند شده است .

پیچ طوری تنظیم گردد که کشش ایجاد شده در پیچ 5 درصد بیش از مقادیر مندرج در جدول 2 باشد .

انواع اتصالات :

الف) اتصال معمولی (غیر اصطکاکی) : لزومی به جلوگیری از لغزش صفحات اتصال در اثر بارهای خدمت احساس نمی شود و لغزش بین صفحات اتصال تحت اضافه بارهایی که گه گاه اعمال می گردد مهم نیست .

Copyright by: www.afshinsalari.com

ب) اتصال اصطکاکی : هر گونه لغزشی بین صفحات اتصال در اثر بار خدمت نامطلوب می باشد .

الف) اتصالات غیر اصطکاکی :

الف –1) مقاومت برشی در اتصالات معمولی (اتکایی) :

حاصلضرب تنش برشی اسمی مجاز در سطح مقطع اسمی پرچ یا پیچ نیروی برشی مجاز قابل حمل توسط پرچ را به دست می دهد .

$f_v . A = p$ ← نیروی برشی مجاز

f_v ← تنش برشی اسمی مجاز

سطح مقطع اسمی پرچ یا پیچ با توجه به قطر اسمی آنها به دست می آید

تنش برش مجاز پرچها و پیچها بر اساس سطح مقطع اسمی آنها در اتصالات اتکایی ازجدول مربوطه استخراج می گردد .

$P = f_p . D . t$

f_p ← تنش لهیدگی

P ← نیروی موجود در وسایل اتصالی

جدول 3– تنشهای برشی مجاز پرچها و پیچها بر اساس سطح مقطع اسمی آنها در اتصالات اتکایی

(برحسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع)

شرح		AISC 1978	AISC 1969	نشریه 74 سازمان برنامه
پرچ های ساخته شده از فولاد نرمه		1200*	1050	1050
پیچ های معمولی ساخته شده از فولاد نرمه از نوع A307		700	700	700
پیچ های پر مقاومت از نوع A325	صفحهٔ برش در داخل ناحیه دنده شده قرار دارد . A325-N	1450*	1050	1050
	صفحهٔ برش در داخل ناحیه دنده شده قرار ندارد A325-X	2100*	1550	1550
پیچ های مقاومت از نوع A490	صفحهٔ برش در داخل ناحیه دنده شده قرار دارد . A490-N	1950*	1575	1575
	صفحهٔ برش در داخل ناحیه دنده شده قرار ندارد A490-X	2800*	2250	2250

* اگر طول اتصال (فاصله دو پیچ ابتدایی و انتهایی اتصال) در وصله ی اعضای کششی از 125 سانتیمتر تجاوز کند ، این تنشها 20 درصد کاهش می یابند .

Copyright by: www.afshinsalari.com

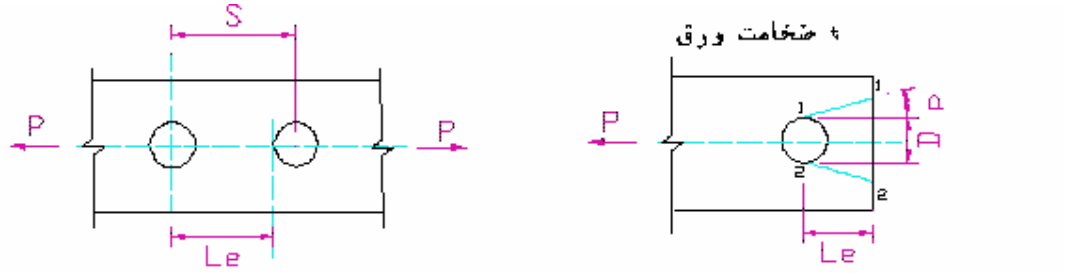
حداقل فاصله از لبه (فاصله مرکز سوراخ استاندارد تا لبهٔ قطعه متصل شده) برای جلوگیری از خرابی ناشی از پارگی یا لهیدگی

فاصله مرکز سوراخها تا لبه سوراخ دیگر = $\max\begin{cases}2p/F_u.T\\3D\end{cases}$

$if \quad f_p = 1.5F_u \Rightarrow$

تنش لهیدگی اسمی

فاصله مرکز سوراخ تا لبه ورق = $\max\begin{cases}2p/F_u.T\\1.5D\end{cases}$



تنش لهیدگی اسمی $fp=p/Dt$

مقاومت کششی مصالح ورق $Fu=$

قطر اسمی پیچ $D=$

$AIsc \Rightarrow L_e = \max\begin{cases}2,2/3\,D\\2P/F_u t\end{cases}$

مقاومت کششی مصالح ورق

فولاد نرمه F_u 3500~ 4000 و kg/cm^2 → F_y=2400 kg/cm^2

حد جاری شدن }

فولاد اعلاء F_u 4500 ~ 5000 و kg/cm^2 F_y=3600 kg/cm^2

Copyright by: www.afshinsalari.com

جدول شماره 4 – حداقل فاصله از لبه (فاصله مرکز سوراخ استاندارد تا لبه ی قطعه متصل شده) برای جلوگیری از خرابی ناشی از پارگی یا لهیدگی .

حداقل فاصله از لبه (میلیمتر)		قطر اسمی پیچ یا پرچ (میلیمتر)
فاصله از لبه بریده شده توسط هوا*	فاصله از لبه قیچی شده	
19	22	12
22	28	16
25	32	20
28	38	22
32	44	26
38	50	28
42	57	32
قطر × 1/25	قطر × 1/75	بالای 32

* وقتی سوراخ در جایی باشد که تنش موجود از 25 درصد تنش مجاز آن قطعه تجاوز نکند .

از کلیه فواصل نوشته شده در این ستون ، می توان 3 میلیمتر کاست.

الف- 2) گام به گام برای بدست آوردن ظرفیت کششی اتصال برای اتصال غیراصطکاکی

1) مقاومت کششی ورق را بدست می آوریم .

2) مقاومت برشی یک پیچ را بدست می آوریم .

3) مقاومت لهیدگی یک پیچ را محاسبه می کنیم .

4) min گام 2 و 3 تقسیم بر تعداد پیچها را انتخاب می کنیم .

5) با مقدار بدست آمده از گام 4 Le را کنترل می نماییم اگر Le بدست آمده کوچکتر از مقدار جدول بود پس مقدار جدول حاکم است و اگر Le بدست آمده بزرگتر از جدول بود پس Le بدست آمده حاکم است .

مثال :

مطلوبست تعیین ظرفیت کششی اتصال غیراصطکاکی شکل زیر در صورتی که

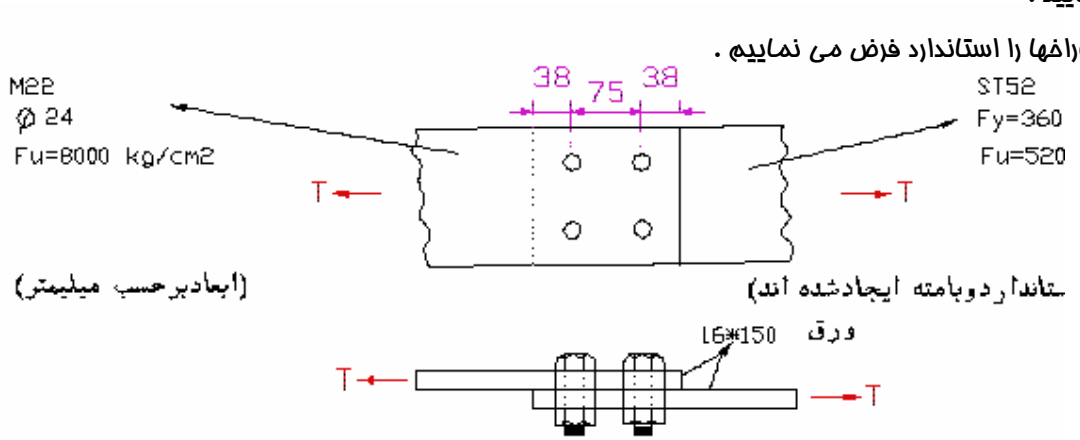
الف) صفحه برش خارج از ناحیهٔ دنده شده پیچ قرار گرفته باشد .

ب) صفحهٔ برش در داخل ناحیهٔ دنده شده باشد.

Copyright by: www.afshinsalari.com

پیچها به قطر 22 میلیمتر از نوع A325 می باشند . حد جاری شدن ورقهای اتصال 3500 و مقاومت نهایی کششی (F_u) آنها 4550 کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد . از تنشهای مجاز AISC سال 1978 استفاده نمایید .

سوراخها را استاندارد فرض می نماییم .



$$A_n = [15 - 2(2.2 + 0.3)]1.6 = 16cm^2$$

$$A_g = 15 \times 1.6 = 24cm^2$$

ورق کشی اتصال ⟵ $A_e = \min\begin{Bmatrix} A_n = 16 \\ 0.85A_g = 20.4 \end{Bmatrix}$

$$A_e = A_n = 16cm^2$$

(هر کدام که کوچکتر باشد)

$$T = 0.6FyAg \qquad \text{یا} \qquad 0.5F_u\ Ae$$

$$T = (0.6)(3500)(24)(10^{-3}) = 50.4ton$$

$$T = (0.5)(4550)(16)(10^{-3}) = 36.4ton$$

$$A = \pi\frac{(2.2)^2}{4} = 3.8cm^2$$

$$Rss = F_v.A = 2100$$

از جدول 3 ظرفیت برشی مجاز یک پیچ 22 در حالت یک برشه

$$R_{ss} = 2100 \times 3.8 \times 10^{-3} = 7.98ton$$

مقاومت برشی کل پیچها برابر است با :

$$T = 4Rss = 4(7.98) = 31.92Ton$$

حال مقاومت لهیدگی پیچها را کنترل می نماییم

Copyright by: www.afshinsalari.com

ظرفیت لهیدگی مجاز یک پیچ

$$f_p = 1.5F_u = 1.5(4550) = 6825 \ kg/cm^2$$

$$R_B = f_p.D.t = 6825(2.2)(1.6)10^{-3} = 24.02Ton$$

مقاومت لهیدگی پیچها

$$R_{ss} < R_B \Rightarrow \min\begin{cases} R_{ss} = 7.95 \\ R_B = 24.02 \end{cases} \Rightarrow 7.98$$

مقاومت برش حاکم است

فاصله مرکز سوراخ تا لبه ورق

$$\max\begin{cases} Le \geq \dfrac{2p}{Fu.t} = \dfrac{2\times 7.98\times 10^3}{4550\times 1.6} = 2.16cm \\ 1.5D = 3.3cm \end{cases} \quad \max = 3.3cm$$

فاصلهٔ موجود 3.8cm است که از مقدار فوق بزرگتر است . این فاصله مساوی با فاصله از لبه قیچی شده جدول 4 می باشد .

$$\min\begin{cases} 4Rss = 31.92 \\ T = 36.4 \end{cases}$$

ب) صفحه برش در ناحیهٔ دنده شده قرار دارد .

$$T = 4Rss = 4(1450)(3.8)10^{-3} = 22Ton < 36.4$$

الف-3)گام به گام برای پیدا کردن تعداد پیچها برای یک اتصال غیر اصطکاکی

الف) مقاومت کششی ورق را محاسبه می نمائیم

ب) مقاومت برشی را برای یک پیچ و مقاومت لهیدگی برای یک پیچ را محاسبه می کنیم .

ج) min گام 2 را انتخاب می نمائیم .

د) از تقسیم گام 1 به گام 3 تعداد پیچها بدست می آید .

هـ) Le را کنترل می کنیم P برابر است با مقاومت کششی ورق بخش بر تعداد پیچها (حداکثر Le و حداقل Le)

Copyright by: www.afshinsalari.com

ب) اتصالات اصطکاکی :

وقتی که نخواهیم تحت اثر بارهای خدمت لغزشی بین صفحات اتصال رخ دهد از اتصالات اصطکاکی استفاده می کنیم .

در یک اتصال اصطکاکی ، نیرویی که از لغزش بین صفحات اتصال جلوگیری می کند ، مساوی μT می باشد که در آن T نیروی پیش تنیدگی پیچها و μ ضریب اصطکاک بین صفحات اتصال می باشد .

مقدار ضریب اصطکاک μ بستگی به وضعیت سطوح صفحات اتصال دارد .

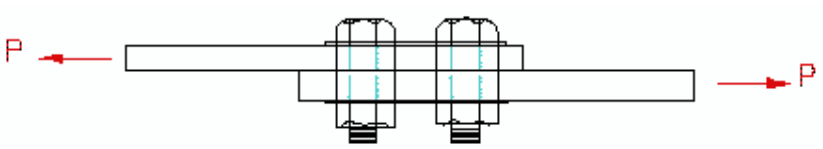
$$0.2 < \mu < 0.6$$

جدول 5 – تنشهای برشی اسمی مجاز پیچهای پر مقاومت در اتصالات اصطکاکی بر اساس سطح مقطع اسمی آنها بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع (مقادیر جدول فوق برای سطح تمیز و طبیعی فولادی که از کارخانه ی نورد خارج می شود ، تنظیم شده است . این وضعیت سطح را از این به بعد کلاس A می نامیم .)

شرح	وضعیت سوراخ		
	سوراخ استاندارد	سوراخ غیر استاندارد با سوراخ لوبیایی با طول کوتاه	سوراخ لوبیایی با طول بلند
پیچ های پرمقاومت از نوع A325	1225	1050	850
پیچ های پر مقاومت از نوع A490	1500	1300	1100

مثال :

مطلوب است محاسبهٔ مقدار نیروی P که باعث لغزش اتصال نشان داده شده در شکل زیر می شود پیچ نشان داده شده از نوع A325 و به قطر اینچ (22 میلیمتر) می باشد . ضریب اصطکاک μ را مساوی 0.34 فرض نمایید . با استفاده از نیروی P محاسبه شده ، تنش برشی اسمی را از رابطهٔ $f_v = \frac{p}{A_b}$ محاسبه نمایید .



با استفاده از جدول 2 نیروی پیش تنیدگی برای پیچ اینچ (22 میلیمتر) مساوی 17.3 تن به دست می آید .

$$T_i = 17.3 Ton \quad P = \mu T_i = 0.34 \times 17.3 = 5.88 ton$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

تنش برشی اسمی در پیچ $\frac{7}{8}$ اینچ (22/2 میلیمتر) در آستانه سرخوردن :

$$f_v = \frac{p}{A_b} = \frac{5.88 \times 1000}{\pi \times 2.22^2 / 4} = 1519 kg/cm^2$$

تنشهای برشی اسمی مجاز در اتصالات اصطکاکی:

برای طراحی اتصالات اصطکاکی آیین نامهٔ AISC به جای استفاده از نیروی پیش تنیدگی و ضریب اصطکاک از تنش برشی اسمی مجاز استفاده می کنند . طبق آیین نامه AISC تنش برشی اسمی مجاز پیچهای پر مقاومت در اتصالات اصطکاکی مطابق جدول 5 می باشد (می توان برای تمامی حالات از جدول 6 استفاده کرد.)

استفاده از سوراخ غیر استاندارد فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز است و از سوراخهای لوبیایی فقط وقتی می توان در اتصالات اتکایی استفاده کرد که عمود بر امتداد نیرو باشند .

مثال :

اتصال مثال 2 را مجدداً بر اساس اتصال نوع اصطکاکی طراحی نمایید . پیچها به قطر 20 میلیمتر از نوع A325 می باشند . وضعیت سطوح کلاس A و سوراخها نیز غیر استاندارد می باشند .

حداکثر ظرفیت کششی مجاز ورقهای اتصال طبق مثال 2 برابر است با :

T=29.12 ton

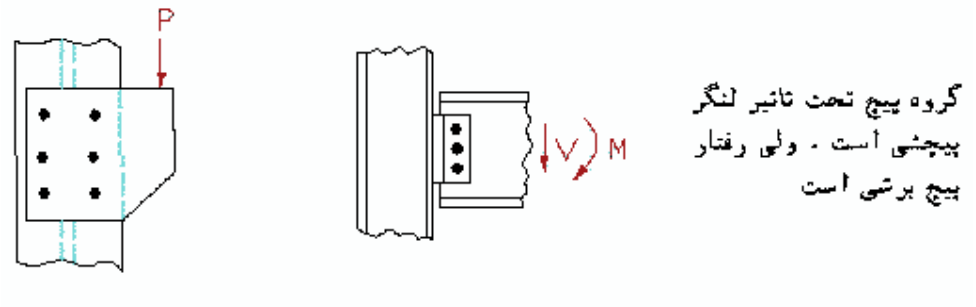
نیروی برشی اصطکاکی مجاز یک پیچ در حالت دو برشه برابر است با

$$R_{ss} = f_v . A_b = 1050 \times 2 \times 3.14 \times 10^{-3} = 6.59 ton$$

تعداد پیچهای لازم $n = \frac{29.12}{6.59} = 4.4$

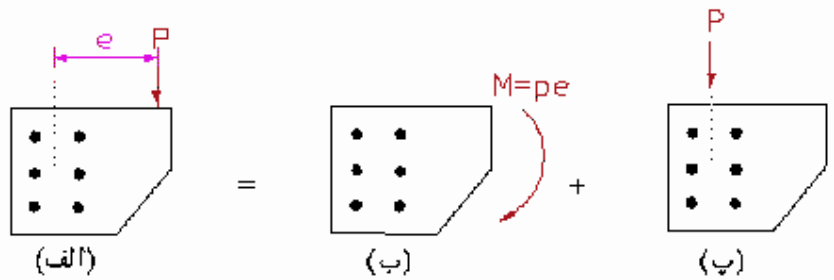
از 6 پیچ 20 میلیمتر از نوع A325 استفاده می نماییم .

ترکیب نیروی برشی و لنگر پیچشی (برش خارج از مرکز)



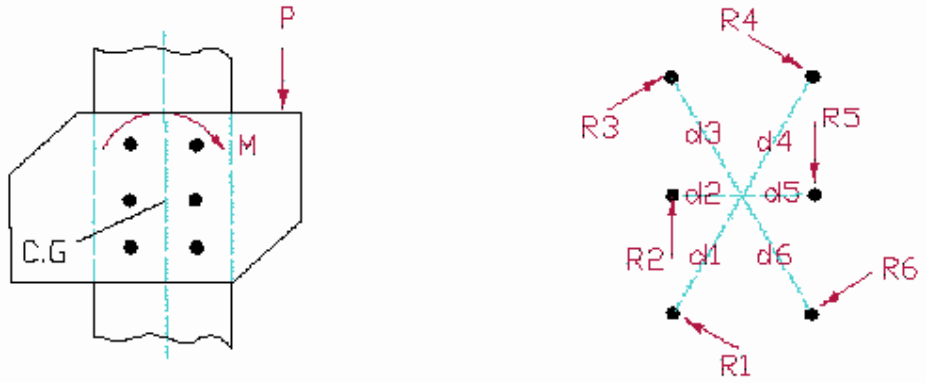
انواع اتصالات تحت برش خارج ازمرکز(ترکیب نیروی برشی ولنگرپیچشی)

Copyright by: www.afshinsalari.com



ترکیب برش مستقیم ولنگرپیچشی

تحلیل اتصالات تحت اثر ترکیب نیروی برشی و لنگر پیچشی:



(الف) شکل اتصال (ب) نیروهای واردبرپیچ ها

اتصالی که تحت لنگر خاص قراردارد

R : نیروی برشی ناشی از خروج مرکزیت در پیچ

$$M = R_1 d_1 + R_2 d_2 + \ldots + R_6 d_6 = \sum Rd \quad (1)$$

اگر فرض نمائیم که کلیه پرچها و پیچها دارای سطح مقطع یکسان A باشند می توانیم بنویسیم .

$$f = {}_1 \frac{R_1}{A} \quad , \quad f_2 = \frac{R_2}{A}, \ldots \quad f_6 = \frac{R_6}{A} \quad (2)$$

حال با این فرض ساده کننده که تغییر شکل هر پرچ یا پیچ متناسب با فاصلهٔ آنها از مرکز پیچش و مرکز هندسی می باشد با توجه به اینکه اتصال رفتار الاستیک دارد می توانیم بگوییم که تنش هر پیچ یا پرچ متناسب با فاصلهٔ d آن از مرکز هندسی می باشد

$$\frac{f_1}{d_1} = \frac{f_2}{d_2} = \ldots\ldots = \frac{f_6}{d_6} \quad (3)$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

اگر تمام تنشها را برحسب f_1 و d_1 بنویسیم :

$$f_1 = f_1 \frac{d_1}{d_1}\ , f_2 \frac{f_1 d_2}{d_1}, \ldots f_6 = f_1 \frac{d_6}{d_6} \qquad (4)$$

$$\Rightarrow M = f_1 \frac{d_1^2}{d_1} A + F_1 \frac{d_2^2}{d_1} A + \ldots\ldots + F_1 \frac{d_6^2}{d_1} A \qquad (1) \text{ در } (2),(4)$$

$$= \frac{f_1}{d_1} A[d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \ldots\ldots + d_6^2] \Rightarrow M = \frac{f_1}{d_1} \sum A d^2$$

تنش در پرچ یا پیچ شمارهٔ 1 برابر است با :

$$f_1 = \frac{M d_1}{\sum A d^2}$$

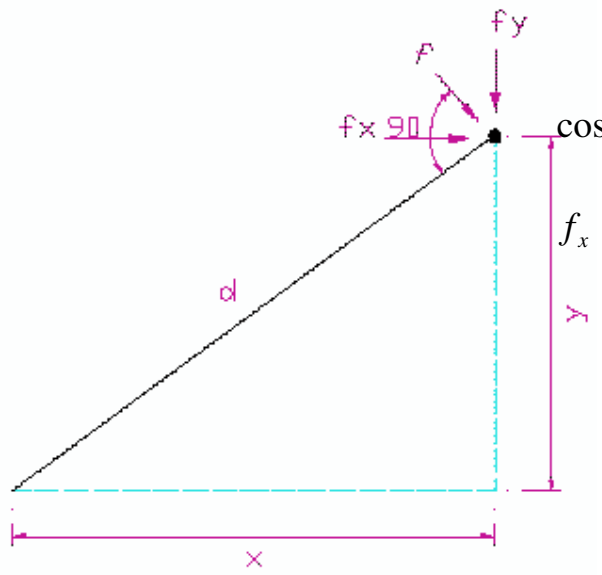
و بطور مشابه در بقیه پیچها خواهیم داشت

$$f_2 = \frac{M d_1}{\sum A d^2} = f_3 = \frac{M d_3}{\sum A d^2} \ldots\ldots f_6 = \frac{M d_6}{\sum A d^2}$$

و یا به طور عمومی

$$f = \frac{M d}{\sum A d^2} \qquad *$$

در تحلیل این گونه اتصالات اغلب سهل تر است که فواصل و نیروها را به مولفه های افقی و قائم تجزیه نماییم .



$$\cos\alpha = \frac{y}{x} \quad , \sin\alpha = \frac{x}{d}$$

$$f_x = f\frac{y}{d} \quad , f_y = f\frac{x}{d}$$

با قرار دادن در معادله * داریم :

مولفه های افقی وقائم فاصله وتنش

$$f_x = \frac{My}{\sum A d^2} \quad , f_y = \frac{Mx}{\sum A d^2}$$

$$d^2 = x^2 + y^2$$

$$f_x = \frac{M.y}{A(\sum x^2 + \sum y^2) = \sum A d^2}$$

تنش ←

$$\Rightarrow d^2 = x^2 + y^2$$

$$f_y = \frac{M.x}{A(\sum x^2 + \sum y^2) = \sum A d^2}$$

تنش ←

$$f = \sqrt{f_x^{\,2} + f_y^{\,2}} \qquad f_{sx} = \frac{Px}{\sum A} \qquad f_{sy} = \frac{py}{\sum A}$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

$$f = \sqrt{(f_y \pm f_{sy})^2 + (f_x \pm f_{sx})^2}$$

جدول 6- تنشهای برشی اسمی مجاز برای پیچهای پرمقاومت در اتصالات اصطکاکی بر اساس سطح مقطع اسمی آنها برحسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع برای شرایط گوناگون سطوح در حال تماس

کلاس	وضعیت سطوح ورقهای در حال تماس	سوراخ استاندار		سوراخ غیر استاندارد یا سوراخ لوبیایی با طول کوتاه		سوراخ لوبیایی با طول بلند	
		A325	A490	A325	A490	A325	A490
	$F_v(kg/cm^2)$						
A	سطوح تمیز که لایه ای از اکسید حاصل از نورد گرم در روی آن قرار دارد	1225	1500	1050	1300	850	1100
B	فولادهای کربن دار و آلیاژدار که توسط ماسه تحت فشار تمیز شده اند	1925	2415	1645	2065	1365	1680
C	فولاد پرمقاومت (به صورت سردو گرم اصلاح شده) که توسط ماسهٔ تحت فشار تمیز شده اند.	1330	1645	1120	1400	945	1155
D	فولادهای گالوانیزه	1502	1890	1295	1610	1050	1330
E	تمیز شده توسط ماسه تحت فشار و رنگ گالوانیزه ارگانیک	1470	1820	1260	1540	1015	1260
F	تمیز شده توسط ماسه تحت فشار و رنگ گالوانیزه غیر ارگانیک	2065	2590	1750	2205	1435	1820
G	تمیز شده توسط ماسهٔ تحت فشار با اندود روی	2065	2590	1750	2205	1435	1820
H	تمیز شده توسط ماسهٔ تحت فشار با اندود آلومینیوم	1200	2625	1785	2240	1470	1855
I	وینیل واش	1155	1435	980	1225	805	1015

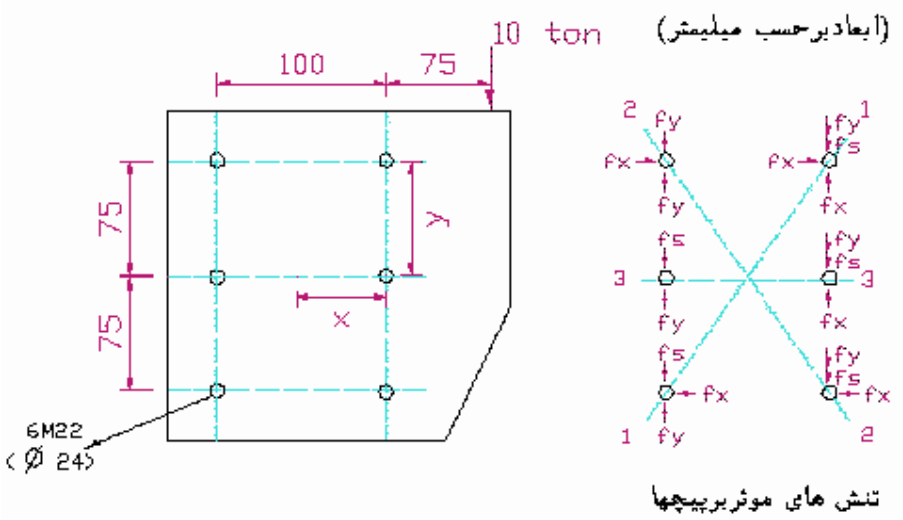
طبق تعریف به سوراخی استاندارد می گوییم که قطر آن حداکثر 1.6 میلیمتر بزرگتر از قطر پیچ باشد .

اگر قطر سوراخ بزرگتر از قطر اسمی باشد به آن سوراخ غیر استاندارد می گوییم .

Copyright by: www.afshinsalari.com

مثال :

نشان دهید که اتصال نشان داده شده در شکل زیر هم در حالت اصطکاک و هم در حالت معمولی رضایت بخش می باشد . پیچها از نوع A325 به قطر 22 میلیمتر می باشند .



نکته : نیروهای Fx دارد به دو پیچ در امتداد یک خط (مثلاً 1-1 باید تشکیل یک کوپل نیرو را بدهند به طوری که لنگری در جهت لنگر حاصله از نیروی 10ton باشد لذا f_x و f_y به طوری که در شکل نشان داده شده در امتداد خط 1-1 وارد می شود تا لنگری در جهت عقربه ساعت ایجاد نمایید در امتداد خط 3-3 نیز به همین صورت تنها کوپلهای ایجاد کننده دو نیروی f_y می باشد و دو نیروی f_x چون در یک راستا در جهت عکس یکدیگر می باشند خنثی می گردند .

حل : نمودار آزاد پیچها نشان می دهد که پیچهای فوقانی و تحتانی ستون سمت راست ، بحرانی ترین پیچها می باشند چون تنشهای ایجاد شده در هر دو پیچ مساوی می باشند ، فقط پیچ فوقانی را کنترل می کنیم .

$$e = 7.5 + 5 = 12.5cm, \quad m = 10 \times 12.5 = 125 \ \ t.cm$$

$$\sum x^2 + \sum y^2 = 6(5)^2 + 4(7.5)^2 = 375cm^2$$

تعداد جهت های x تا پیچ ها ← ، → تعداد جهت های y تا پیچها

$$f_x = \frac{M.y}{A(\sum x^2 + \sum y^2)} = \frac{125 \times 1000 \times 7.5}{3.8 \times 375} = 657.89kg/cm^2$$

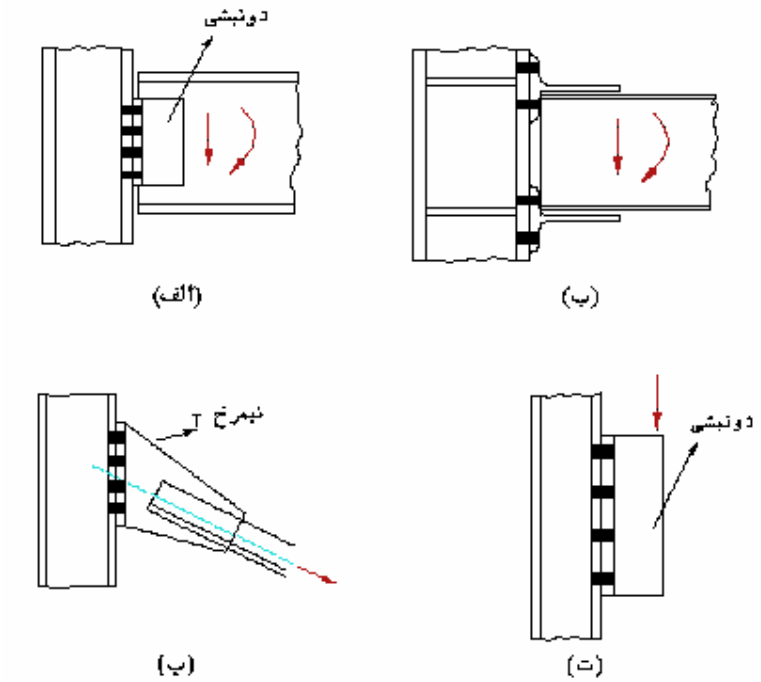
$$f_y = \frac{M.x}{A(\sum x^2 + \sum y^2)} = \frac{125 \times 1000 \times 5}{3.8 \times 375} = 438.60kg/cm^2$$

$$f_{sy} = \frac{p_y}{\sum A} = \frac{10 \times 1000}{3.8 \times 6} = 438.6kg/cm^2$$

$$f = \sqrt{(438.6 + 438.6)^2 + 657.89^2} = 1096.5kg/cm^2$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

ترکیب برش و کشش



اتصالاتی که پیچها یا یا پرچهای آنها تحت اثر توام نیروی برشی وکششی قرار دارند

اتصالات معمولی

با صرفنظر کردن از کشش اولیه ، اصطکاک و تنشهای لهیدگی در پرچ یا پیچ ، اثر متقابل تنش برشی و تـنش کششی در یک پیچ را می توان توسط رابطهٔ تجربی زیر پیش بینی نمود :

اتصالات معمولی غیر اصطکاکی :

$$(\frac{f_v}{F_v})^2 + (\frac{f_t}{F_t})^2 \le 1$$

fv = تنش برشی اسمی ناشی از بارهای وارده

$$f_v = \frac{p_y}{\sum A}$$

ft = تنش کششی اسمی ناشی از بارهای وارده

$$f_t = \frac{p_x}{\sum A}$$

Fv = تنش برشی اسمی مجاز در غیاب تنشهای کششی ← جدول 3

Ft = تنش کششی مجاز در غیاب تنشهای برشی ← از جدول 7

Copyright by: www.afshinsalari.com

دستورات آیین نامه AISC در مورد اثر توأم برشی و کششی

جدول 7 – تنش مجاز کششی بر مبنای سطح مقطع اسمی پرچها و پیچها سطح تماس

نشریه ی 74 سازمان برنامه و بودجه	AISC	نوع وسیله ی اتصال
1400	1600	پرچ های ساخته شده از فولاد نرمه
980	1400	پیچ های معمولی ساخته شده از فولاد نرمه از نوع A307
2800	3000	پیچ های پر مقاومت A325
3800	3800	پیچ های پر مقاومت A490

اتصالات اصطکاکی

از آنجایی که در یک اتصال اصطکاکی هر گونه تنش کششی خارجی باعث کاهش تنش فشاری بین ورقهای اتصال گردد . و کاهش در تنش فشاری بین ورقهای اتصال ، باعث کاهش تنشهای اصطکاکی می شود .

اتصالات اصطکاکی :

$$\frac{f_v}{F_v}+\frac{f_t}{F_{tp}}\le 1.0$$

f_v = تنش برشی اسمی ناشی از بارهای وارده :

$$F_v=\frac{p_y}{\sum A}$$

f_t = تنش کششی اسمی ناشی از بارهای وارده :

$$F_t=\frac{p_x}{\sum A}$$

f_v = تنش برشی اسمی و مجاز در غیاب تنشهای کششی ← جدول 6

F_{tp} = تنش کشش اسمی ناشی از نیروی پیش تنیدگی

$$F_{tp}=\frac{T_i}{A_b}$$

مثال :

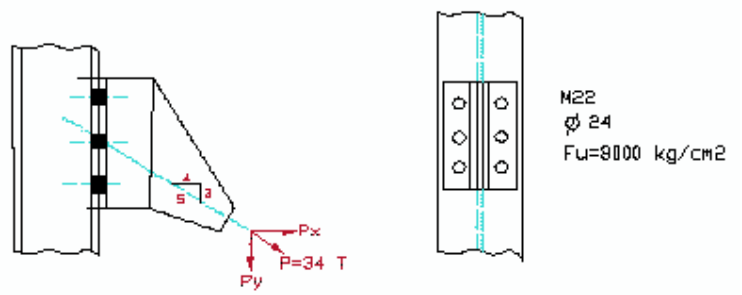
مطلوبست کنترل اتصال نشان داده شده در شکل زیر در دو حالت

الف : اصطکاکی

ب : معمولی

Copyright by: www.afshinsalari.com

پیچها به قطر 22 میلیمتر از نوع A325 می باشند .



الف) اتصال اصطکاکی

$$p_x = \frac{4}{5}(34) = 27.2ton \quad , p_y = \frac{3}{5}(34) = 20.4ton$$

$$f_v = \frac{p_y}{\sum A} = \frac{20.4\times1.3}{6\times3.8} = 894.74kg/cm^2 , f_t = \frac{p_x}{\sum A} = \frac{27.2\times103}{6\times3.8} = 1192.98kg/cm$$

$F_v = 1225kg/cm^2$ جدول 5

$F_{tp} = \frac{17.3\times1000}{3.8} = 4552kg/cm^2$ (جدول 2)

با استفاده از رابطه زیر داریم :

$$\frac{894.74}{1225} + \frac{1192.98}{4552} = 0.73 + 0.26 = 0.99 < 1$$

$f_t = 1192.98 < Ft = 3000kg/cm^2$ خوبست

همچنین

ب) اتصال معمولی

صفحهٔ برش خارج از ناحیه دنده شده می باشد .

$F_v = 2100kg/cm^2$ (جدول 3)

$F_t = 3000kg/cm^2$ (جدول 7)

با استفاده از رابطهٔ داریم :

$$(\frac{894.74}{2100})^2 + (\frac{1192.98}{3000})^2 = 0.18 + 0.16 = 0.34 < 1$$

ترکیب نیروی برشی و لنگر خمشی

بسته به نوع پرچ یا پیچی که در این نوع اتصالات به کار می بریم دو حالت متفاوت زیر را خواهیم داشت :

1- هیچ گونه کشش اولیه ای در پیچها یا پرچها وجود ندارد ⟵ استفاده از پیچهای معمولی در اتصال

2- پیچهای اتصال دارای کشش اولیه می باشند ⟵ استفاده از پیچهای پر مقاومت پیش تنیده .

پیچهایی که در آنها کشش اولیه وجود ندارد :

لنگر M=pe در قسمت فوقانی باعث جدا شدن صفحات اتصال از یکدیگر و ایجاد کشش در پیچها می شود .

Copyright by: www.afshinsalari.com

در نامیه کششی فقط اثر پرچها یا پیچها در نظر گرفته می شود و با مقداری تقریب از اثر سوراخها در نامیه فشاری صرفنظر می شود و ارتفاع تار خنثی از تار تحت فشار انتهایی در حدود $\frac{1}{6}$ تا $\frac{1}{2}$ ارتفاع کل مقطع می باشد

مثال :

مطلوبست است محاسبهٔ ظرفیت خمشی مجاز اتصال نشان داده شده در شکل زیر پیچها به قطر 20 از نوع پیچهای نرمه معمولی (A307) می باشد .

$$\frac{75}{7}=10.7<y<\frac{75}{6}=12.5\Rightarrow \frac{by^2}{2}=mnA(h'-y+p\frac{n-1}{2})$$

b = پهنای نامیه فشاری m = تعداد پیچهای یک ردیف

n = تعداد پیچهای موجود در یک ستون واقع در بالای محور خنثی

A = سطح مقطع یک پیچ

h´ = فاصله اولین پیچهای موجود در بالای محور خنثی تا تار فشاری انتهای

y = ارتفاع محور خنثی از تار فشاری

P = فواصل پیچها

برای مثال مورد بحث داریم :

$$b=18cm, m=2, n=8, A=3.14cm^2, h'=18.75cm, p=7.5cm$$

$$\frac{18\times y^2}{2}=(2)(8)(3.14)(18.75-y+7.5\times\frac{8-1}{2})$$

$$9y^2=50.24(45-y), y=13.1cm$$

$$I=\frac{mnAp^2(n^2-1)}{12}+mnA(\frac{n-1}{2}p+h'-y)^2+\frac{by^3}{3}$$

ممان اینرسی پیچهای مورد نظر — اثر Ad^2 پیچها — ممان اینرسی قسمت تحت فشار

$$I=\frac{2\times2\times3.14\times7.5^2(8^2-1)}{12}+2\times8\times3.14(\frac{8-1}{2}\times7.5+18.75-13.1)^2+\frac{18\times13.13}{3}$$

$$I=14836.5+51124.73+13488.55=79449.48cm^4$$

$$w=\frac{I}{c}=\frac{79449.78}{58.15}=1366.29$$

$$\longrightarrow \quad (75-13.1-3.75)=58.15$$

$f_t=1400kg/cm^2(AISC)$ جدول 7

$$f_t=\frac{Mc}{I}\Rightarrow M=f_t.w=1400\times1366.29\times10^{-5}=19.13t.m$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

وقتی که در پیچها کشش اولیه وجود دارد .

A = تعداد پیچهای لازم در یک ستون

M = لنگر خمش وارد بر اتصال

R = مقاومت

P = فاصله پیچها

$$A = \sqrt{\frac{6M}{R.p}}$$

$f_t.A_b$

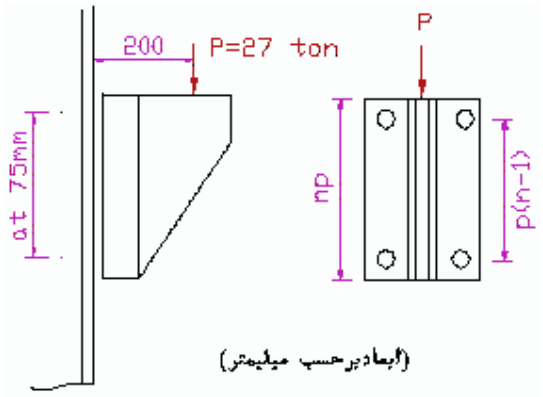
$$I = \sum Ay_i^2 , F_t = \frac{MC}{\sum Ay_i^2}$$

مثال :

برای اتصال لچکی نشان داده شده در شکل زیر تعداد پیچهای 22 میلیمتر از نوع A325 را در دو حالت زیر به دست آورید :

الف) اتصال اصطکاکی

ب) اتصال غیر اصطکاکی در حالی که صفحهٔ برش در خارج دنده ها قرار دارد . کلیه پیچهای اتصال دارای کشش اولیه می باشند و فاصلهٔ آنها را مساوی 7.5 سانتی متر در نظر بگیرید .



الف) اتصال اصطکاکی :

$$n_1 = \sqrt{\frac{6M}{Rp}}, p = 7.5cm \quad , R_T = 3.8 \times 3000 = 11400kg$$

$$M = 27 \times 0.2 \times \frac{1}{2} = 2.7t.m$$

تعداد پیچهای لازم برای نیروی برشی

$$n_1 = \sqrt{\frac{6 \times 2.7 \times 10^5}{11400 \times 7.5}} = 4.35$$

$$R_{ss} = fv.A$$

$$R_{ss} = 3.8 \times 1225 = 4655kg$$

$$n_2 = \frac{27 \times 1000}{2 \times 4655} = 2.9 \qquad 2\frac{7}{2} = \frac{p}{2}$$

$$n = \sqrt{(4.35)^2 + (2.9)^2} = 5.22$$

$$\sum Ad^2 = Ay^2 = 4(3.8)(7.5^2 + 15^2) = 4275cm^4$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

$$\frac{p(n-1)}{2} \quad \frac{7.5 \times (5-1)}{2}$$

$$ft = \frac{27000 \times 20 \times 15}{4275} = 1894.74kg/cm^2 < 3000 \ \ ok$$

کنترل اثر مشترک نیروی برشی و نیروی کششی

$$f_v = \frac{p}{\sum A} = \frac{27000}{3.8\times 10} = 710.23$$

$$\frac{f_v}{F_v} + \frac{f_t}{F_{tp}} \le 1$$

$$F_{tp} = \frac{T_i}{A_b} = \frac{17.3\times 1000}{3.8} = 4552 kg/cm^2$$

$$\frac{710.53}{1225} + \frac{1894.74}{4552} = 0.58 + 0.42 = 1 \quad o.k$$

ب) حال اتصال را در حالی که نیروهای اصطکاکی وجود ندارند کنترل نمایید .

$$(\frac{f_v}{F_v})^2 + (\frac{f_t}{F_t})^2 \le 1$$

$$F_v = 2100 kg/cm^2 \quad , F_t = 3000 kg/cm^2$$

$$(\frac{710.53}{2100})^2 + (\frac{1894.74}{3000})^2 = 0.11 + 0.4 = 0.51 < 1$$

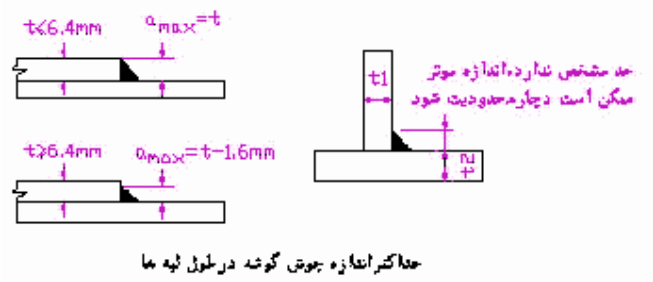
Copyright by: www.afshinsalari.com

جوش

حداقل اندازه جوش ⟵ محاسبه شده بر اساس صفحات صفحه ضخیم تر

ضوابط لازم برای جوش گوشه بر حسب اندازه ساق جوش و برای جوش شیاری نفوذی ناقص برحسب انـدازه گلـوی مؤثر آن در جدول 4 خلاصه شده است .

و اندازه جوش گوشه مساوی طول ساق آن می باشد اندازه جوش نباید از ضخامت قطعه نازکتر بیشتر باشد .

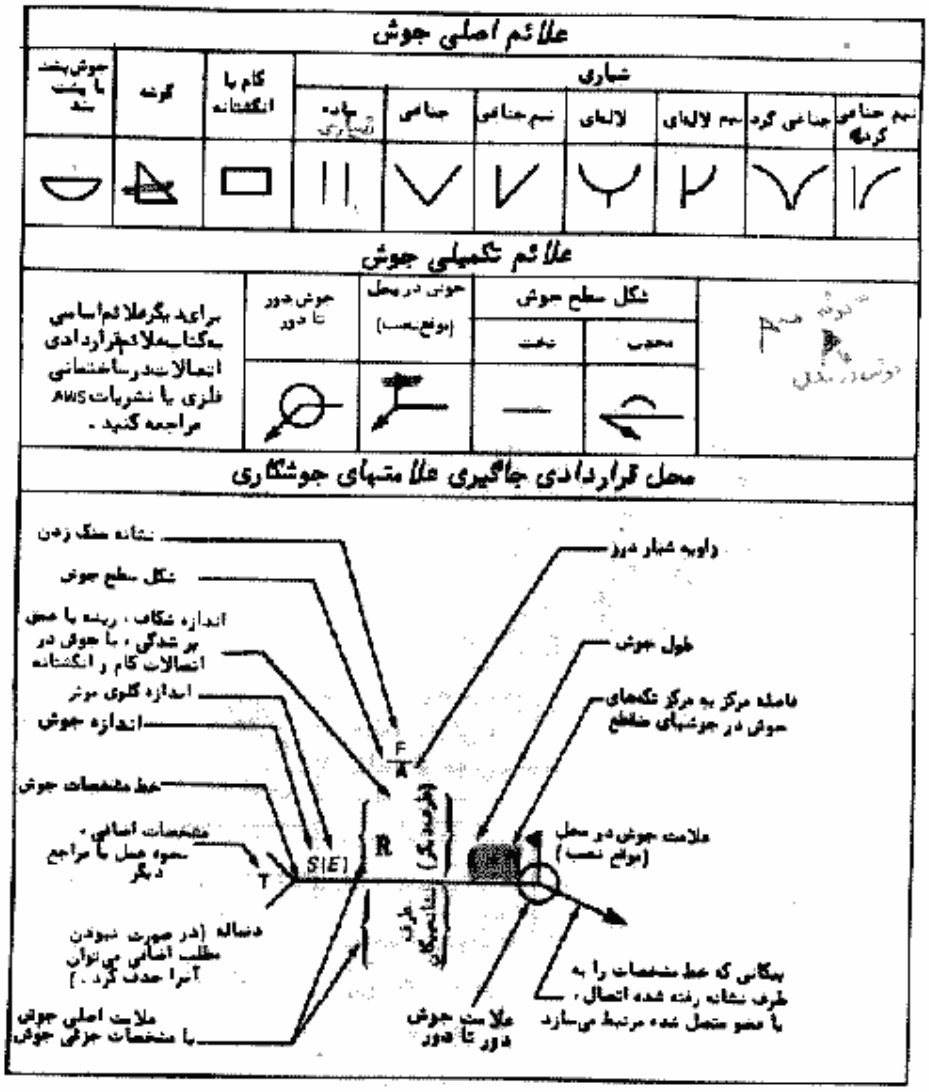


جدول 4 – حداقل اندازه جوش گوشه ، و حداقل گلوی مؤثر برای جوش شیاری با نفوذ ناقص

ضخامت فلز مبنا (T) بر اساس ضخامت قطعه ضخیمتر (میلی متر)	حداقل اندازه جوش* گوشه (میلی متر)	حداقل اندازه گلوی مؤثر (t) برای جوش شیاری با نفوذ ناقص (میلی متر)
6/4	3	3
12/7 تا 6/4	5	5
19/0 تا 12/7	6	6
38/1 تا 19/0	8	8
57/1 تا 38/1	8	10
152 تا 57/1	8	13
152	8	16

* اندازه جوش گوشه مساوی طول ساق آن می باشد . اندازه جوش نباید از ضخامت قطعه نازکتر بیشتر باشـد . برای موارد استثنایی که این شرط برقرار نباشد باید تدابیر مخصوصی اتخاذ نمود تا بوسیله عمل پـیش گرمـایش سلامت جوش تضمین شود . باید از حداقل اندازه ی جوشی که با یک عبور الکترود بدست می آید استفاده کرد .

Copyright by: www.afshinsalari.com



تذکر :

- اندازه‌علامت ، طول جوش و فاصله نکه‌های آن باید به‌همین ترتیب از چپ به‌راست روی خط مشخصات نوشته شود .
- جهت خط مشخصات یا محل پیکان تغییری در این قاعده ایجاد نمی‌کند .
- ساق قائم جوشهای ۲ ، ۲ ، ۲ باید در طرف چپ قرار گیرد .
- جوشهای طرف نشانه پیکان و طرف دیگر داری یک اندازه می‌باشند ، مگر اینکه خلاف آن ذکر شده باشد .

Copyright by: www.afshinsalari.com

جدول 5 – مشخصات جوش ساختمانی و فلز مبنای سازگار

روش جوشکاری					
گروه	از مبناء	جوش با الکترود (SMAW)	جوش زیر پودری (SAW)	جوش تحت حفاظ گاز (GMAW)	جوش با فلوس مغزی
I	ASTM A36.A53 Grade B. A500.A501.A529 A570 Grsdes D and E, and A709 Grade 36	AWS A5.1 or A5.5 E60XX or E70XX	AWS AS.17 or A5.23 F6X or F7X-EXXX	AWS AS.18 E70S-X or E70U-1	AWS AS.20 E600T-X
II	ASTM A242.A441,A572 Grade 42-55. A588 and A709 Grades 50 and 50W	AWS A5.1 or A5.5 E70XX	AWS A5.17 or AS.23 F7X EXXX	AWS A5.18 E70S-X or E70U-1	AWS AS.20 E70T-X (except E70T-2 and E70T-3)
III	ASTM A572 Grade 50 and 65	AWS A5.5 E80XX	AWS A5.23 F8X- EXXX	Grade E80S	Grade E50T
IV	ASTM A514(over 2 in.thick)and A709 Grades 100 and 100W(2 to 4 in).	AWS A5.5 E100XX	AWS A5.23 F10X- EXXX	Grade E100S	Grades E100T
V	ASTM A514(2 in, and under)and A709 Grades 100 and 100W(2 to.and under).	AWS A5.5 E110XX	AWS A5.23 F11X- EXXX	Grade E110S	Grade E110T

تنشهای مجاز

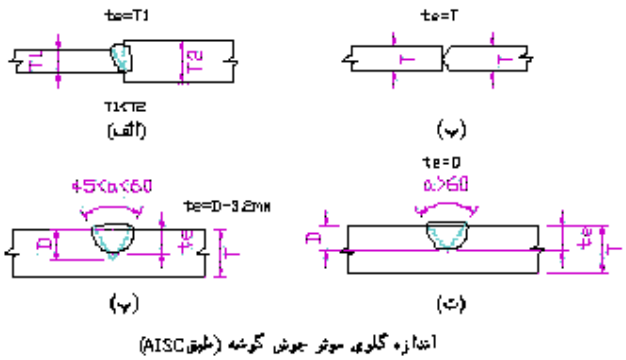
برای مقاصد طراحی فرض می گردد که انتقال بار توسط تنش برشی بر روی سطح مؤثر جوش صورت می گیرد جوشهای شیاری بار را درست مانند خود قطعات اصلی انتقال می دهند .

سطح مؤثر جوش

سطح مؤثر جوش گوشه مساوی گلوی مؤثر آن و کمترین فاصله ریشه جوش از سطح آن ، در طول مؤثر آن می باشد .

t_e = گلوی مؤثر

L_e = طول مؤثر



اندازه گلوی موثر جوش گوشه (طبق AISC)

Copyright by: www.afshinsalari.com

جوش قوس الکتریکی با الکترود روکش دار (SMAW)

ساق مساوی $\Rightarrow t_e = 0.707a$

ساق نامساوی $\Rightarrow t_e = \frac{ab}{\sqrt{a^2+b^2}}$

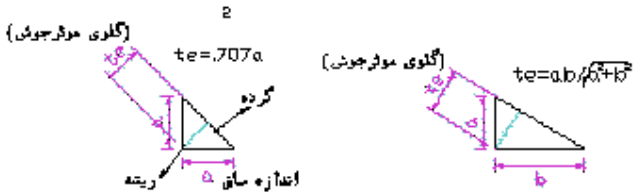
(1) گلوی مؤثر در جوش گوشه

(2) SMAW یعنی به جز SAW

جوش قوس الکتریکی غوطه ور (SAW)

(1) گلوی مؤثر در جوش SAW $\Rightarrow a < 9.5^{mm} \rightarrow t_e = a$

(2) با ساق مساوی $\Rightarrow a > 9.5^{mm} \rightarrow t_e = 0.707a + 2.8$



جوشهای کام و انگشتانه

مقاومت = $A \times F_{all}$

تنش مجاز

مساحت اسمی جوش

ارزش جوش

حاصلضرب گلوی مؤثر جوش در تنش مجاز جوش ، ارزش جوش (R_w) نامیده می شود .

واحد ارزش جوش kg/cm

ارزش جوش برای فلز مبنا ← $R_w = F \times t_w (kg/cm)$

مجاز

ضخامت مؤثر

جداول 6 و 7 و8

ارزش جوش برای خود جوش $R_w = F \times t_e$

Copyright by: www.afshinsalari.com

جدول 6 – تنش مجاز روی سطح مؤثر جوش (آیین نامه های AWS,AISC)

نوع جوش	نوع تنش روی سطح مؤثر	تنش مجاز	مقاومت جوش مورد نیاز
جوش شیاری با نفوذ کامل	کشش عمود بر سطح مؤثر	مثل فلز مبنا	باید از جوش سازگار استفاده شود
	فشار عمود بر سطح مؤثر	مثل فلز مبنا	فلز جوش مبنا مقاومت مساوی با کمتر از جوش سازگار می تواند مورد استفاده قرار گیرد .
	کشش با فشار موازی محور جوش	مثل فلز مبنا	
	برش روی سطح مؤثر	0/3× مقاومت کششی اسمی فلز جوش ولی تنش برشی فلز مبنا پایدار 0/4 × مقاومت جاری شدن فلز مبنا تجاوز نماید .	
جوش شیاری با نفوذ ناقص	فشار عمود بر سطح مؤثر	مثل فلز مبنا	فلز جوشیس با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می تواند مورد استفاده قرار گیرد .
	کشش با فشار موازی محور جوش	مثل فلز مبنا	
	برش موازی محور جوش	0/2× مقاومت کششی اسمی فلز جوش ولی تنش برشی فلز مبنا نباید از 0/4× مقاومت جاری شدن فلز مبنا تجاوز نماید .	
	کشش عمود بر سطح مؤثر	3/ × مقاومت کششی اسمی فلز جوش ولی تنش کششی در فلز مبنا نباید از 0/6× مقاومت جاری شدن فلز مبنا تجاوز نماید .	فلز جوشی با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می تواند مورد استفاده قرار گیرد .
	برش روی سطح مؤثر	0/2 × مقاومت کششی اسمی فلز جوش ولی تنش برشی در فلز مبنا نباید از 0/4× مقاومت جاری شدن فلز مبنا تجاوز نماید .	
جوش گوشه	کشش با فشار موازی محور جوش*	مثل فلز مبنا	
	برش موازی سطوح متصل شده بوسیله جوش (بر روی سطح مؤثر)	3/ × مقاومت کششی اسمی فلز جوش ولی تنش برشی در فلز مبنا نباید از 0/2× مقاومت جاری شدن فلز مبنا تجاوز نماید .	فلز جوشی یا مقاومنت مساوی با کمتر از جوش سازگار می تواند مورد استفاده قرار گیرد .

Copyright by: www.afshinsalari.com

* جوشهای گوشه یا شیاری ا نفوذ ناقص که اعضای نیمرخ های ساخته از ورق را به یکدیگر اتصال می دهند ، نظیر جوشی که بال به جان را اتصال می دهد ، می توانند بدون توجه به تنش کششی یا فشاری موجود در موازات محور جوش ، طراحی گردند .

جدول 7 – تنشهای مجاز جوش ساختمانهای فلزی در ایران (آیین نامه ISIRI 519)

در صورت استفاده از فولاد S – ST37 یا انواع مشابه و الکترودهای عادی ، و اکتفا به کنترل کیفیت طبق نشریه شماره 23 دفتر تحقیقات و استانداردهای فنی سازمان برنامه و بودجه ، بدون انجام آزمایشات غیر مخرب ، تنشهای مجاز بر روی سطوح مؤثر عبارتند از :	
برش در جوشه گوشه	920 کیلوگرم بر سانتی متر مربع
برش در جوش شیاری ، انگشتانه و کام توپر	900 کیلوگرم بر سانتی متر مربع
کشش در جوش شیاری	1100 کیلوگرم بر سانتی متر مربع
فشار در جوش شیاری	1400 کیلوگرم بر سانتی متر مربع
در صورتی که فولاد به کار رفته ST52-S یا ST37-3 یا فولادی مشابه باشد و الکترود مصرفی از نوع E60 استاندارد بوده ، کیفیت جوشها با آزمایشات غیر مخرب پرتونگاری یا ماورای صوت تحت کنترل قرار گیرد ، تنشهای مجاز به ترتیب زیر افزایش می یابند* :	
برش در جوشه گوشه	1265 کیلو گرم بر سانتی متر مربع
برش در جوش انگشتانه و کام توپر	1265 کیلوگرم بر سانتی متر مربع
برش ، کشش ، فشار ، در جوش شیاری	برابر مقاومت فولاد به کار رفته

* تنشهای مجاز افزایش یافته آیین نامه 519 ایران مشابه تنشهای مجاز AISC,AWS می باشند .

مثال:

ارزش جوش (R_W) جوش گوشه ای با اندازه ساق 12 می‌لی‌متر را که الف)به وسیله جوش قوس الکتریکی با الکترود روکش دار(SMAW) و ب)بوسیله جوش قوسی غوطه ور (SAW) اجرا شده است را به دست آورید.فرض کنید که الکترود E70 با مقاومت کششی حداقل (F_u) مساوی 4900 کیلو گرم بر سانتی متر مربع و آیین نامه AISC مورد استفاده باشد.

ج)همین مثال را با استفاده از تنشهای مجاز آیین نامه 519 ایران و با فرض استفاده از الکترودهای عادی محاسبه نمایید.

الف) روش SMAW

$$t_e = 0.707a = 0.707 \times 12 = 8.48mm = 0.848cm$$
$$R_w = t_e(0.3F_u) = 0.848 \times 0.3 \times 4900 = 1246.56kg/cm$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

ب) روش SAW

$$t_e = 0.707 \times 12 + 2.8 = 11.28mm$$

$$R_w = t_e(0.3F_u) = 1.128 \times 0.3 \times 4900 = 1658kg/cm$$

پ) روش آیین نامهٔ 519

$$R_w = 0.707(a)(920) = 650(a)kg/cm$$

غالب محاسبین عدد 650a را به عنوان ارزش جوش گوشه طبق استاندارد ایران در ذهن حفظ می نماید .

$$R_w = 650 \times 1.2 = 780kg/cm$$

جدول 8 – ضخامت گلوی جوشهای شیاری با نفوذ ناقص

روش جوشکاری	موقعیت	α	ضخامت گلوی مؤثر (t_e)
SMAW یا SAW	همهٔ موقعیت ها	$45 \le \alpha < 60$	D-3.2 mm
		$\alpha \ge 60$	D
GMAW یا FCAW	همهٔ موقعیت ها	$\alpha > 60$	D
	افقی یا تحت	$45 \le \alpha < 60$	D
	سربالا یا سقفی	$45 \le \alpha < 60$	D-3.2 mm
EGW	همهٔ موقعیت ها	$\alpha \ge 60$	D

Copyright by: www.afshinsalari.com

برای روش جوشکاری قوس الکتریکی الکترود روکش دار (SMAW)

رابطهٔ (2)

$$2a\times(0.707)\times(0.3F_u)=0.4F_y.t_1$$

ضخامت صفحه مبنا احتمالاً صفحه نازکتر ورق مبنا خواهد بود .

حداکثر اندازه ساق مؤثر جوش

$$a_{maxeff}=\frac{0.4F_y.t_1}{2\times(0.707)(0.3Fu)}=0.943\frac{F_yt_1}{F_u}\qquad(2)$$

برای جوش دوطرفه- جوش چهارطرفه

پس 1a و چون از یک طرف جوش شده در این مقاطع $\Rightarrow a(0.707)(0.3F_u)=0.4F_y.t_2$ خواهیم داشت

$$a_{\max\,eff}=1.89\frac{F_y.t_2}{F_y}\qquad(SMAW)\quad(4)$$

برای جوش یک طرفه

چون از 4 طرف جوش شده پس 4a $\Rightarrow 4a(0.707)(0.3F_u)=2(0.4F_y)t_2$ خواهید داشت

الف) رابطهٔ (2) برای تنشهای مجاز ایران (519)

جوش 2 طرفه ← $2(650a)=(0.4\times2400)\times t_1$

4 طرفه $a_{\max\,ef}f=0.738t_2$

ب) رابطهٔ (4) برای تنش مجاز ایران (519)

جوش یکطرفه

$$650a=920t_2$$
$$a_{\max\,eff}=1.48t_2$$

مثال :

مطلوب است محاسبه ارزش جوش برای اتصال بال به جان شکل زیر که در ساخت آن از ورقهای فولاد ساختمانی با تنش جاری شدن 2400 کیلو گرم بر سانتی‌متر مربع،و الکترود E60(Fu=4200) استفاده به عمل آمده است.روش جوشکاری الف)جوش با قوس الکتریکی روکش دار (SMAW) ب)قوس الکتریکی غوطه ور(SAW) میباشد.

Copyright by: www.afshinsalari.com

حداقل اندازه جوش $38.1 < t = 40 < 57.1 \Rightarrow a_{\min} = 8mm$ بر اساس صفحات ضخیم تر

$$a_{\max} = 4.3 < a_{\min} = 8 \overset{\min}{\rightarrow} a = 4.3$$

الف) جوش قوس الکتریکی با الکترود روکش دار

$$a_{\max\, eff} = 0.943\frac{F_y.t_1}{F_u} = 0.943\times\frac{2400\times t}{4200} = 0.539t$$

$$0.539\times 8 = 4.3mm = 0.430cm$$

برای دو جوش گوشه

$$R_w = 2\times 0.43\times 0.707\times 0.3\times 4200 = 766kg/cm$$

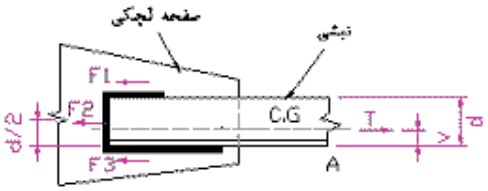
t_e تنش مجاز

جوش متعادل :

پاره ای از اوقات اعضای تحت تنش مستقیم محوری ، خود غیر متقارن بوده و باعث ایجاد برون محوری در اتصال جوشی می گردند .

$$\sum M_A = -F_1 d - F_2 d/2 + T.y = 0 \qquad (5)$$

$$F_1 = \frac{T_y}{d} - \frac{F_2}{2} \qquad (6)$$



نیروی F_2 مساوی مقاومت واحد طول جوش آن در طول آن می باشد .

$$F_1 = R_w L_{w2} \qquad (7)$$

تعادل نیروهای افقی نتیجه می دهد :

$$\sum F_H = T - F_1 - F_2 - F_3 = 0 \qquad (8)$$

از حل همزمان معادلات 6 و 8 حاصل می شود .

$$F_3 = T(1 - \frac{y}{d}) - \frac{F_2}{2}$$

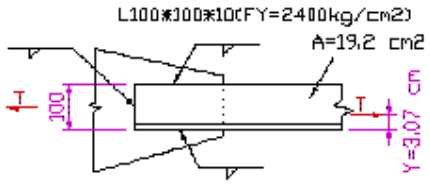
Copyright by: www.afshinsalari.com

طرح اتصال شکل بالا به نحوی که اثر عدم تقارن مرتفع گردد را ، متعادل کردن جوش می نامند . روند متعادل ساختن یک جوش را می توان به صورت زیر خلاصه نمود .

$$F_2 = R_w L_{w2} \quad -1 \qquad F_1 = \frac{T_y}{d} - \frac{F_2}{2} \quad -2 \qquad L_{W3} = \frac{F_3}{R_w} \quad -3$$

مثال:

جوشهای گوشه ای طراحی نمایید که بتواند کل نیروی نبشی نشان داده شده در شکل زیر را با حداقل اثر خروج از مرکزیت منتقل سازد . فرض کنید که ورق لچکی تعیین کننده طرح نیست و از روش جوشکاری قوس الکتریکی با الکترودهای روپوش دار و SMAW ، استفاده به عمل آمده است .



عضوکششی در جایی که سوراخ نداریم $T = 0.6F_y n_g = 0.6\times 2400\times 19.2cm^2 = 27648kg = 27.65ton$

حداقل اندازه ساق جوش گوشه $\xrightarrow{\text{جدول 4}} 5mm \Rightarrow \quad 5 < 6 < 8.4$

= حداکثر اندازه ساق جوش گوشه $10 - 1.6 = 8.4mm$

از جوش گوشه با ساق6 میلی متر و تنش مجاز آیین نامه 519

$$R_w = 0.707\times 920 \Rightarrow R_w == 650a \quad (a = 0.6cm)$$
$$R_w = 650\times 0.6 = 390.2kg/cm$$
$$\max R_w = 0.4 f_y t = 0.4\times 2400\times 1 = 960kg/cm$$
$$960 > 390.2$$

جوش کنترل کننده است

$$F_2 = R_w . L_{w2} = 390.2\times 10 = 3002kg = 3.90ton$$

از تعادل لنگرها حول محوری هم امتداد با F_3

$$F_1 = \frac{27.65(3.07) - 3.9(5)}{10} = 6.54ton$$

جمع نیروها می دهد :

$$F_3 = T - F_1 - F_2 = 27.65 - 6.54 - 3.9 = 17.21$$

$$L_{w1} = \frac{F_1}{RW} = \frac{6.54\times 1000}{390.2} = 16.7cm \quad (take = 17cm)$$
$$L_{w3} = \frac{F_3}{RW} = \frac{17.21\times 1000}{390.2} = 44.1cm \quad (take = 44cm)$$

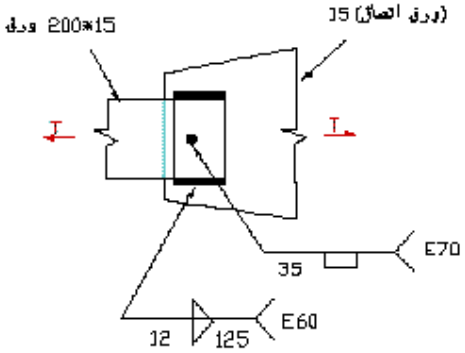
Copyright by: www.afshinsalari.com

جوشهای کام و انگشتانه

مقاومت جوشهای کام و انگشتانه بر مبنای سطح صفحه برش بین دو قطعه به دست می آید .

مثال :

نیروی مجاز T را در اتصال شکل زیر تعیین کنید . در حل این مثال از تنشهای مجاز آیین نامه AISC استفاده نمایید . فولاد مصرفی از نوع فولاد نرمه با تنش جاری شدن 2400 کیلوگرم بر سانتی متر مربع بوده ، الکترود سازگار با این نوع فولاد از گروه E60 می باشد .



حل :

مقاومت R_W یک سانتی متر از جوش گوشه به اندازه ساق 12 میلی متر (1/2 سانتی متر) عبارت است از :

(بدلیل استفاده از آیین نامه AISC دیگر نمی توان از 650a استفاده کرد زیرا 650a برای آیین نامه 519 می باشد)

مقاومت جوش $R_W = 1.2(0.707)(0.3\times 4200) = 1069.0kg/cm$

= ضخامت ورق $15mm$

$t > 6.4 \Rightarrow$

حداقل اندازه جوش $= 6mm$

حداکثر اندازه جوش $= 15 - 1.6 = 13.4 \Rightarrow 6 < 12 < 13.4$

که نباید از مقاومت برشی ورق اتصال تجاوز نماید .

$R_w = 0.4F_y.t = 0.4(2400)(1.5) = 1440kg/cm$

↓

مقاومت ورق

مقاومت T_1 که بوسیله جوشهای گوشه تأمین می شود عبارت است از :

$T_1 = L_w.R_w = (2\times 12.5)\times(1069.0) = 26724.5kg = 26.72ton$

↓

مربوط به جوش گوشه

Copyright by: www.afshinsalari.com

مقاومت T_2 در اثر جوش انگشتانه از رابطه زیر بدست می آید :

$$T_2 = \frac{\pi(3.5)^2}{4} \times (0.3 \times 4200) = 12122.6kg = 12.12ton$$

↓

مربوط به جوش انگشتانه

$$T = T_1 + T_2 = 26.72 + 12.12 = 38.84ton$$

تنش کششی تسمه را کنترل می کنیم :

$$T = 0.6F_y A_g = 0.6 \times 2400 \times 20 \times 1.5 = 43200kg$$

$$= 43.2ton > 38.84o.k$$

پس جوش در مقاومت اتصال کنترل کننده است : $T = 38.84ton$

اتصالات جوشی با خروج از مرکزیت :

1- بعد گلوی مؤثر جوش t_e را تعیین نموده ، مقطعی از گرده جوشها ، رسم نمایید .

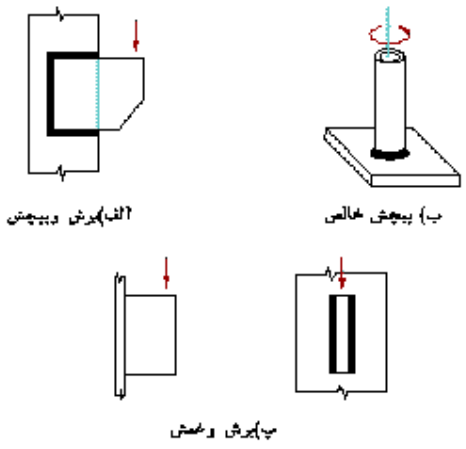
2- دستگاه مختصاتی تعیین کرده و مرکز هندسی جوشها را به دست آورید .

3- نیروهای وارد بر گرده جوشها را تعیین کنید .

4- تنشهای در اثر برش مستقیم ، پیچش و خمش را در نقاط حساس جوشها به طور مستقل از هم پیدا کنید .

5- تنشهای به دست آمده در یک نقطه را جمع برداری نمایید .

ترکیب برش و پیچش:



Copyright by: www.afshinsalari.com

تنش مربوط به نیروی برشی مستقیم = $f' = \frac{P}{A}$

تنش مربوط به لنگرپیچشی = $f'' = \frac{Tr}{I_p}$

r= فاصله شعاعی ازمرکز هندسی تانقطه محاسبه تنش

I_p =لنگراینرسی قطبی سطح مقطع موثر جوشها

$$f'_x = \frac{P_x}{A}$$

$$f'_y = \frac{P_y}{A}$$

$$f''_x = \frac{Ty}{I_P} = \frac{(P_x e_y + P_y e_x)y}{I_p}$$

$$f''_y = \frac{Tx}{I_P} = \frac{(P_x e_y + P_y e_x)x}{I_p}$$

$$I_p = I_x + I_y = \sum I_{xx} + \sum A\bar{y}^2 + \sum I_{yy} + \sum A\bar{x}^2$$

$$I_p = 2\left[\frac{L_w (t_e)^3}{12}\right] + 2\left[L_w (t_e)(\bar{y})^2\right] + \left[\frac{t_e (L_w)^3}{12}\right] = \frac{t_e}{6}\left[L_w (t_e)^2 + 12 L_w (\bar{y})^2 + {L_w}^3\right]$$

$$I_p \approx \frac{t_e}{6}\left[12 L_w (\bar{y})^2 + {L_w}^3\right]$$

$$f_x = f'_x + f''_x$$

$$f_y = f'_y + f''_y$$

$$f_r = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2} = \sqrt{(f_x' + f''_x)^2 + (f_y' + f''_y)^2}$$

$$f_r \le F_{\text{مجاز}}$$

$$f_r = R_w = F_{\text{مجاز}} \quad t_e$$

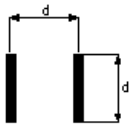
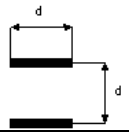
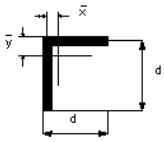
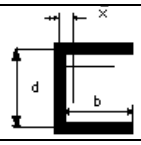
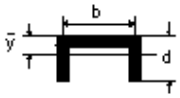
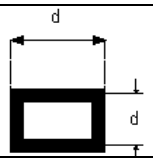
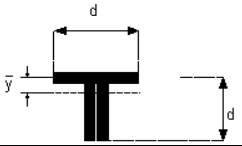
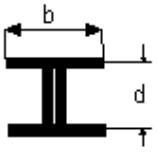
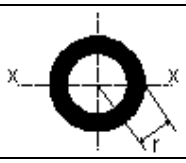
$$t_e \ge \frac{f_r}{\text{تنش مجاز}} \quad (23)$$

$$f_r = 650a \rightarrow a = \frac{f_r}{650}$$

$$I_p \approx \frac{1}{6}\left[12b(\frac{d}{2})^2 + b^3\right] = \frac{b}{6}\left[3d^2 + b^2\right]$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

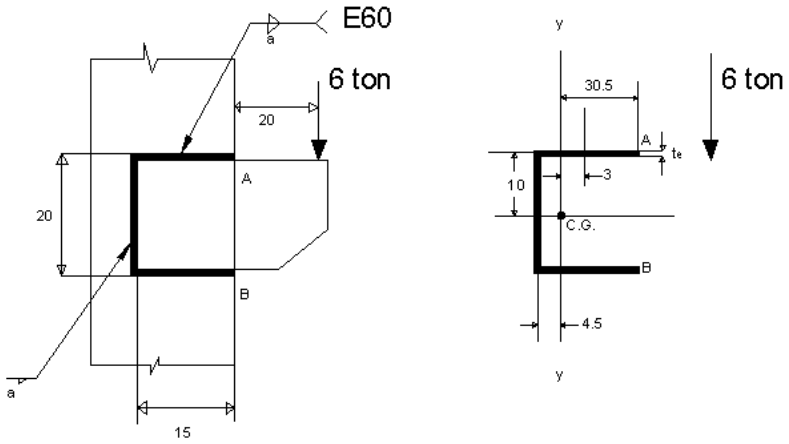
مشخصات هندسی جوشهاباضخامت موثرواحد(جدول 10)

مقطع ارتفاع=d عرض=b		مدول مقطع	لنگر اینرسی قطبی، I_p حول مرکزهندسی
		$S=\frac{d^2}{6}$	$I_p=\frac{d^3}{12}$
		$S=\frac{d^2}{3}$	$I_p=\frac{d(3b^2+d^2)}{6}$
		$S=bd$	$I_p=\frac{d(3b^2+d^2)}{6}$
	$\bar{y}=\frac{d^2}{2(b+d)}$ $\bar{x}=\frac{b^2}{2(b+d)}$	$S=\frac{4bd+d^2}{6}$	$I_p=\frac{(b+d)^4-6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$\bar{x}=\frac{b^2}{2b+d}$	$S=bd+\frac{d^2}{6}$	$I_p=\frac{8b^3+6bd^2+d^3}{12}-\frac{d^4}{2b+d}$
	$\bar{y}=\frac{d^2}{b+2d}$	$S=\frac{2bd+d^2}{3}$	$I_p=\frac{b^3+6b^2d+8d^3}{12}-\frac{d^4}{2d+b}$
		$S=bd+\frac{d^2}{3}$	$I_p=\frac{(b+d)^3}{6}$
	$\bar{y}=\frac{d^2}{b+2d}$	$S=\frac{2bd+d^2}{3}$	$I_p=\frac{b^3+8d^3}{12}-\frac{d^4}{b+2d}$
		$S=bd+\frac{d^2}{3}$	$I_p=\frac{b^3+3b^2+d^3}{S}$
		$S=\pi r^2$	$I_p=2\pi r^3$

Copyright by: www.afshinsalari.com

مثال:

اندازه جوش گوشه موردنیاز برای استفاده دراتصال شکل زیر رابافرض استفاده ازالکترودE60 باتنشهای مجازآیین نامه 519 ایران به دست آورید.درطرح اتصال ضخامت ورق تعیین کننده نبوده،جوش طرفیت اتصال راکنترل می نماید.



حل:

حداکثرتنش درگروه جوشها،درنقاط AوB اتفاق می افتد.

بالنگرگیری حول لبه جوش قائم مرکز سطح شکل مرکب جوشها رابه دست می آوریم.

$$\overline{X} = \frac{\sum x_1 A_1}{\sum A} \Rightarrow \overline{X} = \frac{2(15)(7.5)}{2(15)+20} = 4.5cm$$

$$I_p = \underbrace{\frac{(20)^3}{12} + 2[15(10)^2]}_{I_X} + \underbrace{2\left[\frac{(15)^3}{12}\right] + 2\times 15\times(3)^2 + 20\times(4.5)^2}_{I_Y} = 5444.6 \ \ Cm^3$$

روابط مورد استفاده برای محاسبه $\overline{X}$ و I_p از جدول 10 می توان استخراج کرد.همچنین داریم:

Copyright by: www.afshinsalari.com

$$A = 2(15) + 20 = 50 \quad Cm$$

$$f'_y = \frac{Py}{A} = \frac{6\times1000}{50} = 120 \quad kg/cm$$

$$f''_x = \frac{Ty}{I_p} = \frac{(6\times1000)(30.5)10}{5444.16} = 336.14 \quad kg/cm$$

$$f''_y = \frac{Tx}{I_p} = \frac{(6\times1000)(30.5)(10.5)}{5444.16} = 352.95 \quad kg/cm$$

جمع بردار تنشها،برآیند f_r رابه دست می دهد.

$$f_r = \sqrt{(336.14)^2 + (120+352.95)^2} = 580.23 \quad kg/cm \le 920 = F_{\text{مجاز}} \qquad Ok$$

با مساوی قرار دادن f_r باحداکثر مقدار مجازآن می باشد به دست می آوریم:

$$t_e \text{لازم} = \frac{f_r}{\text{تنش مجاز}} = \frac{580.23}{920} = 0.63 \quad Cm = 6.3 \ mm$$

$$a \text{ لازم} = \frac{t_e}{0.707} = \frac{6.3}{0.707} = 8.91 mm$$

$$a = \frac{f_r}{650} = \frac{580.23}{650} = 0.892 \quad cm \text{ یا}$$

استفاده ازجوش 9 میلی متر با استفاده ازالکترود E60

ترکیب برش وخمش

$$f'_y = \frac{py}{A} = \frac{p}{2t_e L_w}$$

وتنش افقی ذر اثر خمش عبارت است از:

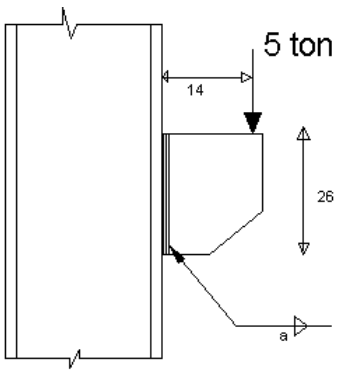
$$f''_x = \frac{Mc}{\frac{I}{I_x}} = \frac{(pe_x)(\frac{L_w}{2})}{\left[\frac{2t_e(L_w)^3}{12}\right]} = \frac{3pe_x}{t_e(L_w)^2} = \frac{M}{S}$$

$$f_r = \sqrt{(f'_y)^2 + (f''_x)^2}$$

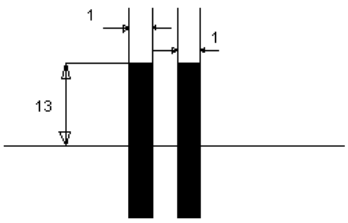
Copyright by: www.afshinsalari.com

مثال:

اندازه ساق جوش لازم برای اتصال نمایش داده شده درشکل راباستفاده ازالکترودE60 باتنش آیین نامه 519 ایران وجوشکاری به روش قوس الکتریکی باالکترود روکش دار(Smaw) به دست آورید.فرض کنید که نیمرخ ستون وورق مورد استفاده طرح راکنترل نمی کنند.



الف)تیغه نشیمن



ب)سطح مقطع فرضی جوش

حل:

تنش متوسط برشی بااستفاده ازگلوی موثر1 سانتی متر عبارت است از:

$$f'_y = \frac{p}{A} = \frac{5\times1000}{2(26)1} = 96.15 \quad kg/cm$$

$$I_x = \frac{2(1)\times(26)^3}{12} = 2929.33 \quad cm^3$$

$$f''_x = \frac{Mc}{I} = \frac{(5\times1000)(14)13}{2929.33} = 310.65 \quad kg/cm$$

$$f_r = \sqrt{(96.15)^2 + (310.65)^2} = 325.19 \quad kg/cm$$

برای اندازه گلوی موثر یکسانتی متری :

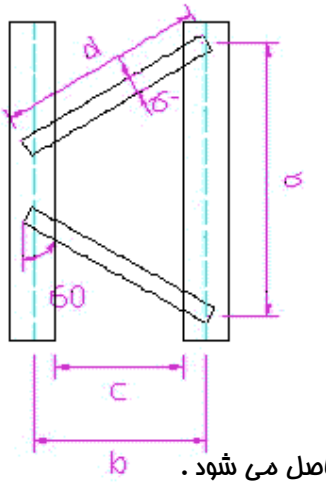
$$\text{لازم } t_e = \frac{f_r}{\text{مجاز تنش}} = \frac{325.19}{920} = 0.353\ m = 3.53\ mm$$

$$\text{لازم(اندازه ساق جوش) } a = \frac{3.53}{0.707} = 4.95 \quad mm(\text{یا} \quad a = 325.19/650 = 0.5cm)$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

طراحی ستون با بست های قطری

مفروضات L & p



روش طراحی :

1) محاسبه طول موثر ستون در دو جهت $(KL)_x$ و $(KL)_y$ max $[(KL)_x \ , \ (KL)_y]$

2) انتخاب یک پروفیل اولیه (فرض) F_a یا انتخاب شعاع ژیراسیون تقریبی:

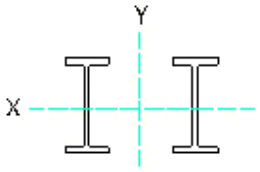
با داشتن r ، $(\frac{kL}{r})$ را پیدا می کنیم و F_a تعیین می شود ⟵ A مورد نیاز حاصل می شود .

3) چک کردن مقطع انتخابی مطابق بندهای زیر

4) محاسبه $(\frac{KL}{r})_x$ و $(\frac{KL}{r})_y$

5) تصحیح لاغری در جهتی که جان تو پر را قطع نمی کند .

(در اینجا در جهت y)



$$\begin{cases} (\frac{K'L}{r})_y = (\frac{KL}{r})_y \sqrt{1+\frac{300}{(\frac{KL}{r})^2_y}} & (\frac{KL}{r})_y > 40 \\ (\frac{K'L}{r})_y = 1.1(\frac{KL}{r})_y & (\frac{KL}{r})_y \le 40 \end{cases}$$

6) با توجه به لاغری حداکثر

$$(\frac{KL}{r})_{max} = \max\left[(\frac{KL}{r})_x \ , \ (\frac{K'L}{r})_y\right] \Rightarrow$$ محاسبه F_a

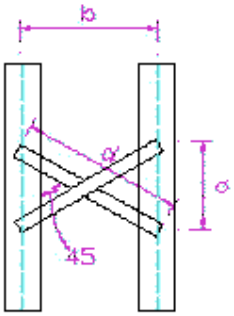
7) کنترل مقطع

انتخاب پروفیل بزرگتر $Try\ Again\ p_a < p \Rightarrow$ $P_a = Fa \times A \ge P \quad ok \Rightarrow if\ not$ قابل تحمل

کنترل مقطع و در صورت نیاز تغییر مقطع و تکرار مراحل فوق

8) کنترل b/t برای کلیه ورقهای مقطع مراجعه ص 320 و ص 564

طراحی قوطی ها یا قیدهای مرکب مطابق زیر



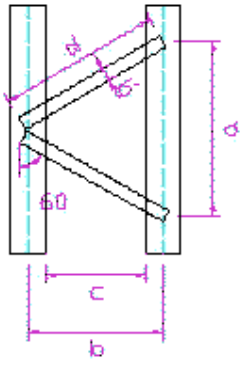
9) محاسبه فاصله a

بست تکی $a = 2b\tan 30$

بست دوبل $a = b\tan 45$

کنترل $a < 38cm$ (برای بست تکی)

اگر $a > 38cm$ باید از نبشی استفاده کنیم یا از بست دوبل



ستون های مشبک

ادامه طراحی بست های قطری :

Cop alari.com

$a = 2btg30$ یا $a = btg45$

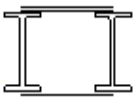
1) $a \le 38cm$ تسمه

2) $a > 38cm$ نبشی و یا بست دوبل

3) کنترل کمانش پروفیل تک در حد فاصل دو بست متوالی

$$\frac{a}{r_1} \le (\frac{KL}{r})_{max}$$

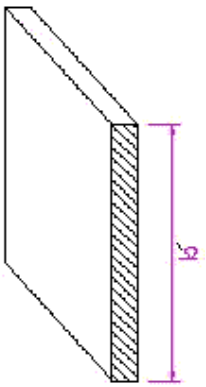
شعاع ژیراسیون min تک پروفیل



r_1 مربوط به یک پروفیل

4) محاسبه d

$$\begin{cases} d = \dfrac{c}{\cos 30} & \text{بست تکی} \\ d = \dfrac{c}{\cos 45} & \text{بست دوبل} \end{cases}$$



5) کنترل لاغری تسمه 200 و $\frac{d}{rd} \le 140$ (r_d شعاع ژیراسیون حداقل تسمه)

دوبل تکی

$$I = \frac{1}{12}b't^3 \qquad r = \sqrt{\frac{b't^3}{12b't}} = \sqrt{\frac{t^2}{12}}$$

$$r_{min} = \frac{d}{140} \Rightarrow$$

$$A = b't \qquad r_{min} = \frac{t}{\sqrt{12}} = 0.288t$$

پس

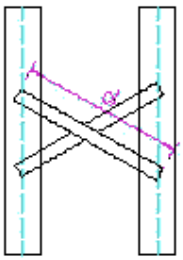
$$r_{min} > \frac{d}{140} \rightarrow \underbrace{0.288t > \frac{d}{140}}_{\text{تکی}} \quad \& \quad \underbrace{0.288t > \frac{d}{200}}_{\text{دوبل}}$$

اگر شرایط بالا صادق نبود یعنی $r_{min}<d/140$ باید تسمه را قویتر بگیریم

6) محاسبه تنشی مجاز فشاری برای تسمه

برای اعضای فرعی

برای تکی $\frac{d}{rd}$ بدست می آید $\rightarrow Fa$



7) محاسبه مساحت ورق تسمه

نیروی فشاری وارد بر تسمه

$$A_{req} = \frac{F}{F_a}$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

نیروی برشی

$F = \frac{V}{n}\sin\alpha$

تک = 2

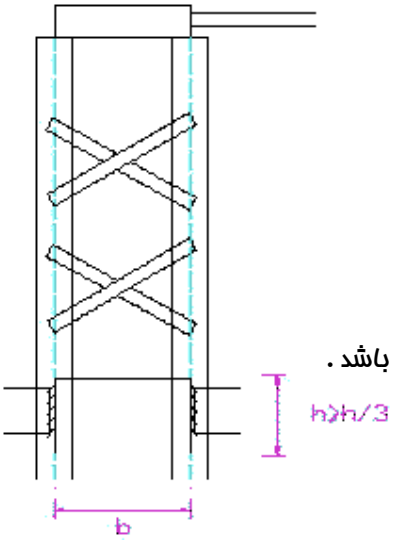
دوبل = 4

تسمه تک 60

تسمه دوبل 45

در واقع برش نداریم اما اگر کمانش روی بدهد یک برش $0.02p$ در نظر می گیریم .

8) محاسبهٔ b' با توجه به A_{req} $A_{req} = b'.t$



قید انتهایی و قید میانی

1) عرض صفحه حداقل برابر با فاصله دو پروفیل b

2) ضخامت ورق $t \geq \frac{1}{50}b$

3) قید میانی $h \geq \frac{b}{2}$

قید انتهایی $h \geq b$

4) مجموع خط جوش در هر طرف صفحه باید بزرگتر یا مساوی h/3 باشد .

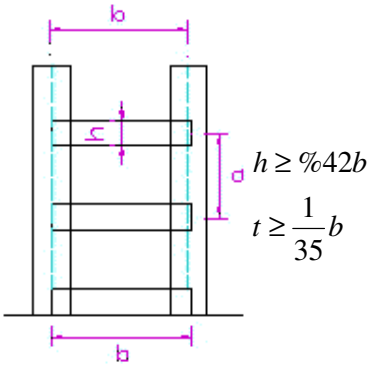
طرح ستون با بست های افقی

1-محاسبه طول مؤثر ستون KL

2- حدس پروفیل اولیه

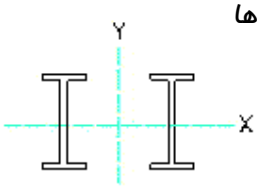
3- کنترل پروفیل اولیه مطابق موارد زیر :

a) بدست آوردن ابعاد تسمه ها



$h \geq \%42b$

$t \geq \frac{1}{35}b$



محاسبه

b را طوری انتخاب می کنیم که: $(\frac{KL}{r})_x \cong (\frac{KL}{r})_y$

چون اگر حول x قوی باشد حول y کمانش می کند .

b) محاسبه فاصله بست ها

$a = \frac{53000 \times A_b \times h}{p}$

$1/cm^2$ $th=cm^2$ cm

a: cm

p: kg

4) محاسبه لاغری پروفیل مرکب و تک پروفیل

Copyright by: www.afshinsalari.com

باید

$$\frac{a}{r_1} \le 40 \longrightarrow \frac{a}{r_1} < \frac{2}{3}(\frac{kl}{r})_{max}$$

$$\frac{a}{r_1} > 40 \Longleftarrow \text{مقدار a را کاهش داد}$$

لاغری کل پروفیل مرکب باید مطابق رابطه زیر (کمانش حول محوری که جان مشبک) را قطع کند (جان تو پر را قطع نکند)

از هر دو رابطه می توان استفاده کرد

$$\frac{K'L}{r} = \sqrt{(\frac{KL}{r_y})^2 + \frac{\pi^2}{12}(\frac{a}{r_1})^2}$$

$$\frac{K'L}{r} = \sqrt{(\frac{KL}{r_y})^2 + \frac{m}{2}(\frac{a}{r_1})^2}$$

تعداد پروفیل

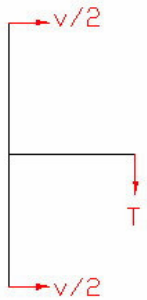
7) محاسبه تنش مجاز فشاری با توجه به لاغری حداکثر

(a بیش از 5ocm نمی گیرند و معمولاً 40 cm می گیرند .)

$$\begin{cases}(\frac{KL}{r})_x \\ (\frac{KL}{r})\end{cases} \Rightarrow (\frac{KL}{r})_{max} \Rightarrow F_a$$

8) کنترل پروفیل انتخابی موجود $F_a.A \ge P$ قابلیت تحمل

9) کنترل دقیق قیدهای افقی



$V =$ برش موجود $+0.02P$

$$T = \frac{a}{b}v \ , \ M = \frac{T \times b}{4}$$

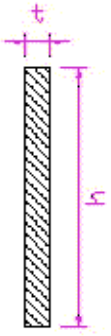
$$0.66F_y = F_b = 1584kg/cm^2$$

$$s_{req} = \frac{M}{F_b}$$

$$s = \frac{I}{S} = \frac{th^3/12}{h/2} = \frac{th^2}{b}$$

موجود

معلوم t با داشتن



$$t_{min} = 10mm \qquad t_{max} \cong 8mm$$

طراحی ستون

مثال: مطلوبست طراحی ستونی مرکب از دو نیمرخ UNP این ستون تحت نیروی فشاری محوری برابر با 100 T قرار دارد و از پیوند افقی استفاده خواهد شد ارتفاع ستون 5 متر و ضریب K در دو جهت برابر با 1.2 و 1 معین شده است .

Copyright by: www.afshinsalari.com

با فرض تنش مجاز $= 0.45F_y = 0.45\times 2400 = 1080 kg/cm^2$

$$A = \frac{p}{F_a} = \frac{100\times 10^3}{1080} = 92.6cm^2 \rightarrow \frac{92.6}{2} = 46.3cm^2 \rightarrow Chooz 2UNP240$$

$$UNP240 \quad A_{prov} = 2\times 42.3 = 84.6cm^2$$

$$(A = 42.3cm) r_x = 9.22cm, r_y = 2.40cm, I_x = 3600cm^4, I_y = 248cm^4$$

$$(\frac{kl}{r})_x = \frac{1\times 500}{9.22} = 54.2 \Rightarrow B = \frac{(\frac{kl}{r})}{c_c} = \frac{54.2}{129} = 0.42 < 1$$

$$F.S = 1.67 + 0.375\times 0.42 - 0.125\times 0.42^3 = 1.82$$

$$F_a = \frac{F_y}{F.S}(1 - 0.5B^2) = \frac{2400}{1.82}(1 - 0.5\times 0.42^2) = 1260.53 kg/cm^2$$

$$A_{req} = \frac{p}{F_a} = \frac{100\times 10^3}{1260.53} = 79.33 < 84.6 = A_{req} \quad ok$$

لذا مقطع انتخابی مناسب می باشد (2 UNP 240)

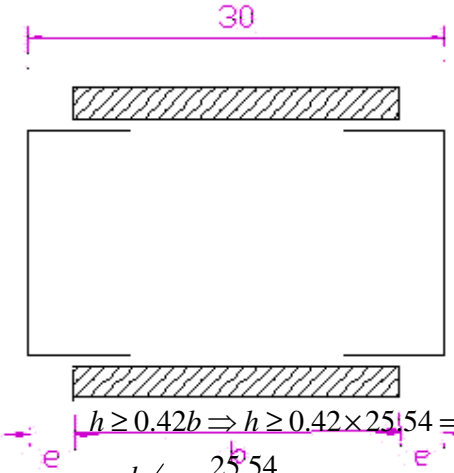
حال به طراحی قیود افقی می پردازیم .

برای طرح قطعه باید داشته باشیم :

فواصل جان دو نیمرخ اصلی $\leq$ 20 × شعاع ژیراسیون حداقل نیمرخها

فواصل جان دو نیمرخ اصلی $\leq$ 2.42 × 20 = 48.4

اگر بیرون به بیرون دو عضو اصلی را 30 cm بگیریم خواهیم داشت :



$$b + 2e = 30 \Rightarrow b = 30 - 2\times 2.23 = 25.54cm$$

$$I_y = 2(I_y + Ad^2) = 2(248 + 42.3\times 17.77^2) = 14292cm^4$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{14292}{2\times 42.3}} \cong 13.0cm$$

$$(\frac{kl}{r})_y = \frac{1.2\times 500}{13} = 46.2$$

$$h \geq 0.42b \Rightarrow h \geq 0.42\times 25.54 = 10.73$$

$$t \geq b/35 = \frac{25.54}{35} = 0.73$$

پیوند افقی را بـه صورت زیر انتخاب می کنیم :

$$PL140\times 10$$

فواصل مرکز به مرکز پیوندها $\quad a \geq 2.5h = 2.5\times 14 == 35cm$

$$\frac{a}{r_1} \leq \frac{l}{2r} = \frac{500}{2\times 9.22} = 27.11$$

$$\frac{a}{r_1} \leq 27.11 \Rightarrow \quad 27.11\times 2.42 = 65.6 \geq a \geq 35cm$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

لذا فواصل مرکز به مرکز پیوندها (ca) را برابر 50 سانتی متر می گیریم $(k'\frac{l}{r})_y$ را تعیین می نماییم .

$$\begin{cases} (k'\frac{l}{r})_y = \sqrt{(\frac{kl}{r})^2{}_y + \frac{m}{2}(a/r_1)^2} = \sqrt{46.2^2 + 2/2\times(\frac{50}{2.42})^2} = 50.6 \\ (\frac{kl}{r})_x = 54.2 \qquad control \end{cases}$$

لذا محاسبات بر اساس $(k\frac{l}{r})_x$ صحیح بوده و نیاز به محاسبه مجدد F_a نمی باشد.

کنترل قیدها :

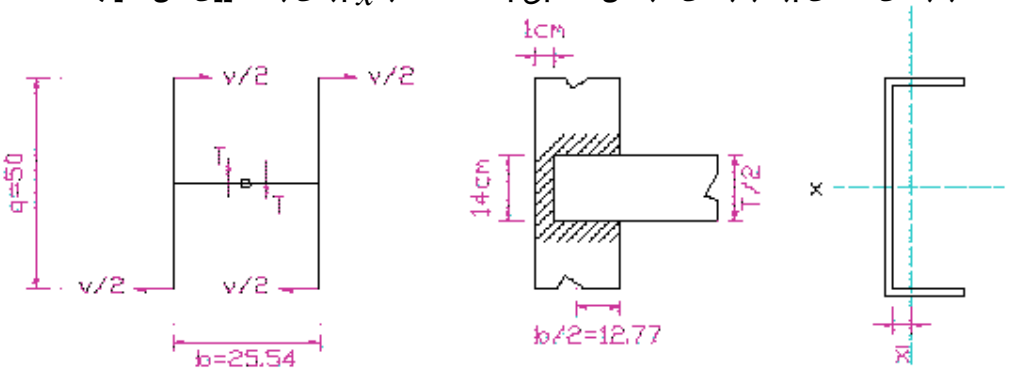
$$V = 0.02\,p = 0.02\times100\times10^3 = 2000kg$$

$$T = \frac{a}{b}v = \frac{50}{25.54}\times2000 = 3916kg, M = T\times\frac{b}{4} = 3916\times\frac{25.54}{4} = 25004kg.cm$$

نیروی برشی در هر پیوند

حال جوش را برای برش T/2 طراحی می کنیم.

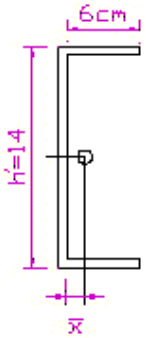
برای اینکه مرکز ثقل اتصال بر مرکز ثقل ناودانی منطبق باشد ، مقدار $\bar{x}$ جوش را معیین می کنیم .



$$s = \frac{th^2}{6} = \frac{0.1\times14^2}{6} = 3.27cm^2 \quad , \quad F_b = \frac{m}{s} = \frac{25004}{3.22} = 7646.4 < 0.6F_y = 1440\ o.k$$

$$f_v = \frac{T_2}{A} < F_v \Rightarrow f_v = \frac{3916/2}{14\times1} = 139.9 < 920\ o.k$$

تعیین مشخصات هندسی جوش برای بعد جوش واحد



فاصله تا لبه ناودانی = 1cm

ضخامت جوش : 1 cm

فاصله 2cm

عرض بال 8.5 cm

total: 6.5 cm take 6 cm

Copyright by: www.afshinsalari.com

(با فرض ضخامت 1 cm برای جوش)

$$A = 14 + 2\times 6 = 26cm^2$$

$$I_p = I_x + I_y \qquad \bar{x} = \frac{2\times 6\times 3}{2\times 6+14} = 1.38cm$$

$$I_p = \underbrace{\frac{1}{2}\times 14^3 + 2[6\times 7^2]}_{Ix} + \underbrace{2\times(\frac{63}{12}) + 2\times 6\times(3-1.38)^2}_{Iy} + 14\times 1.38 = 903.5cm^4$$

برش مستقیم $f'_y = \frac{p_y}{A} = \frac{3916/2}{26} = 150.6Kg/cm$

تنش مربوط به پیچش $f''_x = \frac{M.y}{I_p} = \frac{25004\times 7}{903.5} = 193.72kg/cm$

$$f'_x = 0$$

$$f''_y = \frac{M.x}{I_p} = \frac{25004\times(6-1.38)}{903.5} = 127.85kg/cm$$

$$f_r = \sqrt{(f'_x + f''_x)^2 + (f'_y + f''_y)^2} = \sqrt{(0.193.72)^2 + (150.6+127.85)^2} = 339.2kg/cm$$

$650a = 339.2 \Rightarrow a = 0.52cm \Rightarrow a = 6cm$ انتخاب می شود

مثال:

مطلوبست طرح ستونی مرکب از چهار نبشی با بست چپ و راست مطابق شکل زیر این ستون باری برابر با 255 تن را تحمل خواهد کرد . طول کمانش ستون 880 سانتی متر و اتصالات آن جوش و نوع فولاد آن از نوع فولاد نرمه است .

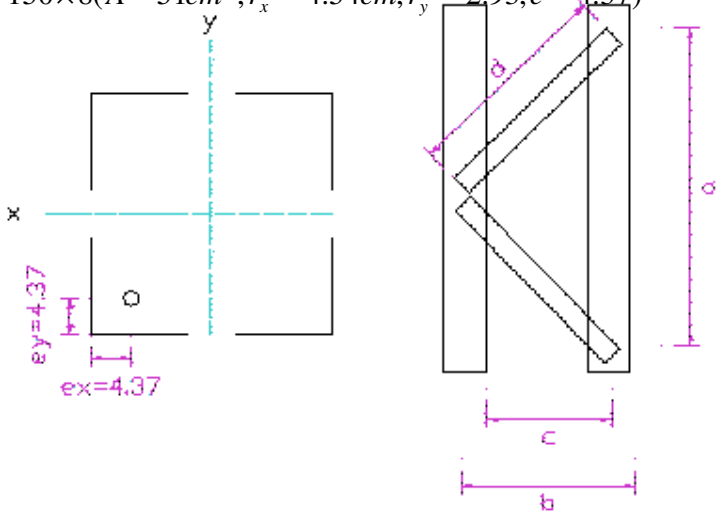
حل :

$$A = \frac{p}{F_a} = \frac{255\times 10^3}{0.45\times 2400} = 236cm^2 \quad ,$$

$$A/4 = 59cm \rightarrow take \quad L\ 150\times 18 \quad A = 51cm^2 \; Atotal = 4\times 5 = 204cm^2$$

چهار نبشی L 150 ×18 را امتحان می کنیم ، اگر ابعاد بیرونی ستون را 60 × 60 بگیریم خواهیم داشت .

$$4L\ 150\times 8(A = 51cm^2, r_x = 4.54cm, r_y = 2.93, e = 4.37)$$



Copyright

$$I_y = I_x = 4(1050 + 51(30-4.37)^2 = 138207cm$$

$$r_y = r_X^2\sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{138207}{4\times 51}} = 26.03cm$$

$$\begin{cases} (\frac{kl}{r})_x = \frac{880}{26.3} = 33.8 = (\frac{kl}{r})_y < 40 \Rightarrow (\frac{k'}{l})r = 1.1(\frac{kl}{r})_y = \\ (\frac{k'l}{r})_y = 1.1\times 33.8 = 37.18 \quad cont \Rightarrow B = (\frac{kl}{\frac{r}{c_c}})m = \frac{37.18}{129} = 0.29 < 1 \end{cases}$$

$$F.S = 1.67 + 0.37B - 0.125B^3 = 1.77 \Rightarrow F_a = \frac{F_y}{F_s}(1-0.5B^2) = 1310kg/cm^2$$

مقدار برش برای محاسبه بستهای چپ و راست برابر است با :

$$A_{req} = \frac{255\times 10^3}{1310} = 194cm^2 < 4\times 51 = 204cm^2 o.k$$

$$v = 0.02p = 0.02\times 255\times 10^3 = 5100kg$$

نیرو در یک بست $F = \frac{1}{2}\times 5100/\sin 60 = 2944kg$

اگر طول آزاد بستها را بر اساس فواصل مراکز ثقل اعضای اصلی ستون بگیریم مقدار آن خواهد شد :

$$d = l' = \frac{c}{\cos 30} \quad or \quad {}^{c}\!/_{\sin 60} \Rightarrow d = \frac{(60-2\times 4.37)}{\cos 30} = 59.2cm$$

با فرض $F_a = 1000kg/cm^2$ $A_y = \frac{2944}{1000} = 2.944cm^2 \rightarrow takel\, 40\times 4$

$r_{\min} = 0.78cm$

$$A_{prov} = 3.08cm^2$$

کنترل لاغری تسمه

تکی

$$\frac{d}{r_d} = \frac{kl}{r} \le 140 \quad \Rightarrow \quad \frac{59.2}{0.78} = 75.9 < 140 ok$$

$$\frac{kl}{r} = 75.9 \rightarrow F_a = 1069kg/cm^2 \Rightarrow A_{req} = \frac{2944}{1069} = 2.7cm^2 < {}^{Aprov}3.08cm^2\, ok$$

محاسبه فاصله a

$a = 2b\tan 30$ بست تک $= 2\times(60 - 2.43\times 2) = 59.2cm$

$a > 38cm \rightarrow$ باید از نبشی یا تسمه دوبل استفاده گردد

Copyright by: www.afshinsalari.com

کنترل کمانش پروفیل تک در حد فاصله دو بست متوالی

$$\frac{a}{r_1} \le (\frac{kl}{r})_{\max} \Rightarrow \frac{59.2}{2.93} = 20.2 < 37.8 \quad ok$$

طراحی ورقهای دو سر ستون

عرض صفحه حداقل ≥ فاصله دو پروفیل

$$b \ge [(60 - 2\times 40)7] = 51.29 \sim 52cm$$

$$\rightarrow take = 52cm$$

طول صفحه انتهایی

$$h \ge b \Rightarrow take\ h = 52cm$$

$$t \ge b/50 = \frac{52}{50} = 1.04$$

طول صفحه = 52cm

ارتفاع صفحه = 52cm

ضخامت صفحه = 1.1cm

Copyright by: www.afshinsalari.com

طراحی صفحات زیر ستونی :

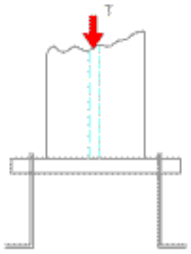
منابع: کتاب کف ستون ها قالیبافیان،اتصالات شاپور طاحونی

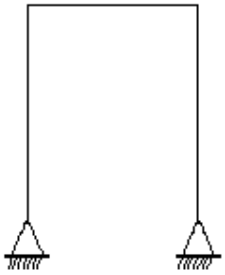
ترجمه AISC مقررات ملی ساختمانها

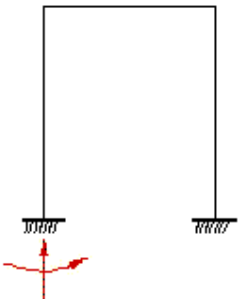
طراحی ها در دو قسمت انجام میشود.

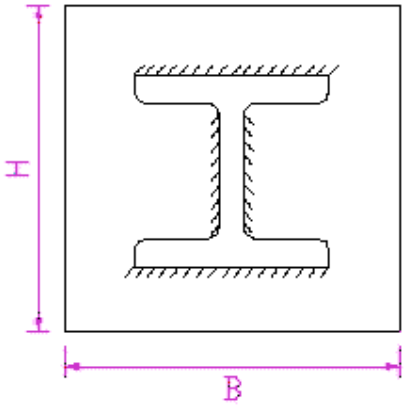
1 = ستونهای فاقد لنگر خمشی

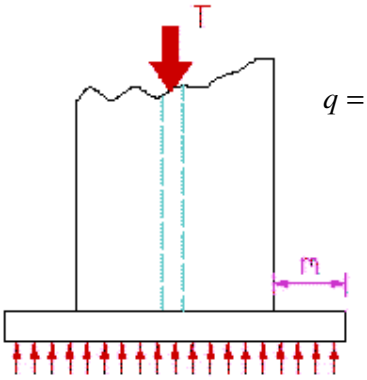
2 = ستون های توأم با لنگر خمشی





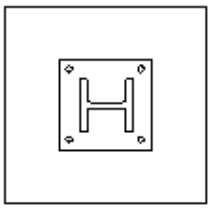


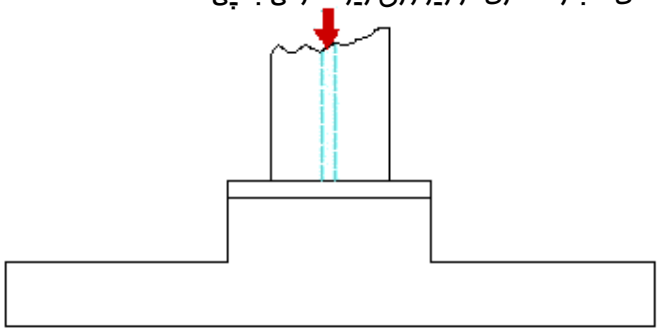


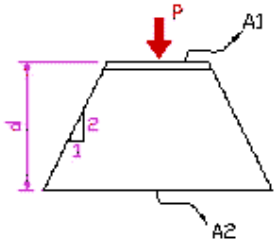


تنش در زیر ورق $q = \frac{P}{BH} \le F_p$

تنش مجاز فشاری در زیر ورق زیر ستونی با پی ساده $F_p = 0.35 f'_c \rightarrow 210 - 250 kg/cm^2$







$A_1 = B \times H$

$A_2 = (B+4d)(H+4d)$ $\quad F_p = 0.35 f'_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \le 0.7 f'_c$

تنش مجاز فشاری در زیر ورق زیر ستونی (پاپی شیبدار) و یا برای وقتی که سطح پی از سطح ورق زیر ستونی بزرگتر باشد .

Copyright by: www.afshinsalari.com

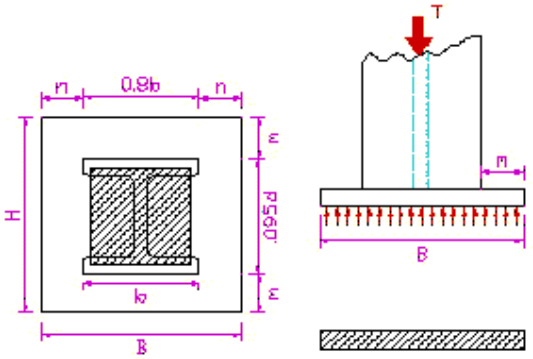
چگونگی بدست آوردن سطح ورق زیرستونی

معلوم $p \rightarrow A_{req} = \dfrac{p}{F_p}$ اگر اثر باد را بخواهیم در نظر بگیریم $\Longrightarrow A_{req} = \dfrac{p}{1.33F_p}$

F_p تنش مجازی فشاری بتن (f'c) $\rightarrow 0.35f_c'$

یعنی افزایش تنش فشاری تمامی به میزان 33 درصد به خاطر بودن اثر باد در ترکیب بارگذاری می باشد.

ابعاد ورق باید نزدیک به مربع باشد ، البته بعضی از طراحان عقیده دارند که برای مساوی شدن m و D بهتر است که ابعاد ورق (یعنی B و N) به مقدار کمی با یکدیگر اختلاف داشته باشند .



1

1) پیدا کردن ابعاد ورق

2) پیدا کردن ضخامت ورق زیرستونی

$$\left.\begin{aligned} m &= (H-0.95d)/2 \\ n &= (B-0.8b)/2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \max$$ حاکم است

$$M_{\max} = \frac{wL^2}{2} \rightarrow M_{\max} = q\frac{m^2}{2}B \quad , \quad s_{req} = \frac{M}{F_b} = \frac{qm^2B}{2F_b} \quad S = \frac{bt^2}{6}$$

$$\frac{bt^2}{6} = \frac{qm^2B}{2F_b} \Rightarrow t^2 = \frac{3qm^2}{F_b} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{3qm^2}{F_b}} \qquad F_b = 0.75f_y$$

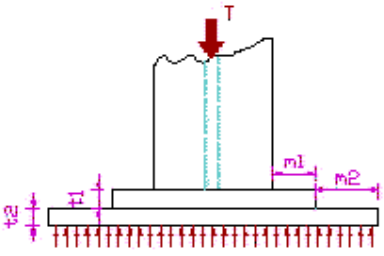
$$t = \sqrt{\frac{3qn^2}{F_b}}$$ اگر n کنترل کننده بود

حداقل ضخامت ورق زیرستون بزرگتر از 10mm باید باشد $t_{min} > 10mm$

برای ساختمانهای 2 الی 3 طبقه 20mm می باشد .

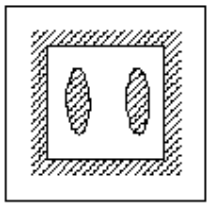
ماکزیمم ضخامت ورق که در ایران موجود است 30mm

برای ضخامت های بیشتر از ورق دوبل استفاده می شود .



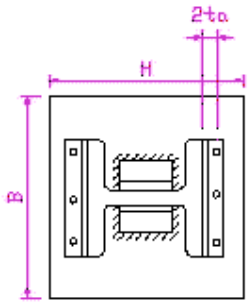
$t_1 + t_2 \leftrightarrow m_1$

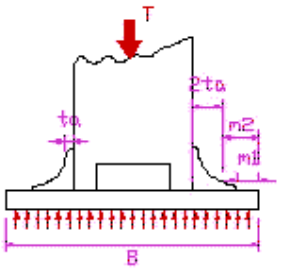
$t_2 \leftrightarrow m_2$



نحوه جوش دادن دو صفحه به یکدیگر برای جلوگیری شدن از پدیده بشقابی در کشش

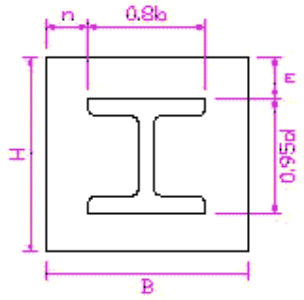
ww.ε





$$m \leftrightarrow t_p + t_a$$
$$m_1 \leftrightarrow t_p$$

معمولاً از نبشی کمتر از $L80\times80\times8$ استفاده نمی شود متعارفترین نبشی L100× 100 ×10mm می باشد اتصال با نبشی بهترین اتصال است .



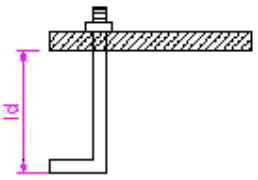
$$m = (H - 0.95d)/2$$
$$n = (B - 0.8b)/2$$
$$\frac{P}{A} \le qa \sim 0.35 f_c'$$

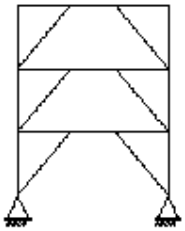
صفحه زیرستونی تحت اثر توام نیروی محوری و لنگر خمشی

توضیح در مورد خود bolt ها

چون از میلگرد ساخته می شوند فولاد نرمه پیچ A307 و پیچ با فولاد نرمه باید در نظر بگیریم.

نکته : این نوع بادبند چون به طور کامل جلوی انتقال جانبی را نمی گیرد

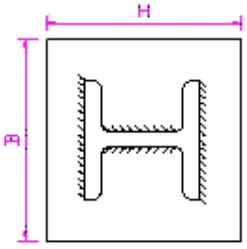




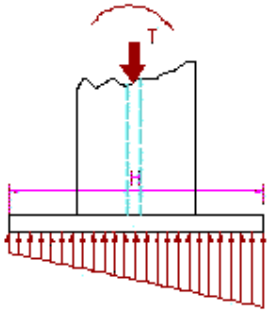
$$k \neq 1$$

لنگر ناشی از خروج از مرکزیت = m

m=pe



$$\frac{P}{A} - \frac{mc}{I}$$



$$\frac{P}{A} + \frac{mc}{I} \le qa$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

تا وقتی که $e \le H/6$ تنش ذوزنقه ای است.

$$f_c = \frac{P}{A} + \frac{Mc}{I} = \frac{p}{BH} + \frac{Pe(H/2)}{\frac{1}{12}BH^3} \rightarrow f_c = \frac{P}{BH}(1+\frac{6e}{H})$$

$$B = \frac{P}{f_c H}(1+\frac{6e}{H}) \rightarrow$$

الف : $e \le H/6$

ب : $\frac{H}{6} \le e \le H/3$

ج : $e \ge H/3$

حداقل B ، اگر تنش تنش مجاز باشد

تنش مجاز زیر ورق (برای تنش مجاز حداقل B را می دهد)

الف) $e \le H/6$

1- انتخاب H ⟵ H=20+d تخمین اولیه

$$B_{\min} = \frac{p}{f_c H}(1+\frac{6e}{H}) \qquad f_c = 0.35 f_c'$$

2- محاسبه حداقل B در نهایت انتخاب B

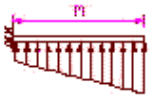
3- محاسبه تنش در زیر ورق

$$F = \frac{p}{A} \pm \frac{mc}{I}$$

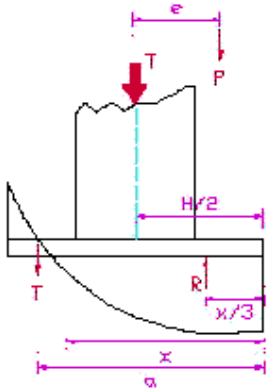
4- محاسبه ضخامت ورق

$$S = \frac{M_{\max}}{f_b = 0.75 f_y} \rightarrow 4 = \sqrt{\frac{6M_{\max}}{B(0.75)F_y}}$$

ورق را مثل یک تیـر طـره ای در نظر



5- میل مهاری حداقل برای 2P٪ معمولاً طراحی شده است .



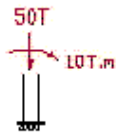
ب) $\frac{H}{6} \le e \le \frac{H}{3}$

طول ناحیه تحت فشار = x

فرض می گردد برآیند نیروی فشاری P و تنش f_c در یک محل قرار دارند پس T باید صفر باشد

$$x/3 + e = H/2 \Rightarrow \text{طول ناحیه تحت فشار} \quad x = 3(\frac{H}{2} - e)$$

Copyright by: www.afshinsalari.com



اگر در یک ستون

$$e=\frac{M}{p}=\frac{10}{50}=0.2m \quad \Leftarrow \quad M=pe \quad \Leftarrow \quad p=50ton, M=10_{ton}$$

با فرض $T\cong 0$ کشش $\downarrow p$ پس $\uparrow R$

$$p=0.5B_x f_c$$

$$B=\frac{2p}{xf_c} \qquad T=0 \qquad B=\frac{2p}{xf_c}$$

$f_c=0.35f_c'$ هم می تواند باشد

مراحل طراحی (با P و e مشخص)

1- انتخاب مقداری برای H

2- محاسبه x

3- محاسبه حداقل B لازم

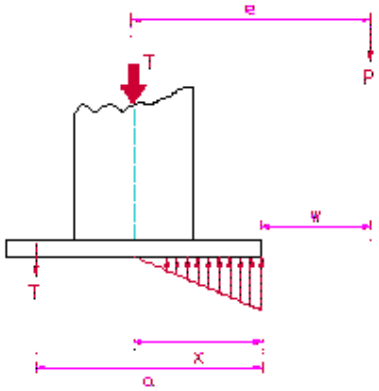
4- محاسبه تنش واقعی در زیر ورق

$$f=2\frac{p}{Bx}$$

5- محاسبه ضخامت ورق

$$t=\sqrt{\frac{6M}{B(0.75f_y)}}$$

6- محاسبه میله مهاری حداقل چون $T=0$



ج)

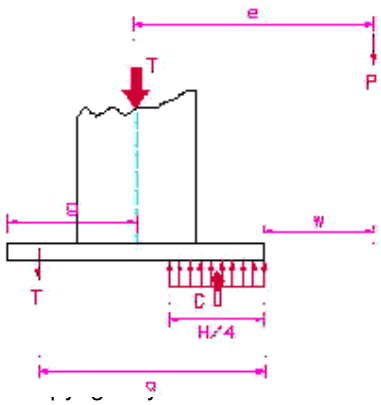
$$e\geq H/3$$

در واقع M بوده که پس از تبدیل به نیروی محوری از لبه ورق بیرون زده

مراحل طراحی (ج)

1- انتخاب H

2- محاسبه مقادیر اولیه برای B و A_{st} مطابق روابط زیر :



m

برآیند نیروی فشاری $C = -P\frac{g+e}{g+\frac{3}{5}H} \rightarrow \sum M_t = 0 \rightarrow C\times(g+\frac{3}{8}H)+P(e+g)=0$ ($e+g = \frac{H}{2}-\frac{H}{8}$)

$B=\frac{C}{f_c\times H/4}$ ، $T=P\frac{e-\frac{3}{8}H}{g+\frac{3}{8}H} \rightarrow A_s=\frac{T}{fs} \rightarrow$

تنش مجاز کششی= $0.33 f_u = b01t$ $A307$

تنش مجاز=0.35 F'C

$\sum m_c = 0 \rightarrow +T(g+\frac{3}{8}H)-P(e-\frac{3}{8}H)=0 \rightarrow W+\frac{H}{8}=e-\frac{H}{2}+\frac{H}{8}=e-\frac{3}{8}H$

چون کل T را وارد کردیم A_s کل مساحت bolt ها است . تقسیم بر تعداد می کنیم برای یک bolt بدست می آید . مربوط به سمت کشش در عمل طرف دیگر هم همین مقدار می گذارند

$n=\frac{E_s}{E_C}$ $W=\frac{6nA_s(a+w)}{B}(e-H/2)$

$e>H/2 \rightarrow +w$

$e<H/2 \rightarrow -w$

3- محاسبه دقیق x

$X^3 \pm 3wx^2 + Wx = Wa \Rightarrow x$ معلوم

$w = e - H/2$

4- تصحیح کشش T یا کنترل

دقیق $T=P\frac{x\pm 3w}{3a-x} \Rightarrow f_s=\frac{T}{A_s}\le F_s$ معمولاً $80kg/cm^2 or 0.33 f_u$

تنش در میل مهاری

5- کنترل B

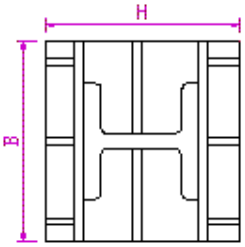
تنش موجود $f_c=\frac{2(p+T)}{B_x}\le F_c \rightarrow$ تنش مجاز

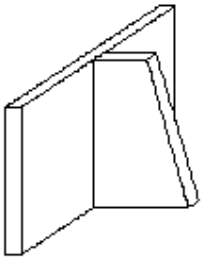
اگر جواب نداد f_c تنش موجود را تنش مجاز می گذاریم تا B بدست آید .

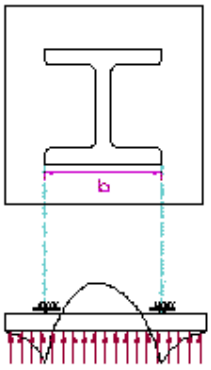
6- ضخامت ورق

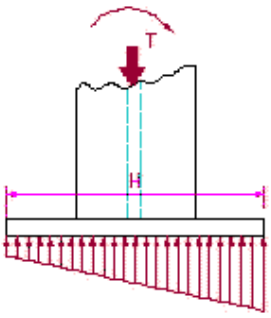
Copyright by: www.afshinsalari.com

روش سوم : Stifner









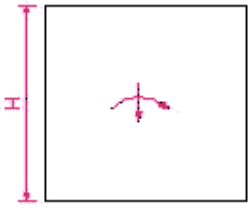
ورق بر اساس لنگر max باید طرح شود .

$$I = \frac{1}{12} B^3 H$$

$$c = \frac{B}{2}$$

اگر هم نیروی محوری و لنگر خمشی داشته باشیم

در هر صورت



$$q_{\max} \le F_p$$

$$q_A = \frac{p}{A} \qquad I = \frac{1}{12} B^3 H$$

$$\Rightarrow q = \frac{P}{A} \pm \frac{mc}{I}$$

$$q_B = \frac{mc}{I} \qquad C = \frac{B}{2}$$

گام به گام طراحی ورق پای ستون وقتی که نقطه نیروی محوری وجود داشته باشد.

1- $A_{req} = \frac{p}{F_p}$ $F_p = 0.35 f'_C =$ تنش فشاری مجاز بین ورق پای ستون و شالوده.

2- تعیین m و n $\Leftarrow$ $n = 0.5(B - 0.8b), m = 0.5(N - 0.35d)$

3- با فرض m = n ، m و D بدست آمده از گام 2 را با هم برابر قرار می دهیم و B را بدست می آوریم.

4- با تعیین B و H به گام 2 رفته m و n را محاسبه کرده سپس به گام 4 بر می گردیم و $n,\ m_{\max}$ را انتخاب می کنیم (در صورتی که $m \neq n$ فرض کنیم و در همان گام 1 به دست آمدن A ابعاد ورق را پیدا کنیم)

5-

$$A = B \times H \qquad q = \frac{p}{A} \le F_p$$

↙

مساحت صفحه

Copyright by: www.afshinsalari.com

6- تعیین ضخامت صفحه

$$\text{اگر } \max \underline{\mathbf{n}} \text{ باشد} \quad \Rightarrow \quad t=\sqrt{\frac{39n^2}{0.75f_y}}$$

$$\text{اگر } \max \underline{\mathbf{m}} \text{ باشد} \quad \Rightarrow \quad t=\sqrt{\frac{39m^2}{0.75f_y}}$$

مثال:

مطلوبست طراحی یک ورق پای ستون برای ستونی از نیمرخ IPB 360 که باری معادل 300 تن ناشی از بار مرده ، زنده و باد را تحمل می نماید . فولاد ستون و ورق پای ستون از نوع نرمه با تنش جاری ستون 2400 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد . تنش فشاری مجاز بین ورق پای ستون و شالوده را 70 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر بگیرید.

حل :

اغلب طراحان ترجیح می دهند که ورق پای ستون را به عوض بارهای وارد بر ستون ، برای ظرفیت کامل ستون طراحی نمایند . در این صورت اتصال ضعیف ترین جزء عضو نخواهد بود . البته تعیین ظرفیت باربری مجاز ستون باید بر پایه ملاحظات کمانشی آن صورت بپذیرد. در این مثال ، ورق پای ستون برای بار موجود طراحی خواهد شد :

الف) تعیین ابعاد ورق

لازم $$A=\frac{P}{1.33f_p}=\frac{300\times10^3}{1.33\times70}=3222cm^2$$

افزایش تنش فشاری تماسی به میزان 33 درصد به خاطر بودن اثر باد در ترکیب بارگذاری می باشد . ابعاد ورق باید نزدیک به مربع باشد . البته بعضی از طراحان عقیده دارند که برای مساوی شدن m و n بهتر است که ابعاد ورق (یعنی B و N) به مقدار کمی با یکدیگر اختلاف داشته باشند .

$$0.8b=0.8\times30=24cm \quad , \quad 0.95d=0.95\times36=34.2cm$$
$$n=0.5(B-0.86)=0.5(B-24),$$
$$m=0.5(N-0.95d)=0.5(N-34.2)$$

با فرض m = n داریم :

$$0.5(B-24)=0.5(N-34.2) \quad \Rightarrow \quad B=N-10.2 \quad , \quad B\times N=3222$$
$$(N-10.2)N=3222 \ , \ N^2-10.2N-322=0 \Rightarrow N=62.09cm$$
$$B=62.09-10.2=51.89cm \quad \Rightarrow \quad N=62, B=52cm$$

موجود $$A=62\times52=3224cm^2$$
$$n=0.5(52-24)=14cm \quad , \quad m=0.5(62-34.2)=13.0cm$$

موجود $$q=\frac{P}{A}=\frac{300\times10^3}{62\times52}=39.05kg.cm^2$$

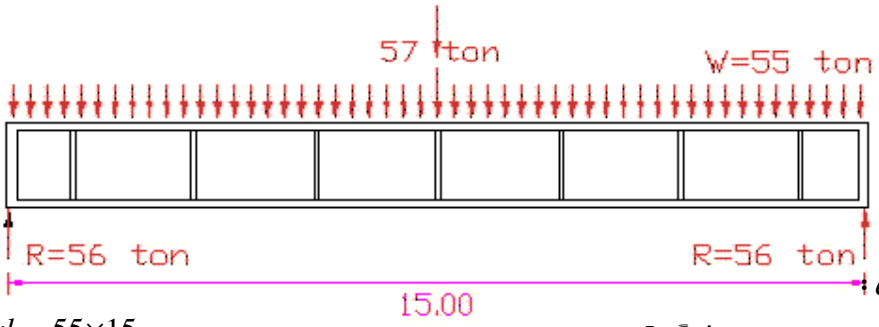
لازم $$t=\sqrt{\frac{39n^2}{0.75f_y}}=\sqrt{\frac{3\times39.05\times14^2}{0.75\times2400\times1033}}=4.78cm$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

طراحی تیر ورقها

مثال :

مطلوبست طراحی یک تیر ورق که تاب تحمل 55 تن بار گستردهٔ یکنواخت و 57 تنی بار متمرکز در وسط دهانه را داشته باشد . تیر از نوع ساده و طول دهانه آن 15 متر است و بال فشاری به وسیلهٔ مهاربندی جانبی نگاه داشته شده است . تنش جاری شدن فولاد برابر با 2400 کیلوگرم به سانتیمتر مربع می باشد و تنشهای مجاز جوش طبق آیین نامه ی فولاد ایران (آفا) گرفته می شود .



لنگر خمشی :

بار گسترده

$$m_{cr} = \frac{wl}{8} = \frac{55\times 15}{8} = 103.13 t.m$$

بار نقطه ای

$$m_{cr} = \frac{FL}{4} = \frac{57\times 15}{4} = 213.75 t.m$$

$$m_{crtota} = 320 t.m$$

برش :

$$V = 56 t.m$$

1- طراحی جان تیر بر اساس معیار برش

ارتفاع اولیهٔ جان 170 سانتیمتر فرض می شود که بزرگتر از

$$\frac{1500}{23} = 65 cm$$

$$A_w = \frac{V}{F_v} = t_w . d_w$$

$$f_v = \frac{V}{t_w . d_w} = \frac{56\times 1000}{170 t_w} = \frac{330}{t_w}$$

با انتخاب ضخامتهای مختلف مقدار تنش برش متوسط فاصلهٔ سخت کننده ها به دست می آید .

t_w (cm)	$f_v = v/A$ (kg/cm^2)	h/t_w	$a/h = (\frac{260}{h/t_w})^2$
0.7	471.43	242	1.15
0.8	412.5	212.5	1.5
1.0	330.0	170	2.34

Copyright by: www.afshinsalari.com

اگر چه ضخامت 7 میلیمتر تنش برشی منطقی 471.73 کیلوگرم به سانتیمتر مربع را می دهد ولی به علت فاصلهٔ کم سفت کننده ، ساخت مشکلتری خواهد داشت . با توجه به این مطلب ، ضخامت 8 میلیمتر انتخاب می شود .

$$A_w = 120\times 0.8 = 136CM^2 \quad , \quad I_w = \frac{0.8\times 170^3}{12} = 327533cm^4$$

$$h/t_w = 2$$

2- طراحی بال برای باقیماندهٔ لنگر

$$f_b = 0.6Fy = 0.6\times 2400 = 1440kg/cm^2 \quad , \quad s = \frac{m}{f_b} = \frac{320\times 1.5}{1440} = 22222$$

$$t_f = 2.6cm \quad , \quad c = \frac{1}{2}h + t_f = 170 + 2.6 = 87.6cm$$

ممان اینرسی کل مورد نیاز برای تیر ورق :

$$I_t = SC = 2222\times 87.6 = 1946647cm^4$$

ممان اینرسی لازم برای در بال برابر خواهد بود با :

$$I_f = I_t - I_w = 1946647 - 327533 = 1619114cm^4$$

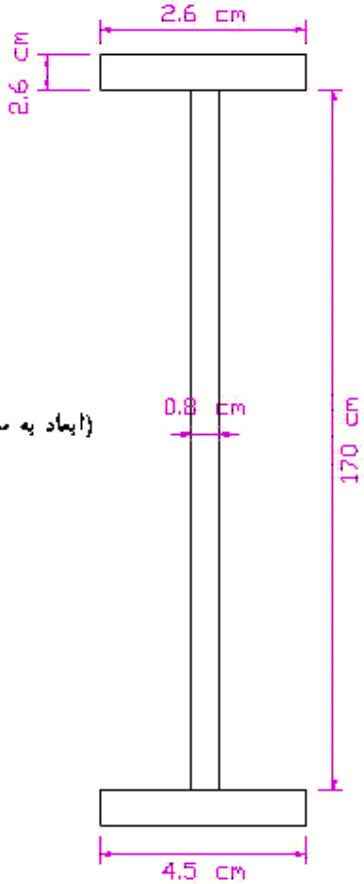
و چون :

$$I_f = 2A_f\ C_f^{\ 2} + 2\times\frac{1}{12}bh^3$$

$$C_f = \frac{170+2.6}{2} = 86.3cm$$

مساحت لازم بال

$$A_f = \frac{I_f}{2C_f^{\ 2}} \frac{1619114}{2\times 86.3^2} = 108.7cm^2$$



(ابعاد به سانتیمتر)

ضخامت بال = $2.6 \rightarrow$ عرض بال = $\frac{08.7}{2.6} = 41.81cm$

عرض بال انتخابی = 45 cm

$$I = 2(2.6\times 45\times 86.3^2) + \frac{0.8\times 170^3}{12} = 2\times 10^6\ cm^4$$

$$s = \frac{2\times 10^6}{87.6} = 23600cm^3$$

$$f_b = \frac{m}{s} = \frac{320\times 10^5}{2360v} = 1355kg/cm^2$$

$$f_b = 0.6f_y = 0.6\times 2400 = 1440kg/cm^2$$

$$h/t_w = 212 > \frac{6370}{\sqrt{F_b}} = \frac{6370}{\sqrt{1355}} = 173$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

پس باید تنش خمشی مجاز را مقداری کاهش داد

$$F_b' \le F_b[1.0 - 0.0005\frac{A_w}{A_f}(\frac{h}{t_w} - \frac{6370}{\sqrt{f_b}})]$$

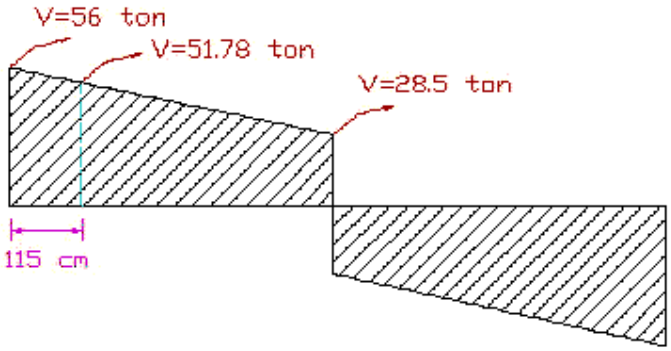
$$= 1440[1.0 - 0.0005 \times \frac{0.8 \times 170}{2.6 \times 45.0}(212 - 173)]$$

$$F_b' = 1407 > 1355 \qquad if <\Rightarrow$$

ابعاد باید عوض شود

3-طراحی سخت کننده های عرضی میانی

نمودار نیروی برشی به صورت زیر می باشد :



طول چشمه انتهایی :

$$a \le \frac{2920 t_w}{\sqrt{f_v \to V/A_w}} \le \frac{2920 \times 0.8}{\sqrt{412.5}} \le 115 \to a = 115cm$$

برش حداکثر در نزدیکی این سخت کننده

$$V = 28.5 + \frac{56 - 28.5}{7.5} \times (7.5 - 11.5) = 51.78ton$$

فاصلهٔ سخت کننده ها در باقی طول تیر :

$$a/h \le 3.0 \quad \text{یا} \quad (\frac{260}{h/t_w})^2 \le (\frac{260}{212})^2 \le 1.5$$

$$a \le 1.5h = 1.5 \times 170 = 255$$

تعیین تعداد چشمه ها

$$1500 - 2 \times 115 = 1270 \to \frac{1270}{255} = 4.98$$

با انتخاب شش چشمه ، خواهیم داشت :

$$a = \frac{1270}{6} = 211cm$$

کنترل تنش برشی مجاز درجان و انتخاب سطح مورد نیاز سخت کننده ها :

$$h/t_w = 212 \quad , \quad a/h = \frac{212}{170} = 1.24 > 1.0$$

$$k = 5.34 + \frac{4}{(a/h)^2} = 5.34 + \frac{4}{(1.24)^2} = 7.94$$

Copyright by: www.afshinsalari.com

$$f_y = 2400$$

فرض $c_v > 0.8$

$$c_v = \frac{1600}{h/t_w}\sqrt{\frac{k}{f_y}} = \frac{1600}{212}\sqrt{\frac{7.94}{2400}} = 0.43 < 0.8$$

چون رابطهٔ بالا صادق نیست ، رابطهٔ بعدی آزمایش می گردد :

$$C_v = \frac{315\times 1.^4 k}{F_y (h/t_w)^2} = \frac{315\times 10^4 \times 7.94}{2400\times (212)^2} = 0.23 < 0.8$$

صادق است :

$$F_v = \frac{F_y}{2.89}[c_v + \frac{1-c_v}{1.15\sqrt{1+(a/h)^2}}] = \frac{2400}{2.89}[0.23 + \frac{1-0.23}{1.15\sqrt{1+1.24^2}}] = 540 kg/cm^2$$

ورق تقویتی اضافه

$$F_v = \frac{56\times 1000}{0.8\times 170 A_w} = 411 < 540 \quad \text{خوبست} \quad if > \Rightarrow$$

$$F_v = 541 kg/cm^2$$

$$A_s = \frac{10.49\times 0.8\times 170}{100} = 14.27 cm^2$$

که همان جوابهای قبلی می باشند .

تعیین پهنای سخت با فرض $t_s = 1$ cm (ضخامت سخت کننده)

$$b_s = \frac{A_s}{2t_s} = \frac{14.39}{2_{ts}} = \frac{14.39}{2\times 1} = 7.2cm \quad \rightarrow \quad b_s = 9cm$$

$$\frac{b_s}{t_s} = \frac{9.00}{1.00} = 9.00 < \frac{795}{\sqrt{F_y}} = \frac{795}{\sqrt{2400}} = 16$$

ممان اینرسی مورد لزوم برای سخت کننده

$$I_s = (\frac{h}{50})^4 = (\frac{170}{50})^4 = 133.63 cm^4$$

رضایتبخش $= \frac{(2\times 9.0 + 0.8)^3 \times 1}{12} = 553 > 134 cm^4$ ممان اینرسی موجود

Copyright by: www.afshinsalari.com