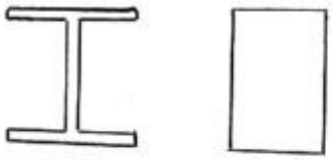
حل تمرین فولاد

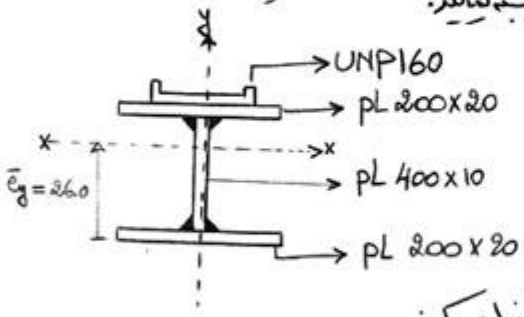
طراحی تیر فولادی I



از روی میزان انرژی مقطع، خمش را محاسبه می‌کنیم.
سطح مقطع مقطع برای محاسبه برشی مهم نیاز است.

مثال ۱

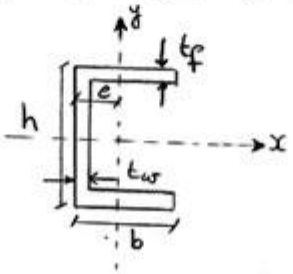
در مقطع شکل روبرو توزیع تنش خمشی، برشی و بار محوری را محاسبه نمایید.



$M = 200\ KN.m$
$V = 120\ KN$
$N = 180\ KN$

گام اول: مشخصات هندسی مقاطع را از روی جدول اشتال استخراج می‌کنیم.

UNP150 (مقطع نورد شده)



$h = 16\ cm$ $\quad t_f = 10\ mm$
$b = 6.5\ cm$ $\quad I_x = 925\ cm^4$
$t_w = 7.5\ mm$ $\quad e = 1.84\ cm$
$A = 24\ cm^2$ $\quad I_y = 85.3\ cm^4$

گام دوم: محاسبات را با تعیین مرکز سطح مقطع شروع می‌کنیم:

$$\bar{e}_y = \frac{20\times2\times1 + 40\times1\times22 + 20\times2\times43 + 24\times(1.84+44)}{24 + 40\times1 + 20\times2\times2} = 26.0\ cm$$

$$I_x = \Sigma I_i + A_i \bar{y}_{di}^2 = \frac{20\times2^3}{12} + 20\times2\,(25)^2 + \frac{40\times1^3}{12} + 40\times1\,(22-26)^2$$
$$+ \frac{20\times2^3}{12} + 20\times2\,(44-26-1)^2 + 85.3 + 24\times(1.84+18)^2$$
$$= 52092\ cm^4$$

$$\text{میزان انرژی جان} = \frac{\frac{40\times1^3}{12} + 40\times1\,(26-22)^2}{52092} = 11\ \%$$

* برای تأمین مقاومت خمشی یک مقطع I شکل بهتر است بال‌ها را تقویت کنیم چرا از نظر مساحت و هم از نظر فاصله ارتفاع جان را بیشتر بگیریم با توجه به اینکه جان درصد کمی از خمش را تحمل می‌کند)

$$S_{x_{bottom}} = \frac{I_x}{c_{bottom}} = \frac{52092}{26} = 2004\ cm^3$$

$$S_{x\,top} = \frac{I_x}{c_{top}} = \frac{52092}{50.5-26.0} = 2126\ cm^3$$

(تنش خمشی) $f_{b,bottom} = \frac{M}{S_{x,bottom}} = \frac{200 \times 100}{2004} = 9.98 KN/cm^2$

$f_{b,top} = \frac{M}{S_{x,top}} = \frac{200 \times 100}{2126} = 9.41\ KN/cm^2$

چون مقطع نامتقارن است، تنش ماکزیمم بالای مقطع و پایین آن لزوماً یک عدد نیست و در نهایت باید تنش ماکزیمم کل را محاسبه کرد.

چون رفتار فولاد الاستیک است توزیع تنش خمشی در سراسر مقطع خطی است: $\sigma = \frac{My}{I}$

با فرض اینکه توزیع تنش های برشی در عرض یکنواخت است:

$Q_1 = (6.5-0.75) \times 1 \times (50.5 - 26 - \frac{5.75}{2}) = 124\ cm^3$

$t_1 = 1\ cm$

$\tau_1 = \frac{VQ_1}{t_1 I} = \frac{120 \times 124}{1 \times 52092} = 0.29\ KN/cm^2$

$Q_2 = \underbrace{24 \times (18+1.84)}_{\text{بالدانی}} + \underbrace{20 \times 2 \times 17}_{PL\ 200 \times 20} = 1156 cm^3$

$t_2 = t_w = 1\ cm$

$\tau_2 = \frac{VQ_2}{t_2 I} = \frac{120 \times 1156}{1 \times 52092} = 2.7\ KN/cm^2$

$Q_3 = Q_2 + (44-26) \times 1 \times \frac{16}{2} = 1284\ cm^3$

$t_3 = t_w = 1\ cm$

$\tau_3 = \frac{VQ_3}{t_3 I} = \frac{120 \times 1284}{1 \times 52092} = 2.96\ KN/cm^2$

$Q_4 = 2 \times 20 \times 25 = 1000\ cm^3$

$t_4 = 1\ cm$

$\tau_4 = \frac{1000 \times 120}{1 \times 52092} = 2.3\ KN/cm^2$

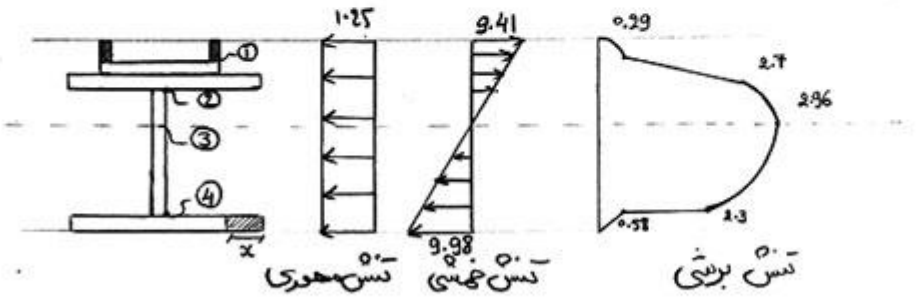
$Q_5 = x \times 2 \times 25 = 50x\ cm^3$

$t_5 = 2\ cm$

$\tau_5 = \frac{VQ_5}{t_5 I} = \frac{120 \times 50x}{2 \times 52092} = 0.058x$

$x=0 \rightarrow \tau_5 = 0$

$x=10cm \rightarrow \tau_5 = 0.58$



محوری $\sigma = \frac{P}{A} = \frac{180}{144} = 1.25\ KN/cm^2$

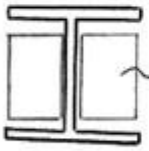
در هنگام برش جان مقطع وارد کار می‌شود و در هنگام خمش بال مقطع وارد می‌شود.

با توجه به مطلب فوق : $\tau_{max} = \tau_{avg} = \frac{V}{A_w}$

در مقاطع I شکل : $\tau = \frac{V}{A_w} = \frac{V}{h - 2t_f}$ و در مقاطع مستطیلی : $\tau = 1.5 \frac{V}{A}$

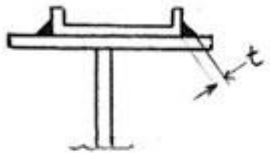
⊛ در مقاطع با دهانه های بلند خمش موثر است و در این صورت می توان با افزایش مقاطع بال‌ها، افزایش فاصله بال‌ها از یکدیگر و یا هر دو این کارها مقطع را در برابر خمش بهینه سازی کرد.

⊛ در مقاطع با دهانه های کوتاه برش موثر است که می توان با افزایش مساحت جان و یا با گذاشتن سخت کننده‌ها (stiffeners) مقطع را در برابر برش بهینه ساخت.



مثال ۲

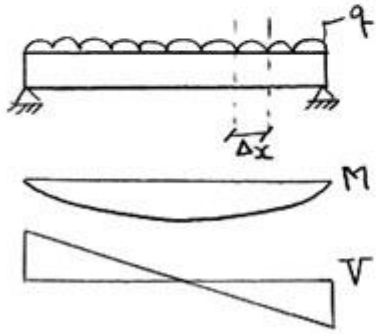
اتصال ناودانی نشان داده شده در مثال قبل به بال تیر ورق با استفاده از جوش هایی با مقاومت مجاز $13KN/cm^2$ طراحی گردیده است.

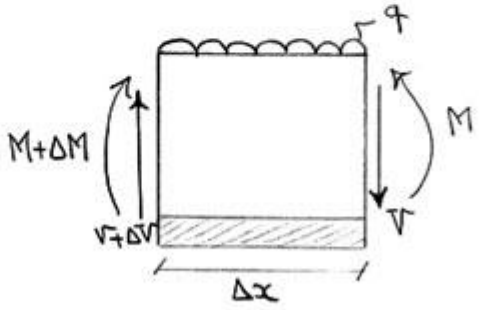


$t=?$

بررسی تنش های برشی در جوش اتصال دهنده ناودانی به تیر ورق:

قبل از محاسبه تنش ها در جوش اتصال رابطه کلی تنش برشی در تیرها بررسی می شود. تیری مطابق شکل زیر فرض می شود. دیاگرام آزاد بخشی از این تیر به طول Δx در شکل نشان داده شده است.





برقراری شرط تعادل در راستای قائم لازم می دارد که

$$V+\Delta V=V+q\Delta x \rightarrow \Delta V=q\Delta x \rightarrow q=\frac{\Delta V}{\Delta x}$$

درصورتی که $\Delta x\rightarrow 0$ آنگاه $\Delta V\rightarrow 0$ و برش در سمت چپ و راست تیر باهم برابر می شوند. تعادل لنگر نیز به صورت زیر بیان می شود:

$$M+\Delta M=M+V\Delta x+q\frac{\Delta x^2}{2}$$

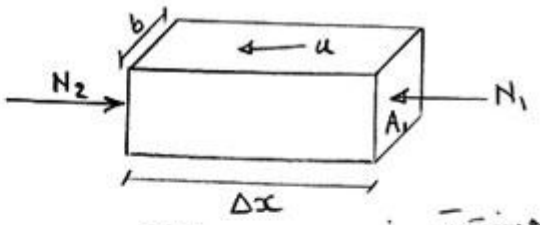
و یا با صرف نظر کردن از مقدار بسیار کوچک Δx^2 در مقایسه با مقدار کوچک Δx داریم:

$$V=\frac{\Delta M}{\Delta x}$$

حال تعادل بخش پایینی تیر در راستای محور طول تیر بررسی می شود. نیروی محوری ایجاد شده در سطح A_1 ناشی از لنگر M است و مقدار آن با توجه به حجم بلوک تنش نشان داده شده محاسبه می شود:

$$\sigma=\frac{My}{I}$$

$$N_1=\int_{A_1}\frac{My}{I}dy=\frac{M}{I}\int_{A_1}ydy=\frac{MQ_1}{I_1}$$



به همین ترتیب نیروی محوری در بخش دیگر تیر برابر است با:

تعادل قطعه هاشور خورده به صورت زیر بیان می شود:

$$N_2 = \frac{(M+\Delta M)Q_2}{I_2}$$

$$N_2 = N_1 + u$$

$$\frac{(M+\Delta M)Q_2}{I_2} = \frac{MQ_1}{I_1} + u \qquad \xrightarrow{Q_1 = Q_2 \text{ و } I_1 = I_2} \qquad u = \frac{\Delta M Q}{I}$$

مقدار تنش برشی ایجاد شده روی مستطیلی به عرض b و طول Δx برابر است با:

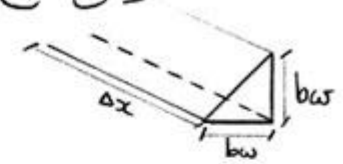
$$v = \frac{u}{b\Delta x} = \frac{\Delta M Q}{b\Delta x I} = \frac{VQ}{Ib}$$

که همان رابطه معروف در برش هاست. حال در این مثال نوداني بالایی به جای آنکه در تمام طول خود به ورق بال متصل شده باشد، به وسیله دو جوش متصل شده است. بیان ترتیب تنش برشی در سطح مقطع جوش (v_w) برابر است با:

$$v_w = \frac{u}{A_{vw}}$$

که در آن A_{vw} کمترین سطح مقطع جوش می باشد که برابر است با:

$$A_{vw} = a_w \cdot \Delta x = 0.7 b_w \Delta x$$



و بنابراین تنش برشی در جوش برابر است با:

$$v_w = \frac{u}{0.7 b_w \Delta x} = \frac{VQ}{I(0.7 b_w)}$$

این حالت مشابه آن است که عرض ناحیه برش برابر $0.7 b_w$ انتخاب شود.

مقادیر تنش حاد در این مسئله خاص بررسی می شود:

$V = 120\,KN$

$b_w = ?$

$Q = 8.4 \times (4.4 - 2.6 + 1.84) = 476.2\ cm^3$

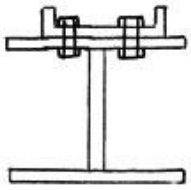
$I = 52092\ cm^4$

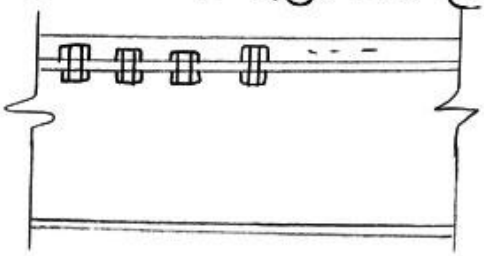
$$\Rightarrow b_w = \frac{120 \times 476.2}{52092 \times 0.7 \times 13} = 0.12\ cm$$

$$\Rightarrow \boxed{b_w = 1.2\ mm}$$

مثال ۳

اتصال ناودانی به بال تیرورق توسط پیچ‌هایی به قطر اسمی 6 mm انجام می‌شود. مقاومت برشی پیچ‌ها $20\ KN/cm^2$ است. فاصله لازم بین پیچ‌ها برای تحمل برش را به دست آورید.





بررسی تنش‌های برشی در پرچ‌های اتصال دهنده

$$\nu_p = \frac{U}{A_p}$$

تنش‌های برشی ایجاد شده در پرچ‌ها مشابه قبل محاسبه می‌شود.

در این رابطه A_p سطح مقطع پیچ‌ها در طول Δx می‌باشد. فرض می‌شود در طول Δx، n پیچ وجود دارد. در این حالت:

$$A_p = n \times \frac{\pi d_1^2}{4}$$

که در آن d_1 قطر پیچ می‌باشد. در صورتی که فاصله بین پیچ‌ها S_1 و تعداد پیچ‌ها در هر ردیف m باشد داریم:

$$n = \frac{\Delta x}{S_1} \cdot m \quad \Rightarrow \quad A_p = \frac{\Delta x}{S_1} m \cdot \frac{\pi d_1^2}{4}$$

$$\nu_p = \frac{\Delta M Q}{I \frac{\Delta x \cdot m}{S} \frac{\pi d_1^2}{4}} = \frac{V Q S}{I m \frac{\pi d_1^2}{4}}$$

در این مثال، در صورتی که تنش مجاز برشی پیچ‌ها $20\ KN/cm^2$ باشد و در هر ردیف از ۲ پیچ به قطر 6 mm استفاده شود. فاصله لازم بین پیچ‌ها برای تحمل برش:

$$\nu_p = \frac{VQ}{I} \times \frac{S}{m \frac{\pi d_1^2}{4}}$$

$$20 = \frac{120 \times 476.2}{52092} \times \frac{S}{2 \times \frac{\pi 0.6^2}{4}} \rightarrow \boxed{S = 10.31\ cm}$$

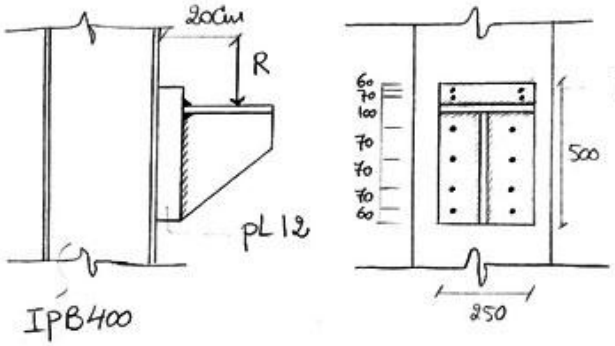
مثال ۱

حداکثر بار مجاز تکیه‌گاهی تعیین گردد.

M22 HS 10.9

(پیچ اصطکاکی کیب)

$A_t = 3.03 cm^2$



فرض اول: $x = 200$

$n_\perp = 2$

$n_\parallel = 3$

$y = 500 - (60 - \frac{70}{2}) - 200 = 275$

$\Rightarrow a = \frac{2 \times 3 \times 3.03}{27.5} = 0.661$

$x = \frac{ah}{b-a}\left[\sqrt{1 + \frac{b-a}{a}} - 1\right] \Rightarrow x = 6.64 cm$

$y = h - x = 40.84 cm$

سعی بعد: $a = \frac{2 \times 5 \times 3.03}{40.84} = 0.742 \Rightarrow x = 6.98 cm$

* ممکن است طراح بخواهد تا رخ x تعداد پیچ‌های معازی ($n_\parallel$) تغییر کند!

سعی سوم: $a = \frac{2 \times 5 \times 3.03}{47.5 - 6.98} = 0.748 \Rightarrow x = 70 mm, \; y = 405 mm$

$I = \frac{bx^3}{3} + \frac{a(h-x)^3}{3} = \frac{25 \times 7^3}{3} + \frac{0.748 \times 40.5^3}{3} = 19400 cm^4$

$f_t = \frac{M}{I} y_n = \frac{20R}{19400}(44 - 7) = 38.1 \times 10^{-3} R$

$P_t = A_t \cdot f_t = 3.03 \times 38 \times 10^{-3} R = 115.4 \times 10^{-3} R$

$P_v = \frac{R}{n} = \frac{R}{12}$

$$\begin{cases} N_f = 134 \longrightarrow N_f' = N_f\left(1 - 1.15 \frac{P_t}{P_v}\right) = 134\left(1 - 1.15 \frac{115.4 \times 10^{-3} R}{190}\right) \\ N_t = 133 \\ N_p = 110.4 \times 1.2 = 132 \end{cases}$$

$N_t = 133 = 115.4 \times 10^{-3} R \Rightarrow R = 1153\,KN$ اگر مقدار نیروی کشسانی مجاز تعیین شده باشد.

* در برابر نیروی مانبی، ورق در معرض پیچ له می‌شود یا تحت اثر اصطکاک گسیخته می‌شود ⇐ N_p و N_f هر دو از یک جنس هستند. $N_{all} = \min(N_f, N_p)$

$N_p = 132 = P_v' = \frac{R}{12} \Rightarrow \boxed{R = 1584\,KN}$

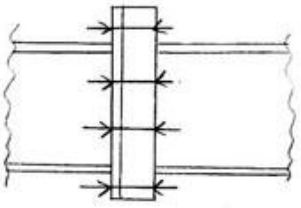
$N_f = 134(1 - 3.93 \times 10^{-4} R) = \frac{R}{12} \Rightarrow \boxed{R = 985.3\,KN}$

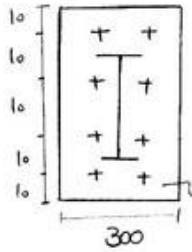
$\Rightarrow \boxed{R = 985.3\,KN}$

مثال ۲

$V = 300\,KN$

$M = 120\,KN.m$





8 M22 HV 10.9

PL 300×500×15

$h = 50 - 5 = 45\,cm$

$$a = \frac{2 \times 3.03}{10} = 0.61 \quad \Rightarrow x = \frac{0.61 \times 45}{30 - 0.61}\left[\sqrt{1 + \frac{30 - 0.61}{0.61}} - 1\right] = 5.6$$

$$I = \frac{30 \times 5.6^3}{3} + \frac{0.61 \times 39.4^3}{3} = 14193\,cm^4$$

$$f_c = \frac{12000 \times 5.6}{14193} = 4.7\,\frac{KN}{cm^2} \leq F_b = 16$$ کنترل تنش فشاری

$$f_t = \frac{M}{I} \cdot y_n = \frac{12000 \times (50 - 10 - 5.6)}{14193} = 29.1$$ کنترل تنش کششی

y_n: فاصله دورترین پیچ تا تار خنثی

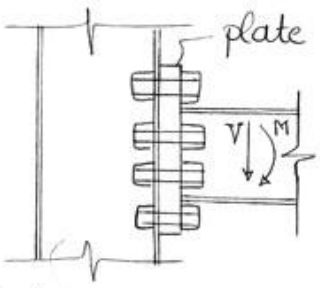
$$N_t = f_t \cdot A_t = 29.1 \times 3.03 = 88.2\,KN < 133 = N_t$$

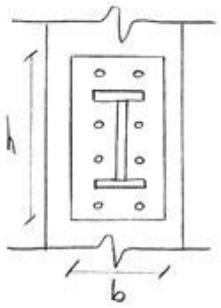
$$P'_V = \frac{V}{n} = \frac{300}{8} = 37.5\,KN$$

$$N_f = 76\,KN$$

$$N_{fT} = N_f\left[1 - 1.15\,\frac{P_t}{P_V}\right] = 76\left[1 - 1.15\,\frac{88.2}{190}\right] = 35.45 \not\geq 37.5$$ جواب نمی‌دهد

اتصالات گسترده (طره‌ای)



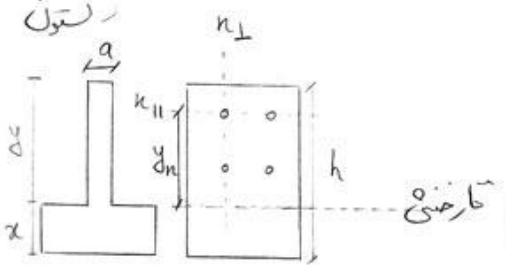


اینها بالای مقطع به کشش می‌افتد.

* بیشترین تنش کششی ایجاد شده در دورترین قطعه اتصال.
* بیشترین تنش فشاری ایجاد شده در پایین‌ترین قسمت مقطع.

* تعیین تار خنثی

(برکشش پیچ‌ها عمل می‌کند و در فشار اتصال ورق به ستون!)



$$ay = n_\perp \cdot n_{||} \cdot A_t$$

$$\Rightarrow a = \frac{n_\perp \cdot n_{||} \cdot A_t}{y}$$

$$e = \frac{y}{n_\perp} \quad \Rightarrow a = \frac{n_{||} A_t}{e}$$

درصورتیکه فواصل بین پیچ‌ها ثابت باشد.

تعیین محل تار خنثی:

Q (ممان استاتیک بالا و پایین تار خنثی جهم برابرند)

$$ay\frac{y}{2} = bx\left(\frac{x}{2}\right) \quad , \; y = h - x$$

$$a(h-x)\frac{(h-x)}{2} = b\frac{x^2}{2} \Rightarrow x = \frac{ah}{b-a}\left[\sqrt{1+\frac{b-a}{a}} - 1\right]$$

$$I = \frac{bx^3}{3} + \frac{ay^3}{3} = \frac{bx^3}{3} + \frac{a(h-x)^3}{3}$$

$$f_t = \frac{M}{I} y_n \Rightarrow P_t = f_t \cdot A_t$$

بیشترین مقدار نیروی پیچ در دورترین فاصله از تار خنثی است.

وقتی فواصل پیچ‌ها ($n_{||}$) ثابت نباشند، محل تار خنثی را حدس می‌زنیم: $a = \checkmark \Rightarrow x = \checkmark$

(آزمون و خطا)

مراحل کنترل اتصال کنسولی :

۱) تعیین a

۲) تعیین محل تار خنثی

۳) محاسبه ممان اینرسی

۴) محاسبه تنش و نیروی کششی

۵) محاسبه نیروی برشی

۶) کنترل قطعات اتصال

$$a = \frac{n_{\perp} A_t}{e} \quad \text{یا} \quad a = \frac{n_{\parallel} \cdot n_{\perp} A_t}{y}$$

$$x = \frac{ah}{b-a}\left[\sqrt{1+\frac{b-a}{a}}-1\right]$$

$$I = \frac{bx^3}{3} + \frac{a(h-x)^3}{3}$$

$$f_t = \frac{M}{I} y_n \rightarrow P_t = f_t \cdot A_t$$

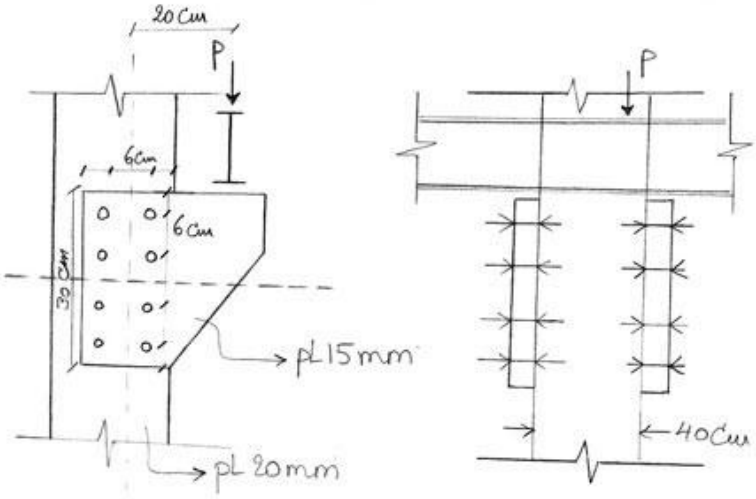
$$P_V' = \frac{V}{n}$$

$$N_{PT} \geq P_V'$$

مثال ۱

نیروی حداکثر P را بیابید.

پیچ Φ21، ST37، بارگذاری عادی



گام اول: محاسبه حداکثر نیروی مجاز هر پیچ

P.318

$N_V = 48.5 \times 1 = 48.5\,KN$ ← تعداد سطوح برش

$N_P = 58.8 \times 1.5 = 88.2\,KN$

$N_{all} = \min(48.5, 88.2) = 48.5\,KN$ ← حداقل مقاومت

گام دوم: محاسبه بیشترین نیروی وارده بر پیچ‌ها

$$R_h = \frac{M}{I_p} y$$

$$R_V = \frac{M}{I_p} x + \frac{V}{n}$$

چون نصف نیرو به هر ورق وارد می‌شود.

$$M = M_0 + Ve = 0 + \frac{P}{2}(0.2) = 0.1P\,KN.m$$

$$I_p = \Sigma(x_i^2 + y_i^2) = 8 \times 3^2 + 4 \times 3^2 + 4 \times 9^2 = 432\,cm^2$$

$$R_h = \frac{0.1 \times 100P}{432}(9) = 0.208P$$

دورترین فاصله (y) از تار خنثی

$$R_V = \frac{0.1 \times 100P}{432}(3) + \frac{P/2}{8} = 0.132P$$

$$\Rightarrow R = \sqrt{R_h^2 + R_V^2} = 0.245P$$

$$\Rightarrow R_{max} = 0.245P = 48.5\,KN \Rightarrow \boxed{P = 198\,KN}$$

گام سوم: محاسبه P مجاز برمبنای تنش عمودی ورق:

$$f_a = \frac{P}{A_n} = 0$$

$$f_b = \frac{M}{S} \quad , \quad S = \frac{1.5 \times 30^2}{6} = 225\ cm^3 \quad \Rightarrow f_b = \frac{0.1 \times 100P}{225} \leq 16 \Rightarrow P \leq 360\ KN$$

گام چهارم: کنترل نیروی برشی:

$$f_v = 1.5\frac{V}{A_n} \leq 0.4F_y = 9.6\ KN$$

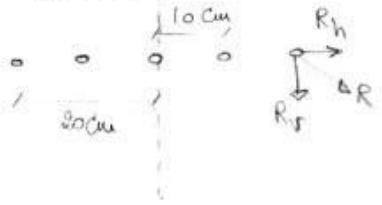
$$A_n = 30 \times 1.5 - 4 \times 2.1 \times 1.5 = 32.4\ cm^2$$

$$\Rightarrow 1.5 \times \frac{P/2}{32.4} \leq 9.6 \Rightarrow P \leq 415\ KN$$

$$\Rightarrow \min(P_i) = 198 KN \quad \Rightarrow \boxed{P = 198\ KN}$$

مثال ۲

حل مثال ۳ کشش قبل



$$R_h = \frac{M}{I_p} y + \frac{P}{n} = \frac{P}{n} = \frac{500}{5} = 100\,KN$$

$$I_p = \sum (x_i^2 + y_i^2) = 2 \times 10^2 + 2 \times 20^2 = 1000\,cm^2$$

$$R_v = \frac{M}{I_p} x + \frac{V}{n} = \frac{500(7-3.4)}{1000}(20) = 36\,KN$$

$$R = \sqrt{36^2 + 100^2} = 106\,KN$$

نیروی حداکثر وارد بر یک پیچ

DIN: $N = n_p \cdot N_p = 5 \times 64.4 \times 1.5 = 483\,KN \Rightarrow N_{all} = 483\,KN$

$N = n_v \cdot N_v = 5 \times 116.4 = 582\,KN$

$\Rightarrow R = 106 < 483$ √√

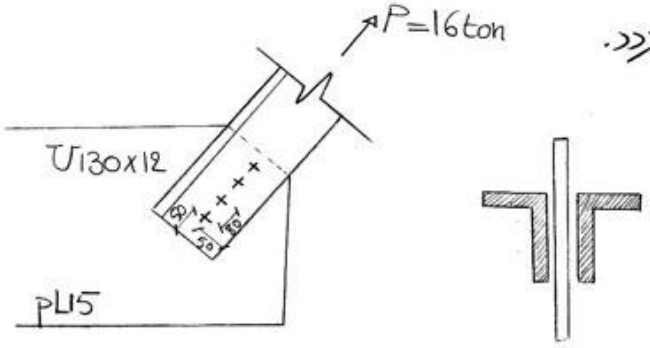
مثال ۳

اتصال زیر برای بارگذاری دستک داده شده کنترل گردد.

بارگذاری عادی

ST37

Φ21



① کنترل فواصل:

$3d = 63 \leq e_{\parallel}^{80} \leq \min(8d=168,\ 15t=180) = 168$ ✓

$1.5d = 31.5 \leq e_{\perp}^{50} \leq \min(3d, 6t) = 63$ ✓

$2d = 42 \leq e_{\parallel}^{50} \leq \min(3d, 6t) = 63$ ✓

② کنترل قطع نشی

$A_{\text{نشی}} = 30\,cm^2$

$A_g = 30 \times 2 = 60\ cm^2$ (دو عدد نبشی)

$A_n = 60 - 2 \times 1.2 \times 2.1 = 54.96\ cm^2$

$A_e = 0.85 A_n = 46.72\ cm^2$

$f_a = \frac{P}{A_g} = \frac{160}{60} = 2.67\ KN/cm^2 \leq 0.6F_y = 14.5$ ✓

$f_a = \frac{P}{A_e} = \frac{160}{46.72} = 3.42 \leq 0.5F_u = 18.5$ ✓

③ الف) کنترل لهبزن

$N_p = 1.5 \times 58.8 = 88.2\ KN$

$n_p = \frac{160}{88.2} = 1.8 \leq N = 4$ ✓

ب) کنترل برش

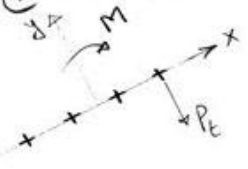
دو برشه $N_V = 97\ KN$

$n_V = \frac{160}{97} = 1.6 < N = 4$ ✓

$S = 1.5 + 2\times1.2 = 39\,mm \leq 5d = 101\,mm$ ✓

④ کنترل طول گیرای:

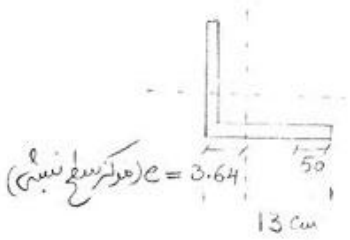
⑤ اثر جمش ناشی از خروج از مرکزیت:



$T = P(13 - 3.64 - 5) = 160 \times 4.36 = 700\,KN.cm$

$I_p = \sum(x_i^2 + y_i^2) = 2\times4^2 + 2\times12^2 = 320\,cm^2$

$P_t = \frac{T\times d}{I_p} = \frac{700\times12}{320} = 26.25\,KN$



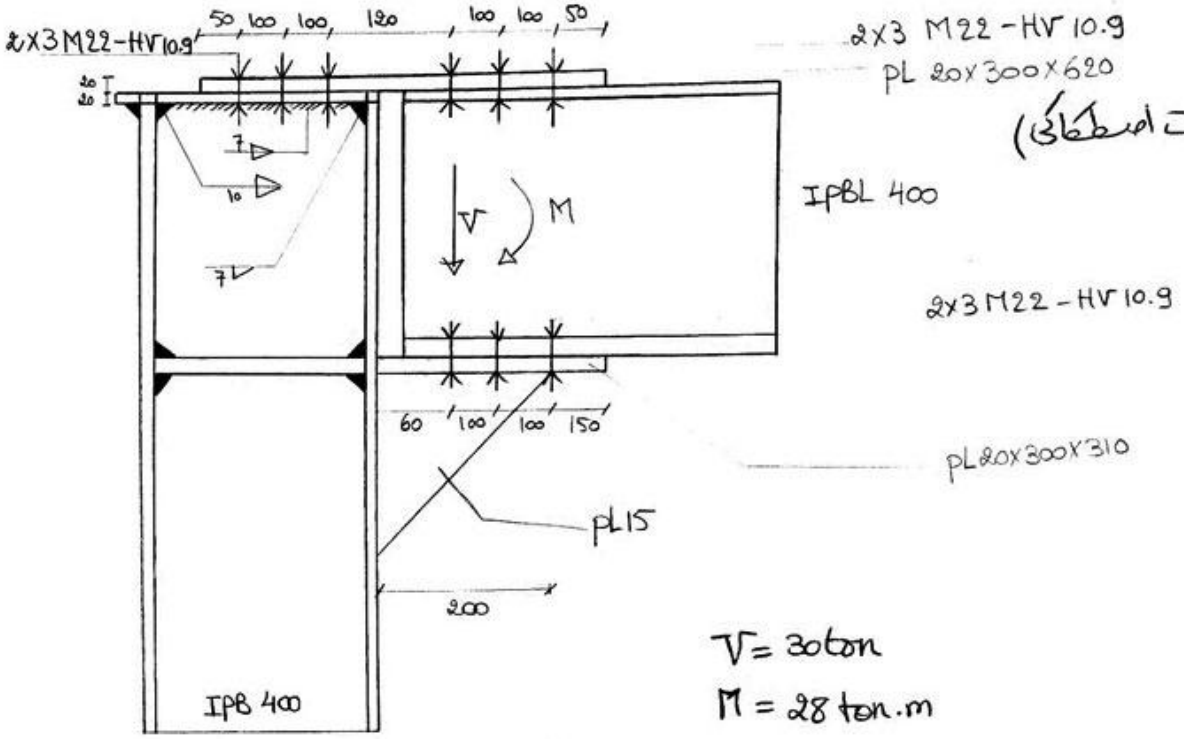
$R = \sqrt{26.25^2 + \left(\frac{160}{4}\right)^2} = 47.8\,KN$

← نیروی هر پیچ

$N_{all} = min(N_V, N_P) = 88.2\,KN$

$\Rightarrow R = 47.8 \leq 88.2$ ✓✓

مثال ۴



$V = 30 ton$

$M = 28 ton.m$

① تقسیم نیروی لنگر به صفحات بالا و پایین بال

$M = 280\ KN.m$

نیروی صفحات اتصال $P = \dfrac{M}{h + \frac{t_{p1}}{2} + \frac{t_{p2}}{2}} = \dfrac{280 \times 100}{39 + \frac{2}{2} + \frac{2}{2}} = 683\ KN$

IPBL400

$h = 390 \quad b = 30\ cm \quad t_w = 1.1 \quad t_f = 1.9 \quad A = 169\ cm^2 \quad I_x = 45070\ cm^4$

$S_x = 2310\ cm^3$

② کنترل اتصال بال

الف) کنترل صفحه اتصال

$A_g = 2 \times 30 = 60\ cm^2$

$A_n = 60 - 2 \times 2.2 \times 2 = 51.2\ cm^2$

$P_1 = P\left(1 - 0.4\ \frac{r}{n}\right) = 683\left(1 - 0.4\ \frac{2}{6}\right) = 592\ KN$

$f_a = \dfrac{P_1}{A_g} = 9.87\ KN/cm^2 < 14.5$

$f_a = \dfrac{P_1}{A_n} = \dfrac{592}{51.2} = 11.56 < 18$

ب) کنترل وسایل اتصال

ST52
کیپ

$N_v = 116.3\ KN$
$N_p = 110.4 \times 1.9 = 210\ KN$

$\longrightarrow N_{all} = 116.3\ KN$
کنترل مهار یک پیچ

$P_{مهار} = 116.3 \times 6 = 700\ KN$

$P_{موجود} = 683 \leqslant 700$ ✓

فواصل پیچ ها با توجه به p.295 کنترل شود.

مثال ۵

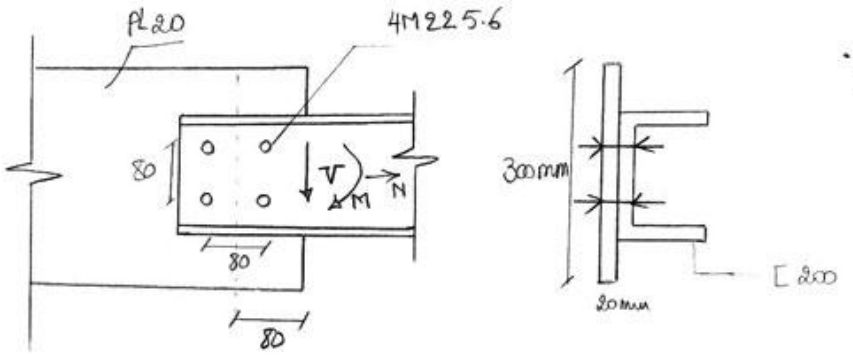
اتصالات راکنترل کنید.

$N = 100\ KN$

$M = 23\ KN.m$

$V = 30\ KN$

ST 37 ε



مشخصات ناودانی

$h = 200mm,\ b = 75,\ A = 32.2\ cm^2,\ t_w = 8.5mm$

$t_f = 1.15\ cm,\quad S = 191\ cm^3$

۱) کنترل ناودانی

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{2300}{191} = 12 \leq F_b = 0.66F_y = 16\ KN/cm^2$$

$$A_g = 32.2\ cm^2 \rightarrow f_a = \frac{100}{32.2} = 3.1 \leq 0.6F_y = 14.5\ KN/cm^2$$

$$A_n = 32.2 - 2 \times 0.85 \times 2.3 = 28.3\ cm^2$$

$$u = 0.75$$

$$A_e = uA_n = 21.2\ cm^2$$

$$f_a = \frac{100}{21.2} = 4.7 \leq 0.5F_u = 18$$

۲) کنترل ورق

$$f_a = \frac{H}{A_n} = \frac{100}{50.8} = 1.97 \leq 0.5F_u = 18$$

$$A_n = 30 \times 2 - 2 \times 2 \times 2.3 = 50.8\ cm^2$$

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{2300}{300} = 7.6 \leq 0.66F_y = 16$$

$$S = \frac{1}{6}(2)(30)^2 = 300\ cm^3$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1 \Rightarrow \frac{1.97}{18} + \frac{7.6}{16} = 0.109 + 0.475 \leq 1$$

$$f_v = 1.5\frac{V}{A_w} = 1.5\frac{30}{50.8} = 0.89 \leq 9.6$$

بکش دیگران

۳) کنترل وسایل اتصال

$I_p = \Sigma(x_i^2 + y_i^2) = 4\times4^2 + 4\times4^2 = 128\ cm^2$

$M = M_0 + Ve = 2300 + 30\times8 = 2540\ KN\cdot cm$

$R_v = \frac{2540}{128}\times4 + \frac{30}{4} = 86.5\ KN$

$R_h = \frac{2540}{128}\times4 + \frac{100}{4} = 104\ KN$

$R = \sqrt{R_h^2 + R_v^2} = 135\ KN$

$N_{all} = \min(N_v, N_p) = \min(63.9, 61.6\times0.85) = 52.4\ KN$

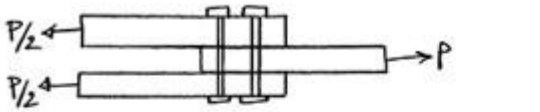
$R = 135 \overset{?}{\leq} 52.4$

طراحی اعضای کششی

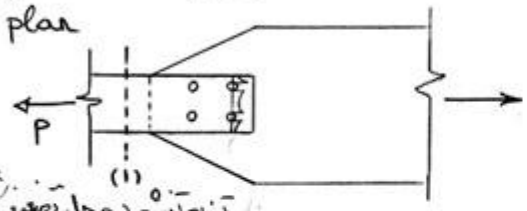
الف) طراحی ورق اتصال
ب) طراحی قطعات اتصال

چون گسستگی در قطعات اتصال (پیچ، پرچ) و یا در ورق اتصال می‌تواند صورت بگیرد باید این دو مکان را از نظر گسستگی کنترل کرد.

section



plan



توزیع تنش در مقطع تضعیف شده

← در سوراخ‌ها تمرکز تنش داریم

الف) طراحی ورق اتصال:

۱) کنترل تنش میانگین در مقطع بدون سوراخ (مقطع (۱))

$$A_g = \text{سطح مقطع کل ورق} \quad , \quad f_a = \frac{P}{A_g} \leq F_a = 0.6 F_y$$

با توجه به جدول P. 301 مقدار $F_a = 14.5 \frac{KN}{cm^2}$ است. [جنس فولاد معمولاً ST37 است!]

۲) کنترل تنش در مقطع سوراخ‌ها (مقطع تضعیف شده)

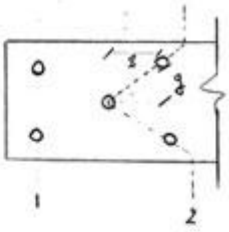
$$f_a = \frac{P}{A_n} \leq F_a = 0.5 F_u = 18.5 \ KN/cm^2$$

$$A_g = b \times \Sigma t$$

$$A_n = A_g - n_1 \times d \times \Sigma t$$

$$A_n = A_g - n_2 \times d \times \Sigma t + \sum \frac{s^2}{4g}$$

$$\Rightarrow A_n = \min(A_{n_1}, A_{n_2})$$

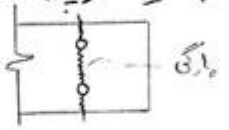


A_e = سطح مقطع موثر

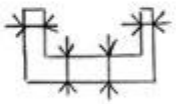
$$A_e = U \times A_n$$

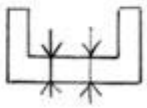
↳ سطح مقطع خالص

این کنترل برای جلوگیری از پارگی ورق است.



U (ضریب) =
- ۱ اگر تمام بخش‌های عضو متصل باشند
- ۰.۸۵ اگر تمام بخش‌های عضو متصل نباشند ولی ۳ ردیف پیچ یا بیشتر باشند
- ۰.۷۵ اگر تمام بخش‌های عضو متصل نباشند ولی ۲ ردیف پیچ باشند.





$$\Rightarrow f_a = \frac{P}{A_e} \leq F_t = 0.5 F_u$$

مراحل طراحی اتصال تیر به ستون

گام اول: تقسیم نیروها

$N_w = \frac{A_w}{A} N$ $\quad N_f = \frac{A_f}{A} N$

$V_f = 0$ $\quad V_w = V$ فقط جان برش تحمل می‌کند

$M_f = M - M_w$ $\quad M_w = \frac{I_w}{I} M$, $I_w = \frac{h_w^3 \times t_w}{12}$

$P_f = P_{Mf} + P_{Nf}$

$P_{Mf} = \frac{M_f}{h - t_f}$, $P_{Nf} = \frac{N_f}{2}$

گام دوم: طراحی اتصال بال

الف) کنترل ورق اتصال

$f_a = \frac{P_f}{A_g} \leq 0.6 F_y$

$f_a = \frac{P_f}{A_n} \leq 0.5 F_u$

ب) کنترل قطعات اتصال برای برش و کمانش

$N_{all} = \min(N_v, N_p)$

$R = \frac{P_f}{n} \leq N_{all}$ ← نیروی هر پیچ ← تعداد پیچ‌ها

ج) کنترل فواصل سوراخ‌ها

د) کنترل طول پیچ یا درج : $s \leq 5d$

گام سوم: کنترل اتصال جان

الف) کنترل قطعات اتصال

$M_T = M_w + Ve$

total s

$R_h = \frac{M_T}{I_p} y + \frac{N_w}{n}$

$R_v = \frac{M_T}{I_p} x + \frac{V_w}{n}$

$I_p = \sum (x_i^2 + y_i^2)$

$R = \sqrt{R_v^2 + R_h^2}$

$\Rightarrow N_{all} = \min(N_p, N_v)$

$R \leq N_{all}$

ب) کنترل ورق اتصال

$$f_a = \frac{N_w}{A_n} < 0.6F_y$$

$$f_b = \frac{M_w}{S} < 0.66F_y$$

که ورق های اتصال دهنده هستند معمولاً دوعدد در نظر گرفته می شود که ما با ید در ۲ ضرب کرد.

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1$$

$$f_v = 1.5\frac{V_w}{A_n} \leq F_v = 0.4F_y$$

گام چهارم: کنترل مقطع تضعیف شده (سوراخ شده) برای بارهای وارده:

الف) if $\frac{\Delta A_f}{A_{fg}} > 0.31 - \frac{F_y}{1500} \Rightarrow I_n$

وگرنه از I استفاده می کنیم.

ΔA_f: مساحت سوراخ های بال کششی

$$I_n = I_g - \Delta A_f \left(\frac{h-t_f}{2}\right)^2$$

$$S_n = \frac{I_n}{h/2}$$

$$f_b = \frac{M}{S_n} \leq F_b = 0.66F_y$$

$$f_a = \frac{N}{A_n} \leq F_a = 0.6F_y$$

$$\rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1$$

ب) $f_a = \frac{N}{A}$

در مقطع ۲ (اتصال جان به بال)

$$f_{b2} = \frac{M}{I}\left(\frac{h}{2} - t_f\right)$$

$$f_{v2} = \frac{VQ_2}{It_w}$$

$$Q_2 = b_f t_f \left(\frac{h-t_f}{2}\right)$$

$$f_t = f_a + f_b$$

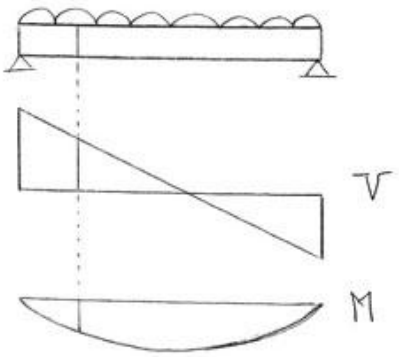
$$\Rightarrow f_{h_2} = \sqrt{f_t^2 + 3f_v^2} \leq 0.75F_y$$

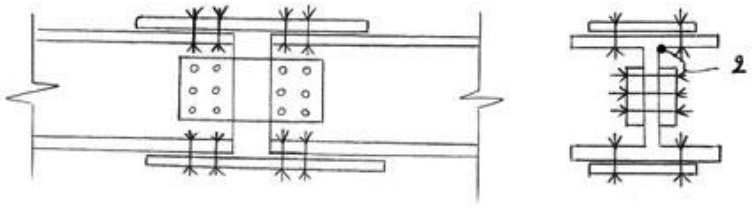
تنش مقایسه ای

* چون تنش های نرمال و برشی در یک المنی وا قتند و همین باعث پیدا کردن معیاری که برش و نیروی عمودی بیشترین مقدار خود را می تواند داشته باشند از تنش مقایسه ای استفاده می کنیم.

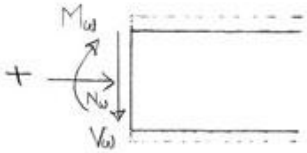
کنترل وصله تیر (اتصال تیر به تیر) به روش تقسیم نیرو:

- اتصال باید توانایی تحمل برش و لنگر وارد بر مقطع را داشته باشد.
- اتصال باید به نحوی طراحی گردد که توانایی انتقال حداکثر برش و لنگر قابل تحمل توسط تیر را داشته باشد.

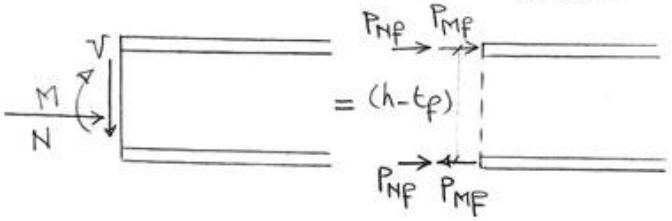




فقط جان



فقط بال



	flange (بال)	web (جان)
N نیروی محوری	$N_f = \frac{A_f}{A} N$	$N_\omega = N - N_f$
V نیروی برشی	$V_f = 0$	$V_\omega = V$
M لنگر	$M_f = M - M_\omega$	$M_\omega = \frac{I_\omega}{I} M = \frac{\frac{(h_\omega^3 t_\omega)}{12}}{I} \cdot M$

لنگر M در بال به دو کوپل نیرو تبدیل می شود:

$P_{Mf} = \frac{M_f}{h - t_f}$

$P_f = P_{Mf} + P_{Nf}$ که $P_{Nf} = \frac{N}{2}$

** طراحی ضخامت ورق:

ضخامت جان = مجموع ضخامت دو ورق متصل شده در دو طرف آن

ضخامت بال = " " " "