

طراحی سازه‌های فولادی ۲

دانشجویان: نور - مرکز کرج
مدرس: هادی فضل

فهرست مطالب :

- ۱- مقدمه‌ای بر روش طراحی ضرایب بار و مقاومت (LRFD)
- ۲- طراحی تیر - ورق
- ۳- طراحی تیرهای مرکب فولادی - بتنی
- ۴- اتصالات (جوش و پیچ)

منابع :

- طراحی سازه‌های فولادی - سایپر لکاحونی
طراحی سازه‌های فولادی - زهری و میرقاری
مبحث دهم مقررات ملی ساختمان - طراحی اجرایی ساختمان‌های فولادی (ویرایش ۴ - ۱۳۹۲)
STEEL STRUCTURES - Design & Behavior (5th Edition)
C.G. Salmon & J.E. Johnson (2009)
AISC 360-10: Specification for Structural Steel Buildings
American Institute of Steel Construction (2010)
جدول رستال - مشخصات پروفیل‌های سازه فولادی، سال مشخصات پلاستیک
آیین‌نامه اتصالات در سازه‌های فولادی - نشر ۲۴۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی

جدول تبدیل واحدها

برای تبدیل از	به	متربی شود در
kip	KN	4.448
lb	N	4.448
KN	kip	0.2248
ksi	MPa	6.895
psi	MPa	0.006895
MPa	ksi	0.1450
ft. kip	KN.m	1.356
KN.m	ft. kip	0.7376
Kip/ft	KN/m	14.59
KN/m	kip/ft	0.06852
kip/ft ²	KN/m ²	47.88
KN/m ²	kip/ft ²	0.02089

۱- مقدمه ای بر روش طراحی LRFD یا روش حالات حدی

حالت های حدی :

۱- برآیند است که اگر تمام یا بخشی از بار به حرکت از آنها برسد، قادر به انجام دلخواه خود نبوده و از خیر ارتفاع خارج می شود.

الف : حالت های حدی تنه و ست

حالت هایی نظیر تسلیم، گسیختگی، گشایش و ... که مجموعه سازه تا رسیدن به آن حالت ها از مقاومت و شکل پذیری کافی برخوردار است و پس از رسیدن به حرکت از آنها پایداری خود را از دست می دهد.

ب : حالت های حدی بهره برداری

حالت هایی نظیر نامتوازن بودن، خرابی، خرابی، خرابی و ... که مجموعه سازه تا رسیدن به آن حالت دلخواه خود را انجام می دهد پس از رسیدن به حرکت از آنها قادر به انجام دلخواه خود نخواهد بود.

③

طراحی در حالات حدی مقاومت ← روش ضرایب بار و مقاومت LRFD
Load & Resistance Factor Design

$$R_u \leq \phi R_n$$

R_u : مقاومت مورد نیاز تحت ترکیبات مختلف بارگذاری ← براساس تحمیل سازه

R_n : مقاومت اسمی عضو (مقاومت کشش، برشی، گسی، فشاری و ...)

ϕ : ضریب کاهش مقاومت
 ϕR_n : مقاومت طرح
($\phi_t, \phi_b, \phi_c, \dots$)

ترکیبات مختلف بارگذاری

مقاومت مورد نیاز (R_u) در رابطه فوق، حداکثر مقدار بدست آمده از تحمیل تحت ترکیبات مختلف بارگذاری است. در ترکیبات بار، یک دسته ضرایب اعین بار وارد می شود که این ضرایب بستگی به میزان عدم اطمینان در برآورد بارها دارد. این ضرایب اعین مطابق با ترکیبات بار مجست و مقدرات ملی ساختمان می باشد.

ترکیبات بار حالت های حدی مقاومت در سازه های فولادی

- | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------|--------------------------|
| ① | $1.4D$ | علامت یا هم | D : بار مرده |
| ② | $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r/S/R)$ | | L : زنده لحظه ای |
| ③ | $1.2D + 1.6(L_r/S/R) + L/0.5(1.4W)$ | | L_r : زنده دائم |
| ④ | $1.2D + 1.4W + L + 0.5(L_r/S/R)$ | | R : بران |
| ⑤ | $1.2D + E + L + 0.2S$ | | S : برف |
| ⑥ | $0.9D + E/1.4W$ | | W : باد |
| ⑦ | $1.2D + 0.5L + 0.5(L_r/S) + 1.2T$ | | T : اثرات حرارت و انقباض |
| ⑧ | $1.2D + 1.6L + 1.6(L_r/S) + T$ | | E : زلزله |

مقاومت تنواری طرح ϕR_n

مقاومت طراحی یک عضو ساده ای (اعم از کشش، فشار، خمشی، برشی، مرکب فشاری و خمشی و ...)
 حاصل ضرب فاکتور مقاومت ϕ در مقاومت اسمی R_n است. ضریب مقاومت ϕ برای حالت
 نمودن احوال تغییرات مشخصات مصالح و نیز ابعاد عضو و اثر آن بر کاهش مقاومت واقعی عضو در تنواریه
 با مقاومت تنواریک است.

مقاومت اسمی R_n عضو بر حسب حالت های عددی بر بزرگم می باشد می شود. بعنوان مثال
 برای یک عضو کششی، حالت های عددی مقاومت عبارتند از:

۱- تسلیم

$$T_n = F_y A_g$$

$$T_n = F_u A_e$$

۲- تسلیم سطح کلی عضو به دور از محل اتصال

۳- تسلیم کششی در مقطع خالص عضو در محل سوراخ

$$A_e = U A_n$$

F_u : تنش کششی نهایی

یا برای یک عضو خمشی با مقطع فشرده و دارای آکای جانبی کافی. حالت عددی مقاومت تسلیم
 زمانی است که کل مقطع به تسلیم F_y می رسد:

$$M_n = M_p = F_y Z$$

M_p : گزینشیت مقطع

$$Z = \int y dA$$

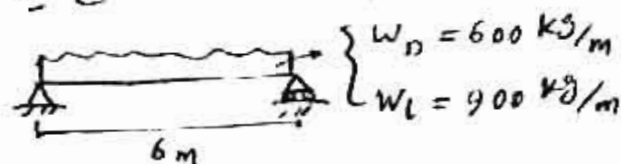


بهران مثال، اسلیم مقطع پلاستیک و گزینشیت برای عیند مقطع IPE از فولاد ST-37 ($F_y = 240$)
 عبارتند از:

	$Z (cm^3)$	$M_p (Ton \cdot m)$
IPE 140	88.3	2.12
IPE 180	166	3.98
IPE 270	484	11.6
IPE 360	1019	24.5

5

مثال: تیر فولادی به دهانه 6m به یکپایه‌های ساده دارای بار جانبی در طول دهانه با بارگذاری
ثابت داده شده می‌باشد. این تیر را از پروفیل IPE (مقاطع فولاد) و فولاد ST-37 طرح کنید



$$w_u = 1.2 w_D + 1.5 w_L$$

$$= 1.2 \times 0.6 + 1.5 \times 0.9 = 2.16 \text{ T/m}$$

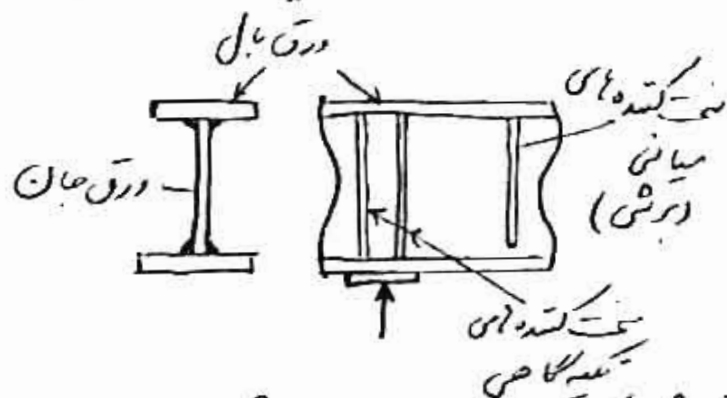
$$M_u = w_u l^2 / 8 = 2.16 \times 6^2 / 8 = 9.72 \text{ T.m}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow M_n = M_p > M_u / \phi$$

$$M_p > \frac{9.72}{0.9} = 10.8 \text{ T.m} \rightarrow \text{Use IPE-270 (} M_p = 11.6 \text{ T.m)}$$

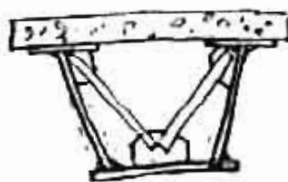
طراحی تیر ورق:

تیر ورق‌ها اعضای خمشی ساخته شده از ورق هستند که در مقایسه با پروفیل‌های فولادی
طرفیت خمشی بیشتری دارند. در واقع تیر ورق یک تیر عینین است (نسبت I_x به A جان آن نسبت
به پروفیل‌های فولادی بیشتر است)



رابطه‌ی متداول یک تیر ورق

تیر ورق ممکن است بصورت جعبه‌ای نیز ساخته شوند که موضوع بحث مابقی باشد.



طبقه بندی مقاطع فولادی از نظر گمانش برضی تحت خمش

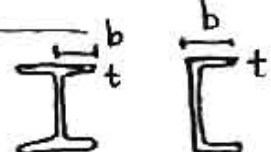
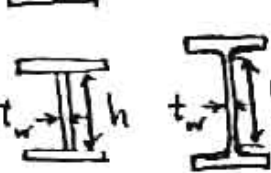
اجزای شاری مقاطع فولادی تحت خمش (شامل بال و جان) در معرض خطر گمانش ناشی از فشار می باشند. میزان این خطر وابسته به نسبت پهنای آزاد به ضخامت چنین اجزایی است. این نوع مکانیزم خواص به گمانش برضی موسوم است و از این نظر مقاطع فولادی خمشی به ۳ دسته تقسیم می شوند:

$$\left. \begin{array}{l} \lambda < \lambda_p \quad \text{مقطع فشرده} \\ \lambda_p < \lambda < \lambda_r \quad \text{مقطع غیر فشرده} \\ \lambda_r < \lambda \quad \text{مقطع با اجزای لاغر} \end{array} \right\}$$

۱: نسبت پهنای آزاد به ضخامت اجزا

λ از λ_r غیر فشرده λ_p فشرده

توجه: طبق ضوابط مبحث ۵، همواره از مقاطع فولادی با اجزای شاری لاغر تحت خمش منع است بخرد در مورد جان نیروی بارگذاری اثرات مربوطه!

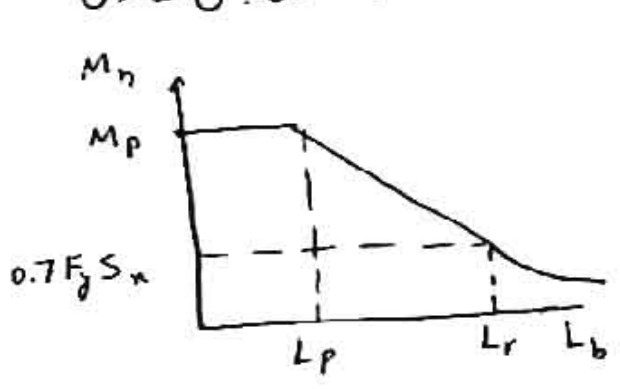
نوع اجزا	نسبت پهنای آزاد به ضخامت	λ_p	λ_r	نمونه
بال های پروفیل های فشرده شده	b/t	$0.38 \sqrt{E/F_y}$	$1.0 \sqrt{E/F_y}$	
بال های مقاطع شاری شده از ورق	b/t	$0.38 \sqrt{E/F_y}$	$0.95 \sqrt{E K_c / F_L}$	
جان مقطع I شکل و دایره ای مسطری	h/t_w	$3.76 \sqrt{E/F_y}$	$5.7 \sqrt{E/F_y}$	

$$K_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}} ; S_{mt} = S_{nc} \rightarrow F_L = 0.7 F_y$$

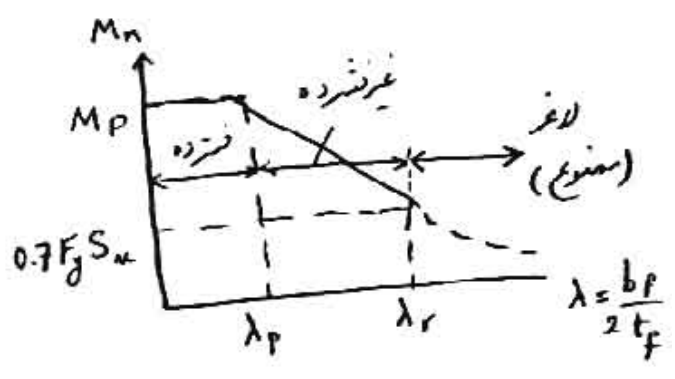
تفاوت بین نیرو و نیروی ورق

در واقع نیروی یک تیر کمین است. در تیرها مشکل کمانش جان مطرح نیست چون جان تیرها لاغر محسوب نمی شود. حالت های عددی زیر در لحاظ می تیرها (با به سرتاسر نام دهی M_n) در نظر گرفته می شود

- ۱- حالت عددی کمانش خمشی جانبی
- ۲- حالت عددی کمانش عرضی بال فشاری



حالت عددی کمانش خمشی - جانبی



حالت عددی کمانش عرضی بال فشاری

در تیر درستی؟ باید حالت عددی کمانش جان مورد بررسی قرار گیرد. کمانش جان در دو حالت بررسی می شود:

- ۱- کمانش غیر ارتجاعی - جان غیر فشرده
- ۲- کمانش ارتجاعی - جان لاغر

معمولاً جان تیر درون ها لاغر هستند هر چند در مواردی ممکن است غیر فشرده نیز باشند. با این حال آیین نامه اجازه می دهد در لحاظ می تیر درون های جان غیر فشرده را لحاظ محفوظ کارانه در مواردی طراح می تیر درون با جان لاغر استفاده شود

آمرات لاغری جان :

تعداد خمشی در برش یک تیر درون وابسته به جان است. جان لاغری ترانه سائل متعددی را موجب شود:

- ۱- کاهش خمشی در صفحه جان موجب می شود شدت جان در هم نگراندی کاهش یابد
- ۲- کاهش ال فشاری در جهت قائم بدلیل سختی ناگانی جان در مقابل با خمشی کاهش
- ۳- کاهش بدلیل برش

حالت حدی کاهش قائم بال ← محدودیت حداکثر لاغری جان $(h/t_w)_{max}$

جان تیر درون باید در صفحه جان دارای سختی کافی برای جلوگیری از کاهش ال فشاری در جهت قائم باشد. برای جلوگیری از وقوع این حالت حدی کاهش جانبی



(h/t_w) جان

اعمال نموده است. همچنین در جود سخت کننده های عرضی باعث افزایش مقاومت جان در مقابل کاهش قائم ال می شود. در نتیجه مقدار حداکثر h/t_w با وجود سخت کننده عرضی جان متفاوت است :

$$(h/t_w)_{max} = 12 \sqrt{E/F_y} \quad \text{برای } a_h \leq 1.5$$

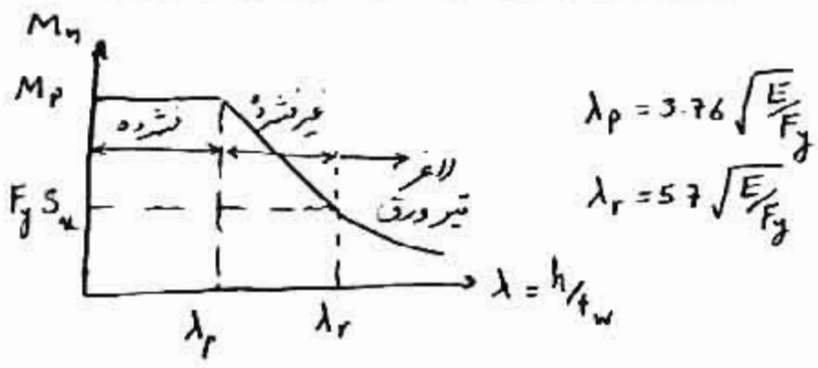
$$(h/t_w)_{max} = 0.4 \frac{E}{F_y} \leq 260 \quad \text{برای } a_h > 1.5$$

حالت حدی کاهش خمشی در صفحه جان ← کاهش تعداد خمشی اسمی M_n

آمر لاغری جان تیر درون از مقدار λ_r بیشتر باشد، امکان کاهش در صفحه جان تحت خمشی بوجود می آید.

$$\lambda = h/t_w > \lambda_r = 5.7 \sqrt{E/F_y} \rightarrow \text{کاهش خمشی جان}$$

9



حالت حدی کمانش موضعی جان

چون تیر درق ها دارای جان لاغری هستند ($\lambda > \lambda_r$) بنابراین کمتر مقدار $F_y S_{xc}$ می تواند انداخته شود. بنابراین در طرح تیر درق رفتار غیر آرمی (پلاستیک) در نظر گرفته نمی شود.

امکان کمانش جان تیر درق در عضو جان تحت خمش وجود دارد. پس از وقوع کمانش الاستیک جان، تیر درق از بین نمی رود بلکه رفتار پس کمانشی باعث برتری در مقاومت می گردد. اثر کمانش خمشی جان بر مقاومت تیر درق توسط ضریب کاهش مقاومت R_{pg} لحاظ می گردد.

$$M_n = R_{pg} F_{cr} S_{xc}$$

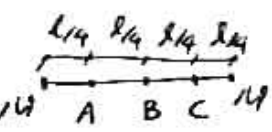
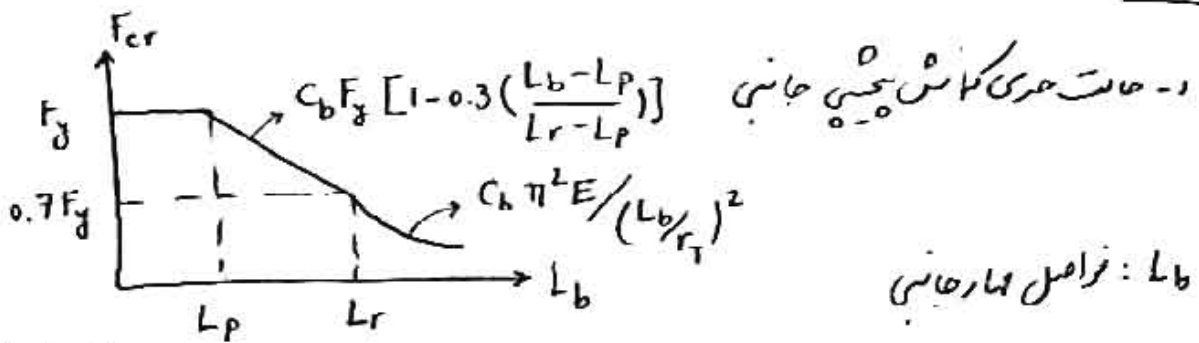
R_{pg} : ضریب کاهش مقاومت خمشی جان
 F_{cr} : تنش کمانش

با توجه به حالت های حدی کمانش پیمایی - جانسی و کمانش موضعی جان می توان به سبب می شود
 S_{xc} : راس مقطع الاستیک نسبت به بال می باشد

$$R_{pg} = 1 - \frac{a_w}{1200 + 300 a_w} \left(\frac{h}{t_w} - 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right) \leq 1$$

نسبت مساحت جان به بال $a_w = A_w / A_{fc} \leq 10$

فکر

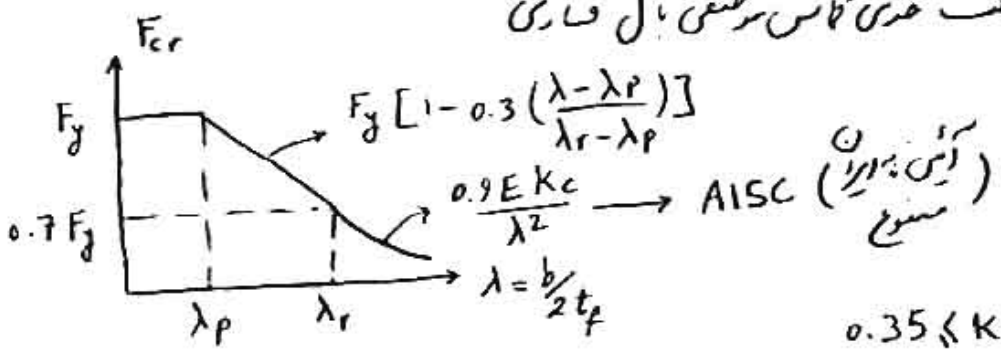


$$L_p = 1.1 r_T \sqrt{E / F_y} \quad , \quad L_r = \pi r_T \sqrt{E / 0.7 F_y}$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

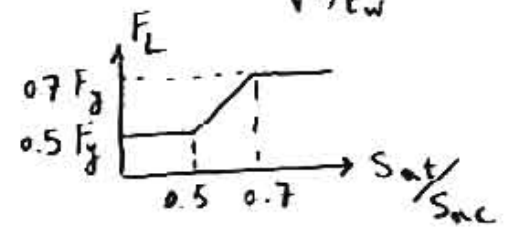
فرد (مقطع گشت چسبی) جانبی پس از گشت خرد

۲- حالت حدی گشت برضی بال قاری



$$0.35 \leq K_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}} \leq 0.76$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{E / F_y} \quad ; \quad \lambda_r = 0.95 \sqrt{E K_c / F_L}$$



S_{at} : راس مقطع نسبت به بال کششی

S_{ac} : راس مقطع نسبت به بال فاری

۳- حالت حدی تسلیم بال کششی

در این حالت اثر کاهش لاغری جان اعمال نمی شود و $F_{cr} = F_y$ در نتیجه

$$M_n = F_y S_{at}$$

S_{at} : راس مقطع الاستیک نسبت به بال کششی

مقاومت برشی تیر دورن

مقاومت برشی طراحی عبارتست از $\phi_v V_n$ که در آن:

$$\phi_v = 0.9 \quad ; \quad V_n = T_{cr} A_w$$

↓
بهریند زیر

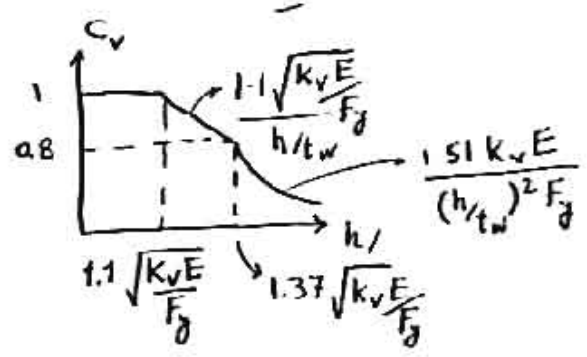
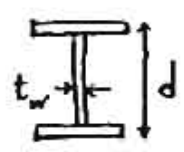
$$T_{cr} = C_v T_y$$

$$T_y = 0.6 F_y$$

مقاومت برشی ایسی: $V_n = C_v (0.6 F_y) A_w$

$A_w = d t_w$: مساحت جان

C_v : ضریب برشی جان طبق روابط نمودار زیر



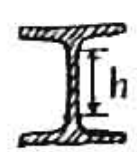
در رابطه فوق K_v ضریب کاهش برشی ورق جان است

$$\left. \begin{aligned} &K_v = 5 \quad \left(\begin{aligned} &\bullet \text{ بدون سخت کننده عرض جان (بهریند) که } h/t_w < 260 \\ &\bullet \text{ تبصره: در جان تقاطع میبری } K_v = 1.2 \end{aligned} \right) \\ &\left\{ \begin{aligned} &K_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \rightarrow \frac{a}{h} \leq \left\{ 3, \left(\frac{260}{h/t_w} \right)^2 \right\} \\ &K_v = 5 \rightarrow \frac{a}{h} > \left\{ 3, \left(\frac{260}{h/t_w} \right)^2 \right\} \end{aligned} \right. \end{aligned} \right\} K_v$$

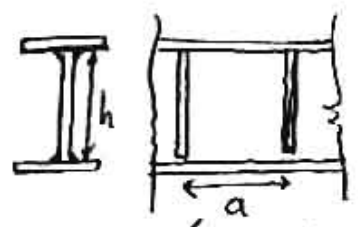
* در جان پر فیل ایسی I شکل مورد شده

$h/t_w < 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ داریم:

$\phi_v = 1$
 $C_v = 1$



تقاطع مورد شده



فاصله سخت کننده ای عرضی

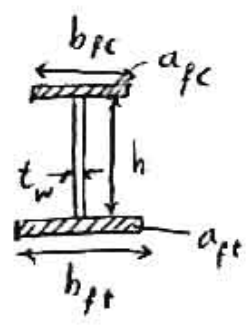
تقاوت برشی تیر ورق با در نظر گرفتن عمل میدان کششی (Tension Field Action)

تیر ورق با جان تقویت شده توسط کتبه‌های عرضی دارای تقاوت برشی کششی قابل توجهی است. جان تیر ورق پس از کاهش تحت نیروی برشی بصورت یکت خمیه عمل می‌کند. نیروهای کششی توسط عملکرد غشایی جان (تحت عنوان عمل میدان کششی) و نیروهای فکری توسط کتبه‌های عرضی تحمل می‌شوند.

تقاوت برشی اسمی $V_n = V_{cr} + V_{tf}$
تقاوت برشی کششی V_{tf}
تقاوت برشی کششی

$$V_n = F_y h t_w \left[\frac{C_v}{\sqrt{3}} + \frac{1 - C_v}{2 \sqrt{1 + (a/h)^2}} \right]$$
$$= 0.6 F_y h t_w \left[C_v + \frac{1 - C_v}{1.15 \sqrt{1 + (a/h)^2}} \right] \quad \text{if } h/t_w > 1.1 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}$$
$$V_n = 0.6 F_y h t_w \quad \text{if } h/t_w < 1.1 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}$$

در موارد زیر استفاده از عمل میدان کششی مجاز نمی‌باشد:



- ۱- در چیده‌های انتهایی تیر ورق
- ۲- اگر $a/h > \left\{ \left[\frac{260}{(h/t_w)} \right]^2 - 3 \right\}$
- ۳- اگر $\frac{2 a_w}{(a_{fc} + a_{ft})} > 2.5$
- ۴- اگر $h/b_{ft} > 6$ یا $h/b_{fc} > 6$

الزمامات مربوط به سخت کشنده حای عرضی

α ضوابط مربوط به ظرف سخت کشنده

نیازی به سخت کشنده نیست

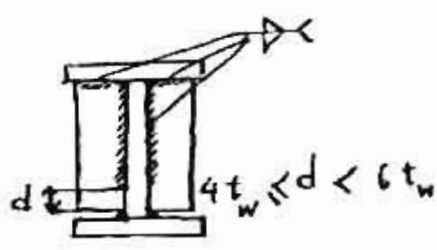
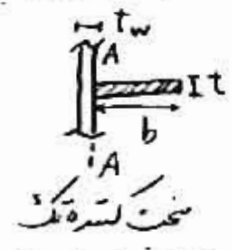
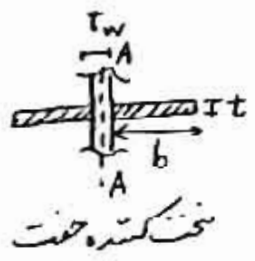
$$\left\{ \begin{array}{l} h/t_w \leq 2.46 \sqrt{E/F_y} \\ V_u < \phi_v V_n = \phi_v (0.6 F_y) C_v A_w \end{array} \right.$$

موضوع $k_v = 5$

α صلبیت سخت کشنده

$$I_{st} > j a t_w^3$$

$j = \frac{2.5}{(a/h)^2} - 2 \geq 0.5$
 I_{st} : میان اینرسی قطعات سخت کشنده نسبت به محور مرکزی ج



I_{st} نسبت به محور A-A

I_{st} نسبت به محور A-A

ضوابط اتصال سخت کشنده

الزمامات سخت کشنده در صورت استفاده از عمل میدان کششی

$$(h/t)_{st} \leq 0.56 \sqrt{E/F_y}$$

$$I_{st} \geq I_{st1} + (I_{st2} - I_{st1}) \left(\frac{V_u - V_{c1}}{V_{c2} - V_{c1}} \right)$$

I_{st} : میان اینرسی قطعات سخت کشنده کشنده

I_{st1} : میان اینرسی مورد نیاز بدون توجه به عمل میدان کششی

$$I_{st1} = j b t_w^3$$

$$I_{st2} = \frac{h^4 p^{1.3}}{40} \left(\frac{F_y}{E} \right)^{1.5}$$

V_u : بزرگترین مقاومت برشی مورد نیاز در چیده ای مجاور

V_{c1} : کوچکترین مقاومت برشی موجود در چیده ای مجاور

بدون توجه به عمل میدان کششی

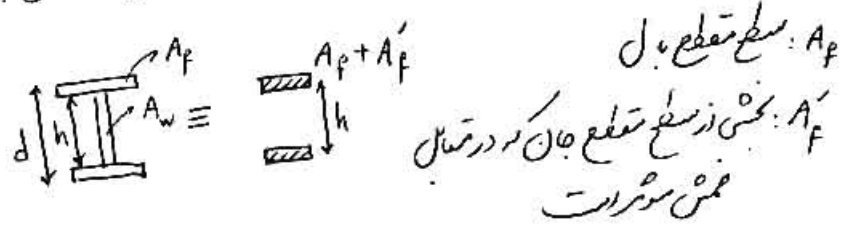
V_{c2} : کوچکترین مقاومت برشی موجود در چیده ای مجاور با توجه به عمل میدان کششی

$$p = \max \left\{ \frac{F_y}{F_{yst}} \right\}$$

* تعیین ابعاد اولیه مقطع

مقطع تیر و ورق باید گونه ای انتخاب شود که جاکمتری الزامات زیر باشد :

- ۱- مقاومت کافی برای تحمل گسرنش (S_x)
- ۲- سختی کافی برای محدود نمودن تغییر شکل (I_x)
- ۳- سختی جانبی برای جلوگیری از کمانش خمشی - جانبی بال فشاری (L_{yT})
- ۴- مقاومت برشی کافی
- ۵- سختی کافی برای بهبود مقاومت در مقابل کمانش یا مقاومت پس کمانش جان $(h_f = a/h)$



$$A_f' = \frac{A_w}{6}$$

$$A_f = \frac{M}{f h} - \frac{A_w}{6}$$

۴- تنش میانی بال

آرایش هیئت تیر و ورق :

آرایشی از تیر و ورق (h) که بزرگی آن سطح مقطع حد آتش می شود

$$h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{3 M \rho}{2 f}} ; \rho = h/t_w$$

$$M = M_u / \phi$$

۴- تنش میانی بال

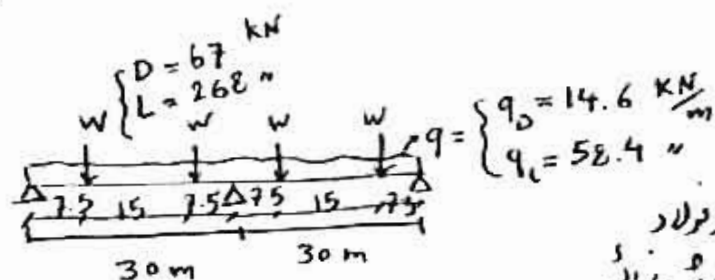
ابعاد بال :

$$b_f/d = 0.2 \sim 0.3 \quad (1)$$

عرض بال مضارب از ۵ ناشی می شود (۲)

نسبت $b_f/2 t_f$ در نواحی گسرنشی کمتر در حدود λ_p در نظر گرفته شود (۳)

(15)

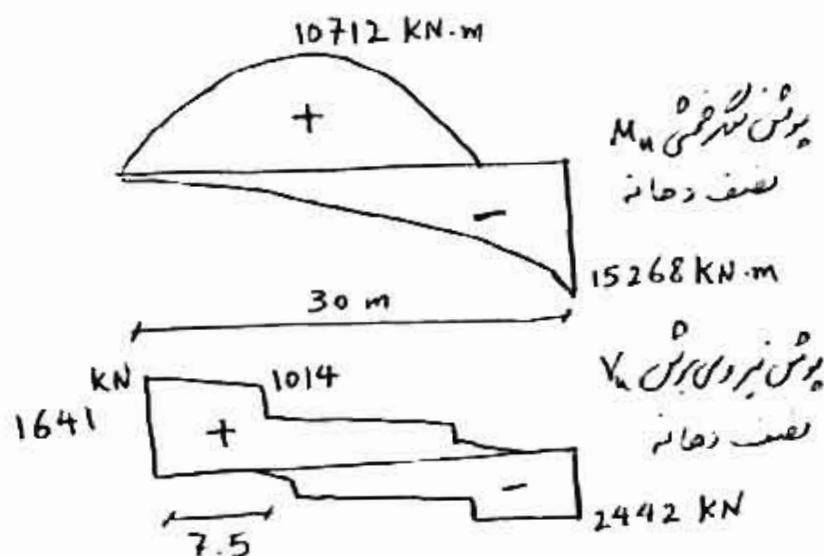


مثال: طراحی نیرو ورق

تیر در آن نشان داده شده در شکل را از فولاد ST-52 طرح کنید. پوشش سنگریزی و نیروی برش نشان برای نصف دهانه ارائه شده است.

تیر دارای 4 مارجین در کینکها و فواصل 7.5 متری است.

$$\text{ST-52} \begin{cases} F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2 \\ F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$



حل: (الف) محدودیت لاغری جان $(h/t_w)_{\text{max}}$

$$h/t_w \leq \begin{cases} 12 \sqrt{E/F_y} = 290 & \alpha_h \leq 1.5 \\ 0.4 E/F_y = 233 & \alpha_h > 1.5 \end{cases}$$

(ب) برای کاهش تدریجی بین کمانش جان

$$h/t_w > 5.7 \sqrt{E/F_y} = 138$$

(2) آرایش لپه (تدریجی)

$$h = \sqrt[3]{\frac{3 M A}{2 f}}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{3 (10712 / 0.9) \times 250}{2 \times 340 \times 10^3}} = 235 \text{ mm}$$

فرض $\beta = \frac{h}{t_w} = 250$
 $f = R_{pg} F_{cr} \approx 340 \text{ MPa} = 340 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$

$$h/t_w = 250 < 290 \leftarrow \text{رایج جان در محدوده تدریجی}$$

فرض $\begin{cases} h = 200 \text{ cm} \\ t_w = 0.8 \text{ cm} \end{cases}$

Use PL 200 x 0.8

درایه شش منحنی چون مقدار کمتر از مقدار مشخص است t_w را 1.2 cm افزایش می دهیم.

$$\begin{cases} h = 200 \text{ cm} \\ t_w = 1.2 \text{ cm} \end{cases}$$

درایه شش منحنی

Use PL 200x1.2 cm

(انتخاب ورق بال (درایه شش منحنی)

افرض $b_f/d = 0.3$

$$b_f = 200 \times 0.3 = 60 \text{ cm}$$

$$r_T = 0.3 b_f = 18 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.1 r_T \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 26 r_T = 26 \times 18 = 468 \text{ cm} < L_h = 750 \text{ cm}$$

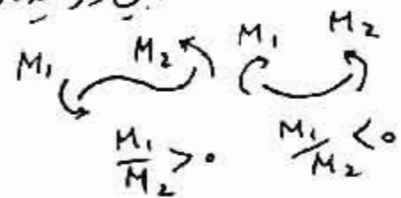
$$L_r = \pi r_T \sqrt{\frac{E}{0.7 F_y}} = 90 r_T = 90 \times 18 = 1620 \text{ cm}$$

$$C_b = 1.75 + 1.05 \frac{M_1}{M_2} + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2$$

رابطه قدیمی برای تغییرات خطی شش

$$C_b = 1.75 \quad M_1 = 0$$

در فاصله بین دو تکیه گاه جانبی تغییرات



$$F_{cr} = C_b F_y \left[1 - 0.3 \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] \leq F_y$$

$$F_{cr} > F_y \rightarrow F_{cr} = F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$$

افرض $a_w = \frac{A_w}{A_f} = 1.2$

$$R_{pg} = 1 - \frac{a_w}{1200 + 300 a_w} \left[h - 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right]$$

$$= 1 - \frac{1.2}{1200 + 300 \times 1.2} \left[\frac{200}{1.2} - 138 \right] = 0.97$$

$$R_{pg} F_{cr} = 0.97 \times 3600 = 3492 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_f = \frac{M_u / \phi}{R_{pg} F_{cr} h} - \frac{A_w}{6} = \frac{1527 \times 10^5 / 0.9}{3492 \times 200} - \frac{200 \times 1.2}{6} = 2.03 \text{ cm}^2$$

Use PL 60x3.5 cm ($A_f = 210 \text{ cm}^2$)

- حالت عدم کنش عرضی بال

$$\lambda = b_f / 2 t_f = \frac{60}{2 \times 3.5} = 8.57$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 8.95 > \lambda \rightarrow \text{کنش بال تعیین کننده است} \\ \lambda_r = 0.95 \sqrt{\frac{E K_c}{F_L}} \end{array} \right.$$

- حالت عدم کنش پیچشی - جانبی

$$a_w = \frac{200 \times 1.2}{60 \times 3.5} = 1.14$$

$$r_T = \sqrt{\frac{I_{yf}}{A_f + A_w/6}} = \sqrt{\frac{1/12 \times 60^3 \times 3.5}{60 \times 3.5 + 240/6}} = 15.87 \text{ cm}$$

$$L_p = 26 r_T = 26 \times 15.87 = 413 \text{ cm} < L_b = 750$$

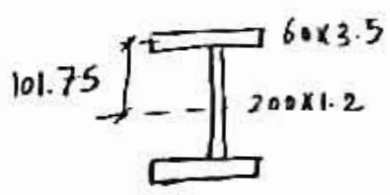
$$L_r = 90 r_T = 90 \times 15.87 = 1428 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \xrightarrow{C_b = 1.75} F_{cr} > F_y \rightarrow F_{cr} = F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$$

- حالت عدم کنش خمشی جان

$$h/t_w = 167 > 138 \rightarrow \text{بال لاغر است}$$

$$R_{pg} = 1 - \frac{1.14}{1200 + 300 \times 1.14} (167 - 138) = 0.97$$



$$I = 2 \times (60 \times 3.5) \times 101.75^2 + 200^3 \times 1.2 / 12 = 5148286 \text{ cm}^4$$

ناحیه پلر سفتی

$$S_x = I / 103.5 = 49742 \text{ cm}^3$$

$$M_n = R_{pg} F_{cr} S_{xc} = 0.97 \times 3600 \times 49742 \times 10^{-5} = 1737 \text{ T.m}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 1737 = 1563 \text{ T.m} > 1527$$

(18) (ه) انتخاب ورق بیل (ناحیه کشش نیست)

$$b_f = 60 \text{ cm}$$

$$\text{تقریب } R_{pg} = 0.9 \quad F_{cr} = F_y = 3600 \rightarrow R_{pg} F_{cr} = 3240$$

$$A_f = \frac{M_u / \phi}{R_{pg} F_{cr} h} - \frac{A_w}{6} = \frac{1071 / 0.9}{3240 \times 200} - \frac{200 \times 0.8}{6} = 157 \text{ cm}^2$$

Use PL 60 x 3 cm

- حالت محوری کشش موضعی بیل

$$\lambda = \frac{60}{2 \times 3} = 10 > \lambda_p = 8.95$$

$$\lambda_r = 0.95 \sqrt{\frac{E K_c}{F_L}} ; \quad K_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}} = \frac{4}{\sqrt{\frac{200}{0.8}}} = 0.25 < 0.35 \rightarrow K_c = 0.35$$

$$F_L = 0.7 F_y$$

$$\lambda_r = 0.95 \sqrt{\frac{2.1 \times 10^6 \times 0.35}{0.7 \times 3600}} = 16.2$$

$$F_{cr} = F_y \left[1 - 0.3 \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] = 0.95 F_y$$

- حالت محوری کشش نیکی - جانبی

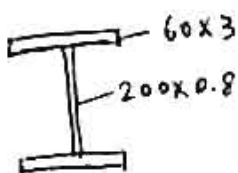
$$a_w = \frac{200 \times 0.8}{60 \times 3} = 0.89$$

$$r_T = \sqrt{\frac{1/12 \times 60^3 \times 3}{60 \times 3 + 160/6}} = 16.16 \text{ cm}$$

$$\begin{cases} L_p = 26 \text{ m} \quad r_T = 420 \text{ cm} \\ L_r = 90 \text{ m} \quad r_T = 1454 \text{ cm} \end{cases}$$

$$C_b = 1 \quad \text{فاصله کارانه}$$

$$F_{cr} = C_b F_y \left[1 - 0.3 \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] = 0.9 F_y = 3240 \text{ kg/cm}^2$$



نحیه کشش نیست

$$I = 4242413 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 41188 \text{ cm}^3$$

$$h/t_w = \frac{200}{0.8} = 250 > 138$$

$$R_{pg} = 1 - \frac{0.89}{1200 + 300 \times 0.89} (250 - 138) = 0.93$$

(19)

$M_n = R_{pg} F_{cr} S_{xc} = 0.93 \times 3240 \times 41188 \times 10^{-5} = 1241 \text{ T.m}$

$\phi M_n = 0.9 \times 1241 = 1117 \text{ T.m} > 1071 \text{ T.m}$

(ن) تساوت برسی تیر دردی

$V_u = 164 \text{ Ton}$

$A_w = 200 \times 0.8 = 160 \text{ cm}^2$

α بدون استفاده از عمل میدان گسی

$V_n = C_v (0.6 F_y) A_w \geq \frac{V_u}{\phi_v} \rightarrow C_v \geq \frac{164 / 0.9 \times 10^3}{0.6 \times 3600 \times 60} = 0.527$

$C_v < 0.8 \rightarrow C_v = \frac{1.51 K_v E}{(h/t_w)^2 F_y} = \frac{839 K_v}{(h/t_w)^2}$

$K_v \geq \frac{0.527 (\frac{200}{0.8})^2}{839} = 39.3$

$K_v = 5 + \frac{5}{(\frac{a}{h})^2} \geq 39.3 \rightarrow \frac{a}{h} \leq 0.38$

$a \leq 0.38 \times 200 = 76 \text{ cm} \xrightarrow{\text{Use}} a = 75 \text{ cm}$

α با استفاده از عمل میدان گسی

$\frac{a}{h} \leq \begin{cases} 3 \\ \left[\frac{260}{(h/t_w)} \right]^2 = \left(\frac{260}{250} \right)^2 = 1.08 \end{cases}$ شرایط استفاده از عمل میدان گسی

$\frac{2 A_w}{A_{pc} + A_{fc}} = \frac{2 \times 160}{2 \times 60 \times 3} = 0.89 < 2.5$

O.K.

$h/b_f = \frac{200}{60} = 3.33 < 6$

$(\frac{a}{h})_{\max} = 1.08 \text{ Say } 1 \rightarrow K_v = 5 + \frac{5}{1^2} = 10$

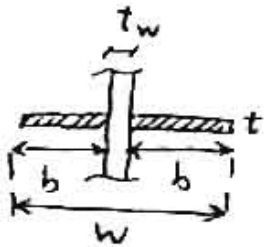
$C_v = \frac{839 K_v}{(h/t_w)^2} = \frac{839 \times 10}{(250)^2} = 0.134$

$V_n = 0.6 F_y A_w \left[C_v + \frac{1 - C_v}{1.15 \sqrt{1 + (\frac{a}{h})^2}} \right]$

$$V_n = 0.6 \times 3600 \times 160 \left[0.134 + \frac{1 - 0.134}{1.15 \sqrt{1 + 1^2}} \right] \times 10^{-3} = 231 \text{ Ton}$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 231 = 208 \text{ Ton} > V_u = 164$$

Use $a = 200 \text{ cm}$



کنترل ابعاد سخت کننده

$$I_{st} \geq a t_w^3 j ; j = \frac{2.5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} - 2 \geq 0.5$$

$$j = \frac{2.5}{0.38^2} - 2 = 15.3 ; a t_w^3 j = 75 \times 0.8^3 \times 15.3 = 588 \text{ cm}^3$$

$$I_{st} = t w^3 / 12$$

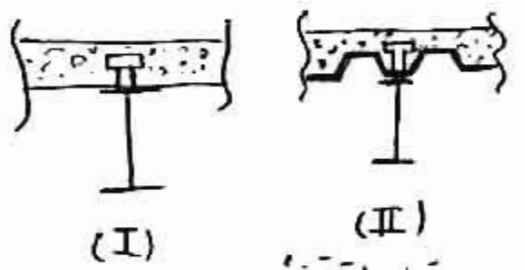
$$b/t \leq 0.56 \sqrt{E/F_y} = 0.56 \sqrt{\frac{2.1 \times 10^6}{2900}} = 16$$

$$\begin{cases} b = 12 \text{ cm} \\ t_s = 0.8 \end{cases} \rightarrow b/t = 15 \quad w = 24.8 \rightarrow I_{st} = \frac{0.8 \times 24.8^3}{12} = 1017 > 588 \quad \text{o.k.}$$

طرح‌های ترکیب فولادی - بتنی

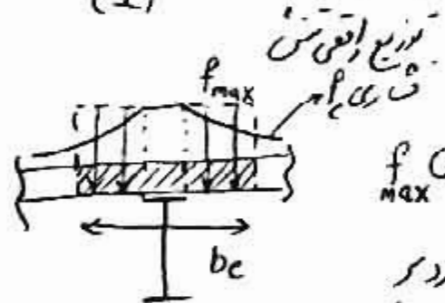
تقاطع‌های مختلف به عرشه‌های کامپوزیت که با نور استاندارد مورد استفاده قرار می‌گیرند مورد توجه قرار می‌گیرند:

- I } تقاطع ترکیب از پروفیل فولادی یا تیر درون همراه با بتن درجا ریخته شده بدون عرشه فلزی
- II } تقاطع ترکیب از پروفیل فولادی یا تیر درون همراه با بتن درجا ریخته با ورق‌های فلزی موجود



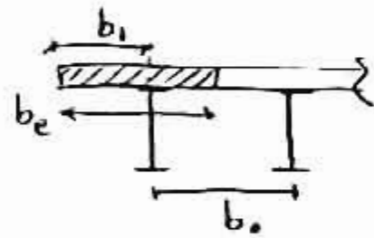
در این صورت مقاطع نوع I مورد بررسی قرار می‌گیرد.

+ عرض موثر



عرض لزدال بتنی است که با فرض تنش حداکثر f_{max} در آن نیروی کششی بتن برابر نیروی فشاری دال است.

$\int f_c da = f_{max} b_e$
 $t_s \geq 80 \text{ mm}$



$b_e = \min \left\{ \begin{matrix} L/4 \\ b_o \end{matrix} \right\}$

$b_e = \min \left\{ \begin{matrix} L/8 + b_1 \\ b_o/2 + b_1 \end{matrix} \right\}$

* مقاومت خمشی اسمی مقاطع مختلف

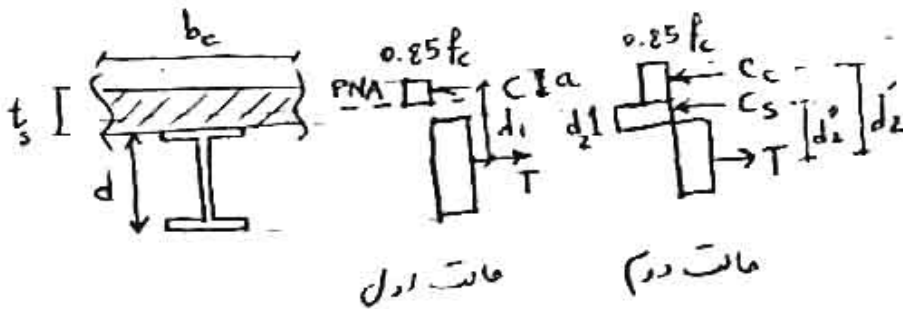
مقاومت خمشی اسمی M_n مقاطع مختلف از بتن تحت فشار است در دو حالت زیر بررسی می‌شود:

11 $h/t_w \leq 3.76 \sqrt{E/F_y}$ ← اگر تمام این M_n بر اساس توزیع پلاستیک من بردی منقطع
مخلط تقسیم می شود

12 $h/t_w > 3.76 \sqrt{E/F_y}$ ← بر اساس جمع آثار تنش های ارتجاعی با در نظر گرفتن اثر پایداری تحت
در حالت حدی تقسیم می شود

معمولاً M_n بر اساس توزیع پلاستیک من:

حالت اول: محور خنثی پلاستیک (PNA) در دال
حالت دوم: " " " " در مقطع فولادی



حالت اول حالت دوم

حالت اول:

$$\begin{cases} C = 0.85 f_c a b_e \\ T = A_s F_y \end{cases} \xrightarrow{C=T} a = \frac{A_s F_y}{0.85 f_c b_e}$$

$$M_n = C d_1 = T d_1 \quad ; \quad d_1 = d_2 + t_s - a/2$$

حالت دوم:

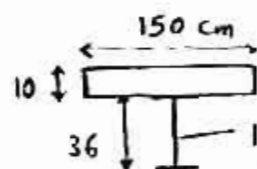
$$C_c = 0.85 f_c b_e t_s$$

$$T = C_c + C_s = A_s F_y \rightarrow C_s = \frac{A_s F_y - C_c}{2}$$

مقدار d_2 از روی نیروی C_s تقسیم می شود

$$M_n = C_c d'_2 + C_s d''_2$$

(23)



IPE 360 ST-37
($A_s = 72.7 \text{ cm}^2$)

مسئله: محاسبه تفسیر ظرفیت خمشی بر محفظه نشان داده شده:

$$\begin{cases} f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ f_c = 280 \\ n = 8 \end{cases}$$

حل:
$$h/t_w = \frac{29.86}{0.8} = 37 < 3.76 \sqrt{E/f_y} = 111 \rightarrow \text{درین پلاستیک}$$

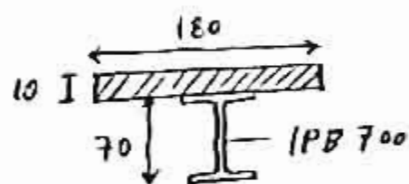
$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b_c} = \frac{72.7 \times 2400}{0.85 \times 280 \times 150} = 4.9 \text{ cm} < 10$$

$$C_c = 0.85 f_c a b_c = 0.85 \times 280 \times 4.9 \times 150 \times 10^{-3} = 175 \text{ Ton}$$

$$d_1 = \frac{36}{2} + 10 - 4.9/2 = 25.6 \text{ cm}$$

$$M_n = C_c d_1 = 175 \times 25.6 \times 10^{-2} = 44.8 \text{ T.m}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 44.8 = 40 \text{ Ton.m}$$



IPB 700

مسئله: محاسبه تفسیر ظرفیت خمشی بر محفظه نشان داده شده:

$$\begin{cases} f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ f_c = 280 \\ n = 8 \end{cases}$$

$$\text{IPB 700} \begin{cases} A = 306 \text{ cm}^2 \\ b_f = 30 \text{ cm} \\ t_f = 3.2 \\ t_w = 1.7 \\ Z = 8327 \text{ cm}^3 \end{cases}$$

حل:
$$h/t_w = \frac{58.2}{1.7} = 34 < 111 \rightarrow \text{درین پلاستیک}$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b_c} = \frac{306 \times 2400}{0.85 \times 280 \times 180} = 17 \text{ cm} > t_s = 10$$

محور نشانی در زیر پروفیل فولادین خواهد بود

$$C_c = 0.85 f_c b_c t_s$$

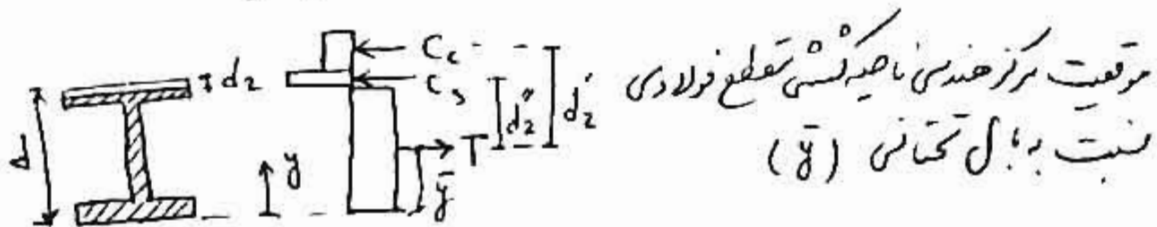
$$= 0.85 \times 280 \times 180 \times 10 \times 10^{-3} = 428.4 \text{ Ton}$$

$$C_s = \frac{A_s f_y}{2} - C_c = \frac{306 \times 2400 \times 10^{-3}}{2} - 428.4 = 153.2 \text{ T.}$$

(24)

با فرض اینکه تارخشی پلاستیک (PNA) در بال برقرار باشد:

$$d_2 = \frac{C_s}{F_y b_f} = \frac{153.2 \times 10^3}{2400 \times 30} = 2.13 < t_f = 3.2 \text{ cm} \quad \text{O.K.}$$



$$\bar{y} = \frac{A_s d_2' - b_f d_2 (d - \frac{d_2}{2})}{A_s - b_f d_2}$$

$$\bar{y} = \frac{306 \times \frac{70}{2} - 30 \times 2.13 (70 - \frac{2.13}{2})}{306 - 30 \times 2.13} = 26 \text{ cm}$$

$$d_2' = d + \frac{t_f}{2} - \bar{y} = 70 + 5 - 26 = 49 \text{ cm}$$

$$d_2'' = d - \frac{d_2}{2} - \bar{y} = 70 - \frac{2.13}{2} - 26 = 43 \text{ cm}$$

$$M_n = C_c d_2' + C_s d_2''$$

$$= [153.2 \times 49 + 428.4 \times 43] \times 10^{-2} = 276 \text{ T.m}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 276 = 248.4 \text{ T.m}$$

ظرفیت خمشی بر مبنای مود (حالت تنایس - با فرض مود دوم راجع به)

$$\phi M_n = \phi F_y Z = 0.9 \times 2400 \times 8327 \times 10^{-5} = 180 \text{ Ton.m}$$

$$\frac{248.4}{180} = 1.38$$

طراحی درنگیرها:

برش افقی بین دال بتنی و تیر فولادی باید توسط برنگیرهای فولادی تحمل شود.

برنگیرها طبق آیین نامه در نوع می باشند. } گالینگ
ناودانی

۱- گالینگ

$$Q_n = 0.5 A_{sc} \sqrt{f_c E_c} \leq R_g R_p A_{sc} F_u$$

مقاومت برشی اسمی:

A_{sc} : سطح مقطع برنگیر

F_u : مقاومت کششی نایب گالینگ

E_c : مدول الاستیته بتن $E_c = 5000 \sqrt{f_c} \text{ (MPa)}$

R_g و R_p : ضرایب اصلاحی برای مقاطع تحت بار و در آن هم می توانی سرچهار

در مقاطع تحت بار بدون درز فولادی می باشد
 $R_p = 0.75$, $R_g = 1$

۲- ناودانی

$$Q_n = 0.3 (t_f + 0.5 t_w) L_a \sqrt{f_c E_c}$$

t_w : ضخامت جان ناودانی

t_f : ضخامت لبه ناودانی (ضخامت متوسط)

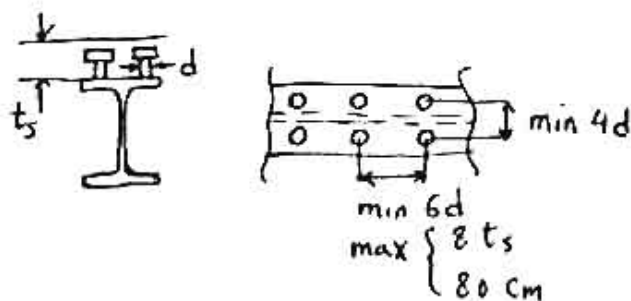
L_a : طول ناودانی

مقادیر مقاومت برشی اسمی Q_n از رایج برنگیر (بر حسب Ton)

$f_c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$			نوع برنگیر	مقطع ها از نوع ASTM-A108 $F_u = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
300	250	200		
	4.2		تک طبق برپوش به قطر 13 و طول 50	
	6.3		65 ~ 16 ~ ~ ~	
	9.9		75 ~ 20 ~ ~ ~	
	12		90 ~ 22 ~ ~ ~	
			ناودانی 60	
2.5 La	2.1 La	1.8 La	80 ~	
3 La	2.6 La	2.2 La	100 ~	
3.1 La	2.7 La	2.3 La	140 ~	
3.7 La	3.2 La	2.7 La		

مقاومت فولاد بتن شده است

محدودیت تراص طعج ها :



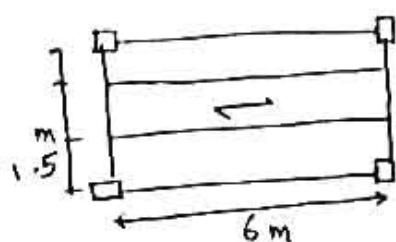
روش طراحی برشگدها :

در اعضای خمشی محظوظ، کل نیروی برشی افقی بین برش و منحنی دال بتنی باید توسط برشگیر منتقل شود. این نیروی برشی از رابله زیر بدست می آید :

$$V_h = \text{Min} \begin{cases} 0.85 f_c b_e t_s \\ A_s F_y \end{cases}$$

این نیروی برشی باید در حد میل محل گشایش حد اکثر تا محل گشایش صفر توسط برشگیرهای که در دال گسیان قرار داده می شوند منتقل گردد

تعداد برشگدهای مورد نیاز در ضلع بین مقطع گشایش حد اکثر گشایش صفر برابر نیروی برشی افقی V_h بخش برش و است برشی اسمی یک برشگیر می باشد.



مثال : پلان تیر زنی فرعی یک سقف تال دارد که در

$$\begin{cases} w_D = 600 \text{ kg/m} \\ w_L = 500 \text{ "} \end{cases}$$

سقف را از نوع محظوظ با بتن صلب درجه ۲۱۰ $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ و پر دال مناسب از ST-37 طرح کنید.

حل :

الف) بارهای وارد بر تیر میانی

$$\begin{cases} q_D = 0.6 \times 1.5 = 0.9 \text{ T/m} \\ q_L = 0.5 \times 1.5 = 0.75 \text{ "} \end{cases}$$

$$q_u = 1.2 \times 0.9 + 1.6 \times 0.75 = 2.28 \text{ T/m}$$

$$M_u = q_u l^2 / 8 = 2.28 \times 6^2 / 8 = 10.26 \text{ T.m}$$

$$b_e = \text{min} \begin{cases} 150 \text{ cm} \\ 600 / 4 = 150 \text{ cm} \end{cases} = 150 \text{ cm}$$

ب) عرض تیر

(2) محاسبه مقطع اوربیت
 - با فرض قرار گرفتن PNA در لبه فشرش

$$M_n = A_s F_y d_1 = \frac{M_u}{\phi}$$

$$\rightarrow A_s = \frac{M_u}{\phi F_y d_1}$$

$$d_1 = d/2 + t_s - \frac{a}{2} = 19 \text{ cm}$$

$$\begin{cases} a = 2 \text{ cm} \text{ فرض} \\ t_s = 10 \text{ cm} \\ d = 20 \text{ cm} \end{cases}$$

$$A_s = \frac{10.26 \times 10^6}{0.9 \times 2400 \times 19} = 25 \text{ cm}^2$$

Use IPE 200 ($A_s = 28.5 \text{ cm}^2$)

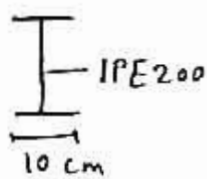
$$a = \frac{A_s F_y}{0.85 f_c b_e} = \frac{28.5 \times 2400}{0.85 \times 210 \times 150} = 2.55 \text{ cm}$$

$$C = 0.85 \times 210 \times 2.55 \times 150 \times 10^{-3} = 68.28 \text{ Ton}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 68.28 \left(\frac{20}{2} + 10 - \frac{2.55}{2} \right) \times 10^{-2} = 11.5 \text{ Ton.m} > M_u \text{ o.k.}$$

(د) برشگیرها

$$V_n = \min \begin{cases} 0.85 f_c b_e \\ A_s F_y \end{cases} = 28.5 \times 2400 \times 10^{-3} = 68.4 \text{ Ton} \quad \text{و چون } a < t_s$$



Use UNP 80 ($L = 8 \text{ cm}$) با فرض برش در لبه فشرش

$$Q_n = 2.2 L_a = 2.2 \times 8 = 16.8 \text{ Ton}$$

$$N = \frac{68.4}{16.8} = 4.07 \rightarrow \text{Say } 5 \quad \text{تعداد برشگیر نصف دهانه}$$

که در دهانه از 10 تا 15 دانه به فواصل 60 cm استفاده می‌شود

$$60 < 8 t_s = 80 \text{ cm o.k.}$$

اتصالات و وسایل اتصال

در سازه های فولادی، اتصالات از دیرباز بسیار مهم و حیاتی محسوب می شود و جزئیات مختلفی باید در لحاظ آنها در نظر گرفته شود.

قبل از مطالعه انواع اتصالات، باید به انواع وسایل اتصال آشنا شویم.

وسایل اتصال } پیچ
چوش

پیچ

انواع پیچ های متداول در اسکلت های فولادی } پیچ های معمولی
پیچ های پر متناوب

استفاده از پیچ های معمولی فقط در اتصالات آکائی مجاز می باشد.

پیچ های پر متناوب هم در اتصالات آکائی و هم اصطکاکی کاربرد دارد.

پیچ های در قطر های 12 تا 38 میلیمتر موجود اند. در صنعت ساختمان متداول

آکائی آنها قطر های 20, 22^{mm} می باشد (M20, M22)

مشخصات پیچ‌های موجود در ایران (بر طبق استاندارد ASTM)

نوع پیچ	ASTM	ISO	$F_y (kg/cm^2)$	$F_u (kg/cm^2)$
معمولی	A307	4-6	2400	4000
درخت‌میک	A325 $d \leq 25 mm$	8-8	6400	8000
	A325 $d > 25 mm$	—	—	7250
	A490	10-9	9000	10,000

طبقه بندی پیچ ها از نظر عملکرد
 آکائی
 اصطکائی

در اتصالات آکائی صنعت متصل شونده توسط پیچ می‌توانند تحت بارهای مرسوم بلفزند بخوبی که تنه پیچ با جداره سورف تماس پیدا کند و در این حالت نیازی به ایجاد نیروی پیش تنیدگی در پیچ نیست و فقط کردن پیچ توسط آچار به میزان لازم جهت تماس صنعت کافی است (Snug Tight)

در اتصالات اصطکاکی همچون لغزش بین صفحات و اخراج متصل نمونه تحت بارهای

سوی نباید رخ دهد. هیچ نباید توسط آچار مدرج Torque Meter یا

سمانه‌ن اضافی مهر، یا توسط دایرکسی قابل اندازه‌گیری به نحوی مفت نمونه

که نیروی کشش کشیدگی در آنها بوجود آید.

در اکثر هیچ، نیروی کشش کشیدگی مورد نیاز برای بران به رویش رسی در 0.5 دور

صفحات اضافی هیچ از زمانی که مفت شد ایجاد می‌گردد.

حد آستان نیروی کشش کشیدگی هیچ در اتصالات اصطکاکی

نیروی کشش کشیدگی حد آستان هیچ طبق آیین‌نامه ایران عبارت است از:

$$T_p = 0.55 F_u A_b$$

A_b : سطح مقطع اسمی هیچ (ناحیه دندان‌شده)

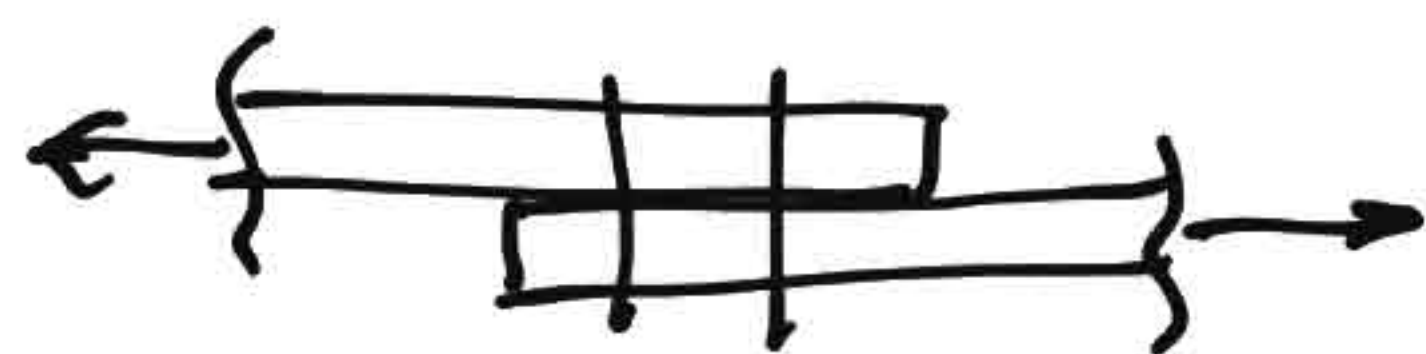
برای هیچ‌های متداول در مقادیر جدول صفحه بعد استفاده می‌شود.

حد آمل نیروی کشش تنیدگی (KN)

قطر اسمی پیچ	A325	A490
M16	91	114
M20	142	179
M22	176	221
M24	205	257
M27	267	334
M30	326	408
M36	475	595

زفتار پیچ در مقابل نیرو

۱- زفتار برشی
۲- زفتار کششی
۳- ترکیب برش و کشش



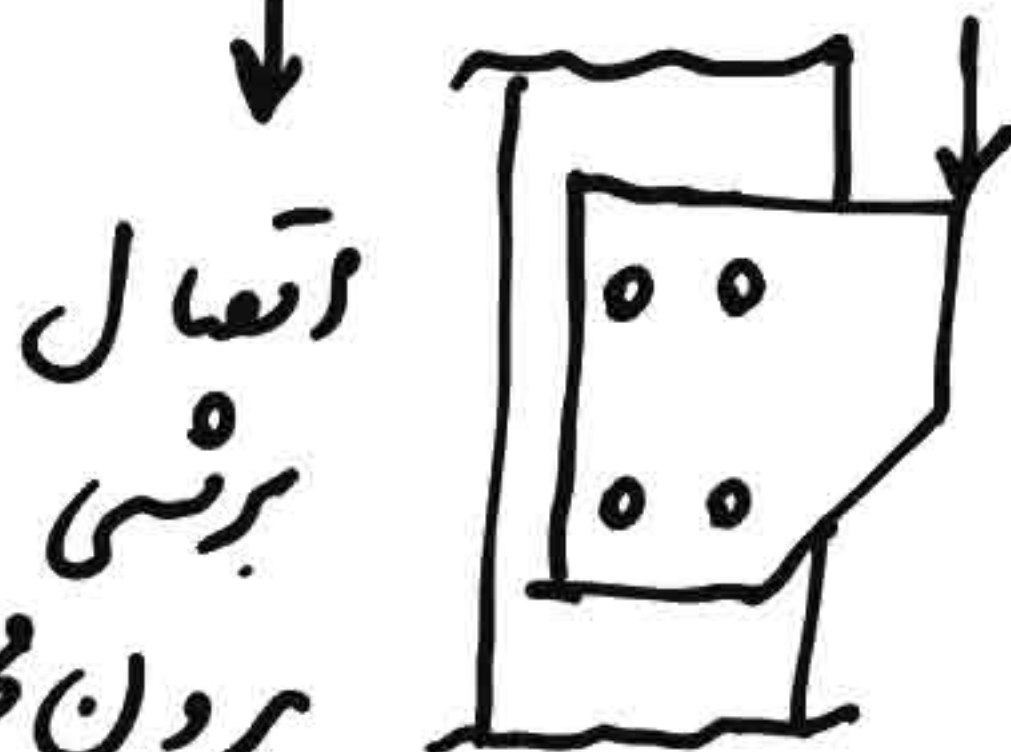
اتصال رویم (کنت برش)



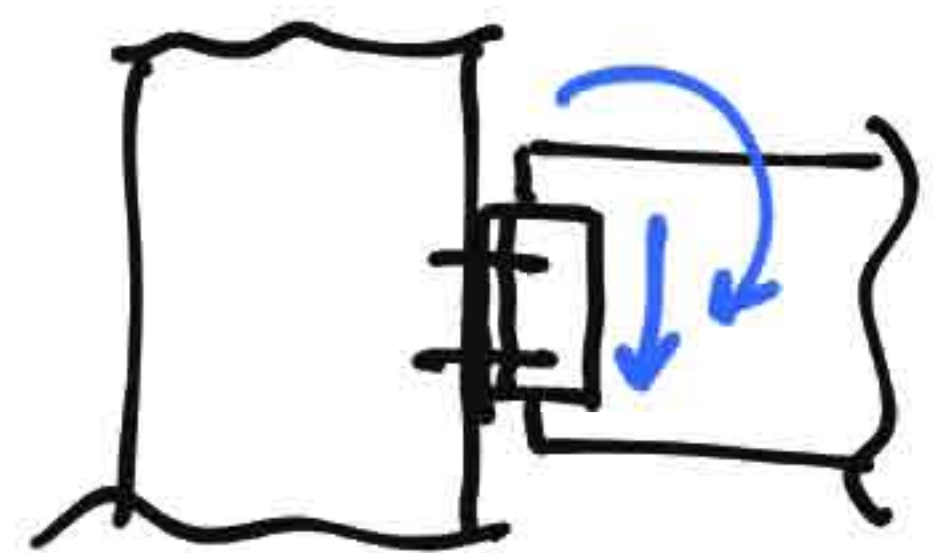
اتصال رویم (دو برش)



اتصال
کششی



اتصال
برشی
بدون محور



اتصال با زفتار
ترکیب برش و کشش

این نام دو نوع عملکرد را برای پیچ و برش مبنی نموده است { آنکائی
(اصطلاحاً)

اتصالات آنکائی در جاهایی استفاده می‌شوند که لغزش صفحات متصل شونده حائز

اهمیت نباشد. در صورتی که اتصال در معرض بارهای رفت و برگشتی بوده و

آثار خستگی حائز اهمیت باشد یا اگر از سیاه یا سوراخ‌های بزرگتر از اندازه

استاندارد در راستای نیرو استفاده شده باشد، یا اینکه لغزش صفحات امر

مخرب برای اجزای متصل شونده درشته باشد، در اینصورت معمولاً از اتصالات

اصطلاحاً استفاده می‌شود.

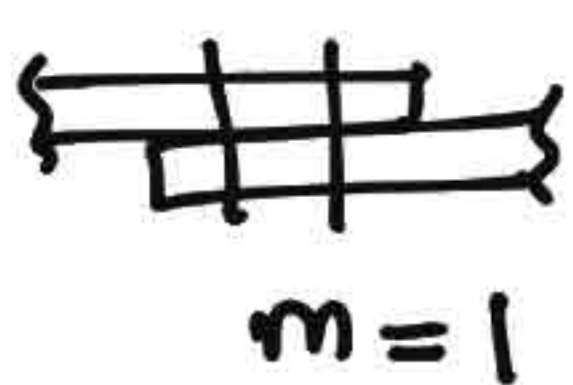
مقاومت برشی پیچ

$$R_{nv} = m F_{nv} A_b$$

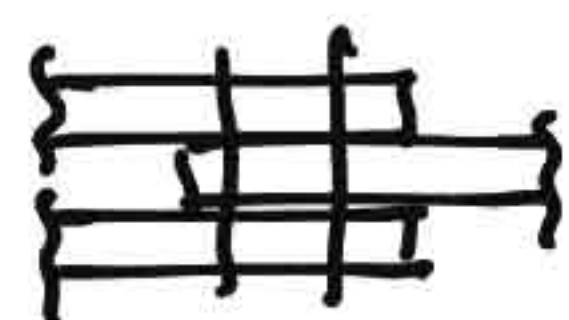
مقاومت برشی اسمی پیچ

A_b : سطح مقطع خالص پیچ (مقطع دندان زده یا تنه پیچ)

m : تعداد صفحات برش



$m=1$



$m=2$

مقاومت طرح ϕR_{nv} ($\phi=0.75$)

مقاومت کششی پیچ

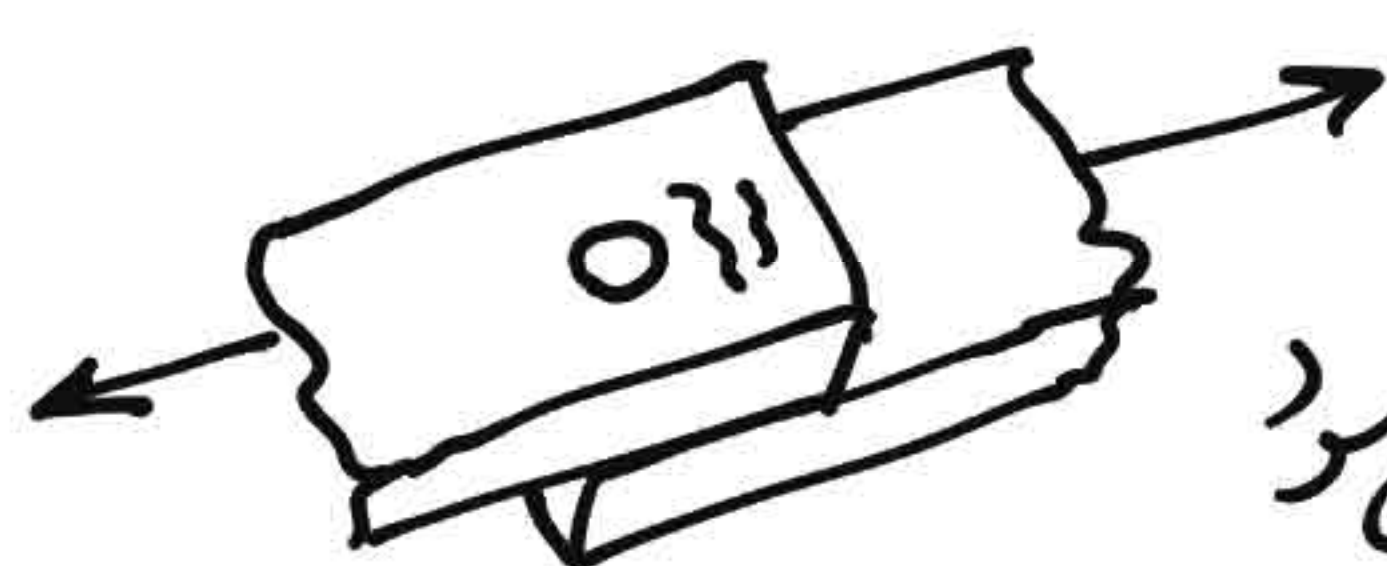
$$R_{nt} = F_{nt} A_b$$

مقاومت طرح ϕR_{nt} ($\phi=0.75$)

نوع پیچ	F_{nt}	F_{nv}
پیچ معمولی	$0.75 F_u$	$0.45 F_u$
پیچ پرستاریت (سطح برش از قسمت دندان‌سندی گذرد)	$0.75 F_u$	$0.45 F_u$
پیچ پرستاریت (سطح برش از قسمت دندان‌سندی نمی‌گذرد)	$0.75 F_u$	$0.55 F_u$

تقویت آکائی در جداره سوراخ پیچ

حالت‌های تقویت آکائی مربوط به تغییر شکل‌های پس از حد در اطراف سوراخ پیچ است. در این حالت ممکن است گنجشکی در اثر باره شدن ورق اتصال ایجاد شود.

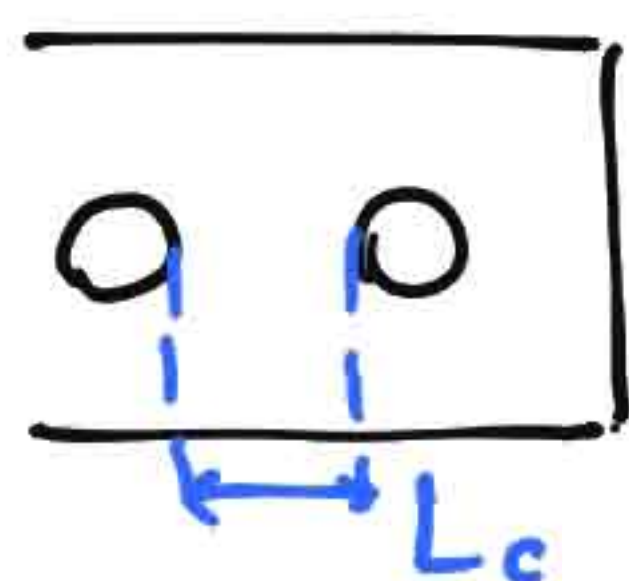
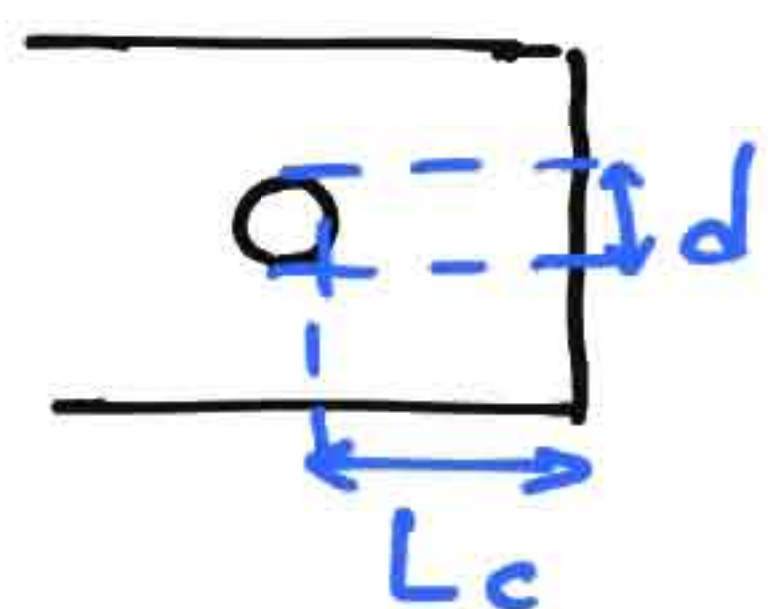


تقویت اسمی آکائی به صورت زیر محاسبه می‌گردد

$$R_n = 2tL_c(\tau_u^p)$$

$$\tau_u^p = 0.6 F_u \quad \text{تقویت برشی ورق}$$

L_c : فاصله خاص در امتداد نیرو بین لبه سوراخ‌ها یا لبه سوراخ تا لبه آزاد
قطعه متصل شوند.

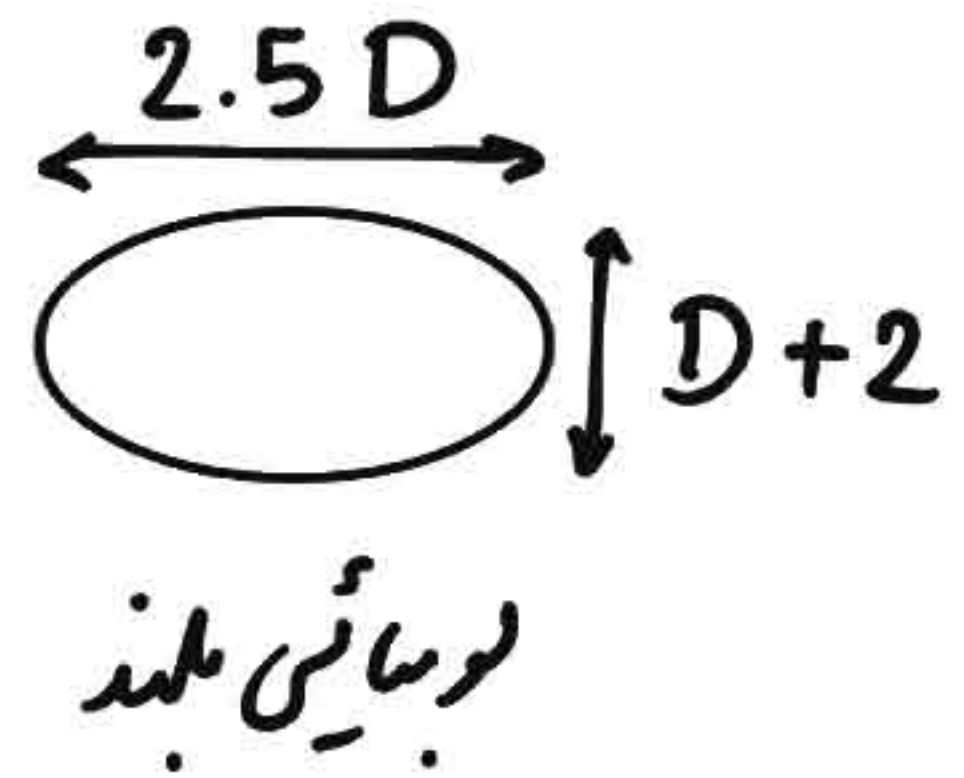
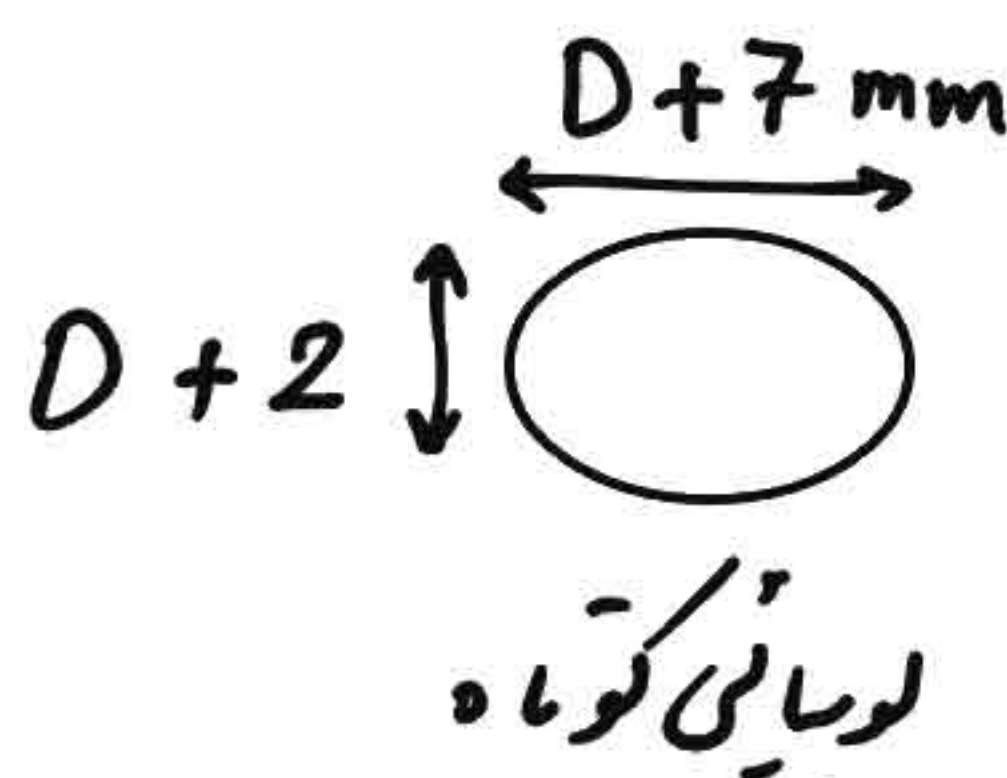
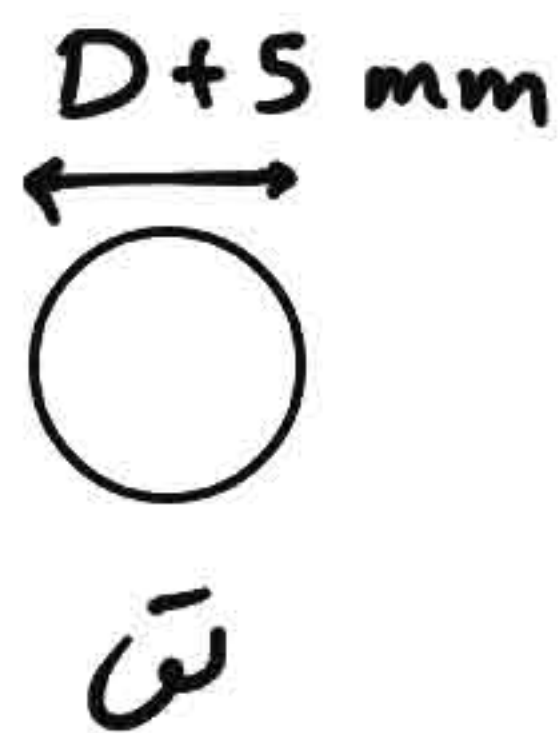


لذا داریم:

$$R_n = 1.2 L_c t F_u$$

انواع سوراخ پیچ

سوراخ استاندارد - در اتصال آکائی و اصطکاکی بکاری رود.
 سوراخ لقی (بزرگ) - فقط در اتصال اصطکاکی بکاری رود.
 سوراخ لوبیائی { کوتاه، بلند



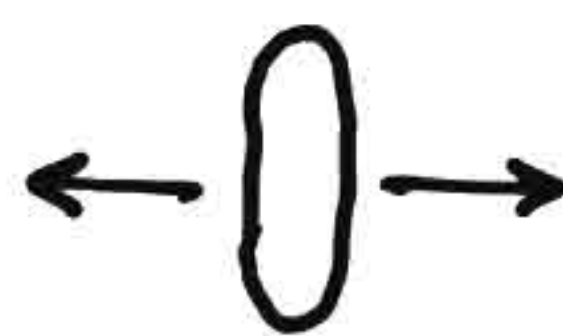
D: قطر سی پیچ

سوراخ های لوبیائی در اتصالات اصطکاکی در تمامی ابعاد و در اتصالات آکائی باید ابعاد طولی سوراخ عمود بر ابعاد نبرد باشد.

ضوابط ریش نام برای ستادیت آکائی در جدار سوراخ پیچ

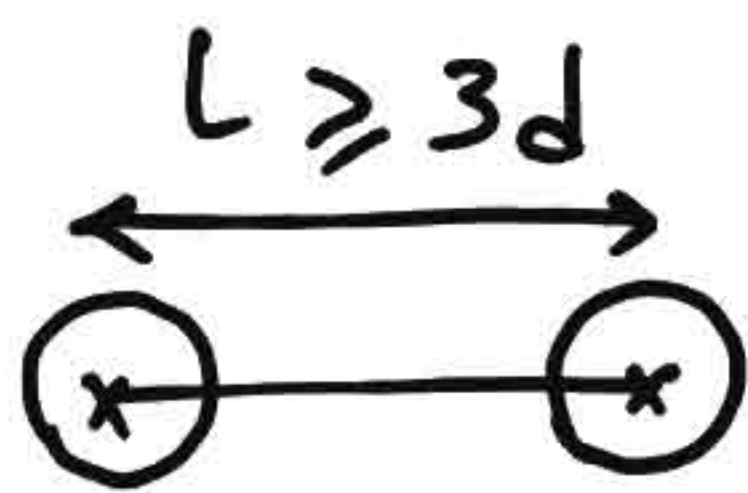
سوراخ استاندارد، لقی و لوبیائی کوتاه
 $R_n = 1.2 L_c t F_u \leq 2.4 D t F_u$
 و لوبیائی بلند - بار در ابعاد طولی

سوراخ لوبیائی بلند در حالتی که بار
 در امتداد عرضی است.



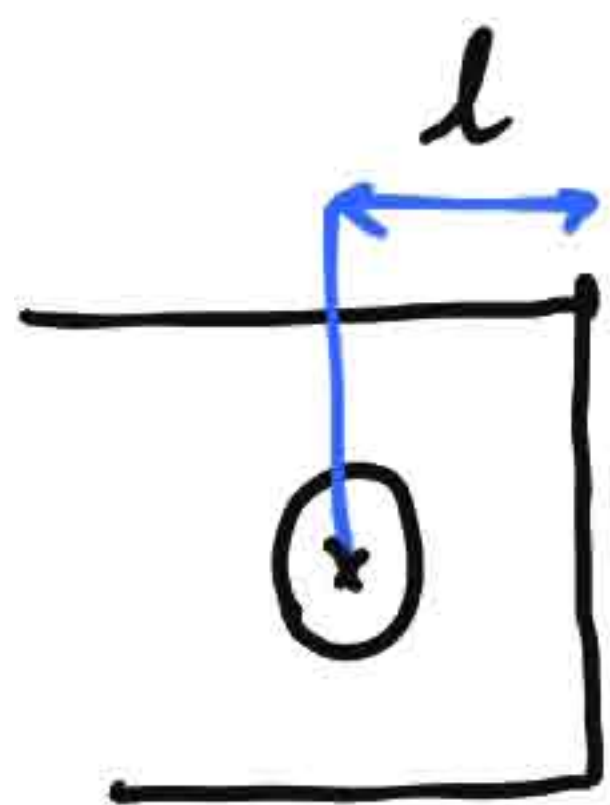
فواصل مربوط به فواصل سوراخ

این فواصل برای سهولت ساخت است و ارتباطی به الزامات مهارت آکس ندارد.



حد آتن فواصل سوراخ

حد آتن فاصله سوراخ تا لبه ورق



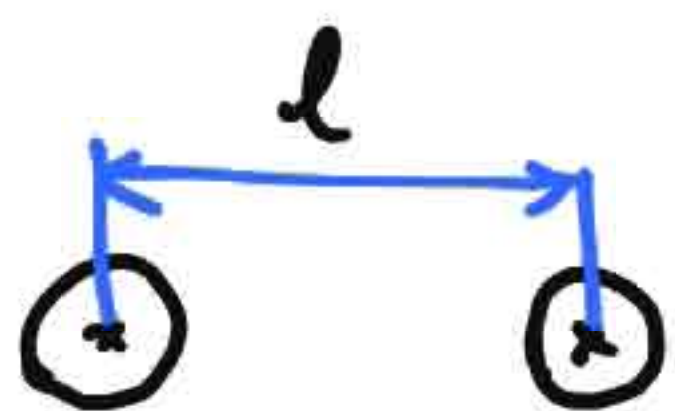
سوراخ است ندارد } لبه نورد شده - بریده شده با تعدیه
 $l \geq 1.75d$
 $l \geq 2d$

سوراخ لن، لوبائی } لبه نورد شده
 $l \geq 1.75d + c$
 $l \geq 2d + c$ لبه بریده شده با قشقی

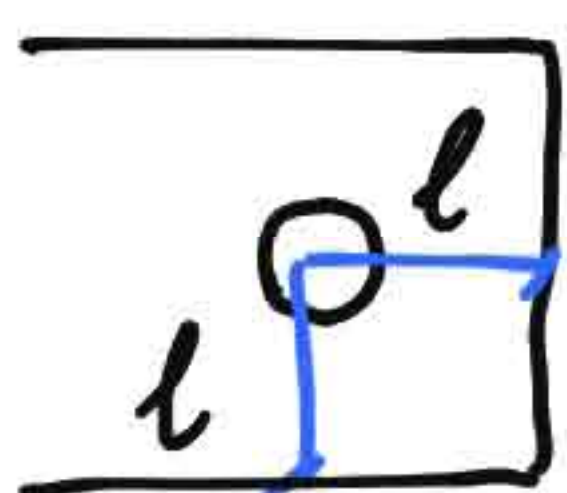
لوبائی ملیند	لوبائی کوتاه	سوراخ لن
$0.75d$	5 mm	3 mm
C		

حد اکثر فواصل سوراخ

محدودیت حد اکثر فواصل منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت و جلوگیری از خوردگی بین اعضای متصل شونده اعمال می شود.



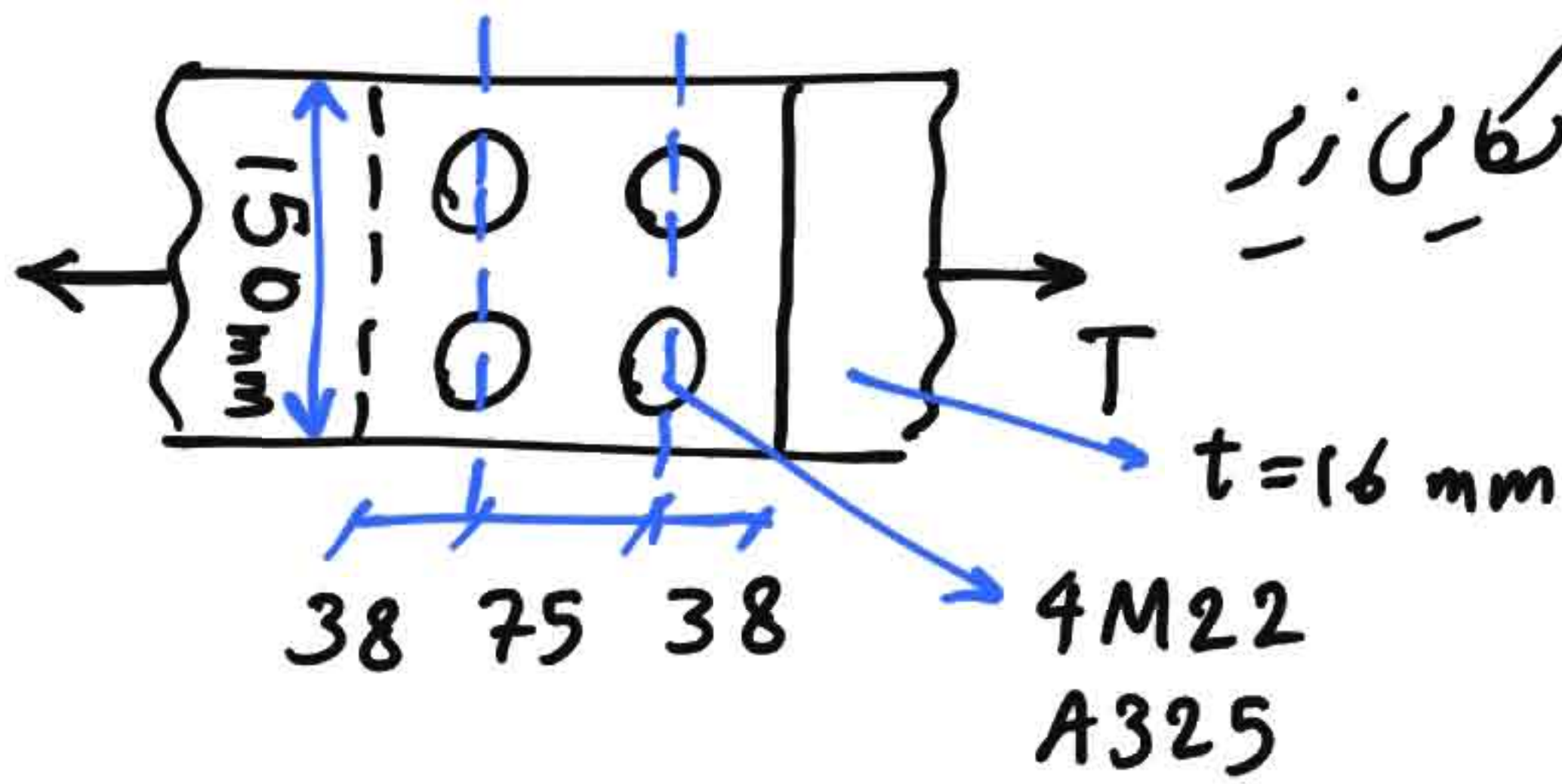
فاصله مرکز تا مرکز } شرایط خوردگی کم
 $l \leq \begin{cases} 24t \\ 300 \text{ mm} \end{cases}$
 به خوردگی بیشتر
 $l \leq \begin{cases} 14t \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$



فاصله مرکز سوراخ } شرایط خوردگی کم
 $l \leq \begin{cases} 12t \\ 150 \text{ mm} \end{cases}$
 تا لبه ورق } شرایط خوردگی بیشتر
 $l \leq \begin{cases} 8t \\ 125 \text{ mm} \end{cases}$

در روابط فوق t ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده می باشد

مسئله ①



مطابقت محاسبه ظرفیت گسیل اتصال آکایی زیر

$$ST-52 \begin{cases} F_y = 3500 \text{ kg/cm}^2 \\ F_u = 5200 \end{cases}$$

صفحه برش از قسمت دندانهای شیار میگذرد.

حل:

$$A_g = 150 \times 16 = 2400 \text{ mm}^2$$

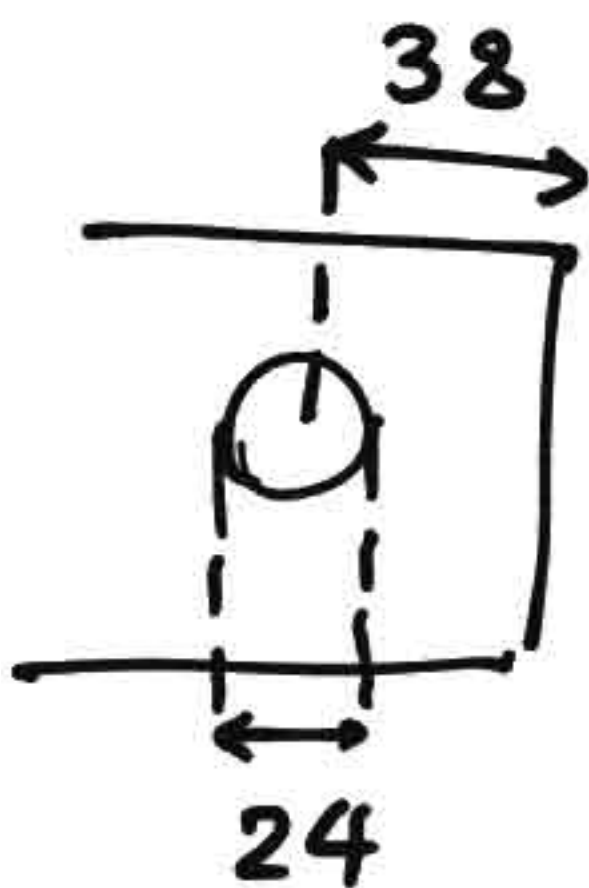
$$A_n = [150 - 2(24)] \times 16 = 1632 < 0.85 A_g = 2040$$

$$\begin{cases} \phi T_n = \phi F_y A_g = 0.9 \times 350 \times 2400 \times 10^{-3} = 756 \text{ kN} \\ \phi T_n = \phi F_u A_e = 0.75 \times 520 \times 1632 \times 10^{-3} = \underline{636 \text{ kN}} \checkmark \end{cases}$$

تساوت برش میسر:

$$F_u = 8000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi R_n = \phi F_{nv} m A_b = 0.75 (0.55 \times 800) \times 1 \times \pi \frac{22^2}{4} \times 10^{-3} = \underline{125 \text{ kN}}$$



تساوت آکایی میسر:

$$L_c = 38 - \frac{24}{2} = 26 < 2d = 44 \text{ mm}$$

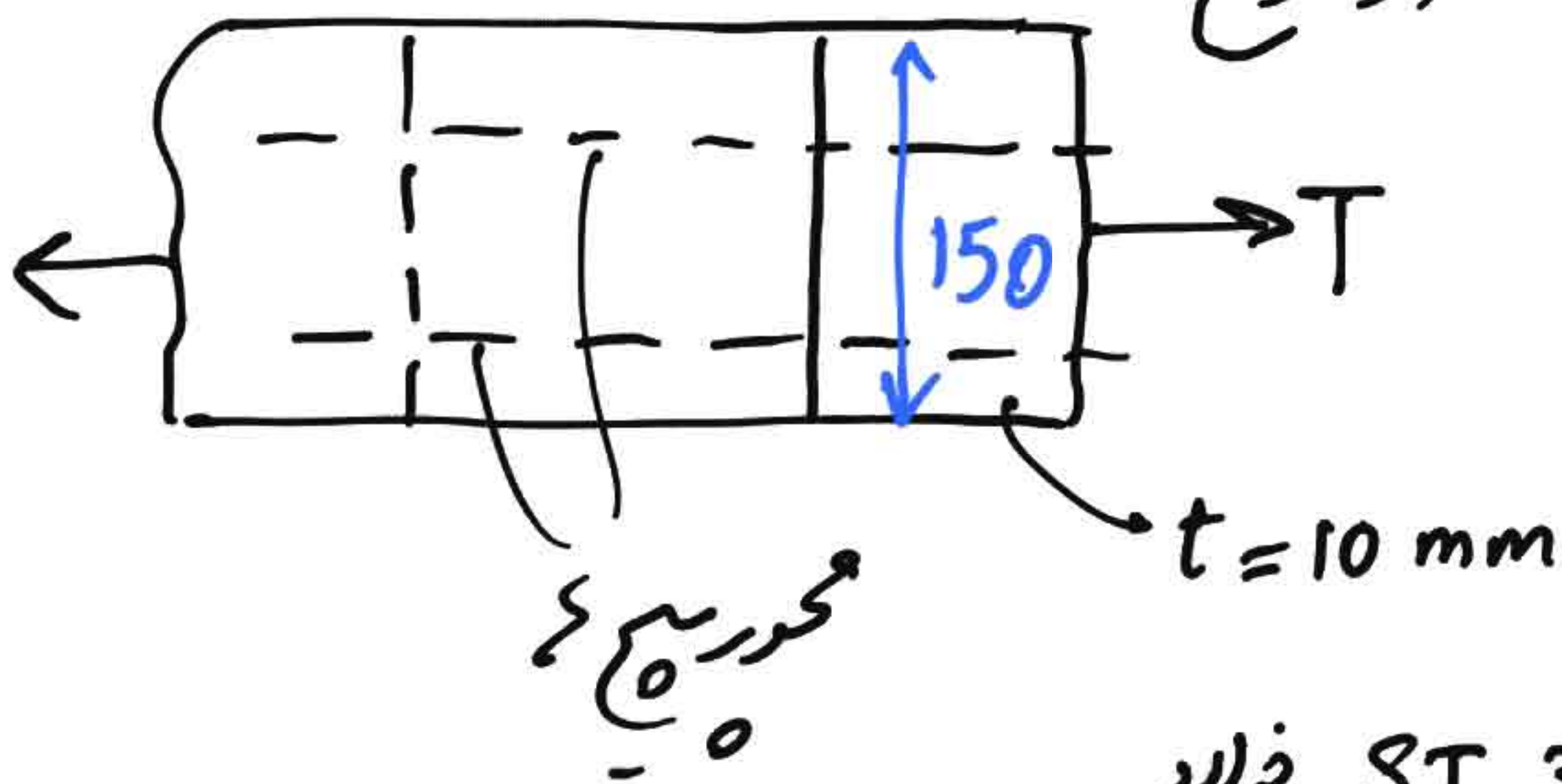
$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi (1.2 L_c t F_u) < 2.4 d t F_u \\ &= 0.75 \times 1.2 \times 26 \times 16 \times 520 \times 10^{-3} \\ &= \underline{195 \text{ kN}} < 2.4 \times 22 \times 16 \times 520 \times 10^{-3} = 439 \end{aligned}$$

$$\phi T_n = 4 \times 125 = 500 \text{ kN} < 636 \quad \text{برش میسر کنترل کننده است}$$

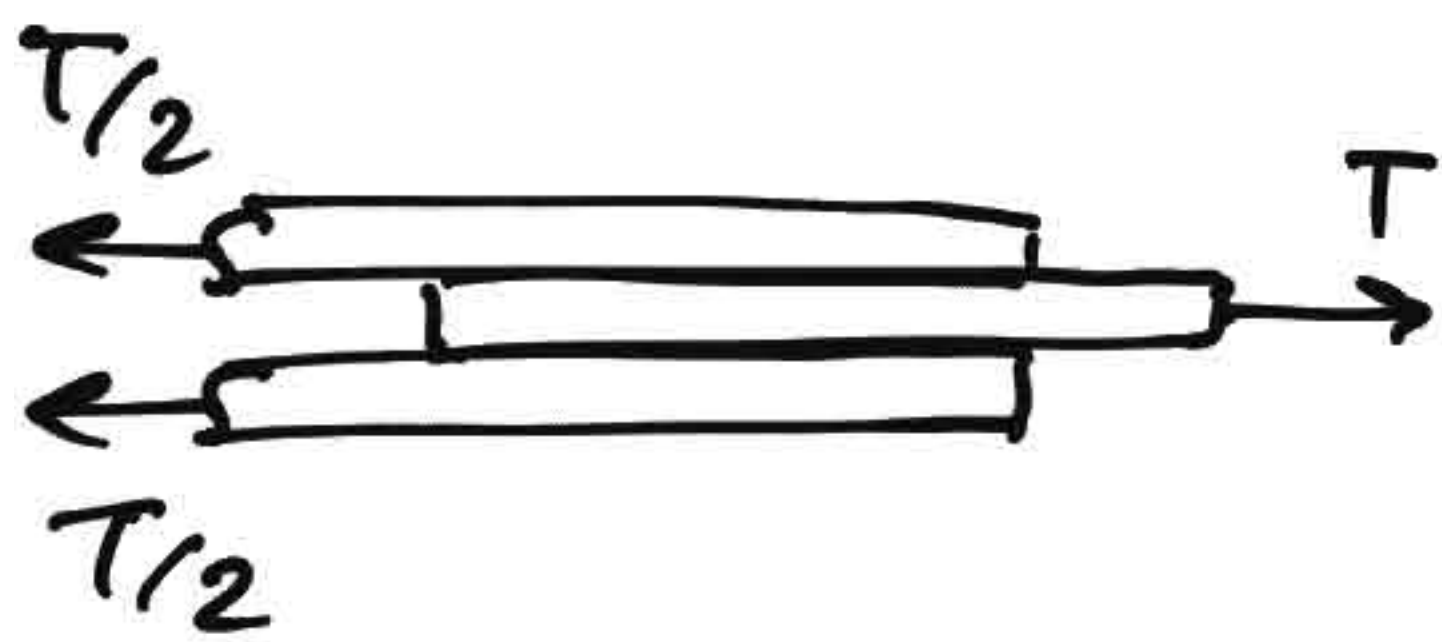
$$T_u < \phi T_n = 500 \text{ kN} \quad \text{بنابراین ظرفیت اتصال عبارتست از:}$$

مثال (2)

مطلوبت تعیین تعداد پیچ های M20 از نوع
A325 برای ایجاد ظرفیت کامل
اتصال شان داده شده.



فلز ST-37 $\begin{cases} F_y = 2400 \\ F_u = 3600 \end{cases} \text{ kg/cm}^2$



(صفحه برش از ناحیه زدنه شده پیچ عبور نمی کند)

حل:

$$A_n = (150 - 2 \times 22) \times 10 = 1060 \text{ mm}^2 < 0.85 \times 1500$$

$$A_e = A_n = 1060 \text{ mm}^2 = 1275$$

ظرفیت کشش اتصال:

$$\begin{cases} \phi T_n = 0.9 \times 240 \times 1500 \times 10^{-3} = 324 \text{ kN} \\ \phi T_n = 0.75 \times 360 \times 1060 \times 10^{-3} = \underline{286 \text{ kN}} \end{cases}$$

تعداد برش های پیچ:

$$\phi R_n = \phi F_{nv} m A_b$$

$$= 0.75 \times 0.55 \times 800 \times 2 \times \pi \times 20^2/4 \times 10^{-3} = \underline{207 \text{ kN}}$$

تعداد آکایی:

$$\phi R_n = \phi (2.4 d t F_u)$$

$$= 0.75 \times 2.4 \times 20 \times 10 \times 360 \times 10^{-3} = \underline{130 \text{ kN}}$$

کنترل کننده است

تعداد پیچ $n = \frac{286}{130} = 2.2 \rightarrow \text{Use } 4 \text{ M20 (A325)}$

تأثیر برشی طراحی اتصالات اصطکاکی

تأثیر برشی اتصالات اصطکاکی بر اساس کنترل لغزش بحرانی تعیین می‌گردد. لغزش عبارتست از: "زدیدن رفتن جسمی اصطکاکی و لغزیدن دو سطح نسبت به یکدیگر به میزان نسبتاً زیاد".
تأثیر برشی طراحی پیچ می‌باشد بر تأثیر در اتصالات اصطکاکی بر اساس کنترل لغزش بحرانی برابر ϕR_{nv} است.

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

ϕ ضریب کاهش تأثیر

- $\phi = 1$ در سوراخ استاندارد و لوبائی کوتاه در امتداد عمود بر راستای نیرو
- $\phi = 0.85$ سوراخ لقی و لوبائی کوتاه در امتداد موازی با راستای نیرو
- $\phi = 0.7$ سوراخ لوبائی بلند

μ ضریب اصطکاک

- $\mu = 0.3$ سطح فلز در فلز و رنگ شده
- $\mu = 0.5$ سطح تیز شده با ماسه یا پلی در رنگ شده

$D_u = 1.13$ نسبت می‌ش تندی پیچ

h_p : ضریب کاهش ورق می‌پرکننده (Filler)

اگر از در ورق پرکننده و پیچ استفاده شود $h_p = 0.85$

و در سایر موارد $h_p = 1$

n_s : تعداد صفحات لغزش

T_b : نیروی پیش تندی حدی پیچ

مثال (۳)

مثال ۱ را با پیچ M22 و سوراخ استاندارد از نوع اصطکاکی حل کنید

حل: تسمیت کشی ورق قبل تعیین P :
 $\phi T_n = 636 \text{ kN}$

تسمیت برشی کف پیچ در اتصال رصطکاکی

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

$$\mu = 0.3 \quad \text{ملح جنس دارکنز}$$

$$D_u = 1.13$$

$$h_f = 1$$

$$n_s = 1$$

$$T_b = 176 \text{ kN}$$

$$R_n = 0.3 \times 1.13 \times 1 \times 176 \times 1 = 60 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 1 \times 60 = 60$$

$$\phi T_n = 4 \times 60 = \underline{240 \text{ kN}}$$

مثال (4)

مطلوبت هر مثال ۲: پیچ های M20 از نوع اصطکاکی با سوراخ های

حل: ظرفیت کشی اتصال قبل می باشد:

$$T_u = \phi T_n = \underline{286 \text{ kN}}$$

تسمیت برشی کف پیچ:

$$\phi R_n = \phi (\mu D_u h_f T_b n_s)$$

$$\phi R_n = 0.85 (0.3 \times 1.13 \times 1 \times 142 \times 2) \\ = 82 \text{ kN}$$

$$T_b = 142 \text{ kN}$$

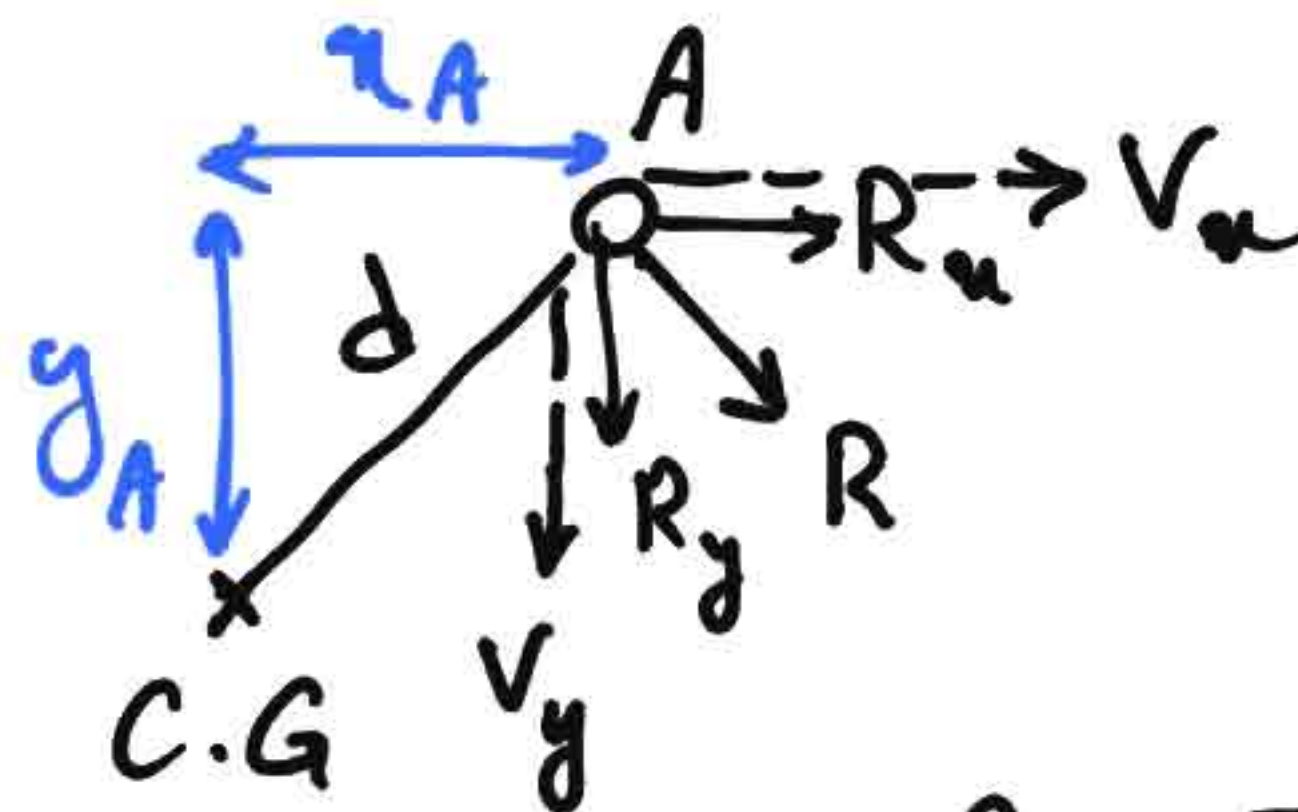
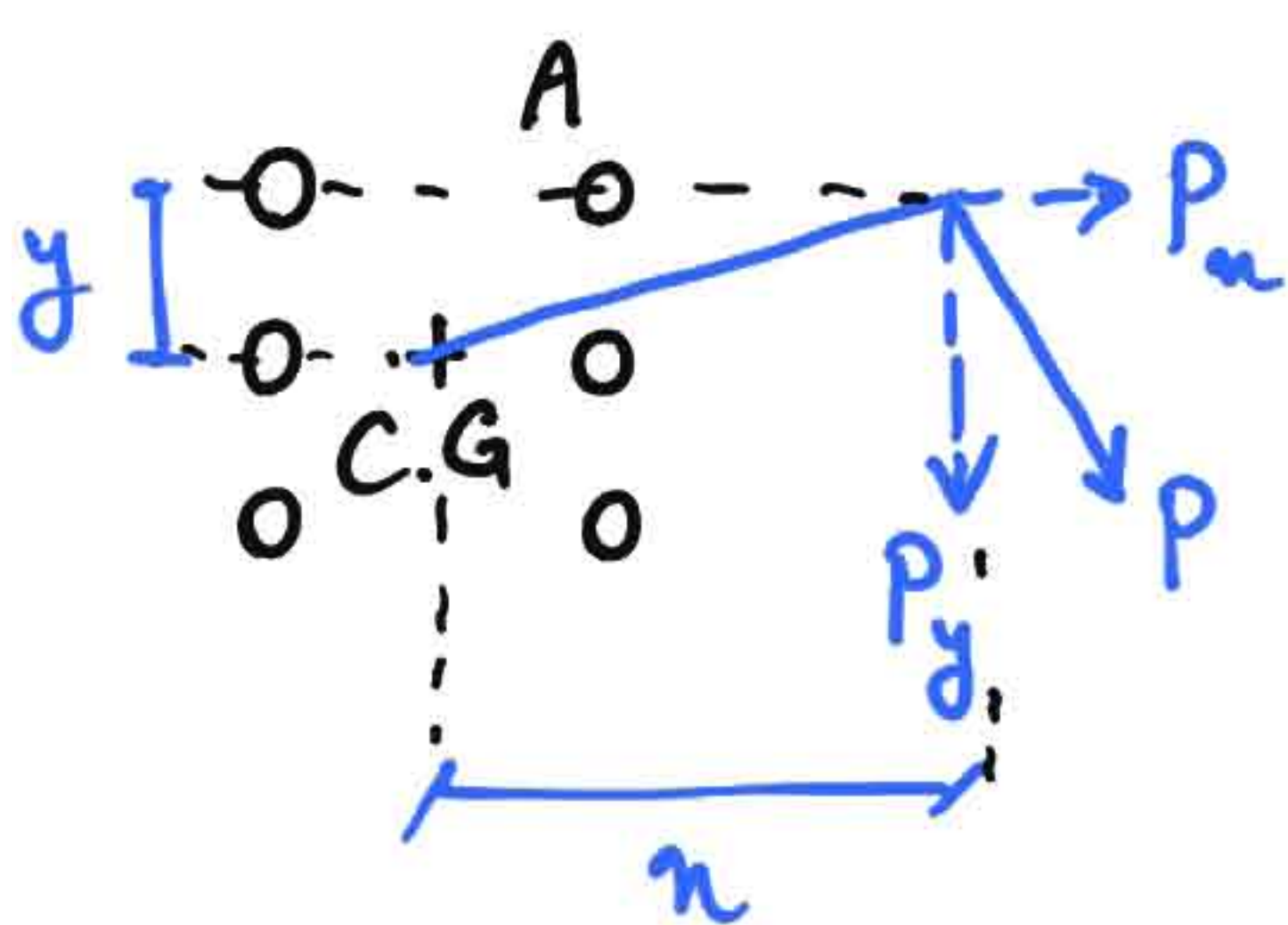
$$n_s = 2$$

$$n = \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{286}{82} = 3.5 \rightarrow \text{Use 4M20 (A325)}$$

اتصال برش خارج از محور (برش + پیچ)

روش های تحلیلی اتصال { روش ارتجاعی
روش پلاستیک (مقاومت نهایی)
در روش ارتجاعی با استفاده از قوانین ساده مکانیک تنش که می حرکت از پیچ تحت برش و پیچ محاسبه می شود. این روش محافظه کارانه است.
روش پلاستیک در حال حاضر منطقی ترین روش است. در این روش جابجایی و دوران گروه پیچ به یک دوران خاص حول نقطه ای بنام (مرکز آکسی دوران) کاهش می یابد. حل به این روش نیازمند یک فرآیند تکراری است

روش ارتجاعی



V : نیروی پیچ تحت برش خاص

R : نیروی پیچ تحت پیچ

$$V_u = \frac{P_u}{n} \rightarrow \text{تندار پیچ}$$

$$V_y = \frac{P_y}{n}$$

$$R_u = \frac{M y_A}{\sum d^2}$$

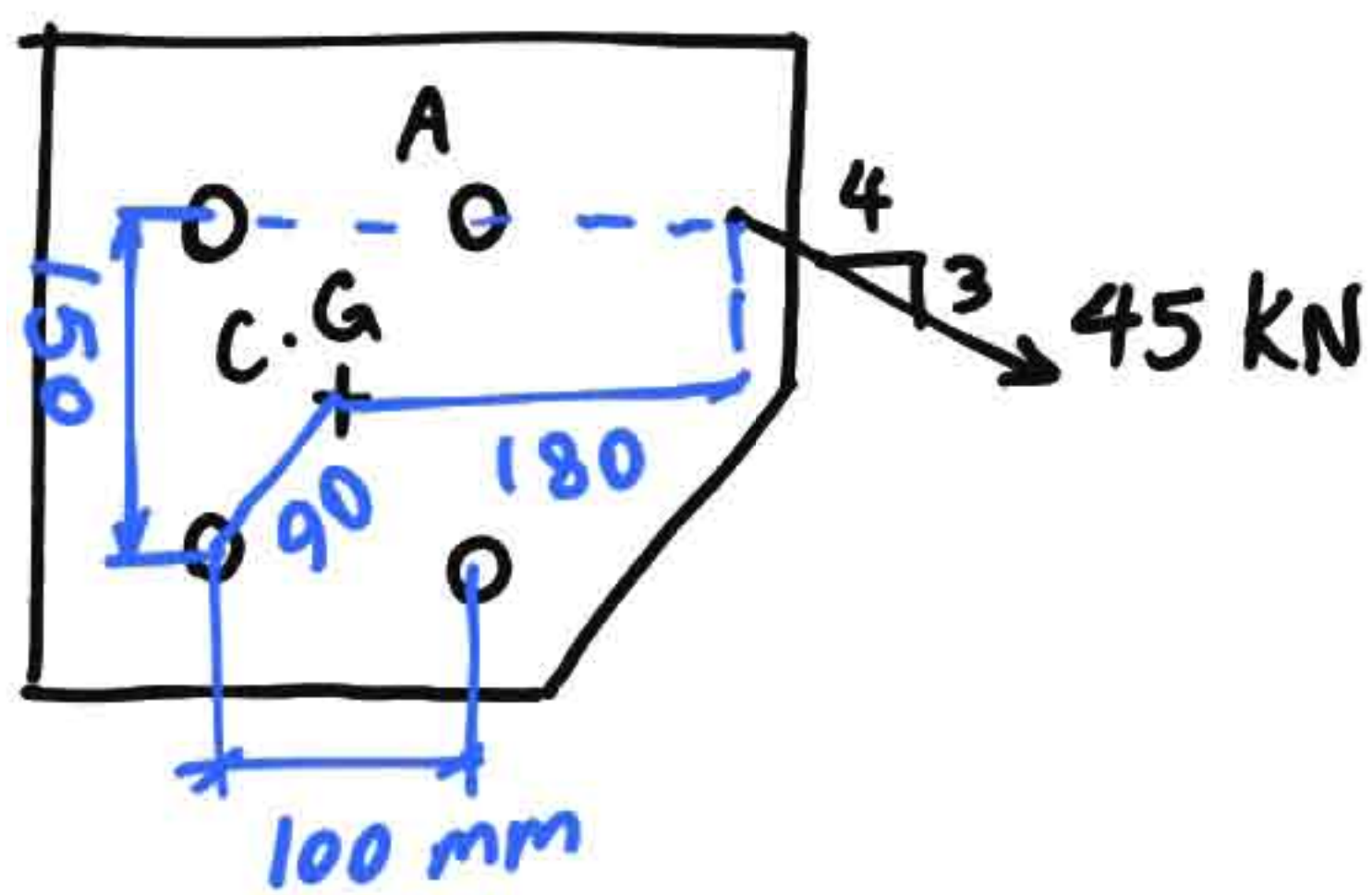
$$R_y = \frac{M x_A}{\sum d^2}$$

$$M = P_u y + P_y x$$

$$R = \sqrt{(R_u + V_u)^2 + (R_y + V_y)^2}$$

مثال 5) مطلوب محاسبه نیروی برشی و چرخش است راست با 45 ؟

حل:



$$P = 45 \text{ kN}$$

$$P_x = \frac{4}{5} \times 45 = 36$$

$$P_y = \frac{3}{5} \times 45 = 27$$

$$\Sigma d^2 = 4 \times 0.09^2 = 0.0324 \text{ m}^2$$

$$M = P_x y + P_y x$$

$$= 36 \times 0.18 + 27 \times 0.075$$

$$= 7.56 \text{ KN}$$

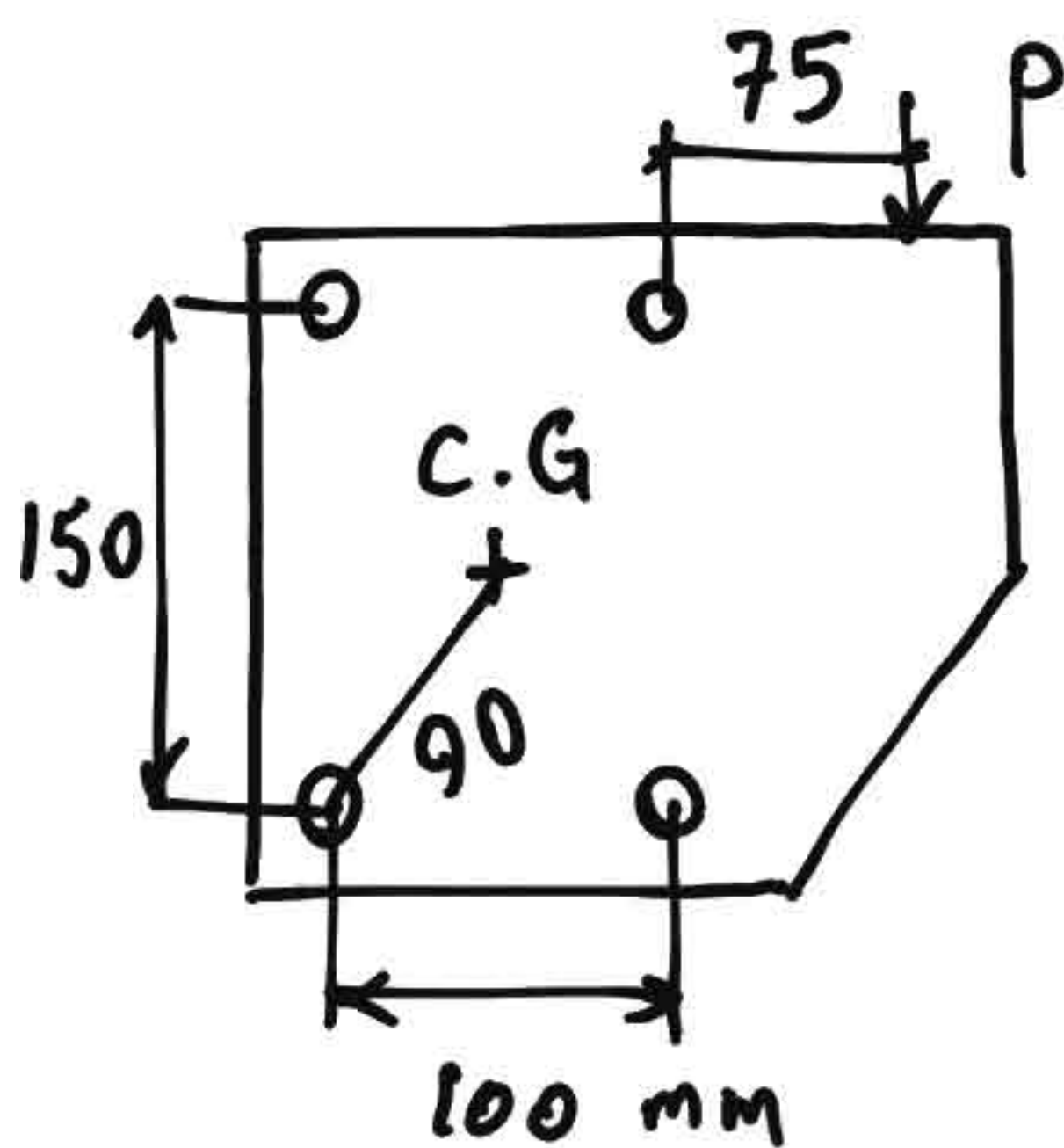
$$V_x = 36 / 4 = 9$$

$$V_y = 27 / 4 = 6.75$$

$$R_x = \frac{M y_A}{\Sigma d^2} = \frac{7.56 \times 0.075}{0.0324} = 17.5$$

$$R_y = \frac{M x_A}{\Sigma d^2} = \frac{7.56 \times 0.05}{0.0324} = 11.67$$

$$R = \sqrt{(9 + 17.5)^2 + (6.75 + 11.67)^2} = 32.3 \text{ KN}$$



مثال 6) مطلوب محاسبه ظرفیت اتصال نشانی

داره شده (P=?), استفاده از پیچ های

آکاشی M22 از نوع A325

حل:

$$V_x = 0$$

$$V_y = P / 4$$

$$R_x = \frac{P \times 0.075 \times 0.075}{4 \times 0.09^2} = 0.174 P$$

$$R_y = \frac{P \times 0.075 \times 0.05}{4 \times 0.09^2} = 0.116 P$$

$$R = \sqrt{(0.174 P)^2 + (0.25 P + 0.116 P)^2} = 0.405 P$$

ادامه صل :

نسبت طرح پیچ آکائی M22 :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (F_{nv} m A_b) \\ &= 0.75 (0.55 \times 800) \times 1 \times \pi \frac{22^2}{4} \times 10^{-3} \\ &= 125 \text{ KN}\end{aligned}$$

ظرفیت اتصال :

$$R_u < \phi R_n \rightarrow 0.405 P_u < 125 \rightarrow P_u < \underline{310 \text{ KN}}$$

روش پلاستیک (تصادف نهائی)

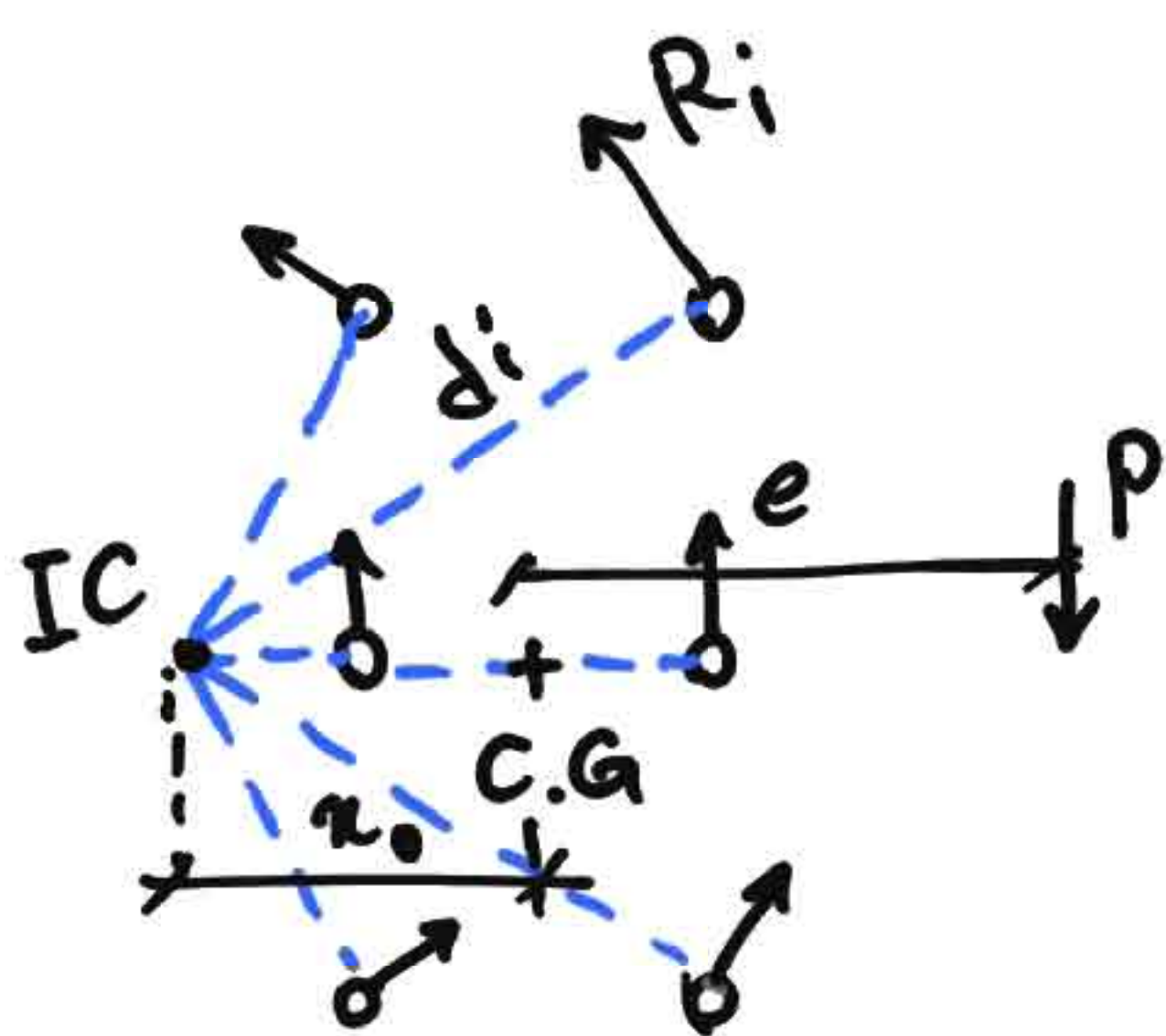
این روش منطقی ترین روش برای تحلیل اتصالات است. در این روش فرض می شود که

پیچ تحت بار P نسبت به یک نقطه نیم مرکز آکائی دوران (IC) دوران می کند

بنابرین جابجائی هر پیچ (Δ_i) بر مابعد شعاعی پیچ تا محل مرکز آکائی دوران (d_i) عمود

است. از طرفی Δ_i با d_i متناسب است داریم:

$$\Delta_i = \frac{d_i}{d_{max}} \Delta_{max}$$



d_{max} : بزرگترین مابعد شعاعی

Δ_{max} : بزرگترین جابجائی در حالت اندام که ملاحظه به

نتایج آزمونهای گاهی برابر 0.34 in (0.86 cm) بدست آمده است.

نیروی برشی هر پیچ R_i از رابطه نیرو-تغییر مکان تجربی بدست می آید. بفران مثال رابطه

نشر صورت زیر پیشنهاد می شود:

$$R_i = R_{ult} [1 - e^{-3.94 \Delta}]^{0.55}$$

Δ بر حسب سانتی متر

$$R_{ult} = 0.7 F_u A_b$$

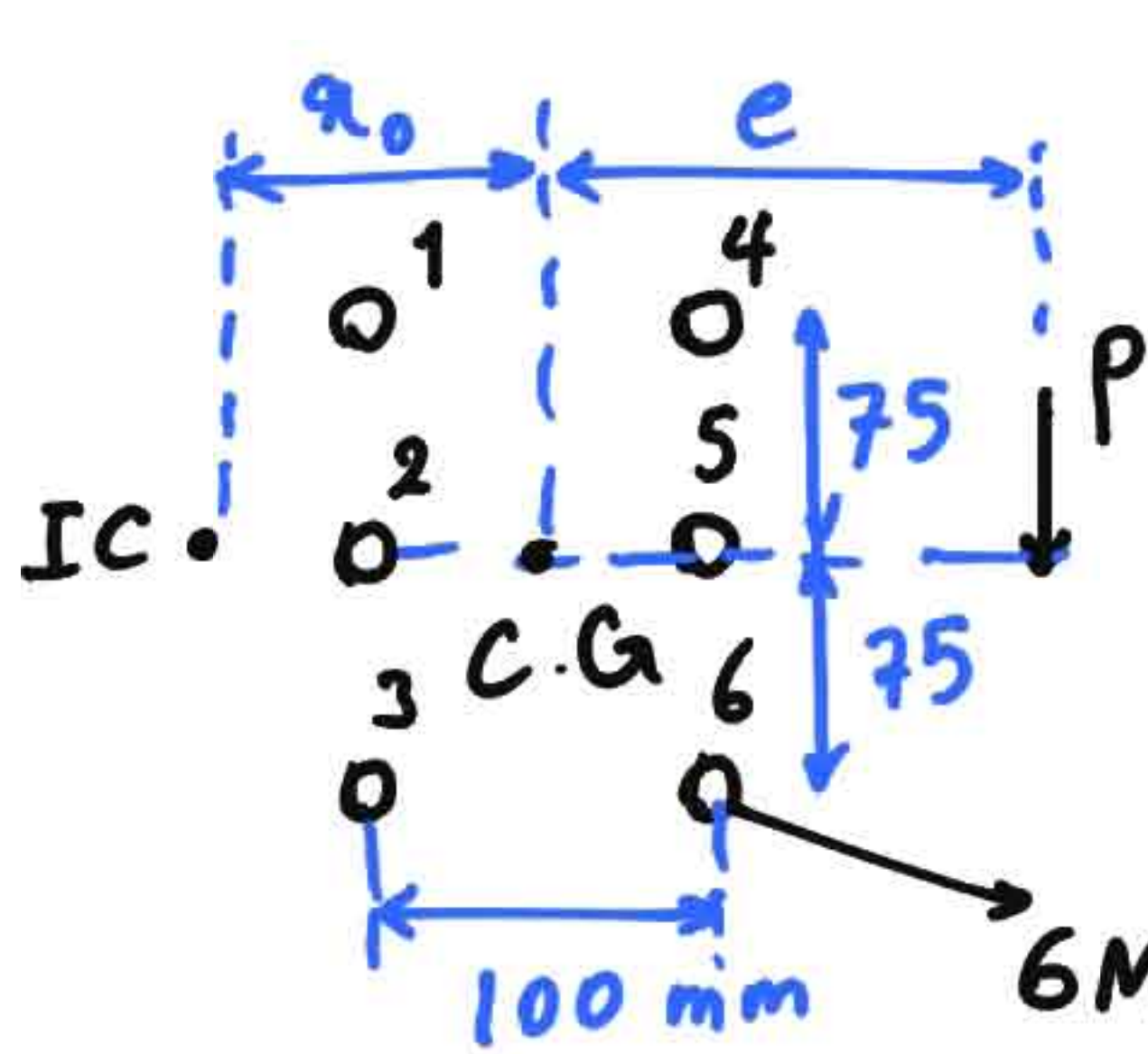
محل مرکز آگنی دوران در یک فرایند مکرری گلونه ای تعیین می شود که روابط تعادل زیر

برقرار شوند:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M = 0 \text{ حول IC}$$



مسال (7) برای گروه پیچ آگائی نشان داده شده در شکل زیر، محل مرکز آگنی دوران مطابق شکل بدست آمده است. نشان دهید روابط تعادل برقرارند. ظرفیت اتصال را بدست آورید.

$$x_o = 5.24 \text{ cm}$$

$$e = 12 \text{ cm}$$

حل :

$$\Delta_i = \frac{d_i}{d_{\max}} \Delta_{\max} \xrightarrow{\frac{d_{\max} = 12.69}{\Delta_{\max} = 0.86}} \Delta_i = 0.0678 d_i$$

$$R_i = 0.7 \times 800 \times \pi \times \frac{22^2}{4} \times 10^{-3} [1 - e^{-3.94 \Delta_i}]^{0.55}$$

$$= 212.87 [1 - e^{-3.94 \Delta_i}]^{0.55} \text{ (KN)}$$

1) $\sum F_x = 0 \rightarrow \sum R_i \frac{y_i}{d_i} = 0$ روابط تعادل :

2) $\sum F_y = 0 \rightarrow \sum R_i \frac{x_i}{d_i} = P_n$

3) $\sum M = 0 \rightarrow \sum R_i d_i = P_n (e + x_o)$

نمبر پیچ	x_i	y_i	d_i	Δ_i	R_i	$R_i x_i / d_i$	$R_i d_i$
1	0.24	7.5	7.5	0.509	196.6	6.29	1474.25
2	0.24	0	0.24	0.016	46.2	46.17	11.08
3	0.24	-7.5	7.5	0.509	196.6	6.29	1474.25
4	10.24	7.5	12.69	0.86	208.9	168.56	2650.85
5	10.24	0	10.24	0.694	205.2	205.16	2100.85
6	10.24	-7.5	12.69	0.86	208.9	168.56	2650.85
						601	10362

لذا اصل :

$$P_n = \sum R_i \frac{a_i}{d_i} = \underline{601 \text{ KN}}$$

از رابطه 2 :

$$P_n = \sum R_i d_i / (e + a_0)$$

از رابطه 3 :

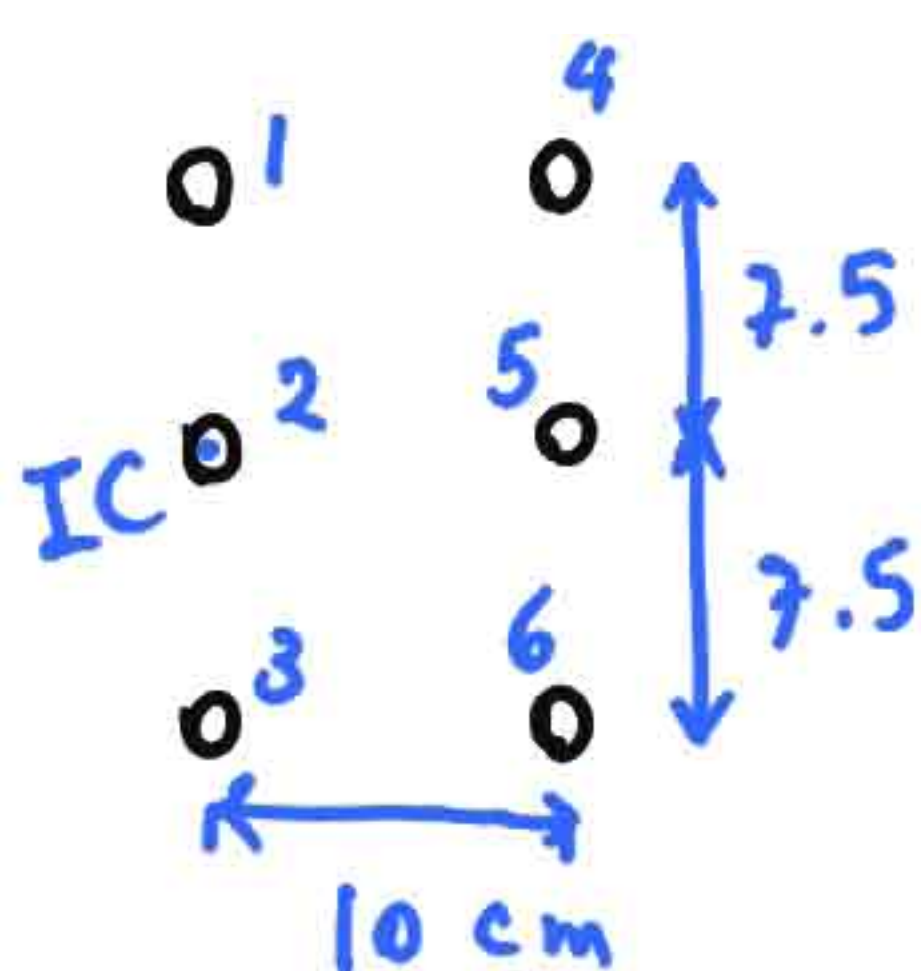
$$= 10362 / (12 + 5.24) = \underline{601 \text{ KN}}$$

اتصالات اصطکاکی

روش مرکز آگهی دوران به صورتی که در مورد اتصالات آگهی شرح داده شد
برای اتصالات اصطکاکی نیز توصیه می شود. اما نه آنجا که مقاومت در برابر لغزش
یک الزام عملکردی تحت بارهای سروس است زیرا الزام مقاومت در حد نهایی
در توجه به وجود نیروی پیش تنیدگی در پیچ ها تحت بارهای سروس رفتار مکنواختی دارند لذا
بهتر است مقاومت R_i برابر ای کلیه پیچ ها ثابت در نظر بگیریم ($R_i = R_s$)

مثال (8)

مطلوبت حاصل مثال 7 با پیچ های اصطکاکی



$$\begin{cases} a_0 = 5 \text{ cm} \\ e = 12 \text{ cm} \end{cases} \text{ با فرض}$$

حل :
با توجه به عملکرد اصطکاکی پیچ ها نیروی مقاوم آنها (R_s) ثابت است و معادلات
توازن به صورت زیر خواهد بود :

$$1) R_s \sum d_i / d_i = 0$$

$$2) R_s \sum a_i / d_i = P$$

$$3) R_s \sum d_i = P(e + a_0)$$

ادامه حل:

ردیف	x_i	y_i	d_i	x_i/d_i
1	0	7.5	7.5	0
2	0	0	0	0
3	0	-7.5	7.5	0
4	10	7.5	12.5	0.8
5	10	0	10	1
6	10	-7.5	12.5	0.8
			50	2.6

$$P = R_s \sum x_i/d_i = 2.6 R_s \quad \text{معادله (2)}$$

$$P = R_s \frac{\sum d_i}{(e + x_0)} = \frac{50}{17} R_s = 2.94 R_s \quad \text{معادله (3)}$$

مقاومت برشی پیج با رفتار اصطکاکي:

$$R_s = \mu D_u h_f T_b n_s$$

$$\mu = 0.3$$

$$T_b = 176 \text{ KN}$$

$$R_s = 0.3 \times 1.13 \times 1 \times 176 \times 1 = \underline{60 \text{ KN}}$$

$$D_u = 1.13$$

$$h_f = 1$$

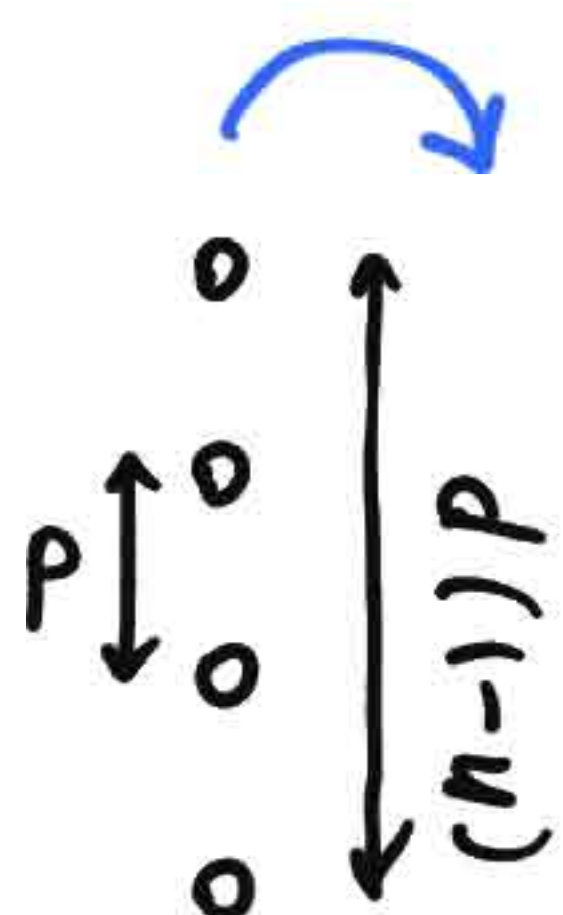
$$n_s = 1$$

لحظت اسمی نیای اتصال با رفتار اصطکاکي:

$$P_n = 2.94 R_s \quad \text{با استفاده از معادله (3)}$$

$$= 2.94 \times 60 = \underline{176.4 \text{ KN}}$$

فرمول طراحی برای مناسب تعداد پیج ها



اگر فقط یک ستون پیج درسته باشیم که تحت نیروی محوری M قرار گیرد

تعداد پیج های مورد نیاز در این ستون از رابطه زیر بدست می آید:

$$n = \sqrt{\frac{6M}{R_p}}$$

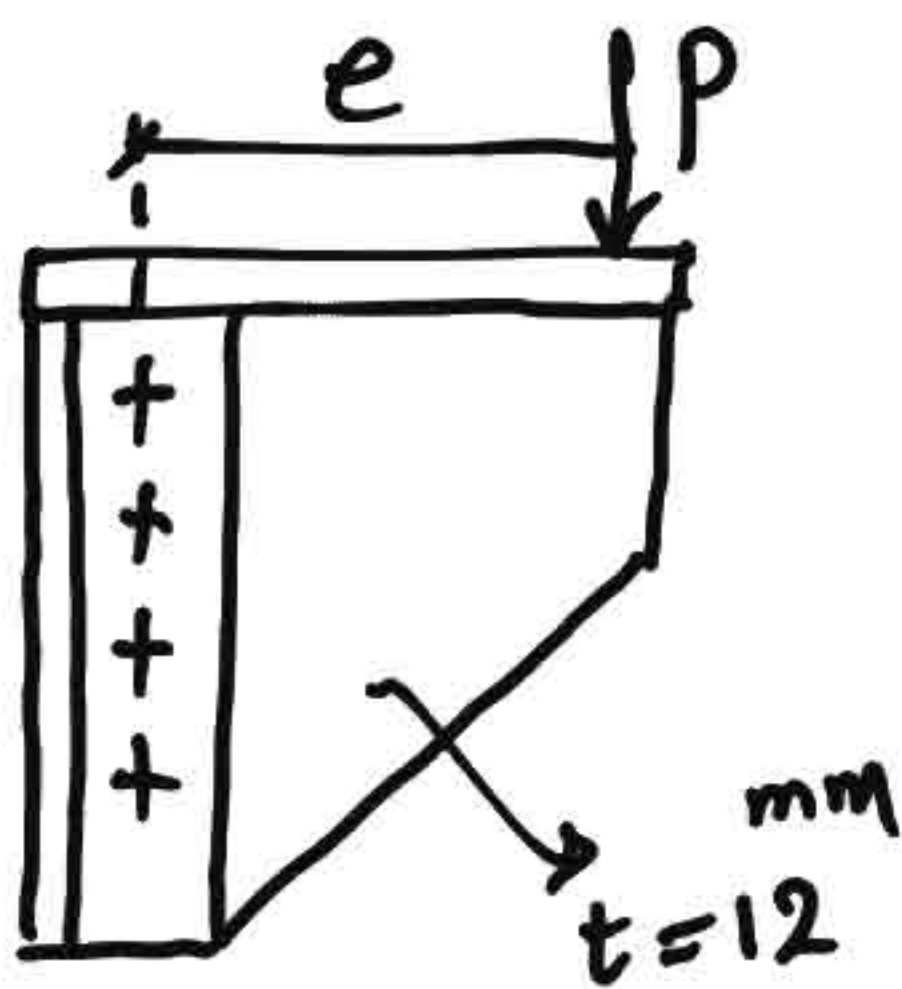
در این رابطه :

R : نیروی برشی پیچ

P : فواصل تیب پیچ

M : ممان خمشی وارد بر گروه پیچ

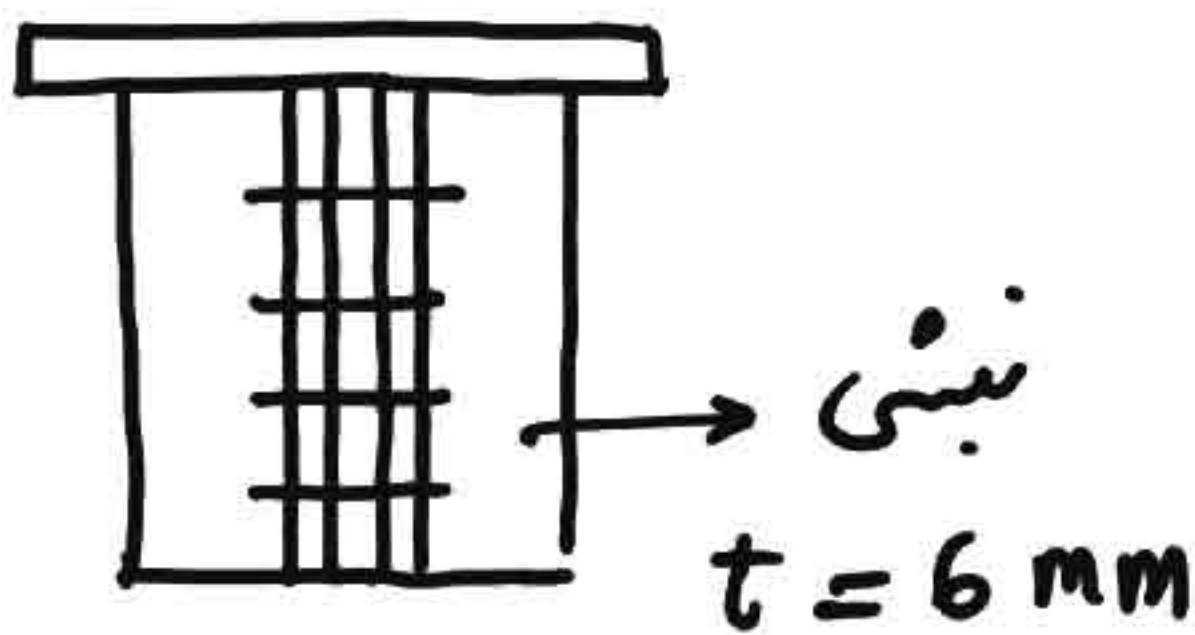
مثال :



برای اتصال برکت من داده شده تعداد پیچ

M22 از نوع A325 را محاسبه کنید. اتصال از نوع

اتکایی است و صفحه برش از ناحیه دندانده شده پیچ عبور می کند.



$$P_u = 330 \text{ KN}$$

$$e = 150 \text{ mm}$$

فولاد از نوع ST-37
فواصل تیب پیچ : 100 mm

حل :

الف) مقاومت طرح برشی یک پیچ

$$R_n = F_u \sqrt{m} A_b = (0.45 \times 800) \times 2 \times \pi \times \frac{22^2}{2} \times 10^{-3}$$

$$= 274 \text{ KN}$$

$$\phi R_n = 0.75 \times 274 = 206 \text{ KN}$$

مقاومت اتکایی

$$R_n = 2.4 F_u d t = 2.4 (360) \times 22 \times 12 \times 10^{-3}$$

$$= 228$$

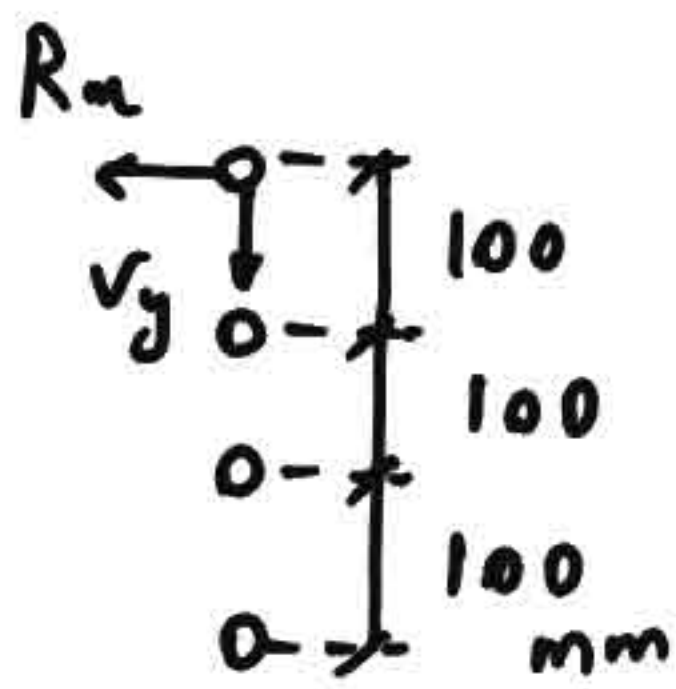
$$\phi R_n = 0.75 \times 228 = \underline{171 \text{ KN}} \quad \checkmark$$

ب) تعداد پیچ

$$n = \sqrt{\frac{6M}{RP}} = \sqrt{\frac{6 \times 330 \times 150}{171 \times 100}} = 4.2$$

→ Use 4 M22 (A325)

ج. کنترل اتصال



$$V_y = \frac{P_u}{4} = \frac{330}{4} = 82.5$$

$$\sum d^2 = 2(150^2 + 50^2) = 50 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

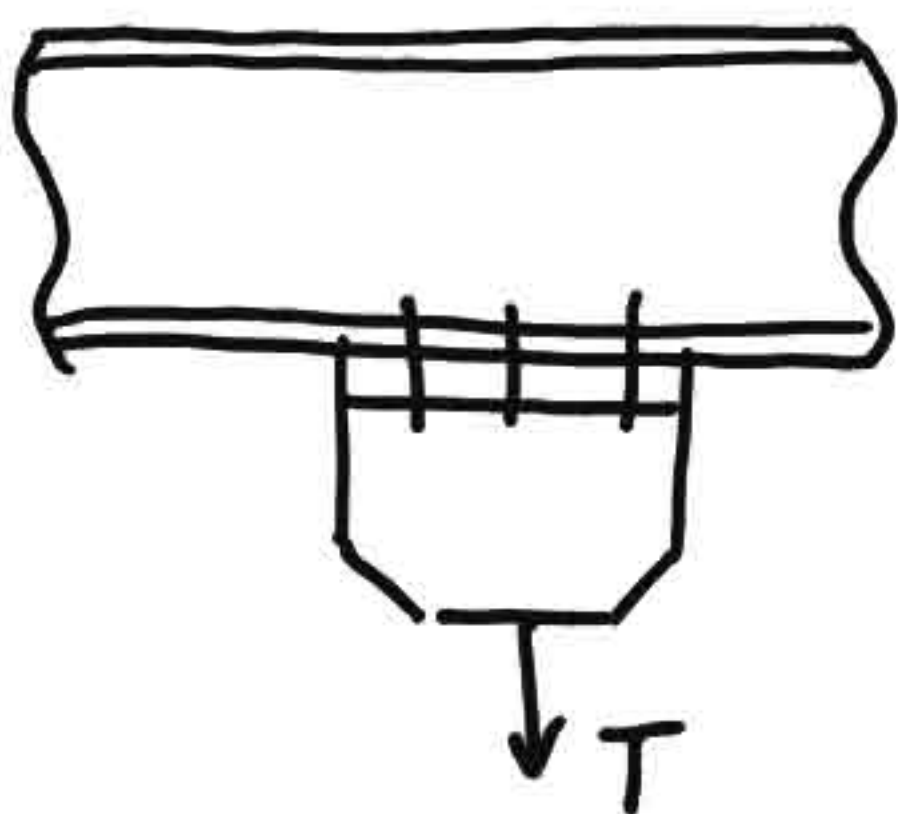
$$R_n = \frac{M_y}{\sum d^2} = \frac{(330 \times 150) \times 150}{50 \times 10^3} = 148.5$$

$$R = \sqrt{V_y^2 + R_n^2} = \sqrt{82.5^2 + 148.5^2} = 170 < \phi R_n = 171 \text{ kN. OK}$$

پیچ تحت کشش

اگر مقدار نیروی وارد بر اتصال، عمود بر صفحه اتصال (یا عبارتی در امتداد محور پیچ) باشد،

پیچ تحت کشش خالص قرار می گیرند.



مقاومت طرح کششی پیچ عبارتست از

$$\phi R_n = 0.75 F_{nt} A_b$$

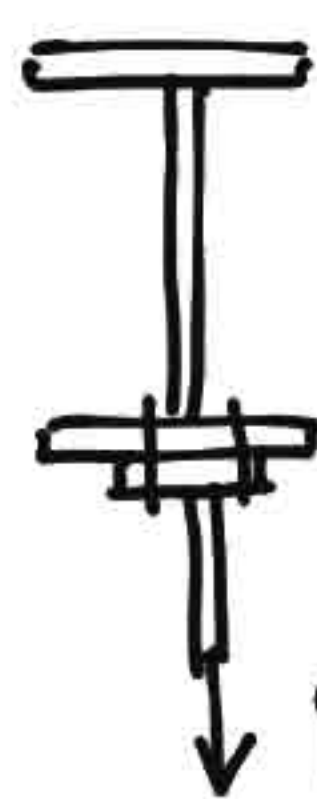
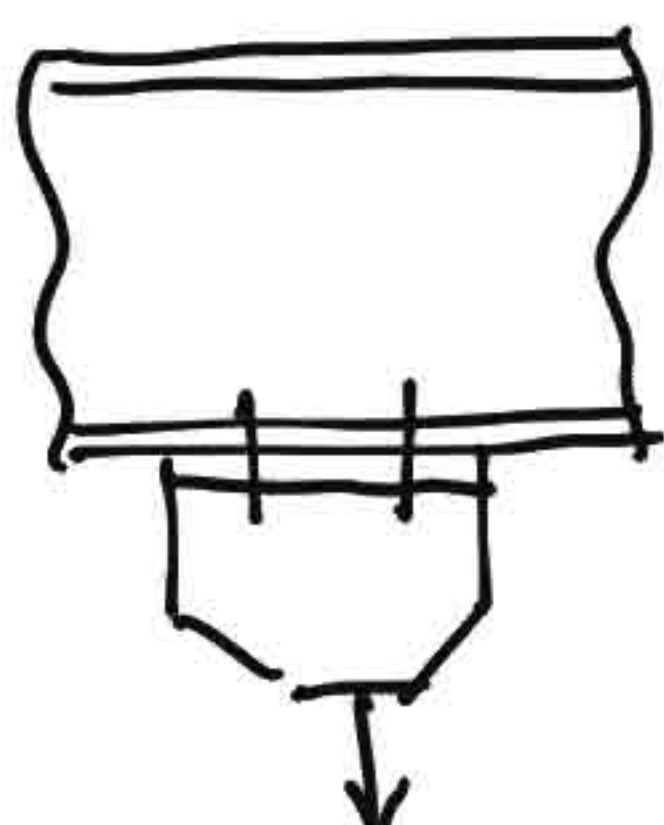
$$F_{nt} = 0.75 F_u \quad \text{مقاومت اسمی کششی پیچ}$$

- اثر پیش تنیدگی بر روی پیچ کمی بر مقاومت تحت کشش محوری

تا زمانی که مقدار نیروی کششی خارجی موثر بر پیچ، از مقدار نیروی پیش تنیدگی آن تجاوز ننموده هیچ

افزایش قابل توجهی در نیروی کششی پیچ وجود نمی آید. مگر اینکه نیروی خارجی موثر بر پیچ از نیروی

پیش تنیدگی آن تجاوز کند که در این صورت تماس بین ورق های اتصال از بین رفته و نیروی وارد بر سایر کشش پیچ می خورد.



مثال: مقاومت می سبه تعداد پیچ M20 (از نوع A325 بر روی اتصال نشان داده شده!

$$P_u = 750 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.75 \times 0.75 \times 800 \times \pi \times \frac{20^2}{4} \times 10^{-3} \quad \text{حل:}$$

$$= 141 \text{ kN}$$

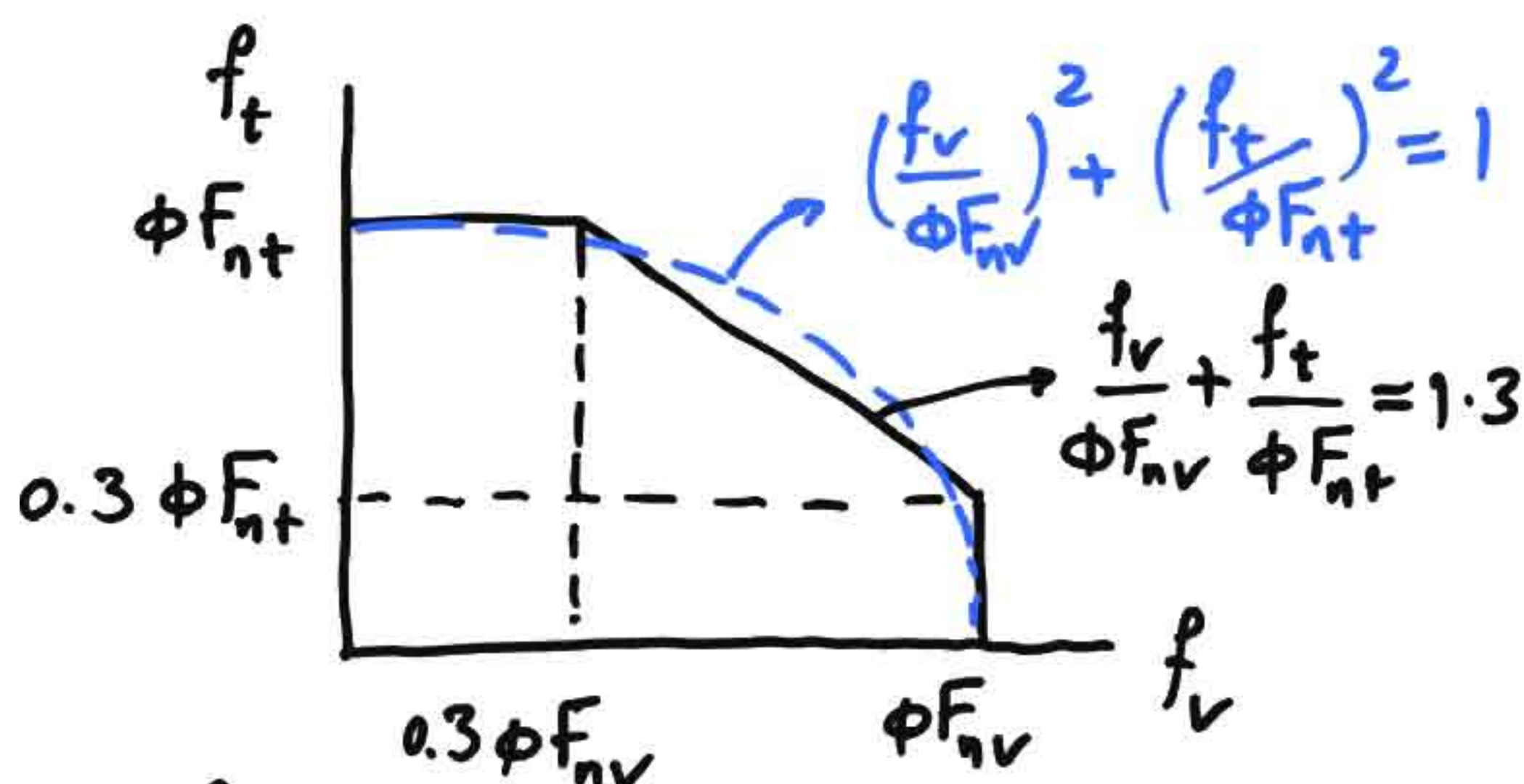
$$n = \frac{750}{141} = 5.3 \rightarrow \text{Use 6 M20 (A325)}$$

ترکیب برش + کشش

۱- اتصالات آکابی

در متعادل تنش برشی و کششی در پیچ و قوطی رابط اندکشی تجربی زیر بررسی می شود:

$$\left(\frac{f_t}{\phi F_{nt}}\right)^2 + \left(\frac{f_v}{\phi F_{nv}}\right)^2 \leq 1$$



f_t : تنش کششی مورد نیاز
 f_v : تنش برشی مورد نیاز
 F_{nv} : ظرفیت برشی اسمی
 F_{nt} : ظرفیت کششی اسمی

بجای استفاده از رابط بصری کشش فوق، آئین نامه استفاده از رابط خطی ساده شده در مطابق شکل تجویز می نماید.

۲- اتصالات اصطکاکی

در این اتصالات تنش کششی خارجی باعث کاهش تنش فشاری بین ورق های اتصال

گردیده در نتیجه موجب کاهش تنش های اصطکاکی می شود. طبق آئین نامه، معادلات

برشی اسمی در پیچ بر اساس کنترل لغزش از رابط زیر محاسبه می شود:

$$R_{nv} = K_{sc} (\mu D_u h_f T_b n_s)$$

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

K_{sc} ضریب کاهش مطابق رابط زیر

T_u : نیروی کششی مورد نیاز

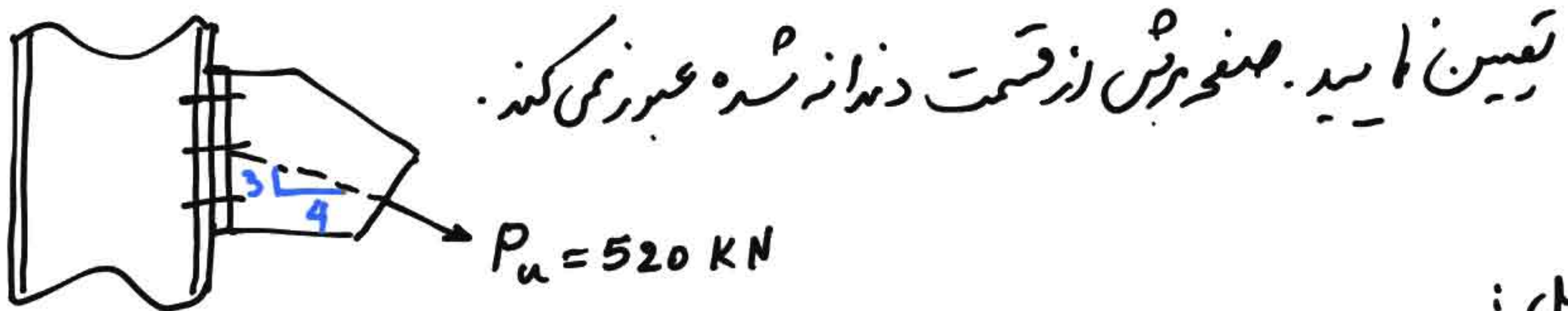
$$D_u = 1.13$$

T_b : حداقل نیروی میس کششی مورد نیاز

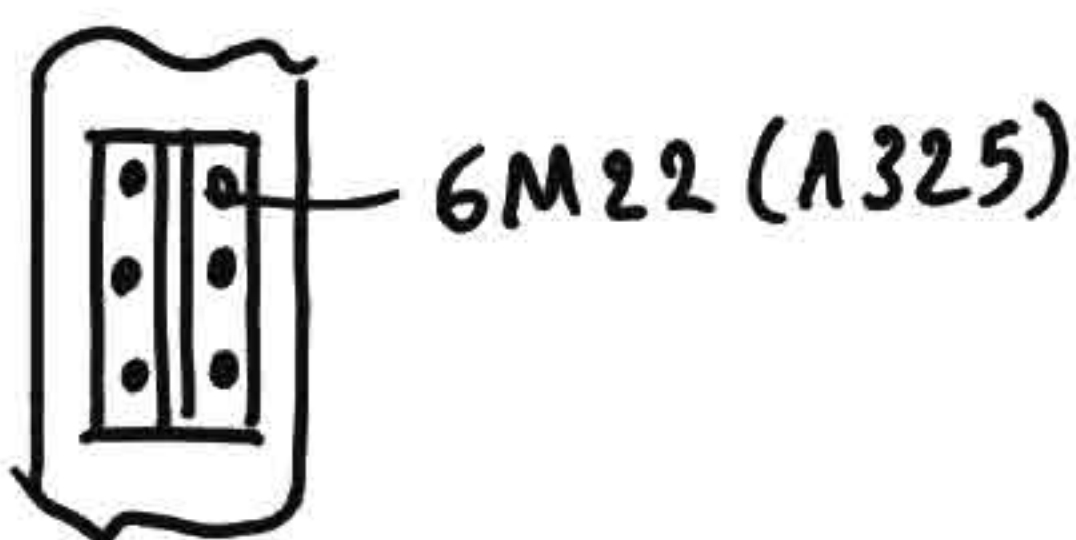
n_b : تعداد پیچ های که نیروی T_u را تحمل می کنند.

مثال :

کفایت پیچ های تن داده شده را در دو حالت (الف) آگائی ب. اصطکاکی



حل :



(الف) اتصال آگائی

$$P_{ux} = \frac{4}{5} \times 520 = 416 \text{ kN}$$

$$P_{uy} = \frac{3}{5} \times 520 = 312 \text{ kN}$$

نیروی کششی و برشی هر پیچ

$$T_u = \frac{416}{6} = 69 \text{ kN}$$

$$V_u = 312/6 = 52$$

$$\phi R_{nv} = \phi F_{nv} A_b = 0.75 \times (0.55 \times 800) \times \pi \times \frac{22^2}{4} \times 10^{-3} = 125.4 \text{ kN}$$

$$\phi R_{nt} = \phi F_{nt} A_b = 0.75 \times (0.75 \times 800) \times \pi \times \frac{22^2}{4} \times 10^{-3} = 171$$

کنترل رابطه انقباض برش + کشش

$$\frac{V_u}{\phi R_{nv}} + \frac{T_u}{\phi R_{nt}} \leq 1.3 \rightarrow \frac{52}{125.4} + \frac{69}{171} = 0.41 + 0.4 = 0.81 < 1.3 \text{ o.k.}$$

طراحی اتصال محافظه کارانه است.

(ب) اتصال اصطکاکی

$$K_{sc} = 1 - \frac{T_u}{D_u T_b n_b} = 1 - \frac{416}{1.13 \times 176 \times 6} = 0.65$$

$$M22 \rightarrow T_b = 176 \text{ kN}$$

$$\phi R_{nv} = \phi K_{sc} \mu D_u h_f T_b n_s = 1 \times 0.65 \times 0.3 \times 1.13 \times 1 \times 176 \times 1$$

$$= 38.8 < V_u = 52 \text{ kN} \quad \times$$

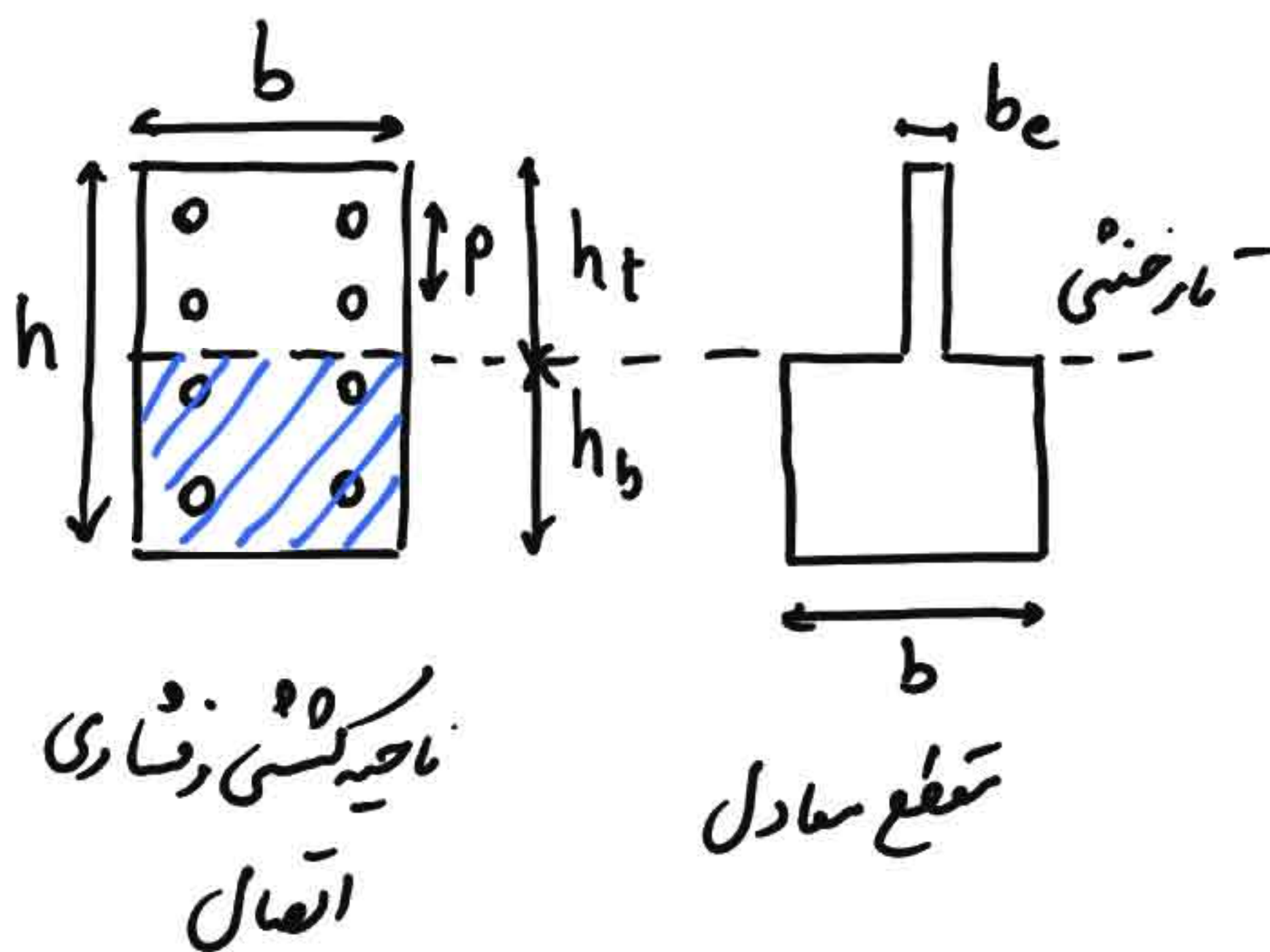
رضایت نیست

ترکیب برش + گزغشی

در دو حالت بررسی می‌شود }
 ۱- در پیچ کش اولیه وجود ندارد
 ۲- پیچ های اتصال دارای کش اولیه هستند

الف) پیچ بدون کش اولیه

در ناحیه کشی اتصال، صفحات زیر یکدیگر جدا شده و پیچ ها به کش می افتند. در ناحیه فشاری پیچ ها تقشی ندارند و فشار بین صفحات اتصال ایجاد می‌گردد. نیروی برشی بطور مساوی بین پیچ ها تقسیم می‌شود. در این حالت از مدول ساده زیر برای تحلیل استفاده می‌کنیم:



h_t : ارتفاع ناحیه کشی
 h_b : ارتفاع ناحیه فشاری
 b_e : عرض سر

$$b_e p = m A_b \rightarrow b_e = \frac{m A_b}{p}$$

m : تعداد ستون های پیچ
 p : فاصله قائم تپ پیچ ها
 A_b : سطح مقطع دسی کپ پیچ

رابطه تعادل:

$$b \frac{h_b^2}{2} = b_e \frac{h_t^2}{2} \rightarrow \frac{h_b}{h_t} = \sqrt{\frac{b_e}{b}}$$

$$I = b \frac{h_b^3}{3} + b_e \frac{h_t^3}{3}$$

ممان اینرسی مقطع معادل

$$S = I/c$$

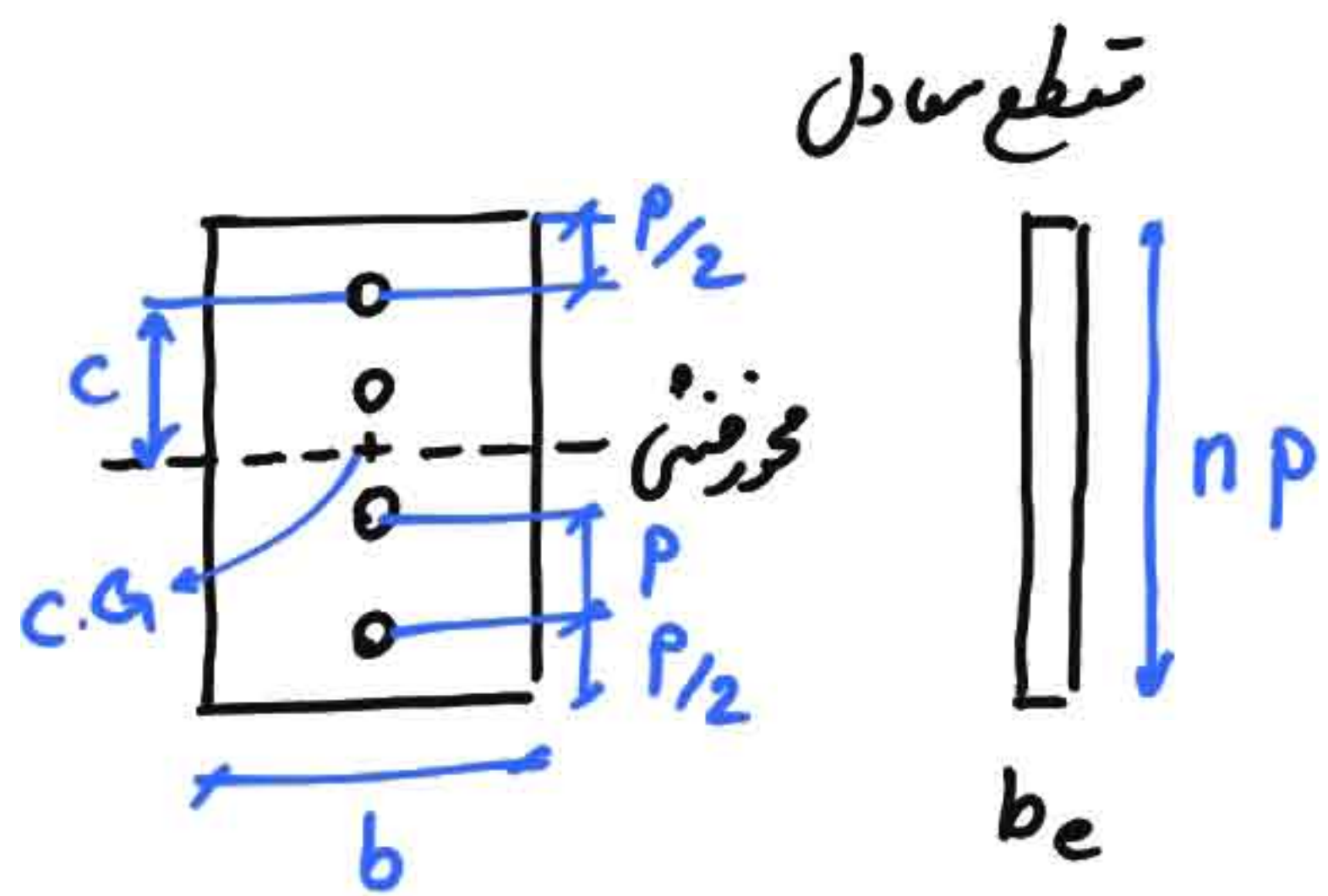
$$F_t = M/S$$

تنش کشی در درز تپ پیچ

ب) پیچ های دارای کش اولیه هستند

اگر تنش های کشی ناشی از گزغشی در پیچ ها از تنش ناشی از نیروی دسی کشیدگی تجاوز نکند

صفحه اتصال در مقابل گزرفشی بصورت هکلن عمل نموده و محور غشای آن در مرکز غشای
 سطح تماس قرار خواهد گرفت. برای تحمیل این حالت از مقطع معادل زیر استفاده می شود:



نوع Δ نقطه یک ستون بهیج برای تحمیل در
 نظر گرفته شده است. برای تعداد بیش از
 یک ستون. گزرفشی بین ستون های بهیج
 تقسیم می شود.

n : تعداد بهیج در یک ستون

$$b_e = \frac{A_b}{p} \text{ عرض موثر مقطع معادل}$$

$$c = \frac{(n-1)p}{2} \text{ فاصله تا رخنه تا دورترین بهیج کششی}$$

$$I = \frac{b_e}{12} (np)^3 = A_b n^3 p^2 / 12$$

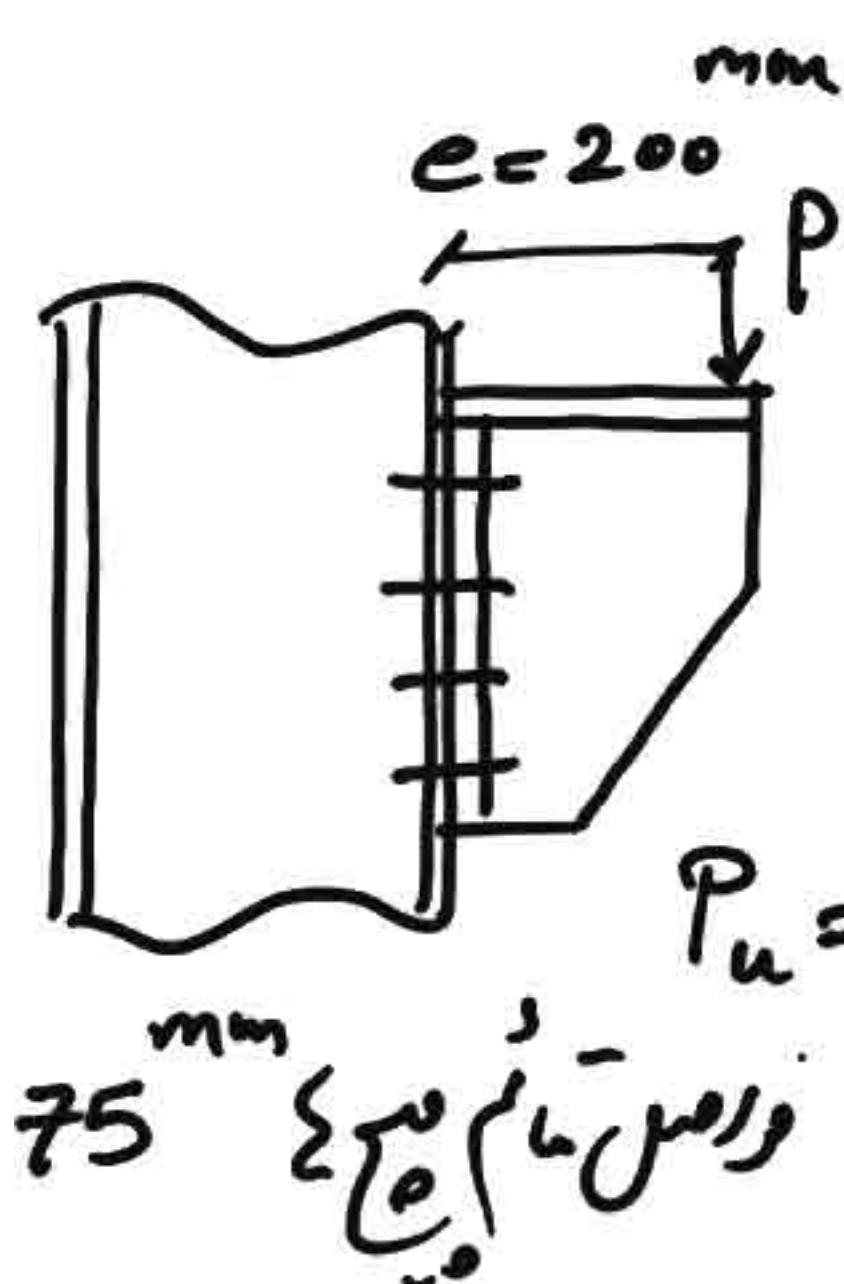
$$f_t = \frac{M}{I} c \quad \text{تنش کششی اسی در بهیج فومانی}$$

$$= \frac{12M}{A_b n^3 p^2} \times \frac{(n-1)p}{2} = \frac{6M}{A_b n^2 p} \left(\frac{n-1}{n} \right)$$

برای مقاصد طراحی، تعداد بهیج مورد نیاز با استفاده از رابطه فوق محاسبه می شود:

$$n = \sqrt{\frac{6M}{A_b f_t p} \times \frac{n-1}{n}} \approx \sqrt{\frac{6M}{R p}} \quad \text{تساویت} \quad R = A_b f_t \quad \text{اسمی بهیج}$$

در طراحی بجای R از مقاومت طراحی ϕR_n استفاده می شود



برای اتصال برکت به ستون، تعداد بهیج های M22 از نوع

A325 را در دو حالت زیر تعیین کنید. صفحه برش از ناحیه زنده

سید بهیج عبور نمی کند. بهیج های دارای کشش اولیه اند.

$$P_u = 400 \text{ KN}$$

انف) اتصال انگاری ب) اتصال اصطکاکی

و اصل تا 75 بهیج

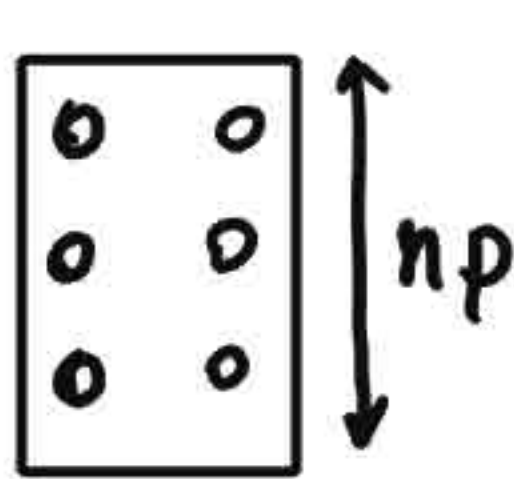
(الف) مقاومت برشی طرح پیچ

$$\phi R_{nv} = \phi F_{nv} A_b$$

$$= 0.75 (0.55 \times 800) \times \pi \times \frac{22^2}{4} \times 10^{-3} = 125 \text{ kN}$$

مقاومت کششی طرح پیچ

$$\phi R_{nt} = \phi F_{nt} A_b$$

$$= 0.75 \times (0.75 \times 800) \times \pi \times \frac{22^2}{4} \times 10^{-3} = 171 \text{ kN}$$


نگهداشتی سهم هر ستون پیچ

$$M = 400 \times 0.2 / 2 = 40 \text{ kN.m}$$

تعداد پیچ هر ستون / مورد نیاز برای نگهداشتی

$$n = \sqrt{\frac{6M}{R_p}} = \sqrt{\frac{6 \times 40}{171 \times 0.075}} = 4.32$$

تعداد پیچ هر ستون / مورد نیاز برای برش

$$n = \frac{P_u}{2R} = \frac{400}{2 \times 125} = 1.6$$

اگر از 4 پیچ در هر ستون استفاده شود:

نیروی کششی پیچ فوقانی

$$R_{ut} = f_t A_b = \frac{6M}{n^2 p} \times \frac{n-1}{n}$$

$$= \frac{6 \times 40}{4^2 \times 0.075} \times \frac{3}{4} = 150 \text{ kN} < \phi R_{nt} = 171$$

نیروی برشی پیچ

$$R_{uv} = \frac{P_u}{2n} = \frac{400}{2 \times 4} = 50 < 125$$

کنترل اندریش برش + کشش

$$\frac{R_{uv}}{\phi R_{nv}} + \frac{R_{ut}}{\phi R_{nt}} \leq 1.3 \rightarrow \frac{50}{125} + \frac{150}{171} = 0.4 + 0.88 = 1.28 < 1.3 \text{ o.k.}$$

(ب) تعداد پیچ های اتصال اصطکاکی معمولاً بیشتر از اتصال آکابی است. بنابراین در هر ستون از 5 پیچ استفاده می شود.

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

نیروی کششی پیچ فوقانی

$$T_u = R_{ut} = f_t A_b = \frac{6M}{n^2 p} \times \frac{n-1}{n}$$

$$= \frac{6 \times 40}{5^2 \times 0.075} \times \frac{4}{5} = 102 \text{ kN}$$

$$K_{sc} = 1 - \frac{102}{1.13 \times 176} = 0.49$$

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

$$= 1 \times 0.49 \times 0.3 \times 1.13 \times 1 \times 176 \times 1$$

$$= 29 \text{ kN} \not> R_{nv} = \frac{P_u}{2n} = \frac{400}{2 \times 5} = 40$$

الحزب برقی کم است

جوش

معمول ترین روش جوشکاری فولادی ساختمانی، جوش قوس الکتریکی با الکتروده
روش دار (جوش دستی با الکتروده) می باشد.

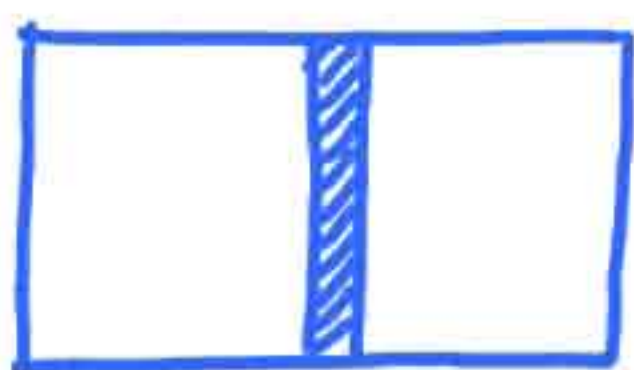
برای نشان دادن انواع الکتروده در ایران استفاده از دست اندازد انجمن جوشکاری
آمریکا (AWS) متداول است.

$E 60 XX$ → سایر اطلاعات الکتروده
تعدادت کشش مندرج
الکتروده در جیب KIPS
→ $F_u = 60 \text{ KIPS}$
 $= 60 \times 70 = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

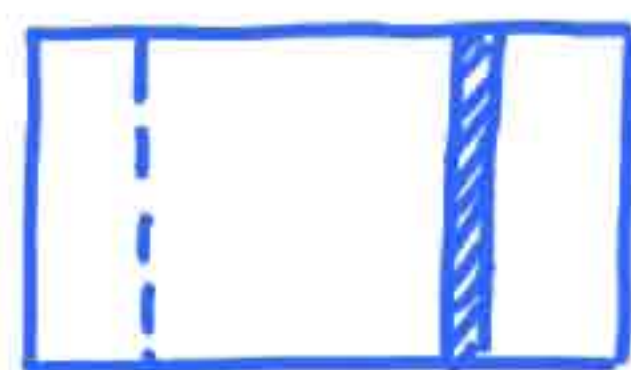
مندرج جوش (الکتروده) باید با فلز مادر سازگار باشد. الکتروده سازگار با هوریت از فولاد های
ساختمانی معمول عبارتند از:

نوع الکتروده	$F_{ue} (\text{kg/cm}^2)$	تنش تسلیم $(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2})$ و قیامت (mm) فلز پایه	
$E 60$ یا $E 70$	4200 یا 4900	$F_y \leq 3000$, $t \leq 15 \text{ mm}$	ST-37
$E 70$	4900	$F_y \leq 3000$, $t > 15$	ST-37
$E 70$	4900	$3000 < F_y \leq 3800$	ST-52
$E 80$	5600	$3800 < F_y \leq 4600$	

انواع جوش :



(1)



(2)



(3)



(4)

۱- جوش میاری (Groove)

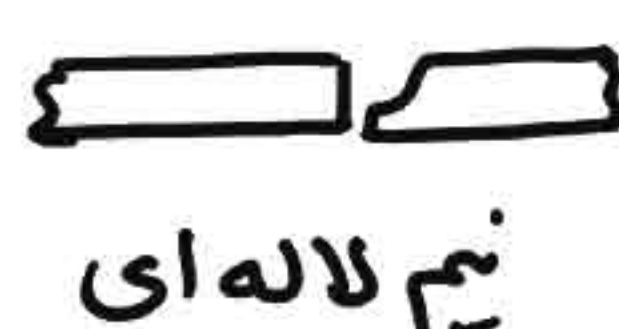
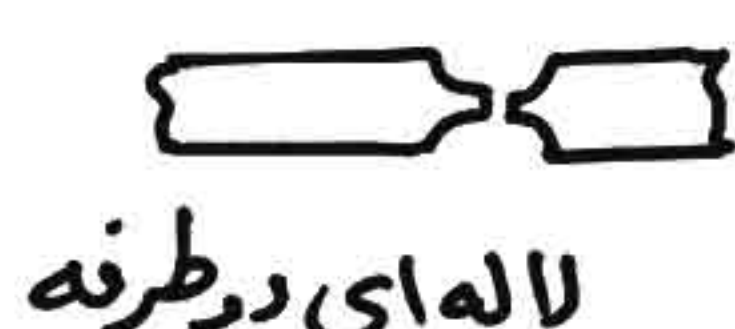
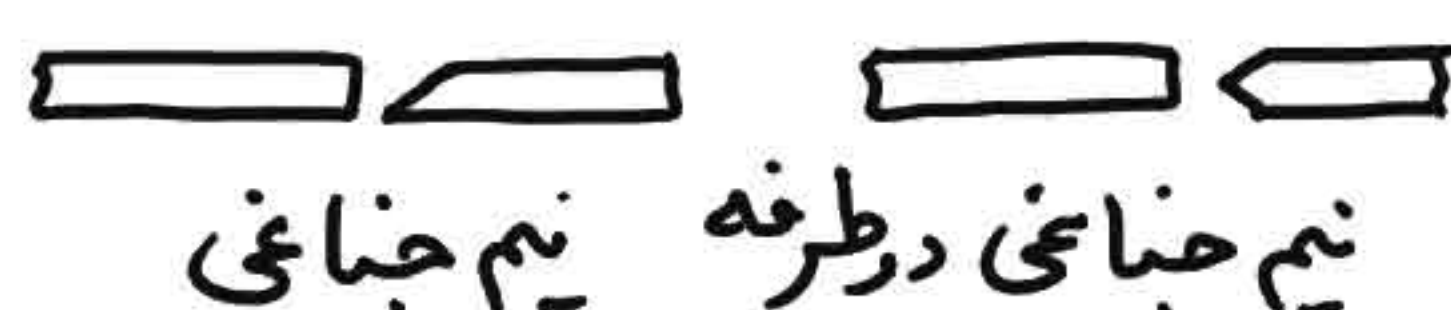
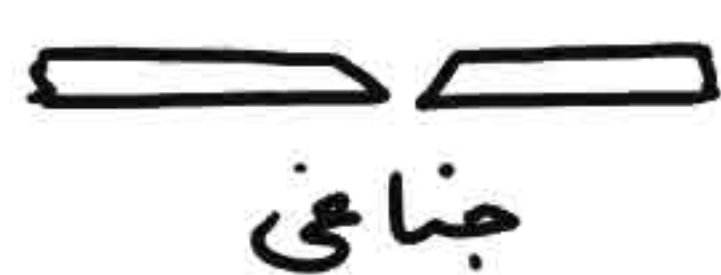
۲- جوش لوت (Fillet)

۳- جوش کام (Slot)

۴- جوش آگستانه (Plug)

جوش میاری } با نفوذ کامل
با نفوذ نسبی

جوش سیماری برای انتقال کل نیروی قطعات متصل شونده مورد استفاده قرار می گیرد
 جوش باید دارای معادلتی معادل قطعات متصل شونده باشد. لبه درز در جوش سیماری
 باید به شکل مخصوص آماده شود. در حدود ۱۵٪ از جوش های ساختمانی از نوع
 سیماری است.



جوش گره

بدلیل اهمیت و کاربرد زیاد جوش گره در اغلب موارد، بیش از سایر انواع
 جوش استفاده می شود. در حدود ۸۰٪ از اتصالات ساختمانی از جوش گره بهره
 می گیرند.

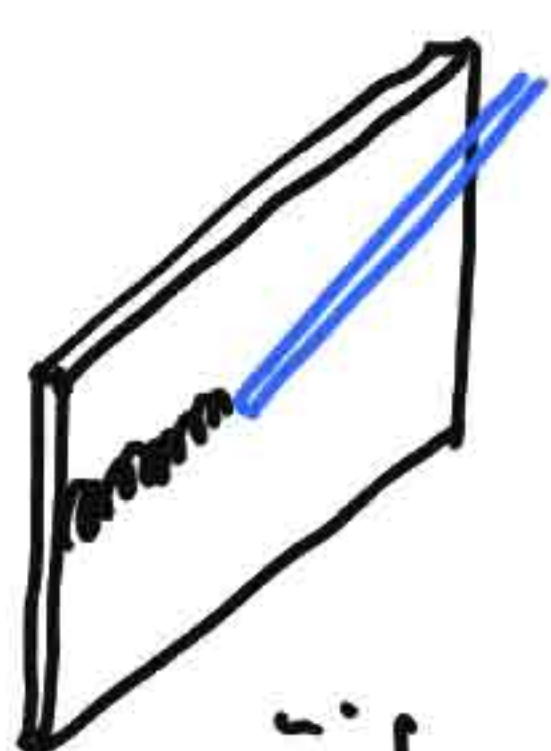
جوش کام و گام نه

یکی از موارد کاربرد این جوش در اتصالات پرشی است که بدلیل محدودیت طول
 استفاده از جوش گره به تنهایی جوابگو نمی باشد. همچنین برای جلوگیری از کاهش
 قسمت های رو به هم گذاشته شده درق و شکست های متصل شونده نیز کاربرد می رود.

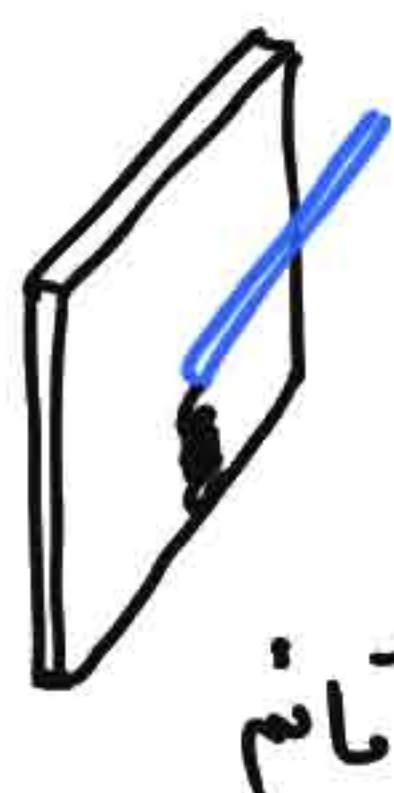
حالت های مختلف اجرای جوش



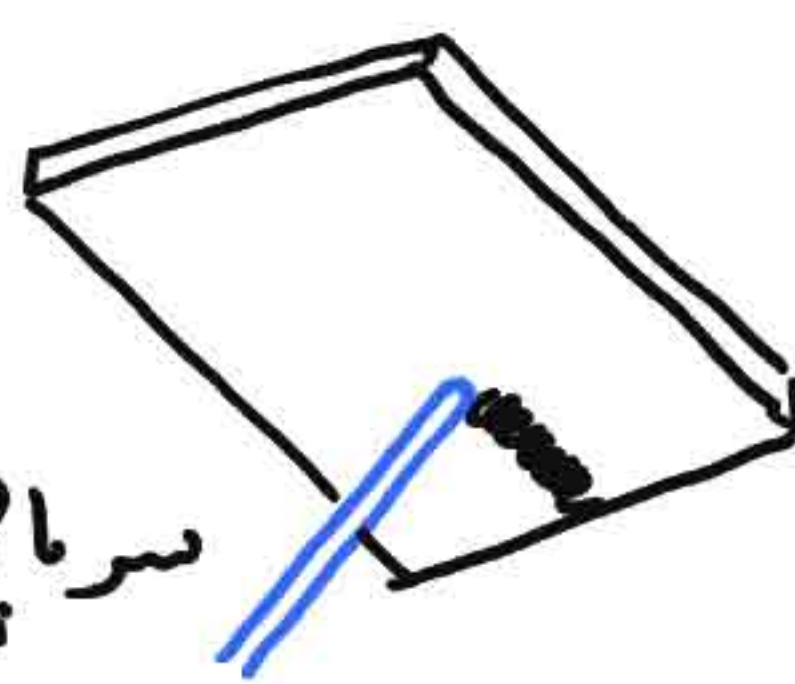
تحت



افقی

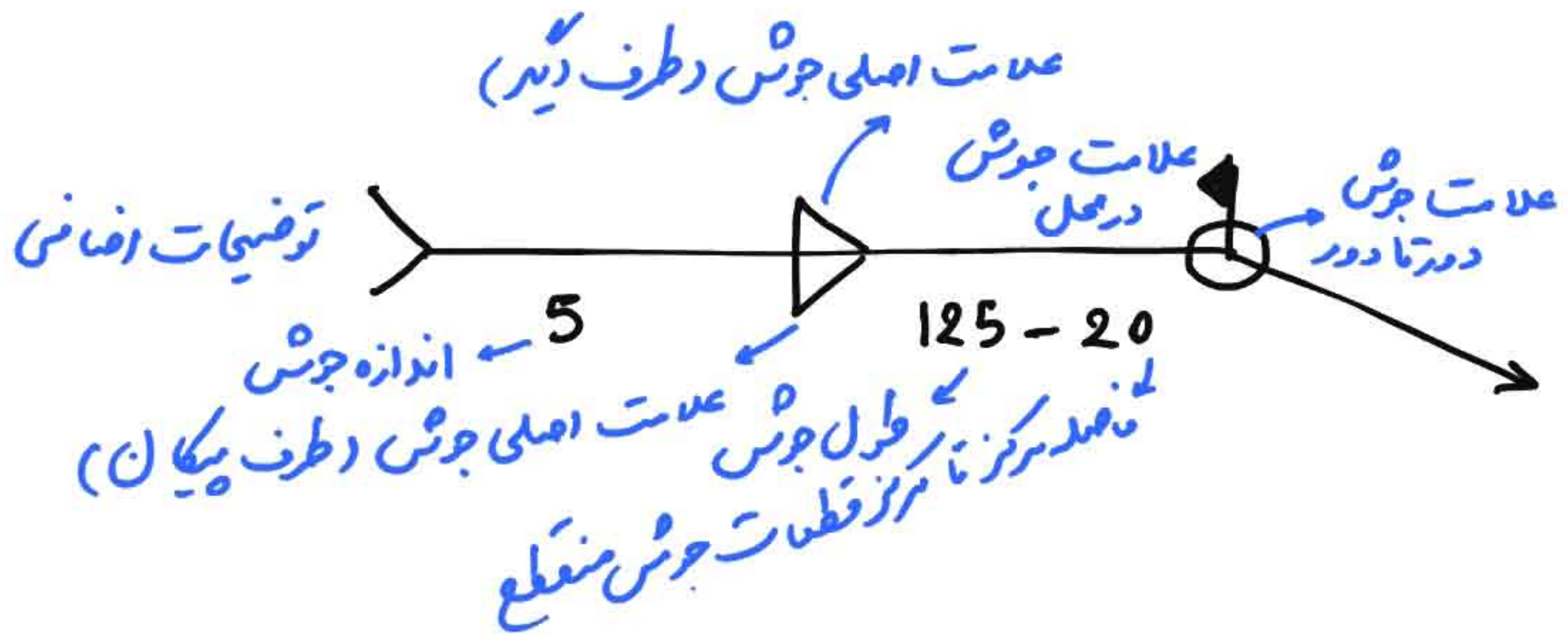
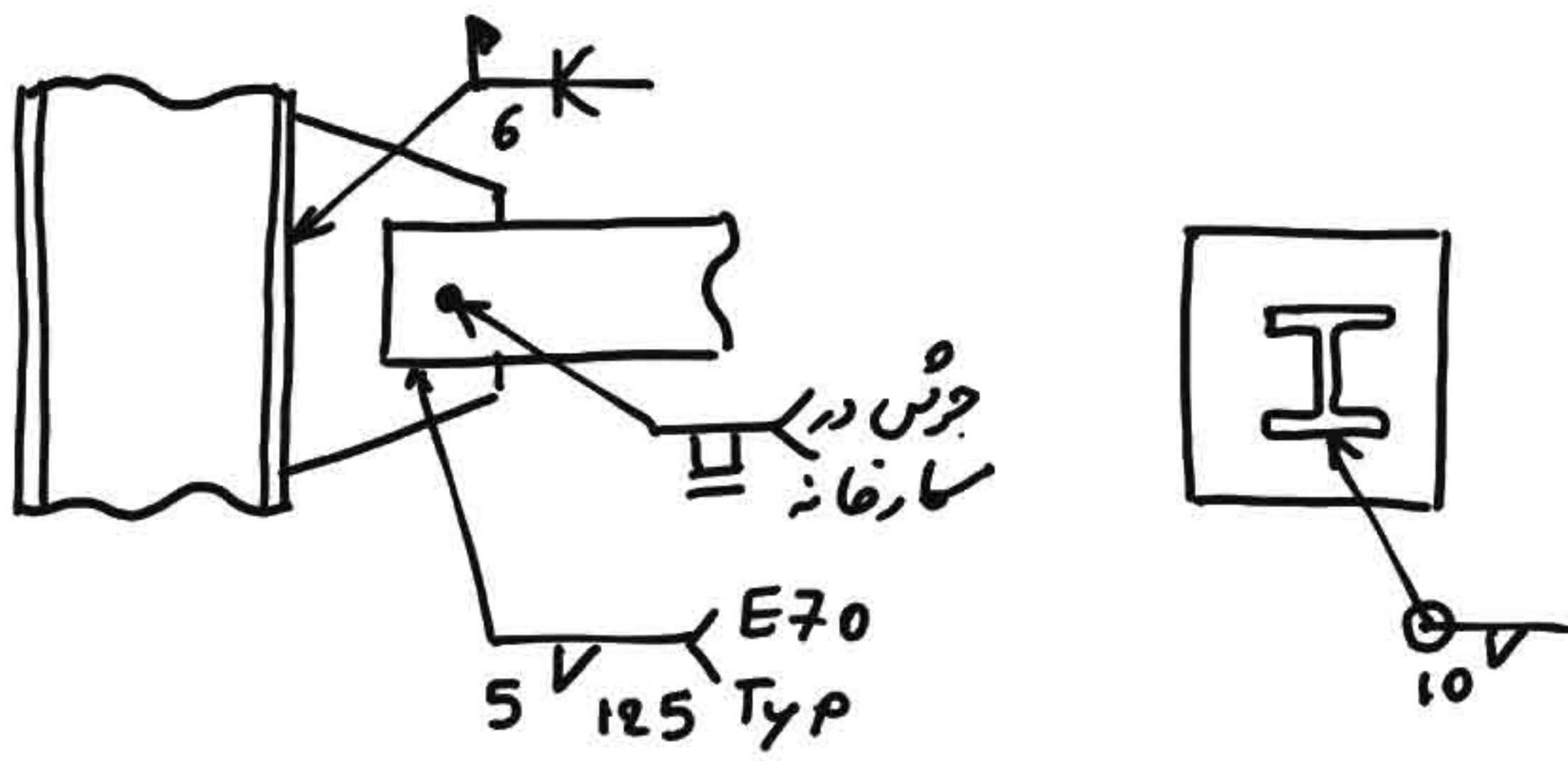


قائم



سر بالا

علامت جوش



علامت های اصلی جوش

شماره	ساده	خفاغنی	نیم خفاغنی	لاله ای	نیم لاله ای
۱	۲	۳	۴	۵	۶

علامت های تکمیلی

جوش در محل (موقع نصب)	جوش دور تا دور	محدب	تخت
-----------------------	----------------	------	-----

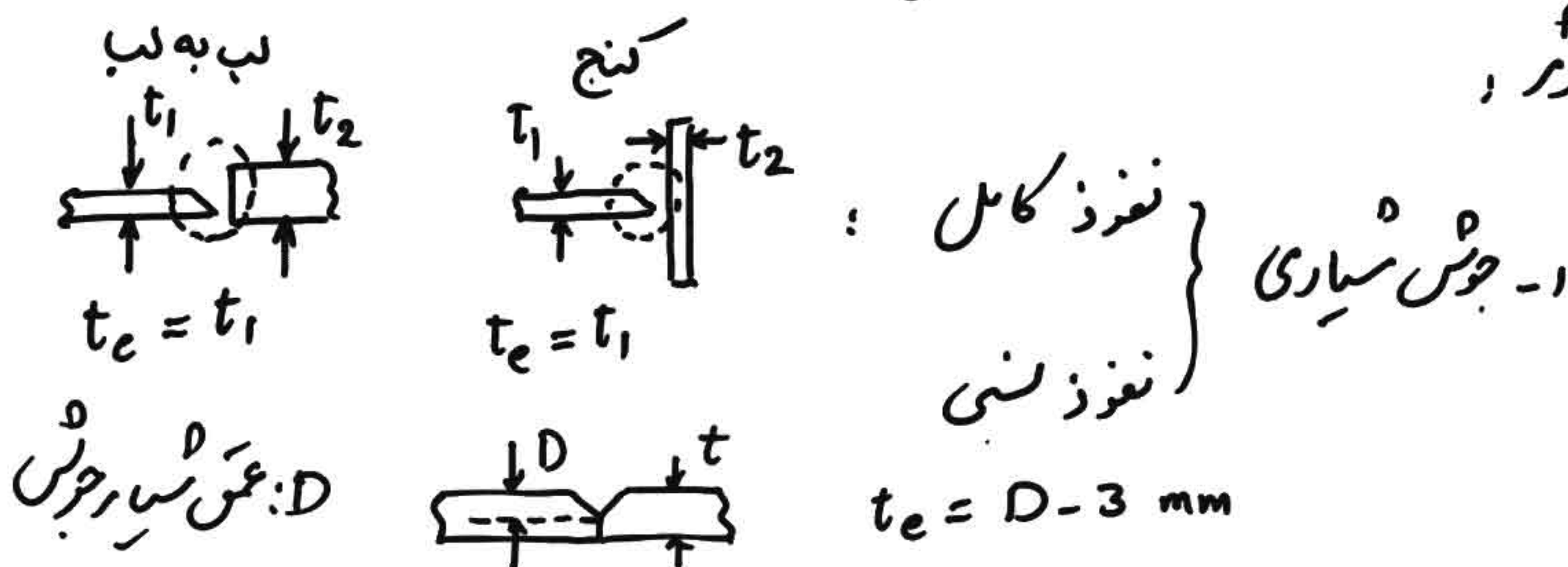


محاسبه طول جوش:

$$\text{طول جوش مورد نیاز} = \text{اندازه گویی مورد نیاز} \times \text{طول جوش}$$

$$L_e \times t_e$$

اندازه گویی مورد نیاز



توضیح:

استفاده از جوش میساری با نفوذ نسبی در جاهایی که از خشک شدن وجود دارد مجاز نیست.

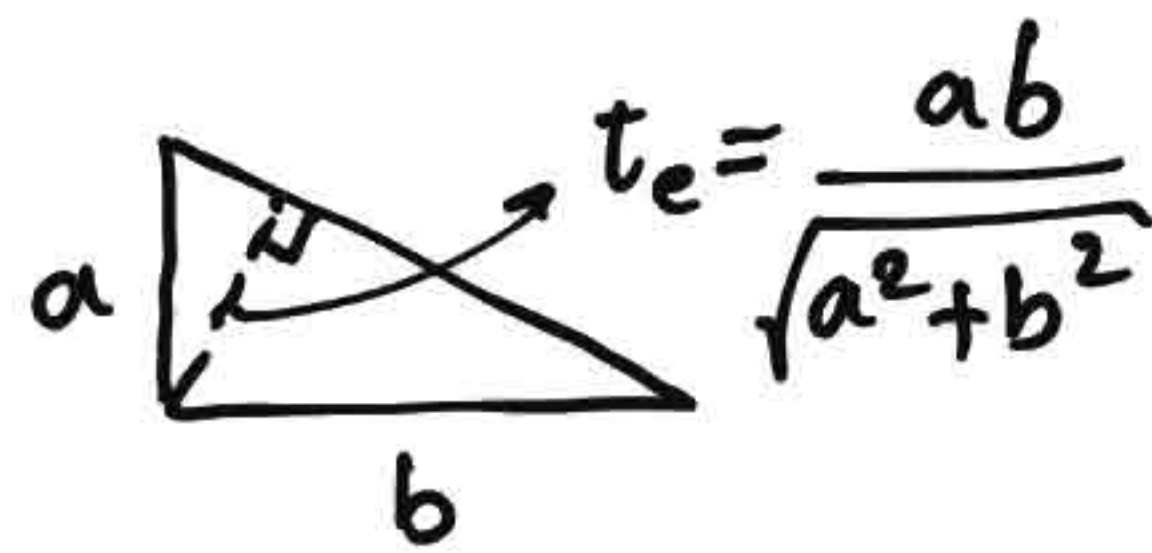
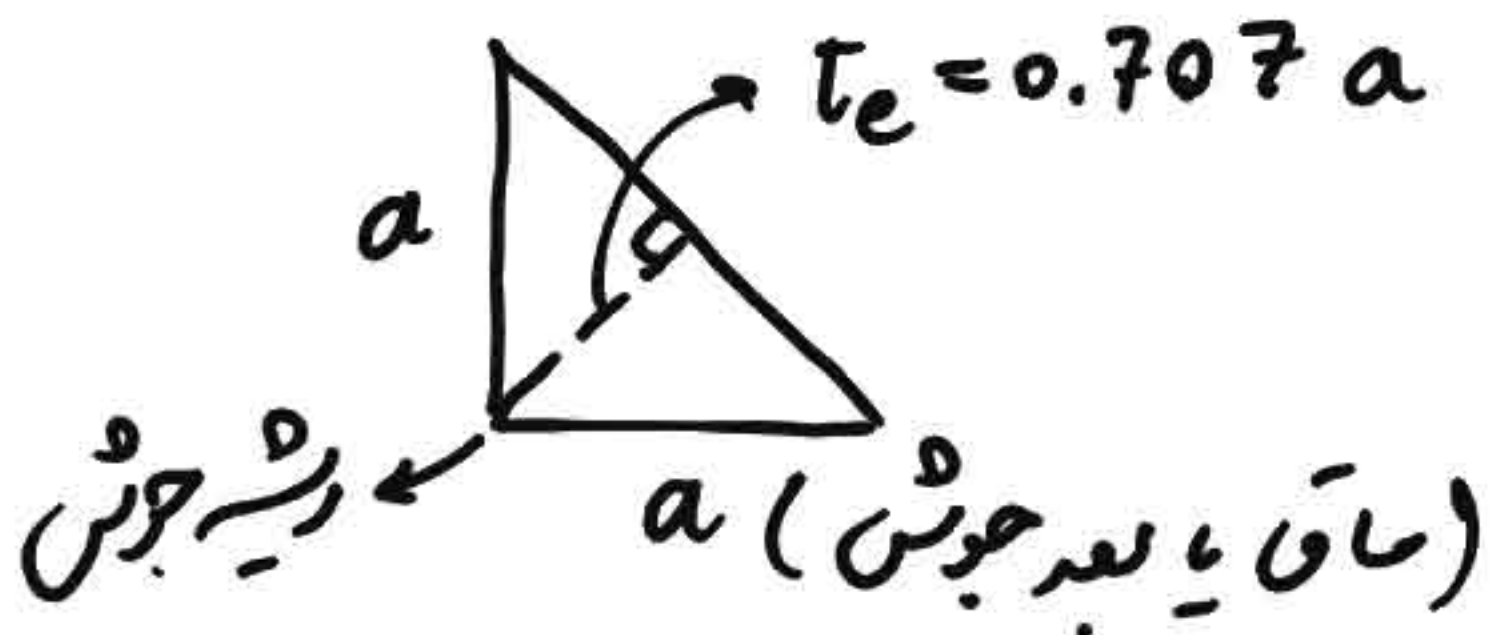
جوش شیارى بر ردى سطوح مورب


 $t_e = 0.3R$

 $t_e = 0.5R$

۲- جوش گوت

اندازه گوى موثر برابر کوتاه ترين فاصله بين ريشه مقطع جوش تا سطح خارجى آن است



محدوديت هاى اندازه جوش :

۱- جوش شيارى با نفوذ نسبي

فنى مت قطعه نازكتر (mm)	$t \leq 6$	$6 < t \leq 12$	$12 < t \leq 20$	$20 < t \leq 40$	...
حد اقل فنى مت موثر جوش	3	5	6	8	...

حد اقل فنى مت موثر جوش ← فنى مت نازكترين قطعه متصل شونده

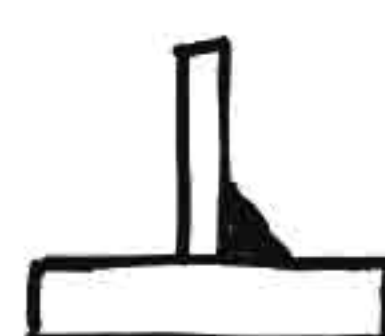
۲- جوش گوت

فنى مت قطعه نازكتر mm	$t \leq 6$	$6 < t \leq 12$	$12 < t \leq 20$	$t > 20$
a_{min} (حد اقل بعد جوش)	3	5	6	8

تعبيره : اگر سازه تحت بار ديناميكى باشد $a_{min} = 5 \text{ mm}$

حد اقل بعد جوش (a_{max})

فنى مت قطعه متصل شونده	$t \leq 7 \text{ mm}$	$t > 7$
a_{max} (حد اقل بعد جوش)	t	$t-2$



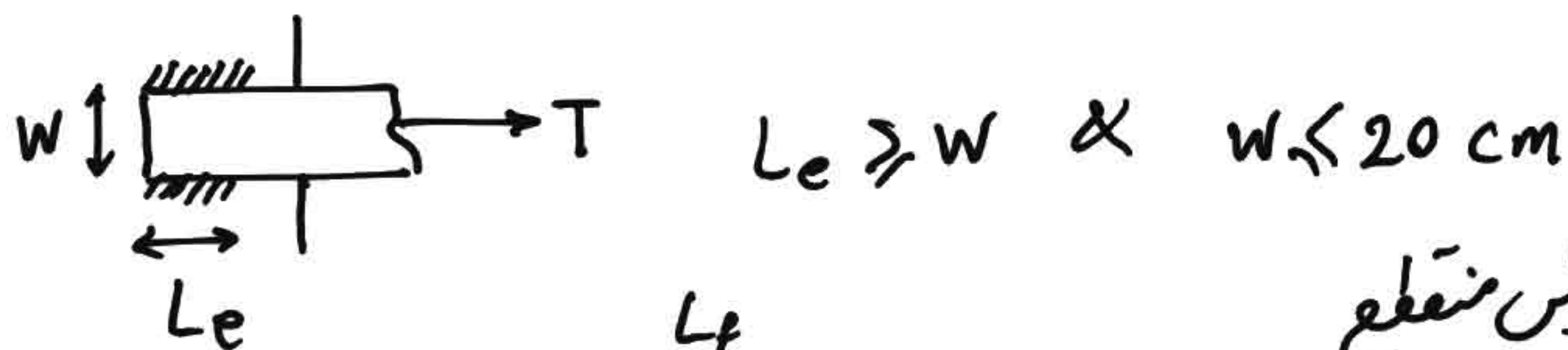
اتصال لبه
 اتصال كنج

در اينجا محدوديت حد اقل بعد اعمال نمى شود

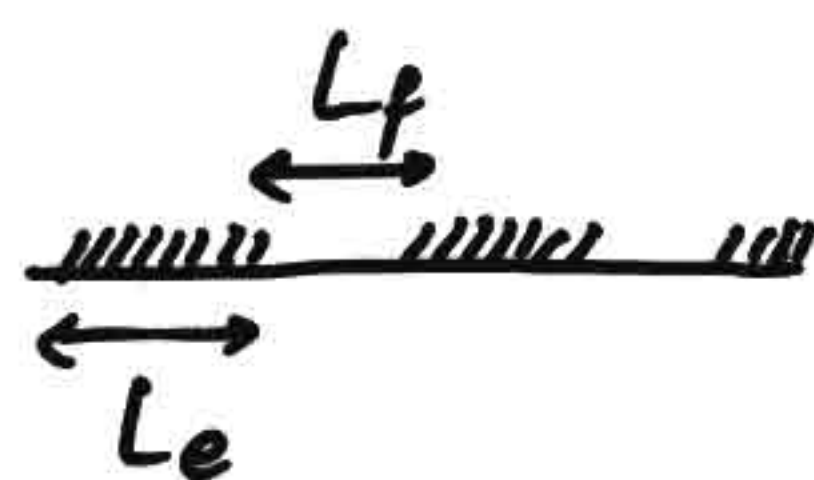
۳- حداقل طول سوراخ گوشه

$$l \geq 4a$$

- * اگر این طول تا سین نمود نقطه $1/4$ طول سوراخ بتوان بعد جوش منظور می گردد.
- * اگر در انتهای تسمه های کششی نقطه در لبه ای طولی از جوش گوشه استفاده شود

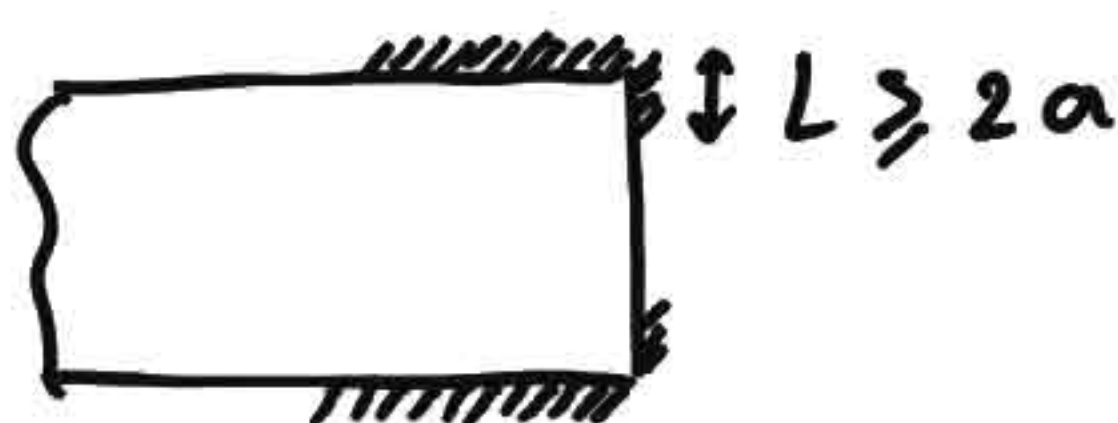


* قطعات جوش منقطع



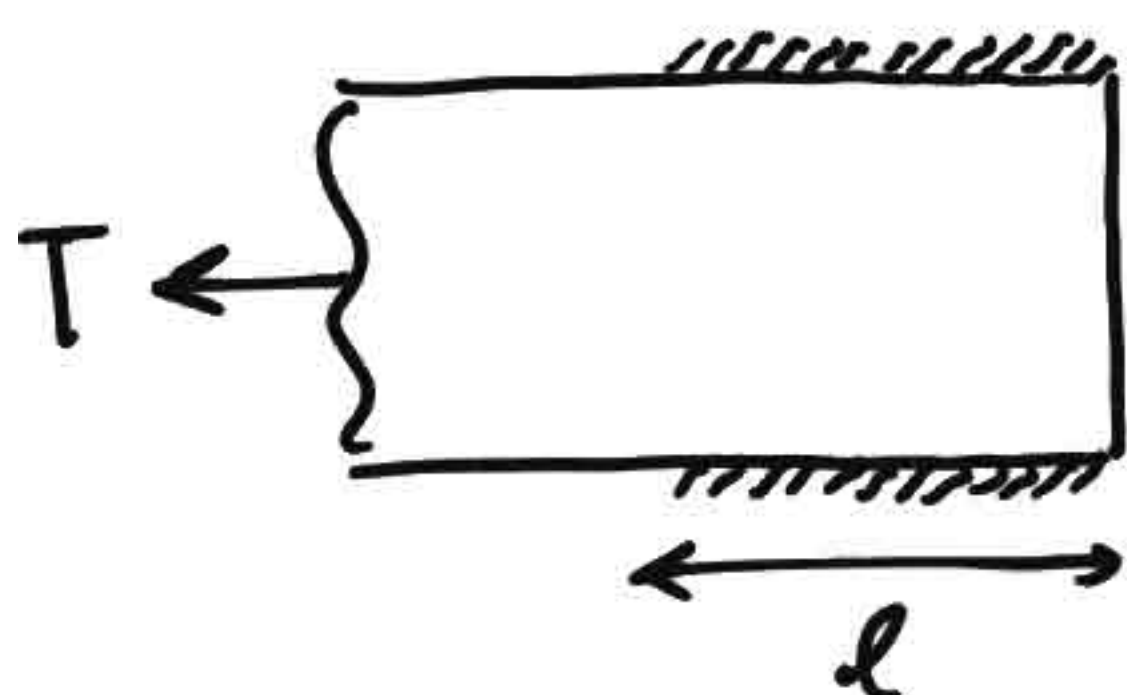
$$L_e \geq \begin{cases} 4a & \text{بعد جوش} \\ 40 \text{ mm} \end{cases}$$

$$L_f \leq \begin{cases} 16t & \text{قطعه زدن} \\ 24t & \text{قطعه در کشش} \end{cases}, \quad t: \text{ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده}$$



* حداقل طول قلاب

۴- حداکثر طول جوش سوراخ (اعضای تحت بار محوری)

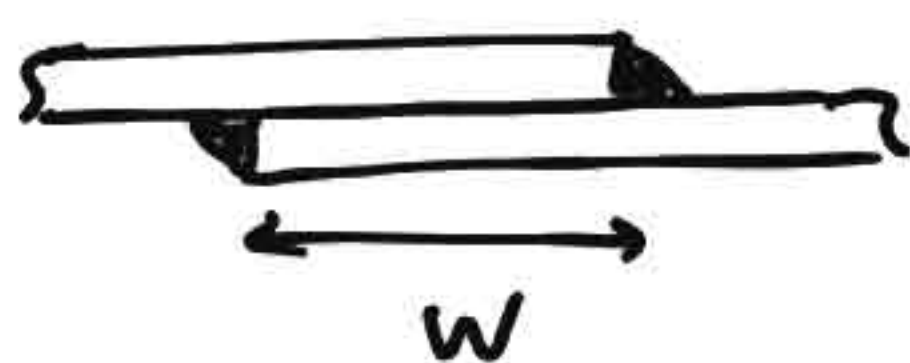


$$l_{max} \leq 100a$$

$$\text{if } l > 100a \rightarrow l_e = \beta l$$

$$\beta = 1.2 - 0.002 \frac{l}{a} < 1$$

جوش در طرفه (مجاز)



جوش یک طرفه



۵- اتصالات پوستی

$$w \geq \begin{cases} 5t \\ 25 \text{ mm} \end{cases}$$

t: ضخامت قطعه نازکتر

جوش یک طرفه در صورتی مجاز است که قید کانی برای جلوگیری از باز شدن اتصال وجود داشته باشد.

تقاوت جوش :

تقاوت طراحی جوش ها برابر ϕR_n است که R_n تقاوت ایسی جوش برابر حداقل مقدار محاسبه شده از دو معیار زیر می باشد.

$$\left. \begin{array}{l} \text{الف: براساس مصالح فلزی پایه} \\ R_n = F_{nBM} A_{BM} \\ \text{ب: براساس مصالح فلز جوش} \\ R_n = \beta F_{nw} A_{we} \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \beta = 1 \quad \text{در صورت انجام آزمونهای غیر فخریب} \\ \beta = 0.85 \quad \text{جوش کارخانه با بازرسی چشمی} \\ \beta = 0.75 \quad \text{جوش در محل با بازرسی چشمی} \end{array} \right\} \quad \beta: \text{ضریب بازرسی جوش}$$

تقاوت جوش گوت

$$\left. \begin{array}{l} \text{برش} \\ \left. \begin{array}{l} \text{فلز پایه} \\ \text{فلز جوش} \end{array} \right\} \\ \text{کشش یا فشار} \leftarrow \text{براساس فلز پایه} \end{array} \right\}$$

۱- تقاوت برشی فلز پایه در مجاورت ماصه اتصال مطابق بند ۱۰-۲-۹-۴-۲ بحث دهم برابر کوچکترین مقدار بدست آمده از دو معیار زیر است:

$$\left. \begin{array}{l} \text{تقاوت تسلیم برشی} \\ \text{تقاوت کشش برشی} \end{array} \right\} \begin{cases} \phi R_n = \phi (0.6 F_y A_{gv}) ; \phi = 1 \\ \phi R_n = \phi (0.6 F_u A_{nv}) ; \phi = 0.75 \end{cases}$$

A_{gv} : سطح مقطع کلی تحت برش

A_{nv} : سطح مقطع خالص تحت برش

در اتصالات جوشی، سطح مقطع کلی و خالص برای طول واحد (1cm) محاسبه می شود

$$A_{gv} = A_{nv} = 1 \times t$$

بنابراین:

$$\left\{ \begin{array}{l} \phi R_n = 0.6 t F_y \quad \text{تسلیم برشی} \\ \phi R_n = 0.45 t F_u \quad \text{کشش برشی} \end{array} \right.$$

۲- مقاومت برشی فلز جوش

$$\phi R_n = \phi (\beta F_{nw} A_{we})$$

$$= 0.75 \beta (0.6 F_{ue}) (1 \times t_e) ; t_e = 0.707 a$$

جدول مقاومت جوش (۱۰-۲-۹-۳)

مثال: مطلوبت محاسبه مقاومت جوش الکترود E60 به طول 1 cm (ارزش جوش) با جوش کارگاهی و کنترل چشمی؟

$$\phi R_n = 0.75 \beta (0.6 F_{ue}) A_{we}$$

$$= 0.75 \times 0.75 \times (0.6 \times 4200) (0.707 a) = \underline{1000 a} \text{ kg/cm}$$

حد اکثر بعد جوش گنجه

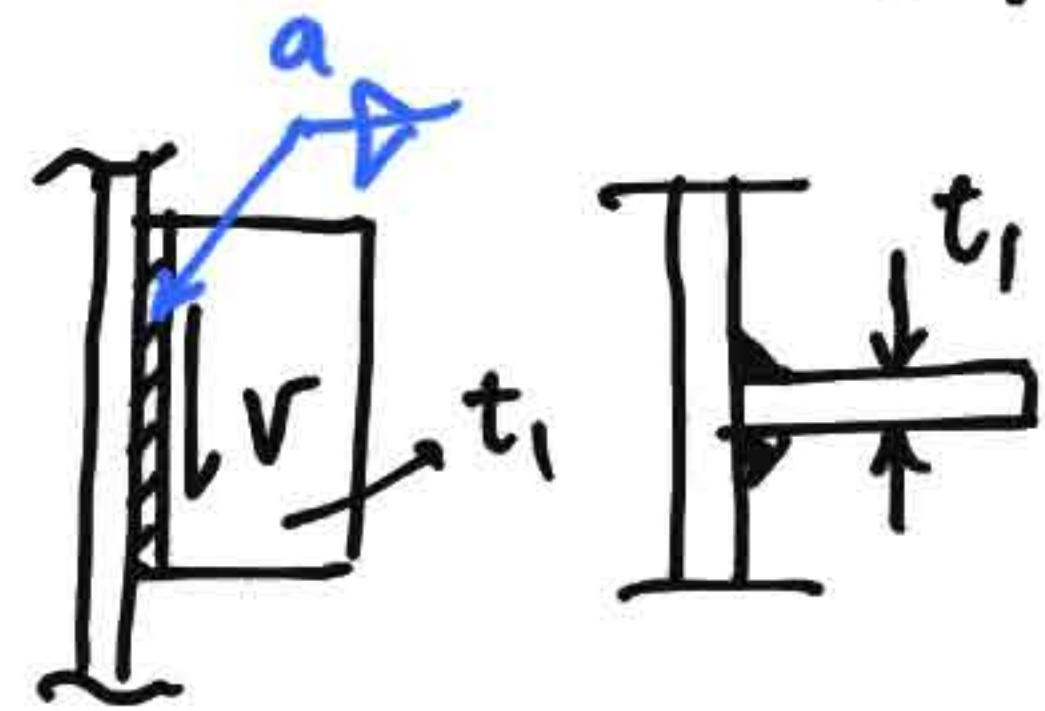
مقاومت جوش نمی تواند از مقاومت فلز مجاور جوش بیشتر باشد.

$$\text{منظوره: } \phi R_{nw} \leq \phi R_n$$

$$\phi R_{nw} = 0.75 \beta (0.6 F_{ue}) (0.707 \times 2a) \quad \text{برای جوش گنجه دو طرفه:}$$

$$= 0.64 \beta F_{ue} a$$

$$\phi R_n = \begin{cases} 0.6 F_y t_1 & \text{تسلیم برشی} \\ 0.45 F_u t_1 & \text{گسختگی برشی} \end{cases}$$



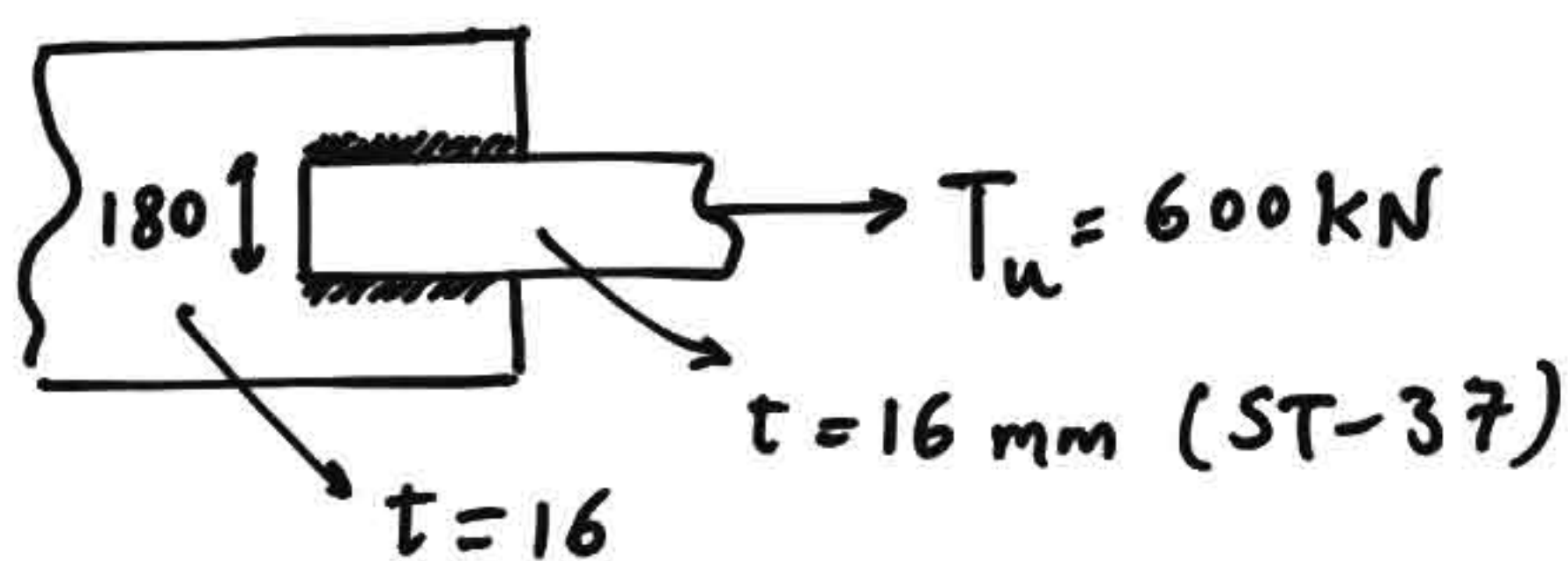
$$\begin{cases} 0.64 \beta F_{ue} a \leq 0.6 F_y t_1 \rightarrow a_{max} = 0.94 \frac{F_y}{\beta F_{ue}} t_1 \\ 0.64 \beta F_{ue} a \leq 0.45 F_u t_1 \rightarrow a_{max} = 0.7 \frac{F_u}{\beta F_{ue}} t_1 \end{cases}$$

برای فولاد ST-37 و الکترود E60 با جوش کارگاهی:

$$\begin{cases} a_{max} = 0.94 \times \frac{2400}{0.75 \times 4200} t_1 = 0.72 t_1 \\ a_{max} = 0.7 \times \frac{3600}{0.75 \times 4200} t_1 = 0.81 t_1 \end{cases} \rightarrow a_{max} = 0.72 t_1$$

مثال: جوش اتصال نشان داده شده را از اکترود

E60 کارگاهی طرح نمائید.



حل:

بعد جوش:

$$\begin{cases} t = 16 \text{ mm} \rightarrow a_{\min} = 6 \text{ mm} \\ a_{\max} = 16 - 2 = 14 \text{ mm} \end{cases} \Rightarrow \text{Use } a = 10 \text{ mm}$$

مقاومت جوش:

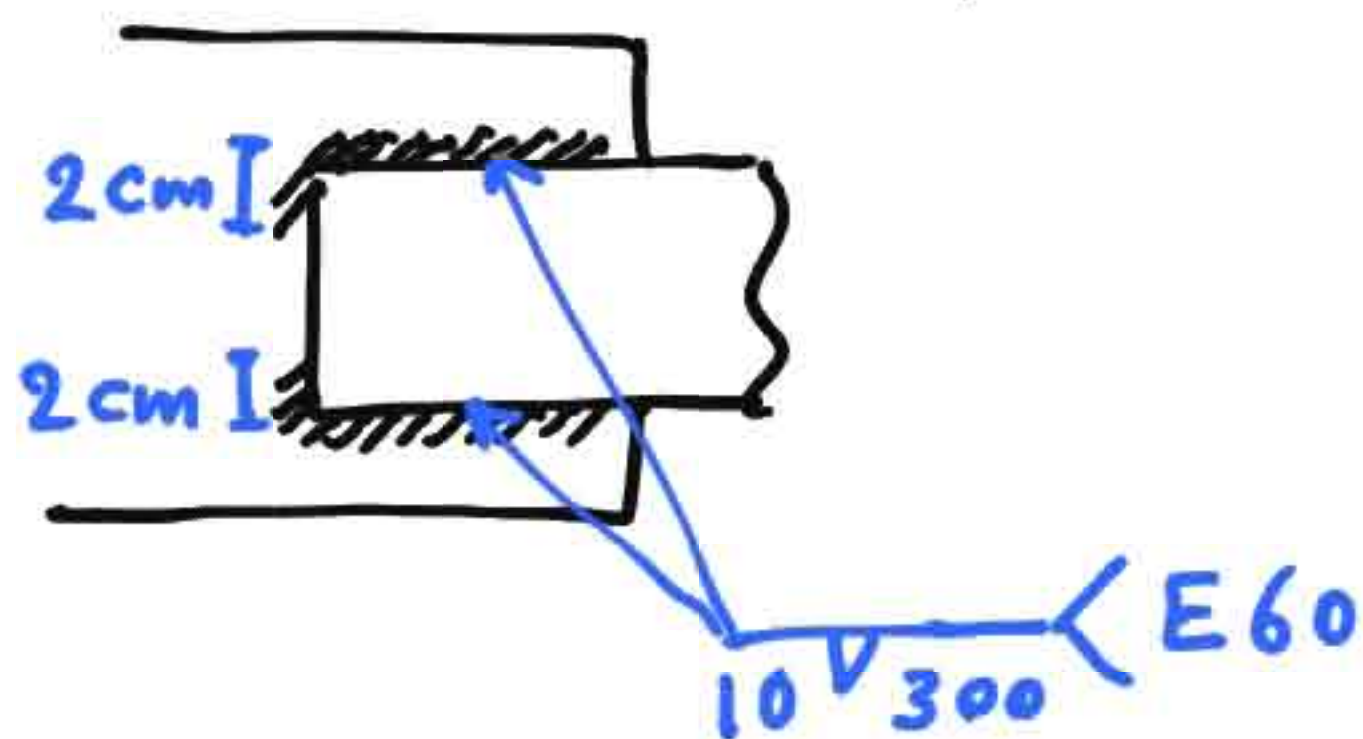
$$\phi R_n = 1000 a = 1000 \times 1 = 1000 \text{ kg/cm}$$

مقاومت فلز پایه:

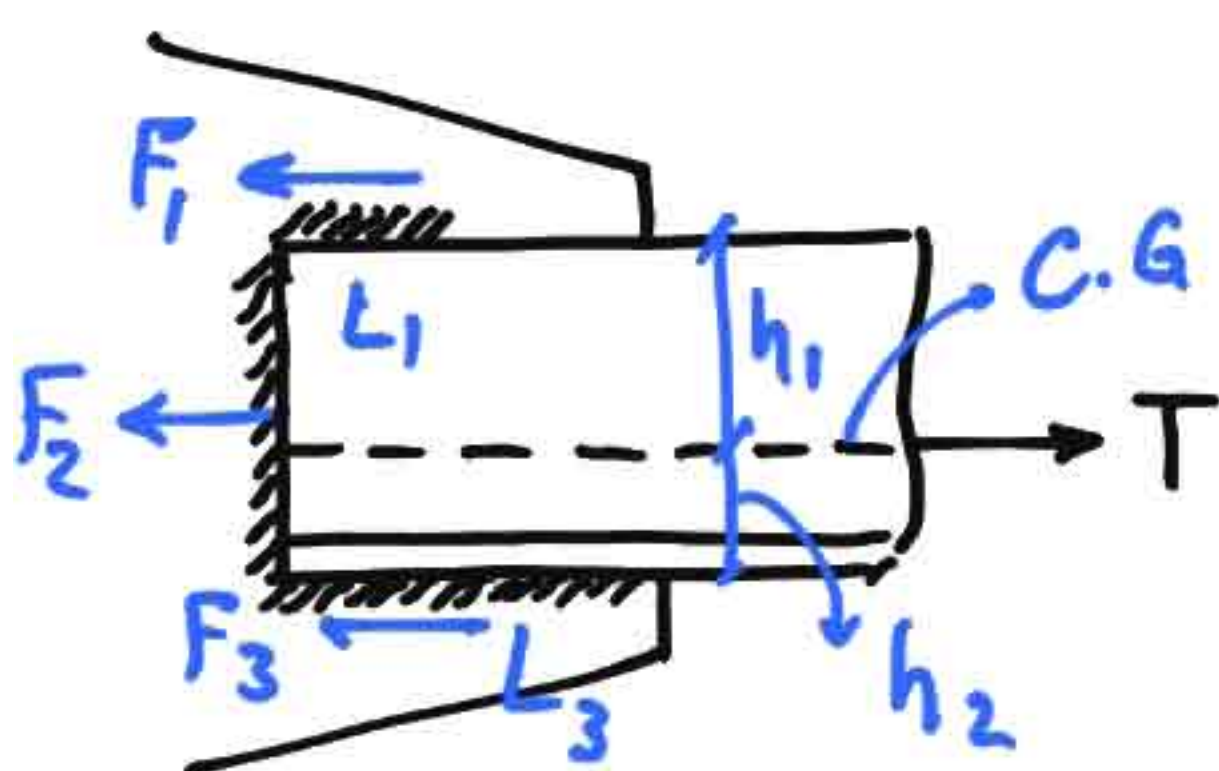
$$\begin{aligned} \phi R_n &= 1 \times (0.6 F_y) t = 1 \times 0.6 \times 2400 \times 1.6 = 2304 \text{ kg/cm} \\ \phi R_n &= 0.75 (0.6 F_u) t = 0.75 \times 0.6 \times 3600 \times 1.6 = 2592 \text{ N} \end{aligned}$$

مقاومت جوش کنترل نشده است

$$L_w = \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{60 \text{ ton}}{1 \frac{\text{ton}}{\text{cm}}} = 60 \text{ cm} \rightarrow \text{Use } a = 10 \text{ mm (E60)} \\ L = 300 \text{ mm each side}$$



اتصال متعادل:



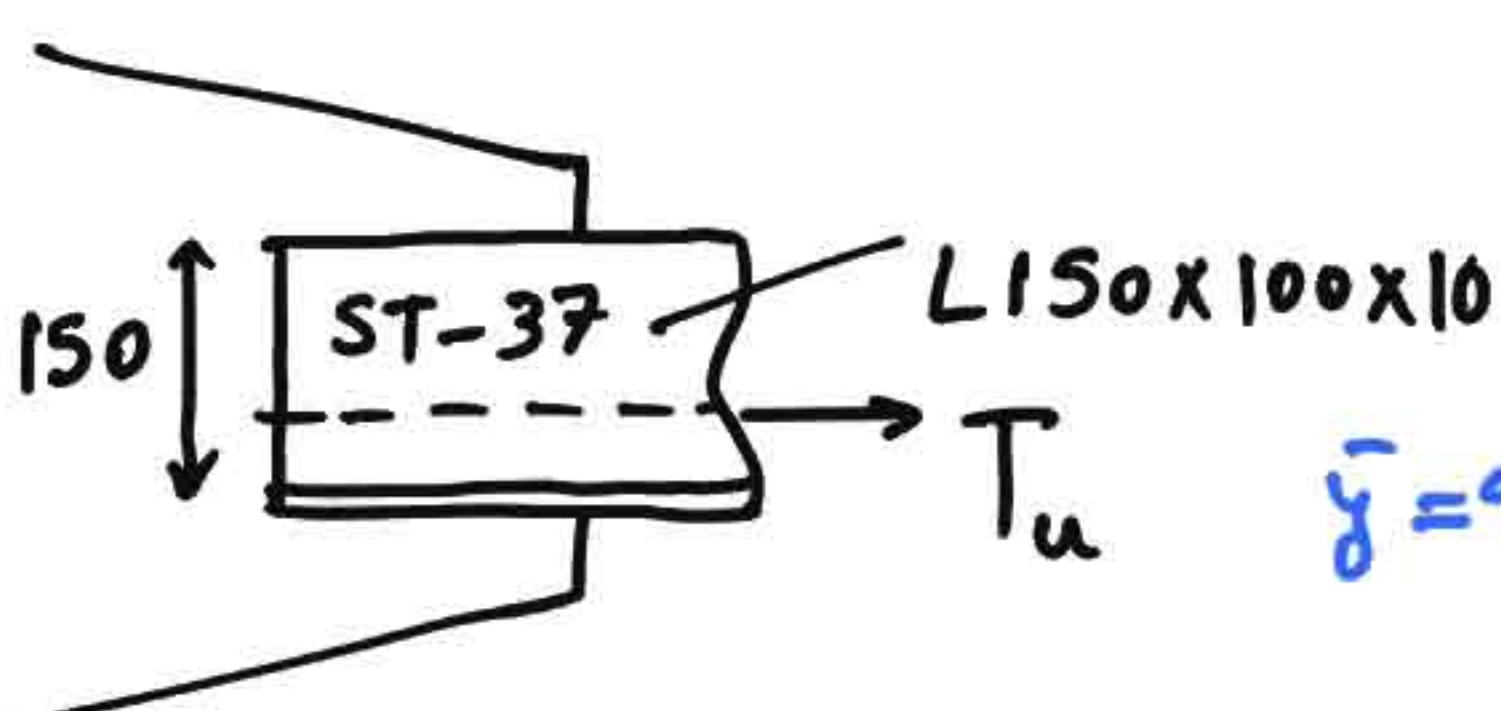
به منظور کاهش اثر خروج از محوری بار باید امتداد نیرو
در محل مرکز هندسی جوش ها عبور کند

رابطه ساده برای برقراری تقریبی این شرط عبارتست از

$$L_1 h_1 = L_3 h_3$$

مثال:

مطلوبت طرح جوش گوت



$$\bar{y} = 4.81 \text{ cm} \\ \bar{u} = 2.34 \text{ cm} \quad (A = 24.2 \text{ cm}^2)$$

برای اتصال فنی نشان داده شده؟

حل :
 اتصال را برای مقاومت نهائی نبشی طرح می‌کنیم
 (الف) محاسبه مقاومت گسشی نهایی نبشی

$$T_u = \phi T_n = \begin{cases} 0.9 F_y A_g & \text{تسلیم} \\ 0.75 F_u A_e & \text{گسیختگی} \end{cases} \quad A_e = U A_g \quad ; \quad U = 1 - \frac{a}{l}$$

طبق جدول ۱۰-۲-۳-۱ (ل: طول متوسط جوش)

بفرض $U = 0.9$:

$$T_u = \phi T_n = \begin{cases} 0.9 \times 2400 \times 24.2 \times 10^{-3} = 52.3 \text{ Ton} \checkmark \\ 0.75 \times 3600 \times (0.9 \times 24.2) \times 10^{-3} = 58.8 \text{ Ton} \end{cases}$$

ب) محاسبه جوش

$$\begin{cases} t = 10 \text{ mm} \rightarrow a_{\min} = 5 \text{ mm} \\ a_{\max} = 10 - 2 = 8 \text{ mm} \rightarrow \text{Use } a = 5 \text{ mm} \end{cases}$$

مقاومت جوش (اکترود E60 با جوش کارگاهی)

$$\phi R_n = 1000 a = 1000 \times 0.5 = 500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

مقاومت برشی نبشی

$$\phi R_n = \begin{cases} 0.6 F_y t = 0.6 \times 2400 \times 1 = 1440 \text{ kg/cm} \\ 0.75 \times 0.6 F_u t = 0.75 \times 0.6 \times 3600 \times 1 = 1620 \end{cases}$$

جوش کنترل می‌کند.

$$F_2 = 500 \times 15 = 7500 \text{ kg} = 7.5 \text{ Ton}$$

$$\frac{l_1}{l_3} = \frac{h_3}{h_1} = \frac{4.81}{15 - 4.81} = 0.47$$

$$l_1 + l_3 = \frac{T_u - F_2}{\phi R_n} = \frac{52.3 - 7.5}{500} \times 10^3 = 89.6 \text{ cm}$$

$$1.47 l_3 = 89.6 \rightarrow l_3 = 61 \text{ cm} \rightarrow \text{Say } 60 \text{ cm}$$

$$l_1 = 29 \text{ cm} \rightarrow \text{Say } 30 \text{ cm}$$

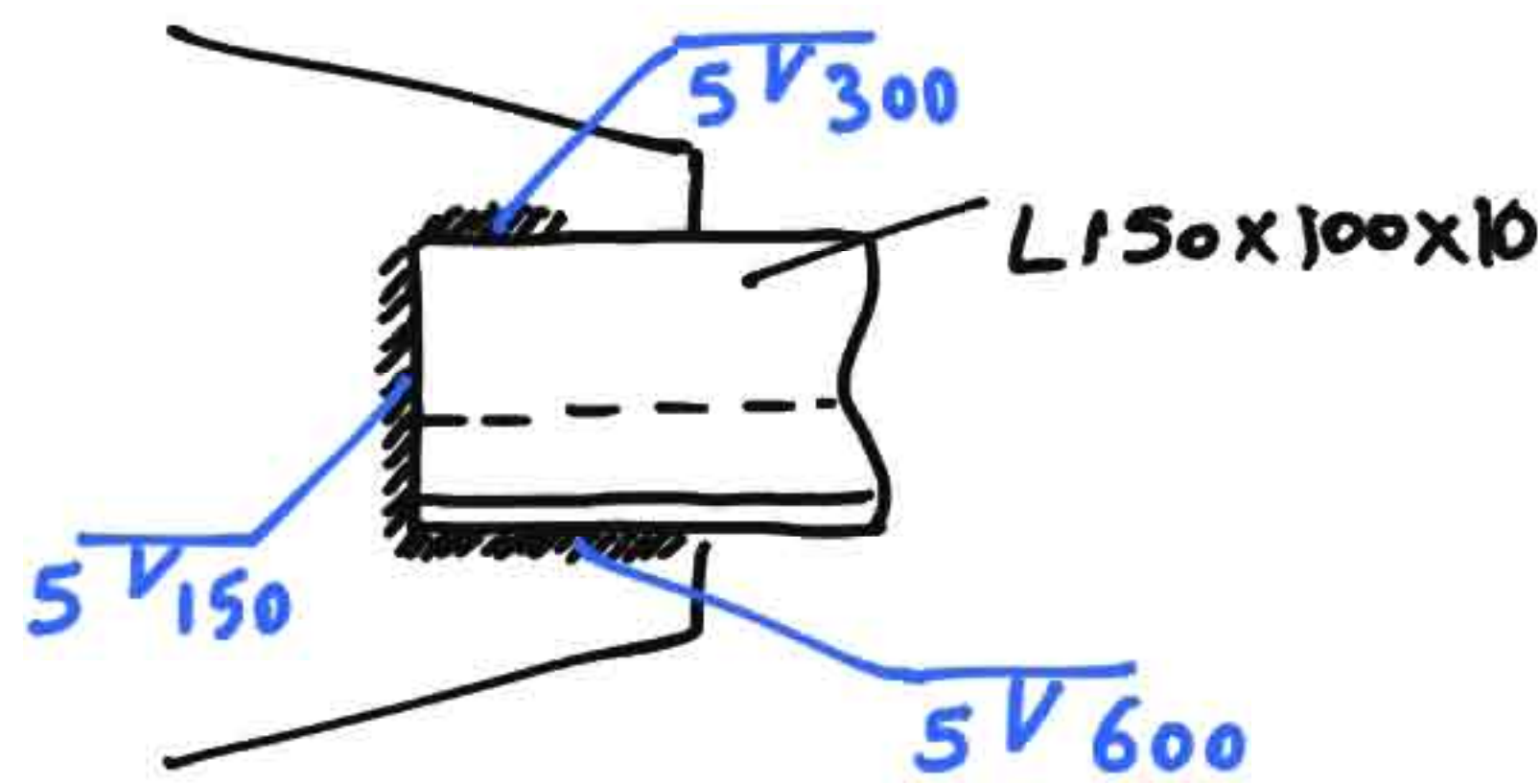
طول متوسط جوش

$$\frac{l_1 + l_3}{2} = \frac{60 + 30}{2} = 45 \text{ cm}$$

$$U = 1 - \frac{2.34}{45} = 0.95$$

$$\phi T_n = 0.75 \times 3600 \times 0.95 \times 24.2 \times 10^{-3} = 62 \text{ ton} \rightarrow \text{تأثیری در ظرفیت}$$

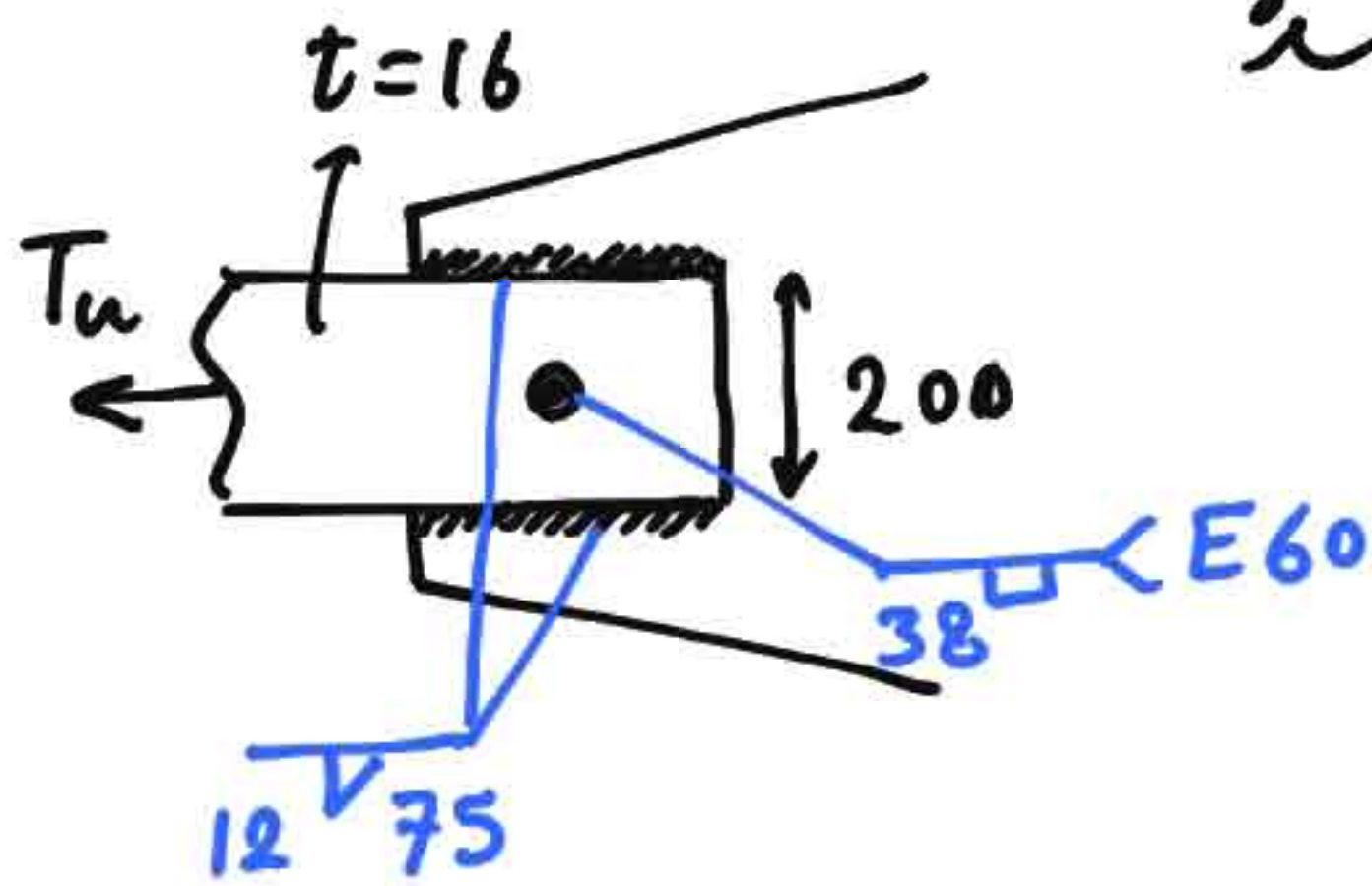
$$T_u = 52.3 \text{ ton} \rightarrow \text{نبشی ندارد}$$



مثال: مطلوبت محاسبه ظرفیت اتصال نشان داده شده

حل:

مقاومت جوش محسوب:



$$\phi R_n = 1000 a$$

$$= 1000 \times 1.2 = 1200 \text{ kg/cm}$$

مقاومت برشی فلز پایه:

$$\phi (0.6 F_y) t = 1 \times 0.6 \times 2400 \times 1.6 \times 10^{-3} = 2.3 \text{ T/cm}$$

$$\phi (0.6 F_u) t = 0.75 \times 0.6 \times 3600 \times 1.6 \times 10^{-3} = 2.6 \text{ T/cm}$$

مقاومت جوش کنترل کشنده است.

$$T_1 = 1.2 (T_{cm}) \times 2 \times 7.5 (\text{cm}) = 18 \text{ ton} \quad \text{ظرفیت جوش محسوب}$$

$$T_2 = 0.75 (0.6 \times 4200) \times \pi \frac{3.8^2}{4} \times 10^{-3} = 21 \text{ ton} \quad \text{ظرفیت جوش زنگنه}$$

$$T_u = T_1 + T_2 = 18 + 21 = 39 \text{ ton}$$

کنترل ظرفیت کششی ورق:

$$\phi T_n = \begin{cases} 0.9 F_y A_g = 0.9 \times 2.4 \times 20 \times 1.6 = 69 \text{ ton} \\ 0.75 F_u A_e = 0.75 \times 3.6 \times 20 \times 1.6 = 86 \text{ ton} \end{cases}$$

جوش کنترل کشنده است

$$\underline{T_u = 39 \text{ ton}}$$

اتصالات جوش با برش خارج از محور (برش + پیچ)

مطابق با اتصالات جوشی برای تحلیل اتصالات جوش با خروج از محوری نیز در روش وجود دارد:

روش پلاستیک (مرکز آنی دوران)

روش الاستیک

در روش پلاستیک، مقاومت کرده جوش گرفته با تقسیم موقعیت مرکز آنی دوران به کمک

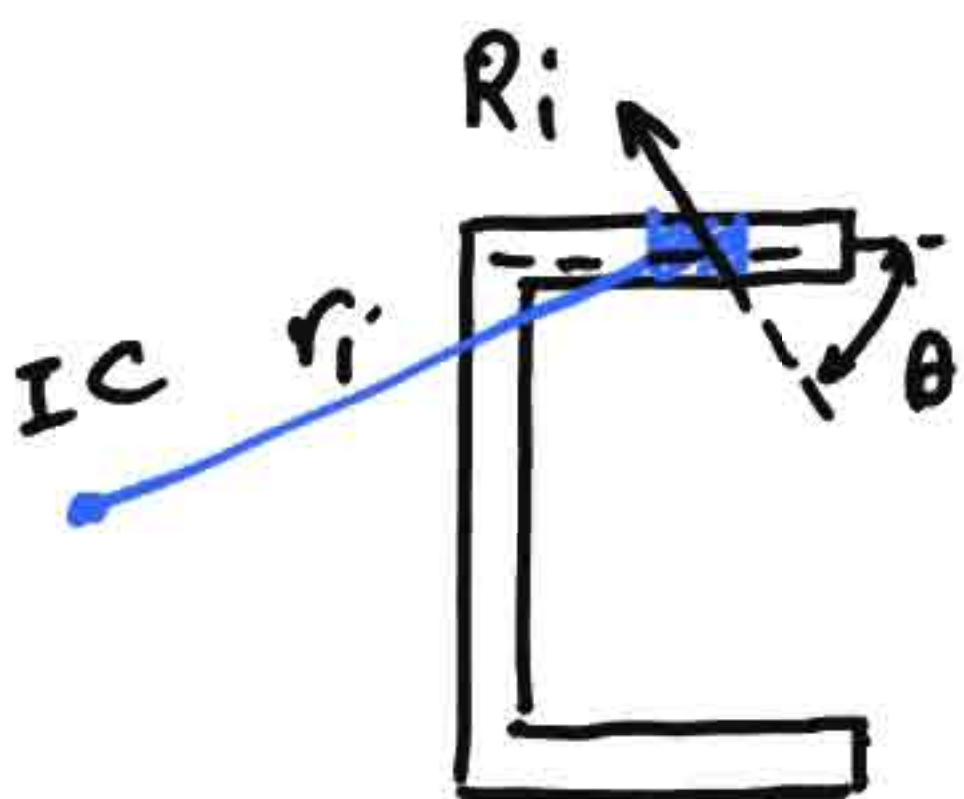
رابطه نیرو - تغییر مکان جوش محاسبه می شود. مقاومت اسی (R_i) یک قطعه جوش در هر

فاصله ای نسبت به مرکز آنی دوران متناسب با این فاصله بوده و نمودار استوار و شعاعی

مرکز دوران تا قطعه جوش است. بر خلاف پیچ که مقاومت جوش گرفته به زاویه بین نیرو و

محور جوش بستگی دارد:

$$R_i = 0.6 F_{ue} t_e (1 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \left[\frac{\Delta_i}{\Delta_m} (1.9 - 0.9 \frac{\Delta_i}{\Delta_m}) \right]^{0.3}$$



R_i : مقاومت اسی قطعه جوش i

Δ_i : تغییر شکل قطعه i $r_i \frac{\Delta_u}{r_{cr}}$

r_{cr} : فاصله شعاعی از مرکز آنی تا قطعه جوشی که کمترین مقدار

Δ_u / r_i را دارد

$$\Delta_u = 1.087 (\theta + 6)^{-0.65} \alpha \leq 0.17 \alpha$$

$$\Delta_m = 0.209 (\theta + 2)^{-0.32} \alpha$$

α : بعد جوش

F_{ue} : مقاومت کششی منفر جوش

همانند پیچ که، باید در یک فرایند تکراری، محل مرکز آنی دوران بلورنوی تقسیم شود که معادلات

تعادل برقرار باشند. این فرایند نیازمند یک روش حل عددی استفاده از کامپیوتر می باشد

برای انجام تحلیل جوش به روش پلاستیک نرم افزارهایی تحت اکسل (Excel) ایجاد شده است.

روش تحلیل الاستیک (برداري)

روش الاستیک بسیار مناسب کارانه است اما محاسبات آن ساده تر می باشد

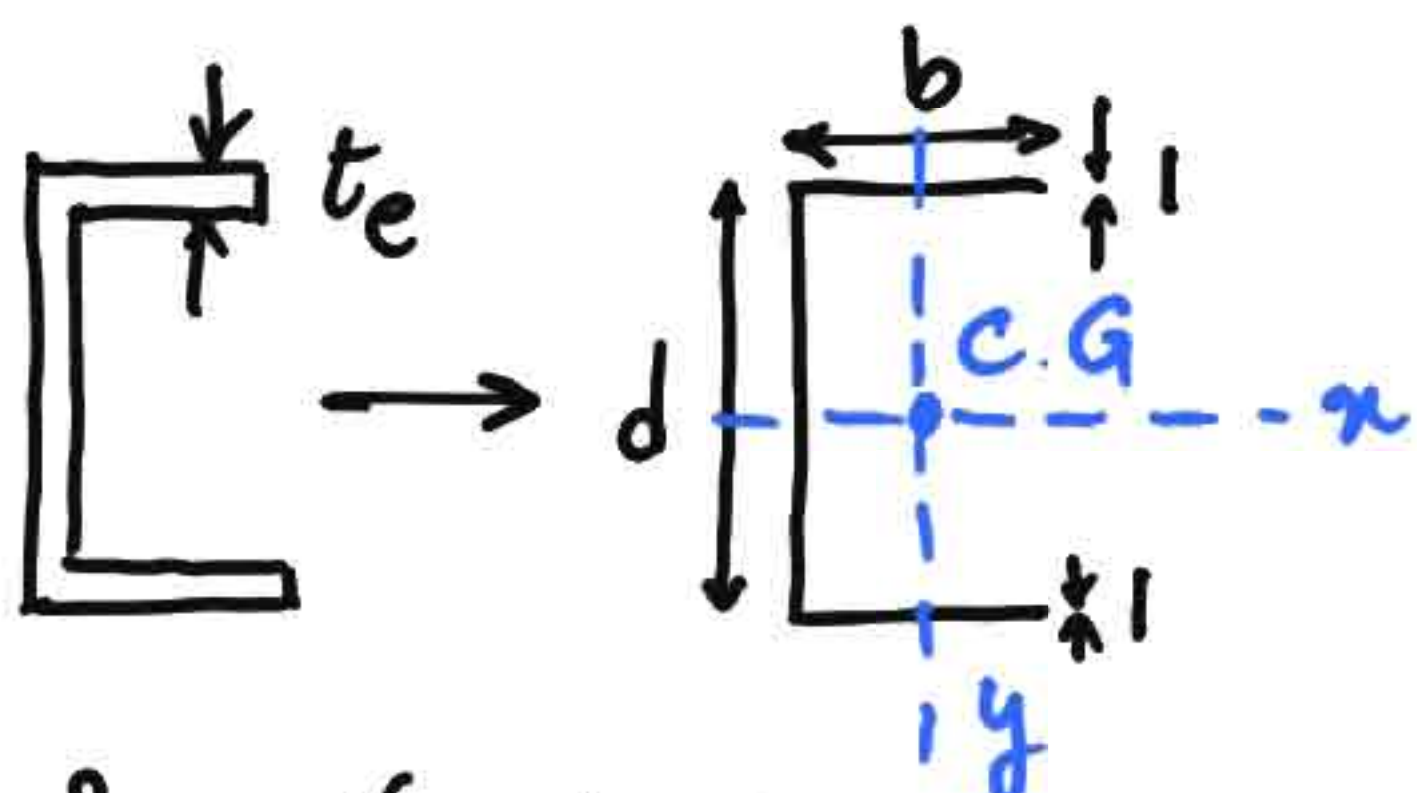
تَنَسُّجُ جُوشِ تَحْتَ بُرْسِ مَسْتَقِمْ $f' = \frac{P}{A}$

تَنَسُّجُ جُوشِ تَحْتَ لُکْرِ مَعْمُومِ $f'' = \frac{T_r}{I_p}$

$T = P \cdot e$ لُکْرِ مَعْمُومِ

I_p : مِثَالِ زَیْرِی قَطْعِی نَسَبِ مَعْمُومِ مَرْکَزِ هَنْدِی جُوشِ C.G

e : خُورِجِ از مَحْوَرِی، رِئِیْتِ بَ C.G.



$$I_p = \sum I_x + \sum I_y$$

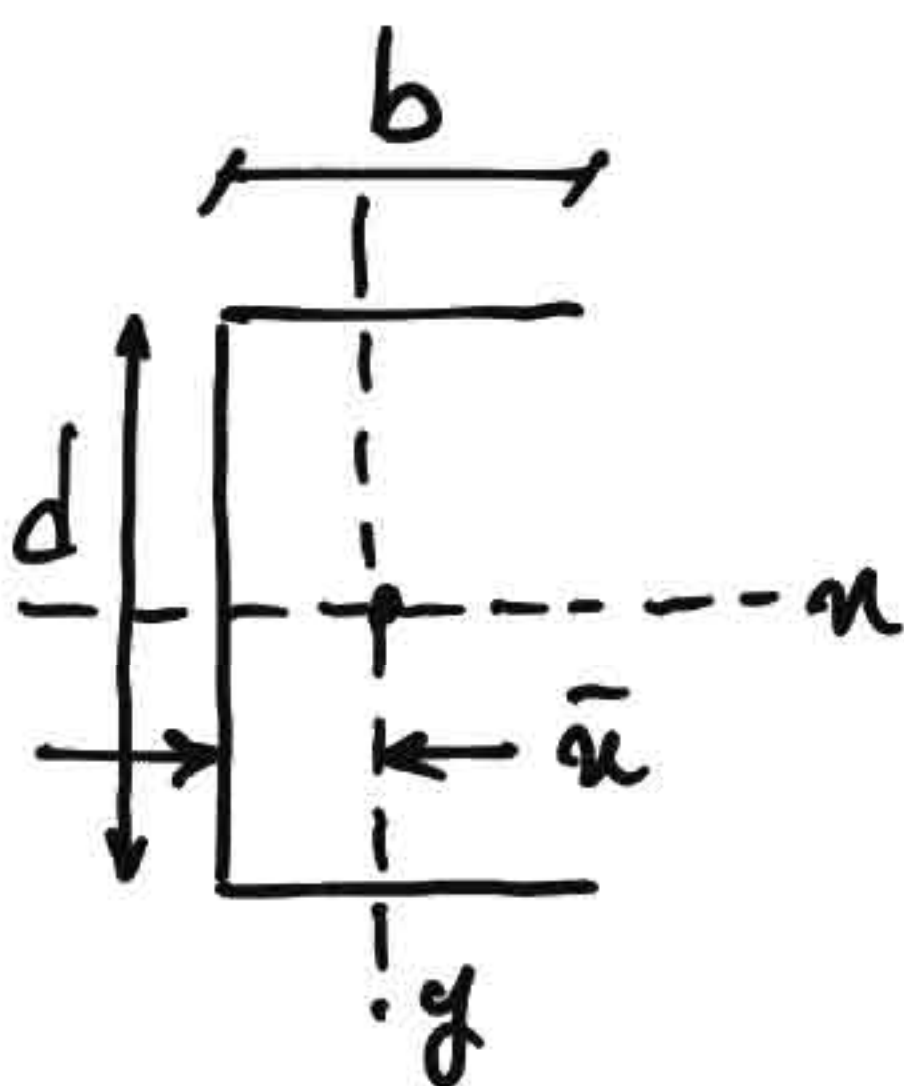
تَبْدِیلِ جُوشِ بَافِئِیَّتِ مَحْوَرِی مَرْکُزِ t_e
بَ جُوشِی خَطِّی بَافِئِیَّتِ مَحْوَرِی

$$f'' = \frac{T_r}{I_p} \rightarrow \underbrace{f''}_{t_e} = \frac{T_r}{I_p/t_e} = \frac{T_r}{I_p(t_e=1)}$$

R زَیْرِی دَافِعِ کُولِ جُوشِ (kg/cm)

$I_p(t_e=1)$ دَافِعِی دَافِعِ cm^3 مَحْوَرِی

مِثَالِ :

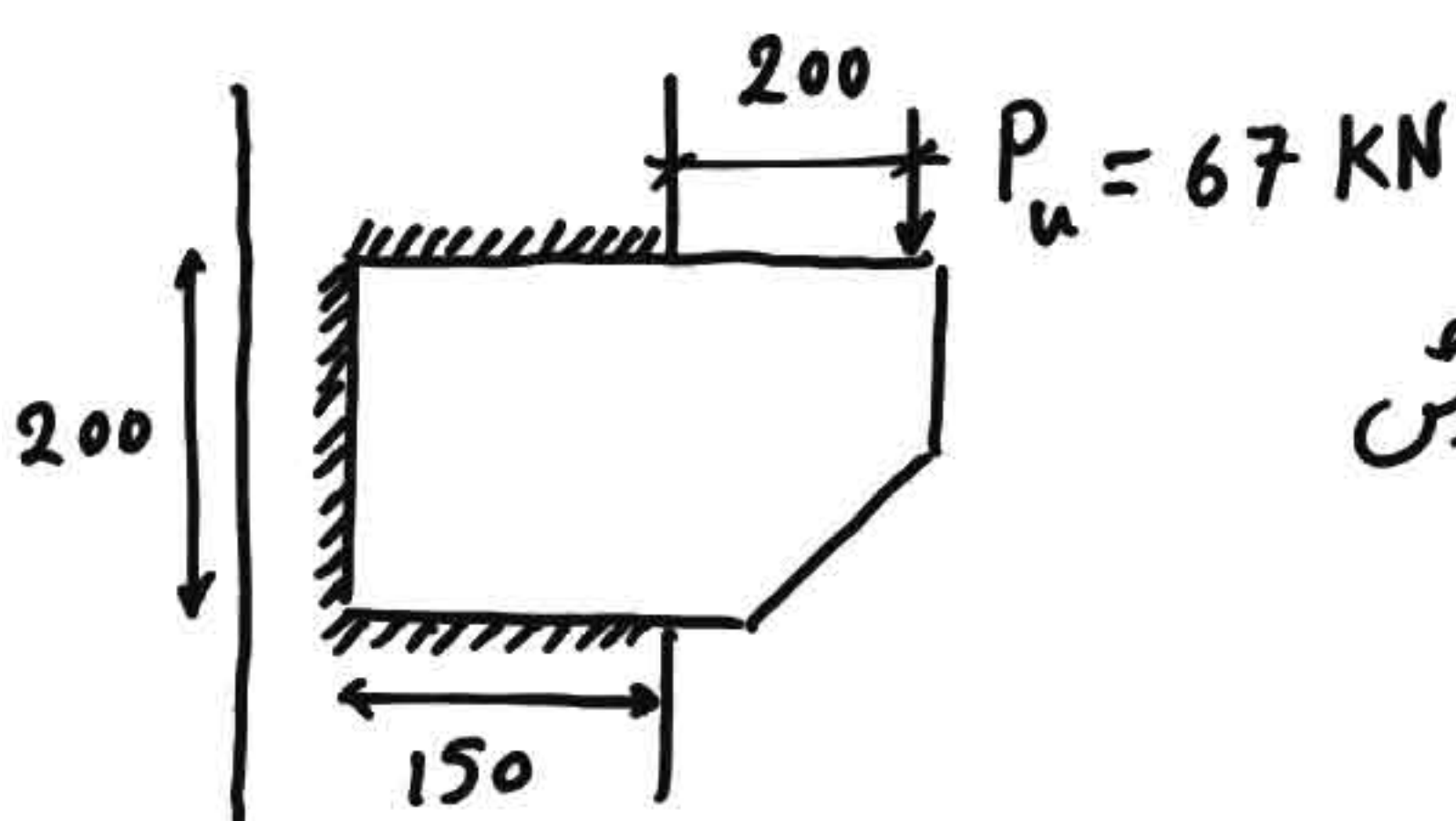


$$\bar{n} = \frac{2b \times b/2}{2b + d} = \frac{b^2}{2b + d}$$

$$I_{\bar{x}} = \frac{d^3}{12} + 2b(d/2)^2$$

$$I_{\bar{y}} = d \left(\frac{b^2}{2b + d} \right)^2 + 2 \left[\frac{b^3}{12} + \left(\frac{b}{2} - \frac{b^2}{2b + d} \right)^2 b \right]$$

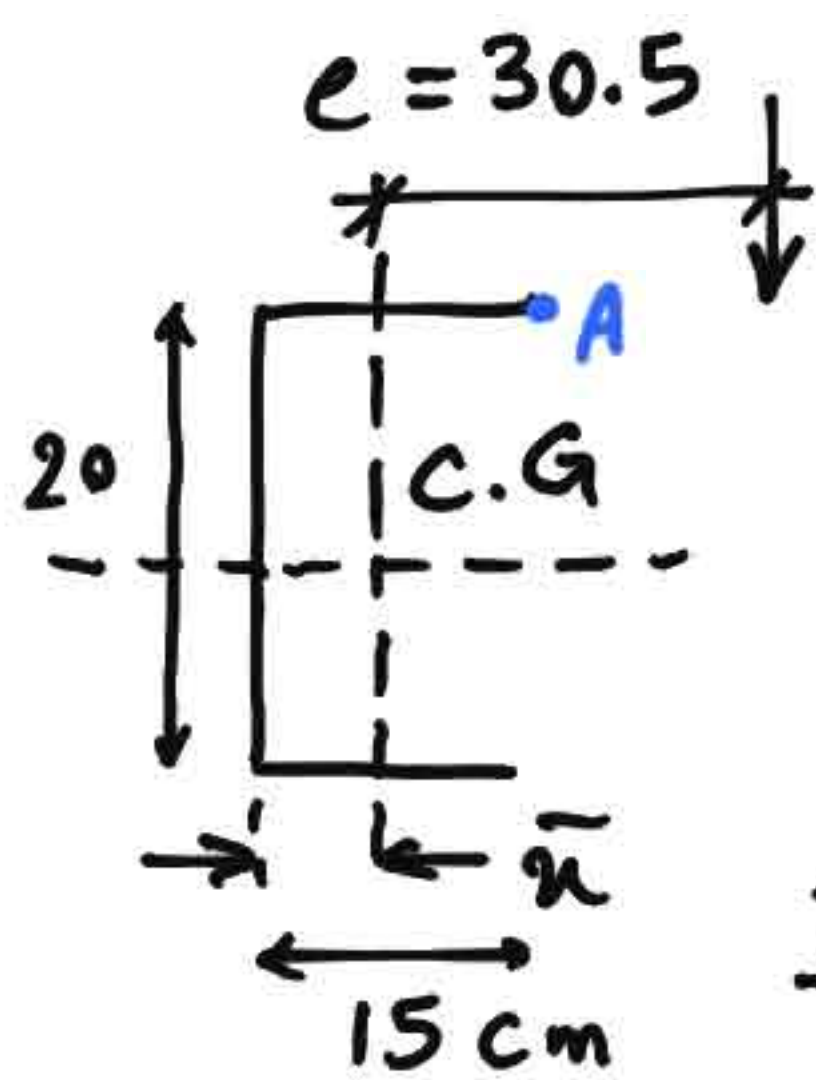
$$I_p = I_{\bar{x}} + I_{\bar{y}} = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$$



مِثَالِ :

مَحْوَرِیَّتِ تَعِیْنِ بَعْدِ جُوشِ بَ اسْتِغْنَاةِ از روش

در تَیْجِی مَدِ روشِ پِلَاسْتِیْکِ از اَلِکْتِروْدِ E60



$$\bar{x} = \frac{15^2}{2 \times 15 + 20} = 4.5 \text{ cm}$$

حل :
(الف) روش درجایی

$$L = 2 \times 15 + 20 = 50 \text{ cm}$$

$$I_p = \underbrace{\frac{20^3}{12} + 2 \times 15 \times 10^2}_{I_x} + \underbrace{2 \times \frac{15^3}{12} + 2 \times 15 (7.5 - 4.5)^2 + 20 \times 4.5^2}_{I_y}$$

$$= 4904 \text{ cm}^4$$

$$R'_y = \frac{P}{L} = \frac{6700}{50} = 134 \text{ Kg/cm}$$

نیروی جوش در نقطه A :

$$R''_y = \frac{T_x}{I_p} = \frac{6700 \times 30.5 \times 10.5}{4904} = 438 \text{ Kg/cm}$$

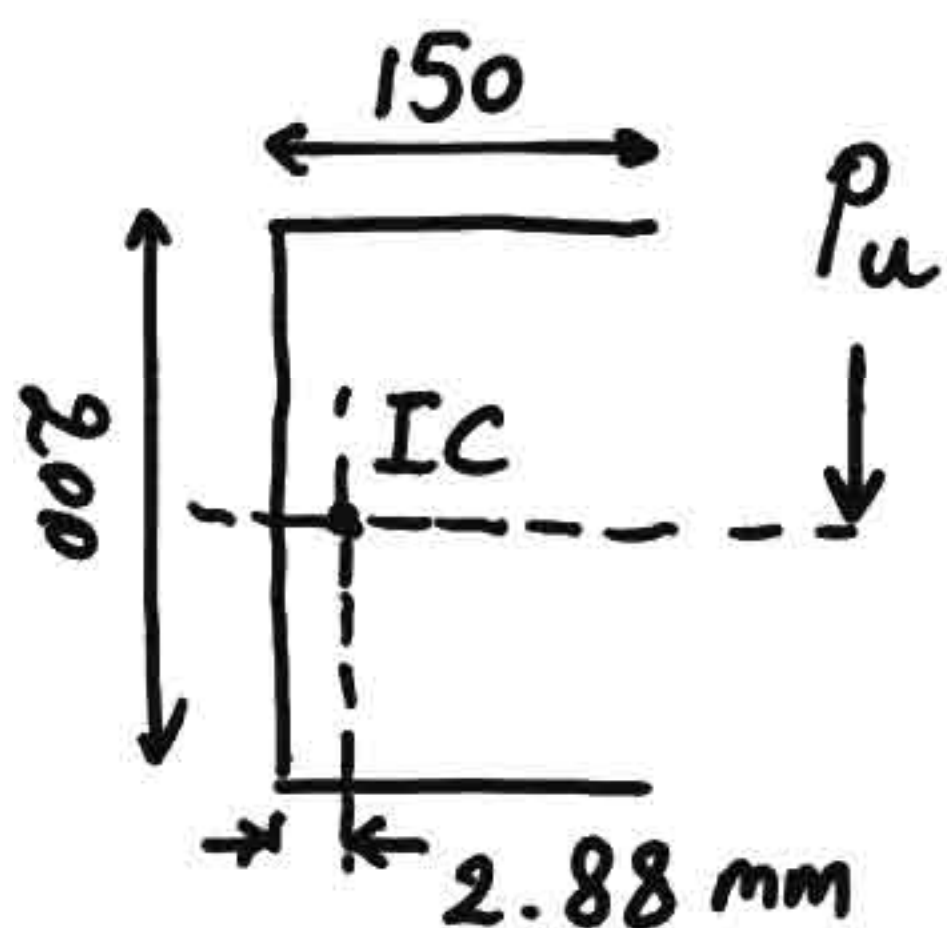
$$R''_x = \frac{T_y}{I_p} = \frac{6700 \times 30.5 \times 10}{4904} = 417 \text{ Kg/cm}$$

$$R = \sqrt{R''_x^2 + (R'_y + R''_y)^2} = \sqrt{417^2 + (134 + 438)^2} = 708 \text{ Kg/cm}$$

$$R_w = 1000a \text{ (E60 - 86,6)}$$

$$R = R_w \rightarrow 708 = 1000a \rightarrow \underline{a = 0.7 \text{ cm}}$$

ب) روش پلاستیک



با استفاده از نرم افزار Weldgroup تحت Excel

طرفیت گرده جوش با خندنه ۱۰ داده شده و بعد جوش ۱۰

E60 ($F_{ue} = 420 \text{ MPa}$) با الکترود ($a = w = 10 \text{ mm}$)

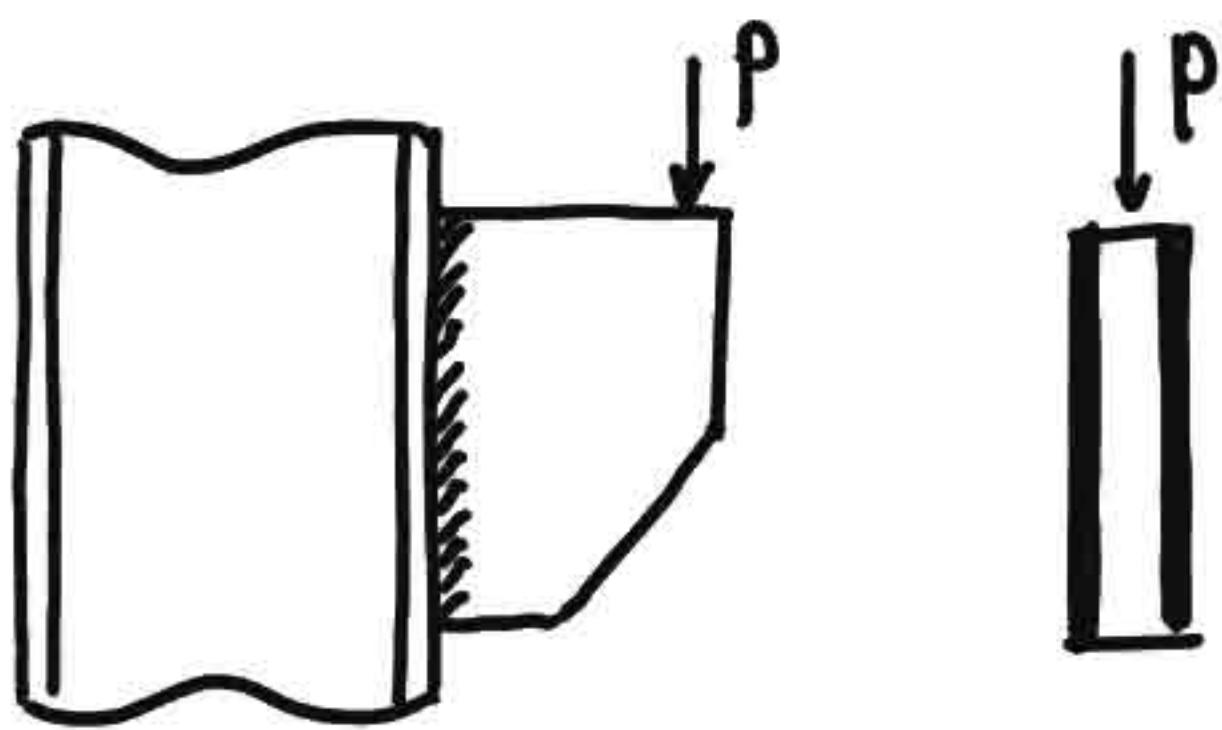
$$a = 10 \text{ mm} \rightarrow \phi P = 171.66 \text{ KN}$$

بنابراین بعد جوش مورد نیاز عبارتست از :

$$a_{req} = \frac{P_u}{\phi P} \times 10 = \frac{67}{171.66} \times 10 = 3.9 \text{ mm}$$

ملاحظه می شود که روش پلاستیک بسیار محافظه کارانه است.

جوش در تخته تحت برش + فشرش

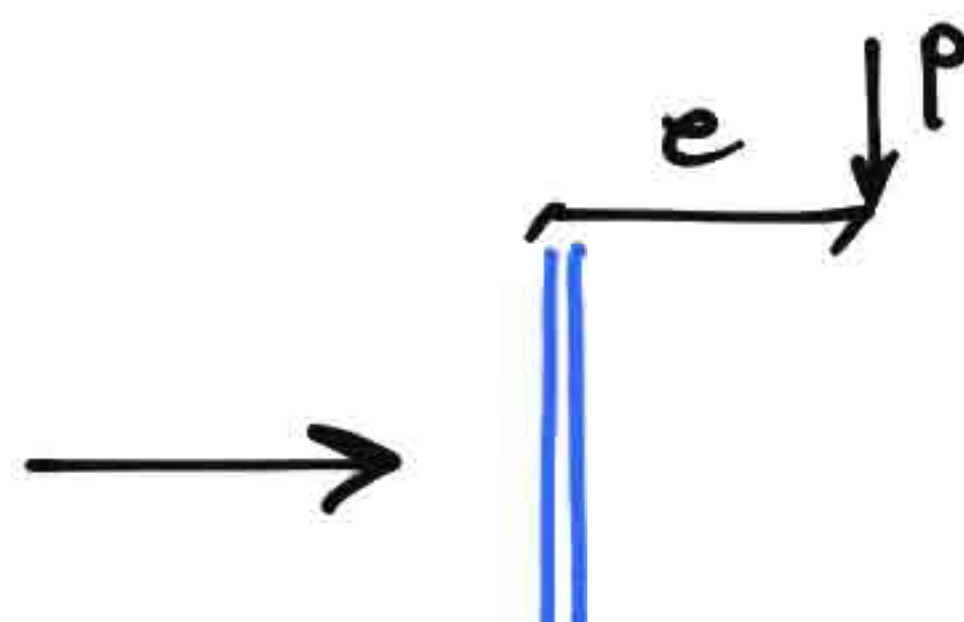
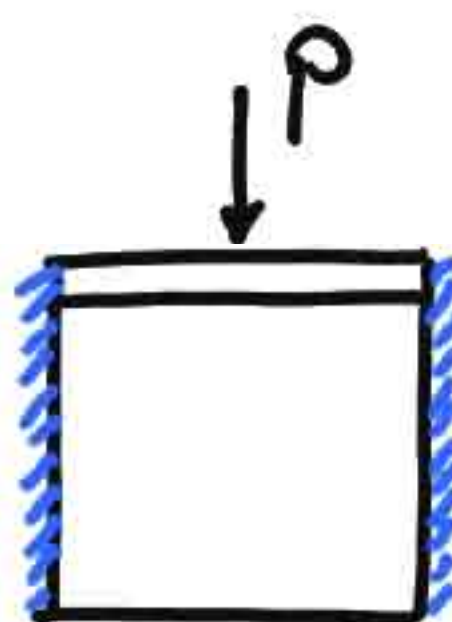
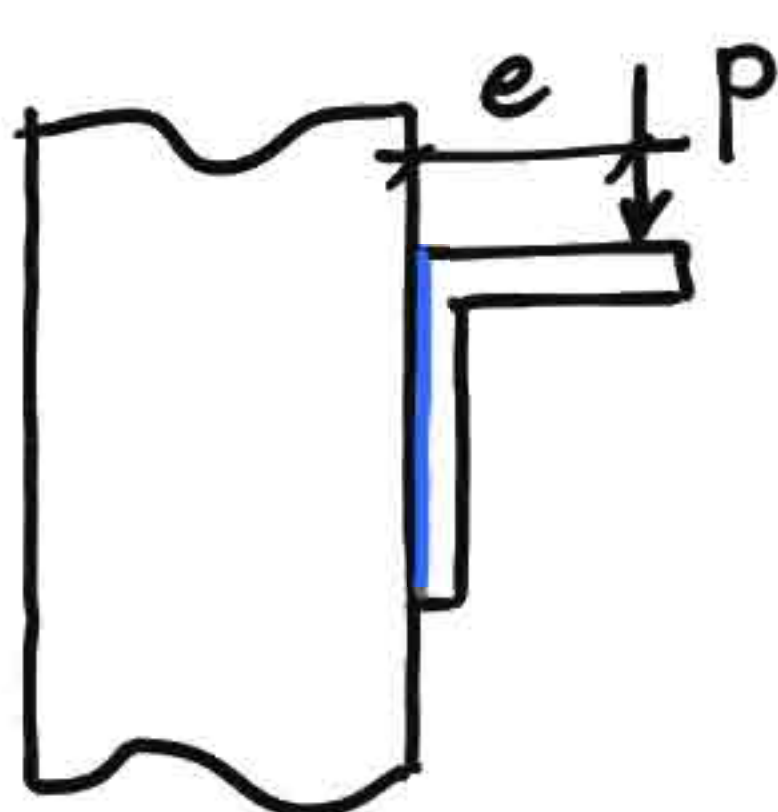


در صورتی که بار در صفحه جوش نه باشد همچنان
مقاومت از روش مقاومت (روش پلاستیک)

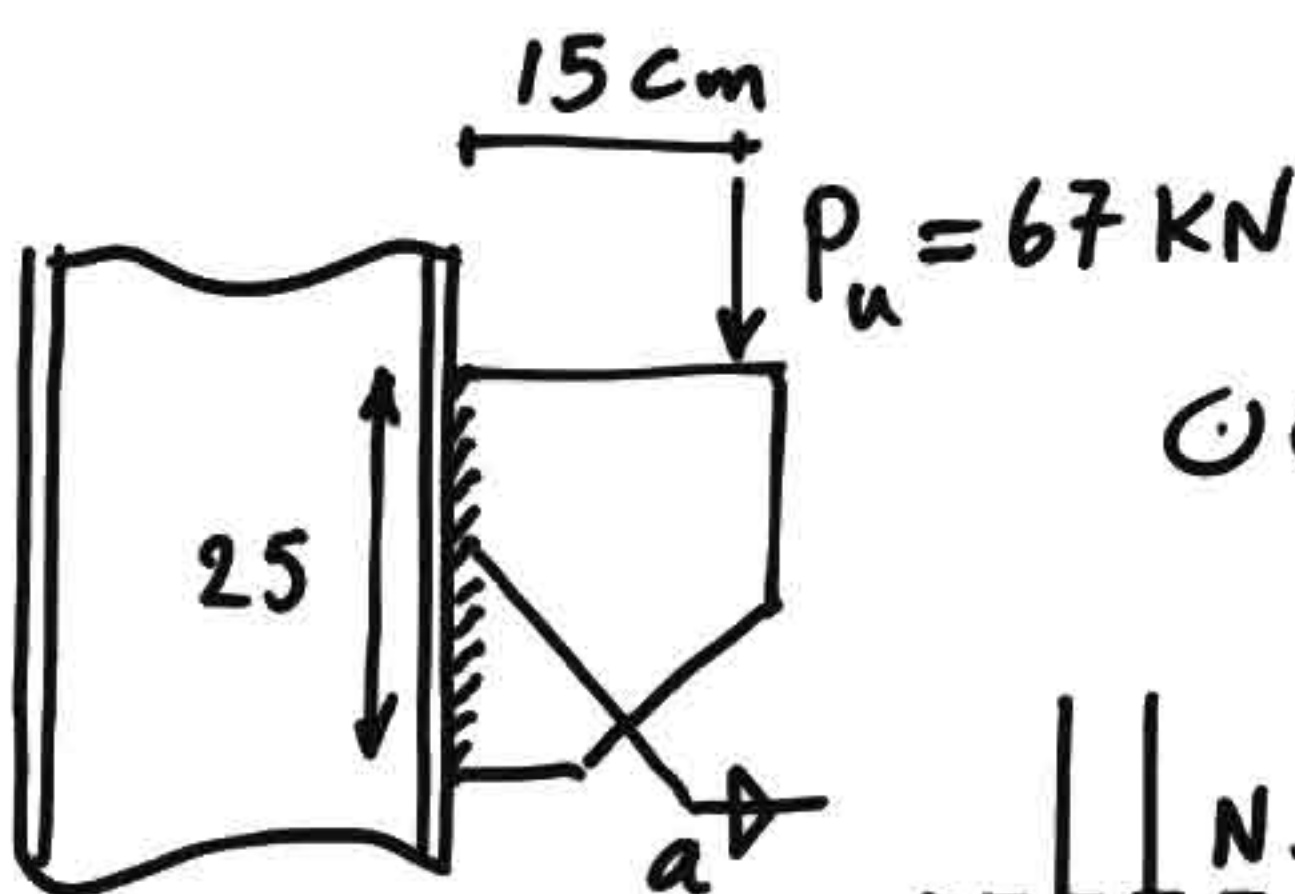
برای تحلیل گرده جوش استفاده کرد. به شرطی که مصالح اتصال بین جوش با از صلبیت
کافی برخوردار بوده و دچار فشرش در صفحه جوش نمی شود.

البته باید توجه داشت که در ناحیه فشرش، جوش نقاط تنش کمی برشی را تحمل می کند و تنش
فشاری در سطح تماس بین مصالح متصل شونده مستقیماً توسط این مصالح تحمل می شود.
با اینحال استفاده از فرضیات بکار رفته در بخش قبلی همچنان نتایج مابین قبولی را
ارائه می دهد.

در استفاده از نرم افزار برای تحلیل مقاومت گرده جوش تحت بار خابج از صفحه
جوش باید دقت کرد که خطوط جوش واقع در یک صفحه بر روی یکدیگر قرار می گیرند:



مثال:



مطلوبست محاسبه بعد جوش مورد نیاز برای اتصال شان
داده شده از اکثر د 60 E، جوش کارگاهی؟

حل:

الف) روش الاستیک

$$I = 2 \times \left(\frac{1}{12} \times 25^3 \right) = 2604 \text{ cm}^3$$

$$l = 2 \times 25 = 50 \text{ cm}$$

$$R_{nv} = \frac{P_u}{l} = \frac{6.7 \times 10^3}{50} = 134 \text{ kg/cm}$$

$$R_{nt} = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{6.7 \times 10^3 \times 15 \times 25/2}{2604} = 482 \text{ kg/cm}$$

ادامه صل :

$$R = \sqrt{R_{nv}^2 + R_{nt}^2} = \sqrt{134^2 + 482^2} = 500 \text{ Kg/cm}$$

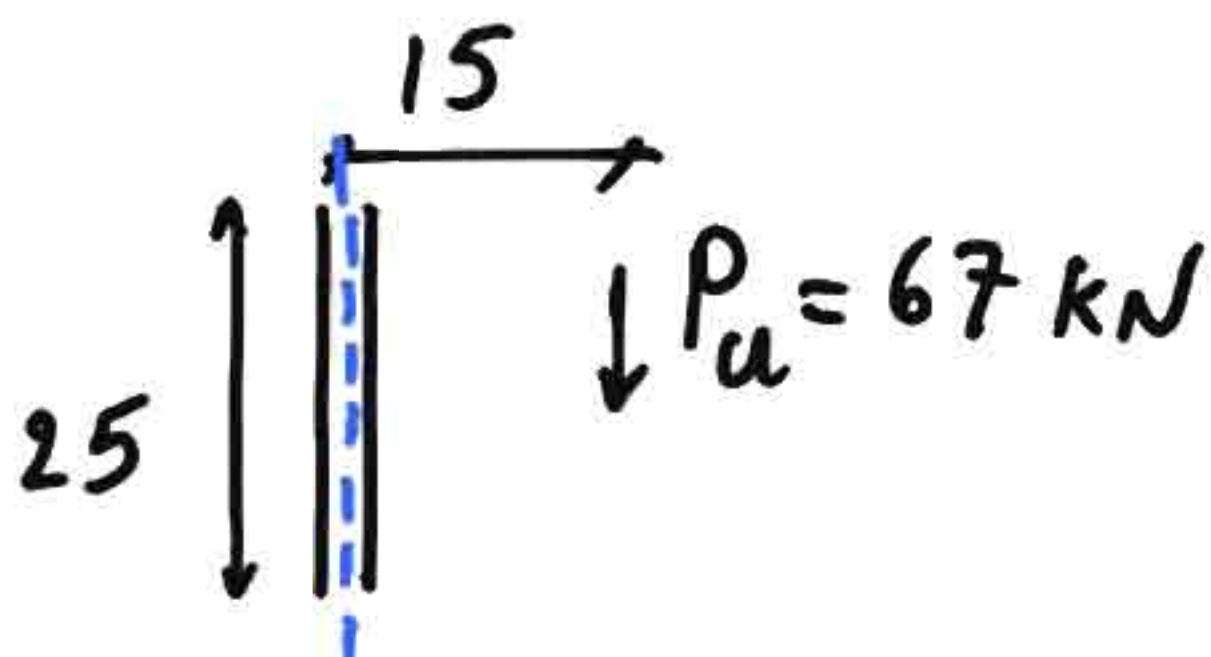
$$\phi R_n = 0.75 \beta F_{nw} (0.707 a) = 0.75^2 \times (0.6 \times 4200) \times 0.707 a$$

$$= 1000 a \text{ Kg/cm}$$

مقاومت جوش

$$R = \phi R_n \rightarrow 500 = 1000 a \rightarrow a = 0.5 \text{ cm}$$

ب) روش پلاستیک



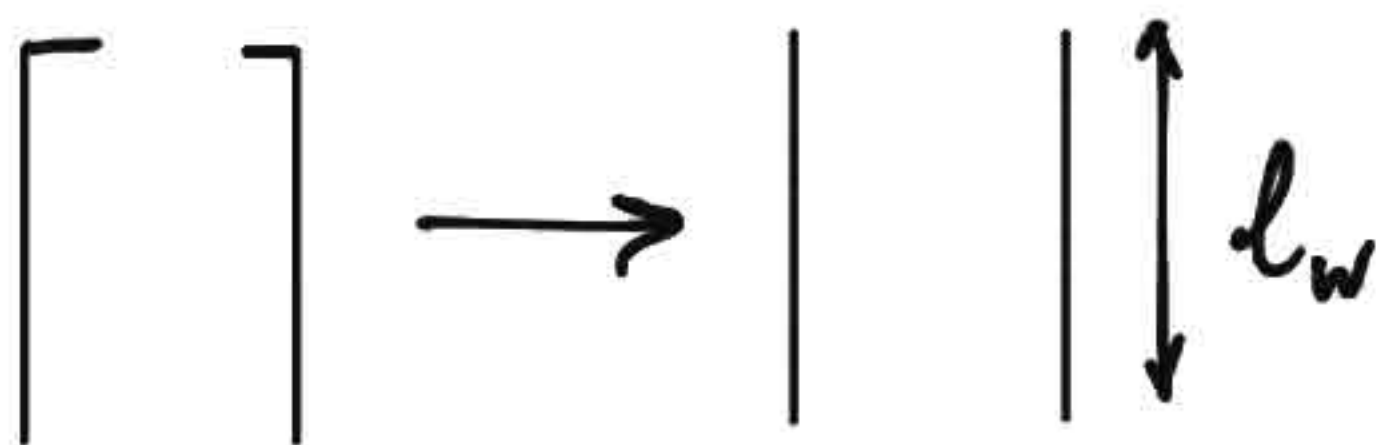
$$a = 10 \text{ mm} \xrightarrow{\text{نرم افزار}} \phi P_n = 270 \text{ kN}$$

$$a_{req} = \frac{P_u}{\phi P_n} \times 10 = \frac{67}{270} \times 10 = 2.5 \text{ mm}$$

طرح جوش خطی تحت کشش خالص

برای طرح اولیه خطوط جوش (تعیین طول جوش) تحت کشش خالص

می توان از فرمول زیر استفاده نمود :



$$l_w = \sqrt{\frac{6M}{\phi R_{nw}}}$$

M: گشتاور در بزرگ خط جوش

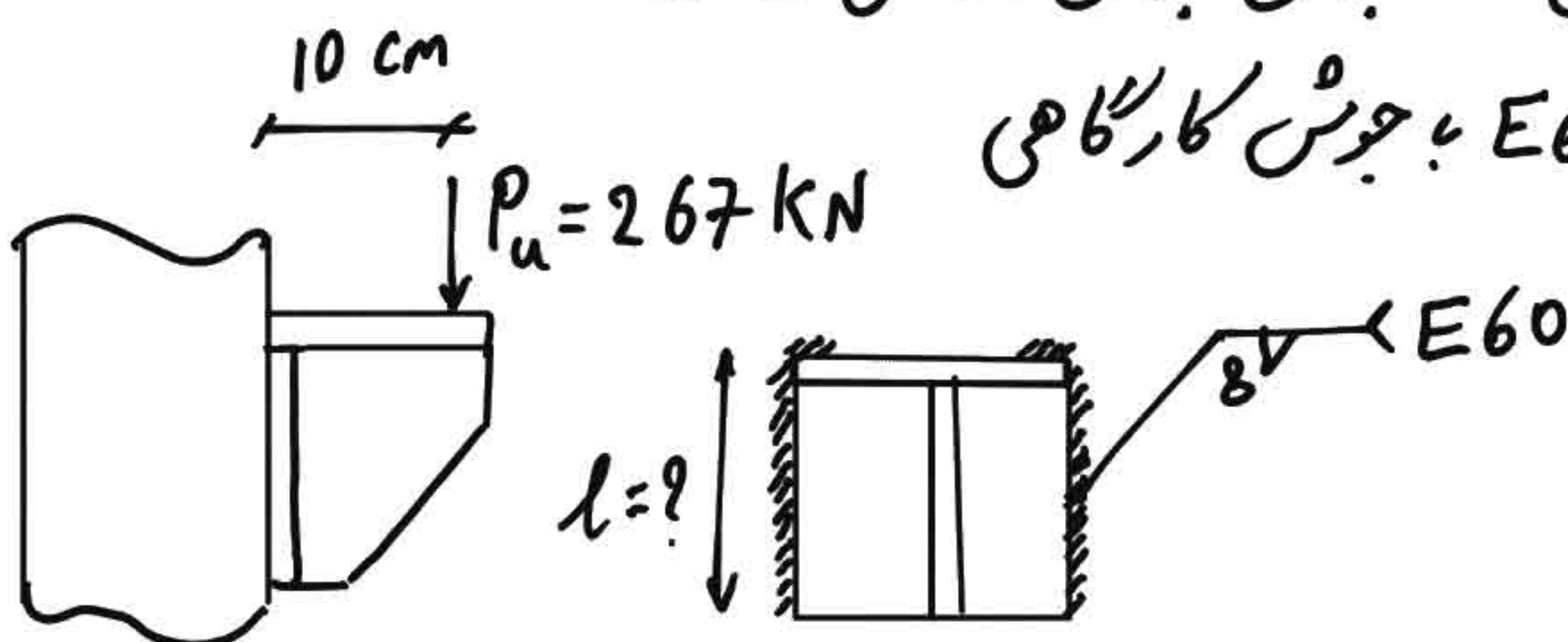
ϕR_{nw} : ظرفیت جوش

توجه شود که از خطوط برگشت جوش صرف نظر می نمایم.

مثال :

مطهرت می سب طول خط جوش برای اتصال شان

داده شده از اکترود E60، جوش کارگاهی



حل :

$$M_u = 26.7 \times 10^3 \times 10 / 2 = 13.35 \times 10^4 \text{ Kg.cm}$$

برای یک خط جوش

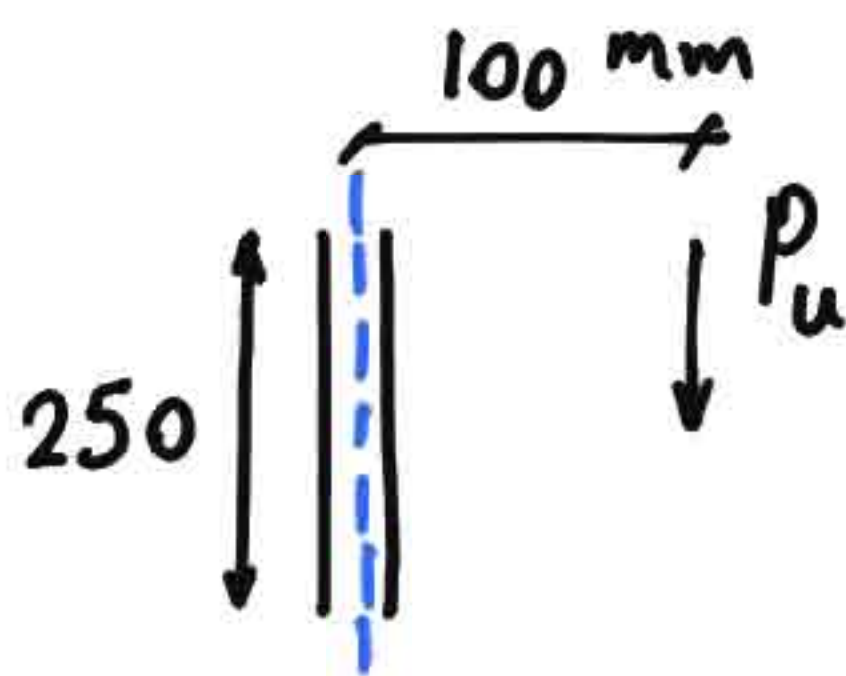
ظرفیت جوش: $\phi R_{nw} = 1000 a \text{ Kg/cm}$
 $= 1000 \times 0.8 = 800 \text{ Kg/cm}$

طول جوش اولیه: $l_w = \sqrt{\frac{6 \times 13.35 \times 10^4}{800}} = 31.6 \text{ cm}$

→ Use $l_w = 25 \text{ cm}$

چون فرمول فوق از روش و ترکیبی بدست آمده، محافظه کارانه است و طول جوش را مقداری کمتر اختیار می کنیم.

کنترل ظرفیت جوش بر روش پلاستیک:



$a = 10 \text{ mm}$ $\xrightarrow{\text{نرم افزار}}$ $\phi P_n = 360 \text{ KN}$

$a_{req} = \frac{P_u}{\phi P_n} \times 10 = \frac{267}{360} \times 10 = 7.4 \text{ mm}$

روش الاستیک:

$M_u = 26.7 \times 10^3 \times 10 = 2.67 \times 10^5 \text{ kg.cm}$

$I = 2 \times \frac{1}{12} 25^3 = 2604 \text{ cm}^3$

$R_{nt} = \frac{M_u C}{I} = \frac{2.67 \times 10^5 \times 25/2}{2604} = 1281 \text{ Kg/cm}$

$R_{nv} = \frac{P_u}{L} = \frac{26.7 \times 10^3}{2 \times 25} = 534$

$R = \sqrt{R_{nt}^2 + R_{nv}^2} = \sqrt{1281^2 + 534^2} = 1387 \text{ Kg/cm}$

$1000 a = 1387 \rightarrow a_{req} = 1.4 \text{ cm}$

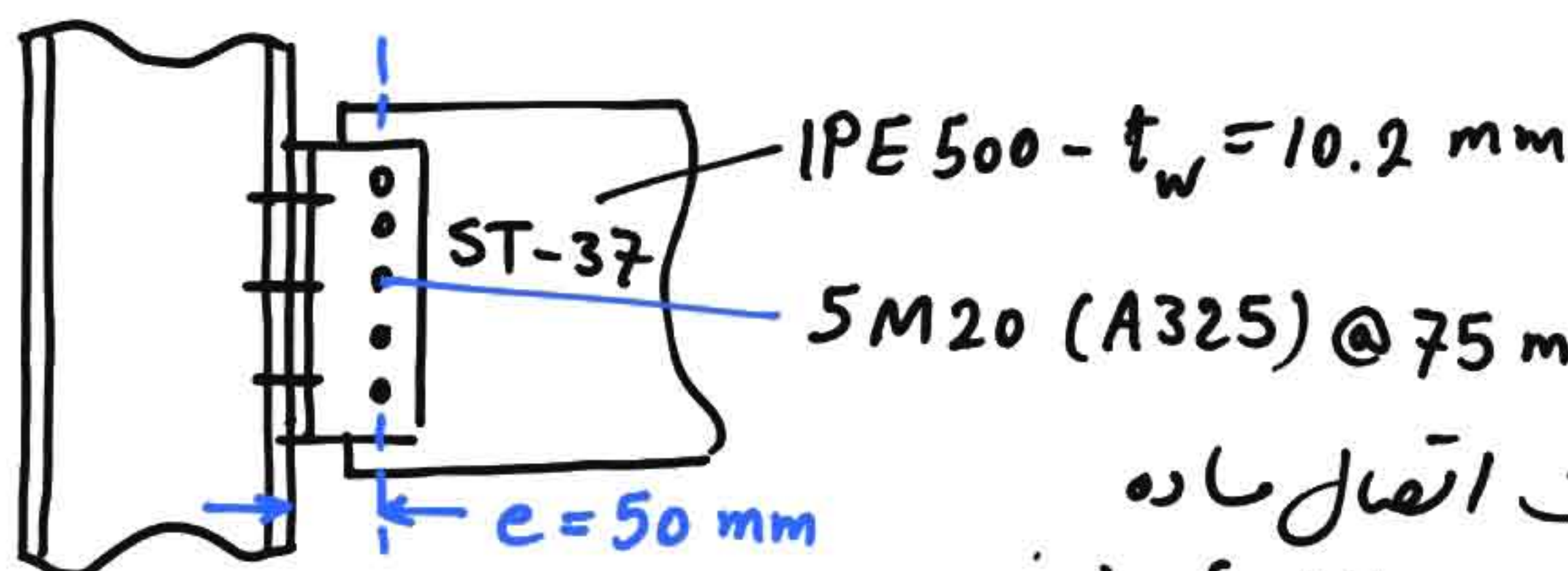
اتصالات تیر به ستون

انواع اتصالات تیر به ستون

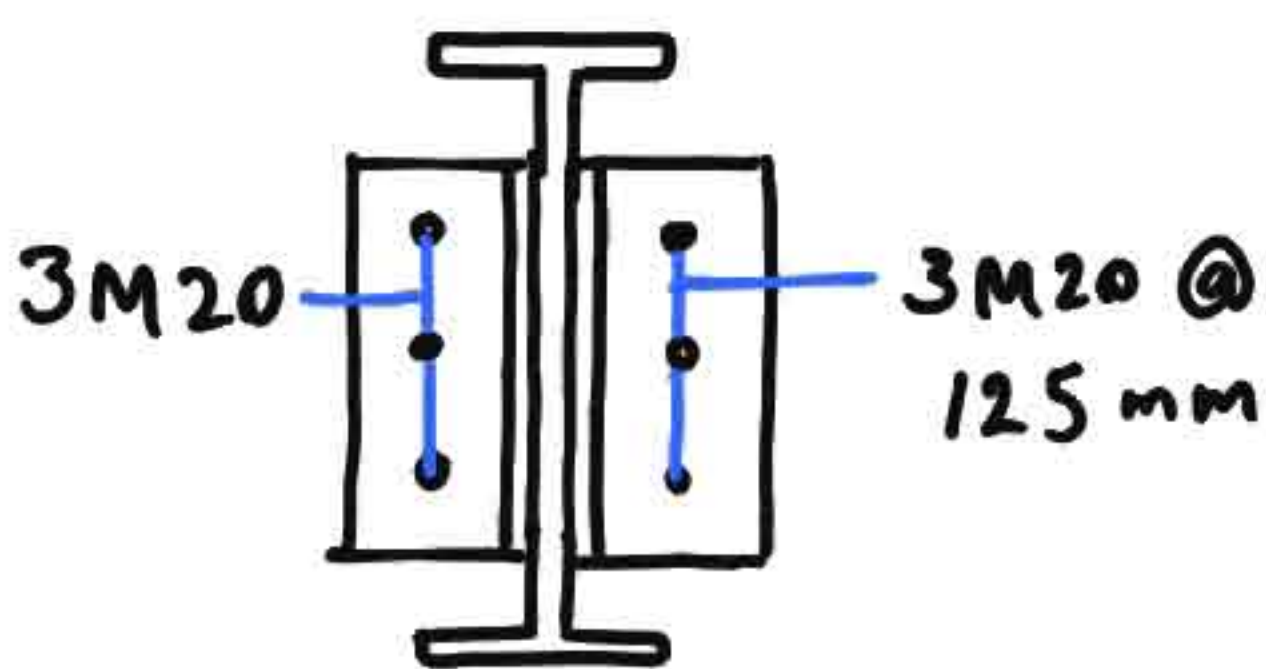
- اتصالات ساده
 - اتصال برشی با نبشی جانبی
 - اتصال با نبشی نشیمن
 - اتصال با نبشی نشیمن تقویت شده
- اتصال صلب

اتصال ساده برشی با نبشی جان - توپل پیچ

اتصالات ساده با نبشی برای وصل کردن تیر به ستون یا جان تیرهای دیگر بصورت مفصلی بکار برده می شود. برای اتصال معمولاً از نبشی دریل استفاده می شود و اتصال توسط جوش، پیچ یا ترکیبی از این دو انجام می گیرد.



مثال:



محدوبت می باشد ظرفیت اتصال ساده نشان داده شده از پیچ های آکائی با فرض اینکه صفحه برش از محل رزوه پیچ عبور نمی کند.

حل:

۱) مقاومت برشی هر پیچ در اتصال جان تیر (دو برش)

$$\phi R_n = 0.75 (0.55 \times 8000) \times 2 \times \pi \times \frac{2^2}{4} \times 10^{-3} = 20.7 \text{ Ton}$$

۲) مقاومت آکائی

$$\phi R_n = \phi (2.4 d t F_u)$$

$$= 0.75 (2.4 \times 2 \times 1.02 \times 3600) \times 10^{-3} = 13.2 \text{ Ton}$$

۳) حرکت ظرفیت پیچ ۱ در اتصال جان تیر - بدون در نظر گرفتن خروج از محوری

$$P_u = n (\phi R_n) = 5 (13.2) = 66 \text{ Ton}$$

۵) ظرفیت اتصال با ورقه گزشتن خروج از محوری 5 cm - با استفاده از تحلیل مقاومت

$$\begin{array}{c} 50 \text{ mm} \\ \downarrow P_u \\ \vdots \end{array} \quad \phi R_n (\text{هر پیچ}) = 13.2 \text{ Ton} \rightarrow P_u = 58 \text{ Ton}$$

۶) مقاومت هر پیچ در اتصال به ستون (مک برش)

$$\phi R_n = 0.75 (0.55 \times 8000) \times 1 \times \pi \times \frac{2^2}{4} \times 10^{-3} = 10.3 \text{ Ton}$$

۷) حداقل ضخامت مورد نیاز نبشی با توجه به مقاومت آکائی

$$\phi (2.4 d t F_u) = 10.3 \text{ Ton} \rightarrow t = \frac{10.3 \times 10^3}{0.75 \times 2.4 \times 2 \times 3600} = 0.8 \text{ cm}$$

۸) حداکثر ظرفیت پیچ در محل اتصال به ستون

- بدون ورقه گزشتن خروج از محوری $P_u = 6 (10.3) = 61.8 \text{ Ton}$

- با ورقه گزشتن خروج از محوری (اندر کش برش + کش)

$$\begin{array}{c} \downarrow P_u \\ \circ \quad \circ \\ \circ \quad \circ \\ \circ \quad \circ \end{array} \quad \begin{array}{l} n = 3: \text{تعداد پیچ های مک ستون} \\ P = 125 \text{ mm}: \text{فاصله قائم پیچ ها} \\ M = P_u e / 2: \text{لگرم هر ستون پیچ} \end{array}$$

$$T_u = \frac{6M}{n^2 p} \left(\frac{n-1}{n} \right)$$

$$T_u = \frac{6 \times (P_u \times 5)}{3^2 \times 12.5} \times \frac{3-1}{3}$$

$$= 0.089 P_u$$

$$V_u = P_u / 6 = 0.167 P_u$$

$$\phi R_{nv} = 0.75 \times (0.55 \times 8000) \times \pi \times \frac{2^2}{4} \times 10^{-3} = 10.3 \text{ Ton}$$

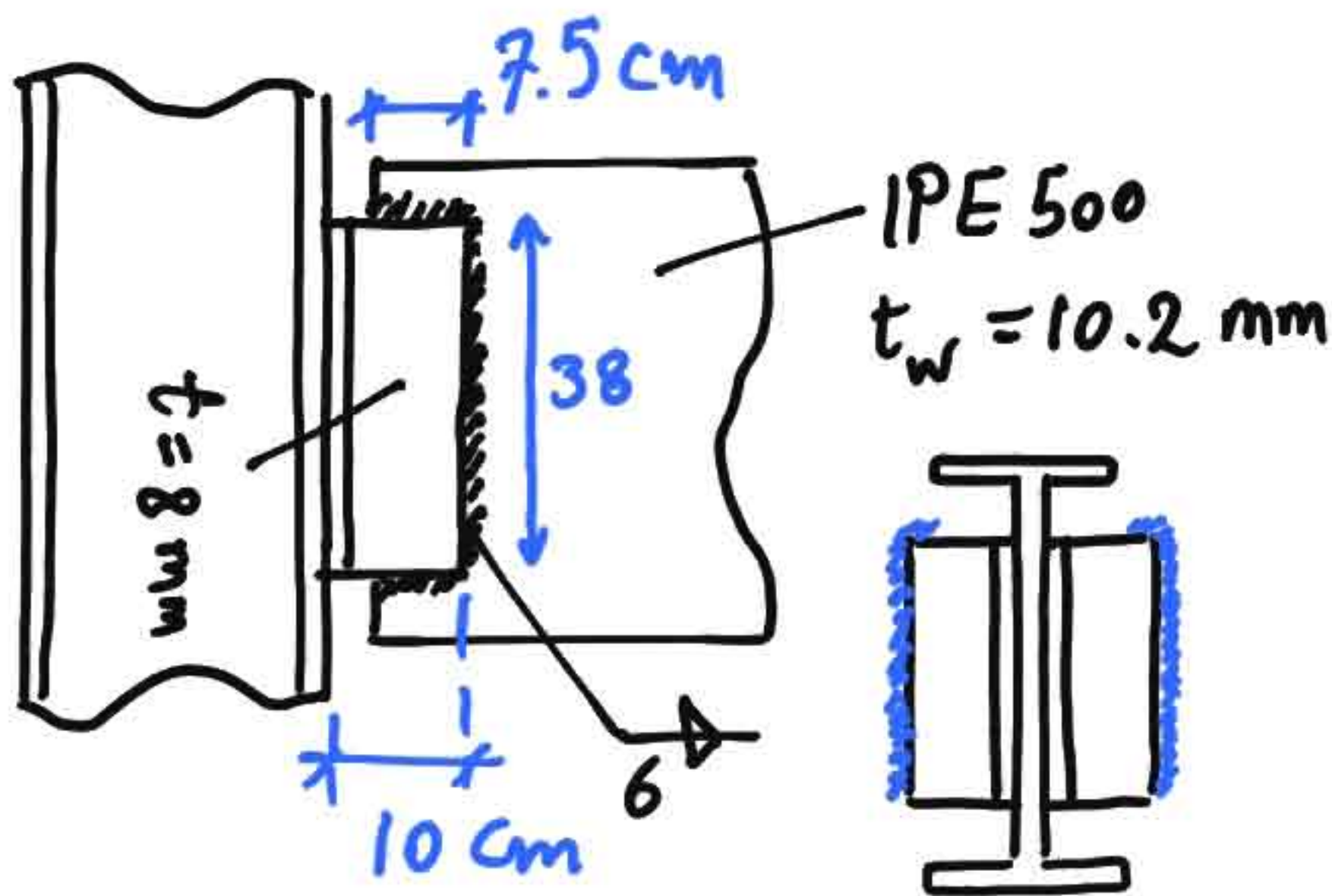
$$\phi R_{nt} = 0.75 \times (0.75 \times 8000) \times \pi \times \frac{2^2}{4} \times 10^{-3} = 14 \text{ Ton}$$

$$V_u / \phi R_{nv} + T_u / \phi R_{nt} \leq 1.3$$

$$\left(\frac{0.167}{10.3} + \frac{0.089}{14} \right) P_u \leq 1.3 \rightarrow P_u \leq 57.6 \text{ Ton}$$

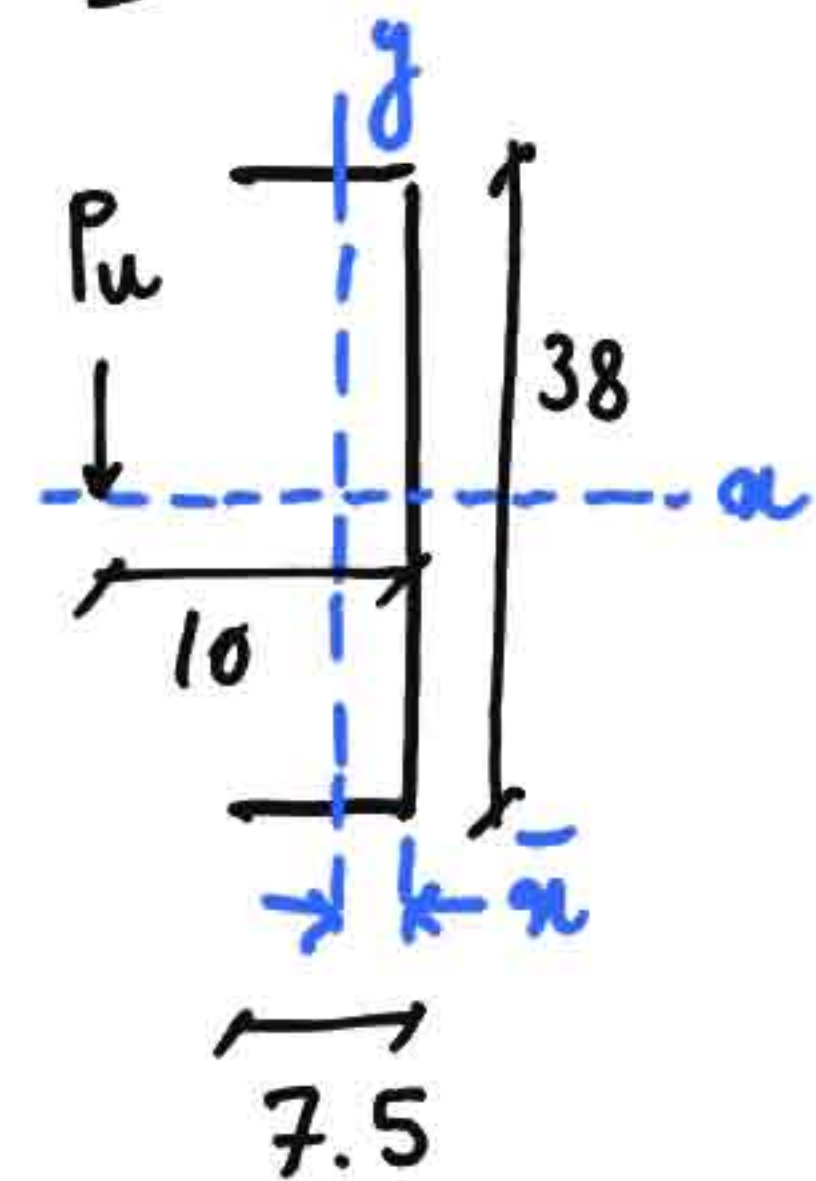
اتصالات ساده با نبشی جان توسط جوش

مثال ۱



مطلوبت می باشد ظرفیت اتصال
نبشی جان داده شده از آلتروود E60 با
جوش کارگاهی؟

الف) اتصال به تیر
۱- روش الاستیک



$$\bar{x} = \frac{2 \times 7.5^2 / 2}{2 \times 7.5 + 38} = 1.06 \text{ cm}$$

$$I_p = 2 \times 7.5 \times 19^2 + \frac{38^3}{12} + 38 \times 1.06^2 + 2 \times 7.5 \times \frac{38^2}{12} + 2 \times 7.5 \left(\frac{7.5}{2} - 1.06 \right)^2 = 10290 \text{ cm}^3$$

$$L = 38 + 2 \times 7.5 = 53 \text{ cm}$$

$$R_v = \frac{P_u}{L} = \frac{P_u}{53} = 0.0094 P_u$$

$$R_u = \frac{M_y}{I} = \frac{P_u (10 - 1.06) \times 38 / 2}{2 \times 10290} = 0.0083 P_u$$

$$R_y = \frac{M_u}{I} = \frac{P_u (10 - 1.06) \times (7.5 - 1.06)}{2 \times 10290} = 0.0028 P_u$$

$$R_u = P_u \sqrt{(0.0094 + 0.0028)^2 + (0.0084)^2} = 0.0148 P_u$$

ظرفیت جوش:

$$\phi R_{nw} = 1000 a = 1000 \times 0.6 = 600 \text{ kg/cm}$$

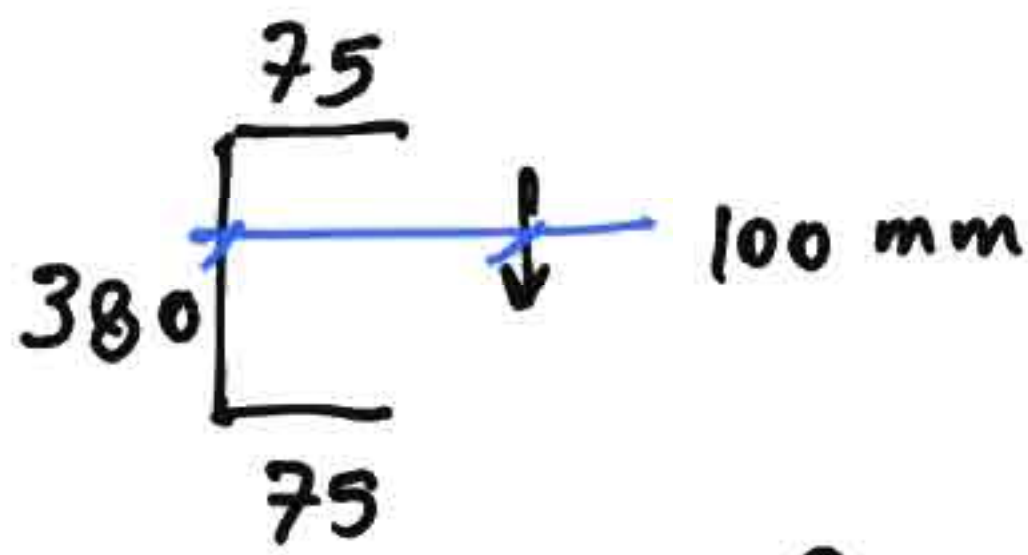
ظرفیت فلز پایه:

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 1 \times (0.6 F_y) \times 1 \times t & \begin{cases} 0.6 \times 2400 \times 0.8 = 1152 \text{ kg/cm} & \text{نبشی} \\ 0.6 \times 2400 \times \frac{1.02}{2} = 734 & \text{جان تیر} \end{cases} \\ \phi R_n &= 0.75 (0.6 F_u) \times 1 \times t & \begin{cases} 0.45 \times 3600 \times 0.8 = 1296 & \text{نبشی} \\ 0.45 \times 3600 \times \frac{1.02}{2} = 826 & \text{جان} \end{cases} \end{aligned}$$

ظرفیت جوش حاکم است.

$$\phi R_{nw} = R_u \rightarrow 600 = 0.0148 P_u$$

$$\rightarrow P_u = 600 / 0.0148 \times 10^{-3} = 40.5 \text{ Ton}$$



۲- روش پلاستیک

$$a = 6 \text{ mm} \xrightarrow{\text{نرم افزار}} \phi P_n = 31.2 \text{ Ton}$$

$$P_u = 2(31.2) = 62.4 \text{ Ton}$$

ب) اتصال منبژی کمر به ستون

حزش اتصال منبژی کمر به ستون دارای شکل در بر دت

بفرض $b = \frac{1}{12} L$ ، مداکثر نیروی دارد در جوش با استفاده از تحلیل الاستیک عبارتت از :

$$R = \frac{P}{2L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e^2}$$

$$L = 38 \text{ cm}$$

$$e = 10 - 1.06 = 8.94$$

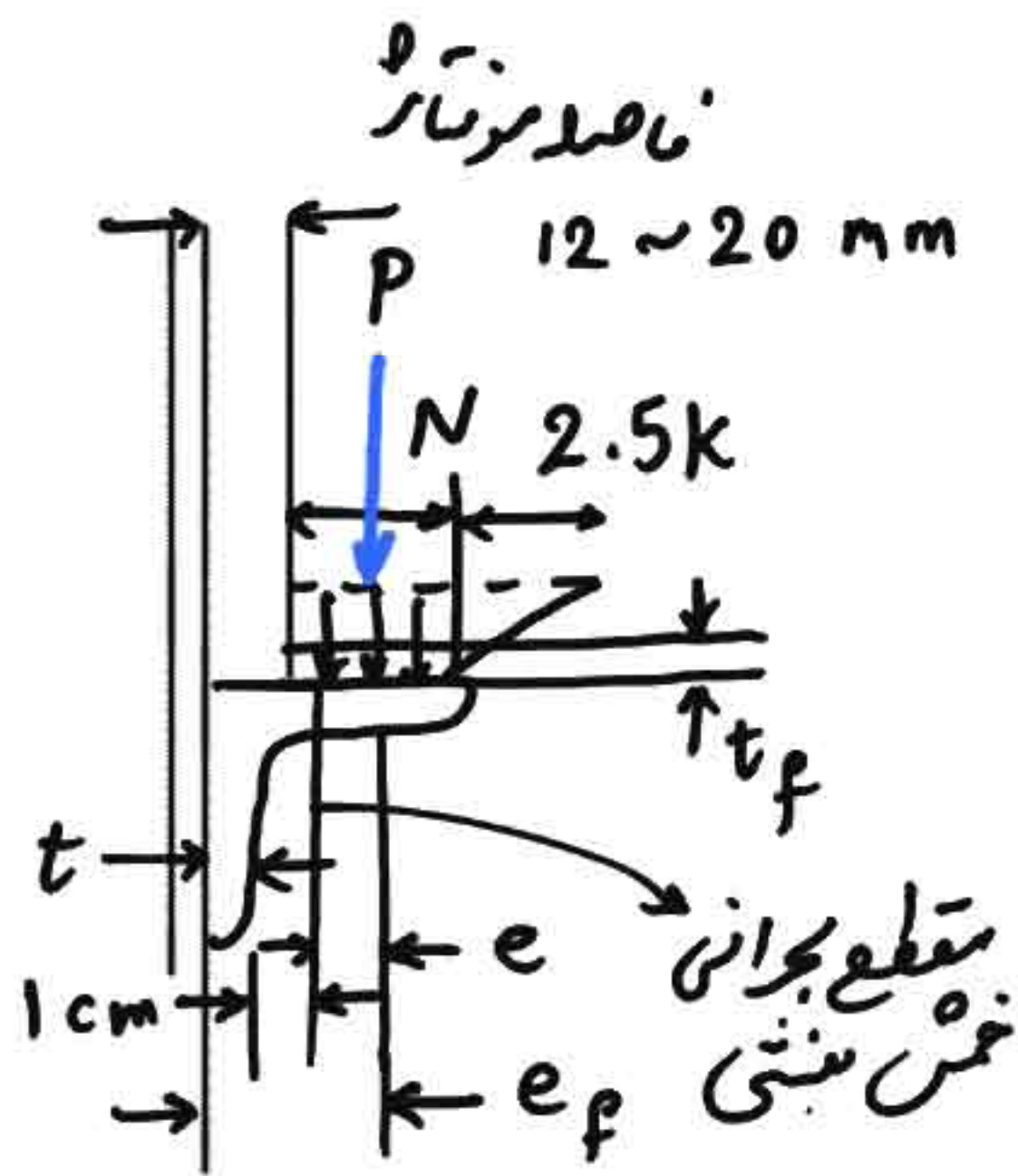
$$b = 38 / 12 = 3 \text{ cm}$$

$$R_u = \frac{P_u}{2 \times 38^2} \sqrt{38^2 + 20.25 \times 8.94^2} = 0.019 P_u$$

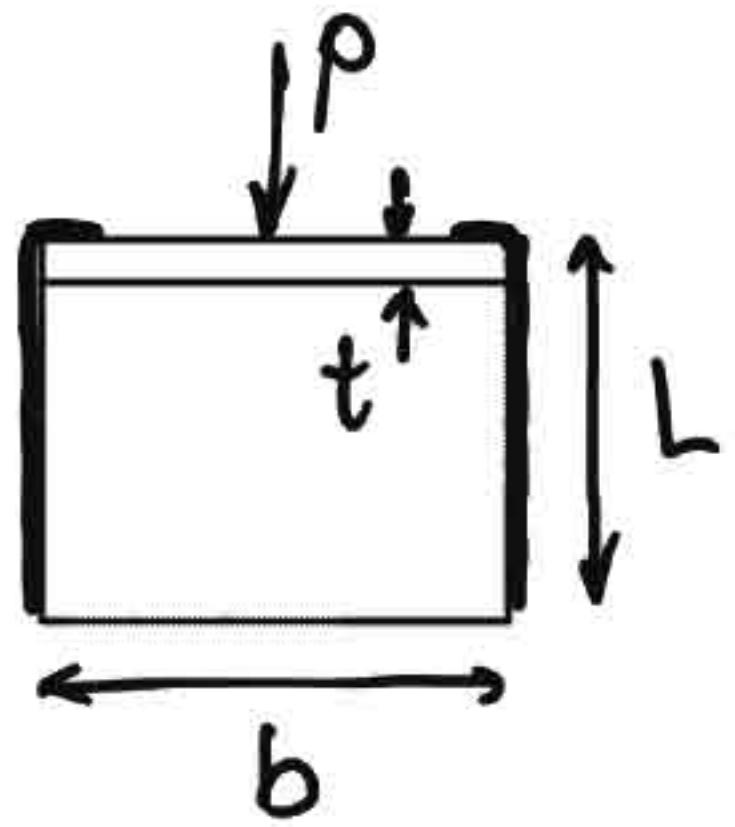
$$\phi R_{nw} = 1000 a = 1000 \times 0.6 = 600 \text{ kg/cm}$$

$$R_u = \phi R_{nw} \rightarrow P_u = \frac{600}{0.019} \times 10^{-3} = 31.6 \text{ Ton}$$

اتصال ساده با نبشی نشین



اتصال با نبشی نشین تقویت شده در محل رو برد
 مساعده می شود. این اتصال باید همواره با بکیت نبشی
 فوقانی استفاده شود. این نبشی عنوان یک تکیه گاه جانبی
 برای بالشت ری عمل می کند.



$$\left\{ \begin{array}{l} b \geq 150 \text{ mm} \\ b = b_f + 40 \text{ mm} \end{array} \right.$$

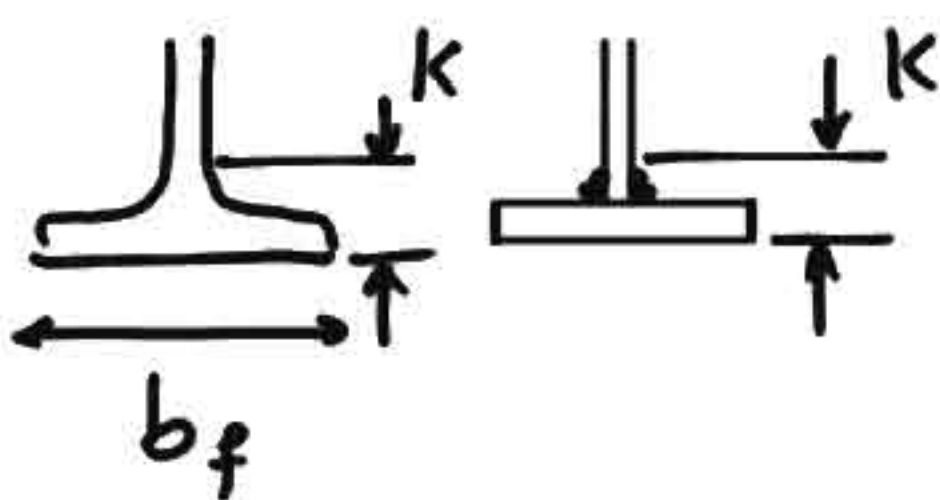
مراحل طراحی به صورت زیر است

۱- تعیین عرض نشین (N)

۲- تعیین بازوی نشین e و e_f

۳- تعیین ضخامت و طول نشین t و b

۴- تعیین طول و بعد جوش نبشی به بال ستون L و a



تعیین عرض نشین N :

حالات عددی } تبیین عرضی جان
 گسسته جان

$$\phi(N + 2.5K) F_y t_w > P_u$$

$$\phi = 1.0$$

تبیین عرضی جان تیر

$$\left\{ \begin{array}{l} N/d \leq 0.2 : \phi 0.4 t_w^2 \left[1 + 3 \frac{N}{d} \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_y t_f}{t_w}} \geq P_u \\ N/d > 0.2 : \phi 0.4 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{4N}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_y t_f}{t_w}} \geq P_u \end{array} \right.$$

$$\phi = 0.75$$

d : آنشاع تیر

$$N \geq K$$

گستر خشی طراحی نبشی

$$e_f = \frac{N}{2} + \text{فاصله مونتاژ}$$

$$e = e_f - t - 1 \text{ cm}$$

t : ضخامت نبشی

$$M_u = P_u e$$

$$\phi M_n = \phi Z F_y = \phi \frac{b t^2}{4} F_y \rightarrow t = \sqrt{\frac{4 P_u e}{\phi b F_y}}$$

محاسبه جوش اتصال :

محاسبه طول دوجوش اتصال نبشی به بل ستن مشابه جوش قبل می باشد.

مثال :

مطلوبست طرح نبشی نشین اتصال IPE 300 از فولاد ST-37

برای نیروی عکس العمل مکتبه گاهی $P_u = 15 \text{ Ton}$

$$\text{IPE 300} \begin{cases} K = 2.6 \text{ cm} \\ t_w = 0.71 \text{ cm} \\ t_f = 1.07 \\ d = 30 \text{ cm} \end{cases}$$

حل :

عرض نشین (تسمه ضعیف جان)

$$N = \frac{P_u}{\phi F_y t_w} - 2.5 K = \frac{15 \times 10^3}{1 \times 2400 \times 0.71} - 2.5 \times 2.6 = 2.3 \text{ cm}$$

عرض نشین (سیدگی جان)

$$\text{بفرض } N/d \leq 0.2$$

$$N = d \times \left[\frac{P_u}{\phi 0.4 t_w^2 \sqrt{E F_y t_f}} - 1 \right] / 3 \times \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5}$$

$$= 3.07 \text{ cm}$$

$$N/d = 3.07 / 30 = 0.102 < 0.2$$

$$e_f = \frac{3.07}{2} + 2 = 3.5 \text{ cm}$$

بفرض $t = 1.3 \text{ cm}$

$$e = e_f - t - 1 = 3.5 - 1.3 - 1 = 1.2$$

باتوجه به عرض بل $b_f = 15 \text{ cm}$ ، طول نبشی نشین را $b = 20 \text{ cm}$ در نظر بگیریم:

$$t^2 = \frac{4 P_u e}{\phi F_y b} = \frac{4 \times 15 \times 10^3 \times 1.2}{0.9 \times 2400 \times 20} = 1.66 \rightarrow t = 1.29 \text{ cm}$$

محاسبه جوش اتصال :

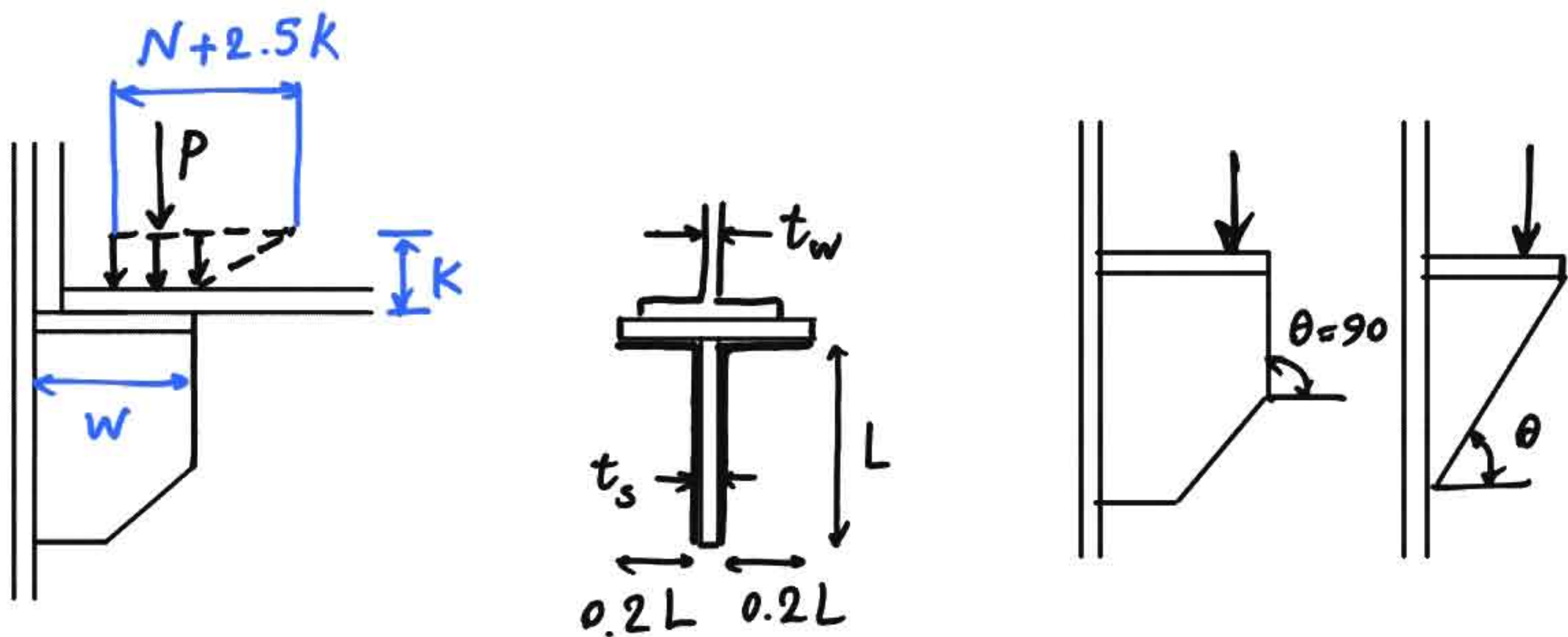
$$R_u = \frac{P_u}{2 L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_f^2}$$

$$a_{\min} = 6 \text{ mm} \rightarrow \text{Use } a = 8 \text{ mm} ; \phi R_{nw} = 1000 \times 0.8 = 800 \text{ Kg/cm}$$

$$\text{بفرض } L = 15 \text{ cm} \rightarrow R_u = \frac{15 \times 10^3}{2 \times 15^2} \sqrt{15^2 + 20.25 \times 3.5^2} = 725 < 800 \text{ Kg/cm o.k.}$$

اتصال ساده با شلیم تقویت شده

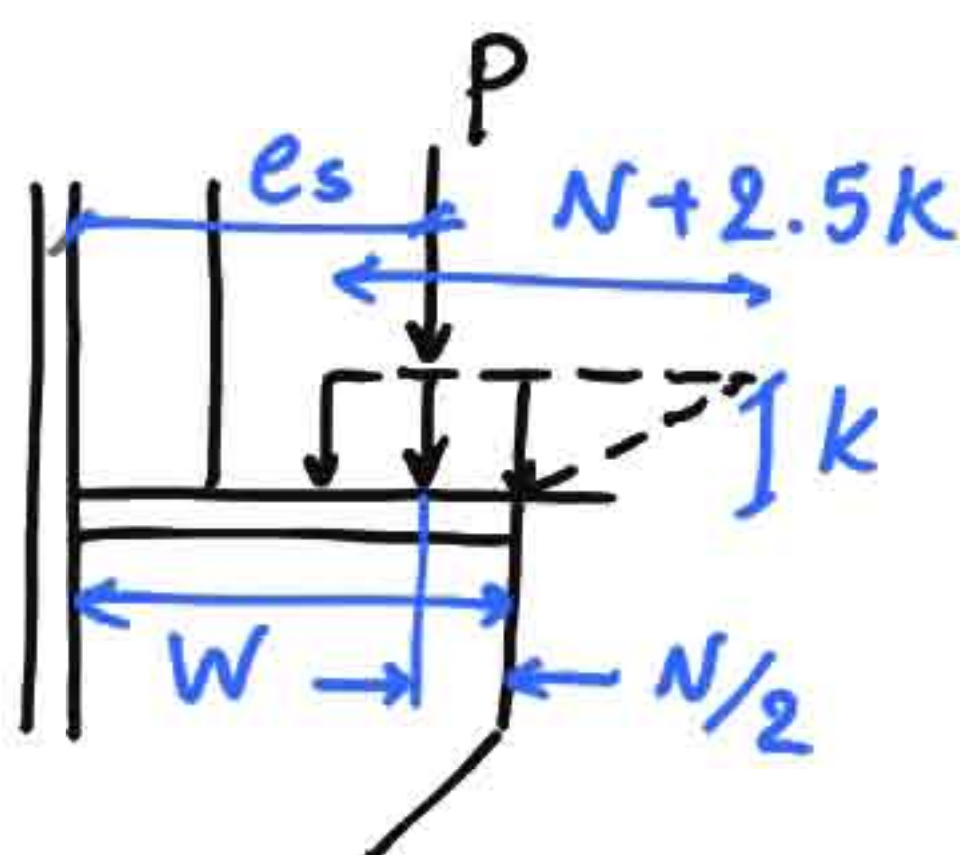
اگر عکس العمل یکباره بی از ظرفیت خمشی شلیم باشد، لچردی که خمیت مورد نیاز خمشی بی از حد زیاد شود، استفاده از ورق های تقویتی (Stiffener) ضروری می گردد.



زقار ورق تقویت بسته به زاویه برش θ آن متفاوت است اگر $\theta = 90^\circ$ باشد، ورق مثل یک Δ تحت P میخیزد و عمل می کند. اگر ورق بصورت یک مثلث بریده شود مثل برکت عمل می کند.

مراحل طرح شلیم تقویت شده :

- ۱- تعیین عرض شلیم (N)
- ۲- تعیین خروج از محوری بار (e)
- ۳- تعیین خمیت ورق تقویتی (t_s)
- ۴- طرح جوش اتصال (L و a)



عرض شلیم (N)

عرض شلیم در دو حالت مدی } تسلیم موضعی جان
 لیسری جان
 با استفاده از روابط قبلی محاسبه می شود.

$$W = N + \text{فاصله شلیم از محور}$$

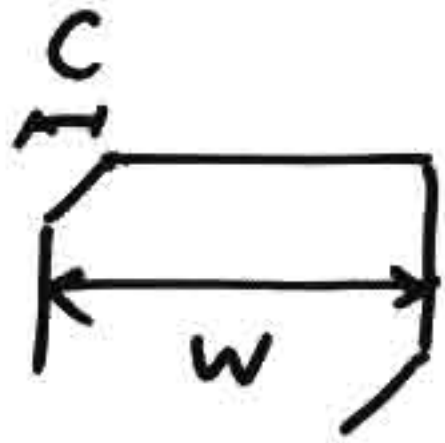
$$e_s = W - N/2$$

صلامت ورق تقویتی (t_s)

$$t_s \geq t_w \quad ۱-$$

$$w/t_s \leq 0.56 \sqrt{E/F_y} \quad ۲-$$

(جدول ۱۰-۲-۲-۱)



۳- صامت آکایی

بند ۱۰-۲-۹-۷

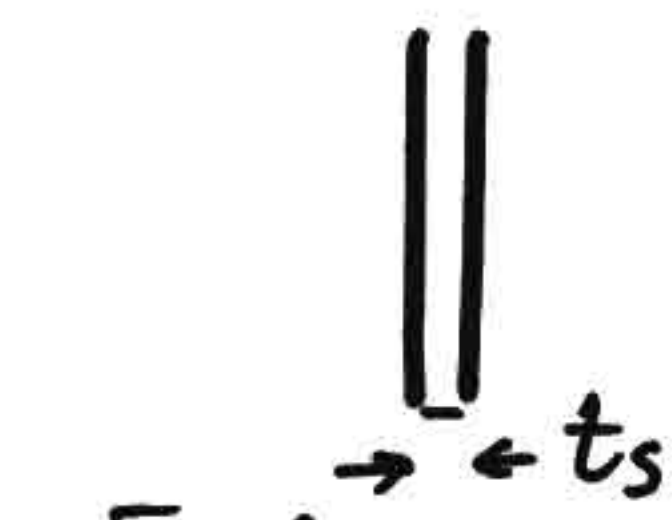
$$P_u \leq \phi R_n = \phi (1.8 F_y) (w - c) t_s \quad ; \quad \phi = 0.75$$

۴- صامت آکایی با در نظر گرفتن خروج از محوری

$$t_s \geq \frac{P_u (6 e_s - 2 w)}{0.75 (1.8 F_y) w^2}$$

۵- صامت حد آس با توجه به بعد جوش اتصال

بفرض استفاده از دو خط جوش

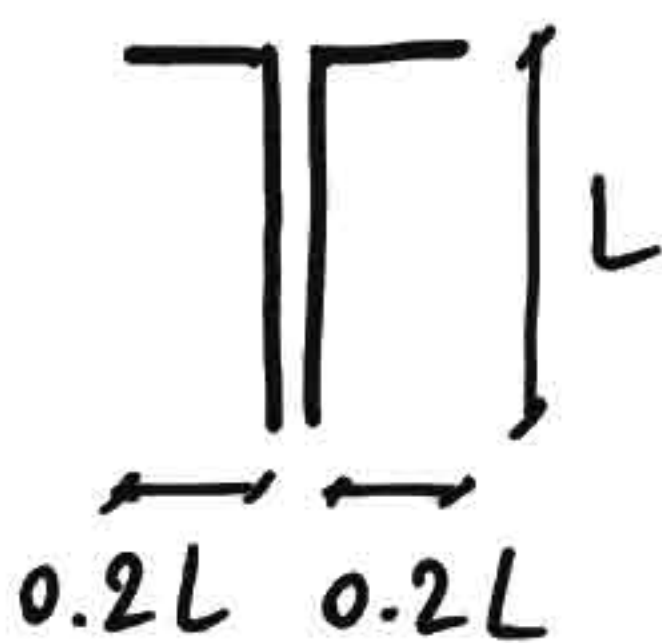


صلامت جوش : $\phi R_n \geq \phi R_{nw}$: صامت برشی ورق

$$1 \times 0.6 F_y t_s \geq 2 [\beta \phi (0.6 F_{ue}) (0.707 a)] \quad \left\{ \begin{array}{l} \beta = 0.75 \\ \phi = 0.75 \end{array} \right.$$

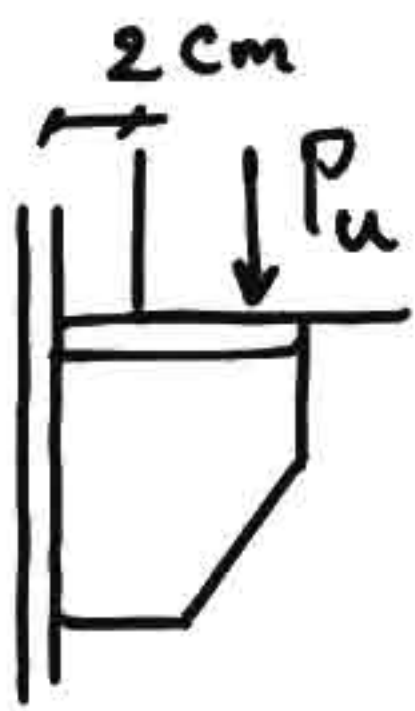
$$t_s \geq 0.8 \frac{F_{ue}}{F_y} a$$

طرح جوش ورق تقویتی



حد اکثر نزدیکی دارد در جوش با فرض هندسه روبرو عبارت است از

$$R_n = \frac{P_u}{2.4 L^2} \sqrt{16 e_s^2 + L^2}$$



مثال: مطلوبیت طرح ضمیمه تقویت شده برای IPE 400 از فولاد ST-37

$$\text{IPE 400} \begin{cases} t_w = 0.86 \\ t_f = 1.35 \\ d = 40 \\ k = 3.45 \end{cases} \quad P_u = 30 \text{ Ton}$$

حل:

الف) عرض ضمیمه

تسلیم جان:

$$N = \frac{P_u}{\phi F_y t_w} - 2.5 k$$

$$= \frac{30 \times 10^3}{1 \times 2400 \times 0.86} - 2.5 \times 3.45 = 5.91 \text{ cm}$$

نسبت جان:

$$N/d < 0.2$$

$$N = d \times \left[\frac{P_u}{\phi 0.4 t_w^2 \sqrt{E F_y t_f}} - 1 \right] / 3 \times \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} ; \phi = 0.75$$

$$= 14.6 \text{ cm} \rightarrow N/d = 14.6/40 = 0.36 > 0.2$$

فرض درست نیست و از رابطه دوم استفاده می‌کنیم:

$$N = \left\{ \left[\frac{P_u}{\phi 0.4 t_w^2 \sqrt{E F_y t_f}} - 1 \right] / \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} + 0.2 \right\} \times \frac{d}{4}$$

$$= 13 \text{ cm} \rightarrow N/d = 0.32$$

$$W = 13 + 2 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

ب) ضخامت ورق تقویتی

$$t_s \geq t_w = 0.86 \text{ cm}$$

- براساس ورق جان

$$t_s \geq \frac{W}{0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}} = \frac{15}{0.56 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2400}}} = \frac{15}{16.16} = 0.93$$

- براساس گشایش موضعی

- براساس مهارت آکشی

$$e_s = W - \frac{N}{2} = 15 - \frac{13}{2} = 8.5 \text{ cm}$$

$$t_s \geq \frac{P_u (6 e_s - 2 W)}{\phi (1.8 F_y) W^2} = \frac{30 \times 10^3 (6 \times 8.5 - 2 \times 15)}{0.75 (1.8 \times 2400) \times 15^2} = 0.86 \text{ cm}$$

بافرض ضخامت $t_s = 1 \text{ cm}$ ، حداثر بعد جوش را محاسبه می‌کنیم:

$$a_{\max} = \frac{t_s F_y}{0.8 F_{ue}} = \frac{1 \times 2400}{0.8 \times 4200} = 0.7 \text{ cm} \rightarrow \underline{\text{Use } a = 6 \text{ mm}}$$

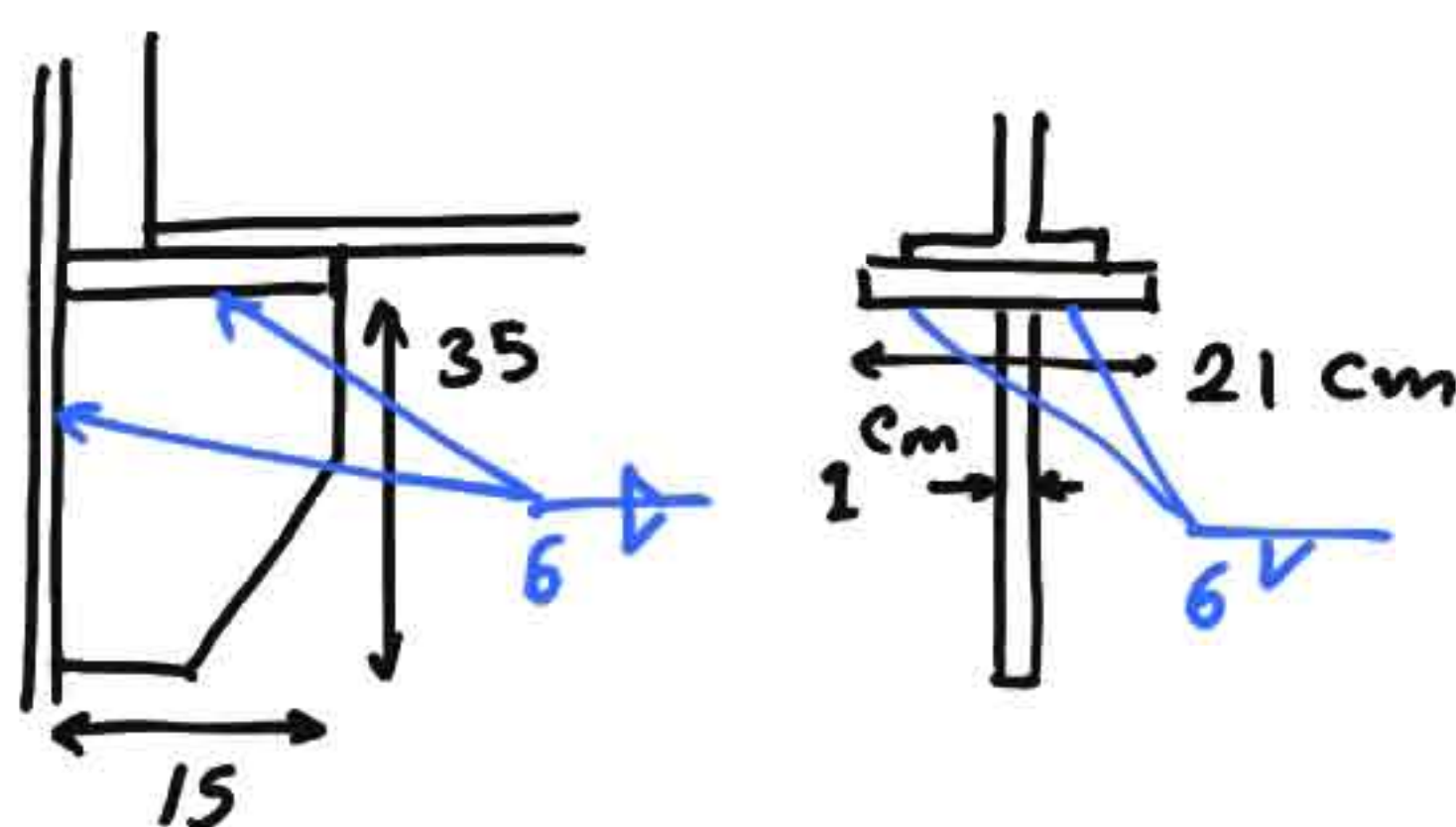
طول جوش: $\phi R_{nw} = 1000 a = 600 \text{ kg/cm}$

$$R_u = \frac{P_u}{2.4 L^2} \sqrt{16 e_s^2 + L^2}$$

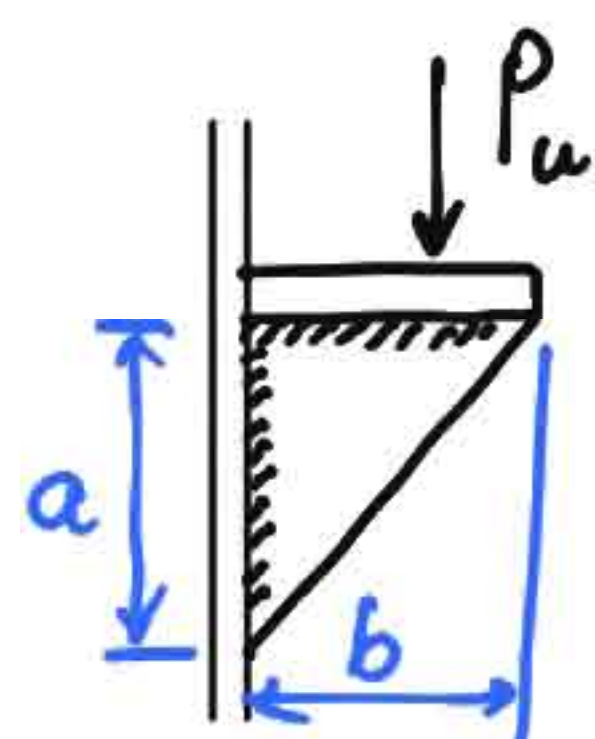
$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

$$R_u = \frac{30 \times 10^3}{2.4 \times 35^2} \sqrt{16 \times 8.5^2 + 35^2} = 498 \text{ kg/cm} < 600 \text{ o.k.}$$

بافرض طول جوش $L = 35 \text{ cm}$



براکت منتهی شکل



برای تعیین ضخامت ورق تقویتی منتهی شکل از روابط زیر

استفاده می‌کنیم:

$$0.5 \leq b/a \leq 2$$

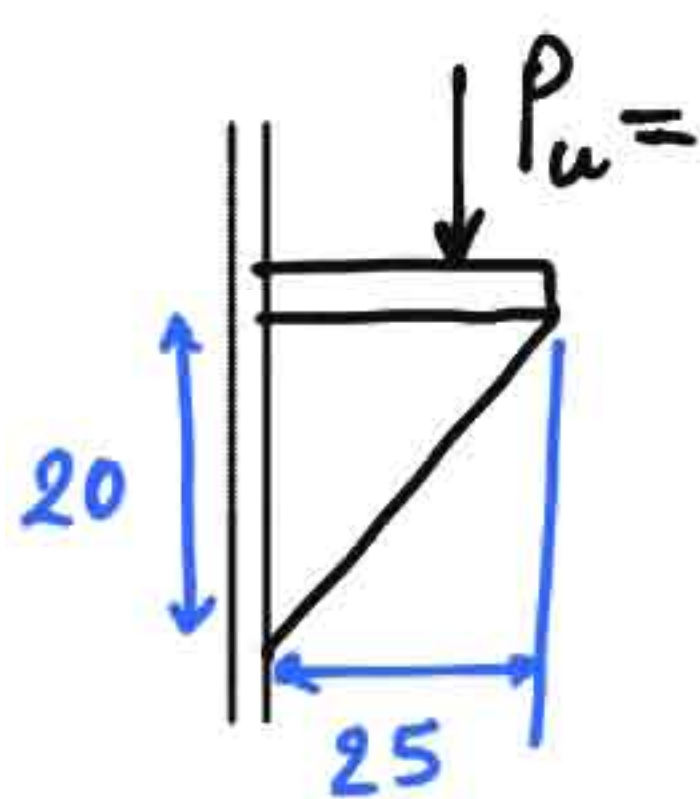
$$P_n = F_y z b t ; P_u \leq \phi P_n (\phi = 0.9)$$

$$z = 1.39 - 2.2 (b/a) + 1.27 (b/a)^2 - 0.25 (b/a)^3$$

نسبت نهایی آزاد به ضخامت (b/t) ورق باید محدود به موارد زیر باشد:

$$b/t \leq \begin{cases} 1.47 \sqrt{\frac{E}{F_y}} & : 0.5 \leq b/a \leq 1.0 \\ 1.47 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \times (b/a) & : 1 \leq b/a \leq 2.0 \end{cases}$$

مثال: ضخامت ورق تقویتی براکت با ابعاد نشان داده شده از فولاد ST-37 را بدست آورید:



$$b/a = 25/20 = 1.25$$

حل:

$$Z = 1.39 - 2.2(1.25) + 1.27(1.25)^2 - 0.25(1.25)^3 \\ = 0.135$$

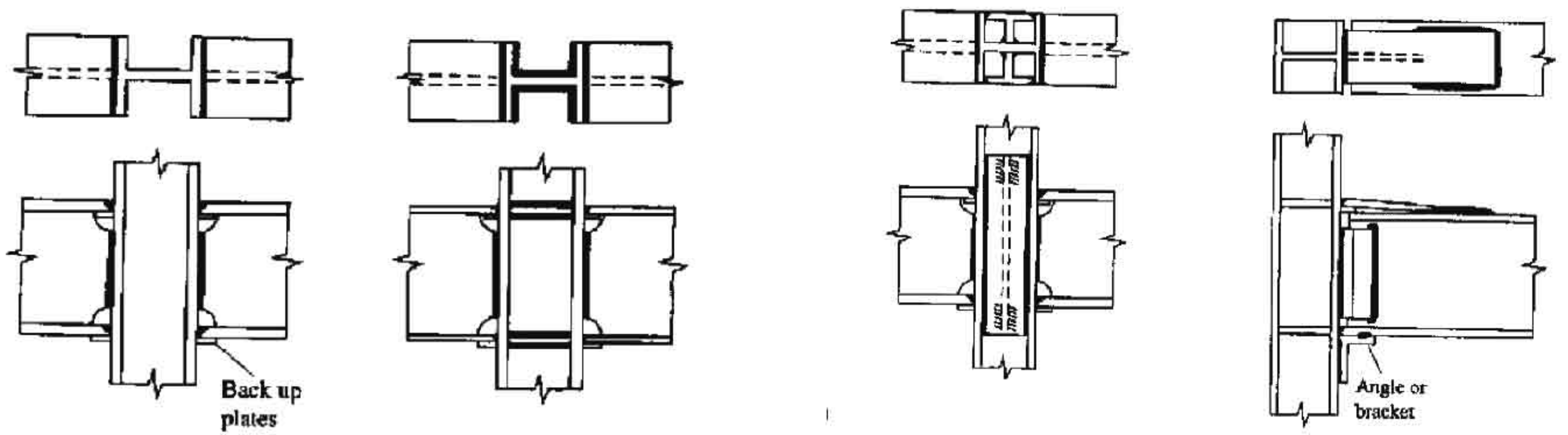
$$P_u = \phi P_n = 0.9 F_y Z b t \rightarrow t \geq \frac{P_u}{0.9 F_y Z b} = \frac{5 \times 10^3}{0.9 \times 2400 \times 0.135 \times 25} = 0.68 \text{ cm}$$

$$b/t \leq 1.47 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \times (b/a) = 1.47 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2400}} \times 1.25 = 53$$

$$\rightarrow t \geq 25/53 = 0.47 \text{ cm}$$

Use $t = 8 \text{ mm}$

اتصالات صلب تیر به ستون



در اتصالات خمشی صلب تیر به ستون، باید مگر خمشی بطور کامل منتقل شده و دوران نسبی اعضا بسیار ناچیز باشد.

چون عمده مگر خمشی توسط بالهای تیر و از طریق نیروهای کششی و فشاری بال ها اعمال می شود، لذا باید برای انتقال این نیروهای محوری تمهیدات خاص اندیشیده شود.

در صورتی که جان ستون قادر به تحمل نیروهای فشاری و دارد از طرف بال های تیر نباشد، از سخت کشنده های جان استفاده می شود. این سخت کشنده ها به صورت افقی هستند و برای مقابله با حالت های حدی زیر بکار می روند:

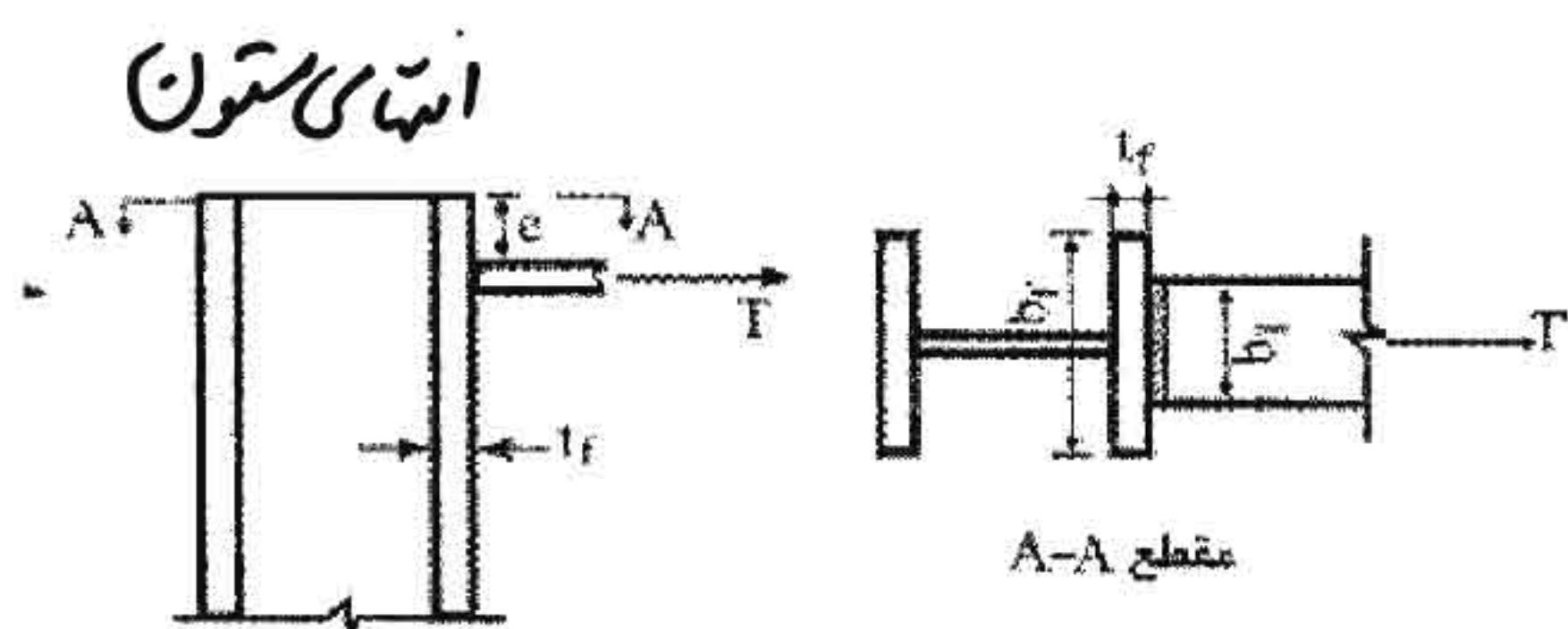
۱- خمش موضعی بال مستون تحت کشش

۲- تسلیم موضعی جان ستون

۳- نهشته جان

۴- گمانش فشاری جان

۱- خمش موضعی بال تحت کشش



معادلت طراحی کششی بال ستون برای حالت حدی خمش موضعی بال عبارتست از:

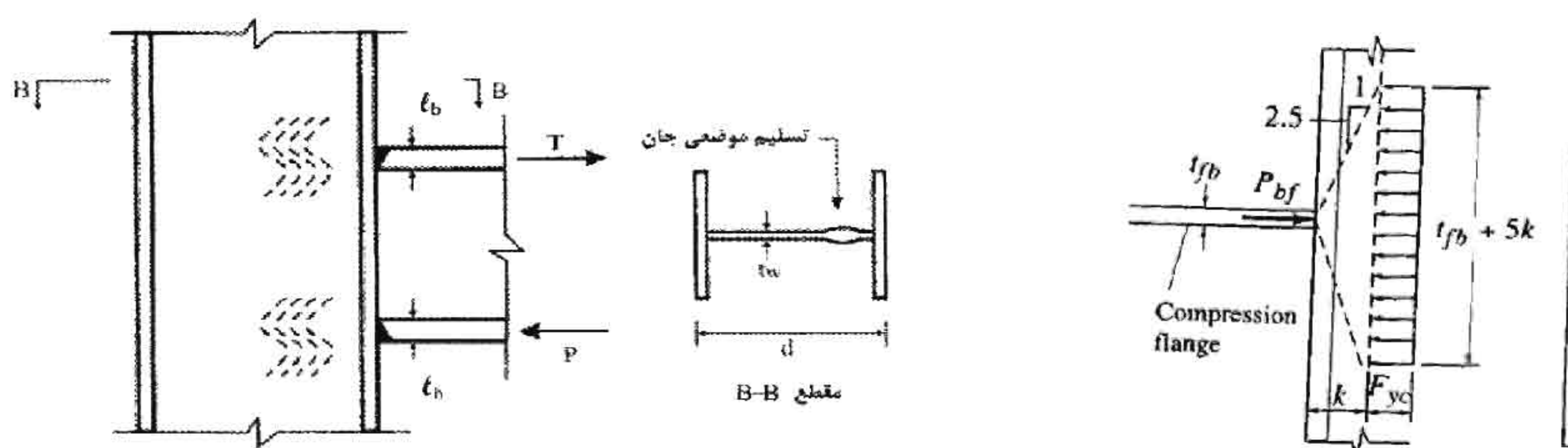
$$\phi R_n = \phi 6 \cdot 25 F_y t_f^2 \quad \text{و} \quad \phi = 0.9$$

$$t_f \geq 0.4 \sqrt{\frac{T_u}{\phi F_y}} \rightarrow \text{عدم نیاز به سخت کشنده} \quad \text{مقاومت بال تحت کشش ستون}$$

- نکته Δ * اگر $b_f \leq 0.15 b$ ← نیروی برشی این حالت حدی نمی باشد.
- * در انتهای ستون اگر $e < 10 t_f$ ← مقاومت طرح 150٪ کاهش داده می شود.
- * حداقل ضخامت بال ستون برای عدم نیاز به جفت گسده ←
 $t_f \geq 0.4 \sqrt{\frac{T_u}{\phi F_y}}$

۲- تسلیم موضعی جان ستون

مقاومت طرح جان ستون در مقابل نیروی فشاری متمرکز برای حالت تسلیم موضعی جان عبارت از:

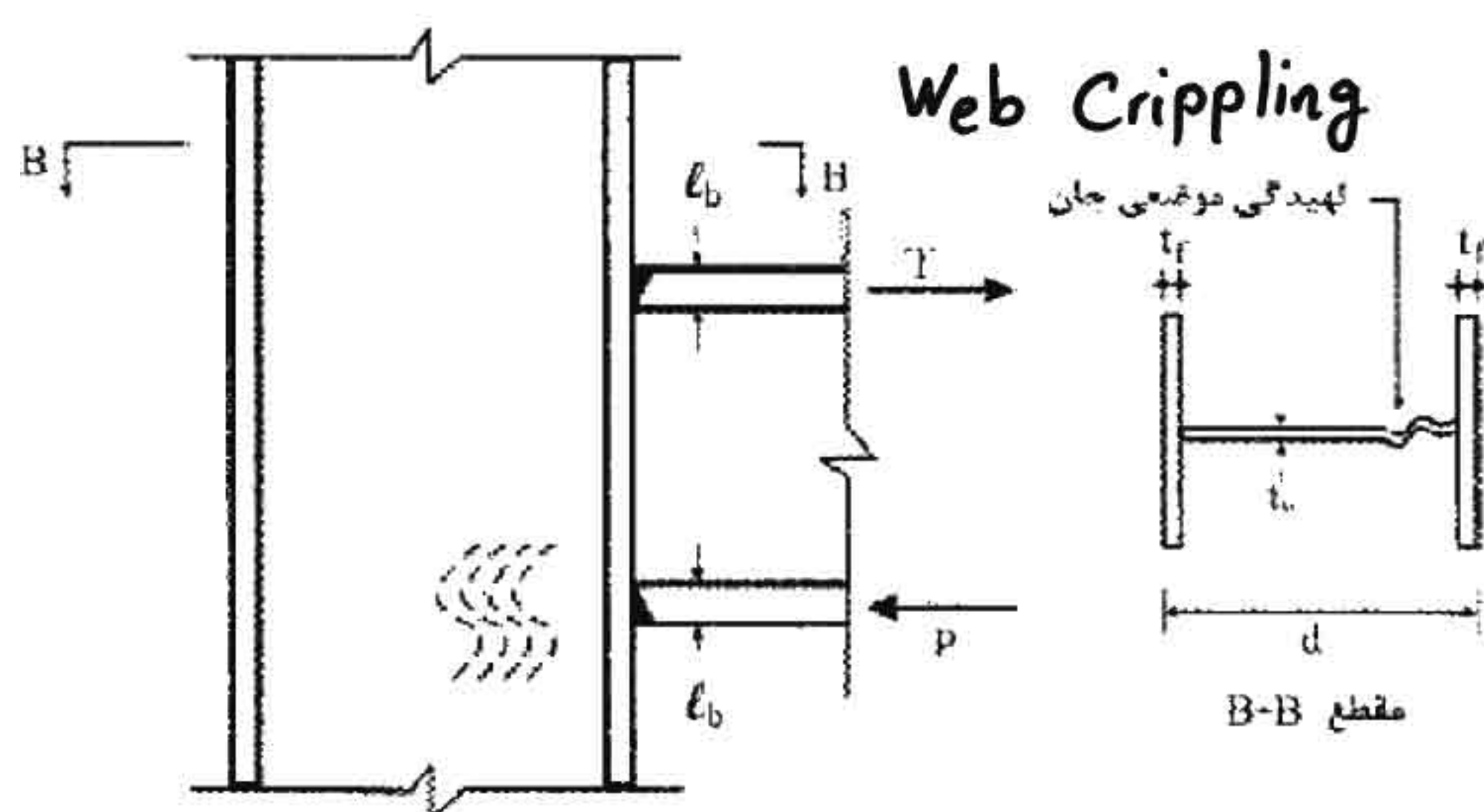
$$\phi R_n = \phi (5k + t_{fb}) F_y t_{wc} \leq F_y A_f; \phi = 1$$


t_{fb} : ضخامت بال فشری
 t_{wc} : ضخامت جان ستون
 A_f : سطح مقطع بال فشری

۳- لهیدگی جان (ناپایداری موضعی جان در مجاورت بار متمرکز بدلیل لاغری جان)
 مقاومت طرح جان ستون در مقابل نیروی فشاری متمرکز برای حالت حدی لهیدگی جان عبارت از:

$$\phi R_n = \phi 0.80 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{l_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_y t_f}{t_w}}; \phi = 0.75$$

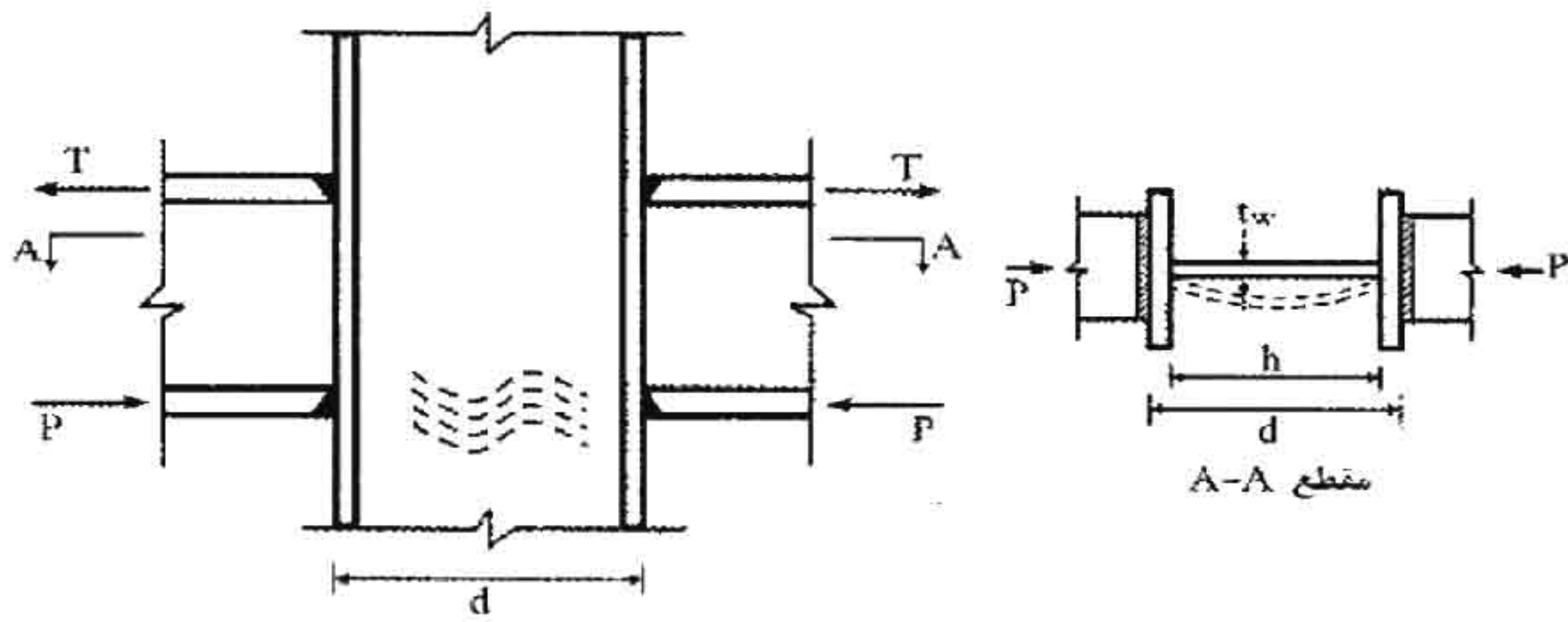
در این رابطه:



t_w : ضخامت جان ستون
 t_f : بال ستون
 d : عمق کلی ستون
 $l_b = t_b$: ضخامت بال فشر

۴- کمایش فشاری جان ستون

در حالت حدی نقطه زمانی مورد توجه قرار می گیرد که یک جفت نیروی متمرکز فشاری از دو طرف بر هر دو بال ستون اعمال شود.



تصادف طرح فشاری جان ستون برای حالت حدی کمانش فشاری عبارتست از:

$$\phi R_n = \phi \frac{24 t_w^3 \sqrt{E F_y}}{h} \quad ; \quad \phi = 0.9$$

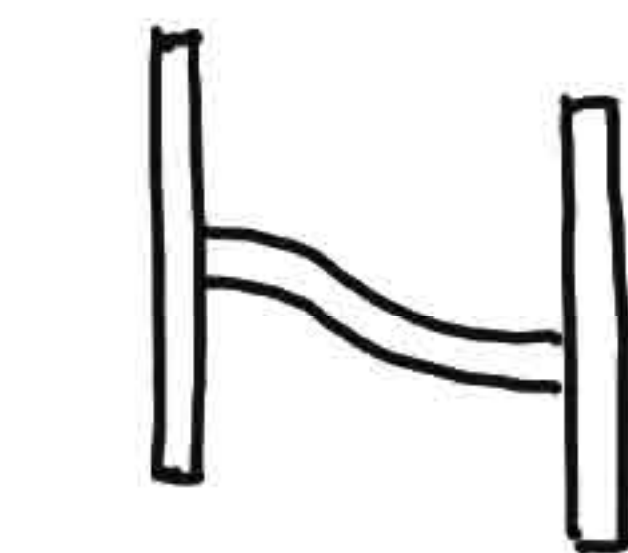
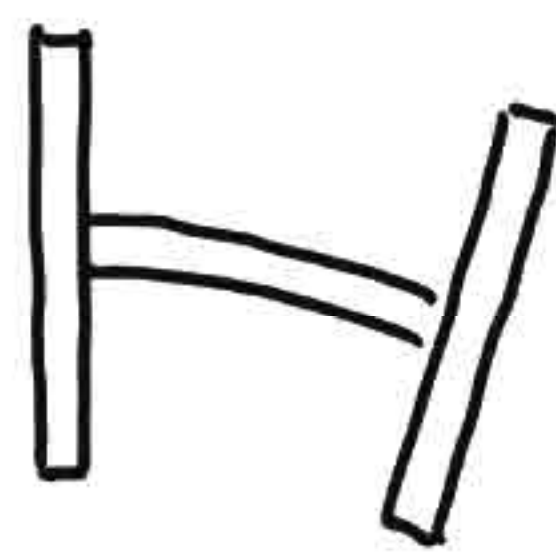
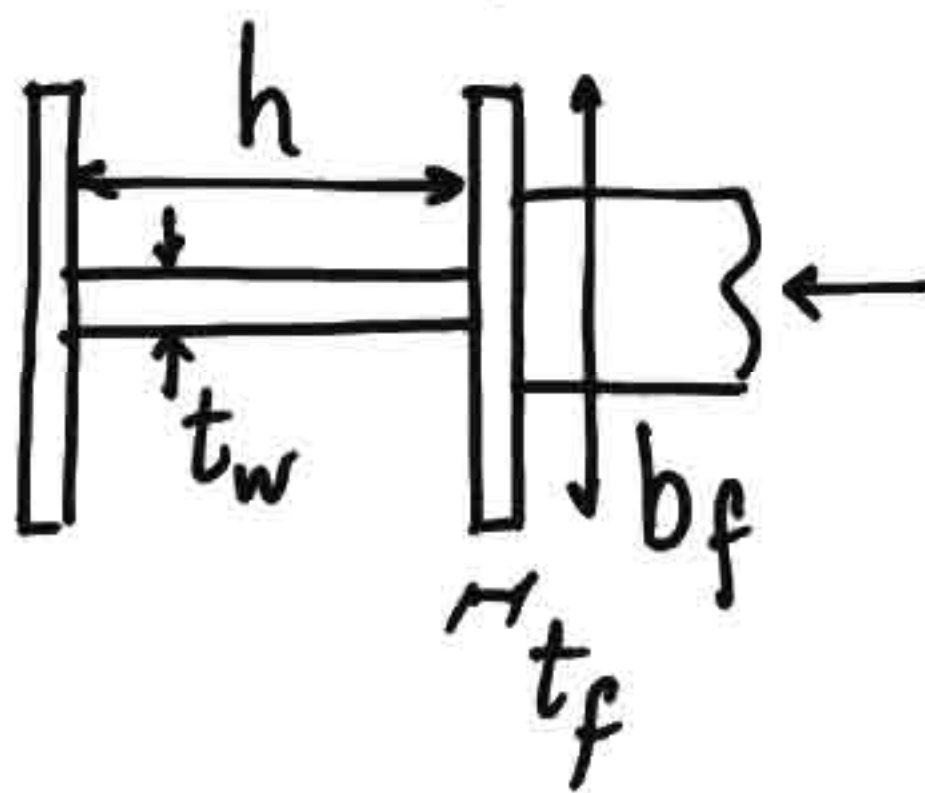
h : ارتفاع آزاد جان ستون

$h = d - 2k$ برای پرده‌های نورد شده

نکته! در صورتی که نیروی فشاری تنها به یک بال ستون وارد شود، نیازی به در نظر گرفتن کمانش فشاری جان نمی‌باشد.

۵- کمانش جانبی جان ستون (ناپایداری کلی)

این حالت حدی مربوط به نیروی متمرکز فشاری است که تنها به یک بال ستون وارد می‌شود و از حرکت جانبی بین بال‌های ستون توسط مهار جانبی جلوگیری شده است.



(الف) انتقال جانبی بدون مهار
(ب) انتقال جانبی با مهار

$$(الف) \begin{cases} \frac{h/t_w}{L_b/b_f} \leq 2.3 \rightarrow \phi R_n = \phi \frac{C_r t_w^2 t_f}{h^2} \left[1 + 0.4 \left(\frac{h/t_w}{L_b/b_f} \right)^3 \right] \\ \frac{h/t_w}{L_b/b_f} > 2.3 \rightarrow \text{نیروی به کنترل نیست} \end{cases}$$

$$(ب) \begin{cases} \frac{h/t_w}{L_b/b_f} \leq 1.7 \rightarrow \phi R_n = \phi \frac{C_r t_w^2 t_f}{h^2} \left[0.4 \left(\frac{h/t_w}{L_b/b_f} \right)^3 \right] \\ \frac{h/t_w}{L_b/b_f} > 1.7 \rightarrow \text{نیروی به کنترل نیست} \end{cases}$$

در روابط صنفی قبل:

$$\phi = 0.85$$

۱.۶: حداکثرنا صله مهار جانبی در محدوده اعمال بار متمرکز

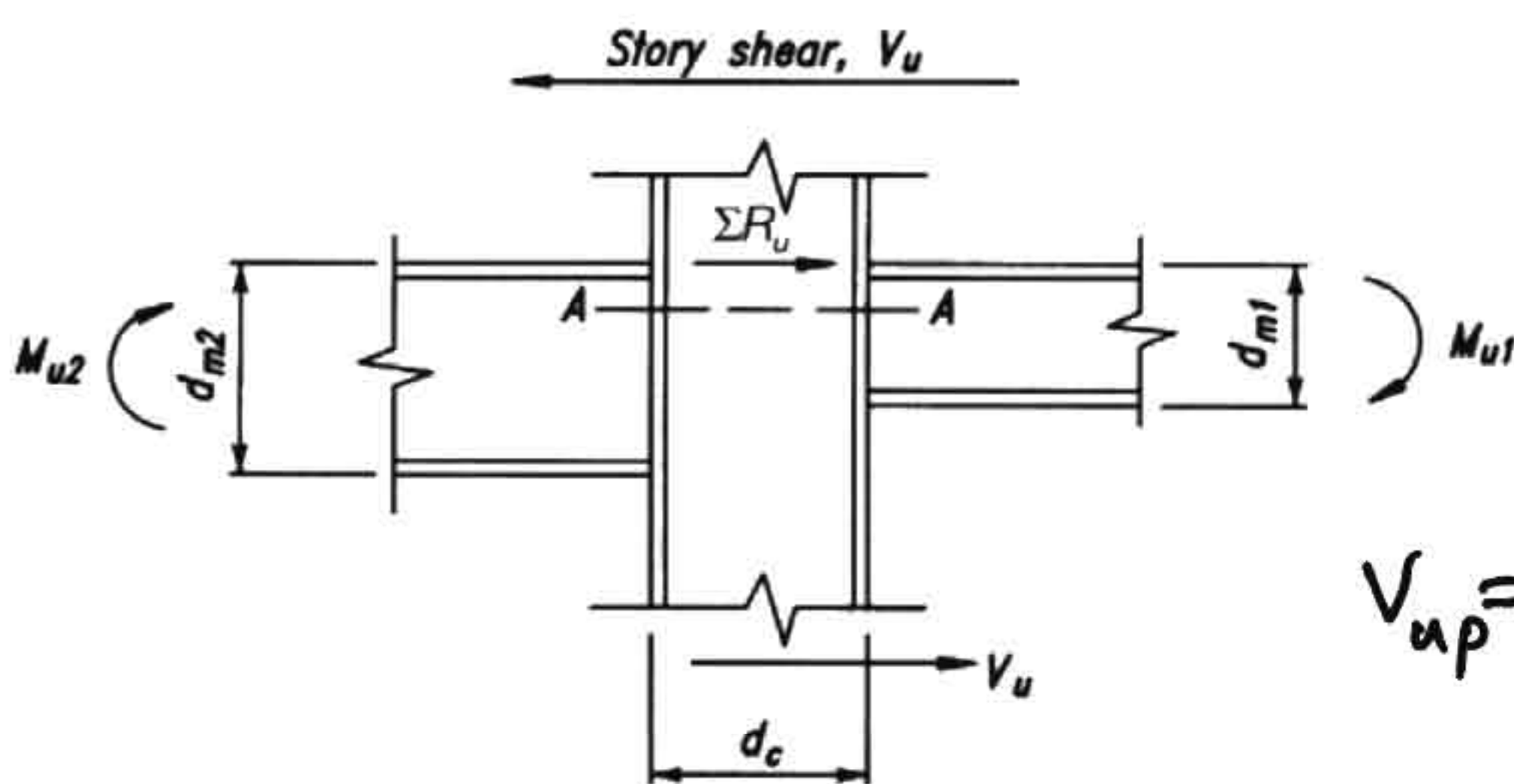
$$C_r = \begin{cases} 6.62 \times 10^6 \text{ MPa} & : M_u < M_y \\ 3.31 \times 10^6 \text{ MPa} & M_u \geq M_y \end{cases}$$

اگر مقاومت مورد نیاز بیش از مقاومت موجود باشد، باید برای هر دو بال در محل اعمال بار متمرکز مهار جانبی تعبیه شود.

در صورتی که مقاومت مورد نیاز از مقاومت موجود (براساس حالت های حدی ذکر شده)

بیشتر باشد، باید از ورق های تقویتی (Stiffener) یا ورق های ضعیف (دوبلر) استفاده شود.

برش چیده اتصال (Web Panel-Zone Shear)



مقاومت برشی مورد نیاز جان ستون در
چیده اتصال عبارتست از:

$$V_{up} = \Sigma R_u = \frac{M_{u1}}{d_{m1}} + \frac{M_{u2}}{d_{m2}} - V_u$$

V_u : نیروی برشی ستون در بالای چیده

M_{u1} و M_{u2} : گزهای خمشی انتهای تیرهای راست چپ چیده

$d_m = 0.95 d_b$ که d_b ارناع کلی تیر است.

مقاومت برشی طرح چیده اتصال: ϕR_n

$$\phi R_n = \phi (0.6 F_y) d_c t_w ; \phi = 0.9$$

d_c : ارناع کلی ستون / t_w : ضخامت جان ستون

$$\underline{V_{up} \leq \phi R_n}$$

ضخامت حداقل مورد نیاز جان ستون از رابطه بدست می آید.

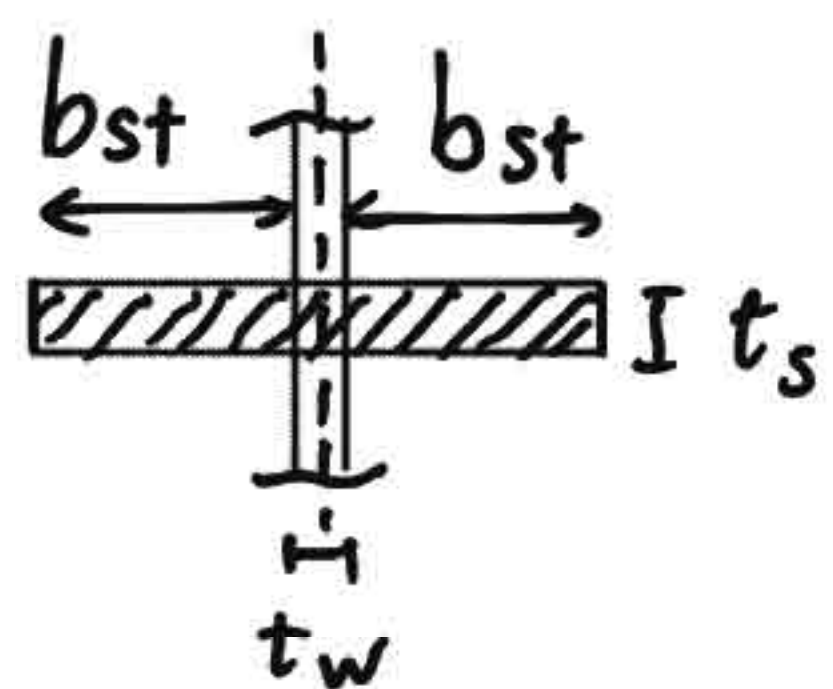
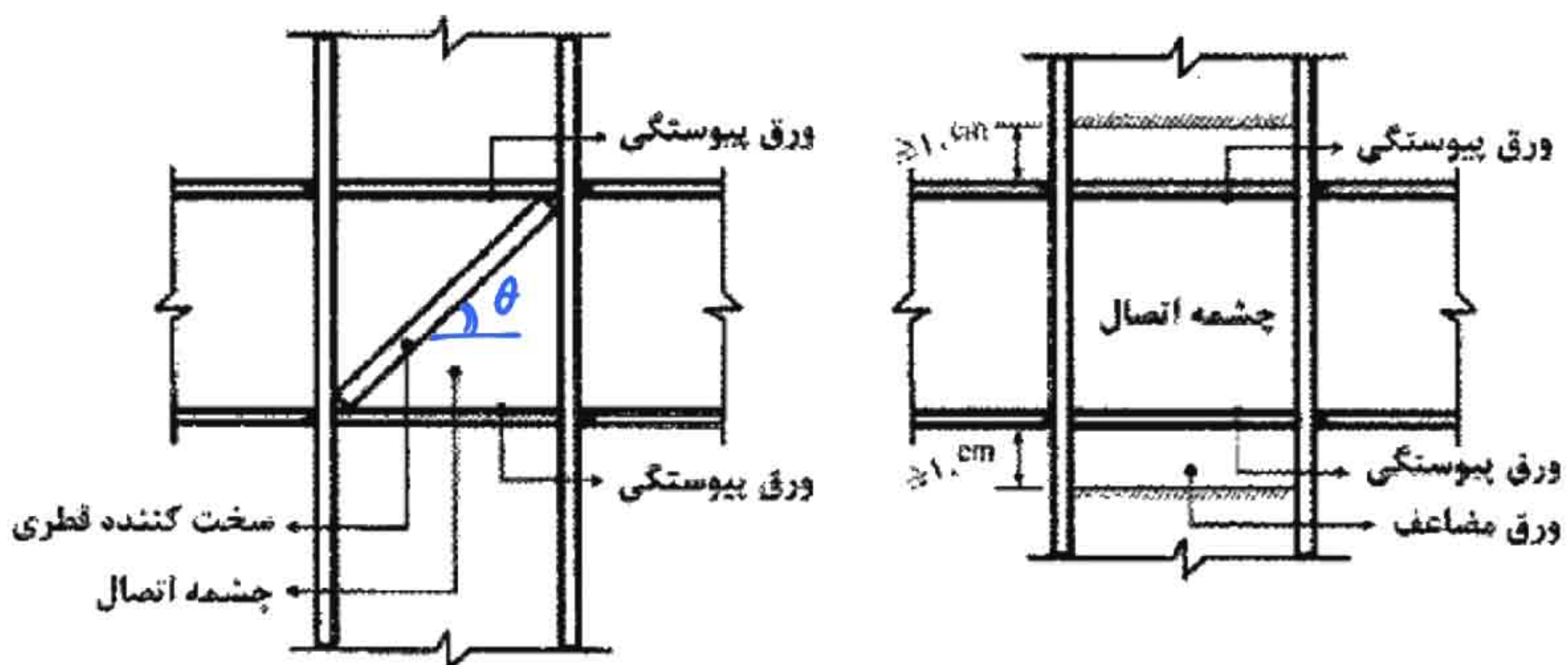
در حالت خاص که ارتفاع تیرهای چپ و راست یکسان است، داریم

$$V_{up} = \frac{M_{u1} + M_{u2}}{0.95 d_b} - V_u \leq 0.9 (0.6 F_y) d_c t_w$$

$$\rightarrow \text{مورد نیاز } t_w \geq \frac{1.95 (M_{u1} + M_{u2})}{F_y (d_c d_b)} - \frac{1.85 V_u}{F_y d_c}$$

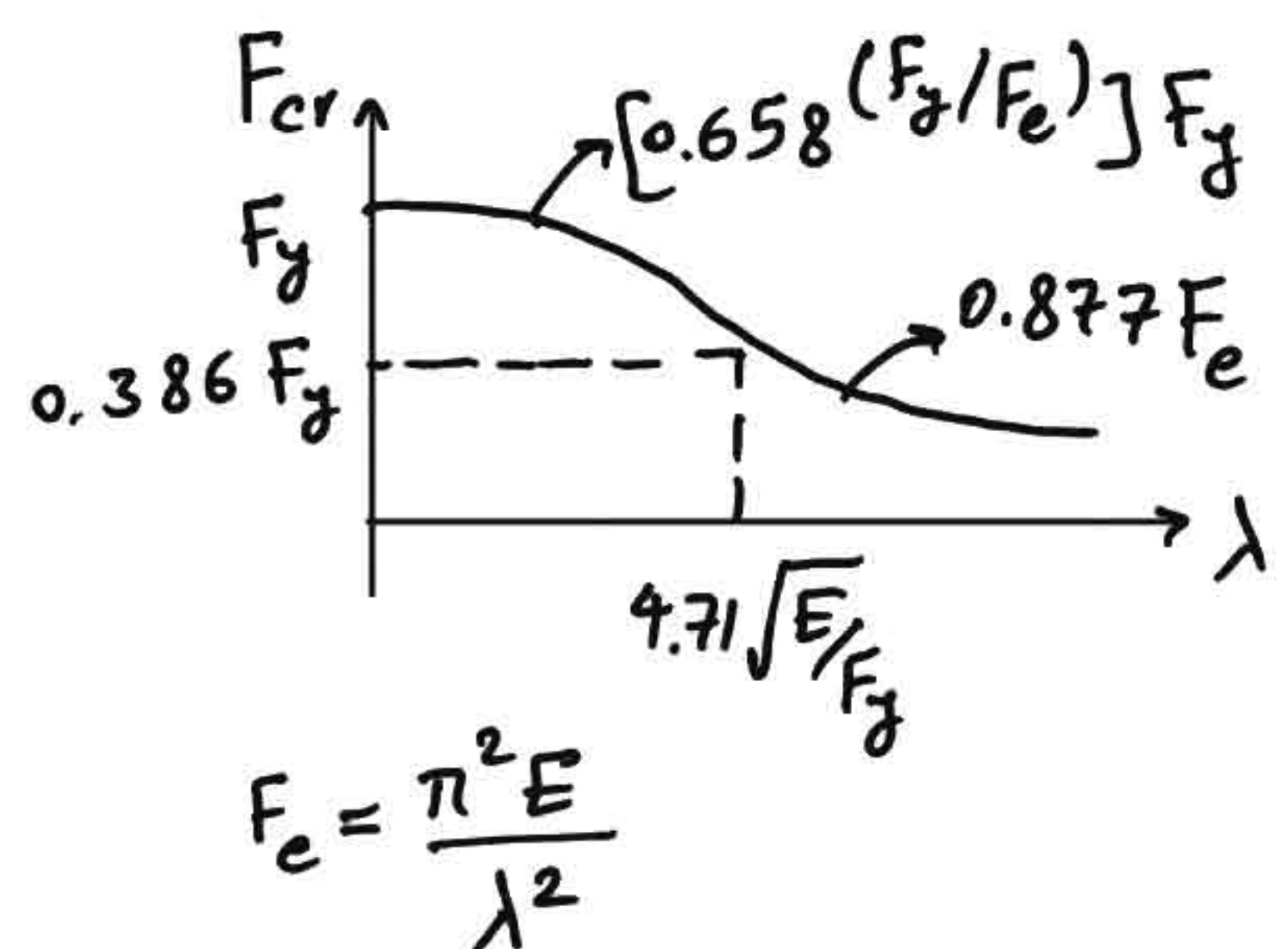
در صورت استفاده از سخت کننده های قطری برای تقویت جبهه اتصال، ترم زیر به مقدار برشی طرح جبهه اضافه می شود:

$$\phi A_{st} F_{cr} \cos \theta ; \quad \phi = 0.9$$



A_{st} : سطح مقطع سخت کننده های قطری

F_{cr} : تنش فشاری حالت حدی کمانش برای سخت کننده



$$\lambda = KL/r = 0.75 h/r$$

h : طول سخت کننده قطری

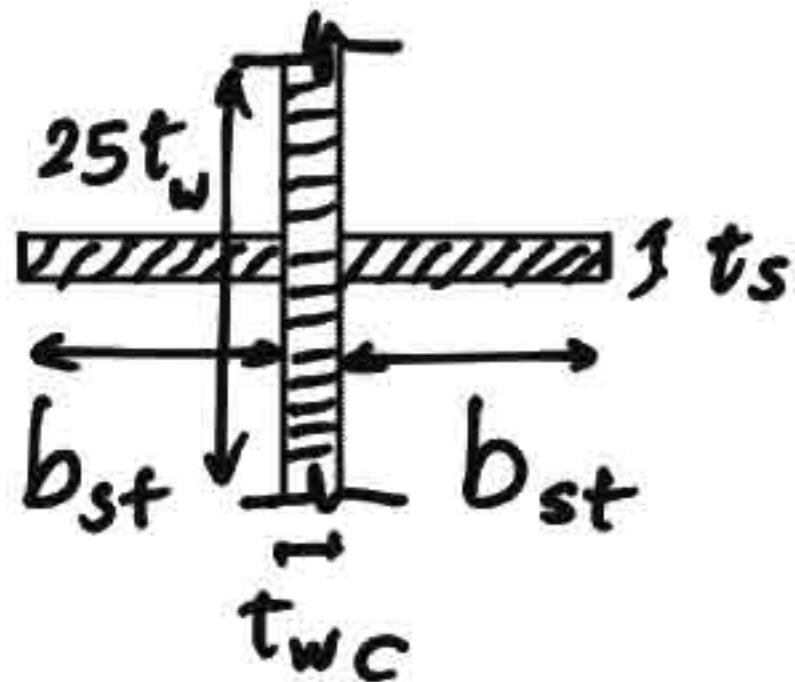
r : شعاع گیراسیون مقطع سخت کننده حول محور میانی جان ستون

محدودیت نسبت پهنای آزاد به ضخامت سخت کننده نیز باید رعایت شود:

$$b_{st}/t_s \leq 0.56 \sqrt{E/F_y}$$

طرح سخت‌کننده‌های عرضی افقی جان

جفت سخت‌کننده همی جان ستون در مقابل نیروهای فشاری متمرکز بال تیر باید بصورت اعضایی محوری فشاری با طول موثر $k l = 0.75 h$ (طول ورق سخت‌کننده) و سطح مقطع آن داده شده در نقش (سطح مقطع سخت‌کننده) همراه با $25 t_w$ از جان ستون برای سخت‌کننده همی میانی و $12 t_w$ برای سخت‌کننده همی انتهایی) طرح شوند.



ضوابط تکمیلی برای سخت‌کننده‌ها

$$(b_{st} + \frac{t_{wc}}{2}) \geq b_f b / 3 \quad (1)$$

$$t_s \geq t_f b / 2 \quad (2)$$

b_{st} : پهنای ورق سخت‌کننده

t_{wc} : ضخامت جان ستون

$b_f b$: عرض بال تیر با ورق اتصال

t_s : ضخامت سخت‌کننده

$t_f b$: ضخامت بال تیر با ورق اتصال

مثال:

مطلوبت طرح اتصال صلب تیر IPE 360 به ستون IPB 280 از فولاد ST37

با ورق فوقانی.

$$\text{IPE 360} \begin{cases} t_f = 1.27 \text{ cm}, Z = 1019 \text{ cm}^3 \\ b_f = 17 \text{ cm} \end{cases}$$

حل:

$$\text{IPB 280} \begin{cases} d = 28 \text{ cm} \\ b = 28 \text{ cm} \\ t_w = 1.05 \\ t_f = 1.8 \\ k = 4.2 \end{cases}$$

دفع ورق فوقانی

نیروی متمرکز

$$T_u = \frac{\phi M_n}{d_b}$$

$$= \frac{\phi F_y Z}{d_b}$$

بزرگ‌ترین نیروی کششی در مقطع

$$= \frac{0.9 \times 2400 \times 1019 \times 10^{-3}}{36} = 61.25 \text{ T}$$

سطح مقطع مورد نیاز ورق فوقانی

$$A_g = \frac{T_u}{\phi F_y}$$

$$= \frac{61.25 \times 10^3}{0.9 \times 2400} = 28.3 \text{ cm}^2$$

عرض ورق فوقانی باید از عرض بال تیر کمتر باشد، لذا $b = 15 \text{ cm}$ $\rightarrow b_f = 17 \text{ cm}$

$$\text{Use PL } 150 \times 20 \text{ mm } (A_g = 30 \text{ cm}^2)$$

جوش ورق فوقانی به بال تیر

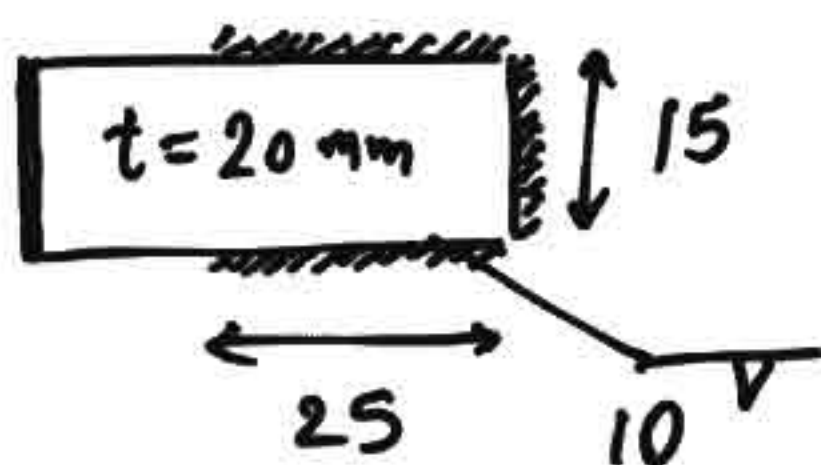
$$\phi R_{nw} = 1000 a \text{ kg/cm}$$

$$a_{\min} = 6 \text{ mm}, a_{\max} = 18 \text{ mm} \rightarrow \text{Use } a = 10 \text{ mm}$$

$$\phi R_{nw} = 1000 \times 1 = 1000 \text{ kg/cm}$$

$$l_w = \frac{T_u}{\phi R_{nw}} = \frac{61.25 \times 10^3}{1000} = 61.25 \text{ cm}$$

از 15 cm جوش در انتها و 25 cm در هر طرف استفاده می شود.



$$l_w = 65 \text{ cm}$$

ب) کنترل کفایت ستون در مقابل نیروهای متمرکز

۱- تسلیم موضعی جان

$$\phi R_n = \phi (t_{fb} + 5k) F_y t_{wc}$$

$$= 1 (2 + 5 \times 4.2) \times 2400 \times 1.05 \times 10^{-3} = 58 \text{ T}$$

۲- لهیدگی جان

$$\phi R_n = \phi 0.8 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{t_{fb}}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_{fc}} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_y t_{fc}}{t_w}}$$

$$= 0.75 \times 0.8 \times 1.05^2 \left[1 + 3 \left(\frac{2}{28} \right) \left(\frac{1.05}{1.8} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{2 \times 10^6 \times 2400 \times 1.8}{1.05}} \times 10^{-3}$$

$$= 65.7 \text{ T}$$

۳- کمانش فی جان

$$\phi R_n = \frac{\phi 24 t_w^3 \sqrt{E F_y}}{h}$$

$$= \frac{0.9 \times 24 \times 1.05^3 \sqrt{2 \times 10^6 \times 2400}}{(28 - 2 \times 4.2)} \times 10^{-3} = 88.4 \text{ T}$$

مقاومت مورد نیاز $R_n = 61.25 \text{ T}$ بیش از ظرفیت طرح ستون براساس تسلیم موضعی است ($\phi R_n = 58 \text{ T}$) لذا باید از سخت کننده های فی جان استفاده شود.

سطح مقطع مورد نیاز سخت کشنده که بر اساس معیار تسلیم:

$$A_{st} = \frac{R_u - \phi R_n}{\phi F_y} = \frac{(61.25 - 58) \times 10^3}{0.85 \times 2400} = 1.6 \text{ cm}^2$$

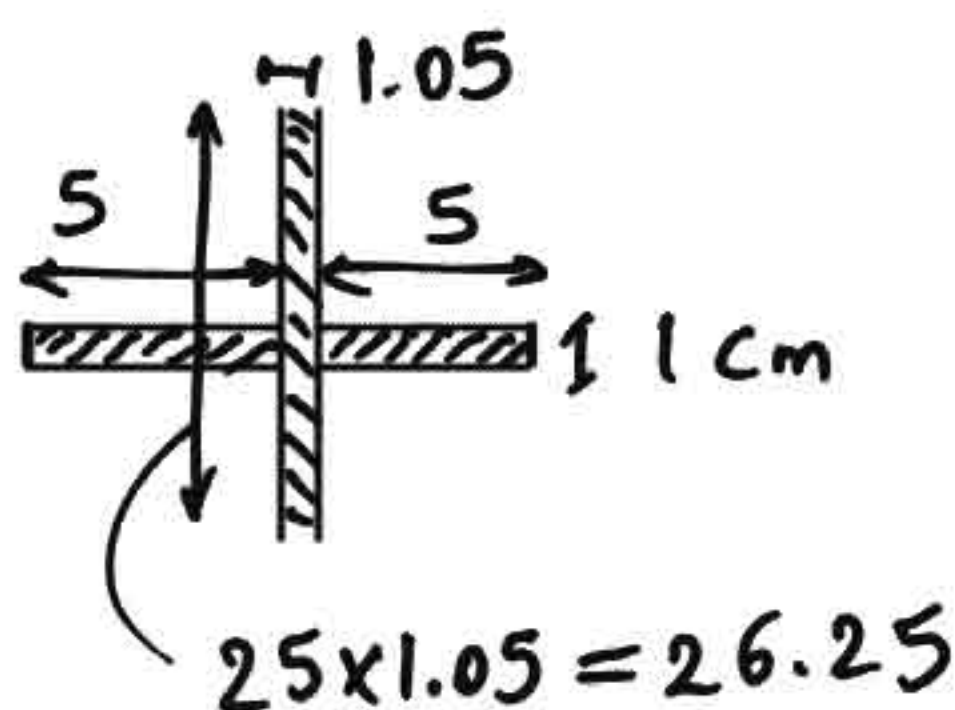
محدودیت ابعاد سخت کشنده

$$1) b_{st} > \frac{b_{fb}}{3} - \frac{t_w}{2} = \frac{15}{3} - \frac{1.05}{2} = 4.48 \text{ cm} \rightarrow b_{st} = 5 \text{ cm}$$

$$2) t_s > t_{fb}/2 = 2/2 = 1 \text{ cm}$$

Use PL 50x10 mm

$$3) \frac{b_{st}}{t_s} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 16.16 \rightarrow t_s \geq \frac{5}{16.16} = 0.31$$



مقاومت محوری فی ورق برای سخت کشنده

$$r = \sqrt{\frac{1/12 (1) (5+5+1.05)^3}{2 (5 \times 1) + 26.25 \times 1.05}} = 1.73 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{kL}{r} = \frac{0.75h}{r} = \frac{0.75 \times 19.6}{1.73} = 8.5$$

$$\rightarrow F_{cr} \approx F_y \rightarrow \phi F_{cr} = 0.9 \times 2400 = 2160$$

$$A_g = 2 \times 5 \times 1 + 26.25 \times 1.05 = 37.56 \text{ cm}^2$$

$$\phi_c P_n = \phi F_{cr} A_g$$

$$= 2160 \times 37.56 \times 10^{-3} = 81.1 \text{ T} > T_u = 61.25 \text{ o.k.}$$

کنترل ناحیه کششی:

$$t_{fc} \geq 0.4 \sqrt{\frac{T_u}{\phi F_y}} = 0.4 \sqrt{\frac{61.25 \times 10^3}{0.9 \times 2400}} = 2.13$$

$$t_{fc} = 1.8 < 2.13 \text{ موجود}$$

بنابر این ضخامت بال ستون برای نیروی متمرکز کششی کافی نبوده و به سخت کشنده برای کششی نیاز است. برای مقادیر عملی از همان سخت کشنده که من فشاری برای ناحیه کششی نیز استفاده می شود.

کنترل برش حبه اتصال:

$$M_u = 0.9 \times 2400 \times 1019 \times 10^{-5} = 22 \text{ T.m}$$

$$V_{np} = \frac{M_u}{0.95 d_b} = \frac{22 \times 10^5}{0.95 \times 36} \times 10^{-3} = 64.3 \text{ T}$$

$$\phi V_{np} = \phi (0.6 F_y) t_w d_c = 0.9 \times 0.6 \times 2400 \times 1.05 \times 28 \times 10^{-3} \\ = 38.1 \text{ T} < V_{np}$$

نیاز این نیاز به سخت کتده قطری جان می باشد:

$$d_b = 36 \text{ cm}$$

$$d_c = 28 \text{ cm}$$

$$\tan \theta = 36/28 = 1.286 \rightarrow \cos \theta = 0.614$$

$$\phi A_{st} F_{cr} \cos \theta = (64.3 - 38.1) \times 10^3 = 26200 \text{ kg}$$

در عمل برای اثر سخت کتده $F_{cr} = F_y$ ، اگر اینکه طول سخت کتده بطور غیر متعارف زیاد باشد.

$$\text{مورد نیاز } A_{st} = \frac{26200}{0.9 \times 2400 \times 0.614} = 19.76 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use 2 PL } 10 \times 100 \text{ mm } (A_{st} = 20 \text{ cm}^2)$$

$$b/t = 10/1 < 0.56 \sqrt{E/F_y} = 16.17 \text{ O.K.}$$