طراحی سازه‌های فولادی ۱

فصل سوم:
طراحی اعضای کششی

کتاب مرجع: طراحی سازه‌های فولادی به روش حالات حدی؛ جلد پنجم؛ ازهری. م. و همکاران

مقاومت اسمی عضو کششی

تعیین مقاومت اسمی یک عضو کششی بر اساس دو حالت حدی زیر انجام می‌گیرد:

حالت حدی تسلیم مقطع ناخالص

$$P_u \leq \varphi_t P_n = ۰/۹\, F_y A_g$$

حالت حدی گسیختگی مقطع خالص موثر

$$P_u \leq \varphi_t P_n = ۰/۷۵ F_u A_e$$

مقاومت اسمی عضو کششی

حالت حدی تسلیم

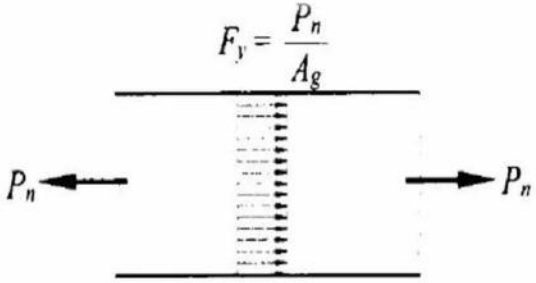
$$P_n = F_y A_g \qquad \varphi_t = ۰/۹$$

P_n : مقاومت اسمی عضو کششی

F_y : مقاومت تسلیم مصالح فولادی

A_g : مساحت مقطع ناخالص عضو کششی

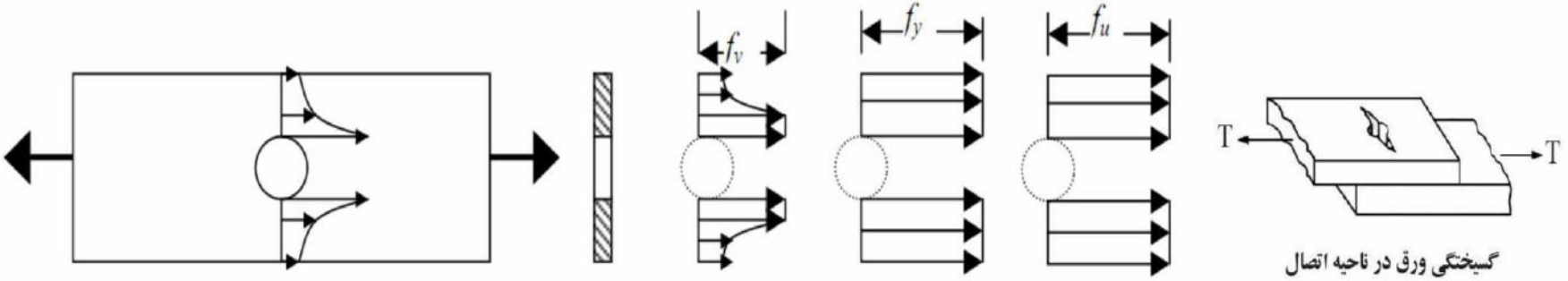
سطح مقطع عمود بر نیروی کششی را سطح مقطع کلی گویند. این سطح مقطع بدون در نظر گرفتن جوش و پیچ محاسبه می‌شود. مساحت های ارائه شده برای تمامی نیم رخ ها در جدول اشتال، بیانگر این پارامتر هستند.



ب) حالت پلاستیک (حالت حدی تسلیم)

مقاومت اسمی عضو کششی

حالت حدی گسیختگی



توزیع تنش کششی در یک عضو دارای سوراخ

steel-insdag.org

P_n : مقاومت اسمی عضو کششی

F_u : مقاومت نهایی مصالح فولادی

A_e : سطح مقطع موثر خالص عضو

A_n : سطح مقطع خالص

U : ضریب تأخیر برش

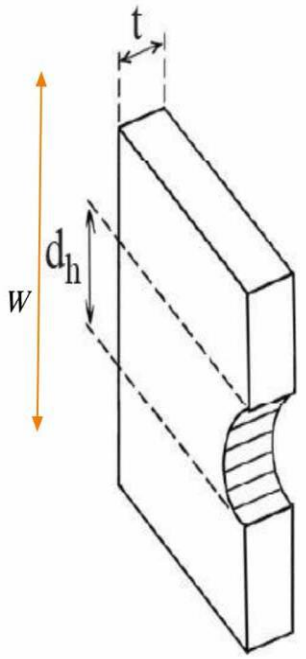
$$P_n = F_u A_e \qquad \varphi_t = ۰/۷۵$$

$$A_e = U A_n$$

مقاومت اسمی عضو کششی

افزایش ۲ میلی متر برای در نظر گرفتن ترکهای ناشی از پانچ یا مته (بند ۱۰-۲-۲-۵ مبحث دهم)

سطح مقطع خالص



$$A_n = [w - n(d_h + 2^{mm})]t$$

$$d_b < 24^{mm} \rightarrow d_h = d_b + 2^{mm}$$

$$d_b \geq 24^{mm} \rightarrow d_h = d_b + 3^{mm}$$

در سوراخ های استاندارد:

(جدول ۱۰-۲-۹-۸ مبحث دهم)

d_h : قطر سوراخ

d_b : قطر پیچ

t : ضخامت ورق

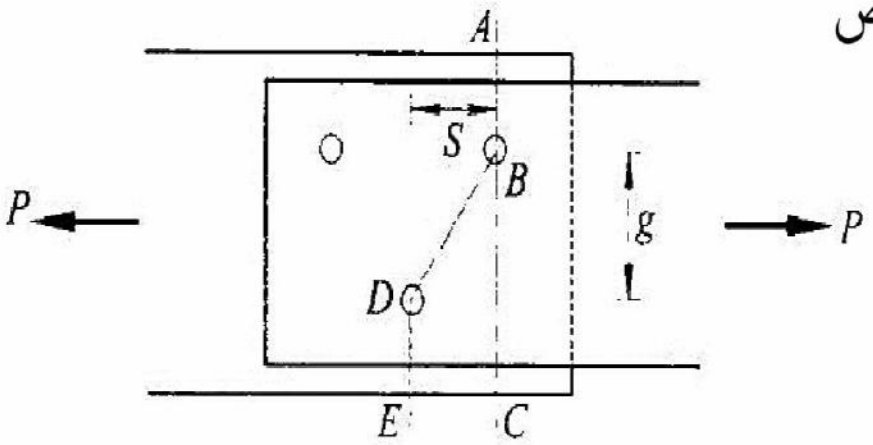
w : عرض ورق

n : تعداد سوراخ

در اتصالات پیچی اعضای کششی: $A_e = A_n \leq ۰/۸۵\, A_g$

مقاومت اسمی عضو کششی

اثر سوراخ‌های زیگزاگ در سطح مقطع خالص



$$A_n = \left[w - n(d_h + 2^{mm}) + \sum_{i=1}^{n_z} \frac{{S_i}^2}{4g_i} \right] t$$

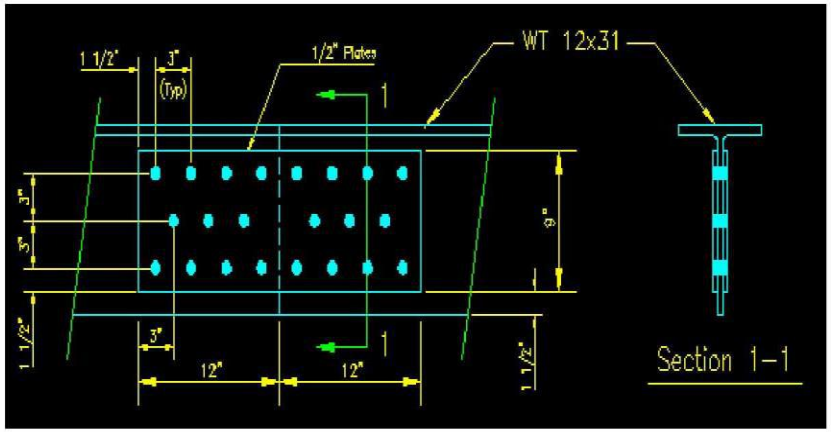
S_i : فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌های دو انتهای هر خط مورب در امتداد نیرو (گام طولی)

g_i : فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌های دو انتهای هر خط مورب عمود بر امتداد نیرو (گام عرضی)

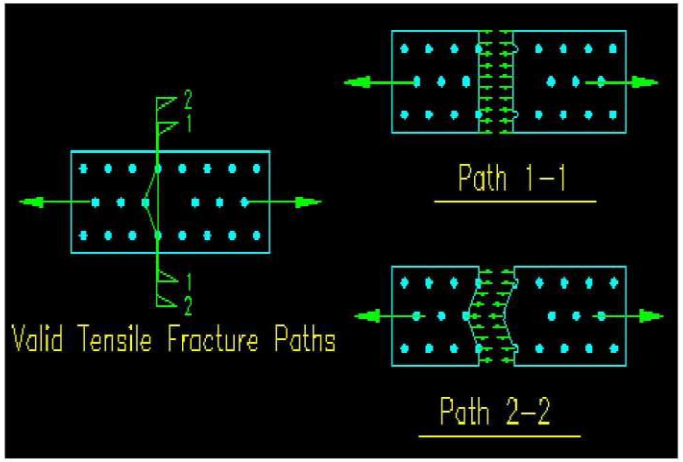
n_z : تعداد خطوط مورب

مقاومت اسمی عضو کششی

مسیر بحرانی



A Beginner's Guide to the Steel Construction Manual

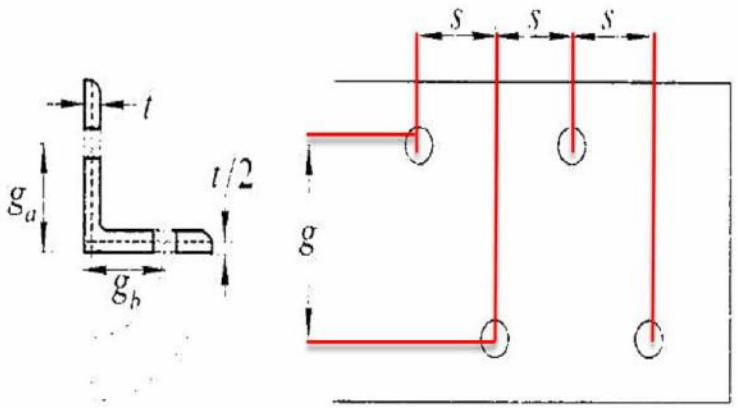


مقطع بحرانی مسیری است که کمترین سطح مقطع اسمی و بیشترین تنش کششی در آن حاصل می‌شود.

$$A_n = \left[w - n(d_h + 2^{mm}) + \sum_{i=1}^{n_z} \frac{{S_i}^2}{4g_i} \right] t$$

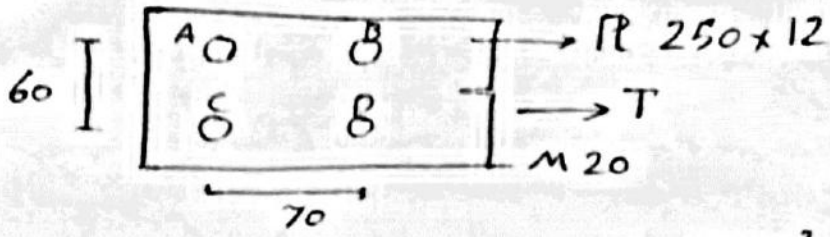
مقاومت اسمی عضو کششی

سطح مقطع خالص در نبشی‌ها



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

$$A_n = A_g - n(d_h + 2^{mm})t + \sum_{i=1}^{n_z} \frac{{S_i}^2}{4g_i} t$$



مساحت کل = $250 \times 12 = 3000\ mm^2 = 30\ cm^2$

قطر سواج $\Rightarrow d_b < 24 \Rightarrow d_h = 20 + 2 = 22\ mm = 2.2\ cm$

میرمستقیم

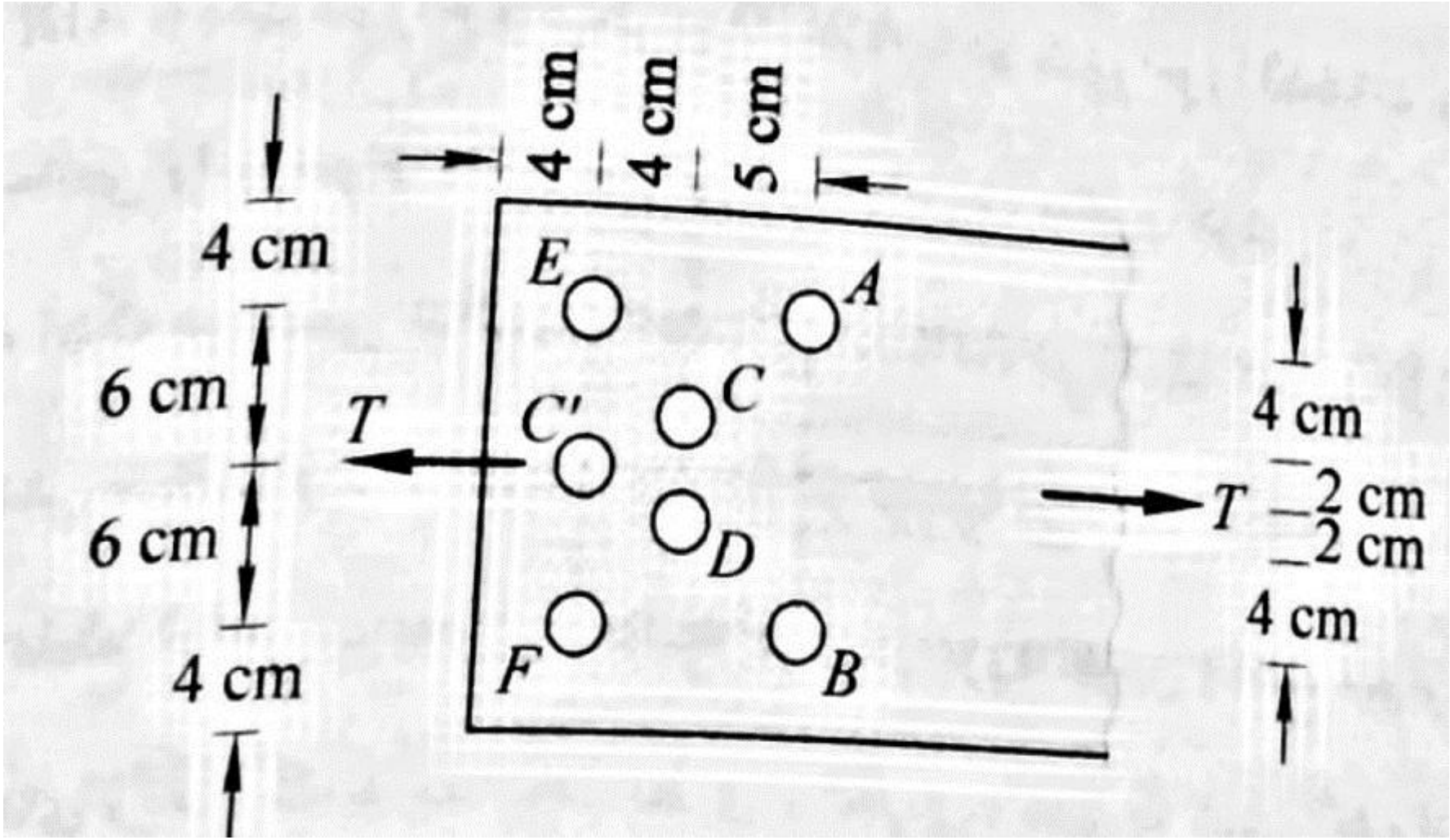
میرشکست $A_C = [25 - 2(2.2 + 0.2)] \times 1.2 = 24.24\ cm^2$

میرغیرمستقیم

میرشکست $A_D = [25 - 2(2.2 + 0.2) + \frac{7^2}{4 \times 8}] \times 1.2 = 26.28\ cm^2$

میر بحرانی کوچک ترین مساحت بدست آمده خواهد بود

میرشکست $A_C = 24.24\ cm^2$


4 cm
4 cm
5 cm
4 cm
6 cm
6 cm
4 cm
T
E
A
C
C'
D
F
B
T
4 cm
2 cm
2 cm
4 cm

سطح کل = $20 \times 1 = 20\ cm^2$

قطر سوراخ ⇒ $d_b < 24 \Rightarrow d_h = 18 + 2 = 20\ mm = 2\ cm$

مسیرهای مستقیم

مسیر ECF ⇒ $A_{net} = [20 - 3(2+0.2)] \times 1 = 13.4\ cm^2$

" CD ⇒ $A = [20 - 2(2+0.2)] \times 1 = 15.6\ cm^2$

" AB ⇒ $A = [20 - 2(2+0.2)] \times 1 = 15.6\ cm^2$

مسیرهای غیرمستقیم

مسیر ECCDF ⇒ $A_{net} = \left[[20 - 5(2+0.2)] + \frac{4^2}{4\times4} + \right.$

$\left. + \frac{4^2}{4\times2} + \frac{4^2}{4\times2} + \frac{4^2}{4\times4}\right] \times 1 = 15\ cm^2$

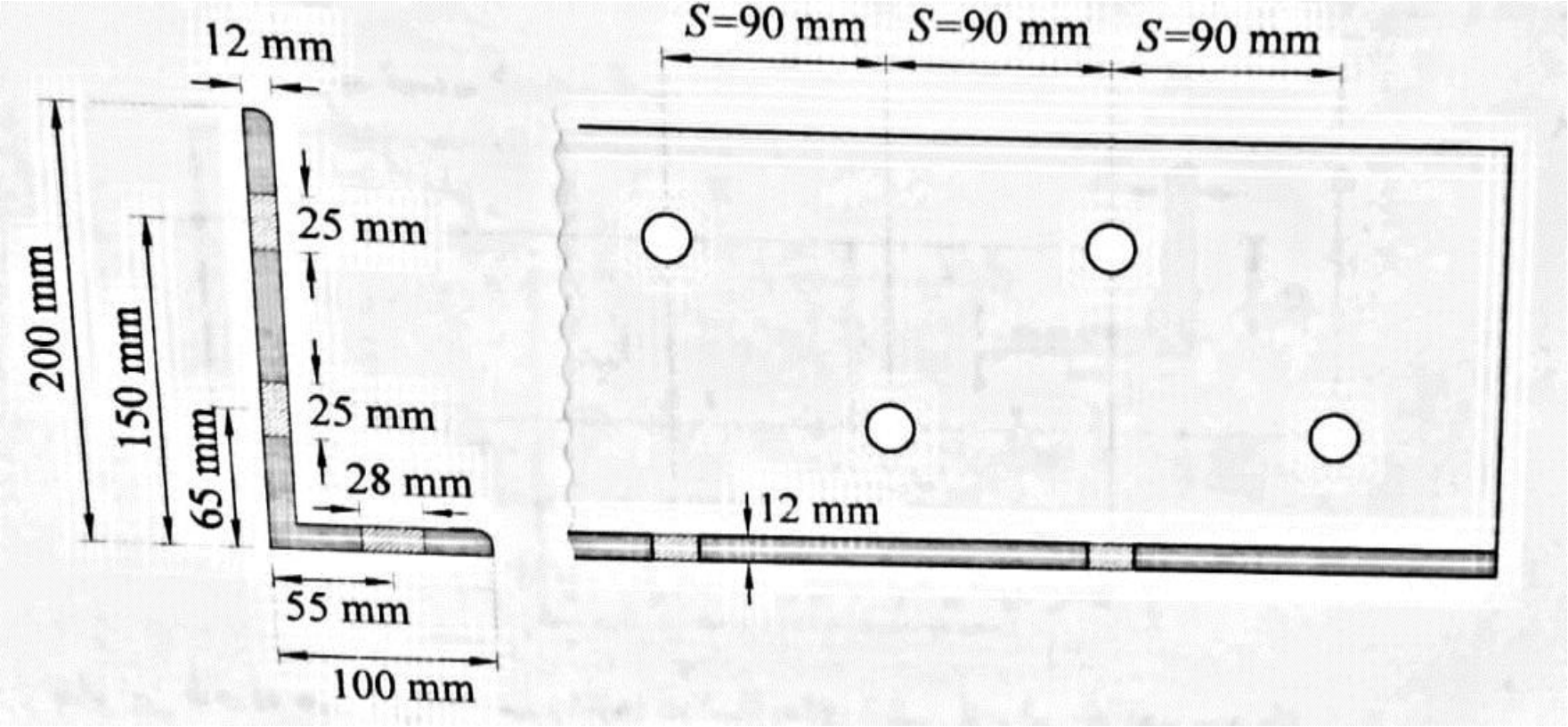
مسیر ECCD ⇒ $A_{net} = \left[20 - 4(2+0.2) + \frac{4^2}{4\times4} + \frac{4^2}{4\times2} + \frac{4^2}{4\times2}\right] \times 1 = 16.2\ cm^2$

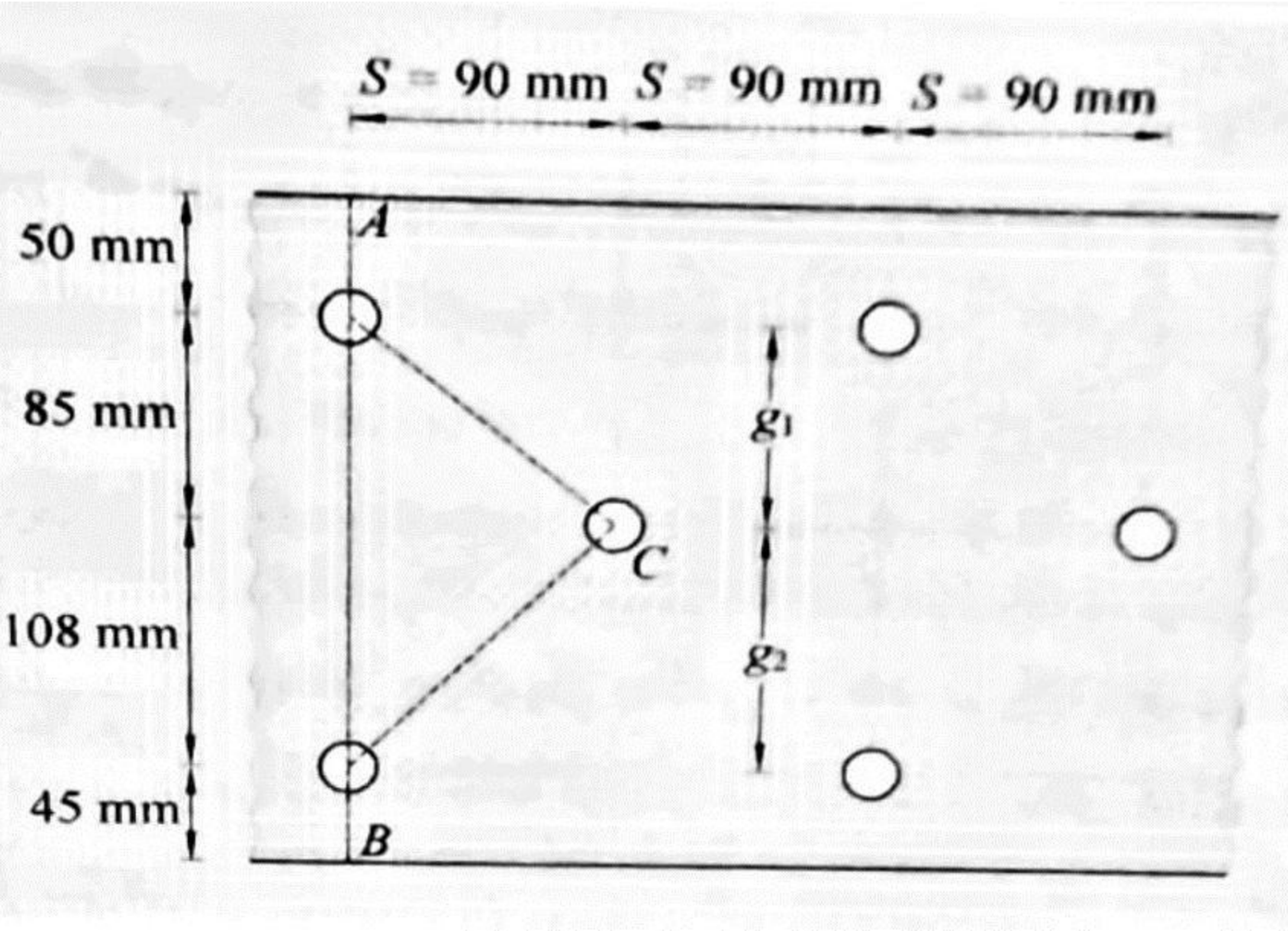
مسیر ECDB ⇒ $A_{net} = \left[20 - 4(2+0.2) + \frac{4^2}{4\times4} + \frac{4^2}{4\times4}\right] \times 1 = 13.2\ cm^2$

مسیر ECD ⇒ $A_{net} = \left[20 - 3(2+0.2) + \frac{4^2}{4\times4}\right] \times 1 = 14.4\ cm^2$

مسیر بحرانی کوچک ترین سطح خالص بود که برابر است با:

مسیر ECDB $= 13.2\ cm^2$


12 mm
200 mm
150 mm
65 mm
25 mm
25 mm
28 mm
55 mm
100 mm
S=90 mm
S=90 mm
S=90 mm
12 mm


S = 90 mm
S = 90 mm
S = 90 mm
50 mm
85 mm
108 mm
45 mm
A
B
C
g1
g2

L 200×100×12

از جدول اشتال ⇐ مساحت کل ⇒ 34.8 cm²

ضخامت ⇒ 12 mm ⇒ 1.2 cm

قطر سوراخ ⇒ $d_b > 24$ ⇒ $d_h = 25 + 3 = 28\ mm = 2.8\ cm$

میلگت مستقیم

با این کار با به فاصله دو سوراخ روی دو بال نبشی را به دست بیاوریم

$g_1 = 8.5\ cm$

$g_2 = g_a + g_b - t = 6.5 + 5.5 - 1.2 = 10.8\ cm$

g_2 فاصله سوراخ ها در دو بال نبشی

AB میلگت ⇒ $34.8 - 2(2.8+0.2)\times 1.2 = 27.6\ cm^2$

میلگت غیرمستقیم

ACB ⇒ $34.8 - 3(2.8+0.2)\times 1.2 + \frac{g^2}{4\times 8.5} + \frac{g^2}{4\times 10.8}$

$= 28.25\ cm^2$

میلگرانی کوچکترین مساحت به دست آمده

$AB = 27.6\ cm^2$

محاسبه ظرفیت کششی

مقاومت اسمی عضو کششی

تعیین مقاومت اسمی یک عضو کششی بر اساس دو حالت حدی زیر انجام می‌گیرد:

حالت حدی تسلیم مقطع ناخالص

$$P_u \leq \varphi_t P_n = ۰/۹\, F_y A_g$$

حالت حدی گسیختگی مقطع خالص موثر

$$P_u \leq \varphi_t P_n = ۰/۷۵ F_u A_e$$

- در مثال اول :

- Anet=24.24 cm2
- T_1=0.9 *F_y * A_g = 0.9*2400*30=52358.4 kg
- Ae= U*Anet= 1* 24,24=24.24 cm2
- T_2=0.75 F_u *A_e =0.75*3700*(1*24.24)=67266 kg

ظرفیت کششی ورق اتصال برابراست با:

- Min T1,T2= 52358 Kg

- در مثال دوم :

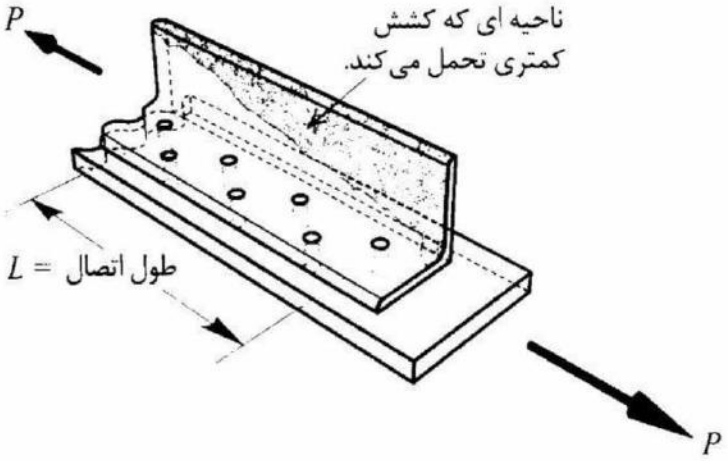
- Anet=13.2 cm2
- T_1=0.9 *F_y * A_g = 0.9*2400*20=43200 kg
- Ae= U*Anet= 1* 20=20 cm2
- T_2=0.75 F_u *A_e =0.75*3700*(1 * 20)= 55500 kg

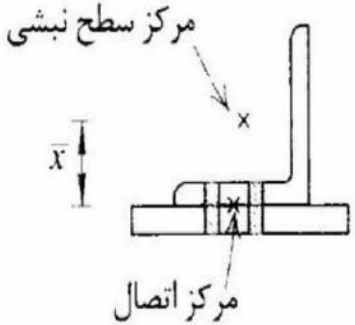
ظرفیت کششی ورق اتصال برابراست با:

- Min T1,T2= 43200 Kg

مقاومت اسمی عضو کششی

ضریب تأخیر برش





$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$$

$\bar{x}$: میزان خروج از مرکزیت

L : طول اتصال، فاصله بین اولین و آخرین پیچ یا طول جوش اجرا شده

- در مثال سوم :
- طول اتصال 75 سانتی متر

- Anet=27.6 cm2
- $T_1=0.9 * F_y * A_g = 0.9*2400*34.8=75168$ kg
- $T_2=0.75\ F_u * A_e =0.75*3700*(0.972* 27.6)=$ 74445 kg
- U=1- (X/L)=1-(2.10/75) = 0.972
  - مقدار X خروج از محوریت نبشی از جدول اشتایل 2.10

ظرفیت کششی ورق اتصال برابراست با:

- Min T1,T2= 74445 Kg

ضوابط طراحی حالات حدی

کنترل لاغری

جهت جلوگیری از انعطاف‌پذیری زیاد عضو کششی در هنگام نصب و بهره‌برداری

$$\frac{L}{r_{min}} \leq ۳۰۰$$

L : طول عضو

r_{min} : شعاع ژیراسیون حداقل عضو کششی

طول مهار نشده

- r_x =6.43 cm
- r_y =2.67 cm
- r_{min}=2.67 cm

- L« 2.67*300 =801cm