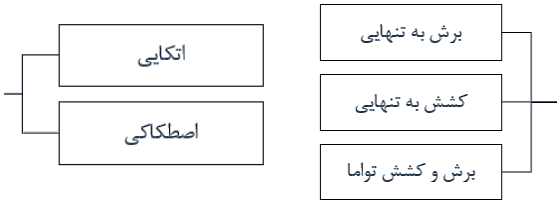
خلاصه روابط و گام‌های حل:

گام‌های کلی

۱- محدودیت‌های ابعادی

۲- مقاومت اتصال پیچی

۲-۱-مقاومت پیچ براساس نوع پیچ و نیروی وارده



۲-۲-مقاومت اتکایی جدار سوراخ

۲-۳-مقاومت گسیختگی قالبی

۱) محدودیت‌های ابعادی

۱-۱-فواصل سوراخ‌ها از یکدیگر(S)

$$3d_b \le S \le \begin{cases} \min\{24t, 30\ cm\} & \text{تحت اثر خوردگی کم و متوسط} \\ or & \\ \min\{14t, 20\ cm\} & \text{تحت اثر خوردگی شدید} \end{cases}$$

۱-۲-فواصل سوراخ‌ها از لبه آزاد(L_e)

$$L_e \le \begin{cases} \min\{12t, 15\ cm\} & \text{تحت اثر خوردگی کم و متوسط} \\ or & \\ \min\{8t, 12.5\ cm\} & \text{تحت اثر خوردگی شدید} \end{cases}$$

$$\left.\begin{array}{ll} 2d_b + C & \text{لبه بریده شده با قیچی (گیوتین)} \\ or & \\ 1.75d_b + C & \text{سایر حالات} \end{array}\right\} \le L_e$$

سوراخ استاندارد	سوراخ بزرگ شده	سوراخ لوبیایی		
		عمود برامتداد لبه		موازی لبه
		لوبیایی کوتاه	لوبیایی بلند	
C = 0 mm	C = 3 mm	C = 5 mm	C = 0.75 d	C = 0 mm

۲) مقاومت اتصال پیچی

۲-۱- مقاومت پیچ براساس نوع پیچ و نیروی وارده

الف) اتصال اتکایی

الف-۱) ظرفیت برشی به تنهایی

$$R_{uv} \le \phi R_{nv} \rightarrow \begin{cases} \phi_v = 0.75 \\ R_{nv} = F_{nv}.A_b \end{cases}$$

$$F_{nv} = \begin{cases} \text{پیچ معمولی} & 0.45F_u \\ \text{پیچ پرمقاومت} & \begin{cases} \text{سطح برش داخل ناحیه دنده شده} & 0.45F_u \\ \text{سطح برش خارج ناحیه دنده شده} & 0.55F_u \end{cases} \end{cases}$$

- مقاومت برشی پیچ دو برشه دو برابر در نظر گرفته می‌شود.

الف-۲) ظرفیت کششی به تنهایی

$$R_{ut} \le \phi R_{nt} \rightarrow \begin{cases} \phi_t = 0.75 \\ R_{nt} = F_{nt}.A_b \ ; \ F_{nt} = 0.75F_u \end{cases}$$

الف-۳) ظرفیت برشی و کششی تواما

$$F'_{nt} = F_{nt}\left[1.3 - \frac{f_{uv}}{\phi_v F_{nv}}\right] \le F_{nt} \quad \text{مقاومت کششی}$$

$$F'_{nv} = F_{nv}\left[1.3 - \frac{f_{ut}}{\phi_t F_{nt}}\right] \le F_{nv} \quad \text{مقاومت برشی}$$

یا

$$\begin{cases} \dfrac{f_{uv}}{\phi F_{nv}} + \dfrac{f_{ut}}{\phi F_{nt}} \le 1.3 \\ \dfrac{f_{uv}}{\phi F_{nv}} \le 1 \\ \dfrac{f_{ut}}{\phi F_{nt}} \le 1 \end{cases}$$

f_{uv} تنش برشی موجود

f_{ut} تنش کششی موجود

ب) اتصال اصطکاکی

الف-۱) ظرفیت برشی به تنهایی

$$R_{uv} \le \phi R_{nv} ; \phi_v = \begin{cases} 1 & \text{سوراخ استاندارد، لوبیایی کوتاه عمود بر راستای نیرو} \\ 0.85 & \text{سوراخ بزرگ شده، لوبیایی کوتاه موازی بر راستای نیرو} \\ 0.7 & \text{سوراخ لوبیایی بلند} \end{cases}$$

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

μ ضریب اصطکاک

D_u نسبت پیش تنیدگی متوسط ($D_u = 1.13$)

h_f ضریب کاهش به علت ورق‌های پرکننده

T_b حداقل نیروی پیش تنیدگی ($T_b = 0.55 F_u A_b$)

n_s تعداد صفحات لغزش

$$\mu = \begin{cases} 0.3 & \text{کلاس A} \\ 0.5 & \text{کلاس B} \end{cases}$$

$$h_f = \begin{cases} 1 & \text{بدون ورق پرکننده یا یک ورق پرکننده} \\ 0.85 & \text{دو یا تعداد بیشتر ورق پرکننده} \end{cases}$$

الف-۲) ظرفیت کششی به تنهایی

$$R_{ut} \le \phi R_{nt} \rightarrow \begin{cases} \phi_t = 0.75 \\ R_{nt} = F_{nt} . A_b \ ; \ F_{nt} = 0.75 F_u \end{cases}$$

الف-۳) ظرفیت برشی و کششی تواما

$R_{ut} \le \phi_t R_{nt}$ مقاومت کششی (بدون تغییر)

$R_{uv} \le \phi_v R'_{nv}$ مقاومت برشی

$$R'_{nv} = K_{sc} (\mu D_u h_f T_b n_s)$$

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

T_u نیروی کششی موجود

n_b تعداد پیچ‌های تحت کشش

۲-۲-مقاومت اتکایی جدار سوراخ

$$R_u \le \phi R_n , \phi = 0.75$$

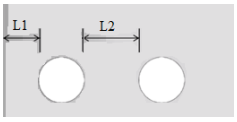
سوراخ لوبیایی بلند امتداد عمود بر نیرو $R_n = \min \{ L_c t F_u , 2 d_b t F_u \}$

سایر حالات $R_n = \min \{ 1.2 L_c t F_u , 2.4 d_b t F_u \}$

F_u تنش کششی نهایی ورق اتصال

L_c فاصله خالص لبه سوراخ ها در امتداد نیرو و یا فاصله ی بین لبه سوراخ تا لبه آزاد

$L_c = \min \{ L_1 , L_2 \}$



۳-۲-۳-مقاومت گسیختگی قالبی

$P_u < \varphi_t R_n , \ \varphi_t = 0.75$

$$R_n = U_{bs} F_u A_{nt} + 0.6 \min \begin{cases} F_u A_{nv} \\ F_y A_{gv} \end{cases}$$

A_{gv} سطح مقطع کلی تحت برش

A_{nv} سطح مقطع خالص تحت برش

A_{nt} سطح مقطع خالص تحت کشش

U_{bs} ضریب توزیع تنش (اگر تعداد ردیف‌های پیچ‌های اتصال بیش از یک ردیف باشد و نیروی وارده به آن‌ها متفاوت باشد، مقدار آن برابر ۰/۵ خواهد بود)

گروه پیچ تحت برش و پیچش:

۱) تعیین مشخصات هندسی گروه پیچ

$$J = \sum A_i (x_i^2 + y_i^2)$$

۲) انتقال نیروها و لنگرهای وارد بر صفحه اتصال به مرکز سطح گروه پیچ‌ها

۳) تعیین تنش‌های ناشی از برش در جهات افقی و قائم

$$f_{vx} = \frac{V_x}{n A_b} , f_{vy} = \frac{V_y}{n A_b}$$

۴) تعیین تنش‌های ناشی از پیچش در جهات افقی و قائم

$$f_{Tx} = \frac{T . y_i}{J} , f_{Ty} = \frac{T . x_i}{J}$$

۵) تعیین تنش حداکثر بصورت برداری

$$f_r = \sqrt{(f_{vx} + f_{Tx})^2 + (f_{vy} + f_{Ty})^2}$$

۶) مقایسه تنش برشی موجود با مقاومت برشی پیچ

گروه پیچ تحت برش و خمش:

الف)اتصال اتکایی

۱) تعیین مشخصات هندسی گروه پیچ

$$\frac{by^2}{2} = \sum A_{bi}(S_i - y)$$

$$I = \frac{by^3}{3} + \sum A_{bi}(S_i - y)^2$$

۲) انتقال نیروها و لنگرهای وارد بر صفحه اتصال به مرکز سطح گروه پیچ ها

۳) تعیین تنش ناشی از برش $f_v = \frac{V}{nA_b}$

۴) تعیین تنش کششی ناشی از خمش $f_t = \frac{M.d}{I}$

۵) کنترل پیچ ها براساس رابطه اندرکنش برش و کشش

$$f_t \le \phi F'_{nt} = \varphi F_{nt}\left[1.3 - \frac{f_{uv}}{\phi F_{nv}}\right] \le F_{nt}$$

$$f_v \le \phi F'_{nv} = \varphi F_{nv}\left[1.3 - \frac{f_{ut}}{\phi F_{nt}}\right] \le F_{nv}$$

ب)اتصال اصطکاکی

۱) تعیین مشخصات هندسی گروه پیچ

$$I = \sum A_{bi} y_i^2$$

۲) انتقال نیروها و لنگرهای وارد بر صفحه اتصال به مرکز سطح گروه پیچ ها

۳) تعیین تنش ناشی از برش $f_v = \frac{V}{nA_b}$

۴) تعیین تنش کششی ناشی از خمش $f_t = \frac{M.d}{I}$

۵) کنترل پیچ ها براساس رابطه اندرکنش برش و کشش

$$R_{ut} \le \phi R_{nt} \quad R_{uv} \le \phi R'_{nv}$$

$$R'_{nv} = K_{sc}(\mu D_u h_f T_b n_s)$$

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

۶) کنترل عدم جدا شدن ورق ها

تنش خمشی کششی باید از تنش تماسی فشاری کمتر باشد.

$$\frac{\sum T_{bi}}{bd} \ge \frac{6M}{bd^2}$$

* نکته: برای تخمین تعداد پیچ لازم در اتصالات تحت برش و خمش (یا پیچش) میتوان از رابطه زیر استفاده کرد: در این رابطه تعداد پیچ لازم در یک ستون به دست می آید.

$$n_1 = \sqrt{\frac{6M}{m\varphi R_n \rho}}$$

- ✓ M لنگر خمشی (یا پیچشی)
- ✓ n تعداد پیچ های مورد نیاز در یک ستون پیچ برای لنگر به تنهایی
- ✓ m تعداد ستون پیچ ها
- ✓ R ظرفیت نهایی کششی (یا برشی) یک پیچ
- ✓ ρ فاصله پیچ ها

اگر این رابطه برای لنگر خمشی به کار گرفته شود R ظرفیت کششی پیچ و برای لنگر پیچشی R ظرفیت برشی است.

$$n_2 = \frac{P_u}{m \times \varphi R_{nv}}$$

$$n = \sqrt{n_1^2 + n_2^2}$$

پس از مشخص کردن تعداد پیچ لازم با گام های مطرح شده در قسمت های قبلی گروه پیچ کنترل می‌شوند.

پیوست

جدول ۱۰-۲-۹-۶ مشخصات پیچ‌های تولید یا موجود در ایران

نوع پیچ	نام استاندارد		تنش تسلیم مصالح پیچ (F_y)	تنش کششی نهایی مصالح پیچ (F_u)
	ASTM	ISO		
پیچ‌های معمولی	A۳۰۷	-	۲۴۰ MPa	۴۰۰ MPa
	-	۴.۶	۲۴۰ MPa	۴۰۰ MPa
	-	۴.۸	۳۲۰ MPa	۴۲۰ MPa
	-	۵.۶	۳۰۰ MPa	۵۰۰ MPa
	-	۵.۸	۴۰۰ MPa	۵۲۰ MPa
	-	۶.۸	۴۸۰ MPa	۶۰۰ MPa
پیچ‌های پرمقاومت	A۳۲۵ d ≤۲۴mm	-	-	۸۰۰ MPa
	A۳۲۵ d >۲۴mm	-	-	۷۲۵ MPa
	A۴۹۰	-	-	۱۰۰۰ MPa
		۸.۸	-	۸۰۰ MPa
		۱۰.۹	-	۱۰۰۰ MPa
		۱۲.۹	-	۱۲۰۰ MPa

جدول ۱۰-۲-۹-۷ حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در اتصالات اصطکاکی (T_b)

قطر اسمی پیچ (بر حسب میلی‌متر)	پیچ‌های نوع A۳۲۵	پیچ‌های نوع A۴۹۰
M۱۶	۹۱ kN	۱۱۴ kN
M۲۰	۱۴۲ kN	۱۷۹ kN
M۲۲	۱۷۶ kN	۲۲۱ kN
M۲۴	۲۰۵ kN	۲۵۷ kN
M۲۷	۲۶۷ kN	۳۳۴ kN
M۳۰	۳۲۶ kN	۴۰۸ kN
M۳۶	۴۷۵kN	۵۹۵ kN

جدول ۱۰-۲-۹-۸ ابعاد اسمی سوراخ پیچ بر حسب میلی‌متر

قطر پیچ (mm)	ابعاد اسمی سوراخ (mm)			
	سوراخ استاندارد	سوراخ بزرگ‌شده	سوراخ لوبیایی کوتاه (طول×عرض)	سوراخ لوبیایی بلند (طول×عرض)
M۱۶	۱۸	۲۰	۱۸×۲۲	۱۸×۴۰
M۲۰	۲۲	۲۴	۲۲×۲۶	۲۲×۵۰
M۲۲	۲۴	۲۸	۲۴×۳۰	۲۴×۵۵
M۲۴	۲۷	۳۰	۲۷×۳۲	۲۷×۶۰
M۲۷	۳۰	۳۵	۳۰×۳۷	۳۰×۶۷
M۳۰	۳۳	۳۸	۳۳×۴۰	۳۳×۷۵
≥M۳۶	d+۳	d+۸	(d+۳) × (d+۱۰)	(d+۳)×۲/۵ d