

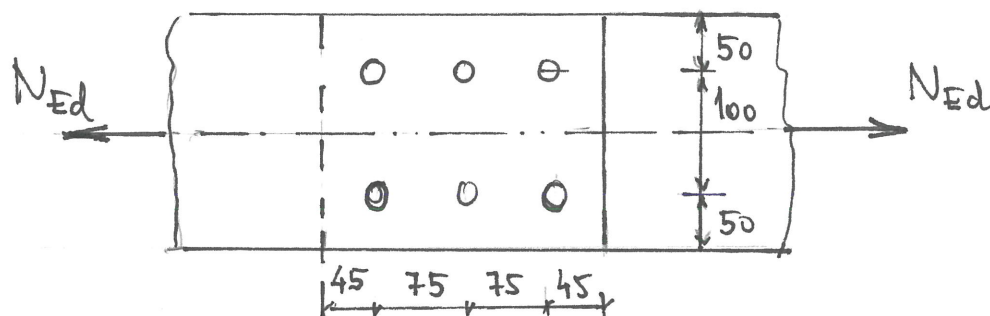
## Húzott elemek csavarozott kapcsolatai

1.pl. Ellenőrizzük a két 200x12 keresztmetszetű lemez csavarozott illesztését

$N_{Ed} = 450 \text{ kN}$  erőre !

Alapanyag: S235;  $f_y = 235 \text{ MPa}$  ;  $f_u = 360 \text{ MPa}$

Csavarok: M24 8.8,  $d_0 = 16 \text{ mm}$



A keresztmetszet húzási ellenállása:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{200 \cdot 12 \cdot 235}{1} = 564 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1776 \cdot 360}{1,25} = 460,34 \text{ kN}$$

A húzási ellenállás tervezési értéke:

$$N_{t,Rd} = 460,34 \text{ kN}$$

A csavarok tervezési ellenállása:

A nyírási ellenállás:

Ha a nyírt felület a csavarment nélküli részén halad át ( $\alpha_v = 0,6$ ), a nyírási ellenállás:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot \frac{24^2 \pi}{4}}{1,25} = 173,72 \text{ kN}$$

A palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$k_1$  számítása:

- erő irányára merőlegesen szélő csavar

$$k_1 = \min \left[ \begin{array}{l} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{50}{26} - 1,7 = 3,68 \\ 2,5 \end{array} \right] \rightarrow k_1 = 2,5$$

### ~~α<sub>b</sub> számítása:~~

- erő irányára merőlegesen közbenső csavar a kapcsolat ilyen csavart nem tartalmaz!

### α<sub>b</sub> számítása:

- erő irányában szélső csavar

$$\alpha_b = \min \left[ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{45}{3 \cdot 26} = 0,58 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{80}{36} = 2,22 \\ 1 \end{array} \right] \rightarrow \alpha_b = 0,58$$

- erő irányában közbenső csavar

$$\alpha_b = \min \left[ \begin{array}{l} \frac{p_1}{3 \cdot d_0} = \frac{45}{3 \cdot 26} = 0,58 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{80}{36} = 2,22 \\ 1 \end{array} \right] \rightarrow \alpha_b = 0,71$$

### A palástnyomási ellenállás:

- erő irányában, szélső csavar

$$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,58 \cdot 36 \cdot 2,4 \cdot 1,2}{1,25} = 120,27 \text{ kN}$$

- erő irányában, közbenső csavar

$$F_{b,Rd,2} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,71 \cdot 36 \cdot 2,4 \cdot 1,2}{1,25} = 147,22 \text{ kN}$$

Mind a hat csavar esetén a palástnyomási ellenállás a mértékadó.

### A kapcsolat ellenállása:

Mivel az  $F_{V,Rd}$  nyírási ellenállás minden esetben nagyobb a csavar  $F_{b,Rd,i}$  palástnyomási ellenállásánál, így a kapcsolat ellenállását a palástnyomási ellenállások összegzéséből kapjuk. A palástnyomási ellenállás szempontjából 4 db szélső és 2 db közbenső csavart tartalmaz a kapcsolat, melyek összegezve.

$$\sum F_{b,Rd} = 4 \cdot F_{b,Rd,1} + 2 \cdot F_{b,Rd,2} = 4 \cdot 120,27 + 2 \cdot 147,22 = 775,52 \text{ kN}$$

Ellenőrzés

$$N_{Ed} 450 \text{ kN} < \sum F_{b,Rd} = 775,52 \text{ kN} \rightarrow \text{A kapcsolat megfelel.}$$

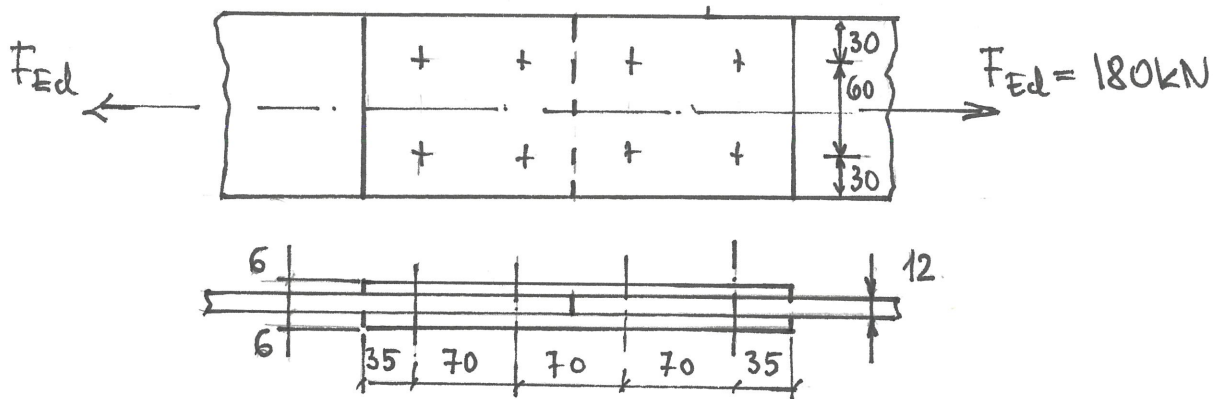
### Megjegyzés:

- Könnyen belátható, hogy a kapcsolat 4 csavarral is megfelelne:

$$\sum F_{b,Rd} = 4 \cdot F_{b,Rd,1} = 481,08 \text{ kN} > N_{Ed} = 450 \text{ kN}$$

- A fentebb leírt kapcsolat ellenőrzése során a csavarok tervezési ellenállásánál a palástnyomási ellenállás volt a mértékadó. Előfordulhat, hogy egy kapcsolaton belül bizonyos csavarokra a palástnyomási-, másokra a nyírási ellenállás a mértékadó.
- A biztonság javára tett közelítésként a kapcsolat palástnyomási ellenállása a csavar legkisebb palástnyomási ellenállásából is számítható.

2. pl. Ellenőrizze a csavarozott kapcsolatot!



Teljes keresztmetszet képlékeny terv ellenállása:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{120 \cdot 12 \cdot 235}{1} = 338,4 \text{ kN}$$

A csavarlyukkal gyengített szelvény:

$$N_{u,Rd} = 0,9 \cdot \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{12(120 - 2 \cdot 18) \cdot 360}{1,25} = 261,3 \text{ kN}$$

A csavarok tervezési ellenállása:

Nyírási ellenállás:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 157}{1,25} = 77,2 \text{ kN}$$

ha meneten nyírt

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 157}{1,25} = 60,3 \text{ kN}$$

palástnyomási ellenállás

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,648 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 12}{1,25} = 89,61 \text{ kN}$$

$$\frac{e_1}{3d_0} = 0,648$$

A szükséges csavarszám:

$$n = \frac{180}{60,3} = 2,98$$

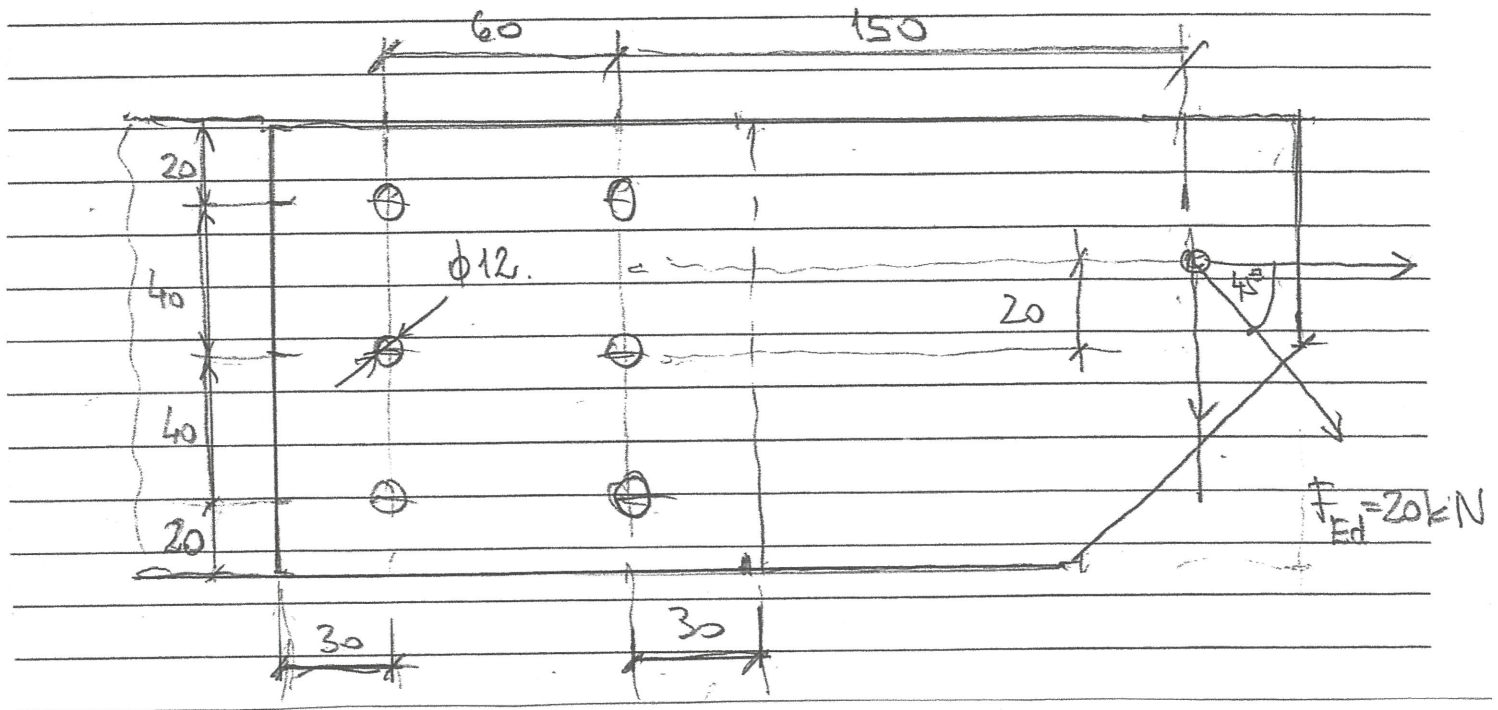
$n = 4$  db megfelelő!

### Hajlított és nyírt csavarozott kapcsolat

3. pl. Ellenőrizze a csavarozott kapcsolatot!

Alapanyag: S235;  $f_y = 235$  MPa

Csavarl.: 4.6;  $f_{yb} = 240$  N/mm<sup>2</sup>;  $f_{ub} = 400$  N/mm<sup>2</sup>



A csavarok súlypontjába redukáljuk a terhet.

$$N = 14,14 \text{ kN}$$

$$V = 14,14 \text{ kN}$$

$$M = 14,14 (20 + 180) = 2828,4 \text{ Nm}$$

$$\sum r_i^2 = 2 \cdot 3^2 + 4(3^2 + 4^2) = 118 \text{ cm}^2$$

$$X = \frac{M}{\sum r_i^2} \cdot y_{MAX} = \frac{2828,4}{118} \cdot 400 = 9588 \text{ N}$$

$$Y = \frac{M}{\sum r_i^2} \cdot X_{MAX} = 7191 \text{ N}$$

$$\frac{14140}{6} = 2356,6 \text{ N}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{(9588 + 2356)^2 + (7191 + 2356)^2} = 15,29 \text{ kN}$$

Nyírási ellenállás:

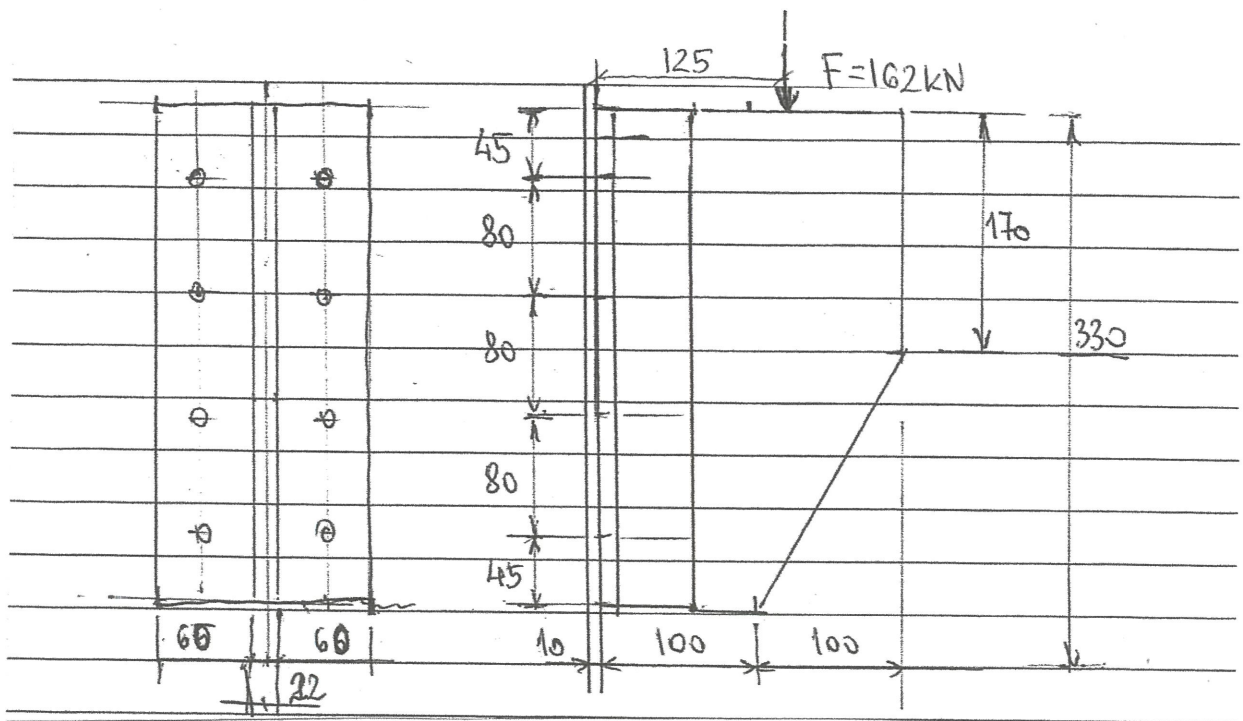
$$F_{b,Rd} = 0,6 \cdot 2 \cdot \frac{400 \cdot 113}{1,25} = 43,43 \text{ kN}$$

Palást nyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,83 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 10}{1,25} = 71,7 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} < F_{b,Rd}$$

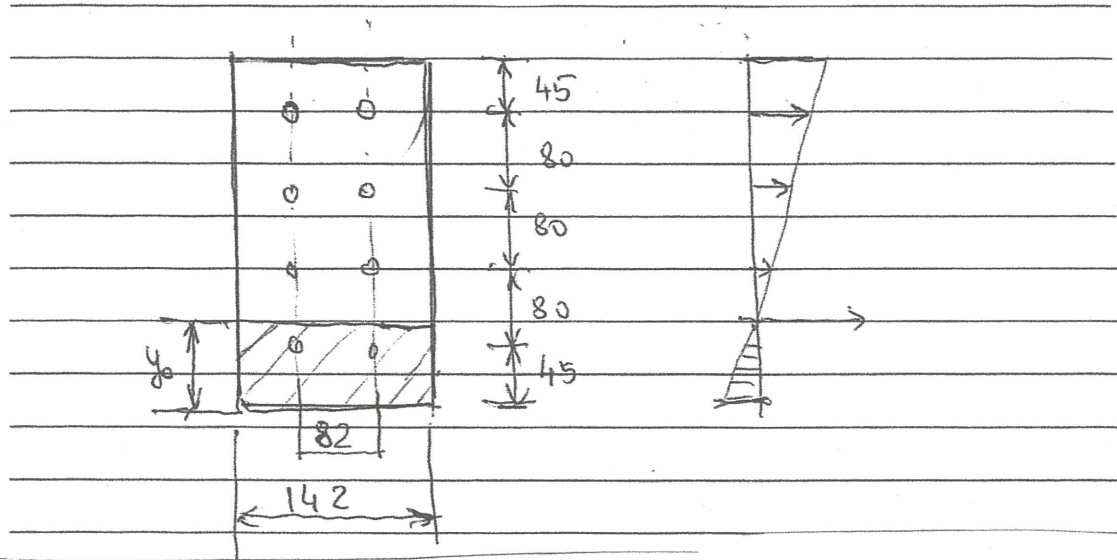
4. pl. Merőleges bekötésű csavarozott kapcsolat.



Csavarok: M20

A csavarokat terhelő nyomaték:

$$M = 162 \cdot 12,5 = 2025 \text{ kNcm} = 20,25 \text{ kNm.}$$



$$\frac{14,2 \cdot y_0^2}{2} + \sum_{i=1}^3 2 \cdot 2,45 (\eta_i - y_0) = 0$$

$$-7,1 \cdot y_0^2 - 14,7 \cdot y_0 + 4,9(12,5 + 20,5 + 28,5) = 0$$

$$y_0^2 + 2,07 y_0 - 42,44 = 0$$

$$y_0 = \frac{-2,07 \pm \sqrt{4,28 + 169,7}}{2} = 5,56 \text{ cm}$$

$$I = \frac{14,2 \cdot 5,56^3}{3} + 2 \cdot 2,45(6,94^2 + 14,94^2 + 22,94^2) = 813,5 + 3908,32 = 4721,8 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{M_{MAX}}{I} \cdot y_{MAX} = \frac{2025}{4721,8} \cdot 22,94 = 9,83 \text{ kN/cm}^2$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M_2}} = \frac{0,9 \cdot 400 \cdot 245}{1,25} = 88,2 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{0,9 \cdot f_{ub}}{\gamma_{M_2}} = 288 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > 98,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{MAX}^{(-)} = \frac{2025}{4721,8} \cdot 5,56 = 2,38 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 23,8 \text{ N/mm}^2$$

Megengedhető, hogy a semleges tengely az alsó furatok közepén vegyük fel.

$$F_{MAX} = \frac{M}{\sum r_i^2} \cdot y_{MAX} = \frac{2025}{1796} \cdot 24 = 27,12 \text{ kN} < 88,2 \text{ kN}$$

$$\sum r_i^2 = 2(8^2 + 16^2 + 24^2) = 1796 \text{ cm}^2$$