

5-6.GYAKORLAT

Nyomott oszlopok számítása

1. Külpontosan nyomott oszlop (kiskülpontos nyomás)

1.1

Ellenőrzés a normálerő tervezési értékéhez tartozó határkülpontosságra

1.1.1. Kiindulási adatok

Anyagminőségek: B500; C20/25

$$N_{Ed} = 1500kN ; M_{Ed} = 85kNm$$

Betontakarás: $c_{nom} = 20,0mm$

$$b = 300mm; h = 400mm$$

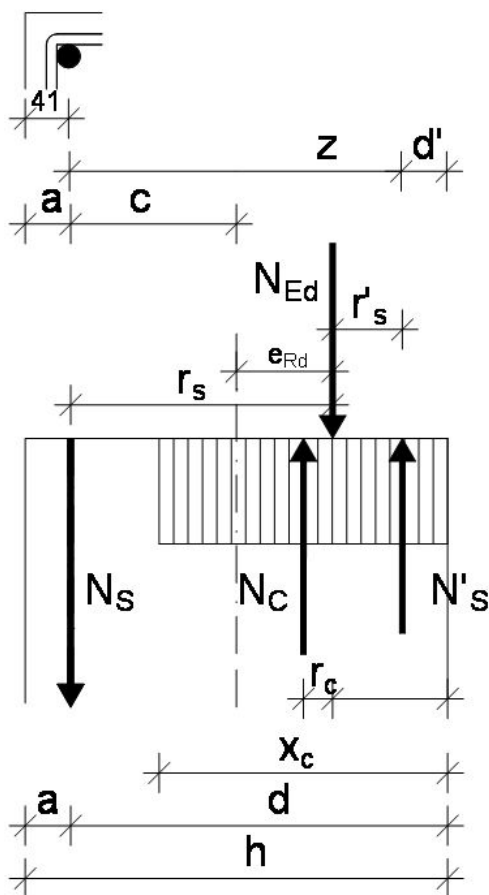
$$f_{ck} = 20 N/mm^2 ; f_{yk} = 500 N/mm^2$$

$$l_0 = 3000mm$$

1.1.2. Anyagjellemzők számítása

A beton nyomószilárdságának tervezési értéke: $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20 N/mm^2}{1,5} = 13,33 N/mm^2$

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke: $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500 N/mm^2}{1,15} = 434,8 N/mm^2$



$$a = 20mm + 10mm + \frac{22mm}{2} = 41mm$$

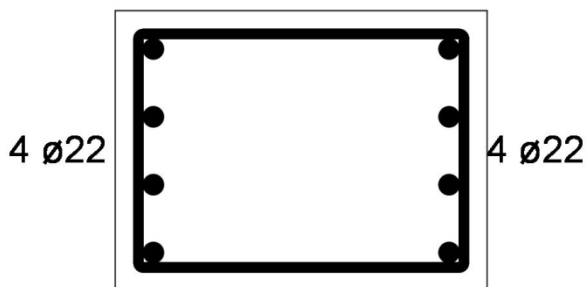
$$d = h - a = 400mm - 41mm = 359mm$$

$$d' = 41mm$$

$$z = d - d' = 359mm - 41mm = 318mm$$

$$c = \frac{z}{2} = \frac{318mm}{2} = 159mm$$

$$A_s = A'_s = 1520,53mm^2$$





1.1.3. Külpontosság számítása

$$\text{Kezdeti külpontosság: } e_e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{85 \cdot 10^9 \text{ Nmm}}{1500 \cdot 10^3 \text{ N}} = 56,7 \text{ mm}$$

Külpontosságnövekmények (közelítő képlet alapján: kezdeti görbeség + másodrendű hatás)

$$e_i + e_2 = 0,05d + \frac{l_0}{400} + 0,05 \left(\frac{l_0}{10d} \right)^2 d = 0,05 \cdot 359 \text{ mm} + \frac{3000 \text{ mm}}{400} + 0,05 \left(\frac{3000 \text{ mm}}{10 \cdot 359 \text{ mm}} \right)^2 359 \text{ mm} = 38,0 \text{ mm}$$

A külpontosság tervezési értéke: $e_{Ed} = e_e + e_i + e_2 = 56,7 \text{ mm} + 38,0 \text{ mm} = 94,7 \text{ mm}$

1.1.4. Nyomott betonóna magasságának számítása

$$N_{Ed} - N_C - N'_S + N_S = 0$$

$$N_C = b \cdot x_c \cdot f_{cd}$$

$$N'_S = A'_S \cdot f'_{yd}$$

$$N_S = A_S \cdot f_{yd}$$

$$N_{Ed} - b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A'_S \cdot f'_{yd} + A_S \cdot f_{yd} = 1500 \cdot 10^3 \text{ N} - 300 \text{ mm} \cdot x_c \cdot 13,33 \text{ N/mm}^2 - 1520,53 \text{ mm}^2 \cdot 434,8 \text{ N/mm} + 1520,53 \text{ mm}^2 \cdot 434,8 \text{ N/mm} = 0$$

$$x_c = 375,09 \text{ mm} > x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,493 \cdot 359 \text{ mm} = 176,99 \text{ mm}$$

Mivel $x_c > x_{c0}$ ezért redukálni kell a húzott acélban keletkező feszültséget a következőképpen:

$$N_S = A_S \cdot \sigma_S$$

$$\sigma_S = \frac{560 \text{ N/mm}}{x_c} d - 700 \text{ N/mm}^2 = \frac{560 \text{ N/mm}}{x_c} 359 \text{ mm} - 700 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{Ed} - b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A'_S \cdot f'_{yd} + A_S \cdot \sigma_S = 1500 \cdot 10^3 \text{ N} - 300 \text{ mm} \cdot x_c \cdot 13,33 \text{ N/mm}^2 - 1520,53 \text{ mm}^2 \cdot 434,8 \text{ N/mm} + 1520,53 \text{ mm}^2 \cdot \left(\frac{560 \text{ N/mm}}{x_c} 359 \text{ mm} - 700 \text{ N/mm}^2 \right) = 0$$



$$-(300\text{mm} * 13,33\text{N/mm}^2)x_c^2 + (1500 * 10^3\text{N} - 1520,53\text{mm}^2 * 434,8\text{N/mm}^2 - 1520,53\text{mm}^2 * 700\text{N/mm}^2)x_c + 1520,53\text{mm}^2 * 560\text{N/mm}^2 * 359\text{mm}$$

$$-3999x_c^2 - 225801,55x_c + 305687351,2 = 0$$

$$x_c = 249,68\text{mm} \text{ (fizikailag értelmes gyök)}$$

1.1.4. Határközpontosság számítása

Nyomatéki egyenlet a húzott acélbetétek súlyvonalára

$$N_{Ed}(e_{Rd} + c) = N_C \left(d - \frac{x_c}{2} \right) + A'_S * f'_{yd} * z$$

$$e_{Rd} = \frac{b * x_c * f_{cd} \left(d - \frac{x_c}{2} \right) + A'_S * f'_{yd} * z}{N_{Ed}} - c$$

$$e_{Rd} = \frac{300\text{mm} * 249,68\text{mm} * 13,33\text{N/mm}^2 \left(359\text{mm} - \frac{249,68\text{mm}}{2} \right) + 1520,53\text{mm}^2 * 434,8\text{N/mm}^2 * 318\text{mm}}{1500 * 10^3\text{N}} - 159\text{mm}$$

$$e_{Rd} = 136,72\text{mm} > e_{Ed} = 94,70\text{mm} \rightarrow \text{megfelel}$$



$$x_c = 446,28\text{mm} > x_{c0} = \xi_{c0} * d = 0,493 * 359\text{mm} = 176,99\text{mm}$$

(fizikailag értelmes gyök)

Mivel $x_c > x_{c0}$ ezért redukálni kell a húzott acélban keletkező feszültséget a következőképpen:

$$\sigma_s = \frac{560\text{N/mm}}{x_c} d - 700\text{N/mm}^2 = \frac{560\text{N/mm}}{x_c} 359\text{mm} - 700\text{N/mm}^2$$

$$-N_s * r_s + N_c * r_c - N'_s * r'_s = 0$$

$$-A_s * \sigma_s * r_s + b * x_c * f_{cd} * r_c - A'_s * f'_{cd} * r'_s = 0$$

$$-1520,53\text{mm}^2 \left(\frac{560\text{N/mm}^2}{x_c} 359\text{mm} - 700\text{N/mm}^2 \right) * 253,7\text{mm} + 300\text{mm} * x_c * 13,33\text{N/mm}^2 \left(\frac{x_c}{2} - 105,4\text{mm} \right) -$$

$$-1520,53\text{mm}^2 * 434,8\text{N/mm}^2 * 64,3\text{mm} = 0$$

$$-38786137 + 135049,2x_c - 210,8x_c^2 - 21260,53x_c + x_c^3 = 0$$

$$x_c^3 - 210,8x_c^2 + 113788,69x_c - 38786137 = 0$$

$$x_c = 286,4\text{mm} > x_{c0} = \xi_{c0} * d = 0,493 * 359\text{mm} = 176,99\text{mm} \text{ , vagyis a feltételezésünk jó volt.}$$

2.3.4. Határerő számítása

Vetületi egyenletből N_{Rd} számítható

$$N_c + N'_s - N_s - N_{Rd} = 0$$

$$N_{Rd} = N_c + N'_s - N_s$$

$$N_{Rd} = b * x_c * f_{cd} + A'_s * f'_{yd} - A_s * \sigma_s$$

$$N_{Rd} = b * x_c * f_{cd} + A'_s * f'_{yd} - A_s * \left(\frac{560}{x_c} d - 700 \right)$$

$$N_{Rd} = 300\text{mm} * 286,4\text{mm} * 13,33\text{N/mm}^2 + 1520,53\text{mm}^2 * 434,8\text{N/mm}^2 -$$

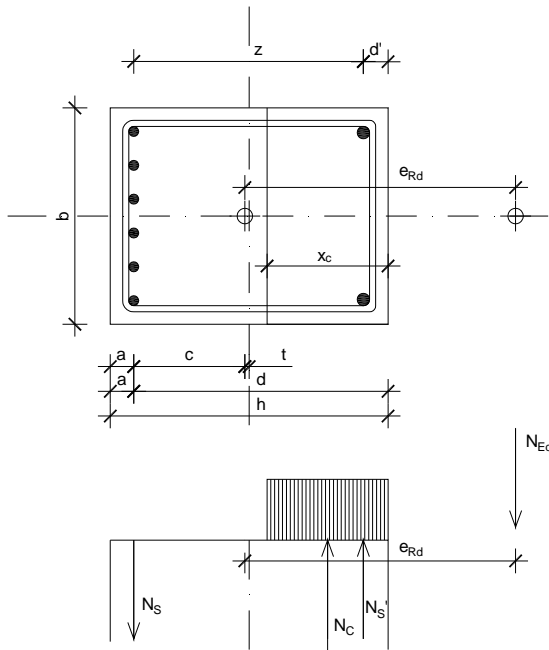
$$-1520,53\text{mm}^2 \left(\frac{560\text{N/mm}}{286,4\text{mm}} * 359\text{mm} - 700\text{N/mm}^2 \right) = 1803,5\text{kN}$$

$$N_{Rd} = 1803,5\text{kN} > N_{Ed} = 1500\text{kN} \rightarrow \text{megfelel}$$

2. Külpontosan nyomott oszlop számítása (nagykülpontos nyomás)

2.2. Ellenőrzés mértékadó erőhöz tartozó határkülpontosságra

2.2.1. Kiindulási adatok



Anyagminőségek: B500; C20/25

$$N_{Ed} = 600 \text{ kN} = 600 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$b = 350 \text{ mm}; h = 450 \text{ mm}$$

$$a = c_{nom} + d_{kengyel} + \frac{d_{főőva}}{2} =$$

$$20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{16 \text{ mm}}{2} = 38 \text{ mm}$$

$$d = h - a = 450 \text{ mm} - 38 \text{ mm} = 412 \text{ mm}$$

$$d' = c_{nom} + d_{kengyel} + \frac{d_{főőva}}{2}$$

$$= 20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{20 \text{ mm}}{2} = 40 \text{ mm}$$

$$z = d - d' = 412 \text{ mm} - 40 \text{ mm} = 372 \text{ mm}$$

Alkalmazott vasalás: 2 db $\varnothing 20 = 628 \text{ mm}^2$ és 6 db $\varnothing 16 = 1206,4 \text{ mm}^2$.

Mivel ebben az esetben a keresztmetszet vasalása asszimmetrikus, a geometriai és a teherbírési középpontok nem esnek egy pontba. Asszimmetrikus vasalás esetén mindig meg kell határozni a teherbírési középpontot, és ettől a ponttól kell mérni a külponthosságot.

Szimmetrikus vasalás esetén ez nem okoz külön problémát, hiszen a geometriai és a teherbírési középpontok egybeesnek.

A (nyomási) teherbírési középpont helyzetének meghatározása

A tiszta nyomáshoz tartozó maximális nyomóerő:

$$|\sigma_s| = \min\{f_{yd}; 400 \text{ N/mm}^2\} = \min\{434,8; 400 \text{ N/mm}^2\}$$

$$N_{Rd,1} = b \cdot h \cdot f_{cd} + (A_s + A'_s) \cdot |\sigma_s| = 350 \cdot 450 \cdot 13,33 + (1206 + 628) \cdot 400 = 2833,9 \text{ kN}$$

A nyomatéki teherbírás a geometriai középpontban:

$$M_{Rd,1,geom} = A_s \cdot |\sigma_s| \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) - A'_s \cdot |\sigma_s| \cdot \left(\frac{h}{2} - d'\right)$$

$$= 1206 \cdot 400 \cdot \left(412 - \frac{450}{2}\right) - 628 \cdot 400 \cdot \left(\frac{450}{2} - 40\right) = 43,7 \text{ kNm}$$

A teherbírési középpont geometriai középponttól mért távolsága:



$$t = \frac{M_{Rd,1,geom}}{N_{Rd,1}} = \frac{43,7 \text{ kNm}}{2833,9 \text{ kN}} = 15 \text{ mm}$$

A teherbírási középpont távolsága a húzott vasak súlyvonalától:

$$c = \frac{h}{2} - a - t = \frac{450}{2} - 38 - 15 = 172 \text{ mm}$$

2.2.2. Külpontosság számítása

Kezdeti külpontosság: $e_e = 360 \text{ mm}$

Külpontosságnövekmények (közelítő képlet alapján: kezdeti görbeség + másodrendű hatás)

$$e_i + e_2 = 0,05d + \frac{l_0}{400} + 0,05 \left(\frac{l_0}{10d} \right)^2 d = 0,05 * 412 \text{ mm} + \frac{3000 \text{ mm}}{412} + 0,05 \left(\frac{3000 \text{ mm}}{10 * 412 \text{ mm}} \right)^2 412 \text{ mm} = 38,8 \text{ mm}$$

A külpontosság tervezési értéke: $e_{Ed} = e_e + e_i + e_2 = 360 \text{ mm} + 38,8 \text{ mm} = 398,8 \text{ mm}$

2.2.3. Nyomott betonzóna magasságának számítása

$$N_{Ed} - N_C - N'_S + N_S = 0$$

$$N_C = b * x_C * f_{cd} = 350 * x_C * 13,33 = 4665,5 * x_C$$

$$N'_S = A'_S * f'_{yd} = 628 * 434,8 = 273054,4 \text{ N}$$

$$N_S = A_S * f_{yd} = 1206 * 434,8 = 524344,7 \text{ N}$$

$$N_{Ed} - b * x_C * f_{cd} - A'_S * f'_{yd} + A_S * f_{yd} = 600 * 10^3 \text{ N} - 4665,5 * x_C - 273054,4 \text{ N} + 524344,7 \text{ N} = 0$$

$$x_C = 182,5 \text{ mm} < x_{c0} = \xi_{c0} * d = 0,493 * 412 \text{ mm} = 203,12 \text{ mm}$$

Mivel $x_C < x_{c0}$ ezért az acélbetétek folyási állapotban vannak. Nincs szükség a húzott acélban keletkező feszültség redukciójára-



2.2.4. Határközpontosság számítása

Nyomatéki egyenlet a húzott acélbetétek súlyvonalára

$$N_{Ed}(e_{Rd} + c) = N_c \left(d - \frac{x_c}{2} \right) + A'_s * f'_{yd} * z$$

$$e_{Rd} = \frac{b * x_c * f_{cd} \left(d - \frac{x_c}{2} \right) + A'_s * f'_{yd} * z}{N_{Ed}} - c$$

$$e_{Rd} = \frac{350mm * 182,5mm * 13,33N/mm^2 \left(412mm - \frac{182,5mm}{2} \right) + 628mm^2 * 434,8N/mm * 372mm}{600 * 10^3 N} - 172mm$$

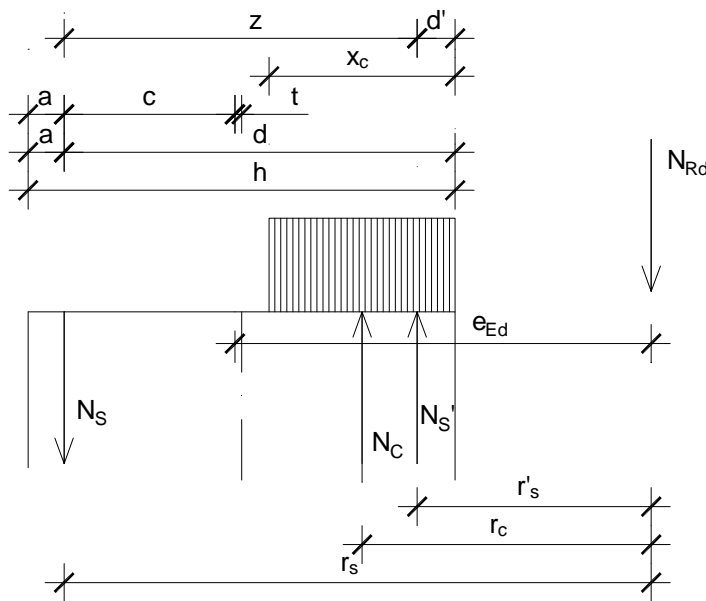
$$e_{Rd} = 453mm > e_{Ed} = 398,8mm \rightarrow \text{megfelel}$$

2.3. Ellenőrzés mértékadó külpontossághoz tartozó határerőre

2.3.1. Kiindulási adatok

$$A_S = 1206,4 \text{ mm}^2; A'_S = 628 \text{ mm}^2$$

$$e_{Ed} = 398,8 \text{ mm}$$



$$a = 20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{16 \text{ mm}}{2} = 38 \text{ mm}$$

$$d = h - a = 450 \text{ mm} - 38 \text{ mm} = 412 \text{ mm}$$

$$d' = 20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{20 \text{ mm}}{2} = 40 \text{ mm}$$

$$z = d - d' = 412 \text{ mm} - 40 \text{ mm} = 372 \text{ mm}$$

$$t = 15 \text{ mm}$$

$$c = 172 \text{ mm}$$

(számítása ld. 3.2.1.)

$$x_{c0} = \xi_{c0} * d = 0,493 * 412 \text{ mm} = 203,12 \text{ mm}$$

2.3.2. Erőkarok számítása N_{Rd} támadáspontjától

$$r_S = e_{Ed} + c = 398,8 \text{ mm} + 172 \text{ mm} = 571 \text{ mm}$$

$$r'_S = e_{Ed} - \frac{h}{2} - t + d' = 398,8 \text{ mm} - \frac{450}{2} - 15 \text{ mm} + 40 \text{ mm} = 199 \text{ mm}$$

$$r_C = e_{Ed} - \frac{h}{2} - t + \frac{x_C}{2} = 398,8 \text{ mm} - \frac{450 \text{ mm}}{2} - 15 \text{ mm} + \frac{x_C}{2} = 159 \text{ mm} + \frac{x_C}{2}$$

2.3.3. Nyomott betonóna magasságának számítása

Nyomaték az erő támadáspontjára

$$-N_S * r_S + N_C * r_C + N'_S * r'_S = 0$$

$$-A_S * f_{yd} * r_S + b * x_C * f_{cd} * r_C + A'_S * f'_{yd} * r'_S = 0$$



$$-1206,4\text{mm}^2 * 434,8\text{N/mm}^2 * 571\text{mm} + 350\text{mm} * x_c * 13,33\text{N/mm}^2 * \left(159\text{mm} + \frac{x_c}{2}\right) +$$

$$628\text{mm}^2 * 434,8\text{N/mm}^2 * 199\text{mm} = 0$$

$$2333,3x_c^2 + 739970x_c - 245022305 = 0$$

$$x_c^2 + 317x_c - 105011 = 0$$

$$x_c = 202,2\text{mm} < x_{c0} = \xi_{c0} * d = 0,493 * 412\text{mm} = 203,13\text{mm}$$

(fizikailag értelmes gyök)

2.3.4. Határerő számítása

Vetületi egyenletből N_{Rd} számítható

$$N_C + N'_S - N_S - N_{Rd} = 0$$

$$N_{Rd} = N_C + N'_S - N_S$$

$$N_{Rd} = b * x_c * f_{cd} + A'_S * f'_{yd} - A_S * f_{yd}$$

$$N_{Rd} = 350\text{mm} * 202,2\text{mm} * 13,33\text{N/mm}^2 + 628\text{mm}^2 * 434,8\text{N/mm}^2 -$$
$$-1206,4\text{mm}^2 * 434,8\text{N/mm}^2 = 692,3\text{kN}$$

$$N_{Rd} = 692,3\text{kN} > N_{Ed} = 600\text{kN} \rightarrow \text{megfelel}$$

3. Teherbírási vonal (közelítő): Rajzolja fel az alábbi keresztmetszet közelítő teherbírási vonalát!

3.1. Kiindulási adatok

Anyagminőségek: B500; C16/20

Betontakarás: $c_{nom} = 20,0mm$

$b = 300mm$; $h = 500mm$

$$f_{ck} = 16 N/mm^2; f_{yk} = 500 N/mm^2$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{16 N/mm^2}{1,5} = 10,67 N/mm^2$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500 N/mm^2}{1,15} = 434,78 N/mm^2$$

$$\xi_{c0} = \frac{560}{f_{yd} + 700} = \frac{560}{434,8 + 700} = 0,493$$

$$A_s = 5 \text{ db } \phi 20 = 1571mm^2$$

$$A'_s = 2 \text{ db } \phi 20 = 628mm^2$$

$$a = c_{nom} + d_{kengyel} + \frac{d_{fővna}}{2} =$$

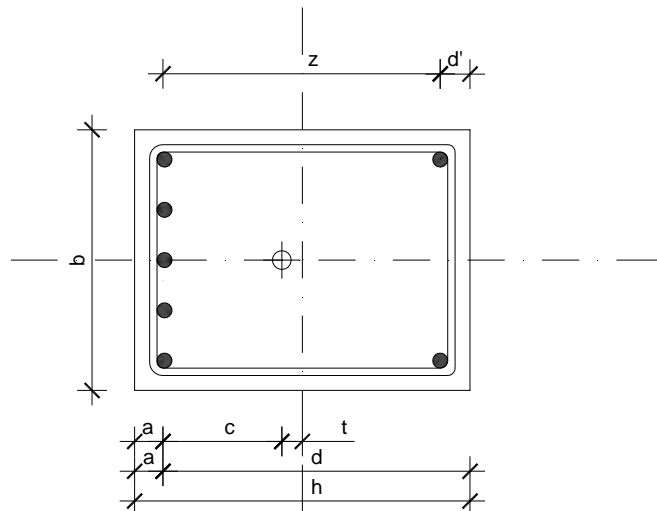
$$= 20mm + 10mm + \frac{20mm}{2} = 40mm$$

$$d = h - a = 500mm - 40mm = 460mm$$

$$d' = c_{nom} + d_{kengyel} + \frac{d_{fővna}}{2} =$$

$$= 20mm + 10mm + \frac{20mm}{2} = 40mm$$

$$z = d - a = 460mm - 40mm = 420mm$$



3.2.A (nyomási) teherbírási középpont helyzetének meghatározása

A tiszta nyomáshoz tartozó maximális nyomóerő:

$$|\sigma_s| = \min\{f_{yd}; 400 \text{ N/mm}^2\} = \min\{434,8; 400 \text{ N/mm}^2\}$$

$$N_{Rd,1} = N_c + N_s + N'_s = b \cdot h \cdot f_{cd} + (A_s + A'_s) \cdot |\sigma_s|$$

$$= 300 \cdot 500 \cdot 10,7 + (1571 + 628) \cdot 400 = 2480 \text{ kN}$$

A nyomatéki teherbírás a geometriai középpontban:

$$M_{Rd,1,geom} = A_s \cdot |\sigma_s| \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) - A'_s \cdot |\sigma_s| \cdot \left(\frac{h}{2} - d'\right)$$

$$= 1571 \cdot 400 \cdot \left(460 - \frac{500}{2}\right) - 628 \cdot 400 \cdot \left(\frac{500}{2} - 40\right)$$

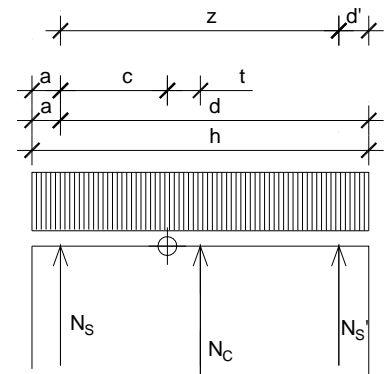
$$= 79 \text{ kNm}$$

A teherbírési középpont geometriai középponttól mért távolsága:

$$t = \frac{M_{Rd,1,geom}}{N_{Rd,1}} = \frac{79 \text{ kNm}}{2480 \text{ kN}} = 32 \text{ mm}$$

A teherbírési középpont távolsága a húzott vasak súlyvonalától:

$$c = \frac{h}{2} - a - t = \frac{500}{2} - 40 - 32 = 178 \text{ mm}$$



Szimmetrikus vasalás esetén értelemszerűen $t=0$ és $c = \frac{h}{2} - a$

3.3. Az 1-es jelű pont számítása (maximális nyomóerőhöz tartozó pont)

$$M_{Rd1} = 0$$

$$N_{Rd,1} = 2480 \text{ kN}$$

3.4. A 2-es jelű pont számítása (maximális nyomatékhoz tartozó pont)

$$x_c = x_{c0}$$

$$x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,493 \cdot 460 \text{ mm} = 227 \text{ mm}$$

Vetületi egyenlet:

$$N_{Rd2} = N_c + N'_s - N_s = b \cdot x_{c0} \cdot f_{cd} + A'_s \cdot f'_{yd} - A_s \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd2} = 300 \cdot 227 \cdot 10,67 + 628 \cdot 434,78 - 1571 \cdot 434,78 = 317 \text{ kN}$$

Szimmetrikus vasalás esetén a betonacélokhöz tartozó tagok kiesnek az egyenletből.

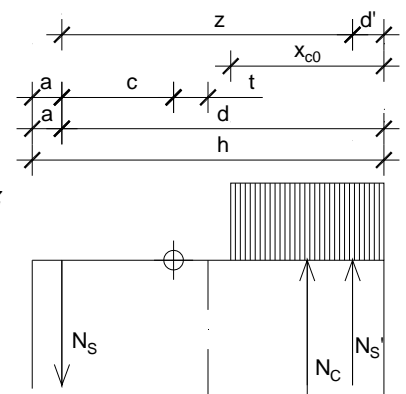
Nyomatéki egyenlet a teherbírési középpontra:

$$M_{Rd2} = b \cdot x_{c0} \cdot f_{cd} \left(\frac{h}{2} - \frac{x_{c0}}{2} + t\right) + A_s \cdot f_{yd} \cdot c + A'_s \cdot f'_{yd} (z - c)$$

$$M_{Rd2} = 300 \text{ mm} \cdot 227 \text{ mm} \cdot 10,67 \text{ N/mm}^2 \left(\frac{500 \text{ mm}}{2} - \frac{227}{2} + 32\right) +$$

$$+ 1571 \text{ mm}^2 \cdot 434,78 \text{ N/mm}^2 \cdot 178 + 628 \text{ mm}^2 \cdot 434,78 \text{ N/mm}^2 (420 - 178 \text{ mm})$$

$$M_{Rd2} = 310 \text{ kNm}$$





3.5. A 3-as jelű pont számítása (tiszta hajlítás)

$$N_{Rd3} = 0$$

Vetületi egyenlet (nyomott betonzóna magasságának számítása):

$$x_c \cdot b \cdot f_{cd} + A'_s \cdot f_{yd} - A_s \cdot f_{yd} = 0$$

$$x_c = \frac{A_s \cdot f_{yd} - A'_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}} = \frac{1571 \cdot 434,78 - 628 \cdot 434,78}{300 \cdot 10,67} = 128 \text{ mm}$$

$x_c = 128 \text{ mm} < x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,493 \cdot 460 \text{ mm} = 227 \text{ mm}$, vagyis a húzott oldali betonacélok megfolynak.

Nyomatéki egyenlet a teherbírasi középpontra:

$$M_{Rd3} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \left(\frac{h}{2} - \frac{x_c}{2} + t \right) + A_s \cdot f_{yd} \cdot c + A'_s \cdot f'_{yd} (z - c)$$

$$M_{Rd3} = 300 \cdot 128 \cdot 10,67 \left(\frac{500}{2} - \frac{128}{2} + 32 \right) + 1571 \cdot 434,78 \cdot 178 + 628 \cdot 434,78 (420 - 178)$$

$$M_{Rd3} = 277 \text{ kNm}$$

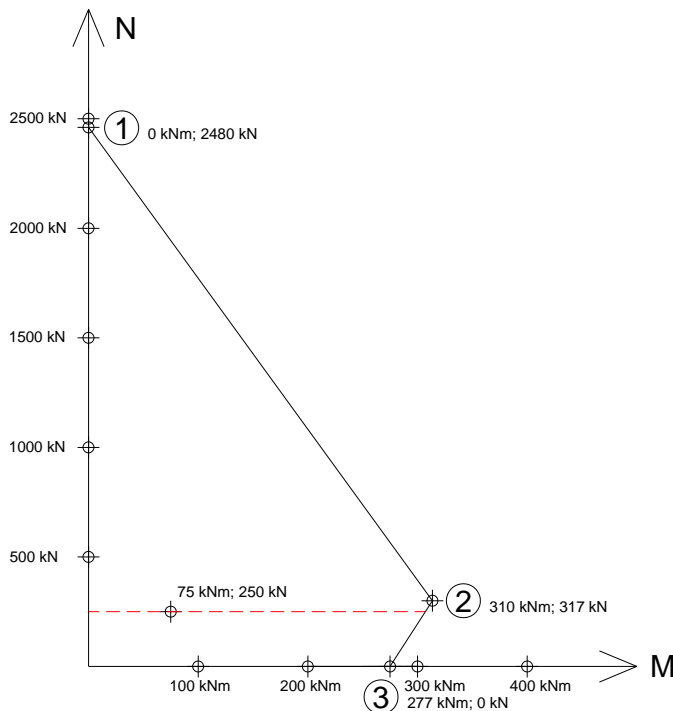
Szimmetrikus vasalás esetén $x_c=0$ és a betonhoz tartozó tag kiesik a nyomatéki egyenletből.

3.6. Ellenőrizzük az „x” síkban ható nyomóerőre a keresztmetszetet!

$$N_{Ed} = 250 \text{ kN} ; e_{Ed} = 300 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = N_{Ed} \cdot e_{Ed} = 250 \text{ kN} \cdot 0,3 \text{ m} = 75 \text{ kNm}$$

Mivel az N-M koordináta-rendszerben felvett $(N_{Ed}; M_{Ed})$ pont a teherbírasi vonalon belül esik, a keresztmetszet erre a terhelési esetre megfelel.



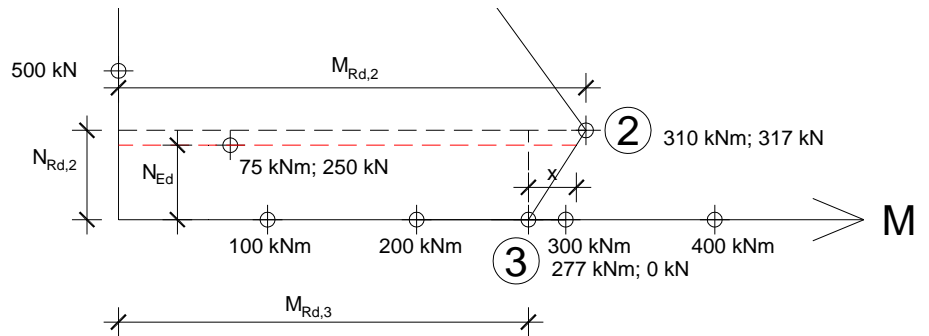


Az $N_{Ed} = 250\text{kN}$ erőhöz tartozó nyomaték meghatározása a teherbírasi vonalon:

Háromszögek hasonlóságából:

$$\frac{x}{N_{Ed}} = \frac{M_{Rd,2} - M_{Rd,3}}{N_{Rd,2}}$$

$$x = \frac{M_{Rd,2} - M_{Rd,3}}{N_{Rd,2}} \cdot N_{Ed}$$



$$M_{Rd} = x + M_{Rd,3} = \frac{M_{Rd,2} - M_{Rd,3}}{N_{Rd,2}} \cdot N_{Ed} + M_{Rd,3} = \frac{310 - 277}{317} \cdot 250 + 277 = 303 \text{ kNm} > M_{Ed} = 75 \text{ kNm}$$

megfelel

3.7. Határozzuk meg az $N_{Ed} = 250\text{kN}$ erőhöz tartozó határközpontosságot a közelítő teherbírasi vonal alapján!

$$M_{Rd} = 303\text{kNm}$$

$$e_{Rd} = \frac{M_{Rd}}{N_{Ed}} = \frac{303 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{250 \cdot 10^3 \text{ N}} = 1212\text{mm} > e_{Ed} = 300\text{mm}$$

3.8. Határozzuk meg az $e_{Ed} = 300\text{mm}$ külpontossághoz tartozó határerőt a közelítő teherbírási vonal alapján!

$$\tan \alpha = \frac{M_{Rd}}{N_{Rd}} = \frac{N_{Rd} \cdot e_{Ed}}{N_{Rd}} = e_{Ed} = 0,3$$

$$\alpha = 16,7^\circ \text{ (az egyenes függőleges tengellyel bezárt szöge)}$$

$$\tan \beta = \frac{M_{Rd,2}}{N_{Rd,2}} = \frac{310}{317} = 0,98$$

$$\beta = 44^\circ$$

Mivel $\alpha < \beta$, tudjuk, hogy az egyenes a felső részen metszi a teherbírási vonalat.

Ezt egy már megrajzolt teherbírási vonalon szerkesztéssel (külön számítás nélkül) is könnyen megállapíthatjuk, pl. ha összekötjük az origót a már meglévő (N_{Ed}, M_{Ed}) ponttal, hiszen ebben az esetben is az e_{Ed} -t jelentő egyenest rajzoljuk.

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot e_{Ed}$$

M_{Rd} másképpen felírva (teherbírási vonal alapján):

$$M_{Rd} = M_{Rd,2} - x$$

Háromszögek hasonlóságából:

$$\frac{x}{N_{Rd} - N_{Rd,2}} = \frac{M_{Rd,2}}{N_{Rd,1} - N_{Rd,2}}$$

$$x = (N_{Rd} - N_{Rd,2}) \cdot \frac{M_{Rd,2}}{N_{Rd,1} - N_{Rd,2}} = (N_{Rd} - 317) \cdot \frac{310}{2480 - 317} = 0,1433 N_{Rd} - 45,4$$

$$M_{Rd} = M_{Rd,2} - x = 310 - (0,1433 N_{Rd} - 45,4) = -0,1433 N_{Rd} + 355,4$$

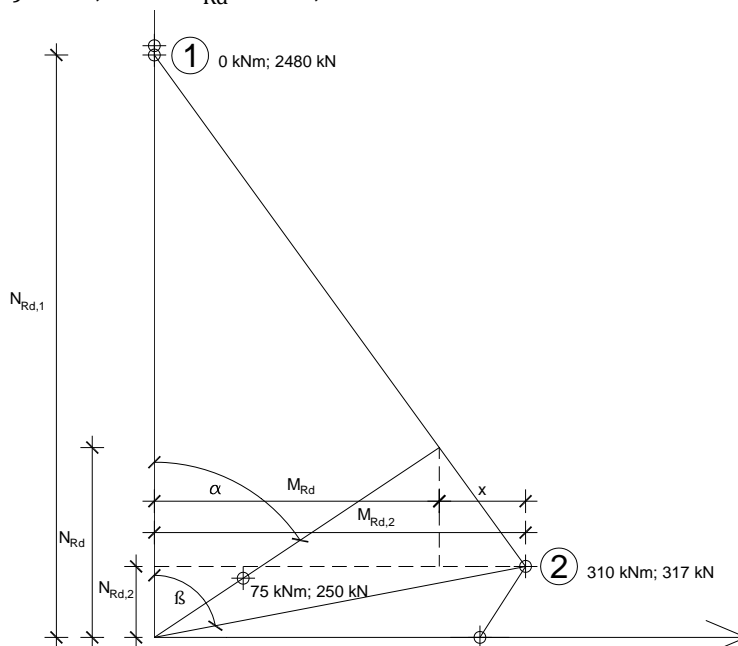
és

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot e_{Ed} = 0,3 N_{Rd}$$

így

$$0,3 N_{Rd} = -0,1433 N_{Rd} + 355,4$$

$$N_{Rd} = 802 \text{ kN} > N_{Ed} = 250 \text{ kN}$$



4. Központosan nyomott oszlop

Központosan nyomott az oszlop ha $e_c = 0$ (e_c : elsőrendű, vagy kezdeti külpontosság).

Megjegyzés:

Az EC2 szerint nincs központosan nyomott oszlop, a külpontosságnövekményeket mindig figyelembe kell venni. Ebből az eljárásból került levezetésre a φ -s módszer.

$$\frac{l_0}{h} < 26 \text{ esetén alkalmazható az eljárás}$$

l_0 = kihajlási hossz

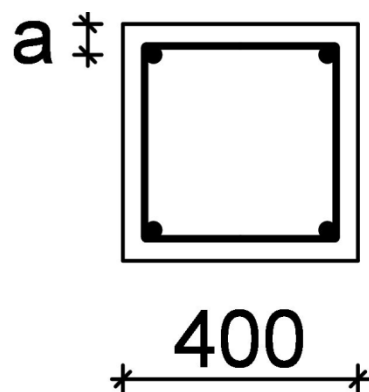
$$N_{Rd} = \varphi * N_u'$$

$$N_u' = A_c * f_{cd} + A_s * f_{yd}$$

4.1. Példa: Négyzet keresztmetszetű oszlop ellenőrzése

4.1.1. Kiindulási adatok:

Anyagminőségek: B500; C20/25



a = betontakarás + kengyelátmérő + fővas átmérő/2

$$a = 20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{20 \text{ mm}}{2} = 40 \text{ mm}$$

$$d = 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm} = 360 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} = 1900 \text{ kN}$$

$$l_0 = 3000 \text{ mm}$$

4.1.2. Szükséges vasmennyiség számítása

$$N_{Ed} = \varphi * N_u'$$

$$N_u' = A_c * f_{cd} + A_s * f_{yd}$$

$$N_{Ed} = \varphi * N_u' = \varphi * (A_c * f_{cd} + A_s * f_{yd})$$

$$\frac{N_{Ed}}{\varphi} = A_c * f_{cd} + A_s * f_{yd}$$



$$\frac{\frac{N_{Ed} - A_c * f_{cd}}{\varphi}}{f_{yd}} = \frac{\frac{N_{Ed} - b * h * f_{cd}}{\varphi}}{f_{yd}} = A_s$$

φ közelítő értékének számítása :

$$\alpha = l_o/h = 3000/400 = 7,5 < 12,0$$

téglalap keresztmetszet, 2 két sávban elhelyezett vasalás

beton: C20/25

$$\varphi = 0,86 \text{ (táblázatból)}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$\varphi_{\max} = 0,81 \text{ (táblázatból)}$$

$$\varphi = 0,81$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,5} = 434,78 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = \alpha * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ N/mm}^2$$

$$A'_s = \frac{\frac{N_{Ed} - b * h * f_{cd}}{\varphi}}{f_{yd}} = \frac{\frac{1900 * 10^3 \text{ N} - 13,33 \text{ N/mm}^2 * 400 \text{ mm} * 400 \text{ mm}}{0,81}}{434,78 \text{ N/mm}^2} = 489,6 \text{ mm}^2$$

Alkalmazott vasalás: 4 db $\varnothing 14 = 616 \text{ mm}^2$

$$A_s \text{ min} = \max \begin{cases} 0,1(N_{Ed}/f_{yd}) = 0,1(1900 * 10^3 \text{ N}/434,78 \text{ N/mm}^2) = 437 \text{ mm}^2 \\ 0,003A_c = 0,003 * 400 \text{ mm} * 400 \text{ mm} = 480,0 \text{ mm}^2 \end{cases}$$

4.1.3. Ellenőrzés

$$N_w = b * h * f_{cd} + A_s |\sigma_s| = 400 \text{ mm} * 400 \text{ mm} * 13,33 \text{ N/mm}^2 + 616 \text{ mm}^2 * 434,78 \text{ N/mm}^2 = 2400,6 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \varphi * N_w = 0,81 * 2400,6 \text{ kN} = 1944,5 \text{ kN} > N_{Ed} = 1900 \text{ kN} \rightarrow \text{megfelel}$$