TARTÓSZERKEZETEK II.-III.

VASBETONSZERKEZETEK

2009.03.07.

VASBETON KERESZTMETSZET NYOMÁSI TEHERBÍRÁSÁNAK SZÁMÍTÁSA

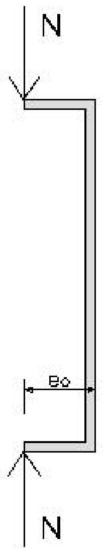
- A keresztmetszet teherbírása megfelelő ha nyomott km. esetén:
  - $N_{Ed} \leq N_{Rd}$
  - Ahol N_{Ed} a normálerő tervezési értéke (mértékadó normálerő)amelyet a terhek tervezési értékéből határozunk meg.
  - N_{Ed} a normálerő tervezési értéke - határerő
    - „R” resistance (ellenállás)
    - „E” effect (hatás, azaz a terhek hatása)
    - „d” design (tervezés)

VASBETON KERESZTMETSZET KÜLPONTOS NYOMÁSA

Központos nyomás esetén (e=0) a keresztmetszeteken figyelembe vehető legnagyobb összenyomódás $\varepsilon=\varepsilon_{c2}$=2‰
Külpontos nyomás esetén a keresztmetszet szelén (a hajlításhoz hasonlóan) $\varepsilon\leq\varepsilon_{cu}$=3,5‰, a keresztmetszet jobban nyomott szélétől 3/7 h távolságban pedig $\varepsilon=\varepsilon_{c2}$=2%o . Ebből az következik, hogy az N_{Rd} számításához a keresztmetszet négy pontját kell megvizsgálni, és a külpontosság nagyságától függ, hegy melyik a mértékadó

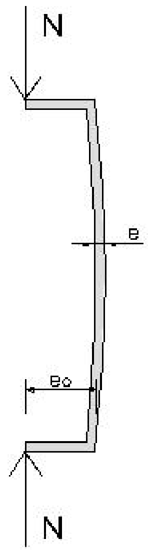
NYOMÁSI TEHERBÍRÁS

Külpontosság-növekmények:

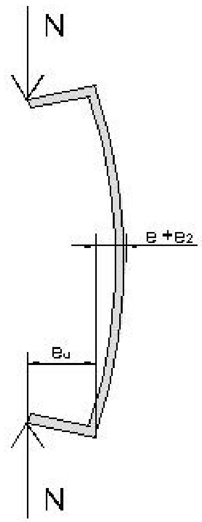


Kezdeti elsőrendű

külpontosság

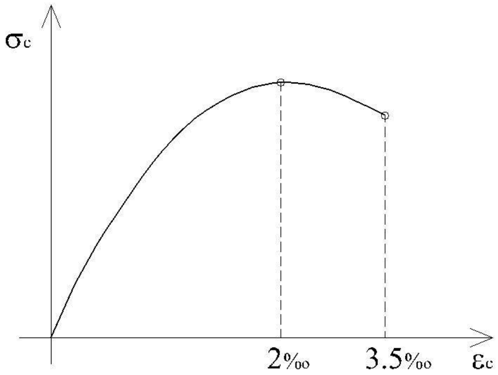


Kezdeti görbeségből
(imperfekcióból) származó
külpontosság

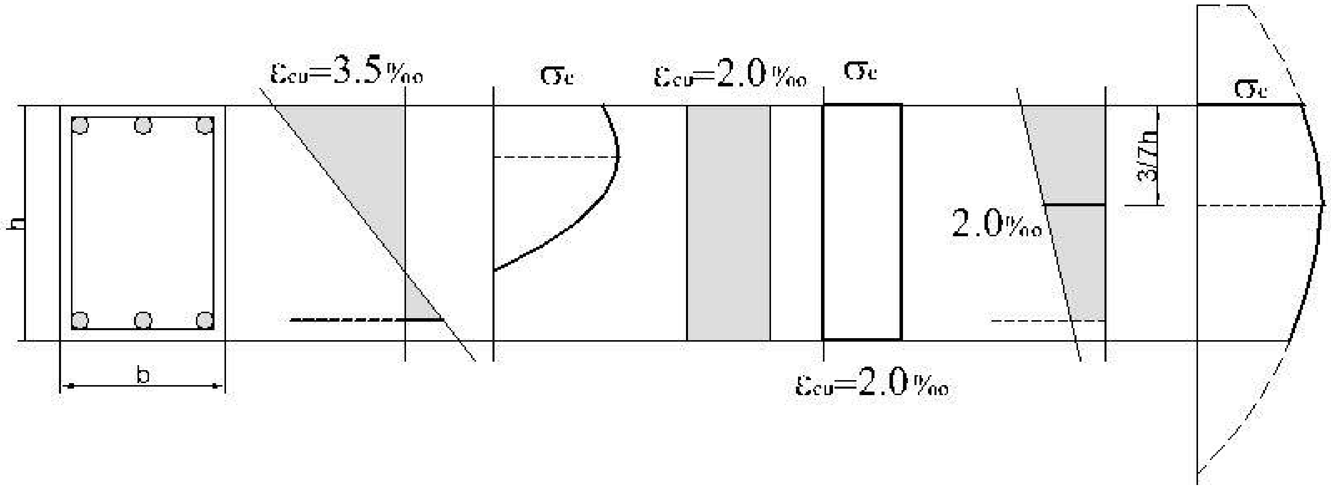


Másodrendű nyomatékból
keletkező külpontosság

VASBETON KERESZTMETSZET KÜLPONTOS NYOMÁSA

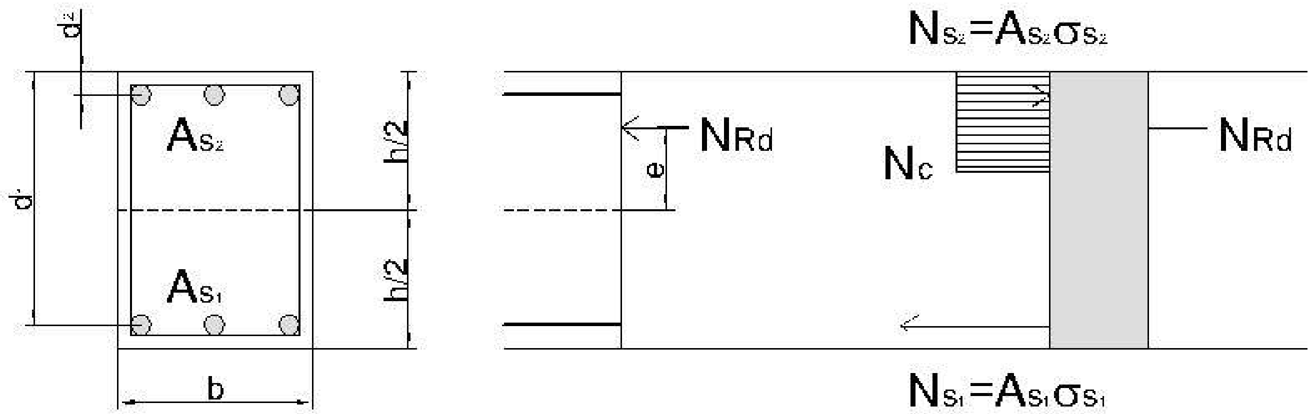


Az eső ágú σ-ε diagram miatt elvileg minden egyes esethez külön kell meghatározni a szélső szál összenyomódását.



VASBETON KERESZTMETSZET KÜLPONTOS NYOMÁSA

- Külpontos erő a szimmetriasíkban:
- Egyensúlyi egyenletek két síkban elhelyezett acélbetét és négyszög km. esetében ha a felső szál nyomott:



$\sum N=0$ $$N_{Rd} = N_c - |N_{s1}| + |N_{s2}| = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} - A_{s2} \cdot \sigma_{s2}$$

$\sum M=0$ $$N_{Rd}\left(\frac{h}{2} - e\right) = b \cdot \frac{x_c}{2} \cdot f_{cd} \cdot - A_{s2} \cdot d_1 \cdot \sigma_{s1} - A_{s2} \cdot d_2 \cdot \sigma_{s2}$$

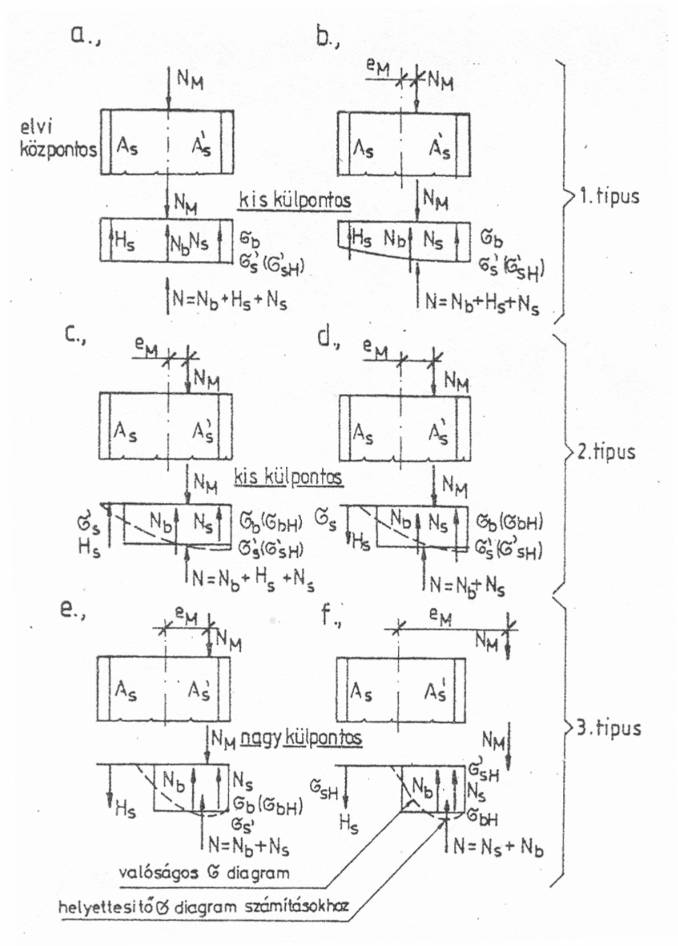
A fenti egyenletekben az acélok lehetnek rugalmas és képléken állapotban:

$$\sigma_{si} = - f'_{yd} \qquad ha \qquad \xi'_{co} < \xi_{ci} = \frac{x_c}{d_i}$$

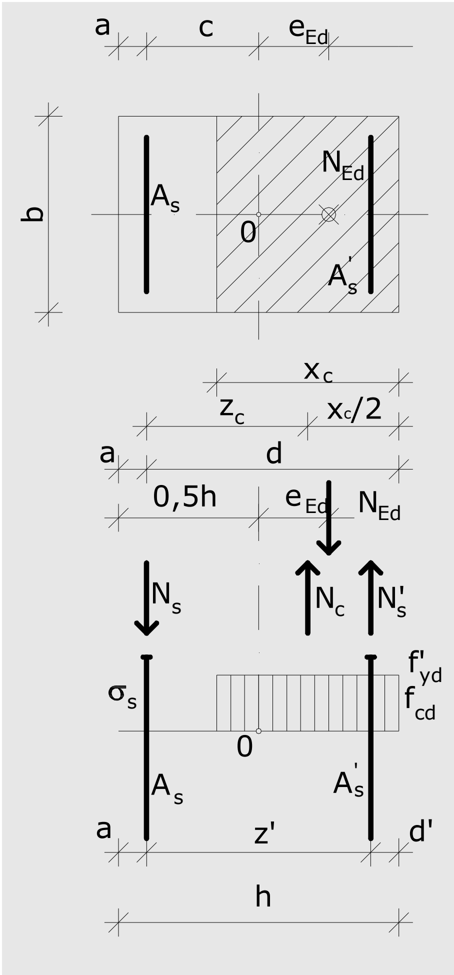
$$\sigma_{si} = \frac{560}{x_c} d_i - 700, \; ha \qquad \xi_{co} < \xi_{ci} < \xi'_{co}$$

$$\sigma_{si} = f_{yd}, \qquad ha \qquad \xi_{ci} < \xi_{co}$$

Nyomott hajlított keresztmetszet feszültségmegoszlásának különböző típusai



VASBETON KERESZTMETSZET KÜL-PONTOS NYOMÁSA KÖTÖTT TERVEZÉS
kis külpontosság



- ismert b, h A’s-t frelvesszük.

$$M_{Ed} = N_{Ed}\left(e_{Ed} + c\right) = N_c \cdot z_c + N'_s \cdot z'$$

ha $x_c > x_{co}$ redukció

$$\sigma_s\left(\frac{560}{x_c} \cdot d - 700\right)$$

vetületi egyenlet:

$$N_{Ed} = N_c + N'_s - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A'_s \cdot f'_{yd} - A_s \cdot \sigma_s$$

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

húzott betonacél mennyisége

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

VASBETON KERESZTMETSZET KÜL-PONTOS NYOMÁSA KÖTÖTT TERVEZÉS

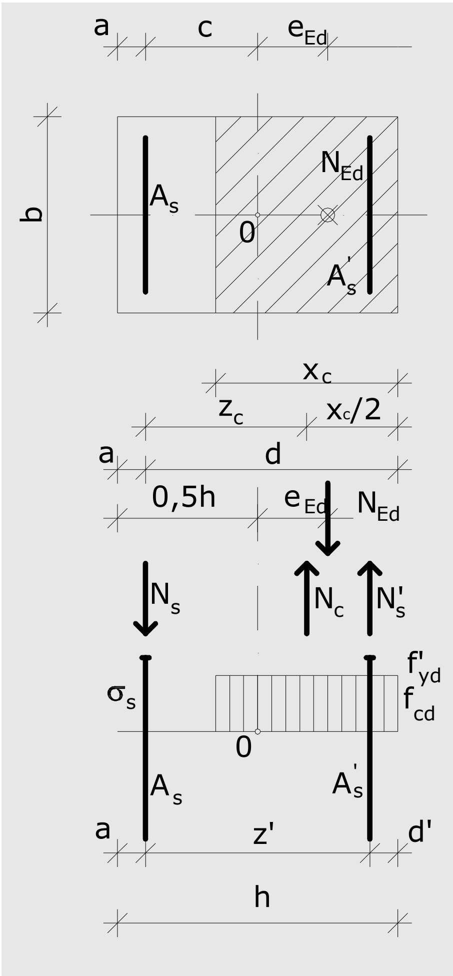
kis külpontosság

Ha nyomott beton acélt nem alkalmazunk próbálgatásra nincs szükség.
Megjegyzzük, hogy :

$$M_{Ed} > M_0 = b \cdot x_{c0} \cdot \left(h - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot f_{cd}$$

esetén mindig kell nyomott vasalás (As’ $\neq$ 0).

VASBETON KERESZTMETSZET KÜL-PONTOS NYOMÁSA, KÖTÖTT TERVEZÉS
nagy külpontosság



- ismert b, h , szükség van-e nyomott vasalásra?

$$M_s = N_{Ed}\left(e_{Ed} + c\right)$$

$$M_{c0} = N_c \cdot z_0 = b \cdot x_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_{c0}}{2}\right)$$ ahol $$x_0 = \xi_0 \cdot h$$

Ha Ms> Mco, akkor nyomott betonacélra is szükség van. Nyomott betonacéllal a két nyomaték különbségét vesszük fel:

$$\Delta M = M_s - M_{co}$$

nyomott betonacél mennyisége $$\Delta M = A_s^{'} \cdot f_{yd}^{'} \cdot z^{'}$$

$$A_s^{'} = \frac{\Delta M}{f_{yd}^{'}}$$

vetületi egyenlet: $$N_s = N_c + N'_s - N_{Ed}$$

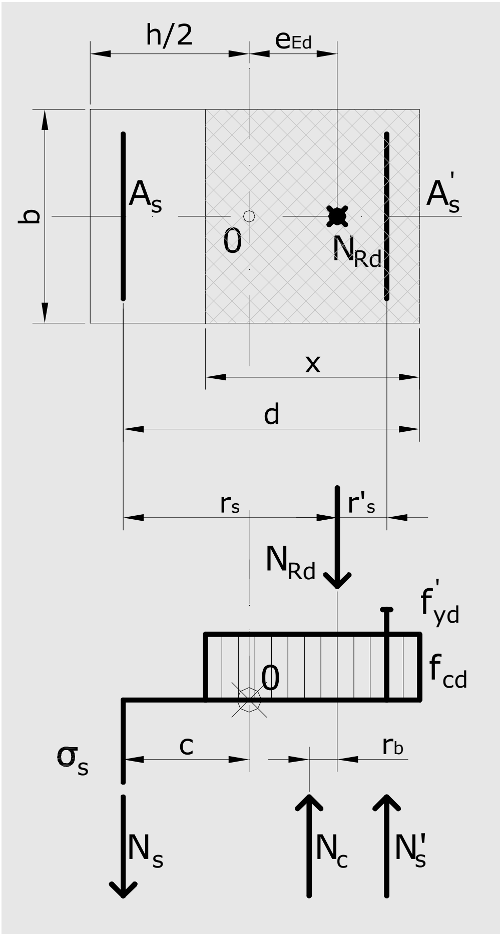
$$A_s \cdot f_{yd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} + A_s^{'} \cdot f_{yd}^{'} - N_{Ed}$$

$$A_s = \frac{b \cdot x_{c0} \cdot f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{A_s^{'} \cdot f_{yd}^{'}}{f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

VASBETON KERESZTMETSZET KÜL-PONTOS NYOMÁSA KÖTÖTT TERVEZÉS
nagy külpontosság

Ha $A_s < 0$, tehát ha a húzott betonacél–szükségletre negatív szám jön ki, akkor ez azt jelenti, hogy az As acélbetét nem húzott, hanem nyomott. Abban az esetben, amikor $Ms < M_{co}$, tehát nyomott vasra nincs szükség, és As is negatív, a keresztmetszet túlméretezett, ezért célszerű a méretek csökkentése.

Mértékadó külpontossághoz tartozó határerő meghatározása (kis külpontosság)



A nyomatéki egyenlet a Normálerő támadáspontjára

$$-N_s \cdot r_s + N_c \cdot r_c - N'_s \cdot r_s' = 0$$

$$N'_s = A_s' \cdot f_{yd}' \qquad N_c = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \qquad N_s = A_s \cdot \sigma_s$$

ahol

$$\sigma_s = \left(\frac{560}{x_c} d - 700 \right)$$

behelyettesítve:

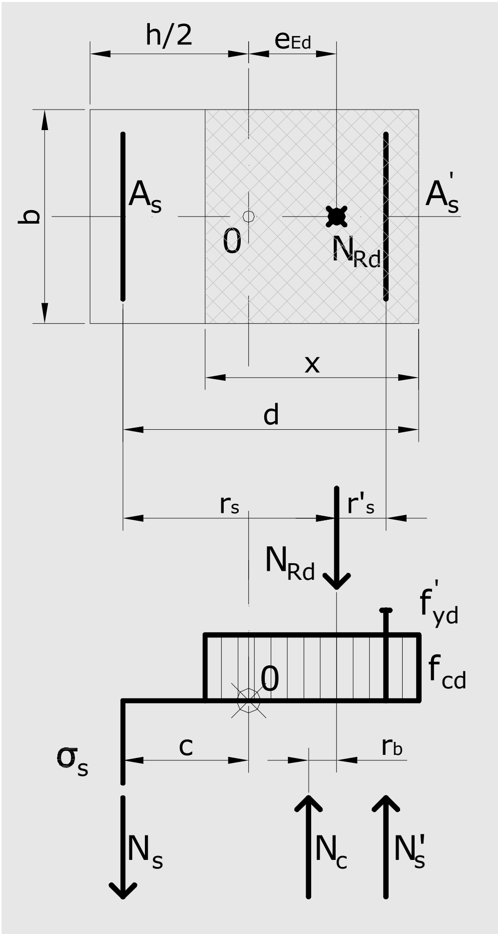
$$-A_s \cdot \left(\frac{560}{x_c} d - 700 \right) \cdot r_s + b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot r_b - A_s' \cdot f_{yd}' \cdot r_s' = 0$$

Az x_c értéke a harmadfokú egyenlet, megoldásaként számolható. A nyomott zóna <u>xc</u> magasságának ismeretében a határerő értéke vetületi tétel segítségével meghatározható.

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

$$N_{Rd} = b \cdot x \cdot f_{cd} + A_s' \cdot f_{yd}' - A_s \cdot \left(\frac{560}{x_c} \cdot d - 700 \right)$$

Mértékadó külpontossághoz tartozó határerő meghatározása (nagy külpontosság)



A nyomatéki egyenlet a Normálerő támadáspontjára

$$-N_s \cdot r_s + N_c \cdot r_c - N'_s \cdot r_s^{'} = 0$$

ahol

$$N'_s = A_s^{'} \cdot f_{yd}^{'} \qquad N_c = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \qquad N_s = A_s \cdot \sigma_s \qquad \sigma_s = f_{yd}$$

behelyettesítve:

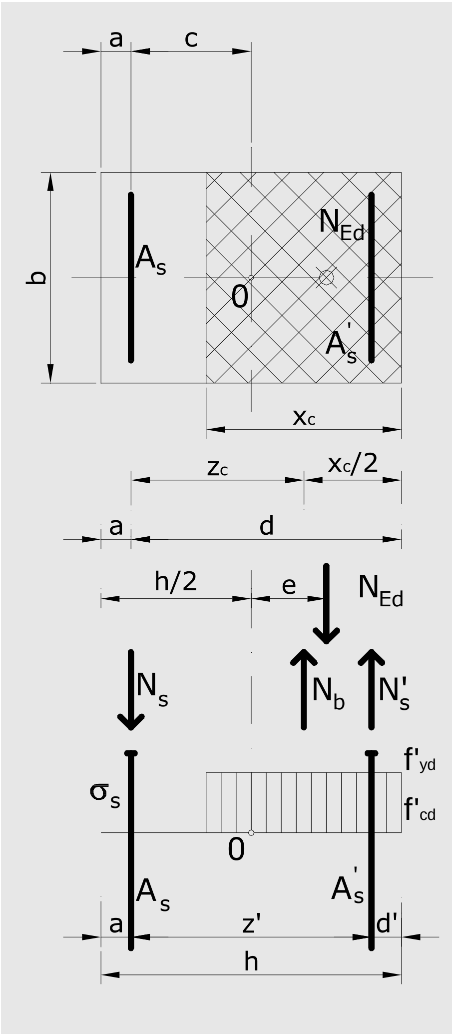
$$-A_s \cdot f_{yd} \cdot r_s + b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot r_b - A_s^{'} \cdot f_{yd}^{'} \cdot r_s^{'} = 0$$

Az x_c értéke a másodfokú egyenlet megoldásaként számolható. A nyomott zóna <u>xc</u> magasságának ismeretében a határerő értéke vetületi tétel segítségével meghatározható.

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

$$N_{Rd} = b \cdot x \cdot f_{cd} + A_s^{'} \cdot f_{yd}^{'} - A_s \cdot f_{yd}$$

Mértékadó normálerőhöz tartozó határ-külpontosság meghatározása (kis kp.)



Vetületi egyenlet:

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

ahol

$$N'_s = A_s' \cdot f_{yd}' \qquad N_c = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \qquad N_s = A_s \cdot \sigma_s$$

$$\sigma_s = \left(\frac{560}{x_c} d - 700 \right)$$

behelyettesítve:

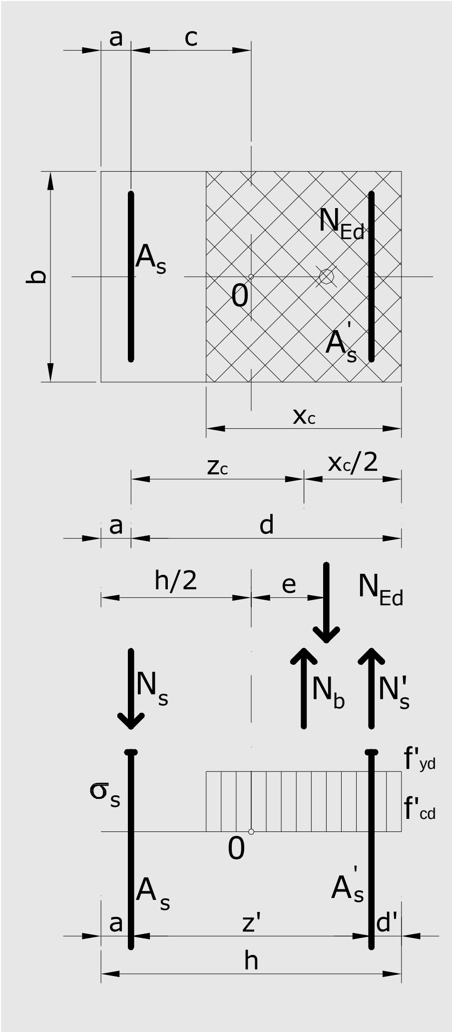
$$N_{Ed} - b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s' \cdot f_{yd}' + A_s \cdot \left(\frac{560}{x_c} d - 700 \right) = 0$$

Az x_c értéke a másodfokú egyenlet megoldásaként számolható. A nyomott zóna <u>xc</u> magasságának ismeretében a hatákülpontosság értéke nyomatéki egyenlet segítségével meghatározható.

$$N_{Ed} \cdot (c + e_{Rd}) = N_c \cdot z_c + N'_s \cdot z'$$

$$e_{Rd} = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd} \left(d - \frac{x_c}{2} \right) + A_s' \cdot f_{yd}' \cdot z'}{N_{Ed}}$$

Mértékadó normálerőhöz tartozó határ-külpontosság meghatározása (nagy kp.)



Vetületi egyenlet:

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

ahol

$N'_s = A_s' \cdot f_{yd}'$ $N_c = b \cdot x_c \cdot f_{cd}$ $N_s = A_s \cdot \sigma_s$ $\sigma_s = f_{yd}$

behelyettesítve:

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

Az x_c értéke az egyenlet megoldásaként számolható.
A nyomott zóna xc magasságának ismeretében a határ-külpontosság értéke nyomatéki egyenlet segítségével meghatározható.

$$N_{Ed} \cdot (c + e_{Rd}) = N_c \cdot z_c + N'_s \cdot z'$$

$$e_{Rd} = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd}\left(d - \frac{x_c}{2}\right) + A_s' \cdot f_{yd}' \cdot z'}{N_{Ed}}$$

KÜLPONTOSSÁG-NÖVEKMÉNYEK

Másodrendű hatások,(Nyomott oszlopok)

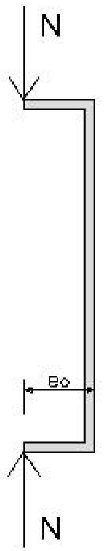
- repedezettség, nemlineáris anyagi viselkedés,
- kúszás figyelembeveendő
- elhanyagolható ha hatása kisebb mint 10%.

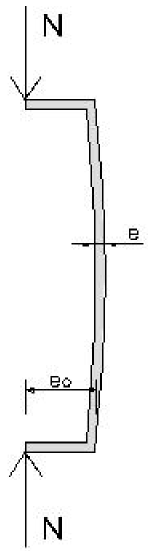
Számítási módszerek

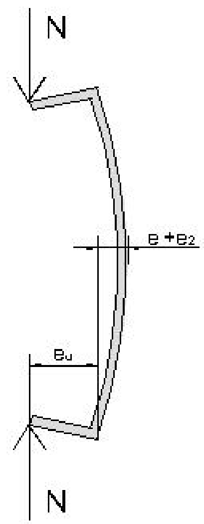
- másodrendű, nemlineáris számítás,
- a helyettesítő merevségen alapuló módszer,
- a görbület becslésén alapuló módszer (ez lényegében a „külpontosság-növekmények” módszere).

NYOMÁSI TEHERBÍRÁS

Külpontosság-növekmények:







Kezdeti elsőrendű külpontosság

Kezdeti görbeségből (imperfekcióból) származó külpontosság

Másodrendű nyomatékból keletkező külpontosság

KÜLPONTOSSÁG-NÖVEKMÉNYEK

Feltételezve, hogy az oszlopra ható nyomaték az oszlop hossza mentén lineárisan változik, és az oszlop két végén a nyomatékok M_{01} ill. M_{02}, ahol $|M_{02}| \geq |M_{01}|$ Az figyelembe veendő teljes külpontosság:

$$e = \max \begin{cases} e_e + e_i + e_2 \\ M_{02} / N_{Ed} \\ e_o \end{cases}$$

=külpontosságok összege

=külpontosság a rúdvégen

=minimális külpontosság

KÜLPONTOSSÁG-NÖVEKMÉNYEK

A, a deformálatlan oszlopon számított elsőrendű külpontosság:

$$e_e = \frac{M_{oe}}{N_{Ed}}$$

M_{oe} lehet:

1, a rúd hossza mentén konstans ($M_{01}=M_{02}$) ekkor $M_{oe}=M_{01}=M_{02}$

2., a rúd két végén különböző a nyomaték ($M_{01}\neq M_{02}$, és $M_{02}>M_{01}$)

$$M_{oe} = \max\begin{cases} 0{,}6M_{02} + 0{,}4M_{01} \\ 0{,}4M_{02} \end{cases}$$ nem kilendülő keret

$$M_{oe} = M_{02}$$ kilendülő keret

KÜLPONTOSSÁG-NÖVEKMÉNYEK

- B, kezdeti görbeségől (imperfekcióból) származó külpontosság

$$e_i = \begin{cases} \dfrac{l_o}{400} & \text{ha } \ell \leq 4{,}0\text{m} \\ \dfrac{2 \cdot l_0}{\sqrt{l} \cdot 400} & \text{ha } 4{,}0\text{m} \leq \ell \leq 9{,}0\text{m} \\ \dfrac{2 \cdot l_0}{3 \cdot 400} & \text{ha } \ell \geq 9{,}0\text{m} \end{cases}$$

ℓ_o kihajlási hossz, ℓ hálózati hossz m-ben

KÜLPONTOSSÁG-NÖVEKMÉNYEK

- C, a Másodrendű nyomatékból keletkező külpontosság:

$$e_2 = \frac{1}{r}\frac{l_o^2}{\pi^2} \approx \frac{1}{r}\frac{l_o^2}{10}$$

$$\frac{1}{r} = K_r \cdot K_\varphi \frac{1}{r_o}$$ görbület

$$\frac{1}{r_o} = \frac{f_{yd} / E_s}{0{,}45 \cdot d'}$$ kezdeti görbület

$$K_r = \min\left\{\frac{N'_u - N_{Ed}}{N'_u - N_{bal}};1\right\}$$ normálerő hatása

$$K_\varphi = \max\left(1 + \beta \cdot \varphi_{ef};1\right)$$ kúszás hatása

$$\beta = 0{,}35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150}$$

KÜLPONTOSSÁG-NÖVEKMÉNYEK

- D, minimális külpontosság: $$e_o = \max\begin{cases} 20mm \\ h/30 \end{cases}$$

az alábbi biztonság javára közelítő képlet használható:

$$e_i + e_2 = 0{,}05d + \frac{l_o}{400} + 0{,}05\left(\frac{l_0}{10d}\right)^2 d$$

KÜLPONTOSSÁG-NÖVEKMÉNYEK

Külpontosság-növekmények (közelítés)

A külpontosság-növekmények l_o/d_1 függvényében

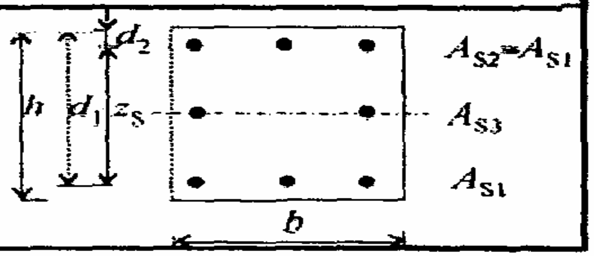
l_o/d_1	0	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
e_i/d_1	0.000	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040	0.045	0.050	0.055	0.060	0.065
e_2/d_1	0.000	0.034	0.058	0.085	0.116	0.151	0.189	0.229	0.271	0.313	0.355	0.395
$(e_i+e_2)/d_1$	0.000	0.049	0.078	0.110	0.146	0.186	0.229	0.274	0.321	0.368	0.415	0.460

A külpontosság-növekmények l_o/d_1 függvényében (folytatás)

l_o/d_1	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
e_i/d_1	0.070	0.075	0.080	0.085	0.090	0.095	0.100	0.105	0.110	0.115	0.120	0.125
e_2/d_1	0.434	0.471	0.526	0.594	0.666	0.742	0.823	0.907	0.995	1.088	1.184	1.285
$(e_i+e_2)/d_1$	0.504	0.546	0.606	0.679	0.756	0.837	0.923	1.012	1.105	1.203	1.304	1.410

Az e_2 értékét K_r –rel szabad szorozni

Csak a két oldalon elhelyezett vasalás esetén az e_2/d_1 értékeit meg szabad szorozni 0.92-vel.



KÖZPONTOSAN NYOMOTT OSZLOP TEHERBÍRÁSA

Központosan nyomott oszlop teherbírása az

$N_{Rd} = \varphi N_u$ összefüggésből számítható

$$N_u = f_{cd}bh + A_s|\sigma_s|$$
$$|\sigma_s| = \min\left(f_{yd};400\right)$$

összefüggésből számítható

összefüggésből számítható

$$\varphi = \begin{cases} 0{,}87 & \\ 1{,}25 - ,04(l_o/d) & l_o/d = 26 \\ 0{,}5 + 0{,}37h/600 & \end{cases}$$

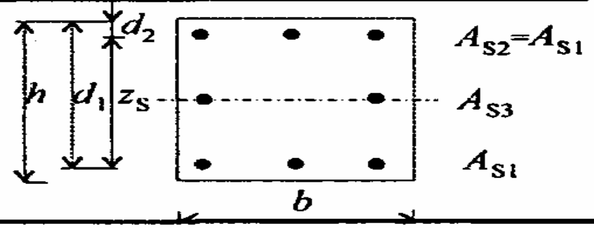
KÖZPONTOSAN NYOMOTT OSZLOP TEHERBÍRÁSA

Központosan nyomott oszlop (közelítés)

φ értéke l_o/d_1 függvényében az $N_{Rd} = \varphi N_u$ számításához ($\varphi \leq \varphi_{max}$)

c_3	l_o/d											
	0	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
7.0	0.87	0.87	0.87	0.84	0.77	0.69	0.61	0.53	0.47	0.41	0.34	0.29
6.5	0.87	0.87	0.87	0.85	0.78	0.71	0.63	0.55	0.49	0.43	0.39	0.36
6.0	0.87	0.87	0.87	0.85	0.79	0.72	0.65	0.58	0.51	0.46	0.41	0.38
5.5	0.87	0.87	0.87	0.86	0.80	0.74	0.67	0.60	0.54	0.48	0.44	0.40
5.0	0.88	0.88	0.88	0.86	0.81	0.75	0.69	0.62	0.56	0.51	0.46	0.42
4.5	0.88	0.88	0.88	0.87	0.82	0.77	0.71	0.65	0.59	0.54	0.49	0.45
4.0	0.90	0.90	0.90	0.90	0.86	0.82	0.77	0.71	0.66	0.61	0.56	0.51
3.5	0.90	0.90	0.90	0.90	0.87	0.84	0.79	0.75	0.69	0.64	0.60	0.56
3.0	0.91	0.91	0.91	0.91	0.88	0.85	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.60

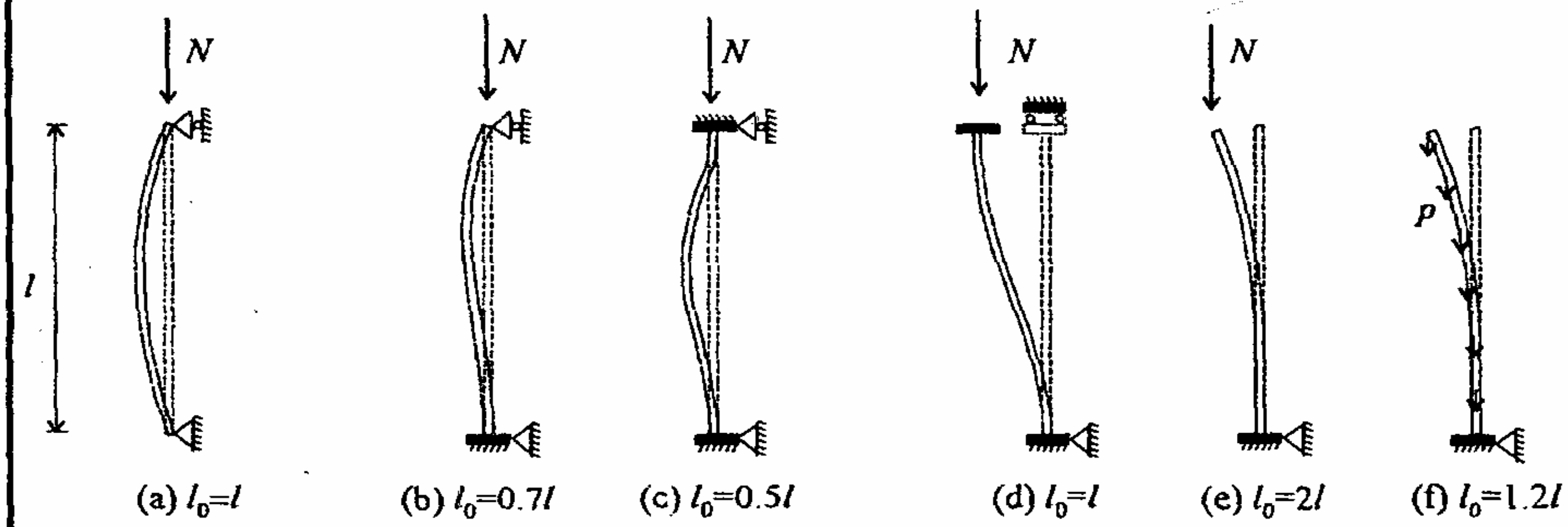
$$c_3 = \frac{d\left(bhf_{cd} + A_s f_{yd}\right)}{M_{max}} \frac{1}{d'/d_1}$$



OSZLOPOK KHAJLÁSI HOSSZA

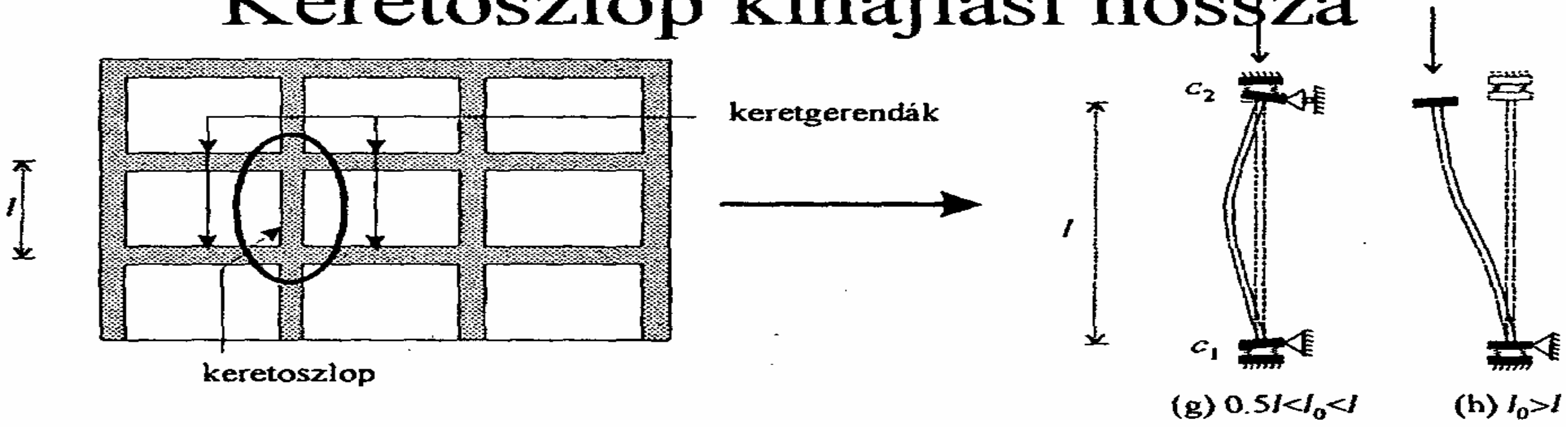
A kihajlási hossz: annak a kétcsuklós, konstans normálerővel terhelt oszlopnak a hossza, amelynek kritikus ereje (és kereszt-metszete) egyezik a vizsgált oszlopéval.

$$N_{kr} = \frac{\pi^2 EI}{l_o^2}$$



KERETBE ÉPÍTETT OSZLOPOK KHAJLÁSI HOSSZA

Keretoszlop kihajlási hossza



Nem kilendülő keret esetén (g)

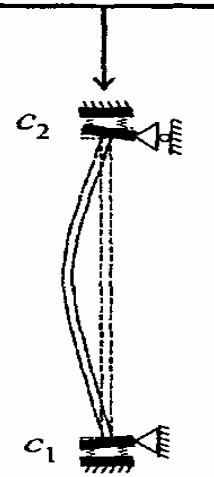
$$l_o = 0.5l\sqrt{\left(1+\frac{k_1}{0.45+k_1}\right)\left(1+\frac{k_2}{0.45+k_2}\right)}$$

Kilendülő keret esetén (h)

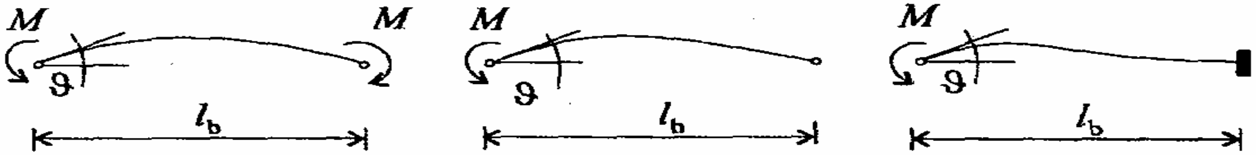
$$l_o = \max\begin{cases} l\sqrt{\left(1+10\dfrac{k_1 k_2}{k_1+k_2}\right)} \\ l\left(1+\dfrac{k_1}{1+k_1}\right)\left(1+\dfrac{k_2}{1+k_2}\right) \end{cases}$$

KERETBE ÉPÍTETT OSZLOPOK KHAJLÁSI HOSSZA

Keretoszlop kihajlási hossza



$$l_o = 0.5l\sqrt{\left(1+\frac{k_1}{0.45+k_1}\right)\left(1+\frac{k_2}{0.45+k_2}\right)}$$



$\mu = 2$ $\mu = 3$ $\mu = 4$

$$k = \frac{EI/l}{c}$$

c a stabilizáló rudak elfordulási merevségeinek összege:

$$c = \sum \mu \frac{EI_b}{l_b}$$

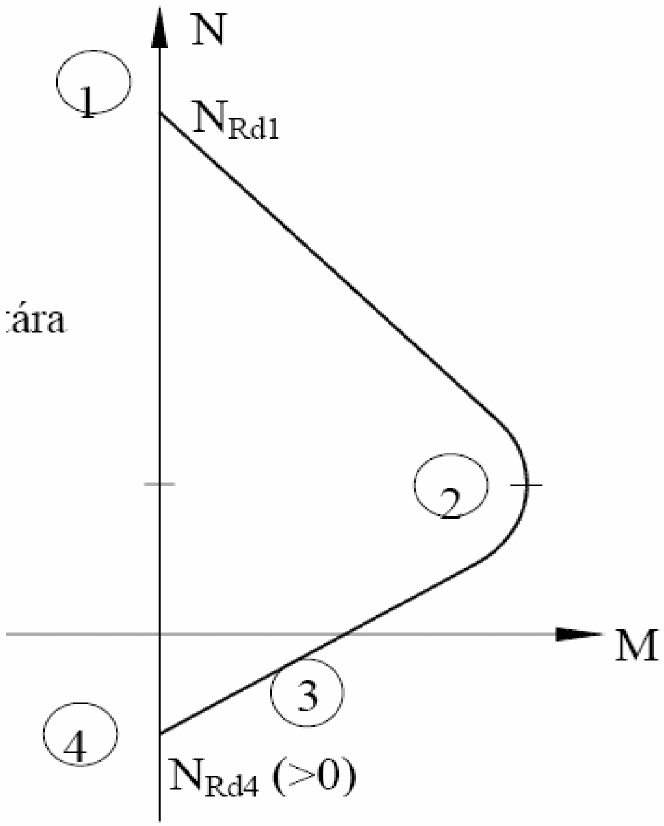
Szélső keretoszlopnál egy gerendát, közbenső keretoszlopnál két gerendát kell figyelembe venni. Ha a keretgerenda mindkét vége egy-egy kihajló oszlopot stabilizál, akkor a μ=2 esetet kell használni.

Ha a csatlakozó oszlop is részt vesz a kihajlásban, akkor EI/l-t $(EI/l)_a+(EI/l)_u$ -vel kell helyettesíteni, ahol „a" és „u" csomópont feletti és alatti oszlopra utal.

- Nyomott oszlopok
- • Az EC nem különbözteti meg a központosan és a külpontosan nyomott oszlopot.
- • A külpontosság-növekmény számításához ismerni kell a keresztmetszet vasalását és az alkalmazott beton szilárdsági osztályt is.
- • A külpontosság-növekmény számításához ismerni kell a normálerő értékét

TEHERBÍRÁSI VONAL

- Előzőleg meghatároztunk egy normálerőt (N_{Rd}) és egy hozzá tartozó külpontosságot (e_{Rd}) úgy, hohgy a keresztmetszet törési állapotban legyen. Ekkor a keresztmetszetre ható nyomaték $M_{Rd}=N_{Rd}\times e_{Rd}$
- Az így meghatározott normálerő-nyomaték párnak megfelelő pontot felrajzolhatjuk egy (M,N) koordináta rendszerben. Ha eebbe a koordinátarendszerbe minden olyan pontot felrajzolunk, amelyhez tartozó (M,N) igénybevételpár esetén a km. törési állapotban van, egy folyamatos zárt vonalat kapunk.
- Ezt a vonalat teherbírási vonalnak nevezzük.



1.) A központos nyomás esete

$M = 0, \quad \lambda x = h \qquad \varepsilon_c = \varepsilon_s = 2‰ \ (<0)$

$$N_{Rd1} = A_{c,tot} \cdot \eta \cdot f_{cd} + \sum A_{si} \cdot f'_{yd}$$

$f'_{yd} \leq 400\ N/mm^2$

2.) A kis- és nagy külpontosság határa

$\lambda x = x_{co} \approx 0{,}5\mathrm{d} \rightarrow A_{co}$ (nyomott terület)

$$N_{Rd2} = A_{co} \cdot \eta \cdot f_{cd} - \sum A_{si} \cdot \sigma_{si}$$

$$\sigma_{si} = E_s \cdot \varepsilon_{cu3} \frac{d_i - x}{x} \leq f_{yd}$$

$$M_{Rd2} = A_{co} \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot r_{co} + \sum A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot r_{si}$$

A

3.) A tiszta hajlítás esete

$$M_{Rd3} = A_c \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot r_c - \sum A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot r_{si}$$

itt A_c a vetületi egyensúly alapján:

$$-A_c \cdot \eta \cdot f_{cd} + \sum A_{si} \cdot \sigma_{si} = 0 \rightarrow x$$

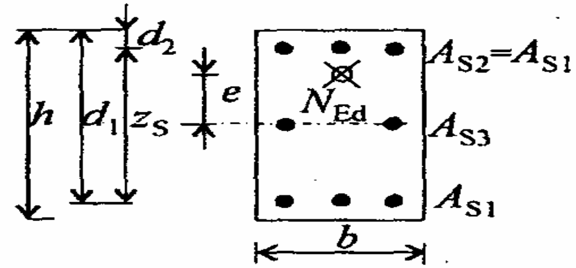
4.) A központos húzás esete

$M = 0, \quad \varepsilon_s = \varepsilon_{sy}$

$$N_{Rd4} = \sum A_{si} \cdot f_{yd} \leq f_{ctd} \left(A_{c,tot} + \alpha_e \cdot \sum A_{si} \right)$$

TEHERBÍRÁSI VONAL

Vasbeton km. külpontos nyomása – közelítő teherbírási vonal



$$N_u = f_{cd}bh + A_s|\sigma_s|$$

$$|\sigma_s| = \min\{f_{yd};400\} \quad [\text{N/mm2}]$$

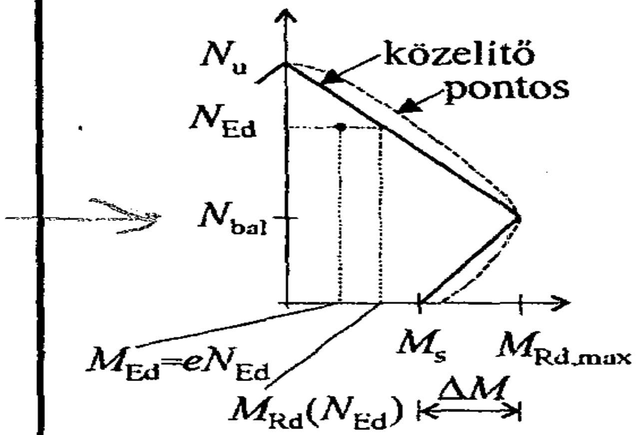
$$A_s = \sum A_{si}$$

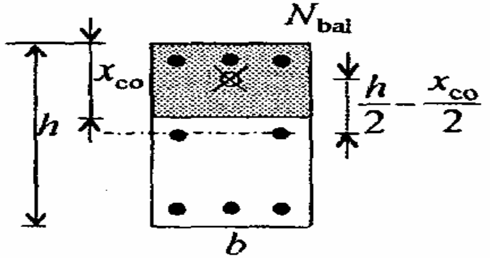
$$M_s \cong A_{s1} f_{yd} z_s$$

beton szerepének

$$N_{bal} \cong f_{cd} b x_{co} \qquad \Delta M \cong N_{bal}\left(\frac{h}{2} - \frac{x_{co}}{2}\right)$$

$$M_{Rd,max} \cong M_s + \Delta M$$





MSZ-ben:

$f_{yd} \rightarrow \sigma_{sH}$

$f_{cd} \rightarrow \sigma_{bH}$