Nyomott-hajlított keresztmetszet

Külpontosan nyomott keresztmetszet pontos számítása

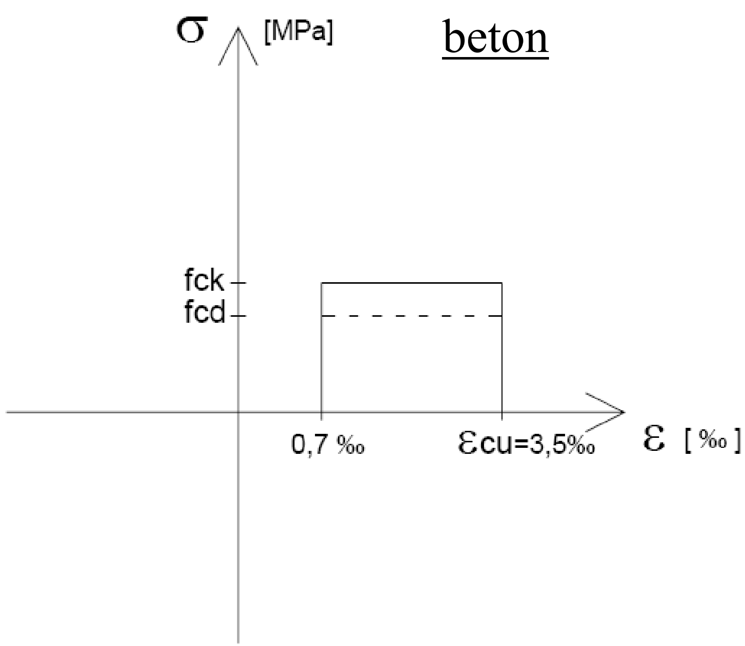
Közelítő számítás teherbírási vonal segítségével

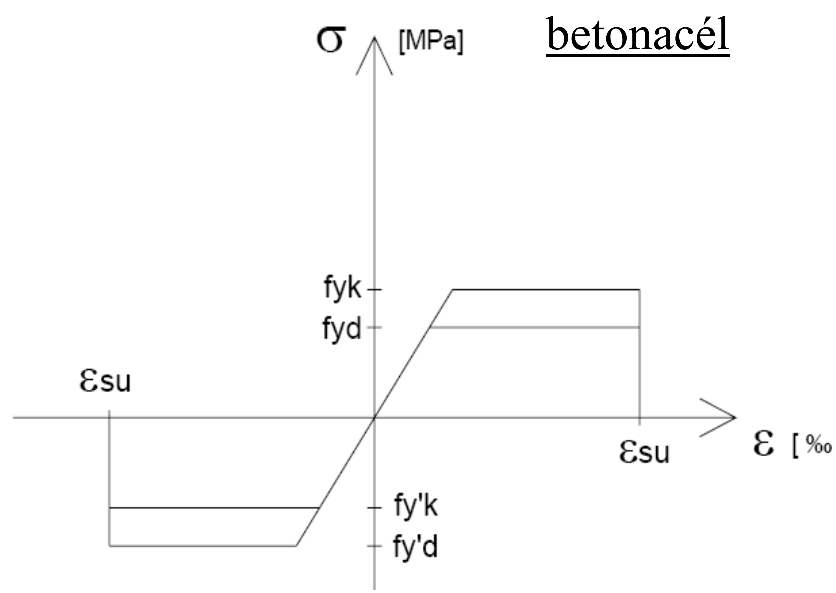
6. előadás

Pontos számítás

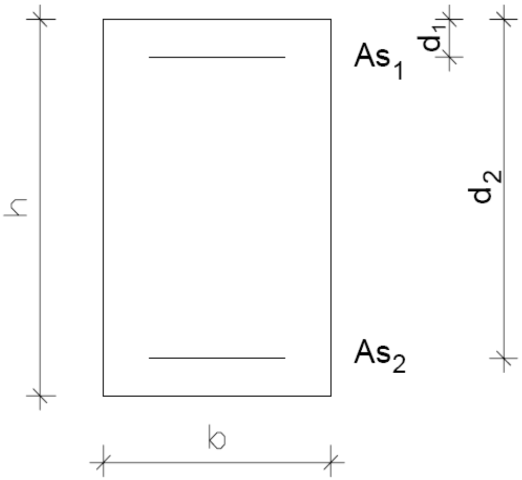
Alapfeltevések:

- Érvényes a Bernoulli-Navier hipotézis (sík keresztmetszet elve)
- A beton és a betonacél tökéletesen együttdolgozik
- Számításba vett anyagmodellek:





Egyszeresen szimmetrikus keresztmetszet számítása:



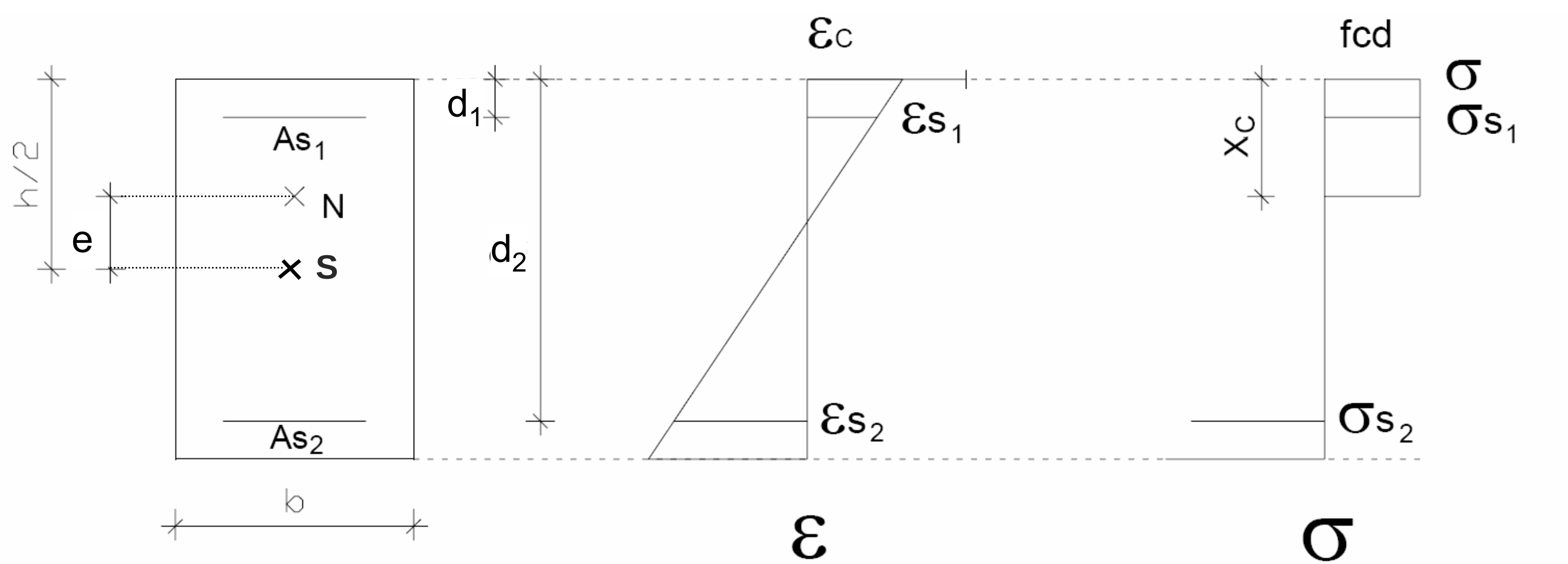
A_{s1}: nyomott acél

A_{s2}: húzott acél

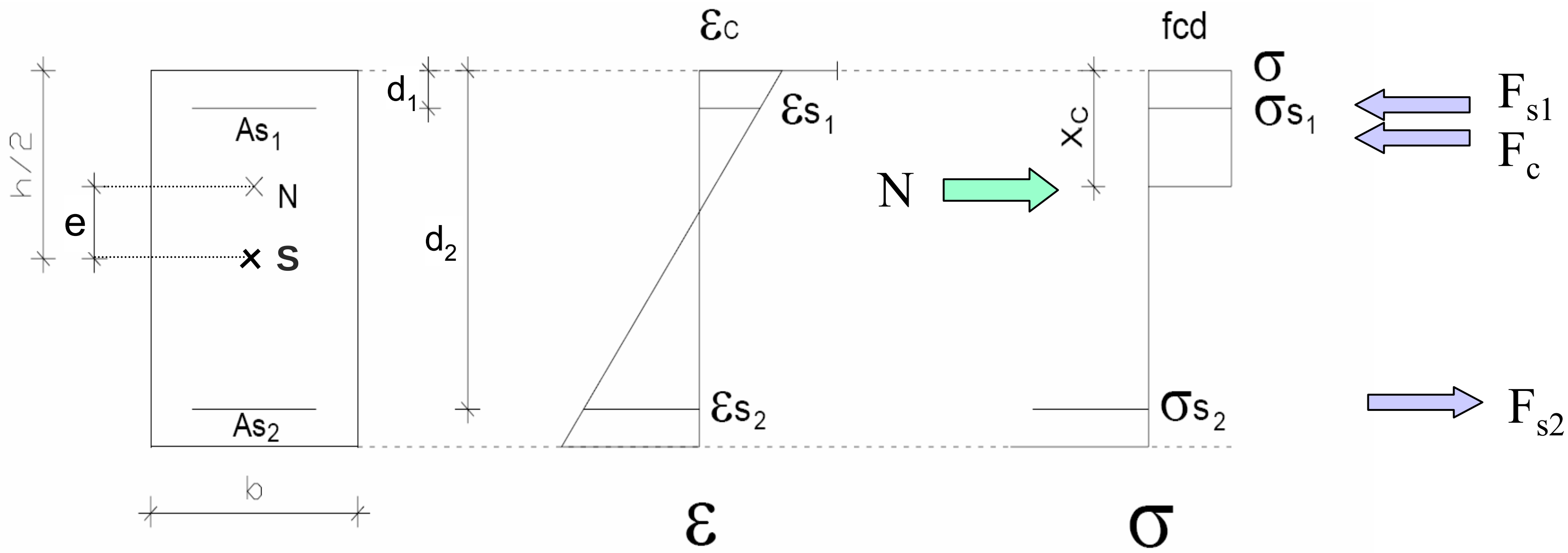
A keresztmetszetet ***N*** intenzitású ***e*** külpontosságú nyomóerő terheli, a külpontosságot a betonkeresztmetszet súlypontjától (***S***) (beton keresztmetszet geometriai középpontja) mérjük.

<u>A tönkremenetel lehetőségei:</u>

- nyomott szélső szál eléri a határ összenyomódását ($\varepsilon_c=\varepsilon_{cu}$)
- húzott betonacél eléri határnyúlását ($\varepsilon_s=\varepsilon_{su}$)



Vetületi és nyomatéki egyenlet a betonkeresztmetszet súlypontjára:



$$N = bx_c f_{cd} + A_{s1}\sigma'_{s1} - A_{s2}\sigma_{s2}$$

$$M = Ne = bx_c f_{cd}\left(\frac{h}{2} - \frac{x_c}{2}\right) + A_{s1}\sigma'_{s1}\left(\frac{h}{2} - d_1\right) + A_{s2}\sigma_{s2}\left(d - \frac{h}{2}\right)$$

A nyomott betonacélban keletkező feszültség:

$$\sigma'_{s1} = f_{yd}\text{, ha } \xi'_c = \frac{x_c}{d_1} \geq \xi'_{c0}$$

$$\sigma_{s1} = \left|\frac{560 d_1}{x_c} - 700\right|\text{, ha } \xi'_c = \frac{x_c}{d_1} < \xi'_{c0}$$

A húzott betonacélban keletkező feszültség:

$$\sigma_{s2} = f_{yd}\text{, ha } \xi_c = \frac{x_c}{d_2} \leq \xi_{c0}$$

$$\sigma_{s2} = \frac{560 d_2}{x_c} - 700\text{, ha } \xi_c = \frac{x_c}{d_2} > \xi_{c0}$$

(1) $N = bx_c f_{cd} + A_{s1}\sigma'_{s1} - A_{s2}\sigma_{s2}$

(2) $M = Ne = bx_c f_{cd}\left(\frac{h}{2} - \frac{x_c}{2}\right) + A_{s1}\sigma'_{s1}\left(\frac{h}{2} - d_1\right) + A_{s2}\sigma_{s2}\left(d - \frac{h}{2}\right)$

Megoldási lehetőségek:

A) Adott N_{Ed} normálerőhöz keressük az e_{Rd} határkülpontosságot.

1.lépés: A vetületi egyenletből (1) az x_c meghatározása.
(figyelembe véve, hogy a betonacél képlékeny vagy rugalmas állapotban van)

2.lépés: A nyomatéki egyenletből (2) az x_c behelyettesítésével a határkülpontosság ($\boldsymbol{e_{Rd}}$) meghatározása.

B) Adott e_{Ed} külpontossághoz keressük az N_{Rd} határerőt.

1.lépés: A vetületi egyenletet a nyomatéki egyenlet bal oldalába (N érték helyére behelyettesítjük, és a kapott egyenletből az x_c meghatározása.
(figyelembe véve, hogy a betonacél képlékeny vagy rugalmas állapotban van)
(megj: ha a betonacél rugalmas állapotban van az egyenlet harmadfokú)

2.lépés: A vetületi egyenletbe az x_c behelyettesítésével a határerő ($\boldsymbol{N_{Rd}}$) meghatározása.

Közelítő számítás teherbírási vonal segítségével

Teherbírási vonal: A keresztmetszet N_R és M_R határigénybevétel párjainak ábrázolása az (N,M) koordináta rendszerben.

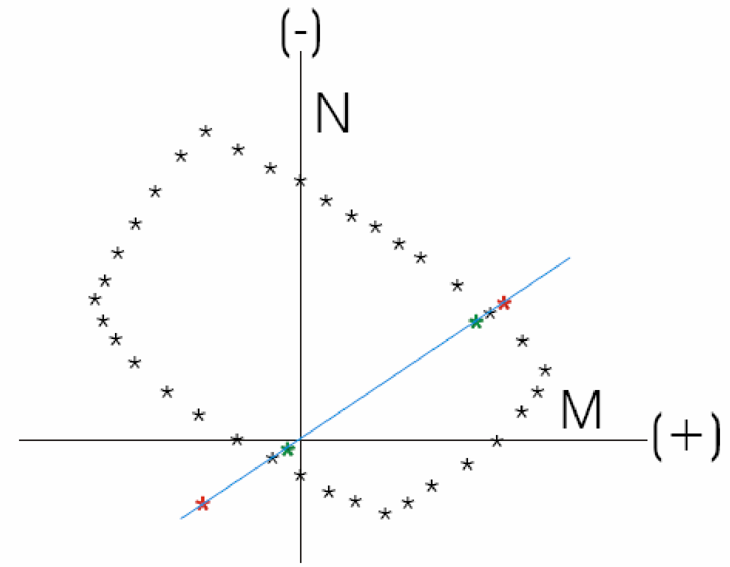
Jellemzői:

- Az egyes N_R és M_R határigénybevétel párok az x_c nyomott betonöv magasság különböző értékeihez tartoznak.

- Az M-N koordinátasík azonos sugáron fekvő pontjaihoz azonos külpontosság és változó nagyságú normálerő tartozik, ennek a teherbírás határához tartozó értékét az a pont jelöli ki, ahol a sugár elmetszi a görbét (két ilyen pont van, az egyikhez nyomóerő a másikhoz húzóerő tartozik)

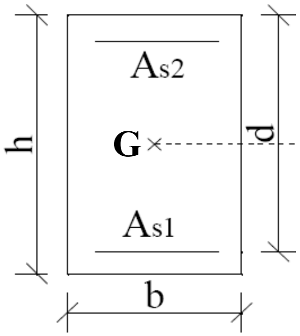
- A keresztmetszet az adott N_{Ed} és M_{Ed} igénybevétel párra megfelel, ha az (N,M) koordináta rendszerben ábrázolva a teherbírási vonalon, vagy azon belül helyezkedik el.

Teherbírási vonal a geometriai középpontra felírva



A teherbírási vonal megadható az alábbi jellegzetes pontokkal:

(A **G** geometriai középpontra felírva)



1. pont: A maximális nyomóerőhöz tartozó pont

2. pont: Az A_{s1} jelű húzott acélbetét nyúlása zérus

3. pont: A maximális nyomatékhoz tartozó pont

4. pont: Tiszta hajlítás (N=0) +M

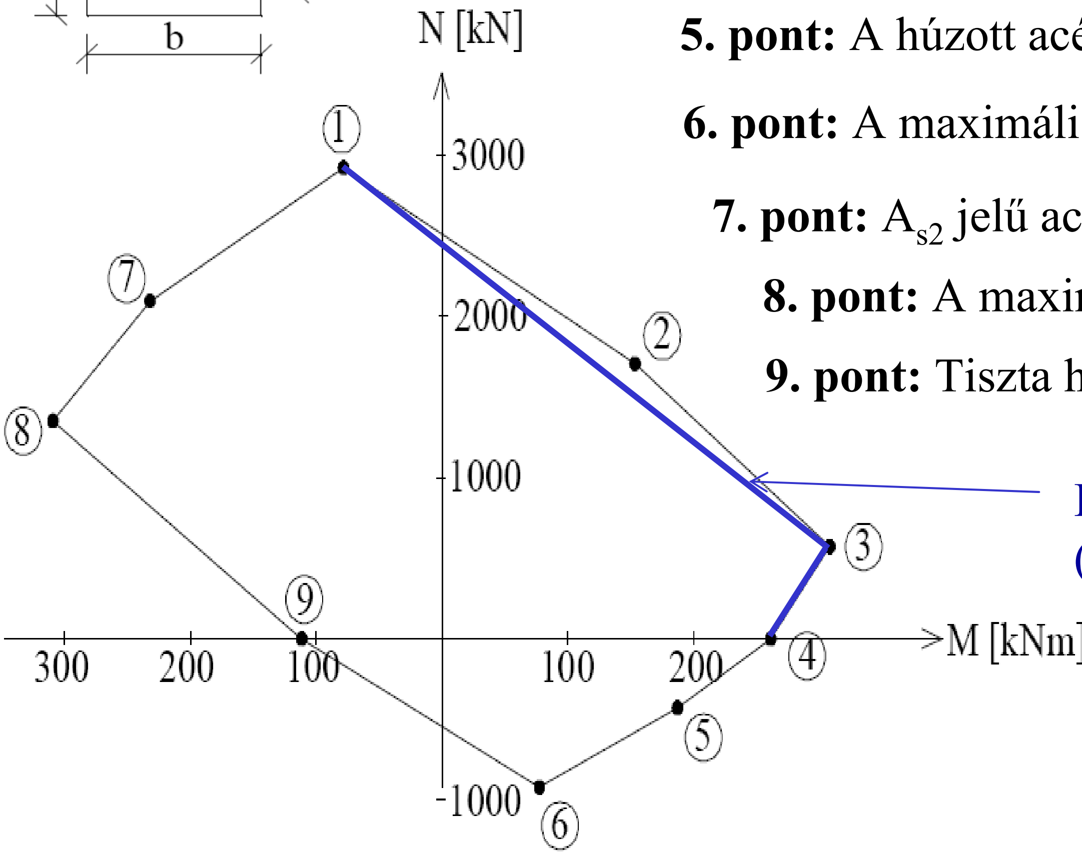
5. pont: A húzott acélbetét eléri a határnyúlása értékét

6. pont: A maximális húzóerőhöz tartozó pont

7. pont: A_{s2} jelű acélbetét nyúlása zérus

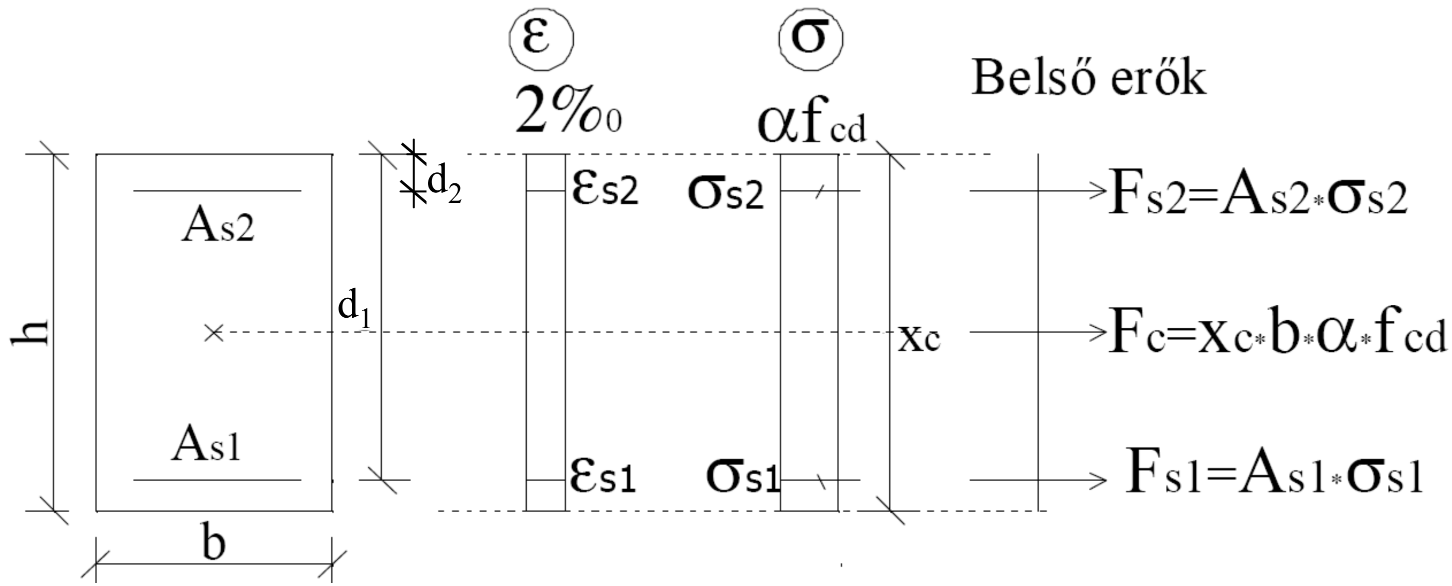
8. pont: A maximális negatív nyomatékhoz tartozó pont

9. pont: Tiszta hajlítás (N=0) -M



Egyszerűsített teherbírási vonal
(1., 3., 4. pontok)

A teherbírási vonal 1. pontja: a maximális nyomóerőhöz tartozó pont *(központos nyomás)*



Központos nyomás esetén a beton összenyomódása nem lehet több ε_{cu}=2‰-nél.

A nyomatéki egyenletet a <u>geometriai középpontra</u> írjuk fel.

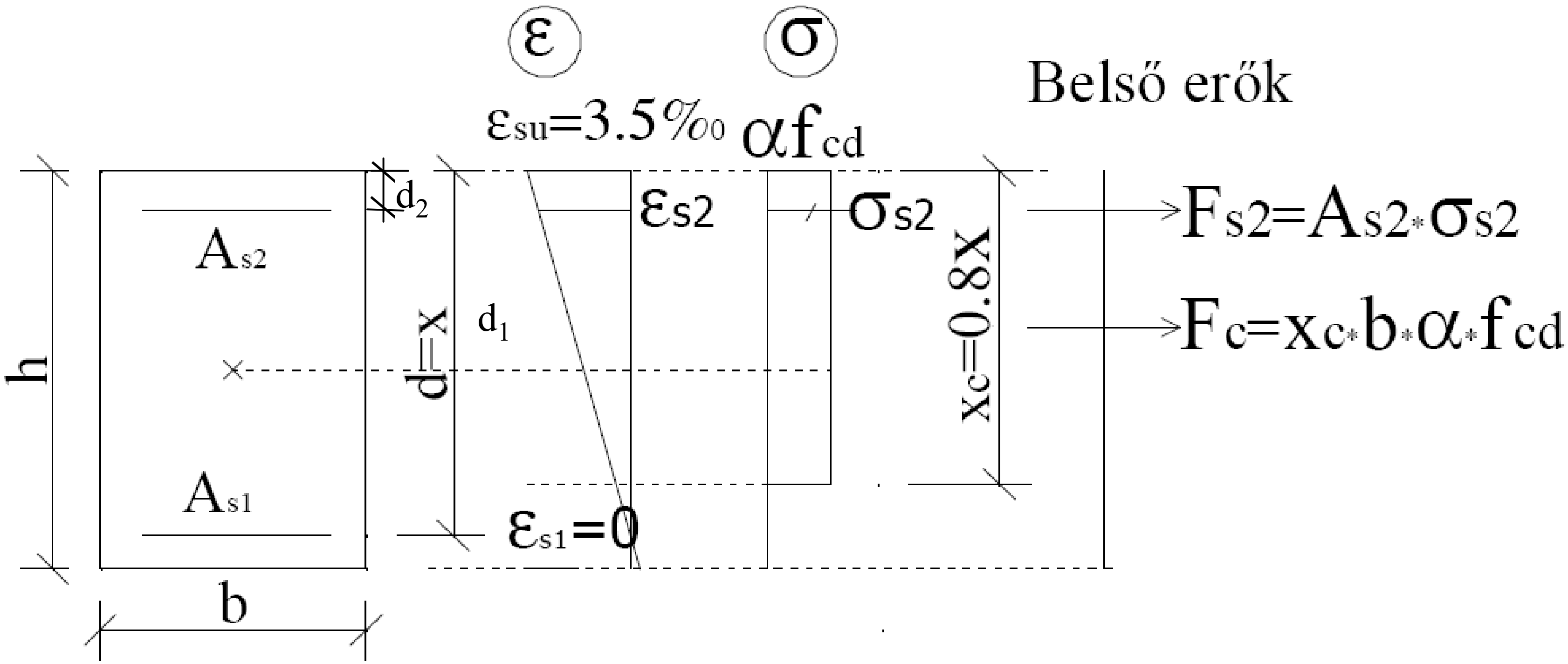
$$N_{Rd.1} := b \cdot h \cdot \alpha \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \sigma_{s1} + A_{s2} \cdot \sigma_{s2}$$

$$M_{Rd.1} := A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \left(\frac{h}{2} - d_2 \right) - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} \left(d_1 - \frac{h}{2} \right)$$

$\sigma_{si} = f_{yd}$, ha $E_s \varepsilon_{cu} \geq f_{yd}$

$\sigma_{si} = E_s \varepsilon_{cu}$, ha $E_s \varepsilon_{cu} < f_{yd}$

***A teherbírási vonal 2. pontja**: az A_{s1} jelű húzott acélbetét nyúlása zérus (az A_{s2} nyomott)*

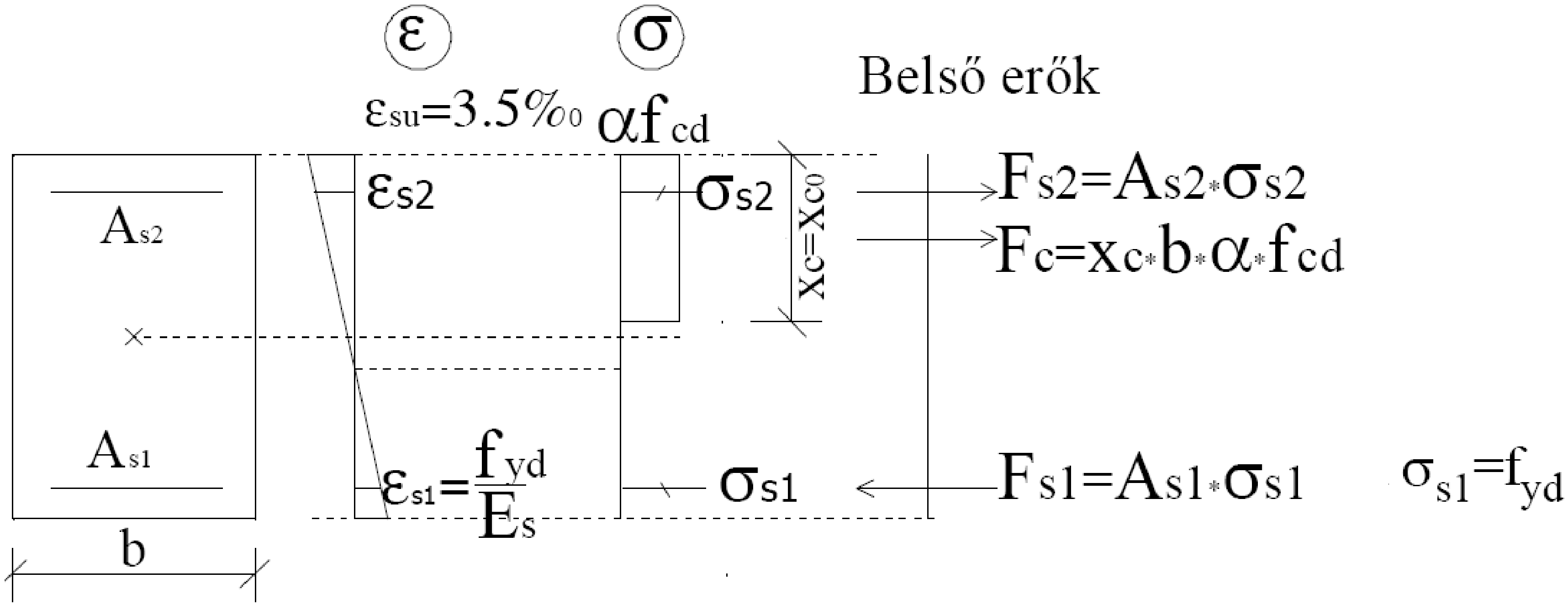


$$N_{Rd.2} := b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot f_{yd}$$

(a nyomott acél megfolyását vizsgálni kell!)

$$M_{Rd.2} := A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right) + b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{x_c}{2} \right)$$

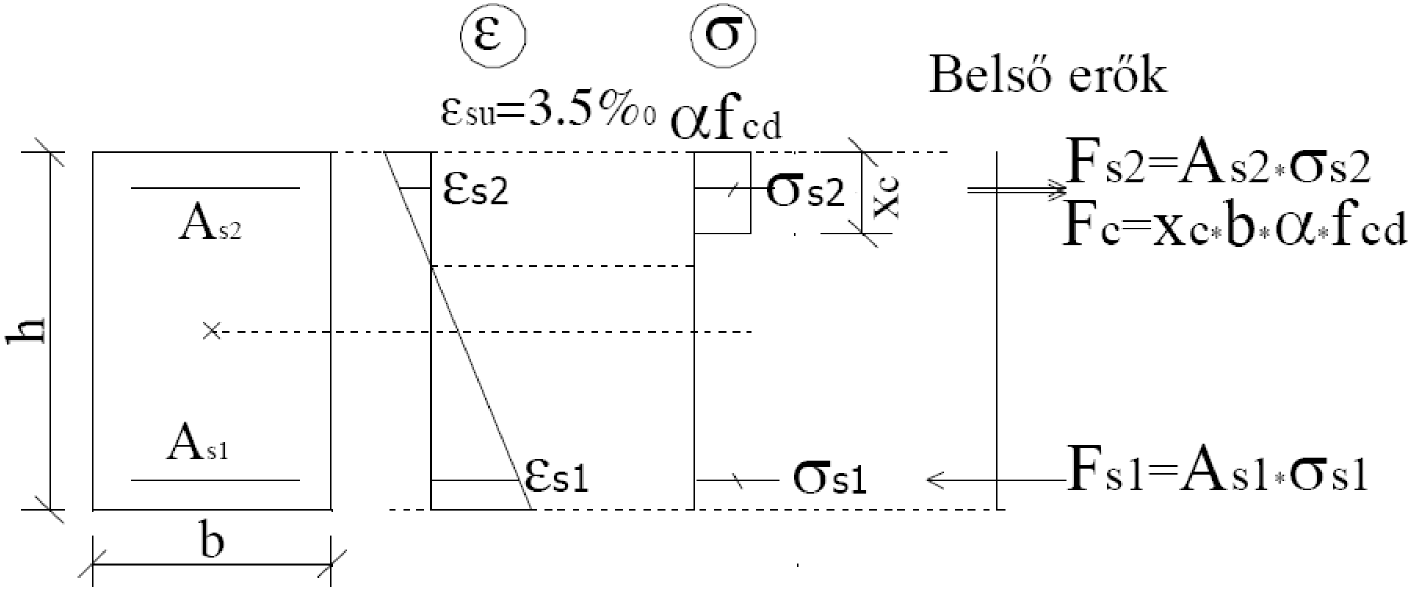
A teherbírási vonal 3. Pontja. *A maximális nyomatékhoz tartozó pont. (az A_{s1} jelű acélbetét húzott, az A_{s2} nyomott)*



$$N_{Rd.3} := b \cdot x_{c0} \cdot \alpha \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot f_{yd} - A_{s1} \cdot f_{yd}$$ (a nyomott acél megfolyását vizsgálni kell!)

$$M_{Rd.3} := b \cdot x_{c0} \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{x_{c0}}{2} \right) + A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right) + A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot \left(d_1 - \frac{h}{2} \right)$$

***A teherbírási vonal 4. pontja*:** Tiszta hajlítás (N=0). *(az A_{s1} jelű acélbetét húzott, az A_{s2} nyomott)*



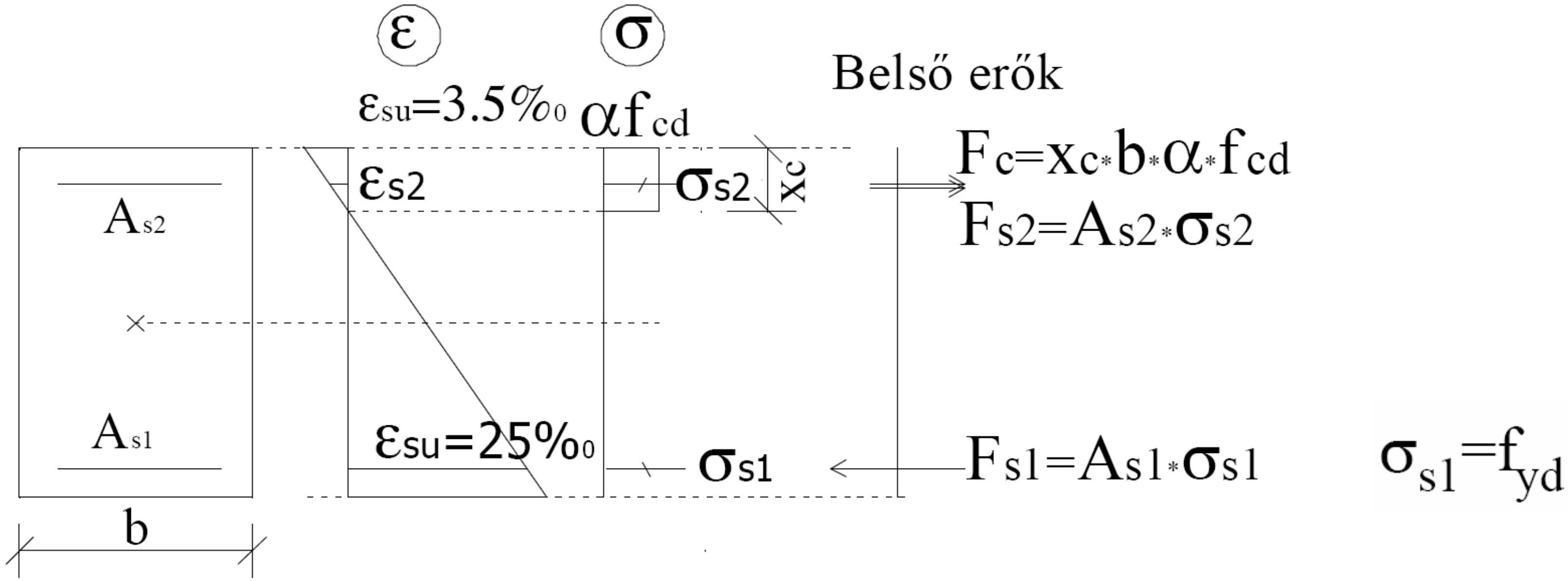
Vetületi egyensúlyi egyenlet: $0 = b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot f_{yd} - A_{s1} \cdot f_{yd} \Rightarrow x_c$

(a húzott és nyomott acél megfolyását vizsgálni kell)

$$N_{Rd.4} := b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot f_{yd} - A_{s1} \cdot f_{yd} \qquad N_{Rd} = 0$$

$$M_{Rd.4} := b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{x_c}{2}\right) + A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2\right) + A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot \left(d_1 - \frac{h}{2}\right)$$

A teherbírási vonal 5. pontja: A húzott acélbetét eléri a határnyúlása értékét *(az A_{s1} jelű acélbetét húzott, az A_{s2} nyomott)*



$$\frac{1.25\cdot x_c}{3.5\cdot ‰} = \frac{d_1 - 1.25\cdot x_c}{25\cdot ‰} \quad \Rightarrow \quad x_c$$

(az ábrából aránypár segítségével)

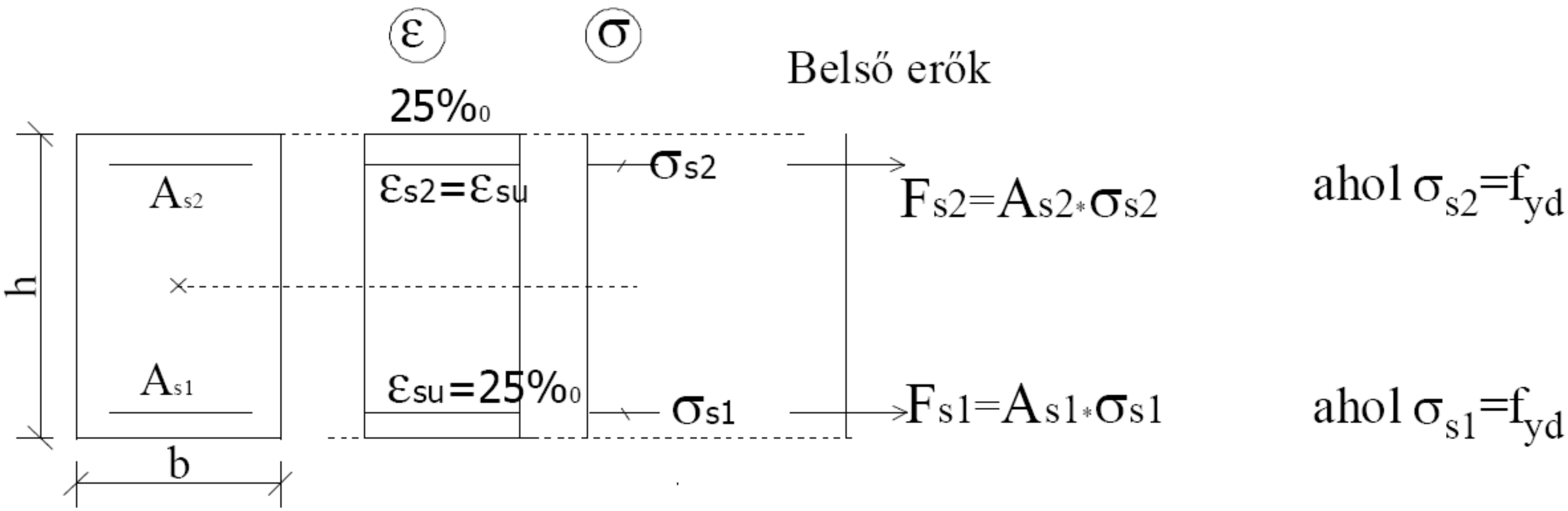
(a húzott és nyomott acél megfolyását vizsgálni kell) $\sigma'_s := 700 - \frac{560}{\xi'_c}$ (ha a nyomott acél rugalmas)

$$N_{Rd.5} := b\cdot x_c\cdot\alpha\cdot f_{cd} + A_{s2}\cdot\sigma'_s - A_{s1}\cdot f_{yd}$$

$$M_{Rd.5} := b\cdot x_c\cdot\alpha\cdot f_{cd}\cdot\left(\frac{h}{2} - \frac{x_c}{2}\right) + A_{s2}\cdot\left|\sigma'_s\right|\cdot\left(\frac{h}{2} - d_2\right) + A_{s1}\cdot f_{yd}\cdot\left(d_1 - \frac{h}{2}\right)$$

A teherbírási vonal 6. pontja: Mindkét oldali acélbetétek húzottak és folynak.

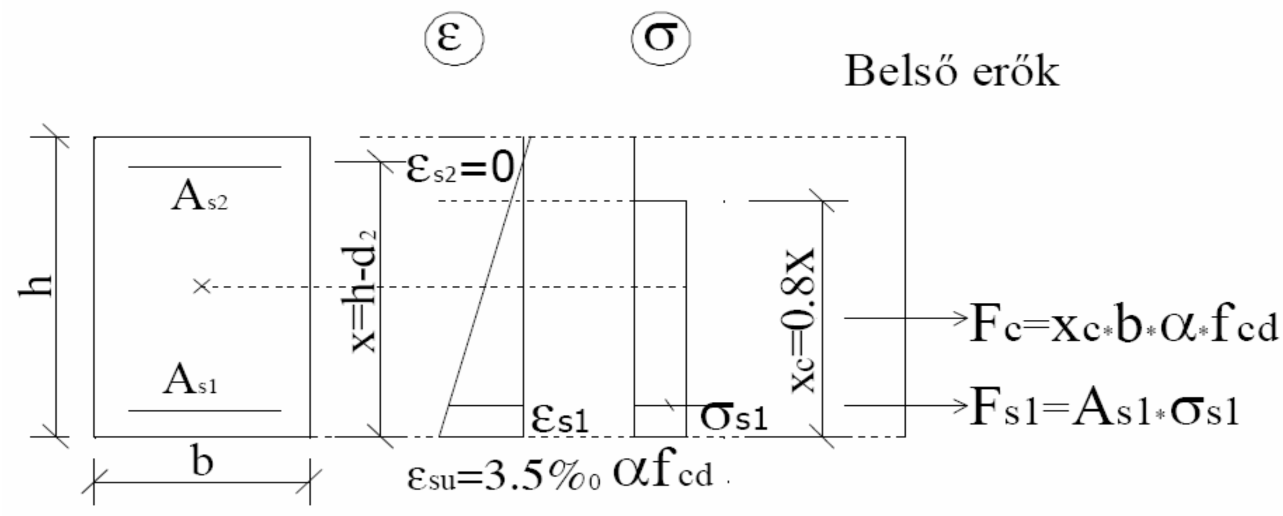
(A teljes beton km húzott, nem vesz fel erőt)



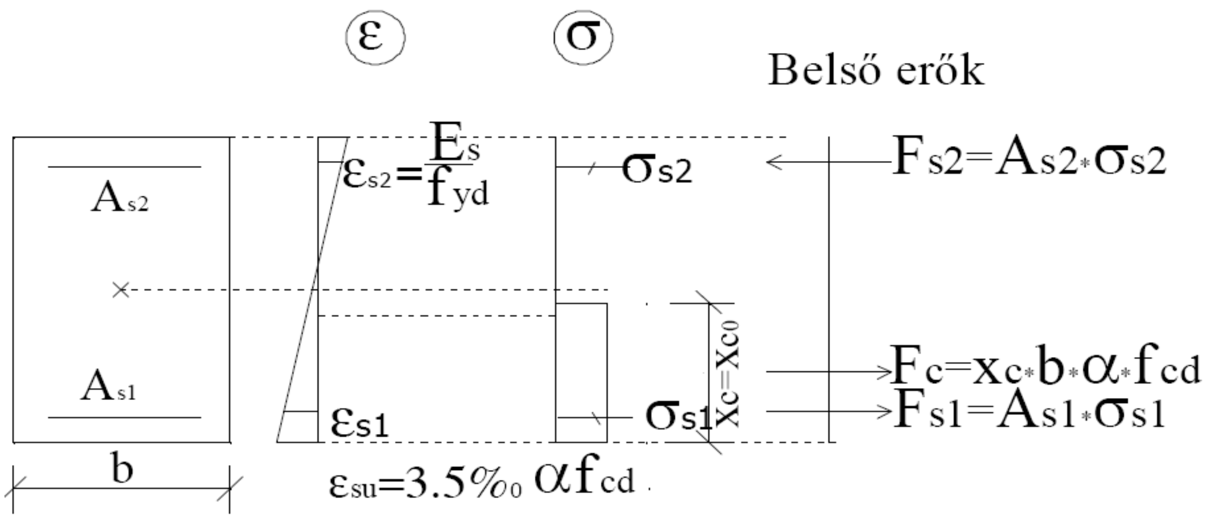
$$N_{Rd.6} := \left(A_{s2} + A_{s1}\right)\cdot -f_{yd}$$

$$M_{Rd.6} := -A_{s2}\cdot f_{yd}\cdot\left(\frac{h}{2} - d_2\right) + A_{s1}\cdot f_{yd}\cdot\left(d_1 - \frac{h}{2}\right)$$

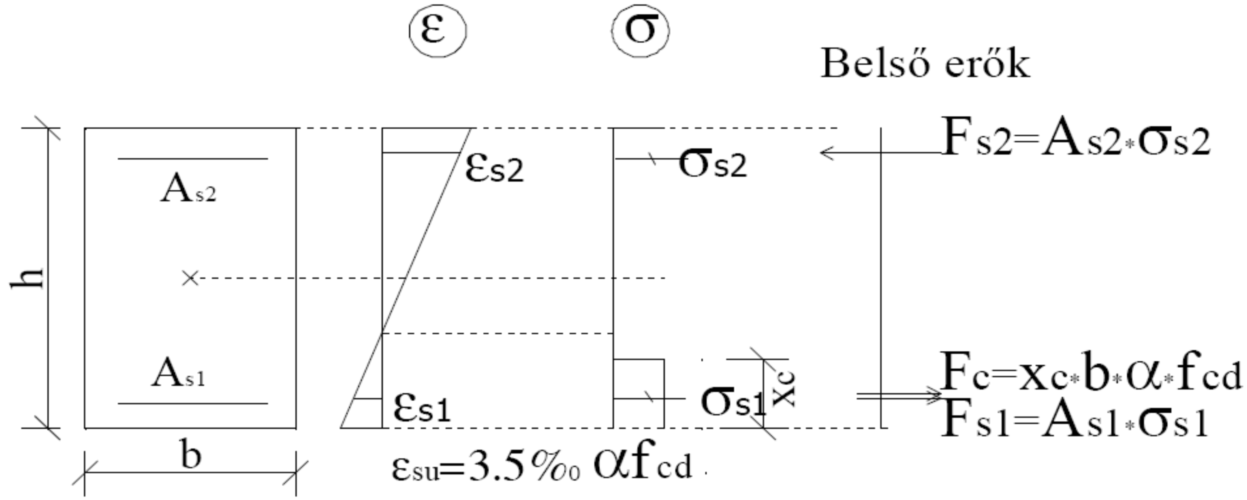
A teherbírási vonal 7. pontja*: A_{s2} jelű acélbetét nyúlása zérus, az alsó szélső szál összemorzsolódik (az A_{s1} jelű acélbetét nyomott)*

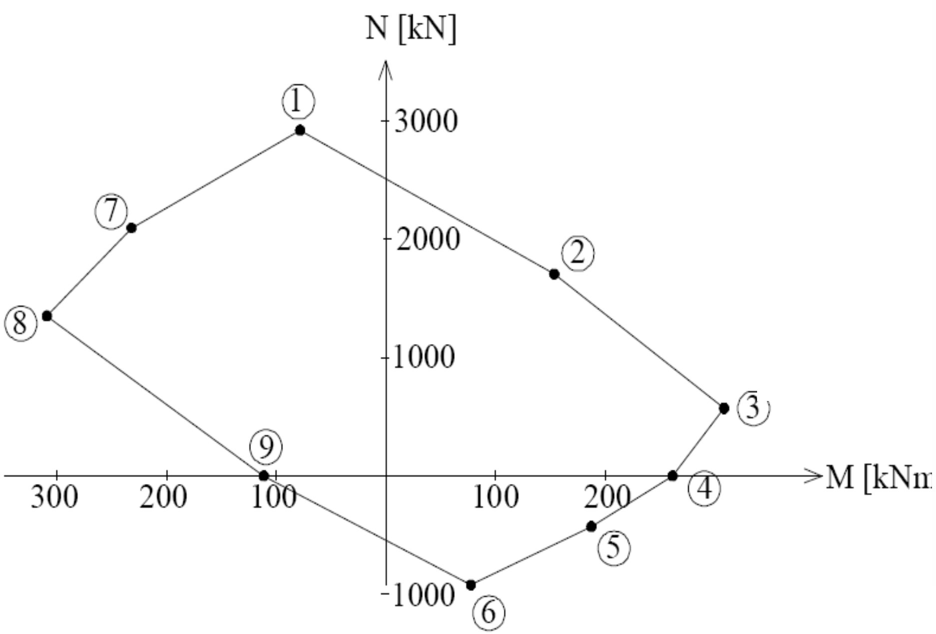


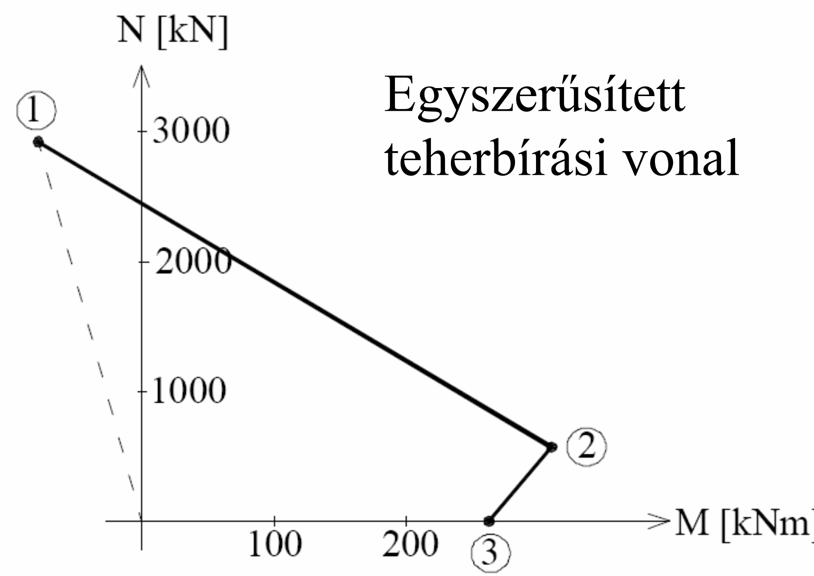
A teherbírási vonal 8. pontja: A maximális negatív nyomatékhoz tartozó pont *(az A_{s1} jelű nyomott acélbetétek és húzottak lesznek az A_{s2})*

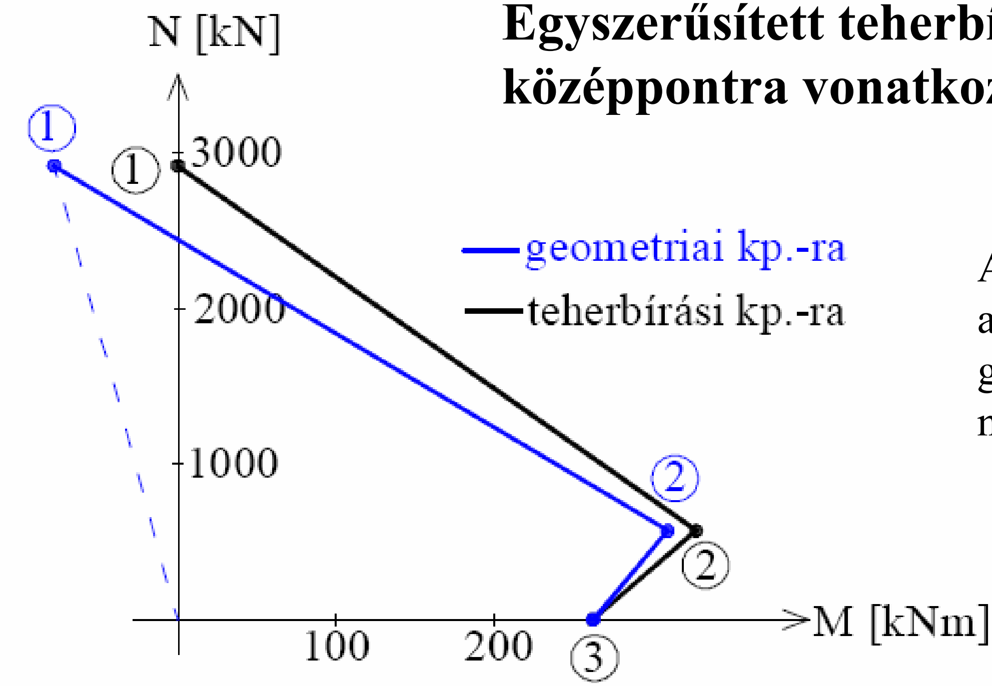


A teherbírási vonal 9.pontja: Tiszta hajlítás (N=0) *(az A_{s2} jelű acélbetét húzott, az A_{s1} nyomott)*







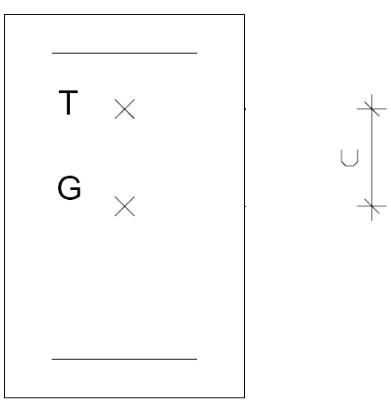


Egyszerűsített teherbírási vonal a teherbírási középpontra vonatkoztatva

A normálerő értékek a mindkét esetben azonosak, a nyomatéki értékeket (M^T) a geometriai középpontra felírt nyomatékokból (M) a

$$M^T = M - Nc$$

A teherbírási középpont (T) távolsága (c) a geometriai középponttól (G)



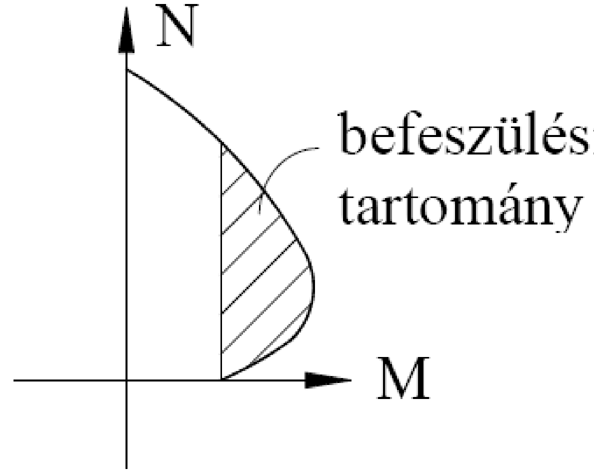
$$c = \frac{M_{Rd1}}{N_{Rd1}} = \frac{A_{s1}\sigma_s\left(\frac{h}{2} - d_1\right) - A_{s2}\sigma_s\left(d_2 - \frac{h}{2}\right)}{bhf_{cd} + \left(A_{s1} + A_{s2}\right)\sigma_s}.$$

$$\sigma_{si} = f_{yd}, \text{ ha } E_s\varepsilon_{cu} \geq f_{yd}$$

$$\sigma_{si} = E_s\varepsilon_{cu}, \text{ ha } E_s\varepsilon_{cu} < f_{yd}\,.$$

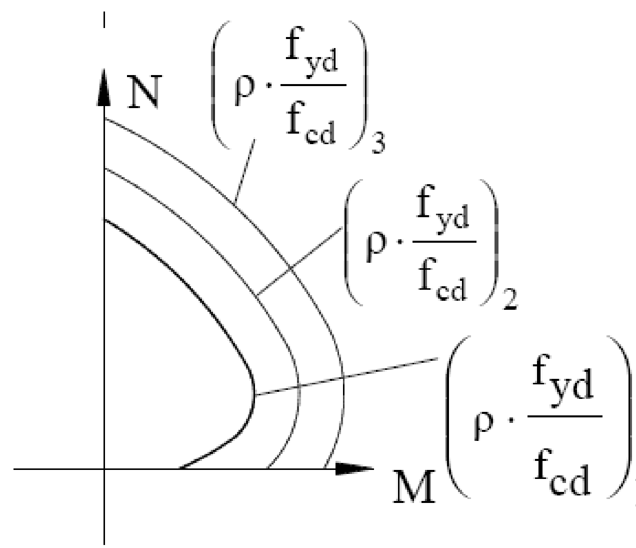
A teherbírási vonal jellegzetességei:

- A nyomó normálerő bizonyos tartományban kedvezően befolyásolja a nyomatéki teherbírást.

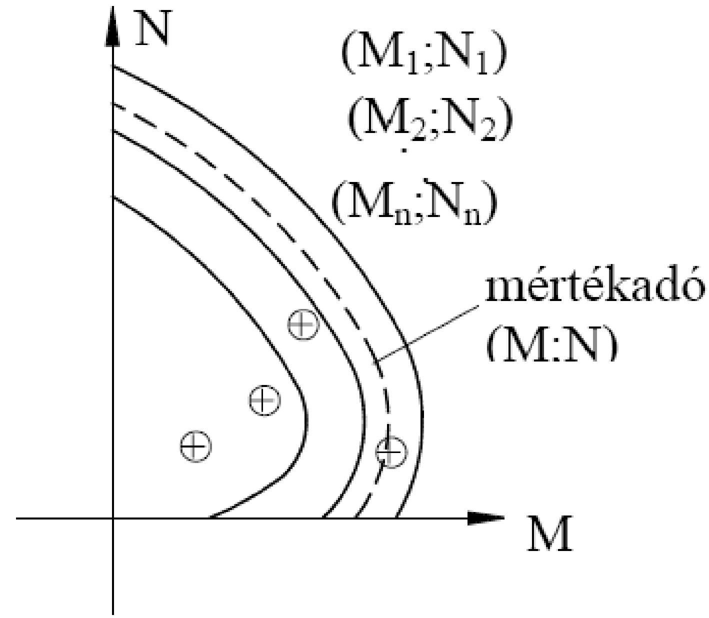


- Minél nagyobb a $\rho \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$ vasalás erősség, annál nagyobb a teherbírási vonal és az (M, N) koordináta tengelyek által bezárt terület.

$$\left(\rho \frac{f_{yd}}{f_{cd}}\right)_1 < \left(\rho \frac{f_{yd}}{f_{cd}}\right)_2 < \left(\rho \frac{f_{yd}}{f_{cd}}\right)_3$$

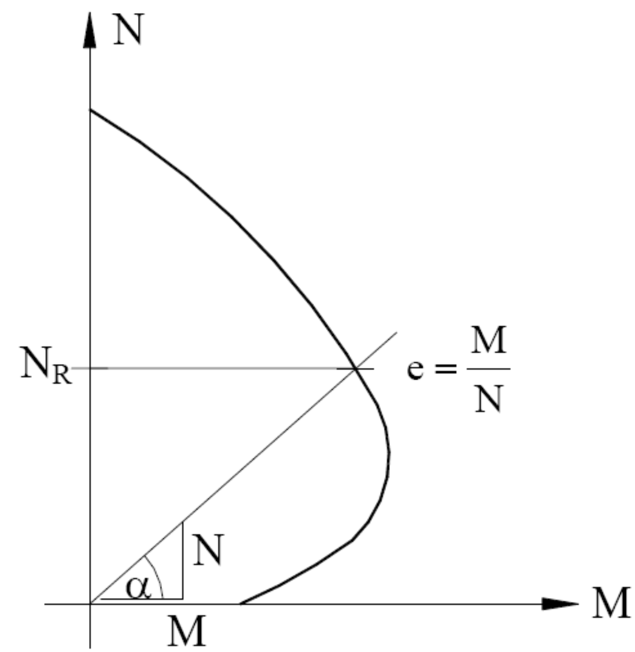


- Több összetartozó (M, N) értékpár esetén az a mértékadó, amelyre a legnagyobb vasaláserősségű teherbírási vonal rendelhető.

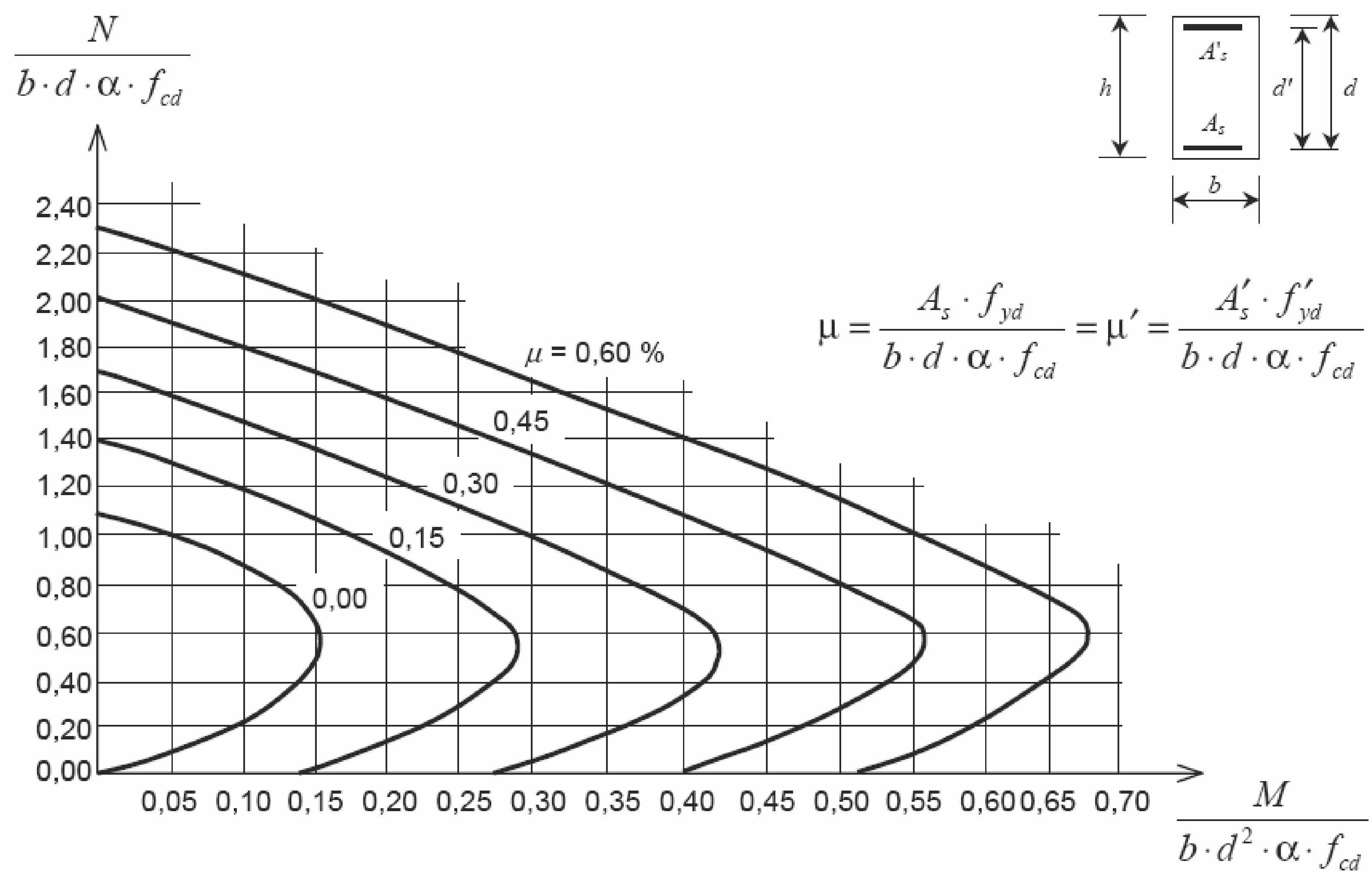


- Adott *e=M/N* külpontosságnak az (M,N) koordináta rendszerben egy ferde egyenes felel meg.

- Az adott *e* mértékadó külpontossághoz az N_R teherbírást a metszéspont ordinátája szolgáltatja.



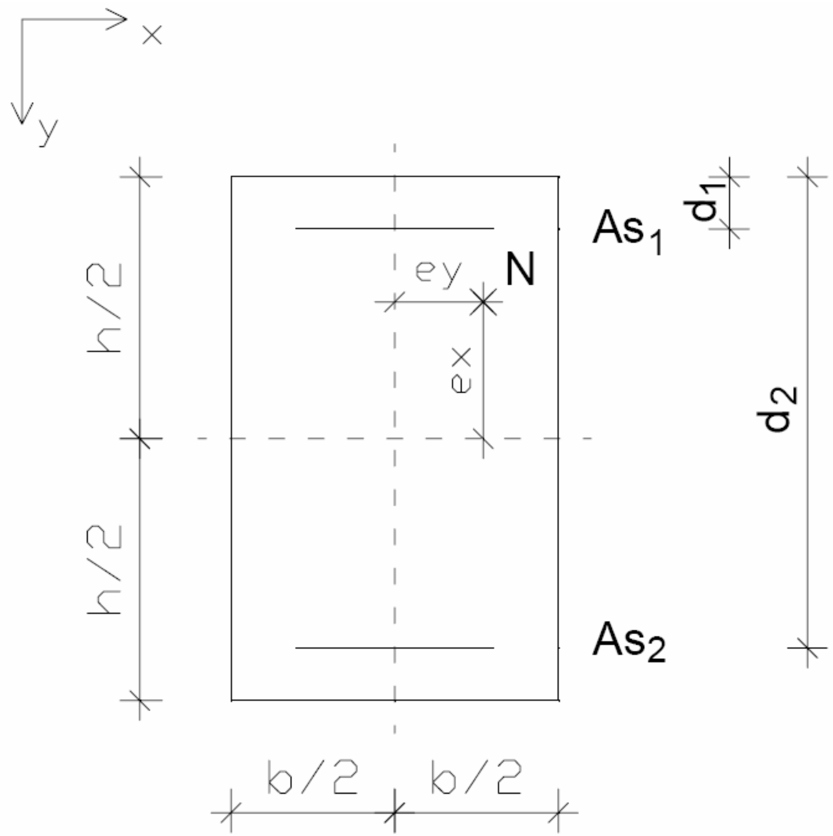
- A teherbírási vonalak „paraméteres” formában is megadhatók.

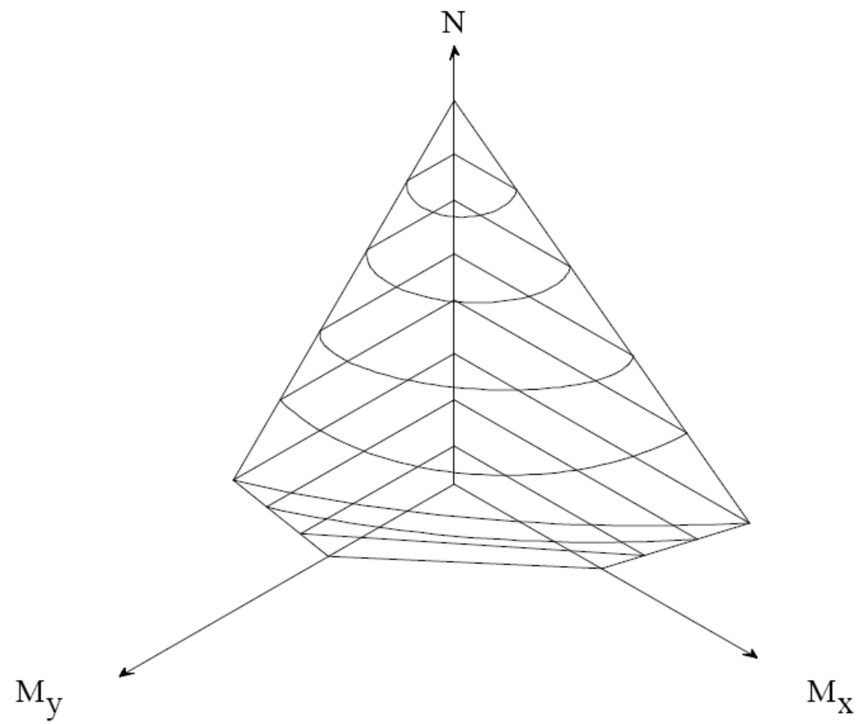


Szimmetrikus vasalású négyszög keresztmetszet teherbírási vonala

A teherbírási felület alkalmazása ferde külpontos nyomás esetén

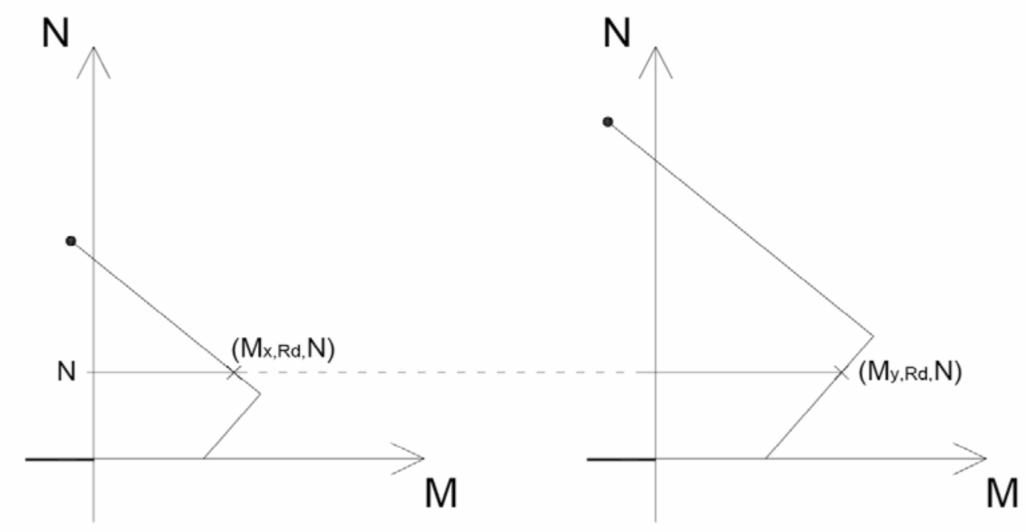
A teherbírási felületek alkalmazásával eldönthető, hogy egy N nagyságú e_x és e_z külpontosságú nyomóerőt képes-e elviselni az adott keresztmetszet.





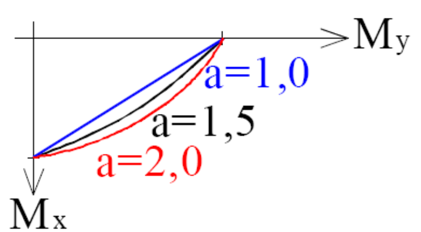
Az ellenőrzés menete:

- Először meg kell határozni mindkét irányban az egyszerűsített teherbírási vonalat, azzal a feltételezéssel, hogy N erőhöz tartozó e_y külpontosság, majd az e_x külpontosság zérus, így számítható az adott N normálerőhöz tartozó határnyomaték értékek (M_{xRd} és M_{yRd}).



- A keresztmetszet megfelelő teherbírású, ha az $M_{x,Ed} = N \cdot e_x$ és $M_{y,Ed} = N \cdot e_y$ nyomatékok a M_{xRd} és M_{yRd} pontokra illeszkedő görbén belül vannak, ami a következő egyenlőtlenséggel fogalmazható meg:

$$\left(\frac{M_{x,Ed}}{M_{xRd}}\right)^a + \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{yRd}}\right)^a \leq 1$$



N_{Ed}/N_{Rd}	0,1	0,7	1,0
a	1,0	1,5	2,0

A köztes értékek között lineáris interpoláció használható.