2. mintapélda

Öszvér keresztmetszetű oszlop ellenőrzése egyszerűsített interakciós görbe alapján

Tartószerkezet-rekonstrukciós Szakmérnöki Képzés a BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszéken

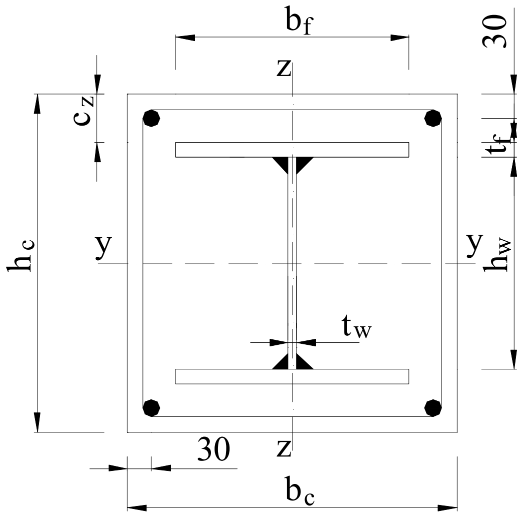
Dr. Kovács Nauzika
egyetemi docens
BME, Hidak és Szerkezetek Tanszék

2016.

A hivatkozások: Dr. Kovács Nauzika: *Öszvérszerkezetek Tartószerkezeti Rekonstrukciós Szakmérnöki Képzés* jegyzetre vonatkoznak.

1. A számítás alapjául szolgáló adatok

A feladat az alábbi ábrán szereplő öszvér oszlop egyszerűsített teherbírási vonalának meghatározása és ez alapján a keresztmetszet ellenőrzése. Az öszvér oszlop teljesen körbebetonozott hegesztett I-szelvényű 12mm hosszvasalással az oszlop négy sarkában.



$N_{Ed} := 2000kN$

$M_{Ed} := 200kNm$

$\phi := 12mm$

$b_f := 200mm \quad t_f := 20mm$

$h_w := 160mm \quad t_w := 10mm$

$h_c := 300mm$

$b_c := 300mm$

$A_a := 2 \cdot b_f \cdot t_f + h_w \cdot t_w = 9600 \cdot mm^2$

Szerkezeti acél: S355

$f_y := 35.5 \frac{kN}{cm^2} \qquad E_a := 210000 \frac{N}{mm^2}$

Beton: C25/30

$f_{cd} := 1.67 \frac{kN}{cm^2} \qquad E_{cm} := 31000 \frac{N}{mm^2}$

$\alpha := 0.85$ teljesen körbebetonozott szelvény

Betonacél: S500

$f_{sd} := 43.48 \frac{kN}{cm^2} \qquad E_s := 210000 \frac{N}{mm^2}$

2. Szerkesztési szabályok ellenőrzése - *lásd 9.2 szakasz*

Betonfedés:

$c_z := 50mm$

$c_{zmin} := \min\left(40mm, \frac{b_f}{6}\right) = 33.333 \cdot mm$

$c_{zmax} := 0.3 \cdot \left(t_f \cdot 2 + h_w\right) = 60 \cdot mm$

$c_{ymax} := 0.4 \cdot b_f = 80 \cdot mm$

betonfedés_min := if$\left(c_z \geq c_{zmin}\right.$, "Megfelel" , "Nem felel meg"$\left.\right)$ = "Megfelel"

betonfedés_maxZ := if$\left(c_{zmax} \geq 50mm\right.$, "Megfelel" , "Nem felel meg"$\left.\right)$ = "Megfelel"

betonfedés_maxY := if$\left(c_{ymax} \geq 50mm\right.$, "Megfelel" , "Nem felel meg"$\left.\right)$ = "Megfelel"

Hosszirányú vasalás:

$$A_s := \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = 113.097 \cdot mm^2$$

$$A_c := h_c \cdot b_c - 4A_s - A_a = 79947.611 \cdot mm^2$$

$$\text{hosszvas\_max} := \text{if}\left(4A_s \le 0.06 \cdot A_c, \text{"Megfelel"}, \text{"Nem felel meg"}\right) = \text{"Megfelel"}$$

$$\text{hosszvas\_min} := \text{if}\left(4A_s \ge 0.003 \cdot A_c, \text{"Megfelel"}, \text{"Nem felel meg"}\right) = \text{"Megfelel"}$$

Acél km. teherviselési hányada:

$$A_a = 9600 \cdot mm^2$$

$$A_a \cdot f_y = 3408 \cdot kN$$

$$N_{plRd} := A_a \cdot f_y + 0.85 \cdot A_c \cdot f_{cd} + 4A_s \cdot f_{sd} = 4739.555 \cdot kN$$

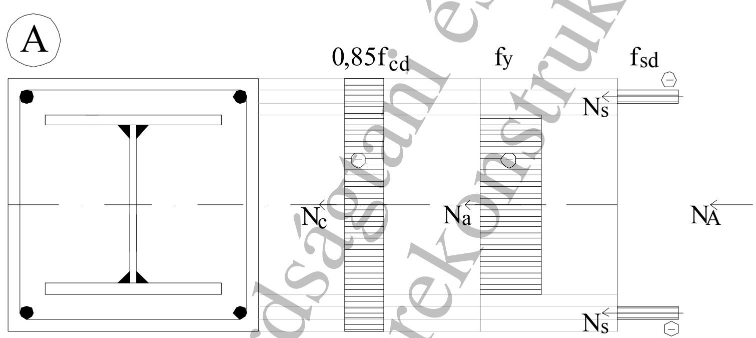
$$\delta := \frac{A_a \cdot f_y}{N_{plRd}} = 0.719$$

$$\text{teherviselési\_hányad\_min} := \text{if}(\delta \ge 0.2, \text{"Megfelel"}, \text{"Nem felel meg"}) = \text{"Megfelel"}$$

$$\text{teherviselési\_hányad\_max} := \text{if}(\delta \le 0.9, \text{"Megfelel"}, \text{"Nem felel meg"}) = \text{"Megfelel"}$$

3. Egyszerűsített teherbírási vonal számítása *lásd 9.3.4 szakasz*

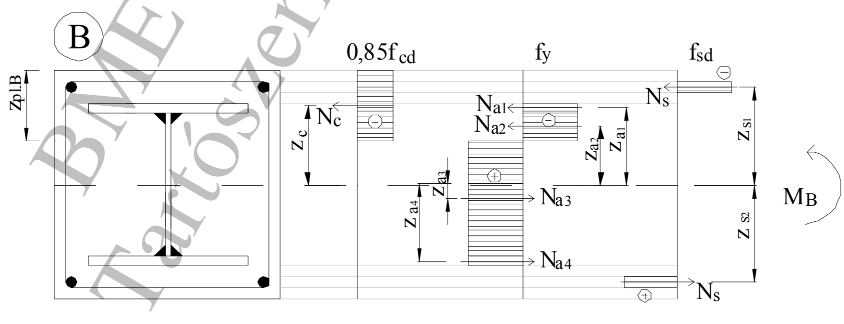
A pont - tiszta nyomás:



$$N_A := N_{plRd} = 4739.555 \cdot kN$$

$$M_A := 0kNm$$

B pont - tiszta hajlítás:



$N_B := 0kN$

Vetületi egyenletből képlékeny semleges tengely helyének megahtározása

$-N_c - N_{a1} - N_{a2} + N_{a3} + N_{a4} + N_s - N_s := 0$

$z_{pl.B} := 0.001mm$

Given

$$-0.85 \cdot f_{cd} \cdot \left[b_c \cdot z_{pl.B} - 2 \cdot A_s - b_f \cdot t_f - \left(z_{pl.B} - c_z - t_f\right) \cdot t_w\right] - \left(z_{pl.B} - c_z - t_f\right) \cdot t_w \cdot f_y \ldots = N_B$$
$$+ \left[h_w - \left(z_{pl.B} - c_z - t_f\right)\right] \cdot t_w \cdot f_y$$

$z_{pl.B} := \mathrm{Find}\left(z_{pl.B}\right) = 9.941 \cdot cm$

Nyomatéki egyenlet a súlypontra:

$$z_c := \frac{h_c}{2} - \frac{z_{pl.B}}{2} = 10.029 \cdot cm$$

$$z_{a1} := \frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} = 9 \cdot cm$$

$$z_{a2} := \frac{h_c}{2} - \left(c_z + t_f + \frac{z_{pl.B} - c_z - t_f}{2}\right) = 6.529 \cdot cm$$

$$z_{a3} := z_{pl.B} + \left[\frac{h_w - \left(z_{pl.B} - c_z - t_f\right)}{2}\right] - \frac{h_c}{2} = 1.471 \cdot cm$$

$$z_{a4} := \frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} = 9 \cdot cm$$

$$z_{s1} := \frac{h_c}{2} - 30mm = 12 \cdot cm$$

$$z_{s2} := \frac{h_c}{2} - 30mm = 12 \cdot cm$$

$N_c := 0.85 \cdot f_{cd} \cdot \left[b_c \cdot z_{pl.B} - 2 \cdot A_s - b_f \cdot t_f - \left(z_{pl.B} - c_z - t_f\right) \cdot t_w\right] = 359.178 \cdot kN$

$N_{a1} := b_f \cdot t_f \cdot f_y = 1420 \cdot kN$

$N_{a2} := \left(z_{pl.B} - c_z - t_f\right) \cdot t_w \cdot f_y = 104.411 \cdot kN$

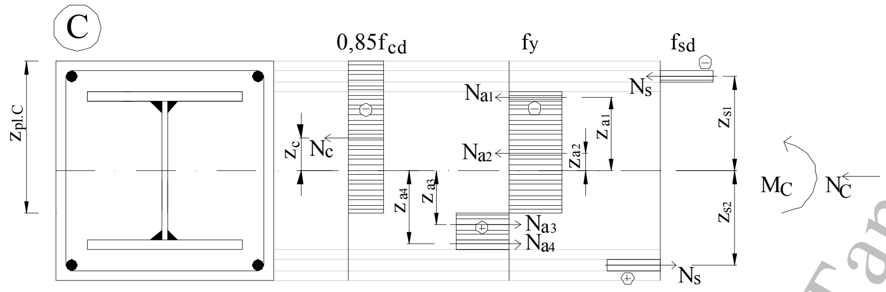
$N_{a3} := \left[h_w - \left(z_{pl.B} - c_z - t_f\right)\right] \cdot t_w \cdot f_y = 463.589 \cdot kN$

$N_{a4} := b_f \cdot t_f \cdot f_y = 1420 \cdot kN$

$N_s := 2 \cdot A_s \cdot f_{sd} = 98.349 \cdot kN$

$M_B := N_c \cdot z_c + N_{a1} \cdot z_{a1} + N_{a2} \cdot z_{a2} + N_{a3} \cdot z_{a3} + N_{a4} \cdot z_{a4} + N_s \cdot z_{s1} + N_s \cdot z_{s2} = 328.862 \cdot kNm$

C pont:



$$z_{pl.C} := h_c - z_{pl.B} = 20.059 \cdot cm$$

Vetületi egyenletből normálerő megahtározása

$$N_c := 0.85 \cdot f_{cd} \cdot \left[b_c \cdot z_{pl.C} - 2 \cdot A_s - b_f \cdot t_f - \left(z_{pl.C} - c_z - t_f \right) \cdot t_w \right] = 775.678 \cdot kN$$

$$N_{a1} = 1420 \cdot kN$$

$$N_{a2} := \left(z_{pl.C} - c_z - t_f \right) \cdot t_w \cdot f_y = 463.589 \cdot kN$$

$$N_{a3} := \left[h_w - \left(z_{pl.C} - c_z - t_f \right) \right] \cdot t_w \cdot f_y = 104.411 \cdot kN$$

$$N_{a4} = 1420 \cdot kN$$

$$N_s = 98.349 \cdot kN$$

$$N_C := -\left(-N_c - N_{a1} - N_{a2} + N_{a3} + N_{a4} + N_s - N_s \right) = 1134.856 \cdot kN$$

Nyomatéki egyenlet a súlypomtra:

$$z_c := \frac{h_c}{2} - \frac{z_{pl.C}}{2} = 4.971 \cdot cm$$

$$z_{a1} := \frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} = 9 \cdot cm$$

$$z_{a2} := \frac{h_c}{2} - \left(c_z + t_f + \frac{z_{pl.C} - c_z - t_f}{2} \right) = 1.471 \cdot cm$$

$$z_{a3} := z_{pl.C} + \left[\frac{h_w - \left(z_{pl.C} - c_z - t_f \right)}{2} \right] - \frac{h_c}{2} = 6.529 \cdot cm$$

$$z_{a4} := \frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} = 9 \cdot cm$$

$$z_{s1} := \frac{h_c}{2} - 30mm = 12 \cdot cm$$

$$z_{s2} := \frac{h_c}{2} - 30mm = 12 \cdot cm$$

$$N_c := 0.85 \cdot f_{cd} \cdot \left[b_c \cdot z_{pl.C} - 2 \cdot A_s - b_f \cdot t_f - \left(z_{pl.C} - c_z - t_f \right) \cdot t_w \right] = 775.678 \cdot kN$$

$N_{a1} = 1420 \cdot kN$

$N_{a2} := \left(z_{pl.C} - c_z - t_f\right) \cdot t_w \cdot f_y = 463.589 \cdot kN$

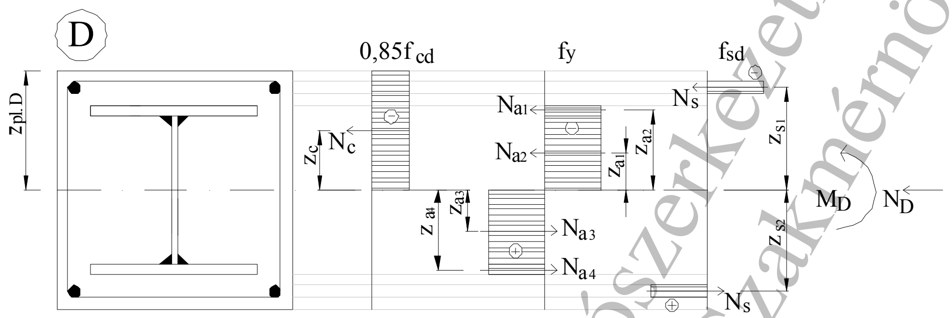
$N_{a3} := \left[h_w - \left(z_{pl.C} - c_z - t_f\right)\right] \cdot t_w \cdot f_y = 104.411 \cdot kN$

$N_{a4} = 1420 \cdot kN$

$N_s = 98.349 \cdot kN$

$M_C := N_c \cdot z_c + N_{a1} \cdot z_{a1} + N_{a2} \cdot z_{a2} + N_{a3} \cdot z_{a3} + N_{a4} \cdot z_{a4} + N_s \cdot z_{s1} + N_s \cdot z_{s2} = 331.394 \cdot kNm$

D pont - max hajlítási ellenállás:



$N_D := \dfrac{N_C}{2} = 567.428 \cdot kN$

Vetületi egyenletből képlékeny semleges tengely helyének meghatározása:

$-N_c - N_{a1} - N_{a2} + N_{a3} + N_{a4} + N_s - N_s := -N_D$

$z_{pl.D} := 0.001mm$

Given

$-0.85 \cdot f_{cd} \cdot \left[b_c \cdot z_{pl.D} - 2 \cdot A_s - b_f \cdot t_f - \left(z_{pl.D} - c_z - t_f\right) \cdot t_w\right] - \left(z_{pl.D} - c_z - t_f\right) \cdot t_w \cdot f_y \ldots = -N_D$
$+ \left[h_w - \left(z_{pl.D} - c_z - t_f\right)\right] \cdot t_w \cdot f_y$

$z_{pl.D} := \mathrm{Find}\left(z_{pl.D}\right) = 15 \cdot cm$ a súlypontban van

Nyomatéki egyenlet a keresztmetszet súlypontjára:

$z_c := \dfrac{h_c}{4} = 7.5 \cdot cm$

$z_{a1} := \dfrac{h_w}{2} + \dfrac{t_f}{2} = 9 \cdot cm$

$z_{a2} := \dfrac{h_w}{4} = 4 \cdot cm$

$z_{a3} := z_{a2} = 4 \cdot cm$

$z_{a4} := z_{a1} = 9 \cdot cm$

$$z_{s1} := \frac{h_c}{2} - c_z = 10 \cdot cm$$

$$z_{s2} := z_{s1} = 10 \cdot cm$$

$$N_c := 0.85 \cdot f_{cd} \cdot \left(b_c \cdot z_{pl.D} - 2 \cdot A_s - b_f \cdot t_f - \frac{h_w}{2} \cdot t_w \right) = 567.428 \cdot kN$$

$$N_{a1} = 1420 \cdot kN$$

$$N_{a2} := \frac{h_w}{2} \cdot t_w \cdot f_y = 284 \cdot kN$$

$$N_{a3} := \frac{h_w}{2} \cdot t_w \cdot f_y = 284 \cdot kN$$

$$N_{a4} = 1420 \cdot kN$$

$$N_s = 98.349 \cdot kN$$

$$M_D := N_c \cdot z_c + N_{a1} \cdot z_{a1} + N_{a2} \cdot z_{a2} + N_{a3} \cdot z_{a3} + N_{a4} \cdot z_{a4} + N_s \cdot z_{s1} + N_s \cdot z_{s2} = 340.547 \cdot kNm$$

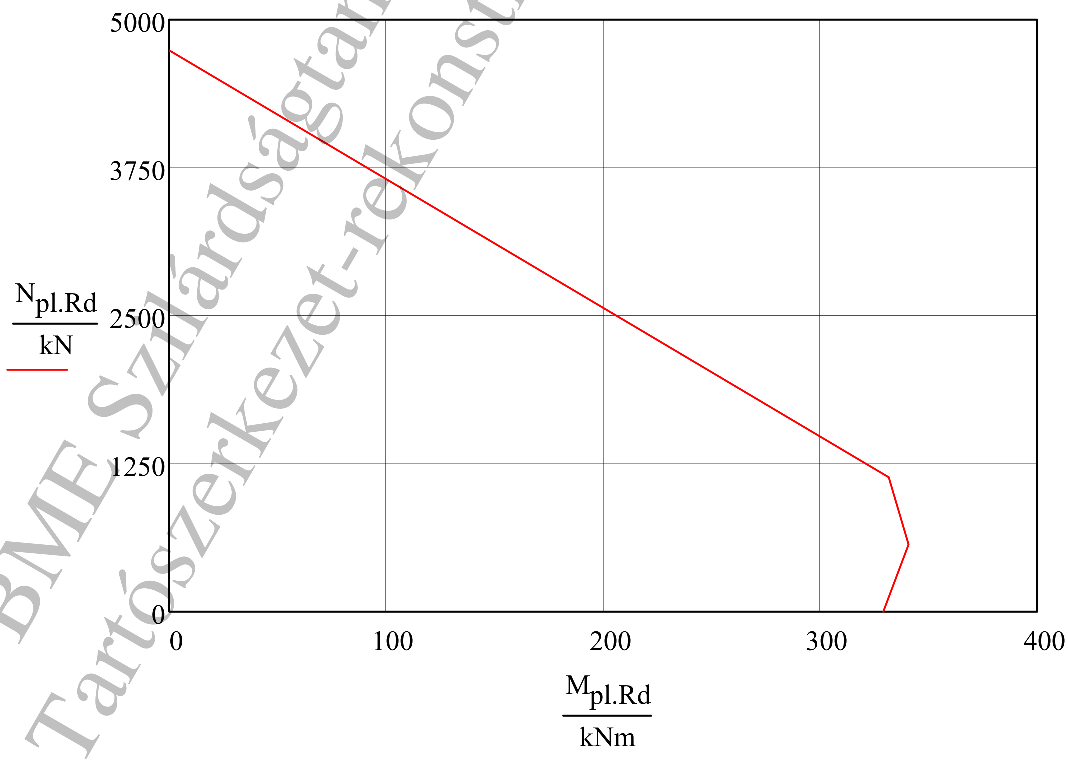
Egyszerűsített interakciós görbe:

$N_A = 4739.555 \cdot kN$ $\quad M_A = 0 \cdot kNm$

$N_B = 0 \cdot kN$ $\quad M_B = 328.862 \cdot kNm$

$N_C = 1134.856 \cdot kN$ $\quad M_C = 331.394 \cdot kNm$

$N_D = 567.428 \cdot kN$ $\quad M_D = 340.547 \cdot kNm$



Ellenőrzés egytengelyű hajlítás és normálerőre

$N_{Ed} = 2000 \cdot kN \qquad M_{Ed} = 200 \cdot kNm$

$N_A = 4739.555 \cdot kN \qquad M_A = 0 \cdot kNm$

$N_C = 1134.856 \cdot kN \qquad M_C = 331.394 \cdot kNm$

$M_{pl.N.Rd} := 0.001kNm$ Given

$$\frac{N_A - N_C}{M_C - M_A} = \frac{N_A - N_{Ed}}{M_{pl.N.Rd} - M_A}$$

$M_{pl.N.Rd} := \mathrm{Find}(M_{pl.N.Rd}) = 251.858 \cdot kNm$

$\alpha_M := 0.9$

$$\text{keresztmetszet} := \mathrm{if}\left(\frac{M_{Ed}}{M_{pl.N.Rd}} < \alpha_M, \text{"Megfelel"}, \text{"Nem felel meg"}\right) = \text{"Megfelel"}$$

$M_{pl.Rd.B} := M_B = 328.862 \cdot kNm$

$$\mu_d := \frac{M_{pl.N.Rd}}{M_{pl.Rd.B}} = 0.766$$

$$N_{Ed} := \begin{pmatrix} N_{Ed} \\ N_{Ed} \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2000 \\ 2000 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot kN \qquad M_{pl.N.Rd} := \begin{pmatrix} 0 \\ M_{pl.N.Rd} \\ M_{pl.N.Rd} \end{pmatrix}$$