Széchenyi István Egyetem
Baross Gábor Építési és Közlekedési Intézet
Szerkezetépítési Tanszék

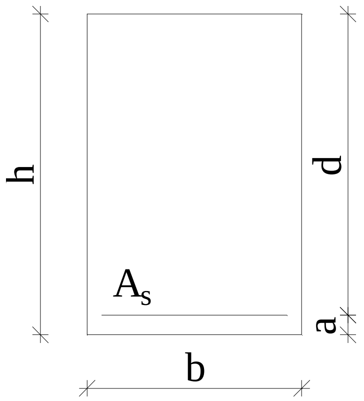
Tartószerkezetek I. (vasbeton szilárdságtan) Hajlított keresztmetszet III. feszültségállapot mintapéldák

Oktatási célra!

Készítette: Szép János
Szerkesztette: Halvax Katalin
Ellenőrizte: Herczeg Géza

Győr, 2011. szeptember

Derékszögű □ km *ellenőrzése* III. fesz. állapotban EC2 szerint



$\underline{M_{Ed} = 180kNm}$

Beton $C25/30$, $\alpha_{cc} = 1{,}0$ (*Mo.magasépítési szerk*)

Betonacél $B60.50$

betontakarás $c_{nom} = 30mm$

$A_s = 4\phi 20 = 1256mm^2$

kengyelátmérő : $\phi_k = 10mm$

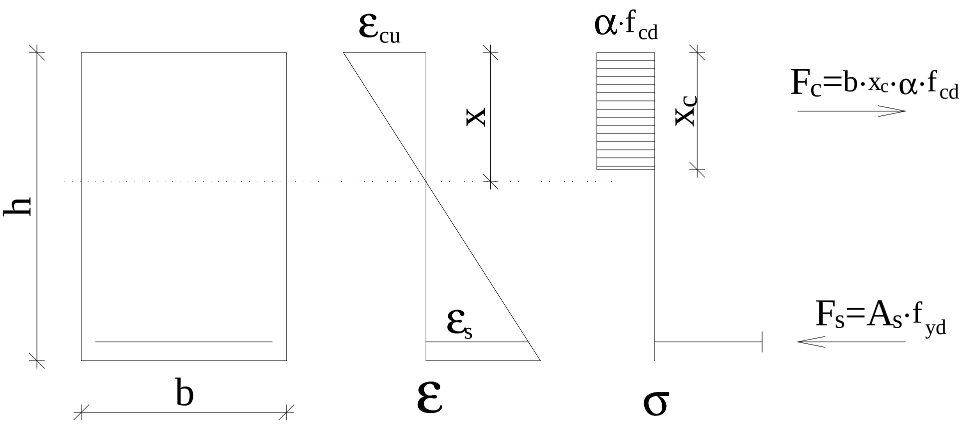
$b = 320mm \quad h = 460mm$

$$a = c_{nom} + \phi_k + \frac{\phi_h}{2} = 30 + 10 + \frac{20}{2} = 50mm$$

$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$

$$betonfedés + kengyel + \frac{fővas}{2}$$

$$d = h - a = 460 - 50 = \underline{410mm}$$



<u>Anyagjellemzők</u>

Beton C25/30

- beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke

$f_{ck} = 25N/mm^2$

- beton nyomószilárdságának tervezési értéke

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25{,}0}{1{,}5} = 16{,}67N/mm^2 \qquad \gamma_c = 1{,}5$$

Betonacél B60.50

- betonacél folyási határának karakterisztikus értéke

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

- betonacél folyási határának tervezési értéke

$$f_{yd}=\frac{f_{yk}}{\gamma_s}=\frac{500}{1,15}=434,8N/mm^2 \qquad \gamma_s=1,15$$

- a relatív nyomott betonzóna magasság határhelyzete húzott acélbetétekre vonatkozólag $\xi_{c0}=\frac{560}{f_{yd}+700}=\frac{560}{434,8+700}=0,493$

<u>*Ellenőrzés*</u>

feltételezve, hogy a húzott betonacélok megfolynak

vetületi egyenlet

$$F_c=F_s$$

$$b\cdot x_c\cdot\alpha\cdot f_{cd}=A_s\cdot f_{yd} \qquad \alpha=1,0\ (\mathit{jelenleg\ Magyarországon})$$

$$x_c=\frac{A_s\cdot f_{yd}}{b\cdot\alpha\cdot f_{cd}}=\frac{1256\cdot 434,8}{320\cdot 1,0\cdot 16,67}=102,37mm<x_{co}=202,13mm$$

$$x_{co}=\xi_{co}\cdot d=0,493\cdot 410=202,13mm$$

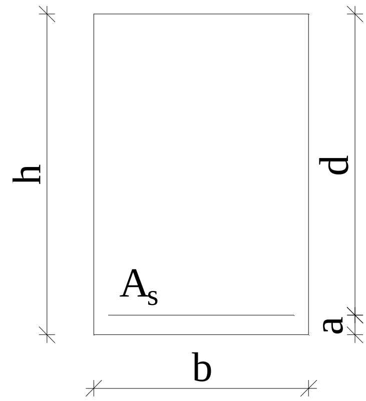
$$x_c=102,37mm<x_{co}=202,13mm\rightarrow \mathit{tehát\ a\ vasak\ megfolynak,\ feltételezés\ jó\ volt}$$

nyomatéki egyenlet a húzott vasak súlypontjára

$$M_{Rd}=F_c\cdot\left(d-\frac{x_x}{2}\right)=b\cdot x_c\cdot\alpha\cdot f_{cd}\cdot\left(d-\frac{x_x}{2}\right)=$$

$$=320\cdot 102,37\cdot 1,0\cdot 16,67\cdot\left(410-\frac{102,37}{2}\right)=\underline{195,9kNm}>M_{Ed}=\underline{180kNm}\rightarrow \mathit{Megfelel!}$$

Derékszögű □ km *tervezése* III. fesz. állapotban EC2 szerint (vasalás meghatározása nyomaték tervezési értékére)



$\underline{M_{Ed} = 130 kNm}$

Beton $C16/20$, $\alpha_{cc} = 1,0$ (*Mo. a számításainkban a továbbiakban*

Betonacél $B60.40$

betontakarás $c_{nom} = 30mm$

$b = 300mm \quad h = 450mm$

feltételezett betonacél $\phi 20$

kengyel $\phi 10$

$$a = c_{nom} + \phi_k + \frac{\phi_h}{2} = 20 + 10 + \frac{20}{2} = 50mm$$

$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$

betonfedés kengyel $\frac{\text{fővas}}{2}$

$d = h - a = 450 - 50 = \underline{400mm}$

Anyagjellemzők

Beton C16/20

- beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke

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

- beton nyomószilárdságának tervezési értéke

$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{16,0}{1,5} = 10,67 N/mm^2 \qquad \gamma_c = 1,5$

- beton húzószilárdságának várható értéke

$f_{ctm} = 1,9 N/mm^2$

Betonacél B60.50

- betonacél folyási határának karakterisztikus értéke

$f_{yk} = 400 N/mm^2$

- betonacél folyási határának tervezési értéke

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,8 N/mm^2 \qquad \gamma_s = 1,15$

- a relatív nyomott betonzóna magasság határhelyzete húzott acélbetétekre

vonatkozólag $\xi_{c0} = \frac{560}{f_{yd} + 700} = \frac{560}{347,8 + 700} = 0,534$

Vasalás meghatározása

M_{co} meghatározása (M_{co} az a max nyomaték amit a km nyomott vasalás nélkül képes elviselni, a nyomott betonöv maximális kihasználtságához tartozó nyomaték)

$x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,534 \cdot 400 = 213,6mm$

$$M_{c0} = b \cdot x_{co} \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_{co}}{2} \right) = 300 \cdot 213,6 \cdot 10,67 \cdot \left(400 - \frac{213,6}{2} \right) = 200,47 kNm$$

$$M_{c0} = 200,47 kNm > M_{Ed} = 130 kNm \rightarrow \textit{nincs szükség nyomott vasalásra!}$$

x_c meghatározása (nyomatéki egyenlet a húzott vasak súlypontjára)

$$M_{Ed} = F_c \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right) = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right)$$ egyenlet rendezése után

$$\frac{b \cdot x_c^2}{2} \cdot f_{cd} - b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot d + M_{Ed} = 0$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}} = 400 - \sqrt{400^2 - \frac{2 \cdot 130 \cdot 10^6}{300 \cdot 10,67}} = 119,37 mm$$

$$x_c = 119,37 mm < x_{co} = 213,6 mm \rightarrow \textit{az acél megfolyik}$$

A_s meghatározása (vetületi egyenlet)

$$F_c = F_s$$

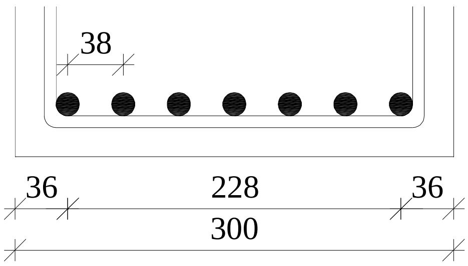
$$b \cdot x_c \cdot f_{cd} = A_s \cdot f_{yd}$$

$$A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{300 \cdot 119,37 \cdot 10,67}{347,8} = 1098,33 mm^2$$

$$A_{s,alk} = 6\phi 16 = 6 \cdot 201 = \underline{1206 mm^2}$$

elférnek-e a vasak

$$a_{min} = \max \begin{cases} \phi \\ 20mm \\ d_g + 5mm \end{cases} \quad \begin{vmatrix} = \textit{betonacél átmérő} \\ \\ d_g \textit{ az adalékanyag legnagyobb} \\ \textit{szemnagysága} \end{vmatrix}$$



$$b_{min} = 2 \cdot (c_{nom} + \phi_k) + 6 \cdot \phi_L + 5 \cdot a =$$
$$= 2 \cdot (30 + 8) + 6 \cdot 16 + 5 \cdot 20 = 272 mm$$
$$b_{min} < b = 300 mm \rightarrow \textit{vasak elférnek egy sorban}$$

Ellenőrzés

$$a_{tényl} = 30 + 8 + \frac{16}{2} = 46 mm$$

$$d_{tényl} = 450 - 46 = 404 mm$$

vetületi egyenlet :

$$F_c = F_s$$

$$b \cdot x_c \cdot f_{cd} = A_{s,alk} \cdot f_{yd}$$

$$x_c = \frac{A_{s,alk} \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}} = \frac{1206 \cdot 347,8}{320 \cdot 10,67} = 122,88mm < x_{co} = 213,6mm$$

$$x_c = 122,88mm < x_{co} = 213,6mm \rightarrow az\ acél\ megfolyik$$

$$M_{Rd} = F_c \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right) = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d_{tényl} - \frac{x_c}{2}\right) =$$

$$= 300 \cdot 122,88 \cdot 10,67 \cdot \left(404 - \frac{122,88}{2}\right) = 134,74kNm$$

$$M_{Rd} = 134,74kNm > M_{Ed} = 150kNm \rightarrow Megfelel!$$

vasalás ellenőrzése (szerkesztési szabályok betartása)

$$A_{s\min} = \max\begin{pmatrix} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \\ 0,0013 \cdot b \cdot d \end{pmatrix} = \max\begin{pmatrix} 0,26 \cdot \frac{1,9}{500} \cdot 300 \cdot 402 \\ 0,0013 \cdot 300 \cdot 402 \end{pmatrix} = \max\begin{pmatrix} 119,15mm^2 \\ \underline{156,78mm^2} \end{pmatrix}$$

$$A_{s\max} = 4\% \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 300 \cdot 450 = \underline{5400mm^2}$$

$$A_{s\min} < A_{s,eff} = 1206mm^2 < A_{s\max} \rightarrow megfelel$$

Feladat megoldása paraméteresen

nyomatéki kihasználtsági paraméter:

$$m = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{130 \cdot 10^6}{300 \cdot 400^2 \cdot 10,67} = 0,2539$$

$$\xi_{cd} = 1 - \sqrt{1 - 2m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,2539} = 0,2984$$

$$\varsigma_{cd} = 1 - \frac{\xi_{cd}}{2} = 1 - \frac{0,3564}{2} = 0,85078$$

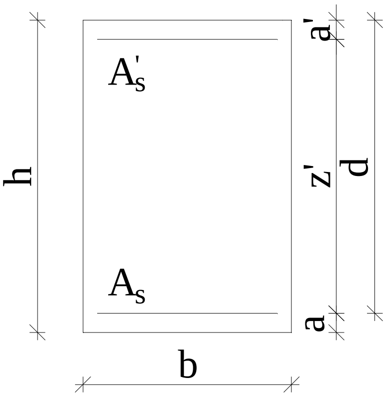
$$x_{cd} = \xi_{cd} \cdot d = 0,3564 \cdot 400 = 142,56mm < \xi_{co} \cdot d = 0,534 \cdot 400 = 213,6mm$$

$$\rightarrow az\ acél\ megfolyik$$

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{\varsigma_{cd} \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{130 \cdot 10^6}{0,85078 \cdot 400 \cdot 347,8} = 1098,34mm^2 \rightarrow A_{s,eff} = 6\phi16 = 1206mm^2$$

ellenőrzés lásd. előbb!

Derékszögű □ km *tervezése* III. fesz. állapotban EC2 szerint (vasalás meghatározása nyomaték tervezési értékére)



$M_{Ed} = 230kNm$

$Beton \quad C16/20, \alpha = 1,0\ (Mo.)$

$Betonacél \quad B60.40$

$betontakarás \quad c = 30mm$

$b = 300mm \quad h = 450mm$

feltételezett betonacél $\phi 20$

kengyel $\phi 8$

$$a = c_{nom} + \phi_k + \frac{\phi_h}{2} = 30 + 8 + \frac{20}{2} = 48 \approx 50mm$$

$$a' = c_{nom} + \phi_k + \frac{\phi_h}{2} = 30 + 8 + \frac{20}{2} = 48 \approx 50mm$$

$$d = h - a = 450 - 50 = \underline{400mm}$$

$$z' = d - a' = 400 - 50 = 350mm$$

Anyagjellemzők

Beton C16/20

- beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke

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

- beton nyomószilárdságának tervezési értéke

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{16,0}{1,5} = 10,67N/mm^2 \qquad \gamma_c = 1,5$$

- beton húzószilárdságának várható értéke

$$f_{ctm} = 1,9N/mm^2$$

Betonacél B60.50

- betonacél folyási határának karakterisztikus értéke

$$f_{yk} = 400N/mm^2$$

- betonacél folyási határának tervezési értéke

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,8N/mm^2 \qquad \gamma_s = 1,15$$

- a relatív nyomott betonzóna magasság határhelyzete húzott acélbetétekre vonatkozólag $\xi_{c0} = \frac{560}{f_{yd} + 700} = \frac{560}{347,8 + 700} = 0,534$

- a relatív nyomott betonzóna magasság határhelyzete nyomott acélbetétekre vonatkozólag $\xi'_{co} = 1,59$

Vasalás meghatározása

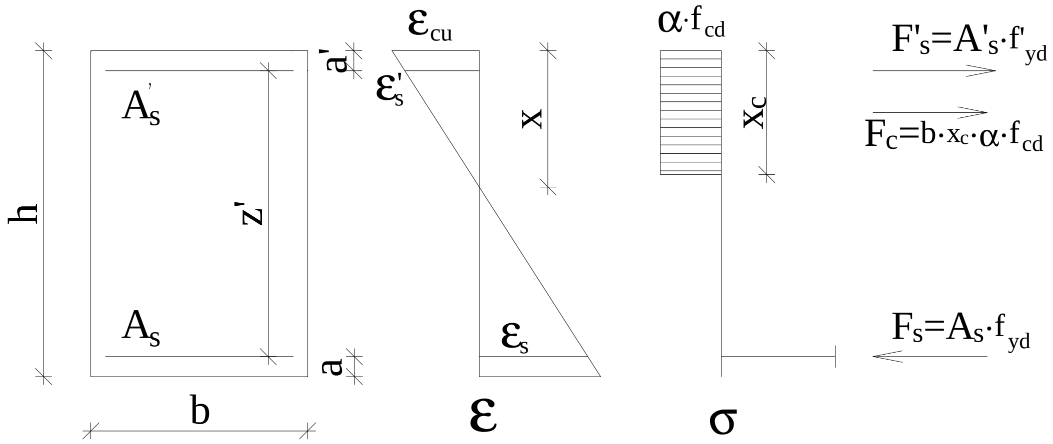
M_{c0} meghatározása (M_{c0} az a max nyomaték amit a km nyomott vasalás nélkül képes elviselni)

$$x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,534 \cdot 400 = 213,6mm$$

$$M_{c0} = b \cdot x_{co} \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_{co}}{2} \right) = 300 \cdot 213,6 \cdot 10,67 \cdot \left(400 - \frac{213,6}{2} \right) = 200,47 kNm$$

$M_{c0} = 200,47kNm < M_{Ed} = 230kNm \rightarrow$ *szükség van nyomott vasalásra*!!!

$\Delta M = M_{Ed} - M_{c0} = 230 - 200,47 = 29,53kNm \rightarrow$ nyomott vassal felveendő nyomaték



$A_s^{'}$ meghatározása (nyomatéki egyenlet a húzott vasak súlypontjára)

$M_{Ed} = M_{C0} + A_s^{'} \cdot f_{yd} \cdot z'$ egyenlet rendezése után

$$A_s^{'} = \frac{M_{Ed} - M_{c0}}{f_{yd} \cdot z'} = \frac{\Delta M}{f_{yd} \cdot z'} = \frac{29,53 \cdot 10^6}{347,8 \cdot 350} = 242,59mm^2$$

$A_{s,alk}^{'} = 3\phi 12 = \underline{339mm^2}$

A_s meghatározása (vetületi egyenlet)

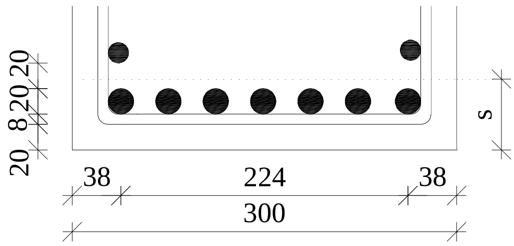
$$F_c \quad + \quad F_s^{'} \quad - F_s = 0$$

$$b \cdot x_{co} \cdot f_{cd} + A_s^{'} \cdot f_{yd} - A_s \cdot f_{yd} = 0$$

$$300 \cdot 213,6 \cdot 10,67 + 242,6 \cdot 347,8 - A_s \cdot 347,8 = 0$$

$$A_s = 2202mm^2 \rightarrow A_{s,alk} = 6\phi 20 + 2\phi 16 = 1884 + 402 = 2287mm^2$$

elférnek-e a vasak



$b_{\min} = 2 \cdot (c_{nom} + \phi_k) + 6 \cdot \phi_{h1} + 2 \cdot \phi_{h2} + 7 \cdot 20 =$

$= 2 \cdot (30+8) + 6 \cdot 20 + 2 \cdot 16 + 7 \cdot 20 = 368mm$

$b_{\min} > b = 300mm \rightarrow$ *vasak nem férnek el egy sorban*

$6\phi 20$ egy sorban $b_{\min} = 296mm < b = 300mm$

Ellenőrzés

húzott vasak súlypontja (statikai nyomaték / felület)

$$s = \frac{6 \cdot 314 \cdot (30+8+10) + 2 \cdot 201 \cdot (30+8+20+20+8)}{2287} = 54,7mm$$

$a_{tényl} = s = 54,7mm$

$d_{tényl} = h - a = 450 - 54,7 = 395,3mm$

$$a'_{tényl} = c + \phi_k + \frac{\phi_h}{2} = 30 + 8 + 6 = 34mm$$

vetületi egyenlet x_c meghatározása

$$F_c \quad + \quad F'_s \quad - F_s = 0$$

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

$$x_c = \frac{A_s \cdot f_{yd} - A'_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \alpha \cdot f_{cd}} = \frac{2287 \cdot 347,8 - 339 \cdot 347,8}{300 \cdot 1,0 \cdot 10,67} = 211,66mm < x_{c0} \rightarrow acél\ megfolyik$$

$$\xi'_c = \frac{x_c}{a'} = \frac{211,66}{34} = 6,22 > \xi'_{co} \rightarrow nyomott\ acél\ is\ megfolyik$$

ellenkező esetben a betonacélban keletkező tényleges feszültség a határfeszültség redukáltja lenne!!!

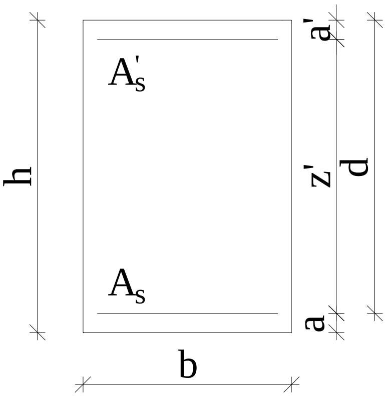
nyomatéki egyenlet

$$M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d_{tényl} - \frac{x_c}{2} \right) + A'_{s,alk} \cdot f_{yd} \cdot \left(d_{tényl} - a'_{tényl} \right) =$$

$$= 300 \cdot 211,66 \cdot 1,0 \cdot 10,67 \cdot \left(395,3 - \frac{211,66}{2} \right) + 339 \cdot 347,8 \cdot \left(395,3 - 44 \right) =$$

$$= 237,49kNm \quad > \quad M_{Sd} = 230kNm \rightarrow Megfelel$$

Derékszögű □ km *tervezése* III. fesz. állapotban EC2 szerint (km meghatározása nyomaték tervezési értékére)



$M_{Ed} = 300kNm$

Beton $C25/30$, $\alpha = 1,0$ (*Mo.*)

Betonacél $B60.50$

betontakarás $c = 20mm$

Meghatározandók a km méretei és a szükséges vasmennyiség!

<u>*Anyagjellemzők*</u>

Beton C25/30

- beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke

$f_{ck} = 25N/mm^2$

- beton nyomószilárdságának tervezési értéke

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25,0}{1,5} = 16,67N/mm^2 \qquad \gamma_c = 1,5$$

Betonacél B60.50

- betonacél folyási határának karakterisztikus értéke

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

- betonacél folyási határának tervezési értéke

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

- a relatív nyomott betonzóna magasság határhelyzete húzott acélbetétekre

vonatkozólag $\xi_{c0} = \dfrac{560}{f_{yd} + 700} = \dfrac{560}{434,78 + 700} = 0,493$

Ismeretlenek b d A_s A_s' x_c

rendelkezésünkre áll 1 nyomatéki és 1 vetületi egyenlet ezek meghatározására

5 ismeretlen 2 egyenlet $\rightarrow$ megoldáshoz további megkötésekre van szükség, melyek a következők:

$A_s' - t$ (nyomott vasalást) nem alkalmazunk

gerenda gazdaságos tervezéséhez $\xi_c = 0,4\,(0,3)$

b-t felvesszük és ebből meghatározzuk d-t vagy

d-t felvesszük és ebből meghatározzuk b-t vagy

arányt veszünk fel például $\eta = \dfrac{d}{b} = 1,5$

<u>b d A_s *meghatározása*</u>

$\eta = 1,5 \quad \xi_c = 0,4 \quad \alpha = 1,0 \quad M_{Ed} = 300kNm$

$$M_{Ed} = x_c \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right) = \xi_c \cdot d \cdot \frac{d}{\eta} \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot d \cdot \left(1 - \frac{\xi_c}{2} \right) =$$

$$= \frac{d^3}{\eta} \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \xi_c \cdot \left(1 - \frac{\xi_c}{2} \right) \rightarrow ebből\ d - t \quad kifejezve$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot M_{Ed}}{\alpha \cdot f_{cd} \cdot \xi_c \cdot \left(1 - \frac{\xi_c}{2} \right)}} = \sqrt[3]{\frac{1,5 \cdot 300 \cdot 10^6}{1,0 \cdot 16,67 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,2)}} = 438mm \approx \underline{450mm}$$

$$h = d + a = 450 + 50 = 500mm$$

b meghatározása $b = \frac{d}{1,5} = \frac{450}{1,5} = 292mm \approx \underline{300mm}$

vetületi egyenlet A_s meghatározásához

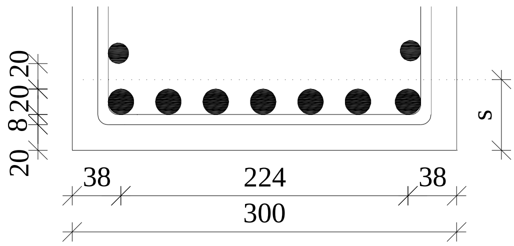
$$F_c = F_s$$

$$b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} = A_s \cdot f_{yd} \qquad x_c = \xi_c \cdot d = 0,4 \cdot 450 = 180mm$$

$$A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{300 \cdot 180 \cdot 1,0 \cdot 16,67}{434,78} = 2074,15mm^2$$

$$A_s = 2074,15mm^2 \rightarrow \underline{A_{s,alk} = 6\phi 20 + 2\phi 16 = 1884 + 402 = 2287mm^2}$$

elférnek-e a vasak



$$b_{\min} = 2 \cdot (30 + 8) + 6 \cdot 20 + 2 \cdot 16 + 7 \cdot 20 = 368mm$$

$$b_{\min} > b = 300mm \rightarrow vasak\ nem\ férnek\ el\ egy\ sorban$$

$6\phi 20$ egy sorban $b_{\min} = 296mm < b = 300mm$ felette $2\phi 16$

Ellenőrzés

$$b = 300mm \quad d = 450mm \quad h = 500mm$$

vasalás ellenőrzése (szerkesztési szabályok betartása)

$$A_{s\min} = \max \begin{pmatrix} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \\ 0,0013 \cdot b \cdot d \end{pmatrix} = \max \begin{pmatrix} 0,26 \cdot \frac{1,9}{500} \cdot 300 \cdot 450 \\ 0,0013 \cdot 300 \cdot 450 \end{pmatrix} = \max \begin{pmatrix} 133,38mm^2 \\ \underline{175,5mm^2} \end{pmatrix}$$

$$A_{s\max} = 4\% \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 300 \cdot 500 = \underline{6000mm^2}$$

$$A_{s\min} < A_{s,alk} = 2287mm^2 < A_{s\max} \rightarrow megfelel$$

húzott vasak súlypontja (statikai nyomaték / felület)

$$s = \frac{6 \cdot 314 \cdot (30 + 8 + 10) + 2 \cdot 201 \cdot (30 + 8 + 20 + 20 + 8)}{2287} = 54,7mm$$

$$a_{tényl} = s = 54,7mm$$

$$d_{tényl} = h - a = 500 - 54,7 = 445,3mm$$

vetületi egyenlet x_c meghatározásához

$$F_c = F_s$$

$$b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} = A_{s,alk} \cdot f_{yd}$$

$$x_c = \frac{A_{s,alk} \cdot f_{yd}}{b \cdot \alpha \cdot f_{cd}} = \frac{2287 \cdot 434,78}{300 \cdot 1,0 \cdot 16,67} = 198,83mm < x_{co} = 0,493 \cdot 445,3 = 219,5mm$$

$$x_c = 198,83mm < x_{co} = 219,5mm \rightarrow az\ acél\ megfolyik$$

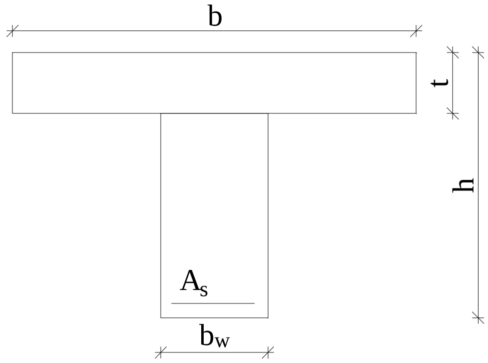
nyomatéki egyenlet M_{Rd} meghatározása

$$M_{Rd} = F_c \cdot \left(d - \frac{x_x}{2}\right) = b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d_{tényl} - \frac{x_x}{2}\right) =$$

$$= 300 \cdot 198,83 \cdot 1,0 \cdot 16,67 \cdot \left(445,3 - \frac{198,83}{2}\right) = 343,93kNm$$

$$M_{Rd} = 343,93kNm > M_{Ed} = 300kNm \rightarrow Megfelel!$$

„T” km *tervezése* III. fesz. állapotban EC2 szerint (vasalás meghatározása nyomaték tervezési értékére)



$M_{Ed} = 300kNm$

$Beton \quad C20/25,\ \alpha = 1,0\ (Mo.)$

$Betonacél \quad B60.40$

$betontakarás \quad c = 20mm$

$h = 400mm \quad b = 750mm$

$t = 120mm \quad b_w = 260mm$

Vasak két sorban feltételezve

$$a = c + \phi_k + \phi_h + \frac{\phi_h}{2} = 30 + 10 + 20 + 10 + 10 = 70mm$$

$$d = h - a = 400 - 70 = 330mm$$

Anyagjellemzők

Beton C20/25

- beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke

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

- beton nyomószilárdságának tervezési értéke

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

- beton húzószilárdságának várható értéke (28 napos korban)

$$f_{cfm} = 2,2N/mm^2$$

Betonacél B60.40

- betonacél folyási határának karakterisztikus értéke

$$f_{yk} = 400N/mm^2$$

- betonacél folyási határának tervezési értéke

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,83N/mm^2 \qquad \gamma_s = 1,15$$

- a relatív nyomott betonzóna magasság határhelyzete

$$\xi_{c0} = \frac{560}{f_{yd} + 700} = \frac{560}{347,83 + 700} = 0,534$$

$$\xi'_{c0} = \frac{560}{700 - f_{yd}} = \frac{560}{700 - 347,83} = 1,59$$

<u>*Vasalás meghatározása*</u>

M_0 meghatározása (M_0 az a max nyomaték amit a km nyomott vasalás nélkül képes elviselni)

$x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,534 \cdot 330 = 176,22mm$

$$M_0 = (b - b_w) \cdot t \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{t}{2} \right) + b_w \cdot x_{co} \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_{co}}{2} \right) =$$

$$= (750 - 260) \cdot 120 \cdot 1,0 \cdot 13,33 \cdot \left(330 - \frac{120}{2} \right) + 260 \cdot 176,22 \cdot 1,0 \cdot 13,33 \cdot \left(330 - \frac{176,22}{2} \right) =$$

$$= 359,44kNm \quad > \quad M_{Ed} = 300kNm \rightarrow \textit{nincs szükség nyomott vasalásra}$$

A T km fejlemeze által felvehető nyomaték:

$$M_{fl} = b \cdot t \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{t}{2} \right) = 750 \cdot 120 \cdot 1,0 \cdot 13,33 \cdot \left(330 - \frac{120}{2} \right) =$$

$$= 323,19kNm \quad > \quad M_{Ed} \rightarrow \textit{semleges tengely a lemezbe esik}$$

A_s A_{seff} *meghatározása*

$$m = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot \alpha \cdot f_{cd}} = \frac{300 \cdot 10^6}{750 \cdot 330^2 \cdot 1,0 \cdot 13,33} = 0,276$$

$$\xi_{cd} = 1 - \sqrt{1 - 2m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,276} = 0,331$$

$$\varsigma_{cd} = 1 - \frac{\xi_{cd}}{2} = 1 - \frac{0,331}{2} = 0,835$$

$$x_{cd} = \xi_{cd} \cdot d = 0,331 \cdot 330 = 109,22mm < t = 120mm$$

$$A_{s,szüks} = \frac{M_{Ed}}{\varsigma_{cd} \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{300 \cdot 10^6}{0,835 \cdot 330 \cdot 347,83} = 3130mm^2 \rightarrow \underline{A_{s,alk} = 10\phi 20 = 3142mm^2}$$

két sorban elhelyezett vasalás

<u>*Vasalás meghatározása másképpen*</u>

x_c meghatározása (nyomatéki egyenlet a húzott vasak súlypontjára)

$M_{Ed} = F_c \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right) = b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right)$ egyenlet rendezése után

$$\frac{b \cdot x_c^2}{2} \cdot \alpha \cdot f_{cd} - b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot d + M_{Sd} = 0$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_{Sd}}{b \cdot f_{cd}}} = 330 - \sqrt{330^2 - \frac{2 \cdot 300 \cdot 10^6}{750 \cdot 13,33}} = 109,27mm$$

$$x_c = 109,27mm < t = 120mm$$

A_s meghatározása (vetületi egyenlet)

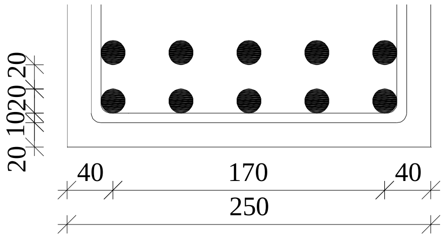
$$F_c = F_s$$

$$b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} = A_s \cdot f_{yd} \qquad \alpha = 1,0$$

$$A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{750 \cdot 109,27 \cdot 1,0 \cdot 13,33}{347,83} = 3133,9mm^2$$

$$A_{s,alk} = 10\phi 20 = \underline{3142mm^2}$$

elférnek-e a vasak



vasak két sorban

$$b_{\min} = 2 \cdot (c + \phi_k) + 5 \cdot \phi_h + 4 \cdot a =$$
$$= 2 \cdot (30 + 10) + 5 \cdot 20 + 4 \cdot 20 = 260mm$$
$$b_{\min} = b = 260mm$$

Ellenőrzés

x_c meghatározása (vetületi egyenlet)

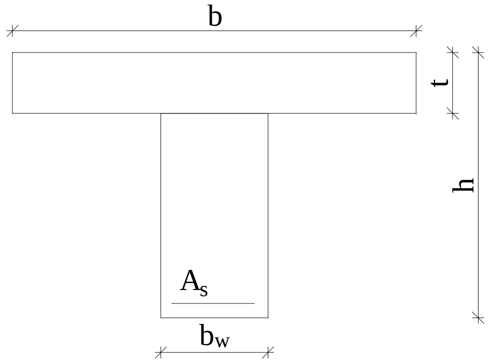
$$F_c = F_s \rightarrow x_c = \frac{A_{s,alk} \cdot f_{yd}}{b \cdot \alpha \cdot f_{cd}} = \frac{3142 \cdot 347,83}{750 \cdot 1,0 \cdot 13,33} = 109,32mm < t = 120mm$$

$$x_c = 109,32mm < x_{co} = 0,534 \cdot 330 = 176,22mm$$

$$M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right) = 750 \cdot 109,55 \cdot 1,0 \cdot 13,33 \cdot \left(330 - \frac{109,55}{2} \right) = 300,92kNm$$

$$M_{Rd} = 300,92kNm \quad > \quad M_{Ed} = 300kNm \quad \rightarrow Megfelel$$

„T” km *tervezése* III. fesz. állapotban EC2 szerint (vasalás meghatározása nyomaték tervezési értékére)



$M_{Ed} = 340kNm$
$Beton \quad C20/25, \alpha = 1,0\ (Mo.)$
$Betonacél \quad B60.40$
$betontakarás \quad c = 20mm$
$h = 400mm \quad b = 750mm$
$t = 120mm \quad b_w = 260mm$

Vasak két sorban feltételezve

$$a = c + \phi_k + \phi_h + \frac{\phi_h}{2} = 30 + 10 + 20 + 10 = 70mm$$

$$d = h - a = 400 - 70 = 330mm$$

Anyagjellemzők

Beton C20/25

- beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke

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

- beton nyomószilárdságának tervezési értéke

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

- beton húzószilárdságának várható értéke (28 napos korban)

$$f_{cfm} = 2,2N/mm^2$$

Betonacél B60.40

- betonacél folyási határának karakterisztikus értéke

$$f_{yk} = 400N/mm^2$$

- betonacél folyási határának tervezési értéke

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,83N/mm^2 \qquad \gamma_s = 1,15$$

- a relatív nyomott betonzóna magasság határhelyzete

$$\xi_{c0} = \frac{560}{f_{yd} + 700} = \frac{560}{347,83 + 700} = 0,534$$

$$\xi'_{c0} = \frac{560}{700 - f_{yd}} = \frac{560}{700 - 347,83} = 1,59$$

Vasalás meghatározása

M_{c0} meghatározása (M_{c0} az a max nyomaték amit a km nyomott vasalás nélkül képes elviselni)

$x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,534 \cdot 330 = 176,22mm$

$$M_0 = (b - b_w) \cdot t \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{t}{2} \right) + b_w \cdot x_{co} \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_{co}}{2} \right) =$$

$$= (750 - 260) \cdot 120 \cdot 1,0 \cdot 13,33 \cdot \left(330 - \frac{120}{2} \right) + 260 \cdot 176,22 \cdot 1,0 \cdot 13,33 \cdot \left(330 - \frac{176,22}{2} \right) =$$

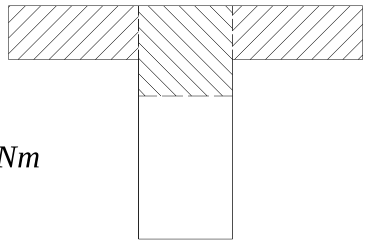
$$= 359,44kNm \quad > \quad M_{Ed} = 340kNm \rightarrow \textit{nincs szükség nyomott vasalásra}$$

a T km fejlemeze által felvehető nyomaték:

$$M_{fl} = b \cdot t \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{t}{2} \right) = 750 \cdot 120 \cdot 1,0 \cdot 13,33 \cdot \left(330 - \frac{120}{2} \right) =$$

$$= 323,19kNm \quad < \quad M_{Ed} \rightarrow \textit{semleges tengely a bordába esik}!!$$

a T km bordára jutó nyomaték



$$M'_{fl} = (b - b_w) \cdot t \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{t}{2} \right) =$$

$$= (750 - 260) \cdot 120 \cdot 1,0 \cdot 13,33 \cdot \left(330 - \frac{120}{2} \right) = 211,67kNm$$

$$M_b = M_{Ed} - M'_{fl} = 340 - 211,67 = 128,33kNm$$

a borda által (nyomott vas nélkül) felvehető nyomaték

$$M_{bo} = b_w \cdot x_{co} \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_{co}}{2} \right) = 260 \cdot 176,22 \cdot 1,0 \cdot 13,33(330 - \frac{176,22}{2}) =$$

$$= 147,77kNm \quad > \quad M_b \quad \rightarrow \textit{nincs szükség nyomott vasra}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_b}{b_w \cdot \alpha \cdot f_{cd}}} = 330 - 330 \cdot \sqrt{330^2 - \frac{2 \cdot 128,33 \cdot 10^6}{260 \cdot 1,0 \cdot 13,33}} = 143,29mm$$

vetületi egyenlet

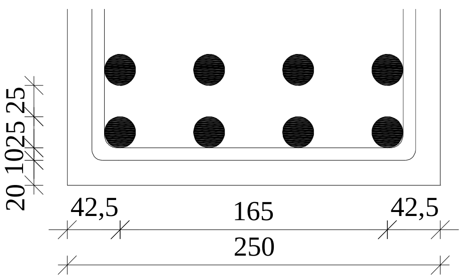
$$F_c \quad + \quad F'_c \quad - \quad F_s \quad = 0$$

$$(b - b_w) \cdot t \cdot \alpha \cdot f_{cd} + b_w \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} = 0$$

$$A_s = \frac{(750 - 260) \cdot 120 \cdot 1,0 \cdot 13,33 + 260 \cdot 143,29 \cdot 1,0 \cdot 13,33}{347,83} = 3681,99mm^2$$

$$A_{s,alk} = 10\phi 22 = 3799mm^2 \rightarrow \textit{két sorban}$$

elférnek-e a vasak



$b_{min} = 2 \cdot (30 + 10) + 9 \cdot 22 = 278mm > 260mm$

Nem férnek el ezért $A_{s,alk} = 8\phi 25 = 3925mm^2$

$b_{min} = 2 \cdot (30 + 10) + 7 \cdot 25 = 255mm < 260mm$

Ellenőrzés

$$a_{tényl} = 30 + 10 + 25 + \frac{25}{2} = 77,5mm \cong 78mm$$

$$d_{tényl} = 400 - 78 = 322mm$$

x_c meghatározása (vetületi egyenlet)

$$x_c = \frac{A_{s,alk} \cdot f_{yd} - (b - b_w) \cdot t \cdot \alpha \cdot f_{cd}}{b_w \cdot \alpha \cdot f_{cd}} = \frac{3925 \cdot 347,83 - (750 - 260) \cdot 120 \cdot 1,0 \cdot 13,3}{260 \cdot 1,0 \cdot 13,33} = 167,67mm$$

$$x_c = 167,67mm < x_{co} = 0,534 \cdot 322 = 171,95mm \rightarrow vasak\ megfolynak$$

$$M_{Rd} = (b - b_w) \cdot t \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{t}{2} \right) + b_w \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right) =$$

$$= (750 - 260) \cdot 120 \cdot 1,0 \cdot 13,33 \cdot \left(322 - \frac{120}{2} \right) + 260 \cdot 167,67 \cdot 1,0 \cdot 13,33 \cdot \left(322 - \frac{167,67}{2} \right) =$$

$$= 343,83kNm \quad > \quad M_{Ed} = 340kNm \rightarrow Megfelel$$