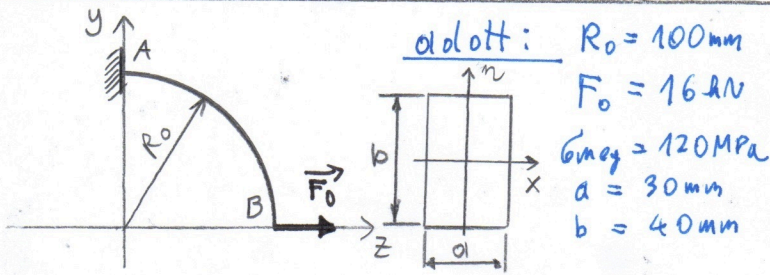


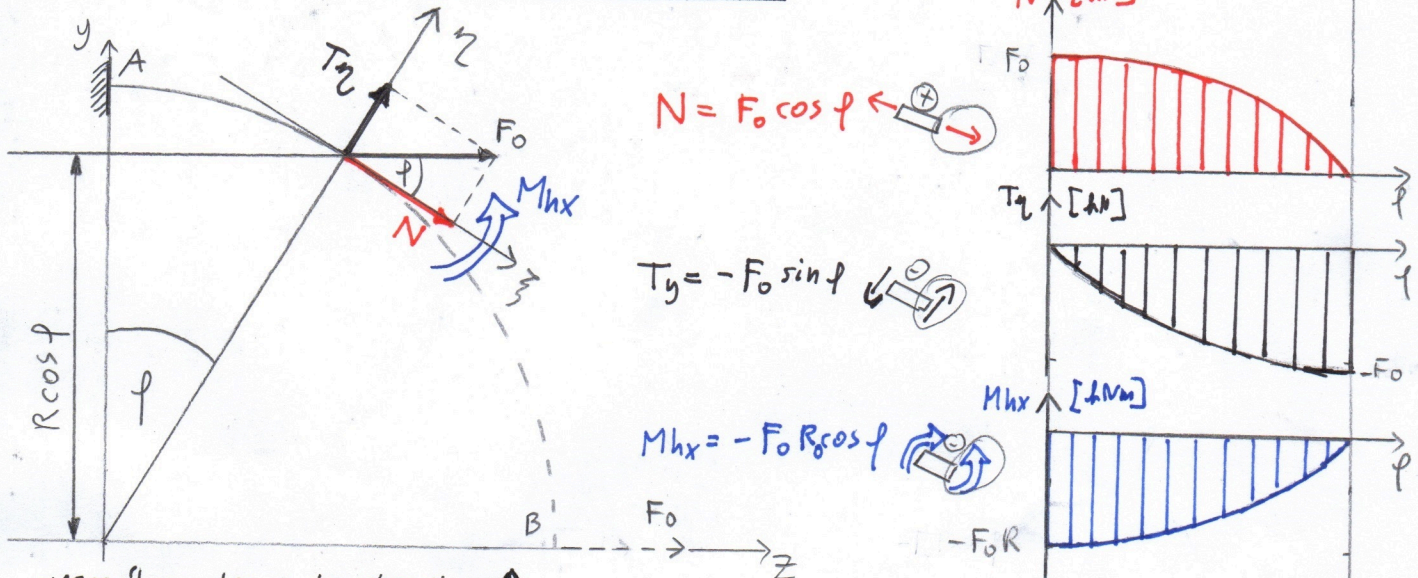
SÍKGÖRBE RÚD ELLENŐRZÉSE



Feladat:

- igénybevételei függvények, ábrák
- fesz. eloszlás a veszélyes keresztmetszeten
- szilárdságtani ellenőrzés

1. IGÉNYBEVÉTELI FÜGGVÉNYEK, ÁBRÁK



• veszélyes keresztmetszet: A

$$N(A) = F_0 = 16000 \text{ N}$$

$$M_{hx} = -F_0 R = -16000 \cdot 100 = -1600000 \text{ Nmm}$$

2. FESZÜLTSEGELOSZLÁS A VESZÉLYES KERESZTMETSZETEN

$$\frac{R_0}{e_{max}} = \frac{R_0}{b/2} = \frac{100}{40/2} = 5 \quad 3 < 5 < 10 \Rightarrow \text{Grashof képlet kell és } l_x \approx l_x$$

$$\sigma_z = \frac{N}{A} + \frac{M_{hx}}{A R_0} + \frac{M_{hx}}{I_x} \frac{R_0}{R_0 + \eta} \eta$$

• Keresztmetszeti jellemzők:

$$A = a \cdot b = 30 \cdot 40 = 1200 \text{ mm}^2 \quad I_x = \frac{a b^3}{12} = \frac{30 \cdot 40^3}{12} = 160000 \text{ mm}^4$$

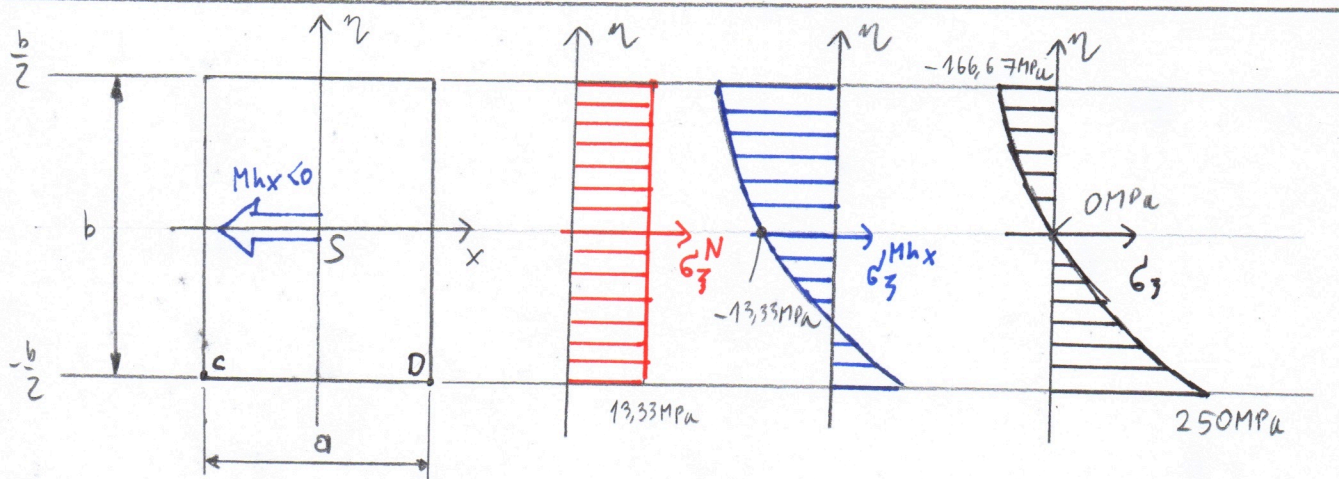
• Feszültségek

$$\sigma_z^N = \frac{N}{A} = \frac{16000}{1200} = 13,33 \text{ MPa} \quad \sigma_z^M = \frac{M_{hx}}{A R_0} = \frac{-1600000}{1200 \cdot 100} = -13,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z(\eta=0) = \sigma_z^N + \sigma_z^M = 13,33 - 13,33 = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z(\eta = -\frac{b}{2}) = \sigma_z^N + \frac{M_{hx}}{I_x} \frac{R_0}{R_0 - \frac{b}{2}} \left(-\frac{b}{2}\right) = \frac{-1600000}{160000} \cdot \frac{100}{100 - \frac{40}{2}} \cdot \left(-\frac{40}{2}\right) = 250 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z(\eta = \frac{b}{2}) = \sigma_z^N + \frac{M_{hx}}{I_x} \frac{R_0}{R_0 + \frac{b}{2}} \cdot \frac{b}{2} = \frac{-1600000}{160000} \cdot \frac{100}{100 + \frac{40}{2}} \cdot \frac{40}{2} = -166,67 \text{ MPa}$$



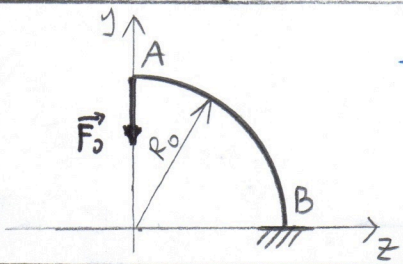
• veszélyes pontok: CD közötti pontok

3. SZILÁRDSÁGTANI ELLENŐRZÉS:

$$\sigma_{z\max} = \sigma_z \left(z = -\frac{b}{2} \right) = 250 \text{ MPa} > \sigma_{\text{meg}} = 120 \text{ MPa}$$

$\Rightarrow$ a rúd szilárdságtanilag nem felel meg

SÍKGÖRBE RÚD ELLENŐRZÉSE

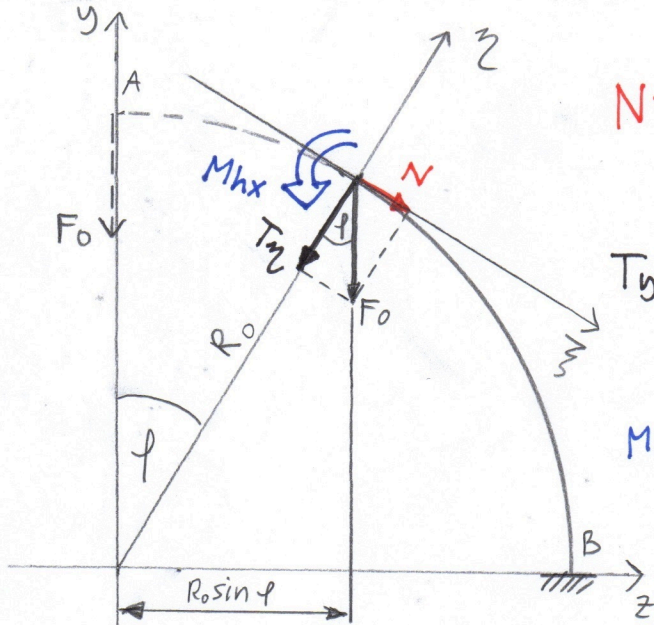


adott: $R_0 = 150 \text{ mm}$
 $d = 60 \text{ mm}$
 $F_0 = 20 \text{ kN}$
 $\sigma_{meg} = 200 \text{ MPa}$

Feladat:

- igénybevételei függvények, ábrák
- fesz. eloszlás veszélyes keresztmetszeten
- szilárdsági ellenőrzés

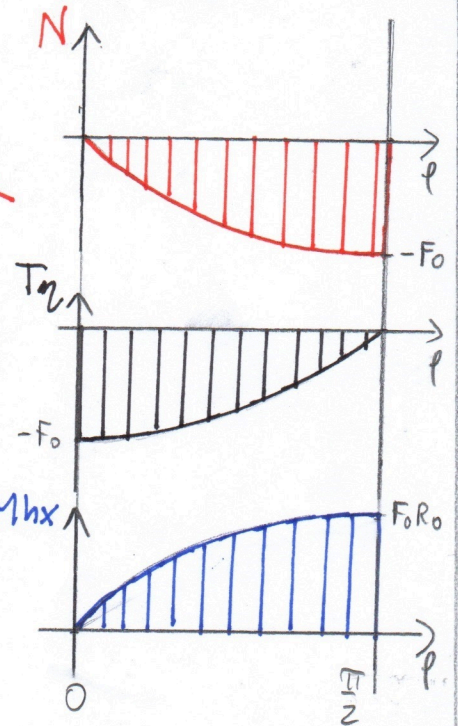
1. IGÉNYBEVÉTELI FÜGGVÉNYEK, ÁBRÁK



$$N = -F_0 \sin \varphi$$

$$T_y = -F_0 \cos \varphi$$

$$M_{hx} = F_0 R_0 \sin \varphi$$



- veszélyes keresztmetszet: B

$$N(B) = -F_0 = -20000 \text{ N}$$

$$M_{hx}(B) = F_0 R_0 = 20000 \cdot 150 = 3 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

2. FESZÜLTSGELOSLÁS A VESZÉLYES KERESZTMETSZETEN

$$\frac{R_0}{e_{max}} = \frac{R_0}{d/2} = \frac{150}{30} = 5 \quad 3 < 5 < 10 \Rightarrow \text{Grashof képlet kell és } I_y \approx I_x$$

$$\sigma_z = \underbrace{\frac{N}{A}}_{\sigma_z^N} + \underbrace{\frac{M_{hx}}{A R_0} + \frac{M_{hx}}{I_x} \frac{R_0}{R_0 + \eta}}_{\sigma_z^{M_{hx}}} \eta$$

- keresztmetszeti jellemzők:

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{60^2 \pi}{4} = 2827,43 \text{ mm}^2$$

$$I_x = \frac{d^4 \pi}{64} = \frac{60^4 \pi}{64} = 636172,51 \text{ mm}^4$$

• Feszültségek:

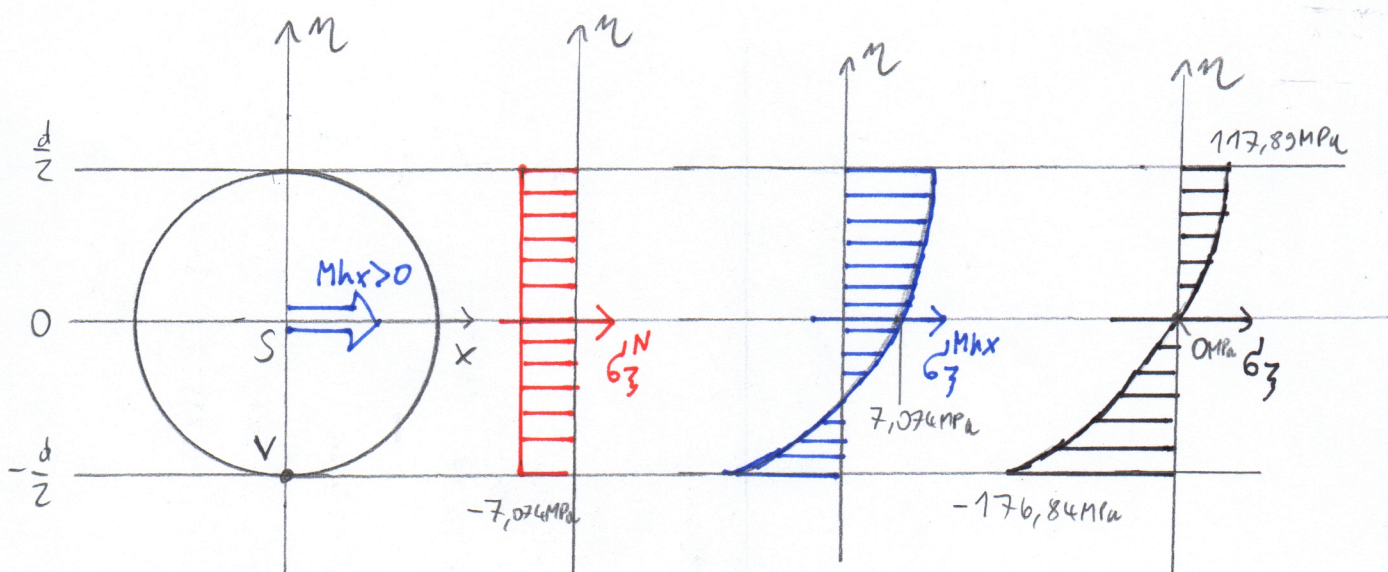
$$\sigma_3^N = \frac{N}{A} = \frac{-20000}{2927,43} = -7,074 \text{ MPa}$$

$$\sigma_0 = \frac{M_{hx}}{A R_0} = \frac{3 \cdot 10^6}{2927,43 \cdot 150} = 7,074 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3(\eta=0) = \sigma_3^N + \sigma_0 = -7,074 + 7,074 = 0$$

$$\begin{aligned} \sigma_3\left(\eta = -\frac{d}{2}\right) &= \sigma_3(\eta=0) + \frac{M_{hx}}{I_x} \frac{R_0}{R_0 - \frac{d}{2}} \left(-\frac{d}{2}\right) = \\ &= 0 + \frac{3 \cdot 10^6}{636172,51} \cdot \frac{150}{150 - \frac{60}{2}} \left(-\frac{60}{2}\right) = -176,84 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_3\left(\eta = \frac{d}{2}\right) &= \sigma_3(\eta=0) + \frac{M_{hx}}{I_x} \frac{R_0}{R_0 + \frac{d}{2}} \frac{d}{2} = \\ &= 0 + \frac{3 \cdot 10^6}{636172,51} \cdot \frac{150}{150 + \frac{60}{2}} \cdot \frac{60}{2} = 117,89 \text{ MPa} \end{aligned}$$



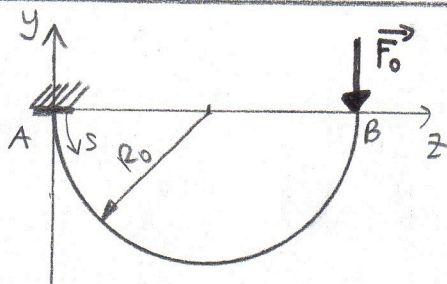
• veszélyes pont: V

3. SZILÁRDSÁGTANI ELLENŐRZÉS

$$|\sigma_{3\max}| = |\sigma_3(\eta = -\frac{d}{2})| = 176,84 \text{ MPa} < \sigma_{\text{meg}} = 200 \text{ MPa}$$

$\Rightarrow$ a rúd szilárdságátunilag meg felel

SÍKGÖRBE RÚD ELLENŐRZÉSE

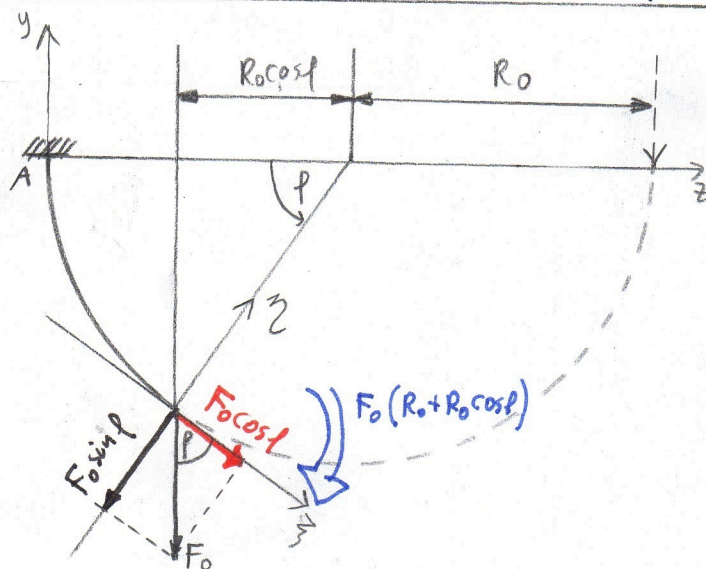


adott:
 $R_0 = 140 \text{ mm}$
 $d = 40 \text{ mm}$
 $F_0 = (-4 \vec{e}_3) \text{ kN}$
 $\sigma_{meg} = 250 \text{ MPa}$

feladat:

- igénybevételei függvények, ábrák
- feszültségeloszlás a veszélyes keresztmetszeten
- szilárdságtani ellenőrzés

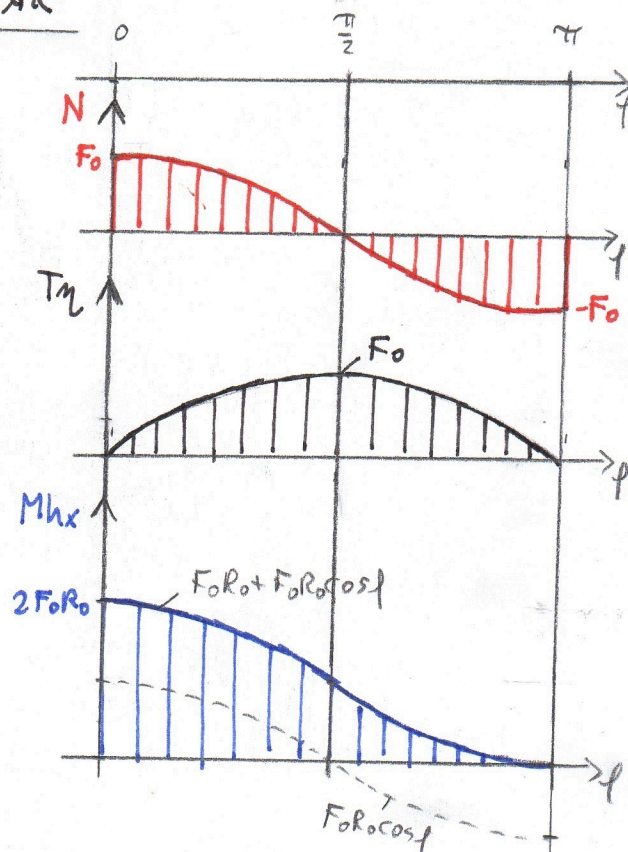
1. IGÉNYBEVÉTELI FÜGGVÉNYEK, ÁBRÁK



$$N = F_0 \cos \varphi$$

$$T_\varphi = F_0 \sin \varphi$$

$$M_{\varphi x} = F_0 (R_0 + R_0 \cos \varphi) = F_0 R_0 + F_0 R_0 \cos \varphi$$



• veszélyes keresztmetszet: A

$$N(A) = F_0 = 4 \text{ kN} = 4000 \text{ N}$$

$$M_{\varphi x}(A) = 2F_0R_0 = 2 \cdot 4 \cdot 140 = 1120 \text{ kNm} = 1120000 \text{ Nmm}$$

2. FESZÜLTSGELO SZÁM A VESZÉLYES KERESZTMETSZETEN

$$\frac{R_0}{l_{max}} = \frac{R_0}{d/2} = \frac{140}{40/2} = 7$$

$10 > 7 > 3 \Rightarrow$ Grashof képletet kell alkalmazni, de nincs szükség I_r redukált másodrendű nyomatékra

$$\sigma_z' = \underbrace{\frac{N}{A}}_{\sigma_z^N} + \underbrace{\frac{M_{hx}}{A R_0} + \frac{M_{hx}}{I_x} \cdot \frac{R_0}{R_0 + \eta}}_{\sigma_z^{M_{hx}}} \eta$$

• keresztmetszeti jellemzők:

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{40^2 \pi}{4} = 1256,64 \text{ mm}^2 \quad | \quad I_x = \frac{d^4 \pi}{64} = \frac{40^4 \pi}{64} = 125663,7 \text{ mm}^4$$

• feszültségek:

$$\sigma_z^N = \frac{N}{A} = \frac{4000}{1256,64} = 3,18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z^M = \frac{M_{hx}}{A R_0} = \frac{1120000}{1256,64 \cdot (-140)} = -6,36 \text{ MPa}$$

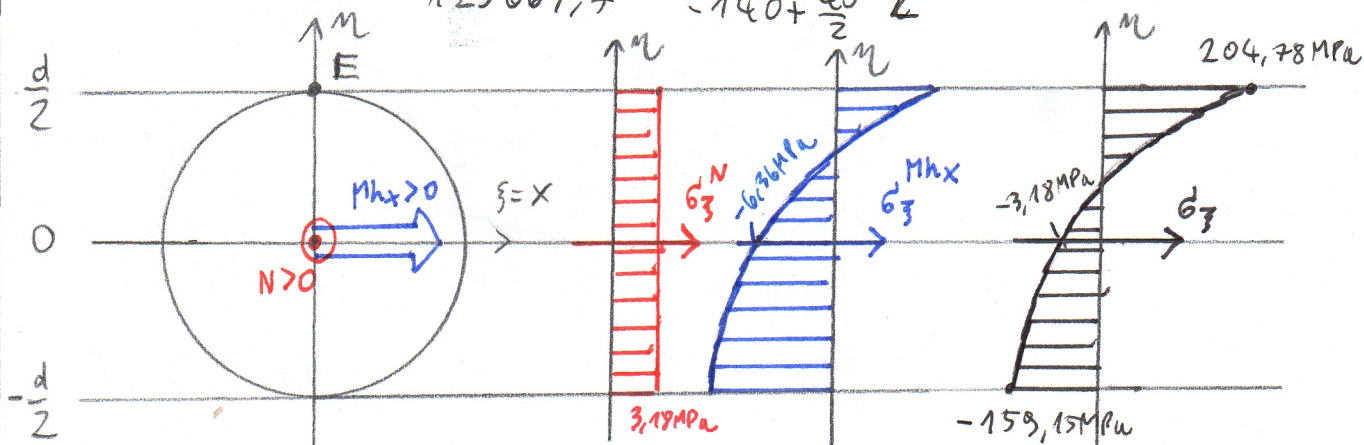
$$\sigma_z'(\eta=0) = \sigma_z^N + \sigma_z^M = 3,18 - 6,36 = -3,18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z'(\eta = -\frac{d}{2}) = \sigma_z'(\eta=0) + \frac{M_{hx}}{I_x} \cdot \frac{R_0}{R_0 - \frac{d}{2}} \left(-\frac{d}{2}\right) = \frac{1120000}{125663,7} \cdot \frac{-140}{-140 - \frac{40}{2}} \left(-\frac{40}{2}\right) = -156 \text{ MPa}$$

$$= -3,18 + \frac{1120000}{125663,7} \cdot \frac{-140}{-140 - \frac{40}{2}} \left(-\frac{40}{2}\right) = -159,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z'(\eta = \frac{d}{2}) = \sigma_z'(\eta=0) + \frac{M_{hx}}{I_x} \cdot \frac{R_0}{R_0 + \frac{d}{2}} \cdot \frac{d}{2} =$$

$$= -3,18 + \frac{1120000}{125663,7} \cdot \frac{-140}{-140 + \frac{40}{2}} \cdot \frac{40}{2} = 204,78 \text{ MPa}$$



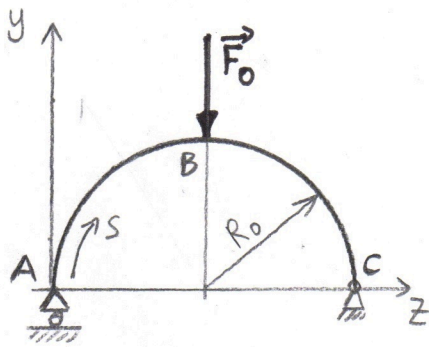
3. SZILÁRDSÁGTANI ELLENŐRZÉS

veszélyes pont: E

$$\sigma_{z \max} = |\sigma_z| = 204,78 \text{ MPa} < \sigma_{meg} = 250 \text{ MPa}$$

A tartó szilárdságtanilag megfelel

SÍKGÖRBE RÚD ELLENŐRZÉSE



adott:

$$R_0 = 100 \text{ mm}$$

$$\vec{F}_0 = (-4\vec{e}_y) \text{ kN}$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$\sigma_{meg} = 200 \text{ MPa}$$

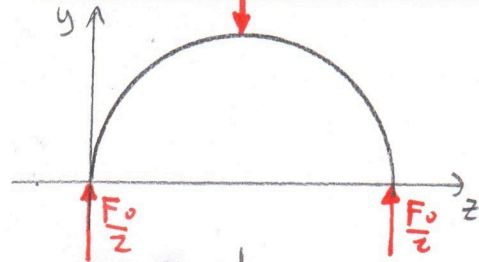
feladat:

- igénybevételi függvények, ábrák
- feszültségeloszlás a veszélyes keresztmetszeten
- szilárdsági ellenőrzés

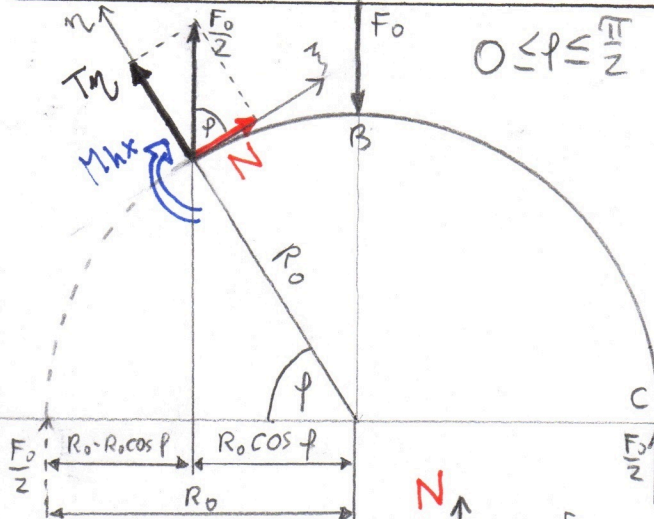
1. TÁMASZTÓERŐK MEGHATÁROZÁSA

$$M_C = 0 = -R_0 F_0 + 2R_0 F_{Ay} \Rightarrow F_{Ay} = \frac{R_0 F_0}{2R_0} = \frac{F_0}{2} (\uparrow)$$

$$M_A = 0 = R_0 F_0 - 2R_0 F_{By} \Rightarrow F_{By} = \frac{R_0 F_0}{2R_0} = \frac{F_0}{2} (\uparrow)$$



2. IGÉNYBEVÉTELI FÜGGVÉNYEK, ÁBRÁK



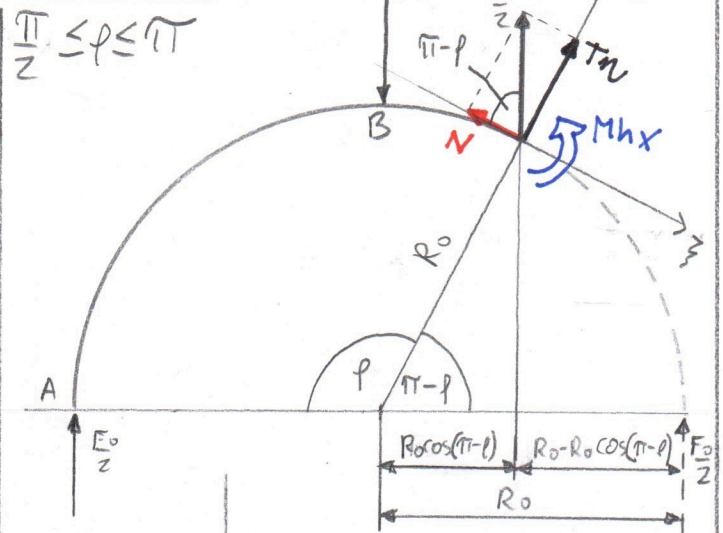
$$N = -\frac{F_0}{2} \cos \varphi$$



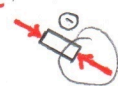
$$T_\eta = \frac{F_0}{2} \sin \varphi$$



$$M_{hx} = -\frac{F_0}{2} (R_0 - R_0 \cos \varphi) = \frac{F_0}{2} R_0 \cos \varphi - \frac{F_0}{2} R_0$$



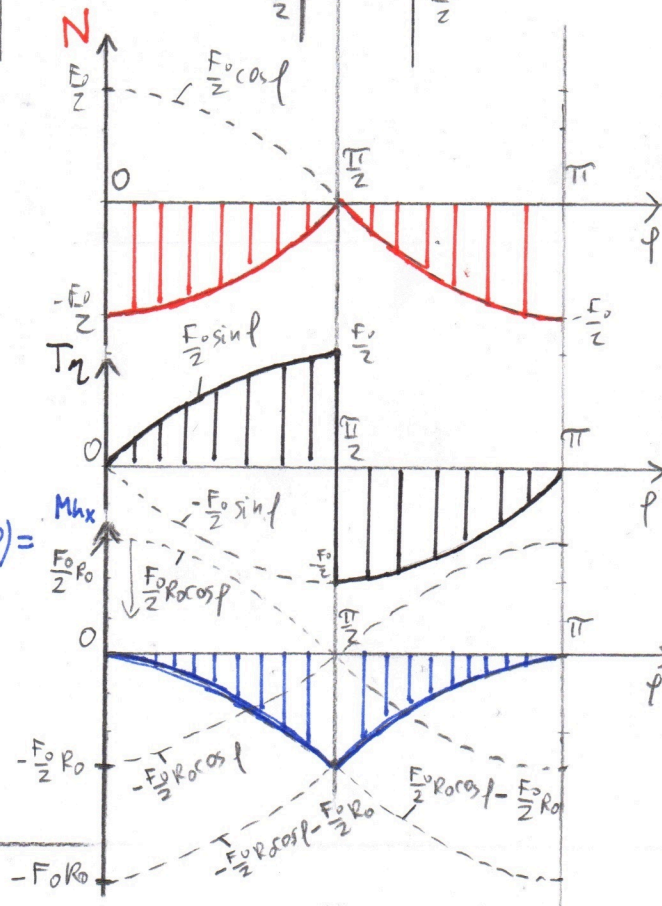
$$N = -\frac{F_0}{2} \cos(\pi - \varphi) = \frac{F_0}{2} \cos \varphi$$



$$T_\eta = -\frac{F_0}{2} \sin(\pi - \varphi) = -\frac{F_0}{2} \sin \varphi$$



$$M_{hx} = -\frac{F_0}{2} (R_0 - R_0 \cos(\pi - \varphi)) = -\frac{F_0}{2} (R_0 + R_0 \cos \varphi) = -\frac{F_0}{2} R_0 \cos \varphi - \frac{F_0}{2} R_0$$



• Veszélyes keresztmetszet: **B** $N(B)=0$, $M_{hx}(B) = -\frac{F_0}{2} R_0 = -\frac{4000}{2} \cdot 100 = -200000 \text{ Nmm}$

3. FESZÜLTSEGELOSZTLÁS A VESZÉLYES KERESZTMETSZETEN

$\frac{R}{e_{\max}} = \frac{R}{d/2} = \frac{100}{40/2} = 5$ $10 > 5 > 3 \Rightarrow$ Grashoff képletet kell alkalmazni de nincs szükség "redukált másodrendű nyomatékra"

$$\sigma_z = \underbrace{\frac{N}{A}}_{\sigma_z^N} + \underbrace{\frac{M_{hx}}{A R_0} + \frac{M_{hx}}{I_x} \cdot \frac{R_0}{R_0 + \eta}}_{\sigma_z^{M_{hx}}} \eta$$

• keresztmetszeti jellemzők:

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{40^2 \pi}{4} = 1256,64 \text{ mm}^2 \quad \left| \quad I_x = \frac{d^4 \pi}{64} = \frac{40^4 \pi}{64} = 125664 \text{ mm}^4 \right.$$

• Feszültségek:

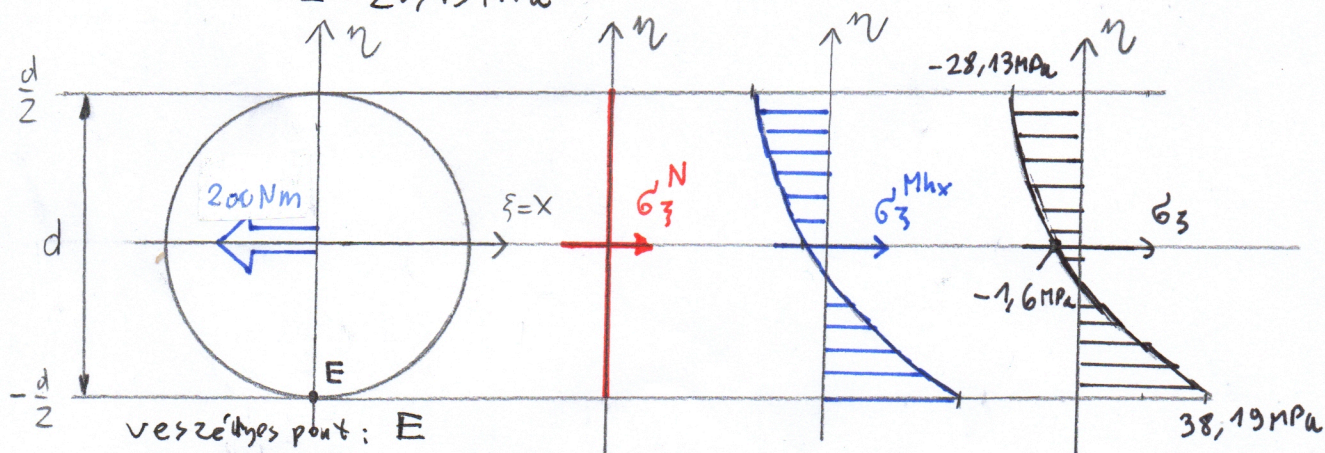
$$\sigma_z^N = \frac{N}{A} = \frac{0}{1256,64} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_0 = \frac{M_{hx}}{A R_0} = \frac{-200000}{1256,64 \cdot 100} = -1,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z(\eta=0) = \sigma_z^N + \sigma_0 = 0 - 1,6 = -1,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z\left(\eta = -\frac{d}{2}\right) = \sigma_z(\eta=0) + \frac{M_{hx}}{I_x} \frac{R_0}{R_0 - \frac{d}{2}} \left(-\frac{d}{2}\right) = -1,6 + \frac{-200000}{125664} \cdot \frac{100}{100 - \frac{40}{2}} \cdot \left(-\frac{40}{2}\right) = 38,19 \text{ MPa}$$

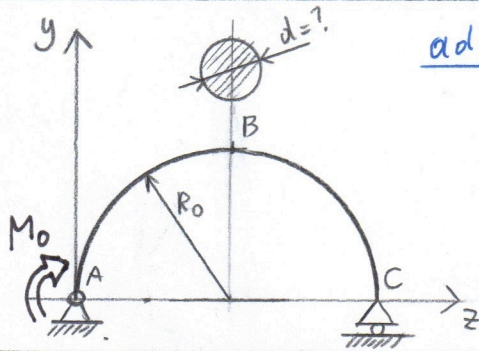
$$\sigma_z\left(\eta = \frac{d}{2}\right) = \sigma_z(\eta=0) + \frac{M_{hx}}{I_x} \frac{R_0}{R_0 + \frac{d}{2}} \frac{d}{2} = -1,6 + \frac{-200000}{125664} \cdot \frac{100}{100 + \frac{40}{2}} \cdot \frac{40}{2} = -28,13 \text{ MPa}$$



4. SZILÁRDSÁGTANI ELLENŐRZÉS

$\sigma_{z\max} = |\sigma_E| = 38,19 \text{ MPa} < \sigma_{\text{meg}} = 200 \text{ MPa} \Rightarrow$ a rúd szilárdságtanilag megfelel

SÍKGÖRBE RÚD MÉRETEZÉSE



adott: $M_0 = 400 \text{ Nm}$
 $R_0 = 60 \text{ mm}$
 $\sigma_{meg} = 250 \text{ MPa}$

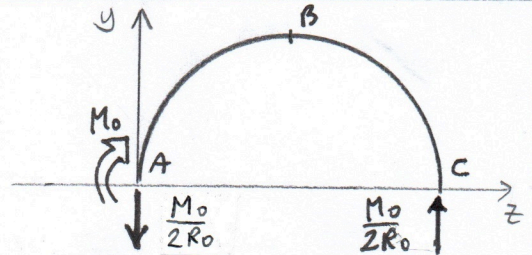
Feladat:

- igénybeveteli függvények, ábrák
- méretezés hajlításhoz egyenes rúdak szerint
- ellenőrzés húzásra + hajlításhoz Grashof szerint

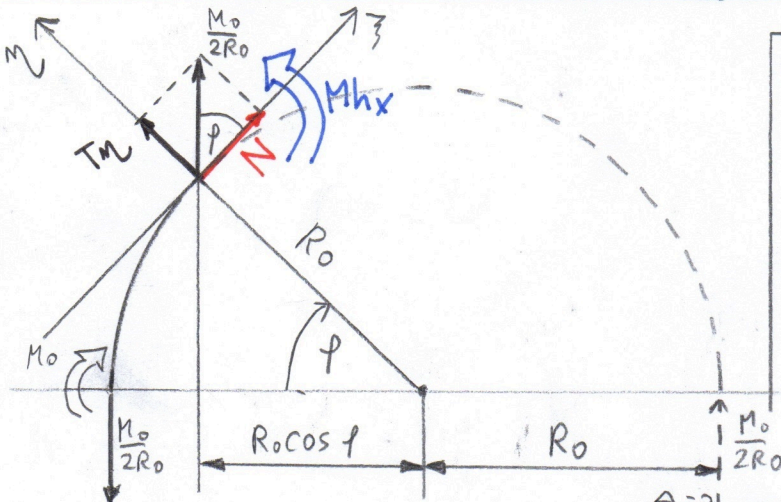
1. TÁMASZTÖRŐK MEGHATÁROZÁSA

$$M_A = 0 = M_0 - 2R_0 F_{Cy} \Rightarrow F_{Cy} = \frac{M_0}{2R_0} (\uparrow)$$

$$M_C = 0 = M_0 + 2R_0 F_{Ay} \Rightarrow F_{Ay} = -\frac{M_0}{2R_0} (\downarrow)$$



2. IGÉNYBEVÉTELI FÜGGVÉNYEK, ÁBRÁK



Az igénybeveteli ábrák alapján a veszélyes keresztmetszet: A

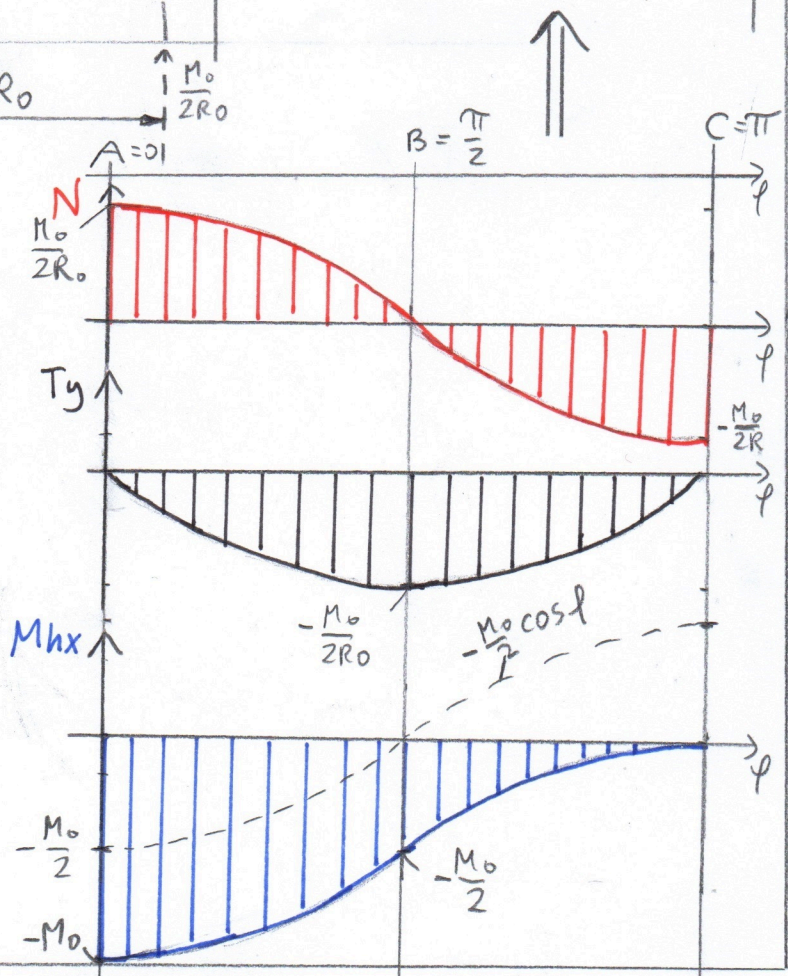
$$N(A) = \frac{M_0}{2R_0} = \frac{4 \cdot 10^5}{2 \cdot 60} = 3333,3 \text{ N}$$

$$M_{hx}(A) = -M_0 = -4 \cdot 10^5 \text{ Nmm}$$

$$N = \frac{M_0}{2R_0} \cos \varphi$$

$$T_y = -\frac{M_0}{2R_0} \sin \varphi$$

$$M_{hx} = -\frac{M_0}{2R_0} (R_0 + R_0 \cos \varphi) = -\frac{M_0}{2} \cos \varphi - \frac{M_0}{2}$$



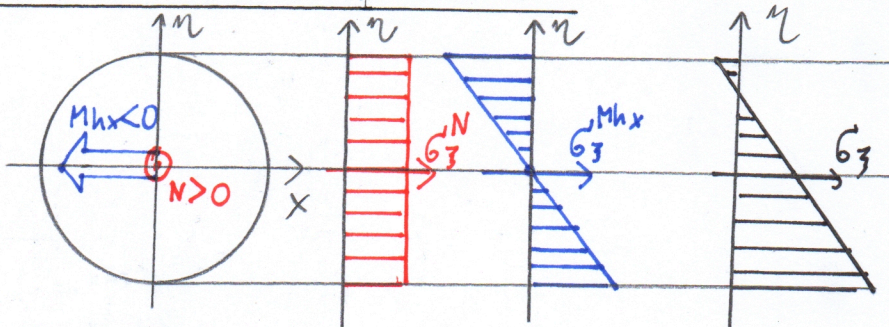
3. MÉRLETEZÉS HAJLÍTÁSRA EGYENES RUDAK SZERINT

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{meg}}$$

$$\frac{|M_{hx}|}{I_x} \leq \sigma_{\text{meg}}$$

$$\frac{32 |M_{hx}|}{d^3 \pi} \leq \sigma_{\text{meg}}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 |M_{hx}|}{\sigma_{\text{meg}} \cdot \pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 4 \cdot 10^5}{250 \cdot \pi}} = 25,35 \text{ mm} \Rightarrow \text{legyen } d = 28 \text{ mm}$$



4. ELLENŐRZÉS HAJLÍTÁSRA + HÚZÁSRA GRASHOF SZERINT

$$\frac{R_0}{e_{\max}} = \frac{R_0}{d/2} = \frac{60}{28/2} = 4,286$$

$3 < 4,286 < 10 \Rightarrow$ Grashof + koll és $I_r \approx I_x$

$$\sigma_z = \frac{N}{A} + \frac{M_{hx}}{A R_0} + \frac{M_{hx}}{I_x} \frac{R_0}{R_0 + z} z$$

• keresztmetszeti jellemzők:

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{28^2 \pi}{4} = 615,75 \text{ mm}^2 \quad | \quad I_x = \frac{d^4 \pi}{64} = \frac{28^4 \pi}{64} = 30171,86 \text{ mm}^4$$

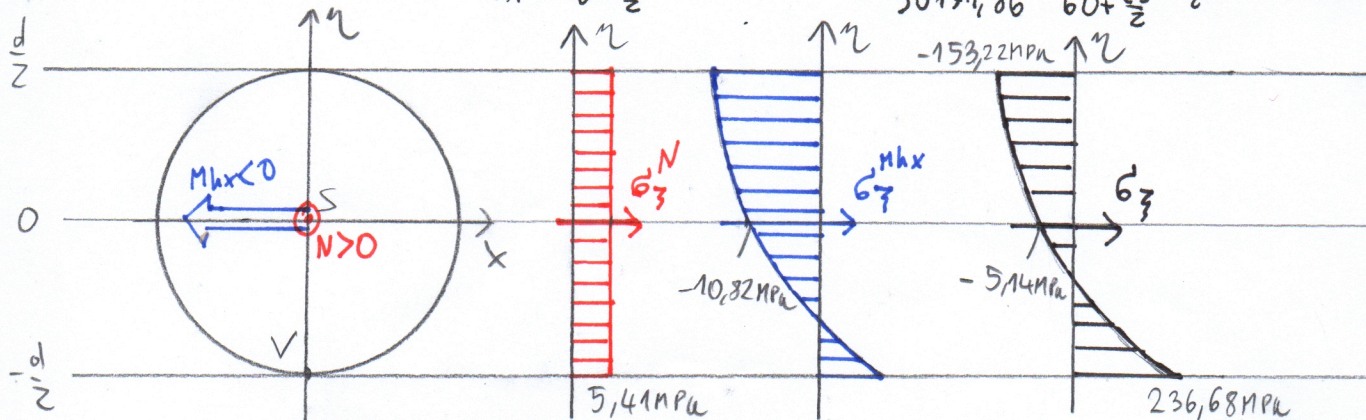
• feszültségek:

$$\sigma_z^N = \frac{N}{A} = \frac{3333,3}{615,75} = 5,41 \text{ MPa} \quad | \quad \sigma_z^M_{hx} = \frac{M_{hx}}{A R_0} = \frac{-4 \cdot 10^5}{615,75 \cdot 60} = -10,82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z(z=0) = \sigma_z^N + \sigma_z^M_{hx} = 5,41 - 10,82 = -5,41 \text{ MPa}$$

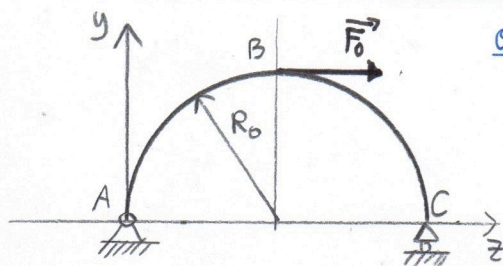
$$\sigma_z(z = \frac{d}{2}) = \sigma_z(z=0) + \frac{M_{hx}}{I_x} \frac{R_0}{R_0 - \frac{d}{2}} \left(-\frac{d}{2}\right) = -5,41 + \frac{-4 \cdot 10^5}{30171,86} \cdot \frac{60}{60 - \frac{28}{2}} \left(-\frac{28}{2}\right) = 236,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z(z = \frac{d}{2}) = \sigma_z(z=0) + \frac{M_{hx}}{I_x} \frac{R_0}{R_0 + \frac{d}{2}} \frac{d}{2} = -5,41 + \frac{-4 \cdot 10^5}{30171,86} \cdot \frac{60}{60 + \frac{28}{2}} \cdot \frac{28}{2} = -153,22 \text{ MPa}$$



$$|\sigma_{z\max}| = |\sigma_z(v)| = 236,68 \text{ MPa} < \sigma_{\text{meg}} = 250 \text{ MPa} \Rightarrow \text{a rúd szilárdságtanilag megfelel}$$

SÍKGÖRBE RÚD MÉRETEZÉSE



Adott: $R_0 = 60 \text{ mm}$
 $F_0 = 7 \text{ kN}$
 $\sigma_{meg} = 250 \text{ MPa}$

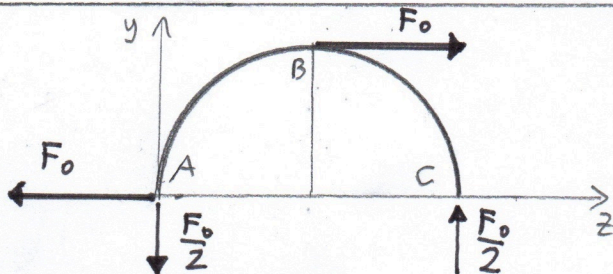
Feladat: - igénybevételi függvények, ábrák
 - méretezés hajlításva egyenes rúdak szerint
 - méretezés hajlításva + húzóva Grashof-szerint

1. TÁMASZTÖRÖK MEGHATÁROZÁSA

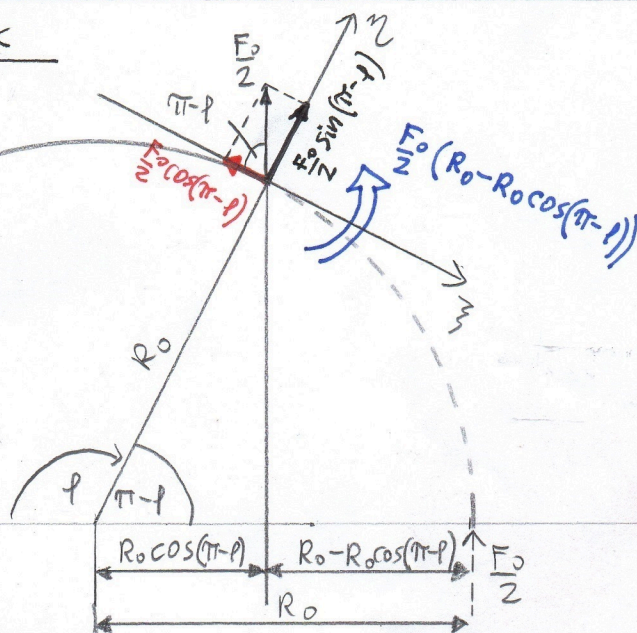
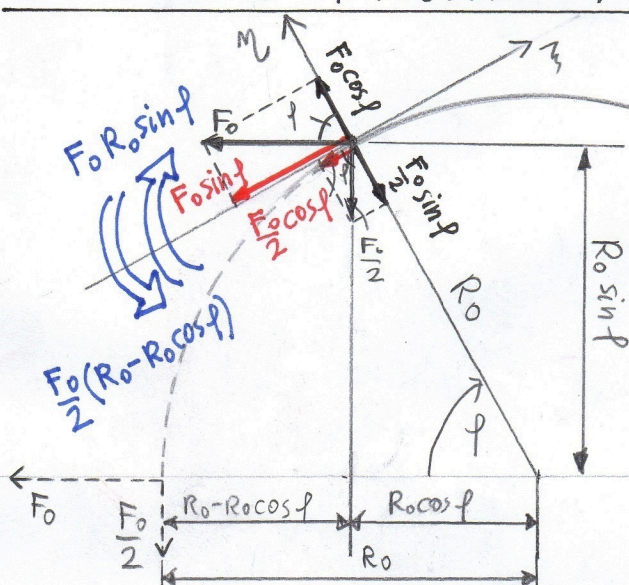
$$M_A = 0 = R_0 F_0 - 2 R_0 F_{Cy} \Rightarrow F_{Cy} = \frac{R_0 F_0}{2 R_0} = \frac{F_0}{2}$$

$$M_C = 0 = R_0 F_0 + 2 R_0 F_{Ay} \Rightarrow F_{Ay} = -\frac{R_0 F_0}{2 R_0} = -\frac{F_0}{2}$$

$$F_z = 0 = F_{Az} + F_0 \Rightarrow F_{Az} = -F_0$$



2. IGÉNYBEVÉTELI FÜGGVÉNYEK, ÁBRAK



$$N = F_0 \sin \varphi + \frac{F_0 \cos \varphi}{2}$$

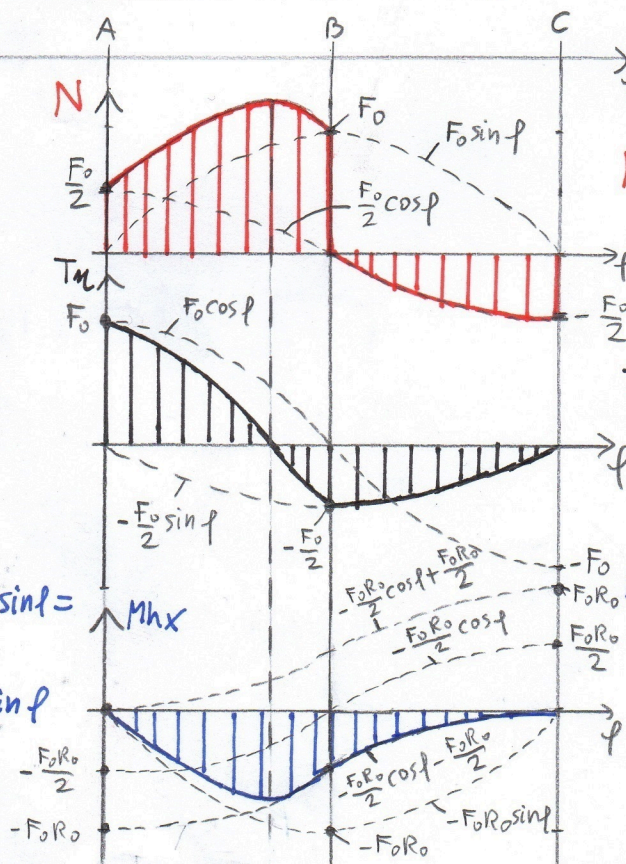
$$T_\varphi = F_0 \cos \varphi - \frac{F_0 \sin \varphi}{2}$$

$$M_{\varphi x} = \frac{F_0}{2} (R_0 - R_0 \cos \varphi) - F_0 R_0 \sin \varphi = -\frac{F_0 R_0}{2} \cos \varphi + \frac{F_0 R_0}{2} - F_0 R_0 \sin \varphi$$

$$N = -\frac{F_0}{2} \cos(\pi - \varphi) = \frac{F_0}{2} \cos \varphi$$

$$T_\varphi = -\frac{F_0}{2} \sin(\pi - \varphi) = -\frac{F_0}{2} \sin \varphi$$

$$M_{\varphi x} = -\frac{F_0}{2} (R_0 - R_0 \cos(\pi - \varphi)) = -\frac{F_0}{2} (R_0 + R_0 \cos \varphi) = -\frac{F_0 R_0}{2} \cos \varphi - \frac{F_0 R_0}{2}$$



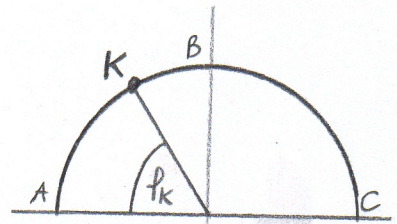
• veszélyes keresztmetszet meghatározása:

Mivel a nyírőerő a hajlítónyomóerők deriváltja, ahol a nyírőerő 0, ott lesz a hajlítónyomóerőknek szélsőértéke

$$F_0 \cos \varphi - \frac{F_0}{2} \sin \varphi = 0 \quad /: \cos \varphi$$

$$F_0 - \frac{F_0}{2} \tan \varphi = 0$$

$$\tan \varphi = 2 \Rightarrow \varphi = \arctan 2 = 63,43^\circ$$



veszélyes keresztmetszet: K $\varphi_K = 63,43^\circ$

$$N(K) = F_0 \sin \varphi_K + \frac{F_0}{2} \cos \varphi_K = 7000 \sin 63,43 + \frac{7000}{2} \cos 63,43 = 7826 \text{ N}$$

$$M_{hx}(K) = \frac{F_0}{2} (R_0 - R_0 \cos \varphi_K) - F_0 R_0 \sin \varphi_K = \frac{7000}{2} (60 - 60 \cos 63,43^\circ) - 7000 \cdot 60 \cdot \sin 63,43^\circ = -259574 \text{ Nmm}$$

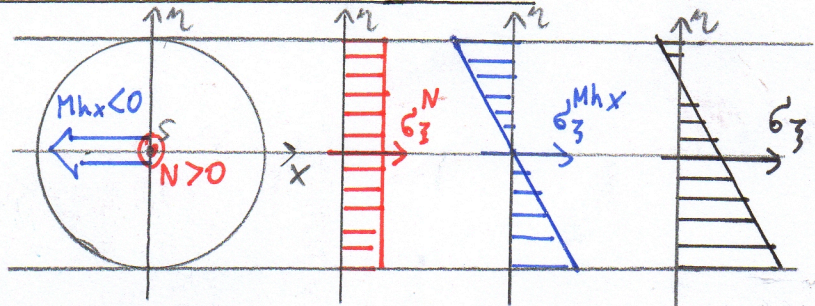
3. MÉRETEZÉS HAJLÍTÁSRA EGYENES RUDAK SZERINT

$$\sigma_{3\max} \leq \sigma_{\text{meg}}$$

$$\frac{|M_{hx}|}{I_x} \eta_{\max} \leq \sigma_{\text{meg}}$$

$$\frac{32 |M_{hx}|}{d^4 \pi} \cdot \frac{d}{2} \leq \sigma_{\text{meg}}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 |M_{hx}|}{\sigma_{\text{meg}} \pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 259574}{250 \pi}} = 22 \text{ mm} \Rightarrow \text{legyen } d = 24 \text{ mm}$$



4. ELLENŐRZÉS HAJLÍTÁSRA + HÚZÁSRA GRASHOF SZERINT

$$\frac{R_0}{\sigma_{\text{max}}} = \frac{R_0}{\sigma_2} = \frac{60}{24/2} = 5 \quad 3 < 5 < 10 \Rightarrow \text{Grashof formula kell és } I_x \approx I_y$$

$$\sigma_3 = \frac{N}{A} + \frac{M_{hx}}{A R_0} + \frac{M_{hx}}{I_x} \frac{R_0}{R_0 + \eta}$$

• Keresztmetszeti jellemzők:

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{24^2 \pi}{4} = 452,39 \text{ mm}^2$$

$$I_x = \frac{d^4 \pi}{64} = \frac{24^4 \pi}{64} = 16286 \text{ mm}^4$$

• Feszültségek:

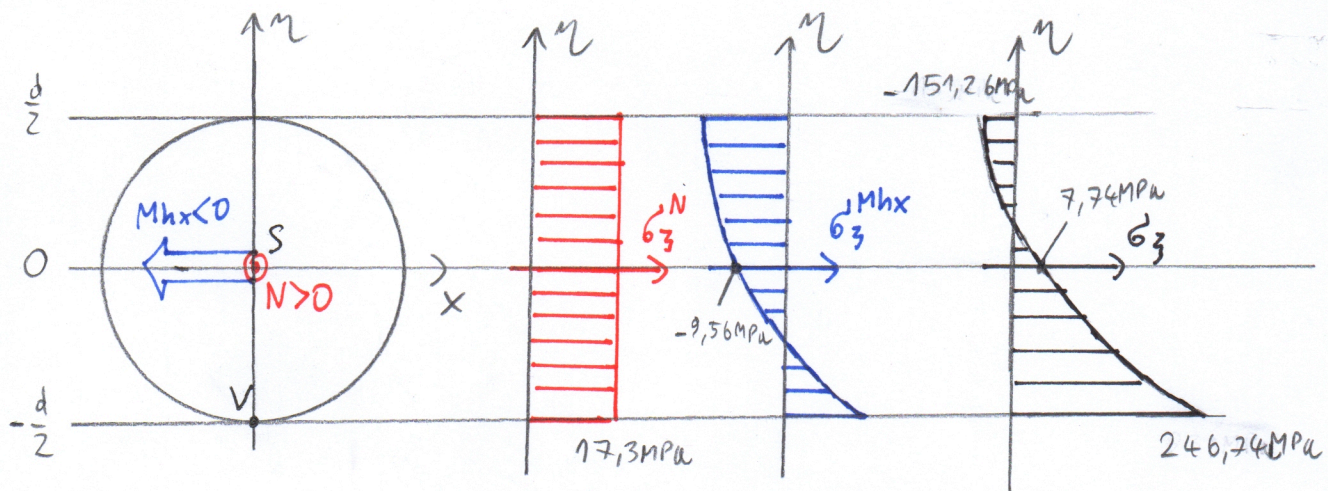
$$\sigma_3^N = \frac{N}{A} = \frac{7826}{452,39} = 17,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3^M = \frac{M_{hx}}{A R_0} = \frac{-259574}{452,39 \cdot 60} = -9,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3(\eta=0) = \sigma_3^N + \sigma_3^M = 17,3 - 9,56 = 7,74 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_3(\eta=-\frac{d}{2}) &= \sigma_3(\eta=0) + \frac{M_{hx}}{I_x} \cdot \frac{R_0}{R_0 - \frac{d}{2}} \left(-\frac{d}{2}\right) = \\ &= 7,74 + \frac{-259574}{16286} \cdot \frac{60}{60 - \frac{24}{2}} \cdot \left(-\frac{24}{2}\right) = 246,74 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_3(\eta=\frac{d}{2}) &= \sigma_3(\eta=0) + \frac{M_{hx}}{I_x} \cdot \frac{R_0}{R_0 + \frac{d}{2}} \cdot \frac{d}{2} = \\ &= 7,74 + \frac{-259574}{16286} \cdot \frac{60}{60 + \frac{24}{2}} \cdot \frac{24}{2} = -151,26 \text{ MPa} \end{aligned}$$



$$|\sigma_{3\max}| = |\sigma_3(V)| = 246,74 \text{ MPa} < \sigma_{\text{meg}} = 250 \text{ MPa} \Rightarrow \text{a rúd szilártságtanilag megfelel}$$