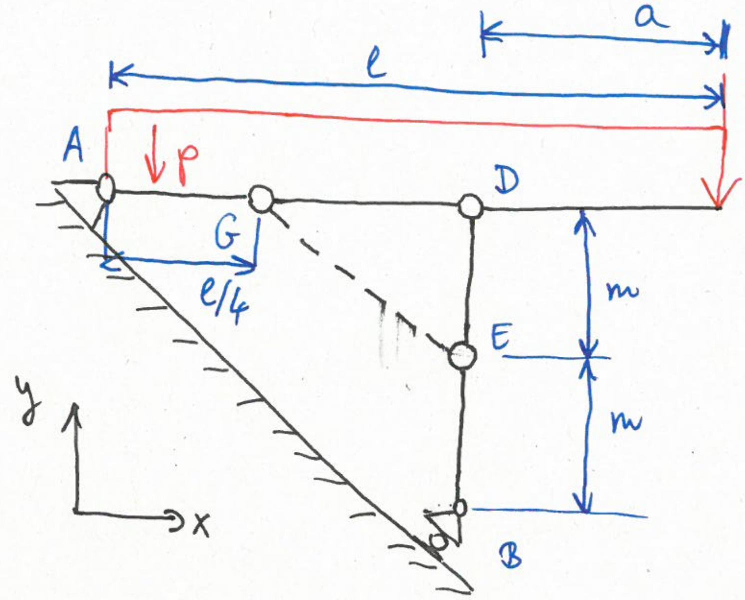
Szilárdságtan – 6. gyakorlat

Rúdszerkezet szilárdsági vizsgálata

A szerkezet:



Adatok

$l = 1{,}3\ m$

$a = 0{,}5\ m$

$m = 0{,}4\ m$

$d = 12\ mm$

$p = 2{,}5\ kN/m$

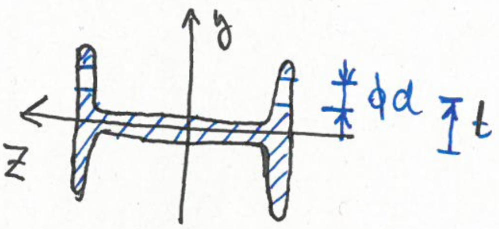
$F = 4\ kN$

$\sigma_{meg} = 80\ MPa$

$\tau_{meg} = 40\ MPa$

$t = 24{,}5\ mm$

Keresztmetszet:



Vízszintes elhelyezkedésű I szelvény, amelyet d átmérőjű furattal gyengítünk az eredeti súlyponti vonaltól t távolságra!

Feladat!

1) Határozzuk meg a D és G csuklókban ébredő belső erőket

2) Rajzoljuk meg a rúd igénybevételi ábráit (1es rúd) és határozzuk meg a hajlításra veszélyes km-et!

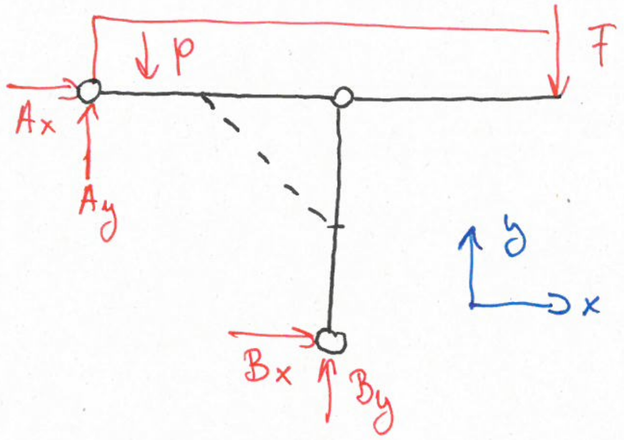
3) Méretezzük az 1es rudat!

↳ $K_{min} \Rightarrow$ szelvényválasztás + gyengítés!

4) A választott szelvény ell. nyírásra!

1) Reakcióerők meghatározása ⇒ külső reakciók

↳ Szabadtest ábra



Egyensúlyi egyenletek:

$$\sum F_x = 0: \quad A_x + B_x = 0$$

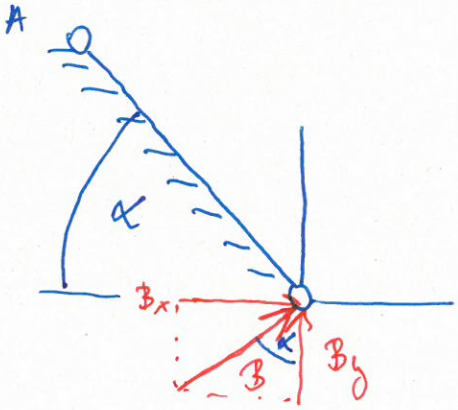
$$\sum F_y = 0: \quad A_y + B_y - F - pl = 0$$

$$\sum M_A = 0: \quad -\frac{pl^2}{2} - Fl + B_x \cdot 2m + B_y(l-a) = 0$$

Az ismeretlenek:

A_x, A_y, B_x, B_y ⇒ 4 db kell még egyenlet!

B-ben - görgő



$$\frac{B_x}{B_y} = tg\alpha = \frac{2m}{l-a}$$ mert a görgős alátámasztásban

↳ $B_y = \frac{B_x(l-a)}{2m}$ az erő merőleges a felületre!

vissza a nyomatéki egyenletbe!

$$-\frac{pl^2}{2} - Fl + B_x \cdot 2m + B_x\frac{(l-a)}{2m} = 0$$

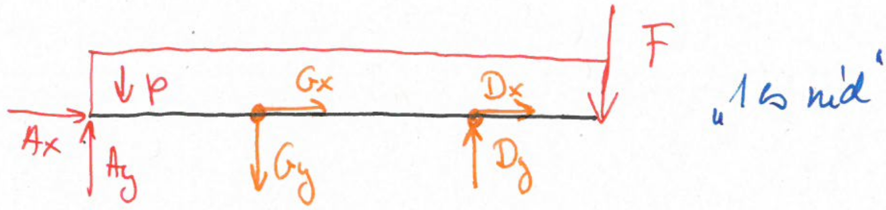
↳ $B_x = \dfrac{\frac{pl^2}{2} + Fl}{2m + \frac{(l-a)^2}{2m}} = \underline{\underline{4,5703 \text{ kN}}}$

↳ $A_x = \underline{\underline{-4,5703 \text{ kN}}}$

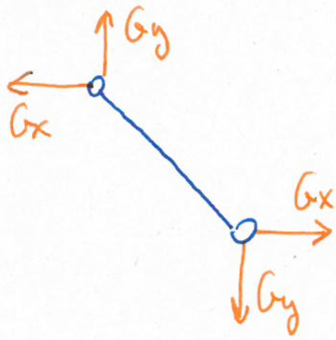
↳ $B_y = \dfrac{B_x(l-a)}{2m} = \underline{\underline{4,5703 \text{ kN}}}$

↳ $A_y = pl + F - B_y = \underline{\underline{26797 \text{ kN}}}$

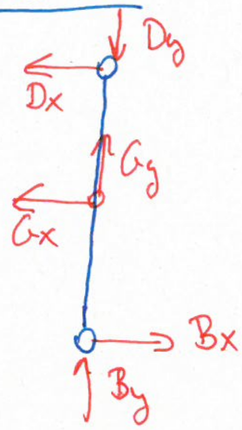
↳ A csuklókban ébredő erők → bontsuk szét a szerkezetet!



<u>Kötél</u>



<u>DB rúd</u>



<u>Egyensúlyi egyenlet AC (1b) rúdra</u>

$\Sigma F_x = 0 \qquad A_x + G_x + D_x = 0$

$\Sigma F_y = 0 \qquad A_y - G_y + D_y - pl - F = 0$

$\Sigma M_G = 0 \qquad -A_y \cdot \frac{l}{4} - \frac{p \cdot l^2}{4} - F \cdot \frac{3l}{4} + D_y\left(l - a - \frac{l}{4}\right) = 0$

$$\hookrightarrow D_y = \frac{A_y \frac{l}{4} + \frac{pl^2}{4} + F \cdot \frac{3l}{4}}{l - a - \frac{l}{4}} = \underline{\underline{12{,}2677\,kN}}$$

$$\hookrightarrow G_y = A_y + D_y - pl - F = \underline{\underline{7{,}6573\ kN}}$$

A kötélben csak kötélirányú erő lehet!

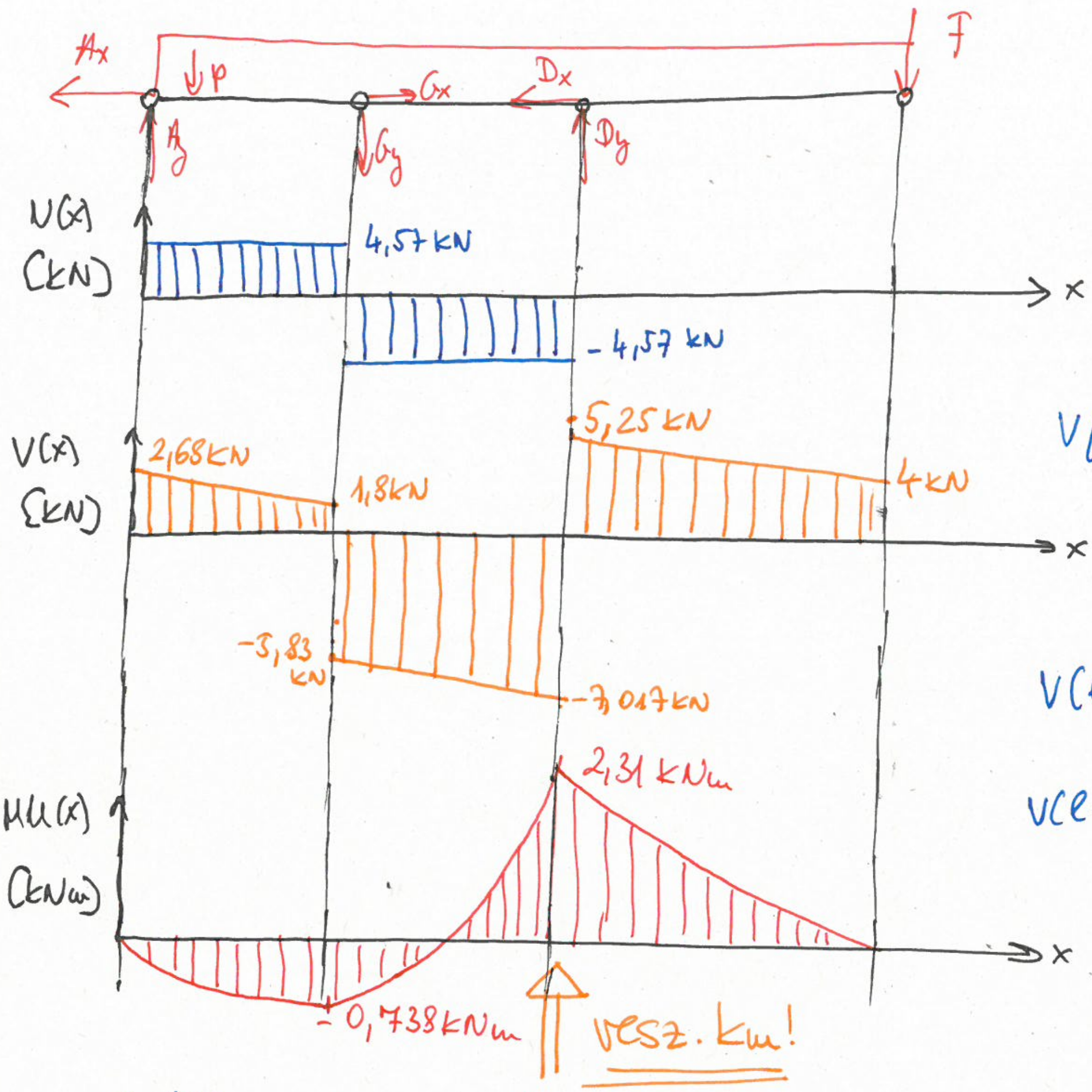
$$\frac{G_x}{G_y} = \frac{l-a-l/4}{m} \rightarrow G_x = \frac{G_y(l-a-l/4)}{m} = \underline{\underline{9{,}1406\ kN}}$$

$$\hookrightarrow D_x = -A_x - G_x = \underline{\underline{-4{,}5703\ kN}}$$

<u>Ell</u>: DB rúd! $\Sigma F_x = B_x - G_x - D_x = 0$ ✓ $\qquad \Sigma M_B = G_x \cdot m + D_x \cdot 2m = 0$ ✓

$\Sigma F_y = B_y + G_y - D_y = 0$ ✓

Az igénybevételi ábra az 1es módban:



$$V\left(\frac{l}{4}\right)_- = A_y - p\frac{l}{4} = 1{,}86\ \text{kN}$$

$$V\left(\frac{l}{4}\right)_+ = A_y - p\frac{l}{4} + G_y = \underline{-5{,}83\ \text{kN}}$$

$$V(l-a)_- = A_y - p(l-a) - G_y = \underline{-7{,}017\ \text{kN}}$$

$$V(l-a)_+ = A_y - p(l-a) - G_y + D_y = \underline{\underline{5{,}25\ \text{kN}}}$$

$$M_h\left(\frac{l}{4}\right) = -A_y\frac{l}{4} + p\cdot\frac{l}{4}\cdot\frac{l}{8} = -0{,}738\ \text{kNm}$$

$$M_h(l-a) = -A_y(l-a) + p\cdot\frac{(l-a)^2}{2} + G_y\left(l-a-\frac{l}{4}\right) = 2{,}31\ \text{kNm}$$

Az igénybevételi fgvek

	I. $0 \le x \le l/4$	II. $\frac{l}{4} \le x < l-a$	III $l-a \le x \le l$
N(x)	$-A_x$	$-A_x + G_x$	$-A_x + G_x + D_x = 0$
V(x)	$A_y - px$	$A_y - px - G_y$	$A_y - px - G_x + D_y = F + p(l-x)$
Mh(x)	$-A_y x + \frac{px^2}{2}$	$-A_y x + \frac{px^2}{2} + G_y\left(x - \frac{l}{4}\right)$	$F(l-x) + \frac{p(l-x)^2}{2}$

Veszélyes km.: D pontban (balról)

$$M_{hD} = \underline{\underline{2,31 \text{ kNm}}}$$

$$V_D = \underline{\underline{-7,017 \text{ kN}}}$$

2) Tartó méretezése

$$\sigma_{x\,max} = \frac{M_h}{K_z} \longrightarrow \sigma_{x\,max} = \frac{M_{hD}}{K_{z\,min}} \leq \sigma_{meg}$$

$$K_{z\,min} = \frac{M_{hD}}{\sigma_{meg}} = 28,875 \ \underline{\underline{\text{cm}^3}}$$

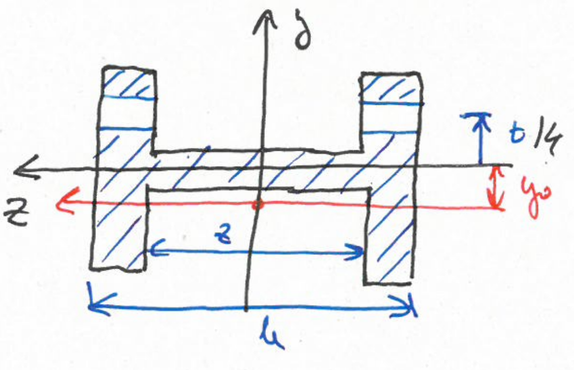
ilyen szelvény kell

I-220 as

$$W_y = 33,1 \text{ cm}^3$$
$$I_1 = J_y = 162 \text{ cm}^4$$
$$b = 98 \text{ mm}$$
$$Z = 189 \text{ mm}$$
$$v = 8,1 \text{ mm}$$
$$h = 220 \text{ mm}$$
$$A_{0,1} = 39,5 \text{ cm}^2$$

a szelvénytábla koordináta rendszerében!

Közelítő modell



$$t = \frac{b}{4}$$

A kivágás

$$A_2 = \frac{(h-z)}{2} \cdot d = 1,86 \text{ cm}^2$$

$$I_2 = \left(\frac{h-z}{2}\right)\frac{d^3}{12} = 0,2232 \text{ cm}^4$$

$$y_0 = \frac{A_1 \cdot y_{S1} - 2 A_2 y_{S2}}{A_1 - 2A_2} = \frac{0 \cdot A_1 - 2 \cdot \frac{b}{4} A_2}{A_0 - 2A_2} = \underline{\underline{-2,54 \text{ mm}}}$$

$$I_z = y_0^2 A_1 + I_1 - 2I_2 - 2\left(\frac{b}{4} - y_0\right)^2 A_2 = 136 \text{ cm}^4$$

A módosított km-i tényező

$$K_z = \frac{I_z}{\left(\frac{b}{2}-y_0\right)} = 26,5587 \le K_{z\min} = 28,875\ cm^3$$

$\Downarrow$ NEM felel meg!

Nagyobbat kell választani: I240-es

$J_y = 221\ cm^4$

$h_2 = 240$ mm

$z_2 = 206$ mm

$b_2 = 106$ mm

$v_2 = 8,7$ mm

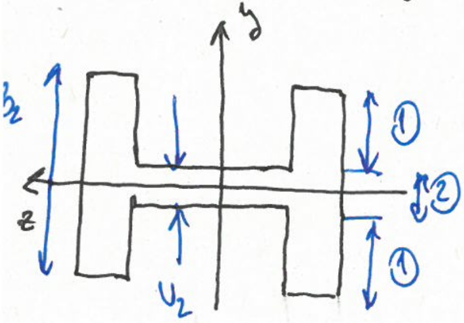
ha gyengítjük $\rightarrow K_z = 34,0231\ cm^3$

✓ OK!

④ Ellenőrzés nyírásra

↳ D pontban balról ⇒ szakadás $V_{max} = -7,017$ kN

Egyszerűsített ábra, gyengítés nélkül, vizsgáljuk az I240-es szelvényt!

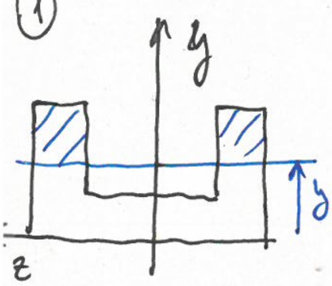


① $\frac{v_2}{2} \le y \le \frac{b_2}{2}$; $-\frac{b_2}{2} \le y \le \frac{v_2}{2}$

② $-\frac{v_2}{2} \le y \le \frac{v_2}{2}$

$I_{z2} = 191,8\ cm^4$ gyengítés nélkül

①



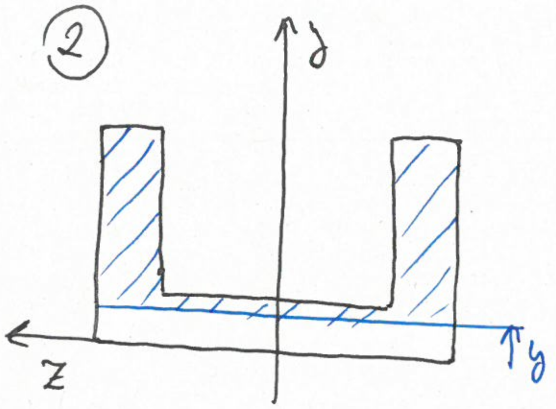
$$a_1(y) = (h_2 - z_2)$$

$$S_1(y) = 2\cdot\left(\frac{h_2-z_2}{2}\left(\frac{b_2}{2}-y\right)\frac{\left(\frac{b_2}{2}+y\right)}{2}\right)$$

$$\tau_1(y) = \frac{-V}{I_z}\,\frac{\frac{h_2-z_2}{2}\left(\frac{b_2^2}{4}-y^2\right)}{h_2-z_2} = \frac{-V}{2I_z}\left(\frac{b_2^2}{4}-y^2\right) = 5,13 - 0,0018y^2$$

$$\tau_1\left(\frac{v_2}{2}\right) = 5{,}1\ \text{MPa}$$

2



$$a_2(y) = h$$

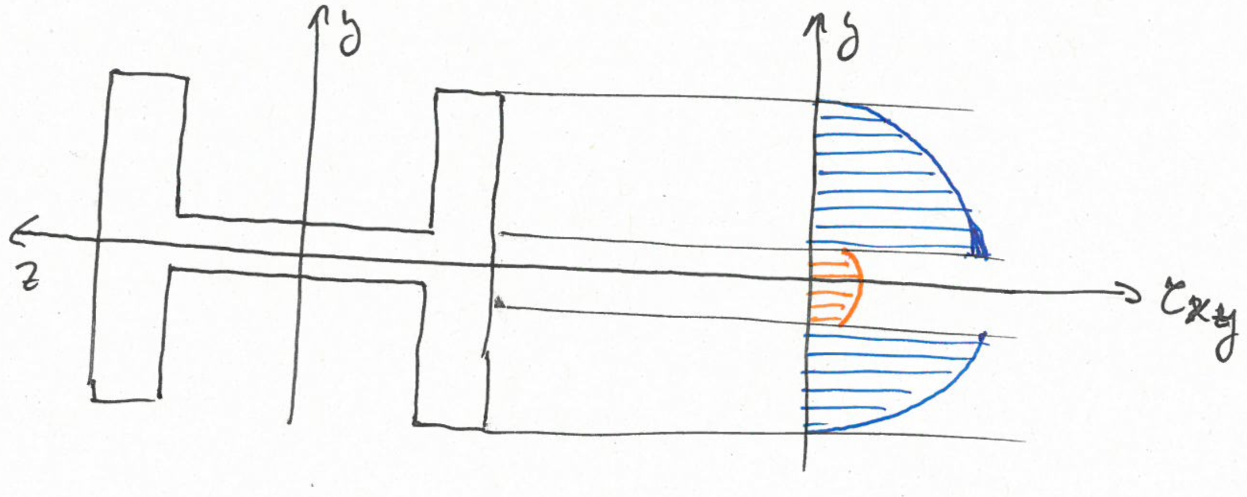
$$S_2(y) = \frac{(h_2 - t_2)}{2}\left(\frac{b_2^2 - v_2^2}{4}\right) + h_2\left(\frac{v_2}{2} - y\right)\frac{\left(\frac{v_2}{2} + y\right)}{2}$$

$$= \frac{h_2 - t_2}{2}\left(\frac{b_2^2}{4} - \frac{v_2^2}{4}\right) + \frac{h_2}{2}\left(\frac{v_2^2}{4} - y^2\right)$$

$$\tau_2 = -\frac{V}{I_z} \cdot \frac{S_2(y)}{h_2} = 0{,}75 - 0{,}0018\, y^2$$

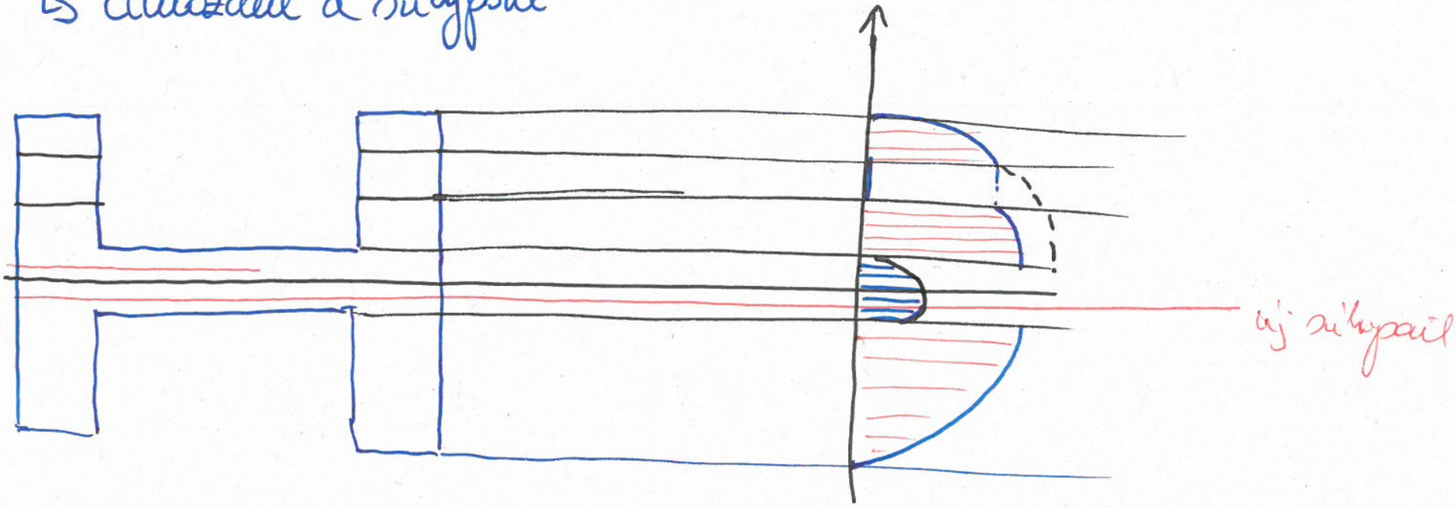
$$\tau\left(\frac{v_2}{2}\right) = 0{,}73\ \text{MPa}$$

$$\tau(0) = 0{,}757\ \text{MPa}$$



Hogyan alakul a csúsztatófeszt, ha a gyengítés benne marad?

↳ Elmozdul a súlypont



1. A széleknél kell befelé haladni

↳ kinti ugyanaz lesz (ha eltekintünk ettől a változástól)

↳ súlypontivonal eltolódása

2. Ahol üres a km → nincs anyag → nincs fesz