

5.3. Példa

Határozzuk meg az alábbi hegesztett szelvény $M_{c,Rd}$ hajlítási tervezési ellenállását, ha anyaga a) S235, b) S275 és c) S355 minőségű!

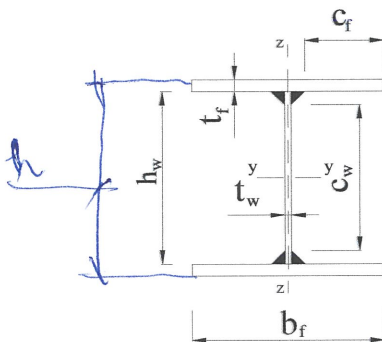
Alapanyag: S235	$f_y = 23,5 \text{ kN/cm}^2$	$f_u = 36,0 \text{ kN/cm}^2$	$\varepsilon = 1,0$
S275	$f_y = 27,5 \text{ kN/cm}^2$	$f_u = 43,0 \text{ kN/cm}^2$	$\varepsilon = 0,92$
S355	$f_y = 35,5 \text{ kN/cm}^2$	$f_u = 51,0 \text{ kN/cm}^2$	$\varepsilon = 0,81$

A szelvény geometriája:

öv: 260-14

gerinc: 230-10

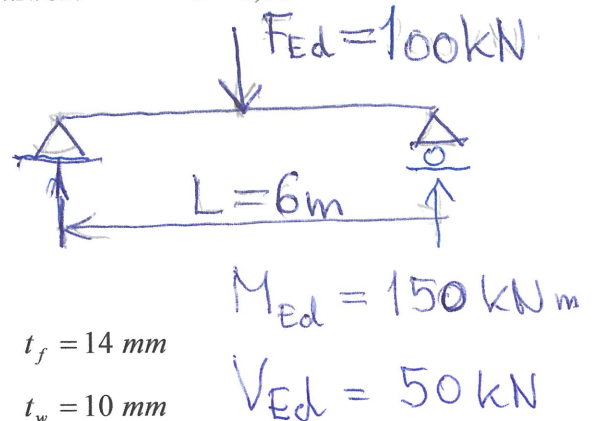
nyakvarrat: $a = 5 \text{ mm}$ kétoldali sarokvarrat



$$b_f = 260 \text{ mm} \quad t_f = 14 \text{ mm}$$

$$h_w = 230 \text{ mm} \quad t_w = 10 \text{ mm}$$

$$a = 5 \text{ mm}$$



5.21. ábra: A szelvény geometriája.

A keresztmetszet osztályozása:

Gerinc:

A gerincről könnyen látható, hogy mindhárom minőség esetén 1. osztályú.

$$c_w = h_w - 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a = 230 - 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 5 = 215,9 \text{ mm}$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{215,9}{10} = 21,59 < 72 \cdot \varepsilon = 58,32$$

tehát a gerinc 1. keresztmetszeti osztályú.

Öv:

$$c_f = \frac{b_f}{2} - \sqrt{2} \cdot a - \frac{t_w}{2} = \frac{260}{2} - \sqrt{2} \cdot 5 - \frac{10,0}{2} = 117,9 \text{ mm}$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{117,9}{14} = 8,42 < 9$$

Az 1., 2. és 3. osztályú öv c_f / t_f határértékeit a három acélminőség esetén az 5.4 táblázat mutatja.

	Határérték	S235	S275	S355
1. km. osztály	9ε	9	8,28	7,29
2. km. osztály	10ε	10	9,20	8,10
3. km. osztály	14ε	14	12,88	11,34

5.4. táblázat: Keresztmetszeti osztályok határai.

Az osztályba sorolást a keretezett értékek határozzák meg, mivel azok nagyobbak az aktuális $c_f/t_f = 8,42$ értéknél. Az öv és így az egész keresztmetszet is az S235, S275 és S355 anyagminőség esetén tehát 1., 2. ill. 3. keresztmetszeti osztályú.

Keresztmetszeti jellemzők számítása:

$$I_y = \frac{h_w^3 \cdot t_w}{12} + 2 \cdot b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} \right)^2 \quad ; \quad I_y = \frac{230^3 \cdot 10}{12} + 2 \cdot 260 \cdot 14 \cdot \left(\frac{230}{2} + \frac{14}{2} \right)^2 = 118494686,7 \text{ mm}^4 = 11849,47 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{230^3 \cdot 10}{12} + 2 \cdot 260 \cdot 14 \cdot \left(\frac{230}{2} + \frac{14}{2} \right)^2 = 118494686,7 \text{ mm}^4 = 11849,47 \text{ cm}^4$$

$$W_{el,y} = \frac{I_y}{\frac{h_w}{2} + t_f} = \frac{11849,47}{\frac{230}{2} + 1,4} = 918,56 \text{ cm}^3$$

$$S_{y,max} = b_f \cdot t_f \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} \right) + \frac{h_w}{2} \cdot t_w \cdot \frac{h_w}{4}$$

$$S_{y,max} = 260 \cdot 14 \cdot \left(\frac{230}{2} + \frac{14}{2} \right) + \frac{230}{2} \cdot 10 \cdot \frac{230}{4} = 510205 \text{ mm}^3 = 510,21 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,y} = 2 \cdot S_{y,max} = 2 \cdot 510,21 = 1020,41 \text{ cm}^3$$

Hajlítási tervezési ellenállás:

S235 és S275 acélminőség esetén (az [1]-ben 37-es és 45-ös minőség) a hajlítási tervezési ellenállást a képlékeny keresztmetszeti modulussal számítjuk, mert ez esetekben a szelvény 1. ill. 2. keresztmetszeti osztályú.

S235:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1020,41 \cdot 235}{1,0} = 23979,6 \text{ kNcm} = 239,80 \text{ kNm}$$

$$> M_{Ed} = \frac{F_{Ed} \cdot L}{4} = 150 \text{ kNm}$$

S275:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1020,41 \cdot 275}{1,0} = 28061,3 \text{ kNcm} = 280,61 \text{ kNm}$$

S355 acélminőség esetén ('52'-es) a hajlítási tervezési ellenállást a rugalmas keresztmetszeti modulussal számítjuk, mert ez esetben a szelvény 3. keresztmetszeti osztályú.

S355:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{918,56 \cdot 355}{1,0} = 32641,7 \text{ kNcm} = 326,42 \text{ kNm}$$

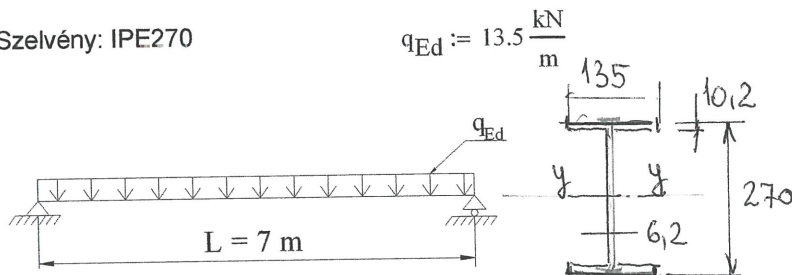
$$> M_{Ed} = \frac{F_{Ed} \cdot L}{4} = 150 \text{ kNm}$$

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_t}{\gamma_{M0}} = \frac{230 \cdot 10 \cdot \frac{235}{\sqrt{3}}}{1} = 312,4 \text{ kN} > V_{Ed} = 50 \text{ kN}$$

Gerendák stabilitásvizsgálata

Az ellenorizendo szerkezet egy 7m-es fesztávú kéttámaszú tartó, szelvénye IPE 270, terhe egyenletesen megoszló $q_{Ed}=13,5$ kN/m intenzitású terhe.

Szelvény: IPE270



Anyagminőségek, keresztmetszeti jellemzők, igénybevételek

$$S235 \quad f_y := 23.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad W_{pl,y} := 484 \text{cm}^3 \quad I_y := 5789.8 \text{m}^4 \quad i_{fz} := 3.46 \text{cm}$$

$$M_{y,Ed} := \frac{q_{Ed} \cdot L^2}{8} \quad M_{y,Ed} = 82.688 \text{kNm} \quad V_{z,Ed} := \frac{q_{Ed} \cdot L}{2} \quad V_{z,Ed} = 47.25 \text{kN}$$

Mivel a gyakorlat anyag a stabilitásvizsgálatok és a szilárdsági vizsgálatokból már ZH-t is írtak a hallgatók, a szilárdsági vizsgálatokat nem kell részletesen elmagyarázni.

Szilárdsági vizsgálatok

Keresztmetszet osztályozás

Hajlításra 1. kr-i osztályú a szelvény (az osztályozást továbbra sem kell bemutatni!).

Keresztmetszeti ellenállás ellenőrzése hajlításra

$$M_{c,Rd} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad M_{c,Rd} = 113.74 \text{kNm} \quad \frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = 72.699 \%$$

Nyírási ellenállás

$$A_w := 22.14 \text{cm}^2$$
$$V_{c,Rd} := \frac{A_w \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \quad V_{c,Rd} = 300.39 \text{kN} \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd}} = 15.73 \%$$

Hajlítás és nyírás interakciója

Mivel a legnagyobb nyíróerőre is teljesül, hogy az kisebb, mint a nyírási ellenállás fele, így az interakciót sehol sem kell vizsgálni.

Kifordulásvizsgálat az általános módszer szerint

Az első részben közbenso megtámasztás nélkül végezzük el a számítást az általános módszer szerint. A számítás eredménye az, hogy a tartó nagyon nem felel meg.

A második részben azt határozzuk meg övmerevségvizsgálat alapján, hogy hány oldalirányú megtámasztásra van szükség ahhoz, hogy egyáltalán ne kelljen a kifordulással számolni.

nincs közbenso támasz

$$L_c := L \quad L_c = 700 \text{ cm}$$

$$I_z := 419.87 \text{ cm}^4 \quad I_t := 15.94 \text{ cm}^4 \quad I_w := 70580 \text{ cm}^6$$

It és I_w szmítására az AGYÚban találhatóak képletek; itt csak a számértéket közöljük.

$$z_g := \frac{h}{2} \quad z_g = 13.5 \text{ cm} \quad z_j := 0 \text{ cm}$$

$$k := 1 \quad k_w := 1$$

$$C_1 := 1.132 \quad C_2 := 0.459 \quad C_3 := 0.525$$

$$M_{cr} := C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{k \cdot L_c^2} \cdot \sqrt{\left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k \cdot L_c)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2 - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \right]}$$

$$M_{cr} = 48.899 \text{ kNm} \quad \lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \lambda_{LT} = 1.525$$

hengerelt I szelvény, $h/b=2 \implies$ "a" görbe

$$\alpha := 0.21$$

$$\phi := \frac{1 + \alpha \cdot (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2}{2} \quad \phi = 1.802$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_{LT}^2}} \quad \chi_{LT} = 0.362$$

$$M_{b,Rd} := \frac{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad M_{b,Rd} = 41.177 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_y \cdot E_d}{M_{b,Rd}} = 2.008$$

NAGYON NEM FELEL MEG

nyomatéki ábra



Meghatározzuk, hogy milyen megtámasztási hossz alatt nincs szükség a stabilitásvizsgálat elvégzésére

$$\lambda_{c0} := 0.5$$

$$k_c := 1$$

$$M_{c,Rd} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad M_{c,Rd} = 113.74 \text{ kNm}$$

$$L_{c,max} := \lambda_{c0} \cdot \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} \cdot \frac{i_{fz} \cdot \lambda_1}{k_c} \quad L_{c,max} = 223.452 \text{ cm}$$

Ha ennél rövidebb a megtámasztások közti szakasz, akkor nem is kell elvégezni a vizsgálatot

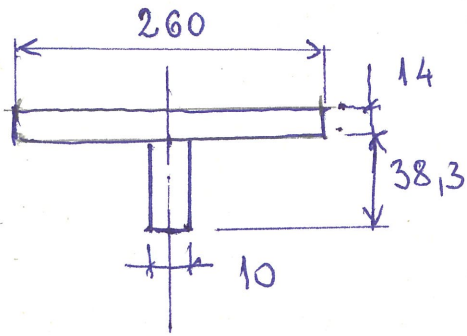
a szükséges megtámasztások száma $n := \frac{L}{L_{c,max}} \quad n = 3.133$

Tehát három megtámasztás esetén $\frac{L}{4} = 175 \text{ cm}$ ami kisebb mint $L_{c,max} = 223 \text{ cm}$

három megtámasztás alkalmazása esetén nincs szükség az ellenőrzés végrehajtására.

$$L_{c,max} = 0,5 \cdot \frac{113,74}{82,68} \cdot 349,93,9 = 225,4$$

Tartó kifordulás. Egyszerűsített vizsgálat.



$$A_f = 36,4 + 3,833 = 40,23 \text{ cm}^2$$

$$I_{fz} = \frac{14 \cdot 26^3}{12} + \frac{3,83 \cdot 1^2}{12} = 2051 \text{ cm}^4$$

$$i_{fz} = 7,14 \text{ cm.}$$

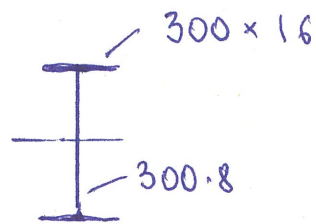
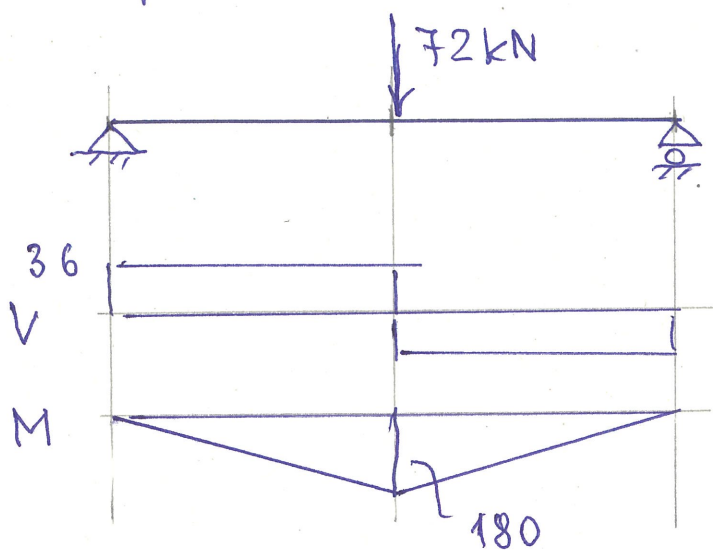
$$L_{e \max} = \lambda_{c0} \cdot \frac{M_{CRd}}{M_{y,Ed}} \cdot \frac{i_{fz} \cdot \lambda_1}{k_c}$$

$$\lambda_{c0} = 0,5 \quad ; \quad k_c = 1$$

$$L_{e \max} = 0,5 \cdot \frac{239,8}{150} \cdot 7,14 \cdot 93,9 = 535,9 \text{ cm.}$$

$$L_{e \max} > \frac{L}{2} = 300 \text{ cm.}$$

3. pl



S235

$$S_{fel} = 848,4 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,y} = 2 \cdot S_{fel}$$

A keresztmetszet osztályozása

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{146}{16} \approx 9 = 9$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{300}{8} = 37,5 < 72$$

} 1. o ker.

Maximális ellenállás

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{1697 \cdot 23,5}{1} = 398,8 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} > M_{Ed}$$

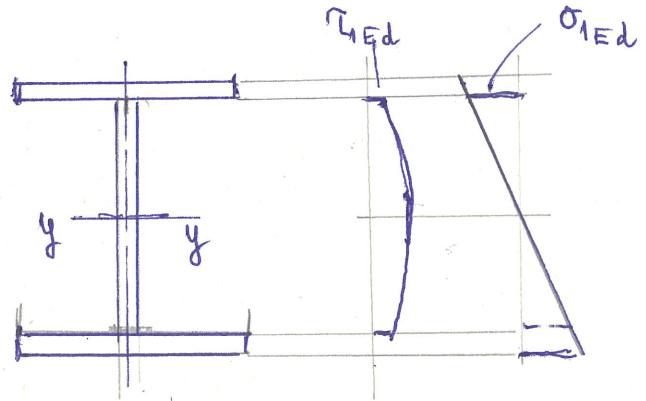
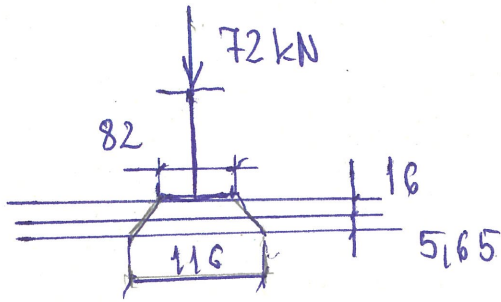
Nyirási ellenállás

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M_0}} = \frac{300 \cdot 8 \cdot \frac{235}{\sqrt{3}}}{1} = 325,6 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} < 0,5 V_{c,Rd}$$

A nyirást nem vesszük figyelembe

A lokális teher figyelembe vétele



$$I_y = \frac{0,18 \cdot 30^3}{12} + 2 \cdot 30 \cdot 1,6 \cdot 15,8^2 = 25765 \text{ cm}^4$$

$$S_1 = 30 \cdot 1,6 \cdot 15,8 = 758,4 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{1,Ed} = \frac{180 \cdot 10^3}{25765} \cdot 15 = 104,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{1,Ed} = \frac{36 \cdot 10^3 \cdot 758,4 \cdot 10^3}{25765 \cdot 10^4 \cdot 8} = 13,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_n = \frac{72000}{116 \cdot 8} = 77,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_n^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_n + 3\tau_1^2} = 96,9 < \frac{235}{1}$$