1. gyakorlat:

Téma: A szerkezeti acélanyagok fajtái, jelölésük. Mechanikai tulajdonságok. Acélszerkezeti termékek. Keresztmetszeti jellemzők számítása

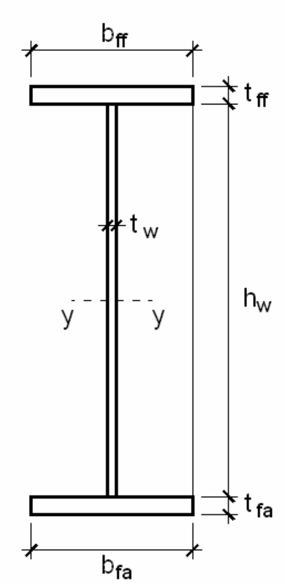
A szerkezeti acélanyagok fajtái, jelölésük: Ádány – Dulácska-Dunai-Fernezelyi-Horváth: Acélszerkezetek. 1 – Általános eljárások. Tervezés az Eurocode alapján. 3. fejezet

Mechanikai tulajdonságok: Halász – Platthy: Acélszerkezetek. 3.1. fejezet 77-83.o.

Acélszerkezeti termékek: Halász – Platthy: Acélszerkezetek + tsz honlapról letölthető anyagok.

Keresztmetszeti jellemzők számítása:

1. példa: kétszeresen szimmetrikus keresztmetszet inerciája, képlékeny és rugalmas keresztmetszeti modulusa



Adatok:

$b_{ff} = b_{fa} = 300$ mm
$t_{ff} = t_{fa} = 20$ mm
$h_w = 800$ mm
$t_w = 10$ mm

A kétszeresen szimmetrikus keresztmetszet súlypontjának számításától eltekintünk.

Az inercia számítása: először „pontosan”, vagyis az övlemezek saját súlyponti tengelyükre vett inercianyomatékának és Steiner-tagjának figyelembevételével (1. táblázat), illetve csak a Steiner-tag figyelembevételével (2. táblázat).

1. táblázat

Gerinclemez (800-10)	$\frac{80^3 \cdot 1}{12}$		42670 cm^4
Felső övlemez (300-20)	$\frac{30 \cdot 2^3}{12} + 30 \cdot 2 \cdot 41^2$		100880 cm^4
Alsó övlemez (300-20)	$\frac{30 \cdot 2^3}{12} + 30 \cdot 2 \cdot 41^2$		100880 cm^4
		$I_y =$	244430 cm^4

2. táblázat

Gerinclemez (800-10)	$\frac{80^3 \cdot 1}{12}$		42670 cm^4
Felső övlemez (300-20)	$30 \cdot 2 \cdot 41^2$		100860 cm^4
Alsó övlemez (300-20)	$30 \cdot 2 \cdot 41^2$		100860 cm^4
		$I_y =$	244390 cm^4

A két számított érték aránya: $\frac{244390cm^4}{244430cm^4} = 0{,}9998$, vagyis a számítás során elegendő a Steiner-tag figyelembevétele.

A rugalmas keresztmetszeti modulus értéke:

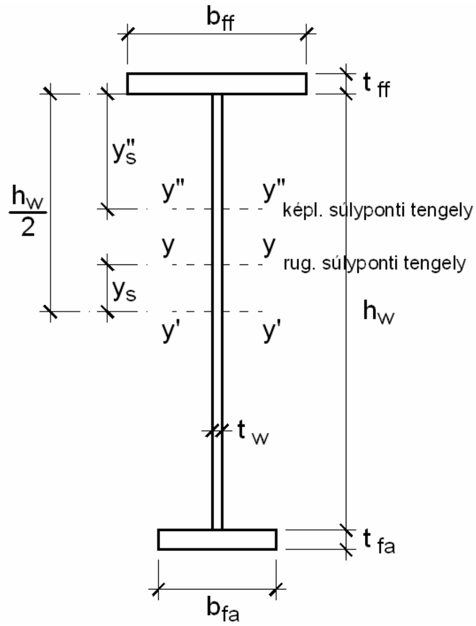
$$W_{el} = \frac{I_y}{z_{max}} = \frac{244390cm^4}{42cm} = 5819cm^3$$

A képlékeny keresztmetszeti modulus értéke:

$W_{pl} = 2 \cdot S_0$; $S_0 = 30 \cdot 2 \cdot 41 + 40 \cdot 1 \cdot 20 = 3260cm^3$; $W_{pl} = 6520cm^3$

A képlékeny többletteherbírás értéke: $\frac{6520}{5819} = 1{,}12$.

2. példa: egyszeresen szimmetrikus keresztmetszet inerciája, képlékeny és rugalmas keresztmetszeti modulusa



Adatok:

b_{ff} = 300 mm
t_{ff} = 20 mm
b_{fa} = 240 mm
t_{fa} = 16 mm
h_w = 800 mm
t_w = 10 mm

Súlypont számítása:

$$y_S = \frac{S_{y'}}{\sum A} = \frac{30 \cdot 2 \cdot 41 - 24 \cdot 1{,}6 \cdot 40{,}8}{30 \cdot 2 + 80 \cdot 1 + 24 \cdot 1{,}6} = 5{,}01cm$$

Az előző példánál láthattuk, hogy az övek saját súlyponti tengelyükre vett inerciája elhagyható, így ebben a feladatban az elhanyagolás hatását nem vizsgáljuk.

Gerinclemez (800-10)	$\frac{80^3 \cdot 1}{12}$	42670 cm^4
Felső övlemez (300-20)	$30 \cdot 2 \cdot 41^2$	100860 cm^4
Alsó övlemez (240-16)	$24 \cdot 1{,}6 \cdot 40{,}8^2$	63922 cm^4
	I_y' =	207452 cm^4

Áttérünk a súlyponti tengelyre: $I_y = I_y' - y_S{}^2 \cdot A = 207452 - 5{,}01^2 \cdot 178{,}4 = 202974cm^4$

A rugalmas keresztmetszeti modulus értéke:

$$W_{el} = \frac{I_y}{z_{max}} = \frac{202974cm^4}{(41{,}6 + 5{,}01)cm} = 4355cm^3$$

A képlékeny keresztmetszeti modulus számításához meg kell határozni a képlékeny semleges tengelyt, ami felezi a keresztmetszet területét:

$$y_S'' = \frac{A/2 - b_{ff} \cdot t_{ff}}{t_w} = \frac{178{,}4/2 - 30 \cdot 2}{1} = 29{,}2cm$$, a felső öv alsó szélétől számítva.

A szimmetrikus keresztmetszetek esetén S_0 a képlékeny semleges tengelytől „felfele” levő rész statikai nyomatéka a rugalmas súlyponti tengelyre:

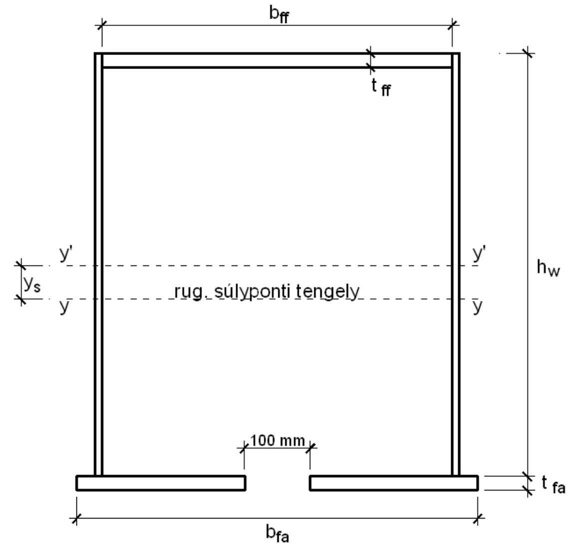
$$S_0 = b_{ff} \cdot t_{ff} \cdot \left(\frac{h_w}{2} - y_S + \frac{t_{ff}}{2} \right) + y_S'' \cdot t_w \cdot \left(\frac{h_w}{2} - y_S - \frac{y_S''}{2} \right) =$$

$$= 30 \cdot 2 \cdot \left(\frac{80}{2} - 5{,}01 + \frac{2}{2} \right) + 29{,}2 \cdot 1 \cdot \left(\frac{80}{2} - 5{,}01 - \frac{29{,}2}{2} \right) = 2755cm^3$$

$W_{pl} = 2 \cdot S_0$; $W_{pl} = 5510cm^3$

A képlékeny többletteherbírás értéke: $\frac{5510}{4355} = 1{,}27$.

3. példa: egyszeresen szimmetrikus „zárt” keresztmetszet inerciája és rugalmas keresztmetszeti modulusa.



Adatok:

$b_{ff} = 400$ mm
$t_{ff} = 10$ mm
$b_{fa} = 460$ mm
$t_{fa} = 16$ mm
$h_w = 500$ mm
$t_w = 6$ mm
A kivágás szélessége: 100 mm.

Súlypont számítása:

$$y_S = \frac{S_y}{\sum A} = \frac{40 \cdot 1 \cdot 24{,}5 - (46 - 10) \cdot 1{,}6 \cdot 25{,}8}{40 \cdot 1 + 50 \cdot 0{,}6 \cdot 2 + (46 - 10) \cdot 1{,}6} = -3{,}21cm$$

A negatív előjel azt jelenti, hogy a súlyponti tengely az y’-y’ tengelytől lefele található.

Gerinclemezek (500-6)	$2 \cdot \left(\frac{50^3 \cdot 0{,}6}{12} \right)$	12 500 cm^4
Felső övlemez (400-10)	$40 \cdot 1 \cdot 24{,}5^2$	24 010 cm^4
Alsó övlemez (460-16)	$(46 - 10) \cdot 1{,}6 \cdot 50{,}8^2$	38 341 cm^4
	$I_{y'} =$	74851 cm^4

Áttérünk a súlyponti tengelyre: $I_y = I_{y'} - {y_S}^2 \cdot A = 74851 - 3{,}21^2 \cdot 157{,}6 = 73227cm^4$

A rugalmas keresztmetszeti modulus értéke:

$$W_{el} = \frac{I_y}{z_{max}} = \frac{73227}{25 + 3{,}21} = 2596cm^3$$

2. gyakorlat:

Téma: húzott rudak méretezése, nyomott rudak (oszlopok, rácsos tartók nyomott elemei) méretezése

Húzott rudak:

Gyakorlaton bemutatandó az AGYÚ 3.1 és 3.2 példák. (A zárthelyiben központos és külpontos húzás is előfordulhat)

Nyomott oszlopok:

A kihajlási ellenállás számítása, a nyomott rúd kihajlási tényezői alapeseteinek bemutatásával, a kihajlási tényezők meghatározása egyszerű szerkezetek alapján, de keresztmetszeti osztályozás nélkül.

A mellékelt példa bemutatása. A példában a 2. lépéstől zárójelben szereplő értékek a másik irányú (nem optimális) beforgatás esetén kapható értékek. Ebben a témakörben minden képlet és az alapesetekre a ν értékek ismerete elvárt, illetve az is, hogy a hallgatók a példában szereplőhöz hasonló szerkezetek elemzésével meg tudják határozni a befogási viszonyokat.

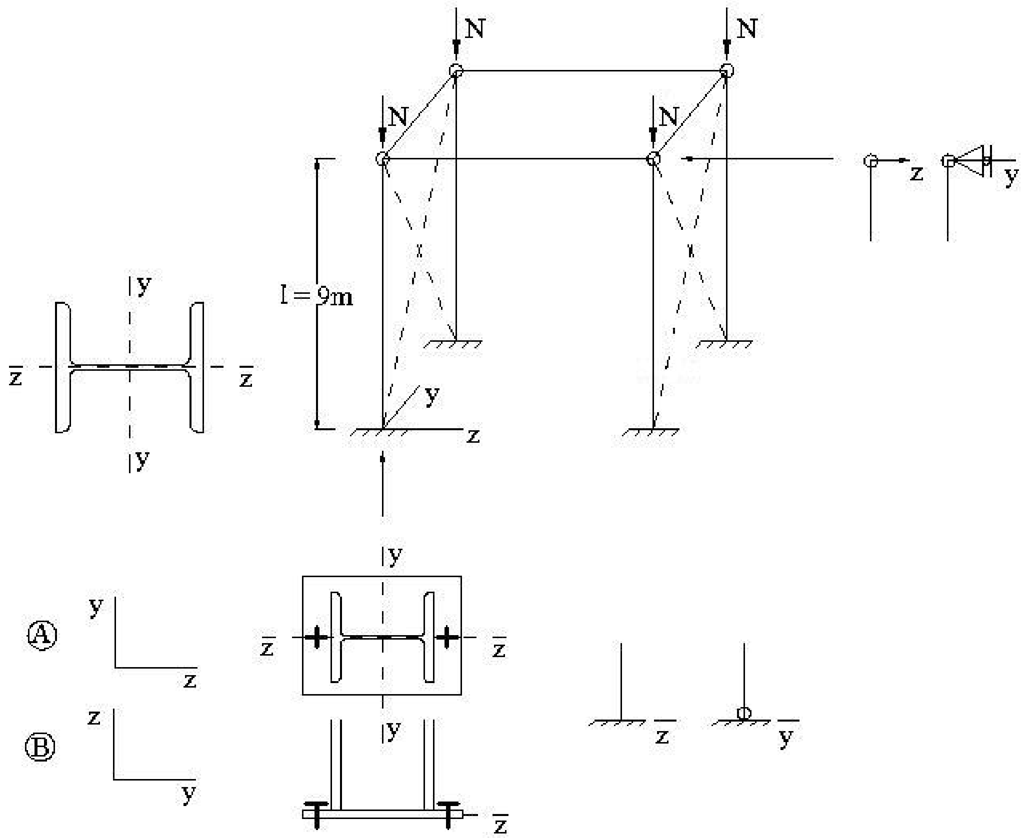
A zárthelyiben várható példák: befogási viszonyok számonkérése egyszerű szerkezeteken; optimális beforgatás; tervezési ellenállás meghatározása; számítás kétszeresen szimmetrikus I, H, zárt szelvényű rúddal. Az AGYÚ-ban található kapcsolódó példák: 3.9 és 3.10.

Nyomott rácsrudak, övrudak:

Bemutatandó példák az AGYÚ 3.11 és 3.12. Bemutatandó a síkbeli-síkra merőleges kihajlás értelmezése, a felső öv oldalirányú megtámasztásának hatása (összes ill. minden második csomópont megtámasztása). Rácsos tartók esetében a ν tényező ismerete nem elvárt. (A zárthelyiben nem csak zárt szelvényes példák, hanem I- vagy H-szelvényű rudak is előfordulhatnak.)

Nyomott oszlop méretezése – mintapélda:

Szerkezet:



Szelvény : HEA 300A	$A = 113\ cm^2$
	$i_y = 12{,}7$ cm
	$i_z = 7{,}49$ cm
Anyag: S235	$f_y = 23{,}5\ kN/cm^2$
	$f_u = 36{,}0\ kN/cm^2$
	$\lambda_1 = 93{,}9$

Méretezés menete:

1) Keresztmetszet osztályozása

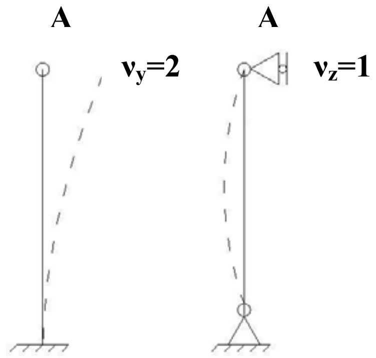
− geometriai arányok + EC3 táblázat – osztályba sorolás

	lsd	− 3.5 példa
		− gyakorlat

HEA 300 A 1. km.osztály → $\bar{A} = A$ nincs horpadás

2) Karcsúságok

Kihajlási hosszak:



	A	B
$\lambda_y = \frac{\nu_y \cdot l}{i_y} = \frac{2 \cdot 900}{12.7} = 141.73$	141.73	(70.87)
$\lambda_z = \frac{\nu_z \cdot l}{i_z} = \frac{1 \cdot 900}{7.49} = 120.16$	120.16	(240.32)

3) Kihajlási csökkentő tényező

λ = 141,73 → **b** görbe → $\overline{\lambda_y}$ = 1,51 (0,75) → χ_y = 0,3386 (0,7547)

λ = 120,16 → **c** görbe → $\overline{\lambda_z}$ = 1,28 (2,56) → χ_z = $\underline{0{,}3974}$ (0,1269)

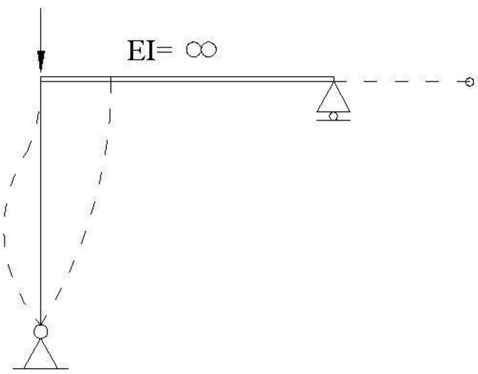
χ = 0,3386 (0,1269)

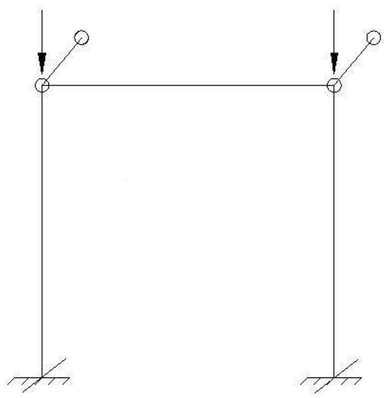
4) Nyomott rúd tervezési kihajlási ellenállása

$$N_{b.Rd} = A \cdot \chi \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 113 \cdot 0.3386 \cdot \frac{23.5}{1.0} = \underline{899.15 \quad kN}$$

(0,1269) (336,98 kN)

└ rácsos tartó 3.11, 3.12
└ optimális irányba forgatás 3.10 példa
└ tervezési ellenállás → teher maximális értéke
└ különböző szelvények / hegesztett, hengerelt
/ I, □
└ különböző szerkezeti kialakítások – befogási viszonyok





└ szilárdsági határállapot mikor mértékadó

3. gyakorlat:

Téma: nyomott rudak (rácsos tartók nyomott elemei, ami a 2. gyakorlaton nem hangzott el), gerendák szilárdsági vizsgálatai.

Nyomott rácsrudak, övrudak:

Lásd 2. gyakorlatok leírtak.

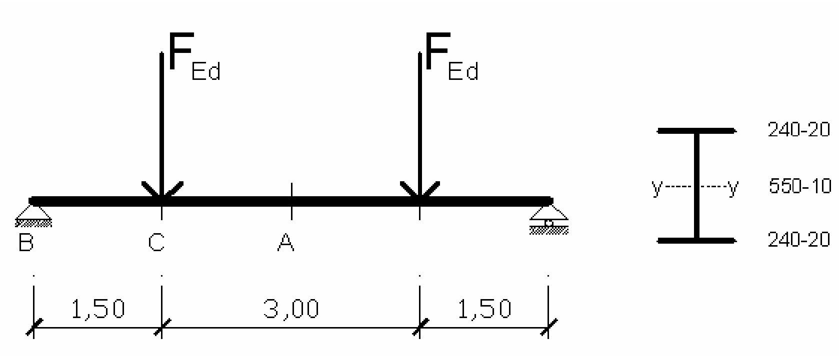
Gerendák szilárdsági vizsgálatai:

A gyakorlaton bemutatandó a mellékelt példa (a gerenda önsúlyát a számítás során elhanyagoljuk).

Gyakorló példák az AGYÚ-ban: 5.1.-5.4. Ezekben a példákban a keresztmetszeti osztályzás el van végezve, de ezt a számítást ebben a félévben nem kell készség szinten elsajátítani.

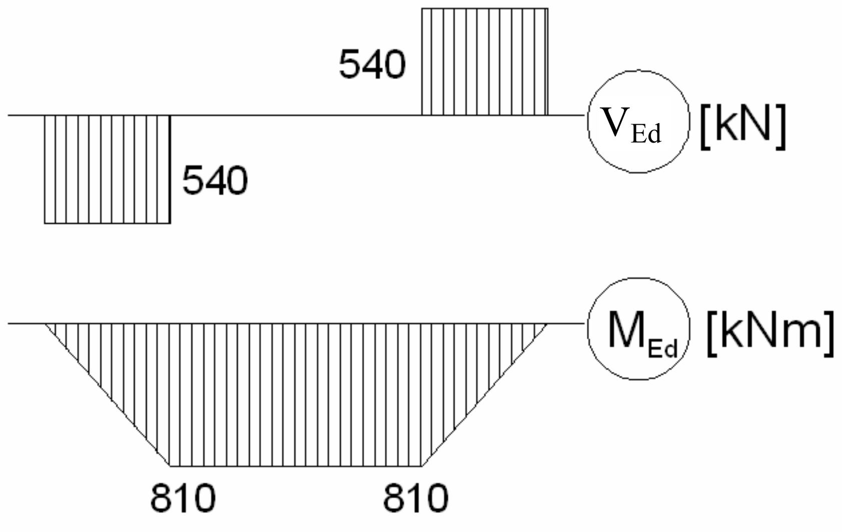
Gerendák szilárdsági vizsgálatai - mintapélda:

Elvégzendőek az ábrán látható tartó szilárdsági ellenőrzései rugalmas és képlékeny méretezési módszerrel is. A tartó oldalirányban meg van támasztva, így a kifordulás meggátolt.



Anyag: S235
$f_y = 23{,}5\ kN/cm^2$
$F_{Ed} = 540kN$

1. Igénybevételek. A számítás során a tartó önsúlyát elhanyagoljuk.



2. Keresztmetszeti jellemzők (a számítás részletezése nélkül)

$I_y = 91873\ cm^4 \quad \rightarrow \quad W_{el,y} = 3114\ cm^3$
$S_y = 1746\ cm^3 \quad \rightarrow \quad W_{pl,y} = 3492\ cm^3$
$S_{y,öv} = 1368\ cm^3$

3. Keresztmetszeti osztály meghatározása

A keresztmetszet hajlításra 1. osztályú (részletes számítás ismertetése nélkül)

4. Ellenőrzés hajlításra

$M_{max,Ed}$ = 810 kNm, „A" keresztmetszet

Rugalmas ellenőrzés – feszültség vagy igénybevétel alapon:

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{M_{\max,Ed}}{I_y} \cdot z_{\max} = \frac{81000}{91873} \cdot \left(\frac{55}{2} + 2 \right) = 26{,}01 \frac{kN}{cm^2}$$

feltétel: $\sigma_{x,Ed} \leq \dfrac{f_y}{\gamma_{M0}}$ -> 26,01 kN/cm^2 > 23,5 kN/cm^2 <u>nem felel meg</u>

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = W_{el,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3114 \cdot 23{,}5 / 1{,}0 = 731{,}8 kNm$$

$\dfrac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \dfrac{810 kNm}{731{,}8 kNm} = 1{,}106 > 1{,}0$ <u>nem felel meg</u>

Képlékeny ellenőrzés:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3492 \cdot 23{,}5 / 1{,}0 = 820{,}62 kNm$$

$\dfrac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \dfrac{810 kNm}{820{,}62 kNm} = 0{,}987 < 1{,}0$ <u>megfelel</u>

5. Ellenőrzés nyírásra:

Rugalmas ellenőrzés – feszültség vagy igénybevétel alapon

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{\max,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot t_w} = \frac{540 \cdot 1746}{91873 \cdot 1} = 10{,}26 \frac{kN}{cm^2}$$

feltétel: $\tau_{Ed} \leq \dfrac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$ -> 10,26 kN/cm^2 < 13,56 kN/cm^2 <u>megfelel</u>

$$V_{c,Rd} = V_{el,Rd} = \frac{I_y \cdot t_w}{S_y} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 713{,}92 kN$$

$\dfrac{V_{Ed}}{V_{el,Rd}} = \dfrac{540 kN}{713{,}23 kN} = 0{,}756 < 1{,}0$ <u>megfelel</u>

Képlékeny ellenőrzés:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{55 \cdot 23{,}5}{\sqrt{3} \cdot 1{,}0} = 746{,}23 kN$$

$\dfrac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \dfrac{540 kN}{746{,}23 kN} = 0{,}724 < 1{,}0$ <u>megfelel</u>

6. Ellenőrzés hajlítás és nyírás interakciójára:

Rugalmas ellenőrzés:

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{M_{\max,Ed}}{I_y} \cdot z_g = \frac{81000}{91873} \cdot \frac{55}{2} = 24{,}24 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{\max,Ed} \cdot S_{y,öv}}{I_y \cdot t_w} = \frac{540 \cdot 1368}{91873 \cdot 1} = 8{,}04 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 = \left(\frac{24{,}24}{23{,}5/1{,}0}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{8{,}04}{23{,}5/1{,}0}\right)^2 = 1{,}415 > 1{,}0 \ \underline{\text{nem felel meg}}$$

Képlékeny ellenőrzés:

A nyírás és nyomaték interakciójának vizsgálata:

$V_{Ed} = 540kN \ > \ 0{,}5 \cdot V_{c,Rd} = 373{,}12kN$ tehát ellenőrizni kell interakcióra is

$$M_{y,V,Rd} = \left(W_{pl,y} - \frac{\rho \cdot A_w^{\ 2}}{4 \cdot t_w}\right) \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\rho = \left(\frac{2 \cdot V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1\right)^2 = \left(\frac{2 \cdot 540}{746{,}23} - 1\right)^2 = 0{,}2$$

$$A_w = 55 \cdot 1{,}0 = 55cm^2$$

$$M_{y,V,Rd} = \left(3492 - \frac{0{,}2 \cdot 55^2}{4 \cdot 1}\right) \cdot \frac{23{,}5}{1{,}0} = 3340{,}75 \cdot 23{,}5/1{,}0 = 78507{,}65kNcm$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{y,V,Rd}} = \frac{810}{785{,}08} = 1{,}03 > 1{,}0$$ <u>nem felel meg</u>

Megjegyzés: a ZH-ban az $M_{y,V,Rd}$ és ρ képleteit megadjuk; az összes többit tudni kell.

<u>4. gyakorlat</u>

Téma: gerendák stabilitási vizsgálatai

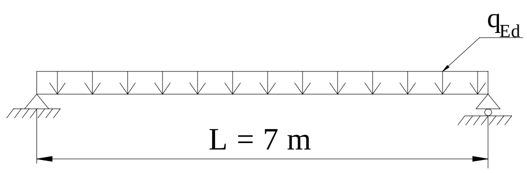
Gerendák stabilitási vizsgálatai:

A gyakorlaton bemutatandó a mellékelt példa és az AGYÚ 3.13-as példája és a 3.14. és 3.15-ös példa vonatkozó részei.

Gerendák stabilitásvizsgálata

Az ellenorizendo szerkezet egy 7m-es fesztávú kéttámaszú tartó, szelvénye IPE 270, terhe egyenletesen megoszló qEd=13,5 kN/m intezitású teher.

Szelvény: IPE270 $q_{Ed} := 13.5 \frac{kN}{m}$



Anyagminõségek, keresztmetszeti jellemzok, igénybevételek

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

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

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 ellenõrzése hajlításra

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

Nyírási ellenállás

$A_w := 22.14cm^2$

$V_{c.Rd} := \frac{A_w \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$ $V_{c.Rd} = 300.39 \, kN$ $\frac{V_{z.Ed}}{V_{c.Rd}} = 15.73 \, \%$

Hajlítás és nyírás interakciója

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

Kifordulásvizsgálat az általános módszer szerint

Az elso 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 közbensõ támasz

$L_c := L \qquad L_c = 700\,\mathrm{cm}$

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

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

$z_g := \dfrac{h}{2} \qquad z_g = 13.5\,\mathrm{cm} \qquad z_j := 0\mathrm{cm}$

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

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

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

$M_{cr} = 48.899\,\mathrm{kNm} \qquad \lambda_{LT} := \sqrt{\dfrac{W_{pl.y} \cdot f_y}{M_{cr}}} \qquad \lambda_{LT} = 1.525$

hengerelt I szelvény, h/b=2 ==> "a" görbe

$\alpha := 0.21$

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

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

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

$$\frac{M_{y.Ed}}{M_{b.Rd}} = 2.008$$

NAGYON NEM FELEL MEG

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

$\lambda_{c0} := 0.5$

$k_c := 1$

$M_{c.Rd} := \dfrac{W_{pl.y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$ $\qquad M_{c.Rd} = 113.74\,kNm$

$L_{c.max} := \lambda_{c0} \cdot \dfrac{M_{c.Rd}}{M_{y.Ed}} \cdot \dfrac{i_{fz} \cdot \lambda_1}{k_c}$ $\qquad L_{c.max} = 223.452\,cm$

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

a szükséges megtámasztások száma $\quad n := \dfrac{L}{L_{c.max}} \qquad n = 3.133$

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

három megtámasztás alkalmazása esetén nincs szükség az ellenorzés végrehajtására.