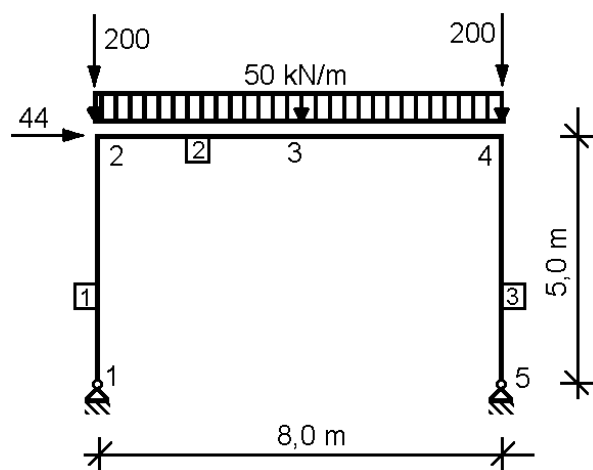


## 4.1.2

### 4.1.2 Kilengő keret számítása

#### 1. Szerkezeti kialakítás és terhek



#### 2. Kiinduló adatok

##### 2.1 Keresztmetszeti jellemzők

Gerenda (2):

Profil	:	IPE 550
		melegen hengerelt
Keresztmetszeti terület	A :	134,42 cm <sup>2</sup>
Inercianyomaték	I <sub>y</sub> :	67120 cm <sup>4</sup>
	I <sub>z</sub> :	2668 cm <sup>4</sup>
Keresztmetszeti modulus	W <sub>y</sub> :	2441 cm <sup>3</sup>
	W <sub>z</sub> :	254,1 cm <sup>3</sup>
Képlékeny keresztmetszeti modulus	W <sub>pl,y</sub> :	2787 cm <sup>3</sup>
Inerciasugár	i <sub>y</sub> :	22,35 cm
	i <sub>z</sub> :	4,5 cm
Szelvénymagasság	h :	550 mm
Övszélesség	b :	210 mm
Gerincmagasság	d :	467,6 mm
Övlemez-vastagság	t <sub>f</sub> :	17,2 mm
Gerinclemez-vastagság	t <sub>w</sub> :	11,1 mm
Lekerekítési sugár	r :	24 mm

Oszlopok (1 és 3):

Profil	:	HE 260 B melegen hengerelt
Keresztmetszeti terület	A :	118,4 cm <sup>2</sup>
Inercianyomaték	I <sub>y</sub> :	14920 cm <sup>4</sup>
	I <sub>z</sub> :	5135 cm <sup>4</sup>
Keresztmetszeti modulus	W <sub>y</sub> :	1148 cm <sup>3</sup>
	W <sub>z</sub> :	395,0 cm <sup>3</sup>
Képlékeny keresztmetszeti modulus	W <sub>pl,y</sub> :	1283 cm <sup>3</sup>
Inerciasugár	i <sub>y</sub> :	11,22 cm
	i <sub>z</sub> :	6,58 cm
Szelvénymagasság	h :	260 mm
Övszélesség	b :	260 mm
Gerincmagasság	d :	177 mm
Övlemez-vastagság	t <sub>f</sub> :	17,5 mm
Gerinclemez-vastagság	t <sub>w</sub> :	10 mm
Lekerekítési sugár	r :	24 mm

## 2.2 Anyagminőség

S 235; t ≤ 40 mm

Folyáshatár	f <sub>y</sub> :	235 N/mm <sup>2</sup>
Szakítószilárdság	f <sub>u</sub> :	360 N/mm <sup>2</sup>
Rugalmasági modulus	E :	210 000 N/mm <sup>2</sup>
Poisson tényező	ν :	0,3

## 2.3 Biztonsági tényezők

γ <sub>M0</sub>	:	1,10
γ <sub>M1</sub>	:	1,10
γ <sub>M2</sub>	:	1,25

## 3. Keretimperfekciók

$$\Phi = 1 / 200$$

$$F = 2 \times 200 + 50 \times 8 = 800 \text{ kN}$$

$$F_t = \Phi \times F = 800 / 200 = 4,0 \text{ kN}$$

3.2.2.1.  
3.1. táblázat

3.2.5.

5.1.1.

## 4.1.2

### 4. Elsőrendű elmélettel számított igénybevételek

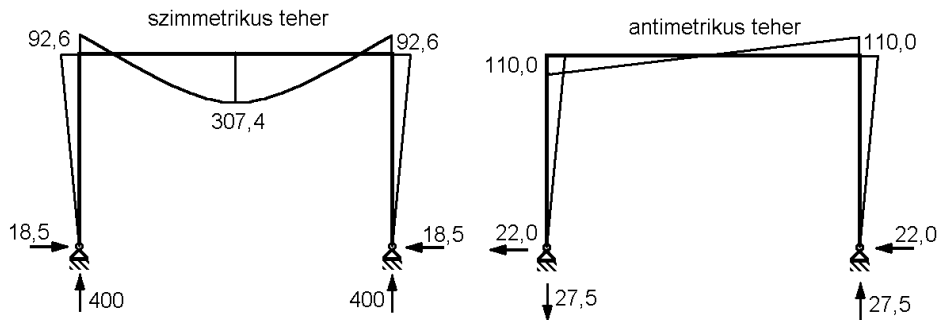
Maximális nyomóerő a (3) jelű oszlopban:

$$N_{sd} = 427,5 \text{ kN}$$

Maximális nyíróerő a gerenda 4 jelű pontjában:

$$V_{sd} = 227,5 \text{ kN}$$

Nyomatéki ábra:



A szint vízszintes eltolódása:

$$\delta = 34,5 \text{ mm}$$

Az oszlop nem kilengő kihajlási alakjához tartozó kihajlási hossz:

$$l = 3,75 \text{ m}$$

Megj.: Általában az igénybevételeket az imperfekciókat is figyelembe vevő globális analízissel kell meghatározni.

Állandó a keretanalízishez:

$$k = \frac{I_b}{I_c} \cdot \frac{h_c}{l_b} = \frac{67120}{14920} \cdot \frac{5,0}{8,0} = 2,812$$

Az eltolódás az imperfekciós hatást tartalmazza

### 5. Kilengő – nem kilengő kritérium

5.2.5.2.  
(4)

$$\sum V = 800 \text{ kN}$$

$$\sum H = 44 \text{ kN (az imperfekció hatásával együtt)}$$

$$\frac{\delta}{h} \cdot \frac{\sum V}{\sum H} = \frac{34,5 \cdot 10^{-3}}{5,0} \cdot \frac{800}{44} = 0,125 \geq 0,1 \rightarrow \text{tehát a keret kilengő.}$$

Megj.: Ez a kritérium azt mutatja, mikor kell az adott szerkezetet (keretet, merevítő rendszert, stb.) másodrendű elmélettel számítani.

Alternatív megoldásként alkalmazható a  $\Delta M/M$  módszer is, általában két iterációval.

$$\frac{\Delta M}{M} = \frac{\delta}{h} \cdot \frac{\sum V}{\sum H}$$

(követelmény: minden iteráció után  $\Delta M/M$  állandó legyen)

$M^{\text{II}} = M_0 + M_1 / (1 - M_2 / M_1)$ , ahol

$M_0$  – csúcnyomaték szimmetrikus teherhez,

$M_1$  – csúcnyomaték antimetrikus teherhez,

$M_2$  – csúcnyomaték az első iteráció után.

Jelen esetben:

$$M_2 = \frac{2,5 \cdot 800 \cdot 34,5}{5000} = 13,8 \text{ kNm}$$

$$M_2 / M_1 = 13,8 / 110 = 0,125$$

## 6. Ellenőrzés elsőrendű elmélettel, a megnövelt nyomatékok módszere alapján

5.2.6.2.

A megnövelt nyomatékok módszerénél az elsőrendű elmélettel meghatározott kilengő igénybevételeket a következő tényezővel kell megszorozni:

$$\frac{1}{1 - \frac{\Delta M}{M}} = \frac{1}{1 - \frac{\delta}{h} \cdot \frac{\sum V}{\sum H}}$$

### 6.1. Igénybevételek

$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{\delta}{h} \cdot \frac{\sum V}{\sum H}} = \frac{1}{1 - 0,125} = 1,14$$

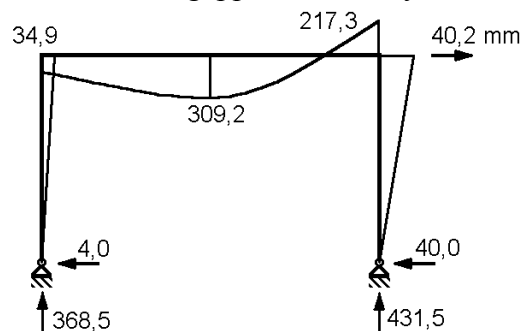
$$M_{4,\text{Sd}}^{\text{II}} = 92,6 + 1,14 \cdot 110 = 218,0 \text{ kNm}$$

$$N_{\text{c,Sd}}^{\text{II}} = 400,0 + 1,14 \cdot 27,5 = 431,4 \text{ kN}$$

$$V_{4\text{b,Sd}}^{\text{II}} = 200,0 + 1,14 \cdot 27,5 = 231,4 \text{ kN}$$

$$V_{4\text{c,Sd}}^{\text{II}} = 18,5 + 1,14 \cdot 22,0 = 43,6 \text{ kN}$$

Összehasonlításul: számítógéppel számolt nyomatéki ábra



## 4.1.2

### 6.2. Nyomatéki teherbírás

$$M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1283 \cdot 10^3 \cdot \frac{235}{1,1} \cdot 10^{-6} = 274,1 \text{ kNm}$$

5.4.5.  
(1)

### 6.3. A keresztmetszet nyírási teherbírása

5.4.6.  
(10)

Gerenda:

$$V_{Rd} = \frac{A_y \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{72,34 \cdot 10^2 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,1} \cdot 10^{-3} = 892,3 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot V_{Rd} = 446,15 \text{ kN} \geq 200,0 + 1,14 \cdot 27,5 = 231,4 \text{ kN}$$

→ a nyírás és hajlítás interakcióját nem kell vizsgálni.

Oszlop:

$$V_{Rd} = \frac{A_y \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{37,59 \cdot 10^2 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,1} \cdot 10^{-3} = 463,6 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot V_{Rd} = 231,8 \text{ kN} \geq 18,5 + 1,14 \cdot 22,0 = 43,6 \text{ kN}$$

→ a nyírás és hajlítás interakcióját nem kell vizsgálni.

### 6.4. Nyomási teherbírása

5.4.4  
(1)

Oszlop:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{118,4 \cdot 10^2 \cdot 235}{1,1} \cdot 10^{-3} = 2529,5 \text{ kN}$$

$$0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 632,4 \text{ kN}$$

$$\frac{d \cdot t \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{177 \cdot 10 \cdot 235}{2 \cdot 1,1} \cdot 10^{-3} = 189,1 \text{ kN} \leq 431,1 \text{ kN}$$

→ a nyomás és hajlítás interakcióját vizsgálni kell, mert a normálerő meghaladja a gerinc húzási képlékeny ellenállásának a felét.

5.4.8.1.  
(3)

### 6.5. Nyomás és hajlítás interakciója

5.4.8.  
(6)

$$M_{N,Rd} = 1,1 \cdot \left( 1 - \frac{N_{Sd}}{N_{pl,Rd}} \right) \cdot M_{pl,Rd} = 1,1 \cdot \left( 1 - \frac{427,5}{2529,5} \right) \cdot 274,1 =$$
$$= 252,8 \text{ kNm} \geq 92,6 + 1,14 \cdot 110 = 218,0 \text{ kNm}$$

(5.27.)

### 6.6. Az oszlop, mint nyomott elem

5.5.1.

Az oszlop kihajlási hossza:  $l = 3,98 \text{ m}$

A nyomatéki ábrából:  $\beta_M = 1,8$

Megj.: Másodrendű globális analízis alkalmazásakor az elem méretezéséhez a síkbeli, nem kilengő kihajlási alakhoz tartozó kihajlási hosszt kell használni.

Keretre merőleges z-irányban megfelelő a megtámasztás, ezért a kihajlás nem mértékadó.

5.2.6.2.  
(2)

### 6.6.1. Kihajlási ellenállás:

$$\lambda_y = \frac{l_{iy}}{i_y} = \frac{398}{11,22} = 35,47$$

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{35,47}{93,9} = 0,38$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,38 \text{ és } \mathbf{b} \text{ kihajlási görbe esetén} \Rightarrow \chi_y = 0,9339$$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0,9339 \cdot 118,4 \cdot 23,5 / 1,1 = 2362,3 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 2362,3 \text{ kN} \geq 431,4 \text{ kN} \rightarrow \text{megfelel}$$

Megj.: Keretre merőleges z-irányban megfelelő a megtámasztás, ezért a kihajlás nem mértékadó ( $\chi_z > \chi_y$ ).

(5.45.)

### 6.6.2. Hajlítás és nyomás:

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{\min} \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd}}{W_{pl,y} \cdot f_y \cdot \gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y \cdot (2 \cdot \beta_{M,y} - 4) + \frac{W_{pl,y} - W_{el,y}}{W_{el,y}} \leq 0,9$$

$$\mu_y = 0,38 \cdot (2 \cdot 1,8 - 4) + \frac{1283 - 1148}{1148} = -0,034 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \cdot N_{Sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \leq 1,5, \text{ így}$$

$$k_y = 1 - \frac{(-0,034) \cdot 431,4}{0,9339 \cdot 118,4 \cdot 23,5} = 1,006 \leq 1,5 \Rightarrow k_y = 1,006$$

így az interakció:

$$\frac{431,4}{0,9339 \cdot \frac{118,4 \cdot 23,5}{1,1}} + \frac{1,006 \cdot 21800}{1283 \cdot 23,5} = 0,983 < 1$$

→ a követelmény tehát teljesül.

5.5.4.  
(1)

(5.51.)