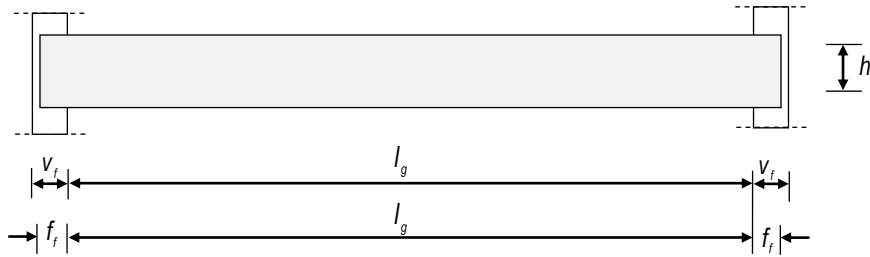


Kéttámaszú monolit vasbeton gerenda tervezése

1.0 Geometria



Ismert geometriai adatok: $l_g = 9,20\text{ m}$, $v_f = 440\text{ mm}$, $f_f = 320\text{ mm}$, $b = 400\text{ mm}$

2.0 Anyagjellemzők

Beton: C20/25 – X0v(H) – 8 – "kissé képlékeny" – CEM 42,5 – MSZ 4798-1: 2004

Betonacél: B500A (MSZ EN 1992-1-1:2010)

Betonfedés névleges értéke: $C_{nom} = 30\text{ mm}$ (MSZ EN 1992-1-1:2010)

3.0 Terhek

Terhek: $p_{Ed} = 86\text{ kN/m}$, $q_{pq} = 42\text{ kN/m}$

4.0 Közelítő méretfelvétel – szabad tervezés – karcsúság

Nyomott öv kihasználtsága: $\xi \approx 0,30 \rightarrow \rho = \xi \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,30 \cdot \frac{13,33}{435} = 9,2\text{‰} \rightarrow \left(\frac{L}{d}\right)_{lm} \approx 14,2$

Dolgozó magasság: $\frac{L}{d} \leq \frac{7,00}{L} \cdot \left(\frac{L}{d}\right)_{lm} \rightarrow \frac{9520}{d} \leq \frac{7,00}{9,52} \cdot 14,2 \rightarrow d \approx 9520 \cdot \frac{9,52}{7,00} \cdot \frac{1}{14,2} = 911 \approx 910\text{ mm}$

5.0 Igénybevételek tervezési értékei

Nyomatékok: $M_{Ed} = \frac{p_{Ed} \cdot L^2}{8} = \frac{86 \cdot 9,52^2}{8} = 975\text{ kNm}$, $-M_{Ed} = 0,15 \cdot M_{Ed} = -146\text{ kNm}$

Nyírőerők: $V_{Ed} = \frac{p_{Ed} \cdot L}{2} = \frac{86 \cdot 9,52}{2} = 410\text{ kN}$, $V_{Ed,red} = V_{Ed} - p_{Ed} \cdot d = 410 - 86 \cdot 0,910 = 332\text{ kN}$

6.0 Tervezés hajlításra

6.1 Keresztmetszetek méretezése

Alkalmazott összefüggések:

$$x_0 = \xi_0 \cdot d, \quad x = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b_w \cdot f_{cd}}}, \quad A_{s,requ} = \frac{b_w \cdot x \cdot f_{cd}}{f_{yd}}, \quad A_{s,prov} \geq A_{s,requ}, \quad x_f = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd}}{b_w \cdot f_{cd}}, \quad \xi = \frac{x_f}{d_{eff}},$$

$$M_{Rd} = b_w \cdot x_f \cdot f_{cd} \cdot \left(d_{eff} - \frac{x_f}{2}\right), \quad A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d_{eff} \\ 0,0013 \cdot b_t \cdot d_{eff} \end{array} \right\}, \quad A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$$

Eredménytáblázat:

Hely	M_{Ed} [kNm]	h [mm]	b [mm]	d [mm]	x [mm]	x_0 [mm]	$A_{s,requ}$ [mm ²]	$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,prov}$ [mm ²]	d_{eff} [mm]	x_f [mm]	ξ	M_{Rd} [kNm]	M_{Ed}/M_{Rd} [%]
Mező	975	980	400	~910	~230	~446	~2820	~474	10Ø20 (3140)	910	256	0,28	1067	91%
Támasz	-146			~910	~30	~446	~368	~474	2Ø12 + 2Ø14 (533)	934	44	0,05	214	68%

6.2 Keresztmetszet véglegesítése, acélbetétek elrendezése

Betonacélok minimális vízszintes és függőleges távolsága:

$$\Delta\varnothing_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_1 \cdot \varnothing = 1 \cdot 20 = 20 \text{ mm} \\ d_g + k_2 = 8 + 5 = 13 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} = 20 \text{ mm}$$

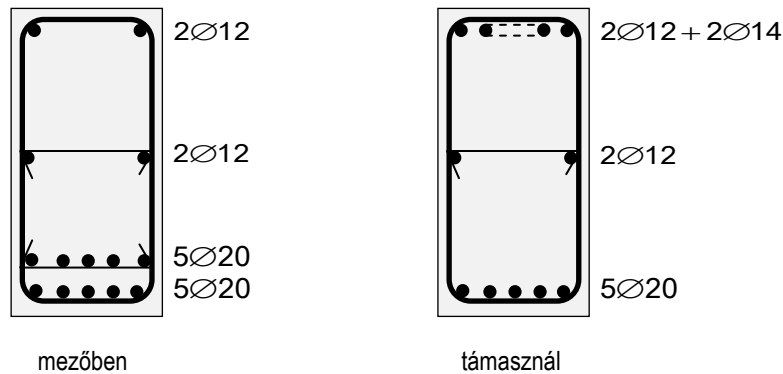
Betonacélok vízszintes távolsága:

$$\Delta\varnothing = \frac{b - (2 \cdot C_{nom} + 2 \cdot \varnothing_s + n \cdot \varnothing)}{n - 1} = \frac{400 - (2 \cdot 30 + 2 \cdot 10 + 5 \cdot 20)}{5 - 1} = 55 \text{ mm} > \Delta\varnothing_{\min} = 20 \text{ mm}$$

Teljes magasság:

$$h = d + \frac{\Delta\varnothing_{\min}}{2} + \varnothing + \varnothing_s + C_{nom} = 910 + \frac{20}{2} + 20 + 10 + 30 = 980 \text{ mm}$$

Acélbetétek elrendezése:



Acélbetétek elhagyása:

- 5Ø20 (1. sorban) a támaszokig elvezetve (50%),
- 5Ø20 (2. sorban) a mezőben egy keresztmetszetben elhagyva (50%)

6.3 Hosszacélbetétek elhagyása

Elhagyás keresztmetszete:

$$x_{5\varnothing20} = \frac{A_{s,5\varnothing20} \cdot f_{yd}}{b_w \cdot f_{cd}} = \frac{1570 \cdot 435}{400 \cdot 13,33} = 128 \text{ mm}$$

$$M_{Rd,5\varnothing 20} = b_w \cdot x_{5\varnothing 20} \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_{5\varnothing 20}}{2} \right) = 400 \cdot 128 \cdot 13,33 \cdot \left(910 - \frac{128}{2} \right) = 577 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,5\varnothing 20} = V_{Ed} \cdot t_{5\varnothing 20} - \frac{t_{5\varnothing 20}^2 \cdot p_{Ed}}{2} \rightarrow \frac{p_{Ed}}{2} \cdot t_{5\varnothing 20}^2 - V_{Ed} \cdot t_{5\varnothing 20} + M_{Rd,5\varnothing 20} = 0$$

$$\frac{86}{2} \cdot t_{5\varnothing 20}^2 - 410 \cdot t_{5\varnothing 20} + 577 = 0 \rightarrow t_{5\varnothing 20} = \begin{bmatrix} 1716 \text{ mm} \\ 7814 \text{ mm} \end{bmatrix}$$

A támaszhoz közelebbi: $t_{5\varnothing 20,A} = 1716 - 0,45 \cdot d - l_{b,\min} = 1716 - 0,45 \cdot 910 - 10 \cdot 20 = 1106 \text{ mm}$

B támaszhoz közelebbi: $t_{5\varnothing 20,B} = 7814 + 0,45 \cdot d + l_{b,\min} = 7814 + 0,45 \cdot 910 + 10 \cdot 20 = 8424 \text{ mm}$

6.4 Lehorgonyzások vizsgálata

Támaszig vezetett acélbetétek lehorgonyzásának vizsgálata:

$$F_E \approx 0,5 \cdot V_{Ed} = 0,5 \cdot 410 \cdot 10^3 = 205 \text{ kN} \quad , \quad \sigma_s \approx \frac{F_E}{A_{s,5\varnothing 20}} = \frac{205 \cdot 10^3}{1570} = 131 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,0 = 2,25 \text{ N/mm}^2 \quad , \quad l_{b,\varnothing 20} = \frac{\varnothing \cdot \sigma_s}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{20}{4} \cdot \frac{131}{2,25} = 291 \text{ mm}$$

$$l_{b,\varnothing 20} = 291 \text{ mm} \approx f_t \cdot C_{nom} = 320 - 30 = 290 \text{ mm}$$

Az egyenesen vezetett acélbetét lehorgonyzása éppen megfelelő!

Felső acélbetétek lehorgonyzásának vizsgálata/kialakítása (vizsgálat a felfekvés peremének keresztmetszetében):

$$\sigma_s \approx f_{yd} \cdot \frac{A_{s,requ}}{A_{s,prov}} = 435 \cdot \frac{368}{533} \approx 300 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,0 = 1,58 \text{ N/mm}^2 \quad , \quad l_{b,req,\varnothing 12} = \frac{\varnothing \cdot \sigma_s}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{12}{4} \cdot \frac{300}{1,58} = 570 \text{ mm}$$

$$l_{b,eq,\varnothing 12} = \alpha_1 \cdot l_{b,req,\varnothing 12} \quad , \quad c_d = 30 + 10 = 40 \text{ mm} > 3 \cdot \varnothing = 36 \text{ mm} \rightarrow \alpha_1 = 0,7$$

$$l_{b,eq,\varnothing 12} = \alpha_1 \cdot l_{b,req,\varnothing 12} = 0,7 \cdot 570 = 399 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{m,\min,\varnothing 12} = \frac{F_{bt}}{f_{cd}} \cdot \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2 \cdot \varnothing} \right) = \frac{300 \cdot 113}{13,33} \cdot \left(\frac{1}{30+10+12/2} + \frac{1}{2 \cdot 12} \right) = 162 \rightarrow 180 \text{ mm}$$

$$l_H = 290 - 12 - 90 = 188 \text{ mm} \quad , \quad l_{IV} = \frac{(\varnothing_{m,\min} + \varnothing) \cdot \pi}{4} = \frac{(180+12) \cdot \pi}{4} = 151 \text{ mm}$$

$$l_V = 399 - 188 - 151 = 60 \text{ mm}$$

Az egyenes kampó tervi külmérete legalább: $60 + 90 + 12 = 162 \rightarrow 180 \text{ mm}$

Hajtú belső hajlítási átmérője:

$$\varnothing_{m,\min,\varnothing 14} = \frac{F_{bt}}{f_{cd}} \cdot \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2 \cdot \varnothing} \right) = \frac{300 \cdot 154}{13,33} \cdot \left(\frac{1}{30+10+14/2} + \frac{1}{2 \cdot 14} \right) = 198 \rightarrow 200 \text{ mm}$$

A hajtú hosszának tervi külmérete a biztonság javára legalább: $290 + 0,15 \cdot 9200 + 10 \cdot 14 = 1810 \text{ mm}$

7.0 Tervezés nyírásra

7.1 A nyírási vasalást nem tartalmazó vasbeton keresztmetszet nyírási teherbírása

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \right. \\ \left. (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}, \quad C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = \min \left\{ 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right. \\ \left. \frac{2,0}{2,0} \right\} = \min \left\{ 1 + \sqrt{\frac{200}{910}} = 1,47 \right. \\ \left. \frac{2,0}{2,0} \right\} = 1,47, \quad \rho_l = \min \left\{ \frac{A_{s1,A}}{b_w \cdot d} = \frac{1570}{400 \cdot 910} = 4,30\% \right. \\ \left. \frac{20\%}{20\%} \right\} = 4,30\%$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,47^{3/2} \cdot 20^{1/2} = 0,279$$

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ 0,12 \cdot 1,47 \cdot (100 \cdot 4,30 \cdot 10^{-3} \cdot 20)^{1/3} \cdot 400 \cdot 910 = 131 \text{ kN} \right. \\ \left. 0,279 \cdot 400 \cdot 910 = 101 \text{ kN} \right\} = 131 \text{ kN} < V_{Ed,red} = 332 \text{ kN}$$

Méretezett nyírási vasalás szükséges!

7.2 A nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó nyíróerő:

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + \cot^2 \theta}, \quad \alpha_{cw} = 1, \quad v_1 = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{20}{250} \right] = 0,552$$

$$z = 0,9 \cdot d, \quad \alpha = 90^\circ, \quad \theta = 45^\circ, \quad \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + \cot^2 \theta} = 0,5$$

$$V_{Rd,max} = 0,45 \cdot \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d = 0,45 \cdot 1 \cdot 0,552 \cdot 13,33 \cdot 400 \cdot 910 = 1205 \text{ kN} > V_{Ed} = 410 \text{ kN}$$

A keresztmetszet nyírásra bevasalható!

7.3 Nyírási vasalás kialakítása

7.3.1 Kengyelek alkalmazásával

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \rightarrow V_{Rd,s} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{ywd}$$

$$s_{req} \leq 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{V_{Ed,red}} = 0,9 \cdot 910 \cdot \frac{2 \cdot 78 \cdot 435}{332 \cdot 10^3} = 167 \text{ mm} \rightarrow s_{prov} = 150 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,s,\varnothing 10/150} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s_{prov}} = 0,9 \cdot 910 \cdot \frac{2 \cdot 78 \cdot 435}{150} = 370 \text{ kN} > V_{Ed,red} = 332 \text{ kN}$$

Csökkentett kengyelezés teherbírása:

$$V_{Rd,s,\varnothing 10/300} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s_{prov}} = 0,9 \cdot 910 \cdot \frac{2 \cdot 78 \cdot 435}{300} = 185 \text{ kN}$$

A csökkentett kengyelezés indítási keresztmetszete:

$$t_{\varnothing 10/300} = \frac{V_{Ed} - V_{Rd,s,\varnothing 10/300}}{\rho_{Ed}} = \frac{410 - 185}{86} \cdot 10^3 = 2616 \text{ mm}$$

Minimális nyírási vasalás, és maximális kengyeltávolság:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{20}}{500} = 0,72\%$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \geq \rho_{w,min} = 0,72\% \rightarrow s_{l,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{2 \cdot 78}{0,00072 \cdot 400 \cdot 1} = 542 \text{ mm}$$

$$s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) \rightarrow 0,75 \cdot 910 = 682 \text{ mm} \quad , \quad s_{l,max} = 500 \text{ mm}$$

Minimális kengyelezés teherbírása:

$$V_{Rd,s,\varnothing 10/500} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s_{prov}} = 0,9 \cdot 910 \cdot \frac{2 \cdot 78 \cdot 435}{500} = 111 \text{ kN} < V_{Rd,c} = 131 \text{ kN}$$

A minimálisra csökkentett kengyelezés indítási keresztmetszete:

$$t_{\varnothing 10/500} = \frac{V_{Ed} - V_{Rd,c}}{\rho_{Ed}} = \frac{410 - 131}{86} \cdot 10^3 = 3244 \text{ mm}$$

7.3.2 Kengyelek és felhajlított acélbetétek együttes alkalmazásával

$$\alpha = 40^\circ \quad , \quad \theta = 45^\circ$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \rightarrow V_{Rd,s} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s} \cdot 1,41$$

1 db Ø20-as felhajlított acélbetét nyírási teherbírása az első felhajlítási helyen (tartószakaszon):

$$V_{Rd,s,1,\varnothing 20} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{s,\varnothing 20} \cdot f_{ywd}}{a_1} \cdot 1,41 = 0,9 \cdot 910 \cdot \frac{314 \cdot 435}{160 + 910 / \tan 40^\circ} \cdot 1,41 = 126 \text{ kN}$$

A felhajlított acélbetét nyírási teherbírását kiegészítő további szükséges kengyelezés:

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed,red} - V_{Rd,s,1,\varnothing 20} = 332 - 126 = 206 \text{ kN} \rightarrow s_{req} \leq 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{V_{Ed,red} - V_{Rd,s,1,\varnothing 20}} = 0,9 \cdot 910 \cdot \frac{2 \cdot 50 \cdot 435}{206 \cdot 10^3} = 173 \text{ mm} \rightarrow s_{prov} = 150 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,s,\varnothing 8/150} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s_{prov}} = 0,9 \cdot 910 \cdot \frac{2 \cdot 50 \cdot 435}{150} = 237 \text{ kN}$$

Nyírási teherbírás az első felhajlítási helyén (tartószakaszon):

$$V_{Rd,s,1} = V_{Rd,s,\varnothing 8/150} + V_{Rd,s,1,\varnothing 20} = 237 + 126 = 363 \text{ kN} > V_{Ed,red} = 332 \text{ kN}$$

1 db $\varnothing 20$ -as felhajlított acélbetét nyírási teherbírása a második felhajlítási helyen (tartószakaszon):

$$V_{Rd,s,2,\varnothing 20} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{s,\varnothing 20} \cdot f_{ywd}}{a_2} \cdot 1,41 = 0,9 \cdot 910 \cdot \frac{314 \cdot 435}{910 / \tan 40^\circ} \cdot 1,41 = 145 \text{ kN}$$

Nyírási teherbírás a második felhajlítás helyén (tartószakaszon), a kiindulásnál meghatározott kengyelezéssel:

$$V_{Rd,s,2} = V_{Rd,s,\varnothing 8/150} + V_{Rd,s,2,\varnothing 20} = 237 + 145 = 382 \text{ kN}$$

Nyíróerő értéke a második felhajlítási szakasz végkeresztmetszetében (2330 mm):

$$V_{Ed,2330 \text{ mm}} = V_{Ed} - \left(160 + \frac{910}{\tan 40^\circ} + \frac{910}{\tan 40^\circ} \right) \cdot \rho_{Ed} = 410 - 2,33 \cdot 86 = 210 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,2330 \text{ mm}} = 210 \text{ kN} < V_{Rd,s,\varnothing 8/150} = 237 \text{ kN}$$

További felhajlítási hely nem szükséges, két felhajlítási hely elegendő!

Csökkentett kengyelezés teherbírása:

$$V_{Rd,s,\varnothing 8/300} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s_{prov}} = 0,9 \cdot 910 \cdot \frac{2 \cdot 50 \cdot 435}{300} = 118 \text{ kN}$$

A csökkentett kengyelezés indítási keresztmetszete:

$$t_{\varnothing 8/300} = \frac{V_{Ed} - V_{Rd,s,\varnothing 8/300}}{\rho_{Ed}} = \frac{410 - 118}{86} \cdot 10^3 = 3395 \text{ mm}$$

Minimális nyírási vasalás, és maximális kengyeltávolság:

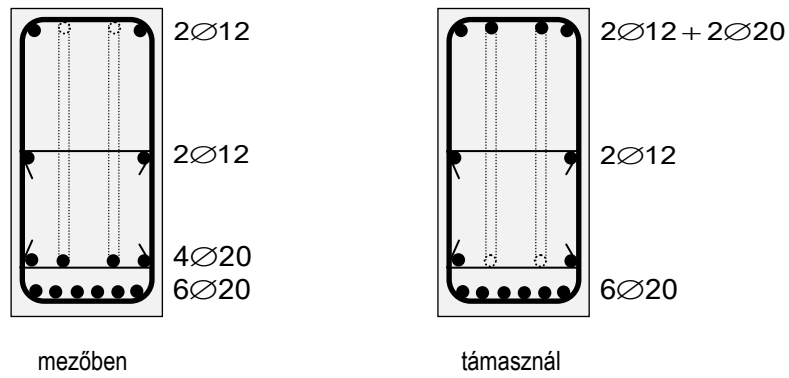
$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \geq \rho_{w,min} = 0,72\% \rightarrow s_{l,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{2 \cdot 50}{0,00072 \cdot 400 \cdot 1} = 346 \text{ mm}$$

$$s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) \rightarrow 0,75 \cdot 910 = 682 \text{ mm} \quad , \quad s_{l,max} = 300 \text{ mm}$$

Acélbetétek elhagyása:

- 6 $\varnothing 20$ (1. sorban) a támaszokig elvezetve (60%),
- 2 $\varnothing 20$ (2. sorban) a mezőben egy keresztmetszetben elhagyva (20%)
- 2 $\varnothing 20$ (2. sorban) a két felhajlítási helyen felhajlítva (20%)

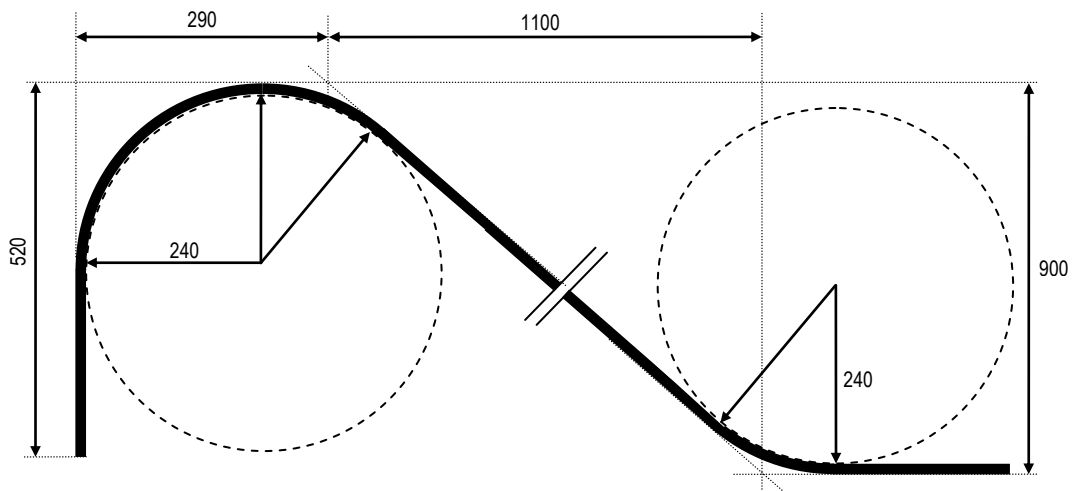
Acélbetétek elrendezése:



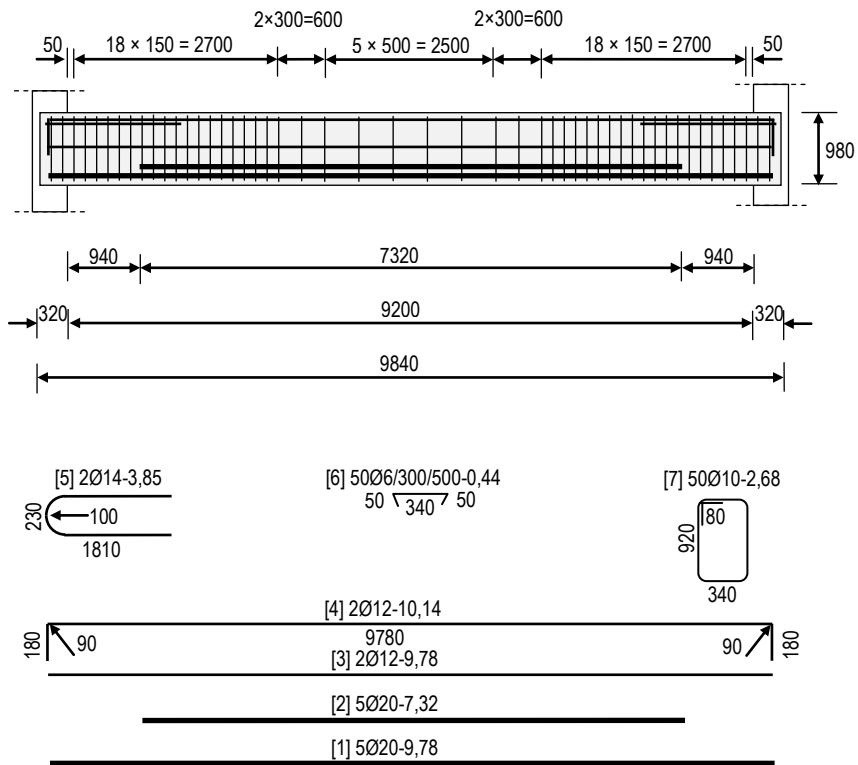
Felhajlított acélbetétek minimális belső hajlítási átmérője:

$$\varnothing_{m,\min,\varnothing 20} = \frac{F_{bt}}{f_{cd}} \cdot \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2 \cdot \varnothing} \right) = \frac{314 \cdot 435}{13,33} \cdot \left(\frac{1}{30+8+20/2} + \frac{1}{2 \cdot 20} \right) = 469 \rightarrow 480 \text{ mm}$$

Támaszhoz közelebbi felhajlítás kialakítása (szemléltető minta):



8.0 Vasalási vázlat és konszignáció kengyelek alkalmazása esetén

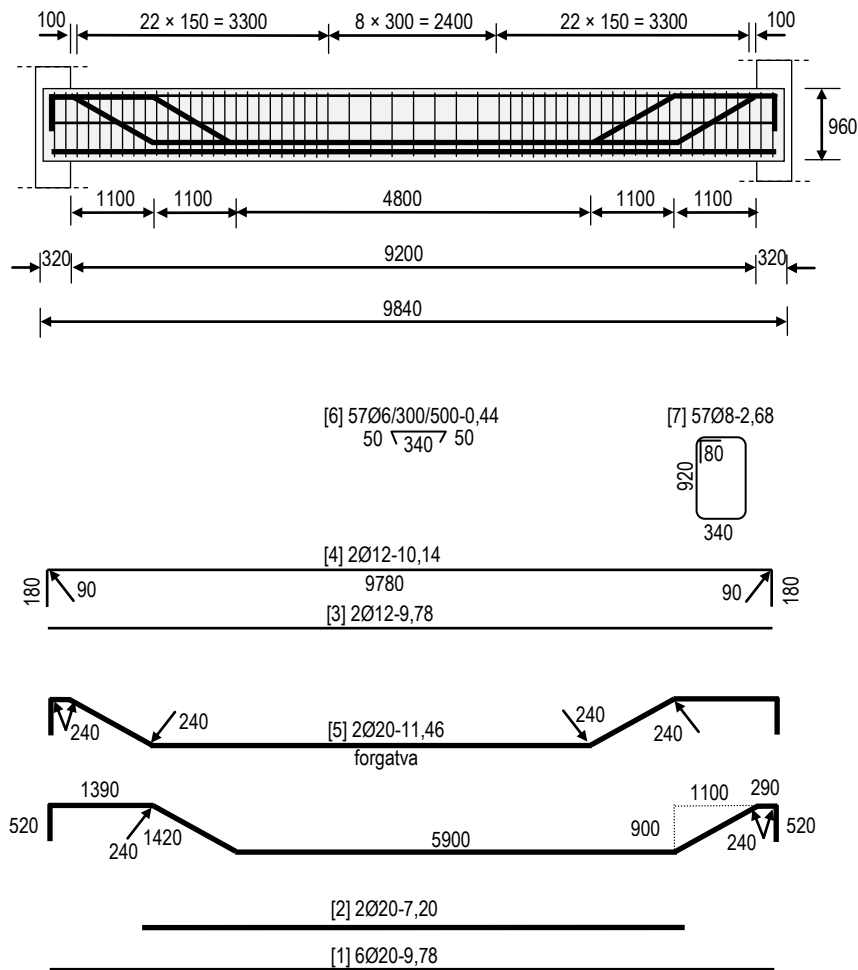


[1] – 5 × 9,78 = 48,90 m	48,90 × 2,46 = 120,29 kg
[2] – 5 × 7,32 = 36,60 m	36,60 × 2,46 = 90,04 kg
[3] – 2 × 9,78 = 19,56 m	19,56 × 0,89 = 17,41 kg
[4] – 2 × 10,14 = 20,28 m	20,28 × 0,89 = 18,05 kg
[5] – 2 × 3,85 = 7,70 m	7,70 × 1,21 = 9,32 kg
[6] – 50 × 0,44 = 22,00 m	22,00 × 0,22 = 4,84 kg
[7] – 50 × 2,68 = 137,0 m	137,0 × 0,62 = 84,94 kg
Összesen:	m_s = 344,89 kg

$$V_c = 0,98 \times 0,40 \times 9,84 = 3,86 \text{ m}^3$$

$$m_s / V_c = 344,89 / 3,86 = 89,35 \text{ kg/m}^3$$

9.0 Vasalási vázlat és konszignáció kengyelek és felhajlított acélbetétek együttes alkalmazása esetén



[1] – 6 × 9,78 = 58,68 m	58,68 × 2,46 = 144,35 kg
[2] – 2 × 7,20 = 14,40 m	14,40 × 2,46 = 35,43 kg
[3] – 2 × 9,78 = 19,56 m	19,56 × 0,89 = 17,41 kg
[4] – 2 × 10,14 = 20,28 m	20,28 × 0,89 = 18,05 kg
[5] – 2 × 11,46 = 22,92 m	22,92 × 2,46 = 56,38 kg
[6] – 57 × 0,44 = 25,08 m	25,08 × 0,22 = 5,52 kg
[7] – 57 × 2,68 = 152,76 m	152,76 × 0,40 = 61,10 kg
Összesen:	$m_s = 338,24$ kg

$$V_c = 0,98 \times 0,40 \times 9,84 = 3,86 \text{ m}^3$$

$$m_s / V_c = 338,24 / 3,86 = 87,63 \text{ kg/m}^3$$

10. Alakváltozás vizsgálat

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = \frac{3140}{400 \cdot 910} = 8,6\text{‰}$$

$$\frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} \cdot \frac{7,00}{L} \cdot \left(\frac{L}{d}\right)_{lim} \approx \frac{3140}{2820} \cdot \frac{7,00}{9,52} \cdot 14,3 = 11,71 > \left(\frac{L}{d}\right) = \frac{9520}{910} = 10,46$$

Megfelel!

11. Repedéstágasság vizsgálat

$$\sigma_s \approx f_{yd} \cdot \frac{\rho_{qp}}{\rho_{Ed}} \cdot \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \approx 435 \cdot \frac{42}{86} \cdot \frac{2906}{3140} = 197 \text{ N/mm}^2$$

$$\varnothing_{max} \approx 32 \text{ mm} > \varnothing = 20 \text{ mm}$$

Megfelel!