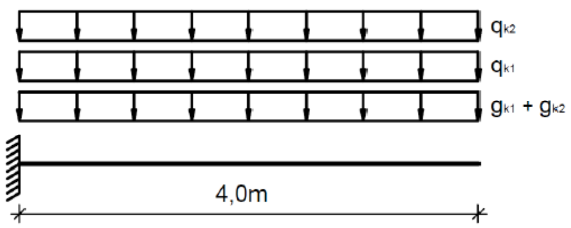
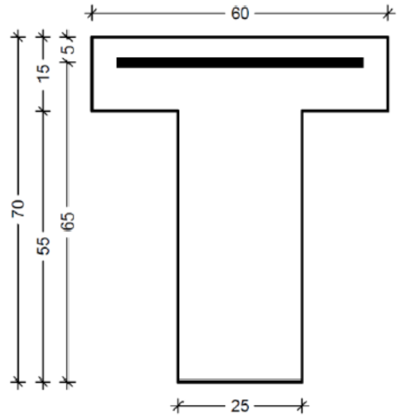
1-2.GYAKORLÓPÉLDA

1. Ellenőrizzük az alábbi tartó várható lehajlását a közelítő számítással és az egyszerűsített módszer szerint!





Beton:

beton minőség: C35/45

beton hatásos alakváltozási tényezője a kúszás végértékével: $E_{c,eff} = 11600\ N/mm^2$

beton húzószilárdságának várható értéke $f_{ctm} = 3{,}2\ N/mm^2$

Betonacél:

betonacél minőség: B500

betonacél rugalmassági modulusa: $E_s = 200000 N/mm^2$

Terhek (karakterisztikus érték):

Állandó terhek:

gerenda önsúlya:

$g_{k1} = (0{,}6 \cdot 0{,}15 + 0{,}55 \cdot 0{,}25) \cdot 25 = 5{,}7\ kN/m$ γ_k[1] $= 25{,}0 kN/m^3$

rétegek önsúlya:

$g_{k2} = 5{,}0\ kN/m$

Hasznos terhek: $\psi_2 = 0{,}3$

$q_{k1} = 15{,}0\ kN/m$

$q_{k2} = 10{,}0\ kN/m$

Alkalmazott vasalás: $5\phi20 = 1571\ mm^2$

$$\alpha = \frac{200000}{11600} = 17{,}24$$

[1] Terhek és hatások 33. oldal

1.1. Lehajlás ellenőrzése közvetlen számítással:

1.1.1. Lehajlás közelítő számítása:

kvázi-állandó (tartós) teherkombinációban:

$$p_{qs} = g_k + g_k^g + \psi_2 \cdot q_k = 5{,}7 + 5{,}0 + 0{,}3 \cdot (15{,}0 + 10{,}0) = 18{,}2\ \mathrm{kN/m}$$

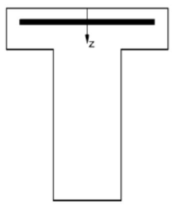
$$M_{qs} = -p_{qs} \cdot \frac{l_{eff}^{\,2}}{2} = 18{,}2 \cdot \frac{4{,}0^2}{2} = -145{,}6\ \mathrm{kNm}$$

I. feszültségi állapot:

Az ideális keresztmetszeti jellemzőket az alábbi táblázat segítségével határozzuk meg (a távolsági értékeket a felső szélső szálhoz viszonyítva határozzuk meg:

	b [mm]	h [mm]	A [mm²]	α_e	A_i	z_i [mm]	$A*z_i$ [mm³]	$A*z_i^2$ [mm⁴]	$I_{y,saját}$ [mm⁴]
Fejlemez	600	150	90000	1	**90000**	75	6750000	506250000	168750000
Borda	250	550	137500	1	**137500**	425	58437500	24835937500	3466145833
As	-	-	1571	17,24 (de 1-et le kell vonni!)	**25513,04**	50	1275652	63782600	0,0
Σ		**700**			**253013,04**		**66463152**	**25405970100**	**3634895833**

$$z_s = c_i = \frac{\sum A_i \cdot z_i}{\sum A_i} = \frac{\mathbf{66463152}}{\mathbf{253013{,}04}} = 262{,}68\ \mathrm{mm}\ \ \text{(a felső szélső száltól)}$$



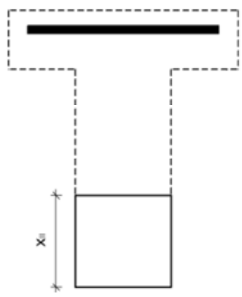
$$\mathbf{I_{y,teljes\,km}} = \sum \mathbf{I_{y,saját}} + \sum \mathbf{A_i \cdot z_i^2} - \mathbf{z_s^2} \cdot \sum \mathbf{A_i} = \mathbf{3634895833 + 25405970100 - 262{,}68^2 \cdot 253013{,}04} = \mathbf{1{,}15827 \cdot 10^{10}\ mm^4}$$

repesztő nyomaték:

$$M_{cr} = \frac{f_{ctm} \cdot I_I}{c_I} = \frac{3{,}2 \cdot 1{,}15827 \cdot 10^{10}}{262{,}68} = 141{,}1\ \mathrm{kNm} < M_{qs} = 145{,}6\ \mathrm{kNm} \quad \Longrightarrow \text{a tartó megreped}$$

II. feszültségi állapot:

Statikai nyomatékból x_{II} meghatározása:



$$b \cdot x_{II} \cdot \frac{x_{II}}{2} - \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - x_{II}) = 0$$

$$\frac{250 \cdot x_{II}^{\,2}}{2} - 17{,}24 \cdot 1571 \cdot (650 - x_{II}) = 0$$

$$125 \cdot x_{II}^{\,2} + 27084{,}04 \cdot x_{II} - 17604626 = 0 \qquad /:125$$

$$x_{II}^{\,2} + 216{,}67 \cdot x_{II} - 140837 = 0$$

$$x_{II} = 282{,}27\ \mathrm{mm}$$

$$I_{II} = \frac{b \cdot x_{II}^{\,3}}{3} + \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - x_{II})^2 = \frac{250 \cdot 282{,}27^3}{3} + 17{,}24 \cdot 1571 \cdot (650 - 282{,}27)^2 = 5{,}536 \cdot 10^9 \mathrm{mm}^4$$

$$\zeta = 1 - \beta \cdot \left(\frac{M_{cr}}{M}\right)^2 = 1 - 0{,}5 \cdot \left(\frac{141{,}1}{145{,}6}\right)^2 = 0{,}53$$

$$w_I = \frac{p \cdot l^4}{8 \cdot EI_I} = \frac{18{,}2 \cdot 4000^4}{8 \cdot 11600 \cdot 1{,}15827 \cdot 10^{10}} = 4{,}33 \text{ mm}$$

$$w_{II} = \frac{p \cdot l^4}{8 \cdot EI_{II}} = \frac{18{,}2 \cdot 4000^4}{8 \cdot 11600 \cdot 5{,}536 \cdot 10^9} = 9{,}07 \text{ mm}$$

$$w_{max} = (1-\zeta) \cdot w_I + \zeta \cdot w_{II} = (1-0{,}53) \cdot 4{,}33 + 0{,}53 \cdot 9{,}07 = 6{,}85 \text{ mm}$$

$$w_{max} = 6{,}85 \text{ mm} < \frac{l_{eff}}{250} = \frac{4000}{250} = 16{,}0 \text{ mm}$$

1.2. Lehajlás ellenőrzése egyszerűsített módszerrel:

$$\frac{\mathbf{l/K}}{\mathbf{d}} \leq \boldsymbol{\alpha} * (\mathbf{l/d})$$

karcsúság $\leq$ megengedett karcsúság

$\mathbf{l_{eff} = 4,00\ m}$ $\quad\quad$ $\mathbf{d = 650\ mm = 0,65\ m}$

első közelítésként α=1,0 β=1,0

K[2]=0,4 (befogott konzol)

$$\frac{\mathbf{l/K}}{\mathbf{d}} = \frac{\mathbf{4,00/0,4}}{\mathbf{0,65}} = \mathbf{15,38} \quad \Rightarrow \textbf{a tartó karcsúsága}$$

$$p_{Ed} = \gamma_G \cdot \left(g_k + g_k^g\right) + \gamma_Q \cdot q_{k1} + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot q_{k2} = 1{,}35 \cdot (5{,}7 + 5{,}0) + 1{,}5 \cdot (15{,}0 + 0{,}7 \cdot 10{,}0) = 47{,}4 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = -p_{Ed} \cdot \frac{{l_{eff}}^2}{2} = 47{,}4 \cdot \frac{4{,}0^2}{2} = -379 \text{ kNm}$$

$$\boldsymbol{\beta} \cdot \frac{\mathbf{p_{Ed}}}{\mathbf{b}} = \mathbf{1,0} \cdot \frac{\mathbf{51,95}}{\mathbf{0,25}} = \mathbf{207,8} \quad \Rightarrow \left(\frac{\mathbf{l}}{\mathbf{d}}\right)_{\mathbf{eng}} {}^{3} = \mathbf{13}$$

$$\left(\frac{\mathbf{l}}{\mathbf{d}}\right)_{\mathbf{eng}} = \mathbf{13} < 15{,}38 \quad \Rightarrow \textit{a tartó nem felel meg !}$$

A terhek arányának, a teherbírási túlméretezésnek, és az acél szilárdsági osztályának figyelembevételével:

$$x_{III} = \frac{A_{s,alk} \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}} = \frac{1571 \cdot 434{,}78}{250 \cdot 23{,}3} = 117 \text{ mm ,}$$

$$M_{Rd} = b \cdot x_{III} \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_{III}}{2}\right) = 250 \cdot 117 \cdot 23{,}3 \cdot \left(650 - \frac{117}{2}\right) = 403{,}1 \text{ kNm}$$

$$\beta = \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \cdot \frac{500}{f_{yk}} = \frac{403{,}1}{379} \cdot \frac{500}{500} = 1{,}064$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \beta \cdot \frac{p_{Ed}}{p_{qs}}} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot 1{,}064 \cdot \frac{47{,}4}{18{,}2}} = 1{,}177$$

$$\beta \cdot \frac{p_{Ed}}{b} = 1{,}064 \cdot \frac{47{,}4}{0{,}25} = 201{,}73 \quad \Rightarrow \left(\frac{l}{d}\right)_{eng} = 14$$

$$\alpha \cdot \left(\frac{l}{d}\right)_{eng} = 1{,}177 \cdot 14 = 16{,}5 > 15{,}38 \quad \Rightarrow \textit{megfelel!}$$

[2] VSZT 55. old. táblázat
[3] VSZT 57. old. táblázat

2. Ellenőrizzük meg a tartó repedéstágasságát a közelítő számítás és a részletes számítás nélkül!

2.1. Közelítő számítással

A repedések maximális távolsága:

$\mathbf{c_{nom} = 25\ mm}$

$k_1 = 0{,}8$ (bordás acélbetét)

$k_2 = 0{,}5$ (hajlításnál)

$$h_{c,eff} = \min\left\{\begin{array}{l} 2{,}5 \cdot (h-d) = 2{,}5 \cdot (700-650) = 125\ \text{mm} \\ (h-x)/3 = \dfrac{700-282{,}27}{3} = 139\ \text{mm} \\ h/2 = 700/2 = 350\ \text{mm} \end{array}\right\} = 125\ \text{mm}$$

$x = x_{cII}$=282,27 mm (II. feszültségi állapotban)

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 600 \cdot 125 = 75000\ \text{mm}^2$$

$$S_{r,max} = 3{,}4 \cdot c + 0{,}425 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \phi_s \cdot \frac{A_{c,eff}}{A_s} = 3{,}4 \cdot 25 + 0{,}425 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}5 \cdot 20 \cdot \frac{75000}{1571} = 247{,}3\ \text{mm}$$

$$\sigma_{sII} = \alpha_e \cdot \frac{M_{qs}}{I_{II}} \cdot (d - x_{cII}) = 17{,}24 \cdot \frac{145{,}6 \cdot 10^6}{5{,}536 \cdot 10^9} \cdot (650 - 282{,}27) = 166{,}74\ \text{N/mm}^2$$

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_{sII} - 0{,}4 \cdot f_{ctm} \cdot \dfrac{A_{c,eff}}{A_s}}{E_s} = \frac{166{,}74 - 0{,}4 \cdot 3{,}2 \cdot \dfrac{75000}{1571}}{200000} = 5{,}28 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{cm} = \frac{0{,}4 \cdot f_{ctm}}{E_{cm}} = \frac{0{,}4 \cdot 3{,}2}{34000} = 3{,}765 \cdot 10^{-5}$$

$$w_k = \max\left\{\begin{array}{l} S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \\ 0{,}6 \cdot S_{r,max} \cdot \dfrac{\sigma_s}{E_s} \end{array}\right. =$$

$$= \max\left\{\begin{array}{l} 247{,}3 \cdot (5{,}28 \cdot 10^{-4} - 3{,}765 \cdot 10^{-5}) = 0{,}121\ \text{mm} \\ 0{,}6 \cdot 247{,}3 \cdot \dfrac{166{,}74}{200000} = 0{,}124\ \text{mm} \end{array}\right\} = 0{,}124\ \text{mm} < w_{k,eng} = 0{,}3\ \text{mm} \quad \Longrightarrow \text{megfelel!}$$

2.2. Repedések korlátozása részletes számítás nélkül.[4]:

$$x_{III} = d - \sqrt{d^2 - 2 \cdot \frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}} = 650 - \sqrt{650^2 - 2 \cdot \frac{379 \cdot 10^6}{250 \cdot 23,3}} = 109,3 \text{ mm}$$

$$A_{s,szüks} = \frac{b \cdot x_{III} \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{250 \cdot 109,3 \cdot 23,3}{434,78} = 1464 \text{ mm}^2$$

Az acélbetétekben ébredő feszültség az alábbi képlettel becsülhető:

$$\sigma_{sII} \cong f_{yd} \cdot \frac{p_{qs}}{p_{Ed}} \cdot \frac{A_{s,requ}}{A_{s,prov}} = 434,78 \cdot \frac{18,2}{47,4} \cdot \frac{1464}{1571} = 155,6 \text{ N/mm}^2$$

ha:

$w_{k,eng} = 0,3\text{mm}$

$\sigma_s = 160 \text{ N/mm}^2$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{1571}{600 \cdot 150 + 550 \cdot 250} = 0,69 \% \approx 0,5 \%$$

akkor (táblázatból [5]):

$\phi_{max} = 34$ mm (biztonsággal)

alkalmazott vasalás $\phi 20 < \phi 34$ megfelel!

[4] VSZT 61. old.
[5] VSZT 61. old.