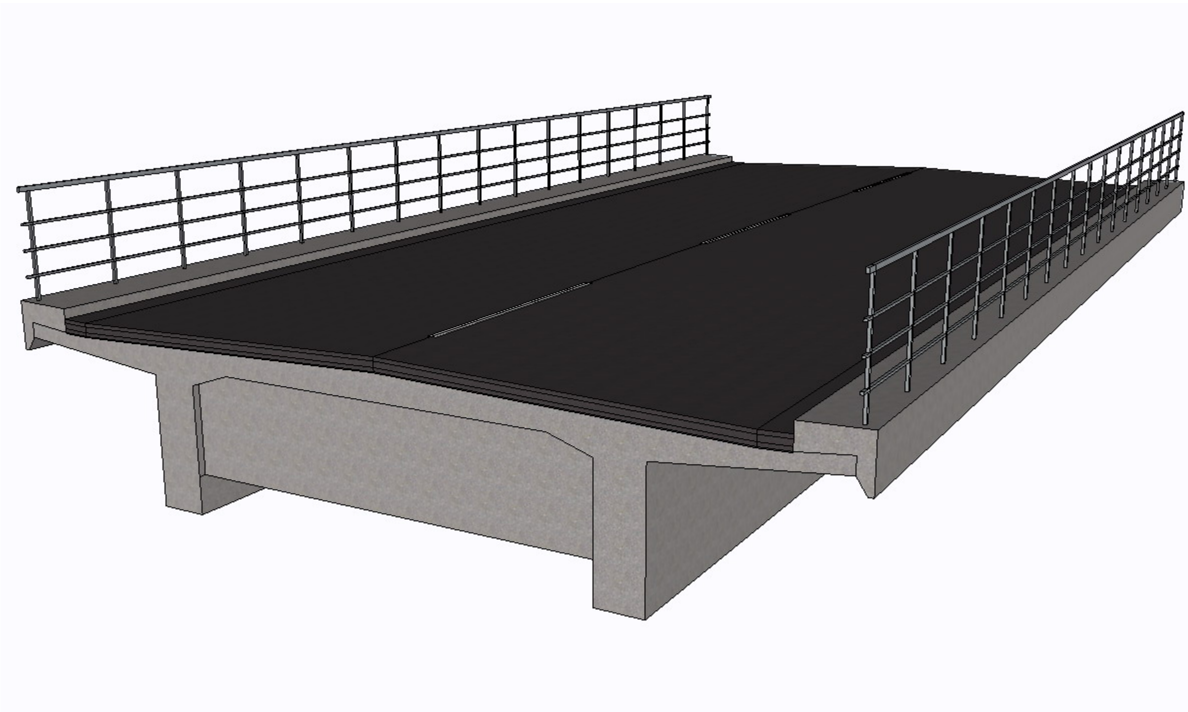
Kétbordás vasbeton közúti híd felszerkezetének közelítő erőtani számítása

(segédlet a Hídépítés c. tantárgyhoz)

Összeállította: Szabó Imre Gábor
Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar
Építőmérnök Tanszék



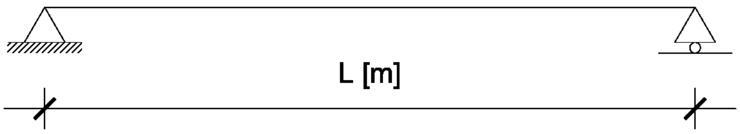
Pécs, 2017. szeptember

Tartalom

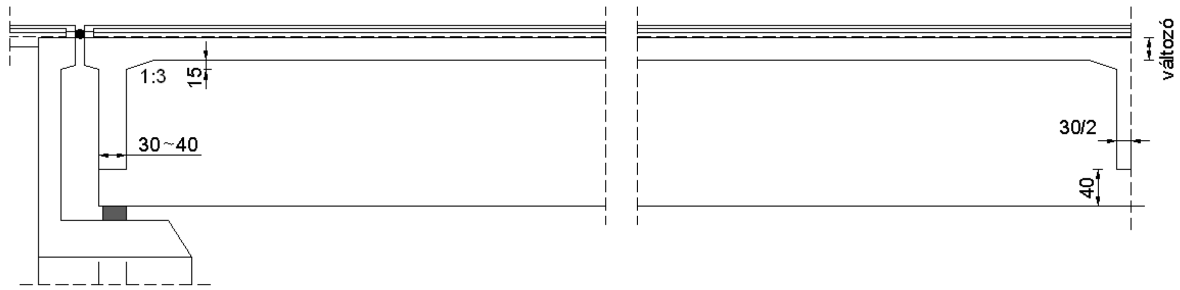
1. Kiindulási adatok

1.1 Geometriai adatok

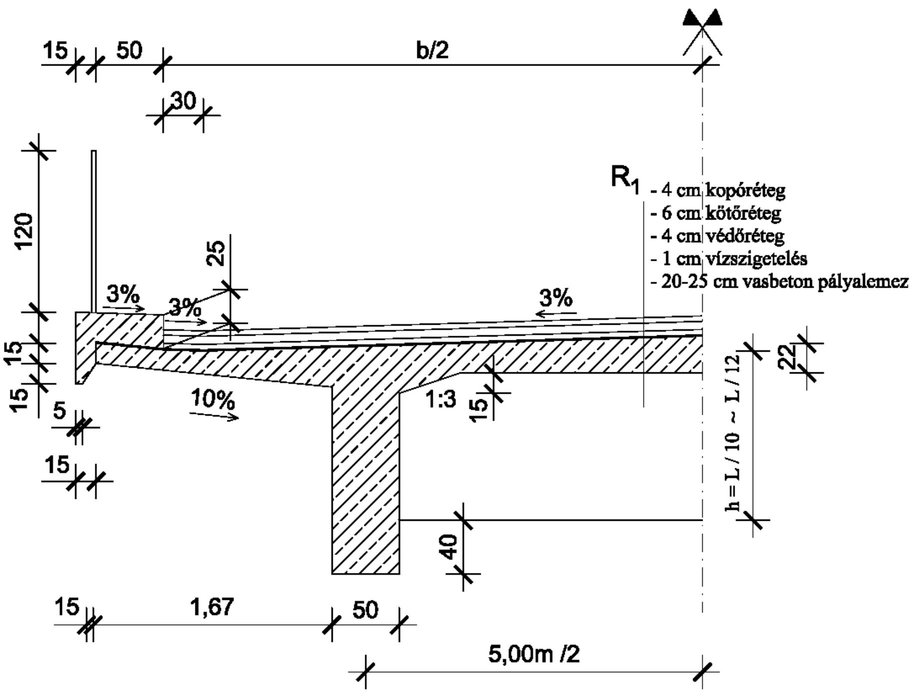
Statikai váz:



Hosszmetszet:



Keresztmetszet:



A pályaszerkezet rétegrendje (R_1):

− 4 cm kopóréteg

− 6 cm kötőréteg

− 4 cm védőréteg

− 1 cm vízszigetelés

− 20 − 25 cm vasbeton pályalemez

1.2 Felhasznált szabványok

MSZ EN 1990/A2	A tervezés alapjai
MSZ EN 1991-2	Hidak forgalmi terhei
MSZ EN 1992-1-1	Betonszerkezetek tervezése
MSZ EN 1992-2	Betonhidak

1.3 Anyagok, anyagjellemzők

Beton		**C25/30**	**C30/37**	**C35/45**
A nyomószilárdság karakterisztikus értéke f_{ck} [N/mm^2]		25	30	35
A húzószilárdság várható értéke f_{ctm} [N/mm^2]		2,6	2,9	3,2
A rugalmassági modulus várható értéke E_{cm} [N/mm^2]		31000	33000	34000
Alakváltozási tényező tartós hatásokhoz $E_{c.eff} = E_{cm}/(1+\Phi)$	($\Phi \approx 2,0$ − a kúszási tényező végértéke)			
Törési összenyomódás ε_{cu} [‰]		3,5	3,5	3,5

Feszültségcsökkentő tényező hidak esetén: $\alpha = 0,85$

A beton parciális tényezője: $\gamma_c = 1,5$

Betonacél		**S400B**	**S500B**
A folyáshatár karakterisztikus értéke f_{yk} [N/mm^2]		400	500
A max teher alatti nyúlás karakterisztikus értéke ε_{uk} [%]		20	18
A rugalmassági modulus E_s [N/mm^2]		20000	20000

Az acél parciális tényezője: $\gamma_s = 1,15$

1.4 Hatások

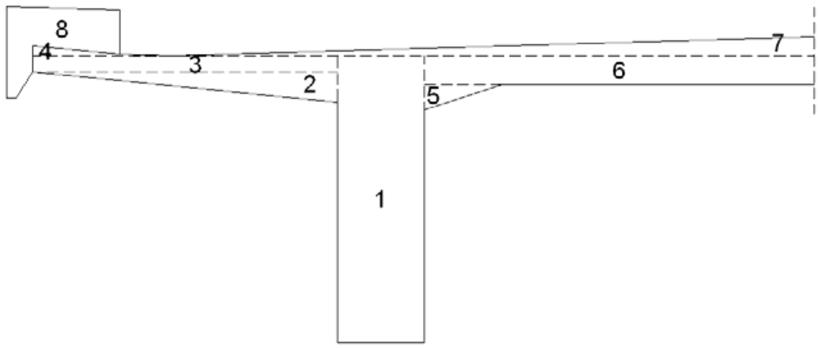
1.4.1 Állandó hatások

1.4.1.1 Önsúly

Sűrűségek:

beton, vasbeton:	25 kN/m^3
aszfalt:	24 kN/m^3
szigetelés:	0,25 kN/m^2
korlát:	0,5 kN/m
föld, talaj:	18 kN/m^3

A felszerkezet szimmetrikus kialakítása miatt az állandó terhet fél keresztmetszetre kell megállapítani. (egy főtartóra jutó állandó teher)



$g = g_1 + g_2$

ahol: g_1 = a híd teherhordó szerkezetének súlya

g_2 = kiemelt szegély, burkolat, korlát, egyéb hídtartozékok súlya

vasbeton teherhordó szerkezet súlya: $g_1 = \sum A_{(1-8)} \cdot \rho_{\text{beton, vasbeton}} \; [\text{kN/m}]$

burkolat: $g_2^b = [\text{kN/m}]$

szigetelés: $g_2^{sz} = [\text{kN/m}]$

korlát: $g_2^k = [\text{kN/m}]$

összesen: $g = [\text{kN/m}]$

Állandó terhek biztonsági tényezői:

$\gamma_{G,inf} = 1{,}00$ ha kedvező a vizsgált hatás szempontjából

$\gamma_{G,sup} = 1{,}35$ ha kedvezőtlen a vizsgált hatás szempontjából

$\xi = 0{,}85$ csökkentő tényező a kedvezőtlen állandó hatás esetén

Azonos tehercsoportosításon belül csak az egyik biztonsági tényező alkalmazható!

1.4.2 Esetleges hatások

1.4.2.1 Forgalmi (hasznos) teher

A kocsipálya sávokra való felosztása a teljes szélesség alapján:

Az útpálya szélessége (b)	A névleges forgalmi sávok száma	Egy névleges forgalmi sáv szélessége	A maradó terület szélessége
$b < 5{,}4$ m	$n_l = 1$	3,0 m	$b - 3{,}0$ m
$5{,}4 \text{ m} \leq b < 6{,}0$ m	$n_l = 2$	b/2	0
$6{,}0 \text{ m} \leq b$	$n1 = \text{int}(b/3)$	3,0 m	$b - 3\, n_l$

A sávok keresztirányú elhelyezését úgy kell megválasztani, hogy a vizsgált tehermodell hatása a legkedvezőtlenebb legyen.

Függőleges terhek (1. tehermodell):

− kocsipályán: $\left(\alpha_{Q_i} \cdot Q_{ik}, \alpha_{qi} \cdot q_{ik}, \alpha_{qr} \cdot q_{rk}\right)$

Hely	Ikertengely (TS)	Megoszló teher (q)
	Q_{ik} tengelyterhek [kN]	q_{ik} (vagy q_{rk}) [kN/m^2]
1. sáv	300	9,0
2. sáv	200	2,5
3. sáv	100	2,5
Többi sáv	0	2,5
Maradó terület (q_{rk})	0	2,5

A Q_{ik}, q_{ik} és q_{rk} sávterhekhez rendelt terhelési osztályba sorolási tényezők:

$\alpha_{Qi} = 0{,}9$

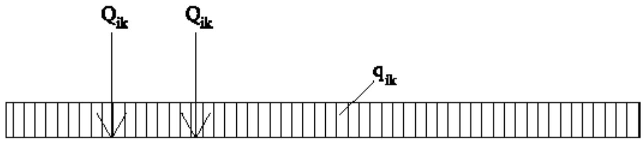
$\alpha_{qi} = 0{,}7$

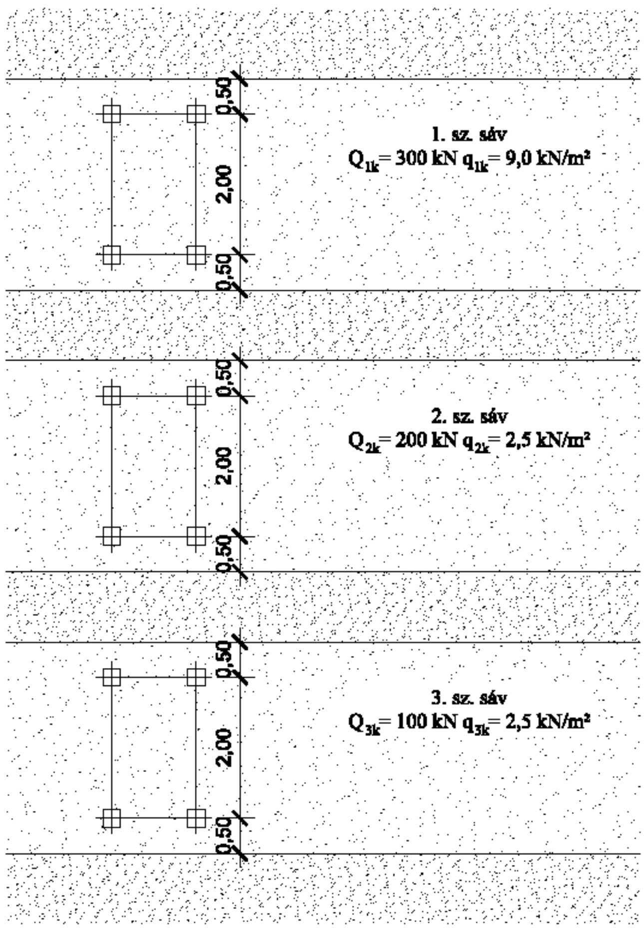
$\alpha_{qr} = 1{,}0$

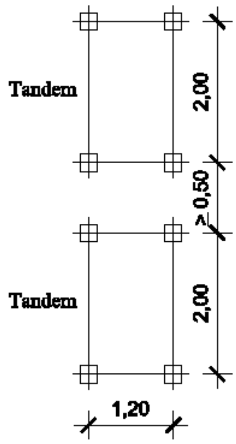
− kiemelt szegély: $q_{szeg} = 1{,}0$ kN/m^2

10 méternél nagyobb támaszközű hidakon mindegyik kéttengelyű járműmodell mindegyik sávban helyettesíthető egy azonos súlyú, egytengelyű modellel.

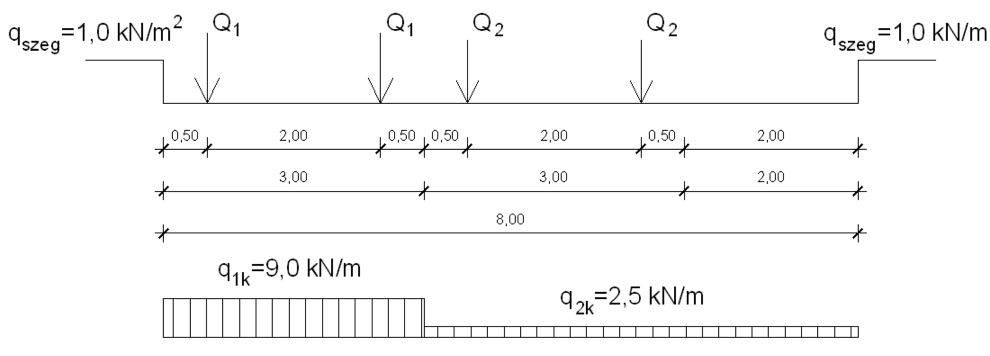
Elhelyezés és geometria 3,0 m sávszélesség esetén:







Keresztmetszeti elrendezés: (pl. b = 8,00 m szélesség esetén)



Dinamikus tényező: nincs, mivel a dinamikus hatást a hasznos terhek karakterisztikus értékei már alapértékükben tartalmazzák.

Vízszintes forgalmi terhek:

Vízszintes teherként csak a fékező– és gyorsítóerőt kell figyelembe venni (ívben fekvő hidak esetében még a centrifugális erőt is).

– Fékező– és gyorsítóerők:

A Q_{lk} fékező– és gyorsítóerő az útburkolat szintjén, a kocsipálya tengelyében hat.

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w \cdot L$$

de

$$180 \cdot \alpha_{Q1} [kN] \leq Q_{lk} \leq 900\,kN$$

1.4.2.2 Szélhatás

A híd hossztengelyével párhuzamos és a függőleges irányú szélhatást elhanyagoljuk.

$$F_{wk,x} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C_x \cdot A_{ref,x}$$

ahol: $v_b = 20\,m/s$ a sebesség alapértéke

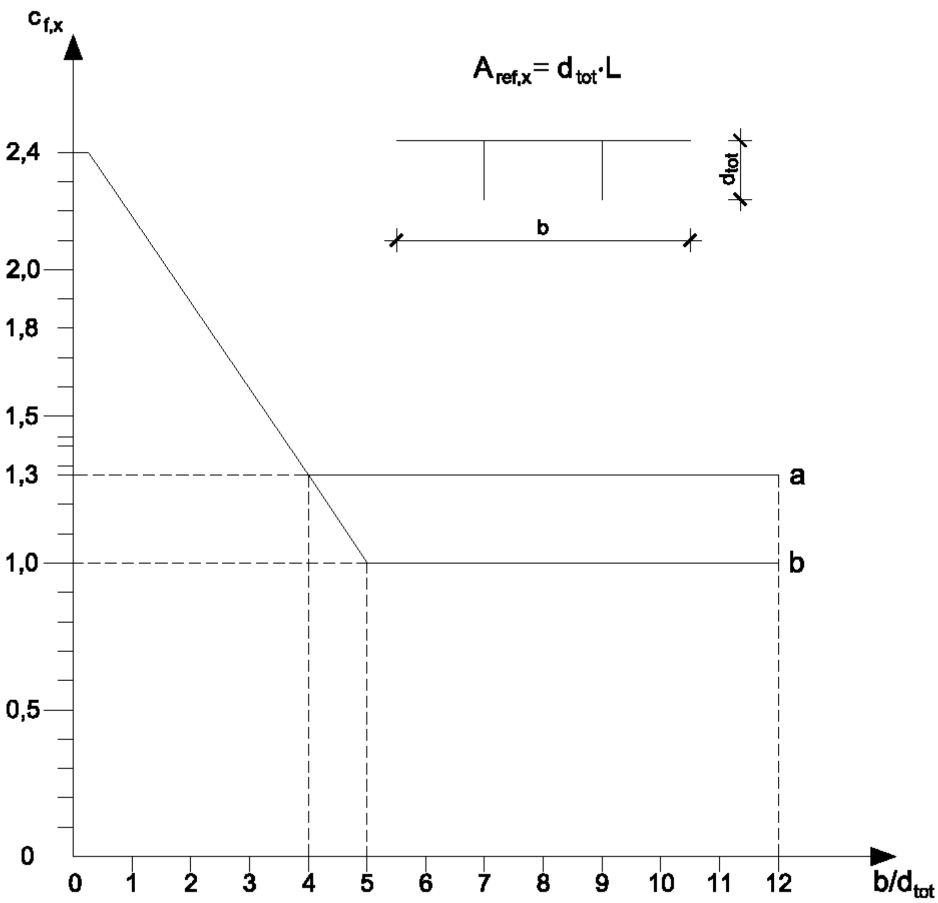
$\rho = 1,25\,kg/m^3$ a levegő sűrűsége

$C_x = c_{f,x} \cdot c_e(z)$

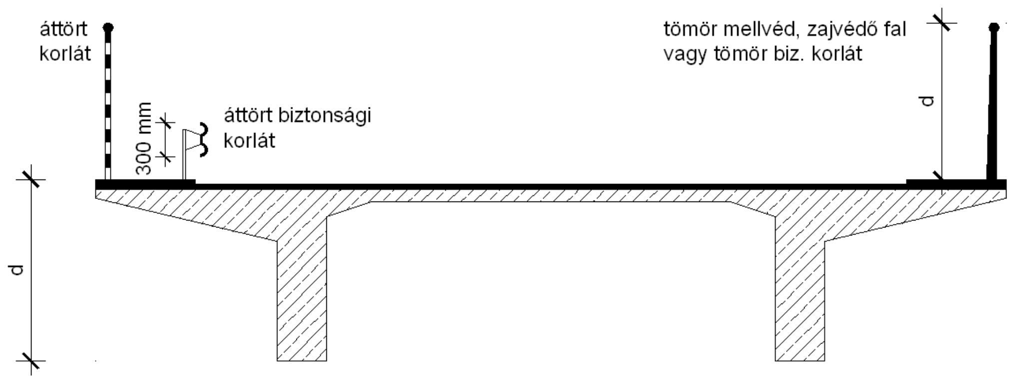
$c_e(z)$ a terep érdességétől és a szerkezet terepszinttől mért magasságától függő kitettségi tényező (szokásos külterület, II. beépítettségi osztály és z = 5,0 m magasság esetén: $c_e(5,0\text{ m}) = 1,8$ vehető fel).

Az $A_{ref,x}$ referencia felület és a $c_{f,x}$ erőtényező felvétele:

A korlát típusa	egyik oldalon	mindkét oldalon
áttört mellvéd, vagy áttört biztonsági korlát	d+0,3 m	d + 0,6 m
tömör mellvéd vagy tömör biztonsági korlát	$d + d_1$	$d + 2d_1$
áttört mellvéd és áttört biztonsági korlát	d + 0,6 m	d + 1,2 m



a: építési állapotban vagy áttört korlátok esetén (több mint 50% nyílás)
b: mellvéd, zajvédő fal vagy közúti forgalom esetén



1.4.2.3 Hőmérséklet−változás

Minimális hőmérséklet (−15 ºC min. léghőmérséklet esetén): $T_{e,min} = -7^{o}\,C$
Maximális hőmérséklet (+35 ºC max. léghőmérséklet esetén): $T_{e,max} = +37^{o}\,C$
Feltételezett építési hőmérséklet: $T_0 = +10^{o}\,C$

<u>Egyenletes hőmérséklet−változás:</u>
max. megrövidülés: $\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min}$
max. megnyúlás: $\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0$

Egyenlőtlen (lineáris) hőmérséklet−változás (függőleges síkban):

Hőmérséklet−különbségek a szélső szálak között (beton gerendaszerkezet, 15 cm burkolat):

− felső felület melegebb: $\Delta T_{M,heat} = 15^{\circ}C \cdot 0{,}5 = 7{,}5^{\circ}C$

− alsó felület melegebb: $\Delta T_{M,cool} = 8^{\circ}C \cdot 1{,}0 = 8^{\circ}C$

Hőmérsékleti tényezők egyidejűsége:

$$T_k = \max \begin{cases} \Delta T_{N,con}\left(\text{vagy } \Delta T_{N,exp}\right) + 0{,}75 \cdot \Delta T_{M,cool}\left(\text{vagy } \Delta T_{M,heat}\right) \\ 0{,}35 \cdot \Delta T_{N,con}\left(\text{vagy } \Delta T_{N,exp}\right) + \Delta T_{M,cool}\left(\text{vagy } \Delta T_{M,heat}\right) \end{cases}$$

1.5 Hatáskombinációk

A teherbírás vizsgálatakor esetleges teherként csak a függőleges forgalmi terhet vesszük figyelembe:

Forgalmi terhek biztonsági tényezője: $\gamma_Q = 1{,}35$

Egyéb esetleges hatások biztonsági tényezője: $\gamma_Q = 1{,}5$

Forgalmi terhek kombinációs tényezői:

$$\psi_{0,q} = 0{,}40$$
$$\psi_{0,TS} = 0{,}75$$
$$\psi_{2,q} = \psi_{2,Q} = 0$$

Ebben a feladatban (grla tehercsoport):

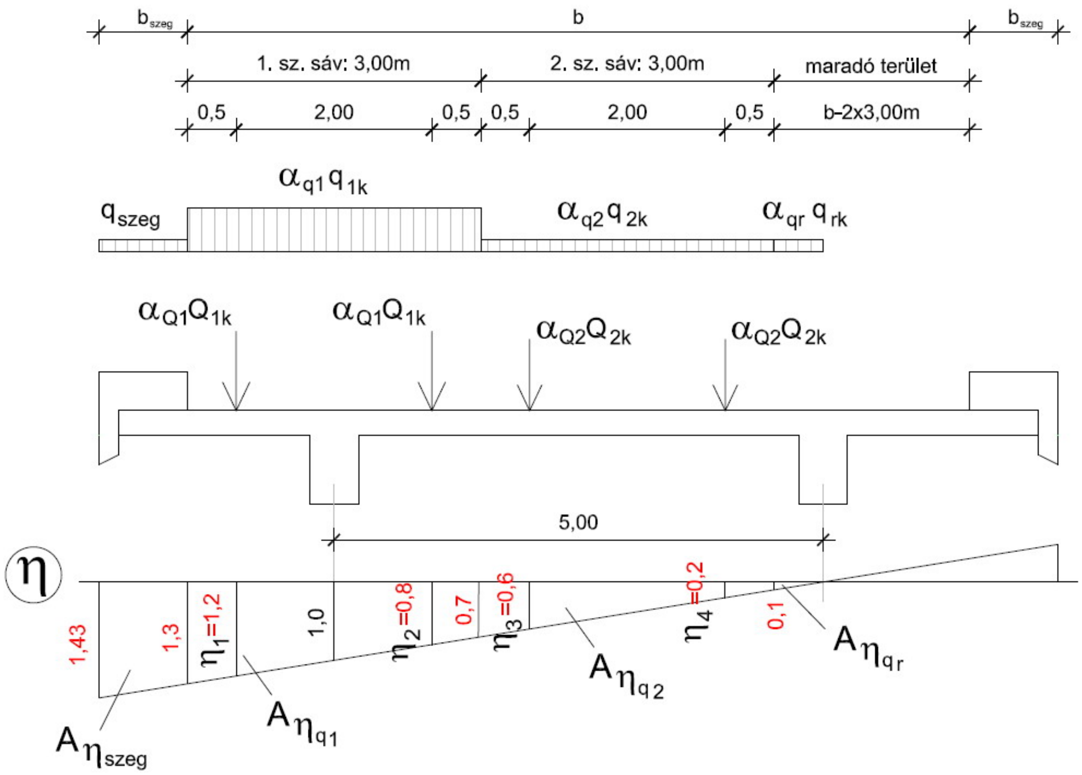
Teherbírási határállapothoz: $$Y_{Ed} = \max \begin{cases} \gamma_{G,sup} \cdot Y_G + \gamma_Q \cdot \left(\psi_{0,q} \cdot Y_q + \psi_{0,TS} \cdot Y_Q\right) \\ 0{,}85 \cdot \gamma_{G,sup} \cdot Y_G + \gamma_Q \cdot \left(Y_q + Y_Q\right) \end{cases}$$

Kvázi−állandó kombináció: $$Y_{qp} = Y_G + \left(\psi_{2q} \cdot Y_q + \psi_{2Q} \cdot Y_Q\right)$$

2. A felszerkezet igénybevételei

2.1 Kereszteloszlás

Az egytengelyes modellt használva:



A piros színnel jelölt értékek b = 8,00 m szélesség esetén értendők! A pirossal jelölt értékek csak a számítás könnyebb megértését szolgálják. A feladatban természetesen mindenkinek a feladatlapon kiadott saját „b” szélességével kell számolni.

Az egy főtartóra redukált megoszló teher:

$$q_{red} = \sum \alpha_{qi} \cdot q_{ik} \cdot A_{\eta}^{qi} + \alpha_{qr} \cdot q_{rk} \cdot A_{\eta}^{qr} + q_{szeg} \cdot A_{\eta}^{szeg} \quad [\mathrm{kN/m}]$$

Az egy főtartóra redukált járműteher:

$$Q_{red} = \alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} \cdot (\eta_1 + \eta_2) + \alpha_{Q2} \cdot Q_{2k} \cdot (\eta_3 + \eta_4) \quad [\mathrm{kN}]$$

ahol: $A\eta^{q1}$ – a kereszteloszlási ábra i–edik sáv alatti területe
$A\eta^{qr}$ – a kereszteloszlási ábra maradó terület alatti területe
$A\eta^{szeg}$ – a kereszteloszlási ábra kiemelt szegély alatti területe

A megértést segítendő példa (b = 8,00 m szélesség esetén):

$$A\eta_{q1} = \frac{1{,}3 + 0{,}7}{2} \cdot 3{,}0 = 3{,}0\mathrm{m}^2$$ a keresztelosztási ábra 1. sz. sáv alatti területe

$$A\eta_{q2} = \frac{0{,}7 + 0{,}1}{2} \cdot 3{,}0 = 1{,}2\mathrm{m}^2$$ a keresztelosztási ábra 2. sz. sáv alatti területe

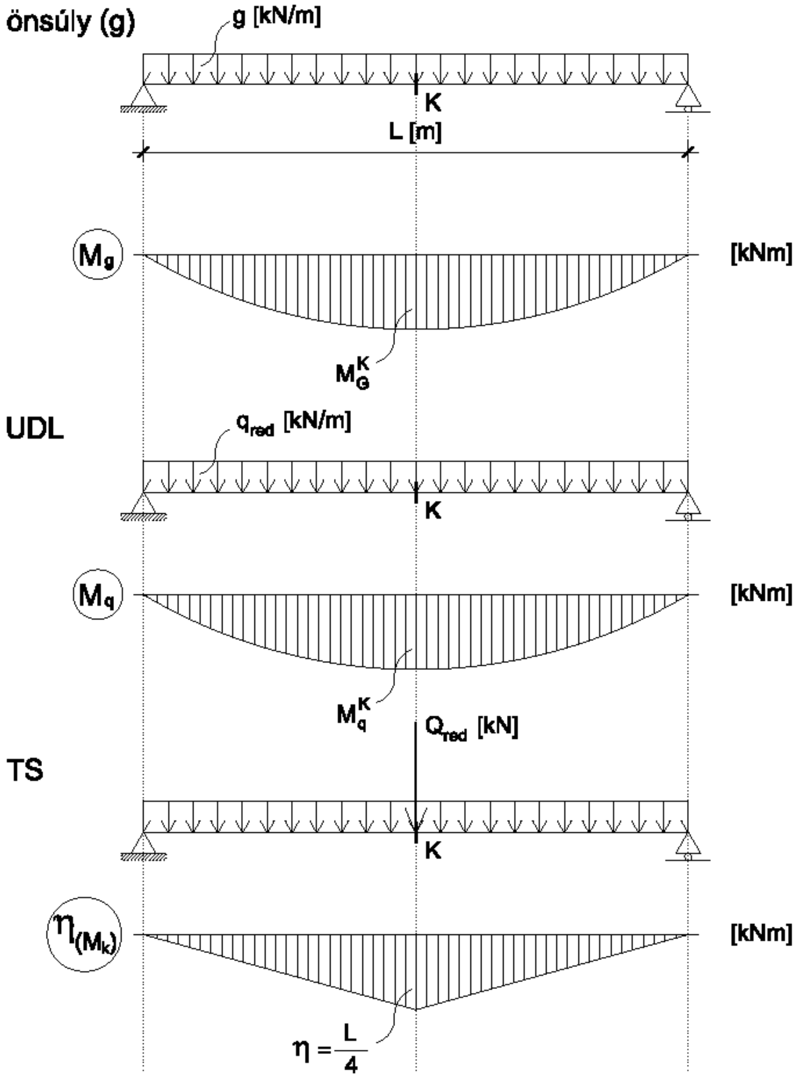
$$A\eta_{qm} = \frac{0{,}1 \cdot 0{,}5}{2} = 0{,}025\,\mathrm{m}^2$$ a keresztelosztási ábra maradó terület alatti területe

$$A\eta_{szeg} = \frac{1{,}43 + 1{,}3}{2} \cdot 0{,}65 = 0{,}887\,\mathrm{m}^2$$ a keresztelosztási ábra kiemelt szegély alatti területe

2.2 Hajlítónyomatékok

Vizsgálandó a „K" jelű keresztmetszet:

Hosszirányú leterhelés (az egytengelyes modell esetén):



Önsúly : $M_G^K = \frac{g \cdot L^2}{8}$

UDL : $M_Q^K = \frac{q_{red} \cdot L^2}{8}$

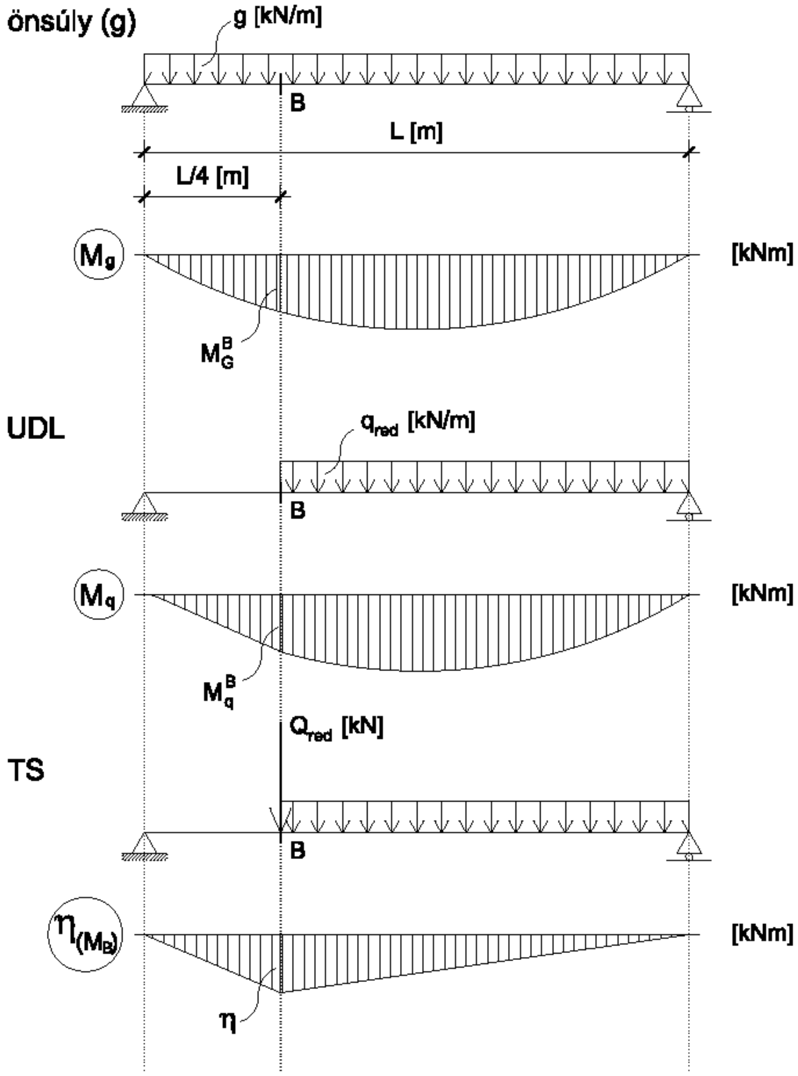
TS : $M_{TS}^K = Q_{red} \cdot \eta$

Nyomaték tervezési értéke:

$$M_{Sd}^K = \max \begin{cases} \gamma_{G,sup} \cdot M_G^K + \gamma_Q \cdot \left(\psi_{0,q} \cdot M_q^K + \psi_{0,TS} \cdot M_{TS}^K\right) \\ 0{,}85 \cdot \gamma_{G,sup} \cdot M_G^K + \gamma_Q \cdot \left(M_q^K + M_{TS}^K\right) \end{cases}$$

Vizsgálandó a „B” jelű keresztmetszet:

Hosszirányú leterhelés (az egytengelyes modell esetén):



Önsúly : $M_G^B = \frac{3}{32} \cdot g \cdot L^2$

UDL : $M_Q^B = \frac{9}{128} \cdot q_{red} \cdot L^2$

TS : $M_{TS}^B = \frac{3}{16} \cdot Q_{red} \cdot L$

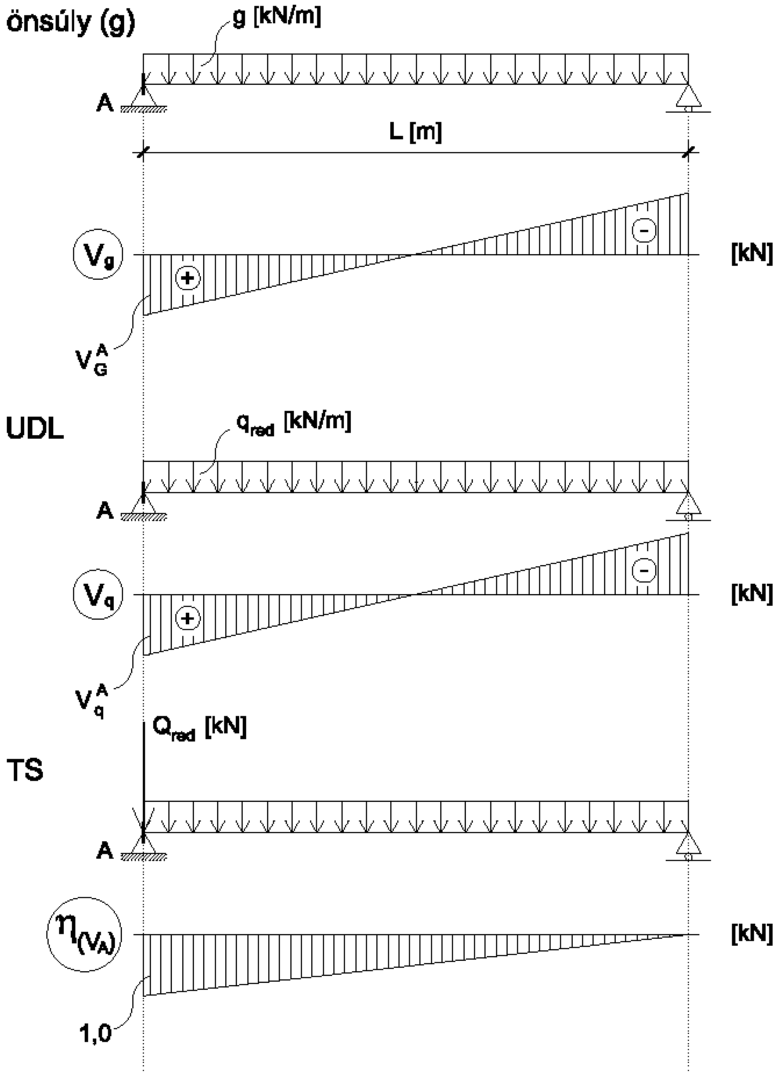
Nyomaték tervezési értéke:

$$M_{Sd}^B = \max \begin{cases} \gamma_{G,sup} \cdot M_G^B + \gamma_Q \cdot \left(\psi_{0,q} \cdot M_q^B + \psi_{0,TS} \cdot M_{TS}^B\right) \\ 0{,}85 \cdot \gamma_{G,sup} \cdot M_G^B + \gamma_Q \cdot \left(M_q^B + M_{TS}^B\right) \end{cases}$$

2.3 Nyíróerők

Vizsgálandó az „A” jelű keresztmetszet:

Hosszirányú leterhelés (az egytengelyes modell esetén):



Önsúly : $V_G^A = g \cdot \frac{L}{2}$

UDL : $V_Q^A = q_{red} \cdot \frac{L}{2}$

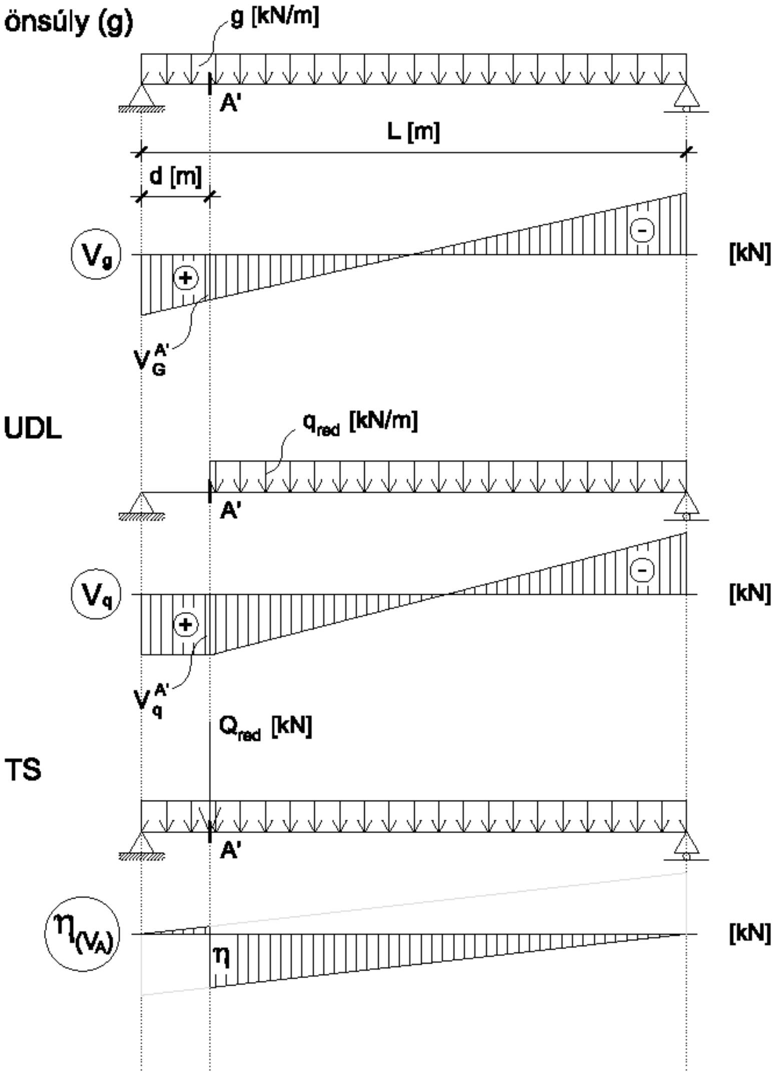
TS : $V_{TS}^A = 0$

Nyíróerő tervezési értéke:

$$V_{Sd}^A = \max\begin{cases} \gamma_{G,sup} \cdot V_G^A + \gamma_Q \cdot \left(\psi_{0,q} \cdot V_q^A + \psi_{0,TS} \cdot V_{TS}^A\right) \\ 0{,}85 \cdot \gamma_{G,sup} \cdot V_G^A + \gamma_Q \cdot \left(V_q^A + V_{TS}^A\right) \end{cases}$$

Vizsgálandó az „A'" jelű keresztmetszet:

Hosszirányú leterhelés (az egytengelyes modell esetén):



d = 2,00 m

$$\text{Önsúly}: \quad V_G^{A'} = g \cdot \frac{L}{2} - g \cdot d$$

$$\text{UDL}: \quad V_Q^{A'} = q_{red} \cdot \frac{(L - d)^2}{2} \cdot \frac{1}{L}$$

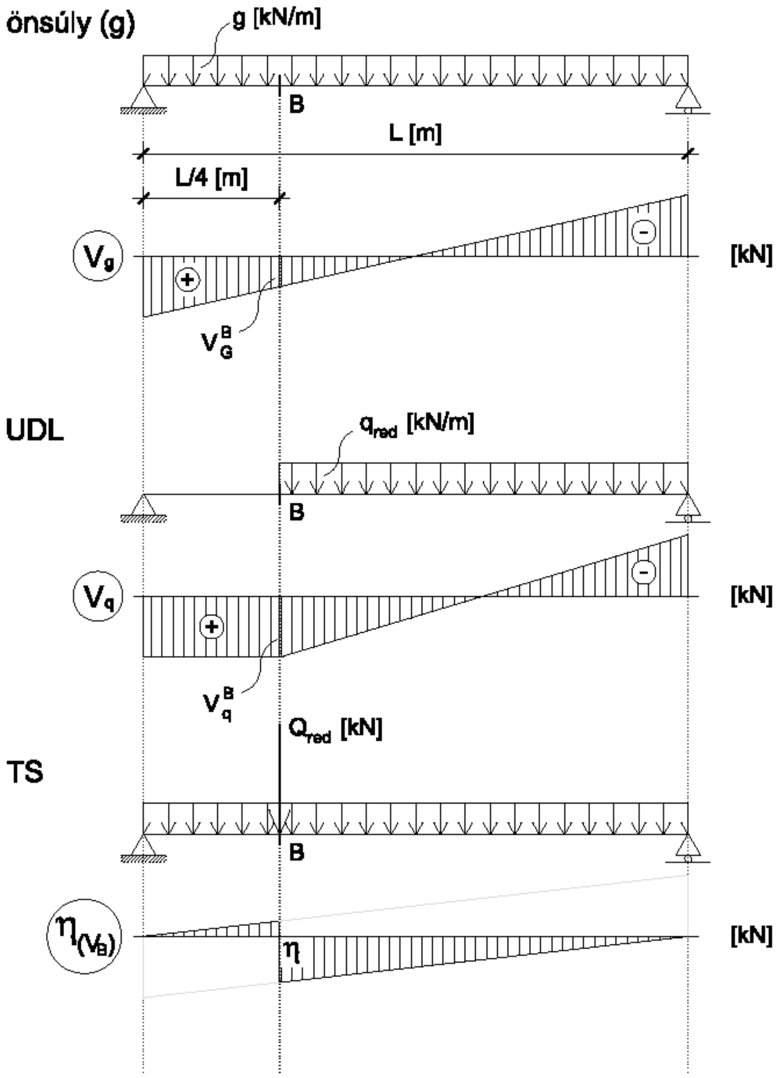
$$\text{TS}: \quad V_{TS}^{A'} = Q_{red} \cdot \frac{L - d}{L}$$

Nyíróerő tervezési értéke:

$$V_{Sd}^{A'} = \max \begin{cases} \gamma_{G,sup} \cdot V_G^{A'} + \gamma_Q \cdot \left(\psi_{0,q} \cdot V_q^{A'} + \psi_{0,TS} \cdot V_{TS}^{A'}\right) \\ 0{,}85 \cdot \gamma_{G,sup} \cdot V_G^{A'} + \gamma_Q \cdot \left(V_q^{A'} + V_{TS}^{A'}\right) \end{cases}$$

Vizsgálandó az „B” jelű keresztmetszet:

Hosszirányú leterhelés (az egytengelyes modell esetén):



Önsúly : $V_G^B = \dfrac{g \cdot L}{4}$

UDL : $V_Q^B = \dfrac{9}{32} \cdot q_{red} \cdot L$

TS : $V_{TS}^B = \dfrac{3}{4} \cdot Q_{red}$

Nyíróerő tervezési értéke:

$$V_{Sd}^B = \max\begin{cases} \gamma_{G,sup} \cdot V_G^B + \gamma_Q \cdot \left(\psi_{0,q} \cdot V_q^B + \psi_{0,TS} \cdot V_{TS}^B\right) \\ 0{,}85 \cdot \gamma_{G,sup} \cdot V_G^B + \gamma_Q \cdot \left(V_q^B + V_{TS}^B\right) \end{cases}$$

2.4 Igénybevételek összefoglalása

Nyomatékok:

Igénybevétel megnevezés		Állandó	Hasznos megosz-ló	Hasznos jármű
Alapérték	K	M_G^K	M_q^K	M_Q^K
	B	M_G^B	M_q^B	M_Q^B
Tervezési	K	M_{SD}^K		
	B	M_{SD}^B		

Nyíróerők:

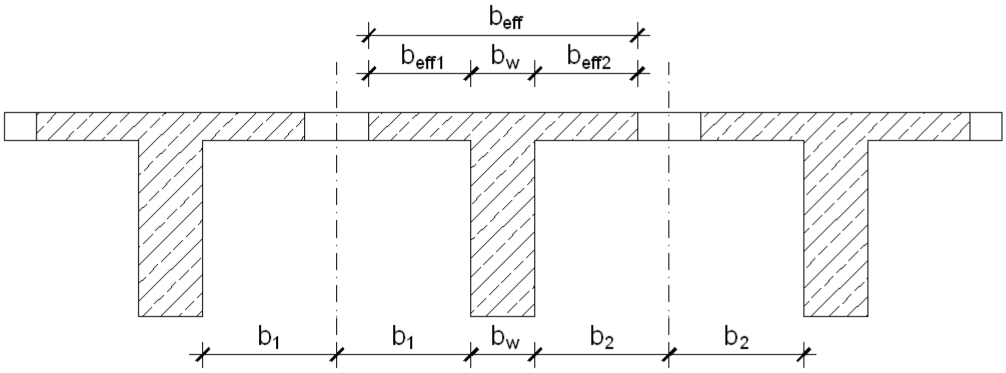
Igénybevétel megnevezés		Állandó	Hasznos megosz-ló	Hasznos jármű
Alapérték	A	V_G^A	V_q^A	V_Q^A
	A’	$V_G^{A'}$	$V_q^{A'}$	$V_Q^{A'}$
	B	V_G^B	V_q^B	V_Q^B
Tervezési	A	V_{SD}^A		
	A’	$V_{SD}^{A'}$		
	B	V_{SD}^B		

3. Teherbírási határállapotok

3.1 Együttdolgozó lemezszélesség

Az együttdolgozó lemezszélesség közbenső bordánál: $b_{eff} = b_w + 2 \cdot (0{,}1 \cdot l_0)$ (ha ez fizikailag lehetséges)

ahol: l_0 – a nyomatéki nullpontok távolsága (itt a támaszköz)



Fő szerkesztési szabályok:

− Betonfedés: $c = 40$ mm

− Főacél: $\Phi \geq 10$ mm (javasolt 25, 28, 32, 36 mm)

− Kengyel: $\Phi \geq 8$ mm (javasolt 12, 14, 16 mm)

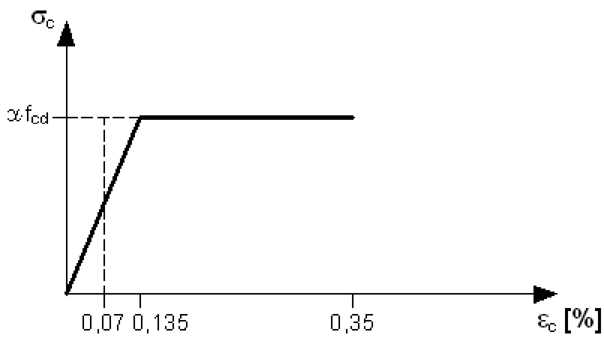
Minimális vasmennyiség:

$$A_{s,min} = \max \begin{cases} 0{,}26 \cdot \dfrac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_w \cdot d \\ 0{,}0013 \cdot b_w \cdot d \end{cases}$$

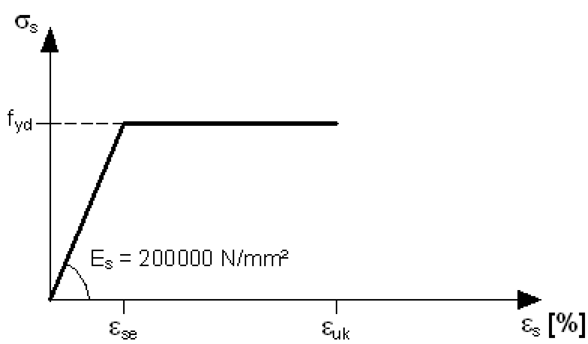
3.2 Méretezés hajlításra

Teherbírási határállapot alapján az alábbi σ−ε diagramok felhasználásával:

Beton:



Betonacél:



3.2.1 Méretezés hajlításra a „K” keresztmetszetben

Hasznos magasság felvétel:

$$d = h - c - \Phi - \Phi_k - \delta$$

ahol: $\delta = 10\,\text{mm}$ kedvezőtlen vaselmozdulás

$$\xi_{c0} = \frac{560}{f_{yd} + 700}$$

A nyomott zóna helye a „K” keresztmetszetben:

$$M_1 = N_1 \cdot z$$

$$M_1 = b_{eff} \cdot h_t \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{h_t}{2} \right)$$

„x_c” meghatározása:

$$M_{Sd}^K = b_{eff} \cdot x_c^K \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c^K}{2} \right) \rightarrow x_c^K$$

$$\xi_c = \frac{x_c^K}{d}$$

Vetületi egyenlet ($A_{s,szüks}$ meghatározása):

$$N = H$$

$$be_{ff} \cdot x_c^K \cdot \alpha \cdot f_{cd} = A_{s,szüks} \cdot f_{yd} \rightarrow A_{s,szüks}$$

Az alkalmazott vasalás ($A_{s,alk}$) megválasztása és vasalási kép rajzolása.

Betonacélok közötti minimális távolság:

$$\xi = t_{min} = \max \begin{cases} \Phi \\ 20\,\text{mm} \\ 24 + 5\,\text{mm} \end{cases}$$

Hasznos magasság meghatározása:

$$a = c + \Phi_k + \frac{\Phi}{2} + \frac{n_{felső}}{n_{felső} + n_{alsó}} \cdot \left(\frac{\Phi}{2} + \xi \right) + \delta$$

$$d_{tényl} = h - a$$

Ellenőrzés, hogy az acélbetétek elférnek−e egy sorban?

Alkalmazott vasalás ellenőrzése:

$$A_{s,min0} = \frac{0{,}6}{f_{yk}} \cdot b_w \cdot d_{tényl}$$

$$A_{s,min0} < A_{s,alk}$$

$$A_{s,min1} = 0{,}0015 \cdot b_w \cdot d_{tényl}$$

$$A_{s,min1} < A_{s,alk}$$

$$A_{s,max} = 0{,}04 \cdot b_w \cdot h$$

$$A_{s,max} > A_{s,alk}$$

$$A_{s,min} < A_{s,alk} < A_{s,max}$$

Ellenőrzés vetületi egyenlet alapján:

$$N = H$$

$$b_{eff} \cdot x^K_{c,tényl} \cdot \alpha \cdot f_{cd} = A_{s,alk} \cdot f_{yd} \rightarrow x^K_{c,tényl}$$

$$\xi_c = \frac{x^K_{c,tényl}}{d_{tényl}}$$

A húzott vas megfolyik, vagy nem?

$$M^K_{RD} = b_{eff} \cdot x^K_{c,tényl} \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(d_{tényl} - \frac{x^K_{c,tényl}}{2} \right)$$

$$M^K_{RD} > M^K_{SD}$$

3.2.2 Méretezés hajlításra a „B” keresztmetszetben

A számítás lépései megegyeznek a 3.2.1 pont lépéseivel.

3.3 Méretezés nyírásra

Nyírási vasalásként csak kengyeleket alkalmazunk! $\left(\alpha = 90^0\right)$

Adatok:

− szilárdságcsökkentő tényező: $\nu = 0{,}6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \geq 0{,}5 \ \left[\text{N/mm}^2\right]$

− mérethatás tényezője: $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d\,[m]}} \leq 2{,}0$

− hosszanti vashányad: $\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0{,}02$

ahol: A_{sl} – lehorgonyzott hossszvasalás az adott keresztmetszetben

3.3.1 Vizsgálat az „A” és „A’ ” keresztmetszetekben

A nyomott zóna és a hossztengely által bezárt szög: $1{,}0 \le \cot\Theta \le 2{,}5$

Jelen feladatban legyen: $\cot\Theta = 1{,}3 \; \left(\Theta \approx 37{,}5^0\right)$

A bevasalhatóság feltétele: $$V_{Rd,max} = 1{,}0 \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot 0{,}9 \cdot d \cdot \frac{\cot\Theta}{1+\cot\Theta} \ge V_{Ed}{}^{A}$$

Szükséges nyírási vasalás, ha: $$V_{Rd,c} = \left[\frac{0{,}18}{\gamma_c} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}\right)^{\frac{1}{3}}\right] \cdot b_w \cdot d \le V_{Ed}{}^{A'}$$

A keresztmetszet teherbírása: $$V_{Rd} = V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot \frac{0{,}9 \cdot d}{S} \cdot \cot\Theta \ge V_{Ed}{}^{A'}$$

3.3.2 Vizsgálat a „B” keresztmetszetben

A számítás lépései megegyeznek a 3.3.1 pont lépéseivel, de a felső korlátot nem szükséges ellenőrizni.

4. Használhatósági határállapotok

4.1 A repedéstágassági követelmények ellenőrzése

A repedéstágasságot a kvázi−állandó teherkombinációból kell meghatározni!

A repedéstágasság értéke: $W_k = S_{r,max} \cdot \left(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}\right) \le W_d$

ahol: ε_{sm} – átlagos acélnyúlás a húzott beton merevítő hatásának figyelembe vételével,
ε_{cm} – átlagos betonnyúlás a repedések közötti repedésmentes szakaszon

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{\rho_{s,eff}} \cdot \left(1 - \alpha_e \cdot \rho_{s,eff}\right)}{E_s} \ge 0{,}6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

ahol: σs – a szélső húzott acélban II. feszültségi állapotban számított acélfeszültség a kvázi−állandó kombinációból,

$\alpha_e = \dfrac{E_s}{E_{c,eff}}$ − a rugalmassági modulusok aránya,

$\rho_{s,eff} = \dfrac{A_s}{A_{c,eff}}$ − hatékony húzott acélhányad,

ahol: A_s – a húzott acélbetétek teljes keresztmetszeti területe,
$A_{c,eff}$ – a hatékony húzott betonzóna

$$A_{c,eff} = 2{,}5 \cdot b \cdot (h - d) \leq b \cdot \left(\frac{h - x_{II}}{3} \right)$$

k_t – terhek tartósságára vonatkozó tényező (k_t = 0,4 tartós (kvázi−állandó) teher),

$S_{r,max}$ – a legnagyobb repedéstávolság,

$$S_{r,max} = 3{,}4 \cdot c + 0{,}425 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{\Phi}{\rho_{s,eff}}$$

ahol: c – betonfedés (jelen esetben c = 40 mm),
Φ – a szélső húzott betonacél átmérője mm−ben,
k_1 – együttdolgozási tulajdonságok tényezője (k_1 = 0,8 – bordás betonacél esetén),
k_2 – feszültség (alakváltozás) eloszlás alakjára vonatkozó tényező (k_2 = 0,5 – hajlítás esetén).

Határérték: w_d = 0,2 mm (általában, nem agresszív környezetben)

4.2 A lehajlási követelmények ellenőrzése

Túlemelés: az állandó terhekből származó lehajlás értékére célszerű tervezni t = ∞ időpont-beli keresztmetszeti és anyagjellemzők figyelembevételével.
A továbbiakban feltételezzük, hogy a túlemelés az önsúlyból származó lehajlásokra készül.

A lehajlást a kvázi−állandó teherkombinációból kell meghatározni az alábbiak szerint:

$$e_k = e_G = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot L^4}{E_{c,eff} \cdot I} \leq e_d = \frac{L}{500}$$

A repedések alakváltozásra gyakorolt hatásának figyelembevétele:

$$æ_k = (1 - \xi) \cdot e_{k,I} + \xi \cdot e_{k,II}$$

ahol: $e_{k,I}$ – I. feszültségállapot figyelembevételével számított lehajlás,
$e_{k,II}$ – II. feszültségállapot figyelembevételével számított lehajlás,
ξ – interpolációs tényező.

Az interpolációs tényező meghatározása:

$$\xi = 1 - \beta \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2$$

ahol: β – a teher tartósságát és ciklikusságát figyelembevevő tényező ($\beta = 0{,}5$ tartós vagy ismétlődő teher esetén),

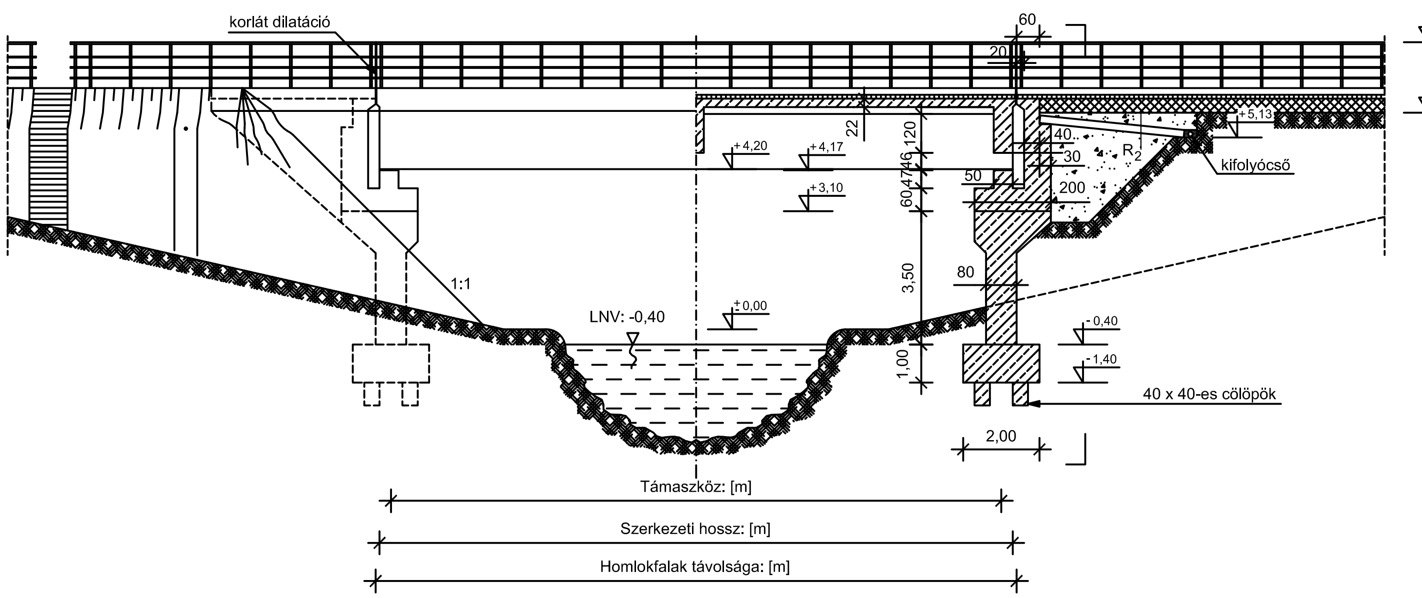
σ_{sr} = a húzott acélbetétben keletkező feszültség a repesztőnyomaték hatására, berepedt keresztmetszet feltételezésével.

A σ_{sr}/σ_s hányados tiszta hajlítás esetén helyettesíthető az M_{cr}/M hányadossal, ahol M_{cr} a repesztőnyomaték, M pedig a vonatkozó hatáskombináció alapján számított hajlítónyomaték.

Felhasznált irodalom

KOVÁCS TAMÁS: *Kétbordás vasbeton közúti híd felszerkezetének közelítő erőtani számítása.* Budapest, 2008. április

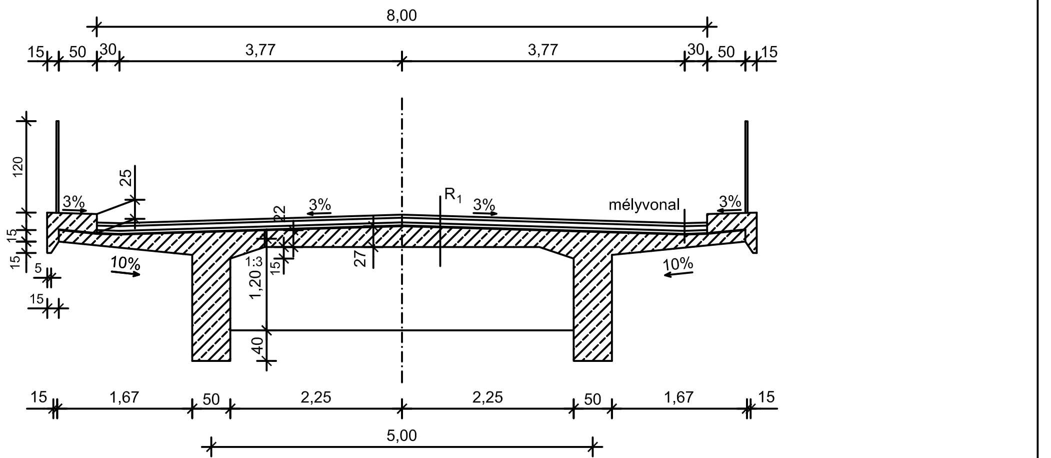
Oldalnézet-hosszmetszet
M=1:100
(hosszmetszet az út tengelyében)



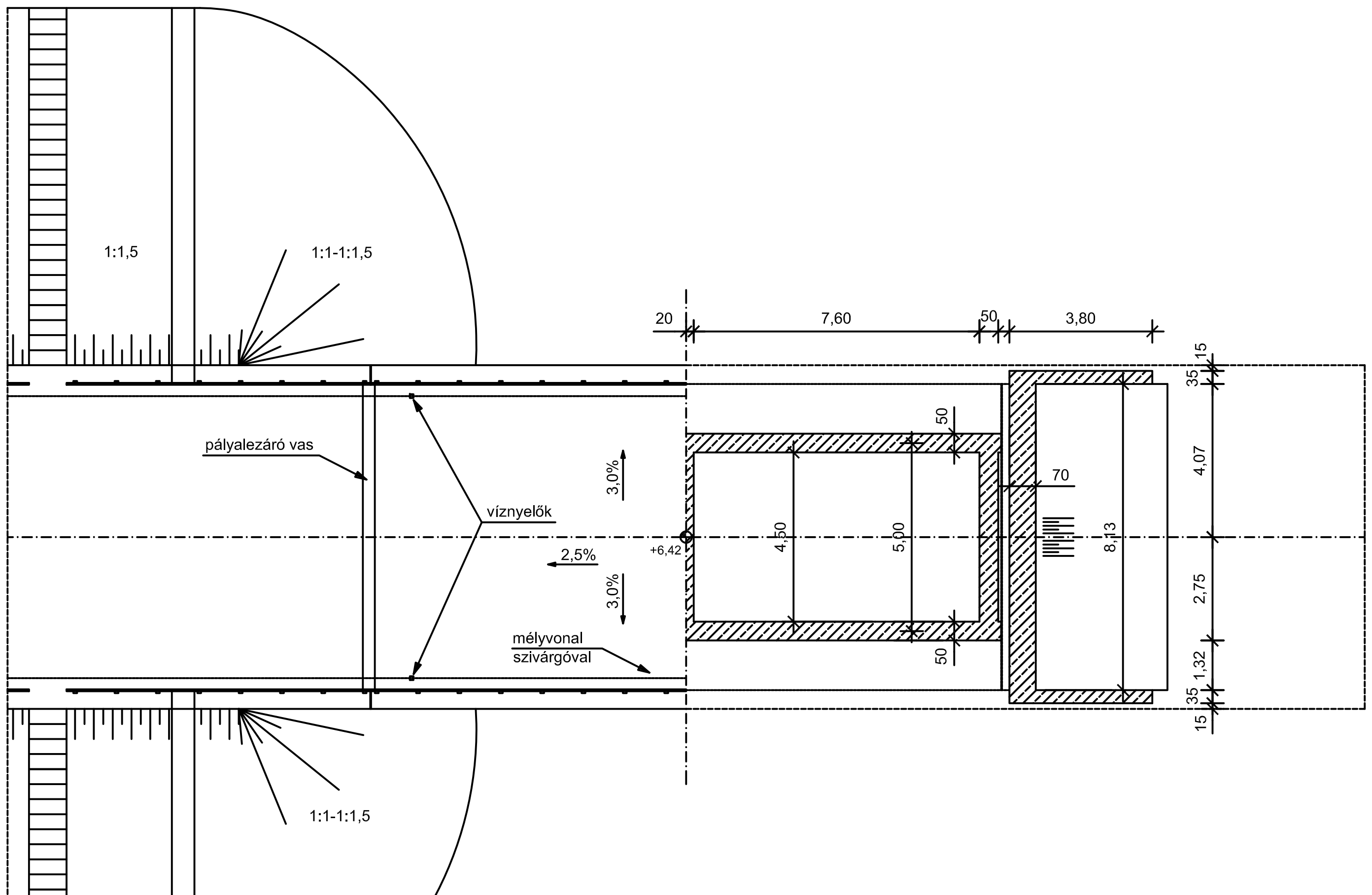
R_1:
- 4cm AB-12 aszfalt kopóréteg
- 6cm AB-12 aszfalt kötőréteg
- 4cm Ö2 aszfalt védőréteg
- 1cm szórt szigetelés
- 22-27cm monolit vasbeton lemez

R_2:
- feltöltés
- 4cm védőréteg
- 1cm kent szigetelés
- 20cm vasbeton lemez

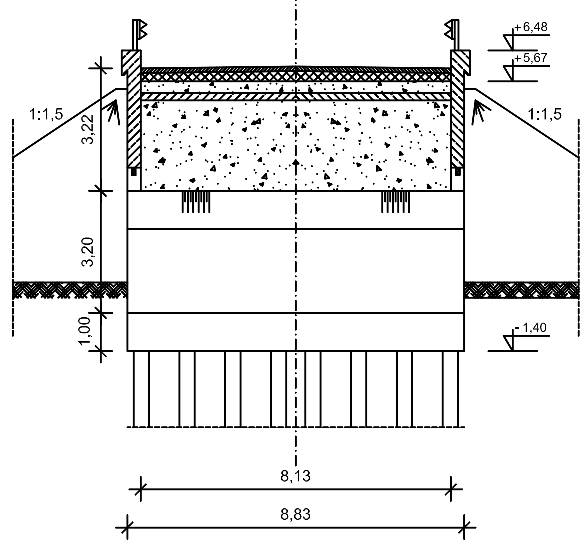
A felszerkezet keresztmetszete
M=1:50



Felülnézet-vízszintesmetszet
M=1:100



Hídfő keresztmetszet
M=1:100



A vizsgálatok az EC2 alapján történnek.

Anyagjellemzők: Beton:
Betonacél:

PTE MIK, Építőmérnök Tanszék	Dátum:
Hídépítés	Méretarány: M=1:100 M=1:50
Rajz megnevezése: Kétfőtartós, monolit közúti vasbetonhíd vázlatterve	Rajzszám: 1.
Készítette: Konzulens:	