

Egy zártkeresztmetszetű öszvértartó igénybevételi esetei

The Working Stages of a Composite steel-concrete Box Girder

Stadiile de lucru ale unei secțiuni casetate oțel-beton

FENEȘAN Crina, KÖLLŐ Gábor, MOGA Petru, GUȚIU Ștefan

Kolozsvári Műszaki Egyetem

ABSTRACT

In this paper the working stages of a composite steel-concrete box girder are presented.

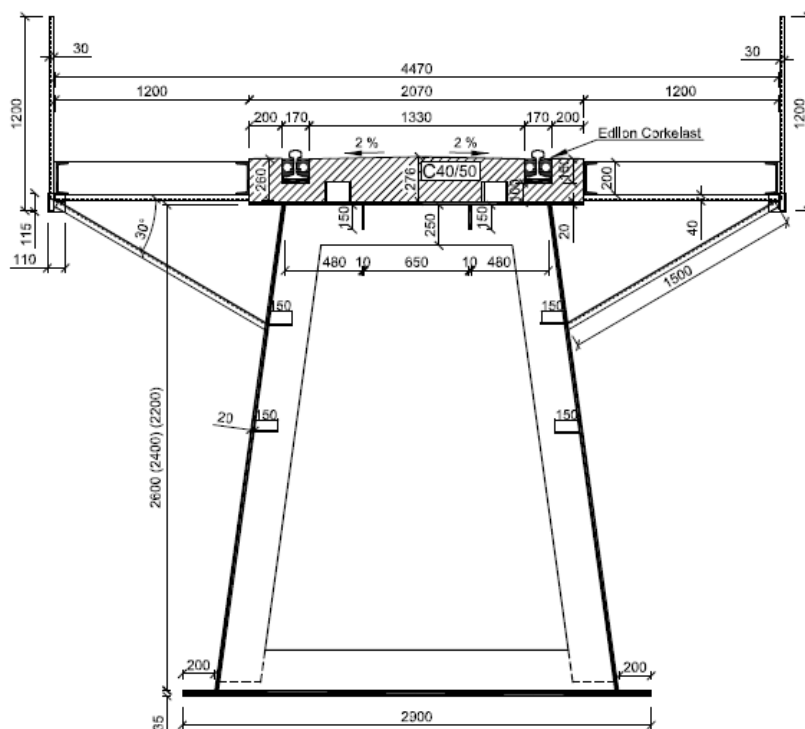
The resistance stages, respective the elastic resistance stage, the ultimate limit state and also two intermediate stages are presented.

The presented results are for a composite steel-concrete box girder with three different depths.

BEVEZETŐ

A nagyobb fesztávú vasúti hidak esetén az ágyazat jelentős állandó többletterhet jelent. Éppen ezért olyan szerkezetet kell tervezni, amelynél az állandó teher kisebb.

Az 1. ábrán egy ilyen hidkeresztmetszet látható, melyet a továbbiakban tanulmányozni fogunk az igénybevételek, valamint a feszültég állapot szempontjából.



1. ábra

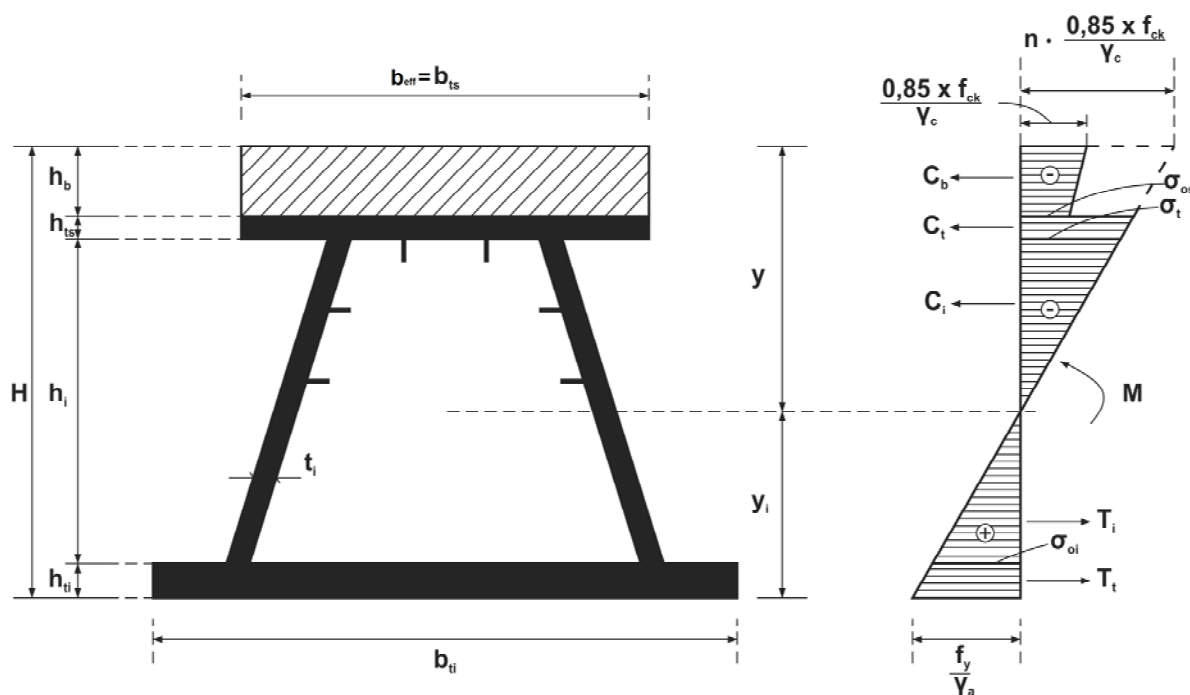
A keresztmetszet igénybevételi esetei:
Ezeket a lehetséges eseteket a 2. ábrán mutatjuk be.

<i>Rugalmas feszültség eloszlás "a"</i>	<i>Köztes rugalmas és képlékeny "b"</i>	<i>Köztes képlékeny "c"</i>	<i>képlékeny határállapot "d"</i>

2. ábra

RUGALMAS FESZÜLTSEGI ÁLLAPOT „A”

Az acél-beton keresztmetszetet az n ekvivalencia tényező segítségével homogén acél keresztmetszetté alakítjuk [$n=E_a/E_b$].



3. ábra -
A rugalmas feszültségállapot „a”

A rugalmas tengely helyzetét az (1) összefüggés segítségével határozzuk meg.

$$C_b + C_t + C_i - T_i - T_t = 0 \quad (1)$$

A következő összefüggések (2), (3), (4), (5) segítségével meghatározzuk az (1) összefüggés tagjait.

$$R_o = \frac{H-y}{y} (nR_b) \quad (2)$$

$$\sigma_{os} = \frac{h_o - y_i}{H - y_i} (nR_b) \quad (3)$$

$$\sigma_o = \frac{(y_i - h_{ti})R_o}{y_i} \quad (4)$$

$$\sigma_{ot} = \frac{h_o - y_i - h_{ts}}{H - y_i} (nR_b) \quad (5)$$

(6) ... (11)-et behelyettesítve az (1) összefüggésbe, megkapjuk a semleges tengely helyzetét.

$$C_b = \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma_{os}}{n} + R_b \right) h_b b_{ts} \quad (6)$$

$$C_t = \frac{1}{2} (\sigma_{os} + \sigma_t) h_{ts} b_{ts} \quad (7)$$

$$C_i = \frac{1}{2} \sigma_t (h_o - y_i - h_{ts}) \cdot 2t_i \quad (8)$$

$$T_i = \frac{1}{2} \sigma_{oi} (y_i - h_{ti}) 2t_i \quad (9)$$

$$T_t = \frac{1}{2} (R_o + \sigma_{oi}) (h_{ti} \cdot b_{ti}) \quad (10)$$

$$h_o = h_{ti} + h_i + h_{ts} \quad (11)$$

A (12) összefüggés segítségével meghatározzuk a semleges tengely helyzetét.

$$y_i = \frac{1}{2} \left[\frac{2nt_i (h_o - h_{ts})^2 + h_o b_{ts} (h_b + 2nh_{ts}) + b_{ts} (h_b H - nh_{ts}^2) - 2nh_{ti}^2 (b_{ti} - t_i)}{b_{ts} (h_b + nh_{ts}) + 2nt_i (h_o - h_{ts}) + nh_{ti} (b_{ti} - 2t_i)} \right] \quad (12 a)$$

$$y = H - y_i \quad (12 b)$$

A rugalmas tartományban a keresztmetszetet igénybevevő hajlító nyomaték: $M_{el.Rd}^+$:

$$M_{el.Rd}^+ = \min [M_{el.Rd}^{ai} ; M_{el.Rd}^{cc}] \quad (13)$$

ahol:

$$M_{el.Rd}^{ai} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot \frac{l_1}{\gamma_{ci}} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot W^{ai}$$

$$M_{el.Rd}^{cc} = 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \frac{n \cdot l_1}{\gamma_{cs}}$$

Az 1. táblázat a hídkeresztmetszet három különböző szerkezeti magasság esetén a hajlító nyomatékot adja meg, amely a betont és acélt veszi igénybe rövid ideig tartó terhelés $n_0=5.57$ és tartós terhelés esetén $n_L=16.44$.

1. táblázat

Szerkezeti magasság H [mm]	Hajlítónyomaték [kN·m]				
	Acél	Keresztmetszet			
		$n_0=5.57$		$n_L=16.44$	
	acél	acél	beton	acél	beton
2.915	69320	82700	45530	76080	84140
2.715	63400	75780	41420	69730	75820
2.515	57610	69000	37400	63500	67760

A keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka (14)

$$\begin{aligned}
 I = & \frac{2t_i h_i^3}{12} + 2A_i \left(y_i - h_{ti} - \frac{h_i}{2} \right)^2 + \frac{b_{ts} h_{ts}^3}{12} + A_{ts} \left(y - h_b - \frac{h_{ts}}{2} \right)^2 + \frac{b_{ti} h_{ti}^3}{12} + \dots \\
 & + A_{ti} \left(y_i - \frac{h_{ti}}{2} \right)^2 + \frac{b_b h_b^3}{12} + A_b \left(y - \frac{h_b}{2} \right)^2 + 2A_r \left(h_{ti} + h_i - \frac{h_r}{2} - y_i \right)^2 + \frac{2t_r h_r^3}{12} + \\
 & + 2A_{r1} (y_i - y_{r1})^2 + \frac{2t_r h_r^3}{12} + 2A_{r1} (y_i - y_{r2})^2 + \frac{2t_r h_r^3}{12}
 \end{aligned} \quad (14)$$

Három különböző szerkezeti magasság esetén a keresztmetszeti jellemzőket a 2-es táblázat tartalmazza.

2. táblázat

Mechanikai jellemzők 3 szerkezeti magasság esetén	Keresztmetszet	
	$n_0=5.57$	$n=16.44$
H=2.915 m		
Súlypont helyzete az alsó övlemezhez viszonyítva y_i (m)	1.520	1.242
Súlypont helyzete az felső övlemezhez viszonyítva y (m)	1.395	1.673
Tehetlenségi nyomaték I (m ⁴)	0.503	0.378
Hajlítónyomaték M (kN·m)	45530	76080
H=2.715 m		
Súlypont helyzete az alsó övlemezhez viszonyítva y_i (m)	1.412	1.146
Súlypont helyzete az felső övlemezhez viszonyítva y (m)	1.305	1.569
Tehetlenségi nyomaték I (m ⁴)	0.428	0.319
Hajlítónyomaték M (kN·m)	41420	69730
H=2.515 m		
Súlypont helyzete az alsó övlemezhez viszonyítva y_i (m)	1.302	1.049
Súlypont helyzete az felső övlemezhez viszonyítva y (m)	1.213	1.466

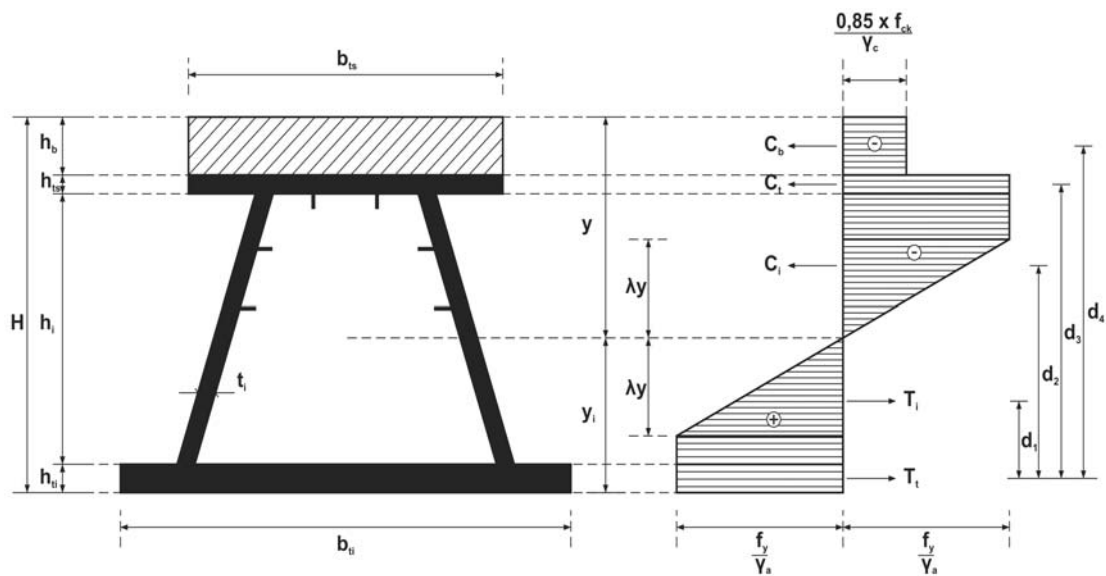
Mechanikai jellemzők 3 szerkezeti magasság esetén	Keresztmetszet	
	$n_0=5.57$	$n=16.44$
Tehetlenségi nyomaték I (m ⁴)	0.359	0.266
Hajlítónyomaték M (kN·m)	37400	63500

A keresztmetszet és a feszültség a 3. ábrán látható.

RUGALMAS ÉS KÉPLÉKENY KÖZTES FESZÜLTÉG ELOSZLÁS „B”

A 4-ik ábrán látható feszültségeloszlás esetén, ha y szakaszon lineáris eloszlást feltételezünk, ahol

$$\lambda = \frac{R_o}{7350} = 0.34, \text{ akkor:}$$



4. ábra

A semleges tengely helyzetét a (15) képlet szerint határozzuk meg.

$$C_b + C_t + C_i - T_i - T_t = 0 \quad (15)$$

A belső erők a következő képletek szerint számíthatók.

$$C_b = R_b h_b b_{ts} \quad (16)$$

$$C_t = R_o h_{ts} b_{ts} \quad (17)$$

$$C_i = R_o t_i (2y - 2h_{ts} - 2h_b - \lambda y) \quad (18)$$

$$T_i = R_o t_i (2H - 2y - 2h_{ti} - \lambda y) \quad (19)$$

$$T_t = R_o h_{ti} b_{ti} \quad (20)$$

Behelyettesítve a (15)-ös egyenletbe, megkapjuk a semleges tengely helyzetét:

$$y = \frac{-R_b h_b b_{ts} - R_o h_{ts} b_{ts} + 2R_o h_b t_i + 2R_o h_{ts} t_i + 2R_o H t_i - 2R_o h_{ti} t_i + R_o h_{ti} b_{ti}}{4R_o t_i} \quad (21 a)$$

$$y_i = H - y \quad (21 b)$$

A tehetelenségi nyomaték:

$$\begin{aligned} I = & \frac{2t_i h_i^3}{12} + 2A_i \left(y_i - h_{ti} - \frac{h_i}{2} \right)^2 + \frac{b_{ts} h_{ts}^3}{12} + A_{ts} \left(y - h_b - \frac{h_{ts}}{2} \right)^2 + \frac{b_{ti} h_{ti}^3}{12} + \dots \\ & + A_{ti} \left(y_i - \frac{h_{ti}}{2} \right)^2 + \frac{b_b h_b^3}{12} + A_b \left(y - \frac{h_b}{2} \right)^2 + 2A_r \left(h_{ti} + h_i - \frac{h_r}{2} - y_i \right)^2 + \frac{2t_r h_r^3}{12} + \\ & + 2A_{r1} (y_i - y_{r1})^2 + \frac{2t_r h_r^3}{12} + 2A_{r1} (y_i - y_{r2})^2 + \frac{2t_r h_r^3}{12} \end{aligned} \quad (22)$$

A 3. táblázat tartalmazza a három szerkezeti magasság esetén hídkeresztmetszet tehetelenségi nyomatékát.

3. táblázat

Öszvér keresztmetszet		
	$n_0=5.57$	$n_L=16.44$
H=2.915 m		
Tehetelenségi nyomaték I (m ⁴)	0.54	0.378
H=2.715 m		
Tehetelenségi nyomaték I (m ⁴)	0.463	0.320
H=2.515 m		
Tehetelenségi nyomaték I (m ⁴)	0.392	0.268

A keresztmetszet teherbíró nyomatéka:

$$M = T_i \cdot d_1 - C_i \cdot d_2 - C_t \cdot d_3 - C_b \cdot d_4 \quad (23)$$

ahol:

T_i, C_i, C_b, C_t -t a (16) ... (20) összefüggésekben definiáltuk

d_1, d_2, d_3, d_4 – az erők karjai

$$d_1 = \frac{R_o}{2} (y_i - \lambda y - h_{ti})(y_i - h_{ti}) + \frac{h_{ti}}{2} \quad (24)$$

$$d_2 = \frac{\frac{2}{3}(\lambda y)^2 + (y - \lambda y - h_{ts} - h_b)^2}{y(2 - \lambda) - 2(h_{ts} + h_b)} + y_i - \frac{h_{ti}}{2} \quad (25)$$

$$d_3 = y_i - \frac{h_{ti}}{2} + y - \frac{h_{ts}}{2} - h_b \quad (26)$$

$$d_4 = h_o - \frac{h_{ti}}{2} + \frac{h_b}{2} \quad (27)$$

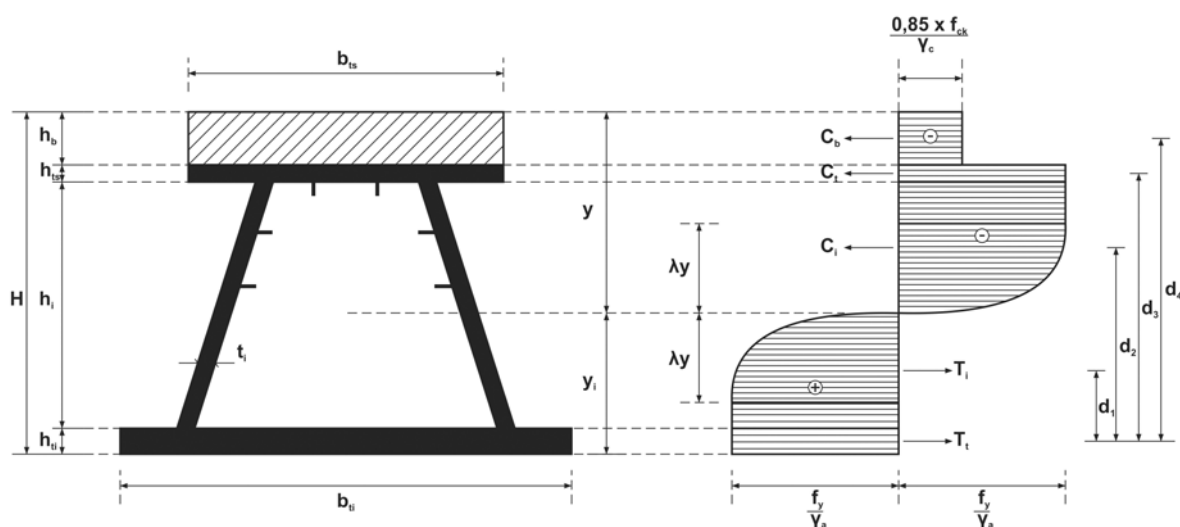
A három különböző magasságú felépítmény jellemzőit a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat

Keresztmetszet jellemzői	Öszvér keresztmetszet
H=2.915 m	
Súlypont helyzete az alsó övlemezhez viszonyítva y_i (m)	1.194
Súlypont helyzete az felső övlemezhez viszonyítva y (m)	1.721
Hajlítónyomaték helyzete M (kN·m)	75230
H=2.715 m	
Súlypont helyzete az alsó övlemezhez viszonyítva y_i (m)	1.094
Súlypont helyzete az felső övlemezhez viszonyítva y (m)	1.621
Hajlítónyomaték helyzete M (kN·m)	68720
H=2.515 m	
Súlypont helyzete az alsó övlemezhez viszonyítva y_i (m)	0.994
Súlypont helyzete az felső övlemezhez viszonyítva y (m)	1.521
Hajlítónyomaték helyzete M (kN·m)	62360

KÉPLÉKENY KÖZTES FESZÜLTSEGELOSZLÁS „C”

A keresztmetszet és a feszültségeloszlás a 5. ábrán látható $\lambda = \frac{R_o}{7350} = 0.34$ [2], y hosszúságon parabolikus eloszlást feltételeztünk.



5. ábra

A semleges tengelyt meghatározó egyenlet:

$$C_b + C_t + C_i - T_t - T_i = 0 \quad (28)$$

Ahol a belső erőket (29) ... (33) képletek fejezik ki

$$C_b = R_b h_b b_{ts} \quad (29)$$

$$C_t = R_o h_{ts} b_{ts} \quad (30)$$

$$C_i = 2R_o t_i (y - h_{ts} - h_b - \lambda y) + \frac{4}{3} R_o \lambda y t_i \quad (31)$$

$$T_i = \frac{4}{3} R_o y \lambda t_i + 2R_o t_i (H - y - h_{ti} - \lambda y) \quad (32)$$

$$T_t = R_o h_{ti} b_{ti} \quad (33)$$

Behelyettesítve (34) képletbe megkapjuk a semleges tengelyt meghatározó összefüggést:

$$y = \frac{-R_b h_b b_{ts} - R_o h_{ts} b_{ts} + 2R_o h_b t_i + 2R_o h_{ts} t_i + 2R_o H t_i - 2R_o h_{ti} t_i + R_o h_{ti} b_{ti}}{4R_o t_i} \quad (34 a)$$

$$y_i = H - y \quad (34 b)$$

A keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka:

$$\begin{aligned} I = & \frac{2t_i h_i^3}{12} + 2A_i \left(y_i - h_{ti} - \frac{h_i}{2} \right)^2 + \frac{b_{ts} h_{ts}^3}{12} + A_{ts} \left(y - h_b - \frac{h_{ts}}{2} \right)^2 + \frac{b_{ti} h_{ti}^3}{12} + \dots \\ & + A_{ti} \left(y_i - \frac{h_{ti}}{2} \right)^2 + \frac{b_b h_b^3}{12} + A_b \left(y - \frac{h_b}{2} \right)^2 + 2A_r \left(h_{ti} + h_i - \frac{h_r}{2} - y_i \right)^2 + \frac{2t_r h_r^3}{12} + \dots \\ & + 2A_{r1} (y_i - y_{r1})^2 + \frac{2t_r h_r^3}{12} + 2A_{r1} (y_i - y_{r2})^2 + \frac{2t_r h_r^3}{12} \end{aligned} \quad (35)$$

A 5. táblázat tartalmazza a tehetetlenségi nyomatékokat a három keresztmetszet esetén.

5. táblázat

Öszvér keresztmetszet		
	n₀=5.57	n_L=16.44
H=2.915 m		
Tehetlenségi nyomaték <i>I</i> (m ⁴)	0.54	0.378
H=2.715 m		
Tehetlenségi nyomaték <i>I</i> (m ⁴)	0.463	0.320
H=2.515 m		
Tehetlenségi nyomaték <i>I</i> (m ⁴)	0.392	0.268

A keresztmetszet teherbíró hajlítónyomatéka:

$$M = T_i \cdot d_1 - C_i \cdot d_2 - C_t \cdot d_3 - C_b \cdot d_4 \quad (36)$$

ahol:

T_i, C_i, C_b, C_b -t a (29) ... (33) összefüggésekben definiáltuk

d_1, d_2, d_3, d_4 -t a (37) ... (40) képletek szerint határozzuk meg

$$d_1 = \frac{\frac{(y_i - \lambda y - h_{ti})^2}{2} + \frac{2}{3} \lambda y \left(y_i - \frac{3}{5} \lambda y - h_{ti} \right)}{(y_i - \lambda y - h_{ti}) + \frac{2}{3} \lambda y} + \frac{h_{ti}}{2} \quad (37)$$

$$d_2 = \frac{\frac{2}{5} (\lambda y)^2 + (y - \lambda y - h_{ts} - h_b) \left(\frac{y + \lambda y - h_{ts} - h_b}{2} \right)}{y \left(1 - \frac{\lambda}{3} \right) - (h_{ts} + h_b)} \quad (38)$$

$$d_3 = h_o - \frac{h_{ti}}{2} - \frac{h_{ts}}{2} \quad (39)$$

$$d_4 = h_o - \frac{h_{ti}}{2} + \frac{h_b}{2} \quad (40)$$

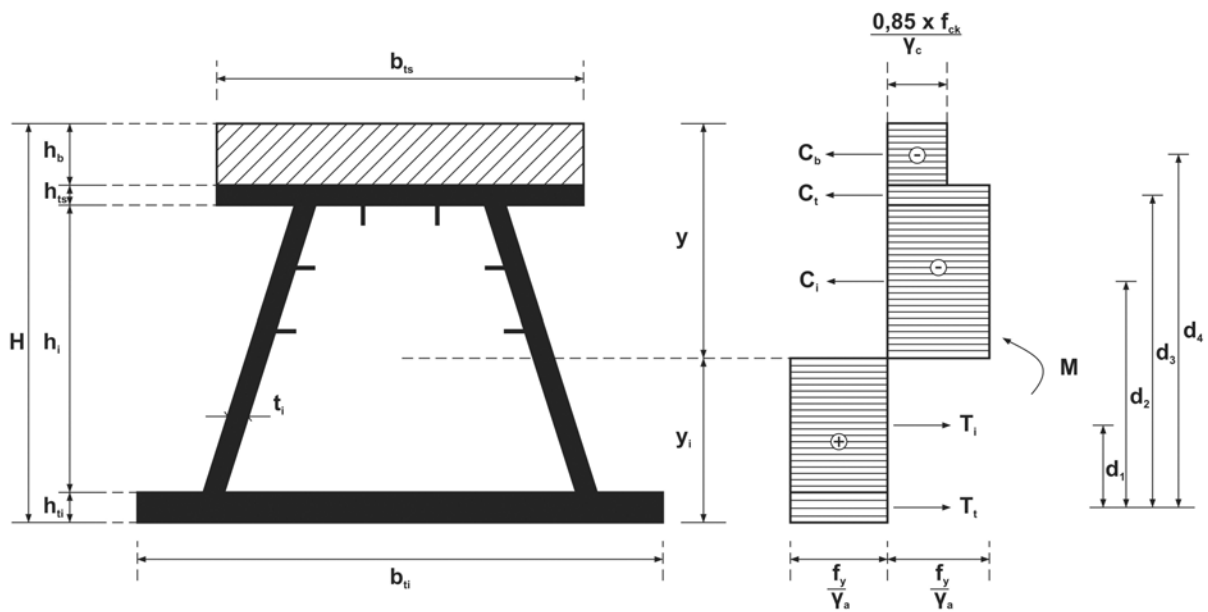
A három keresztmetszet jellemzőit a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat

Keresztmetszet jellemzői	Öszvér keresztmetszet
H=2.915 m	
Súlypont helyzete az alsó övlemezhez viszonyítva y_i (m)	1.194
Súlypont helyzete az felső övlemezhez viszonyítva y (m)	1.721
Hajlítónyomaték helyzete M (kN·m)	80690
H=2.715 m	
Súlypont helyzete az alsó övlemezhez viszonyítva y_i (m)	1.094
Súlypont helyzete az felső övlemezhez viszonyítva y (m)	1.621
Hajlítónyomaték helyzete M (kN·m)	73480
H=2.515 m	
Súlypont helyzete az alsó övlemezhez viszonyítva y_i (m)	0.994
Súlypont helyzete az felső övlemezhez viszonyítva y (m)	1.521
Hajlítónyomaték helyzete M (kN·m)	66460

A KÉPLÉNY HATÁRÁLLAPOT „D”

A feszültség eloszlása a 6. ábrán látható:



6. ábra

A semleges tengely helyzetét a (41) egyenlet segítségével határozzuk meg:

$$C_b + C_t + C_i - T_i - T_t = 0 \quad (41)$$

A belső erőt a (42) ... (46) képletek segítségével határozzuk meg.

$$C_b = R_b h_b b_{ts} \quad (42)$$

$$C_t = R_o h_{ts} b_{ts} \quad (43)$$

$$C_i = 2R_o t_i (y - h_b - h_{ts}) \quad (44)$$

$$T_i = 2R_o t_i (H - y - h_{ti}) \quad (45)$$

$$T_t = R_o h_{ti} b_{ti} \quad (46)$$

Behelyettesítve és megoldva a (41) egyenletet, megkapjuk a semleges tengely helyzetét:

$$y = \frac{-R_b h_b b_{ts} - R_o h_{ts} b_{ts} + 2R_o h_b t_i + 2R_o h_{ts} t_i + 2R_o H t_i - 2R_o h_{ti} t_i + R_o h_{ti} b_{ti}}{4R_o t_i} \quad (47 a)$$

$$y_i = H - y \quad (47 b)$$

A tehetetlenségi nyomatékot a (48) összefüggéssel határozzuk meg:

$$\begin{aligned}
I = & \frac{2t_i h_i^3}{12} + 2A_i \left(y_i - h_{ti} - \frac{h_i}{2} \right)^2 + \frac{b_{ts} h_{ts}^3}{12} + A_{ts} \left(y - h_b - \frac{h_{ts}}{2} \right)^2 + \frac{b_{ti} h_{ti}^3}{12} + \dots \\
& + A_{ti} \left(y_i - \frac{h_{ti}}{2} \right)^2 + \frac{b_b h_b^3}{12} + A_b \left(y - \frac{h_b}{2} \right)^2 + 2A_r \left(h_{ti} + h_i - \frac{h_r}{2} - y_i \right)^2 + \frac{2t_r h_r^3}{12} + \dots \\
& + 2A_{r1} (y_i - y_{r1})^2 + \frac{2t_r h_r^3}{12} + 2A_{r1} (y_i - y_{r2})^2 + \frac{2t_r h_r^3}{12}
\end{aligned} \quad (48)$$

A 7. táblázatban foglaltuk össze a tehetetlenségi nyomatékokat a három tanulmányozott esetben:

7. táblázat

Öszvér keresztmetszet		
	$n_0=5.57$	$n_L=16.44$
H=2.915 m		
Tehetetlenségi nyomaték I (m ⁴)	0.54	0.378
H=2.715 m		
Tehetetlenségi nyomaték I (m ⁴)	0.463	0.320
H=2.515 m		
Tehetetlenségi nyomaték I (m ⁴)	0.392	0.268

A teherbíró nyomaték:

$$M = T_i \cdot d_1 - C_i \cdot d_2 - C_t \cdot d_3 - C_b \cdot d_4 \quad (49)$$

ahol:

T_i, C_i, C_t, C_b - belső erők

d_1, d_2, d_3, d_4 - az erők karjai

$$d_1 = \frac{y_i}{2} \quad (50)$$

$$d_2 = \frac{(y - h_{ts} - h_b)}{2} + y_i - \frac{h_{ti}}{2} \quad (51)$$

$$d_3 = h_o - \frac{h_{ti}}{2} - \frac{h_{ts}}{2} \quad (52)$$

$$d_4 = h_o - \frac{h_{ti}}{2} + \frac{h_b}{2} \quad (53)$$

A 8. táblázat tartalmazza a „d” esetben a keresztmetszet jellemzőit (y_i, y, M).

8. táblázat

Keresztmetszet jellemzői	Öszvér keresztmetszet
H=2.915 m	
Súlypont helyzete az alsó övlemezhez viszonyítva y_i (m)	1.1937
Súlypont helyzete az felső övlemezhez viszonyítva y (m)	1.7213
Hajlítónyomaték helyzete M (kN·m)	81380
H=2.715 m	
Súlypont helyzete az alsó övlemezhez viszonyítva y_i (m)	1.094
Súlypont helyzete az felső övlemezhez viszonyítva y (m)	1.621
Hajlítónyomaték helyzete M (kN·m)	74090
H=2.515 m	
Súlypont helyzete az alsó övlemezhez viszonyítva y_i (m)	0.994
Súlypont helyzete az felső övlemezhez viszonyítva y (m)	1.521
Hajlítónyomaték helyzete M (kN·m)	66990

A 9. táblázat a teherbíró hajlítónyomatékok értékeit tartalmazza a három szerkezeti magasság esetén állandó és hasznos terhelésre.

9. táblázat

Szerkezeti magasság H [mm]	Hajlítónyomatékok: [kN·m]		
	Állandó teher +P10 Vonat	Állandó teher +LM71 Vonat	Állandó teher +SW/2 Vonat
2.915	81260.5	61256.5	69472.5
2.715	80990.5	60986.5	69202.5
2.515	80302.0	60298	68514.0

A 10. táblázat a semleges tengely helyzetét és hajlítónyomatékát adja meg a három különböző magasságú felépítmény és négy feszültségeloszlás (a,b,c,d) esetén.

10. táblázat

Keresztmetszet jellemzői	<i>Rugalmas feszültség elosztás</i> "a"	<i>Köztes rugalmas és képlény</i> "b"	<i>Köztes képlény</i> "c"	<i>Határállapot, képlényen határ-állapot</i> "d"
H=2.915 m				

y_i (m)	1.520	1.242	1.194	1.194	1.1937
y (m)	1.395	1.673	1.721	1.721	1.7213
M (kN·m)	45530	76080	75230	80690	81380
H=2.715 m					
y_i (m)	1.412	1.146	1.094	1.094	1.094
y (m)	1.305	1.569	1.621	1.621	1.621
M (kN·m)	41420	69730	68720	73480	74090
H=2.515 m					
y_i (m)	1.302	1.049	0.994	0.994	0.994
y (m)	1.213	1.466	1.521	1.521	1.521
M (kN·m)	37400	63500	62360	66460	66990

KÖVETKEZTETÉS

A régi szabványok szerint Romániában a vasúti hidak mechanikai jellemzőit rugalmas tartományban számították („a” eset). Az új európai szabványok szerint (EC) a vasúti hidak tervezése képlékeny határállapotban történik. A „b” és „c” eseteknek inkább elméleti jelentősége van.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Feneşan C.: Teză de doctorat – Studiul comportării grinzelor compuse oțel-beton cu eforturi inițiale, 2012.
- [2] Avram C., Bota V.: Structuri compuse oțel-beton, beton precomprimat–beton aramat. Editura Tehnică, București, 1975.
- [3] Dan Mateescu s.a.: Construcții metalice pretensionate, Editura Academiei, București 1989.
- [4] Dr. Köllő Gábor: Nagy fesztávú közúti öszvérhídszerkezet, Közúti és mélyépítési szemle. Budapest 10/XLVIII / 1998. október.