

Acélsövekből kialakítható öszvérszerkezetek (lemezszerkezetek)

Dr. Köllő Gábor¹, Dr. Kopenetz Lajos¹, Orbán Zsolt²

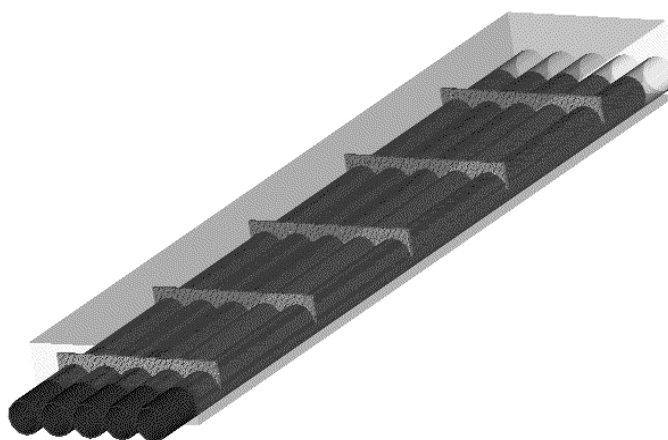
¹Kolozsvári Műszaki Egyetem, ²PFT, Kolozsvár, okl. mérnök

A következőkben bemutatjuk az acélsövekből kialakítható együtdolgozó (öszvér) acél-beton szerkezetek számítását rugalmas tartományban. Ezeknek a szerkezeteknek az alkalmazási területe a kis, és közép-fesztávú hidak felépítménye.

A híd felépítményét a következő szerkezeti kialakításban képzeltük el:

- a) Az acélsövek érintik egymást
- b) Az acélsövek b' távolságra vannak egymástól

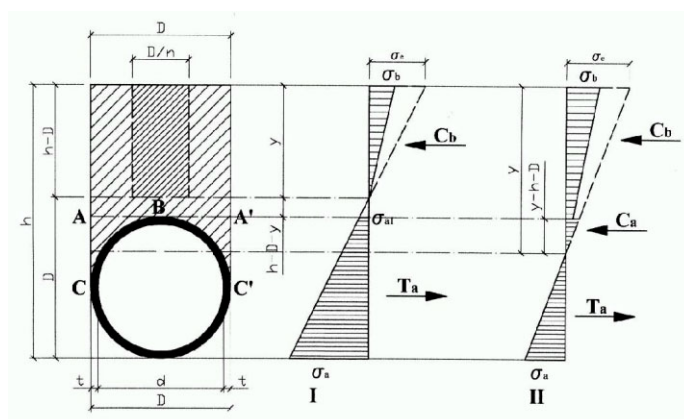
A b) esetben a betonlemez vastagsága nagyobb, mint az a) esetben.



1. ábra

- a) Az acélsövek érintik egymást

A számítási modell a 2. ábrán látható:



2. ábra

Két esetet különböztetünk meg:

I. A semleges tengely csak a beton keresztmetszetet metszi:

$$y \leq h - D$$

II. A semleges tengely az acélsövet metszi:

$$y > h - D$$

Az ABC és A'B'C' beton keresztmetszet területeket elhanyagoljuk a számításban.

Az egyensúlyi feltételből meghatározható a semleges tengely helyzete „y” (közelítő számítást alkalmaztunk, a húzott betonkeresztmetszetet elhanyagoltuk).

$$I. \quad C_b = T_a \quad \Rightarrow \quad y$$

$$\sigma_e = \frac{y}{h-y} \sigma_a \quad \rightarrow \quad \sigma_b = \frac{y}{h-y} \frac{\sigma_a}{n} \quad (1)$$

$$\sigma_{a1} = \frac{h-y-D}{h-y} \sigma_a \quad (2)$$

$$C_b = \frac{D \cdot y^2 \cdot \sigma_a}{2n(h-y)} \quad (3)$$

$$T_a = \frac{D \cdot t(2h-2y-D) \cdot \sigma_a}{(h-y)} \quad (4)$$

$$C_b = T_a \quad \Rightarrow \quad y^2 + 4nty - 2nt(2h-D) = 0 \quad (5)$$

Megoldva az (5) egyenletet, megkapjuk a semleges tengely helyzetét (6):

$$y = \frac{\sqrt{16n^2t^2 + 8nt(2h-D)} - 4nt}{2}$$

$$y = \sqrt{4n^2t^2 + 2nt(2h-D)} - 2nt \quad (6)$$

Az ideális keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka:

$$I_1 = \frac{Dy^3}{3n} + (D^4 - d^4) \frac{\pi}{64} + (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} \left(h - y - \frac{D}{2} \right)^2 \quad (7)$$

A keresztmetszet szélső öveiben a normál feszültség a következő képpen számítható:

$$\sigma_e = \frac{My}{I_1} \quad \sigma_b = \frac{\sigma_e}{n} \quad (8)$$

$$\sigma_a = \frac{M(h-y)}{I_1} \quad (9)$$

Az ideális keresztmetszeti modulusz (W), terület (A) és a statikai nyomaték (S) a következő képletekkel számíthatók.

$$W_s = \frac{I_1}{y} \quad W_i = \frac{I_1}{h-y}$$

$$A_1 = \frac{Dy}{n} + \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$S_1 = \frac{D}{n} y \frac{y}{2} = \frac{Dy^2}{2n}$$

$$\text{II.} \quad C_b + C_a = T_a \quad \Rightarrow \quad y$$

$$\sigma_b = \frac{y}{h-y} \cdot \frac{\sigma_a}{n} \quad (10)$$

$$\sigma_{al} = \frac{y+D-h}{h-y} \sigma_a \quad (11)$$

$$\sigma_{alb} = \frac{y+D-h}{h-y} \cdot \frac{\sigma_a}{n} \quad (12)$$

$$C_b = \frac{D(h-D)(2y+D-h)\sigma_a}{2n(h-y)} \quad (13)$$

$$C_b = \frac{t(y+D-h)^2 \sigma_a}{(h-y)} \quad (14)$$

$$T_a = t(h-y)\sigma_a \quad (15)$$

$$C_b + C_a = T_a \quad \Rightarrow \quad y = \frac{2nth^2 + D(h-D)^2 - 2nt(h-D)^2}{2D(h-D) - 4nt(h-D) + 4nth} \quad (16)$$

Az ideális keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka (I), keresztmetszeti modulusza (W), területe (A), statikai nyomatéka (S) a következő összefüggésekkel számíthatók:

$$I_{II} = \frac{D(h-D)^3}{12n} + \frac{D}{n}(h-D)\left(y - \frac{h-D}{2}\right)^2 + (D^4 - d^4)\frac{\pi}{64} + (D^2 - d^2)\frac{\pi}{4}\left(h-y - \frac{D}{2}\right)^2 \quad (17)$$

$$W_s = \frac{I_{II}}{y} \quad W_i = \frac{I_{II}}{h-y}$$

$$A_{II} = \frac{D(h-D)}{n} + \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

$$S_{II} = \frac{D}{n}(h-D)\left(y - \frac{h-D}{2}\right) + 2t(y-h+D)\frac{(y-h+D)}{2}$$

A keresztmetszetet szélső öveiben ébredő normál feszültség:

$$\sigma_e = \frac{My}{I_{II}} \quad \sigma_b = \frac{\sigma_e}{n} \quad (18)$$

$$\sigma_a = \frac{M(h-y)}{I_{II}} \quad (19)$$

Az n ekivalencia tényezőt differenciálva kell alkalmazni:

$$n = \begin{cases} n_r = \frac{E_a}{E_b} \\ n_a = 3 \cdot n_r \\ n_f = 2 \cdot n_r \end{cases}$$

1. Számpélda

A beton osztályának (C35/45) megfelelő ekivalencia tényező $n=6,268$

A semleges tengely (S.T.) helyzete $y=14,27\text{cm}$ [(6) képlet vagy 1. táblázat]

A S.T. a betont metszi

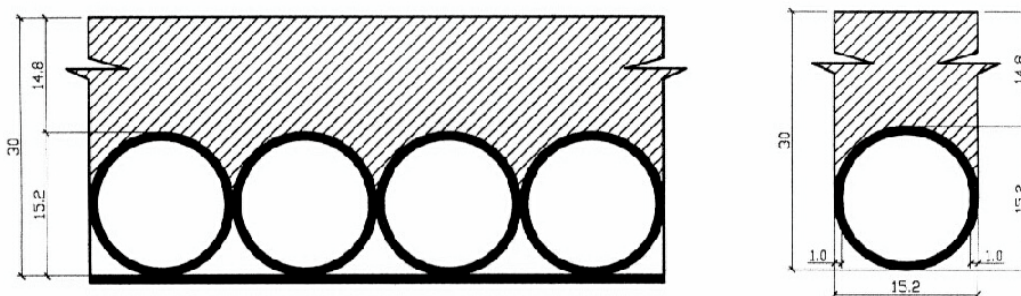
$$n=6,268 \Rightarrow I = 6426.64 \text{ cm}^4 \quad \text{[(7) képlet vagy 1. táblázat]}$$

állandó terhelés

$$g = 5.5 \text{ kN/m} \quad n_a = 3 \cdot n = 18.040$$

$$n_a = 18.040 \Rightarrow y = 18.16 \text{ cm} \quad \text{[(16) képlet vagy 1. táblázat]}$$

$$I = 3534.96 \text{ cm}^4 \quad \text{[(17) képlet vagy 1. táblázat]}$$



1. számpélda. 1. ábra

$$\text{Az állandó teher által létrehozott nyomaték } M_g = \frac{5.5 \cdot 4.40^2}{8} = 13.31 \text{ kNm}$$

A szélső ívekben létrejött normálfeszültség (σ)

$$\sigma_{eg} = \frac{133100 \cdot 18.16}{3534.96} = 683.77 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \sigma_{bg} = \frac{683.77}{19.040} = 37.90 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{ag} = \frac{133100 \cdot (30 - 18.16)}{3534.96} = 445.81 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

A hasznos teher által létrehozott nyomaték $M_p = \frac{16.5 \cdot 4.40^2}{8} = 39.93 \text{ kNm}$ (a hasznos teher egyenletesen eloszló)

$$\sigma_{ep} = \frac{399300 \cdot 14.27}{6426.64} = 886.62 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \sigma_{bp} = \frac{886.62}{6.268} = 141.45 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{ag} = \frac{399300 \cdot (30 - 14.27)}{6426.64} = 977.34 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

A hasznos teher nagy gyakorisággal ismétlődik (fáradás): $n_r = 2 \cdot n = 12.536$

$$n_r = 12.534 \Rightarrow y = 16.83 \text{ cm} \quad [(16) \text{ képlet vagy 1. táblázat}]$$

$$I = 4437.01 \text{ cm}^4 \quad [(17) \text{ képlet vagy 1. táblázat}]$$

$$\sigma_{epf} = \frac{399300 \cdot 16.83}{4437.01} = 1514.58 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \sigma_{bpf} = \frac{1514.58}{12.534} = 120.84 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

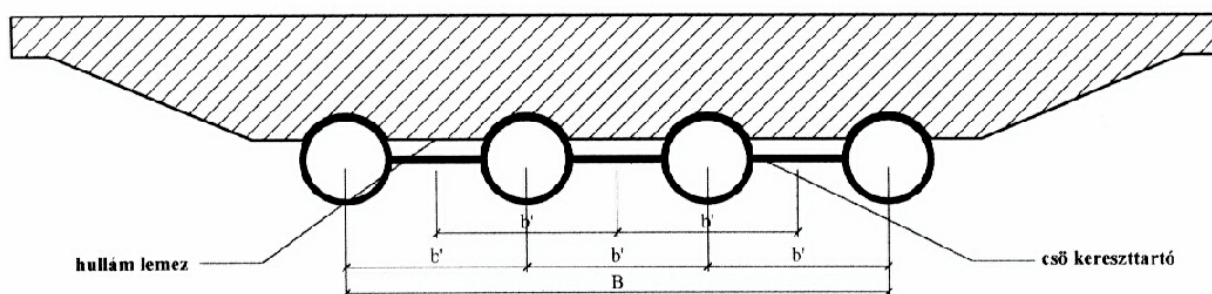
$$\sigma_{apf} = \frac{399300 \cdot (30 - 16.83)}{4437.01} = 1185.21 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{bmax} = \max[(\sigma_{bg} + \sigma_{bp}); (\sigma_{bg} + \sigma_{bpf})] = \max[179.35; 158.74] = 179.35 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

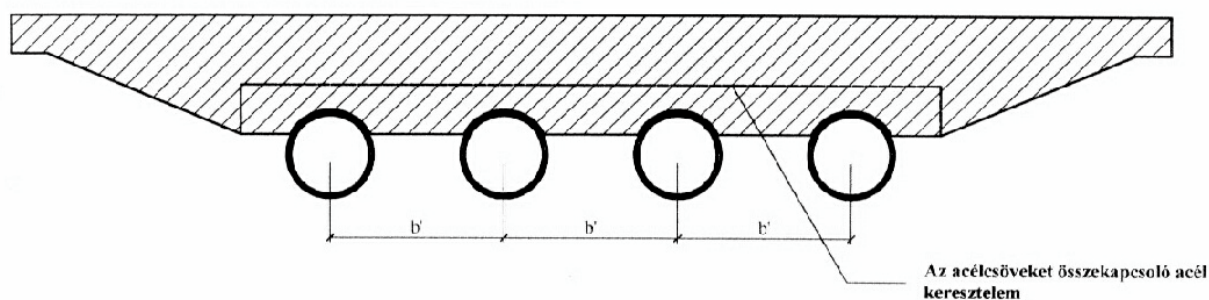
$$\sigma_{amax} = \max[(\sigma_{ag} + \sigma_{ap}); (\sigma_{ag} + \sigma_{apf})] = \max[1423.15; 1631.02] = 1631.02 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Tehát 30 cm lemezszerkezettel áthidalható 4,4 m fesztív.

b) Az acélsövevek "b" távolságra vannak egymástól.



3/a. ábra

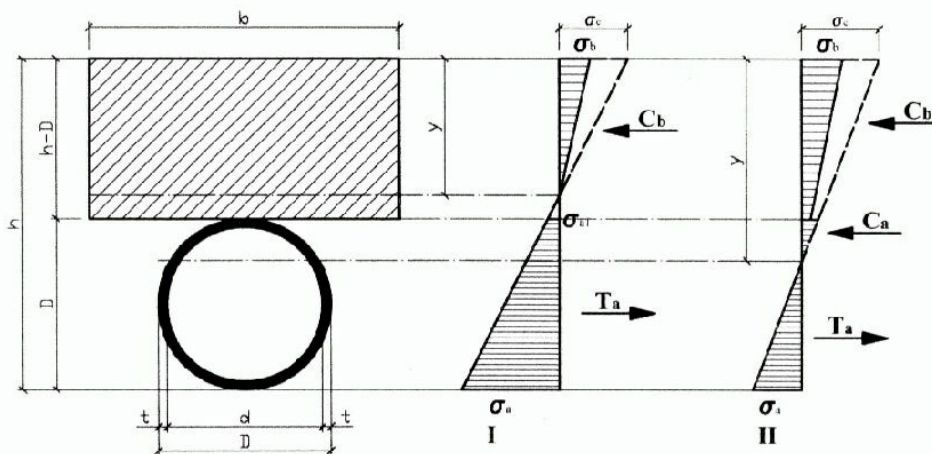


3/b. ábra

A betonlemez szélessége, amelyet a feszültségek számításánál figyelembe veszünk „b”. Ezt a következő képlettel számítjuk.

$$\frac{b'}{b} = \sqrt{1 + 12 \left(\frac{b'}{l} \right)^2} \Rightarrow b = \frac{b'}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{b'}{l} \right)^2}} \quad (20)$$

Ennek megfelelően a számítási modell:



4. ábra

Kivitelezéskor a betonlemez érinti az acélsövet vagy pedig a betonlemez egy bizonyos magasságban „befogja” az acélsöveket.

I. A semleges tengely a beton keresztmetszetet metszi:

$$C_b = \frac{1}{2} \cdot y \cdot \frac{y}{h-y} \cdot \frac{\sigma_a}{n} \cdot b = \frac{by^2 \sigma_a}{2n(h-y)} \quad (21)$$

$$T_a = \frac{Dt(2h-2y-D)\sigma_a}{h-y} \quad (22)$$

$$C_b = T_a \Rightarrow \frac{by^2 \sigma_a}{2n(h-y)} = \frac{Dt(2h-2y-D)\sigma_a}{h-y}$$

$$by^2 = 2ntD(2h-2y-D)$$

$$by^2 + 4ntDy - 2ntD(2h-D) = 0 \quad (23)$$

(23) az egyenlet amelyből meghatározható a semleges tengely helyzete:

$$y = \frac{\sqrt{4n^2 t^2 D^2 + 2ntbD(2h-D)} - 2ntD}{b} \quad (24)$$

Az ideális keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka:

$$I_I = \frac{by^3}{3n} + (D^4 - d^4) \frac{\pi}{64} + (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} \left(h - y - \frac{D}{2} \right)^2 \quad (25)$$

Az ideális keresztmetszet területe:

$$A_I = \frac{by}{n} + \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

A statikai nyomaték:

$$S_I = \frac{b}{n} y \frac{y}{2} = \frac{by^2}{2n}$$

II. A semleges tengely az acélsövet metszi:

$$C_b = \frac{b(h-D)(2y+D-h)\sigma_a}{2n(h-y)} \quad (26)$$

$$C_a = \frac{t(y+D-h)^2 \sigma_a}{(h-y)} \quad (27)$$

$$T_a = t(h-y)\sigma_a \quad (28)$$

$$C_b + C_a = T_a \Rightarrow y = \frac{2nth^2 + D(h-D)^2 - 2nt(h-D)^2}{2b(h-D) - 4nt(h-D) + 4nth} \quad (29)$$

(29) a semleges tengely pozícióját meghatározó összefüggés.

Az ideális keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka:

$$I_{II} = \frac{b(h-D)^3}{12n} + \frac{b}{n} (h-D) \left(y - \frac{h-D}{2} \right)^2 + (D^4 - d^4) \frac{\pi}{64} + (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} \left(h - y - \frac{D}{2} \right)^2 \quad (30)$$

Az ideális keresztmetszet területe:

$$A_{II} = \frac{b(h-D)}{n} + \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

A statikai nyomaték:

$$S_{II} = \frac{b}{n} (h-D) \left(y - \frac{h-D}{2} \right) + 2t(y-h+D) \frac{(y-h+D)}{2}$$

Az ideális tehetetlenségi nyomaték képlete megegyezik a (7) és a (17) összefüggésekkel, azzal a különbséggel, hogy a beton keresztmetszet-szélesség nem D hanem b.

2. Számpélda

Egy 5,00 m széles, 5,00 m hosszú, 4,40 m fesztávú, 0,36m vastag lemez; (11 darab, 152 mmátmérőjű csőtartóból alkotott) amelynek a hasznos terhelése $p=54 \text{ kN/m}$ ($5 \times 250 \text{ kN}$) állandó terhelés $g=7,4 \text{ kN/m}$ ($n=6,268$).

A számításba vehető lemezszélesség:

$$b = \frac{50}{\sqrt{1+12\left(\frac{50}{440}\right)^2}} = \frac{50}{1.0747} = 46.52 \text{ cm}$$

A beton osztályának (C35/45) megfelelő ekivalencia tényező $n=6,268$

A semleges tengely (S.T.) helyzete $y=11,70 \text{ cm}$

Az állandó terhelés $g = 7.4 \text{ kN/m}$ $n_a = 3 \cdot n = 18.804$

$n_a = 18.040 \Rightarrow y = 16.85 \text{ cm}$

$$I = 11026.73 \text{ cm}^4$$

Az állandó teher által létrehozott nyomaték $M_g = \frac{7.4 \cdot 4.40^2}{8} = 17.908 \text{ kNm}$

A szélső ívekben létrejött normálfeszültség (σ)

$$\sigma_{bg} = \frac{179080 \cdot 16.85}{18.804 \cdot 11026.73} = 14.55 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{ag} = \frac{179080 \cdot (36 - 16.85)}{11026.73} = 311.01 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

A hasznos teher $p = 54 \text{ kN/m}$ $n_p = 6.268$

$n_p = 6.268 \Rightarrow y = 11.70 \text{ cm}$

$$I = 17534.98 \text{ cm}^4 \quad (2. \text{ táblázat})$$

A hasznos teher által létrehozott nyomaték $M_p = \frac{54 \cdot 4.40^2}{8} = 130.68 \text{ kNm}$ (a hasznos teher egyenletesen eloszló)

$$\sigma_{bp} = \frac{1306800 \cdot 11.70}{6.268 \cdot 17534.98} = 139.11 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{ap} = \frac{1306800 \cdot (36 - 11.70)}{17534.98} = 1810.96 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

A hasznos teher nagy gyakorisággal ismétlődik (fáradás): $n_f = 2 \cdot n = 12.536$

$n_f = 12.534 \Rightarrow y = 14.88 \text{ cm}$ [(24) képlet vagy 2. táblázat]

$$I = 13358.94 \text{ cm}^4 \quad [(25) \text{ képlet vagy } 2. \text{ táblázat}]$$

$$\sigma_{bpf} = \frac{1306800 \cdot 14.88}{12.536 \cdot 13358.94} = 116.11 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{apf} = \frac{1306800 \cdot (36 + 14.88)}{13358.94} = 2066.00 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{bmax} = \max[(\sigma_{bg} + \sigma_{bp}); (\sigma_{bg} + \sigma_{bpf})] = \max[153.66; 130.66] = 153.66 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{amax} = \max[(\sigma_{ag} + \sigma_{ap}); (\sigma_{ag} + \sigma_{apf})] = \max[2121.97; 2377.01] = 2377.01 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Mivel a legnagyobb húzófeszültség a megengedett feszültségnél nagyobb, ezért egy nagyobb átmérőjű csövet kell használni: $D=24,5 \text{ cm}$. (keresztmetszeti jellemzők: 3. táblázat)

Elvégezve a számításokat:

$$\sigma_{bmax} = \max[(\sigma_{bg} + \sigma_{bp}); (\sigma_{bg} + \sigma_{bpf})] = \max[145.67; 122.16] = 145.67 \frac{daN}{cm^2}$$

$$\sigma_{amax} = \max[(\sigma_{ag} + \sigma_{ap}); (\sigma_{ag} + \sigma_{apf})] = \max[1871.32; 2106.55] = 2106.55 \frac{daN}{cm^2}$$

A lemezek tervezését, az acél és beton keresztmetszet méreteinek megválasztását meggyorsíthatjuk, ha a különböző keresztmetszetek jellemzőit (I, A, W, S) táblázatba foglaljuk. Példaként bemutatunk három táblázatot az ideális keresztmetszeti jellemzőkkel (I, A, W, S).

Az 1. táblázat b=D=15,20 cm, a 2. táblázat D=15,20 cm, b=46,52 cm és a 3. táblázat D=24,50 cm, b=46,52 cm

1. táblázat

D = 15,20 cm				Számított értékek						
d = 13,20 cm										
t = 1,00 cm										
b = 15,20 cm				y cm	A cm ²	I cm ⁴	Ws cm ³	Wi cm ³	S cm ³	S.T. helyzet
h ₁	30,00	n _r	6,2680	14,27	79,22	6426,64	450,24	408,66	247,04	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	16,83	62,56	4437,01	263,60	336,96	173,39	S.T.az acélt metszi
		n _a	18,8040	18,16	56,57	3534,96	194,61	298,66	140,09	S.T.az acélt metszi
h ₂	32,00	n _r	6,2680	15,19	81,45	7746,34	509,86	460,90	279,89	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	17,98	64,98	5317,20	295,72	379,27	196,55	S.T.az acélt metszi
		n _a	18,8040	19,46	58,19	4199,28	215,80	334,86	157,26	S.T.az acélt metszi
h ₃	34,00	n _r	6,2680	16,08	83,61	9241,09	574,58	515,77	313,63	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	19,12	67,41	6320,32	330,64	424,61	221,56	S.T.az acélt metszi
		n _a	18,8040	20,73	59,81	4961,89	239,31	374,03	175,98	S.T.az acélt metszi
h ₄	36,00	n _r	6,2680	16,95	85,71	10916,24	644,17	572,91	348,20	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	20,23	69,15	7452,80	368,32	472,73	248,23	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	21,99	61,42	5827,67	265,02	415,96	196,28	S.T.az acélt metszi
h ₅	38,00	n _r	6,2680	17,78	87,74	12776,69	718,41	632,03	383,51	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	21,33	70,47	8722,58	408,97	523,20	275,78	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	23,23	63,04	6801,29	292,80	460,44	218,19	S.T.az acélt metszi
h ₆	40,00	n _r	6,2680	18,60	89,72	14826,96	797,13	692,87	419,50	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	22,40	71,77	10134,64	452,51	575,72	304,10	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	24,45	64,38	7887,49	322,58	507,28	241,64	S.T.a betont metszi
h ₇	42,00	n _r	6,2680	19,40	91,65	17071,23	880,16	755,22	456,13	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	23,44	73,03	11693,41	498,83	630,08	333,14	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	25,65	65,35	9092,16	354,45	556,15	265,95	S.T.a betont metszi
h ₈	44,00	n _r	6,2680	20,17	93,53	19513,38	967,38	818,90	493,35	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	24,46	74,27	13403,07	547,86	686,08	362,84	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	26,83	66,30	10419,67	388,36	606,84	290,94	S.T.a betont metszi
h ₉	46,00	n _r	6,2680	20,93	95,36	22157,02	1058,67	883,78	531,11	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	25,47	75,49	15267,57	599,52	743,54	393,18	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	27,99	67,23	11873,90	424,27	659,17	316,57	S.T.a betont metszi

2. táblázat

D = 15,20 cm				Számított értékek						
d = 13,20 cm										
t = 1,00 cm										
b = 46,52 cm				y cm	A cm ²	I cm ⁴	W _s cm ³	W _i cm ³	S cm ³	S.T. helyzet
h ₁	30,00	n _r	6,2680	10,06	119,24	10443,24	1038,51	523,63	375,26	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	12,64	91,53	7876,61	622,98	453,81	296,60	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	14,20	79,74	6491,31	457,21	410,79	249,35	S.T.a betont metszi
h ₂	32,00	n _r	6,2680	10,62	123,46	12562,88	1182,56	587,69	418,81	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	13,42	94,39	9499,32	708,09	511,14	333,93	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	15,11	81,99	7824,93	517,86	463,29	282,42	S.T.a betont metszi
h ₃	34,00	n _r	6,2680	11,17	127,51	14925,46	1336,22	653,76	463,00	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	14,16	97,16	11325,12	799,75	570,85	372,07	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	15,99	84,18	9334,95	583,70	518,40	316,38	S.T.a betont metszi
h ₄	36,00	n _r	6,2680	11,70	131,43	17534,98	1499,05	721,53	507,76	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	14,88	99,84	13358,94	897,65	632,59	410,94	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	16,85	86,29	11026,73	654,45	575,77	351,16	S.T.a betont metszi
h ₅	38,00	n _r	6,2680	12,21	135,22	20395,05	1670,65	790,75	553,04	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	15,58	102,43	15605,27	1001,52	696,09	450,48	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	17,68	88,35	12905,13	729,91	635,11	386,67	S.T.a betont metszi
h ₆	40,00	n _r	6,2680	12,70	138,89	23508,94	1850,69	861,22	598,80	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	16,26	104,95	18068,21	1111,13	761,12	490,62	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	18,49	90,35	14974,67	809,90	696,16	422,88	S.T.a betont metszi
h ₇	42,00	n _r	6,2680	13,18	142,46	26879,64	2038,88	932,79	644,98	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	16,92	107,41	20751,56	1226,30	827,49	531,33	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	19,28	92,30	17239,50	894,26	758,71	459,71	S.T.a betont metszi
h ₈	44,00	n _r	6,2680	13,65	145,93	30509,90	2234,94	1005,31	691,56	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	17,57	109,80	23658,78	1346,83	895,02	572,55	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	20,05	94,21	19703,50	982,86	822,60	497,13	S.T.a betont metszi
h ₉	46,00	n _r	6,2680	14,11	149,31	34402,23	2438,65	1078,68	738,51	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	18,19	112,13	26793,12	1472,58	963,60	614,24	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	20,80	96,06	22370,25	1075,57	887,66	535,09	S.T.a betont metszi

3. táblázat

D = 24,50 cm				Számított értékek						
d = 22,50 cm										
t = 1,00 cm										
b = 46,52 cm				y cm	A cm ²	I cm ⁴	W _s cm ³	W _i cm ³	S cm ³	S.T. helyzet
h ₁	30,00	n _r	6,2680	10,93	114,65	11372,76	1040,22	596,46	363,55	S.T. az acélt metszi
		n _f	12,5360	13,34	94,24	8881,99	665,85	533,11	277,58	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	14,49	87,43	7799,92	538,30	502,89	240,56	S.T. az acélt metszi
h ₂	32,00	n _r	6,2680	11,24	129,49	13835,60	1230,85	666,48	430,95	S.T. az acélt metszi
		n _f	12,5360	13,95	101,66	10614,09	760,64	588,17	325,65	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	15,36	92,38	9117,42	593,76	547,77	277,04	S.T. az acélt metszi
h ₃	34,00	n _r	6,2680	11,72	144,33	16488,18	1406,81	740,05	496,39	S.T. az acélt metszi
		n _f	12,5360	14,64	109,08	12552,26	857,58	648,25	374,93	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	16,24	97,33	10626,79	654,39	598,33	315,44	S.T. az acélt metszi
h ₄	36,00	n _r	6,2680	12,31	159,18	19378,51	1573,58	818,17	560,98	S.T. az acélt metszi
		n _f	12,5360	15,37	116,50	14709,44	956,97	713,04	425,56	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	17,14	102,28	12336,45	719,83	654,04	355,78	S.T. az acélt metszi
h ₅	38,00	n _r	6,2680	12,98	170,19	22552,84	1737,03	901,52	625,56	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	16,14	123,92	17099,49	1059,13	782,40	477,65	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	18,05	107,23	14255,17	789,81	714,50	398,05	S.T. az acélt metszi
h ₆	40,00	n _r	6,2680	13,65	175,11	26077,69	1910,94	989,53	691,07	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	16,95	131,35	19736,74	1164,39	856,27	531,29	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	18,97	112,17	16392,03	864,11	779,45	442,27	S.T. az acélt metszi
h ₇	42,00	n _r	6,2680	14,29	179,87	29971,60	2097,61	1081,56	757,62	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	17,78	138,77	22635,79	1273,03	934,63	586,56	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	19,90	117,12	18756,28	942,57	848,67	488,45	S.T. az acélt metszi
h ₈	44,00	n _r	6,2680	14,91	184,50	34241,17	2296,34	1177,13	825,10	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	18,62	142,93	25818,27	1386,54	1017,29	643,34	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	20,84	122,07	21357,30	1025,03	921,99	536,58	S.T. az acélt metszi
h ₉	46,00	n _r	6,2680	15,52	188,99	38892,46	2506,53	1275,85	893,44	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	19,44	145,97	29311,37	1507,79	1103,59	701,19	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	21,78	127,02	24204,60	1111,40	999,30	586,68	S.T. az acélt metszi

A betonosztály szerint az ekivalencia tényező a tartós, rövid ideig tartó és fáradási igénybevétel esetére.

4. táblázat

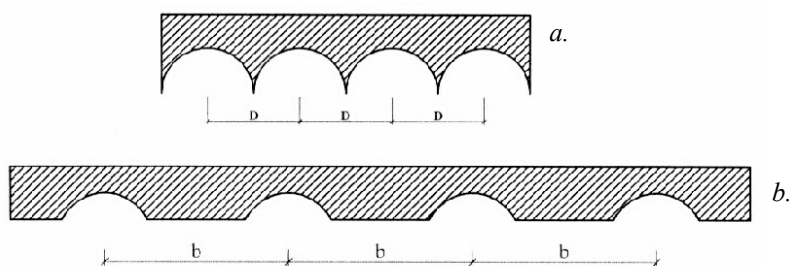
	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
$n = \frac{E_a}{E_b}$	6,5625	6,268	6,00	5,833	5,675
3n	19,6875	18,804	18,00	17,499	17,025
2n	13,125	12,536	12,00	11,666	11,35

A beton és az acélsövek együttdolgozása az acélsövekre hegesztett kapcsolóelemek segítségével valósul meg.

Az acélsöveket összefogó keresztlemek (1. ábra) mint kapcsolóelemekként működnek.

Keresztelelem az egymáshoz érintőlegesen elhelyezett csöveknél. (5/a. ábra)

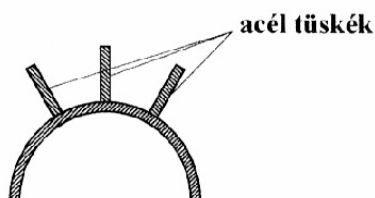
Keresztelelem az egymástól távol elhelyezett csövek esetén. (5/b. ábra)



5. ábra

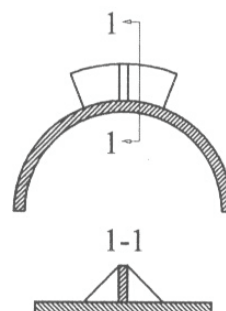
Ezeket a kereszttelemeket a csövek felső felületére folytonos hegesztési varrattal kapcsoljuk.

Más típusú kapcsolóelemek:

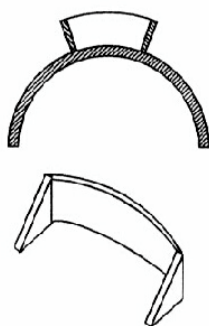


6. ábra

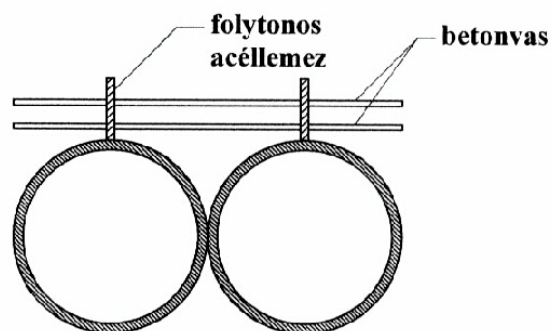
merevített acéllemez



7. ábra



8. ábra



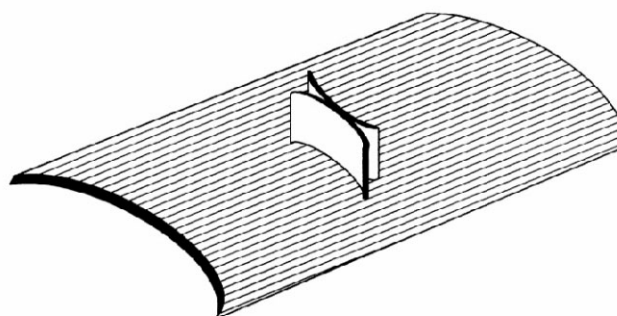
9. ábra

Két irányban ugyanolyan merevségű hengerfelületű kapcsolóelem: (10. ábra)

Ebben a tanulmányban bemutatott szerkezetekkel szeretnénk felhívni a tervezők figyelmét arra, hogy az acélcövek felhasználhatók az öszvérszerkezetek kialakításánál. Az acélcövek alkalmazása további lehetőségeket is tartogat a mérnökök számára.

Készült a SAPIENTIA alapítvány támogatásával.

Kopenetz L., Köllő G.: *Az acélcövek alkalmazhatósága az öszvérszerkezetek kialakításánál szabályozási eljárás alatt van.*



10. ábra