

**Géptervezők VII. Országos  
Szemináriuma**

**Előadások**

**Miskolc, 1989**

## MŰANYAGBETON SZERKEZETEK OPTIMÁLIS MÉRETEZÉSE

Dr. Jármái Károly  
a műszaki tudomány kandidátusa  
Nehézipari Műszaki Egyetem  
Miskolc

### Bevezetés

A klasszikus szendvicstartók három rétegűek. A magréteg általában műanyaghab vagy gumiréteg. Ezen szerkezetek alkalmazásának határt szab, teherviselő elemeknél az, hogy a magréteg hajlítási merevsége kicsi. Ha speciális összetételű műanyagbeton réteg a magréteg, akkor viszonylag kis költséggel nagy merevségű és jó rezgéscsillapítási képességű tartó alakítható ki kis tömeg mellett.

### Analízis

Az 1. ábrán látható tartók 2; 3; 4 mm-es acél fedőlemezekkel, 600 és 1200 mm hosszban, 31, 46 és 66 mm-es vastagsággal és 75 mm szélességgel készültek. Statikus vizsgálatokat végeztünk szakítógépen, hajlítogerendával a fedőréteg feszültségének és a tartó lehajlásának meghatározására. Mivel a mag merevsége nagy, ezért nem alkalmazható a Kerwin-féle szendvicsmodell, viszont az összetett vasbeton szerkezetre vonatkozó DIN 53457 számítási eredményei jól egyeztek a mért értékekkel.

A dinamikai méréseket Brüel-Kjaer rezgésmérő műszerrel végeztük. A próbatestek közepén voltak gerjesztve két végén szabad, illetve befogott állapotban. A dinamikai vizsgálatok arra irányultak, hogy felvéve a tartók rezonanciagörbéjét meghatározzuk a sajátfrekvenciák értékeit, valamint a rezgéscsillapítási tényező  $\eta$  értékét, továbbá, hogy fárasztóvizsgálatokkal teszteljük magát a műanyagbetont, illetve a rétegek kapcsolódási szilárdságát.

### Célfüggvények

Az optimalás többcélfüggvényes, a szerkezet költségtényezőit és speciálisan a tartó hosszát vettük fel.

1) Műanyagbeton költség:  $f_1(\bar{x}) = k_{mb} L h b \rho_{mb} \quad (\text{Ft})$

ahol  $k_{mb}$  és  $\rho_{mb}$  a műanyagbeton-réteg fajlagos költsége és sűrűsége.

2) Acél borítólemezek költsége:  $f_2(\bar{x}) = k_{ac} 2 t b L \rho_{ac}$  (Ft)

ahol  $k_{ac}$  és  $\rho_{ac}$  az acél fajlagos költsége és sűrűsége.

3) Felületelőkészítési költség:  $f_3(\bar{x}) = k_f 2 b L$  (Ft)

ahol  $k_f$  a felületelőkészítés fajlagos költsége.

4) A tartó összköltsége:  $f_4(\bar{x}) = f_1(\bar{x}) + f_2(\bar{x}) + f_3(\bar{x})$  (Ft)

5) A tartó hossza:  $f_5(\bar{x}) = L$  (mm)

Ez, mint mérnöki szempont akkor válik dominálónvá, ha figyelembe vesszük a megtámasztás, alapozás költségeit is. 5 + 10 m-es acéltartónál a beton alapozás költségét figyelembe véve Ruddy [1] költségtényezőit alkalmazva a háromtámaszú tartó összköltsége kb. 20%-kal nagyobb a kéttámaszúnál, annak ellenére, hogy a tartó költsége ekkor csökken.

### Szintézis

A tartó ismeretlen méretei: műanyagbeton vastagság,  $h'$ , acél fedőlemez vastagság,  $t'$ , a tartó szélessége,  $b'$ , a tartó hossza,  $L'$ . Az acéllemez normálfeszültsége:

$$\sigma_{ac} = \frac{FL}{4} \frac{1}{b t h (1 + \alpha_a \frac{h}{6t})};$$

$$\alpha_a = \frac{E_{mb}}{E_{ac}}; \quad E_{ac} = 206 \text{ (GPa)}$$

A műanyagbeton nyírófeszültsége:  $\tau_{mb} \approx \frac{F}{hb}$

A műanyagbeton normálfeszültsége:  $\sigma_{mb} = \alpha_a \sigma_{ac}$

A tartó lehajlása:  $w = \frac{FL^3}{4 b h^3 E_{ac} (\alpha_a + \frac{6t}{h})}$  összefüggésekkel

számítható. Továbbá méretkorlátozási feltételeket adunk meg (alsó, felső) a négy változóra. A feltételek száma összesen 12.

1)  $\sigma_{ac} \leq \sigma_{acmeg} = 140 \text{ (MPa)}$

2)  $\sigma_{mb} \leq \sigma_{mbmeg} = 20 \text{ (MPa)}$

- 3)  $w_{\max} \leq w_{\text{meg}} = L/300$
- 4)  $\gamma_{\text{mb}} \leq \gamma_{\text{mbmeg}} = 11,5 \text{ (MPa)}$
- 5-6)  $20 \leq h \leq 100 \text{ (mm)}$
- 7-8)  $2 \leq t \leq 8 \text{ (mm)}$
- 9-10)  $40 \leq b \leq 120 \text{ (mm)}$
- 11-12)  $1000 \leq L \leq 2000 \text{ (mm)}$

Az optimalálásnál a korábban ismertettek szerint 5 célfüggvény szerepel. A költség tényezők a következők:

- műanyagbeton fajlagos anyagköltsége  $k_{\text{mb}} = 7 \text{ Ft/kg}$
- acéllemez fajlagos anyagköltsége  $k_{\text{ac}} = 17 \text{ Ft/kg}$
- felületelőkészítés fajlagos anyagköltsége  $k_{\text{fel}} = 216 \text{ Ft/m}^2$

A terhelőerő  $F = 10000 \text{ (N)}$ , a műanyagbeton sűrűsége  $\rho_{\text{mb}} = 2,3 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ . Az optimalálás eredményeit az 1. táblázat tartalmazza. A négy változó diszkrét értéksoránál a lépéstáv sorrendben a következő: 1, 1, 1, 20 mm.

Az ismertetett programrendszer a változók, a célfüggvények és méretezési feltételek esetén alkalmas az optimális műanyagbeton magú tartó kialakítására, az optimális tartó itt jelenthet minimális költségűt, illetve maximális hosszúságút is. Mivel mind az öt célfüggvényt kezeli, ezért a maximális hossz mellett is minimális költségre törekszik.

Az ötödik célfüggvény az első négy ellen hat, mivel ott maximumot keressünk. Abban az esetben, ha ezen célfüggvény válik dominálónvá ugrásszerűen megnövekszenek mind a méretek, mint a költségek.

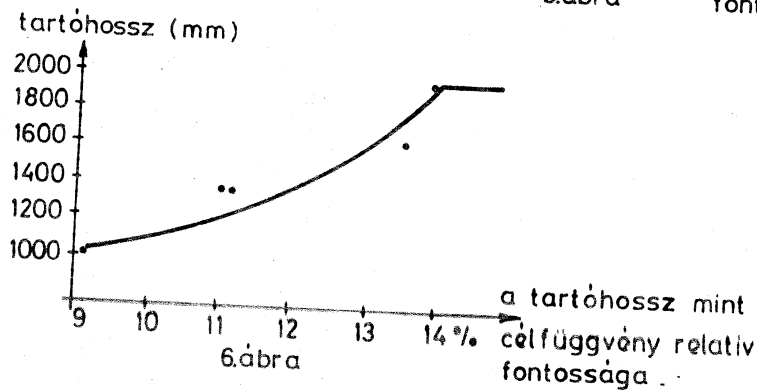
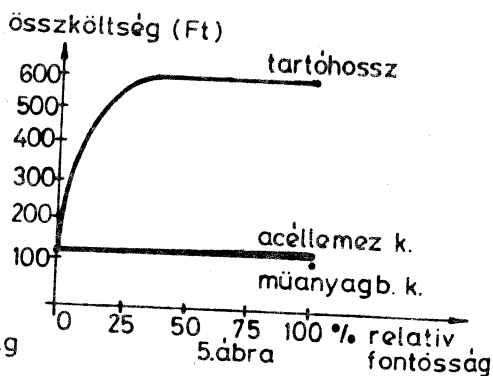
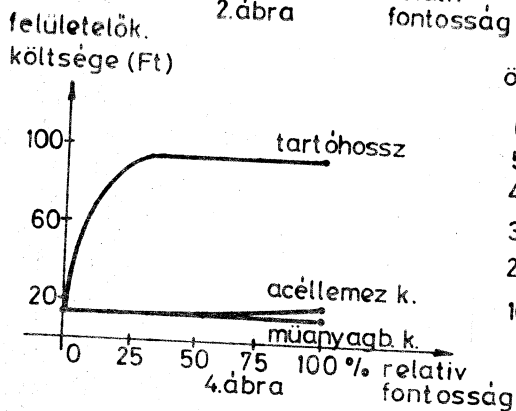
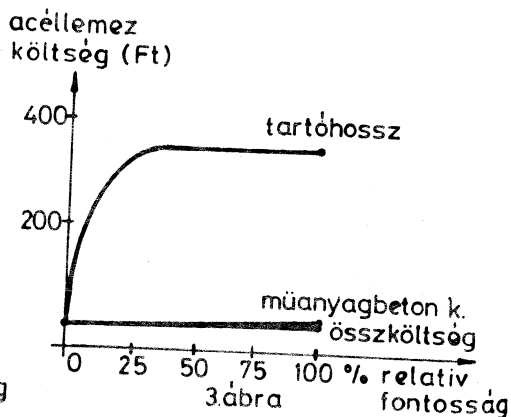
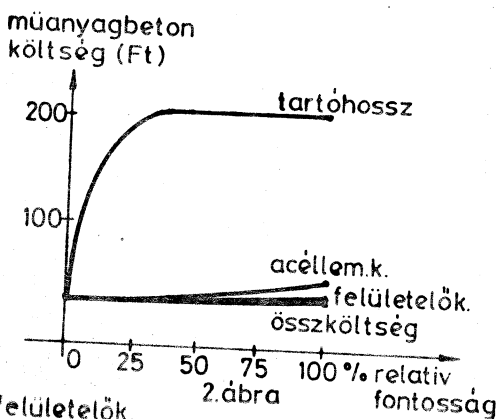
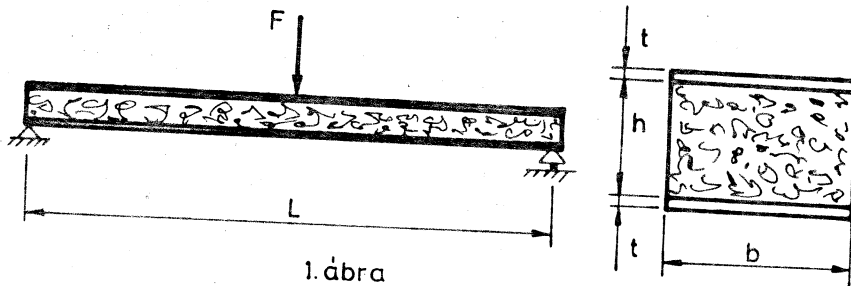
Általában azonban az első négy feltétel hosszcsökkentő hatása érvényesül. A súlyozó tényezők egészen speciális összetétele esetén és igen szűk tartományban történik meg az átmenet az ötödik feltétel dominanciája felé. A hosszánál általában aktívak a méretkorlátozási feltételek.

### Összehasonlítás

Az egyes célfüggvények változását a többi célfüggvény fontossága függvényében a 2, 3, 4, 5, ábrák mutatják.

Látható, hogy a legnagyobb hatása a tartóhossznak van a költségekre. Kiemelhető, hogy jelentős hatás van a műanyagbeton és az acéllemez költsége

1. táblázat	Méretek (mm)				Költségek				
	h	t	b	L	műanyag beton Ft	acél- lemez Ft	felület- elők. Ft	össz. Ft	tartóh. mm
1 célf.	60	6	40	1000	38,6	64,1	16,3	119	-1000
2 célf.	79	3	54	1000	68,6	43,2	22,03	134	-1000
3 célf.	76	5	40	1000	48,9	53,4	16,3	118,7	-1000
4 célf.	79	5	40	1000	50,8	53,4	16,3	120,6	-1000
5 célf.	57	6	119	2000	218,4	381,6	97,1	697,1	-2000
min-max global 1	48	3	113	1000	87,3	90,5	46,1	224,0	-1000
exp: 1 global 1	78	5	119	2000	298,8	318,0	97,1	714,0	-2000
exp: 2 global 2	35	3	120	1020	68,9	98,1	49,9	217,0	-1020
exp: 1 global 2	77	2	119	1000	147,5	63,6	48,5	259,6	-1000
exp: 2	79	5	49	1000	62,3	65,4	19,9	147,7	-1000
súlyozott min-max									
$w_1=0,6; w_2=0,1;$	79	5	40	1000	50,8	53,4	16,3	120,6	-1000
$w_2=0,6; w_1=0,1;$	79	2	119	1000	151,3	63,6	48,5	263,5	-1000
$w_3=0,6; w_1=0,1;$	59	3	86	1000	81,69	68,9	35,8	185,7	-1000
$w_5=0,6; w_1=0,1;$	79	2	111	1000	141,1	59,3	45,2	245,7	-1000
súlyozott globál									
$w_1=0,6; w_2=0,1;$	75	3	57	1000	68,8	45,6	23,2	137,7	-1000
$w_2=0,6; w_1=0,1;$	63	4	62	1000	62,8	66,2	25,2	154,4	-1000
$w_3=0,6; w_1=0,1;$	70	3	70	1000	78,8	56,1	28,5	163,5	-1000
egyszerű súlyozás									
$w_4=5; w_5=5,6; w_1=10;$	80	5	68	2000	175,1	181,7	55,4	412,3	-2000
egyszerű súlyozás									
$w_4=5; w_5=5,5; w_1=10;$	80	5	57	1680	123,3	127,9	39,07	290,36	-1680
$w_4=5; w_5=4,5; w_1=10;$	79	5	50	1380	87,7	92,1	28,1	208,1	-1380
$w_4=5; w_5=4,4; w_1=10;$	80	6	40	1380	71,09	88,5	22,5	182,1	-1380
$w_4=5; w_5=3,5; w_1=10;$	75	5	42	1020	51,7	57,2	27,4	126,4	-1020
normált súlyozás									
$w_1=0,6; w_2=0,1;$	79	5	93	2000	236,5	248,5	75,8	560,9	-2000
$w_2=0,65;$									
$w_5=0,05;$	79	3	119	2000	302,7	190,8	97,1	590,6	-2000
$w_1=0,1;$									
$w_4=1; w_1=0;$	71	5	40	1000	45,7	53,4	16,3	115,4	-1000



között mindkét irányban. Ennek oka, hogy a szükséges inercia miatt az egyik rétegvastagság csökkenése a másik növekedését vonja maga után. Az összköltség és a felületelőkészítési költség hatása nagyon kicsi.

Érdekes még a tartóhossz változása a súlyozó tényezők függvényében (6.ábra).

Látható milyen éles az átmenet, amelynél az ötödik célfüggvény dominálónak válik, illetve elveszti a hatását.

Eljutva a gazdaságos szerkezetméretezés folyamatában eddig, a tervezőnek már jelentős mennyiségű információja van a szerkezetről. Ha lehetőség van a műanyagbeton tartót ilyen feltételek mellett beépíteni, akkor ez az információmennyiség feltehetőleg elég, illetve továbbiak könnyen nyerhetők a döntéstámogató programrendszer futtatásai által [2].

Összetettebb szerkezet kialakítása műanyagbetonból azonban számos további problémát vet fel és további vizsgálatokat igényel.

#### Irodalomjegyzék

- [1] Ruddy, J.L.: Economics of low-rise steel-framed structures. Engineering Journal, AISC. 1983. Vol 20 No.3. pp.107-118.
- [2] Jármái, K.: Gazdaságos fémszerkezetek méretezése. Kandidátusi értekezés. Miskolc, 1988. 187 old.

#### Összefoglaló

Műanyagbeton tartók optimális méretezését ismerteti.

A méretezés kiterjedt statikus és dinamikai vizsgálatokon alapul. A több-célfüggvényes optimálást 5 célfüggvény 4 változó és 12 méretezési feltétel esetén végzi el. A programrendszer diszkrét értékeket határoz meg. Megvizsgálja a célfüggvények egymásra és a méretekre gyakorolt hatását.