



**GÉPTERVEZÉS**



A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA

**1990**

**FEBRUÁR**

● BUDAPEST ●

41-80. OLDAL

XLII. ÉVFOLYAM

**2**

# Műanyagbeton szerkezetek optimális méretezése

DR. JÁRMAI KÁROLY\*

A méretezés kiterjedt statikus és dinamikai vizsgálatokon alapul. A többcélfüggvényes optimalizálást 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.

A klasszikus szendvicstartók háromrétegűek. A magréteg általában műanyaghab vagy gumi-réteg. Ezen szerkezetek alkalmazásának határ 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 rezgés csillapítási 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, hajlítógereendővel a fedőréteg feszültségének és a tartó lehajlásának meghatározására. Mivel a mag merevsége nagy, ezért nem alkalmazható a Kerwin-féle szendvicomodell, viszont az összetett vasbeton szerkezetre vonatkozó DIN 53 457 számítási eredményei jól egyeztek a mért értékekkel.

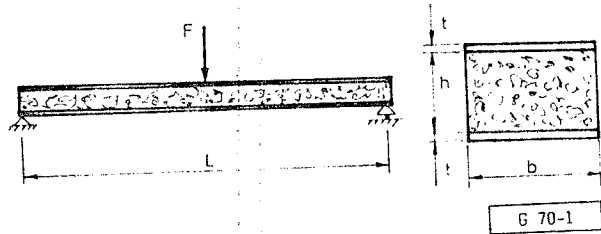
A dinamikai méréseket Brüel—Kjaer rezgésmérő műszercsaláddal végeztük. A próbatetek közepén voltak gerjesztve két végén szabad, illetve befogott állapotban. A dinamikai vizsgálatok arra irányultak, hogy felvéve a tartók rezonanciagörbéjét meghatározzuk a sajátfrekvenciák értékeit, valamint a rezgés csillapítási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

## Célfüggvények

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

1. Műanyagbeton költség:  $f_1(\bar{x}) = k_{mb} L h b \rho_{mb}$  (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. Felület-előkészítési költség:  $f_3(\bar{x}) = k_f 2 b L$  (Ft) ahol  $k_f$  a felület-előkészítés 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, az



1. ábra. A szendvicstartó szerkezete

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: a műanyagbeton vastagság  $h$ , az acél fedőlemez vastagsága  $t$ , a tartó szélessége  $b$ , a tartó hossza  $L$ . Az acéllemez normál feszültsége:

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

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

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

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

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

gésekkel számítható. Továbbá méretkorlátozási feltételeket adunk meg (alsó, felső) a négy változóra.

A feltételek száma összesen 12.

- 1)  $\sigma_{ac} \leq \sigma_{ac\text{meg}} = 140 \text{ (MPa)}$
- 2)  $\sigma_{mb} \leq \sigma_{mb\text{meg}} = 20 \text{ (MPa)}$
- 3)  $w_{\text{max}} \leq w_{\text{meg}} = L/300$
- 4)  $\tau_{mb} \leq \tau_{mb\text{meg}} = 11,5 \text{ (MPa)}$
- 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 optimalizálásnál a korábban ismertetettek szerint 5 célfüggvény szerepel.

A költségtényezők a következők:

— műanyagbeton fajlagos anyagköltsége  
 $k_{mb} = 7 \text{ Ft/kg}$

\* Nehézipari Műszaki Egyetem

	Méretek (mm)				Költségek				
	h	t	b	L	Műanyagbeton	Acéllemez	Felület-elők.	Össz. Ft	Tartóh. mm
					Ft	Ft	Ft		
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.	48	3	113	1000	87,3	90,5	46,1	224,0	—1000
global 1 exp: 1	78	5	119	2000	298,8	318,0	97,1	714,0	—2000
global 1 exp: 2	35	3	120	1020	68,9	98,1	49,9	217,0	—1020
global 2 exp: 1	77	2	119	1000	147,5	63,6	48,5	259,6	—1000
global 2 exp: 2	79	5	40	1000	62,3	65,4	19,0	147,7	—1000
Súlyozott min—max.									
$w_1=0,0; w_2=0,1;$	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									
$w_1=0,6; w_1=0,1;$	75	3	57	1000	68,8	46,6	23,2	137,7	—1000
$w_3=0,6; w_1=0,1;$	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	66,1	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	17,4	126,4	—1020
Normál súlyozás									
$w_1=0,6; w_1=0,1;$	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

— acéllemez fajlagos anyagköltsége  $k_{ac}=17 \text{ Ft/kg}$

— felület-előkészítés fajlagos anyagköltsége  $k_{fel}=216 \text{ Ft/m}^2$

A terhelőerő  $F=10\,000 \text{ (N)}$ , a műanyagbeton sűrűsége  $\rho_{mb}=2,3 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ . Az optimalás eredményeit a táblázat tartalmazza. A négy változó diszkrét értéksoránál a lépéstáv sorrendben a következő: 1, 1, 1, 20 mm.

Az ismertett 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 keresünk. Abban az esetben, ha ezen célfüggvény válik dominálóvá, ugrás-szerűen megnövekszenek mind a méretek, mint a költségek.

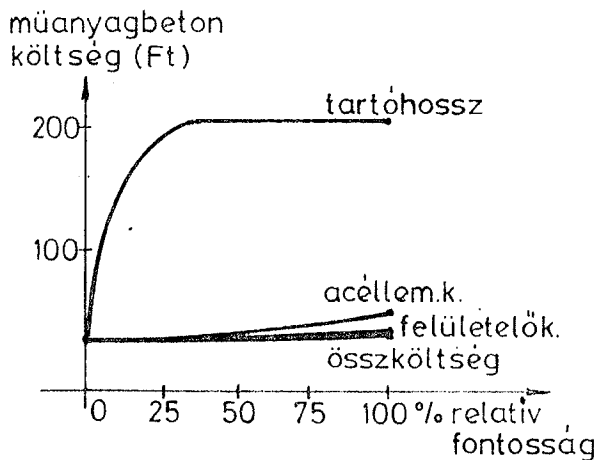
Általában azonban az első négy feltétel hosszcsökkentő hatása érvényesül. A súlyozó tényezők egészen speciális összetétele esetén és igen szűk tartományban történik meg az átmenet az ötödik feltétel dominanciája felé. A hossznál általában aktívak a méretkorlátozási feltételek.

### Összehasonlítás

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

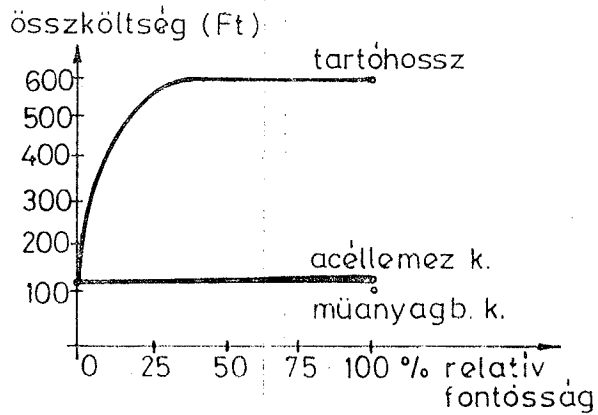
Látható, hogy a legnagyobb hatása a tartóhossznak van a költségekre. Kiemelhető, hogy jelentős hatás van a műanyagbeton és az acéllemez költsége között mindkét irányban. Ennek oka, hogy a szükséges inercia miatt az egyik rétegvastagság csökkenése a másik növekedését vonja maga után. Az összköltség és a felület-előkészítési költség hatása nagyon kicsi.

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



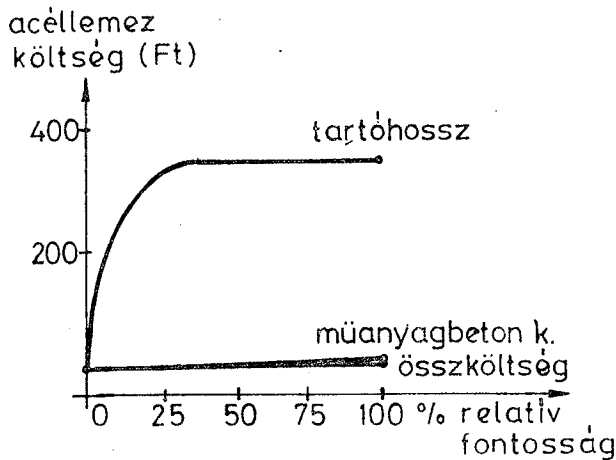
G 70-2

2. ábra. A műanyagbeton költsége



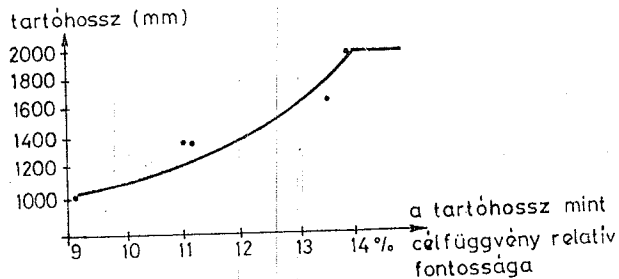
G 70-5

5. ábra. A tartó összköltsége



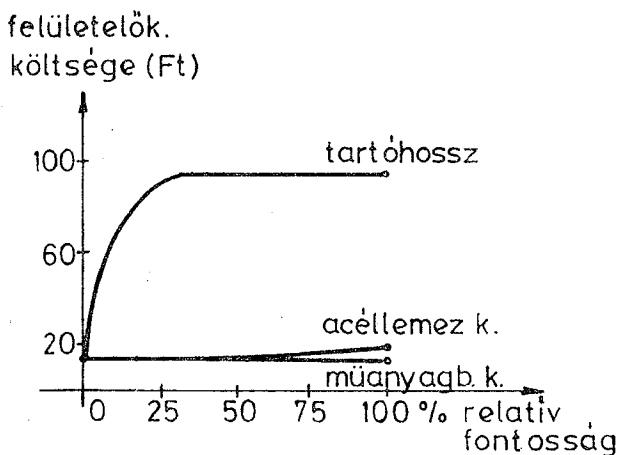
G 70-3

3. ábra. Az acél borítólemezek költsége



G 70-6

6. ábra. A tartóhossz változása a súlyozó tényezők függvényében



G 70-4

4. ábra. A felületkészítési költség

Látható milyen éles az átmenet, amelynél az ötödik célfüggvény dominálóvá 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 döntésségítő programrendszer futtatásai által [2].

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

#### IRODALOM

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