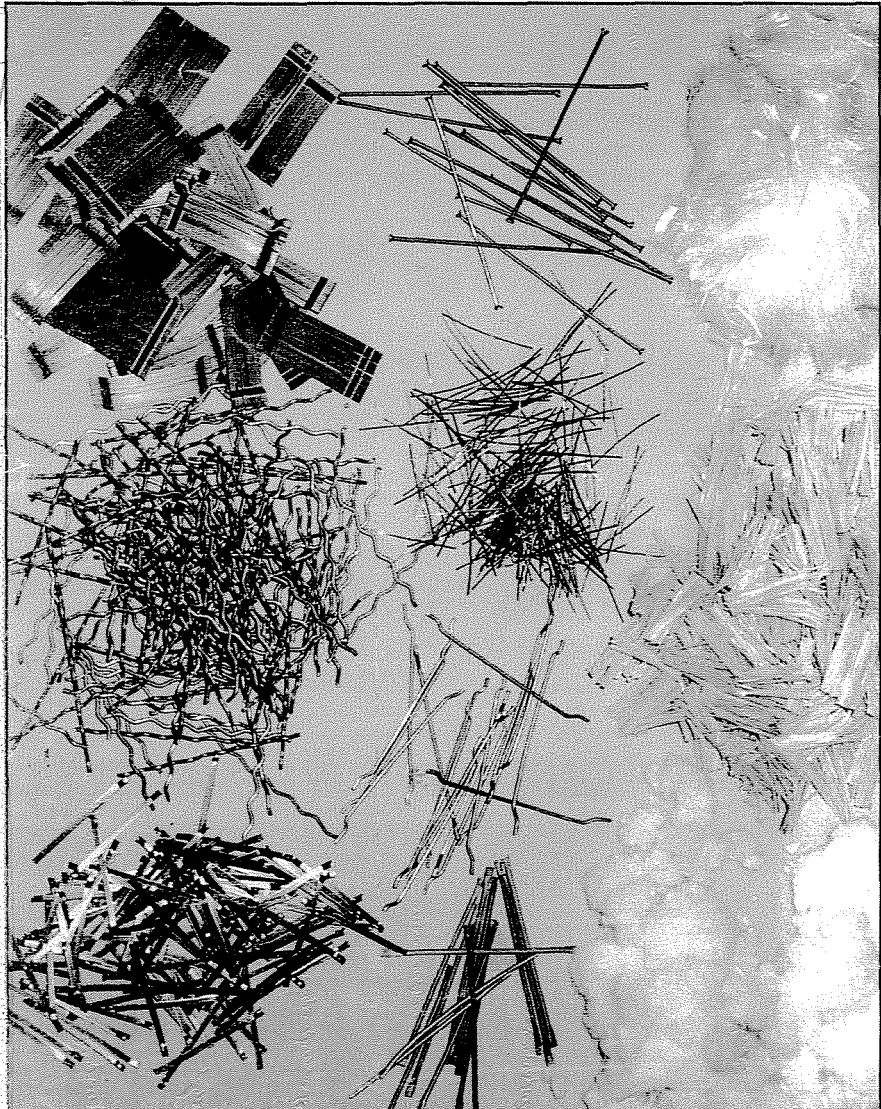
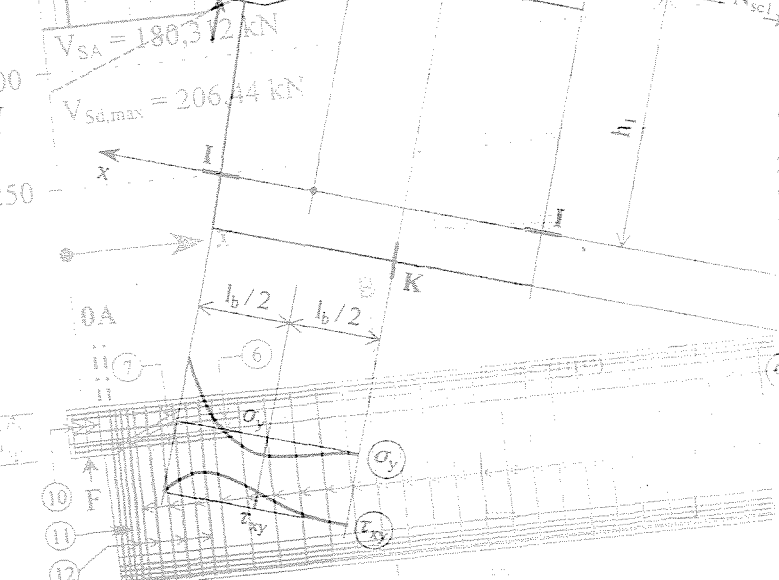


# VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES  
QUARTERLY TECHNICAL PAPER

HUNGARIAN GROUP OF **fib**



**„Szálerősítésű betonok” konferencia**  
1999. március 4-5. (Program: 30. oldal)

Dr. Balázs L. György és  
Polgár László

## Szálerősítésű betonok múltja, jelene és jövője

3. oldal

Dr. Csíki Béla

## Körhenger-tartályok igénybevételei hőmérsékletváltozás és zsugorodás hatására

11. oldal

Péter Gábor Zoltán és  
Dr. Tóth László

## Vasbeton iszap- rothasztók

17. oldal

Wellner Péter

## Szakaszos előretolá- sos technológiával épült felüljáró Debrecenben

21. oldal

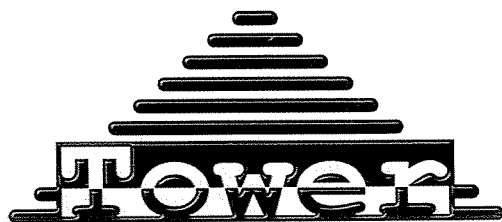
Dr. Tassi Géza

## Magyarország beszá- molója a FIP amsz- terdami kong- resszusán

27. oldal

# 99/1

I. ÉVFOLYAM 1. SZÁM



3D model builder

Planet

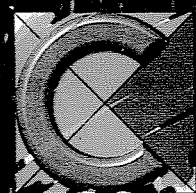
PanelPro

**mérnöki programok. mérnököktől. mérnököknek.**

The Radimpex logo consists of the word "RAD" in a large, bold, sans-serif font above the word "impex" in a smaller, lowercase, sans-serif font. A stylized starburst or arrow-like graphic is positioned behind the letters.

**RAD**  
impex

programfejlesztő:  
Radimpex Bt.



forgalmazó:  
Construct-Trade Kft.



Tisztelt Olvasó!



Ön Magyarország legújabb szakmai folyóiratát tartja a kezében. Megtiszteltetés számomra, ha ezt Önnek röviden bemutatnom.

A vasbeton szerkezetek építéstechnológiája és a felhasznált anyagok óriási fejlődésen mentek keresztül az elmúlt másfél évszázadban. Továbbra is elmondhatjuk, hogy a beton és a vasbeton a legnagyobb mennyiségben felhasznált, és a legkönnyebben hozzáférhető építőanyag. Minden olyan alak létrehozható belőle, amelynek a zsaluzatát el tudjuk készíteni, és általában gazdaságos megoldást is kínál.

Feltétlenül szükségünk van egy olyan folyóírra, amely összpontosítja a figyelmét erre a kiváló anyagra, és a felhasználásával készülő szerkezetekre. A legtöbb országban létezik betonnal és vasbetonnal foglalkozó folyóirat. Nálunk csak elszórtan jelenhetnek meg ilyen cikkek. A *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozata a VASBETONÉPÍTÉS című szakmai folyóirattal ezt a hiányt szeretné pótolni.

Elég, ha itt csupán annyit említek meg, hogy az iparilag elérhető betonszilárdság az utóbbi időben a korábbi, szokványos szilárdságoknak többszörösére növekedett. Laboratóriumi körülmények között a betonacélok szilárdságát megközelítő szilárdságú betonokat is elő lehet állítani. Az új adalékszerek és betontechnológiai módszerek akár azt is lehetővé teszik, hogy tömörítés nélkül betonozzunk (öntömörítő betonok), stb. Az új vasalási és zsaluzási rendszerek segítik a gyors kivitelezést, miközben az előregyártás is megőrizte fontos szerepét rövid építési időt lehetővé téve. Mindezek hozzájárulnak a jobb minőség és a nagyobb tartósság biztosításához. Ma már talán nem is tudnánk megoldani műszaki feladatainkat vasbeton nélkül (gondoljunk csak az épületekre, csarnokokra, hidakra, alagutakra, vízepítési létesítményekre, stb.). Eközben egyre nagyobb esztétikai követelményeket tudunk kielégíteni. Mindemellett hangsúlyozni kell a vasbeton célszerű (és nem erőltetett) felhasználását.

A VASBETONÉPÍTÉS című folyóirat elsődleges célja, hogy segítségével közkinccsé tegyünk a beton-, a vasbeton- és a feszített vasbeton építés terén elért legújabb hazai és külföldi eredményeket (szerkezeteket és kutatási eredményeket) valamint bemutassuk a legújabb fejlesztési irányokat.

Írásos fórumot szeretnénk biztosítani a vasbeton anyagaival és a vasbeton, valamint feszített vasbeton szerkezetekkel kapcsolatos elemző – gyakorlati és elméleti – cikkek számára a szerkezet-, a víz- és a közlekedésepítés területeit összefogva. Ezen belül foglalkozunk a vasbeton szerkezetek megvalósulását elősegítő minden egyes területtel, amelyek magukban foglalják a tervezés, a kivitelezés, az anyaggyártás (beleértve az adalékszereket), a betontechnológia, az előregyártás, a beruházás, az

üzemeltetés, a felújítás, a megerősítés, a kutatás, a műszaki szabályozás és a minőségbiztosítás kérdéseit. A címbe VASBETONÉPÍTÉS szó mindazokat hivatott tükrözni. A vasbeton szóba pedig a hagyományos értelmezés mellett beleértjük beton oldalról a könnyű adalékos és egyéb különleges betonokat, valamint a betétek oldaláról a legújabb, korrózióálló, nem acél anyagú betéteket is. Cikket mindazok megjelentethetnek, akik a vasbetonépítést fontosnak tekintik, és be szeretnék számolni tapasztalataikról, eredményeikről, büszkeségeikről. Mindehhez a *fib* Magyar Tagozata biztosítja a formai keretet a támogató cégek és intézmények segítségével (lásd a tartalomjegyzék mellett felsorolva), amelyeknek ezúton is köszönetet szeretnék mondani.

Ezen soraimmal, mint látható, nem csak a tisztelt Olvasókat szeretném bátorítani folyóiratunk következő számainak kézhezvételére, hanem azokat is, akik úgy érzik, hogy fenti célok elérését kézírataik benyújtásával is elősegíthetik.

Ez a folyóirat felépítésében valamint tartalmi és formai követelményeiben is szeretne újdonságokat nyújtani. A Szerkesztőbizottság mellett például létrehoztunk egy *Lectori Testületet* is, melynek tagjai több évtizedes tapasztalataikon alapulva hivatottak örködni a folyóirat magas színvonalának elérésén, ill. későbbiekben annak megtartásán. A szakmai cikkek felépítése a nemzetközi szakirodalomban sokat változott az elmúlt időszakban, amit szintén követni szeretnénk (pl. nem jelenhet meg cikk végső megállapítások (konkluziók) nélkül, áttekinthető hivatkozási rendszerre van szükség, stb.). Ezzel szándékozunk elősegíteni, hogy a tisztelt Olvasó a lehető legrövidebb időn belül megtalálja a számára fontos információkat. Emellett felhívjuk a figyelmét a hazai és a nemzetközi szakmai rendezvényekre, hogy azok ne csak a rendező egyesület tagjai előtt váljanak ismertté, hanem mindazok számára, akik egy-egy témakörben jártasságra szeretnék szert tenni.

A VASBETONÉPÍTÉS című folyóirat kezdetben negyedévenként jelenik meg magyarul, amit évente kiegészít egy ötödik, angol nyelvű szám a négy magyar nyelvű szám cikkeiből készített válogatásként.

Megköszönöm a magam és a Szerkesztőbizottság nevében, hogy Ön érdeklődéssel fordult a VASBETONÉPÍTÉS felé. Egyúttal ígérjük, hogy mindent megteszünk a vasbetonépítés rangjának megőrzéséért és a tisztelt Olvasó érdeklődésének kielégítéséért, forduljon ő hozzánk akár szakmai berkekből, akár a vasbetonépítés csodálojaként.

Budapest, 1999. jan. 20.

Dr. Balázs L. György  
a *fib* Magyar Tagozat elnöke  
főszerkesztő

**Főszerkesztő:**  
Dr. Balázs L. György

**Szerkesztő:**  
Dr. Bódi István

**Szerkesztőbizottság:**

Beluzsár János,  
Csányi László,  
Dr. Csíki Béla,  
Dr. Erdélyi Attila,  
Dr. Farkas György,  
Kolozsi Gyula,  
Lakatos Ervin,  
Mátyássy László,  
Polgár László,  
Telekiné Királyföldi Antónia,  
Dr. Tóth László,  
Vörös József,  
Wellner Péter

**Lektorai testület:**

Dr. Deák György,  
Dr. Dulácska Endre,  
Dr. Garay Lajos,  
Dr. Kármán Tamás,  
Királyföldi Lajosné,  
Dr. Knébel Jenő,  
Dr. Lenkei Péter,  
Dr. Loykó Miklós,  
Dr. Madaras Gábor,  
Dr. Szalai Kálmán,  
Dr. Tassi Géza,  
Dr. Tóth Ernő,  
Dr. Träger Herbert,  
(Kéziratok lektorálására más kollégák is  
felkérést kapnak.)

A VASBETONÉPÍTÉS  
műszaki folyóirat  
a *fib* Magyar Tagozata lapja  
(*fib* = Nemzetközi Betonszövetség),

Megjelenik évente öt alkalommal  
(négy magyar és egy angol nyelvű szám),

Alapító: a *fib* Magyar Tagozata,

Kiadó: a *fib* Magyar Tagozata,  
© a *fib* Magyar Tagozata,  
Szerkesztőség: a *fib* Magyar Tagozata,  
1111 Budapest, Bertalan L. utca 2.,  
Tel: 463 1751, Fax: 463 1784,

Nyomdai előkészítés és nyomtatás:  
RONO Bt.,

Egy példány ára: 750 Ft,

Előfizetési díj egy évre: 3000 Ft,

ISSN 1419-6441

## TARTALOMJEGYZÉK

- 1 Dr. Balázs L. György  
**Beköszöntő**
- 3 Dr. Balázs L. György és Polgár László  
**Szálerősítésű betonok múltja,  
jelene és jövője**
- 11 Dr. Csíki Béla  
**Körhenger-tartályok igénybe-  
vételei hőmérsékletváltozás  
és zsugorodás hatására**
- 17 Péter Gábor Zoltán és Dr. Tóth László  
**Vasbeton iszaprohasztók**
- 21 Wellner Péter  
**Szakaszos előretolós techno-  
lógiával épült felüljáró Debre-  
cenben**
- 26 Rendezvénynaptár – Műszaki  
rövidhírek
- 27 Dr. Tassi Géza  
**Magyarország beszámolója  
a FIP amszterdami kongresszusán**
- 30 Egyesületi hírek  
**„Szálerősítés betonok”  
konferencia**

A folyóirat támogatói:

Királyföldi Lajosné, Bekaert, HÍDÉPÍTŐ Rt., MSC Magyar SCETAURROUTE  
Mérnöki Tervező és Tanácsa Kft., Pfeiderer Lábatlani Vasbetonipari Rt.,  
MÉLYÉPTERV KOMPLEX Mérnöki Rt., Peristyl Kft., Techno-Wato Kft.,  
STABIL PLAN Kft., Pont-TERV Rt., BVM Épelem Kft., UNION PLAN Kft.,  
BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke, BME Építőanyagok Tanszék

# A SZÁLERŐSÍTÉSŰ BETONOK MÚLTJA, JELENE ÉS JÖVŐJE



Dr. Balázs L. György és Polgár László

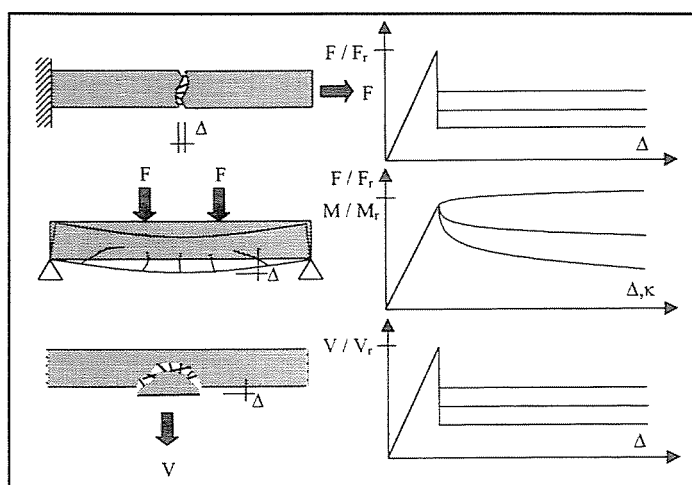
A különféle szálak alkalmazása a vasbetonépítésben világviszonylatban és hazánkban is dinamikusan fejlődött az elmúlt évtizedben annak ellenére, hogy az ismereteink hiányosak voltak. Hazánkban már több, mint 1 millió m<sup>2</sup> ipari betonpadló készült acélszálak felhasználásával. Ez csupán 1998-ban több, mint 1600 t acélszál beépítését jelentette, és az eddigi adatok elemzése további növekedést sejtet. A műanyagszálak felhasználása is jelentős növekedést mutatott az elmúlt években. A jövőbeni vizsgálatok – az anyagjellemzők pontosítása mellett – elsősorban az új alkalmazások keresésére és a tervezés, ill. modellezés módszereinek fejlesztésére fognak irányulni.

**Kulcsszavak:** szálerősítés, száلكarcsúság, szállalak, kritikus hossz, szívósság, tartósság, acélszál, műanyagszál, üvegszál, szénszál, aramidszál

## 1. BEVEZETÉS

A szálerősítésű anyagok ötlete évezredekre nyúlik vissza. Már az egyiptomiak szalmát és állati eredetű szőrszálakat keverték az agyaghoz, hogy annak szívósságát és tartósságát javítsák. A beton esetén hasonló hatást szeretnénk elérni. Acélszálak alkalmazását betonban Romualdi és Batson (1963) valamint Romualdi és Mandel (1964) kísérletei alapozták meg a 60-as évek elején.

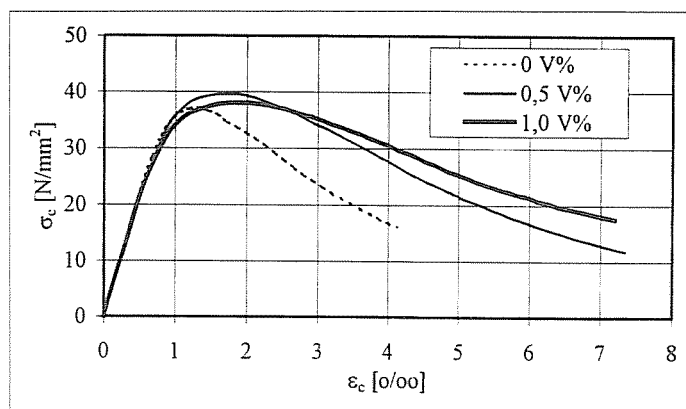
Az 1. ábrán bemutatjuk a tengelyirányú húzó, a hajlító és a tengelyre merőleges húzó igénybevételek esetén kapható erő-elmozdulás jelleg diagrammokat. Látható, hogy a berepedést követően a húzófeszültség nem esik le zérusra, hanem közel konstans értéken állandósul. A gerenda erő-lehajlás vagy nyomaték-görbület ábrája közel rugalmas-képlékeny viselkedésű, esetleg annál kissé lejjebb vagy följebb fut a szál típusától, de főleg a mennyiségétől függően. A maradó húzószilárdságnak azért nagy a jelentősége, mert ezzel csökkenthetjük (néhány esetben kiküszöbölhetjük) a beton viszonylag kis húzószilárdságából (és a húzószilárdság nagy szórásából) eredő nehézségeket.



1. ábra Szálerősítésű betonelemek sématisikus erő-elmozdulás ábrái acélszál alkalmazása esetén (Falkner, 1998 alapján)

A szál nélküli és a szálerősítésű betonok nyomó vizsgálati eredményeiből (2. ábra) azt is kiolvashatjuk, hogy a szálmennyiség növelésével nő a törési összenyomódás és a  $\sigma$ - $\epsilon$  ábra alatti terület, ami az anyag szívósságának vagyis energiaelnyelő képességének növekedésére utal.

A szálerősítésű beton iránti óriási érdeklődést igazolja a 3. ábra, amin

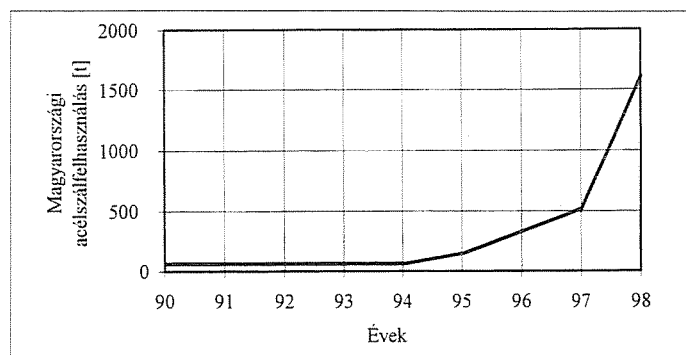


2. ábra A törési összenyomódás és az energiaelnyelő képesség növekedése a száltartalom növelése esetén, acélszál: DRAMIX ZC 30/5 (Balázs és Erdélyi, 1996)

a hazánkban 1990 óta beépített acélszálak mennyiségének növekedését láthatjuk. 1990 és 1994 között évente hozzávetőlegesen 100 tonna acélszálát építettünk be. Az évi mennyiség azonban 1997-re már meghaladta az 500 tonnát és 1998-ra az 1600 tonnát.

A szálak anyaga, valamint geometriai és mechanikai jellemzőik lényegesen befolyásolják a szálerősítésű betonok tulajdonságait. Már most fel kell hívni a figyelmet arra, hogy ha a szálakat nem megfelelően dolgozzuk be, akkor a szálak a beton tulajdonságait kedvezőtlenül is befolyásolhatják: pl. nöhet a porozitás (légzárványosság), csökkenhet a szilárdság, csökkenhet a tapadás, stb. A keverésre és a bedolgozásra ezért igen nagy gondot kell fordítanunk.

3. ábra A Magyarországon beépített acélszálak mennyisége 1990 és 1998 között (becsült értékek az összmennyiségre vonatkozóan)



Jelen cikkünk célja, hogy áttekintsük a szálerősítésű betonok fő jellemzőit, mechanikai viselkedését, alkalmazási területeit, modellezési lehetőségeit. A kísérletek és alkalmazások számának megfelelően a legtöbb eredményt acélszálra, majd műanyagszálra és a legkevésbé üvegszálra és szénszálra tudjuk bemutatni. Könyv formájában megjelent, *áttekintő művekként javasolhatjuk* a következő forrásmunkákat időrendi sorrendben megadva, magyar nyelven: Szabó (1976), Palotás és Balázs (1980); angol nyelven: Hannant (1978), ACI (1987), Reinhardt and Naaman (1992), Balaguru and Shah (1992), Naaman and Reinhardt (1996). Az egyes kérdésekhez tartozó cikkeket a témák részletezésénél adjuk meg.

## 1.1. Fogalmak

Új anyagok megjelenése esetén mindig új fogalmakat is kell alkotnunk. A szálerősítésű betonok elterjedt angol nyelvű rövidítése FRC (fiber reinforced concrete). A szál anyagát ezen szavak előtt tüntetjük föl, s így kapjuk például az acélszál erősítésű beton (SFRC, S=steel), a polipropilén-szál erősítésű beton (PPFRC), az üvegszál erősítésű beton (GFRC, G=glass) vagy a szénszál erősítésű beton (CFRC, C=carbon) megnevezéseket. Acélszálak esetén hazánkban forgalomban voltak még az acélhajbeton és az acélorostbeton kifejezések is.

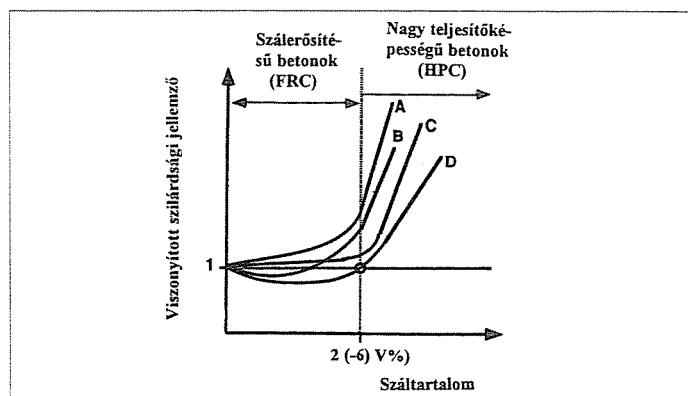
A szálak befogadó anyagát *ágyazó anyagnak* nevezzük (angolul: matrix). Az ágyazóanyag esetünkben beton (ill. esztrich vagy habarcs). A *száltartalom* megadja a szálak térfogatát, ill. tömegét a szálerősítésű beton egységnyi térfogatára vonatkoztatva, s ezek egymásba könnyen átszámíthatók a szál térfogatsúlyának figyelembevételével. Így például 1 térfogatszázalék acélszál 78,5 kg/m<sup>3</sup>-nek felel meg. A térfogatszázalék (V% angolul: volume fraction) használata kedvezőbb az acél, ill. a műanyag és egyéb szálak vizsgálati eredményeinek összehasonlításakor, mint a térfogategységre vonatkoztatott tömeg. A *szálhossznak* (l) határt szab részben a keverhetőség, részben pedig a szál kihasználhatósága. Túl rövid szálak kihúzódhatnak, túl hosszú szálak jelentős része nincs kihasználva. A szálak mentén ébredő kapcsolati feszültség fordítottan arányos a szálhosszal. A *kritikus hossz* adja meg azt a szálhosszat, amely éppen elegendő a szál folyási határának eléréséhez. Ennél rövidebb szálak kihúzódása várható, hosszabbak esetén azok szakadása. A szálak egyik fő geometriai jellemzője a *szálkarcsúság* (l/Ø) (angolul: aspect ratio), amelyet a szálhossz és a szálátmérő arányával fejezünk ki. Acélszálak karcsúsága jellemzően az 50–100 tartományba esik. Műanyag szálak kis átmérője miatt karcsúságuk ettől eltérő lehet.

## 1.2. Szálerősítésű beton – nagy teljesítőképességű beton

A száltartalom függvényében megkülönböztetünk kis és nagy száltartalmú betonokat (4. ábra és 1. táblázat). A kis száltartalmú betonokat tekintjük hagyományos értelemben vett szálerősítésű betonoknak, amelyek 0,1–2 V% acél-, műanyag-, üveg-, ill. szén- (vagy vegyesen acél- és műanyag-) szálakat tartalmaznak hagyományos (feszített vagy nem feszítet-

1. táblázat Kis és nagy száltartalmú betonok fő jellemzői

JELLEMZŐK	SZÁLERŐSÍTÉSŰ BETONOK (FRC)	NAGY TELJESÍTŐKÉPESÉGŰ BETONOK (HPC) pl. SIFCON, SIMCON
Száltartalom:	kis száltartalom: 0,1-2 (6) V%	nagy száltartalom: 2 (6)-27 V%
Szálak:	acélszálak vagy műanyag-, üveg-, ill. szénszálak vagy acél- és műanyagszálak vegyesen	elsősorban acélszálak
Adalékanyag:	d <sub>max</sub> : 4, 8, 16 vagy 32 mm	d <sub>max</sub> : 4 mm
Vasalás:	Hagyományos feszített vagy nem feszített vasalás egyidejűleg lehetséges.	Hagyományos vasalás nem lehetséges.
Szilárdsági jellemzők:	A szilárdsági jellemzők általában nem változnak jelentősen.	A szilárdsági jellemzők jelentős növekedése várható.
Bedolgozás:	A szálak adagolása a betonhoz.	A beton (habarcs) adagolása a szálakhoz.



4. ábra A szilárdsági jellemzők megváltozása a száltartalom növelésével. Sematikus ábra – A, B, C, D: különféle szálak, ill. bedolgozási viszonyok esetétén (Naaman, Paramasivan, Balázs et al., 1996)

tett) vasalással együtt vagy anélkül. A száltartalom jellemzően 0,1–2,0 V%, de vannak olyan termékek is (pl. vékony, üvegszálak lemezek), amelyek száltartalma 5–6 V%. (A 2–6 V% közötti adagolást így átmeneti tartománynak tekinthetjük.) Elsősorban gazdaságossági okok miatt az alábbiakban a 0,1–2 V% száltartalmú betonokkal foglalkozunk. Mint látni fogjuk, jellemzőjük, hogy a beton tulajdonságait már sokféle vonatkozásban megváltoztatják, de jelentős szilárdságnövekedést általában nem eredményeznek. A szálakat vagy a száraz vagy a nedves betonkeverékhez adagoljuk.

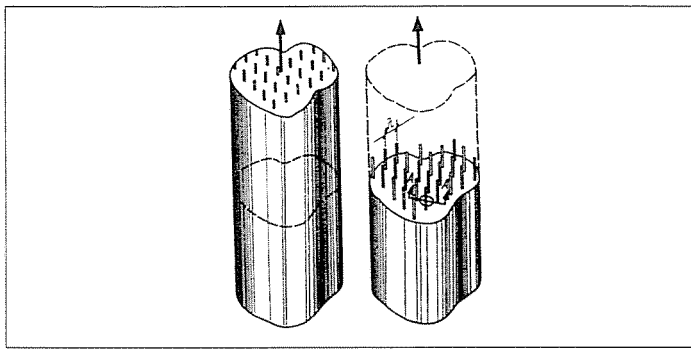
Ha a száltartalmat erősen megnöveljük (2, ill. 6-tól 27 V%-ig), akkor a szilárdság lényeges növekedésére is számíthatunk (az ár érezhető növekedésével egyidejűleg). Ezeket a betonokat a nagy teljesítőképességű betonokhoz (HPC, angolul: high performance concrete) soroljuk. (A nagy teljesítőképességű beton általában igen, de nem kizárólagosan szálerősítésű beton lehet. Ha az adalékanyag szemnyagysága nem haladja meg a 4 mm-t, akkor az angol szakirodalomban használják a nagy teljesítőképességű cement kötőanyagú kompozitok (HPFRCC) kifejezést is.) Ide tartoznak például a SIFCON (angolul: slurry infiltrated fiber concrete) a SIMCON (angolul: slurry infiltrated mat concrete) és a RPC (angolul: reactive powder concrete). A nagy száltartalom miatt a szálak bekeverése hagyományos módszerekkel már nem végezhető el, ezért a szálakat helyezzük el először a zsaluzatban, és arra öntjük rá a kisszemcsés (d<sub>max</sub> = 4 mm) cementhabarcsot. Ezekkel az anyagokkal jelen dolgozatunkban nem foglalkozunk részletesen, csupán fő jellemzőiket mutatjuk be a 4. pontban.

## 1.3. A szálak geometriai és mechanikai jellemzői

A szálerősítésű betonokhoz elsősorban acél-, műanyag- (polipropilén-, polietilén-, nylon-, akril-) valamint korábban üveg-, azbeszt- és újabban szén- és aramidszálakat használunk (Sebők, 1983, Kiss, 1991; Kausay, 1994). Mindezen szálak geometriai és mechanikai jellemzőit a 2. táblázatban foglaltuk össze. A szálak térfogatsúlya, rugalmassági modulusa,

2. táblázat A szálak geometriai és mechanikai jellemzői (Balaguru and Shah (1992) valamint Hannant (1978) alapján)

Száltípus	Ø Átmérő µm	ℓ Hossz mm	γ Térf. súly kN/m <sup>3</sup>	E Rugmod. N/mm <sup>2</sup>	ν Poisson tényező	f <sub>t</sub> Húzószil. N/mm <sup>2</sup>	ε <sub>n</sub> Szakadó- nyúlás, %
acél	100-600	10-60	78,5	200 000	0,28	700-2000	3,5
polipropilén	100-2000	5-75	9,0	<5 000	0,29-0,46	400	8-18
nylon	>4	5-50	11,4	<4 000	0,40	750-900	13,5
E-üveg	8-10	10-50	25,4	72 000	0,25	3 500	4,8
AR-üveg	8-10	10-50	27,4	78 000	-	2 500	2,5
aramid	10-12	10-20	14,4	50 000-150 000	-	3 500	
szén	8-10	10-20	18,0	150 000-300 000	0,35	1 800-3 500	0,8-1,6
Azbeszt	0,2-30	5-40	25,5	164 000	0,30	200-1 800	2,3



5. ábra Drótbetétes betonelem elvi ábrája az irodalomban elsők között számontartott szálerősítésű beton kísérletekhez (Romualdi and Batson, 1963)

húzószilárdsága és szakadó nyúlása jelentősen eltérő, így elsődleges felhasználási körök is eltérő lehet.

A szálak alakjának megválasztása a szálak tapadását vagy lehorgonyzóképeségét hivatott segíteni. Az egyes acélszálak mellett ezért megjelentek hullámos, kampós végű, rovátkolt vagy bordázott felületű szálak is. A műanyag szálak simák, hullámosak vagy egymással hálószerűen összekapcsoltak lehetnek. A szén és aramid szálak sima felületűek és egyenesek.

## 2. A SZÁLERŐSÍTÉSŰ BETONOK MÚLTJA

Romualdi és Batson (1963) gerendakísérletei során (amelyeket az irodalom az elsők között említ) még egymással párhuzamosan végigfutó 0,9, ill. 1,6 mm átmérőjű acélszálakat alkalmaztak (5. ábra). A kísérleti eredmények kedvezőek voltak mind a repedéstágasság, mind pedig a törőteher szempontjából. A további vizsgálatok során mind ők (Romualdi and Batson, 1964), mind pedig mások már nem irányított, hanem véletlenszerűen elhelyezkedő szálakat alkalmaztak. A szálak kezdetben a legkönnyebben hozzáférhető, sima felületű acélszálak voltak. Műanyag szálakkal az első vizsgálatot Goldfein (1965) végezte. A műanyag szálak jelentős alkalmazása azonban csak a 70-es évek végén következett be.

A zsaluzatok és a betontechnológia fejlődése mellett a vasalások kialakítása is fejlesztésre várt az építési sebesség növelése érdekében. Ezért nem véletlen, hogy elsősorban a kivitelező vállalatok keresték a megoldásokat a vasbetonépítés termelékenyebbé tételéhez. Természetes módon adódott, hogy a szálerősítésű betonok alkalmazása világviszonylatban azokon a területeken kezdődött el (és maradt máig is az alkalmazások súlypontja), amelyek az esetleges bizonytalan működéssel kapcsolatos kockázat kicsi volt – mint például a betonpadlóknál – ahol a lemez esetleges törése nem jár leszakadással, és viszonylag könnyen javítható.

Az első hazai, nagy méretű acélszálerősítésű betonpadló 1989-ben készült a Suzuki esztergomi autógyárának szerelőcsarnokában DRAMIX acélszállal. Erre az alkalmazásra akkor a vákuumbeton alternatívájaként került sor. Ettől kezdve évről-évre növekedett az acélszálak alkalmazása, annak ellenére, hogy hiányosak voltak az ismeretek. 1989 óta mintegy 1 millió m<sup>2</sup> ipari betonpadló készült hazánkban acélszál-erősítésű betonból.

A Suzuki csarnokbeli alkalmazást azonban hazánkban jóval megelőzte 80 km acélszálerősítésű SIOME cső gyártása az 1970-es években (Szabó, 1976; Dombi, 1977, 1993), ami összességében 150 000 tonna (60 000 m<sup>3</sup>) szálerősítésű beton bedolgozását jelentette. A csövek átmérője 1000, 1250, ill. 1500 mm, szerkezeti hossza 2400 mm volt. A csövek 40 mm hosszú, 0,38 mm átmérőjű és 1180–1570 N/mm<sup>2</sup> szakítószilárdságú, sima, hidegen húzott acélszálakkal készültek, amelyeket a D4D Drótművek gyártott. A 2,3 V% acélszáladagolás a cső átmérőjétől függően a törőteher 1,5–2,7-szeres növekedését eredményezte. A csövek kellőképp vízzárónak és tartósnak bizonyultak. A pozitív tapasztalatok ellenére sajnos a következő alkalmazások sokáig vártak magukra.

## 3. A SZÁLERŐSÍTÉSŰ BETONOK JELENE

A vizsgálatok túlnyomó többségében a szálak és a szálerősítésű betonanyag mechanikai jellemzőinek meghatározását tűzték és tűzik ki célul a kutatók. Aránylag kevés vizsgálati eredmény ismeretes szálerősítésű betonból készült szerkezeti elemekkel. A legnagyobb lemaradás a szálerősítésű

sítésű beton viselkedésének modellezésében tapasztalható. Általános érvényű és általánosan elfogadott modellek még világviszonylatban sem állnak a tervezők rendelkezésére. Ebből kifolyólag a szálerősítésű betonok szabványosításában is jelentős lemaradás tapasztalható.

A legszélesebb körű felhasználásra az acélszál, majd a műanyagszál talált. Az azbesztszál használatát egészségügyi okokból betiltották. Üvegszálakat nagy mennyiségben használtak külföldön a 80-as években. A szálak azonban nem bizonyultak kellőképpen alkáliállóknak. További alkalmazásukhoz hosszútávon alkáliálló üvegszálak kifejlesztésére van szükség. A szén és az aramid szálak alkalmazása csak napjainkban kezdődött meg pl. homlokzati falpanelekekhez. Széleskörű alkalmazásuknak pillanatnyilag magas árak szab korlátot.

### 3.1. A szálerősítésű beton keverése

A szálerősítésű betonok keverése sokáig komoly nehézséget jelentett. Keverés közben legfontosabb célunk, hogy elkerüljük a szálak egymásba kapaszkodását, mert a kialakuló labdaszerű képződmény nem esik szét, hanem fokozatosan növekszik. Ennek elkerülésére különféle technikák alakultak ki. Egyik lehetséges út, hogy a szálakat keverés előtt szétválasztjuk, vagy éppen fordítva, vízdékony ragasztóval összeragasztjuk őket (mint pl. a DRAMIX szálak esetén), és azok csak a nedves keverékben válnak szét. Ma már a szálak bekeverése nem jelent műszaki problémát. Kaphatók mind acélszálból (pl. DRAMIX), mind műanyagszálból (pl. FORTA-FIBRE) olyan kiserelések is, amelyeket elegendő zacskóstól együtt az építés helyszínén a mixerbe dobni, és néhány percig tovább keverni.

A keverhetőséget a szilikapor alkalmazása is javítja. A nagyobb finomrész tartalmú keverékbe a szálak könnyebben és nagyobb mennyiségben keverhetők bele (Bálint, 1999).

### 3.2. Anyagjellemzők

#### 3.2.1. A frissbeton tulajdonságai

Keveréskor figyelembe kell vennünk, hogy a szálak mind a bedolgozhatóságot, mind a beton porustartalmát befolyásolják. A száltartalom és a szálhossz növelésével a bedolgozhatóság romlik. A kedvező bedolgozhatóság és a kis víz-cement tényező tarthatósága érdekében szinte kötelező folyósítószer, esetleg képlékenyítőszer alkalmazni. Bedolgozás közben a betont vagy a zsaluzatot megfelelő frekvencián vibrálni kell.

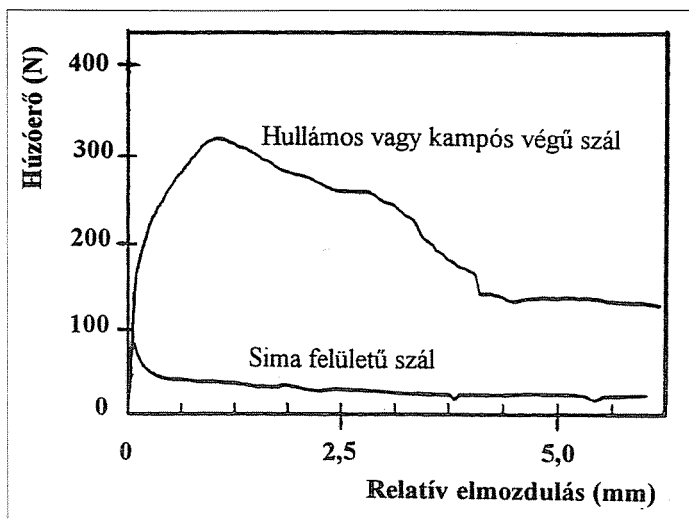
A műanyagszálak egyik kiváló tulajdonsága, hogy csökkentik a frissbetonkeverék repedésérékenységét a betonozást követő 1–2 órában. Jellegzetes alkalmazásokat találhatunk ezért olyan elemeknél, amelyeknél a korai repedések kialakulásának megelőzése hangsúlyozottan fontos.

#### 3.2.2. A szálak tapadása

Alig van a szálerősítésű betonnak olyan tulajdonsága, ami nem függ a szálak tapadásától (Naaman and Najm, 1991). A szálak tapadása elsősorban a szálak anyagától, alakjától, felületi kialakításától, az agyazóanyag mechanikai tulajdonságaitól, a száltartalomtól és a terhelés sebességétől függ.

Egyenes acélszál esetén a húzóerő közel lineárisan növekszik a szál megcsúszásáig, majd visszaesik és csekély mértékben csökken a kihúzóerő (relatív elmozdulás) növekedtével (6. ábra). Hullámos, bordás vagy kampós végű szálak tapadási szilárdsága a sima szálénak 3–4-szeresét is eléri, s így a kihúzóerőhöz szükséges energia is közel ilyen arányban növekszik. Ha a szálvégi kampó a kihúzás közben leszakad, akkor a tapadóerő hirtelen leesik, és a kihúzóerő viselkedés továbbiakban a sima száléhoz hasonló lesz. A maximális kihúzóerőből kísérletileg kapott kapcsolati szilárdság sima szál esetén 1,0–2,8 N/mm<sup>2</sup>, kampós szál esetén 3,5–7,0 N/mm<sup>2</sup> és bordás szál esetén 2,8–6,7 N/mm<sup>2</sup> volt (Naaman and Najm, 1991).

A szálak véletlenszerű eloszlása miatt ismernünk kell a szála ható húzóerő és a szál tengelye által bezárt szög hatását. A tapadási tulajdonságok mellett ekkor a csapathatásból származó ellenállást is figyelembe vehetjük, ami elsősorban a szál anyagától és a bezárt szögtől függ. Acél-



6. ábra Sima és kampós végű acélszálak kihúzóerő-relatív elmozdulás ábrái (Naaman and Najm, 1991)

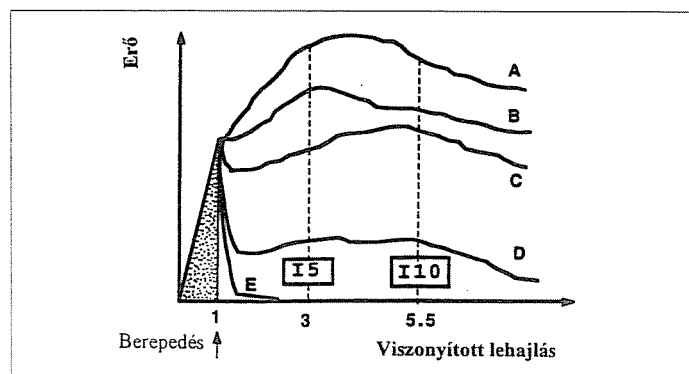
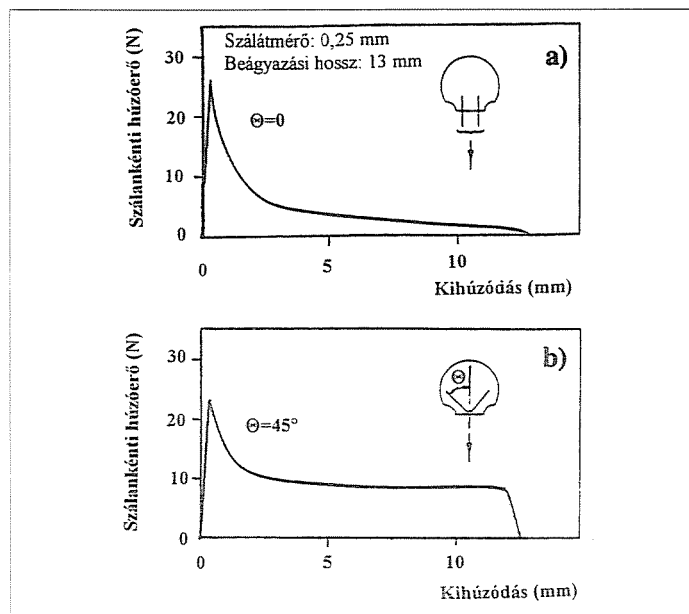
szálak esetén ez a hatás jelentős lehet (7. ábra), műanyag szálak esetén ez általában elhanyagolható.

### 3.2.3. Szívósság

A szálak alkalmazásának egyik elsődleges célja, hogy javítsuk a beton *energiaelnyelő képességét*, amely az erő-lehalás vagy a  $\sigma$ - $\epsilon$  függvény integráljával jellemezhető. A megnövelt szívósság jelenti egyúttal a duktilitást, a fáradási szilárdság és a lökészerű teher alatti teherbírási növekedését is. A szívósság jellemzésére a szívóssági indexet használjuk (Erdélyi A., 1993, 1997). A szívóssági index definíciója az ASTM C-1018 szerint az erő-lehajlás ábra területe az első repedés megjelenésekor mért lehajlás 3-, ill. 5,5-szöröséig (és így tovább) osztva az első repedésig kapott ábra területével. Az utóbbit tekintik a rugalmas energiárésznek. Így kaphatók az I5 és I10, stb. jelű szívóssági indexek (8. ábra). Ez a definíció természetesen kiterjeszhető húzott és nyomott elemre is. Kutatók használják a szívóssági indexet a szálerősítésű és a szál nélküli betonok teljes erő-elmozdulás ábrája alatti területek hányadosaként is. A szívóssági index jól felhasználható a felkeményedő tulajdonság jellemzésére. Kampós végű vagy hullámos acélszálakkal kedvezőbb szívósság érhető el, mint a sima acélszálakkal.

A műanyagszálak rugalmassági modulusa kisebb, mint az acélé és a betoné. A repedések megjelenése után kis száltartalom esetén az ellenállás általában leesik. Nagyobb száltartalom esetén azonban növekedhet,

7. ábra A szál tengelye és a húzóerő által bezárt szög ( $\Theta$ ) hatása a húzóerő-relatív elmozdulás ábrára sima acélszál esetén piskótaszakításkor (Naaman and Najm, 1991)



8. ábra A szívóssági index (I5 és I10) meghatározása hajlított gerenda terhelőerő-lehajlás ábrájából. A, B, C és D: eltérő típusú és száltartalmú szálerősítésű betonok (Naaman and Reinhardt, 1996)

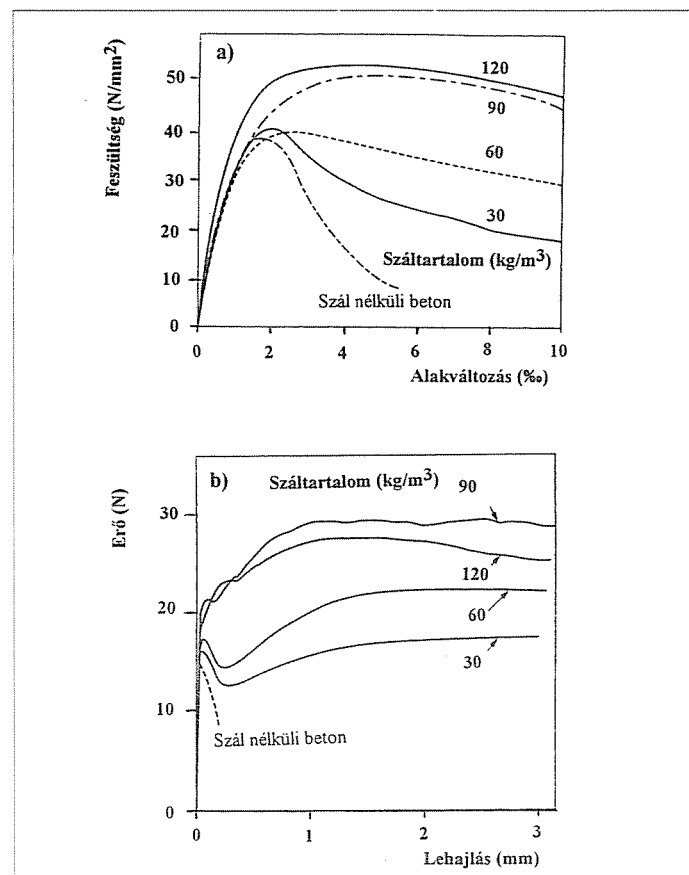
de jelentős alakváltozások, ill. lehajások ébrednek a szükséges húzóerő felépítéséhez. Azonos száltartalom esetén az acélszállal készült beton energiaelnyelő képessége nagyobb, mint a műanyagszálakkal készült (Gopalaratnam et al., 1991).

### 3.2.4. Nyomó-, húzó- és hajlító-húzószilárdság

A 0,1–2,0 V% száltartalom tartományban sem az acél-, sem a műanyagszálaktól sem várhatjuk *nyomószilárdság* jelentős növekedését (Kausay, 1994 és 9.a ábra). A törési összenyomódás és a szívósság azonban növekedni fog. A  $\sigma$ - $\epsilon$  ábra érintőmodulusa szálakkal kisebbre vagy nagyobbra adódhat, mint a szál nélküli betonban, a beton porozitásától függően.

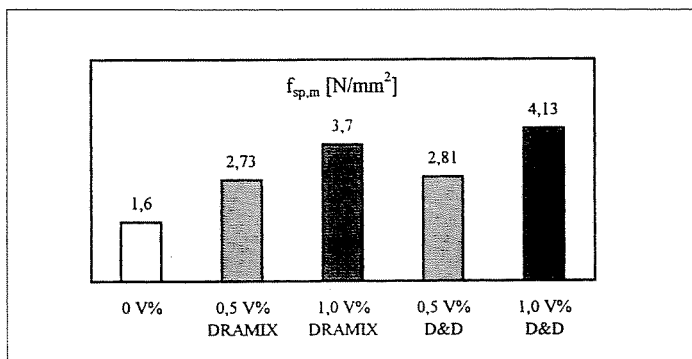
A *húzószilárdság* vizsgálatát végezhetjük tiszta húzásként, kiszélesedő végű húzópróbatesten vagy hasítóvizsgálatként hengeres próbatesten. Tiszta húzásra az 1. ábrán mutattunk be példát, ami felhívta a figyel-

9. ábra Szálerősítésű beton nyomási és hajlítási viselkedése kampós végű acélszálak alkalmazása esetén,  $l=50$  mm (Balaguru and Shah, 1992)  
a)  $\sigma$ - $\epsilon$  ábrák  $\varnothing 150$  mm,  $l=300$  mm-es hengeren  
b) F-a ábrák  $100 \times 100 \times 350$  mm-es gerendán, harmadpontos terheléssel,  $l_g=300$  mm





met a szál-erősítésű beton azon előnyére, hogy az első repedés megjelenésekor a húzószilárdság nem esik le zérusra. A maradék húzószilárdság a szál típusának és a száltartalomnak a függvénye. Ø150 mm és l=300 mm hosszú hengereken végzett vizsgálataink során (Balázs és Erdélyi, 1996) a *hasító-húzószilárdság* jelentős növekedését tapasztalták 0,5 és 1,0 V% acélszáladagolás esetén (10. ábra).

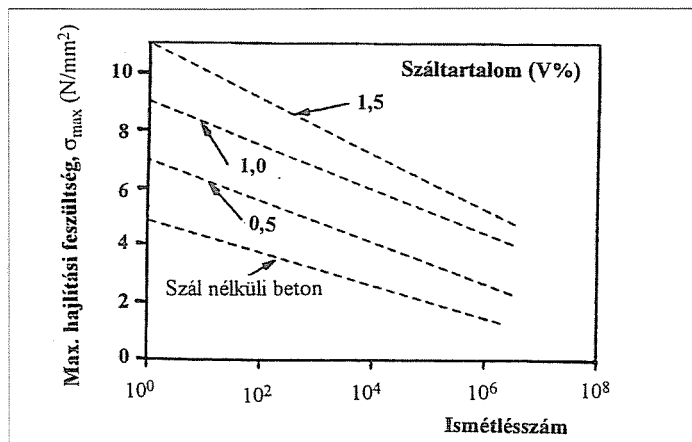


10. ábra Hasító-húzószilárdság növekedése acélszálak alkalmazása esetén (Balázs és Erdélyi, 1996)

Balaguru és Shah (1992) azt javasolják, hogy a *hajlító-húzószilárdság* növekedést 90 kg/m<sup>3</sup> acélszáltartalomig hanyagoljuk el a tervezés során (9.b ábra). Kísérleteikben az energiaelnyelőképesség növekedése a 0-30 kg/m<sup>3</sup> száladagolás tartományban adódott relatíve a legnagyobbra. 30 és 60 kg/m<sup>3</sup> száladagoláskor a berepedést követően az erő visszaesett, majd stabilizálódott (30 kg/m<sup>3</sup>) vagy enyhén növekedett (60 kg/m<sup>3</sup>) (9.b ábra). 90 és 150 kg/m<sup>3</sup> száladagolással visszaesés már nem volt tapasztalható. *Vagyis a repesztőteher utáni növekedés vagy visszaesés a száltartalom függvénye.* A fenti megállapításokat más hazai kutatók is igazolták (Erdélyi A., 1994, 1995)

### 3.2.5. Sokszorismételt és lökésszerű terhelés

Mind az acél, mind pedig a műanyagszálak növelik a beton fáradási szilárdságát. Wu, Shivaraj és Kamakrishnan (1989) hajlító vizsgálatai során kapott Wöhler diagrammot a 11. ábra mutatja 0, 0,5, 1,0 és 1,5 V% acélszáltartalom esetén.



11. ábra A fáradási szilárdság növekedése acélszálak alkalmazása esetén (Wu, Shivaraj and Khamakrishnan, 1989)

Kormeling és Reinhardt (1980) gerendavizsgálatok során azt tapasztalták, hogy szálakkal és hagyományos vasalással ellátott gerendák fáradási szilárdsága jóval nagyobb volt, mint a szálak nélküli, hagyományos vasalású gerendáké (szálak nélküli:  $n_u=265 \cdot 10^3$ , 31 mm hosszú, kampós végű szálakkal:  $n_u=453 \cdot 10^3$ , 24 mm hosszú, egyenes szálakkal:  $n_u=600 \cdot 10^3$ , és 50 mm hosszú, kiszélesedő végű szálakkal:  $n_u=1400 \cdot 10^3$ ) adódott. A terhelési frekvenciája 3Hz volt.

Naaman és Gopalaratnam (1983) 12,5 mm vastag, 75 mm széles és 254 mm fesztávolságú acélszál-erősítésű lemezekon végzett vizsgálatokkal megállapították, hogy a terhelési sebesség növekedésével mind a törőteher, mind pedig az energiaelnyelő képesség növekszik. A szálcarsú-

ság növekedésével – és egyéb körülményeket változtatlanul hagyva – a terhelési sebesség hatása növekedett.

### 3.2.6. Tartósság

A tartósság szempontjából legnagyobb jelentősége az acélszálak korróziójának, illetve a műanyagszálak alkáli ellenállóképességének van.

Az acélszálak korróziója a felületi, karbonátosodott rétegre korlátozódik. Mangat, Molloy és Gurasamy (1989) kísérleti eredményei szerint a kloridionok behatolása nem befolyásolja a szálak korrózióját. Az acélszálak tartósságára vonatkozóan további vizsgálatokra volna szükség.

A polipropilén, a nylon-, az akril- és a szénszálak hosszútávon tartósnak tekinthetők (Hannant, 1989).

### 3.2.7. Tűzállóság

Műanyagszálak használata a tűzállóság szempontjából kedvező. A hő hatására ugyanis kiolvadnak a betonból, teret adva a betonban lévő víz távozásához. Ezáltal kisebb a belső feszítő hatás a betonban. Előnyös alkalmazásuk főként oszlopoknál mutatkozik.

### 3.2.8. Vízáteresztőképesség

A beton vízáteresztőképességét a szálak kedvezően befolyásolják (Grahle und Ebbert, 1994). A berepedt keresztmetszeteken átfolyó vízmennyiség csökken (Winterberg, 1997).

## 3.3. Szerkezeti elemek

### 3.3.1. Hajlítási viselkedés

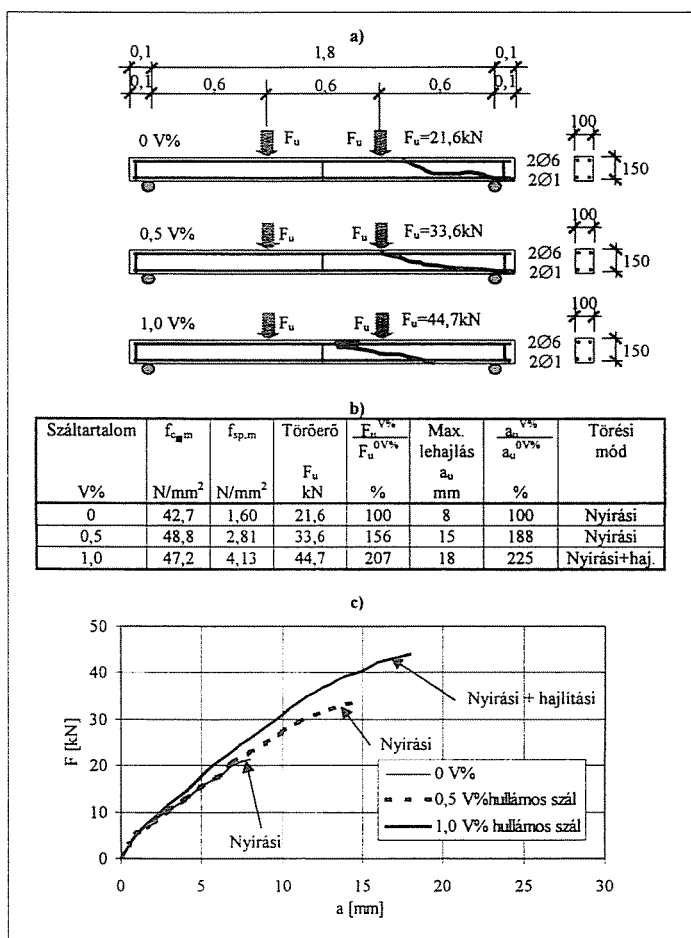
Hagyományos (feszített vagy nem feszített) vasalás és acélszálak egyidejű alkalmazásakor megállapítható, hogy a törésig bekövetkező lehajlás növekszik (Craig, 1987). A szál-erősítésű beton nyomási viselkedésénél már láttuk, hogy szálak alkalmazása esetén a nyomószilárdság csupán csekély mértékben növekszik. Ebből kifolyólag, ha a hajlított elem tönkremenetele a nyomott öv tönkremenetele miatt következik be, akkor szálak alkalmazásával csupán csekély mértékben növelhetjük a törőerőt vagy a törőnyomatékot (Balázs, Kovács and Erdélyi, 1998). A hajlított gerendában a repedések megoszlása kedvezőbb, és a legnagyobb repedéstágasság értéke kisebb lesz. A szakirodalomban általában úgy tekintik, hogy a szálak jelenléte csökkenti a lehajlást. A szerzők véleménye szerint a lehajlás csak akkor csökkenthető acélszálakkal, ha megfelelő bedolgozással biztosítani tudjuk, hogy a szál-erősítésű beton rugalmassági modulusa nagyobb, mint a szál nélküli betoné, – ez pedig nem kézenfekvő, még növekvő nyomószilárdság esetén sem (Erdélyi A., 1999).

### 3.3.2. Nyírási viselkedés

A szál-erősítésű beton felhasználásának egyik legígéretesebb területe a szerkezeti elemek nyírási teherbírásának a növelése. A térben eloszló szálak nem csak kedvező nyírási teherbírást biztosítanak, hanem a maximális teher elérése után kedvező törési viselkedést tesznek lehetővé (csökken a nyírási ridegség). Kísérletileg igazolódott, hogy a szálak által fölvevett nyíróerő kedvezően kiegészíti, ill. helyettesíti a nyírási vasak által fölvehető nyíróerőt, így fennáll annak a lehetősége, hogy szál-erősítés esetén csökkentsük a kengyelezés mennyiségét (Batson, Jenkins and Spatney, 1972).

Balázs, Kovács és Erdélyi (1998) 2 m hosszú vasbeton gerendákon végzett kísérletei során a *nyírási vasalás nélküli* (vagy nyírássra gyengén vasalt) tartók esetén már elérhető volt a nyomatókei teherbírás szintje 1 V% acélszál alkalmazásával (12. ábra). Ezekben a kísérletekben változott a száltartalom és a kengyelezés mennyisége, míg állandó volt a hosszirányú vasalás mennyisége. A vizsgálatokat kampós végű DRAMIX ZC 30/5 és hullámos D&D ~30/5 szálakkal végezték.

Sík lemezek *átszűrődési* teherbírására is kedvező hatással lehetnek az acélszálak (Walraven, Pat und Markov, 1987 valamint Falkner, Kubat und Droese, 1994). Ezen a területen azonban további vizsgálatokra van még szükség.



12. ábra Vasbeton gerendák nyirási teherbírásának növekedése acélszálak alkalmazása esetén.  $A_s=2\phi 16$ ,  $A_s=2\phi 6$ , acélszál: D&D ~30/5 – egyedi mérési eredmények (Balázs és Kovács, 1997)  
 a) törésképp b) mérési eredmények c) erő-középponti lehajlás ábrák

### 3.3.3. Feszített tartók

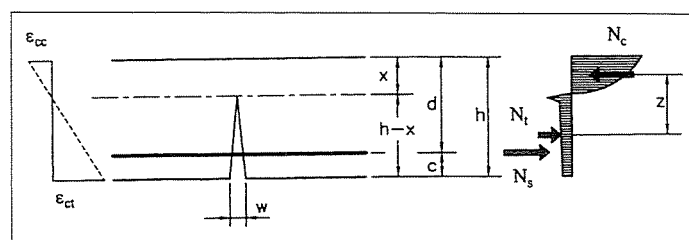
Szálerősítésű betonok feszített tartóban való alkalmazásáról csupán kevés kísérleti eredményünk van (hajlított gerendákról: Hanecka et al., 1994, csavarásról: Wafa et al., 1992, átszűrődásról: Falkner, Kubat und Droese, 1994). A szálerősítésű beton kedvező hatását elsősorban a tartók olyan részein tudjuk kihasználni, ahol jelentős húzó igénybevételek ébrednek. Ilyenek például a *tartóvégek*, ahol a koncentrált vagy a kvázi koncentrált feszítőerő jelentős keresztirányú húzófeszültségeket ébreszt, vagy a feszítőerő átadódásából származó húzóerők fölvétele előfeszített tartókban vagy a nyirási vasalás nélküli feszített tartók esete.

Balázs, Erdélyi és Kovács (1997) valamint Erdélyi és Balázs (1998) kísérleti eredményei szerint előfeszített tartók feszítőbetéteinek erőátadási hossza és tartóvégi behúzódnása acélszáladagolás esetén csökken. Ennek magyarázata lehet, hogy a kapcsolati feszültségek okozta mikrorepedések tovaterjedését a szálak korlátozzák. Az *erőátadási hossz* csökkenésének mértéke a szokásos feszítési feszültségek tartományában 13-20 % volt, a behúzódnásé 14-22 %. A 0,5, ill. 1 V% száladagolás közel azonos eredményre vezetett. A nyirási vasalást egyáltalán nem tartalmazó elemek törési vizsgálatokor a szálak segítségével elkerülhető volt a nyirási jellegű tönkremenetel.

### 3.4. Tervezés-modellezés

A szálerősítésű betonok viselkedését leíró mechanikai modellek kidolgozása jóval lemaradt az alkalmazások mögött. Kezdetben a modellek felépítése során külön paraméterként igyekeztek figyelembe venni a szálak irányítottágát, térfogategységre jutó mennyiségét és lehorgonyzóképeségét.

Az újabb modellek inkább *hajlító* vagy *húzó* kísérletekkel kapott s-e diagrammok közvetlen felhasználását célozzák, amelyek magukban hordozzák fenti paraméterek hatását. Mindezek kihasználják a szálerősítésű



13. ábra Feszültségek megoszlása a szálerősítésű betonból készült, berepedt vasbetonkeresztmetszet számításához (RILEM TC 162 Draft – jelenlegi tervezet)

beton azon kedvező tulajdonságát, hogy a húzószilárdság elérése után ugyan leesik a feszültség, de egy közel állandó érték továbbra is figyelembe vehető. A keresztmetszet vagy annak egy része tehát *berepedés után is* alkalmas így húzóerő fölvetelére (Hannant, 1978; Dulácska, 1994) (13. ábra).

A tervezési javaslatok és számítási módszerek kidolgozói (DIN, 1991; Concrete Society, 1994; Dulácska, 1994; Bekaert, 1995) általában a szálerősítés nélküli betonra érvényben lévő előírások módosításával szándékoznak figyelembe venni a szálak hatását. Általánosan elfogadott elvnek tekinthető például, hogy a nyirási teherbírás számításánál a szálak hatását egy additív taggal vegyük figyelembe. Tervezési előírás kidolgozásán jelenleg a RILEM Technical Committee 162 „Testing and Design of Steel Fiber Reinforced Concrete = Acélszálerősítésű beton vizsgálata és tervezése” munkabizottság dolgozik.

### 3.5. Miért keverjük szálakat a betonba?

Ebben a fejezetben a fentiek alapján rövid összefoglalást szeretnénk nyújtani arról, hogy a szálak milyen módon változtatják meg a beton viselkedését. A változás mértéke jelentősen függ az alkalmazott szál típusától, alakjától, felületi kialakításától és a száltartalomtól.

#### 3.5.1. A szálerősítés előnyei

##### Közvetlen hatás:

- Nő a beton szívóssága (energiaelnyelő képessége), egyúttal – nő a beton duktilitása és – törési összenyomódása, ill. szakadó nyúlása.
- Berepedés után a beton húzószilárdsága nem esik le zérusra.
- Nő a beton fáradási szilárdsága és a lökészerű teherrel szembeni ellenállása.
- Csökken az előfeszített tartók feszítőbetéteinek erőátadási hossza és tartóvégi behúzódnása.
- Jobban szétosztja a repedéseket, mint a hagyományos vasalás.
- Csökken a berepedt keresztmetszeten átfolyó víz mennyisége.
- Csökken a frissbeton repedésérzékenysége (csak műanyagszálak alkalmazása esetén).
- Nő az elem tűzállósága (csak műanyagszálak alkalmazása esetén).
- Javul az elem tartóssága.
- Javul a kopásállóság.

##### Közvetett hatás:

- A hagyományos (nem feszített) vasalás egyes esetenként részlegesen vagy teljesen helyettesíthető szálakkal.
- Rövidebb az építési idő (vasszerelés helyett csak a szálak bekeverését igényli).
- Vékony előregyártott elemek is készíthetők.
- .....segíti az innovációt.

#### 3.5.2. A szálerősítés hátrányai

- A szálak merevebbé teszik a frissbetonkeveréket, s így romlik a bedolgozhatóság. Megoldás: folyósító, esetleg képlékenyítőszerek alkalmazásával ez a hátrány kiküszöbölhető.
- A szálak növelik a porozitást (a légzárványtartalmat), ami magával hozhatja megszilárdult beton rugalmassági modulusának csökkenését és így a lehajlások növekedését. Megoldás: a betonösszetétel megfelelő megválasztása, valamint kellő időtartamú (és frekvenciájú) vibrálás alkalmazása.

### 3.6 Alkalmazási területek

Az alábbi felsorolás a fő alkalmazási területeket ismerteti. Az alkalmazások természetesen közvetlen összefüggésben állnak a szálerősítés kedvező hatásaival.

- betonpadozatok
- alagútelemek
- lövellt beton (= lóttbeton), kőzetmegerősítés, bányabiztosítás, műtárgy rehabilitáció
- csövek
- útépités, kifutópályák
- homlokzati panelek
- vékony előregyártott elemek
- további szerkezeti alkalmazások
- javítások
- páncélszekrények és páncéltermek

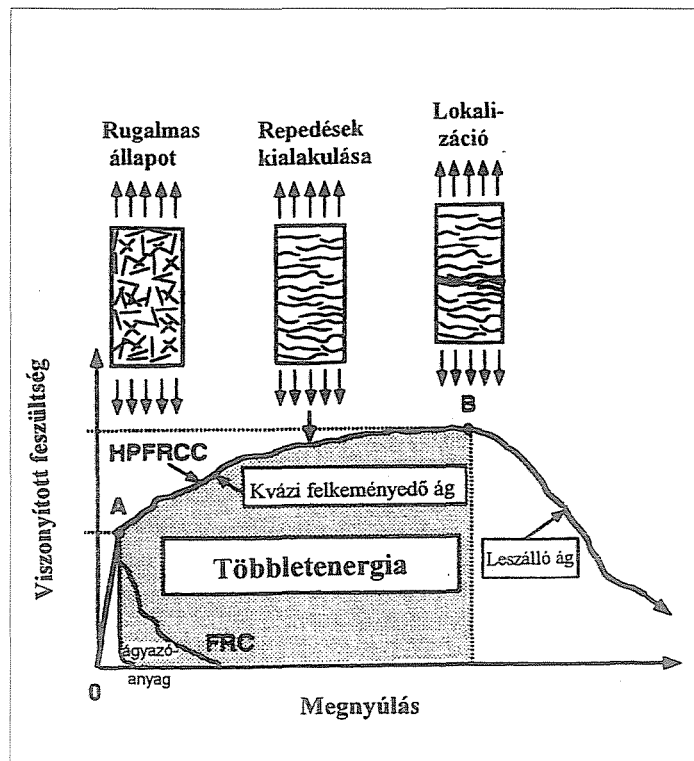
### 4. A SZÁLERŐSÍTÉSŰ BETONOK JÖVŐJE

Sajnos e cikk írói sincsenek jövőbe látó képességgel megáldva. A jelenlegi irányzatok alapján azonban előrevetíthető, hogy az elkövetkezendő években hazánkban mind az acél, mind pedig az egyéb szálak felhasználása nőni fog.

A szálak alkalmazási körének bővítése rajtunk is múlik. Meg tudjuk-e találni azokat a további területeket, ahol a szálak kedvező tulajdonságait kihasználva, további műszaki, ill. építéstechnológiai előnyökhöz juthatunk, miközben rövid vagy hosszútávú gazdasági előnyökre is szert tehetünk. A vizsgálatok az anyagjellemzők lezárása után elsősorban további alkalmazások keresésére és a tervezés-modellezés kérdéseinek tisztázására fognak irányulni. Új típusú és új mechanikai jellemzőjű szálak új utakat nyithatnak.

A jövőbeni fejlesztések egyik speciális területe a bevezetőben említett, nagy teljesítőképességű betonok közül azok, amelyek szálakat tartalmaznak (pl. SIFCON, SIMCON, PRC), s ilyen jellegű vizsgálatok, ill. alkalmazások hazánkban még nem kezdődtek el. Ezen nagy teljesítőképességű betonok szilárdsága elérheti a 800 N/mm<sup>2</sup>-t, valamint energiaelnyelő képességük elérheti a szál nélküli betonokénak az 1000-szeresét is. Ezt az biztosítja, hogy a nagy térfogatarányban adagolt szál képes szétesztani a betonban jelenkező repedéseket, ami lehetővé teszi a felkeményedő viselkedés kialakulását (14. ábra; Naaman, 1996).

14. ábra Nagy teljesítőképességű beton tipikus s-e diagramja (Naaman, 1996)



### 5. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A szálerősítésű beton alkalmazása hazánkban az elmúlt évtizedben órást fejlődött. A fejlődés megmutatkozott egyidejűleg a száltípusok, a betontechnológia és a különféle alkalmazások területén. Jelen cikkben a 0,1–2,0 V% száltartalmú, elsősorban acélszálás betonokkal foglalkoztunk. A szálak anyaga főként acél, műanyag, üveg vagy szén. A kísérletek igazolták, hogy a szálak hatására nő a beton szívóssága (energiaelnyelő képessége), törési összenyomódása, szakadó nyúlása, fázadási szilárdsága, ütőteherrel szembeni ellenállása, repedésáthidaló és vízzáró képessége, ill. műszálak esetén csökken a frissbeton repedésérzékenysége. Acélszálak alkalmazása esetén a szerkezeti elemek nyírási teherbírása nő, és előfeszített tartó feszítőbetéteinek erőátadódási hossza, valamint behúzódása csökken. Műanyagyszálak alkalmazása esetén nő az elem tűzállósága. Mindezek elősegíthetik a tartósság növelését, az építési idő lerövidítését és esetenként a hagyományos vasalás helyettesítését. A felsorolt jellemzők mértéke jelentősen függ a szál típusától és a száltartalomtól.

A szálerősítésű betonok fő alkalmazási területei jelenleg: betonpadozatok, kőzetmegerősítés, bányabiztosítás, alagútelemek, csövek, térburkolatok, homlokzati panelek, vékony előregyártott elemek, javítások, páncélszekrények és páncéltermek. A szálak alkalmazásában további fejlődés várható.

A szálak kedvező hatásukat azáltal fejtik ki, hogy a betonban – mint ágyazóanyagban – ébredő belső repedések tovaterjedését korlátozzák, a repedéseket szétesztják.

Mint látható, a szálerősítésű betonoknak sok kedvező tulajdonsága van, de nem tekinthetők csodaszernek minden felvetődő kérdésre. A szálak kedvező tulajdonságai csak megfelelő bedolgozással és utókezeléssel érvényesülnek, egyébként a porozitás (légzárványosság) növekedésére és a szilárdság csökkenésére kell számítanunk.

### 6. JELÖLÉSEK

a	lehajlás	mm
A <sub>s</sub>	a hagyományos (nem feszített) húzott vasalás keresztmetszeti területe	mm <sup>2</sup>
A <sub>s</sub>	a hagyományos (nem feszített) nyomott vasalás keresztmetszeti területe	mm <sup>2</sup>
d <sub>max</sub>	az adalékanyag legnagyobb szemmagysága	mm
f <sub>sp,m</sub>	Hasító-húzószilárdság átlagértéke	N/mm <sup>2</sup>
F	erő	N, kN
F <sub>r</sub>	repesztőerő	N, kN
F <sub>v</sub>	törőerő	N, kN
I	szívóssági index	–
l	a szál hossza	mm
l/∅	szálkarcsúság	–
l <sub>ef</sub>	támaszköz	mm, m
M	hajlítónyomaték	kNm
M <sub>r</sub>	repesztőnyomaték	kNm
N <sub>c</sub>	nyomóerő a betonban	N, kN
N <sub>s</sub>	nyomóerő a betonban	N, kN
N <sub>t</sub>	húzóerő a betonban	N, kN
ε	fajlagos alakváltozás	‰
Θ	a szál tengelye és a húzóerő által bezárt szög	–
σ	feszültség	N/mm <sup>2</sup>

### 7. HIVATKOZÁSOK

ACI (1987). „Fiber Reinforced Concrete Properties and Applications”. *ACI SP-105*, Detroit, Michigan, 1987

Balaguru, P.N., and Shah, S.P. (1992). „Fiber-Reinforced Cement Composites” *McGraw-Hill Inc.* 1992, 531 p.

Balázs L.Gy. és Erdélyi L. (1996). „A beton szívósságának növelése acélszálakkal”. *Tanulmány*, BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke

Balázs, Gy.L., Erdélyi, L. and Kovács, I. (1997). „Fiber Reinforced Prestressed Concrete”. *Proceedings, FIP Symposium Johannesburg 9-12. March 1997*, pp. 223-232.

Balázs, Gy.L., Erdélyi, L. and Kovács, I. (1999). „Flexural behaviour of RC and PC beams with steel fibers”. *Proceedings, HPFRCC3 Workshop 16-19. May 1999*, (accepted for publication)

Balázs, Gy.L. and Kovács, I. (1997). „Shear Strength of Fiber Reinforced Concrete Beams”. *Proceedings, Symposium organized for the 65th birthday of Prof. G. Mehlhorn*

- „Materialmodelle und Methoden zur wirklichkeitsnahen Berechnung von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen“ (eds. F. Blaschke, G. Günther, J. Kollegger), 30. Sept. 1997, ISBN 3-88122-903-5, pp. 10-17.
- Bálint J. (1999). „Szálerezősítésű betonok és mikrobetonok a technológus szemével”, *Konferencia kiadvány*. „Szálerezősítésű betonok”, 1999. márc. 4-5.
- Batson, G., Jenkins, E. and Spatney, R. (1972). „Flexural Fatigue Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete Beams”, *ACI Journal*, Vol.69, No.11, 1972, pp. 673-677.
- Bekaert (1995). „*DRAMIX Guideline*”
- Concrete Society (1994). „Concrete Industrial Ground Floors – A Guide to their Design and Construction”, *Technical Report*, No.34, 170 p.
- Craig, R.J., Parr, J.A., Germain, E., Mosquera, V., and Kamilaris, S. (1986). „Fiber Reinforced Beams in Torsion”, *ACI Journal* / November-December, 1986, pp.934-942.
- DIN (1991). „*DIN Merkblatt – Grundlagen zur Bemessung von Industriefußböden aus Stahlfaserbeton*”
- Dombi J. (1977). „Acélszál-erősítésű nagyátmérőjű SIOME betoncsovek teherbírása”, *Tudományos Közlemények No.50, SZIKKI*, Budapest
- Dombi J. (1993). „Acélszál alkalmazása a Siome betoncsovegyártásában”, *Közlekedésépítés-és Mélyépítéstudományi Szemle*, 1993/8, pp.307-313.
- Dulácska E. (1994). „Az acélszál-erősítésű betonszerkezetek méretezési kérdései”, *Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle*, 1993/8, pp.263-274.
- Erdélyi A. (1993). „The toughness of steel fibre reinforced concretes”, *Periodica Polytechnica Ser. Civil Eng.*, Vol.37 No. 4, pp.329-344.
- Erdélyi A. (1994). „Acéltrost erősítésű betonok”, *Beton*, II. évf. 3. sz., pp.4-13.
- Erdélyi A. (1995). „Acélszálerezősítésű beton (rostbeton, acélhajbeton)”, *Beton*, III. évf. 4. sz., pp.1-6.
- Erdélyi A. (1997). „Acélszál erősítésű beton szívósságának értékelése törésmechanikai módszerekkel”, *Tanulmány*; BME Építőanyagok Tanszék, OTKA 016 683 sz. jelentés
- Erdélyi A. (1999). „Acélszál-erősítésű gerendák hajlítási szívóssága” *Konferencia kiadvány*. „Szálerezősítésű betonok”, 1999. márc. 4-5.
- Erdélyi, L. and Balázs, G.L.(1997). „Transfer of prestressing force in fiber reinforced concrete”, *Periodica Polytechnica Ser. Civ. Eng.*, Vol.1, No.2, 1997, pp.71-83.
- Falkner, H. (1998). „Innovatives Bauen”. *Betonwerk+Vertigteil-Technik* Nr.4/1998, pp.42-51.
- Falkner, H., Kubat, B. und Drosen, S. (1994). „Durchstanzversuche an Platten aus Stahlfaserbeton”, *Bautechnik*, 71 (1994), Helf 8., pp 460-467.
- Goldfein, S. (1965). „Fibrous Reinforcement for Portland Cement”, *Modern Plastics*, Vol.42, 8/1965, pp. 156-160.
- Gopalaratnam, V.S. et al. (1991). „Fracture Toughness of Fiber Reinforced Concrete”, *ACI Materials Journal*, Vol.88., No.4, 1991, pp.339-353.
- Grahlke, C. und Ebbert, J. (1994). „Stahlfaserbeton als Baustoff für dichte Bauteile”, *Beton*, 10/94, pp.594-597.
- Hanecka, S., Krizma, M., Ravinger, J. and Shawkat, S. (1994). „Contribution to Limit State of the Second Group of Beam Subjected to Moving Load”, *Proceedings*, 1-st Slovakian Conf. on Concrete Structures, Bratislava, Sept. 1994, pp.275-279.
- Hannant, D.J. (1978). „Fiber Cements and Fiber Concretes”, *Wiley*, Chicester, 1978, 219 p.
- Hannant, D.J. (1989). „Ten Year Flexural Durability Tests on Cement Sheets Reinforced with Fibrillated Polypropylene Networks”, *Fiber Reinforced Cements and Concretes-Recent Developments*, Elsevier, pp. 572-563.
- Kausay T. (1994). „Acélfhuzal-szálerezősítésű betonok tulajdonságai és teherbírása”, *Építőanyag*, 1994/6, pp.166-173.
- Kausay T. (1994). „Szál típusok a beton erősítésére”, *Beton*, 1994/10, pp.9-11.
- Kiss R. (1991). „A beton erősítésére használt természetes és mesterséges szálak”, *Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle*, 11/1991, pp.421-424.
- Kovács I., Erdélyi L. és Balázs L.Gy. (1997). „Vasbeton gerendák törési viselkedése acélszálak alkalmazása esetén”, *Proceedings*, Prof. Bölcskei Elemér 80. születésnapjára, (Eds: Tassi G., Kovács, T.) ISBN 963 420 538 0, Nov. 1997 Budapest, pp. 119-130.
- Mangat, P.S., Molloy, B.T., and Gurusamy, K. (1989). „Marine Durability of Steel Fiber Reinforced Concrete of High Water/Cement Ratio”, *Fiber Reinforced Cements and Concretes-Recent Developments*, Elsevier, pp.553-562.
- Naaman, A.E. (1996). „Characterisation of high performance fiber reinforced cement composites – HPFRCC”, *Proceedings of the 2nd Int. RILEM/ACI Workshop*, Ann Arbor USA, June 11-14, 1995, (eds. Naaman and Reinhardt), E & FN Spon London, pp.1-24.
- Naaman, A.E. and Gopalaratnam, V.S. (1983). „Impact Properties of Steel Fiber Reinforced Concrete in Bending”, *International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete*, Vol.5, No.4, 1983, pp. 225-233.
- Naaman, A.E. and Najm, H. (1991). „Bond-Slip Mechanism of Steel Fibers in Concrete”, *ACI Materials Journal* / March-April 1991, pp. 135-145.
- Naaman, A.E., Paramasivam, P., Balázs, L. Gy., et al. (1996). „Reinforced and prestressed concrete using HPFRCC matrices”, *Proceedings of the 2nd Int. RILEM/ACI Workshop*, Ann Arbor USA, June 11-14, 1995, (eds. Naaman and Reinhardt), E & FN Spon London, pp.291-347.
- Naaman, A.E. and Reinhard, H.W. (1996). „High Performance Fiber Reinforced Cement Composites”, *Proceedings of the 2nd Int. RILEM/ACI Workshop*, Ann Arbor USA, June 11-14, 1995, (eds. Naaman and Reinhardt), E & FN Spon London, 506 p.
- Palotás L. és Balázs Gy. (1980). „Mérnöki szerkezetek anyagtan 3.”, Akadémiai Kiadó, XIII. fejezet, pp.771-848.
- Reinhardt, H.W. and Naaman, A.E. (1992). „High Performance Fiber Reinforced Cement Composites”, *Proceedings of the 1st Int. RILEM/ACI Workshop*, Mainz, June 23-26, 1991, Chapman & Hall, London, 565 p.
- Romualdi, J.P. and Batson, G.B. (1963). „Behavior of Reinforced Concrete Beams with Closely Spaced Reinforcement”, *ACI Journal*, June/1963, pp.775-790.
- Romualdi, J.P. and Mandel, J. (1964). „Tensile Strength of Concrete Affected by Uniformly Distributed Short Lengths of Wire Reinforcement”, *ACI Journal*, June/1964, pp.657-671.
- Sebők F. (1983). „A szálerezősítés hatása a vasbetonban”, *Mélyépítéstudományi Szemle*, 4/1983
- Szabó I. (1976). „Acélhajbeton”, *Műszaki Könyvtár*, Budapest, 168 p.
- Wafa, F.F., Hasnat, A., and Tarabolsi, O.F. (1992). „Prestressed Fiber Reinforcement Concrete Beams Subjected to Torsion”, *ACI Structural Journal* / May-June, 1992, pp.272-283.
- Walraven, J.C., Pat, M.G.M., Markov, I., (1987). „Die Durchstanztragfähigkeit von faserverstärkten Stahlbetonplatten”, *Betonwerk+ Fertigteil-Technik*, Heft 2&1987, pp.108-113.
- Winterberg, R. (1997). „Dichte Betonkonstruktionen bei Zugabe von Stahlfasern”, *Fachtagung*, „Planen und Bauen mit Zeitgemäßen Baustoffen”, Wismar
- Dr. Balázs L. György** (okl. építőmérnök, okl. mérnöki mat. szakm.) egyetemi docens, PhD, laborvezető. Munkahelyei: UVATERV hírdiroda, MTA TMB, BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke (közben három évig meghívott kutató a Stuttgarter Egyetemen). Fő érdeklődési területei: beton-, vasbeton- és feszített vasbeton szerkezetek (anyagai, laboratóriumi vizsgálata, tervezése és modellezése), szálerezősítésű betonok, nem acél anyagú betétek, megerősítés, erőátadás, repedezétség. A *fib* „Használati határállapotok” munkabizottság vezetője. A *fib* Magyar Tagozat elnöke.
- Polgár László** okleveles építőmérnök (szül. 1943). 1966-tól a 31. sz. ÁÉV építésvezetője Hódmezővásárhelyen. 1970-71 statikus tervező az IPARTERV-ben, 1971-től gyártmányfejlesztő, főtechnológus, műszaki fősztályvezető a 31. sz. ÁÉV-nél. 1992-től a PLAN 31 Mérnök Kft. ügyvezető igazgatója és az ASA Építőipari Kft. műszaki ügyvezető igazgatója. Fő tevékenységek: előregyártott vasbetonszerkezetek, ipari betonpadlók tervezése, és kivitelezése. A Magyar Építőanyag Szövetség Beton Tagozatának elnöke.

## PAST, PRESENT AND FUTURE OF FIBER REINFORCED CONCRETE

Application of various fibers in concrete has been considerably increased worldwide. In Hungary more than 1 million m<sup>2</sup> industrial floors have been already constructed by steel fiber reinforced concrete. Application of plastic fibers is also increasing. The analysis of present tendencies indicate further increase of applied fiber amount in Hungary. In the future, research seem to be directed to develop behaviour/design models and to find further applications for fiber reinforced concretes in addition to the testing of their material properties.

# KÖRHENGER-TARTÁLYOK IGÉNYBEVÉTELEI HŐMÉRSÉKLETVÁLTOZÁS ÉS ZSUGORODÁS HATÁSÁRA



Dr. Csíki Béla

*Hőmérsékleti hatások valamint a beton zsugorodása következtében a vasbeton (feszített vasbeton) körhenger-tartályok falában általában jelentős igénybevételek keletkeznek, melyek tervezéskor nem hagyhatók figyelmen kívül. Ezt a különböző tervezési szabályzatok, irányelvek is előírják, ugyanakkor igen kevés információt nyújtanak a vizsgálatok lehetséges módszereiről, vagy a várható igénybevételek nagyságrendjéről, megoszlásáról. A dolgozat a gyakorlati esetek többségénél használható, zárt alakú képleteket és módszert ad a metszeterők kiszámításához, és számpéldán mutatja be az igénybevételek megoszlását hőmérsékleti, ill. zsugorodási hatások esetére.*

**Kulcsszavak:** folyadéktárolók, gyűróerők, hajlítónyomatékok, hőmérsékletváltozás, körhengerhő, repedéskorlátozás, tartályok, zsugorodás

## 1. BEVEZETÉS

Hőmérsékletváltozás vagy a beton zsugorodása hatására feszültségek keletkeznek a tartószerkezetben, ha annak alakváltozásai gátoltak. Függőleges forgástengelyű vasbeton körhenger-tartályok esetén a szabad mozgást gátló külső kényszerek (általában) a hengerpalást alsó-, ill. – fedett tartályoknál – a felső megtámasztása következtében lépnek fel (pl. fenéklemes és földem csatlakozása esetén). Ugyanakkor, a tartályfal vastagsága mentén *egyenlőtlenül* megoszló hőmérsékletváltozás (vagy zsugorodás) jelentős belső erőket okoz akkor is, ha a henger felső pereme szabadon elmozdulhat, alsó pereme pedig ún. membrán-megtámasztású, azaz szabad sugárirányú eltolódást és elfordulást végezhet.

A körhenger-tartályok hőmérsékletváltozás (vagy zsugorodás) hatására fellépő jellemző igénybevételei gyűrűirányban külpontos nyomás vagy húzás, alkotóirányban pedig tiszta hajlítás, feltéve, hogy a tartályfal alkotóirányú nyúlása szabadon létrejöhet. Ezen igénybevételek a használati állapotra vonatkozó ellenőrzés során sem hagyhatók figyelmen kívül. A hengerfal megreped, ha a beton húzófeszültsége eléri húzószilárdságot, ill. – feszített vasbeton tartályoknál – meghaladja a húzószilárdság és a feszítésből keletkező nyomófeszültség abszolút értékének összegét. Közismert, hogy a *vasbeton tartályok* vasalásának mennyiségét és elrendezését elsősorban a repedéskorlátozási követelmények kielégítése határozza meg, ezért a használati teherkombinációk összeállításánál a hőmérsékleti és zsugorodási hatások megfelelő előjelű figyelembe vétele igen gondos – sokszor az építési körülményekre is kiterjedő – mérlegelést igényel. *Feszített vasbeton tartályok* esetén a feszítési feszültséget úgy szokás meghatározni, hogy a hőmérsékleti és zsugorodási igénybevételek kompenzálására maradjon hatékony, ún. *reziduális* (maradó) nyomófeszültség a betonkeresztmetszetekben. Átfogó tanulmányukban Ghali és Elliott (1992) rámutattak, hogy ennek hagyományos, 1–2 MPa közötti értéke – nem túlságosan szélsőséges hőmérsékleti hatások mellett is – kevés a hengerfalban keletkező húzófeszültségek kiküszöbölésére, a feszítési feszültség további növelése pedig gazdaságossági szempontból előnytelen. A gyakorlati esetek nagyobb részénél továbbá, feszítéskor a hengerfal alsó peremének a szabad elmozdulása gátolt, ezért nem is lehet hatékony gyűrűirányú nyomófeszültséget elérni a támasz közvetlen környezetében (Ghali, Elliott, 1991). Mindebből következik, hogy a repedéskorlátozási követelmények kielégítéséhez a feszítőbetétek mellett általában nem feszített vasbetétek (lágvasalás) alkalmazása is szükséges. Meg kell jegyezni, hogy amennyiben a hengertartály alsó pereme az alaplemezzel a feszítés után

kerül összeépítésre (feszítéskor azon csúszhat) a hengerfal alsó környezetében is biztosítható *reziduális* nyomófeszültség (Brøndum-Nielsen, 1990, 1998). Ennek mértékét úgyszintén a hőmérsékleti (zsugorodási) hatások okozta igénybevételek figyelembe vételével lehet gazdaságosan megválasztani.

Az előzőekben rámutattunk, hogy a hőmérsékletváltozás vagy a beton zsugorodása következtében fellépő belső erők ismerete elengedhetetlen, mind a vasbeton, mind a feszített vasbeton körhenger-tartályok tervezésénél. *Egyenletes*, valamint a hengerfal vastagsága mentén *lineárisan megoszló* egyenlőtlen, körszimmetrikus hőmérsékletváltozás figyelembevételére vonatkozó eljárások több könyvben fellelhetők (Timoshenko, Woinowsky-Krieger, 1959, Márkus, 1964, Márkus, 1967). Általánosabb módszer található Ghali és Elliott (1992) dolgozatában, mely alkalmas a falvastagság mentén *nemlineáris megoszlású* hőmérsékletváltozás figyelembevételére is. Ugyanitt – lineáris hőmérsékletváltozást feltételezve – zárt alakú képletek találhatók ún. magas tartályokra vonatkozólag, néhány gyakorlatban előforduló megtámasztási esetre. Nemigen található azonban a szakirodalomban olyan, a gyakorlati esetek legnagyobb részére alkalmazható képletgyűjtemény, melynek felhasználásával az igénybevételek az alsó és felső peremek megtámasztási módjának tetszőleges kombinációja esetén egyszerűen előállíthatók. *Célunk* ilyen képletgyűjtemény levezetése és használatának bemutatása. Rámutatunk továbbá, hogy az eredmények alkalmasak egyenletes vagy egyenlőtlen betonzsugorodási hatások következtében fellépő belső erők meghatározására is.

## 2. FELTEVÉSEK, ANYAGMODELL

A levezetések során a vékony héjaknál szokásos közelítéseket érvényesnek tekintjük. *Feltételezzük* továbbá, hogy a hőmérsékletváltozás (ill. a beton zsugorodása) a hengerfal magassága mentén állandó, körszimmetrikus, a fal vastagsága mentén lineáris megoszlású. A henger forgástengelye függőleges, falának vastagsága (merevsége) állandó, a fal alakváltozása függőleges irányban szabadon létrejöhet, anyaga *lineárisan rugalmas*. Utóbbi szigorúan véve csak a beton berepedése előtt megengedhető közelítés. Alul befogott tartály esetén például az alaplemmezhez közeli első vízszintes repedések megjelenése után a befogás mértéke és a belső erők lecsökkennek. Ha megfelelően kialakított lágvasalás biztosítja a repedéskorlátozást, a tényleges igénybevétel-eloszlás az alul mereven befogott, ill. a csuklós körhengeré közé esik. A lineárisan rugalmas anyagmodell feltételezésével kapható eredményeket tehát repedés-

körlátozásra tervezett vasbeton, feszített vasbeton tartályok esetén úgy kezelhetjük, mint a tényleges igénybevételek alulról vagy felülről közelítő becslését, a számításba vett, idealizált támaszviszonyoktól függően.

### 3. ELŐJELSZABÁLY

A dolgozatban a következő előjelszabályt követjük. A gyűrűerőt pozitívnak tekintjük ha húzóerő, a normális irányú eltolódás pedig akkor pozitív ha kifelé történik (görbületcsökkenést okoz). A pozitív hajlítónyomatékok a tartályfal belső oldalán okoznak húzást. A megnyúlás pozitív, az összenyomódás negatív alakváltozás.

### 4. A HŐMÉRSÉKLETVÁLTOZÁS HATÁSA

Tételezzük fel, hogy valamely kezdeti állapothoz képest a hengerháj hőmérséklete a falvastagság mentén a

$$T(z) = \frac{t_b + t_k}{2} - \frac{t_b - t_k}{2} z = t - \Delta t z \quad (1)$$

összefüggés szerint megváltozik, ahol  $t_b$  és  $t_k$  a belső, ill. külső falfelület hőmérsékletváltozása (1. ábra) és  $t = (t_b + t_k)/2$  az egyenletes,  $\Delta t = (t_b - t_k)/2$  pedig az egyenlőtlen hőmérsékletváltozás mértékét jelenti.

Az  $r$  sugarú,  $h$  falvastagságú,  $l$  magasságú körhengerháj (2. ábra) normális irányú elmozdulására ( $w$ ) vonatkozó differenciálegyenlet hőmérsékleti teher esetére (Márkus, 1964):

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 4\beta^4 w = 4r\beta^4 \alpha \quad (2)$$

mely kifejezésben  $\alpha$  a hőtágulási együttható és

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{3(1-\nu^2)}{r^2 h^2}} \quad (3)$$

állandó, ahol  $\nu$  a Poisson-tényező, értéke repedésmentes vasbeton esetén 0.166, amit a gyakorlatban legtöbbször 0.2 értékkel közelítenek. Azokat a körhengereket, melyekre az

$$l \geq \frac{\pi}{\beta} \quad (4)$$

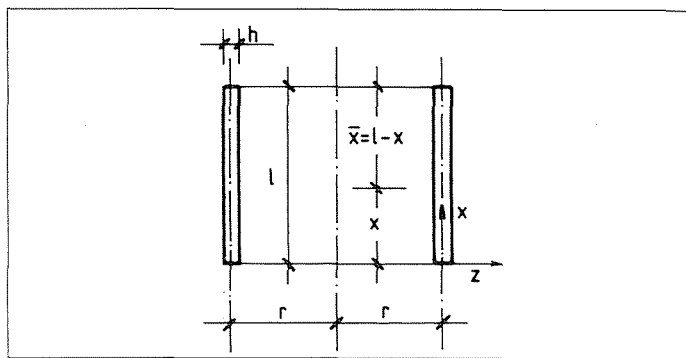
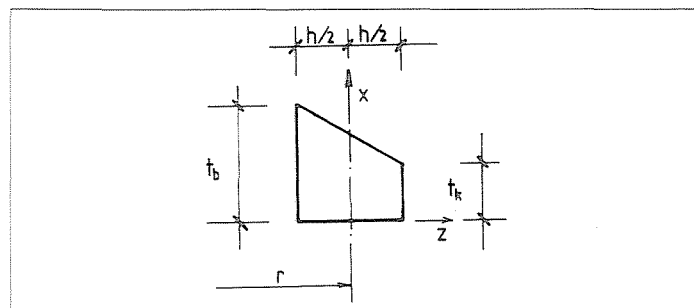
feltétel teljesül magas tartályoknak nevezik. A Poisson-tényezőt 0.2-re választva, a (3) és (4) egyenletek kombinálásával a magas hengerekre jellemző dimenziótlan paramétert kaphatjuk (Ghali, Elliott, 1992):

$$\frac{l^2}{rh} \approx 5,8 \quad (5)$$

Ez a feltétel a gyakorlati esetek jelentős többségére teljesül. Az ilyen, magasfalú tartályokat az jellemzi, hogy az alsó vagy felső peremkényszerekből származó alakváltozások és igénybevételek gyorsan lecsengenek a hengerfal mentén és elhanyagolhatóvá válnak a másik perem közelében. Ez azt jelenti, hogy a peremek (támaszok) hatása egymástól függetlenül határozható meg. Ebben a dolgozatban ilyen tartályokkal foglalkozunk.

Első lépésként vizsgáljuk a hőmérsékleti tehernek kitett hengerháj alsó támaszfeltételeinek hatását. A (2) differenciálegyenlet általános megoldása magas héjak esetére a

1. ábra Hőmérsékletváltozás a tartály falvastagsága mentén



2. ábra A körhenger geometriai adatai, a vizsgálat koordináta rendszere

$$w = \alpha r + C e^{-\beta x} (\cos \beta x + \psi) \quad (6)$$

alakra hozható (Márkus, 1964), melyben  $C$  és  $\psi$  a peremfeltételektől függő állandók. A megoldás ismeretében – a rugalmassági modulus  $E$ -vel jelölve – a hengerfal elfordulása ( $\vartheta$ ), valamint az igénybevételek függvények a következő összefüggések alapján határozhatók meg:

$$\vartheta = -\frac{dw}{dx} \quad (7)$$

$$n_\varphi = Eh \left( \frac{w}{r} - \alpha \right) \quad (8)$$

$$m_x = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \left[ \frac{d^2 w}{dx^2} - 2(1+\nu)\alpha \frac{\Delta t}{h} \right] \quad (9)$$

$$m_\varphi = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \left[ \nu \frac{d^2 w}{dx^2} - 2(1+\nu)\alpha \frac{\Delta t}{h} \right] \quad (10)$$

$$q = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \frac{d^3 w}{dx^3} \quad (11)$$

mely kifejezésekben  $n_\varphi$  a gyűrűirányú normálerőt,  $m_x$  a függőleges-,  $m_\varphi$  a vízszintes síkú (gyűrűirányú) hajlítónyomatékokat,  $q$  pedig a sugárirányú nyíróerőt jelenti. A (6) alatti általános megoldás előző képletekben kijelölt differenciálhányadosai a következők:

$$\frac{dw}{dx} = \sqrt{2} \beta C e^{-\beta x} \sin \left( \beta x + \psi + \frac{\pi}{4} \right) \quad (12)$$

$$\frac{d^2 w}{dx^2} = 2\beta^2 C e^{-\beta x} \sin(\beta x + \psi) \quad (13)$$

$$\frac{d^3 w}{dx^3} = -2\sqrt{2} \beta^3 C e^{-\beta x} \cos \left( \beta x + \psi + \frac{\pi}{4} \right) \quad (14)$$

Az alsó támaszra ( $x=0$ ) vonatkozó peremfeltételek a három leggyakoribb esetre,

befogott perem:  $w = 0, \quad \vartheta = 0,$

csuklós perem:  $w = 0, \quad m_x = 0,$

membrán megtámasztás:  $m_x = 0, \quad q = 0.$

Az egyes támaszfajtákhoz tartozó integrálási állandók ( $C, \psi$ ) –  $x=0$  és (12)-(14) figyelembevételével – a vonatkozó két-két feltételi egyenletből határozhatók meg. Az állandók értékei – célszerűen az egyenletes és egyenlőtlen hőmérsékletváltozás esetére külön-külön meghatározva – a következők.

Egyenletes hőmérsékletváltozás esetén ( $\Delta t = 0$ ),

befogott perem:  $C = -\sqrt{2} \alpha r, \quad \psi = -\frac{\pi}{4}$

csuklós perem:  $C = -\alpha r, \quad \psi = 0$

membrán megtámasztás:  $C = 0$

Egyenlőtlen hőmérsékletváltozás esetén ( $t \neq 0$ ):

befogott perem:  $C = 0$

csuklós perem:  $C = (1+\nu)\alpha \frac{\Delta t}{h\beta^2}, \quad \psi = \frac{\pi}{2}$

membrán megtámasztás:  $C = \sqrt{2}(1+\nu)\alpha \frac{\Delta t}{h\beta^2}, \quad \psi = \frac{\pi}{4}$

(Megjegyzés:  $C = 0$ -hoz tetszőleges  $\psi$  érték tartozhat.)

Ezzel minden összefüggés rendelkezésünkre áll ahhoz, hogy a hőmérsékleti teher és az alsó megtámasztás hatását magába foglaló állapotjellemzőket – a három különböző peremfajta esetére – felírassuk. Itt csak az igénybevételeket adjuk meg (az általában elhanyagolható szerepű  $q$  mellőzésével) *összegzett formában*, azaz az összefüggések az egyenletes és egyenlőtlen hőmérsékletváltozás hatását is magukba foglalják. Vezessük be a

$$\begin{aligned} \xi_1 &= e^{-\beta x} \cos \beta x, & \xi_2 &= e^{-\beta x} \sin \beta x \\ \xi_3 &= \xi_1 + \xi_2, & \xi_4 &= \xi_1 - \xi_2 \end{aligned} \quad (15)$$

jelöléseket, melyek felhasználásával a gyűrűerő és a hajlítónyomatékok képletei a következők lesznek.

*Befogott perem esetén:*

$$n_\varphi = -Eh\alpha\xi_3 \quad (16)$$

$$m_x = \frac{Eh^2}{6} \alpha \left( \frac{rh\beta^2}{1-\nu^2} t\xi_4 - \frac{1}{1-\nu} \Delta t \right) \quad (17)$$

$$m_\varphi = \frac{Eh^2}{6} \alpha \left( \nu \frac{rh\beta^2}{1-\nu^2} t\xi_4 - \frac{1}{1-\nu} \Delta t \right) \quad (18)$$

*csuklós perem esetén:*

$$n_x = -E\alpha \left( ht\xi_1 + \frac{1+\nu}{r\beta^2} \Delta t\xi_2 \right) \quad (19)$$

$$m_x = \frac{Eh^2}{6} \alpha \left[ -\frac{rh\beta^2}{1-\nu^2} t\xi_2 + \frac{1}{1-\nu} \Delta t(\xi_1 - 1) \right] \quad (20)$$

$$m_\varphi = \frac{Eh^2}{6} \alpha \left[ -\nu \frac{rh\beta^2}{1-\nu^2} t\xi_2 + \frac{1}{1-\nu} \Delta t(\nu\xi_1 - 1) \right] \quad (21)$$

*membrán megtámasztás esetén:*

$$n_\varphi = \frac{E}{r\beta^2} (1+\nu)\alpha\Delta t\xi_4 \quad (22)$$

$$m_x = \frac{Eh^2}{6(1-\nu)} \alpha\Delta t(\xi_3 - 1) \quad (23)$$

$$m_\varphi = \frac{Eh^2}{6(1-\nu)} \alpha\Delta t(\nu\xi_3 - 1) \quad (24)$$

Eredményeink ismertetében a hőmérsékleti tehernek kitett és *felül* megtámasztott körhengerre vonatkozó összefüggések közvetlenül kaphatók a következő helyettesítésekkel:

$$\begin{aligned} x \rightarrow x = l - x \\ \xi_i(x) \rightarrow \xi_i(x) \end{aligned} \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (25)$$

Az *alsó és felső* peremkényszerek hatását egyaránt tartalmazó igénybevétel-eloszlás a hengerfal mentén, összegzéssel kapható. Az alsó perem hatásait tartalmazó (16) – (24), ill. a felső peremzavarását magába foglaló – (25) figyelembevételével nyerhető – kifejezések azonos konstans tagjait (melyek függetlenek a peremkényszerektől) az összegzés során csak egyszer szabad figyelembe venni. Ilyen módon az igénybevételek megoszlása *tetszőleges alsó-felső peremfeltétel-kombináció* esetére meghatározható. A szabad peremet a membrán-megtámasztású hengerre levezetett összefüggésekkel kell számításba venni. Az összegzett képleteket néhány jellemző gyakorlati esetre a következő fejezetben adjuk meg.

## 5. ALUL BEFOGOTT-, FELÜL SZABAD-VAGY CSUKLÓS-, ILL. ALUL-FELÜL CSUKLÓS TÁMASZÚ TARTÁLYOK

A szakirodalomban általában a felül szabad peremű körhengerekre vonatkozóan közölnek eredményeket (Ghali, Elliott, 1992), vagy számítási módszert (Márkus, 1964, Márkus, 1967). Az *alul befogott, felül szabad* megtámasztású tartály (3./a ábra) igénybevételei hőmérsékleti teherre, (16) – (18) és a (25) figyelembevételével módosított (22) – (24) képletek alapján – az összegzést az előző fejezet utolsó bekezdésében foglaltak szerint végezve – a következők:

$$n_\varphi = -E\alpha \left( ht\xi_3 - \frac{1+\nu}{r\beta^2} \Delta t\xi_4 \right) \quad (26)$$

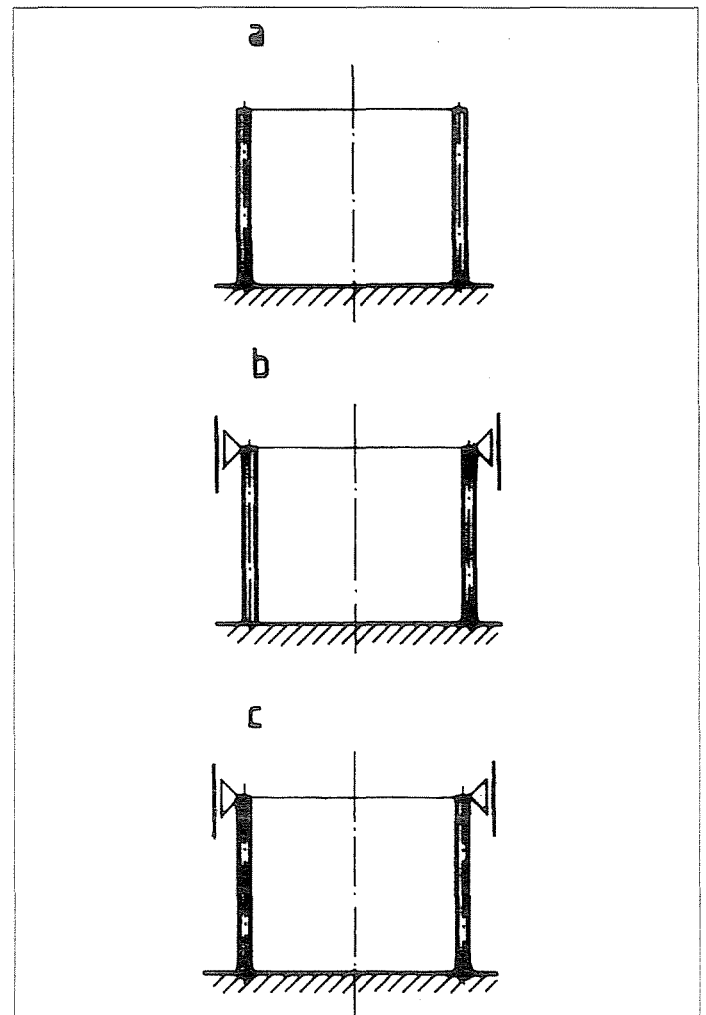
$$m_x = \frac{Eh^2}{6} \alpha \left[ \frac{rh\beta^2}{1-\nu^2} t\xi_4 - \frac{1}{1-\nu} \Delta t(1-\xi_3) \right] \quad (27)$$

$$m_\varphi = \frac{Eh^2}{6} \alpha \left[ \nu \frac{rh\beta^2}{1-\nu^2} t\xi_4 - \frac{1}{1-\nu} \Delta t(1-\nu\xi_3) \right] \quad (28)$$

A gyakorlatban szintén sokszor előfordul *alul befogott, felül csuklós* statikai vázú (vagy azzal közelíthető) tartályok alkalmazása (3./b ábra). Az ilyen támaszfeltételű körhenger-tartályok igénybevételeinek felírásához a (16) – (18) és a (25) figyelembevételével módosított (19) – (21) összefüggéseket kell figyelembe vennünk:

$$n_\varphi = -E\alpha \left[ ht(\xi_3 + \xi_1) + \frac{1+\nu}{r\beta^2} \Delta t\xi_2 \right] \quad (29)$$

**3. ábra** Jellemző támaszfeltételek: a/ alul befogott-, felül szabad-, b/ alul befogott-, felül csuklós-, c/ alul-felül csuklós peremű tartályok



$$m_x = \frac{Eh^2}{6} \alpha \left[ \frac{rh\beta^2}{1-\nu^2} t(\xi_4 - \xi_2) + \frac{1}{1-\nu} \Delta t(\xi_1 - 1) \right] \quad (30)$$

$$m_\varphi = \frac{Eh^2}{6} \alpha \left[ \nu \frac{rh\beta^2}{1-\nu^2} t(\xi_4 - \xi_2) + \frac{1}{1-\nu} \Delta t(\nu\xi_1 - 1) \right] \quad (31)$$

Az alul-felül csuklós megtámasztású tartály (3./c ábra) igénybevételeit pedig (19) – (21) alapján – (25) figyelembevételével – állíthatjuk elő:

$$n_\varphi = -E\alpha \left[ ht(\xi_1 + \xi_1) + \frac{1+\nu}{r\beta^2} \Delta t(\xi_2 + \xi_2) \right] \quad (32)$$

$$m_x = \frac{Eh^2}{6} \alpha \left[ -\frac{rh\beta^2}{1-\nu^2} t(\xi_2 + \xi_2) + \frac{1}{1-\nu} \Delta t(\xi_1 + \xi_1 - 1) \right] \quad (33)$$

$$m_\varphi = \frac{Eh^2}{6} \alpha \left[ -\nu \frac{rh\beta^2}{1-\nu^2} t(\xi_2 + \xi_2) + \frac{1}{1-\nu} \Delta t(\nu\xi_1 + \nu\xi_1 - 1) \right] \quad (34)$$

A további hat támaszkombináció esetére az igénybevételek képletei hasonló módon – (16) – (24), ill. (25) alapján – határozhatók meg.

## 6. A ZSUGORODÁS FIGYELEMBEVÉTELE

A beton zsugorodása a hőmérsékleti teherhez teljesen hasonlóan kezelhető (Ghali, Elliott, 1992). Mivel azonban a zsugorodás hosszú ideig tartó folyamat, hatását a beton kúszása mérsékli. Ezt a számításokban a tartós terhekre vonatkozó rugalmassági tényező használatával lehet figyelembe venni,

$$E_t = \frac{E_0}{1 + \varphi_t} \quad (35)$$

mely kifejezésben  $E_0$  a kezdeti rugalmassági modulus,  $\varphi_t$  a beton kúszási tényezője.

A zsugorodás (csakúgy, mint a kúszás) mértékét a beton *életkorán* kívül is számos tényező befolyásolja (pl. a környező *páratartalom*, betonjellemzők, falvastagság).

Közel azonos belső és külső páratartalom esetén – általában a folyadéktartályok első feltöltéséig például – a fal zsugorodása a vastagság mentén *egyenletesnek* ( $\varepsilon_{zs}$ ) tekinthető, nagysága az építéstől eltelt idő és az említett tényezők függvénye. A tartályfalban igénybevételek azért keletkeznek, mert a támaszok a szabad alakváltozást gátolják. (Feltételezhetjük, hogy az alaplemez zsugorodása a vizsgálat szempontjából elhanyagolható mértékű).

A tartály feltöltése után a belső falfelület közvetlenül a kitöltő folyadékkal érintkezik, míg a külső sokszor szélsőséges meteorológiai hatásoknak (napsugárzás, szél) van kitéve. Ezért a belső, ill. a külső falfelületek zsugorodása ( $\varepsilon_{zs,b}$ , ill.  $\varepsilon_{zs,k}$ ) különböző, melyek meghatározásakor az egyenlőtlenséget okozó hatás (pl. folyadékfeltöltés) kezdetétől számított időtartamot kell figyelembe venni.

Feltételezve, hogy a zsugorodási alakváltozások (is) a fal mentén lineáris megoszlásúak és bevezetve ún. *egyenértékű* hőmérsékletváltozási jellemzőket

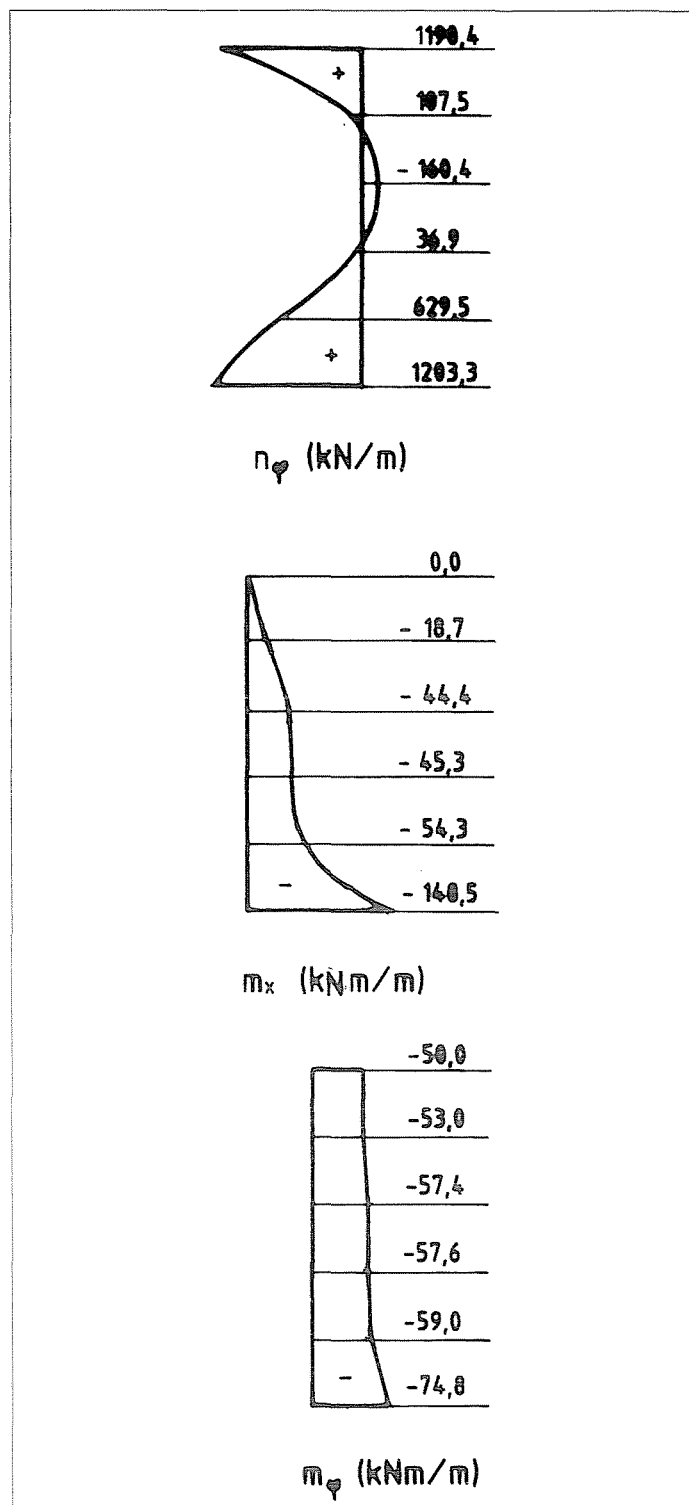
$$t = \frac{\varepsilon_{zs,b} + \varepsilon_{zs,k}}{2} = \alpha \Delta t \quad (36)$$

$$\Delta t = \frac{\varepsilon_{zs,b} - \varepsilon_{zs,k}}{2\alpha} = \frac{\Delta \varepsilon_{zs}}{\alpha} \quad (37)$$

a betonzsugorodás problémája visszavezethető a hőmérsékletváltozás hatásainak – előzőekben bemutatott – vizsgálatára.

## 7. SZÁMPÉLDA

Határozzuk meg egy alul befogott, felül csuklós megtámasztású tartály (3./b ábra) igénybevételeit egyenlőtlen hőmérsékletváltozás hatására. A körhenger geometriai adatai a következők:  $r = 30$  m,  $l = 10$  m,  $h = 0.25$  m. A belső és külső falfelületek hőmérsékletváltozása:  $t_b = 0^\circ\text{C}$ ,  $t_k$



4. ábra Alul befogott, felül csuklós megtámasztású tartály igénybevételei ( $t_b = 0^\circ\text{C}$ ,  $t_k = -30^\circ\text{C}$ )

$-30^\circ\text{C}$ , azaz  $t = -15^\circ\text{C}$ ,  $\Delta t = 15^\circ\text{C}$ . A hőtágulási együttható  $\alpha = 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$ , a beton rugalmassági modulusa  $E = 32\,000$  MPa, a Poisson-tényező  $\nu = 1/6$ .

Az (5) alatti összefüggés szerinti dimenziótlatlan paraméter  $l^2/(rh) = 13,3 \geq 5,8$ , azaz a tartály magas hengernek tekinthető, tehát a gyűrűerők és nyomatékok megoszlása a (29) – (31) képletekkel meghatározható. Az igénybevételek értékeit és lefutásukat a falmagasság mentén a 4. ábrán adtuk meg. Ugyanezen paraméterekkel rendelkező, de felül szabad peremű tartály megoldása található Ghali és Elliott (1992) cikkében,  $t_b = 0^\circ\text{C}$ ,  $t_k = +30^\circ\text{C}$  hőmérsékletváltozási adatokkal. Eredményeik ellentettjét összevetve szám példánk megoldásával, megállapítható, hogy a felső csuklós támasz alkalmazása a nyomatékok nagyságát és lefutását alig befolyásolja, viszont a gyűrűerők nagyságában csaknem 50%-os növekedést okoz a felső perem környezetében.



## 8. EREDMÉNYEK, MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az építési gyakorlatban előforduló körhenger-tartályok nagy többsége ún. *magas* hengernek minősül, geometriai (merevségi) jellemzőik kielégítik az (5) alatti feltételt. A dolgozatban ilyen tartályok *hőmérsékleti teher* hatására fellépő igénybevételeinek meghatározására alkalmas módszert ismertettünk. A (16) – (24) alatti összefüggések révén – (25) figyelembevételével – a belső erők képletei tetszőleges alsó-felső peremfeltétel-kombináció esetére *zárt alakban* előállíthatók. Az összegzéssel kapható képleteket három jellemző támaszkombináció esetére adtuk meg a dolgozatban.

Megmutattuk, hogy az eredmények közvetlenül alkalmasak a *beton zsugorodásának* következtében fellépő igénybevételek meghatározására is.

Az igénybevételek nagyságának és hengerfal menti megoszlásának jellemzésére számpéldát mutattunk be. Figyelemreméltó, hogy a középfelület hőmérsékletének csökkenése – csakúgy mint a beton zsugorodása – nagy gyűrűirányú húzóerőket okoz a támaszok környezetében, éppen abban a zónában, ahol általában gyűrűirányú feszítéssel sem lehet hatékony nyomóerőt biztosítani a hengerfalban. Ez a tény, valamint a nyomatékok nagyságrendje is igazolja, hogy a repedéskorlátozási követelmények kielégítését biztosító *lágvyvasalás* tervezésekor a hőmérsékleti (zsugorodási) teherből származó igénybevételek nem hagyhatók figyelmen kívül.

## 9. ALKALMAZOTT JELÖLÉSEK

$h$	a hengerfal vastagsága (m)
$l$	a tartály magassága (m)
$m_x$	függőleges síkú hajlítónyomaték (kNm/m)
$m_\varphi$	vízszintes síkú hajlítónyomaték (kNm/m)
$n^l$	gyűrűerő (kN/m)
$q$	nyíróerő (kN/m)
$r$	a középfelület sugara (m)
$t_b, t_k$	a belső-, ill. a külső falfelület hőmérsékletváltozása ( $^{\circ}C$ )
$t, \Delta t$	az egyenletes-, ill. az egyenlőtlen hőmérsékletváltozás mértéke ( $^{\circ}C$ )
$x, x$	alkotóirányú független változók (m)
$z$	független változó sugárirányban (-)
$w$	sugárirányú eltolódás (m)

$C$	integrálási állandó (m)
$E$	rugalmassági modulus (MPa)
$E_t$	rugalmassági modulus tartós teherre (MPa)
$\alpha$	hőtágulási együttható ( $1/^{\circ}C$ )
$\beta$	paraméter (1/m)
$\epsilon_{zs, b}, \epsilon_{zs, k}$	a belső-, ill. a külső falfelület zsugorodása (-)
$\epsilon_{zs}, \Delta \epsilon_{zs}$	az egyenletes-, ill. az egyenlőtlen zsugorodás mértéke (-)
$\nu$	Poisson-tényező (-)
$\vartheta$	hengerfal függőleges síkú elfordulása (-)
$\xi, \zeta$	függvényjelölések (-)
$\psi$	integrálási állandó (-)

## 10. HIVATKOZÁSOK

- Brøndum-Nielsen, T. (1990), "Redistribution of Concrete Stresses Due to Creep after Change of Structural System", *ACI Structural Journal*, July-August, pp. 393-396.
- Brøndum-Nielsen, T. (1998), "Optimum Prestress of Tanks with Pinned Base", *ACI Structural Journal*, January-February, pp. 3-8.
- Ghali, A., Elliott, E. (1991), "Prestressing of Circular Tanks", *ACI Structural Journal*, November-December, pp. 721-729.
- Ghali, A., Elliott, E. (1992), "Serviceability of Circular Prestressed Concrete Tanks", *ACI Structural Journal*, May-June, pp. 345-355.
- Márkus, Gy. (1964), "Körzsimmetrikus szerkezetek elmélete és számítása", *Műszaki Könyvkiadó*, Budapest
- Márkus, Gy. (1967), "Theorie und Berechnung rotationssym metrischer Bauwerke", *Werner-Verlag*, Düsseldorf
- Timoshenko, S., Woinowsky-Krieger, S. (1959), "Theory of Plates and Shells", 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw-Hill Book Co., New-York

**Dr. Csíki Béla** mérnöki oklevelét 1982-ben, dr. univ. fokozatát 1993-ban szerezte a BME Építőmérnöki Karán. 1994-ig a Mélyépterv, ill. 1995-1997 között a Mélyépterv Komplex Rt vezető tervezője. Közben 10 hónapig tudományos munkatárs a Berkeley Egyetemen (Kalifornia, USA). 1997-től a *Peristy!* Mérnöki Konzultációs Iroda Kft. ügyvezető igazgatója. Érdeklődési területe: egyedi és különleges mérnöki szerkezetek tervezése és kutatása. Az ASCE, az ACI, a *fib* Magyar Tagozata és a Mérnöki Kamara rendes tagja.

### INTERNAL FORCES OF CIRCULAR TANKS DUE TO TEMPERATURE VARIATION AND SHRINKAGE

Temperature variation and shrinkage of concrete can produce severe stresses in the wall of traditionally reinforced or prestressed concrete circular tanks. Design codes and recommendations require that these effects be considered in the practical design, but generally do not give sufficient guidance on the methods of analysis or on the distribution and magnitudes of the internal forces to be expected. Closed mathematical formulas are presented applicable for most practical cases and suitable to obtain results for any combination of types of the lower and upper edge supports of the cylinders. Formulas are given for three edge combinations typical in practice. The distribution of internal forces due to temperature variation is illustrated by a numerical example.

# TÁJÉKOZTATÓ CIKKÍRÓINK SZÁMÁRA

A VASBETONÉPÍTÉS című szakmai folyóirathoz a vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek anyagaival, megvalósulásával, az elemek valamint az egész szerkezet viselkedésével kapcsolatos cikkek kéziratai nyújthatók be. A cikkeknek eredetieknek kell lenniük, amik más folyóiratban, konferencia kiadványban, stb. még nem jelentek meg. A kéziratot a Szerkesztőség címére kell benyújtani. A megjelentetés feltétele a formai követelmények teljesítése mellett, hogy a két felkért lektor közül egyik se utasítsa el a kéziratot. A VASBETONÉPÍTÉS című folyóirattal célunk (és ezt kérjük vegyék figyelembe a kézirat készítése során is), hogy:

- (1) írásos fórumot biztosítsunk azon kollégáink számára, akik érdekes vasbetonszerkezeti feladataikról szeretnének beszámolni tervezői, kivitelezői, betontechnológiai, berruházói, üzemeltetői, stb. szemszögből,
- (2) közkinccsé tegyünk a vasbetonnal kapcsolatos új kutatási eredményeket,
- (3) tájékoztatást nyújtunk a legújabb műszaki szabályozási kérdésekről,
- (4) bemutassuk a hazai és külföldi fejlesztési irányokat valamint,
- (5) beszámoljunk a hazai és külföldi szakmai bizottságokban folyó munkáról.

A VASBETONÉPÍTÉS című folyóirat kezdetben negyedévenként jelenik meg magyarul, amit évente kiegészít egy ötödik angol nyelvű szám a négy magyar nyelvű szám cikkeiből készített válogatásként. A Szerkesztőség szívesen küld részletes tartalmi és formai követelmény listát érdeklődő kollégáink számára.

## A CIKKEK ÁLTALÁNOS FELÉPÍTÉSE

A publikálásra benyújtott kéziratoknak az alábbi felépítést kell követniük. Az a) - h) és k) pontok nem hiányozhatnak.

- a) **CÍM** Rövid, de kifejező cím (csupa nagy betűvel írva). Nincs szükség a téma teljes körülírására a címben. Az megadható a tartalmi rész bevezetőjében is.
- b) **A szerző(k) neve** A szerző(k) teljes neve (tudományos fokozatuk megadásával).
- c) **A szerző(k) fényképe** 35\*45 mm-es fekete-fehér vagy színes arckép(ek), amelyeken az arc tölti ki a fénykép felületének tónyomó részét
- d) **A szerző(k) rövid szakmai bemutatása** Legfőbb szerzőnként 50 szó. Külön lapon benyújtva.
- e) **Összefoglalás** A cikk rövid tartalmi bemutatása. Legfőbb 150 szó.
- f) **Kulcsszavak** 3-7 szó, amely alkalmas a cikk témakörének azonosításához, az olvasó vagy a szakirodalmat kutató számára. A kulcsszavak lehetőleg egyetlen szóból álljanak. A vasbeton kulcsszót nem kell megadni, mivel ez értelemszerűen következik a folyóirat profiljából.
- g) **TARTALMI FEJEZETEK** Ez a cikk tartalmi része decimális számozásban 1-től indulva. Ennek első pontja célszerűen egy olyan BEVEZETÉS legyen, ami exponálja a bemutatásra kerülő témát, kihangsúlyozza annak fontosságát és aktualitását. Ennek megfelelően a BEVEZETÉS címszó helyett használhatók még pl. ELŐZMÉNYEK, HELYZETISMERETES, PROBLÉMA-FÖLVETÉS, stb.  
Az alfejezeteket a téma kívánalmi szerint a szerző(k) veszi(k) föl. A következő fejezetek számozása folyamatos.
- h) **MEGÁLLAPÍTÁSOK** Az utolsó tartalmi pontnak áttekintést kell adnia a cikk általános érvényű észrevételeiről az olvasó (az eredmények felhasználója) szemszögből. Ez az áttekintés általában szöveges formában készül, de tartalmazhatja a levelezések végeredményeül adódó fontos képleteket is. Ábra nem lehet része. Ez nem az Összefoglalás megismétlése (ami a cikk rövid tartalmi bemutatása), hanem a cikk eredményeinek áttekintése. Ennek megfelelően a MEGÁLLAPÍTÁSOK helyett címszövegként használhatók még: KÖVETKEZTETÉ-

SEK, EREDMÉNYEK, TAPASZTALATOK, TANULSÁGOK, de nem használható az Összefoglalás szó.

Ezen pont megfogalmazásakor gondoljunk arra, hogy sok esetben ezt a fejezetet vagy az Összefoglalást nézi meg először az olvasó, és dönti el, hogy egyáltalán elolvassa-e a cikket.

- i) **ALAKALMAZOTT JELÖLÉSEK** Az egységes megjelenés érdekében lehetőleg törekedjünk az EUROCODE 2 jelöléseinek használatára. Az érvényben lévő Magyar Szabvány jelölései azonban természetesen szintén használhatók. Mindenképpen érdemes megadni a cikkbe használt jelöléseket, és azokat alkalmazni az egész cikkben kivétel nélkül. Egy fogalomra egy cikkben belül csak egy jelölés használható. Azonos betűk egyidejűleg több fogalmat nem jelölhetnek. Az egyes jelölések között nem kell üres sort kihagyni. Célszerű minden jelölés dimenzióját is megadni. A javasolt jelöléseket ezen tartalmi és formai követelmények 1. Mellékletében foglaltuk össze.
- j) **KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS** Ezt a fejezetet abban az esetben szerepeltetjük, ha meg szeretnénk köszönni egy cég, kutatási alap vagy személy, stb. támogatását, ill. segítségét, ami a cikkben bemutatott eredmények elérése szempontjából fontos volt.
- k) **HIVATKOZÁSOK** Minden cikkben szerepeltetni kell hivatkozásokat. A hivatkozások vonatkozhatnak szabványokra, cikkekre, tanulmányokra, stb. A hivatkozások listájából jól lehet látni, hogy a szerző áttekintette-e a vonatkozó előzményeket és irodalmakat. Minden cikkre legalább egyszer kell hivatkozni a szövegben. Az alábbiakban bemutatunk néhány jellemző példát a hivatkozások megadási módjára. A szerzőknél csak a családnév és a keresztnév kezdőbetűjét kell feltüntetni. A hivatkozási listát alfabetikus sorrendben kell összeállítani. Az egyes hivatkozások között nem kell üres sort kihagyni.

ACI Com 318 (1989), "Building code requirements for reinforced concrete and commentary", (ACI 318-89/ACI 318R-89), ACI, Detroit  
Dulácska E. (1989), "Feszített vasbetontartók végeinek felhasadásvizsgálata", *Közlekedés-építés- és Mélyépítéstudományi Szemle*, XXXIX. évf. 4. szám, pp. 134-139.  
EC2 (1991), "Beton anyagú Tartószerkezetek tervezése", ENV 1992-1-1, 253 p.  
Hsu, T. (1981), "Fatigue of Plain Concrete", *ACI Journal*, July-August, pp. 292-305.  
MSZ 15022/1-86, "Építmények teherhordó szerkezetekének erőitani tervezése - Vasbetonszerkezetek", *Magyar Szabványügyi Hivatal*, 50 p.  
Palotás L. (1952), "Minőségi beton", *Közlekedési Kiadó, Budapest*  
Reinhardt, H.W., Naaman, A.E. editors (1992), "High performance fiber reinforced cement composites", *Proceedings of the RILEM/ACI Workshop*, Mainz, June 23-26, 1991, RILEM, Vol. 15, E & Spon, London, 565 p.

A szövegbeli irodalmi hivatkozás során csupán a szerző(k) családnévét és a publikálás évét kell feltüntetni az alábbi két példának megfelelő módon:

.....Dulácska (1989) kutatásai fölhívták a figyelmet.....

vagy

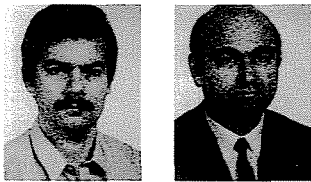
.....a kutatási eredmények (Dulácska, 1989; Reinhardt, Naaman, 1992) fölhívták a figyelmet....

[ ] zárójelbe tett, sorszámossal ellátott hivatkozások nem használhatók.

### l) Ábraalíráások és táblázat címek listája

Az ábraalíráásokat és a táblázatcímeket külön listákon kell összegyűjteni, és a HIVATKOZÁSOK mögé az ábrák és táblázatok elé kell elhelyezni.

- m) **Ábrák és táblázatok** Az ábrák a szöveg illusztrálására, ill. a magyarázatok kiegészítéséül szolgálnak. Minden ábra önmagában is érthető kell legyen. Az ábrákat lézeryrinterrel kell kinyomtatni vagy tussal megrajzolni. A feliratokhoz alkalmazott betűtípus és méret lehetőleg legyen azonos a szöveg betűtípusával és méretével. Ezek kiválasztásakor figyelembe kell venni, hogy az ábrákat a nyomdában általában kicsinyíteni fogják. Az ábrák járatos méretei az 1, 2, ill. 3 hasáb szélességével azonosak.



Péter Gábor Zoltán - Dr. Tóth László

*A szerzők a szakcikk elején összefoglalják azokat a funkcionális igényeket és követelményeket, amelyek alapján a szerkezettervező - együttműködve a technológus gépésztervezővel – a talajadottságok figyelembevételével, megalkothatja a vasbeton iszaprothasztó(k) koncepcióját. A cikk a továbbiakban a műtárgyak formai és szerkezeti kérdéseivel foglalkozik. Megállapítja, hogy az erőtani és a vízzárósági követelményeket leginkább az összetett héjszerkezetű, utófeszített szerkezetek elégítik ki. Végül a szerzők – rövid külföldi kitekintés után – bemutatják a szerkezeti és építéstechnológiai fejlődés főbb irányait, majd ismertetik az utóbbi évtized hazai szennyvíztisztításának legjelentősebb és legsikeresebb mérnöki alkotását, a debreceni utófeszített rothasztókat.*

**Kulcsszavak:** forma, héjszerkezet, vízzáróság, gázzáróság, repedésmentesség, környezetbeillesztés

## 1. BEVEZETÉS

A magyarországi szorító környezetvédelmi igények között szerepel a szennyvíztisztítás terén tapasztalható lemaradás felszámolása is. Fontos a szennyvízelvezetés fejlesztése, a mechanikai és biológiai szennyvíztisztítás megvalósítása és a kezelés során keletkező szennyvíz-iszapok mennyiségi csökkentése, ártalmatlanítása és végső elhelyezése. Így kerül előtérbe az iszaprothasztás kérdése, mivel annak során a fő célkitűzések teljesülése mellett másodlagos energiatermelési és hasznosítási lehetőségek is adódnak. E meglehetősen összetett technológiai rendszerek legjelentősebb létesítményei – építőmérnöki szempontból – az iszaprothasztó műtárgyak.

Ezen cikk a vasbeton rothasztók kialakításának szerkezeti kérdéseivel foglalkozik, majd egy rövid nemzetközi kitekintés után a hazai helyzetet kívánja bemutatni, elsősorban tervezői szempontból.

## 2. A ROTHASZTÓK RENDELTETÉSE

E különleges mérnöki műtárgyakban a szennyvíz-iszapok rothasztása 33–35 °C-on történik szakaszos, vagy állandó keverés mellett. A műtárgy zsompszerű alsó terébe lecsúszó kirohadt iszapot szivattyúval távolítják el. A rothasztás során keletkező biogázt a műtárgy magas pontjáról vezetik el. A folyadékszinten keletkező úszó kérget rendszeresen törni kell a biogáz könnyebb kiválása érdekében. Mindezekből következik, hogy a technológiai követelmények több szempontból „meghatározzák” a célszerű geometriai kialakítást, amelyek leginkább a körszimmetrikus héjszerkezetek felelnek meg.

A címszavasan érintett technológiai igények mellett természetesen a rothasztóknak vízzárónak és – felső részeiken – még gázzárónak is kell lennie. A teljes külső felületet hőszigetelni kell technológiai okokból.

A rothasztók nagytömegű létesítmények, melyek az alapozási megoldástól és a talajadottságoktól függően eltérő méretű, de más műtárgyakhoz viszonyítva nagyobb összsúlyúvá hajlamosak, így a kapcsolódó építmények mozgásával összhangot kell teremteni. Ez esetenként szerkezeti, erőjátékbeli okokból is elengedhetetlen, de követelmény a technológiai vezeték üzembiztonsága miatt is.

## 3. SZERKEZET ÉS FORMA

Az előzőekben ismertett technológiai igényeknek legjobban egy függőlegesen nyújtott, tojás alakú, kétszergörbült héjszerkezetű kialakítás felel meg. Néhány szép formájú megvalósult és megvalósításra javasolt megoldást mutat be Márkus Gy. a *Mérnöki Kézikönyv* II. kötet (1984) 3–440., 3–442 és 3–443. ábráival. Egyszerűen belátható, hogy egy ilyen megoldás szerkezeti, erőjátékbeli szempontokból is a leginkább optimá-

lis. A magas vízszlop nyomás miatt a gyűrűirányú húzóerők a meghatározóak. A kétszergörbült héjszerkezetek erőtani okokból kedvezőek, különösen ha a meridián görbe egy „törésmentes”, hajlékony vonal. Minden töréspontnál, de még az eltérő görbületű felületrészek csatlakozásainál is hajlítónyomatékok keletkeznek. A gyakorlatban szinte lehetetlen a hajlításmentes héjszerkezeteket előállítani, de az is óriási előny, ha egy összetett héjszerkezet jelentős része a membrán héjszerű erőjátékbeli viselkedéshez közel áll. Nyilvánvaló, hogy az ideális formájú héjszerkezetet is alapozni kell, s elkerülhetetlen a támasztási vonalak, vagy felületek környezetében a hajlítónyomatékok megjelenése. Ugyancsak hajlítónyomatékokat eredményeznek az egyenlőtlen és egyenletes hőmérsékletváltozások, melyek a technológiai igények és a magyarországi éghajlati viszonyok miatt szükségszerűen előfordulnak.

Ezen általános héjelméleti megállapítások a magyarországi gyakorlatban leginkább előforduló 1000–10000 m<sup>3</sup> térfogatigényű műtárgyakra egyformán vonatkoznak, függetlenül a mértékadó gyűrűirányú húzóerők és a hajlítónyomatékok nagyságától. A szerkezet geometriai kialakításának a keletkező igénybevételekre gyakorolt hatása azonban már megfigyelhető. A szerkezeti megoldás megválasztása természetesen függvénye az igénybevételeknek. A vízzárósági követelményeket lágy vasalású, normál vasbeton szerkezetek esetében a korlátozott repedéstágasságú, vagy esetleg repedésmentes szerkezetek elégítik ki. Ez utóbbiakat a gyakorlatban azonban csak utófeszítéssel lehet létrehozni.

A tapasztalatok szerint a kisebb térfogatú rothasztók esetében gazdaságos a normál vasbeton szerkezet, de nagyobbaknál az utófeszítés már elkerülhetetlen, de gazdaságosabb is. Különösen igaz ez a 4000 m<sup>3</sup> térfogatérték felett.

A körszimmetrikus héjszerkezetű iszaprothasztók másik jellegzetes típusa a lapos, hengerfallal határolt, „olajtartályokhoz” hasonló kialakítás. A folyadék tömeg keverése, az iszap elvétele és a biogáz elvezetése ilyen esetekben természetesen alapvetően más technológiai gépészetet igényel, s az üzemeltetési költségek is jelentősebbek. A fő szerkezeti elemek megépítése építéstechnológiai egyszerűbb, s ez indokolja alkalmazásukat.

A kétszergörbült héjszerkezetű rothasztók építéséhez igényes zsuluzat szükséges. Esetenkénti mérlegelés kérdése, hogy annak többlet költségigénye hogyan viszonyul a megtakarítható építőanyagok értékéhez. A komplex gazdaságossági értékelés természetesen nem fejezhető be az építés egyszeri költségeinek az elemzésénél, hiszen a technológiai gépészeti és üzemeltetési költségek ugyancsak jelentősek.

A gazdaságosság kérdését egy különleges mérnöki műtárgy esetében alapvetően befolyásolja a szükséges építőanyagok mennyisége. Nagytérfogatú iszaprothasztóknál az optimális geometriájú héjszerkezetek alkalmazására kell törekedni, mert azokban a „lehető” legkisebbek az igénybevételek. A fajlagosan legkevesebb anyag a gömbhöz közel álló geo-

metriájú héjszerkezetekhez szükséges, s ezért tekinthetők optimálisnak – a technológiai kérdéseken túlmenően – a tojás alakú rothasztók.

A fenti szakmai szempontok mellett esztétikailag is az a létesítmény a legszebb, mely érzékelteti a funkció és a forma összhangját. A tojás alakú rothasztók technológiailag és szerkezetileg is optimálisak, így az esztétikai értéket a szerkezet és a forma összhangja is megjeleníti.

## 4. TERHEK

A nagytérfogató folyadéktároló műtárgyak összetett térbeli szerkezetek, melyek erőtérét a hajlított héjelmélet összefüggései szerint kell elemezni a következő főbb terhek figyelembevételével:

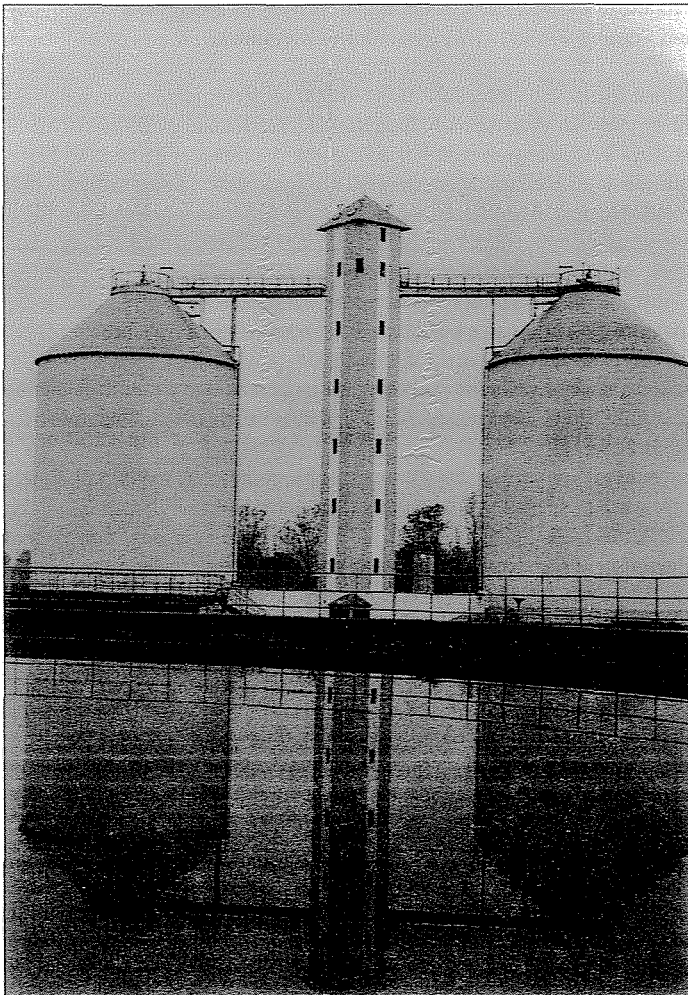
- önsúly
- folyadék teher
- egyenletes hőmérsékletváltozás
- egyenlőtlen hőmérsékletváltozás
- szélteher
- egyenlőtlen süllyedés
- földrengés.

A fenti terhekből adódó mértékadó igénybevételekre – mint megvalósult állapotra – kell mértegni a szerkezeti egységeket mind gyűrű, mind meridián irányban. Az utófeszítés végrehajtása az építés időszakában azonban ugyancsak megköveteli az „ideiglenes” igénybevételek elemzését különös tekintettel a feszítés időpontjában meglévő betonszilárdságra. A végleges feszítőerők bevitelére vonalmenti „külső” terhelést jelent a szerkezeten. A helyes feszítési sorrend megtervezése tehát igénybevételek függvénye.

Az összetett héjszerkezet erőtérét befolyásolja a feszítés időbeli folyása is. A hatásvázlat meghatározásánál elemezni kell a súrlódásból, véglehorgonyzás típusából, a beton zsurorodásából és lassú alakváltozásából, valamint a feszítőelemek kúszásából adódó veszteségeket. Ezek részletezése nem lehetséges ezen szakcikk keretében.

Igénybevételi szempontból a kétszergőbűlt héjszerkezetű rothasztók ese-

1. ábra A már üzemelő iszaprothasztók



tében rendkívül lényeges kérdés, hogy milyen az alapozási megoldás, azaz a felszerkezeti terhek milyen sugarú kör mentén és hogyan adódnak át. A legnagyobb hajlítónyomatékok a támaszok környezetében lépnek fel.

## 5. VÍZZÁRÓSÁG

Az utófeszített vasbeton iszaprothasztók lehetnek egy-, és kétirányban feszítettek. Ennek megoldása a geometriai forma és igénybevételek függvénye.

Egyszerűbb esetekben (pl. hengerfalas rothasztók) elégséges csak gyűrűirányban feszíteni. Alkotó irányú igénybevételekre ezen megoldásoknál csak a normál vasalás szolgál. Az ilyen szerkezeti elemek gyűrűirányban repedésmentesek, alkotó irányban azonban a vízzárósági követelmények csak a korlátozott repedéstágasság feltételei szerint elégülnek ki.

A mindkét irányban feszített rothasztók vízzárósága természetesen lényegesen magasabb színvonalú, különösen teljes feszítés esetében. A gyakorlat szerint olyan feszültségállapotot kell létrehozni a szerkezetben, hogy abban a lehetséges legnagyobb húzóerők működése esetén is nyomófeszültség maradjon. Ez a tervező döntése és felelőssége. Itt van különös jelentősége a hatásvázlat időbeli elemzésének.

Az anyagában vízzáró vasbeton iszaprothasztók esetében néhány részletkérdés műszaki megoldási színvonalának különösen fontos jelentősége van. A tervezett munkahézagok vízáteresztését akadályozó megoldást nagy gondossággal kell megvalósítani, s a vízzáró betonok követelményeit – a tervező munkáján túlmenően – a kivitelezőnek hiánytalanul kell kielégíteni (a betonkeverék minősége, a bedolgozás és tömörítés feltételei, a véletlenszerű munkahézagok kialakulásának kizárása, a beton helyes utókezelése stb.)

Az eddig említett feltételek hiánytalan, jó színvonalú teljesítése esetén a feszített iszaprothasztók vízzárósága a gyakorlatban általában megfelelő. Ellenkező esetben szükséges lehet vízzárást fokozó bevonati réteg(ek) felhordása is.

## 6. GÁZZÁRÓSÁG

A gázzáró vasbeton szerkezet végérvényes meghatározása még a szakirodalomból sem ismert. A szakemberek – felelősségükből adódóan – rendszerint nem elégednek meg a vízzáró betonszerkezet műszaki színvonalával, hanem sokszor bentmaradó fémlemez zsaluzatot alkalmaznak a rothasztók felső szerkezeti eleménél. A megfelelően hegesztett acél szerkezet alkalmazása vitathatatlanul helyes, s ráadásul alkalmazásának lehet előnye az úszó iszapkéreg törése, valamint az építés idején, a zsaluzás és állványozás szempontjából is. Egyértelműen rögzíthető, hogy a gáztömörség feltételei szigorúbbak a vízzáróságénál. A gáz szerkezetbe hatolásának gátlására repedésmentesség esetén mázszennű bevonati rendszer is alkalmazható.

## 7. ALAPOZÁS

Az iszaprothasztók 20–40 m magas vízoszlop terhéből és a szerkezet önsúlyából magas fajlagos terhelés jut az altalajra. Ebből adódóan körültekintően kell eljárni a tervezőnek a talaj teherbírásának az igazolása során, különösen azért is, mert a szennyvíztisztító telepek rendszerint a települések mélyfékvésű részén épülnek, sokszor folyók, vagy patakok közelében. Gyakoriak ezen területeken a kötött talajok, a magas talajvíz viszonyok. Emiatt sokszor jelentős víztelenítés szükséges az építés időszakában. A fajlagosan nagy terhelések miatt nem elégséges a teherbírás igazolása, hiszen jelentős süllyedésekkel is számolni kell az altalajtól függően. A konszolidációs jelenségek időben sokszor elhúzódnak, s számos üzemeltetési problémát okoznak. Síkalapozási módok esetében a terhelések összemetsződéséből, vagy egyéb hatásokból egyenlőtlen süllyedések állhatnak elő, melyek a műtárgyak megbillenését okozhatják, s a csőkapcsolatok tönkremeneteléhez vezethetnek.

Süllyedési, vagy építéstechnológiai okokból mélyalapozás is gyakran előfordulhat. Esetenként különleges alapozási megoldások szükségesek. Szélső helyzetben az iszaprothasztó – mint víztartó edény – egy külön alapozási szerkezetre, önálló, kellően merev, teherátadó egységre támaszkodik, illetve abba ül bele. Ilyen példák láthatók a már hivatkozott *Mérnöki Kézikönyv* 3.441. ábráján.

## 8. NEMZETKÖZI KITEKINTÉS

Az iszaprothasztók építése a fejlett országokban az 1950-60-as években kezdődött. Az utófeszített vasbeton szerkezetek elsősorban a nagyterfogatú rothasztók igényéből születtek. Alkalmazásukat az ipari háttér (nagy-szilárdságú acélok, korszerű zsaluzat stb.) fejlett színvonala tette lehetővé.

Európában épített nagyterfogatú rothasztók Angliában és Franciaországban inkább lapos tartályszerűek, míg Németországban a függőlegesen nyújtott, hengeres, csepp és tojásalakúak. Hosszabb áttekintés olvasható H. Bomhard (1979) dolgozatában. Az egyszerűbb formák épültek először az Egyesült Államokban is, s talán éppen az európai hatások alapján ott is megjelentek a függőlegesen nyújtott műtárgyak újabban, mint ahogy ez utóbbiakkal lehet találkozni a távol-keleti országokban is.

A tojás alakú rothasztók kifejlesztése a német szakemberek munkáját dicséri. A DYWIDAG cég feszítési rendszerei (védőcsőbe helyezett rudak, pászmák) széles körben terjedtek el a folyadéktároló medencék megvalósítása terén. Számos referenciát mutat be G. ARNOLD (1969). A kétszergőbült héjszerkezetek zsaluzatát és állványzatát is folyamatosan fejlesztették. Az első időben egy-egy rothasztót függőleges szegmensekből építettek egy királycsap körül forgatható, térbelileg merevített állványzat-zsaluzat segítségével. Így épült pl. Berlinben (U. Finsterwalder és G. Kern, 1963) nyolc darab egyenként 6600 m<sup>3</sup>-es iszaprothasztó. Később már inkább a körgyűrű egységek egymás utáni építésére tértek át könnyebb zsaluzat segítségével. Ez döntően kúszó, esetenként pedig csúszózszerű zsaluzat alkalmazását jelentette. Ilyen műtárgyak épültek Olaszországban, Ausztriában és Svájcban is.

A közép-európai országokban a rothasztók építési igénye csak a legutóbbi évtizedekben jelentkezett, s inkább csak a nagyvárosok esetében. Általánosságban megállapítható, hogy a német fejlesztések hatásai érvényesülnek inkább, az egyszerű hengeres-kúpos megoldásokkal. Ilyen utófeszített rothasztók épültek pl. Pozsonyban is.

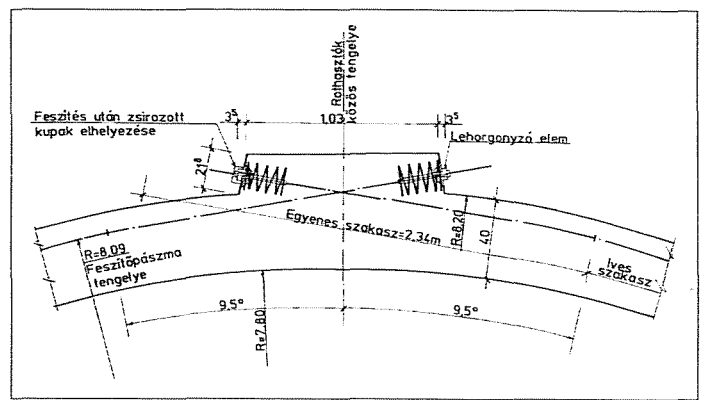
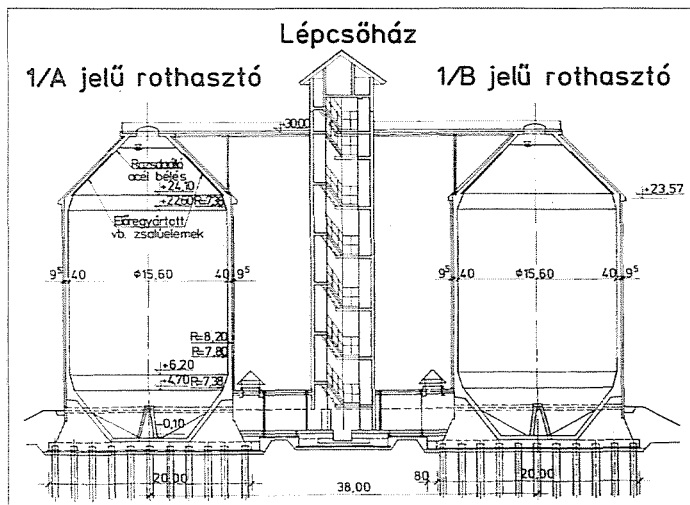
A világméretűvé vált kereskedelem miatt az utóbbi években széles körben terjedtek el a jól bevált műszaki megoldások, s a fejlődés irányát a függőlegesen nyújtott, kétszergőbült héjszerkezetű rothasztók építése jelenti.

## 9. VASBETON ROTHASZTÓK MAGYARORSZÁGON

Az előző fejezetben a közép-európai országokra történt utalás érvényes a magyarországi gyakorlatra is. Először az 1960-as évek végén, a 1970-es évek elején épültek vasbeton iszaprothasztók a MÉLYÉPTERV-es szakemberek (Janzó J. és szerzőtársai, 1972) elképzelései, tervei alapján. Ezek jelentős része csak 1000-2500 m<sup>3</sup> térfogathatárok közé esett, amikor is normál vasbeton szerkezeti megoldások születtek. A tapasztalatok vegyesek voltak, elsősorban a vízzáróság biztosítása okozott nehézséget.

Ebben az időszakban Budapesten, a délpesti szennyvíztisztító telepen épült 4 db, egyenként 2800 m<sup>3</sup> hasznos térfogatú monolit vasbeton utó-

2. ábra A rothasztók és a lépcsőház függőleges metszete



3. ábra A feszítópásmák kivezetési megoldása

feszített iszaprothasztó Thoma J. tervezői irányításával. A kúp-hengerkúp megoldásban a hengerfalak MOTALA rendszerű feszítéssel készültek. A fal külső felületére csévelt nagyszilárdságú, vékony acél huzalok korrózió elleni védelmére cementhabarcs réteget hordtak fel torkrét eljárással. A műtárgyak egy közbelső – elsősorban gépészeti jellegű – felújítással napjainkban is üzemelnek, s az első szerkezeti felújítás most kezdődött meg.

Közel két évtizedes szünet után 1994-ben épült Kecskeméten a korábbi 2x1500 m<sup>3</sup>-es mellett egy újabb 2700 m<sup>3</sup>-es normál vasbeton szerkezetű hengeres-kúpos, majd 1996-97-ben Debrecenben 2x4500 m<sup>3</sup>-es utófeszített iszaprothasztó (1. ábra).

## 10. A LEGÚJABB UTÓFESZÍTETT ROTHASZTÓK

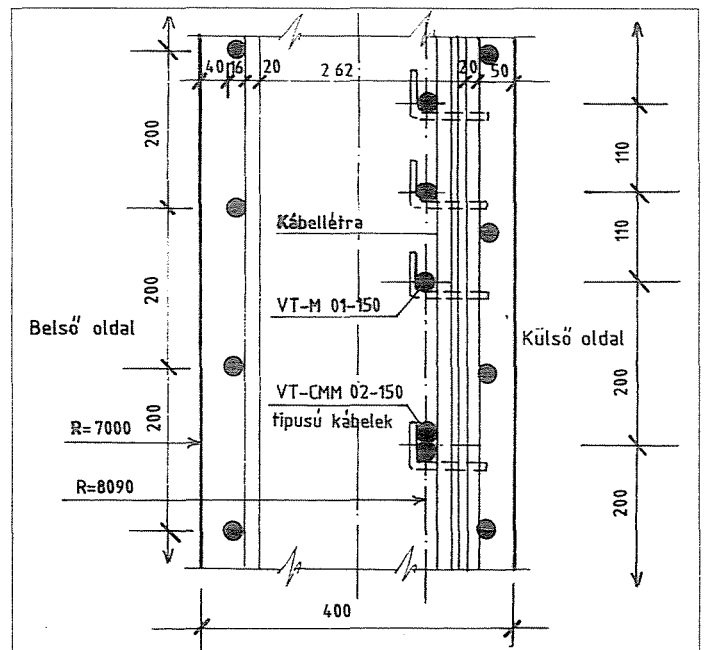
Magyarország eddigi legnagyobb térfogatú utófeszített rothasztóinak, a köztes iszapkezelő gépháznak, a lépcsőháznak és a kezelőhidaknak közös metszete a 2. ábrán látható. A nagytömegű műtárgyról a következőket kívánták e cikk szerzői – mint tervezők – röviden ismertetni.

### 10.1. Alapozási kérdések

A debreceni szennyvíztisztító telep a Tócsa patak melletti mélyfekvésű területen helyezkedik el. A magas talajvízállás döntően befolyásolta a műtárgyak magassági telepítését.

A talajadottságok rendkívül változatosságot mutattak, kis területen belül is jelentősen változtak a rétegösszletek. A sok talajfeltárás után megállapítható volt, hogy a lehetséges építési terület egy feltöltött korábbi Tócsa meder helyére esik, s 20-50 m-en belül kell megtalálni a legkedvezőbb telepítést.

4. ábra Hengerfali vasalás részlete



Összességében a 0,5–2,1 m vastagságú felszíni humuszos rétegek alatt változó vastagságú iszapos homokliszt, iszap és homok rétegek helyezkedtek el, s közöttük három különböző mélységben még magas szervesanyag tartalmú, összenyomódásra rendkívül hajlamos rétegek is beékelődtek. Mintegy 20 m mélységben jelentkeztek a teherviselésre már inkább alkalmas, kellően tömör talajok. Ilyen mélységű cölöpöszerű alapozásra a fővállalkozó VEGYÉPSZER Rt. anyagi lehetőségei miatt nem lehetett gondolni. Az elfogadható kompromisszumot lényegében egy mélyített sákalapozás jelentette, miszerint a kb. 10 m mély Franki cölöpök egy közepes tömörségű 3,0-4,0 m vastag szürke homok talajba ágyazódtak. A kivitelezést az ALTERRA Kft. végezte.

A rothasztók szerkezeti megoldását természetesen ezek a körülmények alapvetően befolyásolták. Ez a rendkívül kedvezőtlen talajadottság csak a kiviteli tervezés elején derült ki, s nagyon szorított időfeltételek mellett kellett végül is egy kellően merev „vasbeton csésze” szerkezetet kialakítani. Ezzel lehetett biztosítani a cölöpök lehető legegyszerűsebb terhelését, s a C12 minőségű, nagy vastagságú szerkezetet nyári időszakban különösebb kockázat nélkül lehetett bebetonozni. A vasbeton csészében – amely „együtt dolgozik” a víztartó edény alsó kúpos részével – jelentős gyűrűirányú húzóerők lépnek fel.

## 10.2. A víztartó tartály

A 2. ábra a fő méreteket és geometriai jellemzőket szemlélteti. A függőlegesen nyújtott kialakítást mind technológiai, mind szerkezeti előnyök indokolták. A kétszergőbült héjszerkezetű megoldásra a fővállalkozó anyagi lehetőségei miatt nem lehetett gondolni.

Jelentős szakmai kérdés volt a zsaluzás módja, azaz az építéstechnológiai koncepció. A kivitelező DÉLÉPSZER Kft. végül is a fővállalkozóval közösen a hengerfal csúszózszaluzatos építése mellett döntött. Kötelezettséget vállaltak a folyamatos betonbedolgozásra, a véletlenszerű munkahézagok kizárására és a tömör, vízzáró szerkezet építésére. Ilyen kérdésekben a tervezőknek számos korábbi kedvezőtlen tapasztalata volt, s ráadásul költségkímélési okokból függőleges irányú feszítésre sem lehetett gondolni. A 40 cm-es falvastagság viszont a beton bedolgozási feltételei szempontjából kedvező volt még akkor is, ha a kétrétegű betonacél vasaláson túlmenően a feszítópázmákat is el kellett helyezni.

A felső kúp szerkezetépítését a nagy magasságban a vízzáróság és gázzáróság követelményeire tekintettel kellett elvégezni. A kúphej belső felületét bentmaradó zsaluzat határolja, melynek megtámasztását a betonozás idején egy könnyű acélszerkezetű, hengerfalra támasztott állvány biztosította. A kúphej alsó részét – szabályos 48 oldalú gúla felület szerint – 10 cm vastagságú előregyártott vasbeton egyedi pallók alakították ki, melyek gyűrűirányú kapcsolatok révén membrán héjként viselkedtek a betonozás idején. Ezek fölött pedig a belső felületet 3 mm-es rozsdálló acél bélés képezi, mely szerkezet térbeli egységként került daruval beemelésére. E bélés a betonozás idejére ideiglenes fa palló megtámasztásokat kapott a káros alakváltozások kiküszöbölése érdekében. A felső kúp részén tehát a vízzárás követelményének egy kétrétegű vasbeton szerkezet, a gázzárásnak pedig egy folytonos acél béléslemez zsaluzatú monolit szerkezet tesz eleget.

## 10.3. A feszítés kérdései

A hengerfal gyűrűirányú feszítése szükségszerű volt. A mértékadó legnagyobb húzóerő kereken 1900 kN/m a hengerfal alsó harmadában. A húzóerők változásához igazodóan kerültek kiosztásra az egyes és kettős un. csúszóbetétes műanyag bevonatú feszítő pázmák. A beszállító az osztrák VORSPANN-TECHNIK cég volt, s az St 1570/1770 minőségű, 150 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű pázmák feszítését a MEGALIT Kft. hajtotta végre. Természetesen a szükséges véglehorgonyzások is a rendszer szerinti voltak.

A hengerfalban a feszítő pázmák a 3. és 4. ábrák tanúsága szerint a külső vasaláson belül helyezkednek el, kör mentén. Kivezetésük a rothasztók közös tengelyén elhelyezkedő, un. lizénáknál (2 db) történik,

érintőlegesen. Ezzel lehetővé vált a kb. 50 m hosszú pázmák gyűrűnként egy helyen – a lizéna két oldalán – történő feszítése, valamint az egymást követő gyűrűk ellenkező oldali lehorgonyzása. Ezzel a legnagyobb húzóerők helyén 22 cm-ként helyezkedtek el egy lizéna oldalfelületén a véglehorgonyzások, mely mind erőtanilag, mind a feszítés végrehajtása szempontjából előnyös volt.

A feszítópázmák helyzetét előírt tőrésel kellett biztosítani, a káros vesztések, illetve a hajlítónyomatékok kiküszöbölése érdekében. Erre szolgáltak a tervezett és a 4. ábrán bemutatott „tájolók”, melyek mind alaprajzilag, mind magasságilag meghatározták a pázmák helyét. Különösen fontosak voltak ezek a csúszózszaluzatos építéstechnológia miatt, miszerint a pázmákat folyamatosan kellett a munkaszint emelőkeretei, valamint a betonacél szerelés közé befűzni és helyzetüket kötözéssel rögzíteni.

Tervezői döntés szerint a rothasztók gyűrűirányban teljesen feszítettek, s a beton keresztmetszetben a legnagyobb igénybevételek esetén is nyomás marad. Ez a vízzáróság fontos feltétele.

## 11. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A vasbeton iszaprothasztók kialakításában, megvalósításában érdekelt szakembereknek tudatában kell lenni annak, hogy a műtárgyak egy bonyolult technológiai rendszer legfőbb elemei, nagy terhelésük miatt az alapozásuk és környezetbe illesztésük számos megfontolást és nagy körültekintést igényel. Az iszaprothasztók alakja már meghatározza az erőjátékot, s a gazdaságos megvalósítás csak igényes zsaluzási és építéstechnológiai felkészültség mellett képzelhető el. A 3000 m<sup>3</sup> térfogathatár felett az utófeszítés szükségszerűség, s minél nagyobb egy műtárgy térfogata úgy egyre inkább az erőjátékbeli követelmények a meghatározóak, azaz az ideális formák célszerűek.

A debreceni iszaprothasztók azt igazolják, hogy Magyarországon rendelkezésre áll a szellemi kapacitás, s vannak olyan felkészültségű cégek, melyek képesek az igényes műtárgyak megtervezésére, korszerű megvalósítására és üzemeltetésére.

## 12. HIVATKOZÁSOK

- Arnold, G., „Neuere Entwicklungen im Spannbetonbau an Beispielen aus der Wasserversorgung” *Das Gas – und Wasserfach*, 110. Jahrgang, H. 8, S: 207-214  
 Bomhard, H., „Faulbehälter aus Beton” *Bauingenieur*, 54 (1979) 77-84 by Springer – Verlag 1979  
 Finsterwalder, U., Kern, G., „Bauen in Spannbeton”, *Beton Herstellung Verwendung*, 13 (1963) H. 9, S. 411/424 Beton – Verlag GmbH  
 Janzó J., Körösmeszey L., Menyhart B., „Rothasztó medencék a MÉLYÉPTERV gyakorlatában”, *Műszaki tervezés* 1972., 3. szám, 8–17 oldalak  
 Márkus Gy., „Vasbeton folyadékátolók”, *Mérnöki Kézikönyv* II. kötet, (1984) 3.3.3.6. fejezet, 944–949 oldalak

Dr. Tóth László okl. mérnök, egyetemi doktor. 1967-ben szerzett diplomát, s kezdett dolgozni a MÉLYÉPTERV-ben szerkezettervezőként. Számos ivóvíz medence, derítomedence, vasbeton viztorony, szennyvíztisztítási műtárgy, rothasztó, különleges műtárgy és építéstechnológiai megoldás tervezője, a ragasztott mélyépitési előregyártott vasbeton panelrendszer fejlesztője. Többszörös feltaláló, rendszeresen publikál, a MÉLYÉPTERV Komplex Rt. vezérigazgatója.

Péter Gábor Zoltán okleveles szerkezetépítő mérnök. Tervezői pályáját 1975-ben kezdte a MÉLYÉPTERV-ben. Tervezéseinek főbb területeit az acélszerkezetek, a mélyépités, vízellátás, szennyvíztisztítás vasbeton műtárgyai és egyéb speciális építmények szerkezettervezése, valamint az ezen létesítményekhez kapcsolódó zsaluzatok és építéstechnológiák fejlesztési tevékenysége képezi. Jelenleg a MÉLYÉPTERV Komplex Rt. irányító-vezetőtervezője.

## REINFORCED CONCRETE SLUDGE DIGESTERS

At the beginning of the article the authors give a summary of functional demands and requirements, which provide the concept of sludge digesters made of reinforced concrete. These structures can be created by civil engineers in co-operation with technologists and mechanical engineers taking also into account requirements by the geotechnical engineers. In the following the article deals with forms and structural aspects of digesters. It is shown that post-tensioned shells constructed by various types of shell elements properly meet the requirements of statics and water tightness. Authors present the principal trends of structural design and building technology after a short outlook abroad. Finally, the post-tensioned digesters in Debrecen are described as the most significant and successful engineering product of home wastewater treatment in the late decade in Hungary.

# SZAKASZOS ELŐRETOLÁSOS TECHNOLÓGIÁVAL ÉPÜLT FELÜLJÁRÓ DEBRECENBEN



Wellner Péter

Debrecen belvárosa mellett a meglévő híd már nem tudta a forgalmat súlyos zavarok nélkül átengedni. Ezért mellette egy másik műtárgy épült, közvetlenül a régi műtárgy mellett. Az új híd pilléreinek helyzetét a meglévő híd pillérei határozták meg. A műtárgy egyik része kilencvágányú villamosított vasútvonal, másik része a 4.sz. főközlekedési út felett vezet át. Az építési idő, amely rendelkezésre állt, igen rövid volt és a helyszíni körülmények olyan bonyolultak voltak, hogy a műtárgyat több részben kétféle technológiával kellett megépíteni. A híd feszített vasbeton, keresztmetszete zárt szekrény. A vasút feletti rész szakaszos előretolással, a többi részt állványon épült. A főközlekedési út feletti nyílást magasabb szinten kellett építeni, majd leeresztetni.

A szerkezet végülis egy nyolcnyílású, folytatólagos, utófeszített többtámaszú híd, melyhez egy kétnyílású hasonló szerkezetű lehajtó ág csatlakozik. Dilatáció csak a műtárgy három hídfőjénél van. A munkát a tervezéssel 1997 augusztus végén kezdtük el. A tervezést a Hidépítő Rt. Műszaki Osztálya és a STABIL-PLAN Kft. végezte. A kivitelezés a régi Wesselényi úti ág lerobbantásával 1997 december elején kezdődött. A műtárgyat 1998 októberében adtuk át. A teljes átfutási idő tehát alig volt több mint 13 hónap. A cikk formai keretei az áttekintésen kívül csak az építéstechnológia és a tervezés legérdekesebb részeinek kissé részletesebb bemutatását teszik lehetővé.

## 1. BEVEZETÉS

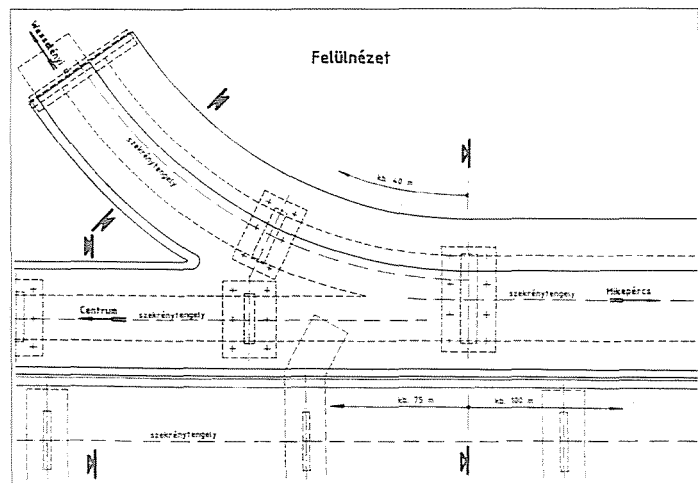
Nagy megtiszteltetésnek és egyidejűleg különleges lehetőségnek érzem, hogy egy most induló szakmai folyóiratban, rögtön az első számban lehetőségem van egy hazai híd megvalósításáról beszámolni. Remélni lehet, hogy ez a kiadvány sokszínű lesz, a cikkek szerzőinek felfogását is tükrözni fogja. Szeretném és a magam részéről mindent el fogok követni, hogy ez a sajtótermék ne valami hurrá-optimizmust képviseljen. A szakmai gyakorlat ehhez képest rögzösebb úton jár.

E cikkkel az is a célom, hogy bemutassak egy érdekes műszaki alkotást. A megvalósítás ismertetése során nem kívánom elhallgatni azokat a tanulságos dolgokat, amelyeket talán másképp megoldva célszerűbb eredményre lehetett volna jutni. Biztos vagyok abban, hogy ezekből a részekből is értékes szakmai tanulságot lehet levonni. Az igazán szép és jó eredményt ezzel együtt lehet igazán a maga valóságában értékelni.

### 1.1. A régi műtárgy

Debrecenben 1970-ben épült meg az 47.sz. főút többnyílású vasbeton hídjá, amely keresztezi a 4.sz. főutat és a vasútállomás közelében többek között a MÁV Budapest-Nyíregyháza vasútvonalat is. Az egycellás mo-

1. ábra Híd felülnézete a felhajtó ágnál



nolit vasbeton szerkezetek állványon épültek. A vasútvonal feletti hídnál utófeszítést alkalmaztak. Az egyes hidak csuklós megoldással csatlakoztak egymáshoz. Mikepércs felől érkeve egy lehajtó ágot építettek a Wesselényi utca felé.

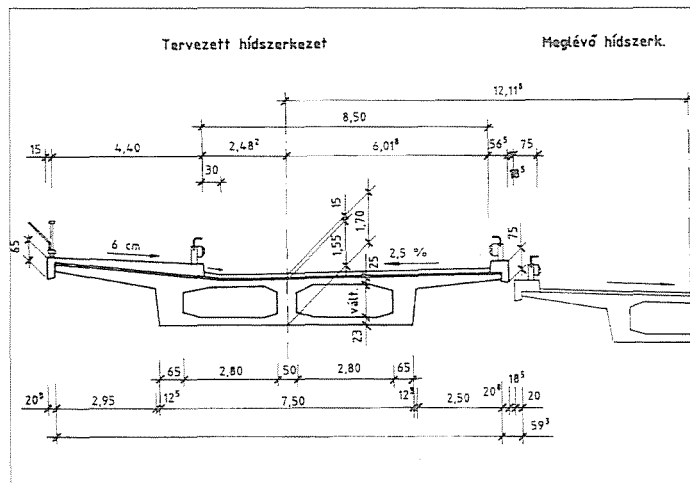
### 1.2. A feladat meghatározása

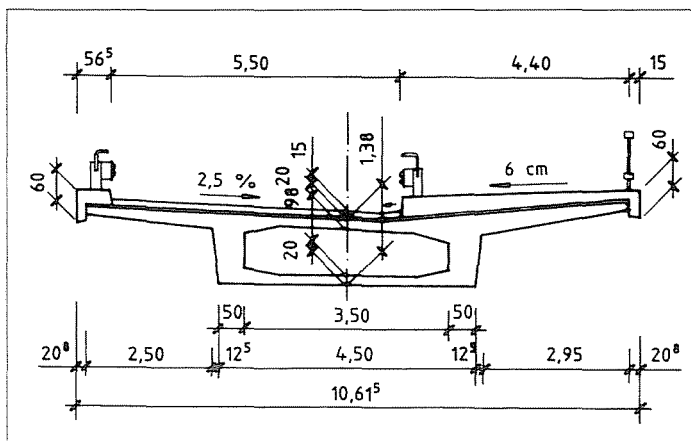
Már ekkor gondoltak arra, hogy szükséges lesz a híd mellé egy másik műtárgyat építeni, amint ezt a forgalom növekedése indokolja. Ezért a vasúti vágányok között a később épülő híd alapozását is elkészítették.

A várt forgalomnövekedés 1990-re már időszerűvé tette a második híd építésének igényét. A pénzügyi feltételek biztosítása jó néhány évet vett igénybe. A Hajdú-Bihar Megyei Állami Közútkezelő KHT és a Városi Önkormányzat összefogásának, igyekezetének és több évi munkájának eredménye volt, hogy költségvetési pénzekkel kiegészülve a megvalósítás elkezdődhetett. Ekkor már 1997-et írtunk. Megtörtént a versenykiírás a közbeszerzési törvénynek megfelelő módon.

A kivitelezési és tervezési munkát a Hidépítő Rt. nyerte el és a munka 1997 augusztus végén elkezdődhetett. A hosszú előkészítési és döntési fázis azonban a véghatáridőt nem módosította. A műtárgynak 1998 októberében készen kellett lennie. A kivitelezői munkát 1997 november elején lehetett elkezdni.

2. ábra Híd keresztmetszete a vasút feletti szakaszon





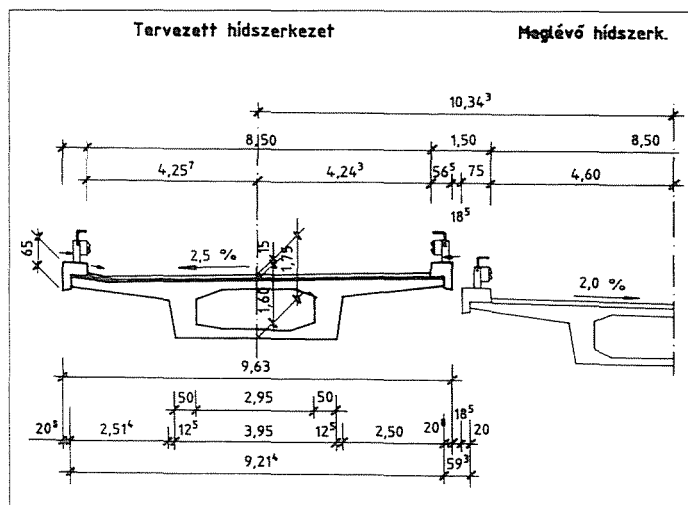
3. ábra Híd keresztmetszete a lehajtó ágnál

A körülmények az elmúlt 27 év alatt természetesen alaposan megváltoztak. A vasút 9 vágányának forgalma jelentősen megnövekedett. Nyolc vágány villamosított. A közút keresztmetszeti igénye is nagyobb lett. A széles hídhoz az előre elkészített pilléralapok nem voltak elégségesek, azok meghosszabbítására szükség volt. A meglévő rész nem volt hasznosítandó, de korántsem volt akkora előny mint azt talán gondolták.

A tenderkiírás szerint az eredetihez képest megnövekedett igényeket kellett kielégíteni. A centrumtól ellentétes oldalon a 2x4,25 m-es kocsipálya mellett a Nyiregyháza felőli oldalon 4,60 m széles gyalogjárdát és kerékpárutat kellett létesíteni, a Budapest felőli oldalon 0,565 m-es kiemelt szegélyt terveztek.

A centrum felé a 2x4,25 m-es kocsipálya és a 0,565 m-es kiemelt szegély folytatódik. A Wesselényi utcai lehajtó ágnál egyirányú 5,5, m széles kocsipálya és a 4,60 m széles gyalogjárda és kerékpárút vezet.

Természetes igény volt, hogy a régi és az új hidalépitmények elrende-



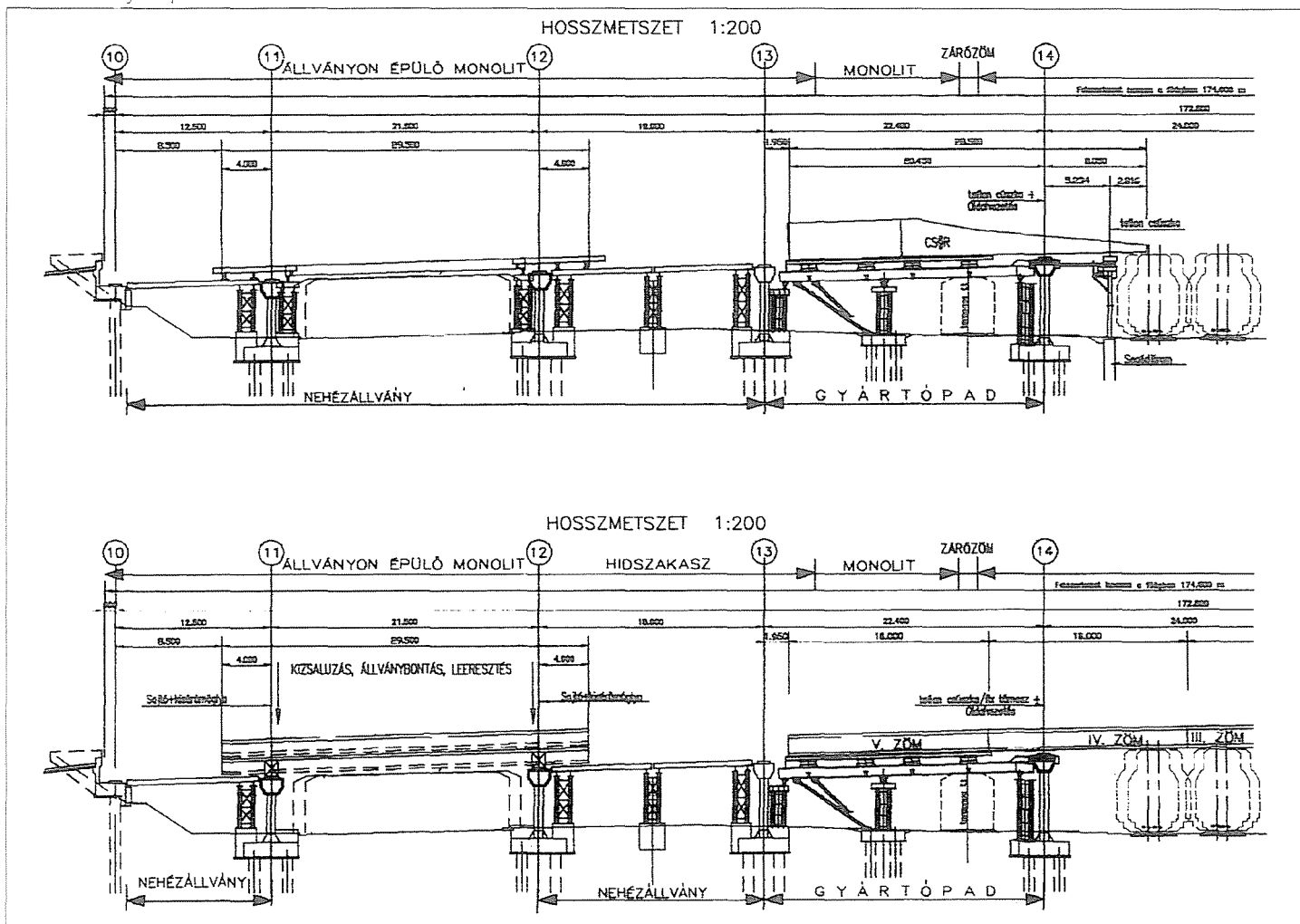
4. ábra Híd keresztmetszete a város felőli oldalon

zése azonos legyen. Ez a vasúti vágányok között más nem is lehetett. Ugyancsak elvárták, hogy a régi és új híd esztétikailag ne különbözzön lényegesen.

## 2. A TERVEZÉS

A helyszíni körülmények, a rövid határidő és a jogos, de szigorú alaki követelmények nem szokásos feladatot jelentettek. Előnyös volt viszont az, hogy a tervezés és a kivitelezés egyaránt a vállalkozó feladata volt. Egy a kivitelezőtől független tervező szervezet jó előre nem lehet képes a célszerű, bárki által végrehajtható technológiával szerkezetet tervezni. Más kérdés, hogy a rövidre becsült átfutási idő mellett a tervezés indokolt időigényét adott esetben elmulasztották figyelembe venni.

5. ábra Állványon épített szakasz és az eltolás indítása





A tervezési munkához jelentős számítógépes háttér szükséges. Az egyik ok az, hogy a bonyolult statikai rendszer, ahol az egyes szakaszok különböző időben, különböző statikai vázón épültek és a végén egy szerkezetet képeztek és mindezt utófeszítéssel építették, másképpen nem követhető korrekt módon.

A másik ok, hogy a néhányszor egymásból fejleszhető tervek és az utólagos javítás természetes igénye a számítógéppel készített rajzok alkalmazását indokolják.

Ezért az általános terveket, a kitűzési terveket, a kábelterveket és a vasbeton részletterveket jelentős részét számítógéppel készítettük. Az erőtanai számítás döntő része ugyancsak ily módon készült, nagyrészt külföldi cégtől vásárolt célorientált szoftver segítségével.

Az egyedi, további tervezéshez nem szükséges rajzok és amelyre már nem állt rendelkezésre gépi kapacitás, természetesen hagyományos módon készültek.

### 3. AZ ÚJ HÍD ADATAI

A műtárgy felszerkezete szekrénykeresztmetszetű feszített vasbeton szerkezet. A vasútvonal felett kétcéllás (2.sz. ábra), a lehajtó ág (4.sz. ábra) és a lecsatlakozás utáni egyenes szakaszon egycéllás szekrényt (3.sz. ábra) építettünk.

Az alapozás Ø830 mm-es fűrt cölöpökkel történt. Egy cölöp számított teherbírása 1418 kN. A próbaterhelés ezt némileg meghaladó értékkel igazolta.

A felmenő falak 0,7 m vastagságúak, tömör szerkezetűek. Alakjuk, felületképzésük a régi hídhoz hasonló.

A szerkezeti gerendák egyedi kialakításúak. Méreteit a technológiát figyelembe véve alakítottuk ki. Biztosítani kellett a végleges saruk, az építési közbeni csúszó bakok, az esetlegesen szükséges emelősajtók és az oldalvezetés helyét. Ezzel egyszerre tekintettel tudtunk lenni a később

esetleg szükséges sarucsere végrehajtására. Mindezekhez külön emelési állványra nem volt és nem lesz szükség.

A híd hossz-szelvényét úgy kellett kialakítani, hogy a választott technológia igényét is kielégítse. Ehhez arra volt szükség, hogy mind vízszintes, mind pedig magassági értelemben egy egyenest, illetőleg egy körívet tartalmazzon az útv. Vízszintes értelemben a főág egyenes, a hossz-szelvény 2000 m-es domború ívben halad.

A hídnálások 12,5-21,5-18,0-21,0-25,4-33,0-25,4-16,0 m Debrecen felől számítva. Az összes hossz 172,8 m.

A Wesselényi utcai lehajtó ág támaszközei 18,0-20,3m, összesen 38,3 m.

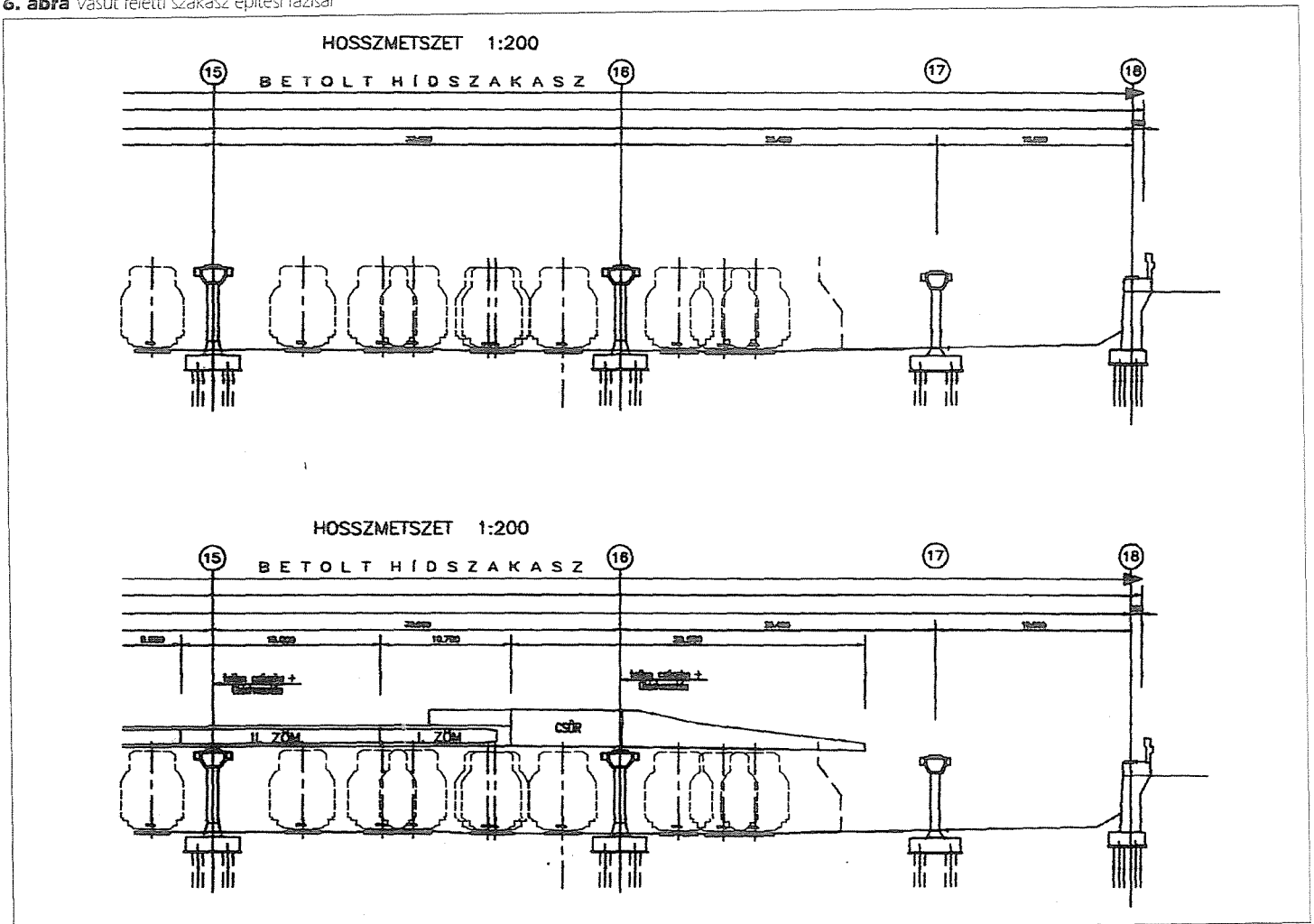
### 4. AZ ÉPÍTÉSI TECHNOLÓGIA

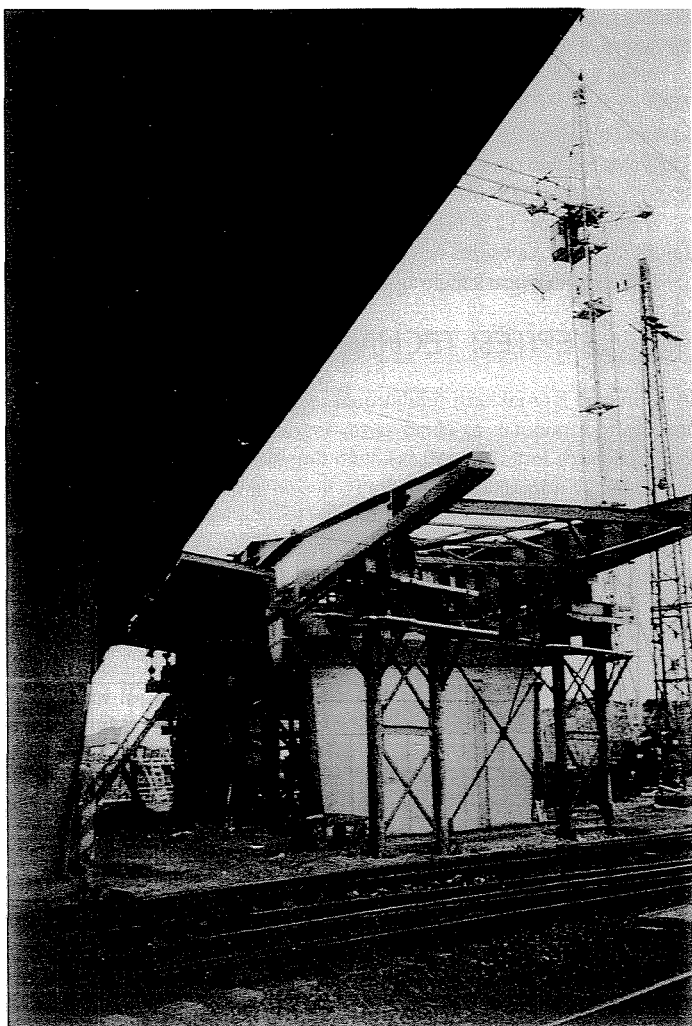
A debreceni Homokkerti felüljárónál meg kellett találni a jól alkalmazható építési módot és az ehhez tartozó szerkezetet. Elvárták és elvártuk, hogy az építés során a vasúti és közúti forgalmat minél kisebb mértékben zavarjuk. Ez mindenkinek érdeke is, hiszen amikor mi zavarjuk a vasút üzemét, az is zavar minket és az pénzbe kerül a vasútnak is, nekünk is.

Mindezek arra vezettek, hogy feszített vasbeton szerkezetet építsünk és szakaszos előretolósos építési módot alkalmazzunk. Ennek lényege, hogy a vasúti pályától függetlenül egy gyártó helyet képeztünk ki. Itt fázisonként beállítható acél zsaluzatban készítettünk egy hídszakaszt. A hossza a kusza, de szükségszerű pillérkiosztás miatt 10-16 m között változott. Ezt a gyártóterület koncentrátságából fakadóan jól lehetett kiszolgálni, célszerűen gépesíteni és a minőséget ellenőrizni. Minden esetre jobban, mintha ezeket a műveleteket a vasút felett is teljes hosszában kellett volna elvégezni.

Egy elkészített hídszakaszt kellő szilárdság elérése után az addig elkészített hídrészhez nagyszilárdságú kábelekkel összefeszítjük. Az ily módon meghosszabbított hidat fogasléces sínekre támaszkodó hidraulikus sajtókkal a bordákra támaszkodva előre toltuk. Így haladtunk előre a szerkezettel pillérről pillérré, amíg a híd tulsó felén lévő hídfőhöz elértünk.

6. ábra Vasút feletti szakasz építési fázisai





1. fénykép Gyártópad és szerelőcsőr

Annak érdekében, hogy ne keletkezzenek túl hosszú vasbeton konzol, a hídstruktúra elejére ideiglenesen egy acél csőrt illesztettünk. Ezzel csak rövid vasbeton konzol állt elő a pillértől a következő nyílás felé, mivel az acél csőr feltámaszkodott a következő pillérré. Így az igénybevételek kezelhető mértékűek voltak.

Az előretolást 2 db 1000 kN kapacitású tolószájtóval végeztük. Az előrehaladást a támaszoknál és a gyártó helyen alkalmazott teflon lemezek tették lehetővé, melyeknél haladás közben a súrlódási tényező 3%. Egy szakasz előretolási időszükséglete maximum 3,5 óra volt.

Az egy fázisban készülő szerénykeresztmetszetet két részben készítették. Először az alsó lemez és a bordák készültek el. Ezek belső acélzsaluzatát könnyen lehetett felülről elhelyezni és kiemelni. A felső lemez bordák közötti részének zsaluzatát vékony bentmaradó vasbeton lemez alkotta. A külső zsaluzat maga a gyártó pad acél zsaluzata volt.

1. fénykép Az elkészült hídstruktúra



A betonacél armatúrát előre szerelve, több részben toronydarúval emelték be. A toronydarú egy helyre felépítve kiszolgálta a gyártóhelyet.

Egy hídszakasz gyártási, feszítési és előretolási időszükséglete 1 hét volt. A feszítés a beton 2,5-3 napos korában történt, amikor a beton szilárdsága elérte a 26 N/mm<sup>2</sup>-es kockaszilárdságot.

Ezzel a technológiával a Hidépítő Rt. az elmúlt 9 évben 14 helyen 18 műtárgyat épített. A megépített hídterület 36.000 m<sup>2</sup>, a hidak hossza 3.700 m.

## 5. ÉPÍTÉSI ORGANIZÁCIÓ

Elképzelésünk szerint a gyártó helyet a várostól ellentétes oldalon a hídfő mögött helyeztük volna el. Innen a teljes egyenes szakasz előretolható lett volna. A 174,6 m hosszú egyenes hídhöz csatlakozott volna az állványon építhető kb. 38 m hosszú lehajtó ág.

Sajnos kellően nem átgondolt munkaterület kijelölés miatt ez a hely nem állt rendelkezésre. Kénytelenek voltunk a gyártóhelyet a vágányok másik oldalára telepíteni és a vasút fölött innen tolni a hidat. Ezzel azonban elvesztettük azt az előnyt, hogy az egyenes szakaszt folyamatosan építhessük. Ha lett volna idő, a gyártópadot meg lehetett volna fordítani és a város felé is ezt a technológiát folytatni. Mivel ez kb. 1 hónapot vett volna igénybe, nem fért bele a határidőbe. A meghosszabbításáról nem lehetett szó, hiszen ennyi időre vállaltuk a teljesítést. Nem maradt más hátra, mint a teljes további szakaszt állványon építeni. Így lehetett párhuzamos tevékenységet folytatni. Más kérdés, hogy ennek költsége milyen többletet jelentett.

Ez a megoldás azonban a 4.sz. út forgalmát zavarta. Az állvány beépítése értelemszerűen magasságkorlátozást igényelt volna. A jelzőtáblákat figyelembe nem vevő kamionosok nagy kárt okozhattak volna. Vissza fordításukra sem találtunk lehetőséget.

Elhatároztuk, hogy az ideiglenes magasságcsökkentés elkerülése érdekében a 4.sz. főút feletti nyílást egy magasabb szinten építjük meg, megfeszítjük, majd leeresztjük végleges helyére. Ehhez mindkét oldalon állványon épített monolit feszített vasbeton szerkezetek csatlakoznak.

## 6. KÖVETKEZTETÉSEK

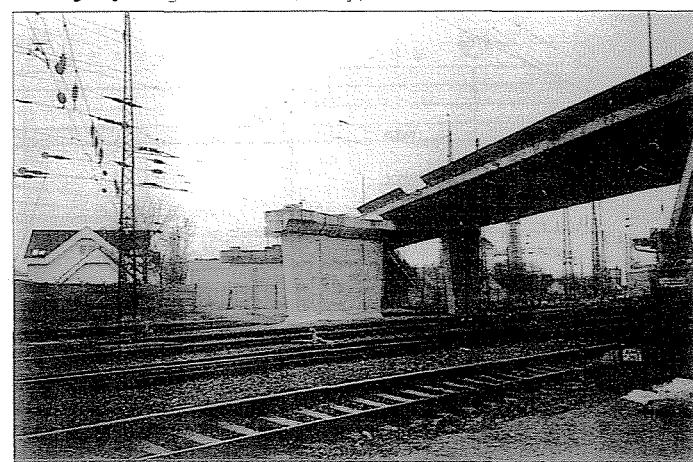
Az ismertetett műtárgy tervezése és építése során tapasztaltuk, hogy milyen fontos egy híd szerkezetének és kivitelezési technológiájának összehangolása. Egyik tényezőt sem bölcs dolog a másiknál fontosabbnak tartani. A technológiát olyan értelemben is értékelni kell, hogy a helyszín milyen lehetőségeket nyújt. A szerkezet lehet minden szempontból előnyös, de a technológia és az organizáció hasonló súlyú tényezők amelyek között az összhangot biztosítani kell. Bár a bemutatott hídnál ez nem sikerült tökéletesen, de az igény ismert volt és a végén a tanulságok megerősítettek annak jogosságában.

A szakaszos előretolási technológia előnyei e hídnál is jól látszóttak. Ezek a következők.

A hídszakaszok koncentrált helyen történő gyártása.

Ez munkaszervezésben szinte iparszerű tevékenységet tesz lehetővé. Ugyanakkor a kiszolgálása jól megoldható, hiszen nem kell a híd teljes hosszában tevékenykedni.

2. fénykép A régi híd mellett épülő új pillér



Ez a koncentrált építési terület környezetvédelmi szempontból előnyös. Különösen igaz ez ott, ahol a környezet kényes, védelme kiemelten indokolt.

A felszerkezet építése az áthidalt út, vasút forgalmát gyakorlatilag nem zavarja. Ez különösen vasút felett nagy előny.

A végtermék maga is előnyös tulajdonságokkal bír. A szerkezet teljesen homogén. A feszítés helyes alkalmazásával a szerkezet minden pontja mindenkor húzásmentes. Ez a tartósságot, a korrózió elleni ellenállást jól szolgálja.

**Wellner Péter** (1933) okl. mérnök, a HÍDÉPÍTŐ Rt. osztályvezetője. Eredményes szakmai tevékenységét a feszített vasbeton hidak tervezése és építési technológiájának hazai bevezetése jelzi. Az első szabadon szerelt híddal kapcsolatban tevékenységét Állami Díjjal ismerték el. A szabadbetonozásos technológia hazai bevezetésének egyik résztvevője. Irányításával vezették be a szakaszos előretolós technológiát Magyarországon és ilyen szerkezeteket folyamatosan terveznek.

## **FLYOVER IN DEBRECEN CONSTRUCTED BY INCREMENTAL LAUNCHING**

The existing bridge near the city of Debrecen was yet unable to let through the road traffic, without serious congestions. Therefore, a new bridge was constructed beside it. The location of the piles for the new bridge were determined by the piles of the old bridge. One part of the structure is spanned over nine railway tracks, the other part over the main road No. 4. There was only a very short construction time available and the local conditions were so complicated that two different technologies were required for constructing the structure. The bridge girder is a prestressed concrete box girder. The construction method of the part over the railway was pushing in section by section, the remainder was supported by scaffold. The span over the main road had to be built on a higher level and following lowered to its final place.

Finally, the structure that has been constructed is a continuous post-tensioned bridge of eight spans, joining to two access branches having similar structure and two spans each. Expansion joints are only at the three abutments of the structure. The work started at the end of August 1997 with the design. The designs were prepared by the Technical Department of Hídépítő Rt. and by STABIL-PLAN Kft. The execution began at early December 1997 with the demolition by explosion of the old branch to the Wesselényi street. The bridge was put to operation in October 1998. That means that the duration of the complete implementation was slightly more than 13 months. The formal limits of this paper give the possibility only for a general introduction and detailed discussions on particular details of design and construction technology.

## ELKÖVETKEZENDŐ KONFERENCIÁK

- **ACI Spring Convention '99**  
*ACI*  
Chicago, USA  
14–19 March, 1999
- **IABSE Colloquium:  
Concrete Model for Asia**  
*fib*  
Phuket, Thailand  
17–18 March, 1999
- **OPTI 99  
Computer Aided Optimum Design  
of Structures**  
16–18 March 1999, Orlando, USA
- **International Symposium on the  
Role of Admixtures in High  
Performances Concrete**  
*RILEM TC 158*  
Monterrey, Mexico  
21–26 March, 1999
- **CONEXPO-CON/AGG '99  
Construction Industry  
Manufactures Association,**  
Convention Center, Las Vegas  
23–27 March, 1999
- **Shotcrete VIII, „Shotcrete for  
Underground Support”**  
*Engineering Foundation*  
Campos do Jordao, Brazil  
11–15 April, 1999
- **International Seminar on  
Comparative Performance of  
Seismic Design Codes for Concrete  
Structures**  
*Concrete Committee of Japan Society of  
Civil Engineering, ACI*  
Japan  
20–21 April, 1999
- **CMEM 99  
Computational Methods  
and Experimental Measurements**  
27–29 April 1999, Sorrento, Italy
- **International Conference on Tall  
Buildings and Urban Habitat**  
*Council on Tall Buildings and Urban  
Habitat*  
Kuala Lumpur, Malaysia  
3–4 May, 1999
- **XVI BIBM International Congress  
Bureau International du Béton  
Manufacturé and ASSOBTON**  
Italy  
25–28 May, 1999
- **Eighth International Conference  
on Durability of Building Materials  
and Components**  
*National Research Council of Canada*  
Vancouver, Canada  
30–3 May, 1999
- **Fifth International Symposium on  
Utilisation of High Strength/High-  
Performance Concrete**  
*Norwegian Concrete Association, ACI, fib*  
Norway  
20–24 June, 1999
- **STREMAH 99  
Structural Studies, Repairs and  
Maintenance of Historical  
Buildings**  
22–24 June 1999, Dresden, Germany
- **Conference on Life Prediction and  
Aging Management of Concrete  
Structures**  
*RILEM TC 160, ACI*  
Bratislava, Slovakia  
5–7 June, 1999
- **Structural Concrete – The Bridge  
Between People**  
*Czech Concrete and Masonry Society, fib*  
Prague, Czech Republic  
13–15 October, 1999
- **ACI Fall Convention '99**  
**ACI**  
Baltimore, USA  
31 October – 6 November, 1999
- **ACI Spring Convention 2000**  
**ACI**  
San Diego, USA  
26–31 March, 2000
- **Fifth RILEM Symposium on Fiber-  
Reinforced Concretes**  
*BEFIB '2000*  
Lyon, France  
13–15 September, 2000
- **Structural Engineering for  
Meeting Urban Transportation  
Challenges**  
*IABSE*  
Lucerne  
18–21 September, 2000
- **ACI Fall Convention 2000**  
**ACI**  
Toronto, Canada  
15–20 October, 2000
- **Concrete Structures in  
the 21<sup>st</sup> Century**  
*Japan Prestressed Concrete Engineering  
Association, fib*  
Osaka, Japan  
13–19 October, 2002

## ÚJ KÖNYVEK

Szerző: Schneider  
Cím : **Bautabellen für Ingenieure**  
Kiadó: Werner  
ISBN: 3804134777  
Tartalmi kivonat: A könyv 1520 oldalon közöl  
hasznos táblázatokat, a szakismeretek tömör  
összefoglalásait az építőipar számos területé-  
ről és azokat közel 500 számpéldával illusztrá-  
lja.

Szerző: Luig  
Cím : **Bemessung im Betonbau**  
Kiadó: Ernst & Sohn  
ISBN: 3833012776  
Tartalmi kivonat: A könyv 340 oldalán nem-  
csak képletek, táblázatok és diagrammok so-  
kaságát ajánlja, hanem részletesen ismerteti a  
vasbeton szerkezetek és feszített vasbetonszer-  
kezetek tervezésének fontos lépéseit is.

Cím : **Beton+Fertigteil Jahrbuch 1998**  
Kiadó: Bauverlag  
ISBN: 3762534527  
Tartalmi kivonat: Az előre gyártott beton és  
vasbeton szerkezetekkel foglalkozó évkönyv-  
sorozat 46. évfolyama ugyanazt ajánlja, amit  
mindig: átfogó ismertetést ad ezúttal 686 ol-  
dalon az előregyártás elmúlt évéről.

Szerző: Fritsch  
Cím : **Brückenbau**  
Kiadó: Manz Verlag  
ISBN: 3706803895  
Tartalmi kivonat: A könyv elsősorban széles-  
körű áttekintést adó és ugyanakkor tudományos  
szempontból is igényesen összeállított tartal-  
ma miatt ajánlható tankönyvnek is éppúgy,  
mint hasznos szakkönyvnek a mérnöki könyv-  
vek polcán..

# MAGYARORSZÁG BESZÁMOLÓJA A FIP AMSZTERDAMI KONGRESSZUSÁN



Dr. Tassi Géza

*Ez a cikk az 1998. évi, Amszterdamban tartott XIII. FIP kongresszus magyar nemzeti beszámolóját mutatja be rövidített formában. A beszámoló ismertette a könnyű, egyszintes ipari-kereskedelmi csarnokok legfőbb változatait és az elsősorban építéstechnológiai rendszerük szempontjából érdekes hidakat. Az egyéb építőmérnöki létesítmények között csupa csúszószaluzatos szerkezet szerepel: iszaprot-hasztó, gyártótorony, víztartály, híd szerkezet magas pillére, hűtőtorony, nagyméretű medence függőtető-oszlopai és kémények. E szerkezetek egy része külföldön épült, de valamennyi létesítmény magyar mérnökök és technikusok 1994-1998 évi eredményeit dicséri. Alkotásaink hasonló bemutatására a 2002. évi, oszakai fib kongresszuson lesz lehetőségünk.*

**Kulcsszavak:** FIP, fib, csarnokok, hidak, mérnöki szerkezetek

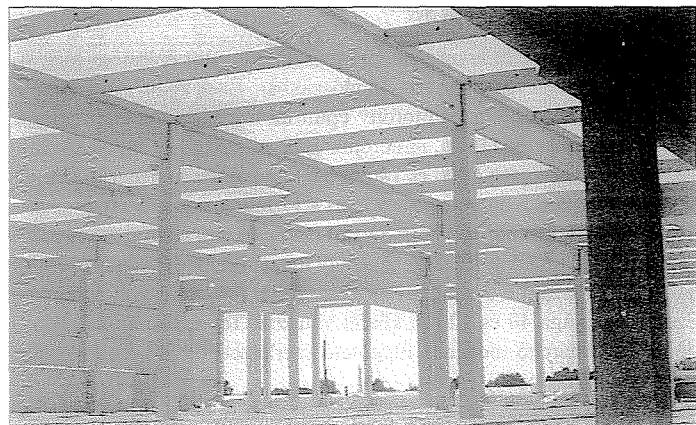
## 1. BEVEZETÉS

A négyévenként rendezett FIP kongresszusok egyik célja, hogy a résztvevők megismerjék a tagországok két kongresszus között épült jeles vasbeton szerkezeteit. Az ismertetések a „Nemzeti beszámoló” szekcióban hangzanak el. A FIP XIII., amszterdami kongresszusán Magyarország beszámolóját e sorok írója tartotta. Jelen cikk az előadás rövid ismertetését adja. Az előadás 31 vetített képet tartalmazott, amelyek közül itt csupán ötöt áll módunkban közölni. Az előadás megtartására minden ország nyolc percet kapott Amszterdamban. A cikk egyrészt tájékoztatást szeretne nyújtani azok számára, akik nem tudtak részt venni a kongresszuson, másrészt a figyelmet szeretné felhívni, hogy a 2002-ben, Oszakában rendezendő fib kongresszus hasonló bemutatkozásra ad lehetőséget. A fenti beszámoló rendszerét ugyanis a FIP (Nemzetközi Feszítettbeton Szövetség) és a CEB (Euro-Nemzetközi Betonbizottság) egyesítésével létrehozott fib (Nemzetközi Betonszövetség) is átvette.

## 2. A MAGYAR NEMZETI BESZÁMOLÓ A FIP XIII. KONGRESSZUSÁN

Magyarországon nem készültek építmény-óriások az elmúlt négy évben. A vasbeton és feszített vasbeton elemek tömeggyártása azonban fejlődött és sok érdekes tipizált és egyedi épület, hid és egyéb szerkezet valósult meg.

**1. ábra** 21 m-es főtartós, 14 m-es fiókgerendás csarnokszerkezet (PLAN 31 Mérnök Kft.)



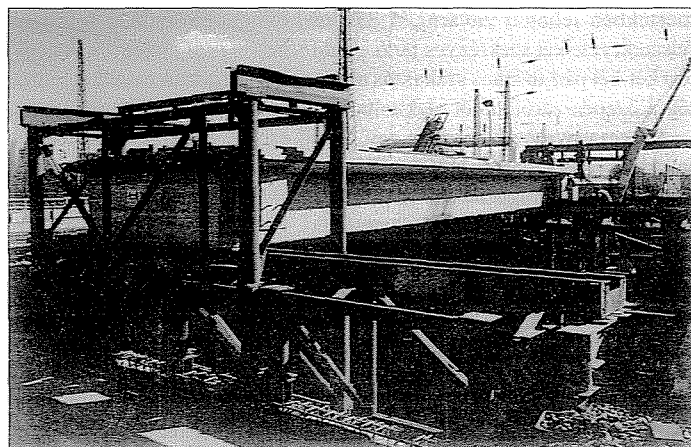
## 2.1. Épületek

Számos más terület mellett a fejlesztés fontos iránya volt, hogy csökkentsük az ipari és kereskedelmi csarnokok szerkezeti tömegét. A köralakú nyílásokkal áttört gerincű előrefeszített vasbeton tartók nem csupán súlyukat tekintve váltak versenyképesé az acélszerkezetekkel, hanem a térkihasználás szempontjából is. Jó példa erre az a szerkezetcsalád, mely többek között a METRO bevásárlóközpont-hálózat kiépítését szolgálta (Polgár, 1997). A csarnokszerkezet első változata 10 m-es főtartókkal és 20 m-es fiókgerendákkal készült. Ez volt az első magyar építmény, amelyet teljesen az EUROCODE 2 előírásait követve terveztek. Négy magyar város METRO áruháza számára 20 m hosszú főtartókat alkalmaztak, és a fióktartók 10 m-esek. Újabban 21 m-esek a főtartók és 14 m-es közüket hidalják át a fiókgerendák, esetenként a gerinc áttörése nélkül (1. ábra).

## 2.2. Hidak

A Tisza folyó egyik hídjának, a Szent István hídnak az építése éppen az előző, Washingtonban tartott FIP kongresszus időszakában fejeződött be. A kerekén 700 m hosszú szerkezet egyetlen monolit egészet alkot. A három medernyílás (a legnagyobb támaszköz 120 m) szabad betonozással épült, az ártéri nyílásokat szakaszos előretolással valósították meg.

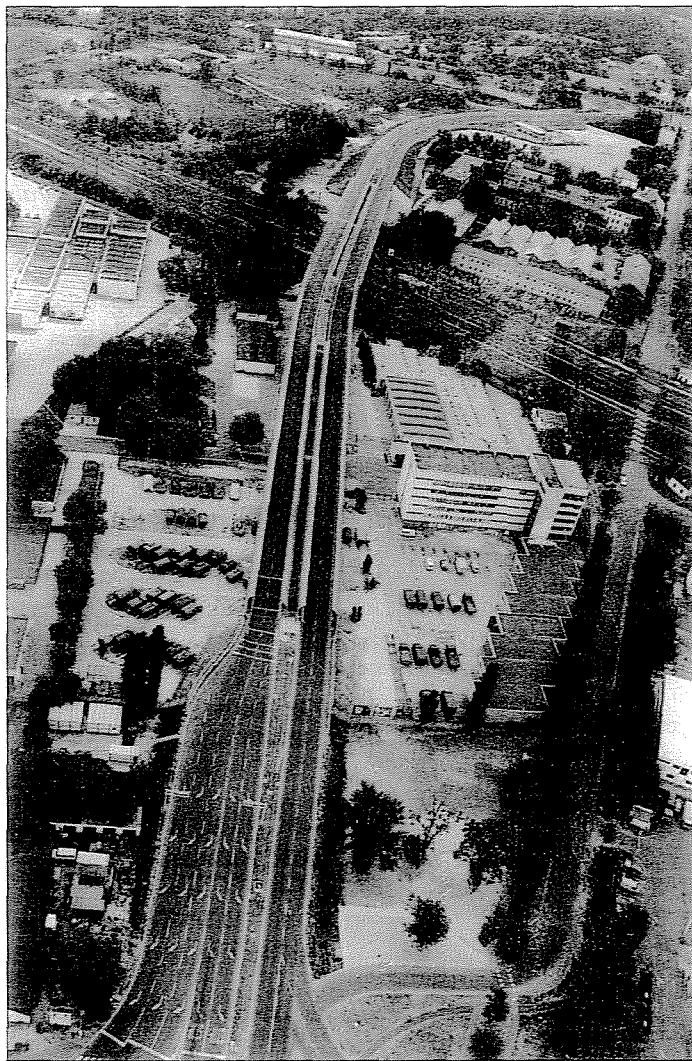
**2. ábra** A Hungária körüti vasúti felüljáró. A keresztirányban betolt, szekrényes tartók (HÍDÉPÍTŐ Rt.)



Sok kis és közepes nyílású híd létesült. Ezek közül hármat említünk meg, amelyek építéstechnológiai szempontból érdekesek.

Kilencvágányú vasútvonal keresztez egy fővárosi főútvonalat, melyen hat sávban halad a forgalom és két villamos vágány is elhelyezkedik (2. ábra). A vasútvonal és a városi főút forgalma is rendkívül nagy. Ez még azt a forgalmi akadályt se engedte meg, ami előregyártott híderendák beépítésével járt volna. Az alkalmazott eljárást keresztirányú betolások módszernek nevezhetjük (Fábián, Vörös 1998). Mindegyik vágány számára ugyanis egy-egy szekrényes tartó készült oldalt, a vasútvonal mellett. E tartókat keresztirányban tolták be végleges helyükre. A teljes betolási művelet összesen öt, egyenként hatórás vágányzárát igényelt.

3. ábra Az M5 autópálya bevezető szakaszán épült felüljáró távlati képe (HIDÉPÍTŐ Rt.)



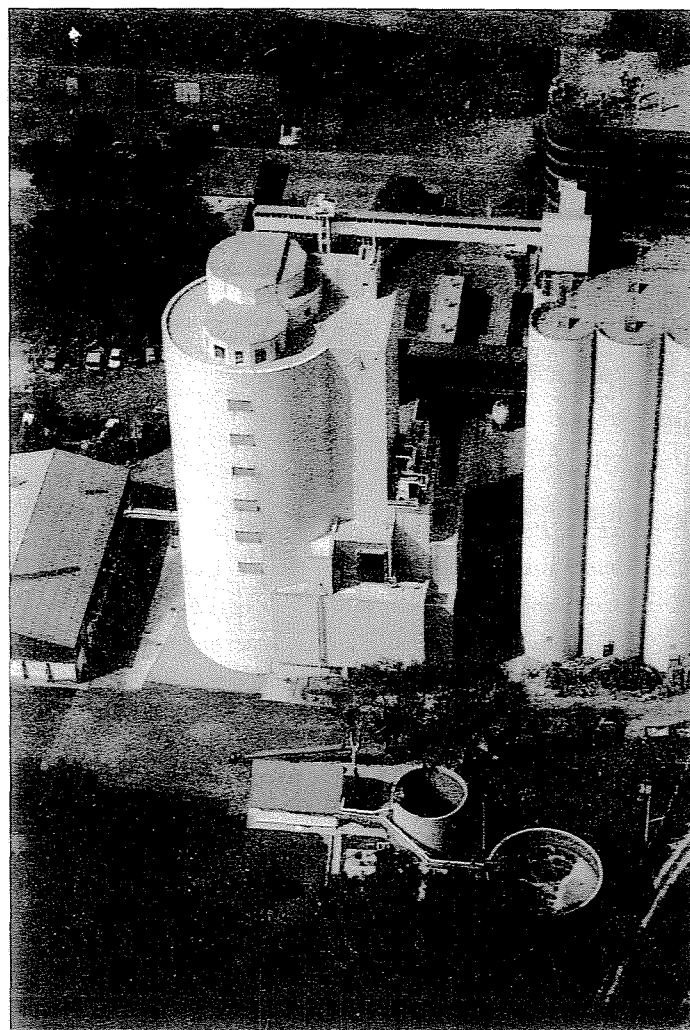
A Budapestről déli irányban induló M5-ös autópálya bevezető szakasza egy nagy forgalmú vasútvonal és egy katonai főiskola területe fölött halad át (3. ábra). A hidépítéssel mindkét létesítményt csak a legkisebb mértékben lehetett zavarni. A 370 m hosszú, 12 nyílású felüljáró felszerkezete két szekrényes tartó. A híd részben íves alaprajzú. Az építést két-két párhuzamos szakaszos előretolással végezték mindkét hídfőtől. Középen zárótömböt alakítottak ki utófeszítéssel (Wellner, 1997).

Szennyvízvezeték számára egy hibrid csőhíd épült az Újpesti-öböl felett. A kettős vasbeton hídfők-pillérek acél konzolokat támasztanak alá, amelyek együttl dolgoznak az önhordó csövekkel. A megoldás praktikusnak és gazdaságosnak mutatkozott (Csíki, 1997).

## 2.3. Egyéb szerkezetek

### 2.3.1. Hazai építmények

Debrecenben két, egyenként 4500 m<sup>3</sup> befogadóképességű szennyvízrotahasztó tartályt épült. A hengeres kialakítás tűnt legkedvezőbbnek, főként



4. ábra A dunaújvárosi malátagyár távlati képe (BI ÁÉCS Kft.)

az egyszerűen végezhető csuszózszaluzásos technológia alkalmazása miatt. A nagy folyadéknyomás és hőhatás miatt szükség volt a hengeres rész utófeszítésére. Ezt csuszó kábelekkel valósították meg. A sűrűlátsi tényező olyan kis értékű volt, hogy a feszítőelemek lehorgonyzását egyetlen alkotó mentén kialakított lizénával meg lehetett oldani. A szerkezet részletes leírását Péter G.Z. és Tóth L. ebben a számban megjelenő cikkéből ismerhetik meg.

A dunaújvárosi malátagyár toronyszerű építménye 55 m magas, a hengeres rész átmérője 23 m (4. ábra). Nagyon szigorú technológiai követelményeket kellett betartani a káros hőhatások elkerülésére. A frissbetont folyékony nitrogénnel hűtötték.

Az 1000 m<sup>3</sup> kapacitású dunaújvárosi iparvíz-tartályt is csuszó zszaluzással építették. A gyűrűirányú feszítést gyárilag zsírozott KPE-csőben elhelyezett 150 mm<sup>2</sup> keresztmetszeti területű pászmákkal végezték mindkét hengeres és a küpos szakaszon. A falon kívül helyezkednek el a Freyssinet X típusú lehorgonyzó elemek.

### 2.3.2. Export munkák

Magyar mérnökök 26 országban 104 csuszózszaluzatos építmény megvalósításában vettek részt az 1994-98 időszakban. Ezek közül egynéhányat ismertetünk itt. Három hűtőtorony épült az iráni Iszfahánban (Varga, 1997). Magasságuk 118 m, átmérőjük a 19 m magas oszlopok tövével 103 m. A falvastagság 1000 és 180 mm között változik, a meridián metszvetvonal hajlása a függőlegeshez eléri a 17 fokot.

A sok más, külföldön épített SVETHO-rendszerű csuszó zszaluzat alkalmazásával kialakított szerkezet közül megemlítem a Boszporusz-hídnak a törökországi E 5 autópályáról való feljárójához készült pilléreket. Ezek magassága 40 és 120 m között változik. Továbbá a minai 1 millió m<sup>3</sup>-es víztározó medence függőtető szerkezetének 44 darab kettős, 88 m magas oszlopát.

Végül a kéményépítés néhány példáját említem meg. Az 5. ábrán be-



5. ábra A Yokohamában épült kéménypár (31 ÁÉCS Kft.)

mutatott, 200 m magas kémény Yokohamában, a japán tengerparton épült. A kémények alaprajzban lóhere-alakúak és a magasság mentén sudarasodnak, változik a falvastagság is. A 31 ÁÉCS Kft. további kéményeket épített Ishikawában és Szingapurban.

### 3. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A FIP XIII., amszterdami kongresszusa lehetőséget biztosított, arra hogy a hazai vasbetonépítés 1994-98 közötti eredményeiről nemzetközi fórumon beszámoljunk. Jelen cikk a kongresszuson elhangzott előadás rövid összefoglalója. Már most felhívjuk a figyelmet, hogy legközelebb a 2002.

évi, oszakai *fib* kongresszuson kapunk hasonló lehetőséget. Célszerű már most gyűjteni az érdeklődésre számot tartó létesítményeink leírását valamint fényképét, és azokat eljuttatni a *fib* Magyar Tagozathoz (címe: 1111 Budapest, Bertalan L. u. 2) 2002. áprilisáig.

### 4. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A szerző megköszöni mindazoknak a cégeknek a segítségét, amelyek munkatársai a nemzeti beszámoló megtartásához szükséges adat- és képanyag átadásával lehetővé tették a magyar eredmények bemutatását. Ide tartoznak elsősorban a PLAN 31 Mérnöki Kft., az ASA Építőipari Kft., a HÍDÉPÍTŐ Rt., a MÉLYÉPTERV Komplex Mérnöki Rt., a 31 Általános Építő és Csúszózsalsal Kft. és a Pannon Freyssinet Kft. Az irodalomjegyzékben szereplőkön kívül meg kell említenem Bodáné Mohácsy Katalin, dr. Farkas György, Szigyártó Lajos és Vigh István kollégák nevét, akik értékes anyagokat nyújtottak a beszámoló összeállításához.

### 5. HIVATKOZÁSOK

- Csíki B. (1997). „A népszigeti vezetékhidak tervezése”, *Magyar Építőipar* XLVII. évf. 11-12. szám, pp. 321-325.
- Fábián A., Vörös B. (1998) „Helyszínen előregyártott, keresztirányban betölt felszerkezettű vasbetonhidak építése”, *Hídépítő Rt.*, 5+6. p.
- Polgár L. (1998), „Csarnokszerkezetek előregyártott vasbetonból”, *Beton Évkönyv*, 1998/99, pp.150-181.
- Varga L. (1997), „A 31. ÁÉCS Kft.: zöldmezős beruházások kulcsrakészen, speciális szerkezetépítés itthon és külföldön”, *Magyar Építőipar*, XLVII. évf. 11-12. szám, pp. 369-373.
- Wellner P. (1997). „New modern bridge on the approach section of the main road No. 5”, *Concrete Bridges*, Expertcentrum Bratislava, pp. 381-386.

**Dr. Tassi Géza** a műszaki tudomány doktora, egyetemi tanár, FIP- érmes, a *fib* Magyar Tagozat örökös tiszteletbeli elnöke. 1949-től dolgozott az egyetemen megszakításokkal, melyek során az MTA, a Légierő ill a 31. ÁÉV szolgálatában állt. Oktató, közben hosszú ideig laboratóriumvezető. Több mint 200 publikáció szerzője, 1962-től részt vett a FIP, 1974-től a CEB munkájában.

### HUNGARIAN REPORT AT THE FIP CONGRESS IN AMSTERDAM

This paper contains the Hungarian version of the text of Hungarian National Report which was presented in Amsterdam at the XIII. FIP Congress. The report gives information about the main types of single storey industrial-commercial halls; bridges, which are interesting mainly because of their construction method. Among other engineering projects slipformed structures were mentioned: digester, production tower, water tank, tall pear for bridge construction, cooling tower, columns for the suspension roof of a large reservoir chimneys. A part of these structures were built abroad but all of them are results of the activity of Hungarian engineers and technicians within 1994-98. The FIP Congress in Osaka in 2002 gives us the next possibility to present our future achievements.



# A konferencia szervezője: a fib Magyar Tagozata

**A rendezvény címe:  
Budapesti Műszaki Egyetem  
Műegyetem rkp. 3, I. emeleti díszterem  
H-1111 Budapest**

## Program

**1999. március 4. Csütörtök**

**9.00–10.00 Regisztráció–Registration**

**1. Szekció – Session 1**

**Megnyitó előadások – Opening presentations**

**Szekcióelnök–Session Chairman: Dr. BALÁZS L. György (H)**

**10.00–10.30 Dr. BALÁZS L. György, POLGÁR László (H)**  
A szálerősítésű betonok múltja, jelene és jövője  
(Past, present and future of fiber reinforced concretes)

**10.30–11.10 Prof. Bernd NEUBERT (D)**  
Stahlfaserbeton – Einsatzmöglichkeiten des Werkstoffs und seine Grenzen  
(Acélszál-erősítésű beton – alkalmazási lehetőségek és korlátok)

**11.10–11.50 Ass. Prof. Elmar BÖLCSKEY,  
Dipl.-Ing. Gernot SCHERPKE (A)**  
Aktueller Stand der Forschung und Anwendung von Faserverstärkten Spezialbetonen für die Tragwerksplanung /– Erneuerung in Österreich – ein Tätigkeitsbericht  
(A szálerősítésű betonok kutatásának és alkalmazásának jelenlegi helyzete Ausztriában)

**11.50–12.10 Hozzászólások–Discussion**

**12.10–13.15 Ebédszünet–Lunchbreak**

**2. Szekció – Session 2**

**Anyagjellemzők – Material properties**

**Szekcióelnök–Session Chairman: Prof. Bernd NEUBERT (D)**

**13.15–13.30 Dr. KOVÁCS Károly (H)**  
Száltípusok és azok jellemzői  
(Fiber types and their properties)

**13.30–14.00 Dr.-Geophys. Christian U. GROSSE, Dipl.-Ing. Bernd WEILER, Prof. Hans W. REINHARDT (D)**  
Bond behaviour of fibers and formation of damage zone in fibre reinforced concrete – **Part I.:** Acoustic emission technique –  
(Szálak tapadása és tönkremeneteli zónák kialakulása szálerősítésű betonban – **I. rész: Hangemisztési vizsgálati mód –)**

**14.00–14.30 Dipl.-Ing. Bernd WEILER, Dr.-Geophys. Christian U. GROSSE (D)**

Bond behaviour of fibres and formation of damage zone in fibre reinforced concrete – **Part II.:**

Experiments and results –

(Szálak tapadása és tönkremeneteli zónák kialakulása szálerősítésű betonban – **II. rész: Kísérletek és eredményeik –)**

**14.30–14.45 Hozzászólások–Discussion**

**Szekcióelnök–Session Chairman: Dr. DULACSKA Endre (H)**

**14.45–15.00 Dr. ERDÉLYI Attila (H)**  
Acélszál-erősítésű gerendák hajlítási szívóssága  
(Flexural toughness of steel fiber reinforced beams)

**15.00–15.15 Dr. KAUSAY Tibor (H)**  
A szálerősítésű betonok szabványosított vizsgálatai  
(Standardized tests for fiber reinforced concretes)

**15.15–15.30 Dr. MAGYARI Béla (H)**  
Az összetétel hatása a szálerősítésű beton és habarcs tulajdonságaira  
(Influence of composition on the properties of fiber reinforced concretes)

**15.30–15.45 Dr. BÁLINT Julianna (H)**  
Szálerősítésű betonok és microbetonok a technológus szemével  
(Fiber reinforced concretes and micro-concretes with the eyes of the technologist)

**15.45–16.00 Hozzászólások–Discussion**

**16.00–16.30 Kávészünet–Coffee break**

**3. Szekció – Session 3**

**A szálerősítésű beton elemek viselkedése – Beh. of FRC members**

**Szekcióelnök–Session Chairman: Dr. ERDÉLYI Attila (H)**

**16.30–16.45 KOVÁCS Imre, Dr. ERDÉLYI László, Dr. BALÁZS L. György (H)**  
Vasbetongerendák törési viselkedése acélszálak és hagyományos vasalás egyidejű alkalmazása esetén  
(Failure behaviour of concrete beams reinforced with conventional reinforcement and steel fibers)

**16.45–17.00 Dr. ERDÉLYI László, KOVÁCS Imre, Dr. BALÁZS L. György (H)**  
Feszítőbetét erőátadódási hossza és behúzódása acélszál-erősítésű betonban  
(Transmission length and draw-in of pre-tensioned tendons in steel fiber reinforced concrete)



17.00–17.10	Hozzászólások–Discussion
<i>A kiállító bemutatkozik – Exhibitors</i>	
17.10–17.15	BEKAERT
17.15–17.20	Betonmix Kft.
17.20–17.25	BETONÚTÉPÍTŐ Nemzetközi Építőipari Rt.
17.25–17.30	BVM Épelem Kft.
17.30–17.35	DANUBIUSBETON Kft.
17.35–17.40	Dekorbeton Kft.
17.40–17.45	Egri Útépítő Rt.
17.45–17.50	HÍRŐS-ÉP Kft.
17.50–17.55	Pfleiderer Lábatlani Vasbetonipari Rt.
17.55–18.00	SKW-MBT Hungária Kft.
18.00–18.05	STABIMENT Hungária Kft.
18.05–18.10	TreflARBED, Bissen SA
18.10–18.15	VULKÁN Kft.
18.15–18.20	ZOLTEK Rt.
18.20–18.30	Hozzászólások–Discussion
20.00–22.30	Konferencia vacsora – Conference dinner BME K.ép. aula Entrance Hall of the University

1999. március 5. Péntek

#### 4. Szekció – Session 4

##### Modellezés – Modelling

Szekcióelnök–Session Chairman: Dr. BALÁZS L. György (H)

9.00–9.40	Dr. Pierre ROSSI (F) Design of SFRC beams and slabs (Acélszál-erősítésű gerendák és lemezek tervezése)
9.40–9.55	KOVÁCS Imre (H) Szál-erősítésű beton modellezése egytengelyű húzó igénybevétel esetén (Modelling of fiber reinforced concrete under uniaxial tension)
9.55–10.10	Dr. DULÁCSKA Endre (H) Az acélszál-erősítésű beton és vasbeton méretezés-elmélete (Design theory of steel fiber reinforced concrete and reinforced concrete)

10.10–10.40	Dipl.-Ing. Hartmut Lubich (A) Berechnungsmethoden für Faserbeton mit Kunststofffasern im Betonbau (Műanyagszál-erősítésű betonelemek számítási módszerei)
-------------	---

10.40–11.00	Hozzászólások–Discussion
11.00–11.30	Kávészünet–Coffee break

#### 5. Szekció – Session 5

##### Alkalmazások és esettanulmányok

##### – Applications and case histories

Szekcióelnök–Session Chairman: Ass. Prof. Elmar BÖLCSKEY (A)

11.30–11.45	POLGÁR László (H) Acélszál-erősítésű betonok alkalmazása ipari padló építésében (Application of steel fibers in industrial floors)
11.45–12.05	Dipl.-Ing. Hartmut LUBICH (A) Faserbeton mit Kunststofffasern – Technik und Anwendung (Műanyagszál-erősítésű beton technológiája és alkalmazása)
12.05–12.20	DOMBI József (H) Száladagolással kialakított különleges betontechnológia, nagytömegű, illetve vízzáró vasbeton szerkezetek repedésmentes kivitelezésére (Special fiber concrete technology for mass concretes and for crack free watertight concrete members)
12.20–12.25	Dr. OROSZ Árpád (H) Vasbetonszerkezetek megerősítése műszál adagolású lövellt betonnal (Strengthening of concrete structures with plastic fiber shotcrete)
12.25–13.05	Pr. Eng. B. C. VILJOEN, Pr. Eng. Frank KUBISCH (SA) Tunneling with Fiber Reinforced Shotcrete or with Fiber Reinforced Precast Segments (Alagútépítés szál-erősítésű lövellt betonnal vagy szál-erősítésű szegmens elemekkel)
13.05–13.10	Zárszó–Closing

#### További információk:

Dr. Balázs L. György és Kovács Imre  
BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke  
1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 2.  
Tel.: 463-17-41 Fax: 463-17-84  
e-mail: kovacs@vasbeton.vbt.bme.hu  
Részvételi díj: 18.000,- Ft  
(magában foglalja az előadásokról megjelenő  
315 oldalas konferencia kiadványt is)

**Megrendelem a VASBETONÉPÍTÉS című műszaki folyóiratot.**

Előfizetési díj az 1999. évre: 3000 Ft.

Név: .....

Cím: .....

Tel.: ..... Fax: .....

**Fizetési mód** (a megfelelő választ kérjük jelölje be):

Átutalom a *fib* Magyar Tagozat (címe : 1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 2.)  
10560000-29423501-01010303 számú számlájára.

Átutalási utalványt kérek eljuttatni a fenti címre

Kérem az alábbi hitelkártyáról kiegyenlíteni:

Kártyaszám: .....

Kártya típusa: .....

Kártya érvényessége: .....

Átutalt összeg: .....

Dátum:

Aláírás:

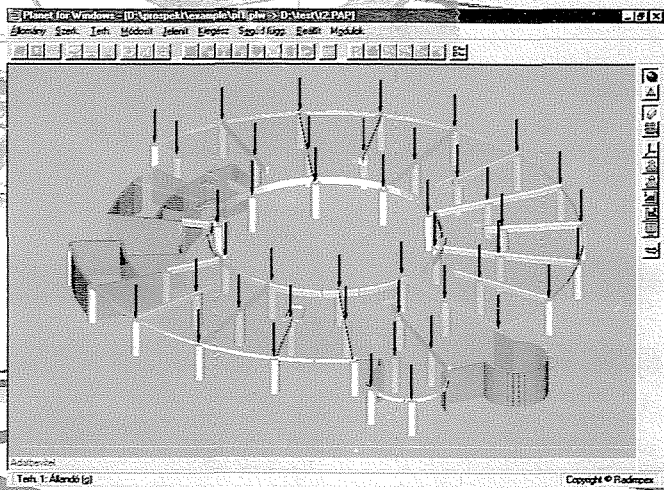
**A megrendelőlapot kitöltés után kérjük visszaküldeni a szerkesztőség címére:**

VASBETONÉPÍTÉS szerkesztősége  
c/o BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke  
1111 Budapest  
Bertalan Lajos utca 2.  
Fax: 463 1784

(Ez a lap tetszőlegesen másolható.)

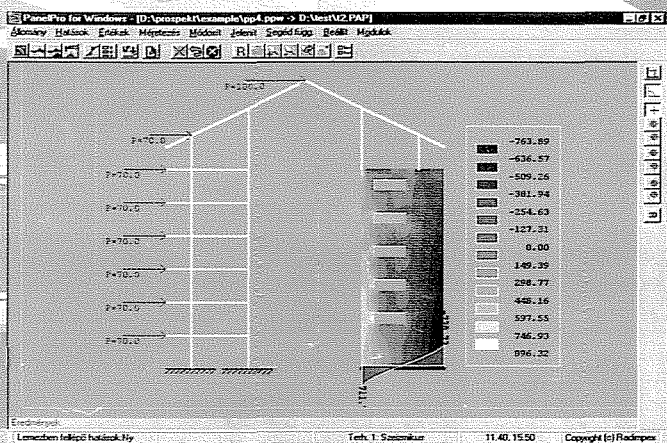
# Planet

Födém- és alapszerkezetek számítására alkalmas program. A szerkezeti elemek teljes mértékű grafikus adatmegadása, a végelem háló automatikus létrehozása, nagy kapacitású és gyors számítómodul, valamint a vasbetonszerkezetek méretezése képezik a Planet program előnyeit.



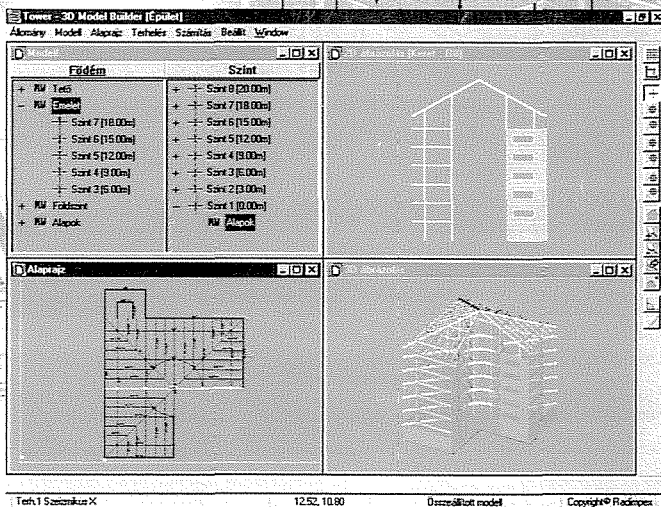
# PanelPro

A PanelPro egy interaktív grafikus program a 2D tárcsák, keretek és rácsostartók első- és másodrendű elmélet szerinti vizsgálatára. A grafikus felület, melyet kezdő és gyakorlott felhasználók is leteszteltek, lehetőséget ad a gyakorlatban előforduló legbonyolultabb problémák megoldására is.



## Tower 3D model builder

A Tower számítógépes program, a Planet és a PanelPro programokkal karöltve, térbeli szerkezetek statikus és dinamikus analizését végző egységes programcsomagot alkot. A tetszőleges térbeli szerkezetek előállításának eredeti módja kizárólagosan 2D rajzok szerkesztésével, a programcsomagnak hihetetlen kezelhetőséget és egyszerűséget biztosít.

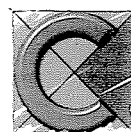


- Windows 95, 98 és Windows NT operációs rendszerek alatt futtathatók
- Hálózatos programváltozatok - tíz felhasználó futtathatja egyszerre
- Teljes mértékű, átfogó és egyszerű grafikus adatmegadási lehetőség, DXF konverzió
- Teherkombinációk automatikus létrehozása, burkolóbrák szerkesztése
- Automatikus - elemmagység ill. csomópontszám-korlátozott végelem-háló kiosztás és sűrítés
- Háromszög és négyszög alakú végelemek
- Rendkívül gyors számítás, teljesen újszerű egyenletrendszer-megoldó algoritmusok alkalmazásával
- Vasbetonszerkezetek méretezése MSZ 15022, EC2, DIN 1045, JUS PBAB 89 szabványok szerint
- Átfogó és részletes magyar nyelvű használati leírás

mérnöki programok. mérnököktől. mérnököknek.

programfejlesztő:  
Radimpex Bt.

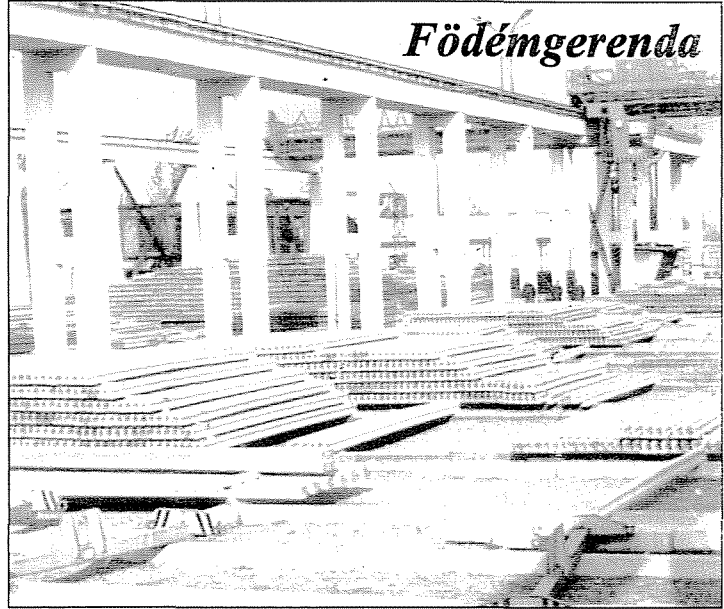
forgalmazó:  
Construct-Trade Kft.  
Ferenc Krt. 2-4  
1092 Budapest  
tel.: (061) 217-1718  
fax: (061) 318-7682  
mobil: (0630) 966-1783



*Vasúti alj*



*Födémgerenda*

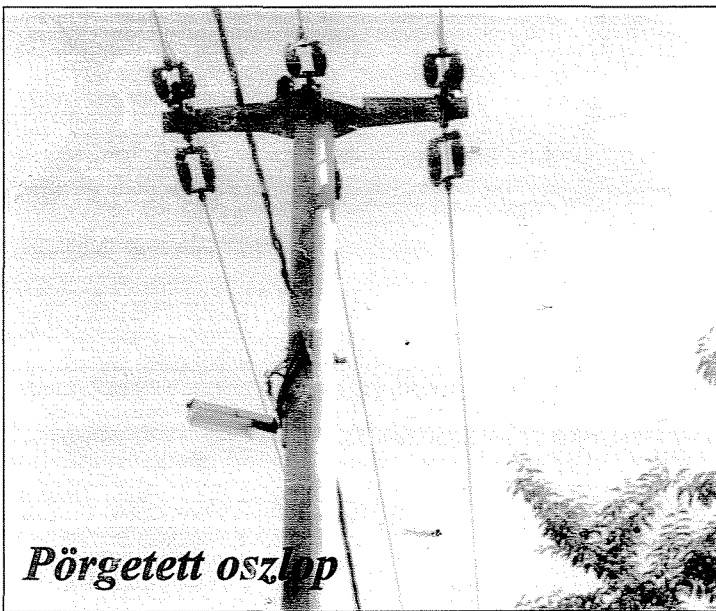


**PFLEIDERER**

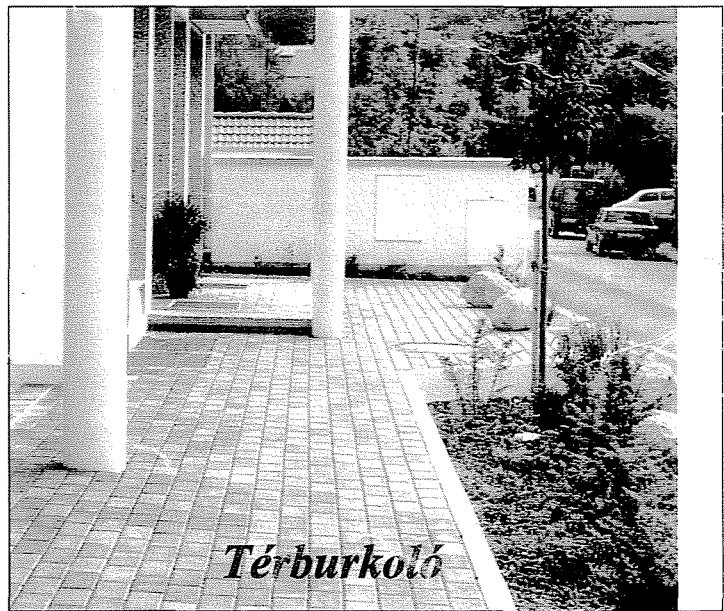
Lábatlani Vasbetonipari Rt.



*Pörgetett oszlop*



*Térburkoló*



Postacím: 2541 Lábatlan, Rákóczi Ferenc út 1.  
Telefon: Központ: (33) 361-411 Fax: (33) 361-401; (33) 362-751; (33) 361-996  
Ért. o.: (33) 362-120 Tx: 27-538