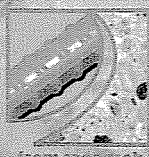


# VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF **fib**



**BOND IN CONCRETE**  
from research to standards

Proceedings

## Bond in Concrete - from research to standards -



International Federation for Structural Concrete and Hungarian Group of fib

Held at the  
Budapest University of  
Technology and Economics,  
Budapest,  
Hungary  
20 to 22 November 2002



Budapest University of Technology and Economics



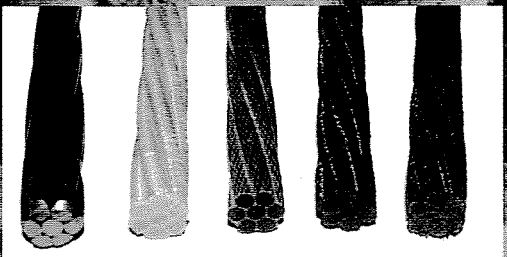
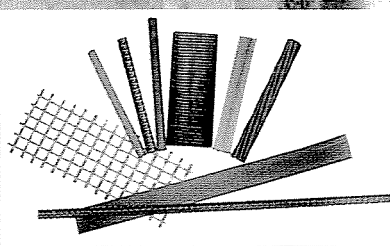
international  
American Concrete Institute

Edited by

György L. Balázs  
Peter J. M. Bartos  
John Cairns  
Adorján Borosnyói



Japan Concrete Institute



Dr. Balázs L. György

### „Tapadás betonban 2002” Szimpózium

98

Polgár László – Dr. Almási József  
– Karkiss Balázs –  
Varvasovszky Péter –  
Pethó Csaba – Tatai Erika

### ASIA Center tartószerkezeiteinek tervezése – 2. rész

99

Verók Krisztián

### Kísérletek szénszállal megerősített oszlop-szerű próbatestekkel

106

Borosnyói Adorján –  
Dr. Balázs L. György

### Nem acél anyagú (FRP) betétek tapadása betonban

114

Dr. Tassi Géza –  
Dr. Balázs L. György

### A fib első kongresszusáról

123

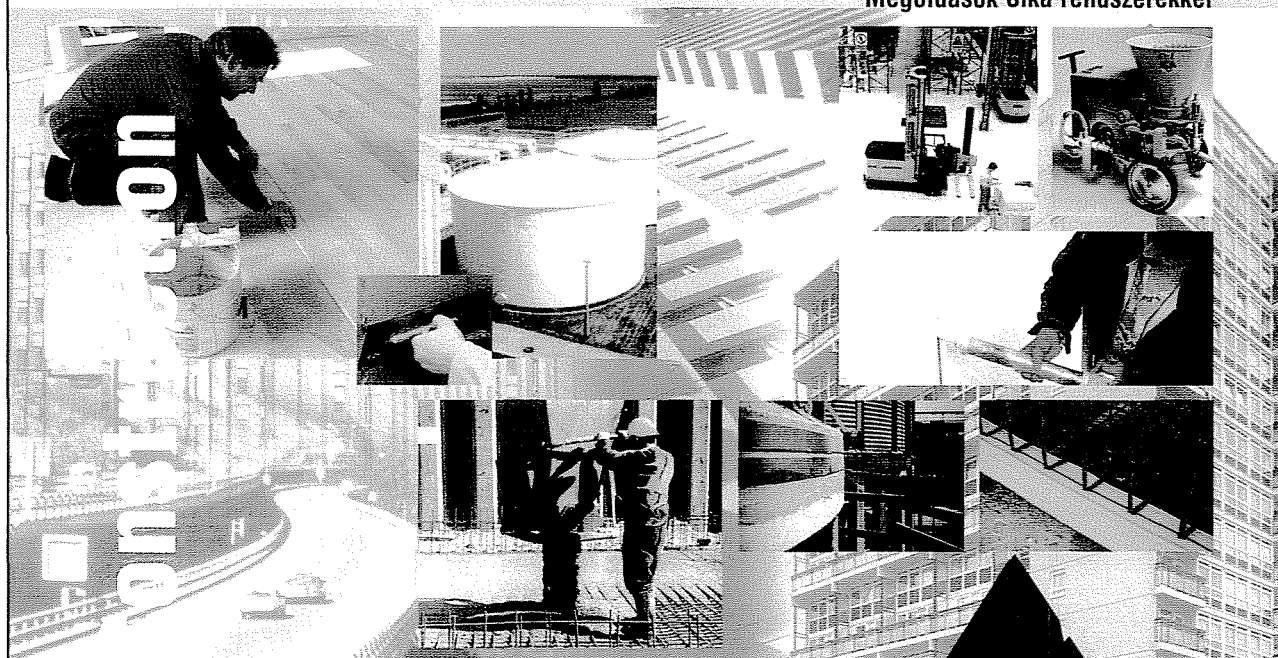
### Dr. Mihailich Győző 125 éve született

125

# 2002/4

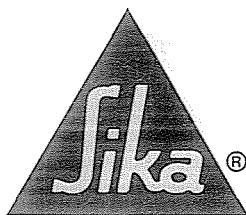
IV. ÉVFOLYAM 4. SZÁM

Megoldások Sika rendszerekkel



## Építéskémiai anyagok

- ✓ **Viscocrete** betonadalékszerek – nagy teljesítőképességű betonok előállításához
- ✓ **Sika Fugaszalagok, SikaSwell** vízre duzzadó profilok – vízzáró szerkezetek készítéséhez
- ✓ **Sika Repair** javító anyagrendszerek – betonszerkezetek javításához
- ✓ **Sika CarboDur** szénzálal erősítő rendszer – szerkezeti elemek statikai megerősítéséhez
- ✓ **Sikaflex** – hézagfűtő anyagok
- ✓ **Sikagard** bevonatrendszerek – tartós bevonatrendszerek beton és acélfelületek védelmére
- ✓ **Sikafloor** – műgyanta padlóbevonat és burkolat rendszerek
- ✓ **Icosit** bevonatrendszerek – tartós korrózió elleni védelem kialakításához
- ✓ **Sikaplan** – PVC tetőszigetelő lemezek
- ✓ **Aliva** – beton és habarcstörő berendezések



**Megoldások Sika rendszerekkel**

Sika Hungária Kft. 1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 4.  
Telefon: (+36 1) 371 2020 • Fax: (+36 1) 371 2022 • E-mail: info@hu.sika.com • www.sika.com

**Főszerkesztő:**

Dr. Balázs L. György

**Szerkesztő:**

Madaras Botond

**Szerkesztőbizottság:**

Beluzsár János

Dr. Bódi István

Csányi László

Dr. Csíki Béla

Dr. Erdélyi Attila

Dr. Farkas György

Kolozsi Gyula

Dr. Kovács Károly

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.)

Alapító: a *fib* Magyar Tagozata

Kiadó: a *fib* Magyar Tagozata

(*fib* = Nemzetközi Betonszövetség)

**Szerkesztőség:**

BME Építőanyagok és Mémökgeol. Tansz.

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

Tel: 463 4068 Fax: 463 3450

E-mail: fib@goliat.eik.bme.hu

WEB <http://www.eat.bme.hu/fib>

Az internet verzió technikai

szerkesztője: Damokos Ádám

Nyomdai előkészítés: RONÓ Bt.

Egy példány ára: 1000 Ft

Előfizetési díj egy évre: 4000 Ft

Megjelenik negyedévenként

1000 példányban.

© a *fib* Magyar Tagozata

ISSN 1419-6441

online ISSN: 1586-0361

**Hirdetések:**

Külső borító: 120 000 Ft,

belső borító: 100 000 Ft.

A hirdetések felelőse:

Telekiné Királyföldi Antónia

Tel.: 311-7677, Fax: 331-9917

**Címlapfotó:**

„Bond in Concrete 2002”

Készítette: Borosnyói Adorján

# TARTALOMJEGYZÉK

**98** Dr. Balázs L. György  
**„Tapadás betonban 2002” Szimpózium**

**99** Polgár László – Dr. Almási József – Karkiss Balázs –  
Varvasovszky Péter – Pethő Csaba – Tatai Erika  
**Az ASIA Center tartószerkezeteinek  
tervezése – 2. rész**

**106** Verók Krisztián  
**Kísérletek szánszállal megerősített  
oszlopszerű próbatestekkel**

**114** Borosnyói Adorján – Dr. Balázs L. György  
**Nem acél anyagú (FRP) betétek  
tapadása betonban**

**123** Dr. Tassi Géza – Dr. Balázs L. György  
**A fib első kongresszusáról**

**125** **Dr. Mihailich Győző 125 éve született**

**127** **Betontechnológiai Szakmérnöki  
Tanfolyam indul 2003. februárjában**

**128** **Előfizetési lap 2003. évre**

A folyóirat támogatói:

Ipar Műszaki Fejlesztéséért Alapítvány, Vasúti Hidak Alapítvány,  
ÉMI Kht., Hídépítő Rt., MÁV Rt., MSC Magyar Scetauroute  
Mémnöki Tervező és Tanácsadó Kft., Pfleiderer Lábatlani Vasbetonipari Rt.,  
Pont-Terv Rt., Uvaterv Rt., Mélyépterv Komplex Mémnöki Rt., Peristyl Kft.,  
Techno-Wato Kft., Betonmix Mémnökiroda Kft., BVM Épelem Kft., CAEC Kft.,  
Pannon Freyssinet Kft., Stabil Plan Kft., Union Plan Kft.,  
BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke,  
BME Építőanyagok és Mémökgeológia Tanszéke



A beton és a betonacél tapadása (más szóval együttműködése) már több mint száz éve foglalkoztatja a kutatókat.

Mörsch 1908-ban megjelent „Der Eisenbetonbau-seine Theorie und Anwendung” (Stuttgart, Verlag von Konrad Wittwer) című tankönyvében már kísérleti eredmények alapján tesz különbséget a sima és az akkori bordás (pl. Tachereisen) betonacélok tapadó szilárdsága között, valamint bemutatja a betonacél kihúzódságával, ill. a betonfedés felhasadásával járó tönkremeneteli módokat. Utóbbi esetén fölhívja a figyelmet a keresztirányú vasalás jelentőségére.

Abrams 1913-ban készült „Tests of bond between concrete and steel” (University of Illinois, Bull No 71) című kutatási jelentésében már használja a relatív elmozdulás (slip) fogalmát. Kísérleti eredményeken alapulva bemutatja, hogy sima betonacél kapcsolati feszültség-relatív elmozdulás ábrája közel konstans, míg bordás betonacélé kezdetben fokozatosan növekvő.

A kutatási terület fontosságára utal, hogy a publikációk jelentős része napjainkban is ezzel a témakörrel foglalkozik. Az ACI (Amerikai Betonintézet) és a fib (Nemzetközi Betonszövetség), ill. elődje a CEB (Euro-Nemzetközi Betonbizottság) évtizedek óta tart fenn folyamatosan működő munkabizottságokat a betonacél tapadásával kapcsolatos kérdéskörök tisztázására (ACI Com 408 „Bond and Development of Reinforcement”, fib TG 4.5 „Bond Models”). A tapadás jelentőségét napjainkban fokozza az új típusú betonok és betonacélok megjelenése.

Az Euro-Nemzetközi Betonbizottság kezdeményezésére tíz évenként nemzetközi szimpózium kerül megrendezésre „Bond in Concrete” azaz „Tapadás betonban” címmel:

1982. Paisley (Skócia)

1992. Riga (Lettország)

**2002. Budapest (Magyarország).**

A 2002. évi Szimpóziumot a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen rendezték. A Szimpózium fő szervezője a fib Magyar Tagozata volt. A Szimpózium megszervezésének gondolatát támogatta az Amerikai Betonintézet (ACI) és a Japán Betonintézet (JCI) is. A Szimpózium és a témakör iránti érdeklődést mutatja, hogy a résztvevők négy kontinens, 29 országból érkeztek. A Szimpózium angol nyelvű Kiadványa tartalmazza az elhangzott 94 előadás anyagát.

A 2002. évi Szimpózium lehetőséget biztosított az összes tapadással kapcsolatos témakör áttekintésére.

1. Az adalékanyag és a cementkő közötti tapadás.
2. A tapadás hatása a törési mechanizmusra (húzott beton merevítő hatása, repedezettségi állapot).
3. Kísérleti szempontok (mérési mód, kapcsolati feszültség, relatív elmozdulás, ...).
4. Tapadás szokványos beton és betonacél (ill. feszítőacél) között.
5. Tapadás szokványos beton és új fajta betétek között (szálak, szálerősítésű polimerek, ...).
6. Tapadás új típusú betonokban (öntömörödő, nagy szilárdságú, szálerősítésű, ...).
7. A tapadás leromlása (korrózió, alkáli hatás, tartós teher, sokszor ismétlődő teher, ...).
8. Tapadás javított vagy megerősített felületen.
9. Lehorgonyzási hossz, átfedéssel toldási hossz, erőátadási hossz.

10. A tapadás modellezése (fizikai, kémia, analitika, FEM, törésmechanikai, ...).

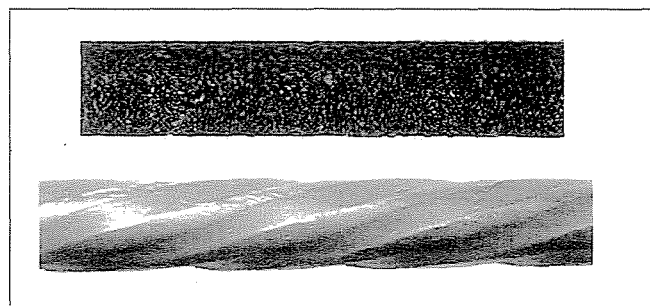
11. A tapadás figyelembe vétele a szabványokban.

Fentiek közül itt csupán néhány témára tudunk röviden kitérni. Ezen folyóiratszám egyik további cikke azonban részletesen foglalkozik például a nem acél anyagú betétek tapadásával (Borosnyói, Balázs: Nem acél anyagú (FRP) betétek tapadása betonban).

Az elmúlt évtized kutatásai elsősorban a következő területekre koncentráltak:

- bordázat és relatív bordafelület hatása, betonacél helyzete, lehorgonyzódás, erőátadás, repedezettség
- a tapadási ellenállás leromlása (pl. az acélbetét korróziója miatt)
- tapadás az új típusú betonokban, mint nagy szilárdságú beton vagy szálerősítésű beton
- az új típusú betétek (szálak és szálerősítésű polimerek) tapadása
- a terhelési történet (tartós teher és sokszorismételt teher) hatása
- az acélbetét megfolyásának hatása a tapadásra
- a tapadás modellezése.

A különböző betétek együttműködési tulajdonságai között jelentős különbségek lehetnek. A különbségek sok esetben visszavezethetők az eltérő felületi kialakításokra. Példaként az 1. ábrán bemutatjuk egy rovátkolt felületű, acél anyagú feszítőacél és egy homokszórt felületű, szénszál erősítésű feszítőhuzal felületét.



**1. ábra:** Feszítőhuzalok felületi kialakítása (Borosnyói: Szénszál erősítésű polimer (CFRP) betétekkel feszített betonelemek viselkedése használhatósági határállapotban, PhD értekezés, 2003.)  
**felső)** homokszórt felületű, szénszál erősítésű feszítőhuzal  
**alsó)** rovátkolt felületű, acél anyagú feszítőhuzal

A következő évtized fő feladatai lesznek:

- a tapadás valóságosabb modellezése
- a tapadás szabványok
- tűz hatásának figyelembe vétele
- a leromlási mechanizmusok fizikai és kémiai leírása
- új fajta betétek tapadási vizsgálata és
- tapadás a legújabb fajta betonokban.

A 835 oldalas Konferencia Kiadvány megvásárolható a műszaki könyvesboltokban valamint a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén. A Konferencia Kiadvány borítója jelen folyóirat címlapján látható.

Dr. Balázs L. György  
 egyetemi tanár

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék  
 a „Bond in Concrete 2002” Szimpózium Szervezőbizottság  
 elnöke

# AZ ASIA CENTER TARTÓSZERKEZETEINEK TERVEZÉSE – 2. RÉSZ



Polgár László – Dr. Almási József – Karkiss Balázs – Varvasovszky Péter – Pethő Csaba – Tatalai Erika

A cikk első része a VASBETONÉPÍTÉS 2002/3 számában jelent meg.

## 4. AZ UVATERV TERVEZÉSI MUNKARÉSZEI: ALAPOZÁS, VÍZZÁRÓ MEDENCE

### 4.1 Az alapozás általános ismertetése

Az épület cölöpökkel kombinált lemezalapon áll. A 80 cm vastag alaplemez (a pilléreknél kivastagítva) és a határoló falak a mértékadó talajvízszintig vízzáróak. Ezek tervezésére az Uvaterv Rt. kapott megbízást.

### 4.2 Talaj, talajvíz (6. ábra)

Az eredeti terep közel sík, átlagos terepszint 119-120 mBf. A felszíni humuszos réteg alatt nagy mélységig pleisztocén-holocén folyóvízi üledékek találhatóak, ezek túlnyomórészt homoktalajok, a mélység növekedésével durvuló szemcsemérettel. A szemcsés rétegek között (6. ábra) lencses betelepüléssel fordulnak elő vékony átmeneti és kötött rétegek (iszap, iszapos homokliszt). A szemcsés összlet vízáteresztő képessége:  $k = 10^{-3} - 10^{-6}$  m/s között változik. A miocén fekvő felszíne a 101,0-106,0 mBf szintek között ingadozik. Az agyag, iszap talajok jó vízzáró képességűek ( $k = 10^{-8} - 10^{-9}$  m/s). Mértékadó talajvízszint: 117,0 mBf. Várható építési vízszint: 114,0-115,0 mBf.

### 4.3 Víztelenítés

Az épület tervezése 2000 szeptemberében, a szerkezettervezés 2001 februárjában kezdődött. Nagy problémát okozott a talajvízszint alá kerülő, nagy kiterjedésű pinceszintek megépítése. A garázsszintek és a gépészeti tér ~11,0 m max. mélységű munkagödört igényelt, a kivitelezés folyamán 4 m körüli vízszint különbségre kellett számítani. A munkagödör víztelenítésére több módszer közül kellett kiválasztani a megfelelőt. Nyíltvíztartás általában 2-3 m mélységig használatos, a nagyobb vízszintkülönbség leküzdésére már aktív beavatkozás szükséges. Kutakkal történő víztelenítéskor nem kell külön szerkezetet építeni, de a kiemelt nagymennyiségű víz (15.000 m<sup>3</sup>/nap) elvezetése óriási gondot jelentett volna.

A hatalmas munkagödör víztelenítésére a teljes munkaterületet körülzáró fal kínálkozott a leginkább megbízhatónak, habár ez magas építési költségű és építése időigényes. Végül a munkagödör iszap-agyagrétegbe bekötött zagyfal körülzárással készült el, amit a Taupe Kft. tervezett. Ez a résfalhoz képest olcsóbb és amikor a funkciója már nem szükséges – részlegesen – elbontható, így nem befolyásolja a talajvízjá-

rást. A résfal mint szerkezeti elem az épületkontúr változatosága és a garázsszintekre vezető rámpák miatt sem volt megfelelő.

A munkatér víztelenítésre 28 db kutat telepítettek, amelyek a talajvíz sülyesztését rövid idő alatt biztosították. Az építkezés alatt esetlegesen beszivárgó vizek kiemelésére csak néhány kutat üzemeltetnek szakaszosan.

### 4.4 Földmunka

A földkiemelés három nagyobb ütemben készült, első lépésként a 116,0 -117,0 mBf szintig. Innen indul a munkatér körülzáró zagyfal. Itt padka kialakítása mellett folyt a kiemelés a cölöpözési járószintig. Majd a cölöpök lefűrése után készült az alaplemez tükörszintje. A végleges földmunka legmélyebb szintje: 111,03 mBf.

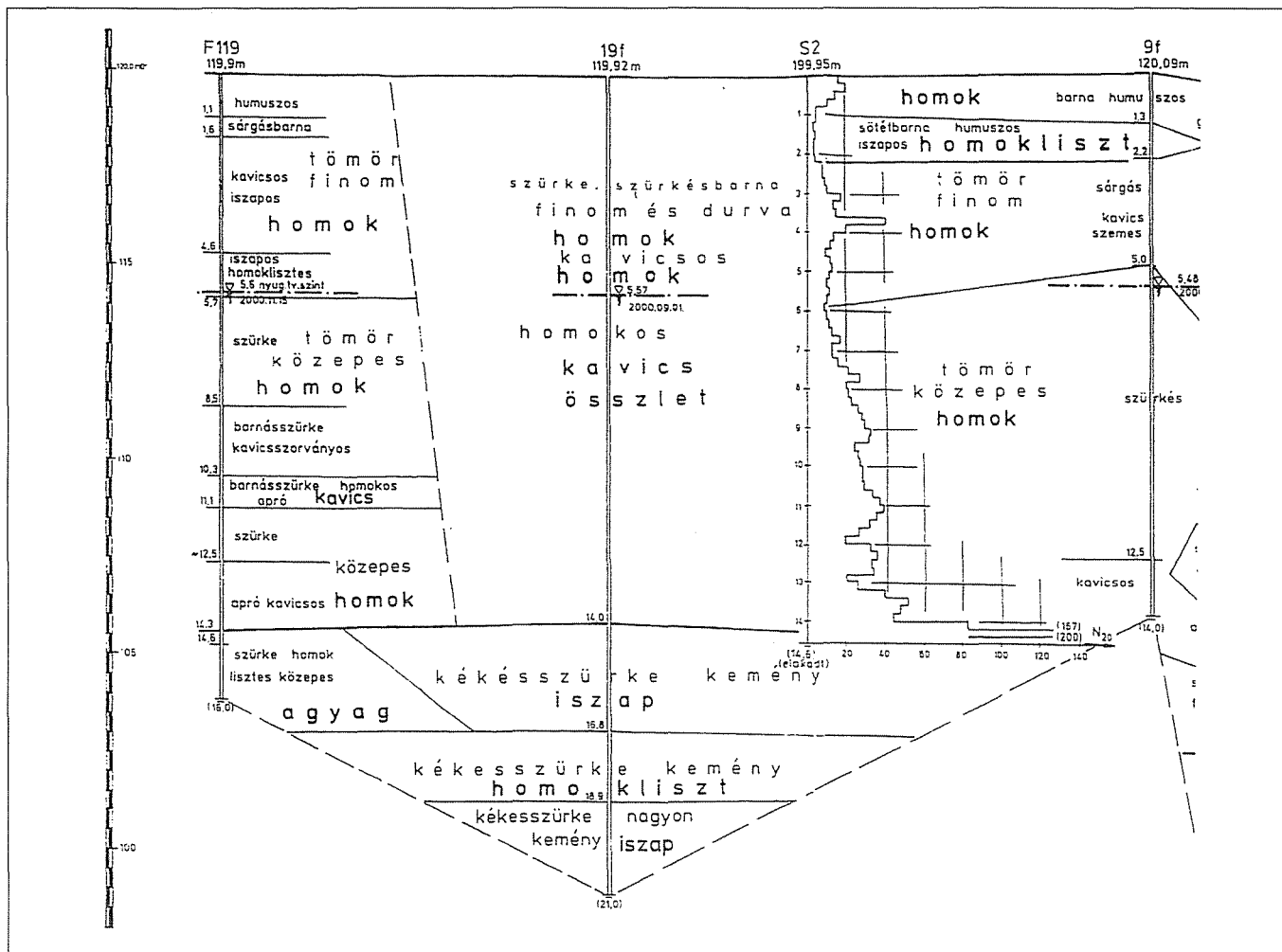
A generálkivitelező (Strabag Rt.) oldaláról felmerült az igény, hogy a homokos kavics ágyazóréteg elmaradjon. Habár a tükörszinten szemcsés talajok települtek, ez nem volt lehetséges. Az itt jellemző, zömében finom homok egyenlőtlenégi mutatója alacsony ( $U=2,2-2,8$ ). Ezek a talajok a koncentrált teher (pl. munkagépek keréknyomása) alól kitérnek, így az aljzatbeton készítéséhez szükséges földmű nem alakítható ki. A kivitelezhetőség miatt ezért az ágyazóréteg nem hagyható el. A 6 cm vastag szerelőbeton alá 24 cm vastag ( $Trg=95\%$ ) homokos kavics került beépítésre.

### 4.5 Cölöpözés

Az épület alapozásához SOB cölöpök készültek. A cölöpterherbírás meghatározása számítással és próbaterhelés alapján történt (7. ábra).

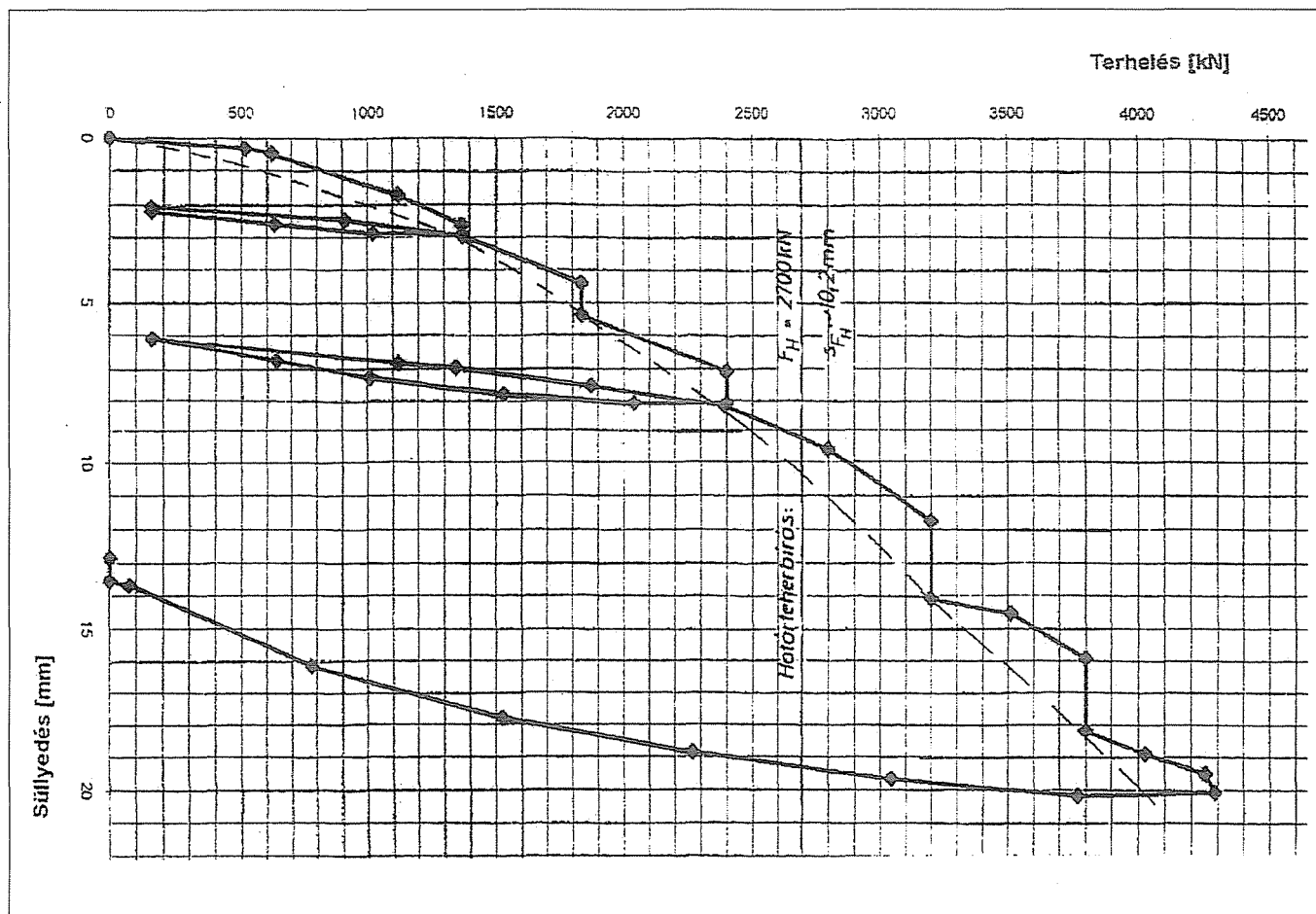
A felhasznált számítási elmélet (Berezancev) a cölöpcsúcs alatt vesz fel egy térbeli csúszófelületet, az ezen való eltolódást a köpeny körül kialakult feszültségi tartomány gátolja. Az oldalterhelésként működő tartomány súlyát csökkenteni kell a tartomány határfelületén működő súrlódással. Az így kapott cölöpterherbírásokat használtuk fel a próbaterhelés előkészítésére.

A próbaterhelésnél problémát okozott, hogy a lehorgonyzó cölöpöket nem elegendő acélbetéttel építették, így a cölöpök törésig nem voltak terhelhetők (horgonyacélok elszakadtak, vagyis csak horgony teherbírási próba történt). A vizsgálat azonban számunkra így is értékelhető eredményt adott, mivel a cölöpök teherbírását ~10 mm-es határelmozduláshoz tartozó erő alapján határoztuk meg. Így a 15,0 m-es Ø90 cm átmérőjű cölöp határteherbírása:  $F_{H1}=2800$  kN, Ø60 cm cölöpé  $F_{H1}=1800$  kN.



6. ábra: Talaj rétegszelvény

7. ábra: Terhelés - süllyedés görbe



A cölöpözést a BRK Speciális Mélyépítő Kft. és a HBM Kft. végezte. 837 db Ø90-es és 335 db Ø60-as cölöp készült. A rakodóterületek felett nincs építmény, a lemez felülésének elkerülése érdekében itt lehorgonyzó cölöpök készítésére volt szükség.

## 4.6 Alaplemez

A cölöp határteherbírásából és a hozzá tartó elmozdulásból számítottuk ki a cölöp rugóállandóját. Az alaplemezt rugalmasan ágyazott lemezként méreteztük, a cölöpök területén merevebb rugókkal. A változatos pillérterhek (max. 18.000 kN) felvételére az I. építési ütemhez egyedileg álló cölöpök, ill. 2-5 db-ból álló cölöpcsoportok készültek. Számításaink szerint cölöp nélkül, erősítővasalás beépítésekor az alaplemezre 3500 kN pillérteher adható át.

Az alaplemez kialakításakor az osztrák szabvány előírásai voltak a mértékadóak. Az előírás, amely az építmény mértékadó talajvízszint alatti részét „weisse Wanne” néven említi, a vízoszlop magassága és a szárazsági követelmények alapján csoportosítja az építményeket. Majd meghatározza az egyes osztályokra vonatkozó repedéskorlátot, az egy ütemben betonozható lemezt és falméreteket, a minimális vasalást és a fugakialakítást.

A 80 cm vastag alaplemez Ø20/20 alapvasalással épült. A 6000 kN feletti pillérterhek esetén a cölöpök beépítése mellett az alaplemez kivastagítása is szükséges volt. A 2 db-os cölöpcsoport esetén: 1,04 m, 3-5 db-os cölöpcsoportoknál: 1,20 m vastagságú lemezrészek készültek 45°-os kiékeléssel. A megnövekedett hajlítónyomaték felvételére Ø25/10/20 erősítővasalás, a repedési korlát biztosítására (0,15 mm) Ø10/15/15 háló került beépítésére. Átszűrődési vasalásként Ø14, ill. Ø16 kengyeleket alkalmaztunk.

Az épület alaplemeze dilatáció nélküli, mozgási hézagok csak az áruarakodó területét és a rámpákat választják el az alaplemeztől (itt a lemezvastagság csak 50 cm). A pincszintek szerkezetében két helyen (11-12 és 17-18 tengelyek mentén) vezet a mozgási hézag. Az I. és II. építési ütemek alaplemezei egymástól dilatálva készülnek.

A -2 pincszinten parkoló, gépészeti tér, illetve raktár lesz. Az alaplemezt az eltérő funkciók miatt nem egy síkon alakították ki, az építészeti igényeknek megfelelő szintugrásokkal készült. Az első ütemben épülő rész jellemző alaplemez felsősíkok: terepszint 120,00 mBf (-2.50), parkoló szint: 114,14 mBf (-8.36), raktár 116,45 mBf (-6.05), közműalagút: 112,13 mBf (-10.37), teherautó áruszállító elosztó: 113,9 mBf (-8.60). Természetesen gépészeti aknáknak is épültek.

A betontechnológiai szakvélemény az egyszerre betonozható lemezmezőt 24,0×24,0 m-ben maximálta. Az átlagos betonozási ütemek: 16×24 m. Az első építési ütemben 160 db, a második ütemben 87 db lemezmező készül. Az egyes lemezmezők között vízzáró kapcsolatot kellett kialakítani, ezért a munkahézagokba középre duzzadógumi, a külső síkra fugaszalag került beépítésre. A süllyesztékeknél és a különbszintű lemezmezők csatlakozásánál a szalag vezetése gyakran problémát okozott. A határolási falak 40-50 cm vastagságúak, egyszerre betonozható szakaszuk maximum 8,0 m volt.

A nagy kiterjedésű alaplemez kivitelezésénél a zsugorodásból keletkező repedések kiküszöbölése nehéz feladat. A betontechnológiai utasítások betartása ellenére az alaplemez egyes lemezmezőin az előírásokat nem meghaladó 0,1-0,2 mm nagyságú repedések jelentkeztek. A leginkább érintett lemezszakaszok a nyári kánikulában készültek, ezért a betonozáskori hőmérséklete magasabb volt az ideálisnál. Végleges állapotban a terhelés következtében keletkező görbület hatására

várhatóan a repedések egy része záródik. A jelen építési állapotban a repedések kitöltése nem célszerű, javításukat a felszerkezet 50 %-os készültségi fokának elérése után megfelelő időjárási körülmények között fogják megkezdeni.

A cölöpözés és az alaplemez méretezése nem volt különlegesen bonyolult feladat, a nehézségek főleg az alábbiak miatt adódtak:

- a döntéselőkészítés elhúzódása miatt a tervezésre és a kivitelezésre hagyott rövid határidő,
- nehezen átlátható nagyméretű épület (8. ábra),
- az építészeti tervek a vasalási tervek készítése közben gyakran változtak,
- több statikus tervező csoport munkájának összehangolása,
- a tervezés csak néhány lépéssel haladt a kivitelezés előtt,
- valamennyi tervet dwg (AutoCad) formátumban kellett készíteni.

## 5. A CAEC KFT. TERVEZÉSI MUNKARÉSZEI: MONOLIT PILLÉREK, GERENDÁK

A kiviteli tervezés folyamatába irodánk viszonylag későn, 2001. márciusában kapcsolódott be. Az első, általunk készített tervek szerint pedig már május végén betonozták az 1D szekció első oszlopait, majd napokon belül következtek az első vasbeton falak és gerendák. Ebből is látható hogy a szigorúan vett tervezésre, ill. szerkesztésre nem maradt sok idő.

A hosszan elhúzódó előkészítésnek köszönhetően már kiforrott tartószerkezeti koncepció állt rendelkezésünkre, így a megrendelővel történő egyeztetés - sokszor időigényes és fáradságos - munkafázisát a Plan 31 Mérnök Kft. levette a vállunkról.

Elsőként a felmenő szerkezetből az alapozásra átadódó reakcióerőket határoztuk meg, melyek segítségével az Uvaterv Rt. számítani tudta az alaplemez igénybevételeit.

### 5.1 Falak, faltárcsák

Az épület egyes dilatációs egységei a térbeli merevség kialakításához elegendő számú csúszott lépcsőházi ill. liftmaggal rendelkeztek, ezek a Plan 31 Mérnök Kft. tervezési feladatát képezték. Az általunk tervezett, táblás zsaluzattal készülő monolit vasbeton falak esetében a pincszinteken elsősorban tűzgátló falakról, a felsőbb szinteken pedig külső homlokzati falakról volt szó, melyeknél elsődlegesen építészeti térelválasztó funkcióról lehetett beszélni, és tartószerkezeti nem volt jelentősebb szerepük.

Természetesen bizonyos falak fontos tartószerkezeti elemként vettek részt az épület erőjátékában, melyre izgalmas példa az 1G, ill. 1E szekcióban a kamionrampa fölé konzolosan, több mint 8 m-re kinyúló épületrész.

Sajnos a falak tervezésénél sokszor szembesültünk azzal a problémával, hogy a rendelkezésre álló zsaluzási tervek még az építkezés ilyen korai szakaszában nem tartalmaztak megfelelően minden szükséges áttörést, ami pedig szerepelt rajtuk, az sokszor a későbbiekben megváltozott. Számos terv módosítása vált így későbbi szükségessé.

### 5.2 Oszlopok

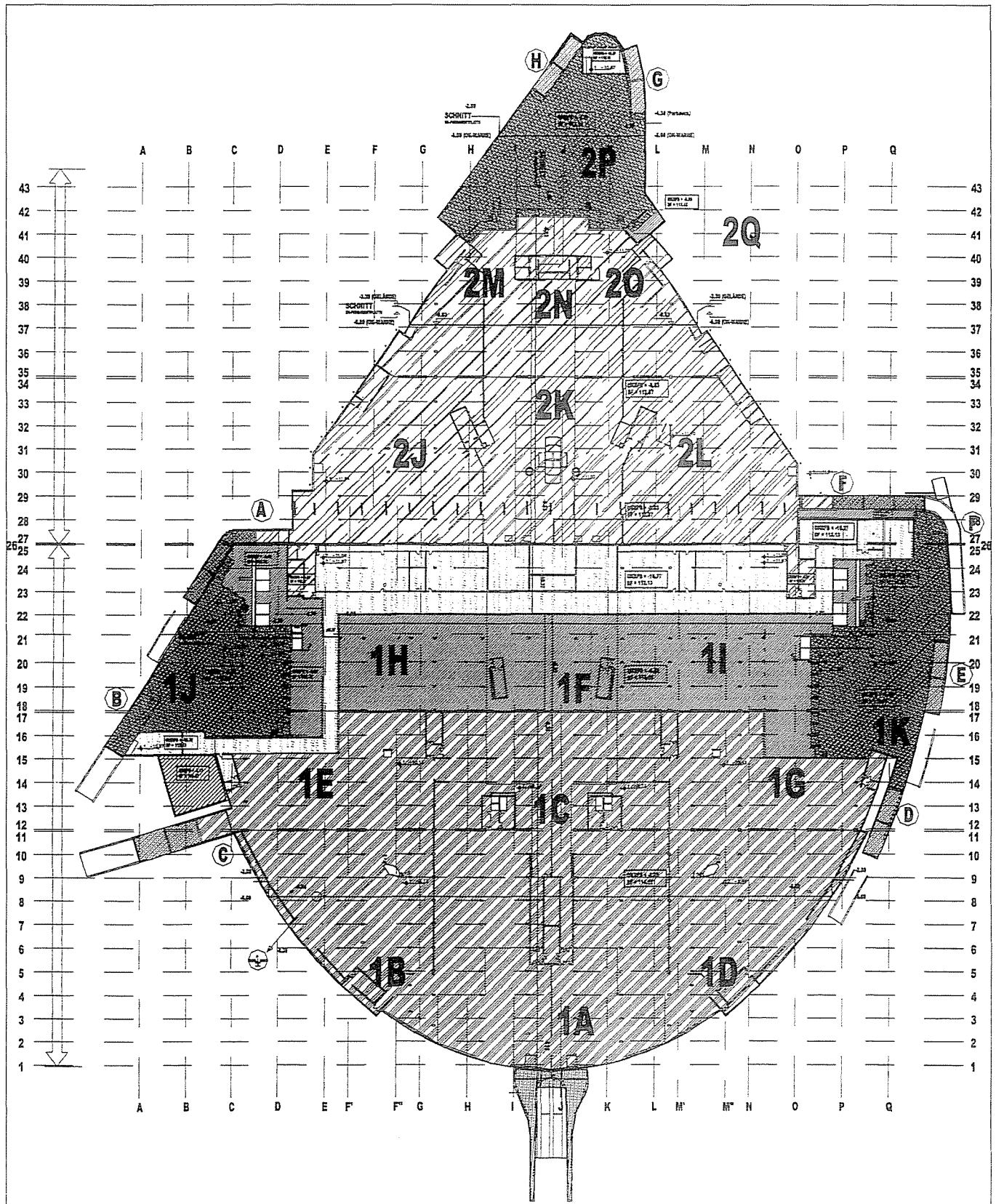
A kivitelezés valamint a tervezés meggyorsítása érdekében az oszlopok és gerendák esetében vasalási modulrendszerrel dolgoztunk ki, mely a következő előnyökkel járt.

- *A kivitelezés szempontjából:* Lehetővé tette hogy a vasalás nagy részét már előszerelve az építési helyszínre szállítva csak a megfelelő helyre be kelljen emelni. Ezáltal az időigényes vasszerelési munkát részben „kivittük” az építési helyszínről és több gyártóhelyen nagyobb kapacitást lehetett biztosítani a munkák gyors lebonyolításának érdekében.
- *A tervezés szempontjából:* Az erőtani számítás eredményeit a vasalási modulokból meghatározott teherbírási lépcsők segítségével könnyen lehetett értékelni és elő-

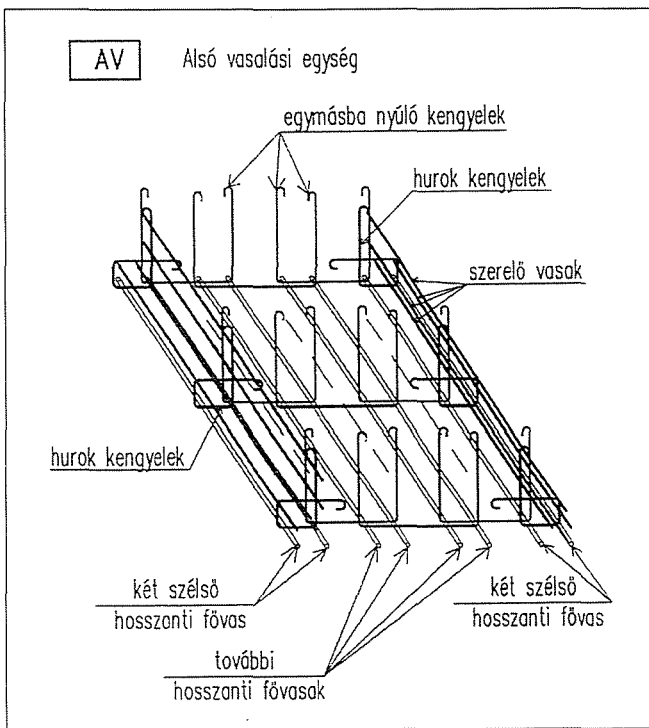
készíteni a szerkesztéshez. A szerkesztést a számítógépes fájl-modulrendszer létrehozásával lehetett felgyorsítani. Az Autocad rajzolóprogram blokkok adta lehetőségeit használtuk fel. A szerkesztőnek így az a feladata volt, hogy a terveket a statika alapján meghatározott modulokból felépítse, ill. kiegészítse az elem alaprajzi helyzetéből adódó egyéni sajátosságokkal.

Az általános oszlopkeresztmetszet a pinceszinteken 116/50 cm-es volt, a felsőbb szinteken pedig Ø70 ill. Ø60-as köroszlopokra váltott.

8. ábra: Az épület alaprajza







9. ábra: Gerenda vasalás összeállítási segédlet

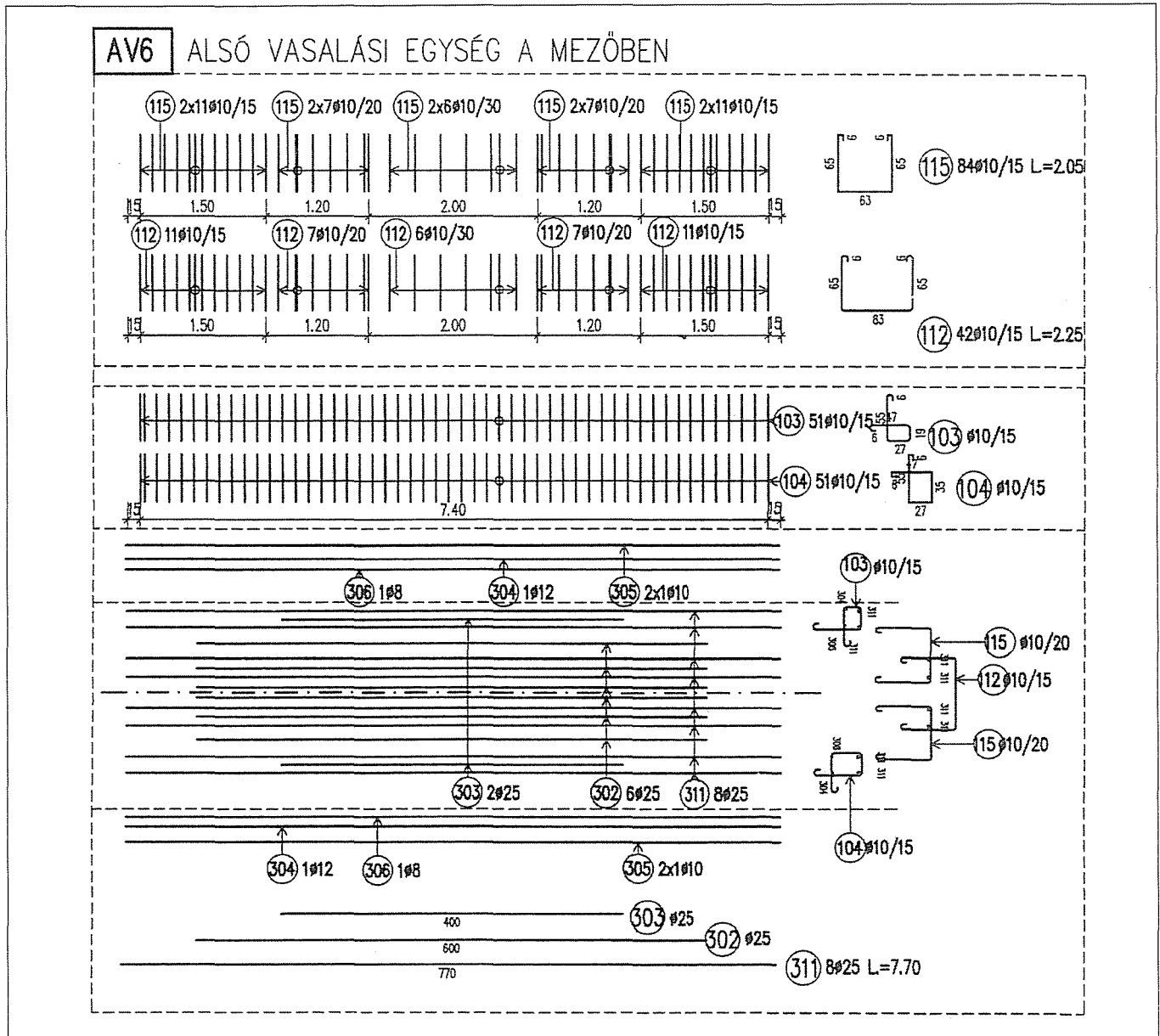
10. ábra: Alsó vasalási egység

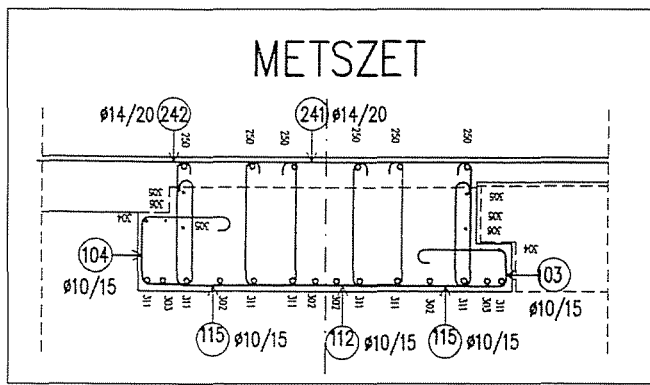
Az oszlopvasalást több szempont együttes figyelembevételével szigorú rendszerben alakítottuk ki. Ilyen szempontok voltak: egyszerű szerelhetőség, a beton jó tömöríthetősége, minimális vasmennyiség, gazdaságos acélfelhasználás, a gerendavasalás oszlopok feletti átvezethetősége.

Már a korai tervezési fázisban részletekbe menően kidolgoztuk a vasalási csomópontokat, hogy a különböző tartóelemek vasalási rendszere összehangolt legyen. A vasalási rendszer kialakításánál minden betonacélnak cm-es pontossággal rögzített helyzete volt. Meghatároztuk a legtöbb hosszvas alkalmazása esetén a betonacélok még optimális helyzetét, és a kisebb igénybevételű oszlopok esetében csökkentettük a darabszámot, ill. átmérőt.

### 5.3 Gerendák (9, 10 és 11. ábrák)

Az épületben előforduló szinte minden gerenda (a földemmezőket lezáró egyes 14 m-es peremgerendáktól eltekintve) helyszíni betonozással készült. Tervező és szerkesztő kapacitásunkat jelentős részben a gerendák kötötték le, hiszen nagy mennyiségű és sokszor bonyolult gerendát kellett megtervezni. A leggyakrabban előforduló főgerendák szerkezeti kialakítása sem mondható szokványosnak 200 (162) cm-es szélességükkel és 71 cm-es magasságukkal.





11. ábra: Gerenda metszet a mezőben

Tartószerkezeti szempontból fontos érdekessége az épületnek, hogy elsősorban a –1 és a fsz. közötti funkcionális különbségek miatt több szint terhét hordó falak és oszlopok terhét kellett más alaprajzi elrendezésű oszlopokra kiváltani, ami ugyancsak a gerendák tervezésénél jelentkezett problémaként.

Ezek a szerkezeti kiváltások a felsőbb szinteken is rendre előfordultak, azonban itt már nemcsak a raszter 8 méteres irányában, hanem sokszor a 16 méteres irányban is, ami a gépészet miatt behatárolt geometria mellett komoly feladatot jelentett a vasalás kialakításánál.

A vasalási modulrendszert a rasztertengelyekben futó főgerendáknál alkalmaztuk. A gerenda teljes vasalását támasz-közönként négy vasalási modulra bontottuk szét: alsó vasalási modul (AV), felső vasalási modul a támasz felett (FV), felső pótvasalási modul (PV), illetve a támasz feletti vasalási modul (TV). Ezeket a vasalási modulokat külön fájlban mentettük el. Az egyes modulokat külön fájlban mentettük el. Az egyes modulokat külön fájlban mentettük el. Az egyes modulokat külön fájlban mentettük el. Az egyes modulokat külön fájlban mentettük el.

A szerkesztő, miután a gerenda zsaluzását megrajcolta, meghatározott fogópontok segítségével beillesztette az egyes modulokat, amelyek behozták a hozzátartozó metszeteket is.

A rendszer kidolgozása és átültetése számítógépes környezetbe bár sok időt vett igénybe, hamar megtérült, hiszen jelentősen megnőtt a termelékenység. Sikerült vele kihasználni a számítógép adta legnagyobb előnyöket: sokszorosítás és egyszerű módosíthatóság.

## 6. ASIA CENTER KRONOLÓGIÁJA

- 2000. február** Első találkozás a Strabag International és a Plan 31 Kft. között ASIA Center ügyben.
- 2000. március** Kapcsolatfelvétel: Lackner & Raml GmbH és a Plan 31 Kft.
- 2000. április-május** Szerkezeti variációk: Lenger-Lackner & Raml GmbH – Plan 31 Kft.  
A szerkesztő tervezés egyik legfontosabb fázisa: ekkor dől el, milyen szerkezet legyen.
- 2000. június** Engedélyezési statika (Plan 31 Kft.).
- 2000. júl.-dec.** – Uvaterv Rt. bevonása alapozás, vízáró medence.  
– Építető-fővállalkozó közötti szerződés előkészítése (leghosszabb folyamat).
- 2001. január** – Caec Kft. bevonása: a hosszan elnyúló előkészületek után jelentős tervezési kapacitás hiány.

– Összeáll a szerkesztő tervező csapat: Lackner & Raml GmbH, Uvaterv Rt., Caec Kft., Plan 31 Kft.

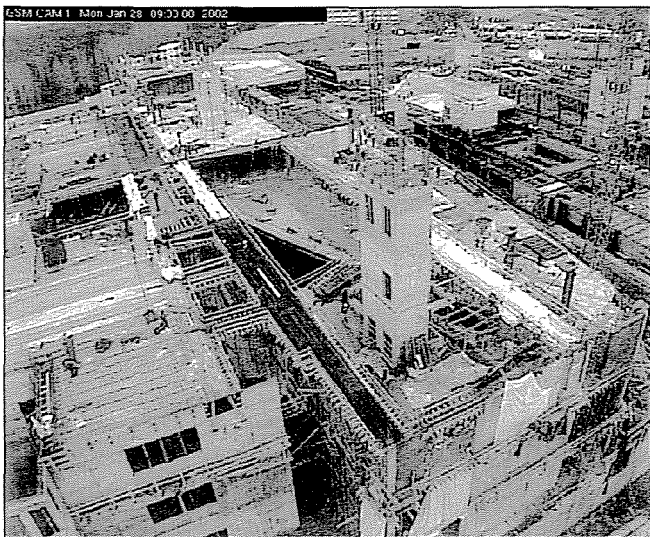
- 2001. február** Szerződéskötések a tartószerkezet kiviteli tervezésére I. ütem „Fiú” és „Leány” épületrészek, 120.000 m<sup>2</sup> földemterület.
- 2001. márc.-dec.** Kiviteli tervezés.
- 2001. május** Kiviteli tervezés kritikus szakasza: kommunikációs problémák. Kölcsönös késelmek a szakágak közötti adatszolgáltatásokban.  
Közben nagy erővel elindul a kivitelezés.
- 2001. június** Kezd a tervező csapat összekovácsolódni, sikerül megoldani a kommunikációs problémákat (Internet tervforgalom, különböző rajzoló programok összehangolása, adminisztrációs fegyelem).
- 2001. júl.-aug.** Megfeszített munka mindegyik résztvevőnél, nyári szabadságok feladása.
- 2001. szeptember** „Normális” tervezési menet. Közben kiderül a választott szerkezeti megoldások helyessége: gyors kivitelezés lehetséges, kezdenek megnyugodni a kedélyek.
- 2001. november** „Fiú” szerkezet kész (12. ábra), „Leány” szerkezetépítés gyorsított ütemben halad. Döntés a II. építési ütemről („Apa”), II. építési ütem tervezésének előkészítése, szerződéskötés a II. építési ütem szerkezetének kiviteli tervezésére (88.000 m<sup>2</sup>)
- 2002. jan.-aug.** II. építési ütem szerkesztő tervezés.
- 2003. június** Az ASIA Center megnyitása (tervezett).

## 7. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az ASIA Center tervezése, építése mutatja, hogy Magyarország már ma is EU tagként működik, legalább is ami az építési tevékenységet illeti. Az Eurocode-ok már ma is a létező valóságot nyújtják, ha még nem is kiérlelt EN szabvány formájában (12. ábra).

## 8. HIVATKOZÁSOK

- Szalai K. (1998), Új típusú függesztő szerelvény előregyártott vasbeton és feszített vasbeton elemek kiharpott végén *Magyar Építőipar 98/9-10. szám*
- Polgár László (1943) okleveles mérnök, Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöki Kar; 1966-tól építésvezető Hódmezővásárhelyen 31. sz. ÁÉV; 1970-71 statikus tervező Iparterv, 71-től gyártmányfejlesztő, főtechnológus, műszaki főosztályvezető 31. sz. ÁÉV; 1992-től ügyvezető igazgató Plan 31. Mérnök Kft, műszaki ügyvezető ASA Építőipari Kft.  
Tevékenység: előregyártott vasbeton szerkezetek, ipari betonpadlók tervezése, kivitelezése. A Magyar Építőanyag Szövetség Beton Tagozatának elnöke. A *fib* magyar tagozat tagja.
- Dr. Almási József (1940) okleveles mérnök, 1964-66 Mélyépítő Vállalat, 1966-1995 Budapesti Műszaki Egyetem Vasbetonszerkezetek Tanszéke, 1995-től a CAEC Kft. ügyvezetője. Tevékenység: kivitelezés, oktatás, kutatás, tervezés. A *fib* magyar tagozat tagja.
- Karkiss Balázs (1973) okleveles mérnök, a Plan 31 Mérnök Kft. statikus tervezője (Óbuda Center, Csaba Center, Metro, Tesco, Praktiker áruházak, romániai, és bulgáriai vasbeton szerkezetek tervezése)
- Varvasovszky Péter (1977) okleveles mérnök, Caec Kft. statikus tervező (MOM Park, Cora áruház Miskolc, Zollner Elektronik Vác gyártócsarnok és porta és irodaépület, Szegedi Szennyvíztisztítótelep, Trend gyártócsarnok)



**12. ábra:** A „fiú” épületrész szerkezet január végi állapotban

**Pethő Csaba** (1948) okleveles mérnök, Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Kar, 1972-től Út- Vasútervező Vállalat statikus tervezője. Jelenleg Úvaterv Rt. Metró és Szerkezettervező Iroda irodavezető helyettese. Tevékenység: Alagút, metró, vasbeton szerkezetek, földalatti létesítmények tervezése.

**Tatai Erika** (1973) okleveles mérnök, Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Kar, 1997-99. Geo Terra Geotechnikai Iroda. Jelenleg Úvaterv Rt. tervező mérnöke. Tevékenység: vasbeton szerkezetek, földalatti parkológarázsok tervezése.

#### THE ASIA CENTER IN HUNGARY

László Polgár – Dr. József Almási – Balázs Karkiss – Péter Varvasovszky – Csaba Pethő – Erika Tatai

One of the biggest European building of the turn of the century is going to be built in international cooperation. The realization of this building is one significant example of the globalization of the world. Although there were difficulties at the beginning of the work, no doubt, this is going to be the way of the future.

# KÍSÉRLETEK SZÉNSZÁLLAL MEGERŐSÍTETT OSZLOPSZERŰ PRÓBATESTEKSEL



Verók Krisztián

Az elmúlt években végzett vizsgálataink során lehetőségem nyílt különböző kísérleteket végezni szénszálas kompozittal megerősített beton próbatesteken. Ezek a kísérletek három témakör köré csoportosíthatók, úgymint kör keresztmetszetű oszlopok vizsgálata pillanatnyi és tartós teherre, valamint négyzet keresztmetszetű oszlopok vizsgálata pecsétnyomásra. Mindezen próbatestek azonos szénszálas kompozit megerősítéssel voltak ellátva.

Ebben a cikkben röviden összefoglaljuk a megerősített oszlopokkal végzett kísérleteinket, áttekintjük a próbatesteken elvégzett kísérleteket, a kísérletsorozat legfontosabb eredményeit, valamint az azokból levonható következtetéseket.

**Kulcsszavak:** megerősítés, szénszálas kompozit, teherbírás, kúszás, pecsétnyomás

## 1. BEVEZETÉS

Ebben a cikkben ismertetjük a beton próbatestek szénszállal történő megerősítésével foglalkozó, a franciaországi Laboratoire Central des Ponts et Chaussées-n (LCPC) végzett kísérleteink eredményeit pillanatnyi (1) és tartós (2) teherre, valamint pecsétnyomásra (3) (Verók, 1999; Verók, 2001).

A két irányban szőtt szénszálas szövetrel, francia nevén TFC-vel (*Tissu à Fibre de Carbone*) megerősített próbatestekkel végzett törőkísérletek (1) tulajdonképpen két kísérletsorozatot jelentenek, melyek összehasonlításával képet kaphatunk a megerősítés időbeli viselkedéséről.

Az első kísérleteket 1999-ben hajtottuk végre Ø160/320 mm-es vasalás nélküli, hengeres próbatesteken, amikor a teherbírás megnövelésére szénszálas szövet megerősítést alkalmaztunk. A próbatestekre egy réteg TFC-t ragasztottunk fel egy kétkomponensű epoxi ragasztóval, melyeket a francia központú Freyssinet vállalat bocsátott rendelkezésünkre. A különböző próbatesteken elvégzett kísérletek alapján világosan látszott, hogy az ilyen fajta megerősítés kedvezően befolyásolja a teherbírást.

Két évvel az előző vizsgálatok után újabb törővizsgálatokat hajtottunk végre az azonos betonozásból származó, de időközben terhelt, vagy terheletlenül hagyott Ø160/320 mm-es és Ø160/500 mm-es vasalás nélküli, hengeres, megerősített és megerősítés nélküli próbatesteken. Erre az adott lehetőséget, hogy a kúszáskísérletek részleges felfüggesztése miatt rendelkezésünkre álltak a kúszásvizsgálathoz (2) 1999-ben készített 1 m magas próbatestek. Jól látszott, hogy a próbatestek korának és terheléstörténetének jelentős hatása van a megerősítés viselkedésére, amiről részletes tájékoztatást adunk a 2. fejezetben.

A kúszásvizsgálatok (2) összesen két és fél évig tartottak. A Ø160/1000 mm-es vasalás nélküli oszlopokat 1999 nyarán terheltük meg az LCPC speciálisan erre a célra kialakított termében, ahol a szénszálas szövetrel megerősített próbatestek kúszásának vizsgálatához készített próbatestek mellett a terheletlen oszlopok zsugorodásának meghatározásának érdekében etalon oszlopokat (terhelés nélküli oszlopokat) is készítettünk és mértünk. A vasalás nélküli hengeres próbatestekre egy réteg TFC-t ragasztottunk fel spirálisan. A különböző terheléstörténetű próbatestek kísérleteinek eredménye alapján következtetéseket vontunk le a megerősítés terhelés alatti alak-

változásokra gyakorolt hatásáról, melyet a 3. fejezetben foglaltunk össze.

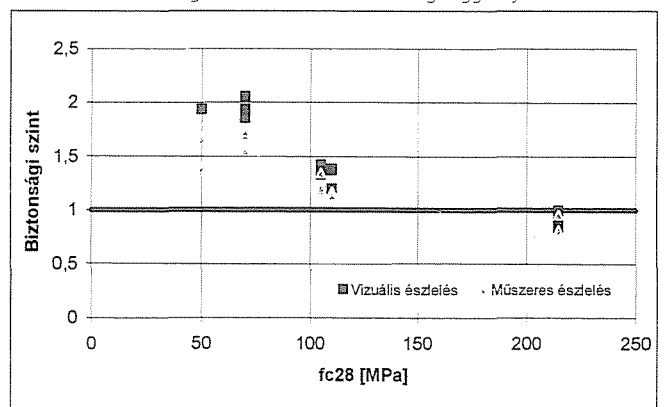
A pecsétnyomással terhelt 200x200x600 mm-es vasalt és vasalatlan prizmatikus oszlopokon végzett, és azok szénszálas megerősítésével foglalkozó kísérletsorozat (3) egy, az LCPC-n 1999-ben elvégzett vizsgálati program eredményei miatt vált szükségessé (Boulay, C. et al., 2000). A különböző betonminőségű, a pecsétnyomás viselésére kialakított vasalással ellátott 200x200x600 mm-es próbatesteket egyszerű pecsétnyomásnak vetették alá. A nagy szilárdságú és teljesítőképes próbatestek mellett szálerősítésű betonból is készültek próbatestek.

Eredményeik alapján azt kapták, hogy a francia szabvány (BAEL 99) alapján méretezett oszlopok biztonsága (melyet a szemmel észlelt, vagy műszeresen detektált első repedéshez tartozó pecsétnyomás, és a francia szabályzatok szerint az első repedés megjelenéséhez számítható pecsétnyomás hányadosaként definiálhatunk) a beton szilárdságának növelésével akár 1-nél kisebb is lehet. Ezt a jelenséget szemlélteti az 1. ábra.

Az 1. ábrán látható, hogy kezdetben minden pont a vastag fekete vonallal jelzett 1-es biztonsági szint felett található. A betonszilárdság növekedésével a pontok megközelítik az 1-es biztonsági szintet, majd az igen magas szilárdsági értékeknél az alá is mehetnek.

Ezt a jelenséget az elvégzett kísérletek eredményei alapján akkor részletesen megvizsgálták, és a megoldásra ajánlás is született. A megerősítés szerepe azért került előtérbe, mert Franciaországban számtalan olyan, pecsétnyomással terhelt

1. ábra: A biztonság alakulása a betonszilárdság függvényében



**1. táblázat:** Az ismertetett kísérletek összefoglaló táblázata

Kísérelt típusa	Időpont	Darabszám	Próbatest Megerősítés	Méret [mm]
Törőkísérletek	1999	2	Nem	Ø160/300
		2	Igen	Ø160/300
	2001	2	Nem	Ø160/300
		3	Igen	Ø160/300
		2	Nem	Ø160/500
		2	Igen	Ø160/500
Kúszási kísérletek	1999 – 2002	2	Nem	Ø160/1000
		3	Igen	Ø160/1000
Pecsétnyomás	2001	4	Nem	200x200x600
		4	Igen	200x200x600

hidoszlopot találhatunk, amelyeket a már említett szabvány segítségével terveztek, így valójában nem biztos, hogy megfelelnek a biztonsági követelményeknek. Ezek érdekében indítottuk útnak az ebben a cikkben tömören ismertetett kísérlet sorozatot, mely során azt próbáltuk megvizsgálni, hogy miként viselkedik egy megerősített 200x200x600 mm-es prizmatikus betonoszlop pecsétnyomás hatására (4. fejezet).

Végezetül összefoglalás képpen az ebben a cikkben ismertetett kísérleteket és az azokhoz tartozó próbatestek jellemző adatait az 1. táblázatban adtuk meg.

## 2. TÖRŐKÍSÉRLETEK

### 2.1 A „fiatal” próbatesteken végzett kísérletek eredményeinek összefoglalása

Az 1999-es kísérlet sorozathoz készített, összesen 11 db különböző méretű próbatestből a nyomókísérletekhez 6 db Ø160/320 mm próbatest készült, melyek közül 4 db-ot TFC megerősítéssel is elláttunk.

Az alkalmazott beton és a szénálás szövet típusa minden próbatestnél azonos volt (2. táblázat). A próbatestek az LCPC receptúrája alapján, a laborban végzett kísérletekhez leggyakrabban előállított B0-as jelzésű betonból készültek, míg a szénálás T700SC-12000-5C típusú Troyca szövet volt (Verók, 1999).

A Ø160/320 mm hengereken végrehajtott kísérletek ered-

**2. táblázat:** Az alkalmazott beton és szénálás mechanikai tulajdonságai

#### a) A beton mechanikai tulajdonságai

Napok	$f_{ci}$ [MPa]	$E_c$ [MPa]
1	11,4	27,1
3	25,4	34,1
7	32,0	36,4
28	43,5	41,3
90	50,0	-

Sűrűség 2,36 g/cm<sup>3</sup>, v/c = 0,50

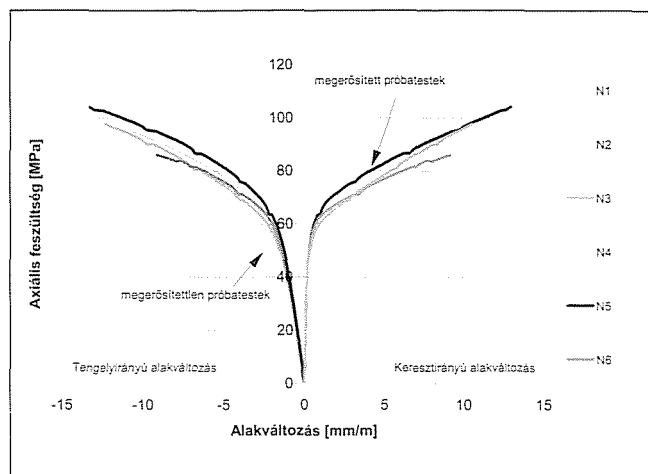
#### b) A szénálás mechanikai tulajdonságai

Gyári szám	Húzószilárdság	Rugalmassági modulus	Határnyúlás	Sűrűség
	[MPa]	[Gpa]	[%]	[g/cm <sup>3</sup> ]
99001001054	4700	232	2,0	1,79

**3. táblázat:** A „fiatal” próbatesteken végzett törőkísérletek eredményei

Jel	Maximális feszültség [MPa]	Rugalmassági modulus [MPa]	Jel	Tekercselés típusa	Maximális feszültség [MPa]	Rugalmassági modulus [MPa]
TFC nélkül			TFC-vel			
N°2	55,4	40829	N°1	spirális	98,9	43591
N°4	52,2	40364	N°3	gyűrű	104,1	43482
			N°5	gyűrű	97,6	43252
Átlag	53,8	40597	N°6	spirális	85,9*	43914
			Átlag	(100,2 +86,25%)	43560	

\*: Ez a próbatest a szénálás elválása által okozott törés miatt nem szerepel az átlagszámításban.



**2. ábra:** A megerősítés hatása a beton 90 napos korában

ményeit a 2. ábra mutatja. Az ábra vízszintes tengelyén a hosszirányú és a keresztirányú alakváltozásokat tüntettük fel, a függőleges tengelyen pedig a tengelyirányú (normális) feszültségeket ábrázoltuk.

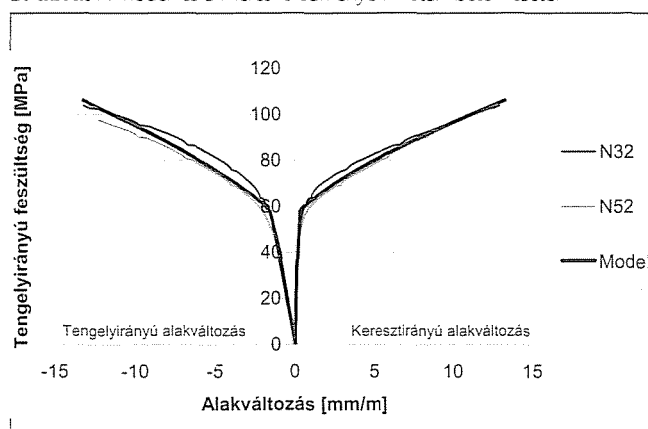
Az ábrából jól kiténik a megerősítés hatékonysága a teher fokozatos növekvésével. A többletterhelés felvételén túl az alakváltozások viselésében is jelentős javulás mutatkozott.

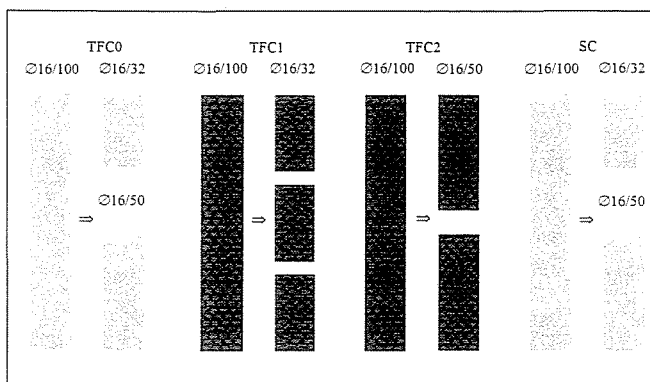
Az ábra jelmagyarázatában szereplő N°1-6-ig jelölések a kísérlethez készített próbatestek számozását jelentik. A kísérletek főbb eredményeit a 3. táblázatban foglaltuk össze.

Az 3. táblázatból kivehető, hogy átlagosan kétszeres teherbírás növekmény mellett a rugalmassági modulus is 6,8 %-kal növekedett. A megerősített hengerek alakváltozási képessége megközelítően 6-8-szorosra növekedett a meg nem erősítettekhez képest. Ez igen figyelemre méltó alakváltozási képességre utal, bár a tönkremenetel nagyon hirtelen következik be.

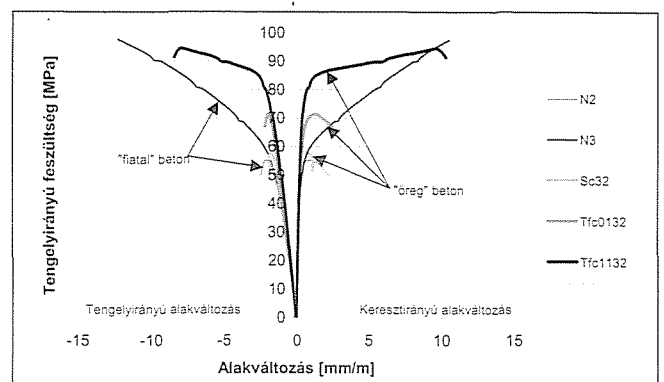
A mérési adatok figyelembe vételével állítottuk fel a módosított Mirmiran és Shahawy modellt (Mirmiran and Shahawy, 1997), amely további módosításokkal (Verók, 1999) megfelelő pontossággal rendelkezett, ahogy ez a 3. ábrán jól látható.

**3. ábra:** A modell és a mérési eredmények „fiatal” beton esetén





4. ábra: A kúszási próbatetek darabolási terve



5. ábra: A mérési eredmények összehasonlítása

## 2.2 Az „idős” próbatetekeken végzett kísérletek eredményeinek összefoglalása

Mivel a jelen fejezetben ismertetésre kerülő kísérletekhez a próbatetek még 1999-ben készültek a kúszásvizsgálatok céljára, a következőkben röviden bemutatjuk azok átalakítását. A darabolás után az előző fejezetben szereplő statikus nyomókísérletekkel teljesen megegyező kísérleteket hajtottunk végre rajtuk.

### 2.2.1 Próbatestek előkészítése a nyomókísérletekhez

Mint azt már a bevezetésben is említettük, ehhez a kísérletso-rozathoz a régi, már több mint két éve folyó kúszásvizsgálat-hoz készült, 1 m magas próbateteket használtuk fel. Erre az adott lehetőséget, hogy kísérletben szereplő terhelt próbatetek számát fokozatosan csökkentettük, míg végül a kísérletet teljesen le nem állítottuk (Verók, 2001). Ekkor azonban a fel-használt próbatetekon kívül két további próbatest terhelés alatt maradt, hogy tovább folytathassuk ezt a kompozitos megerősítések területén egyedülálló, hosszú idejű kúszásvizsgálatot.

Ezzel a lehetőséggel nyertünk 4 darab (ebből kettő *TFC*-vel megerősítve) 1 m magas próbatestet, amelyeknek ismert terheléstörténete volt a rajtuk előzőleg elvégzett kúszásvizsgálatoknak köszönhetően. A négy próbatestből egy megerősítetlen próbatestet az elkészítése óta nem terheltünk, ennek jele *SC*. A maradék négy oszlopból tehát a 4. ábrán látható ábrának megfelelően alakítottuk ki a próbateteket a törővizsgálatokhoz.

A különböző oszlopból kapott kisebb próbatetek jelölése a következő, 2.2.2 fejezet 4. táblázatban található.

2.2.2 Az „idős” próbatetekkel végzett kísérletek eredményei  
Az ismertetett próbatetekeken elvégzett kísérletek eredményeit a 4. táblázatban foglaltuk össze. Ebben a táblázatban azt is megadtuk, hogy az 1 m-es oszlopból mely próbatetek kerültek kialakításra. Ezek neve, illetve jelölése utal azok funkcionális és méreti kialakítására is. Így például az „*SC*” jelű

próbatest jelenti a még sosem terhelt oszlopot (*Sans Charge* = teher nélkül) és a belőle készített próbateteket, mint például az *SC32* próbatestet, mely 320 mm magas, vagy az *SC50* próbatestet, mely értelemszerűen 500 mm magas.

A terhelési oszlopban szereplő 30% illetve 60% teher a próbatetek 28 napos átlagszilárdsága 30%-ának, illetve 60%-ának megfelelő terhet jelent.

A táblázatban szereplő adatok és a korábbi mérések közötti különbség jobb szemléltethetősége kedvéért a két kísérletso-rozathoz jellegzetes görbéit az 5. ábrában foglaltuk össze.

Mint az jól látható, abban minden próbatest viselkedése azonos volt, hogy az abroncsnyomás kialakulása után a görbék meredeksége megváltozott, tehát a megerősítés hatásának számításba vételére a már alkalmazott modell adaptálható. Mivel azonban ez a meredekség eltérő a fiatal és az idősebb betonok esetében, a 28 napos korú betonra kidolgozott modell módosítások nélkül nem alkalmazható egy már esetleg évek óta működő és megerősítésre váró szerkezeti elem viselkedésének reális leírására. Ez a feladat csak további vizsgálatokkal és a meglévő modell módosításaival oldható meg.

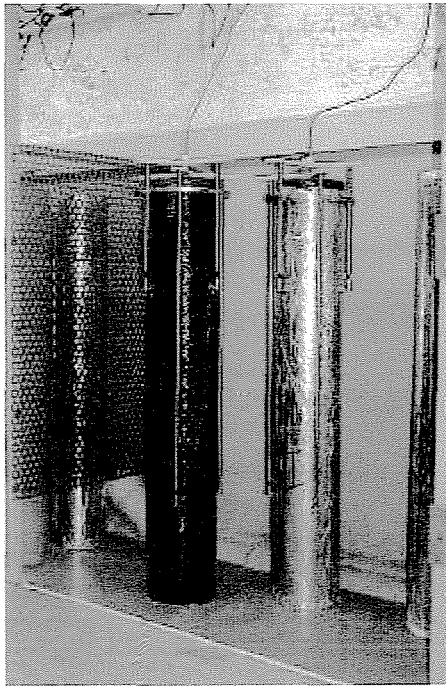
A továbbiakban szeretnénk újabb kísérleteket végezni abból a célból, hogy a jelenségnek olyan teljes körű leírását adjuk, ami lehetővé teszi ennek a megerősítés típusnak megfelelő pontosságú modellezését. Ennek megfelelően, mivel a kúszási kísérleteket az év elején teljesen leállítottuk, újabb próbatetek állnak rendelkezésre, hogy tovább vizsgáljuk a megerősítés hatékonyságának változását az idő múlásával, valamint kidolgozzunk egy átfogó modellt a megerősített szerkezet viselkedésének modellezésére.

## 3. KÚSZÁSI KÍSÉRLETEK

A kísérletso-rozathoz 6 darab  $\varnothing 160/1000$  mm oszlopot készítettünk, melyből háromra spirálisan felragasztott *TFC* megerősítés került. A megerősítés nélküli oszlopotok speciális alumínium védőréteggel vontuk be, hogy azok állandó nedveségtartalma biztosítva legyen. Erre a megerősített oszlopok esetén azért nem volt szükség, mert a szükséges védelmet a *TFC* biztosítani tudja.

4. táblázat: Az „idős” próbatetekkel végzett kísérletek eredményei

Származási jel	Próbatestek jellemző adatai		Teher	Maximális feszültség [MPa]	Rugalmassági modulus [MPa]
	Új jel	Megerősítés			
SC	SC32	TFC nélkül	Sosem terhelt	58	41690
	SC50	TFC nélkül		73	44773
TFC0	TFC0132	TFC nélkül	30% és 60%	71	40582
	TFC0150	TFC nélkül		55	33084
TFC1	TFC1132	TFC-vel	30% és 60 %	95	45701
	TFC1232	TFC-vel		100	42499
	TFC1332	TFC-vel		78	40865
TFC2	TFC2150	TFC-vel	60%	81	40894
	TFC2250	TFC-vel		92	44370



a) zsugorodásmérés



b) kúszásmérés

6. ábra: Próbatetek mérés közben

Az 6. ábrán a próbatetek láthatóak a speciális, külön erre a célra tervezett mérőkeretben, mérés közben. A mérőeszközök egy, a képen szintén megtalálható központi számítógéphez voltak csatlakoztatva, amely meghatározott időközönként rögzítette a jeladók aktuális értékeit, a terem hőmérsékletét (20°C) és relatív páratartalmát (50%).

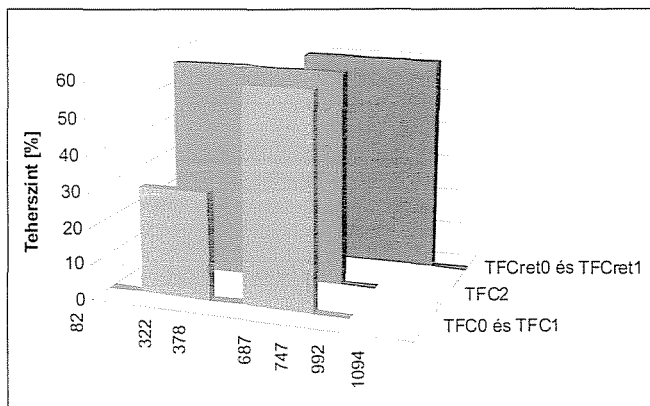
Kezdetben három darab Ø160/1000 mm-es oszlopot terhelünk (6/b. ábra). Ebből egy megerősítés nélküli és kettő TFC-vel spirálisan megerősített próbatest volt.

Ezekon a próbatetekon kívül még két próbatestet alkalmaztunk, hogy mérhessük a beton zsugorodását és így csak a teher hatására kialakuló kúszás számítható legyen. Az oszlopok a TFC0, TFC1 és TFC2 jelet kapták, ami sorrendben egy megerősítetlen oszlopot 30%, egy megerősített oszlopot 30% és még egy megerősített oszlopot 60% kezdő terheléssel jelent. A terheletlen de mérés alatt álló oszlopokat rendre TFCret0-nak és TFCret1-nek neveztük el (6/a. ábra).

A próbatetek terheléstörténetét a 7. ábrában foglaltuk össze. Az azonos terheléstörténetű próbateteket egy görbébe vontuk össze.

A 30%-os szinten terhelt próbatetekon mért első, még a mérés első stádiumában regisztrált kísérleti görbék a 8. ábra szerint alakultak.

7. ábra: A próbatetek terheléstörténete a teljes terhelési periódusra

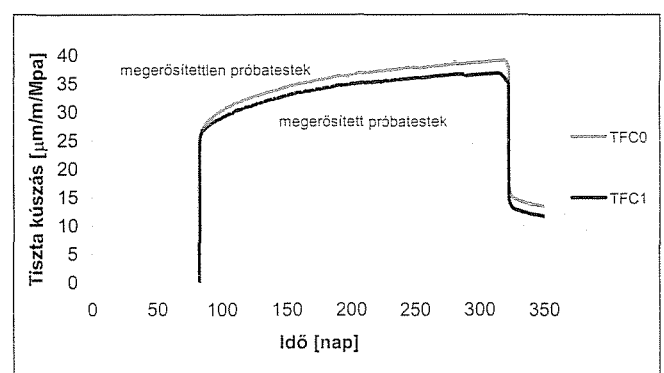


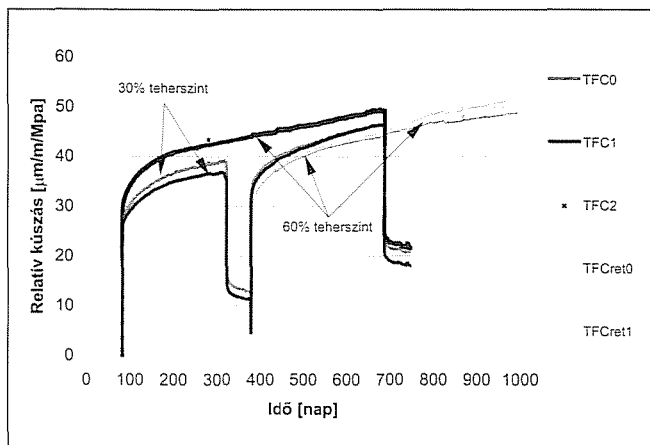
Az LCPC laboratóriumban korábban végzett kúszásvizsgálatok alapján kijelenthető, hogy bár jelen esetben az azonos típusú és terhelésű próbatetekből csak egyetlen darab áll rendelkezésre, az ilyen esetekben elvégzett kúszási kísérletek mérési pontossága  $\pm 14\%$ -nak vehető (Clément et Le Maou, 2000 ; Clément et Le Maou 2001).

Az előzőeket figyelembe véve, valamint a 8. ábra alapján (alig van eltérés a megerősített és megerősítetlen próbatest között, mely a további terhelések ráadása előtti tehermentesítésnél, ami 322 napos korban 5,71%-ra volt tehető) kijelenthetjük, hogy a két próbatest azonos viselkedést mutatott.

Egy 56 napos terheletlen időszakot követően az eddig 30%-os szinten terhelt oszlopokat 60%-os szintre terheltek, hogy megnézzük, ezen a teherszinten hogyan viselkednek az előzőleg már terhelt próbatetek. Ekkor minden oszlop 60%-os teherszinten volt. Ezt követően 687 napos korban leállítottuk a mérést azon a 4 próbatesten, melyeket a már bemutatott törési kísérletekhez használtunk fel. Végül minden mérést leállítottunk megközelítőleg 3 év mérési periódus után. Az utoljára tehermentesített próbateteket a továbbiakban a többiekhez hasonló módon újrahasznosítjuk, azaz törési kísérleteket fogunk rajtuk végrehajtani.

8. ábra: A csak teherből származó kúszási alakváltozások összehasonlítása 30% teherszinten





9. ábra: A relatív kúszási alakváltozások összehasonlítása

A 9. ábrán tehát majdnem a teljes mérési periódus megtalálható a felhasznált és terhelt összes próbatetest ábrázolásával 1 MPa-ra vonatkoztatott kúszási értékekkel. Ezen kúszási értékek bevezetésére a különböző teher szinteken levő próbatestek kúszási értékeinek összehasonlíthatósága miatt volt szükség.

Az eredmények értékelése alapján kijelenthető, hogy az újrateherelések után sem volt jelentős különbség kimutatható a megerősített és a megerősítetlen próbatestek kúszásában a különböző teher szinteket is figyelembe véve.

Ennek a jelenségnek a magyarázatára feltételezhetjük, hogy használati állapotban a keresztirányú alakváltozások nem számottevőek és az epoxi gyanta-ragasztó nem mutat kúszást. Persze az is előfordulhat, hogy az epoxi gyanta-ragasztó mégis csak kúszik és a TFC nem képes emiatt a kúszási alakváltozásokat gátolni, de ez használati teher szinten nem valószínű.

A valóságban a megerősítendő szerkezet már biztosan szenvedett kúszási alakváltozást. A megerősítés szempontjából ez nem lényeges, mert a megerősítés pillanatától kell számolni az együttdolgozást befolyásoló kúszásokat, hiszen attól a pillanattól beszélhetünk együttdolgozásról. Ami viszont lényeges, az a megerősítés előtti és a megerősítés utáni várható terheléstörténet.

## 4. PECSÉTNYOMÁS

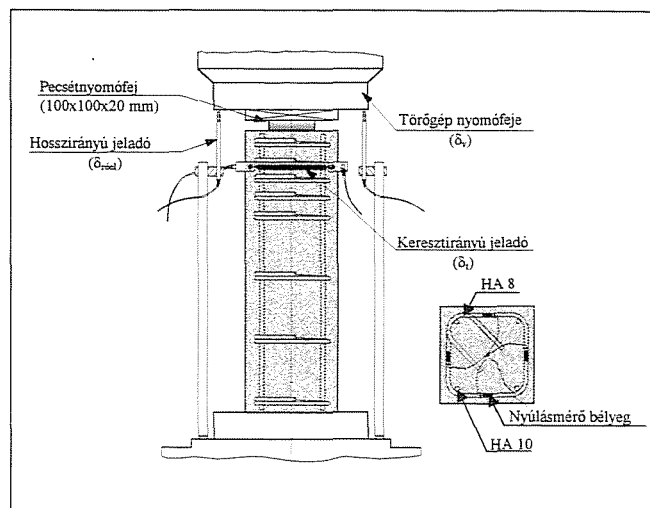
### 4.1 A kísérletek és a próbatestek előkészítése

Ahhoz, hogy a kísérleti eredmények összehasonlíthatóak legyenek a korábbiakkal (Boulay, C. et al., 2000), a próbatestek geometriai méreteit és a vasalásukat az előző kísérletekkel azonosakra választottuk, azonban előzetesen csak a legkisebb szilárdságú, azaz mintegy 50 MPa átlagszilárdságú próbatest viselkedését vizsgáltuk meg.

Ezzel a betonszilárdsággal 8 db próbatest készült. A hasá-

10. ábra: A próbatestek kialakítása pecsétnyomás vizsgálatához

A próbatestek nevei	Vasalás				
	Nem		Igen		
TFC	Nem	2db	NueSA1	2db	NueA A1
	Nem	2db	NueSA2	2db	NueA A2
	Igen	2db	TFCSA1	2db	TFCA A1
	Igen	2db	TFCSA2	2db	TFCA A2



11. ábra: A kísérleti elrendezés

bok sematikus ábráját, kialakítását és darabszámát a 10. ábra és a benne található táblázat mutatja. Ezek szerint két darab próbatest készült minden fajtából, úgymint vasalatlan megerősítetlen, vasalatlan megerősített, vasalt megerősítetlen és vasalt megerősített próbatest.

A TFC megerősítést a megerősített próbatesteknek csak a felső felében alkalmaztuk, mert a pecsétnyomás hatása a felső zónában jelentkezik.

A kísérleti elrendezés a 11. ábrán látható. Az egyenként 60 cm magas oszlopok négy Ø10-es sarokvasat és 8 db Ø8-es kengyelt tartalmaztak az ábrán látható módon elhelyezve. A vasalt próbatestekben felülről a második kengyelen helyeztünk el a keresztirányú vasalás alakváltozásának mérésére 4 db nyúlásmérő bélyeget.

A mérésekhez a következő műszereket használtuk:

- 4 darab ± 5 mm mérési tartományú 1 V/mm-es indukciós útagót a tengelyirányú alakváltozások mérésére. A törőgépet ezen jeladók jeleinek átlagával vezéreltük.
- 4 darab ± 5 mm mérési tartományú 1 V/mm-es indukciós útagót a keresztirányú alakváltozások mérésére, melyeket a második kengyel szintjén egy speciális rögzítő kereten helyeztünk el.
- A vasalt próbatesteken a második kengyelre felragasztott 4 db nyúlásmérő bélyeget a 11. ábrának megfelelően.
- A TFC-vel megerősített próbatesteken a második kengyel szintjén 4 db nyúlásmérő bélyeget.
- Az egyik TFC-vel megerősített próbatesten két darab nyúlásmérő bélyeget a TFC tengelyirányú alakváltozásainak mérésére.
- A megerősítetlen próbatesteken a repedéskép felvételére oldalanként egy átlátszó műanyag fóliát is elhelyeztünk.

A próbatestek gondos előkészítése után egy sor kiegészítő műveletet végeztünk rajtuk. Ezek közül a legfontosabbak a próbatestek oldalainak egymáshoz, valamint azok alsó és felső lapjaihoz képesti merőlegesség biztosítása, a TFC-vel megerősí-



**5. táblázat:** A próbatetek repesztő, valamint törőterheinek értékei

Próbatetek		$F_{\text{repesztő}}$ [kN]	$F_{\text{max}}$ [kN]
NueSA1	TFC nélkül	795	831
NueSA2	TFC nélkül	855	885
NueAA1	TFC nélkül	710	1115
NueAA2	TFC nélkül	722	1172
TFCSA1	TFC-vel	–	1037*
TFCSA2	TFC-vel	–	1028*
TFCAA1	TFC-vel	–	1275*
TFCAA2	TFC-vel	–	1273*

\*: A TFC-vel megerősített próbateteket nem törtük össze, mert azokon 10 mm-nél nagyobb tengelyirányú alakváltozások keletkeztek.

tendő oldalak felületi kezelése a ragasztás hatékonyságának biztosítására homokszórással és a 90°-os sarkok letörése egy 2 cm széles 45°-os élettöréssel voltak. A legfontosabb lépés azonban a TFC felragasztása volt. Ezután már csak a TFC felületére kerülő nyúlásmérő bélyegek felragasztására került sor.

## 4.2 A pecsétnyomásos kísérleti eredmények

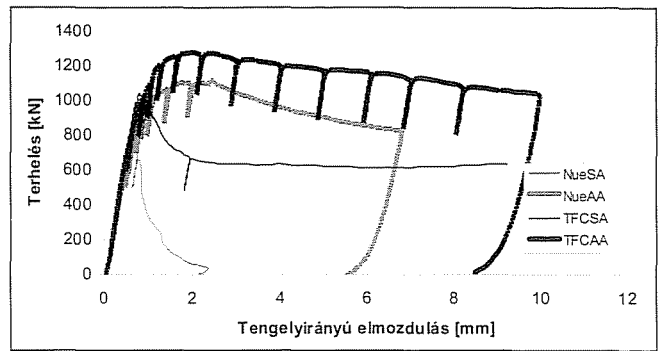
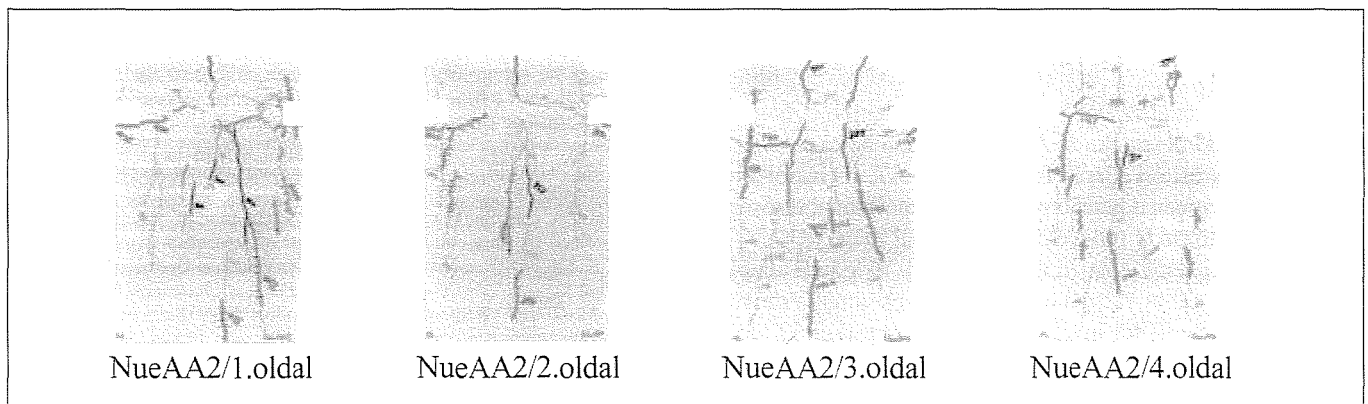
Mérés közben több, részleges tehermentesítési ciklust hajtottunk végre. Ez a TFC megerősítés nélküli próbatetekben a repedések fokozatos kialakulásának függvényében történt. Ezekben a lépcsőkben a repedések rögzítésére is sor került a terhelési lépcső gondos regisztrálásával párhuzamosan (lásd később a 13. ábrán). A TFC-vel bevont oszlopokon a repedések felvétele lehetetlen volt az azokat elfedő megerősítés miatt.

A 5. táblázatból jól kiolvasható, hogy az első repedések, az azonos típusú próbatetekben nagyjából egy időben keletkeztek. Szembetűnő, hogy a megerősítés nem túl hatékony, hiszen a vasalás nélküli próbateteknél átlagosan 885 kN-ról csupán 1032 kN-ra növelte a teherbírást, ami 15%-os növekedést jelent, míg vasalt esetben a teherbírást 1144 kN-ról 1274 kN-ra növelte és ez csupán 10%-os növekedést jelent.

A 5. táblázatból viszont nem látszik az alakváltozások alakulása. A 12. ábrán négy elmozdulás-erő görbét mutatunk be a négy különböző típusú próbatetnek megfelelően. Jól látható a megerősített próbatetek nagymértékben megnövekedett alakváltozási képessége.

A megerősítetlen és vasalatlan (NueSA) próbatest mintegy 1 mm tengelyirányú elmozdulásnál ment tönkre, míg a vasalatlan, de megerősített (TFCSA) oszlopon több mint 10 mm összenyomódás volt elérhető, de ezt már az alkalmazott LVDT-k méréshatárának kimerülése és a pecsétnyomófej kis vastagsága miatt nem tudtuk mérni, így a terhelést leállítottuk. Ezen a ponton semmi jele nem mutatkozott annak, hogy a TFC-ben ébredő nyúlás, illetve feszültség közel került volna akár a határnyúlásához, akár a határfeszültségéhez.

**13. ábra:** Repedezettségi kép a NueAA2 próbatest tesztelése során



**12. ábra:** Mérési eredmények a 200x200x600 mm-es prizmatikus oszlopokon

A vasalt (NueAA) próbatest körülbelül 6 mm-es elmozdulási értékek mellett ment tönkre erős repedezettség mellett (13. ábra, a különböző színek a különböző teherszintekre utalnak), nagy betonfedés leválással, míg a megerősített és vasalt (TFCAA) próbateteknél ugyancsak több mint 10 mm összenyomódás alakult volna ki, mint az előző TFCSA próbatest esetében. Ezekben a próbatetekben azonban a TFC kihasználtságának külső jelei mutatkoztak. A felragasztott nyúlásmérő bélyegek tanúsága szerint, ehhez a 10 mm/m-es hosszirányú alakváltozáshoz egy majdnem 9 mm/m-es keresztirányú alakváltozás tartozott, ami a TFC esetében a korábbi kísérleteink alapján már tönkremenetel közeli értékek felel meg.

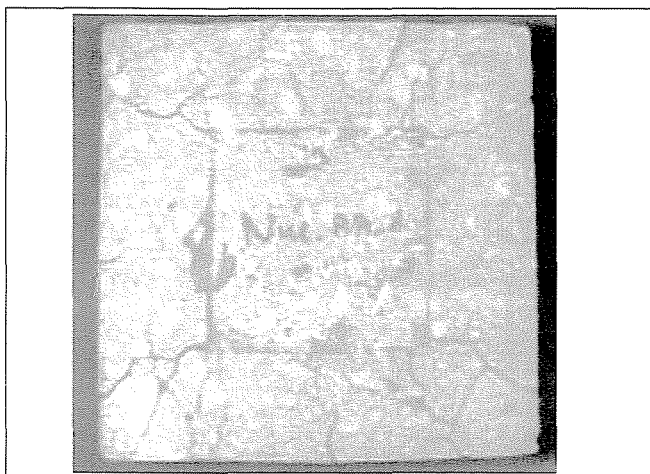
Továbbá a vasalással ellátott próbatetekben az első repedések korábban jelentkeztek, mint a vasalatlan próbatetekben. Ezt a jelenséget a pecsétnyomásból adódó sajátos erőjátéknak köszönhetjük, melynek hatására a függőleges acélbetétek fokozatos kihajlása miatt a repedések korábban alakulnak ki. A vasalt próbatetek repedéseinek helyei határozottan jól mutatják a függőleges vasak elhelyezkedését, ahogy ez a 13. ábrából kivehető.

A 12. ábra görbéi alatti terület arányos a próbatetek töréséhez szükséges munkával. A megerősítés hatására ez a terület lényegesen megnőtt, azaz fontos lehet több alkalmazási terület esetén is.

A pecsétnyomófej 10 mm-es benyomódásának hatása nem jelentkezett a megerősített próbateteknél a megerősített szakasz alatti betonrész tönkremenetelének formájában. A pecsétnyomófej benyomódási felülnézete a 14. ábrán látható.

A középső 10x10 cm-es terhelte felület 10 milliméternyit nyomódott függőlegesen a megerősített beton próbatetekbe anélkül, hogy ez a 100 cm<sup>3</sup> betonban bárhol is tönkremenetelt okozott volna.

A tönkremeneteli mechanizmus a megerősítetlen próbatetekben a korábbi vizsgálatok szerint a benyomódott kúp miatt a hosszanti acélbetétek folyása közben létrejövő kihajlás okozta betonfedés-lepedés miatt jött létre. A teljes betonfedés le-



14. ábra: A benyomódási kúp felülnézete a NueAA1 próbatesten

repedése jelentős keresztmetszet csökkenést eredményez, mely a próbatestek hirtelen tönkremeneteléhez vezet.

Ez a jelenség a megerősítés hatására módosul, hiszen a *TFC* körbeveszi a próbatestet, így az nem tudja ledobni a betonfedését. Mivel azonban a pecsétnyomással terhelt prizmatikus oszlopok megerősítése során a keresztirányú feszültségeket a *TFC* nem tudja olyan hatékonyan felvenni, mint hengeres oszlopoknál, a megerősítésnek a teherbírára nincs jelentős hatása. Ezt azzal magyarázhatjuk, hogy az oldalakon lévő *TFC* tulajdonképpen az oldal két élénél támaszkodik fel és így módon egy megoszló erővel terhelt kéttámaszú tartónak tekinthető. Ilyen körülmények között igen nagy alakváltozásoknak kell kialakulniuk ahhoz, hogy a *TFC*-ben akkora feszültségek keletkezzenek, amelyek segíthetnek a tengelyirányú megtámasztásban. Ekkor azonban a beton már annyira összemorzsolódik, hogy többletterhet nem visel el.

Pecsétnyomás esetén a megerősítésnek az alakváltozásokra van jelentős hatása. Ahogy a szénzálal szövetrel körbevett beton a nyomóerő hatására kezd tönkremenni, úgy nő a keresztirányú alakváltozása. Közvetlenül a törés előtt a *TFC* összefogja azt és ezzel csekély többlet nyomóerő felvételét teszi még lehetővé a keresztirányú alakváltozás gátlásával. Ezen folyamat közben viszont jelentős függőleges összenyomódás alakul ki, ahogy ez a kísérleti próbatestek viselkedéséből is látszik.

## 5. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A beton próbatestek szénzállal történő megerősítésével foglalkozó, a franciaországi LCPC-n végzett kísérleteink eredményei alapján a következő megállapításokat tehetjük.

### 5.1 A Ø160/320 MM-ES PRÓBATESTÉK TÖRŐKÍSÉRLETEI

A két kísérletsorozat összevetése alapján kijelenthető, hogy a nyomott vasbeton elemeknek *TFC*-vel történő betekercselése hatékony megerősítési eljárás, bár a jelentős előterheléssel bíró próbatestek esetében a hatékonyság az idő múlásával elsősorban az alakváltozások felvételében nyilvánul meg.

Eddigi kísérleteink alapján azonban azt is meg kell állapítanunk, hogy további vizsgálatok szükségesek annak érdekében, hogy a megerősítés hatékonyságának számítására kidolgozott modell bármilyen korú beton esetében alkalmazható legyen.

### 5.2 A Ø160/1000 MM-ES PRÓBATESTÉK KÚSZÁSVIZSGÁLATA

Az elmúlt majd három évben a szénzálal szövetrel megerősített betonoszlopokon végzett kísérletek alapján a következő megállapításokat tehetjük:

- A ragasztott kompozit megerősítésnek nincs számottevő hatása a próbatestek kúszásának csökkentésére a következő hipotézis alapján: használati állapotban a keresztirányú alakváltozások nem számottevőek és az epoxi gyanta-ragasztó nem kúszik.
- Az előző hipotézisből az is következik, hogy egy hagyományos kúszásmodellel egy megerősített próbatest kúszásai könnyedén számíthatóak akár a beton átlagszilárdságának 60%-át elérő terhelés esetén is.

### 5.3 A 20x20x60 CM-ES PRÓBATESTÉK VIZSGÁLATA PECSÉTNYOMÁSRA

A kísérletsorozat fontosabb eredményei és a megállapítások a következők:

- A *TFC* megerősítés nagymértékben befolyásolja a pecsétnyomásnak kitett próbatestek alakváltozási képességet:
  - a vasalatlan próbatesteken a maximális teherfelvételt követően, kb. 40%-os tehercsökkenés után, további erő felvétele nélkül az alakváltozások folyamatosan nőttek a tehermentesítésig, és 10 mm-es tengelyirányú összenyomódás mellett még nem következett be a tönkremenetel.
  - a vasalt próbatesteken, a maximális teherfelvétel után ugyancsak folyamatos elmozdulás növekedés volt tapasztalható a teher egyenletes csökkenése mellett, mely az előzőekben leírtakhoz hasonlóan a tehermentesítésig nem okozta a próbatestek tönkremenetelét.
- Az egy rétegben történt *TFC* megerősítés alig volt hatással a pecsétnyomásra igénybevevett próbatestek teherbírára:
  - 10% többlet teherviselés vasalatlan próbatesteken,
  - 15% többlet teherviselés vasalt próbatesteken.
- A pecsétnyomással terhelt és *TFC*-vel megerősített négy-szög keresztmetszetű oszlopok igen szivósak, nagy alakváltozási képességekkel rendelkeznek, ami igen előnyös különösen a földrengésből és egyéb dinamikus hatásokból származó terhek felvételénél.

## 6. HIVATKOZÁSOK

- Boulay, C., Clément, J. L., Toutlemonde, F., Fakhri, P. et Verók, K. (2000): "Étude du dimensionnement des éléments de structure en BTHP soumis à des forces de compression localisées", *BHP 2000, Projet National: Béton à Hautes Performances*, LCPC, Paris, France
- Clément, J.L. et Le Maou, F. (2000) "Étude de la répétabilité des essais de fluage sur éprouvettes de béton", *Bulletin de liaisons des LPC*
- Clément, J.L. et Le Maou, F. (2001) "Experimental repeatability of creep and shrinkage concrete tests – data statistical analysis and modelling", *Creep, shrinkage and durability mechanics of concrete and other quasi-brittle materials*, F.J. Ulm, Z.P. Bazant & F.H. Wittmann (eds), ISBN 0-08-044402-9, pp. 705-714.
- Mirmiran, A. and Shahawy, M. (1997): "Behaviour of concrete columns confined by fibre composites", *Journal of Structural Engineering*
- Verók, K. (1999): "Retrofitting of Reinforced Concrete Columns with TFC", Final Report, *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées*, Paris, France
- Verók, K. (2001): "Renforcement des cylindres  $\text{Æ}16/32$  cm et  $\text{Æ}16/50$  cm par matériaux composites", *Bilan*, LCPC, Paris, France
- Verók, K. (2001): "Renforcement des prismes  $20 \times 20 \times 60$  cm sous pression localisée à l'aide de matériaux composites", *Bilan*, LCPC, Paris, France

Verók, K. (2001): "Essais du fluage sur des cylindres  $\varnothing 16/100$  cm renforcé par matériaux composites", *Bilan*, LCPC, Paris, France

Verók Krisztián (1974) okleveles építőmérnök, 1998-ban szerezte diplomáját a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karának Vasbetonszerkezetek Tanszékén. Jelenleg doktorandusz hallgató és a kompozit anyagok utólagos megerősítésre való felhasználása és modellezése lehetőségeinek vizsgálatával foglalkozik. Többször töltött szakmai gyakorlatot külföldön és jelenleg is egy francia egyetemmel közösen végzi kutatásait.

## CREEP OF RETROFITTED SPECIMENS

Krisztián Verók

During my research works made in the last few years, I had the possibilities to execute some experiments with plain concrete specimens retrofitted by fiber composite tissue. These experiments can be grouped around three topics as the examination of the circular cross-section columns under monotone increasing <sup>(1)</sup> and long term load <sup>(2)</sup> and the examination of the rectangular cross-section columns under local pressure <sup>(3)</sup>. All the columns were retrofitted with the same kind of carbon fiber tissue.

In this article I present shortly our tests made on retrofitted columns. I review the tests, which were made on the specimens, the main results of these tests.

# BETONTECHNOLÓGIA SZAKMÉRNÖKI TANFOLYAM INDUL 2003. FEBRUÁRJÁBAN

A betontechnológia jelentősége nagyon megnövekedett az elmúlt időszakban egyrészt a betonnal szembeni fokozott elvárások (pl. nagy szilárdság, tartósság, veszélyes hulladékok tárolása, stb.) miatt; másrészt a speciális igényeket kielégítő betonok megjelenése, harmadrészt az európai szabványok megjelenése miatt. Ennek megfelelően a betontechnológia óriási érdeklődésre tart számot. A diplomával záruló Betontechnológia Szakmérnöki Tanfolyam megszervezése révén a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke a betontechnológia körébe tartozó legújabb ismeretek átadásával kívánja segíteni a praktizáló kollégákat. **Saját, jól felfogott érdekében minden cégnek kell legyen jó betontechnológusa.**

A tanfolyamra való felvételhez egyetemi vagy főiskolai végzettség szükséges. Az egyetemi végzettségűek szakmérnöki, a főiskolai végzettségűek pedig szak-üzemmérnöki oklevelet kapnak a sikeres államvizsga alapján. (Azok számára, akik nem műszaki egyetemi oklevéllel jelentkeznek a tanfolyamra, különbözeti vizsga is előírható.)

A tanfolyam célja, hogy a résztvevők megszerezzék a legfrissebb betontechnológiai ismereteket. A tanfolyam során a hallgató elmélyedhet a betontechnológiai módszereken kívül a speciális tulajdonságú betonok témakörben, a betonalkotók anyagtani kérdéseiben, építőanyagok újrahasznosításában, környezetvédelmi kérdésekben, a betonstruktúra elemzésében és annak hatásában a tartósságra, a diagnosztika nyújtotta lehetőségekben, aminek eredményei megfelelő javítási vagy megerősítési mód kiválasztását teszik lehetővé, a mély és magasépítési szerkezetek betontechnológiai szempontból jelentős tervezési és kivitelezési kérdéseiben, a betongyártás és előregyártás kérdéseiben, a minőségirányítás és minőségbiztosítás módszereiben és áttekintést kapnak a vasbetonépítésben megjelent legújabb anyagokról. Mindezeket jogi, gazdasági és vezetéselméleti kérdések egészítik ki.

A 4+1 féléves képzés levelező rendszerben folyik félévenként 3-3 konferenciahéten, így a jelöltnek a teljes képzés alatt csupán 12 hétig kell távol lennie a munkahelyétől (hétfő de. 10-től csütörtök 16-ig), és az utolsó félévben diplomamunkát kell készítenie.

Jelentkezését ezen lap visszaküldésével is fogadjuk a (1) **463-3450** faxszámon, ill. Sánta Gyuláné tanfolyam adminisztrátor várja érdeklődését a (1) **463-4068** telefonszámon vagy a [titkars@eik.bme.hu](mailto:titkars@eik.bme.hu) e-mail-en.

Jelentkezem a 2003. februárjában induló Betontechnológia Szakmérnöki Tanfolyamra.

További információkat kérek a 2003. februárjában induló Betontechnológia Szakmérnöki Tanfolyamról

Jelenkező neve:

Cégnév:

Dátum:

Telefon:

Fax:

# NEM ACÉL ANYAGÚ (FRP) BETÉTEK TAPADÁSA BETONBAN



Borosnyói Adorján – Dr. Balázs L. György

Vasbetonszerkezetek acélbetéteinek tapadása vagy együttdolgozása meghatározó jelentőségű a szerkezeti elemek teherbírása és használhatósága szempontjából. Az acélbetéteknél tapasztalható korróziós károsodások miatt megjelentek a nem acél anyagú betétek, amelyeknél az elektrolitikus korrózió kizárt. Ezek szálerősítésű polimer (FRP) betétek, amelyeknek természetesen nem csak anyagi tulajdonságaik, hanem betonbeli tapadásuk is eltér a hagyományos acélbetétektől. Jelen cikknek kettős célja van, egyrészt röviden bemutatja a nem acél anyagú betétek fő jellemzőit és kialakításukat, másrészt részletesen ismerteti a nem acél anyagú betétek tapadási tulajdonságait statikus, tartós és sokszor ismételt teher alatt valamint magas hőmérsékletnek kitéve.

**Kulcsszavak:** szálerősítésű polimer (FRP), szénzál, aramidzál, üvegszál, ágyazóanyag, homokszórás, tapadás, tartósság

## 1. BEVEZETÉS

Az utóbbi évtizedekben egyre növekvő méretekben tapasztalt korróziós károk rávilágítottak arra, hogy a vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek tartóssága a szerkezettervezés központi kérdése lehet a jövőben. Bebetonozott acélbetétek korróziójának okaival, illetve a károsodások kijavításának lehetőségeivel számos hazai szakkönyv is foglalkozik (Balázs, Tóth, 1997; 1998; Balázs *et al*, 1999). A korrózió kialakulásához betonban a következő négy tényezőnek együttesen kell jelen lennie: 1) korrózióra alkalmas anyag (acélbetét), 2) oxigén és 3) víz (melyek a kapillaris pórusokon keresztül képesek a betonba hatolni), valamint 4) a beton kémhatásának pH 9 alá süllyedése (Balázs, Tóth, 1997; 1998). Ez utóbbi paraméter az acél felületén magasabb pH érték mellett kialakuló passzív oxidréteg feloldódásának feltétele.

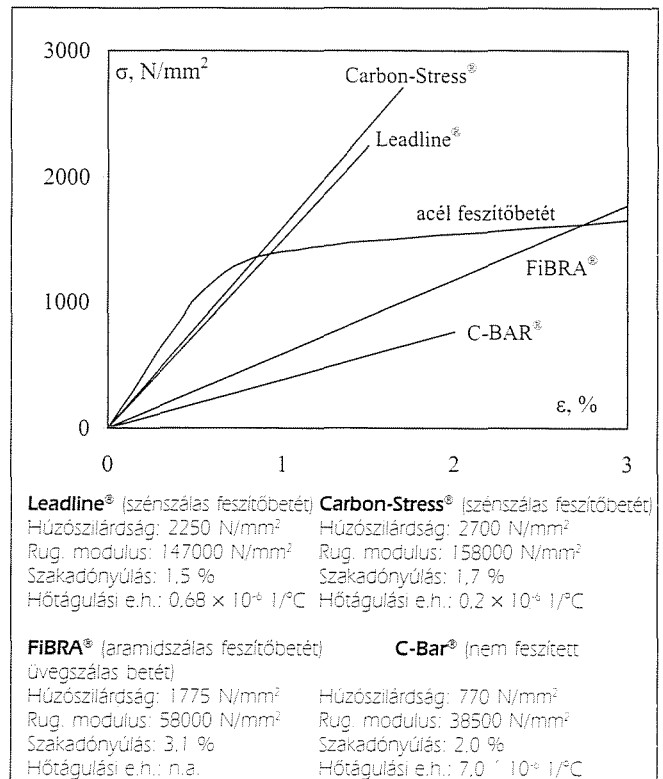
A korrózió elkerülésének egyik ígéretes megoldása lehet a korrózióálló, nem acél anyagú (FRP) betétek alkalmazása. Ily módon magát a korrodáló anyagot, az acélt vonjuk ki a korróziós folyamatból. A nem acél anyagú (FRP) betétek szálerősítésű polimerből készülnek. Mechanikai tulajdonságaik és felületi kialakításuk jelentősen eltérhet a hagyományos acélbetétektől, ami számos további kérdést vet fel.

FRP betétek húzószilárdsága és rugalmassági modulusa a szálak típusától, a szálak hosszteneggel bezárt szögétől, a száltartalomtól (általában 60-65 V%), a keresztmetszet alakjától és az ágyazóanyag típusától függenek. Szálerősítésű polimer betétek szilárdságának meghatározásakor figyelembe kell venni a száltartalmat. A betét tengelyirányú rugalmassági modulusát elsősorban a szálak határozzák meg. Húzószilárdságuk 700...3500 N/mm<sup>2</sup>, rugalmassági modulusuk

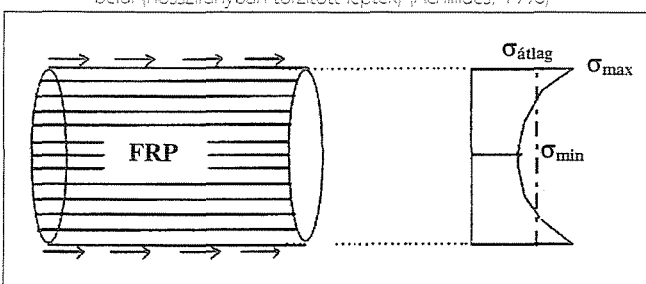
38000...300000 N/mm<sup>2</sup>, szakadónyúlásuk 0,8...4,0 % lehet (Clarke, 1993; Rostásy, 1996; Balázs, Borosnyói, 2000a). A húzószilárdságot ezen kívül még a betétek átmérője is befolyásolhatja, ugyanis a betét felületén, a betonról átadódó nyíróerő hatására az egyes elemi szálakban eltérő alakváltozás (feszültség) ébred az ágyazóanyag alakváltozóképesége miatt (1. ábra, Achillides, 1998). Így nagyobb átmérőjű betétek fajlagos húzószilárdsága kisebb (Calado *et al*, 1996).

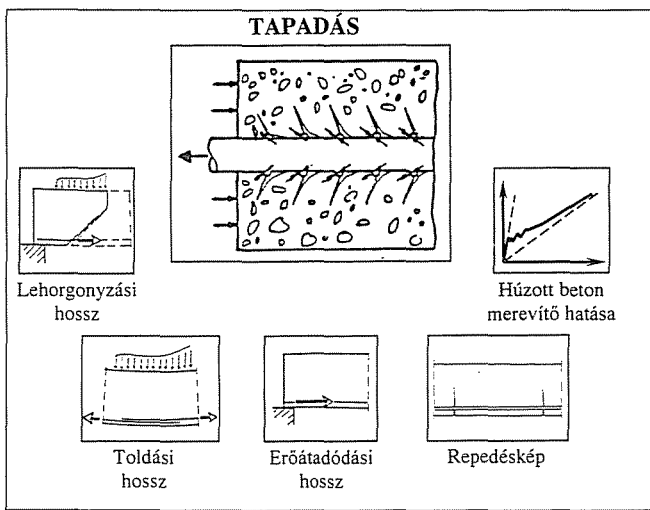
FRP betétek további lényeges tulajdonsága, hogy statikus terhelés hatására lineárisan rugalmasan viselkednek egészen a tönkremenetelig, majd ridegen szakadnak. Folyási jelenséget egyáltalán nem mutatnak. A 2. ábrán különböző FRP betétek és egy acél feszítőpázsma  $\sigma - \epsilon$  diagramjait láthatjuk (Leadline® és Carbon-Stress® szénzálalás betétek, FiBRA® aramidzálalás betét, C-BAR® üvegszálalás betét) (Balázs, Borosnyói, 2000b).

2. ábra: FRP betétek  $\sigma - \epsilon$  ábrái (Balázs – Borosnyói, 2000b)



1. ábra: FRP betét hosszirányú feszültségeinek eloszlása a keresztmetszeten belül (hosszirányban torzított lépték) (Achillides, 1998)





3. ábra: A tapadásból közvetlenül származtatható jelenségek (Balázs, 1991 alapján)

## 2. A TAPADÁS JELENTŐSÉGE VASBETONBAN

Vasbeton szerkezetek viselkedése szempontjából az egyik legfontosabb tényező az együttdolgozás (tapadás) a beton és a betétek között, függetlenül attól, hogy acélbetéteket vagy nem acél anyagú betéteket alkalmazunk, ill. hogy feszített vagy nem feszített a szerkezet (Balázs, 1991). Együttdolgozás jelenléte (vagy speciális lehorgonyzó elemek) nélkül a két anyag nem lenne képes együttes teherviselésre.

Az együttdolgozási mechanizmus valamint az együttdolgozás mértéke alapvetően befolyásolja a szerkezet hajlítási, nyírási és csavarási *teherbírását* valamint viselkedését *használhatósági határállapotban* (Bartos, 1982; CEB, 1992; fib, 2000; Balázs *et al.*, 2002). A használhatósági határállapot egyes jelenségei, mint pl. a szerkezet repedezettségi állapota és a húzott betétek merevítő hatása (tension stiffening) közvetlenül a két anyag együttdolgozásából származtatható (Balázs, 1993). A betétek lehorgonyzási és toldási hosszai, ill. a feszítőbetétek erőátadási hosszai szintén nem határozhatók meg az együttdolgozási mechanizmus ismerete nélkül. Az együttdolgozás minősége ezen kívül még a szerkezetek duktilitására is hatással lehet (Lees, Burgoyne, 1999). A 3. ábrán a tapadásból származtatható legfontosabb jelenségeket foglaljuk össze.

A vasbeton szilárdságtanban általában azzal a feltételezéssel élünk, hogy a beton és a bebetonozott acélbetétek teljes mértékű együttdolgozása biztosítva van anélkül, hogy a beton és az acélbetét között relatív elmozdulás alakulna ki, azaz  $\epsilon_c = \epsilon_s$ . Így egy vasbeton elem erőjátéka az adott keresztmetszetben statikai úton meghatározott igénybevételek és belső erők egyensúlyából közvetlenül számítható a szilárdságtani feltételezések figyelembe vételével. A tökéletes együttdolgozásra vonatkozó feltevés – amint azt a következőkben bemutatjuk – túlzottan közelítő. A valóságban a beton és a bebetonozott betét érintkezési felületén kialakuló tapadás a két anyag között létrejövő relatív elmozdulás függvénye.

## 3. A TAPADÁSRÓL ÁLTALÁBAN

A tapadást a két anyag közötti kapcsolati erők teszik lehetővé, melyek nagysága arányos a terhelő erővel. Mivel a beton és a betonacél alakváltozóképesége eltérő, terhelés hatására rela-

tív elmozdulások alakulnak ki a betét és a környező beton között. Relatív elmozduláson a terheletlen állapotban egy síkba eső, de a terhelés hatására egymástól eltávolodó beton és acél keresztmetszetek elmozduláskülönbségét értjük. Egy  $\ell_b$  együttdolgozó hossz mentén kialakuló relatív elmozdulás az acél és a beton fajlagos alakváltozások különbségének integrálja az  $\ell_b$  hosszon:

$$s = u_s(x) - u_c(x) = \int_0^{\ell_b} \epsilon_s(x) dx - \int_0^{\ell_b} \epsilon_c(x) dx$$

A kapcsolati feszültség ( $\tau_b$ ) elsősorban a létrejött relatív elmozdulás ( $s$ ) függvénye. Ezt az összefüggést ( $\tau_b$ - $s$  diagram) általában kihúzó kísérlettel határozzuk meg, melynek során regisztráljuk egy rövid szakaszon betonba ágyazott acélbetét terheletlen oldali relatív elmozdulását ( $s$ ) a terhelőerő ( $F$ ) függvényében. A kapcsolati feszültség (egyenletes eloszlást feltételezve) tetszőleges relatív elmozdulás mellett megkapható, ha az adott relatív elmozduláshoz tartozó terhelőerőt elosztjuk a betét és a beton érintkezési hengerfelületével:

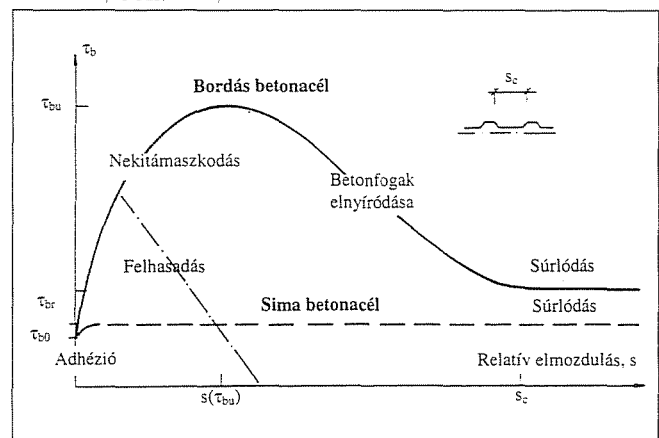
$$\tau_b(s) = \frac{F(s)}{\pi \ell_b}$$

Kapcsolati szilárdság ( $\tau_{bu}$ ) alatt a kapcsolati feszültség legnagyobb értékét értjük. Acélbetétek jellegzetes kapcsolati feszültség – relatív elmozdulás ( $\tau_b$ - $s$ ) ábrája látható a 4. ábrán.

A kihúzóvizsgálat kezdetén, amíg a beton alakváltozóképesége megengedi, a kapcsolati erők *adhézió* útján továbbítódnak. Az *adhézió* kapcsolat több hatásból származik. Egyrészt a beton szilárduláskori zsugorodásából, másrészt a beton és a betonacél közötti kémiai kötésből, harmadrészt a molekulák között működő, határfelületre merőleges van der Waals-erők hatásából. Az *adhézió* bordás acélbetéteknél nem haladja meg a kapcsolati erők 20 %-át. Ekkor még relatív elmozdulás nincs.

A teher növelésével a beton alakváltozóképesége kimerül, megkezdődik a keresztmetszetek relatív elmozdulása. Ez azonban nem jelenti a teherbírás azonnali kimerülését. Ekkor a kapcsolati feszültség a bordázat közé ékelődő betonfogaknak való *nekitámaszkodásból* (normálfeszültségek) és a betét felületén létrejövő súrlódásból (nyírófeszültségek) tevődik össze. Szokás ezt a jelenséget mechanikai kapcsolati erőnek, mechanikai kölcsönhatásnak is nevezni (mechanical interlock). Természetesen a bordás acélbetétek kapcsolati erő felvétele ebben a fázisban sokkal nagyobb, mint a sima acélbetéteké. A bordákon átadódó ferde erőknek a betét tengelyével párhuzamos komponense a kapcsolati feszültséget növeli, míg a be-

4. ábra: Acélbetétek kapcsolati feszültség – relatív elmozdulás ábrái (Balázs, 1991)



tétre merőleges komponens a betonban gyűrűirányú húzófeszültséget indukál, melynek következtében a nyomási trajektóriákra merőlegesen mikrorepedések képződnek. A mikrorepedések száma a teher növelésével emelkedik, hosszuk és tágasságuk nő. A betét környezetében a beton háromtengelyű feszültségállapotban van, és a környező beton oldalirányú alakváltozást gátló hatása miatt a betonfeszültség jóval meghaladhatja az egyirányú nyomószilárdság értékét.

A teher további növelésével a kapcsolati szilárdság elérését követően a betonfogak elnyíródnak és csak *súrlódásos* kapcsolat marad fenn. Bár a kapcsolati ellenállás nem csökken zérusra (ez az ún. maradó kapcsolati szilárdság (residual bond strength)), a relatív elmozdulás tetszőlegesen növelhető, ezért ezt az állapotot tönkremenetelnek tekintjük. A tönkremeneteli folyamatot jól szemlélteti a 4. ábra.

Vasbeton elemeknél az együttdolgozás tönkremenetele az alábbi módokon következhet be:

- a betét körül a bordák magasságában a beton hengerpalást alakban elnyíródik (*kihúzódasos tönkremenetel*),
- elégtelen betonfedés esetén a nyomási trajektóriákra merőleges repedések a felszínig terjednek, a betonfedés leped, ami kengyelezés hiányában a szerkezet széteséséhez vezet (*felhasadásos tönkremenetel*).

Vagyis látható, hogy vasbeton elemeknél az együttdolgozás tönkremenetele minden esetben a *beton* szilárdságának lokális kimerülésével jár.

Sima acélbetétek kapcsolati szilárdsága (kihúzódasos tönkremenetel mellett) már kb. 0,01 mm relatív elmozdulásnál elérhető. Bordás acélbetétek esetén ez általában 1,0 mm-nél nagyobb relatív elmozdulás mellett fejthető ki (Balázs, 1991).

Az együttdolgozást befolyásoló legfontosabb paraméter a *betét felületi kialakítása* (bordázottság). A bordázottság számszerűsítésére Rehm (1961) vezette be a relatív bordafelület fogalmát, mely definíció szerint a bordák homlokfelületének tengelyirányú vetülete a két borda közötti palástfelületre vonatkoztatva:

$$\alpha_{sb} = \frac{A_{rb}}{\varnothing \pi s_b}$$

A relatív bordafelület növelésével nő a kapcsolati teherbírás, de ezzel együtt a hosszirányú felhasadás veszélye is. Bordás betonacélok esetén kedvezőnek tekintett tartomány:  $0,05 < \alpha_{sb} < 0,08$ .

## 4. NEM ACÉL ANYAGÚ (FRP) BETÉTEK FELÜLETI KIALAKÍTÁSA

Az FRP betéteket általában *pultrúziós eljárással* készítik, melynek során a párhuzamosan futó elemi szálakat gyantába ágyazzák. A művelet során létrejött, javarészt sima felületű rudak együttdolgozása azonban nem lenne megfelelő, sőt a szálak tökéletes védelme sem biztosított, ezért a méretre vágást megelőzően a betétek különféle felületkezelésben részesülnek.

A tökéletesebb együttdolgozás eléréséhez legegyszerűbb a sima felületű betéteket homokszórással ellátni, vagyis nagy szilárdságú ragasztóval finom homok, szilikát vagy alumíniumoxid szemcséket erősíteni a felületre. A kísérletek szerint a legjobb eredmény para-polifenilénszulfid (PPS) ragasztóval érhető el, amely egy hőre lágyuló anyag (Tepfers, 1998).

Másik módja az együttdolgozás javításának felületi egyenetlenségek vagy bordák létrehozása a betétek felületén. Ezek

1. táblázat: Acél és nem acél anyagú betétek kialakításának összehasonlítása

acél anyagú betétek	nem acél anyagú betétek
<i>nem feszített betét</i>	<i>feszített és nem feszített betét</i>
– sima	(homokszórással vagy anélkül)
– bordás	– sima ( <i>smooth</i> )
<i>háló</i>	– a műgyanta felület konkáv-konvex kialakítással
<i>feszített betét</i>	– pászma ( <i>strand</i> )
– sima huzal	– fonott betét ( <i>braided</i> )
– rovátkolt huzal	– rovátkolt felületű ( <i>indented</i> )
– pászma	– mag körül spirálisan csavart szál ( <i>spirally wounded</i> )
– bordás feszítőrúd	– préselt vagy ragasztott bordázati ( <i>deformed</i> )
– kábel	– spirális FRP köteggel ( <i>spiral patterned</i> )
	– periodikus profillal ( <i>ribbed</i> )
	– szimmetrikus bordákkal ( <i>axisymmetrical lugs</i> )
	<i>háló (mesh)</i>
	<i>szalag (plate)</i>
	<i>szövet (textile type)</i>

lehetnek spirális alakban feltekercselt és préseléssel felragasztott FRP kötegek, amelyeknek menetemelkedése lehet egy, vagy két irányú, vagy speciális nagy szilárdságú kerámiából készített ismétlődő profilok, amelyek a betonacélokhöz hasonló külsőt kölcsönöznek az FRP betétnek. Az így kialakított bordák és bemetszések jobban nekifeszülnek a környező betonnak, és az együttdolgozási mechanizmust javítják, a kapcsolati szilárdságot növelik. Az utólag elhelyezett rétegeknél mindig az a legfontosabb szempont, hogy a megfelelő erőátadás biztosítva legyen a külső és belső rétegek között, és hogy lehetőleg ne alakuljon ki a bordák elnyíródásával vagy leszakadásával járó tönkremenetel. Homokszórással is kerülnek forgalomba bordás betétek.

További lehetőség acél feszítópázmákkal megegyező kialakítású FRP pázsmák létrehozása, illetve FRP kötegekből fonott betétek előállítás.

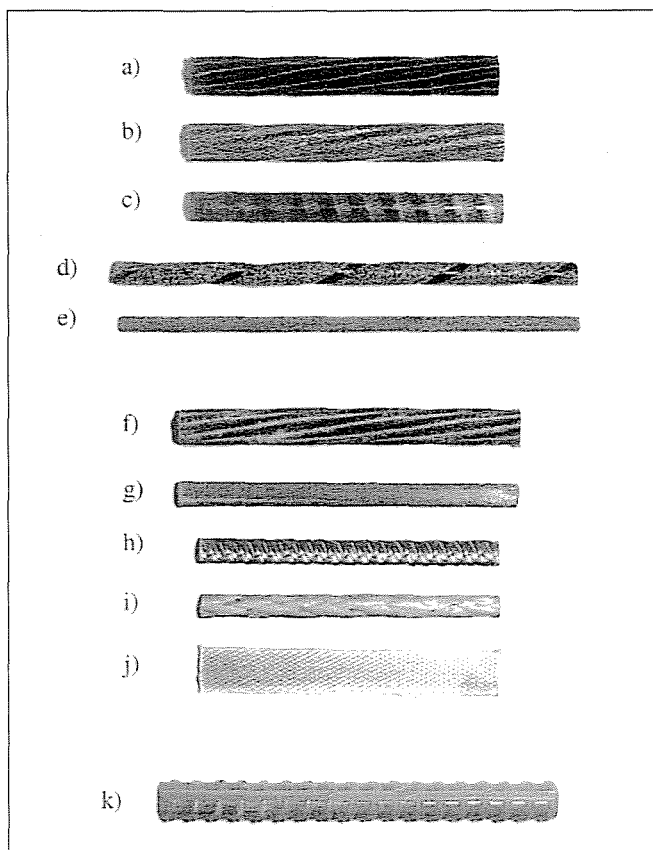
Az acél és nem acél anyagú betétek kialakításának összehasonlítását az 1. táblázatban láthatjuk. FRP betétek változatos felületi kialakítási lehetőségeit szemlélteti az 5. ábra.

## 5. NEM ACÉL ANYAGÚ (FRP) BETÉTEK TAPADÁSA

Az FRP betétek együttdolgozási mechanizmusa, mint látni fogjuk, számos tekintetben eltérhet a hagyományos acélbetétekétől. Az anyagi összetevők sokféleségének lehetőségén kívül a különböző gyártási eljárások, bevonatok és felületi kialakítások az együttdolgozás megjelenését, illetve az együttdolgozás tönkremenetelét jelentősen befolyásolják.

Az együttdolgozás tönkremenetele szempontjából jelentős különbség lehet az acél, ill. a nem acél anyagú betétek között. Acél anyagú betétek esetén az együttdolgozás tönkremenetele mindig a beton tönkremenetelét jelenti a betonszilárdság lokális kimerülése miatt. Nem acél anyagú betétek esetén azonban az együttdolgozás tönkremenetele bekövetkezhet az utólagosan felvitt egyéb réteg (pl. homokszórás, bordázat, stb.) leválásával is.

A speciális felületkezelési eljárásoknak köszönhetően az FRP betétek adhéziós ellenállása általában nagyobb, mint a hagyományos acélbetéteké, és kapcsolati szilárdságuk az esetek többségében meghaladja a betonacélok kapcsolati szilárdságának 80 %-át. Az együttdolgozás tönkremenetele fizikailag hasonló módon zajlik le, és – bár nem minden FRP betét-



5. ábra: FRP betétek felületi kialakítási lehetőségei (Balázs – Borosnyói, 2000a)

- a) héteres CFRP pászma (CFCC®)
- b) héteres CFRP pászma (NACC®)
- c) rovátkolt felületű CFRP betét (Leadline®)
- d) homokszórt, bordás CFRP betét (Carbopree®)
- e) homokszórt felületű CFRP betét (Carbon-Stress®)
- f) héteres AFRP pászma (Arapree®)
- g) homokszórt felületű AFRP betét (Arapree®)
- h) periodikus bordázatú AFRP betét (Technora®)
- i) fonott AFRP betét (FIBRA®)
- j) négyzet keresztmetszetű AFRP betét (Arapree®)
- k) periodikus bordázatú GFRP betét (C-Bar®)

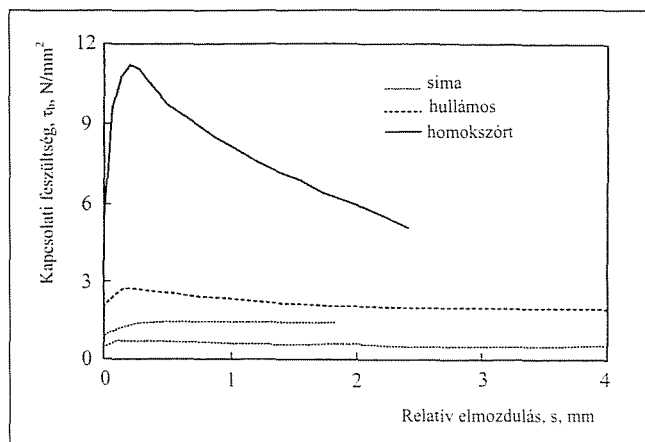
nél – a kapcsolati erők mindhárom típusa jelentkezik (adhézió, mechanikai kapcsolat, súrlódás). Azonban az együttlőgozást és a kapcsolati szilárdságot sokkal több paraméter befolyásolja, mint acélbetéteknél.

## 5.1 Sima FRP betétek tapadása

Sima felületűnek tekintett FRP betétek (smooth rebars) közé azokat soroljuk, amelyek felületén nem alakítanak ki bordákat, ill. nem rovátkolják. Ilyenek például a műgyanta-, vagy porbevonatú, a homokszórt és az enyhén hullámosított felületű betétek. Megjegyezzük, hogy az angolból átvett *sima felület* elnevezés nem írja le kellőképpen az idesorolt, homokszórt felületet.

Kísérleti eredmények szerint ezeknél a betéteknél a *kapcsolati feszültségnek csak két összetevője van: az adhéziónak és a súrlódásnak* zérus relatív elmozdulás mellett, és a *súrlódásból származó ellenállás* a relatív elmozdulások létrejötte után. Neki-támaszkodásból származó mechanikai kölcsönhatás általában csekély mértékben alakul ki.

Cosenza, Manfredi és Realfonzo (1996) vizsgálatai szerint sima felületű FRP betétek *kapcsolati szilárdsága* – a normál betonszilárdságok tartományában – *nem függ a beton szilárdságától*. A kapcsolati szilárdságot kizárólag az FRP betét ágyazóanyaga, pontosabban felületi érdessége és keresztirá-



6. ábra: Sima FRP betétek  $\tau_b$ -s ábrái (Cosenza – Manfredi – Realfonzo, 1996)

nyú rugalmassági-, keresztirányú nyírási modulusa valamint Poisson-tényezője határozza meg.

A nem homokszórt felületű betétek kapcsolati szilárdságának jelentős része súrlódásból származik, mert adhéziónak ellenállásuk csekély; a műgyanta-beton határfelületén nem alakul ki erős fiziko-kémiai kapcsolat. A súrlódási ellenállás mértéke a betét keresztirányú alakváltozástól függ. Ezeknél a betéteknél azt is megfigyelték (az alacsony kapcsolati szilárdsággal összefüggésben), hogy a betétek körüli betonrészek olyan kevéssé voltak terheltek a kapcsolati feszültségekkel ( $0,2 \text{ N/mm}^2$ ), hogy mikrorepedések nem alakultak ki: *a betétek kötőanyagában gazdag külső rétegének tönkremenetele még a mikrorepedések kialakulását megelőzően bekövetkezett*. Ennek a külső rétegnek a szerepét igazolták azok a kísérletek is, melyekben a betétek kötőanyagában gazdagabb külső részeit eltávolították, s az így „lecsupaszított”, a szálakat szabadon hagyó betéttel hajtották végre a vizsgálatot. Az így megmunkált betétek kapcsolati szilárdsága sokszorosan meghaladta az eredeti betéteket, bizonyítva, hogy a felületi tulajdonságok milyen alapvetően befolyásolják az együttlőgozást (és egyben az is látható, hogy a szálak önmagukban jó tapadási sajátosságokkal rendelkeznek, ami azonban mechanikai védelem híján nem használható ki). Homokszórással nem rendelkező sima FRP betétek kapcsolati szilárdsága igen csekély ( $\tau_{bu} = 1,19 \text{ N/mm}^2$ , Cosenza, Manfredi, Realfonzo, 1996), ezért az ilyen betétek betonszerkezetekben való alkalmazása (külön lehorgonyzó elem nélkül) nem ajánlott!

A sima betétek együttlőgozási tulajdonságainak javítása legegyszerűbben úgy érhető el, ha *homokszórással* látják el felületüket. Ezzel *adhéziójuk jelentős mértékben megnő* és a betétek kapcsolati szilárdsága elérheti a bordás acélbetéteket ( $\tau_{bu} = 12,05 \text{ N/mm}^2$ , Cosenza, Manfredi, Realfonzo, 1996), *azonban a betétek együttlőgozásának tönkremenetele rideg-gé válik*, a szemcsék leválása hirtelen következik be.

A 6. ábrán különböző felületi kialakítású sima FRP betétek kapcsolati feszültség - relatív elmozdulás diagramjait láthatjuk Cosenza, Manfredi és Realfonzo (1996) kísérletei alapján.

## 5.2 Bordás FRP betétek tapadása

A kutatási eredményekből az derült ki, hogy a hagyományos (acélbetétekhez hasonló) bordás FRP betétek és a spirális bordázatú FRP betétek kapcsolati feszültségének nagy része a bordák és a környező beton mechanikai kölcsönhatásából származik, az adhéziónak és súrlódási ellenállás kisebb jelentőségű. *Ezeknek a betéteknek a kapcsolati szilárdsága eléri, egyes esetekben meghaladja a hagyományos acélbetétek kapcsolati szilárdságát*.

lárdságát, tönkremeneteli módjuk hasonlatos az acélbetétekéhez, de az FRP betétek kapcsolati szilárdságához tartozó relatív elmozdulás általában nagyobb. A betétek környezetében a betonban mikrorepedések sokasága keletkezik, ami a bordákról ferdén átadódó nagy nyomóerő következménye - a nyomási trajektóriákra merőlegesen a beton húzószilárdságát meghaladó húzófeszültségek ébrednek (kedvező deformációs képességű bordák esetén azonban kisebb feszültségcsúcsok, ezáltal kevesebb mikrorepedés jön létre a környező betonban (pl. C-Bar® betétek; Tepfers, Karlsson, 1997)).

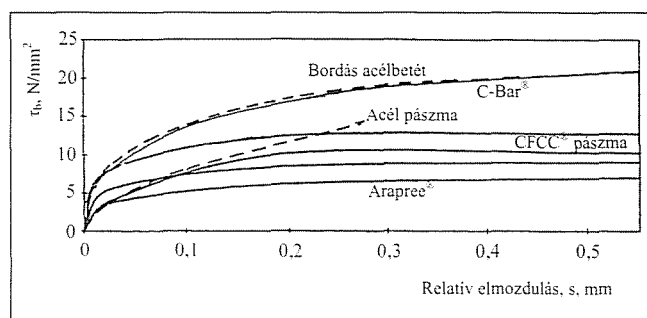
Míndez nem jelenti azt, hogy a tönkremenetelt kizárólag a beton szilárdsága határozza meg. FRP betétek együttdolgozásának tönkremenetelekora a betétek felszíni rétegei leválhatnak; a betétek felületén számottevő károsodás tapasztalható, a bordák elnyíródása és leszakadása következhet be. Pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálatok alapján ez a fajta tönkremenetel csak akkor következik be, ha a beton nyomószilárdsága legalább 20...30 N/mm<sup>2</sup>. Kisebbszámú (≈15 N/mm<sup>2</sup>) betonok esetén a betonfogak nyíródniak el a betét bordái között és a kapcsolati szilárdság jóval alacsonyabb (Achillides *et al.*, 1997). A bordák az esetek többségében nem válnak le teljes mértékben (és nem is azonos időben károsodik minden borda), ezért a maradó súrlódási ellenállás nagyobb a bordás betéteknél, mint a simák esetében (Cosenza, Manfredi, Realfonzo, 1996). Tehát a kapcsolati szilárdságot mind a beton, mind a betét (azon belül is főleg az ágyazóanyag) szilárdsága befolyásolja.

Egyes FRP betétek felületéről nagyobb kapcsolati erők adódnak át, mint acélbetétek felületéről, ami feszített szerkezetek tartóvégén – megfelelő vastagságú betonfedés-, vagy keresztirányú vasalás hiányában – növelheti a felhasadás veszélyét. Kimutatták, hogy a bordás acélbetétekével közel megegyező mértékű relatív bordafelülettel rendelkező FRP betétek kapcsolati szilárdsága akár ötszöröse is lehet a beton húzószilárdságának, amely érték nagyságrendileg megegyezik a bordás betonacél kapcsolati szilárdságával (Tepfers, 1998). A vizsgálatban a bordázat 5,4%-a volt a betétek névleges átmérőjének.

Az is bizonyítást nyert (Al-Zahrani *et al.*, 1996), hogy a bordák szélességének és egymástól mért távolságának változtatásával a tönkremeneteli mód változatható a bordák elnyíródásától a betonfogak elnyíródásáig. Így a bordaszélesség optimalizálható egy olyan egyensúlyi állapotra, melyben a betét bordáinak elnyíródása egy időben következik be a betonfogak elnyíródásával.

Azokban az esetekben, melyekben a spirális bordázat felragasztása nem megfelelő, a tönkremenetel a bordázat leválásával következik be, és nekitámaszkodásos kapcsolat nem alakul ki. A betét kihúzódnak hasonlóan a sima betétekéhez, a betonban mikrorepedések nem keletkeznek, a kapcsolati feszültség a súrlódási ellenállásból adódik. Ezért a préselve rögzített bordázat hatékonysága jobb, mint a ragasztott bordázaté. A ragasztott spirállal készített betétek kapcsolati szilárdsága  $\tau_{bu} = 4,5$  N/mm<sup>2</sup> körüli, míg préselve készülő betéteknél, ha egyszerű bemetszéseket préselnek a felületbe  $\tau_{bu} = 10,2$  N/mm<sup>2</sup>, ha préselve ragasztott bordázattal rendelkezik a betét  $\tau_{bu} = 11,61$  N/mm<sup>2</sup> (Cosenza, Manfredi, Realfonzo, 1996).

A bordás betétek egy másik csoportját képviselik a pászmák, ill. fonott FRP betétek. Ezeket főleg acél feszítőbetétek helyettesítésére fejlesztették ki. Kialakításuk lehet azokéhoz hasonló: általában 7 különálló FRP huzalból sodort pászmák, vagy azokétól eltérő: FRP nyalábokból kötélszerűen font kialakítású betétek. A vizsgálatok szerint átlagos kapcsolati szilárdságuk  $\tau_{bu} = 1,6...7,3$  N/mm<sup>2</sup> közötti, és döntően súrlódásból adódik. Kihúzódnak a környező beton nem károsodik



7. ábra: FRP betétek  $\tau_b$ -s ábrái (Tepfers – Karlsson, 1997)

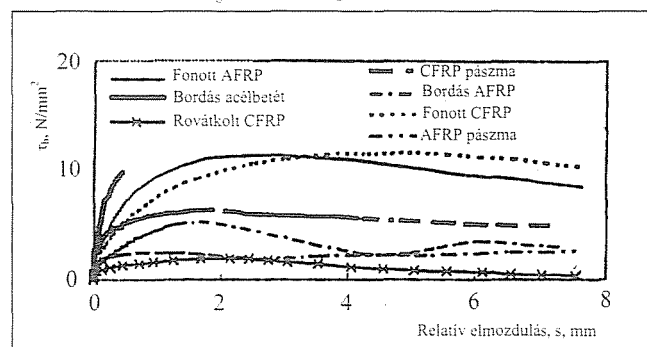
jelentős mértékben, de a betétek felületén erőteljes tönkremenetel tapasztalható (Cosenza, Manfredi, Realfonzo, 1996). Japán megfigyelések alapján héteres CFRP pászmák kapcsolati feszültsége a beton nyomószilárdságának 1/2...2/3-ik hányadványával arányos (akárcsak acél pászmáknál) (Tepfers, 1998).

Az előbbieken kívül állítanak elő olyan betéteket is, amelyek a bordázaton felül homokszórással is rendelkeznek. A homokszórás hatása hasonló, mint sima betéteknél: sokszorosára növeli a betét adhéziós ellenállását, azonban a tönkremenetel ridegebb lesz, a homokszemcsék hirtelen leszakadása miatt.

Kísérletekből az is kiderült, hogy azonos felületi kialakítású betéteknél annál nagyobb a kapcsolati szilárdság, minél nagyobb az alkalmazott szál rugalmassági modulusa. Ennek oka, hogy a nagyobb rugalmassági modulus a bordázat kisebb deformációját engedi meg, így a betét nekitámaszkodásból származó ellenállása kevésbé csökken (Wang, Goto, Joh, 1997).

Speciális bordás FRP betét az ún. C-Bar®, melyet kifejezetten hagyományos, nem feszített szerkezetek készítéséhez fejlesztett ki a Marshall Industries Composites, Inc. A C-Bar® betétek üveg-, aramid-, szén-, vagy üveg-szén hibrid szállal készülnek. Ágyazóanyaga alkáliálló gyanta (uretánnal modifikált vinilészter), felületére kerámiaszálakból bordákat hordanak fel PPS réteg segítségével. A betétek belső magját (árcsökkentés céljából) olcsóbb, telítetlen poliészter gyantával készítik. Felhasználásuk ugyanúgy történhet, mint az acélbetéteké, kapcsolati szilárdságuk 12 mm névleges átmérőjű betét esetén  $\tau_{bu} = 17$  N/mm<sup>2</sup> és 15 mm névleges átmérőjű betét esetén  $\tau_{bu} = 18$  N/mm<sup>2</sup>. A maradó kapcsolati szilárdság (residual bond strength) a kapcsolati szilárdság 55 %-a körüli (Tepfers, 1998). Svéd kutatók kísérleteiből kiderült, hogy hathatós felhasadás elleni védelem mellett (betonfedés, kengyelezés, keresztirányú nyomófeszültség, stb.) a C-bar® betétek  $\tau_b$ -s diagramja közelítőleg megegyezik a hasonló relatív bordafelülettel rendelkező acélbetétekével (7. ábra) (az ábrán összehasonlításként héteres acélpászma, bordás betonacél, Arapree® és CFCC® betét  $\tau_b$ -s diagramja is látható). 30 N/mm<sup>2</sup>-nél nagyobb nyomószilárdságú beton alkalmazásakor az együttdolgozás tönkremenetele a betétek bordáinak károsodásával

8. ábra: FRP betétek τ\_b-s ábrái (Wang – Goto – Joh, 1997)





jön létre, a kapcsolati szilárdság 12 mm névleges átmérőjű betét esetén  $\tau_{bu} = 20 \text{ N/mm}^2$ , 15 mm névleges átmérőjű betét esetén  $\tau_{bu} = 16 \text{ N/mm}^2$ . A 8. ábrán további FRP betétek  $\tau_b - s$  diagramjai figyelhetők meg bordás acélbetéttel összehasonlítva (Wang, Goto, Joh, 1997).

## 6. SPECIÁLIS KÉRDÉSEK

### 6.1 Együttdolgozás tartós és sokszor ismételt teher alatt

Vasbeton elemeken végzett vizsgálatok tapasztalatai szerint a tartós és sokszor ismételt terhek hatása kétféle módon jelentkezik:

- csökken a kapcsolati merevség, azaz a  $\tau_b - s$  ábra kezdeti, emelkedő szakaszának meredeksége csökken (lásd pl. CEB-FIP Model Code 1990, Clause 3.1.2., Fig. 3.1.3., p. 86.),
- nő a relatív elmozdulás (lásd pl. Rehm, Eligehausen, 1979).

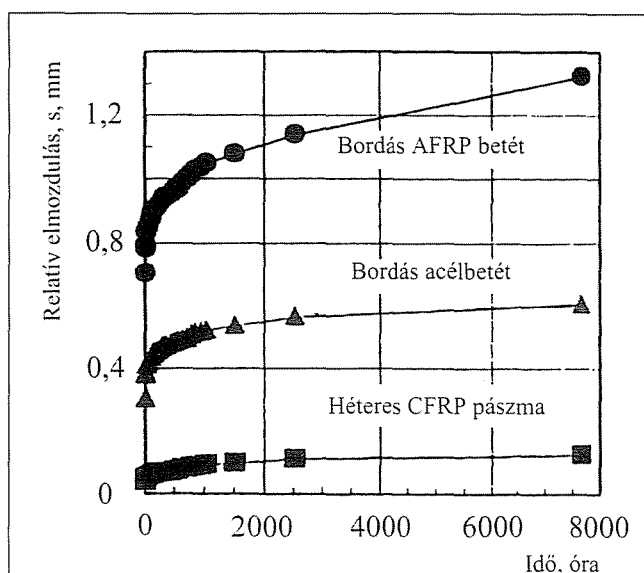
Az együttdolgozás ismételt teher alatti fáradási folyamata három, jól elkülöníthető szakaszra osztható (Balázs, 1991). Kezdetben a relatív elmozdulások növekménye csökkenő tendenciájú, majd a monoton teherrel elért kapcsolati szilárdsághoz tartozó relatív elmozdulás (lásd  $s(\tau_{bu})$  a 4. ábrán) eléréséig a relatív elmozdulási sebesség közel állandó. Ezt az alakváltozást meghaladva az alakváltozási sebesség felgyorsul, és bekövetkezik a kihúzódasos tönkremenetel.

Nem acél anyagú betéteken tartós teherrel végzett kihúzóvizsgálatok eredményei alapján a következő általános megállapítások tehetők (Hattori *et al.*, 1995; 1997; Tepfers, 1998; Wang, Joh, Goto, 1999):

- Az FRP betétek felületi kialakításának jelentős hatása van az együttdolgozás kúszására, azaz a tartós teher alatt bekövetkező relatív elmozdulás növekményre (akárcsak a statikus terhelés alatt mérhető relatív elmozdulásokra). Az FRP betét rugalmassági modulusa azonban nem befolyásolja számottevően a jelenséget.
- A terhelőerő növelésével az együttdolgozás kúszása értelem szerűen nő: a húzóerőt kétszeresére növelve a relatív elmozdulások növekedése is hozzávetőlegesen megkétszereződik, de a növekedés tendenciája alapvetően nem változik.
- Az együttdolgozás kúszása még alacsony teherszint (statikus kapcsolati szilárdság 50%-a) mellett is számottevő, azonban a bordás acélbetéteknél tapasztalhatóval nagyságrendileg azonos mértékű.
- Az aramidszálas betéteknél (AFRP) tapasztalható relatív elmozdulás növekedés jelentős része az aramidszálas kúszásából származik. Üveg- és szén-szálas kúszásából származó relatív elmozdulás-növekedés elhanyagolható mértékű.
- A tartós terhelés alatt tapasztalható relatív elmozdulás-növekedés több, mint 50%-a az első 24 órában, míg mintegy 65-85%-a a terhelés első 100 órájában létrejön.
- Tartós terhelést követő statikus kihúzóvizsgálattal meghatározható kapcsolati szilárdság nagysága a statikus kapcsolati szilárdsággal azonos üvegszálas (GFRP) és szén-szálas (CFRP) betétek esetén, míg aramidszálas (AFRP) betéteknél 10-15% csökkenés tapasztalható.

Tartós kihúzóvizsgálattal kapott relatív elmozdulás-növekedés eredményeit szemlélte a 9. ábra.

Sokszor ismételt terhelés hatására is tapasztalható a relatív



9. ábra: Tartós terhelés hatása a relatív elmozdulásra (Hattori *et al.*, 1995)

elmozdulások növekedése. FRP betétek együttdolgozásának fáradásvizsgálatára eddig kevés kísérlet irányult. Az ismételt hatások kutatása azért nagy jelentőségű, mert a relatív elmozdulások növekedése során az FRP betétek külső felülete egyre fokozódó mértékben károsodhat, lemaródhat (Tepfers, 1998). Ezáltal a kárhalmazódás folyamata az acélbetéteknél tapasztalttól jelentősen eltérhet.

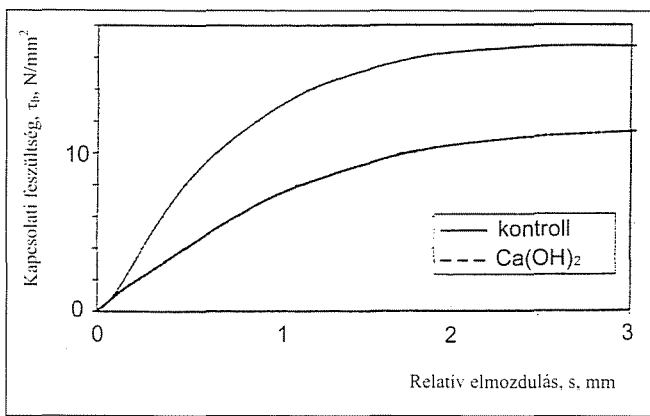
### 6.2 Alkálikus környezet és magas hőmérséklet hatása az FRP betétek együttdolgozására

A nem acél anyagú (FRP) betétek kifejlesztését a bebetonozott acélbetétek elektrolitikus korróziójának veszélye váltotta ki. Az FRP betétek valóban alkalmasak a korrózió elkerülésére, speciális körülmények azonban együttdolgozásukat is befolyásolhatják (Balázs – Borosnyói, 2001; Sumida *et al.*, 2001; Uomoto, 2001).

A betétek ágyazóanyaga, illetve némely szálas képesek nedvesség felvételére. Az *aramid szálas* példaként a víz reverzibilis módon megváltoztatja a hidrogénkötéseket, melynek következtében a teherbírási időszakosan csökkenhet akár 10%-kal is. Kiszáradás után azonban visszaáll az eredeti állapot. Hasonló hatással lehet a víz az ágyazóanyag polimerláncaira is, de a *poliészter és epoxigyanták vízzel szemben ellenállóak* (Palotás, Balázs, 1980). *Üveg- és szén-szálas gyakorlatilag nem képesek vízfelvételre*. A beton pórusvizével klorid-, alkáli- és egyéb agresszív ionok diffundálhatnak az FRP betétekbe. Ezek a szálasakat és a szál-ágyazóanyag határfelületet károsíthatják, ezzel csökkentve mind a húzószilárdságot, mind a tapadást, mind a tartósságot.

Az üvegszálszálakhoz korábban leggyakrabban alkalmazott ún. E-üveg (boroszilikátüveg) nem alkáliálló, így a beton erősen lúgos környezetének (pH 12-13,5) külön védelem nélkül ellenállni nem képes. Lúgos környezetben az alkáliálló, ún. AR (alkaline resistant), nagy ZrO<sub>2</sub> tartalmú üvegszálas károsodása sem teljesen kizárt (Tannous, Saadatmanesh, 1999).

Erős savak és lúgok idővel az aramid másodlagos kötéseit roncsolják, ami az anyag degradálódását (= polimerizációs fok csökkenése a mechanikai tulajdonságok romlása mellett) eredményezi. Úgy fogalmazhatunk, hogy az aramidszál-erősítésű polimer (AFRP) betétek a betonszerkezetek használati időtartama alatt tekinthetők alkáliállóknak.



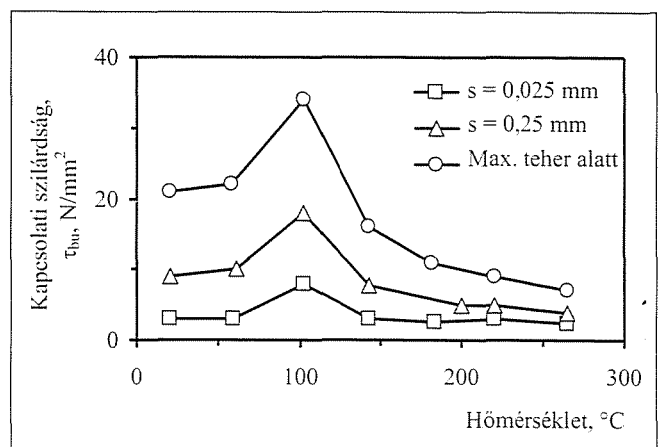
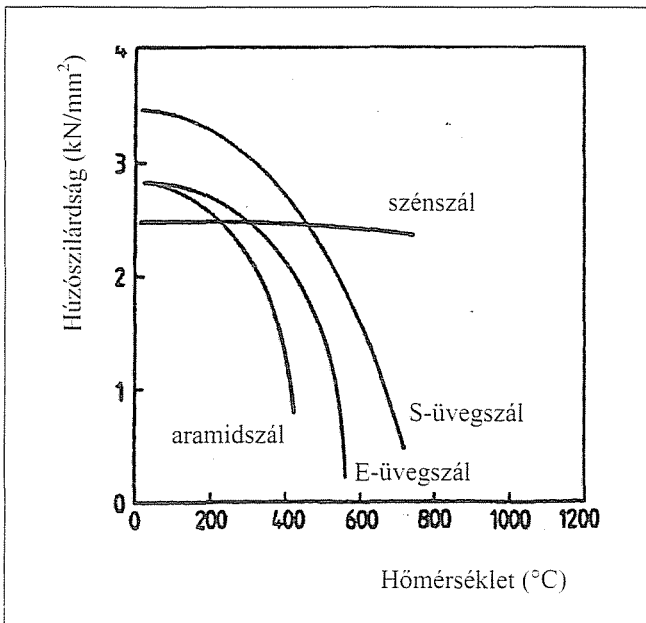
10. ábra: Alkálikus környezet hatása üvegszálás (GFRP) betét tapadására (Al-Dulaijan, 1996)

Eddigi kutatási eredmények szerint a *szénszálak számottevő károsodása nem mutatható ki savas vagy lúgos környezetben* (Sumida *et al.*, 2001; Tokyo Rope, 1993; Uomoto, 2001).

A 10. ábrán megfigyelhető egy üvegszálás (GFRP) betét  $\tau_b$  -  $s$  diagramja, melyet 60°C-os telített  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  oldat (pH 12,3) hatásának tették ki (Al-Dulaijan, 1996). Láthatjuk, hogy az üvegszálás és az ágyazóanyag károsodásából adódóan mind a kapcsolati merevség, mind a kapcsolati szilárdság jelentősen lecsökkent. Ez felhívja a figyelmet az üvegszálás (GFRP) betétek felületi védelmének fontosságára betonszerkezetekben.

FRP betétek hő (ill. tűz-) állósága szintén fontos kérdés. Mivel az ágyazóanyagul használt gyanták általában 150-200°C-on elégnék, a betétek tűzállóságát elsősorban az ágyazóanyagok határozzák meg (Sumida *et al.*, 2001). A szálak hőállósága kedvezőbb, de az aramidszálak és az üvegszálak húzószilárdságának csökkenése már néhány száz °C-on jelentős lehet. A szénszálak húzószilárdsága ~1000°C-ig gyakorlatilag változatlan (11. ábra, Rostásy, 1996). A betétek felületi kialakítása is befolyásolja tűzállóságukat. Pázmák, fonnott betétek, spirálisan csavart fonatokkal kialakított betétek ágyazóanyaga könnyebben kiég, mint a sima kör keresztmetszetű betéteké (Tanao *et al.*, 1997). FRP betétek tapadása már 100°C alatt is csökkenhet, mivel az ágyazóanyag mechanikai jellemzőinek változása az ún. üvegesedési hőmérséklet ( $T_g$ ) elérésevel megkezdődik (65-130°C, ágyazóanyagtól függően). Ezért tűzállósági igény esetén az FRP betétek fokozot-

11. ábra: Szálak hőállósága (Rostásy, 1996)



12. ábra: Magas hőmérséklet hatása CFRP betét kapcsolati szilárdságára (Sumida *et al.*, 2001 alapján)

tabb tűzvédelemre szorulnak, mint az acélbetétek, ami pl. a betonfedés növelésével érhető el. FRP betétek tűzállósága további kutatást igényel, elsősorban az ágyazóanyagok tűzállóságára koncentrálna.

A 12. ábrán szénszálás FRP betét kapcsolati szilárdságának változását láthatjuk a hőmérséklet függvényében (Sumida *et al.*, 2001). A hőmérséklet emelkedésével a kapcsolati szilárdság kezdetben növekszik, majd jelentősen csökken. A jelenség magyarázata a következő: az FRP betétek hőtágulási együtthatói keresztirányban jelentősen meghaladják a beton hőtágulási együtthatóját (Balázs, Borosnyói, 2001), ezért a hőmérséklet emelkedése sugárirányú nyomófeszültséget ébreszt az FRP betét körüli betonban. Ez a feszültség úgy működik, mintha a környező beton keresztirányú alakváltozását gátolnánk (*confinement*), ezért a *kapcsolati szilárdság nő*. A sugárirányú nyomás egyúttal gyűrűirányú húzást is indukál, ami elégtelen betonfedés esetén felhasadásos tönkremenetelt idézhet elő (Lublóy *et al.*, 2001). Amint a hőmérséklet eléri az ágyazóanyag üvegesedési hőmérsékletét ( $T_g$ ), megindul az ágyazóanyag állapotváltozása, tönkremenetele. A folyamat a betét felszínén indul meg és halad a betét belseje felé, így azonnal befolyásolja a kapcsolati szilárdságot, mint a felületi együttdolgozás mérőszámát. A hőmérséklet emelkedésével az ágyazóanyag fokozódó mértékben károsodik, a *kapcsolati szilárdság* fokozódó mértékben *csökken*. 200°C felett (az ágyazóanyag teljes kiégését követően) a kapcsolati szilárdság gyakorlatilag zérus (12. ábra).

## 7. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Vasbeton szerkezetek korróziója elkerülésének egyik ígéretes megoldása lehet a korrózióálló, nem acél anyagú (FRP) betétek alkalmazása. Ily módon magát a korrodáló anyagot, az acélt vonjuk ki a korróziós folyamatból.

A nem acél anyagú (FRP) betétek szálerősítésű polimerből készülnek. Mechanikai tulajdonságaik és felületi kialakításuk jelentősen eltérhet a hagyományos acélbetétektől, ami számos kérdést vet fel. Az FRP betétek összetevői sokféleségének lehetőségén kívül a különböző gyártási eljárások, bevonatok és felületi kialakítások az együttdolgozás megjelenését, illetve az együttdolgozás tönkremenetelét jelentősen befolyásolják.

A speciális felületkezelési eljárásoknak köszönhetően az FRP betétek adhéziós ellenállása általában nagyobb, mint a hagyományos acélbetéteké, és kapcsolati szilárdságuk az esetek többségében meghaladja a betonacélok kapcsolati szilárdságának 80 %-át. Az együttdolgozás tönkremenetele fizikai-

lag hasonló módon zajlik le, és – bár nem minden FRP betét-nél – a kapcsolati erők mindhárom típusa jelentkezik (adhézió, mechanikai kapcsolat, súrlódás). Sima felületű FRP betétek *kapcsolati szilárdsága* – a normál betonszilárdságok tartományában – *nem függ a beton szilárdságától*. Homokszórt felületű FRP betétek kapcsolati szilárdsága elérheti a bordás acélbetétekét, *azonban az együttműködés tönkremenetele rideggé válik*, a szemcsék leválása hirtelen következik be. Bordás FRP betétek esetén *a kapcsolati szilárdságot mind a beton, mind a betét* (azon belül is főleg az ágyazóanyag) *szilárdsága befolyásolja*. Kihúzóidőskor a betétek bordázata is károsodhat, amely bordás betonacélok esetén sohasem következik be.

Sokszor ismételt és tartós terhelés alatt az FRP betétek együttműködésének kárhalmozódási folyamata az acélbetétek-nél tapasztalttól jelentősen eltérhet, ami további kutatás tárgyát kell, hogy képezze. Számos kutatási feladat jelölhető ki az együttműködés vizsgálatára különböző fizikai és kémiai körülmények között (agresszív ionok, fagyási-olvadás ciklusok, nedvesedés-kiszáradás ciklusok, stb.) illetve hőmérsékleti hatások esetén (hőmérsékleti ciklusok, tűzhatás) is.

## 8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szerzők köszönetet mondanak az Országos Tudományos Kutatási Alapnak jelen cikk alapjául szolgáló kutatási téma támogatásáért (OTKA T 032 525).

## 9. HIVATKOZÁSOK

- Achillides, Z. *et al* (1997) "Bond behaviour of FRP bars to concrete", *Proceedings of the Third International Symposium (FRPRCS-3)*, Vol. 2., Sapporo 1997., Japan Concrete Institute. pp. 341-348.
- Achillides, Z. (1998) "Bond behaviour of FRP bars in concrete", *PhD Thesis, Centre for Cement and Concrete*, Univ. of Sheffield, 1998 – hivatkozva: fib (2000) "Bond of Reinforcement in Concrete", *State-of-Art Report* prepared by Task Group Bond Models, August 2000
- Al-Dulaijan S. U. *et al* (1996) "Bond evaluation of environmentally conditioned GFRP/concrete systems", *Proceedings of the 2nd Int. Conference on Advanced Composite Materials in Bridges and Structures (ACMBS-II)*, 1996, pp. 845-852.
- Al-Zahrani M. M. *et al* (1996) "Bond of FRP to Concrete in Reinforcement Rods with Axisymmetric Deformations" *Proceedings of the 2nd Int. Conference on Advanced Composite Materials in Bridges and Structures (ACMBS-II)*, 1996, pp. 853-860.
- Balázs L. Gy. (1991) "Erőátadódás betonban", *Kandidátusi értekezés*
- Balázs, G. L. (1993) "Cracking Analysis Based on Slip and Bond Stresses", *ACI Materials Journal*, July-August 1993, pp. 340-348.
- Balázs, G. L. – Bartos, P. J. M. – Cairns, J. – Borosnyói, A. (Eds.) (2002) "Bond in Concrete – from research to standards", *Proceedings of the 3rd International Symposium*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2002.
- Balázs L. Gy. – Borosnyói A. (2000a) "Nem acél anyagú (FRP) betétek alkalmazása a hidépítésben", *Vasbetonépítés*, II. évf. 2. szám, 2000/1, pp. 45-52.
- Balázs L. Gy. – Borosnyói A. (2000b) "Beton szerkezetek korrózióálló betétekkel", TARTÓK 2000 – VI. Magyar Tartószerkezeti Konferencia, *Konferenciakiadvány*, Budapest, 2000. május 25-26., pp. 321-333.
- Balázs, G. L. – Borosnyói, A. (2001) "Long term behavior of FRP", *Proceedings of the International Workshop Composites in Construction: A Reality*, Capri, Italy, ASCE – CI, pp. 84-91.
- Balázs Gy. – Tóth E. (1997) (1998) "Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I – II.", *Egyetemi tankönyv*, Műegyetemi Kiadó
- Balázs Gy. – Balázs L. Gy. – Farkas Gy. – Kovács K. (1999) "Beton- és vasbeton szerkezetek védelme, javítása és megerősítése", *Egyetemi tankönyv*, Műegyetemi Kiadó
- Bartos, P. J. M. (Ed.) (1982) "Bond in Concrete", *Proceedings, International Symposium, Applied Science Publishers Ltd.*, London, 1982.
- Calado, L.- Castiglioni, C.A.- Agatino, M.R. (1996) "Experimental and Numerical Evaluation of Bond Stress of Concrete Beams Reinforced by GFRP Bars", *Research report*.
- CEB (1992) "Bond in Concrete – from research to practice", *Proceedings, International Symposium*, Riga, Latvia, 1992.

- CEB-FIP (1993) "CEB-FIP Model Code 1990 – Design Code", Comité Euro-International du Béton, Thomas Telford, London, 1993 (CEB Bulletin d'Information No. 213/214.)
- Clarke, J. L. (1993) "Alternative Materials for the Reinforcement and Prestressing of Concrete", Chapman & Hall, London, 1993
- Cosenza, E. - Manfredi, G. - Realfonzo, R. (1996) "Bond of FRP Rebars to Concrete: Experimental Behaviour and Analytical Models", *Studi e Ricerche*, Vol.17, 1996. pp. 253-282.
- fib (2000) "Bond of Reinforcement in Concrete", *State-of-Art Report* prepared by Task Group Bond Models, August 2000.
- Hattori, A. *et al* (1995) "A study on bond creep behaviour of FRP rebars embedded in concrete", *Proceedings of the Second International RILEM Symposium (FRPRCS-2)*, Ghent 1995., L.Taerwe, Editor, E \* FN Spon, London. pp. 172-179.
- Hattori, a. – Kawasaki, K. – Miyagawa, T. – Fujii, M. (1997) "Bond behaviours of carbon fiber strand and aramid fiber deformed bar", *Proceedings of the Third International Symposium (FRPRCS-3)*, Vol. 2., Sapporo 1997., Japan Concrete Institute. pp. 349-356.
- Lees, J.M. - Burgoyne, C.J. (1999) "Experimental Study of Influence of Bond on Flexural Behaviour of Concrete Beams Pretensioned with Aramid Fiber Reinforced Plastics", *ACI Structural Journal*, V. 96, No. 3, May-June 1999, pp. 377-385.
- Lublóy, É. – Borosnyói, A. – Bánki, T. – Balázs, G. L. (2002) "Bond of CFRP Reinforcing Bars Under Elevated Temperature", *3rd International Symposium on Bond in Concrete – From Research to Standards*, 20-22 November 2002, Budapest, pp. 684-691.
- Palotás L.- Balázs Gy. (1980) "Mérnöki szerkezetek anyagtana 3. Beton-habarc-skerámia-műanyag", Akadémiai Kiadó.
- Rehm, G. (1961) "Über die Grundlagen des Verbundes zwischen Stahl und Beton", *Deutscher Ausschuss für Stahlbeton*, H. 138, 1961
- Rehm, G. – Eligehausen, R. (1979) "Bond of Ribbed Bars Under High-Cycle Repeated Loads", *ACI Journal*, 1979, pp. 297-309.
- Rostásy, F. (1996) "State-of-the-Art Report on FRP Materials", *FIP Report*, Draft, 1996. Unpublished.
- Sumida, A. – Fujisaki, T. – Watanabe, K. – Kato, T. (2001) "Heat resistance of continuous fiber reinforced plastic rods", *Proceedings of the Fifth International Symposium (FRPRCS-5)*, Thomas Telford, London, 2001, pp. 557-565.
- Tanao, H. – Masuda, Y. – Sakashita, M. – Oono, Y. – Nonomura, K. – Satake, K. (1997) "Tensile Properties at High Temperatures of Continuous Fiber Bars and Deflections of Continuous Fiber Reinforced Concrete Beams Under High-Temperature Loading", *Proceedings 3rd Int. Symp. FRPRCS-3*, JCI, 1997, Vol. 2., pp. 43-50.
- Tannous, F. E. – Saadatmanesh, H. (1999), "Durability of AR Glass Fiber Reinforced Plastic Bars", *ASCE Journal of Composites for Construction*, Vol. 3, No. 1, February 1999, pp. 12-19.
- Tepfers, R., Editor (1998) CEB, TG 2/5 "Bond Models". *State-of-the-Art Report*. Draft. Chapter 8. Bond of non-metallic reinforcement. Version 6, June 23, 1998.
- Tepfers, R. - Karlsson, M. (1997) "Pull-out and tensile reinforcement splice tests using FRP C-bars™", *Proceedings of the Third International Symposium (FRPRCS-3)*, Vol. 2., Sapporo 1997., Japan Concrete Institute. pp. 357-364.
- Tokyo Rope Mfg. Co., Ltd. (1993) "Technical Data on CFCCT™", Tokyo, October 1993.
- Uomoto, T. (2001) "Durability considerations for FRP reinforcements", *Proceedings of the Fifth International Symposium (FRPRCS-5)*, Thomas Telford, London, 2001, pp. 17-32.
- Wang, Z. – Goto, Y. – Joh, O. (1997) "Bond Characteristics of FRP Rods and effect on Long Term Deflection of Concrete Beams", *Proceedings of the Third International Symposium (FRPRCS-3)*, Vol. 2., Sapporo 1997., Japan Concrete Institute. pp. 389-396.
- Wang, Z. – Joh, O. – Goto, Y. (1999) "Bond creep behaviour of FRP rods and their bond strength after sustained loading", *Transactions of the Japan Concrete Institute*, Vol. 21, JCI, pp. 221-226.

## BOND OF NON-METALLIC (FRP) REINFORCEMENTS

Adorján Borosnyói – Prof. György L. Balázs

Bond between concrete and reinforcement has principal significance on structural behaviour of reinforced concrete independently on the type of the reinforcement or prestressing. Without presence of bond (or special anchoring) constituents of composite material (i.e. reinforcement and concrete) could not be able to carry loads together. Bond performance has an effect on flexural, shear and torsion load bearing capacity of reinforced concrete members and particularly on serviceability. Due to various constituent materials, manufacturing processes and surface treatments of non-metallic reinforcements both bond performance and failure of bond can take place in different ways than in the case of conventional reinforcements. Present paper summarises bond performance of FRP reinforcing materials based on an extended literature review.

**Borosnyói Adorján** (1974) okl. építőmérnök, tudományos segédmunkatárs a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén. Fő érdeklődési területei: vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek használhatósági határállapota és tartóssága, feszített és nem feszített FRP betétek alkalmazása, tapadása, tartószerkezetek utólagos megerősítése szálerősítésű anyagokkal. A *fib* Magyar Tagozat és a *fib* TG 4.1 "Használhatósági határállapotok" munkabizottság tagja.

**Dr. Balázs L. György** (1958) okl. építőmérnök, okl. mérnöki matematikai szakmérnök, PhD, Dr. habil, egyetemi tanár, a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék vezetője. Fő érdeklődési területei: beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek (anyagai, laboratóriumi vizsgálata és modellezése), szálerősítésű betonok (FRC), nem acél anyagú (FRP) betétek, megerősítések anyagai és módjai, erőtátadás betonban, vasbeton tartó repedezettségi állapota, vasbetonszerkezetek tartóssága. A *fib* TG 4.1 "Használhatósági határállapotok" munkabizottság elnöke, további *fib*, ACI és RILEM bizottságok tagja. A *fib* Magyar Tagozat elnöke.

# A FIB ELSŐ KONGRESSZUSÁRÓL

DR. TASSI GÉZA – DR. BALÁZS L. GYÖRGY

## 1. A KONGRESSZUS HELYSZÍNE, IDEJE, SZERVEZÉSE

Lapunkban már hírt adtunk arról, hogy ez évben esedékes a FIP 1998. évi amszterdami kongresszusa után az első *fib* = CEB + FIP kongresszus. E jelentős szakmai eseményt a *fib* japán tagozata szervezte. Helyszíne az új *Oszakai Nemzetközi Konferencia Központ* (OICC) volt, amit a házigazdák „Nagy Kockának” neveznek. Az üdvözlő fogadás október 12-én, a megnyitó ünnepség 13-án volt, a záróülés pedig 18-án. Már korábban üléseztek a *fib* fontos szervei és bizottságai, s 19-én indultak a kongresszushoz kapcsolódó háromnapos tanulmányutak (miközben 15-én délután is szakmai kirándulások szerepeltek a programban).

A kongresszuson 54 ország 1418 küldötte vett részt. Ahogy az Európától távoli országokban tartott rendezvényeken is gyakori volt, igen nagy számban voltak jelen a rendező ország szakemberei, s ez volt az arány az előadók között is. Ezt előnyösnek mondhatjuk, amikor olyan fejlett építőiparral rendelkező ország a rendező, mint Japán.

Maga az OICC megnyerő volt. A nagy kongresszus minden igényét kielégítő épületben kifogástalanul működött a korszerű audiovizuális rendszer, az információ, a sokoldalú szolgáltatások, s nem utolsósorban a szervezők-rendezőik precizitása és előzékenysége.

## 2. A KONGRESSZUS SZAKMAI TARTALMA

A „*Vasbeton szerkezetek a 21. században*” címmel meghirdetett kongresszus gazdag anyagáról e helyen csak dióhéjban számolhatunk be. A szekciók fő témáit már az előzetes értesítésekben meghirdették. Felsoroljuk itt a szekciók megnevezését, s leírjuk az elhangzott előadások számát. Megjegyezzük, hogy mindegyik szekcióülés félórás bevezető előadással (keynote lecture) kezdődött, a továbbiakra – a kérdéseket és vitát is beleszámítva – 15-15 perc állt rendelkezésre.

1. Nagy projektek és innovatív szerkezetek (57)
2. Feszített vasbeton szerkezetek fejlett tervezése és építése (75)
3. A beton újabb hozzájárulása az alagutakhoz és földalatti szerkezetekhez (17)
4. A beton tengeri szerkezetekhez való gyakorlati alkalmazása (12)
5. Együttműködő szerkezetek (64)
6. Vasbetonszerkezetek tervezése földrengésre (93)
7. Új anyagok fejlesztése (55)
8. Vasbetonszerkezetek tartóssága (57)
9. Nagyteljesítményű beton (43)
10. Újrahasznosítás (20)
11. Vasbeton szerkezetek biztonsága (48)
12. Vasbeton szerkezetek menedzselése (28)
13. Gyakorlati törésmechanika és nemlineáris számítás (53)
14. Vasbeton szerkezetek esztétikája (19)
15. Szerkezetek megfigyelése (27)

Ezeken az üléseken kívül érdekes és értékes előadások hangzottak el a plenáris üléseken (13). Jelentős feladatot töltöttek be a *fib* bizottságok munkáiról szóló jelentések:

1. Szerkezetek
2. Biztonsági és teljesítményelvek
3. Környezeti szempontok és tervezési elvek
6. Előregyártás
7. Földrengésállóságra való tervezés
8. Beton
9. Vasalás, feszítőacélok és feszítési rendszerek.

Elhangzottak a nemzeti beszámolók. Ez utóbbiak során 17 ország – köztük hazánk – legújabb szakmai eredményeit ismerhette meg a hallgatóság.

Figyelemre méltó színfoltja volt az üléseknek az immár hagyományos, kiemelkedő értékű szerkezetekért odaítélt díjak, valamint Freyssinet- és *fib*-érmek átnyújtása.

A konferencia-teremben tartott előadásokon kívül sokoldalú ismereteket szerezhettek a résztvevők a posztteremből is, melyek rendszeres bemutatását és megvitatását is megszervezték.

## 3. A KIÁLLÍTÁS

Mint minden hasonló rendezvénynek, az oszakai kongresszusnak is hasznos része volt a kiállítás. 83 kiállítóhelyen nyújtottak sokféle ismertetést a cégek és intézmények. Számos jól használható írásos anyag is hozzájárult a szerkezetek, eljárások, anyagok megismeréséhez. A *fib* titkárság standján nemzetközi egyesületünk kiadványait lehetett megtekinteni. A kiállításon juthattak hozzá a résztvevők a nemzeti tagozatok kongresszusi kiadványaihoz, ezek között lapunknak a *fib* első kongresszusa alkalmára szerkesztett 2002. évi angol nyelvű számához.

## 4. A SZAKMAI KIRÁNDULÁSOK

Október 15-én délután nem volt ülés, a kongresszus résztvevői többféle megépült vagy építés alatti szerkezetet látogathattak meg. Ezek között volt

- feszített vasbeton – acél együttműködő függesztett-feszített híd
- a kobei földrengés által megrongált alagút és híd
- az oszakai központi városháza földrengés-állóságának megerősítése
- feszített gömbhéj iskolaépület számára
- feszített vasbeton – acél szekrénytartós hídszerkezet
- kétnyílású vasbeton ívhíd
- háromnyílású függesztett, rácsos merevítő tartós híd
- földrengés okozta szerkezeti károk múzeuma.

A kongresszus utáni háromnapos szakmai kirándulásokon bemutatott szerkezetek:

- előregyártott elemek szerelése ívhídhöz
- nagynyílású acél kétszintes (vasúti-közúti) kábelhíd
- többnyílású kábelhíd
- ferdekábeles híd
- történelmi, indákra függesztett gyalogos híd

- acél-vasbeton szekrényes függesztett-feszített híd
- acél rácsos tartó gerincű feszített vasbeton szekrényes híd
- folytatólagos több támaszú feszített szekrényes vasbeton híd

A kirándulások alkalmával a szervezők érdekes magyarázatokkal és ismertető lapokkal, füzetekkel szolgáltak.

## 5. A KONGRESSZUS KIADVÁNYAI

A kongresszus anyagához háromféle módon juthatnak az érdeklődők. Két vaskos kötetben jelentek meg az előadások rövid kivonatai a plenáris és fő üléseken kívüliek két-két oldalon. A résztvevők a teljes (legfeljebb nyolc-nyolc oldalas cikkeket tartalmazó) anyagot CD-ken kapták meg. Ez a teljes terjedelmű anyag megvásárolható nyomtatott könyv formájában is. Mint említettük, a kiállítók és a kirándulások nyomtatott anyagaihoz is hozzájuthattak a résztvevők.

## 6. A FIB MAGYAR TAGOZATÁNAK SZEREPE A KONGRESSZUSON,

Magyarországról tíz aktív résztvevő és négy kísérő személy volt jelen a kongresszuson.

Még a megnyitó előtti üléseken, a *fib* tanácsának ülésén és a közgyűlésen részt vett Balázs L. György, továbbá az egyesület tisztújító közgyűlésén részt vettek Madaras Gábor és Balázs L. György.

A *Concrete Structures*, lapunk említett angol nyelvű száma "Special Issue for *fib* 2002 Osaka Congress" felirattal jelent meg 84 oldalon. Balázs L. György főszerkesztő mellett Tassi Géza és Sztrakay Miléna végezte a szerkesztés munkáját. A folyóirat-szám szerzői (a cikkek megjelenési sorrendjében) Balázs L. György (több cikk társszerzőjeként), Tassi Géza, Wellner Péter és Mihalek Tamás, Horváth Adrián, László Viktor és Németh Tamás, Polgár László, Almási József, Bancsik Csaba és Nagy János, Pintér Sándor és Vörös Balázs, Földvári Gábor, Varga László és Vígh István, Tóth László, Józsa Zsuzsanna és Nemes Rita, Balázs György és Kopecskó Katalin, Zsigovics István, Kovács Imre, Farkas György és Kovács Tamás, Borosnyói Adorján valamint Orbán Zoltán.

A kongresszus szekcióüléseinek elnöki tisztet töltött be Balázs L. György, Lenkei Péter és Tassi Géza.

Ugyanők előadást tartottak (lásd az ismertetés végén), emellett Lenkei Péter megtartotta a távollevő Farkas György és Kovács Tamás, Balázs L. György pedig Pankhardt Kinga és Nehme G. Salem előadását.

Zsigmondi András a poszter-szekcióban tartott ismertetést a nagyrákosi híd témájában, amelynek kitűzött időpontjára a *Concrete Structures* példányai is az érdeklődők rendelkezésére álltak.

A magyar nemzeti beszámolókat Balázs L. György tartotta.

A *fib*-bizottságokban és munkacsoportokban a magyar tagozat következő tagjai működtek közre:

Balázs L. György a *fib* irányító bizottságában, a *fib* tanácsában, a 4. és 9. bizottságban, továbbá a 4.1 munkacsoportban. Madaras Gábor az 5. bizottság tagja, Lenkei Péter a 4.1 munkacsoporté.

A kongresszus alkalmából tartott tanácskozások során Balázs L. Györgyöt a *fib* legmagasabb szervének, a Prezidiumnak tagjává kérték föl. Tassi Géza a közé a kb. tíz szakember közé került, akiket a *fib* 2002 szervezőbizottság a szakterületen végzett tevékenységükért kitüntetett. E sorok írói ezeket az elismeréseket a *fib* Magyar Tagozata kollektívájára érdemeinek tulajdonítják. A legnagyobb elismerésnek azt tekinthetjük, hogy a 2005. évi *fib* szimpóziumot hazánk rendezheti meg.

## 7. KÖVETKEZTETÉSEK

A *fib* 2002. évi Oszakában tartott kongresszusa igen gazdag szakmai anyagot nyújtott. A résztvevők törekvése, hogy a tapasztalatokat megossza a magyar tagozat tagságával. Ennek egyik útja a hagyományos ankét, amelyet 2003. elején rendezünk meg, s beszámolunk a legfontosabb tapasztalatokról.

Fontos megállapításunk, hogy érdemes részt venni a nemzetközi szakmai szervezet munkájában. Elsősorban fiatalabb kollégáinkat szeretnénk arra serkenteni, hogy kapcsolódjanak be a *fib* bizottságok, munkacsoportok tevékenységébe. Ennek talán szerencsés első lépése, ha munkájukban szerzett tapasztalataikat cikk formájában lapunk hasábjain osztják meg a magyar tagozat tagságával és más olvasókkal.

## 8. MAGYAR KOLLÉGÁK MEGJELENT CIKKEI A FIB OSAKAI KONGRESSZUSON

- Farkas, G., Szalai, K., Kovács, T., "Synthesis of Safety Levels Approved in East- and West Europe in the Eurocode"
- Lenkei, P., Kovács, K., "Durability of a Prestressed Concrete Truss in Aggressive Environment"
- Pankhardt, K., Nehme, S.G., "Strength and Deformation of Recycled Concrete"
- Tassi, G., Magyar, B., Szlivka, J., "Recycling of Wire-Ropes for RC, PC and FRC Structures"
- Bódi, I., Klopka, E., Klopka, Z., "Numerical Simulation of the Failure Mechanism of Corroded "Dry" Butt-joined Post-tensioned Beams"
- Balázs, G.L., Borosnyói, A., "Non-metallic Reinforcements to Improve Durability"

*Proceedings of the first fib Congress 2002 Concrete Structures in the 21<sup>st</sup> Century, Volume 1-2. Condensed Papers and Full Papers on CD, Osaka, 2002*

# DR. MIHAILICH GYŐZŐ 125 ÉVE SZÜLETETT



2002. november 19-én, volt tanítványai, tisztelői a Műegyetem Dísztermében gyűltek össze, hogy a kiváló oktatóról, tervezőről, kutatóról, közéleti emberről megemlékezzenek.

Az ünnepi ülés elnöke *dr. Szabó János* prof. emeritusz, az MTA rendes tagja volt. *Dr. Balázs György* prof. emeritusz az ünnepelt életútját, *dr. Detrekői Ákos* az MTA rendes tagja, rektor az egyetemi közéleti szereplését, *dr. Somlyódi László* az MTA Műszaki Tudományok Osztályának elnöke az akadémiakustról, *dr. Farkas György* a Hidak és Szerkezetek Tanszék vezetője, dékán a tervezőről, *dr. Balázs L. György* az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék vezetője az oktatóról emlékezett meg. *Földéak Árpád* nyug. mérnök, aki a ma élők közül a leghosszabb ideig dolgozott vele, az embert méltatta. Rövid megemlékezést tartott *dr. Ginszler János* az MTA levelező tagja *Mihailich Győző*ről a Mérnöktoábbképző Intézet alapítójáról, *dr. Korda János* elnökhelyettes a Magyar Mérnöki Kamara elnökére emlékezett. *Dr. Horváth Attila* kuratóriumi elnök két személy részére Mihailich-díjat adott át.

Az ünnepségre - az Állami Közúti Műszaki és Információs Közhasznú Társaság támogatásával megjelent *dr. Balázs György* "dr. Mihailich Győző az oktató, a tervező, a kutató és a közéleti ember" c. könyvét, amit az ünnepség kb. 300 résztvevője dedikálva megkapott.

*Mihailich Győző* 60 évet töltött az oktatás, a nevelés, a tudomány, az alkotó munka szolgálatában. Előadásait logikusan, kristálytisztán építette fel. Terveit az ötletesség, a korszerű, új megoldásra törekvés jellemezte. Kiváló szakmai tudása hivatástudattal párosult. Kitűnő emberismerete és igazságérzete miatt tiszteltük benne a tudós vezetőt és a megértő embert.

Megérdemli, hogy életútját az utókor megismerhesse, és példaképnek tekinthesse.

1877 okt.14-én Temesrékásan született. Apja a falú jegyzője volt. Középiskoláit a kecskeméti gimnáziumban végezte. 1899. szeptember 28-án kapott kitűnő minősítésű oklevelet a kir. József- Műegyetemen.

Állami ösztöndíj tette lehetővé, hogy tanulhatott. A világgazdasági válság miatt azonban nem tartottak rá igényt. Így a Hídépítéstan Tanszékre került tanársegédnek, *Kherndl Antal* professzor mellé.

Kivételes képességű, szorgalma révén gyorsan haladt előre az oktatói pályán. 1902-ben kinevezték adjunktusnak. 1906-ban a mérnöki szakosztályhoz benyújtott "A csomópontok merev kötése okozta mellékfeszültségek grafikai meghatározása" c. értekezésével doktori fokozatot szerzett. Még abban az évben magántanárrá habilitálták és meghívták előadónak a Vasbeton szerkezetek c. tantárgy oktatására. 1916-ban megkapta a rendkívüli tanári, 1920-ban nyilvános rendes tanári kinevezést, majd az 1920-ban alapított II. sz. Hídépítéstan Tanszék vezetőjének nevezték ki. Bár 70 éves kora után évenként hosszabbították meg tanszékvezetői megbízását, további szakmai karrierje töretlen volt. A tanszékét 80 éves koráig, 1957-ig vezette.

*Mihailich Győző elsősorban oktató volt.* Oktatta - először választható tantárgyként- a Vasbeton szerkezeteket, majd Grafostatikát és vasbeton szerkezeteket, valamint a Vas- és vasbeton szerkezetek, Vasbeton szerkezetek, Hídépítéstan I, Építőanyagok c. tantárgyakat. Őt tekintjük a Vasbetonépítés és Építőanyagok tantárgyak elméleti és gyakorlati megalapítójának.

Az oktatási tevékenységéhez szorosan kapcsolódott tan-könyviroi tevékenysége.

Az 1922-ben megjelent Vasbetonszerkezetek c. könyve negyedszázadon át a mérnökhallgatók és a tervezők legfontosabb vasbeton tan- és kézikönyve volt. Az oktatás segítésére készítette a kö-, beton-, vasbeton- és fahidak c. ábra- és tervgyűjteményét (1910). A fejlődésnek megfelelően a Vasbeton szerkezetek c. könyvet 1946-ban *dr. Schwertner Antal* és *dr. Gyengő Tibor* közreműködésével újra kiadta. Legújabb kiadása a Vasbetonépítéstan c., tanítványával és utódával, *dr. Palotás Lászlóval* megírt tankönyve. A tananyag további részei (Építőanyagok, Vasbeton- és kőhidak) jegyzet formájában jelentek meg.

Mindig azt vallotta, hogy jó oktató csak az lehet, aki az előadott anyagot lehetőleg saját, tervezői, kutatói gyakorlatából vett példákkal támasztja alá.

*Kitűnő tervező volt.* Első tervét egy vasbeton gerendahíd szerkezeti megoldását, amelyet még hallgató korában dolgozott ki, az 1900. évi párizsi világkiállításon dicséret oklevéllel tüntették ki.

Tervezői hírnevét - a vasbeton hídépítés terén - a temesvári ligetúti híd alapozta meg. Építése idején - szellemes megoldással - a világ legnagyobb nyílású gerendahídja volt, amelyet előremutató tervként a külföldi szaklapok is értékelték. Még ma is működik. A híd az 1910. évi párizsi világkiállításon dicséret oklevelet kapott.

További példák a vasbeton építés köréből: Az újpesti városi víztorony 1500 m<sup>3</sup>-es Intzetartályának körülburkolása, lefedése és építésének ellenőrzése (1910-11). Ganz és társaság Danubius fiúmei hajógyárában a voloscai út feletti vasúti fe-

lüljáró (1910-11). A berek - bősörményi közúti Sebes-Kőrös-híd (1911-12). Részt vett a budapesti dominikánus-templo-  
m vasbeton kupolájának tervezésében és ellenőrizte az építést (1912-13). A málnási Olt-híd tervezése (1912-13). Vasbetonlap közúti vashidakhoz a hídpálya létesítésére (magyar találmány). Az Ecsedi Láptársulat csatornáit áthidaló vasbeton hidak és vasbeton zsilipek tervezése (1913-14). A kéméndi Garam-híd. A dinnyési felüljáró. Ipari vasbeton tervei közül a leghíresebb a csepeli gabonatarház.

*Dr. Mihailich Győző* az acélszerkezetek tervezése terén is maradandót alkotott. Acélszerkezetű hídjai közül az első a szolnoki közúti Tisza-híd tervezése volt (1909). Folly Róberttel együtt készített tervei alapján építették a polgári Tisza-hidat (1938-4148). Ő tervezte a szegedi közúti Tisza-hidat (1948). Ipari acélszerkezetei közül kiemelkedik a Szabó József utcai autóbusz-garázs nagycsarnoka (1930). Kiemelkedő munkája volt a budapesti Margit-híd erősítési és szélesítési terveinek az elkészítése (1929).

A Boráros-téri Duna-híd tervpályázatának pályatervét, amelyik II. díjat nyert, kivitelre javasolták. Külön dicséretben részesítették a hídpályázatra benyújtott kábelhíd tervét. Az óbudai Duna-híd tervpályázaton I. díjat nyert.

Tervezési munkáiba bevonta tanszéke tagjait, esetenként külső munkatársakat is.

Tanácsadóként és szakértőként - 1916-tól kezdve - szinte minden nevezetes híd és csatornaszerkezet megvalósításában részt vett. Fontos szerepet töltött be a II. világháború utáni újjáépítésben.

Tervezési munkáit - itthon és külföldön - szacikkekben tette közé.

Nemcsak tanított és példát mutatott a tervezésben, de tudományos területen is kiemelkedőt nyújtott. Alapítása (1931) óta - nyugállományba vonulásáig - vezette a II. Hídépítéstan Tanszékhez tartozó, általa alapított Beton- és Vasbeton-építési Laboratóriumot. A laboratóriumban - irányításával - nagy jelentőségű anyag- és szerkezetvizsgálatok folytak és emellett kísérletek is. Ezek közül megemlítem a T-keresztmetszetű gerendával végzett nyírás kísérleteit. E kísérletek eredményei szerepeltek az IVBH 1932. évi első párizsi konferenciáján is. Ebben a cikkben már felhívta a figyelmet a bauxitcement vizsgálatának a fontosságára. Következő cikkében elsőként hívta fel a figyelmet a bauxitbeton rendellenességeire. Nyomon követte a vasbeton fejlődését.

Megírta magyar hídépítés történetét és a hazai vasbeton-építés kezdeteinek a történetét *Haviár Győzővel*.

Tudományos tevékenységének elismeréséül 1938-ban az MTA levelező tagja, 1949-től rendes tagja lett.

Közéleti tevékenysége különösen kiemelkedő volt.

Az 1928/29 és 1926/30. tanévben a Mérnöki és Építészeti Osztály dékánja. Az 1942/43. és 1949/50. tanévben az egyetem rektora.

1941-ben az ő kezdeményezésére jött létre a Mérnöki Továbbképző Intézet, amelynek 1940-61-ig igazgatója volt.

1949. XI. 29-1953. V. 30. között az akkor alapított MTA Műszaki Tudományok Osztályának első elnöke és az ezen belül létrehozott MTA Építéstudományi Főbizottság elnöke volt 8 éven át. Élenjáró szerepe volt a tudományos továbbképzés, az aspiránsképzés alapjainak a lerakásában.

Kiemelkedő szerepe volt Nemzetközi Híd- és Magasépítési Egyesület (IVBH Zürich) 1931. évi megalakításában. Az egyesületnek vezető egyénisége és a magyar nemzeti csoport elnöke volt.

A Magyar Mérnöki- és Építész Egylet Vasbeton Bizottságának elnökeként irányította az 1931-ben megjelent vasbeton szabályzat előkészítő bizottságának a munkáját, amelyet az egyesület aranyéremmel tüntetett ki.

A Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének elnöke 1934-39 között.

A Magyar Mérnöki Kamara elnöke volt 1936. márciustól 1942. októberig.

Érdemeit számos kitüntetéssel ismerték el.

1938-ban a Margit-híd kiszélesítési munkálatai körül szerzett érdemekért a Magyar Érdemrend kiskeresztjével tüntették ki.

A hidak újjáépítésénél kifejtett eredményes munkásságáért a köztársaság elnökétől a Magyar Érdemrend középkeresztje kitüntetést kapta. 1948. március 15-én a Kossuth nagydíjjal (megosztva) tüntették ki. 1948-ban avatták tiszteletbeli doktorrá.

1950-ben a Magyar Népköztársaság Érdemrend III. fokozatával tüntették ki. A Drezdai Műszaki Egyetem 1954-ben tiszteletbeli doktorrá választotta. 1957-ben, 80. születésnapja évében a Munka Vörös Zászló Érdemrenddel tüntették ki. 1962-ben a Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa a Munka Érdemrend kitüntetést adományozta.

Emléklappal ismerték el az új szegedi Tisza-híd építésében, a polgári közúti Tisza-híd és a Lánc-híd újjáépítésében végzett munkáját.

Megkapta az arany, a gyémánt és a vasoklevelet és a műszaki doktori aranyoklevelet.

1966-ban halt meg. A Farkasréti temetőben a Feszület Köröndön nyugszik. Emlékét az egyetem udvarán szobor őrzi.

*Dr. Balázs György*  
prof. emeritus

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék



# BETONTECHNOLÓGIA SZAKMÉRNÖKI TANFOLYAM INDUL 2003. FEBRUÁRJÁBAN

A **betontechnológia jelentősége nagyon megnövekedett** az elmúlt időszakban egyrészt a betonnal szembeni fokozott elvárások (pl. nagy szilárdság, tartósság, veszélyes hulladékok tárolása, stb.) miatt, másrészt a speciális igényeket kielégítő betonok megjelenése, harmadrészt az európai szabványok megjelenése miatt. Ennek megfelelően a betontechnológia óriási érdeklődésre tart számot. A diplomával záruló Betontechnológia Szakmérnöki Tanfolyam megszervezése révén a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke a betontechnológia körébe tartozó legújabb ismeretek átadásával kívánja segíteni a praktizáló kollégákat. **Saját, jól felfogott érdekében minden cégnek kell legyen jó betontechnológusa.**

A tanfolyamra való felvételhez egyetemi vagy főiskolai végzettség szükséges. Az egyetemi végzettségűek szakmérnöki, a főiskolai végzettségűek pedig szak-üzemmérnöki oklevelet kapnak a sikeres államvizsga alapján. (Azok számára, akik nem műszaki egyetemi oklevéllel jelentkeznek a tanfolyamra, különbözeti vizsga is előírható.)

**A tanfolyam célja**, hogy a résztvevők megszerezzék a legfrissebb betontechnológiai ismereteket. A tanfolyam során a hallgató elmélyedhet a betontechnológiai módszereken kívül a speciális tulajdonságú betonok témakörben, a betonalkotók anyagtani kérdéseiben, építőanyagok újrahasznosításában, környezetvédelmi kérdésekben, a betonstruktúra elemzésében és annak hatásában a tartósságra, a diagnosztika nyújtotta lehetőségekben, aminek eredményei megfelelő javítási vagy megerősítési mód kiválasztását teszik lehetővé, a mély és magasépítési szerkezetek betontechnológiai szempontból jelentős tervezési és kivitelezési kérdéseiben, a betongyártás és előregyártás kérdéseiben, a minőségirányítás és minőségbiztosítás módszereiben és áttekintést kapnak a vasbetonépítésben megjelent legújabb anyagokról. Mindezeket jogi, gazdasági és vezetéselméleti kérdések egészítik ki.

A 4+1 féléves képzés levelező rendszerben folyik félévenként 3-3 konferenciahéten, így a jelöltnek a teljes képzés alatt csupán 12 hétig kell távol lennie a munkahelyétől (hétfő de. 10-től csütörtök 16-ig), és az utolsó félévben diplomamunkát kell készítenie.

Jelentkezését ezen lap visszaküldésével is fogadjuk a (1) **463-3450** faxszámon, ill. Sánta Gyuláné tanfolyam adminisztrátor várja érdeklődését a (1) **463-4068** telefonszámon vagy a [titkars@eik.bme.hu](mailto:titkars@eik.bme.hu) e-mail-en.

Jelentkezem a 2003. februárjában induló Betontechnológia Szakmérnöki Tanfolyamra.

További információkat kérek a 2003. februárjában induló Betontechnológia Szakmérnöki Tanfolyamról

Jelenkező neve:

Cégnév:

Dátum:

Telefon:

Fax:

# Megrendelem a negyedévente megjelenő VASBETONÉPÍTÉS című műszaki folyóiratot.

Név: .....

Cím: .....

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

## **A Nyomtatott folyóirat**

(előfizetési díj: 2003 évre: 4000 Ft)

## **B Internet elérés**

(előfizetési díj 2003 évre: 5000 Ft)

Az eléréshez szükséges kódszám megküldéséhez  
kérjük az előfizető e-mail címének megadását

**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.

Számlát kérek eljuttatni a fenti címre

Kérem az alábbi hitelkártyáról kiegyenlíteni:

Kártyaszám: ..... Kártya típusa: .....

Kártya érvényessége: ..... Átutalt összeg: .....

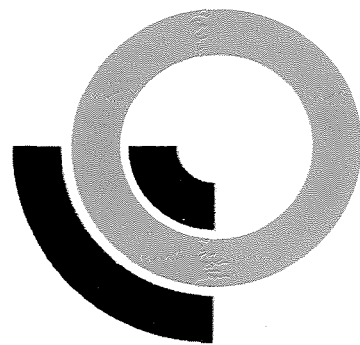
Dátum: ..... Aláírás: .....

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

VASBETONÉPÍTÉS folyóirat szerkesztősége  
c/o BME Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék  
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.  
Telefon: 463-4068 Fax: 463-3450

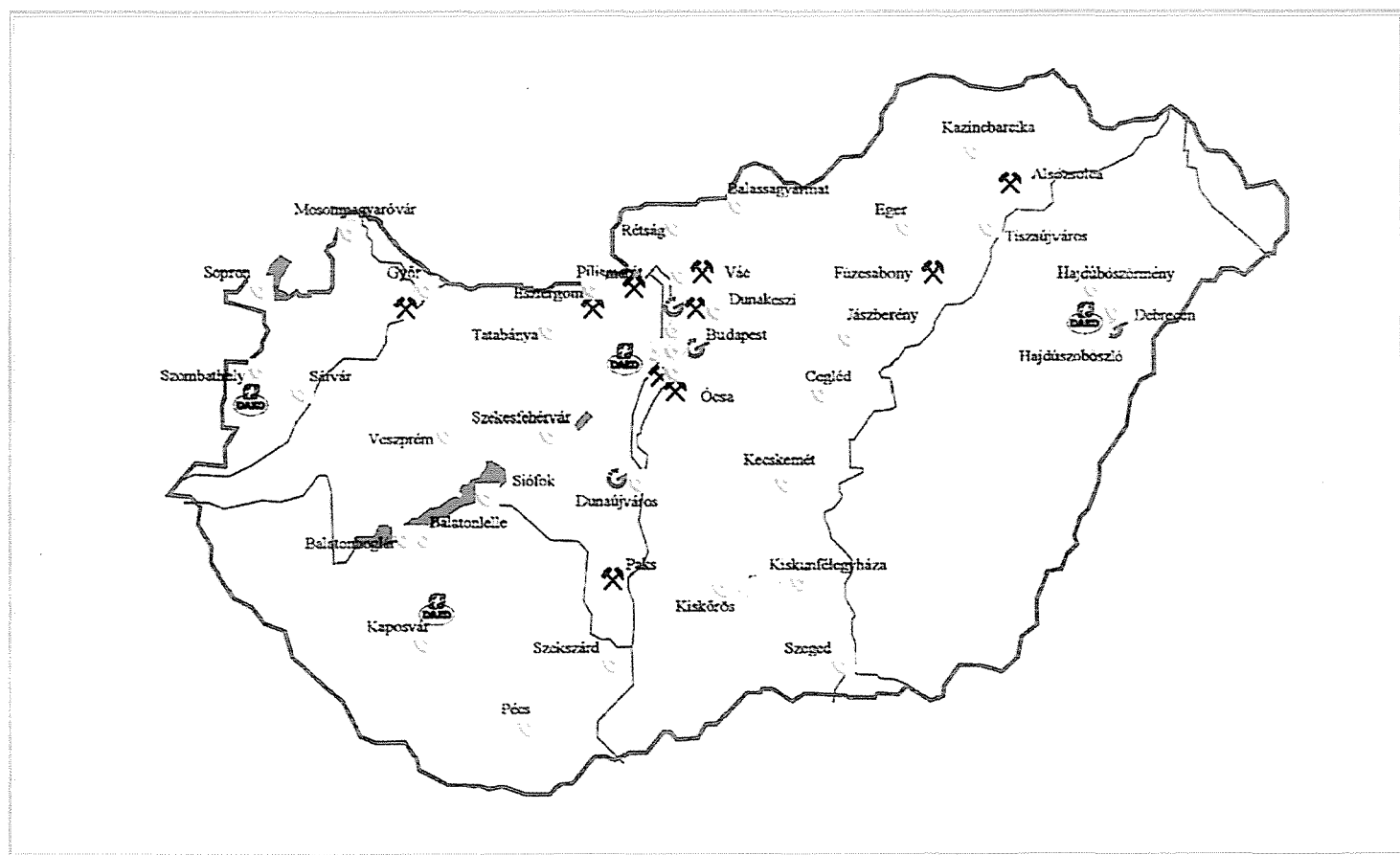
(Ez a lap tetszőlegesen másolható.)

# TBG betongyárok Magyarországon



A TBG csoport betongyárai 1992-ben kezdték magyarországi működésüket. A Duna-Dráva Cement Kft.-hez tartozó TBG Hungária Kft. holding jelleggel, részben helyi vállalkozókkal közösen üzemelteti az ország egész területén, illetve egyes környező országokban lévő betongyárait és kavicsbányáit. Betongyáraink modern számítógépes vezérléssel működnek és minden olyan követelménynek megfelelnek, mely egy jó minőségű betonüzemben elvárás. A keverékek készítésénél többnyire a cégcsoporthoz tartozó Dunai Kavicsüzemek Kft., bányáiból származó, jó minőségű, mosott, osztályozott homok és kavics, valamint magas minőségű követelményeknek megfelelő, a Duna-Dráva Cement Kft., által előállított, magyar cementeket használunk. Az igényekhez alkalmazkodva sokféle adalékszer hozzáadására is lehetőség van, de leginkább a szintén a cégcsoporthoz tartozó STABILMENT adalékszer család termékei kerülnek a betonba. Minden keverőnél szigorú minőségellenőrző rendszer biztosítja a kiadott betonok egyenletesen jó minőségét, amely a jól felszerelt betonlaboratóriumainkban rendszeresen ellenőrzésre kerül. Társaságaink jelentős része ISO minősítéssel is rendelkezik. A minősített betonreceptjeink között találunk vízzáró, fagyálló, agresszív vegyi hatásoknak ellenálló vagy szűrő betonok, könnyűbetonok készítésére szolgáló recepteket is. A telepeinkről csak a rendelésnek megfelelő mennyiségű és minőségű beton kerülhet kiszállításra. A nagyobb keverőinkben a téli munkavégzés sem okoz gondot. Társaságaink több saját tulajdonú mixerkocsival és betonszivattyúval rendelkeznek. Ezen kívül számos, megfelelő felkészültségű, rendszeresen a részükre dolgozó alvállalkozó is a segíti a munkánkat. Jelenleg már 35 betongyárunk dolgozik az országban, legújabb keverőink Hajdúböszörményben és Hajdúszoboszlón álltak munkába. Meglévő üzemünket is folyamatosan korszerűsítjük. Az elmúlt évek során egyre nagyobb szerepet vállaltunk a különböző vidéki és fővárosi építkezések beton ellátásában. A keverőink által előállított transzportbeton mennyisége évről évre nő. Míg az első időkben évente csak pár tízezer m<sup>3</sup> betont állítottunk elő, addig a 2001. évben már közel 800 000 m<sup>3</sup>-t és 2002-ben pedig ~ 900 000 m<sup>3</sup>-t. Ezzel a mennyiséggel a vezető transzportbeton-gyártó társaságok közé tartozunk. Büszkén mondjuk, hogy szállítottunk és jelenleg is szállítunk betont a keverőink térségében épülő szinte minden nagyobb munkához. Munkánkat segíti a betontechnológia felett örökődő BTC Kft., mely az országban több akkreditált beton vizsgáló laboratóriummal rendelkezik és a betonjaink szivattyúzását végző, jól felszerelt Dako Pumpa Kft. Ez a két Társaság szintén cégcsoportunkhoz tartozik

Bizakodva nézünk a jövő elébe, mert látjuk a fejlődést, a folyamatosan épülő országot.



**Valamennyi munkatársunk azért dolgozik, hogy Vevőink kiszolgálása és kiadott betonjaink minősége megfeleljen az elvárásoknak.**

**TBG HUNGÁRIA Kft.**

Budapest X. Basa utca 22.

Telefon (1) 264-2963, fax (1) 264-2947

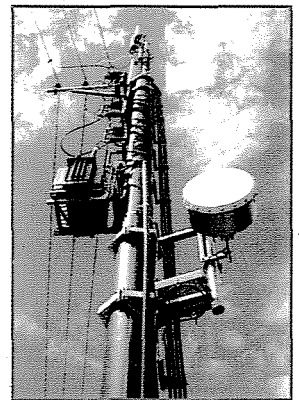
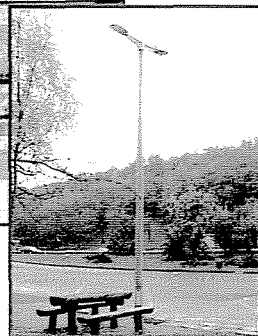
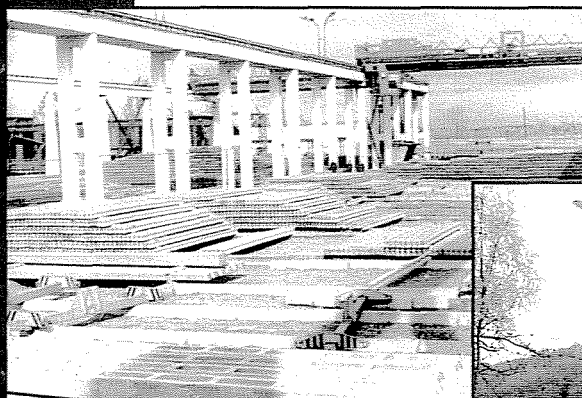
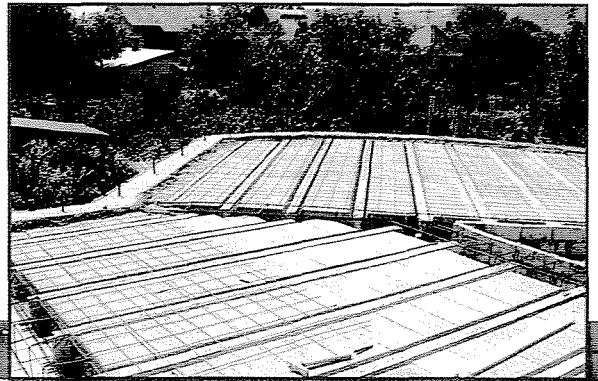
e-mail: tbgkando@axelero.hu, www.tbgbeton.hu



**TRANSPORTBETON**

... egy szilárd kapcsolat

- vasúti betonaljak
- vasútépítési betonelemek
- födémelemek
- lakossági betonelemek
- térburkoló kő
- távvezeték-oszlopok
- antenna tartószerkezet
- reklámoszlopok
- közvilágítási oszlopok
- cölöpök
- silóelemek
- transzportbeton
- egyedi tartószerkezetek
- körkeresztmetszetű pörgetettbeton-pillérek
- kitérő betonaljak
- kerítéselemek
- széles körű termék-támogatás



**60 éve**  
**az**  
**előregyártásban**

Postacím: 2541 Lábatlan, Rákóczi út 1.  
Központ – tel.: 33-361-411, fax: 33-361-401  
Értékesítés – tel.: 33-362-100, fax: 33-362-752  
WEB: [www.pfleiderer.hu](http://www.pfleiderer.hu)