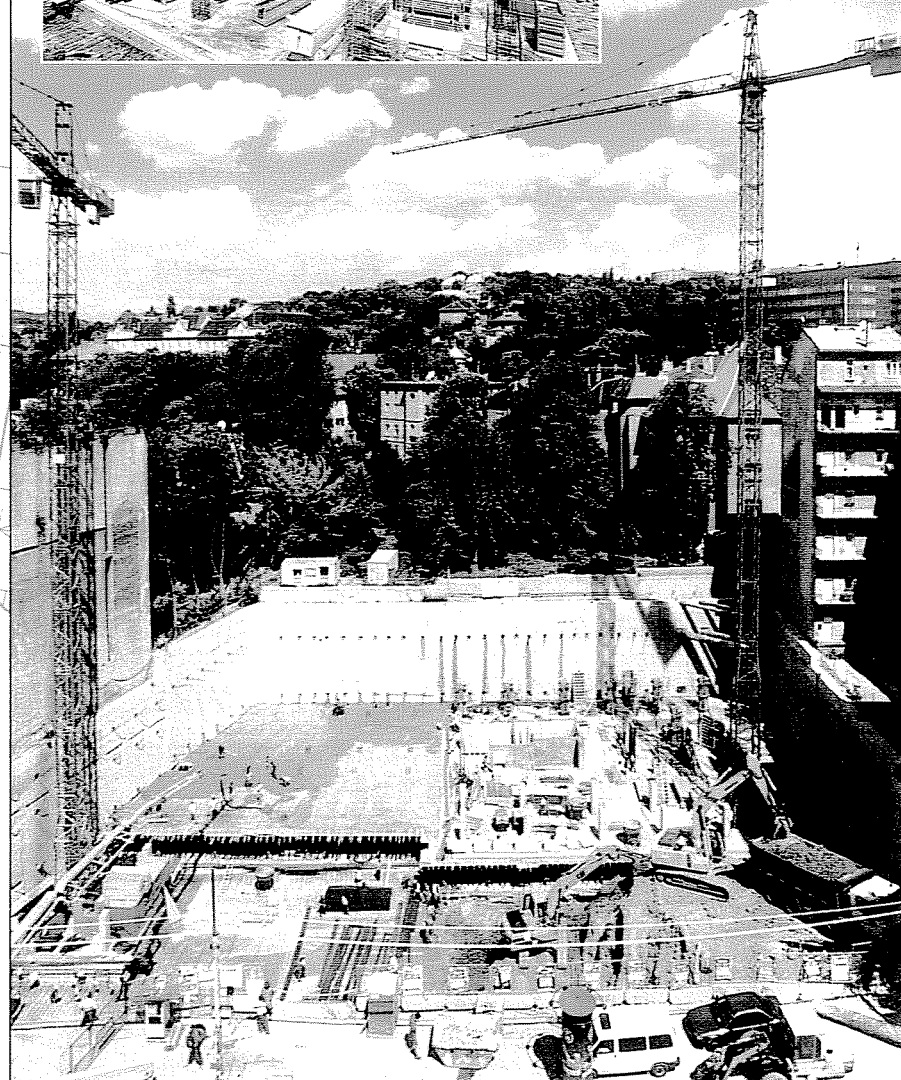
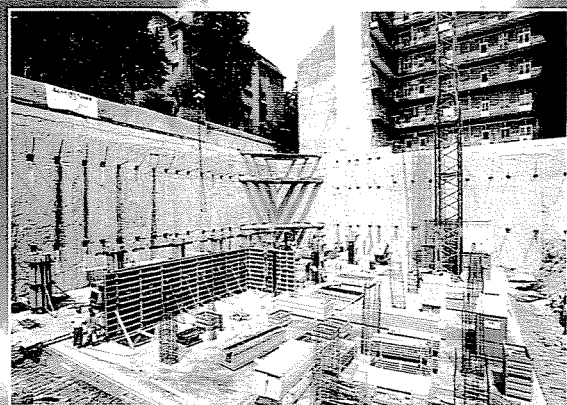


VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF **fib**



Dr. Ludevít Végh

**A környezetbarát
szerkezetek alapelvei**

122

Dr. Borosnyói Adorján

**Új monitoring módszerek
a vasbetonépítésben –
úton az intelligens anyagok
felé?**

125

Dr. Gilyén Jenő – Gilyén Péter

**A súrlódás, a súrlódás
és nyírás együttes hatásá-
nak szerepe egyes
szerkezeteknél és
szerkezeti megoldásoknál**

137

Dr. Tassi Géza

**Oktatás, kutatás és építés
Kínában**

145

**fib bulletin 32: Guidelines
for the desing of foot-
bridges**

150

fib szimpózium 2005.

szeptember 28-30.,

La Plata, Argentína –

fib Medal of Merit

dr. Lenkei Péter részére

151

Személyi hírek

152

2005/4

VII. évfolyam, 4. szám



Szilárd megbízható alapokon

Segítünk megépíteni otthonaikat,
munkahelyeiket, iskoláikat.

Holcim Hungária Cementipari Rt.
www.holcim.hu

Igazgatóság
1121 Budapest, Budakeszi út 36/c.
1396 Budapest, Pf.: 458.
Telefon: +36 1 398 6000
Fax: +36 1 398 6013

Hejőcsabai Cementgyár
3508 Miskolc, Fogarasi u. 6.
3501 Miskolc, Pf.: 21.
Telefon: +36 46 561 600
Fax: +36 46 561 601

Lábatlani Cementgyár
2541 Lábatlan, Rákóczi u. 60.
2541 Lábatlan, Pf.: 17.
Telefon: +36 33 542 600
Fax: +36 33 461 953

Főszerkesztő:

Dr. Balázs L. György

Szerkesztő:

Dr. Träger Herbert

Szerkesztőbizottság:

Beluzsár János

Dr. Bódi István

Csányi László

Dr. Csiki Béla

Dr. Erdélyi Attila

Dr. Farkas György

Kolozsi Gyula

Dr. Kovács Károly

Lakatos Ervin

Madaras Botond

Mátyássy László

Polgár László

Telekiné Királyföldi Antonia

Dr. Tóth László

Vörös József

Wellner Péter

Lektori testület:

Dr. Deák György

Dr. Dulácska Endre

Dr. Janzó József

Királyföldi Lajosné

Dr. Knébel Jenő

Dr. Lenkei Péter

Dr. Loykó Miklós

Dr. Madaras Gábor

Dr. Orosz Árpád

Dr. Szalai Kálmán

Dr. Tassi Géza

Dr. Tóth Ernő

(Kéziratok lektorálására más kollégák is felkérést kaphatnak.)

Alapító: a *fib* Magyar Tagozata

Kiadó: a *fib* Magyar Tagozata

(*fib* = Nemzetközi Betonszövetség)

Szerkesztőség:

BME Építőanyagok és Mérnökgeol.
Tansz.

1111 Budapest, Műgyetem 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: Samarjai István

Nyomdai előkészítés: RONÓ Bt.

Egy példány ára: 1265 Ft

Előfizetési díj egy évre: 5060Ft

Megjelenik negyedévenként

1000 példányban.

© a *fib* Magyar Tagozata

ISSN 1419-6441

online ISSN: 1586-0361

Hirdetések:

Külső borító: 160 000 Ft+áfa

belső borító: 130 000 Ft+áfa

A hirdetések felvétele:

Tel.: 463-4068, Fax: 463-3450

Címlapfotó:

Vasbeton résfal készítése

A fotót készítette: Csécsai Pál

TARTALOMJEGYZÉK

122 Dr. Ludevít Végh

A környezetbarát szerkezetek alapelvei

125 Dr. Borosnyói Adorján

Új monitoring módszerek a vas-

betonépítésben –

úton az intelligens anyagok felé?

137 Dr. Gilyén Jenő – Gilyén Péter

A súrlódás, a súrlódás és nyírás

együttes hatásának szerepe egyes

szerkezeteknél és szerkezeti

megoldásoknál

145 Dr. Tassi Géza

Oktatás, kutatás és építés Kínában

150 *fib* bulletin 32: Guidelines for the desing of footbridges

151 *fib* szimpózium 2005. szeptember 28- 30., La Plata, Argentína –

fib Medal of Merit dr. Lenkei Péter részére

152 Személyi hírek

Dr. Loykó Miklós 75 éves

Dr. Németh Ferenc 75 éves

Dr. Szalai Kálmán 75 éves

Dr. Tassi Géza 80 éves

Dr. Bársony János emlékezetére

A folyóirat támogatói:

Vasúti Hidak Alapítvány,

Swietelsky Építő Kft., DDC Kft., ÉMI Kht., Hídépítő Rt., MÁV Rt., MSC Magyar

Scetauroute Mérnöki Tervező és Tanácsadó Kft., Pfeiderer Lábatlani

Vasbetonipari Rt., Pont-Terv Rt., Strabag Rt., Uvaterv Rt., Mélyépterv Komplex

Mérnöki Rt., Hidtechnika Kft., Betonmix Mérnökiroda Kft., BVM Épelem Kft.,

CAEC Kft., Pannon Freyssinet Kft., Stabil Plan Kft., Union

Plan Kft., DCB Mérnöki Iroda Kft., BME Építőanyagok és Mérnökgeológia

Tanszéke, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke



Dr. Ludevít Végh

A környezet és a szerkezet kölcsönhatása kétoldali. A környezetbarát szerkezeteknek (ECS = Environmentally Compatible Structures) három alapvető összetevője van: az alapelvek, a gyakorlati alkalmazás és az elméleti összefüggések kérdései. A cikk röviden tárgyalja az alapösszefüggések alkalmazási módszereit és a kiadásra kerülő könyvben leírt alapelveket. Végső cél, hogy új irányzatot létesítsünk az építőipar számára.

Kulcsszavak: környezetbarátság, fenntarthatóság, tervezési elvek

1. BEVEZETÉS

A környezetbarát szerkezetek (angolul: ECS=Environmentally Compatible Structures) létrehozása korunk szerkezetépítő mérnökeinek és építészeinek kötelező feladata. Ilyen épületek, hidak és egyéb szerkezetek esetén a tervezéshez, a megvalósításhoz és az üzemeltetéshez új szemléletű mérnöki tevékenység szükséges.

Világszerte tudományos szakmai körök foglalkoznak ezen kérdéssel. Az IASS (International Association for Shells and Spatial Structures) keretében egy nemzetközi munkacsoport (WG18) kezdte munkáját 2000-ben. Összefoglaló tanulmány készítését vették tervbe. A munka eredménye a munkacsoport által közzétett könyv lesz. A válogatott csoport egyetemi tanárokból, szakértő mérnökökből és építészekből áll, továbbá a szerkezetek és szerkezeti anyagok szakembereiből. A szerzői csoportot a könyv szerkesztője, jelen cikk szerzője vezeti.

Jelen cikk a kérdéskör fő mondanivalóit és a környezetbarát szerkezetek alapelveit kívánja bemutatni a megrendezett IASS szemináriumok és más tanulmányok alapján.

2. A KÖRNYEZETBARÁT SZERKEZETEK FŐ ALAPELVEI

Megállapítottuk, hogy a környezet és a mérnöki szerkezet között kétirányú kapcsolat van. Az első a környezet hatása a szerkezetre (mint pl. a korrózió), a második pedig a szerkezetnek a környezetre gyakorolt hatása. Utóbbi áll az említett könyv középpontjában.

A környezetbarát szerkezetekről szóló tanulmány arra törekszik, hogy gyakorlati útmutatást adjon környezetbarát szerkezetek létrehozására. Ez optimális megoldást nyújt a változatok közötti döntéshez az adott feltételek mellett. Választani kell a tervváltozatok, a szerkezeti rendszerek, a szerkezeti anyagok és a kivitelezési módszerek között. Mindegyik szerkezetnek ugyanannak a környezeti elvnek és környezetbarát megoldásnak kell megfelelnie (Végh, 1999).

A környezetbarát szerkezetek elmélete és alkalmazása képezi az összefüggő munka magját. Az ECS téma az alkalmazott tudományok körébe tartozik. Ez azt jelenti, hogy mind az alap-, mind a mesterszintű, ill. a doktori képzésben résztvevő hallgatóknak, továbbá tervezőknek szól. A környezetbarát szerkezetekről szóló könyv vázlata meg kell, hogy feleljen a szerkezetépítési és az építészeti-városépítési elveknek, természetesen egyetemi szinten. A megtermelt energia csaknem 40%-át emésztí fel az építőipar, s ez okozza a káros széndioxid kibocsátás mintegy harmadát.

3. A KÖRNYEZETBARÁT SZERKEZETEK ELMÉLETE

Egy alkalmazott tudomány sem nélkülözheti az elméleti háttérrel és a megfelelő matematikai összefüggéseket, amelyek alátámasztják a szóban forgó mérnöki feladatokat. A környezetbarát szerkezetek elmélete tudományos szabványnak tekinthető az egyetemi oktatásban. A környezetbarát szerkezetek elméletének három alapvető része

- a környezetbarát szerkezetek alapelvei, megfelelő magyarázatokkal,
- a környezetbarát szerkezetek elméletének gyakorlati alkalmazása
- elemző kérdések és elméleti összefüggések.

3.1 A három alapelv

A következőkben tárgyalt három alapelv képezi azt a magot, amire a környezetbarát szerkezetek elmélete és alkalmazása épül (Végh, 2001). Az első az élő, a harmadik az élettelen természettel függ össze, a második pedig a civilizált ember mindkettőhöz való kapcsolatát idézi. A három környezeti elvet axiómaként, megállapításként, ill. elméleti tételként fogadták el.

Az *első elv* axióma. Azt állítja, hogy „A természet globális, dinamikus egyensúlyát (röviden *GDEN=Global Lasting Dynamic Equilibrium of Nature*) meg kell őrizni.” Ez tartalmazza az összes létező ökológiai rendszert és emberalkotta városi fejlesztéseket, továbbá a Föld geológiai és más természetes képződményeit. Ez az elv nem zár ki kisebb eltéréseket az egyensúlyhoz tartozó átlagérték körül. Nem zárja ki a fejlődést és az időtől függő változásokat az említett határok között. Feltételezi, hogy a környezet valamennyi összetevője eredeti. Elvárja a természetes feltételek lehetséges legmagasabb szintű megőrzését, beleértve az egyensúlyi állapotot. Ezt a viszonylag szennyeződésmentes levegő, víz, talaj és a Föld ugyanilyen geológiai alkotói jelentik meg.

A globális, dinamikus egyensúlyi rendszer tartalmazza a növényzetet, az állatvilágot, az összes geológiai, ásványtani, vízi és légköri feltételeket, hőmérsékleti feltételekkel, éghajlati övezetekkel, globális klímaváltozásokkal, beleértve az üvegházhatást, sarkköri övezeti jelenségeket, a szerkezetek természeti alapanyagait és az energiatermelés természetes fűtőanyagait, továbbá az ember alkotta települési rendszereket. A globális, dinamikus egyensúlyi rendszerben az ember által nem szabályozott népességnövekedés, ami állandóan hat a globális egyensúlyra, különösen fontos. A rendszeren belüli,

időtől függő kisebb változások (összes geológiai, hidrológiai és meteorológiai változásaival együtt) tudományos, hosszú idejű kutatás tárgyai kell, hogy legyenek. Továbbá e rendszer és az ember által létrehozott települési környezet közötti kölcsönhatásnak is a vizsgálat tárgyává kell válnia.

A globális, dinamikus egyensúly tükrözi a létfeltételeket annak állandó belső mozgásával, változásaival, átalakulásával és a természetben való fejlődésével. Az egyensúly nem mozgásmentes állapot, minthogy a természetben abszolút nyugalom nem létezik. A természetben a változásokat és átalakulásokat szabályozza a potenciális energia minimumának elve. Ez, mint „az átalakulás törvénye” vagy „a természeti fejlődés törvénye” fogható fel. Mindkettő a minimális energiafelhasználáson alapszik. Következésképpen eljutunk a végső megállapításhoz, amely szerint a minimális energiafelhasználás követelménye szerint az összes „természet alkotta szerkezetek” önműködően biztosítják a tiszta környezet önvédelmét. A környezetszennyezés és energiafelhasználás között egyenes elméleti összefüggés van. Összefoglalva megállapítható, hogy a potenciális energia minimumának elve a környezetbarát szerkezetek első alapelvének összetevő része. Ebből az első alapelvből levezetett összefoglaló feladat a következőképpen fejezhető ki:

- az ember által létrehozott szerkezetekben az energiafelhasználást a létesítmény egész élettartama alatti minimumra kell korlátozni,
- meg kell szüntetni, vagy korlátozni kell a szerkezetépítésben az energiatermelés és a szerkezettel kapcsolatos tevékenység minden fel nem újítható nyersanyag-felhasználását, ezen kívül
- meg kell szüntetni a növényzet és állatvilág összes fajának minden lakókörnyezetben való pusztítását.

A második alapelvet, amit általánosságban *Brundtland-tételeként* ismernek, olyan formában fogadták el, ahogy az a 3.3 pontban szerepel. Ez az elv vezérli, és kritikusan ellenőrzi az összes ember alkotta települési, közlekedési, ipari és szerkezeti teljesítményeket és tevékenységet, főként a tájegységi, tájegység-közi és helyi szempontból. Ez tartalmazza a határokon átvelő káros légköri hatásokat, sugárzást, mérgező hatásokat stb. A fel nem újítható nyersanyagok gondatlan és ellenőrizetlen felhasználása, a külső és belső környezet egészségre gyakorolt pozitív vagy negatív hatása, a települési, geofizikai és vízepítési szerkezetek ugyancsak pozitív vagy negatív hatása, a környezeti hatások és szociális jelenségek kölcsönhatása, ez mind a fenntartható fejlődés második elvének kérdéskörébe tartozik. Összefoglalva, szükséges:

- a meglévő lég- és vízzsennyezés csökkentése, beleértve a légszennyezés határokon átvelő hatását, ami lényegesen hat az ember egészségére, és megőrzi a viszonylag tiszta környezetet és az elfogadható éghajlati körülményeket,
- alternatív, felújítható energiaforrások és rendszerek alkalmazásának bevezetése, kihasználva a nap-, szél-, hullámenérgiát; hidrogénüzemű autók kutatása, stb.
- újragondolni az atomerőművekkel való energiatermelést,
- törekedni a környezetvédelem és a szabadpiac igényeinek összhangba hozására, amit az ún. (E-C) tényező fejez ki (Végh, 2004),
- csökkenteni a közlekedés okozta légszennyezést, kutatni és bevezetni az üzemanyag- és gépjármű-technológia fejlesztett változatait, csökkenteni a járműszám gyors növekedésének veszélyét.

A harmadik alapelvet, a korlátok elvét először a Római Klub hangsúlyozta (Meadows & Meadows, 1975). Ez sürgős igényt támaszt arra nézve, hogy figyelembe vegyük a fel nem

újítható geológiai nyersanyag- és fűtőanyag-forrásokban rejlő természetes korlátokat, különös tekintettel a gyors urbanizációs növekedésre, és bevezessük a megfelelő ellenőrzést. A tétel kimondja a következőt: *korlátozott (fel nem újítható) források zárt rendszerében tartós, korlátlan növekedés nem lehetséges.*

A korlátok elve új, alternatív energiatermelő források bevonását igényli, valamint a fel nem újítható források megóvását és ellenőrzését, a szerkezeti és kommunális hulladék újrafelhasználási módszereinek fejlesztését, továbbá a szerkezeti anyagok minőségének, az anyagok és szerkezetek tartósságának fejlesztését.

A harmadik alapelv összefügg a népesség és az ipar növekedésével. Hosszú távon, tekintettel a népesség gyors növekedésére, a lakásépítés és a közlekedés terén is nagy hatás mutatkozik a globális, átlagos életszínvonalban. A harmadik alapelvből (a korlátok elvéből) a következő következtetés vonható le. Szükséges:

- hogy tekintettel legyünk a fel nem újítható források megóvására az anyagok újrafelhasználásának bevezetésével, előregyártott elemek és alternatív energiaforrások alkalmazásával, megfelelő ellenőrző rendszerek mellett,
- fejleszteni a hulladékkezelést, valamint a szerkezeti és a kommunális hulladék újrafelhasználását,
- fejleszteni a szerkezeti anyagok tartósságát és általában a minőségét.

3.2 A három alapelv és a környezetbarát szerkezetek alkalmazásához főzött megjegyzések

A három alapelv definíciójából fontos, hogy elfogadjuk a következőket.

- a) Környezetbarát szerkezetek tervezéséhez új, komplex megközelítés kell annak biztosítására, hogy a szerkezet nem csupán megfelelő és rendeltetésszerű, hanem környezetbarát is.
- b) A szerkezetek új, környezeti szempontból megfogalmazott felfogása, a tervezés új megközelítése a szerkezetek új megoldásával és használatával. Ez a szemlélet kiegészíti a klasszikus elméleti követelményeket új szempontokkal. Összpontosít a biztonságra, az építészeti megjelenésre, a tartósságra és a környezetbarátságra is.

3.3 A környezetbarátság és a fenntarthatóság összefüggése

Mint az előzőekben szó volt róla, a fenntarthatóság a második elvnek felel meg, és ennek révén a környezetbarátság része. A megállapítást abban a formában fogadták el, ahogy G. H. Brundtland, az ENSZ környezeti bizottságának elnöke 1983-ban megfogalmazta: „A fenntartható ipari és települési fejlődés olyan, ami eleget tesz az ember jelenlegi igényeinek anélkül, hogy csökkentené, vagy sértene az eljövendő nemzedék szükségleteit.”

3.4 A környezetbarát szerkezetek gyakorlati alkalmazása

A környezetbarát szerkezetek elméletének célja, hogy teoretikus és szisztematikus gyakorlati háttérrel hozzon létre e szerkezetek tervezésének, építéstechnológiájának és használatának új felfogásához. A környezetbarát szerkezetekkel szembeni követelmény, hogy csökkenteniük kell a környezet minden közvetett és közvetlen szennyezését, ami a szerkezetek építése, hosszú ideig tartó használata, felújítása és lebontása, valamint azok épített környezete kapcsán merül fel.

3.5 A környezetbarát szerkezetek tervezési jellemzői egyszerűsített formában

A környezetbarát szerkezetekre vonatkozó esettanulmányok elméleti vizsgálata és gyakorlata alapján a környezetbarát szerkezeti anyagokra és építési eljárásokra vonatkozó, következő fontos jellemzőket lehet összegyűjteni a tervező munkájának megkönnyítése érdekében.

A környezetbarát szerkezetek legfőbb jellemzői, az első, második és harmadik elv által felvázoltak szerint:

- alacsony energia és anyag felhasználású szerkezetek (1. és 2. elv), amelyek minimumra csökkentik az energia és/vagy anyagfelhasználást a szerkezet teljes élettartama alatt, beleértve az építést, a használatot, a felújítást és a bontást is,
- alternatív energia- és anyagforrások alkalmazása (1., 2. és 3. elv),
- kiváló minőségű, tartós anyagok alkalmazása (3. elv),
- a szerkezeti részek tartóssági követelményeinek megkülönböztetése („differential durability”) (2. és 3. elv),
- jó minőségű, előregyártott elemek szerkezeti alkalmazása, ha ez energia- és anyagmegtakarítással jár (1. és 3. elv),
- a szerkezeti anyagok hulladékainak és újrahasznosított anyagokból készült, előregyártott elemeknek az alkalmazása („recycling of construction waste”) (1. és 3. elv),
- a szerkezetek tartósságának meghosszabbítása az anyagok tartóssága és a többszörös felújíthatóság révén (3. elv),
- a tiszta környezet (levegő, víz és talaj) és a természet élővilágának védelme,
- a pozitív és negatív környezeti hatások megkülönböztetése (1. és 3. elv)
- speciális szerkezetek éghajlati környezeti hatásainak figyelembe vétele (1., 2. elv),
- a komplex környezetbarát települési és építészeti megoldásainak tekintetbe vétele a szerkezetek és környezetük szempontjából (1. és 2. elv) és
- a lakók munka, fizikai és egészségi körülményeinek javítása (2. elv).

Környezetbarát szerkezetek létesítését célzó új építési irányzatok elmozdulást kell, hogy hozzanak az egyetemi oktatás, a mérnöki gondolkodás, az üzleti élet, a piac, a pénzügy és a társadalmi élet terén (Végh & Végh, 2000).

4. KÖVETKEZTETÉS

Az emberiségnek szüksége van arra, hogy környezetbarát szerkezeteket alkossunk. Ennek elérése az építőmérnökök és az építésmérnökök egyik legfontosabb feladata. A jövő építési koncepciója kell, hogy az eddigi követelmények mellett elsősorban a környezeti hatások szempontjait kövesse. Ennek szellemében tovább kell fejleszteni a környezetbarát szerkezetekre vonatkozó ismereteket, be kell vezetni az elv gyakorlati alkalmazását, széles körben ki kell dolgozni az irányelveket. A környezetbarát szerkezetek létrehozásának módját meg kell ismertetni a felnövekvő mérnökmenzettel, s a gyakorlati szakemberekkel is. A környezetbarát szerkezetekkel kapcsolatos publikációk célja a témát tárgyaló tankönyv első változatának megvalósítására irányuló kísérlet.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző, úgy is, mint az IASS WG18 munkacsoport vezetője köszönetet mond a csoport tagjainak és mindazoknak, akik a környezetbarát szerkezetek témakörét szívükön viselik, és sokat tesznek azért, hogy e nagyon fontos, időszerű, új szemlélet terjedjen, és egyre több ismeret alapján a szerkezetépítő mérnökök és építészek mindennapi munkájának elemévé váljék. E helyen külön köszönet illeti azokat a kollégákat, akik Magyarországról érkeztek rendszeresen a munkacsoport prágai üléseire, és ott tartott előadásaikkal, valamint a munkacsoport kiadványaiban közzétett tanulmányaikkal hozzájárultak a környezetbarát szerkezetekről szóló ismeretek gazdagodásához. Külön köszönet illeti a BME Építőmérnöki Karának vezetését, az Építőanyagok és Mérnökgeológia, valamint a Hidak és Szerkezetek Tanszéke vezetőit, és mindazokat, akik az Építésmérnöki Karról közreműködő kollégák munkáját támogatták.

6. HIVATKOZÁSOK

- Meadows, D. H., Meadows, D. L. (1975): „The limit to growth”, 2. kiadás, Potomac Associates, Universe Books, New York
- Végh, L., Végh, P. (2000), „Environmentally compatible shell and spatial structures and structural materials, *Journal of IASS*, No. 1. Vol. 41. pp. 41-47.
- Végh, L., (2001), „Theoretical and practical problems of ECS”, *Proceedings of the 2nd IASS WG18 Seminar*, Prague, pp. 109-126.
- Végh, L. (2004), „The (E-C) factor, characteristic aiming at harmonization of ECS with the market”, *Proceedings of the 4th IASS WG18 Seminar*, Prague, pp. 8-11.
- Végh, L., Végh, P. (1999), „Environmental compatibility of concrete and concrete structures”, *Proceeding of the IASS Congress, Madrid 1999*, pp. 124-129.

Ludevit Végh (Végh Lajos, 1921) DrSc, egyetemi tanár Kassán kezdte életútját. Egyetemi tanulmányait a Prágai Cseh Műszaki Egyetemen végezte. Mérnöki praxisa után az egyetem Betonszerkezetek Tanszékének oktatója lett. Számos ipari munkája mellett az oktatás és a kutatás volt fő működési területe. A vasbetonépítés számos szakterületét oktatta. Hosszabb időt töltött külföldön vendégprofesszorként. Nagy számú publikációja tanúskodik széleskörű tudományos tevékenységéről. Több nemzetközi szakmai szervezetben működött, az IASS WG18 vezetője. Fő érdeklődési területe: vasbeton szerkezetek, héjak, környezetbarát szerkezetek.

ÚJ MONITORING MÓDSZEREK A VASBETONÉPÍTÉSBEN – ÚTON AZ INTELLIGENS ANYAGOK FELÉ?



Dr. Borosnyói Adorján

Az emberiség függ az általa felhasznált anyagoktól, mint ahogy az anyagok függenek egy adott kor tudományos és technológiai színvonalától. Napjainkban a szerkezeti anyagok területén a kutatások olyan sebességgel folynak, amely néhány évtizeddel, vagy akár csak évvel ezelőtt még elképzelhetetlen lett volna. Új és új határ-tudományterületek kapcsolódnak egymáshoz, egyre fokozva a szerkezeti anyagok teljesítőképességét. Jelen dolgozatban, a vasbetonépítésben, nagyobb mennyiségben csak nemrégiben megjelent szálerősítésű anyagok kapcsán adunk rövid áttekintést a szerkezeti anyagok jövőjében rejlő lehetőségekről.

Kulcsszavak: irányított anyagok („smart materials”), intelligens anyagok, szálerősítésű betonok, szálerősítésű polimerek, száloptikai érzékelők

1. BEVEZETÉS

Mérnöki szerkezetek megfigyelése használati állapotban hosszú ideje fontos részét képezi az építőmérnöki feladatoknak. Szerkezeteink nem „tudják”, hogy tervezőik milyen viselkedést várnak el tőlük, így némely esetben az üzemelés közben végzett (alakváltozás- és feszültség-) mérések a modellezett viselkedéshez képest igen meglepő eredményre vezetnek. Kiemelt jelentőségű szerkezeteknél a folyamatos megfigyelés (monitoring) követelmény lehet. Éppen ezért igen fontos, hogy az időről időre megismétlendő, azonos jellegű mérések, a lehető legkisebb hibával reprodukálhatók legyenek, és a kapott információk alapján kellő biztonsággal intézkedések, beavatkozások, esetleg trendelemzés és élettartam-becslés történhessen, illetve ezek alapján a tervezési- és anyagmodellek pontosabbá válhassanak. A témakör fontosságát mutatja, hogy a nemzetközi tudományos szervezetek külön munkacsoportokat tartanak fenn erre a feladatra. Például a *fib* TG4.1 „Serviceability Models” munkacsoportja (melynek vezetője és két aktív tagja is magyar mérnök) kiemelt feladatként kezeli megvalósult hídszerkezetek folyamatos, használat közbeni megfigyelését, és eredményeikről a közeljövőben *fib* Bulletinben tájékoztatják a mérnök-társadalmat (*fib*, 2006).

A használat (üzemelés) közben folytatott mérések célszerűen történhetnek a szerkezetbe integrált rendszerekkel is. Ilyen rendszerek fejlesztése évtizedek óta folyik, azonban az utóbbi években (a szálerősítésű anyagok térhódításával párhuzamosan) új érzékelő típusok is megjelentek a vasbetonépítésben.

Külön meg kell említenünk az ún. irányított szerkezeteket („smart structures”) és irányított anyagokat („smart materials”), mely szakkifejezések olyannyira újszerűek, hogy fogalmuk legtöbb mérnök kolléga számára ismeretlen; ezekkel jelen cikkünkben részletesen foglalkozunk.

A mikroelektronika szerves része a jelenkori ember életének, és lassanként kezd a legmeghatározóbb tényezővé előlépni nem csak a műszaki, de a hétköznapi életben is. Végiggondolva a mikroelektronikában rejlő lehetőségeket, egészen különleges képet festhetünk fel a szerkezeti anyagok jövőjére vonatkozóan. Ezért talán elnézik a Tisztelt Olvasók, Kollégák, ha jelen cikkünk első fele egy kicsit eltér a kizárólag kézzelfogható, és tudományosan is megalapozott és vizsgált tények bemutatásától, és egy kicsit távolabbra tekintve is végiggondoljuk a

szerkezeti anyagok jövőjében rejlő potenciális lehetőségeket – majd ezt követően természetesen a mai valóságot is.

2. SZERKEZETI ANYAGOK – MÚLT, JELEN ÉS JÖVŐ

Az emberi civilizáció egész eddigi léte során olyannyira függött az éppen legnagyobb tömegben felhasznált anyagoktól, hogy a korai korszakokat a történetészek egyenesen *anyagokról* nevezték el: úgy, mint *Kőkorszak*, *Bronzkorszak* vagy *Vaskorszak*. A jelenkort leginkább a Mesterséges anyagok korszakának, vagy talán még találószerűbben a Szintetikus anyagok korszakának hívhatnánk. Hogy megnevezésünk helyes-e, azt bízunk történész utódainkra. Az mindenesetre bizonyos, hogy jelen korszakunkban még messze nem értük el a szerkezeti anyagok teljesítőképességének csúcsát, viszont az érzékelhető tendenciák már most azt sejtetik, hogy az egyre gyorsuló fejlődéssel újabb korszak küszöbére érkezünk: elérkezett az *Intelligens anyagok korszakának* hajnala.

Talán ma még leginkább *science fiction* az a gondolatsor, melyet a következőkben röviden összefoglalunk, mégis, ha az emberiség megéri azt a – nem is oly távoli – jövőt, amelyben a jelen gondolatok már tömegesen alkalmazott szerkezeti anyagokra vonatkoztathatók, az valószínűleg egy újabb forradalom lesz: az *anyagok forradalma*. Az ipari forradalommal indultunk néhány száz évvel ezelőtt, ezt követte a technikai forradalom, majd a technológiai forradalom, jelenleg az informatikai forradalomban élünk, és némi idealizmussal talán feltételezhetjük, hogy az *anyagok forradalma* is hamarosan elérkezik.

Az emberiség függ az általa felhasznált anyagoktól ugyanúgy, mint ahogy az anyagok *kifinomultsága* – ha szabad ezzel a szóval műszaki szöveggörnyezetben élnünk – függ az adott kor tudományos és technológiai színvonalától. Ezt a színvonalat pedig két tényező határozza meg: 1) a tömegesen képzett, kvalifikált szakemberek tudásszintje és 2) a messze az átlagos fölött álló elmék – de tudatosan ne nevezzük őket zseniknek – néha bizarrnak tűnő gondolatai, akik és amik – valljuk be – mindig is a tudomány fejlődésének iniciátorai és katalizátorai voltak. Bár ők időnként máglyán vagy örültekházában végeztek.

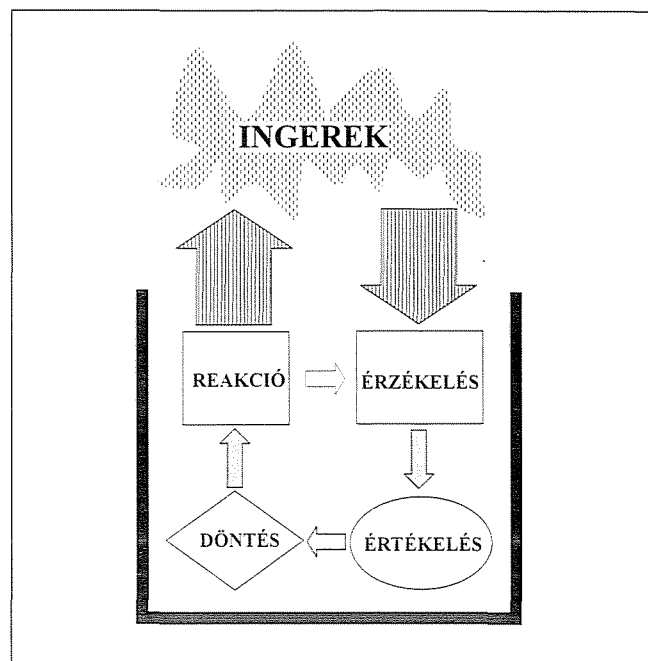
Kezdetben az ember és az anyaghasználat kapcsolata leginkább arról szólt, hogy *hol találunk* a céljainknak megfelelő, azonnal felhasználható anyagot. Az anyagfeldolgozás nem, vagy csak kezdetleges formában létezett. Később az ember azon munkálkodott, hogy *hogyan tudja legkönnyebben* feldolgozni a környezetében fellelhető anyagokat, és azokat vajon milyen célokra tudja használni. Jelenleg az ember és az anyaghasználat kapcsolata kiéleződött arra, hogy tetszőleges célra a *leginkább megfelelő* anyagot állítsuk elő, akár természetes forrásból, akár szintetikus úton. Mit hozhat a jövő? Rövidtávon a választ feltétlenül az informatikában, a mikroelektronikában kell keresnünk. A számítógépek jelenléte civilizált életünkben teljesen hétköznapi dolog. Számítógépeket használunk munkaeszközeinkben, közlekedési eszközeinkben, a kommunikációban, vagy akár szórakozáshoz is, de lassan a leghétköznapibb tevékenységeinkbe is bevonjuk a számítógépeket, hiszen már megjelentek az egyszerű műveletekre beprogramozott, számítógéppel vezérelt háztartási eszközök, illetve a számítógépekkel vezérelt komplett háztartások is. Mérnöki szerkezetek, illetve szerkezeti anyagok számítógépekkel való integrálása kulcsfontosságú lépés az intelligens szerkezetek, illetve intelligens szerkezeti anyagok felé.

Mert mire is képes az, ami intelligens? Képes ingereket érzékelni és azokra reagálni, képes információkat feldolgozni, elemezni, tárolni, képes dönteni, problémát megoldani, képes absztrakt és algoritmikus módon, például a matematika nyelvén gondolkodni és jelrendszereket használni, képes egyszerűsíteni, képes tanulni, képes kommunikálni, és még sorolhatnánk. Vagyis önállóan képes olyan műveletekre, amelyeket napjainkban számítógépek az ember irányítása mellett végrehajtanak. Tekintsük végig tehát, hogy melyek azok az elengedhetetlen alapelemek, amelyek szükségesek egy intelligens szerkezet, vagy intelligens szerkezeti anyag működéséhez.

- 1) **Érzékelők.** A szerkezetnek, anyagnak rendelkeznie kell valamely érzékelő rendszerrel, mellyel a környezetéből érkező ingereket képes felfogni. Az érzékelők lehetnek szerves részei a rendszernek, de lehetnek különálló, a rendszerhez kapcsolt kialakításúak is. Az érzékelők érzékelhetnek feszültséget, alakváltozást, rezgést (elmozdulást és gyorsulást), hőmérsékletet, elektromos áramot, mágneses teret, elektromágneses hullámokat (fényt, rádióhullámot, röntgenhullámot stb.), radioaktív sugárzást vagy kémiai reakciókat.
- 2) **Aktuátorok.** A szerkezetnek, anyagnak képesnek kell lennie az őt ért ingerekre való reagálásra. Az aktuátorok szintén lehetnek szerves részei a rendszernek, de lehetnek különálló, a rendszerhez kapcsolt kialakításúak is. Az ingerek függvényében az adott reakciók lehetnek geometriai változások, belső szerkezeti változások az anyagjellemzők megváltozásával, vagy energia-kibocsátás, illetve elnyelés.
- 3) **Irányítás.** A szerkezet, anyag nagy mennyiségű információhoz jut érzékelőin keresztül, melyeket tárolni, feldolgozni és elemezni kell igen rövid idő alatt, majd ez alapján utasításokat kell adni az aktuátoroknak az adott ingerre való reagálásra. Az irányítási rendszer tehát magában foglal adattovábbítót, adattárolót és adatértékelőt (mikroprocesszor) egységeket.

A folyamatot szemléletesen az 1. ábra szemlélteti.

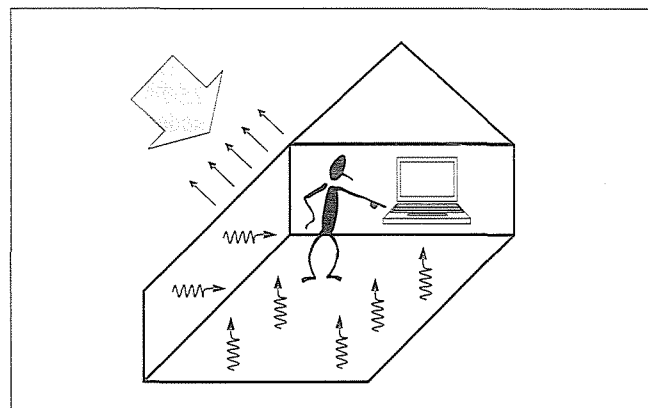
Azok a szerkezeti anyagok, illetve szerkezetek, melyek a fenti három alapelemmel rendelkeznek, de emberi beavatkozást, irányítást igényelnek, még nem nevezhetők intelligensnek. Ezek az ún. *irányított szerkezetek* és *irányított anyagok* (angol elnevezésük: „*smart structures*” és „*smart materials*”).



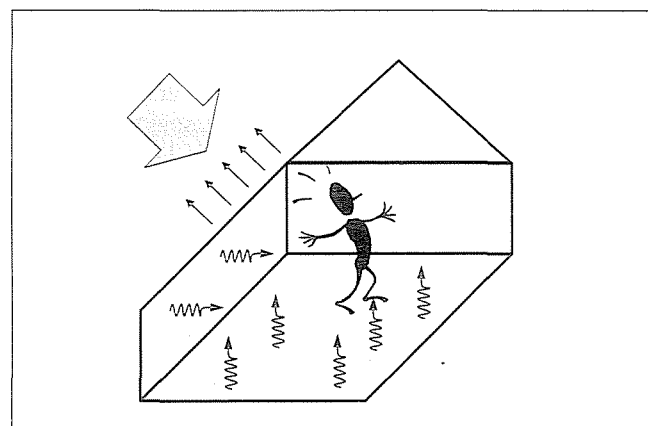
1. ábra: Intelligens szerkezet, vagy intelligens szerkezeti anyag működésének szemléletes vázlatja.

Irányított szerkezet sémáját szemlélteti a 2a ábra, melyben a felhasználó közvetlen beavatkozása szükséges a környezetből érkező ingerekre való reagálásra, míg a 2b ábra intelligens környezetet illusztrál, ahol a felhasználó közvetlen beavatkozása nélkül reagál a szerkezet a környezetből, illetve a felhasználó felől érkező ingerekre.

Irányított szerkezetekre és anyagokra több példát találhatunk



2a. ábra: Irányított környezet szemléletes vázlatja – a szerkezet a felhasználó közvetlen beavatkozását igényli az ingerekre való reagáláshoz



2b. ábra: Intelligens környezet szemléletes vázlatja – a szerkezet a környezetből és a felhasználó felől érkező ingerekre külső beavatkozás nélkül reagál

már az építőmérnöki gyakorlatban is, megjelenésük azonban gyakoribb az úrkutatásban, hadiiparban, gyógyászatban és a gépgyártásban. A későbbiekben bemutatunk jellegzetes példákat az irányított szerkezetek és anyagok építőmérnöki, azon belül is a vasbetonépítési lehetőségeire.

Ezt megelőzően, a biológia példáin keresztül próbáljuk meg kijelölni az intelligens szerkezetek és szerkezeti anyagok azon ismérveit, melyek túlmutatnak az irányított szerkezetek és irányított anyagok jellemzőin (Gandhi, Thompson, 1992, Schwartz, 2002), és amely tulajdonságok – valljuk be – a jelenlegi szerkezeti anyagaink teljesítőképességéhez képest ma még valóban a *science fiction* kategóriájába tartoznak.

Redundancia – túlhatározottság

Biológiai rendszerek, élőlények mind belső szerkezetükben, mind funkcióikban túlhatározottságot mutatnak – ez a túlélésük egyik alapja. Azt azonban meg kell jegyeznünk, hogy egy rendszer hatékonysága annál kisebb, minél nagyobb mértékben túlhatározott. Egy intelligens szerkezet vagy szerkezeti anyag esetén a redundancia, túlhatározottság azt jelenti, hogy rendelkezik olyan rejtett tulajdonságokkal vagy funkciókkal, amelyek normál üzemelés, illetve használat esetén nincsenek kihasználva. A környezet megváltozásával azonban ezek a rejtett tulajdonságok vagy funkciók automatikusan aktivizálódnak, akár az anyag belső szerkezetének megváltoztatásával is.

Mitózis – osztódó képesség

Egyes sejtek, pl. a kromoszómák osztódással képesek önmaguk replikáit, tökéletes másait létrehozni. Egy mitózissal képes intelligens szerkezet vagy szerkezeti anyag a környezeti hatásoktól, vagy funkcionális igényektől függően létrehozni, reprodukálni önmaga tökéletes másait.

Gyógyulás, öngyógyítás

A sejtek osztódó képességéből következő jelenség – a sérült élő szervezet a sérülés helyén helyreállítja, pótolja a sérült sejteket, szövetet. A gyógyulás képességével rendelkező intelligens szerkezet vagy szerkezeti anyag egy károsodást követően automatikusan helyreállítja, pótolja a sérült, tönkrement szerkezeti részeket.

Autolízis – önlebontás

Egyes megsérült, vagy elhalt sejtek saját enzimjeikkel bontják le önmagukat. Egy intelligens szerkezet vagy szerkezeti anyag, amely rendelkezik az autolízis képességével, használati élettartama végén, funkcionálását befejezve lebontja önmagát, és a környezete által hasznosítható komponensekké alakul.

Készenléti állapot – „téli álmom”

Élőlények gyakran tartanak fenn készenléti állapotot, melynek során inerszegény környezetben csökkentett energia felhasználással állnak készen az erősebb ingerekre adott reakciókra. Intelligens szerkezetek vagy szerkezeti anyagok esetén a rendkívüli terhekre és hatásokra, illetve lokális túlterhelésre való reagálás készenléti állapota képzelhető el.

Tanulás

Élőlények tanulási folyamata a logika alapvető módszereit, indukciót és dedukciót alkalmaz, azaz egyes esetekből általános következtetéseket von le, és viszont, általános jelenségekből következtet az egyesre. A tanulás képességével rendelkező intelligens szerkezet vagy szerkezeti anyag képes az őt korábban ért hatásokat és azokra adott saját reakcióit elemezni és egy újabb hatás esetén a megfelelő reakciót kiválasztani.

Önvizsgálat

Élőlények képesek felismerni problémákat, saját helytelen működésüket, működési zavarokat azzal, hogy az aktuális működést a korábbi működéssel hasonlítják össze. Az önvizsgálat képességével rendelkező intelligens szerkezet vagy szerkezeti anyag képes figyelni saját állapotát, és meghatározni a helyes funkcionálás módját, vagy éppen egy elszenvedett károsodás mértékét.

Azonosítás, felismerés

Élőlények képesek felismerni saját fajtársaikat, azokat más fajoktól megkülönböztetik. Az azonosítás, felismerés képességével rendelkező intelligens szerkezet vagy szerkezeti anyag képes az érzékelt hatásokat egymástól megkülönböztetni.

Alkalmazkodás

Élőlények képesek alkalmazkodni az élőhelyükön bekövetkező környezeti változásokhoz. Az alkalmazkodás képességével rendelkező intelligens szerkezet vagy szerkezeti anyag képes aktivizálni rejtett tulajdonságait vagy funkcióit egy megváltozott környezetben.

Információelemzés és visszacsatolás

Élőlények elraktározzák tapasztalataikat az őket ért hatásokról és saját reakcióikról. A későbbiekben saját reakcióik egy közvetlen visszacsatolású irányítási rendszerben működnek, melyben érzékelik és elemzik mind az input információkat (hatások), mind pedig az output információkat (reakciók). Intelligens szerkezetek vagy szerkezeti anyagok információelemzése és visszacsatolási rendszere lehetővé teszi a különböző hatásokra való optimális reakció kiválasztását.

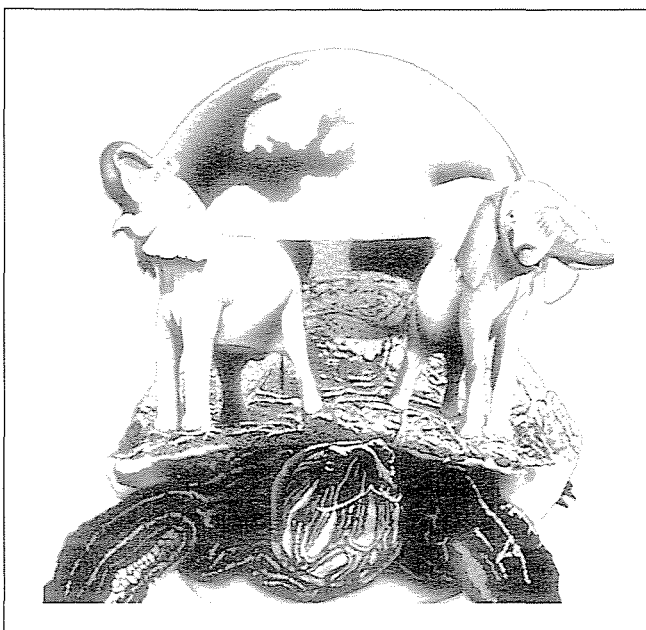
A vázolt biológiai analógiák is mutatják, hogy intelligens szerkezetek vagy szerkezeti anyagok milyen sokoldalúak lehetnek. Most próbáljuk meg a fenti általános megközelítést egy kicsit konkrétan, a fizika és kémia nyelvén tárgyalni, azaz a teljesség igénye nélkül tekintsük át azokat a jelenségeket, melyek a fenti folyamatokat előidézhetik:

- *Molekulaszerkezet megváltozása* – kémiai kötések felbomlása, új kémiai kötések és másodlagos kémiai kötések kialakulása,
- *Kristályszerkezet megváltozása* – kristály rácsállandóinak megváltozása, kristályorientáció megváltozása, kristálmódosulat-váltás, fázisátalakulások,
- *Makroszkopikus szerkezet megváltozása* – gázok és folyadékok diffúziója vagy finom porok tömegáramlása kapcsán,
- *Határfelületi jelenségek* – az anyag és környezetének határfelületén lejátszódó kémiai reakciók, melyek az anyag összetételében is változást idézhetnek elő,
- *Transzportfolyamatok* – hőáramlás, elektronáramlás, ionáramlás, diffúzió és tömegáramlás, elektromágneses hullámok, radioaktív sugárzás, energiaelnyelés és leadás.

A vázolt jelenségek kapcsán az anyagjellemzők megváltoznak, így ingerekre képes reakciót produkálni a rendszer (pl. megváltozik a merevség, a hőmérséklet, a hővezetés, a hőtágulás, a lágyulási vagy az üvegesedési hőmérséklet, az energiaelnyelő képesség, a diffúziós ellenállás, az optikai jellemzők, vagy akár a makroszkopikus méret).

Amennyiben majd valóban elkezdődik intelligens szerkezetek és szerkezeti anyagok tömeges alkalmazása, az valószínűleg hasonlóan robbanásszerű változást hoz az emberi élet minőségében, mint annak idején a processzorok, illetve a számítógépek elterjedése.

Szeretnénk hangsúlyozni, hogy jelen dolgozat szerzője óvakodik minden nemű jövőmondástól. Ami ma még



3. ábra: Egykori világkép: a Földet a világűrben négy elefánt hordozza egy teknős hátán állva

szokatlan, az holnap már természetes és magától értetődő dolog lehet. Csak emlékeztetőként, tanulságos példaként sorakoztassunk föl korai és jelenkori technikai történelmünkől jellegzetes, nagy „melléfogásokat”, téves kijelentéseket és tévhiteket, melyek idővel mind megdőlték (ugyan a fejlődés fontos lépéseit képviselték).

- A Földet a világűrben négy elefánt hordozza egy teknős hátán állva (3. ábra).
- A Föld a világegyetem középpontjában nyugvó lapos korong.
- Geocentrikus világkép.
- Heliocentrikus világkép.
- Lord Kelvin (1895) kijelentése: „A levegőnél nehezebb gépek repülése lehetetlenség”.
- Charles H. Duell (az Amerikai Találmányi Hivatal biztosa, 1899) kijelentése: „Minden, amit fel lehet találni, azt már feltalálták”.
- Ken Olsen (a Digital Equipment vállalat alapítója, 1977) kijelentése: „Nincs arra esély, hogy egy magánszemély valaha is számítógéppel rendelkezzen otthonában”.

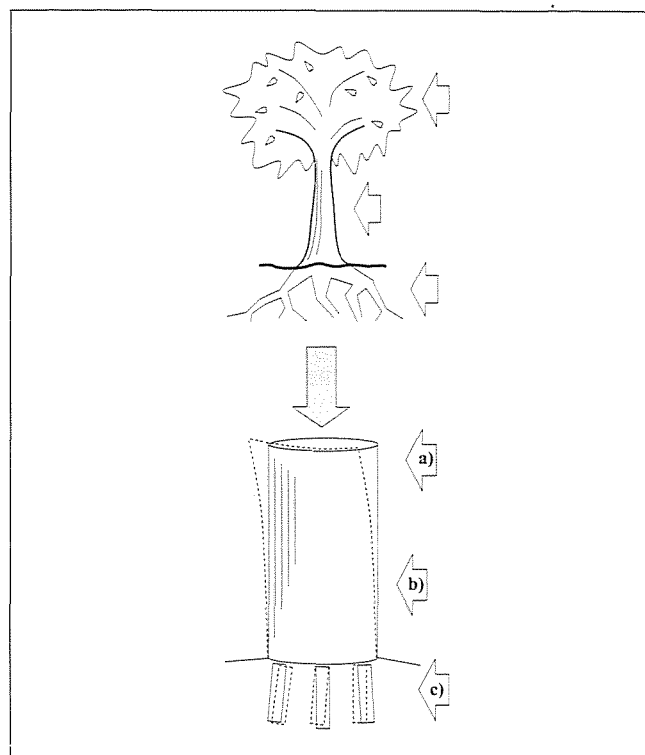
És még sorolhatnánk, valószínűleg vég nélkül. Felelőtlenül jósolni, megalapozatlan elméleteket gyártani tehát nem érdemes.

Egy viszont biztos. Hosszú távon az ember maga, és fejlődései csak akkor maradnak életképesek, ha a Föld ökológiai körforgásának részévé válnak – és nem ellenségévé, amint azt a jelenkori tendenciák mutatják.

Ehhez pedig el kell fogadni a természet alapvető ökológiai szabályait, és azokat adaptálnunk kell az épített környezetünkre is.

Melyek ezek a szabályok?

- egyensúly a földi bioszférával,
- az élőhely teljes mértékű kihasználása (ez biológiai értelemben változatos fajok együttműködését, szimbiózist jelent),
- az élőhely elszennyezésének elkerülése,
- hatékony energiafelhasználás,
- helyben lévő források hasznosítása,
- a rendelkezésre álló források kimerítésének elkerülése,
- takarékos anyaggazdálkodás, pazarlás elkerülése: maximum helyett optimum,
- hulladékok felhasználása, újrahasznosítása alapanyagként.



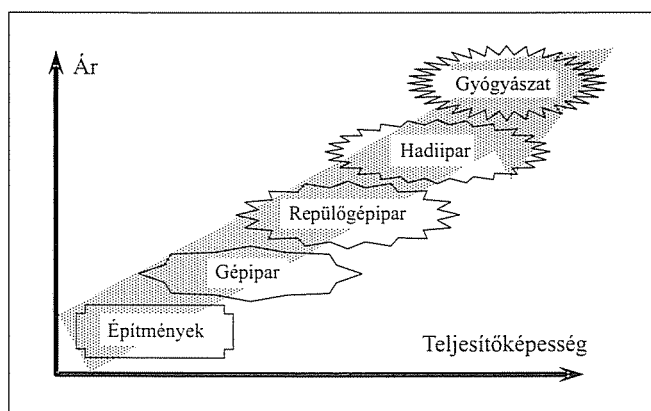
4. ábra: Intelligens szerkezet sémája: környezete ingereire reagáló, interaktív egység
a) Reakció meteorológiai terhelésre: méret, alak, merevség megváltozása
b) Reakció hasznos terhelésre: fizikai jellemzők megváltozása
c) Reakció altalajmozgásra: merevség megváltozása, rezgéscsillapítás

Az intelligens szerkezetek és szerkezeti anyagok tehát az élőlények, illetve jól működő biológiai rendszerek sémáját kell, hogy utánozzák majd a közeli vagy távoli jövőben (4. ábra).

3. IRÁNYÍTOTT SZERKEZETI ANYAGOK („SMART MATERIALS”) A VASBETONÉPÍTÉSBEN

De mi is a *valóság* ma? Intelligens szerkezetekre és szerkezeti anyagokra egyáltalán nem áll módunkban példákat felsorakoztatni a jelenlegi építőmérnöki gyakorlatból. Irányított szerkezetek („smart structures”) és irányított szerkezeti anyagok („smart materials”) azonban már megjelentek az építőiparban, azon belül a vasbetonépítésben is (Akhras, 2000; Ansari, 2005; Chandrashekhara, 2004; Harichandran, 2003; ISIS, 2000; Malej, 2002; Rizkalla, 1998; Tennyson, 2001; Wolff, 1992). Sőt, az irányított szerkezetekkel együtt egy új, *interdiszciplináris tudományág* is megszületett, melynek megnevezése pontosan mutatja, hogy építőmérnöki szerkezetek és mikroelektronikai rendszerek integrálásáról van szó. A tudományág angolul „civionics” (magyar nyelvű fordítását megadni nem tudjuk), a szó a „civil engineering” (építőmérnöki tudományok) és „microelectronics” (mikroelektronika) szavak összevonásából keletkezett.

A mérnöki alkalmazások kis mennyiségére világít rá az 5. ábra, melyen sematikus próbáljuk érzékeltetni a szerkezeti anyagok teljesítőképességének, árának és a felhasználási területének az összefüggését. Mint látható, az igen nagy teljesítőképességű szerkezeti anyagok (és az irányított anyagok, illetve az intelligens anyagok ebbe a körbe tartoznak) rendkívül



5. ábra: Ár és teljesítőképesség kapcsolata az anyagok és felhasználási területük függvényében

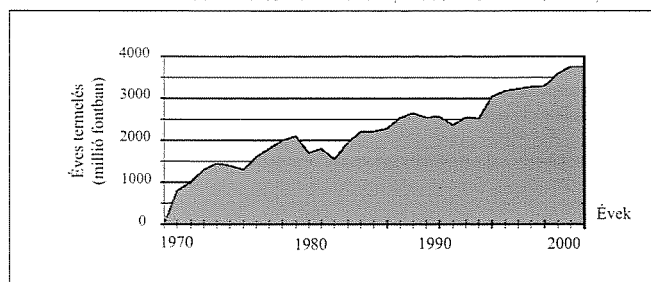
drágák. Ez jelentősen korlátozza felhasználási lehetőségüket azon területekre, melyeken úgymond a „pénz nem számít”, azaz a humán gyógyászat és – sajnos – a hadiipar területeire. Ezen anyagok tömeges előállítása általában nem megoldott és nem is igény. Az építőipar ezzel szemben a nagy tömegben, olcsón előállítható szerkezeti anyagokat részesíti előnyben. Ezek a szerkezeti anyagok jellegzetesen nem biztosítanak olyan teljesítőképességet, mint a jóval drágább anyagok. A nagy teljesítőképességű szerkezeti anyagok területén az innováció és anyagkutatás kevés kivételtől eltekintve nem az építőiparban indul meg, de igen gyakran ott folytatódik, amint az adott anyagok felhasználási területe bővílni kezd, ezzel az előállított mennyiségük nő, áruk pedig csökken. Tipikus példája ennek a folyamatnak a szálerősítésű anyagok szerkezeti anyagként való felhasználása. Szálerősítésű polimer szerkezeti anyagok éves termelésének növekedését láthatjuk 1970-től 2000-ig a 6. ábrán (Busel, Lockwood, 2000). A szálerősítésű polimer szerkezeti anyagok mérnöki felhasználásának mennyisége pontosan követi a bemutatott tendenciát. A következőkben – a teljesség igénye nélkül – jellegzetes példákat emelünk ki a területről.

A szálerősítésű anyagok építőipari, építőmérnöki felhasználása valójában nem új keletű, hiszen például a vályogépítésben az agyag törekkkel való szálerősítése már évezredekkel ezelőtt megjelent, amint arra már a *Biblia* (2Móz. 1,14) is konkrétan utal. Szálerősítéssel kialakítható anyagrendszerek rendkívül kedvező viselkedésű, nagy teljesítőképességű szerkezeteket eredményezhetnek. A szálerősítésű rendszerek esetén meg kell különböztetnünk egymástól két alapesetet:

- 1.) a szálak relatíve rövidek és irányítatlanul, véletlenszerűen helyezkednek el egy ágyazóanyagban (erre példa a szálerősítésű beton, FRC), és
- 2.) a szálak hosszúnak, akár végtelen hosszúnak tekinthetők és irányítottan helyezkednek el egy ágyazóanyagban (erre példa a szálerősítésű polimer, FRP).

A két felhasználási lehetőséggel külön-külön foglalkozunk jelen dolgozatunkban.

6. ábra: Szálerősítésű polimer szerkezeti anyagok éves termelésének növekedése 1970 és 2000 között (Busel, Lockwood, 2000)



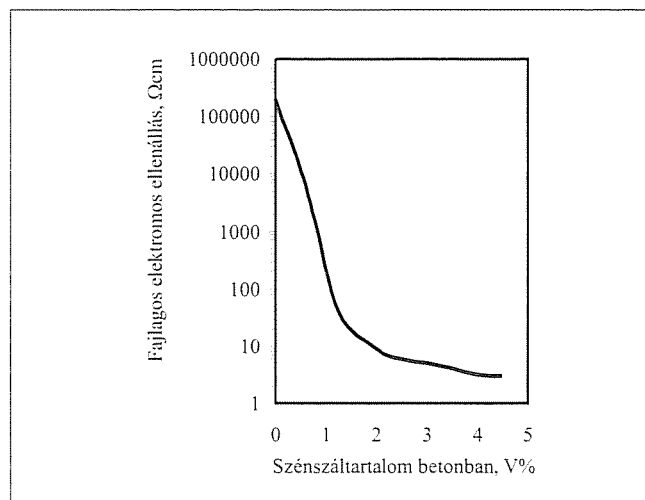
3.1 SZÁLERŐSÍTÉSŰ BETONOK (FRC), MINT IRÁNYÍTOTT SZERKEZETI ANYAGOK

A szálerősítésű beton (FRC = Fibre Reinforced Concrete) építőmérnöki alkalmazása a világon és hazánkban is egyre jobban terjed ipari padlók, betonpadozatok, alaptestek, lövelt beton boltozatok és útépitési műtárgyak munkáinál (Balázs, Polgár, 1999). A szálerősítésű kőszertű anyagokra gyakorolt hatásának szisztematikus kutatása tulajdonképpen az azbesztcement termékek kapcsán indult meg az 1960-es években. Miután az azbesztszálak súlyos egészségkárosító hatását igazolták, újabb szál típusok felé terelődött a kutatók figyelme. Napjainkban is leginkább olyan szál típusok kutatása folyik, melyek a betonnal, cementtel mind inkább kompatibilisek, például alkáliálló üveg- és polimerszálak fejlesztése, jobb tapadást célzó geometriai és felületi kialakítású acélszálak fejlesztése stb. Amint az ismeretes, kis mennyiségben (0,1 V%-tól) alkalmazott polimer- (esetleg üveg) száakkal sikerrel akadályozható meg a beton zsugorodásából származó repedések kialakulása. Nagyobb száladagolással (0,5-1,5 V%), acélszáakkal, a megszilárdult beton jellemzői javíthatók. Az acélszál-erősítésű beton legfőbb előnyének a duktilis viselkedést és az energia elnyelő képességet jelölhetjük meg. Minél nagyobb száladagolást választunk, annál nagyobb a szálerősítésű beton berepedés után maradó húzószilárdsága és energia elnyelő képessége. Itt is fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a szokványos száltartalmú (ez maximum 2,0 V%) száladagolással a beton nyomó-, vagy húzószilárdsága nem növelhető jelentősen. A száladagolás szerepe elsősorban a beton repedéseinek elosztása (így a repedéstágasság csökkentése), illetve a duktilis viselkedés biztosítása.

Előbbiekben túlmenően megjelentek a szénszálak is a szálerősítésű betonok készítésében, melyek már kifejezetten az irányított szerkezeti anyagok körébe emelhetik ezt a zseniális építőanyagot. Erre mutatunk be röviden egy alkalmazási lehetőséget.

A normál beton jellegzetesen nem elektromos vezető. Homokos kavics, vagy zúzottkő adalékanyagok betonok fajlagos elektromos ellenállása 6,0 - 11,0 kΩm (Tuan, Yehia, 2004). A szénszálak vezetnek az elektromos áramot, így szénszál-erősítésű betonok fajlagos elektromos ellenállása növekvő száltartalom esetén egyre kisebb (7. ábra, Chen, Chung 1996). A szénszál-erősítésű betonok (és szénszál-erősítésű cementhabarcok) elektromos ellenállása igen érzékenyen reagál a

7. ábra: Szénszál-erősítésű cementhabarcok fajlagos elektromos ellenállása a száltartalom függvényében (Chen, Chung, 1996 alapján)



belső anyagszerkezeti változásokra, elsősorban a szénsszálak lokális relatív elmozdulásaira a beton ágyazóközegben, így a szénsszál-erősítésű betonok alakváltozások érzékelésére felhasználhatók. A szénsszál-erősítésű betonok alakváltozás-érzékelése két tartományra bontható: 1) a *reverzibilis* folyamatokra visszavezethető tulajdonságváltozásokon alapuló mérés, mellyel használati igénybevételek hatása érzékelhető, illetve 2) az *irreverzibilis* belső szerkezeti változások (repedések, morzsolódások) következtében kialakuló tulajdonságváltozásokon alapuló mérés, mellyel az anyag (szerkezet) károsodásának mértékéről kapható információ. A két mérési elv alapvetően eltér, ezért a továbbiakban nevezzük a reverzibilis jelenségeken alapuló mérést *nyúlásmérésnek*, és az irreverzibilis jelenségeken alapuló mérést *károsodásmérésnek*.

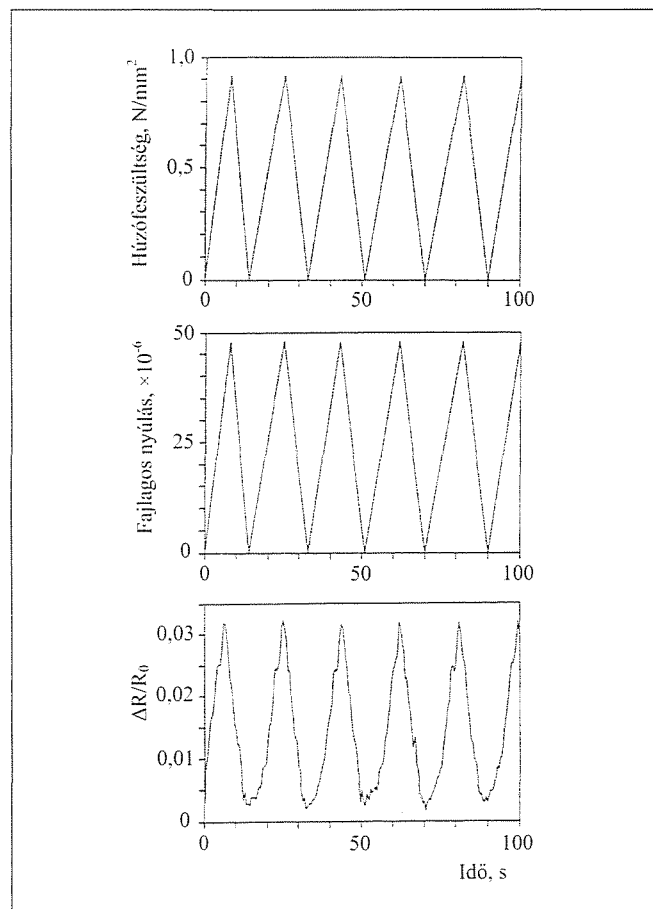
Szénsszál-erősítésű betonokkal *nyúlásmérés* azért valósítható meg, mert az anyag mechanikai terhelése következtében kialakuló alakváltozások a szénsszálak igen kis mértékű ($<1 \mu\text{m}$) lokális kihúzódasát eredményezik a beton ágyazóközegekből, ezzel jelentősen megváltoztatva a fajlagos kontakt elektromos ellenállást a szál-ágyazóanyag határfelületén. Ennek következtében a kompozit anyag fajlagos térfogatos elektromos ellenállása is jelentős mértékben megváltozik, amely mennyiség viszont egyszerűen, a felületre rögzített elektródákkal mérhető (Chen, Chung, 1996; Chung, 1998; Wen, Chung, 2005).

Ezzel szemben, a szénsszál-erősítésű betonokkal megvalósítható *károsodásmérés* alapelve az anyag fajlagos térfogatos elektromos ellenállásának fentiekkel ellentétes irányú megváltozása, a repedező, morzsolódó beton ágyazóközegben a szénsszálak elszakadása következtében (irreverzibilis folyamat).

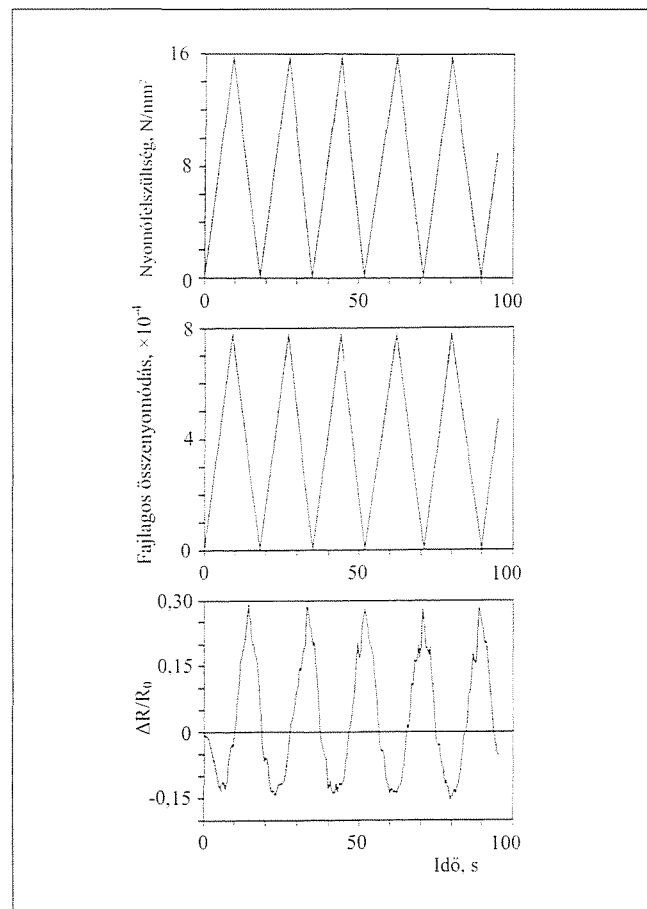
A szénsszál-erősítésű betonok igen érzékeny alakváltozásmérő szenzorokként használhatók (Wen, Chung, 2005). A 8. ábrán szénsszál-erősítésű cementkő terhelési történetét és ehhez tartozó elektromos ellenállás változását követhetjük (Chung,

1998). A 0,51 V% szénsszálat tartalmazó, 2,23 N/mm² húzószilárdságú szénsszál-erősítésű cementkő próbatesteket a rugalmas anyagi viselkedés tartományán belül, ciklikus húzóvizsgálatnak vetették alá, 0,9 N/mm² feszültségamplitúdó ($4,8 \times 10^{-5}$ nyúlásamplitúdó) mellett. A terhelés hatására bekövetkező elektromos ellenállás változást (ΔR), a terheletlen állapotban mért ellenálláshoz (R_0) képest egyenárammal mérték. Az ellenállás mérés iránya megegyezett a terhelés irányával. Amint az ábrán is látható, a feszültségek és a nyúlások minden terhelési ciklus végén zérusra csökkentek. Az elektromos ellenállás változása ($\Delta R/R_0$) a húzó-igénybevételekkel arányosan növekedett terheléskor és csökkent tehermentesítéskor, a korábban bemutatott elvek, azaz a szénsszálak lokális relatív elmozdulásai következtében. A terhelési ciklusok végén $\Delta R/R_0$ pozitív értékű maradt. Az érzékelt $\Delta R/R_0$ paraméter egységnyi fajlagos nyúlás változásra bekövetkező megváltozása 700-szoros, ami a hagyományos nyúlásmérő eszközök érzékenységet meghaladja. A 9. ábrán szénsszál-erősítésű cementhabarcs terhelési történetét és ehhez tartozó elektromos ellenállás változását figyelhetjük meg (Chung, 1998). A 0,24 V% szénsszálat tartalmazó, szénsszál-erősítésű cementhabarcs próbatesteket a rugalmas anyagi viselkedés tartományán belül, ciklikus nyomóvizsgálatnak vetették alá, 16 N/mm² feszültségamplitúdó (8×10^{-4} nyúlásamplitúdó) mellett. A terhelés hatására bekövetkező elektromos ellenállás változást (ΔR), a terheletlen állapotban mért ellenálláshoz (R_0) képest ebben az esetben is egyenárammal mérték, és az ellenállás mérés iránya megegyezett a terhelés irányával. Az elektromos ellenállás változása ($\Delta R/R_0$) a nyomó-igénybevételekkel arányosan csökkent terheléskor és növekedett tehermentesítéskor. Az érzékelt $\Delta R/R_0$ paraméter egységnyi fajlagos összenyomódás változásra bekövetkező megváltozása 560-szoros volt. A bemutatott, rugalmas anyagi viselkedés tartományán belül végzett ciklikus vizsgálatokon

8. ábra: Szénsszál-erősítésű cementkő elektromos ellenállás változása ($\Delta R/R_0$), ciklikus húzó-igénybevétel esetén (Chen, 1998)



9. ábra: Szénsszál-erősítésű cementhabarcs elektromos ellenállás változása ($\Delta R/R_0$), ciklikus nyomó-igénybevétel esetén (Chen, 1998)



kívül a kutatók megvizsgálták a statikus monoton terhelés alatt, tönkremenetelig bekövetkező elektromos ellenállás változást is. Összhangban az eddig elmondottakkal azt találták, hogy nyomó-igénybevétel esetén az elektromos ellenállás változás monoton csökken egészen tönkremenetelig, illetve húzó-igénybevétel esetén az elektromos ellenállás változás monoton növekszik egészen tönkremenetelig. Az ellenállás-változás mérések értelemszerűen váltakozó árammal is végezhetők (Chung, 1998; Reza, 2001).

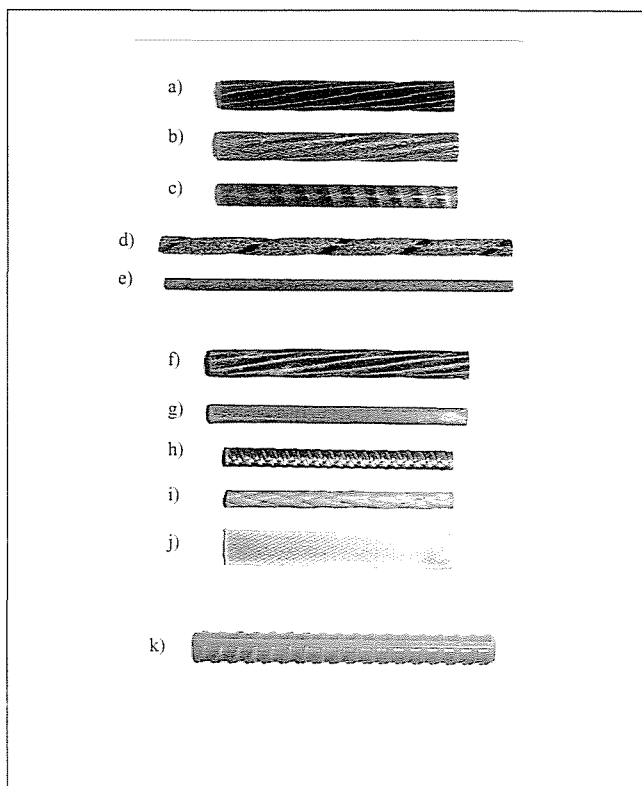
A kutatások szerint a szénzál-erősítésű betonok elektromos ellenállásának terhelés hatására bekövetkező változása (ΔR) nem függ jelentős mértékben a terheletlen állapotban mért elektromos ellenállástól (R_0), azaz a száltartalomtól: 0,20 V% és 4,50 V% közötti szénzál-tartalmú cementhabarcsok esetén a terhelés hatására bekövetkező $\Delta R/R_0$ változás rendre azonos nagyságrendű volt (Chen, Chung, 1996; Wen, Chung, 2005). Ezzel szemben, az alkalmazott adalékanyagok szemnagyságának jelentős hatása van a terhelés hatására bekövetkező $\Delta R/R_0$ változásra: növekvő adalékanyag szemnagyság egyre csökkenti az érzékenységet.

Ha szálerősítésként nem szénzálakat, hanem acélzálakat alkalmazunk, akkor a terhelés hatására bekövetkező elektromos ellenállás-változás mérésének pontossága jelentősen romlik, melynek oka, hogy az acélzálak nagyobb méretűek, mint a szénzálak. Ha pedig szálerősítésként műanyag szálakat alkalmazunk, akkor a mérés nem lehetséges, mivel a műanyag szálak elektromosan nem vezetőképesek.

A szénzál-erősítésű betonok nyúlásmérő érzékelőként való felhasználására napjainkban még nem találunk mérnöki alkalmazási példákat, a kutatások egyelőre laboratóriumi vizsgálatokra szorítkoznak. Azonban megemlítjük, hogy a szénzál-erősítésű betonok elektromos vezetőképességének kihasználására már léteznek mérnöki alkalmazások, pl. elektromosan fűthető betonszerkezeteknél (Tuan, Yehia, 2004).

3.2 SZÁLERŐSÍTÉSŰ POLIMEREK (FRP), MINT IRÁNYÍTOTT SZERKEZETI ANYAGOK

Mivel a beton, ill. a vasbeton a legszélesebb körben és a legnagyobb mennyiségben alkalmazott építőanyag a világon, a tartósság kérdése rendkívül fontos részét képezi az építőmérnöki kutatásoknak. Amint az ismeretes, a vasbeton rendkívül tartós lehet, amennyiben a tervezés, a kivitelezés (bedolgozás, utókezelés) és a fenntartás megfelelő. A cementkő lúgos kémhatása mellett (a cement hidratációja során ugyanis nagy mennyiségű szabad $\text{Ca}(\text{OH})_2$ szabadul fel) a bebetonozott acélbetétek felületén korrózió ellenálló passzív réteg alakul ki. Ez mindaddig védi az acélbetéteket, míg a környező beton kémhatása $\text{pH} > 9$. Tehát a korrózió kialakulásához betonban négy tényezőnek együttesen kell jelen lennie: (1) korrózióra alkalmas anyag (pl. gyengén ötvöztött, melegen hengerelt betonacél), (2) oxigén, (3) víz (utóbbi kettő a kapilláris pórusokon keresztül képes a betonba hatolni), valamint (4) a beton kémhatásának pH 9 alá süllyedése. Ez utóbbi a légkör CO_2 tartalmának hatására a cementkő karbonátosodása révén minden, levegővel érintkező betonszerkezetnél létrejön egy bizonyos mélységig. Minél kisebb a cementkő porozitása, annál kisebb a karbonátosodás mélysége. További súlyos korróziós veszélyt jelentenek a betonba hatoló szabad klorid-ionok (jégmentesítő sózásból vagy tengervízből, esetleg adalékszerekből), melyek a korróziós folyamatot katalizálják.



10. ábra: Szálerősítésű polimer (FRP) betétek betonszerkezetekhez (Balázs, Borosnyói, 2000b)
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) négyszög keresztmetszetű AFRP betét (Arapree®)
k) periodikus bordázatú GFRP betét (C-Bar®)

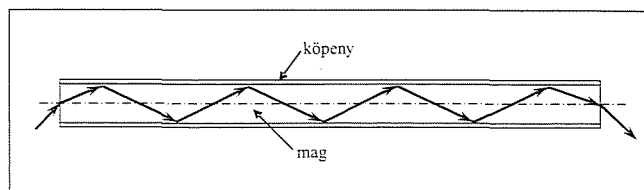
A korrózió elkerülésének elméletileg leglogikusabb módja a korrózióra hajlamos anyagok beépítésének mellőzése. Ezt az elvet alapul véve ígéretes megoldást vetít előre a korrózióálló, szálerősítésű polimer (FRP) betétek, ill. feszítőbetétek használata a hagyományos acélbetétek, ill. feszítőbetétek helyett (10. ábra). Korábbi cikkeinkben a VASBETONÉPÍTÉS hasábjain is összefoglaltuk az FRP betétek hídépítési alkalmazási lehetőségeit (Balázs, Borosnyói 2000a; Borosnyói, Balázs, 2001), mechanikai jellemzőit (Balázs, Borosnyói 2000b; Balázs, Borosnyói, 2001), tapadását (Borosnyói, Balázs, 2002), szerkezettervezési kérdéseit (Borosnyói, Balázs, 2004a) és a szerkezetek használhatósági határállapotát (Borosnyói, Balázs, 2004b). Külön foglalkoztunk a hazánkban elsőként, szénzálás (CFRP) feszítőbetétekkel végzett laboratóriumi vizsgálatokkal: magas hőmérsékleten végzett tapadási vizsgálatokkal (Lublóy, Borosnyói, Balázs, 2004) és feszített gerendák használhatósági határállapotának vizsgálatával (Borosnyói, Balázs, 2005). Az FRP betétekkel készülő betonszerkezetek a fokozott tartósságukon túlmenően felvetik a monitoring módszerek és eszközök legújabb generációjának a sikeres alkalmazását is: a beépített száloptikai érzékelők felhasználásának lehetőségét – ezzel új dimenzióba, a jelen dolgozat 2. fejezetében megadott definíció szerint, az irányított anyagok közé emelve ezt az építőanyagot. A következőkben ezen irányított szerkezetek úttörő vasbetonépítési példáiból ismertetünk néhányat, röviden.

Az alakváltozás-mérés hagyományos eszközei mechanikus, elektromos ellenállás, vagy elektromágneses elven alapulnak (indikátorórák, nyúlásmérő bélyegek, mágneses útdók stb.).

Az elmúlt évtizedben ugrásszerű fejlődésen átment száloptikai technológia új lehetőségeket nyújt a folyamatos alakváltozás-mérésre az építőmérnöki gyakorlatban is (Liu, 2000). Az újonnan kifejlesztett száloptikai érzékelőknek számos előnyét élvezhetjük túlmutatva azon, hogy velük mind az időben lassan változó alakváltozások (kúszás, hőmérsékletváltozás, stb.), mind a járműforgalomból adódó dinamikus, rövid idejű alakváltozások mérhetők (Udd, 1995). Egyrészt a száloptikai érzékelők beépíthetők a szálerősítésű polimer (FRP) betétekbe, így új hídstruktúrák alakváltozásai követhetők nyomon folyamatosan az építés kezdetétől a teljes élettartam alatt. Másrészt az utólag felragasztott kompozit megerősítő szalagok illetve szövetek készülhetnek beépített száloptikai érzékelőkkel, melyek folyamatosan érzékelni képesek az esetleges további korrózió által okozott alakváltozásokat. Napjainkban már olyan nagy érzékenységű érzékelők is rendelkezésre állnak, melyek képesek kimutatni saját tapadásuk változását is a szerkezet-hez. Ily módon a jelenséggel egyidejűleg, valós idejű adatokat nyerhetünk szerkezetek használat közbeni alakváltozásairól (ISIS, 2000).

Például az ISIS Canada (Intelligent Sensing for Innovative Structures) program, egy a kanadai egyetemek között folyó közös kutatómunka, melyben építőmérnökök, gépészmérnökök, villamosmérnökök, anyagtudományi és repüléstechnikai szakemberek dolgoznak a szálerősítésű polimerek mérnöki (polgári) alkalmazási lehetőségein. A kutatási program már 1995-ben megindult többek között azzal a céllal, hogy kifejlesszen száloptikai érzékelőkből álló rendszereket, melyek betonszerkezetekbe integrálva folyamatos adatszolgáltatást biztosíthatnak a használati állapotról (ISIS, 2000). A programhoz kapcsolódó számos kísérleti alkalmazás közül kiemeljük a következőket: hídstruktúrák megerősítése szálerősítésű polimer lemezekkel és szövettel, szálerősítésű polimer (FRP) feszítőbetétek beépítése új hidgerendákba, szerkezetbe integrált száloptikai érzékelő rendszerek beépítése hídstruktúrákba, együtdolgoztató FRP csapok kifejlesztése nyírt kapcsolatokba, FRP távközlési oszlopok kifejlesztése, FRP feszítőbetétek lehorgonyzó elemeinek kifejlesztése, FRP közzethorgonyok fejlesztése.

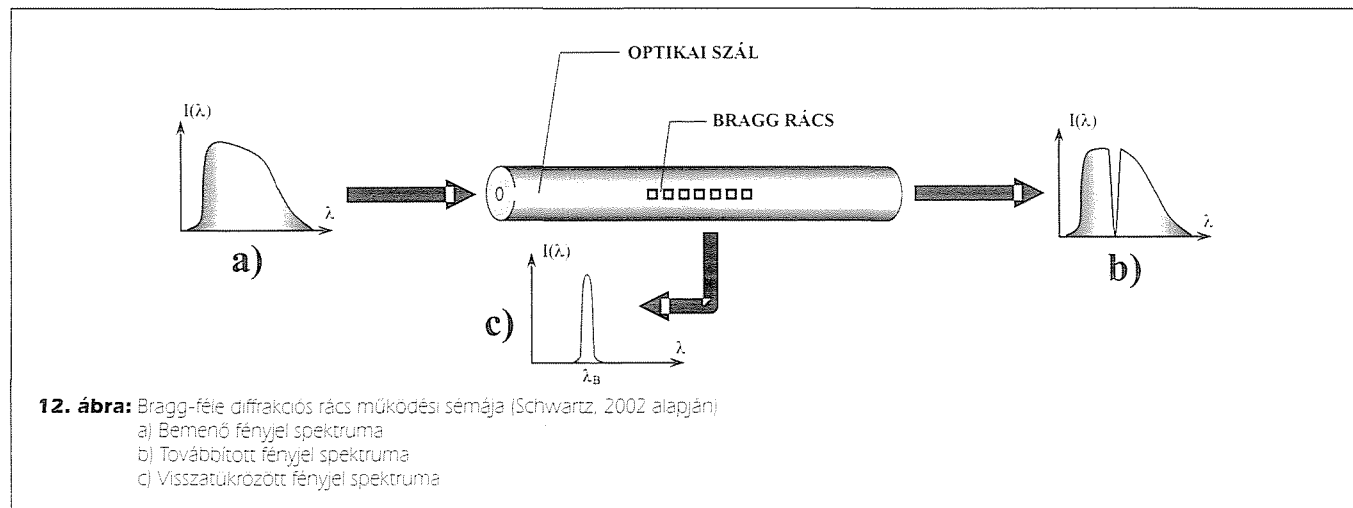
A mérnöki gyakorlatban alkalmazott száloptikai érzékelők általában 10–20 mm hosszúak és a hőmérséklet, ill. alakváltozás méréseket egy meghatározott pontban végzik. Legfontosabb különbség a hagyományos roncsolásmentes vizsgálatokhoz képest, hogy az érzékelők a szerkezetbe integrálhatók, így hasznos élettartamuk olyan hosszú lehet, mint magának a szerkezetnek az élettartama. Száloptikai érzékelők hálózatainak beépítése a szerkezetbe lehetővé teszi, hogy a teljes alakváltozásmézőt pontosan felmérjük. A száloptikai érzékelők



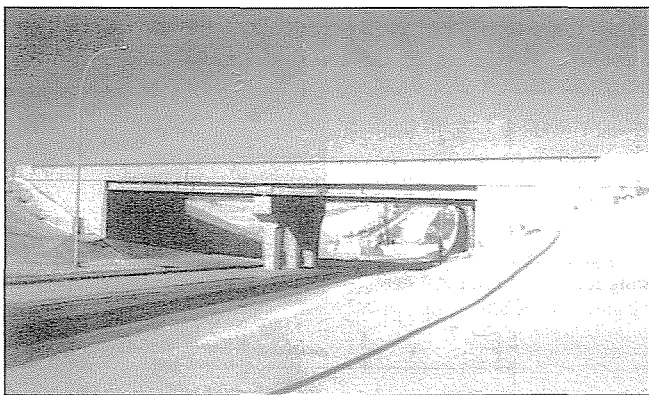
11. ábra: Optikai szál működési sémája (Ábrahám, 1998 alapján)

további előnye a rendkívül sokoldalú felhasználási lehetőség és, hogy használhatósági tartományuk túlmutat a hagyományos érzékelők, pl. nyúlásmérő bélyegek használhatóságán. Száloptikai érzékelőkkel mérhetünk erőt, nyomást, alakváltozást, sűrűségváltozást, elektromos mezőt, elektromos polarizáltságot, elektromos áramot, mágneses mezőt, mágneses polarizáltságot, hőmérsékletet, fényjelenséget, röntgensugárzást és gamma-sugárzást (Gandhi, Thompson, 1992). A száloptikai érzékelő olyan eszköz, amely bizonyos hatásra megváltoztatja valamely fizikai vagy kémiai tulajdonságát, és amely változást a megfigyelő olvasható információk formájában láthat. A következőkben, a teljesség igénye nélkül, összefoglaljuk a száloptikai érzékelők nyújtotta előnyöket (Ábrahám, 1998; Gu, 2000; Halley, 1987; Measures, 1990; Nawy, 1998; Quirion, 2000). A száloptikai érzékelők esetén elektromágneses interferencia nem okoz jelgyengítést. A száloptikai érzékelők rendkívül kis helyigényűek, átmérőjük mindössze néhány milliméter, tömegük csekély. A száloptikákban a jelvesztés nem jelentős, egyetlen folytonos száloptika 40 km-nél is hosszabb lehet, külön jelerősítés nélkül. Száloptikákban az adatáramlás igen nagy sebességgel folyhat a néhány MBit/s-tól a több GBit/s-ig. Kis méretűknél fogva a már beágyazott száloptikai érzékelők nagy biztonságban vannak, sérülésük valószínűsége csekély. A száloptikai érzékelők kapacitása megsokszorozható, ha két-három, vagy több hullámhosszt használva multiplex mérést hajtunk végre. Az előnyök mellett hátrányként kell megjelölnünk azt, hogy a száloptika elektromos áramot nem képes továbbítani, így ha jelerősítőre van szükség, ahhoz az energiát hagyományos vezetékkel kell eljuttatni rendeltetési helyére. Ezen kívül a beépítést végzők, illetve üzemeltetők szemének fokozott védelmére lehet szükség, mert az optikai szálakban haladó nagy energiájú fény-nyaláb a retina azonnali, maradandó károsodását eredményezi még mielőtt azt az áldozat észlelni tudná, egy nem várt kontaktus (pl. meghibásodás) esetén.

Az optikai szál maga olyan csőként fogható fel, melyben a fény terjedve az információ hordozója. Az optikai szál az ún. totálreflexió elvén működik (Ábrahám, 1998). Az optikai szál sematikus működését a 11. ábra szemlélteti. A korábban említett hatásokra megváltoznak az optikai szál tulajdonságai, így



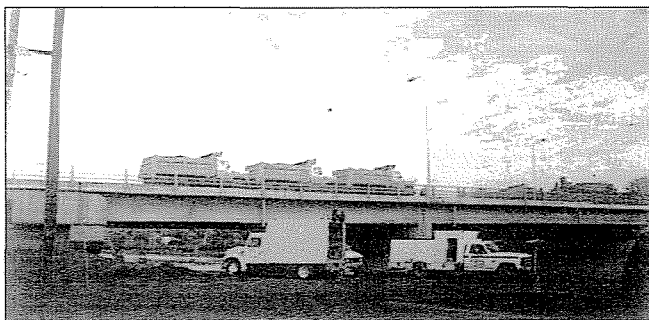
12. ábra: Bragg-féle diffrakciós rács működési sémája (Schwartz, 2002 alapján)
a) Bemenő fényjel spektruma
b) Továbbított fényjel spektruma
c) Visszatükrözött fényjel spektruma



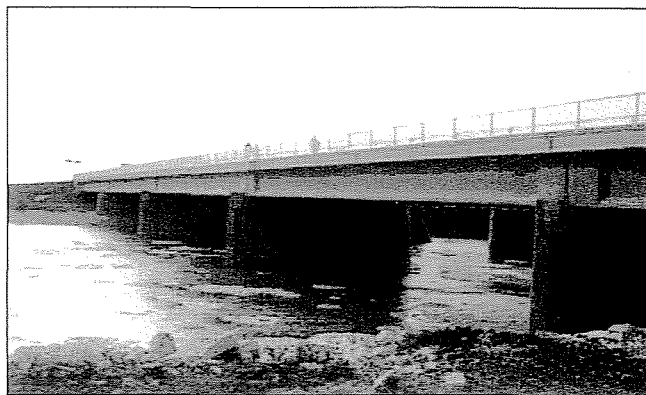
13. ábra: A Beddington Trail híd, Alberta, Kanada (Rizkalla, Tadros, 1994)

a fényjel változásából a hatás mérhetővé válik. A száloptikai érzékelők mérési elve lehet fényerősség-változás, terjedési idő változás (Mach-Zender, Michelson-Perry és Fabry-Pérot érzékelők), hullámhossz-változás (Bragg-féle érzékelők) és polarizációváltozás.

Az építőmérnöki gyakorlatban viszonylag gyakori az ún. Bragg-féle érzékelők alkalmazása, melyek optikai diffrakciós rácsként működve a beérkező fény egy adott hullámhossz-tartományát visszaverik, a többi fényt átengedik (Udd, 1995). A módszer alapötlete, hogy az optikai szál magjában, rövid hosszon periodikus kialakítással diffrakciós rácsot hoznak létre, melynek következtében helyileg megváltozik az optikai szál törésmutatója. A diffrakciós rács úgy működik, mint gyenge, részlegesen visszatükröző tükrök sorozata, amely a diffrakció jelenségén keresztül visszatükrözi a fény bizonyos hullámhosszú (λ_B) tartományát. Különböző kialakítással, különböző hullámhossz-tartomány visszatükrözése érhető el. A visszatükrözött fény hullámhossza egyenesen arányos a Bragg-féle diffrakciós rács hosszával. A Bragg-féle diffrakciós rács tehát egy rendkívül szűk optikai szűrő. Tekintsük a 12. ábrát. Ha megvilágítunk fehér fényvel egy optikai szálát és megvizsgáljuk a fény spektrális összetételét a Bragg-féle diffrakciós rács előtt és után, akkor láthatjuk, hogy egy néhány tized nanométeres sáv (λ_B) hiányzik a továbbított jelből. Pontosan az, amelyik visszatükröződött. Minden olyan változás (pl. alakváltozás vagy hőmérsékletváltozás), amely a Bragg-féle rács osztássűrűségét vagy törésmutatóját megváltoztatja, maga után vonja a visszatükröződött fény hullámhosszának megváltozását. Ez tehát a mérés elve. Ha egy optikai szálra több Bragg-féle rácsot készítünk, melyek más és más hullámhossz-tartományt vernek vissza, akkor egyetlen optikai szállal több pontban végezhetünk méréseket. A Bragg-féle száloptikai érzékelők legfontosabb előnye, hogy a változások, melyeket érzékelnünk kell, lineárisak. Az FRP anyagokba ágyazott száloptikai érzékelők képesek elviselni akár a pultrúziós gyártás (ágyazóanyag kikeményítése autoklávban) alatt fellépő hőmérsékleteket is, így alkalmasak mind a gyártás közbeni, mind a későbbi használat alatt fellépő igénybevételek méré-



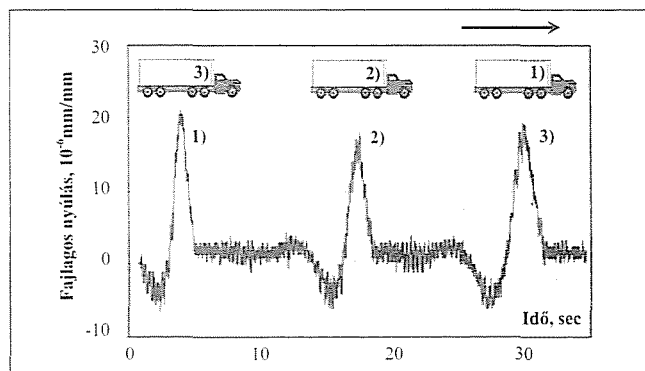
15. ábra: A Joffre-híd próbaterhelése három tehergépkocsival, Quebec, Kanada (Tennyson, 2001)



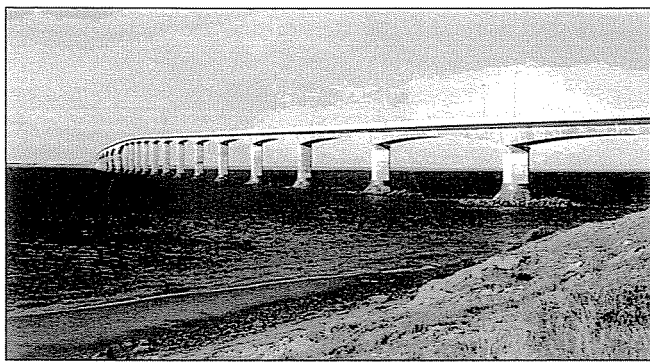
14. ábra: A Taylor-híd, Manitoba, Kanada (PCI, 1998)

sére. Az előzőekben említett ISIS Canada programon belül több hídstruktúrába is beépítettek Bragg-féle érzékelőkkel ellátott integrált száloptikai érzékelő rendszereket (Waterloo Creek híd, British Columbia; Beddington Trail híd, Alberta (13. ábra); Taylor híd, Manitoba (14. ábra); Leslie Street híd, Ontario; Joffre híd, Québec (15. ábra); Confederation híd, Prince Edward sziget, New Brunswick (17. ábra) stb.), melyek közül a Taylor híd 1998-ban elnyerte a Harry H. Edwards Ipari Fejlesztési Díjat. A zsűri döntését a következőkkel kommentálta: "...a projekt nem mindennapi módon kihasználja a szénszál (CFRP) feszítőbetétekben és nem feszített betétekben rejlő lehetőségeket, mind a korróziós ellenállást, mind a nagy szilárdságot tekintve. Ezzel példaként szolgál a jövőbeni alkalmazási lehetőségeinkre..." (PCI, 1998).

A Beddington Trail híd az első híd volt Kanadában, melyben beépített száloptikai érzékelőket alkalmaztak, sőt, az első olyan hídstruktúra volt a világon, melyben a beépített száloptikai érzékelőket szénszál (CFRP) feszítőbetétekkel készült tartókba építették be. A híd maga egy kétnyílású, folytatódó, 33°-ban bal ferdeségű hídstruktúra, nyílásai 22,85 m és 19,23 m nagyságúak. A híd főtartóit 13 előregyártott, T-keresztmetszetű, előfeszített gerenda képezi mindkét nyílásban, melyek közül hat készült szénszál (CFRP) feszítőbetéttel. Négy gerendában $\varnothing 15,2$ mm CFCC® betétek (gyártó: Tokyo Rope), kettőben pedig $\varnothing 8$ mm Leadline® betétek (gyártó: Mitsubishi Kasei) találhatók. A gerendákat úgy tervezték, hogy használati határállapotban azonos viselkedésük legyen, mint az acél feszítópázmákkal készült elemeké. Ez a tervezési feltétel azt eredményezte, hogy a CFRP betétekkel feszített elemek teherbírása nagyobb-, a tönkremenetelhez tartozó lehajlásuk pedig kisebb lett, mint az acél pázmákkal feszített elemeké (Rizkalla, Tadros, 1994). A hidat a 13. ábrán láthatjuk. A monitoring rendszer száloptikai nyúlás- és hőmérő szenzorokból áll, amelyekkel a hídgerendák viselkedését lehetett mind az építés alatt, mind pedig a forgalom alatt folyamatosan nyomon követni. A híd tartógerendáiba összesen 20 Bragg-féle diffrakciós



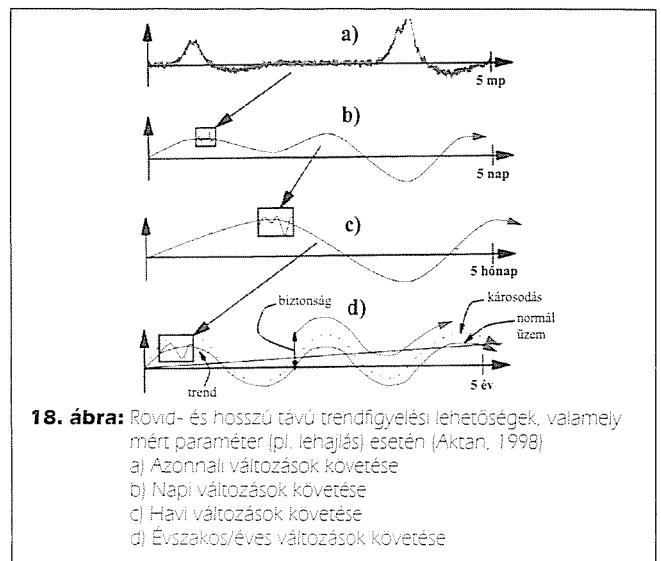
16. ábra: Támaszkodási fajlagos alakváltozás mérése száloptikai érzékelővel a Joffre híd próbaterhelése során (Tennyson, 2001)



17. ábra: A Confederation híd, Prince Edward sziget, New Brunswick, Kanada (www.confederationbridge.com)

rácsos száloptikai érzékelőt építettek be. Az érzékelők közül ötévnyi üzemelést követően 18 még hibamentesen működött. A szerkezet állapotát folyamatosan rögzítik.

A Taylor híd (14. ábra) a világ leghosszabb olyan közúti hídja, melyben szén-szál (CFRP) betétekkel feszített tartók és száloptikai érzékelők találhatók. A híd Manitoba állam Headingley járásában található az Assiniboine folyó felett (Rizkalla et al, 1998), teljes hossza 165 m, melyet négy pillér oszt kéttámaszú, azonos támaszközü mezőkre. A híd főtartói mezőnként 8 darab, 1,8 m magas feszítettbeton I-tartó. A híd négy CFRP betéttel feszített gerendát tartalmaz, melyekben a feszítőbetétek részben törvonalban haladnak. Két-két gerenda készült CFCC® (Ø15,2 mm) és Leadline® (Ø10 mm) betétekkel. A híd pályalemezének egy szakaszában szintén CFRP betétekkel helyettesítették a vasalást (Ø10 mm Leadline®). A híd tartógerendáiba összesen 65 Bragg-féle diffrakciós rácsos száloptikai érzékelőt építettek be. Az érzékelők egy részével a feszítőbetétek erőátadódási hosszát vizsgálták, míg más részük a hasznos teherből származó alakváltozásokat érzékeli. Kontrollként 26 hagyományos nyúlásmérőt is beépítettek a száloptikai érzékelők közelébe, elsősorban a gyártásközi feszítőfeszültség-ellenőrzéshez. Annak ellenére, hogy a hagyományos nyúlásmérők elhelyezése igen gondos volt, a betonozást követően, a nedves környezet miatt ezeknek több mint 60 százaléka meghibásodott. Ezzel szemben a száloptikai érzékelőkkel hibamentes mérések folytak és folynak jelenleg is. A híd komplett monitoring szoftverrel (ESPAN®) folyamatos megfigyelés alatt áll, amely egyidőben rögzíti és elemzi a száloptikai érzékelőktől jövő információkat és a

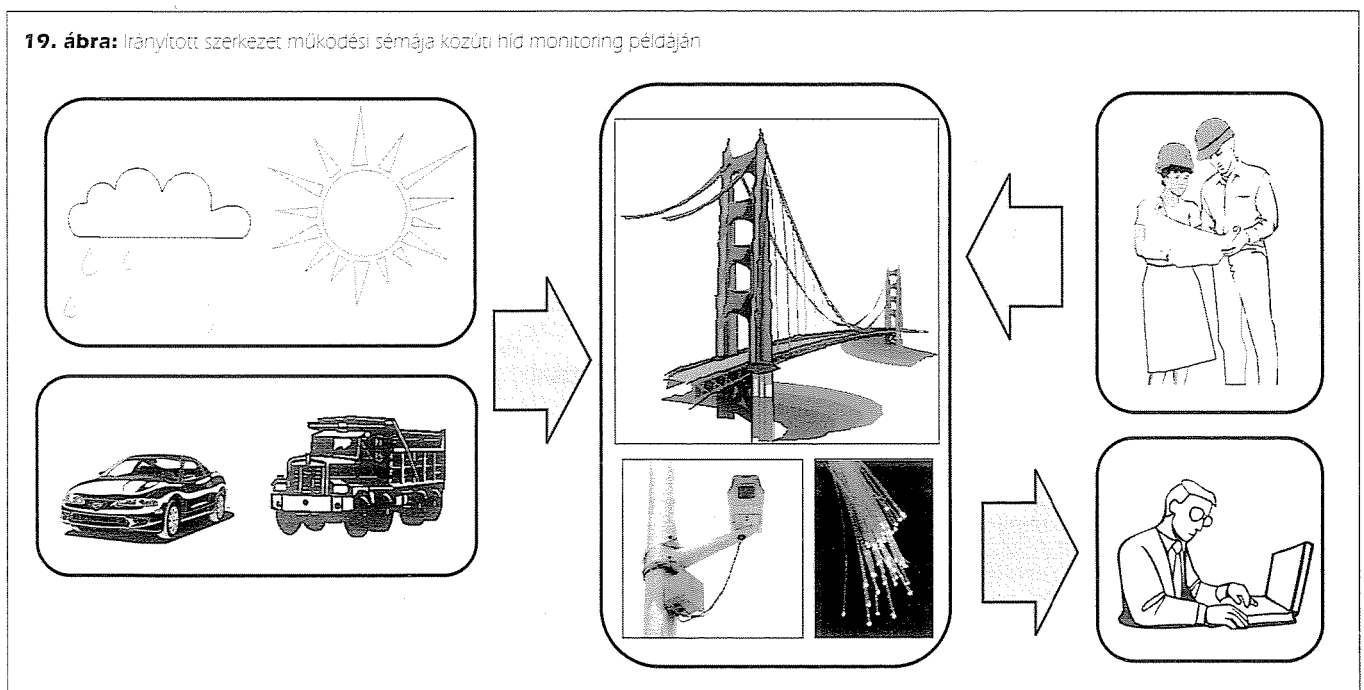


hídon elhelyezett forgalomfigyelő, on-line kamerák felvételeit (Tennyson, 2001).

A Joffre híd (szerkezetét tekintve öszvérhíd) eredetileg 1950-ben épült, azonban felújítása során, az ISIS program keretein belül beton pályalemezeit kicserélték, és azokba kizárólag szén-szál (CFRP) betéteket építettek be. A hídszerkezetet nagyszámú, a legkülönbözőbb típusú beépített szenzorokkal építették újjá, összességében 180 kritikus területet vontak be monitoring folyamatba. A beépített érzékelők száloptikai és hagyományos érzékelőket is magukban foglalnak. A híd próbaterhelését, melyet három tehergépkocsival hajtottak végre, 15. ábrán láthatjuk. A próbaterhelés során, egy száloptikai érzékelővel rögzített mérési eredményt mutat a 16. ábra (Tennyson, 2001).

A 12,9 km hosszú Confederation híd (17. ábra), mely a Prince Edward szigetet köti össze New Brunswick szárazföldjével, a világ leghosszabb hídszerkezete, amely befagyó tengeröblöt hidal át. Rendkívül szélsőséges időjárási körülmények közötti funkcióra, 100 éves használati élettartamra tervezték. A tartószerkezetben 15 Bragg-féle diffrakciós rácsos száloptikai érzékelő és 4 nyúlásmérő szenzor szolgáltat folyamatos mérési eredményeket. A hídon áthaladó gépjárműveket forgalomfigyelő, on-line kamerák rögzítik, melyek közül egynek a képe a világhálón folyamatosan megtekinthető (www.confederationbridge.com).

19. ábra: Irányított szerkezet működési sémája közúti híd monitoring példáján



A szerkezetekbe beépített érzékelők széles időskálán lehetővé teszik egy-egy vizsgált paraméter (hőmérséklet, alakváltozás, stb.) elemzését, trendfigyelését (18. ábra). Az adatsorok a normál üzemelésről, vagy esetleges károsodásokról gyakorlatilag időbeli késedelem nélkül szolgáltatnak információkat a szerkezet üzemeltetői, fenntartói számára. A jelenlegi mérnöki gyakorlatban az adatok elemzését, a következtetések levonását, a szükséges intézkedések megtételét emberi beavatkozás nélkül megvalósítani még nem lehet (19. ábra). A mikroelektronika fejlődésével azonban az irányított szerkezetekből idővel intelligens szerkezeteket leszünk majd képesek kialakítani.

4. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az utóbbi évtizedben, a vasbetonépítésben is megjelentek az ún. irányított anyagok („smart materials”) és irányított szerkezetek („smart structures”). Az irányított szerkezetek alapelemei az érzékelők, melyekkel a szerkezet a környezetéből érkező ingereket képes felfogni, az aktuátorok, melyekkel a szerkezet képes az őt ért ingerekre való reagálásra, és valamely irányítási rendszer, amely az érzékelőkön keresztül beérkező nagy mennyiségű információ tárolásához, feldolgozásához és elemzéséhez szükséges, illetve ezek alapján az aktuátorok utasításokat kapnak egy adott ingerre való reagálásra.

A vasbetonépítésben a szénszál-erősítésű betonok, illetve a különböző szál-erősítésű polimerek nyújthatnak lehetőséget irányított anyagként való felhasználásra önmagukban, vagy szál-optikai érzékelőkkel kombinálva. Az irányított anyagok általában megkövetelik határ-tudományterületek szoros együttműködését, de egyúttal a valósidejű monitoring lehetőségeket kiterjesztik egy, a korábbi évtizedekben még el sem képzelhető szintre, mellyel a szerkezetek használhatósága és tartóssága időben is kiterjeszthetővé válik. Költségségénél fogva, jelenleg még viszonylag kevés építőmérnöki alkalmazásról tudunk beszámolni. A mikroelektronika rohamos fejlődésével azonban az irányított szerkezetekből idővel akár intelligens szerkezeteket is képesek leszünk kialakítani.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző ezúton is megköszöni az Oktatási Minisztériumnak az OM PÁL 94/2005 (18657/2005) számú posztdoktori kutatási pályázaton keresztül és az OTKA F61685 számú kutatási pályázaton keresztül nyújtott támogatást. Külön köszönet illeti a kézirat lektorait, dr. Balázs L. György, dr. Deák György, dr. Tassi Géza és dr. Träger Herbert, akik értékes tanácsaikkal elősegítették a cikk megjelenését.

6. HIVATKOZÁSOK

- Ábrahám Gy. (1998) „Optika”, Panem-McGraw-Hill, Budapest, ISBN 963 545 144 X
- Akhras, G. (2000) „Smart materials and smart systems for the future”, *Canadian Military Journal*, Autumn 2000, pp. 25-31.
- Aktan, A. E., Helmicki, A. J., Hunt, V. J. (1998) „Issues in health monitoring for intelligent infrastructure”, *Smart Materials and Structures*, 7 (1998), IOP Publishing Ltd, pp. 674-692.
- Ansari, F. (2005) „Fiber optic health monitoring of civil structures using long gage and acoustic sensors”, *Smart Materials and Structures*, 14 (2005), IOP Publishing Ltd, London, Online at stacks.iop.org/SMS/14/S1.
- Balázs L. Gy. – Borosnyói A. (2000a) „Beton szerkezetek korrózióálló be-

- tétekkel”, TARTÓK 2000 – VI. Magyar Tartószerkezeti Konferencia, Konferenciakiadvány, Budapest, 2000. május 25-26., pp. 321-333.
- Balázs L. Gy. – Borosnyói A. (2000b) „Nem acél anyagú (FRP) betétek alkalmazása a hidépítésben”, *Vasbetonépítés*, II. évf. 2. szám, 2000/1, pp. 45-52.
- Balázs L. Gy. – Polgár L. (1999) „Szál-erősítésű betonok múltja, jelene és jövője”, *Vasbetonépítés* I. évf. 1. szám, 1999/1, pp. 3-10.
- 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.
- Borosnyói A. – Balázs L. Gy. (2002) „Nem acél anyagú (FRP) betétek tapadása betonban”, *Vasbetonépítés*, IV. évf. 4. szám, 2002/4, pp. 114-122.
- Borosnyói A. – Balázs L. Gy. (2004a) „Szál-erősítésű polimer (FRP) betétekkel készülő betonelemek tervezési kérdései”, *Vasbetonépítés*, VI. évf. 3. szám, 2004/3, pp. 87-94.
- Borosnyói A. – Balázs L. Gy. (2004b) „Betonelemek szál-erősítésű polimer (FRP) betétekkel – használhatósági határállapot. 1. rész. Általános tapasztalatok”, *Vasbetonépítés*, VI. évf. 4. szám, 2004/4, pp. 114-122.
- Borosnyói A. – Balázs L. Gy. (2005) „Betonelemek szál-erősítésű polimer (FRP) betétekkel – használhatósági határállapot. 2. rész. Hazai tapasztalatok”, *Vasbetonépítés*, VII. évf. 1. szám, 2005/1, pp. 11-18.
- Busel, J. P. – Lockwood, J. D., Eds. (2000) „Product Selection Guide: FRP Composite Products for Bridge Applications”, *Publication of the MDA*, Harrison, NY, 2000
- Chandrashekhara, K., Watkins, S. E., Nanni, A., Kumar, P. (2004) „Design and Technologies for a Smart Composite Bridge”, *Proceedings of the 2004 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*, Washington, pp. 954-959.
- Chen, P. W., Chung, D. D. L. (1996) „Carbon Fiber Reinforced Concrete as an Intrinsically Smart Concrete for Damage Assessment during Static and Dynamic Loading”, *ACI Materials Journal*, July-August 1996, V. 93, No. 4, pp. 341-350.
- Chung, D. D. L. (1998) „Self-monitoring structural materials” *Materials Science and Engineering*, R22, No.2, March 1998, pp. 57-78.
- fib (2006) „Long term observations on existing structures”, State-of-the-Art Report by fib TG 4.1 „Serviceability Models”, *fib Bulletin* (publikálásra előkészített munkadokumentum)
- Gandhi, M. V., Thompson, B. S. (1992) „Smart Materials and Structures”, Chapman & Hall, London, ISBN 0 412 37010 7
- Gu, X., Chen, Z., Ansari, F. (2000) „Embedded Fiber Optic Crack Sensor for Reinforced Concrete Structures”, *ACI Structural Journal*, May-June 2000, V. 97, No. 3, pp. 468-476.
- Halley, P. (1987) „Fibre optic systems”, *John Wiley & Sons Inc.*, ISBN 0 471 91410 X
- Harichandran, R. S., Hong, S. (2003) „Sensors to Monitor Bond in Concrete Bridges Rehabilitated with FRP”, *Final Report to the Michigan Department of Transportation*, Michigan State University
- ISIS Canada (2000) Homepage: <http://www.isiscanada.com>
- Liu, S. C. (editor) (2000) „Smart Structures and Materials 2000 – Smart Systems for Bridges, Structures and Highways”, *Proceedings of SPIE*, Vol 3988, 2000.
- Lublóy É. – Borosnyói A. – Balázs L. Gy. (2004) „Szénszál (CFRP) feszítőbetétek tapadása magas hőmérsékleten”, *Vasbetonépítés*, VI. évf. 4. szám, 2004/4, pp. 108-113.
- Maalej, M., Karasiris, A., Pantazopoulou, S., Hatzinakos, D. (2002) „Structural health monitoring of smart structures”, *Smart Materials and Structures*, 11 (2002), IOP Publishing Ltd, London, pp. 581-589.
- Measures, R. M. (1990) „Smart structures with nerves of glass”, *Prog. Aerospace Sci.*, Vol. 26., Pergamon Press, London, pp. 289-351.
- Nawy, E., Chen, B. (1998) „Deformational Behaviour of High Performance Concrete Continuous Composite Beams Reinforced with Prestressed Prisms and Instrumented with Bragg Grating Fiber Optic Sensors”, *ACI Structural Journal*, January-February 1998, V. 95, No. 1, pp. 51-60.
- PCI (1998) „Harry H. Edwards Industry Advancement Award Winner – The Taylor Bridge, Headingley, Manitoba, Canada”, *PCI Journal*, September-October 1998, pp. 21-25.
- Quirion M., Ballivy, G. (2000) „Concrete Strain Monitoring with Fabry-Pérot Fiber-Optic Sensor”, *ASCE Journal of Materials in Civil Engineering*, August 2000, Vol. 12., No. 3., pp. 254-256.
- Reza, F., Batson, G. B., Yamamuro, J. A., Lee, J. S. (2001) „Volume Electrical Resistivity of Carbon Fiber Cement Composites”, *ACI Materials Journal*, January-February 2001, V. 98, No. 1, pp. 25-35.
- Rizkalla, S. (1998) „FRP and FOS for Bridges and Structures in the New Millennium”, *Proceedings of the ICCE/5 5th International Conference on Composite Engineering*, Las Vegas, pp. 65-68.
- Rizkalla, S. H., Shehata, E., Abdelrahman, A. A., Tadros, G. (1998) „The New Generation – Design and construction of a highway bridge with CFRP”, *Concrete International*, June 1998, pp. 35-38.
- Rizkalla, S. H., Tadros, G. (1994) „A Smart Highway Bridge in Canada”, *Concrete International*, Vol. 16., No. 6., June 1994, pp. 42-44.
- Schwartz, M. (2002) „Encyclopedia of Smart Materials”, *John Wiley & Sons*, New York, ISBN 0 471 17780 6
- Tennyson, R. C., Mufti, A. A., Rizkalla, S., Tadros, G., Benmokrane, B. (2001) „Structural health monitoring of innovative bridges in Canada with fiber

- optic sensors", *Smart Materials and Structures*, 10 (2001), IOP Publishing Ltd, London, pp. 560-572.
- Tuan, C., Yehia, S. (2004) „Evaluation of Electrically Conductive Concrete Containing Carbon Products for Deicing", *ACI Materials Journal*, July-August 2004, V. 101, No. 4, pp. 287-293.
- Udd, E. (editor) (1995) "Fiber Optic Smart Structures", *John Wiley & Sons Inc.*, ISBN 0 471 55448 0
- Wen, S., Chung, D. D. L. (2005) „Strain-Sensing Characteristics of Carbon Fiber-Reinforced Cement", *ACI Materials Journal*, July-August 2005, V. 102, No. 4, pp. 244-248.
- Wolff, R., Miesslerer, H. J. (1992) „Monitoring of prestressed concrete structures with optical fiber sensors", *Proceedings of the 1st European Conference on Smart Structures and Materials*, Glasgow, pp. 23-29.

Dr. Borosnyói Adorján (1974) okl. építőmérnök, PhD, egyetemi adjunktus a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén, az Építőanyagok Anyagvizsgáló Laboratórium laborrészleg-vezetője, poszt-doktori ösztöndíjas kutató. 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 „Serviceability Models” munkabizottság tagja.

NEW DEVELOPMENTS IN MONITORING OF CONCRETE STRUCTURES – ON THE WAY TOWARD INTELLIGENT MATERIALS?

Dr. Adorján Borosnyói

Mankind is depending on structural materials in the same way, as the materials themselves are depending on the level of science and technology. Today, development of structural materials is so much accelerated that could not be imagined some decades or even some years ago. Newer and newer interdisciplinary scientific fields get connection to each other, improving the performance of structural materials. Present paper gives short summary of the potential future of fibre reinforced structural materials in concrete construction. Definition and examples of smart materials are introduced. Possibilities of intelligent materials are highlighted.

A SÚRLÓDÁS, A SÚRLÓDÁS ÉS NYÍRÁS EGYÜTTES HATÁSÁNAK SZEREPE EGYES SZERKEZETEKNEÉL ÉS SZERKEZETI MEGOLDÁSOKNÁL



Dr. Gilyén Jenő – Gilyén Péter

Szerkezeteinkben talán leggyakrabban a fellépő nyíróerő egyensúlyozásaként jelentkezik a súrlódási ellenállás. A súrlódási ellenállás fellépésének előfeltétele legalább egy mikroszkopikus méretű relatív elmozdulás. A súrlódó ellenállás azonban csak valójában érintkező és leterhelt felületen jöhet létre. Vannak olyan esetek is, amikor az összeszorítottság mértéke/ereje eleve nem látszik elégségesnek az átadni kívánt nyíró/súrlódási erőhatáshoz. Ilyenkor szokásos a felületek mesterséges feldurvítása, vagy akár fogazott kialakítása, mely utóbbi esetben a „fogazás” leszakítása ellenében fellépő nyírási ellenállás is számításba vehető. Ezt nevezhetjük „nyírási súrlódásnak”, mivel a fő ellenállást ekkor a „fogazás” tökeresztmetszeteiben fellépő nyíróerő képviseli. Külön meg kell említenünk azokat az eseteket, amikor a (főleg előregyártásnál adódó) sima felületek – tehát a nem durvított, fogazott felületek – valójában (kezdetben) nem is érintkeznek egymással, például, mert zsugorodási repedés választja el őket. Ez is nagyon gyakori eset előre gyártott elemek közötti kapcsolatnál, ha a tömegerő (állandó erőhatások rendszere) az adott felületen nem szorítja össze annyira a felületeket, hogy az elzsugorodott kitöltő-beton/habarcs némi roncsolása árán a kezdeti zsugorodási hézag „összeessen” - összezáródjék. Ilyenkor a súrlódási hatás a szokványosnak, állandónak, ill. tartósnak tekinthető terhelési esetekben még ki sem alakul, nem vagy alig működik. A kérdés sokféle tárgyalása miatt célszerű esettanulmányok eredményei alapján is vizsgálnunk.

Kulcsszavak: súrlódás, súrlódási tényező, nyíró súrlódás, súrlódási elmozdulás, nyugvó súrlódás, alakváltozás, összeférhetetlen alakváltozások

1. A SÚRLÓDÁSRA VONATKOZÓ KÍSÉRLETEK

A VASBETONÉPÍTÉS 2002/3 számában megjelent Dulácska Endre, Csák Béla és Orosz László szerzőktől (Dulácska, Csák, Orosz, 2002) egy részletes beszámoló saját kutatásaik eredményeiről, kiegészítve bőséges irodalmi hivatkozásokkal a beton-beton közötti súrlódás témakörében (1. táblázat). Jelen cikk elsősorban a szerkezeti beton elemek és a velük érintkező ágyazó betonok, illetőleg betonnak nem tekinthető habarcs-aláterítések közötti erőátadási problémákat kívánja megvilágítani – esettanulmányok segítségével. Ezekben az esetekben könnyen akár nagyságrendi különbség is adódhat a két érintkező, súrlódásos erőátadási kapcsolatba kerülő anyag szilárdsága között. Továbbá igen gyakran a nagyobb szilárdságú elem acélsablonban előregyártott, sima felületű, míg a másik résztvevő anyag helyszínen készített, az illesztési felületre öntött finomszemcsés habarcs, vagy gyenge beton. Ez a helyszínen

készülő kiöntés, ill. aláöntés tömörítetlen, nagy hézagterfogatú, habarcsszerű anyagból készül, mely ráadásul tekintélyes zsugorodását későbbi időpontban, részterhelés alatt végzi. A habarcsszerű betonrétegen keresztül közvetíthető, létrehozható teljes leterhelő erő már ezen anyagok kisebb szilárdsága miatt is lényegesen kisebb, mint két jó minőségű betontest közötti súrlódás vizsgálatánál szokásos leterhelő, ill. összeszorító erők. A súrlódási jelenségeket tekintve: kétféle érintkező anyag nagyon eltérő szilárdsága esetén, hozzávéve mindehhez a felületi minőségekben („simaságban”) is megmutatkozó különbséget, jelentős eltérés lehet a két egyforma felületű és szilárdságú betontest között kísérletileg tapasztalt súrlódási értékhez képest. Nem szabad megfeledezni a zsugorodás következményeiről sem. A zsugorodás jelentősen módosítja a különböző rábetonozással készülő szerkezetek viselkedését. Így esetleg a szerkezeti erőjáték egyes eseteiben nem is jön létre igazi súrlódási jelenség a zsugorodási hézag miatt.

1. táblázat: Dulácska, Csák, Orosz (2002) „A beton súrlódása” című cikk 2. táblázata: A „B” kísérletcsoport, eredményei

Jel	Sorszám	$\sigma_{\text{törő}}$ (N/mm ²)	H (kN)	$\sigma/\sigma_{\text{törő}}$	μ alsó-felső	Állapot
I.	1-5	12,6	100	0,35	1,32-1,78	sima, száraz
II.	1-5	12,6	200	0,70	0,86-0,99	sima, száraz
III.	1-5	12,6	270	0,95	0,53-0,74	sima, száraz
IV.	1-5	12,6	100	0,35	0,29-0,64	sima, nedves
V.	1-5	12,6	200	0,70	0,39-0,54	sima, nedves
VI.	1-5	12,6	100	0,35	0,39-0,66	érdes, száraz
VII.	1-5	12,6	200	0,70	0,27-0,46	érdes, száraz
VIII.	1-5	12,6	100	0,35	0,29-0,53	sima, áztatott
IX.	1-5	12,6	200	0,70	0,26-0,38	sima, áztatott
X.	1-5	12,6	100	0,35	0,29-0,58	sima, meleg

2. AZ ESETTANULMÁNYOKNÁL FELLÉPŐ ÖSSZESZORÍTÓ ERŐ SZOKÁSOS ÉRTÉKEI

A bevezetésben hivatkozott cikkben tárgyalt kísérletek esetében az egymáson elcsúszó beton kockák szilárdsági osztálya C20, ill. C10 volt. A szokásos építmény-szerkezetek összeépítésénél az előregyártott elem szilárdsága ennél általában magasabb, viszont az illesztési betoné kisebb. Ez utóbbinál a tömörítést is csak az azonnali, kisebb mértékű leterheléssel lehet megoldani, mely egyúttal a viszonylag teljes felületen való érintkezés elérését is biztosítja. Ez az erő több emelet magas pillér ráhelyezésekor elérheti, vagy legalábbis megközelíti az idézett cikkben szereplő, min. 150 kN leterhelést, mely aránylag kicsiny, „pillér-keresztmetszeti” felületre oszlik el. Viszont egy szokványos falpanel súlya nem több, mint 50 kN. Amikor ezt az ágyazó betonra helyezik, a tipikusan mintegy $150 \times 5000 \text{ mm} = 750\,000 \text{ mm}^2$ felfekvési felületen ez csupán $0,0666 \text{ N/mm}^2$ kezdeti megoszló feszültséget jelent! Az összeszorító, ill. leterhelő erő a végső összeépítettség állapotában is, a 10-szintes épület legjobban leterhelt földszintjén is, a födém-terhekkal, állandó terhekkal együtt is csak kb. $1,3\text{--}2,0 \text{ N/mm}^2$ -re növeli fel a nyomó-feszültséget, szemben a kísérletnél szereplő min. $6,666 \text{ N/mm}^2$ -rel.

A kis leterhelés következtében a súrlódási jelenség kialakulásakor a nagyobb szilárdságú és síma felületű, előregyártott elem felülete az elcsúszás folyamán alig sérül. Viszont a nem tömörített, nem tömöríthető ágyazó beton durva fészkes felületén ilyenkor azonnal jelentős felületi morzsolódás indul meg, aminek következtében ezen „lemorzolt” szemcséken gördülő, kombinált súrlódási jelenség alakul ki, kisebb és bizonytalanabb értékű súrlódási tényezővel. Nagyobb elmozduláskor viszont már a nagy szilárdságú kvarc és földpát szemcsék „fölszántják” az ágyazási betont, sőt, (bár főleg jelentősebb összeszorítóerő esetén, és kisebb mértékben), az előregyártott elem betonját is, hiszen ott is a felületen kavics szemcsék és cementhabarcs felváltva szerepelnek, s lévén a kvarc szemcse közel nagyságrenddel szilárdabb, mint a megszilárdult cement gél, az előregyártott elem felülete is sérül, feldurvul. Ezek az érintkező felszínek minőségét megváltoztató folyamatok ezután komoly hatást gyakorolnak a kialakuló súrlódás nagyságára.

3. EGY TANULSÁGOS KÍSÉRLETI EREDMÉNY AZ ELŐBBIEK ALÁ- TÁMASZTÁSÁRA

Az országban a panelos szerkezetű épületekben összesen mintegy 550 000 lakás készült el. Minthogy ez hatalmas építményérték, és nem melleleg másfél millió ember helyettesíthetetlen lakhelye, a megvalósult szerkezeti megoldások és ezek számítási modellje mindvégig vita tárgya volt 1962–1980 között, alapvetően a monolit statikai modell hívei és az épületeket inhomogén elemhalmaznak tekintők között. Az elméleti viták mögött ott feszült a megtakarítások, olcsóbbítások reménye is, mely a becsületes mérnöknek mindig ott kell lebegjen a szeme előtt, nem feledkezve meg azonban a biztonság és tartósság feltétlen garantálásáról. A panelos épületek tervezését és méretezését szabályozó ME 95-70 T, majd az ezt országosan bevezető ME 95-72 számú Műszaki Előírás az inhomogenitás tekintetbevételének alapján állt. A 10-szintes panelszerkezet merevségét és nyírási teherbírását (az általuk

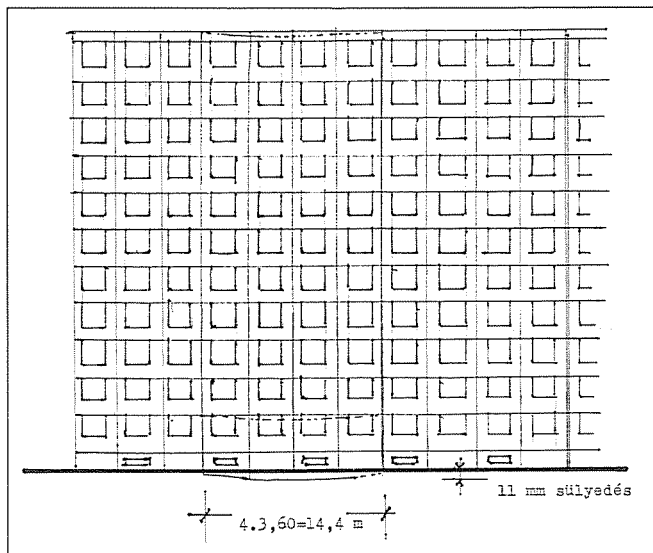
érvényesnek tekintett monolitikus viselkedés alapján) igen nagyra vélelmezők kísérleti számításokkal kívánták igazolni az alapozás nagymértékű egyszerűsítésének lehetőségét, főleg az alapozási süllyedések lokális különbségeiből eredő igénybevételeknek a felszerkezetre gyakorolt hatását elemezendő. A kísérleti számításokat az akkori Építésügyi Minisztérium megrendelésére a Műgyetem Mechanikai Tanszéke végezte. A kapcsolatok monolitikus működését feltételező modellnél a hosszfalak nagy mértékű átlukasztottsága (ajtónyílások a belső falakban, ablakok a homlokzati falakban) miatt egyes áthidalókban a számítás a határ-igénybevétel hatszorosát adta ki, átlagos altalajviszonyok esetére. A számítási modellben figyelembe vették (jelentős számítási, modell-alkotási nehézségek árán) a terhelés fokozatos növekedésével együtt a növekedő szerkezeti merevség hatását is. Mindez megmutatta azt is, hogy mindenképpen az alapozási szerkezetről kell biztosítani a süllyedéskülönbségek minimális mértéken tartását, függetlenül a szerkezeti működésről vallott eltérő álláspontoktól. Ezt vagy megfelelően nagy nyíró és hajlító teherbírású, monolitikusan épített pinceszint vagy mélyalapozás alkalmazásával lehet elérni.

Jelen tanulmány szerzője ugyanekkortájt értékelte ki egy Szegeden felépült 10 szintes cölöpalapozású épület homlokzati falának valóságos merevségét. Erre azért volt szükség, mert a ház 14,40 m hosszú szakaszán alapozási hibából 11 mm-es süllyedés-különbség következett be, és e váratlan terhelő mozgás veszélyesen túlterhelhette az épület tartószerkezetét. Az esetből valószínűleg következő többlet-igénybevételek viszonylag pontos megbecsléséhez alapvetően az épület, mint „hosszú gerenda” inercianyomatékának meghatározására volt szükség. A monolit faltárcsa modell hívei az épület egészére számításai alapján mintegy 50 m^4 inercianyomatékot tételeztek fel, szemben a TTI véleményével.

Az elemekből összetett szerkezet tulajdonságait valójában ugyanis az egyes falpanelek, mint kezdeti állapotukban „egymáshoz lazán kiélt” merev-rugalmas elemek együttműködő rendszere határozza meg. Ez természetesen sokszorosan bonyolultabb elemzést kíván, mint egyetlen monolitikus „öntvénynek” tekinteni a homlokzat egészét. A bonyodalmak jelentős részét az okozza, hogy az elzsugorodott betonnal kiöntött csomópontok az első néhány tized mm-nyi elmozdulási kényszerre szinte ellenálló erőhatás nélkül reagálnak (amíg a repedések összezárnak, az előre gyártott elemek valóban „összefeszülnek”), majd ezután már jelentős kapcsolati erők ébrednek, az elmozdulás különböző irányú komponensei által meghatározott módon, azonban messze nem egyszerű lineáris összefüggés szerint. Tulajdonképpen a merev-rugalmas viselkedés alapvető (merevségi és teherviselési; terhelés-szétosztási!) paraméterei a szerkezet pillanatnyi terheltségi és alakváltozottsági állapotától függően jelentősen változnak! - Sőt mindezek a változások pontról pontra követendők!

Fentiek alapján álló számítás az üzemi terhek valamint az extra lehajlások együttes hatására kétoldalt tökéletlenül befogottnak tekintett homlokzati fal-elemek viselkedését tekintetbe véve egy körülbelül $1,0 \text{ m}^4$ inercianyomatékú „egyenértékű helyettesítő gerendát” mutatott az illető szegedi épületre. A (részleges) befogás feltételezése jogos volt, mert a dilatációs szakasz közepén történt a problémát elindító többlet süllyedés. Nem is kell talán külön hangsúlyozni, hogy a kétféle szemlélet szerinti megközelítés különbsége az épület merevségi viszonyaira nézvést ötvenszeres lévén, az épület valóságos állapotának, alapvető sértetlenségének ténye megkérdőjelezhetetlenül igazolta az inhomogén modell reális voltát, és ugyanakkor a „monolitikus szemlélet” tarthatatlanságát. Így a tapasztalattal megerősödve az inhomogén szerkezeti modell szerint készülték

továbbra is a számítások az egyéb, rendkívüli hatásokra, mélyalapozásnál, illetve nagy merevségű monolit pince doboznál is (1. ábra). Mindezek további fontos következményeképpen el

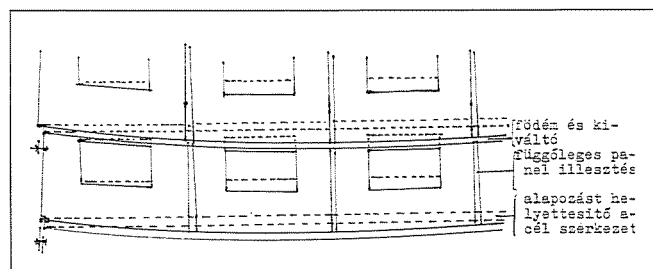


1. ábra: Szegedi panelos épület süllyedése cölöpalapozás ellenére

lehetett vetni azt a szándékot, mely (mint láttuk alaptalanul!) bízva a felszerkezet hatalmas merevségében, egyszerűsíteni és olcsóbbítani, gyorsítani kívánta a panelos lakóházak alapozási szerkezeteit, komoly monolitikus doboz-szerkezetű pincszint helyett előre gyártott elemekből építendő azt.

Időközben minden tervező szervezetnél elterjedtek a számítástechnikai eszközök, és az új, hatékony segédeszközzel elérhetőnek tűnhetett a méretezési pontosság finomítása. A monolit modell eltökélt hívei ebben bízva, ráadásul támaszkodva egy építéstechnológiai szempontból helytelen csomóponti egyszerűsítésre is, kieroszakolták az ME 95-80-ban a korábbi technológiai csökkentő tényezők drasztikus megnyirbálását. Tették ezt annak ellenére, hogy a kivitelezésben tapasztalt minőségi szórások a hajszolt ütemű építési törekvések miatt az ÉMI szakértőjének véleménye és nyilatkozata szerint is inkább növekedtek.

Így az új előírás szerint bizonyos, kissé nagyobb keresztmetszeti méretű, de bonyolultabb kialakítású függőleges csomóponti keresztmetszet esetén (mely valójában gyakorlatilag fészek-mentesen kibetonozhatatlan volt!) a falszerkezet monolit öntött falas szerkezetként is méretezhetővé vált. Tekintettel arra, hogy a monolit jellegű viselkedés vélelmének mindvégig volt sok ellenzője is, ezért az ÉTI Szentendrei Kísérleti bázisán egy 4 alaprajzi sejtéből kialakított, két szint magas, házgyári panelekből álló kísérleti épületmodellt építettek fel, egy részletes vizsgálat számára. Nagynyomású hidraulikus sajtókkal helyettesítették a valóságos épületnél még fölötté lévő további 8 szint terhelését. Továbbá egy acélrácsos aléptítmény segítségével az alapozásnál előállható süllyedés-különbségeket is lehetett modellezni, és ezeket is vizsgálták a kísérleti építmény-modellen. Az eredmény tökéletesen mutatta a nem



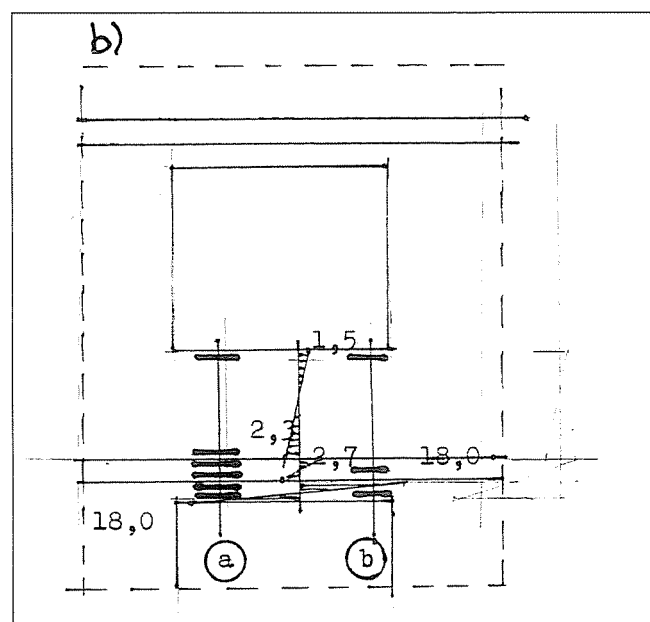
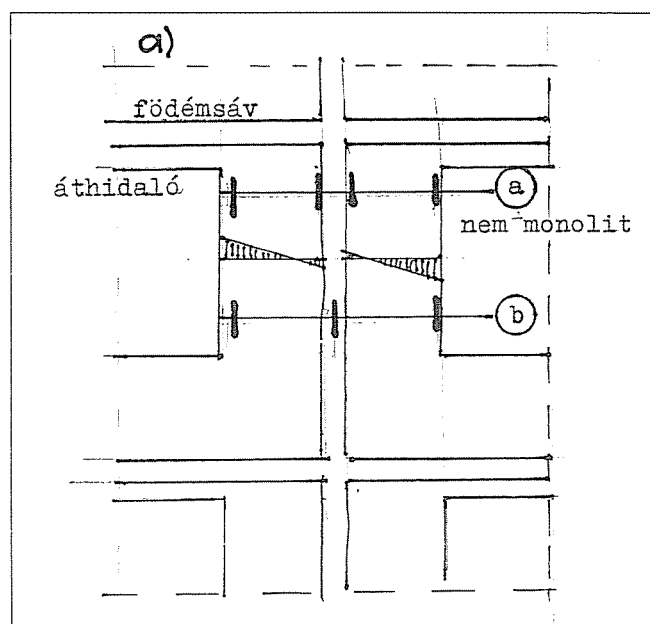
2. ábra: A panelos szerkezetű homlokzat nem monolit faltartó

monolit működést, valamint az alapozási süllyedéskülönbségek kialakulása esetén az egymás fölötti emeletek egymástól való elnyíródását, egymáson elcsúszó, tehát ilyen értelemben is nem monolitikus működését (2. ábra).

A panelos hosszfalli szerkezet monolit faltárcsaként való működése soha nem jöhet létre. A sűrűn elhelyezkedő födémek nagy keresztmetszeteiben nem jöhetnek létre a faltartó kisméretű vízszintes metszetében keletkező alakváltozások, a csatlakozási metszetben az összeférhetetlen alakváltozások miatt csúszó-gördülő súrlódással kissé gátolt egymástól elváló elmozdulás jön létre az egyes emeletek között.

Az elmozdulásokat mérő nyúlásmérő bélyegek elrendezését Kaliszky professzor jelen tanulmány szerzőjétől kérte, hogy azokkal a csomópontok valódi viselkedését lehessen megmutatni. A csomópontok szélén, továbbá attól nem messze a csomópontok mellett elhelyezett nyúlásmérő bélyegek egyértelműen megmutatták a mért feszültségekben megmutatkozó nagy különbségeket, a csomópont valódi inhomogén viselkedését (3. ábra) (Kaliszky, György, Lovas, 1983).

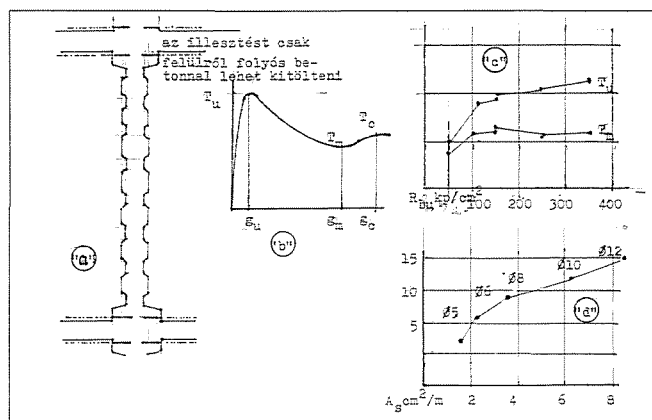
Ez a kísérleti eredmény meggyőzően mutatta, hogy a



3. ábra: Ablakok közötti és alatti pillér, illetve gerendasávok különböző panelekhöz tartozóan nem viselkednek monolit szerkezetként, s ezt csak megfelelően elrendezett nyúlásmérő bélyegek tudják kimutatni. a) nyúlásmérők végelege ill. b) eredetileg tervezett elrendezésben.

monolitikus működés megközelítését csak nagy méretű csomópontokkal és az elemszélek fogazásával, megbízhatóan a bevibrálás is lehetővé tevő kapcsoló acélbetétek elrendezésével lehet elérni, de ekkor is megmarad a csomópont későbbi betonozásából eredő zsugoradási különbségből keletkező repedés következtében a kezdetben laza kapcsolat!

Mind e kísérlet, mind a szegedi példa is jól mutatja, hogy mennyire fontos a valóságos méretek, technológiai körülmények, az elérhető beton-szilárdságok reális figyelembevétele ahhoz, hogy egy költséges kísérlet a valóságos körülmények között is használható adatokat szolgáltatson. Jó negatív példa ugyanerre a témára az 1970-es években a panelos épületek csomópontjainál a nyírószilárdság kísérleti vizsgálatához készített, 120 modellt felhasználó franciaországi kutatás, mely gyakorlatilag semmilyen használható eredményt nem hozott. E kísérletnél a párizsi székhelyű CEBTP Kutató Intézetben Pommeret és társai a falpanelek közötti, egyébként az épületeknél függőleges kiterjedésű (emeletmagas) csomópontokat a padlón fekvő betonozott és tömörített modellekkel helyettesítették. B50-B350 (~C4-C30) szilárdságú betont, különböző fogmreteket és különböző erősségű összekötő vasalást vizsgáltak, a mért nyírási súrlódási törő kísérletek eredményeit a (4. ábra)



4. ábra: A függőleges illesztés nyírószilárdságának vizsgálati eredményei
a) a francia kísérlettel ellentétben csak felülül lehet betonozni, folyós beton-nal
b) a nyírási ellenállás jelleggörbéje
c) a nyírási ellenállás változása a beton törőszilárdság függvényében
d) a nyírási szilárdság változása az illesztés vasbetéteinek mennyisége szerint (elcsúszás hatására)

mutatja (Pommeret, 1971; Pommeret, 1974). De eredményeik valójában csak munkahézagoknál használhatóak, mert az emelet magas kis keresztmetszeti méretű csomópontban csak nagyon folyós konzisztenciájú beton tölthető be, amely legfeljebb saját tömegétől tud tömörödni, a fogazás és összekötő

vasalás miatt is (5. ábra) (Simurda, 1984). Az ilyen betonok mechanikai jellemzőire vonatkozó kutatás még nemzetközi szinten is hiányos, mert pl. a tömörített jó szemszerkezetű B50 (~C4) beton alakváltozási tényezője sokkal nagyobb, mint akár a magasabb cement-adagolással készült nem tömörített, öntött betoné.

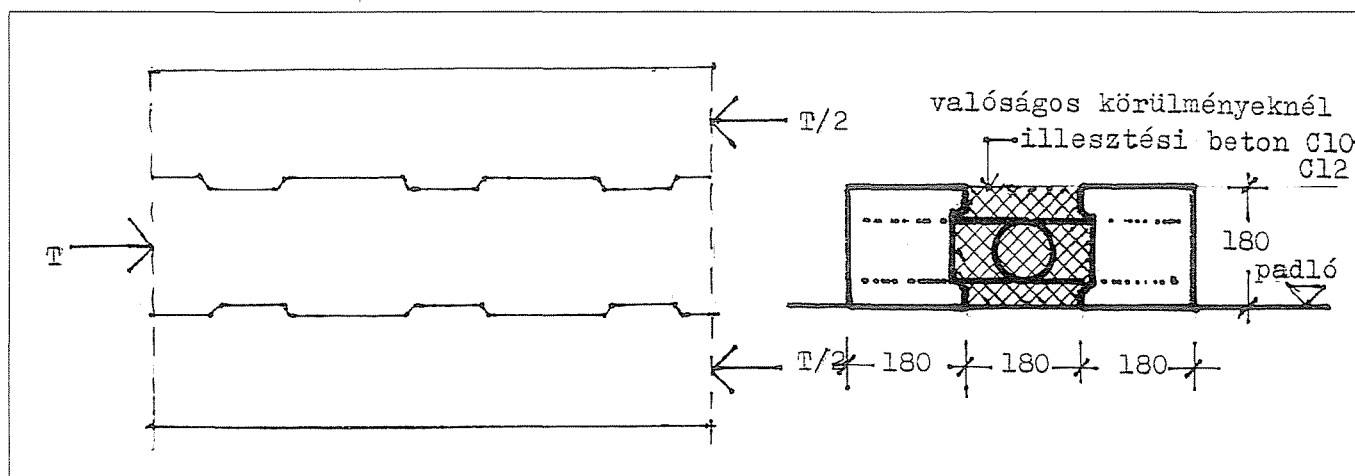
Ez az eset is jól mutatja, hogy eredményes kutatást mindig csak a valós körülmények és méretek betartásával lehet végezni kétes érvényességű modell faktorok használata nélkül.

4. ELŐREGYÁRTOTT ELEMÉK ÖSSZEÉPÍTÉSÉNÉL AZ ELEMÉK ILLESZTÉSÉNEK IGÉNYBEVÉTELEI

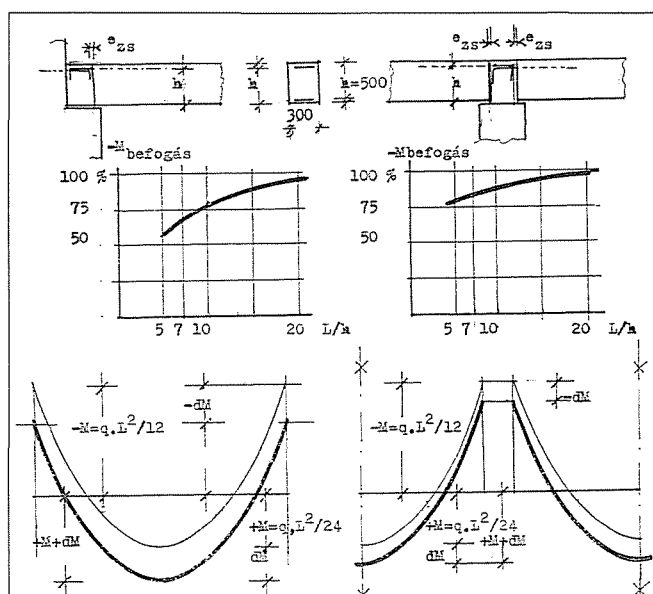
Az illesztések fő típusai: pillér toldása, fal és arra állított pillér, falra állított fal, gerenda-pillér kapcsolat, gerenda-gerenda kapcsolat, gerenda és fal kapcsolata, fal-fal kapcsolat függőleges illesztéssel, egymás melletti fal és falpillér kapcsolata függőleges illesztéssel. Mindezen illesztésekben függőleges, ferde és vízszintes erőhatásokból keletkeznek hatások. Az előregyártott elemek közötti kapcsolat lehet közvetlen érintkezés („száraz kapcsolat”), vagy közbenső, helyszínen készült betonozott kapcsolatot létesítő csomópont („nedves kapcsolat”). A részletek megoldottsága szintén alapvetően befolyásolja a kapcsolatban működő igénybevételeket. Így egyes esetekben az igénybevétel nyomás és súrlódás, máskor az illesztésben jelenlévő habarcs vagy beton utólagos zsugorodása miatt súrlódás, nyomás, és nyírás, esetenként csak nyírás, mely mozgás következtében nyírás és súrlódás kombinációjára is átváltozhat. Vegyük szemügyre a különböző eseteket:

- Pillér-pillér kapcsolat, érintkező felületekkel. Függőleges teher révén vízszintes vagy ferde erőhatás ellen súrlódási hatás.
- Pillér-alatta fal: mint előbbi eset.
- Falra állított fal esetén legalább illesztési ágyazó habarcs a szokásos, így mérsékelt leterheléssel támogatott súrlódásos ellenállás lép fel a függőlegestől eltérő erőhatásnál. A súrlódási ellenállást csökkenti az ágyazó anyag zsugorodásából eredő szétlazulás lehetősége. Elmozdulás esetén a kis szilárdságú ágyazó szerkezet felületén keletkező morzsolódás következtében gördülő-súrlódó igénybevétel keletkezik. Ez egyébként az a) és a b) esetben is megtörténhet felületki-egyenlítő ágyazó beton vagy habarcs alkalmazása esetén.
- Gerenda-pillér kapcsolatnál leterheléstől függően nyomott súrlódó kapcsolati ellenállás és leterhelési befogás jön létre.

5. ábra: A hibásan modellezett kísérlet, padlón fekvő betonozott és tömörített illesztési betonnal



e) Gerenda-gerenda kapcsolatnál száraz hegesztett kapcsolatot leszámítva mindig van csomóponti kibetonozás, melyet általában az egyensúlyi követelményekből következő hajlítási igénybevétel is terhel. Miután a kapcsolat általában pillér felett van, a függőleges leterhelés általában közömbös a gerenda alapvető funkciója szempontjából. A nyomatéki kapcsolatot befolyásolja viszont a csomóponti beton zsugorodása és kúszása, amelyek következtében a tökéletes, hézagmentes kapcsolat nem jöhet létre. Ebből eredően a csomópont nem képes a hasonló monolit szerkezetben létrejövő befogási nyomatékot teljesíteni, mert a támasz feletti szögforgásnak csak egy része okoz igénybevételt. A hatás annál nagyobb, minél merevebb a gerenda, azaz minél nagyobb az EI/L szorzat. Egy kísérleti modell eredményét mutatja a 6. ábra.



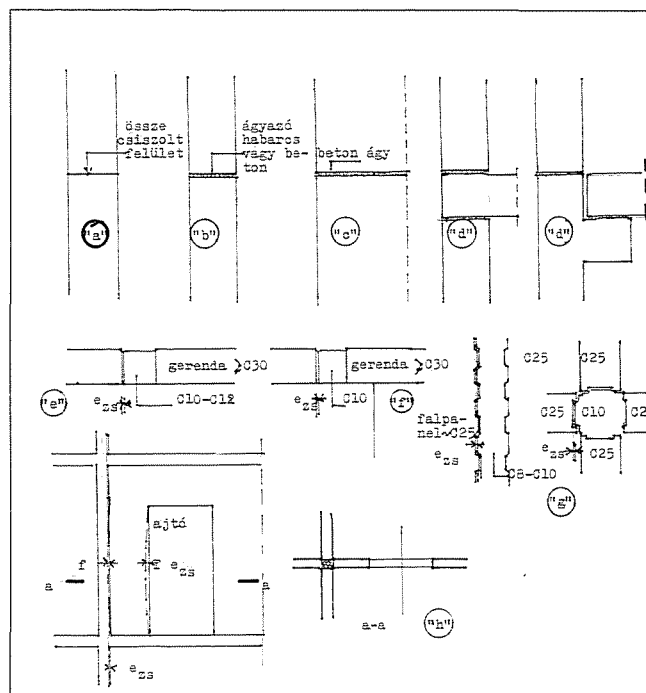
6. ábra: A helyszínen készült kapcsolatnak befogást mérsékelő hatása különböző tartómerevségek esetén

f) Gerenda-fal kapcsolatnál is mindig jelentkezik befogási nyomaték. Általában a falban kialakított fészkekbe van a gerenda felfektetve. Itt is a kapcsolati megoldásból adódóan csak csökkentett mértékű befogás tud létrejönni.

g) Fal-fal kapcsolatnál a ferde és vízszintes erőhatás a konzolként vagy széles pillérként viselkedő falat elhajlítva a kapcsolatokban elmozdulást kíván létrehozni, ami szokványos esetben az illesztési szerkezetnél nyíró hatást okoz. Az egymás melletti falak között lévő emelet-magas függőleges illesztési hézag általában kéményszerű üreg, amelyben a viszonylag nagy nyíró hatás felvehetősége érdekében fogazott a fal-elemek oldal-felülete, és összekötő vasalás is van. A kis méretű üregek és a határoló, száraz, előre gyártott elemek ledermesztő hatása miatt is csak folyós betonnal lehet fészekmentesen kibetonozást elérni. Az ilyen betonnak kicsi a szilárdsága, nagy a zsugorodása és a kúszása, valamint nagy a légpórus tartalma, mindezek miatt pedig kicsi az alakváltozási tényezője. Mindebből kifolyóan a zsugorodási hézag záródásáig nem közvetít sem függőlegesen működő nyíró erőt, sem vízszintes nyomóerőt. A húzóerőt is csak az összekötő acélbetétek és a falon létesített koszorú vasalás révén közvetíti. Az ilyen csomópont laza és igen drasztikusan lecsökkenti az elemekből összeépített falrendszer merevségét. Csak olyan sűrűn alkalmazott vasalásnál léphetne fel problémamentesen a beszorítottságból eredő csúszó súrlódás, mely egyúttal viszont az üreg jó kibetonozását gyakorlatilag lehetetlenné tenné. A gyakorlati méreteknél nem ez a helyzet, a korábban említett nagy keresztmetszetű

födémeknek a kis értékű, vízszintes erőhatásoknál keletkező minimális összenyomódása miatt.

h) Fal-falpillér közötti kapcsolat hasonló a g) esethez. Gyakorlati esetekben a pillér-sáv 50-60 cm széles és 2,0 m magasan átmegy ajtó feletti áthidalóba. Az ilyen pillérnek olyan kicsi az elgörbülése, hogy még a csomóponti beton mellett létrejött zsugorodási repedést sem képes összezární (7.h ábra-rész), így a vizsgálat szempontjából hasonló a g) esethez. A változatokat a 7. ábrásor mutatja.

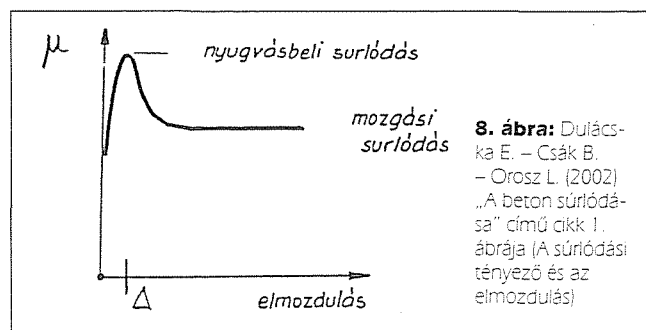


7. ábra: Előregyártott elemek illesztései

- a) pillér-pillér illesztés
- b) pillér-fal illesztés
- c) fal-fal illesztés
- d) pillér-gerenda illesztés
- e) gerenda-gerenda illesztés
- f) fal-gerenda nyomatékátvivő illesztése
- g) fal-fal függőleges élének nyírt illesztése
- h) keskeny falpillér kapcsolata a fal-fal függőleges illesztéshez

5. A KAPCSOLÓDÓ SZERKEZETEK FIGYELEMBE VÉTELE

Minden szerkezetnek van a használhatóságához rendelt határállapota, mely sohasem azonos a főszerkezet tönkremeneteli határállapotával. Egyik ilyen fontos követelmény a kellő időtállóság. Ilyen továbbá az alakváltozás, lehajlás, repedés tágasság, elcsúszás eltűrhető mértéke. Mert hiába stabilizálódik a súrlódás 1-2 cm elmozdulás után, ha ez a mozgás már eltérte a villamos vezetékeket, és a csöveket. Így azután általában a kapcsolódó szerkezetek épségének védelme végett általában a megfelelő biztonsági faktorral csökkentett nyugvó súrlódási



8. ábra: Dulácska E. – Csák B. – Orosz L. (2002) „A beton súrlódása” című cikk 1. ábrája (A súrlódási tényező és az elmozdulás)

tényező értéke a mértékadó. A francia panelcsomóponti kísérleteknek is súlyos hibája volt, hogy a túlzott elmozduláskor mozgósítható összeszorító erővel is számolt. A bevezetőben említett tanulmány „1.” ábrája, (itt a 8. ábra) mutatja, hogy általában a nyugvó súrlódás maximális értékénél is csak mintegy 0,5 cm elmozdulás keletkezik, ha a felületek szárazak. A sima-vizes érintkező felületeken kialakuló nyugvó súrlódás határértéke lényegesen kisebb, esetenként még a száraz esethez tartozó mozgó súrlódási érték sem érhető el. Azért nagyon fontos a mozgó súrlódási érték is, mert rendkívüli esetekben ez a jelenség a környezeti kapcsolódó szerkezetek fékező hatása segítségével nagy valószínűséggel megakadályozza a már javíthatatlan elmozdulás következményeit, vagy esetleg az összeomlást. (Idézett tanulmány 11-12. ábra, itt, mint 9. ábra) Erre utal rengeteg földrengéskárosult épület szinte megmagyarázhatatlan „állva maradása” is. Tanulságos az „idézett cikkben közölt 2. táblázatban (itt 1. táblázat) megmutatkozó nagy érték-ingadozások kialakulása, melyek sugallják a súrlódási tényező értékének óvatos megválasztását. A $\sigma/\sigma_{törő}=0,35$ esetben $\mu_{alsó}=1,32; 0,39; 0,29$ és $\sigma/\sigma_{törő}=0,40$ esetében $\mu_{alsó}=0,86; 0,39;$

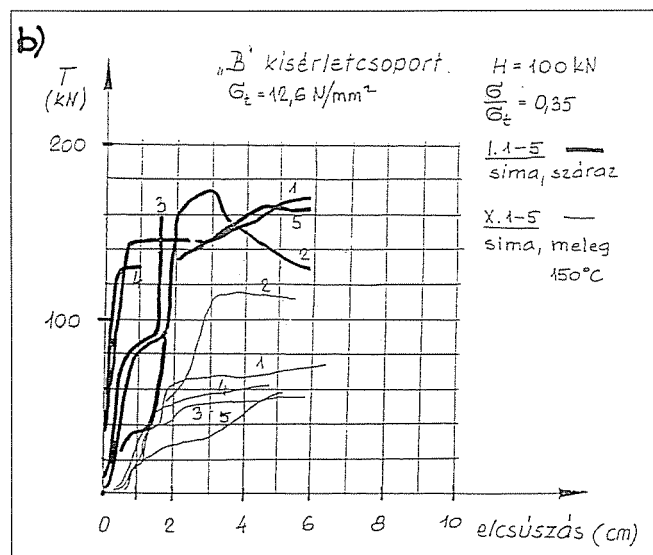
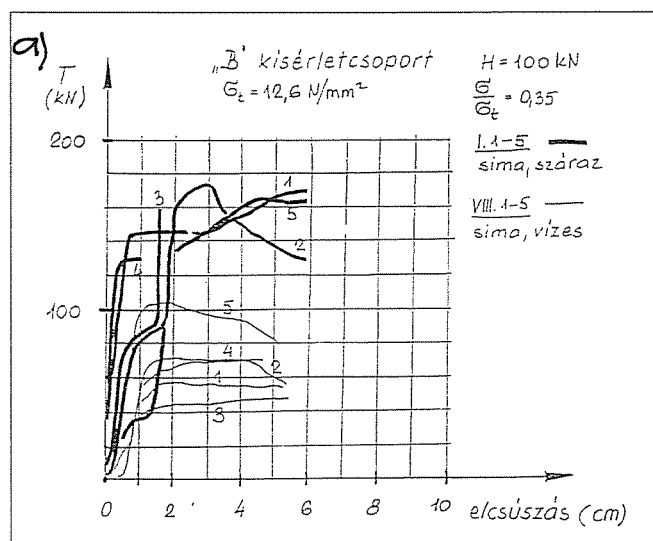
nem fogja meghaladni a néhány tized mm-es értéket. Fontos figyelmeztetést tartalmaznak az „A” esetben C20 szilárdsági jelű betonnál tapasztaltak és a „B” esetben is tapasztalt, gyakran inflexióval is bíró görbék jelentkezése a C10, szilárdsági jelű betonnál. Ez a jelenség a gyengébb betonnál föllépő felületi morzsolódással magyarázható, amikor a jelenséget a gördülő súrlódás befolyásolja. Még fokozottabban érvényesül mindez az alátét habarcs ill. beton esetén.

A mintegy azonos szilárdságú betontestek közötti súrlódásnál bizonyos elcsúszás után a berágódás folytán mindkét anyagban a nagyon nagy szilárdságú jól beágyazott kavicsok ütköznek és létrejöhet egy megnövekedett „összeakadó” súrlódás is, mely valóságban az összeszorítottág, illetve a testek egymástól való eltávolodásának akadályozása révén tulajdonképpen az összeékelődött kavicsok hasító szilárdságára épül. E jelenség miatt a mozgó súrlódási tényező növekedést is mutathat szerencsés szemeloszlás esetén. Ettől jelentős mértékben eltérő viselkedés várható viszont egymástól jelentősen különböző szilárdságú betonok érintkezésénél kialakuló súrlódásnál.

A francia kísérletek értékelésénél erre is kellett volna gondolni. Például a jelen cikkben említett panel csomóponti kísérletnél is megmutatkozott, hogy nincs mindig olyan mértékű összeszorító erő, mely egyébként az 1980-ban érvénybelépett ME 95-80 műszaki előírásban figyelembe lett véve. A nagy keresztmetszetű födécek miatt a feltételezett alakváltozás nem jön létre, sőt még a csomóponti beton zsugorodási hézaga sem fog záródni! Tehát ilyen, az összeszorítási erő jóvoltából keletkező nyírási-súrlódási teherbírás növekmény nem tud létrejönni. Ezért például a hosszú ideig nyitott munkahézagnál a zsugorodási különbségek miatt a nyíró teherbírás is elkerülhetetlenül csökken.

6. KÜLÖNBÖZŐ SZILÁRDSÁGÚ BETON ALAPANYAGÚ ELEMÉK KÖZÖTTI SÚRLÓDÁS

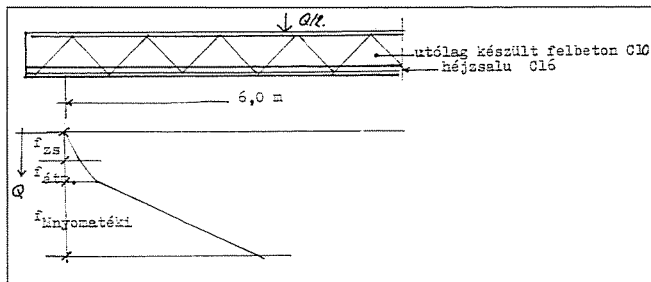
Ágyazó betonok és habarcsok esetében a sima és a nagyobb szilárdságú beton a súrlódást követő mozgásból eredően alig sérül. Ezzel szemben az ágyazó anyag a korábban említett okok miatt nagy légpórus tartalmú, így könnyen morzsolódik. A morzsalek jelentős mennyiségben a légpórusokba tömörödik. Ezekben az esetekben a két felület között a szilárdan beágyazott szemcsék összeakadásából eredően szerephez jutó hasító szilárdság nem jelenik meg, a kisebb szilárdságú anyag könnyen levált szemcséi, mint „golyók, hengerek”, gördülő súrlódást tesznek lehetővé, annak sokkal kisebb értékével. Ezért nem tudnak előregyártott elemek még összekapcsoló vasalás beépítése esetén sem tökéletesen monolitikusan viselkedni, mihllyst a csatlakozási felületeken szükséges, ill. keletkező nyíróerő bizonyos értéket meghaladna. Ez a hatás kisebb mértékben érvényesül a héjzsalsu szerkezeteknél is a két anyag közötti kisebb szilárdsági különbség miatt. E körülmény miatt veszélyes a két beton közötti felületi kötésre és érdességre bízni a szerkezet működését. A két beton különböző időben történt zsugorodásából keletkező hasító erő mindenképpen odahat, hogy az úgynevezett „felhámozódás” fokozatosan bekövetkezzék, az idő múlását, sokszor ismétlődő hőmozgásbéli különbségeket is elszenvedve végül az együttműködés elromoljon, esetleg megszűnjön, s a vékony héjzsalsu eltérésével a födémszerkezet leszakadhat. E furcsa viselkedést igazolja az utólag készült felbeton zsugorodása, amelyből kifolyóan a szerző tapasztalta a Veszprém megyei Állami Építőipari Vállalat által 1983-ban



9. ábra: Dulácska E. – Csák B. – Orosz L. (2002) „A beton súrlódása” című cikk a) 11. ábrája: a „B” kísérletcsoport száraz, ill. sima-vizes próbatestjeinek erő-elmozdulás diagramja
b) a cikk 12. ábrája: a „B” kísérletcsoport sima-száraz, ill. sima-meleg próbatestjeinek erő-elmozdulás diagramja

0,27; 0,26; 0,24 - ahol az utolsó érték a 150 C°-ra melegített próbatesteknél szerepelt. A kísérleteknél tapasztalt alsó értéket 0,7 biztonsági szorzóval csökkentve az elmozdulás várhatóan

gyártott 6,0 m fesztávú héjszalus födémek megengedettnél nagyobb lehajlását (10. ábra).



10. ábra: Héjszalus felbetonnal együttműködő szerkezet sajátos lehajlási görbéje a felbeton utólagos zsugorodása miatt

A lehajlási ábra első kezdő szakaszánál, a fellépő hajlításból eredő nyomóerőhöz elegendő a térbeli vasalás felső acélszála. Majd a terhelés növekedtével a következő átmeneti szakaszon már belép a fellépő nyomóerők felvételébe a beton-öv segítő hatása, de még csak egyes kisebb zsugorodási repedések záródásával. A terhelés végső szakaszában a héjszalura rábetonozott beton nyomási teherbírása, s így alakváltozása lesz döntő.

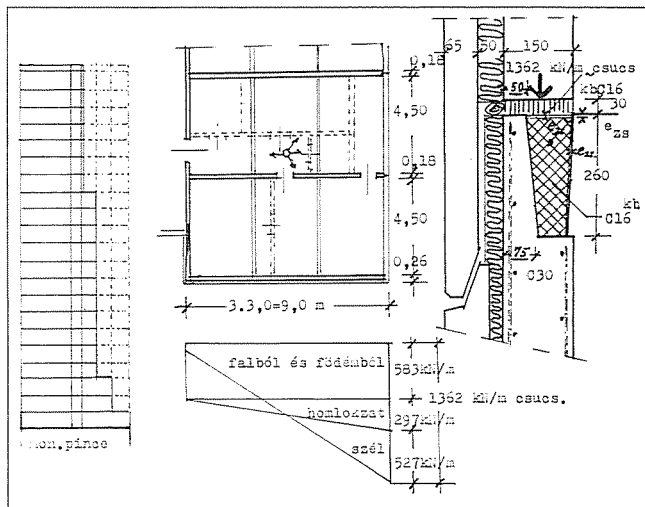
Miután a súrlódási ellenállás a rúd vagy a fal tengelyéhez képest ferde vagy merőleges csúsztató erőhatás ellen működik, ezért a súrlódási ellenállás kimerülése esetén a rendeltetést zavaró vagy akár megakadályozó elmozdulás szükségszerűen fellép, s annak nagyságát csak a csatlakozó szerkezetek ellenállásának kell megszabnia. E veszély miatt csak viszonylag nagy biztonságot adó csökkentő tényezővel szabad kihasználni a csúszó súrlódási ellenállást. A biztonság meghatározásánál számolni kell azzal is, hogy a súrlódási tényező az idő múlásával (belső morzsolódások kifejlődése révén) esetlegesen csökkenhet. Ugyancsak nagyon fontos az idézett tanulmányban az átázottsági állapot részletes vizsgálata is, mely szerint már az átmedvesedés esetén is lecsökken a súrlódási tényező. Valójában gyakorlatilag minden szerkezetünket érheti átmedvesedés, ha másból nem, akkor épületgépészeti elemek meghibásodásából.

Más esetekben a súrlódási tényező maximuma lehet mértekadó, amikor például hőtágulásból eredő erőt kell átvinni a hőtágulási mozgást ellensúlyozó szerkezetre. Ez az eset különös fontosságú, ha valamilyen oknál fogva a szokásosnál hosszabb a tágulási szakasz, vagy a szokványosnál nagyobb hőingadozással kell számolni. Ilyen esetben a bevezetőben idézett tanulmánynak a 150 C°-on tapasztalt súrlódási tényezője is eligazítást ad. Tapasztalat szerint szabadon álló szerkezetnél már 10-15 m hosszú szerkezet is szétmorzsolja az alátét habarcsot, néhány évtized alatt, hőtágulási mozgása révén. Az ágyazó anyag elmorzsolódásakor a peremekhez közeli darabok kihullanak, s így a lecsökkent maradék felületen megnövekednek a felület-egységre jutó terhek. A terhelésből eredő morzsoló hatásból keletkező törmelék igyekszik kitölteni nemcsak a meglévő légpórusokat, hanem az oldalt kipergett anyag helyét is. Ezen folyamat során az ágyazó réteg vastagsága csökken, a morzsoló hatás is nő, s így a letámasztott szerkezet magassági elhelyezkedése is megváltozik, a szomszédos, csatlakozó szerkezetektől már nem eltűrhető repedéssel elválík. Csúszó súrlódás esetén ezek a használatot zavaró meghibásodások még fokozottabban jelentkeznek. Ez is jó példa arra, hogy a szerkezettervezésben nem lehet kiküszöbölni az egyedi, alapos mérnöki megfontolásokat, és mindig figyelemmel kell lenni a környezetben lévő többi szerkezeti elemmel való kölcsönhatásokra is, azaz a csak a kiragadott szerkezeti elemre összpontosító csőlátás nem tűrhető el!

7. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az előbbi gondolatok alapján szükség lenne az alátétes réteggel rendelkező szerkezetekre vonatkozó súrlódási és nyírási ellenállási vizsgálatokra, kutatásokra, ha finomítani kívánjuk szerkezeteink méretezését a gazdaságosság fokozása érdekében, s egyidejűleg biztosítva a megfelelő hosszú élettartamot. Hasonlóan szükséges lenne az előre gyártott elemeket összekapcsoló nem szabványos „illesztési betonok” mechanikai és egyéb tulajdonságainak kutatása, a valós technológiai körülményeket is modellezve, mert ezek fizikai szükségszerűségéből eltérnek a szabványokban feltételezett betonok tulajdonságaitól. Ez nemzetközi kutatási viszonylatban is elhanyagolt téma, mint azt jól példázta a párizsi kísérlet-sorozat a panelos épületek illesztéseinek irreális körülményekkel elvégzett nyíró kísérleteivel, vagy egy 1968-ban Londonban történt épületsarok leomlása.

Ez utóbbi, tragikus esetben, noha csupán egy gyengébb gáz-robbanás történt a 22 szintes épületben, ráadásul elég magasan, a 18-ik szinten (ahol már az állandó terhek csak töredékét teszik ki a földszintinek), mégis mindennek következtében a szerkezet lavinaként a földszintig omlott. Pedig a kirobbant külső falú konyha alatt lévő 18 szint, mint nagy tömeg a pillanatnyi ütőterhet csillapította is. Noha az eset hatalmas port vert fel, és a szakma figyelmét természetesen magára vonta, még 30 év elteltével sem gondoltak az eset megmagyarázása keretében a földszinti csomópontnál a különböző időben készült betonok összeférhetetlenségére, inhomogenitására, mint azt megmutatta az 1998-ban, Berlinben megrendezett IABSE Colloquiumon elhangzott angol beszámoló (11. ábra).



11 ábra: London Ronan Point L-N típusú épület romosodásának vizsgálata

A magas panelos épületnél ugyanis a függesztett homlokzat következtében a homlokzat paneljainak súlya nagy élfeszültséget okozott a vízszintes csomópontokban. A tervező által a homogén vasbetonnak tekintett, ill. vélt csomópontra elvégzett számítás szerint az épületnek e terheket biztonsággal bírnia kellett volna.

A zsugorodásból keletkező hézag rendkívüli mértékben megváltoztathatta a teher-átadást, illetve a keresztmetszet különböző részeinek a teherviselésben való részvételi arányait. Helyszíni betonnal utólag kitöltendő szűk hézagoknál alig lehet beszélni hatásos tömörítésről, különösen, ha ahhoz üreges födémek csatlakoznak, ahol a betöltött beton akadálytalanul elfolyik oldalra a födém üregeibe. Az előregyártott falelem alsó „konzolos” nyúlványa, mely vékony, vasbetonnak egyáltalán nem tekinthető, sem alkalmas az eltérés veszélye nélkül a mellette a résbe beöntött beton tömörítését biztosítani. A panelos

épületek vízszintes csomópontjait általában kis méretük miatt sem lehet vasbetonnak tekinthetővé tevő vasalással ellátni, tehát betonnak tekintendők az azzal járó ferde lehasadási veszéllyel (11. ábra).

A szemtanúk szerint a leomlás aránylag lassan, kb. 2 perc alatt zajlott le. Ez is alátámasztja azt a következtetést, hogy a földszinti túlterhelt csomópont törése következtében a fölötte lévő falpanel alátámasztatlanná vált, majd a fölötte lévő falvégek, mint konzolossá vált terhelések, lassan elszakították az emeletenkénti egyetlen vasbetétből álló koszorút, e vasbetét némi időt igénylő megfolyása után. Mindez szomorú példa arra, hogy a zsugorodás, és az inhomogén szerkezetek különböző szilárdságú betonjainak együtthatását nem lehet katasztrófa veszélye nélkül elhanyagolni.

Szerkezeteink biztonságát és tartósságát a tervezéskor követett komplex mérnöki megfontolások alapján történő méretezéssel lehet csak elérni. Így a súrlódási és nyírási ellenállás figyelembevételénél sem szabad megfeledezni arról, hogy az esetlegesen keletkező elmozdulásokat a csatlakozó szerkezetek elviselik-e mechanikai, esztétikai, vagy egyéb a használatot gátló romlás nélkül. Ezért a biztonsági tényezőt általában úgy kell megválasztani a nyugvó súrlódási vagy nyírási ellenálláshoz képest, hogy semmiképpen ne jöhessen létre zavaró mértékű elmozdulás.

Végül is tehát nem elegendő a pusztán statikai szempontokat kielégítő biztonság, csak a komplex követelményeknek megfelelő megoldás, méretezés a megfelelő! (Gilyén, 1982)

8. HIVATKOZÁSOK

- Dulácska E., Dné Szederjei I. (1972), „Az előregyártott és helyszíni beton csatlakozási felületének nyíróteherbírása.” *Mélynépítéstudományi Szemle* XXII. évf. 8. szám. pp. 375-377.
- Dulácska E., Csák B., Orosz L. (2002), „Súrlódás a betonban”, *VASBETON-ÉPÍTÉS* 2002/3, pp. 83-93.
- Dulácska E., Simon T. (2003), „Vasbeton kéregzsalu és a rábetonozása vízszintes teherviselő felületelemeknél.” *VASBETONÉPÍTÉS* 2003/2. fib. Magyar Tagozata, pp. 10-16.
- Gilyén J. (1982), „Panelos épületek szerkezetei”, Műszaki Könyvkiadó
- Gilyén J. (2000), „A beton nyírószilárdsága munkahézagokban és előre gyártott elemek közötti illesztésben.” *BETON* VIII. évf. 11., pp. 3-6.
- Gilyén J. (2001), „Compatibility and inhomogeneity at the joints of prefabricated elements”. *CONCRETE STRUCTURES*, Journal of the Hungarian Group fib, pp. 39-47.
- Gilyén J. (2002), „Rábetonozással készült szerkezetek méretezési kérdései”, *BETON* X. évf. 9., pp. 13-15.
- Kaliszky S., Györgyi J., Lovas A. (1983), „Valós méretű panelekből álló szerkezeten végzett laboratóriumi kísérletek”, *Magyar Építőipar*, 1983/6, pp. 328-334.
- Pommeret, M. (1971), „Les joints verticaux resistant aux efforts tangents entre grands panneaux préfabriques complanaires” *Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics* No. 282. pp. 92-93.
- Pommeret, M. (1974), „La resistance aux efforts tangents des joints verticaux

- entre grands panneaux préfabriques complaires.” *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics* No. 314. pp. 92-93.
- Simon T. (1999a), „A beton munkahézag nyírási teherbírása.”, *BETON* VII. évf. 7-8. Magyar Cementipari Szövetség. p. 16.
- Simon T. (1999b), „A beton munkahézag nyírási teherbírása. II.” *BETON* VII. évf. 11. Magyar Cementipari Szövetség pp. 13-15.
- Simon T. (2002b), „Beton munkahézag nyírási teherbírása-előkísérletek.” *Konferencia Kiadvány*, ÉPKO 2002 Nemzetközi Építéstudományi, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, pp. 206-211.
- Simurda L. (1984), „Panelos épületek függőleges kapcsolatainak kialakítása, teherbírása”, *Magyar Építőipar*, 1984/11, pp. 663-672.

Dr. Gilyén Jenő (1918) okl. építészmérnök, címzetes professzor. Diplomájának megvédése után 1943 és 1947 között tanársegéd volt Csonka Pál Szilárd-ságtani Tanszéken, emellett nagy háborús építmény-helyreállításokat művezetett. 1950-ben kinevezték a Népstadion vezető szerkezettervezőjének. E munkájáért 1954-ben Kossuth-díjat kapott, Dávid Károly építésszel közösen. Ezután a Középülettervező Intézetben tpussterveket készített, majd 1960-tól a hazai panelos lakásépítés szerkezettervezésének irányítója lett. Felelős volt a vonatkozó tervezési irányelvek kidolgozásáért is. Sok szakmérnöki tanfolyamon, és egyéb szakmai konferencián tartott előadásokat, publikációinak száma megközelíti a kétszázat.

Gilyén Péter (1951) okl. építőmérnök, mérnök-matematikai szakmérnök. 1974-től 1992-ig a Víziterv tervező mérnöke, utóbb statikus szakági főmérnöke. Később szennyvíztisztító telepek komplex szerkezeti tervezésével foglalkozott. Jelenleg a Betonút Rt-nél koordinációs főmérnök, nagy projektek és nemzetközi projektek előkészítésével, és levezetésével foglalkozik.

THE ROLE OF FRICTION, COMMON OCCURRENCE OF FRICTION AND SHEAR IN LOAD-BEARING STRUCTURES IN SPECIFIC STRUCTURAL COMPONENTS

Dr. Jenő Gilyén — Péter Gilyén

The phenomenon of the friction in load-bearing structures mostly occurs in situations when shearing forces must be compensated. The basic condition to mobilise/activate the resistances of friction is that any kind of internal dislocation should occur, even if in microscopic size. Nevertheless effective resistance of friction can be expected only if the neighbouring components/surfaces touch each-other and significant normal forces press them to each-other.

In several cases the basically expectable range of the friction capacities seems not to be sufficient. This time we may roughen the surfaces or even may form them like „gears” to fit to each-other to increase the joint's load transferring capacity. In this latter case the rib-like rows (like teeth of a gear), are monolithic part of the element's concrete body and can resist with their full shearing stress capacity against being removed. This type of load-transferring contact between two components/elements may be called „shear-friction”, based on shearing capacity of rib-bottoms (their sheared cross sections). In another case even quasi zero-value of the ultimate friction may occur if the adjacent elements are not properly pressed towards each-other, or just a crack has been formed between their smooth surfaces facing towards each-other and some tenth of millimetre distance has been developed because of late shrinkage. We may see both these extremities mostly when prefabricated elements must be joined. Since it is a wide range of different situations case-studies should be carefully evaluated.

Keywords: shear, friction, coefficient of friction, dislocation with friction, initial friction



Dr. Tassi Géza

E sorok írója 1986. és 1991. után harmadszor járt az ázsiai országban. A cikk beszámol általános építési tapasztalatokról, a felsőoktatásról, kutatási területekről, nemzetközi rendezvényről, továbbá két függesztett hídstruktúráról.

Kulcsszavak: *fib*, Kína, egyetemek, kutatási témák, függesztett szerkezetek

1. BEVEZETÉS

A Nankingban (Nanjing) működő Dél-keleti Egyetemnek jó hagyományai vannak nemzetközi konferenciák megszervezésében és megtartásában. E cikk szerzőjét meghívták a 2005. évi nemzetközi konferencia tanácsadó testületébe. Ez készíttést jelentett a szimpóziumon való aktív részvételre. Jelentkezésem nyomán meghívást kaptam Sanghajba (Shanghai) a Jiaotong Egyetemre és Pekingbe (Beijing) a Tsinghua Egyetemre egy-egy előadás tartására. Az építőmérnök számára tanulmányút értékű minden, amit városokban, közlekedési vonalak mentén vagy bárhol másutt lát, ahol építőmunka folyt vagy folyik. E cikk arra ad módot, hogy a szimpóziumról s egy meglátogatott hídkomplexumról vázlatos beszámolót nyújtson, s közétegyen néhány benyomást az építményekről, az egyetemekről és más, általános tapasztalatokról.

2. VÁROSKÉPEK, ÉPÍTMÉNYEK, KÖZLEKEDÉS

Sanghaj több mint 15 milliós metropolis. A kínai ipar és kereskedelmi élet egyik fellegvára. Ebben a városban korábban nem jártam, közvetlen összehasonlítási alapom nincs. Óhatatlanul Chicagóra emlékeztet. Nyilvánvaló, hogy az utóbbi években

rengeteget fejlődött. El kell helyezni a városvezetésnek a milliós nagyságrendben városba özönlő lakosságot, az üzemeket, a kínai és külföldi érdekeltségek irodaházait, Magasépületek százai nyújtanak szerény méretű, de komfortos lakást, s tömegesen épülnek felhőkarcolók vállalatok, intézmények számára (1. kép). Hatalmas a forgalom (rossz arra gondolni, mi lenne, ha minden kerékpáros autóba ülne), intenzíven fejlődik a városi úthálózat. Példa erre, hogy a Jiaotong Egyetem campusa a város nyugati, a vendégháza és klubja a keleti végéhez van közel. Gyorsforgalmi úton viszonylag jó az összeköttetés. Szinte világ csodája a belvárosból a nemzetközi repülőtérre közlekedő „Maglev” – mágneses vonat. Ez a kb. 30 km-es távolságot hét perc alatt teszi meg közbenso megállás nélkül. Egy kijelző mutatja a pillanatnyi sebességet, a legnagyobb sebesség, amit leolvashattunk, 432 km/h volt. Modern, igen jó anyagokból épült állomásépületek, pályaudvarok, repülőtéri épületek jellemzik a közlekedésépítést. Ez mondható el a rohamosan növekvő autópálya-hálózatról, és magukról a közlekedési eszközökről. Este a városok belterületei fényárban úsznak. A metróhálózatot mindazokban a városokban rohamosan fejlesztik, amelyekben olimpiai események lesznek. A metró mindenütt a legmodernebb (és nagyon praktikus) fizető és ellenőrző rendszerrel működik.

Nanking (Nanjing) „csak” mintegy ötmilliós város. Központja talán még fényesebb este, mint Sanghajé. Intenzíven bővül a metróhálózat, épülnek az olimpiai létesítmények. Peking (Beijing), a főváros talán többet őriz Nankingnál történelmi múltjából, de a modern városrészek itt is gyors lépésekkel fejlődnek. A kereskedelmi hálózatra jellemző a hatalmas méretű, nagyon jól megépített bevásárló központok sora.

3. EGYETEMEK

A hatalmas ország három egyetemén voltam. Mindháromra jellemző a hatalmas, természeti környezetbe ágyazott campus. Mind megannyi kis város. Nálunk nem is oly kicsinek tűnnek, hiszen csak a hallgatók száma 20-25 ezer. Mindegyik területén van nagy számú tanulmányi, laboratóriumi épület, diákotthonok, menzák, klubok, kulturális és sport-létesítmények. A meglátogatott campusokban van tó vagy patak, kiépített úthálózat, számtalan kerékpár-tároló. Mindhárom egyetem építőipari laboratóriuma jól felszerelt intézmény, zömükben kínai gyártmányú vizsgáló gépekkel és műszerekkel.

A hallgatók észlelhetően sokat tanulnak, s úgy tűnik, önként igen fegyelmezettek. Van spontán alakuló kulturális életük. Kellemes meglepetés volt pl. a Tsinghua Egyetem építőmérnöki karának kórusa maguk közül való karnaggyal és zongorakísérővel.

Az egyik legkellemesebb megállapítás volt a 19 évvel ezelőtti látogatás alkalmával tapasztaltakhoz képest, hogy a hall-



1. kép: Toronyház Sanghajban



2. kép: A Tsinghua Egyetemen tartott előadás résztvevői, Prof. Liu Xila

gatók (nem csak a PhD fokozatra pályázók beszélnek angolul. Az előadásaimat nem fordították. Sokaknak van elektronikus zsebszótáruk. (Nehezen fogható fel, hogyan varázsolják 30 billentyű segítségével a több ezer kínai karakter bármelyikét a kijelzőre, hogy egy gombnyomásra megjelenjék az angol szó, esetleg a kiejtését is hallani lehet.) Számítógéppel, mobil telefonnal bőségesen el vannak látva.

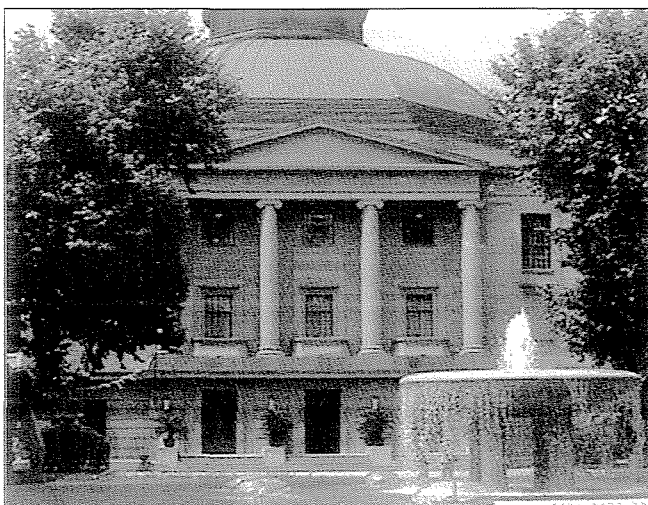
A PhD hallgatók keményen dolgoznak sok nehezen megközelíthető témában is. Számuk is nagy, csak a Tsinghua Egyetemen, tartószervezeti témával 36 jelölt foglalkozik (egy csoportjuk a 2. képen, előadás után)

Az oktatók zöme széles körűen művelt. Sokkal többet tudnak Európáról, mint mi róluk. Nyitottak a világra. Az oktatók zöme járt külföldön, sokan szereztek tudományos fokozatukat amerikai, japán és más külföldi egyetemeken.

A kínai oktató-kutató szakemberek eredményei konferencia-kiadványokban, monográfiákban elérhetők, sok munkájuk megismerhető az internet révén.

4. A NANKINGI SZIMPÓZIUM ELŐZMÉNYEI, KÖRÜLMÉNYEI, TARTALMA

Kínában a nankingi (Nanjing) Dél-keleti Egyetem (SEU) fontos szerepet vállalt a mérnöki szerkezetekkel összefüggő elméleti és gyakorlati kutatások, fejlesztő munkák terén. (Az egyetem logóját a BME-hez hasonlóan központi épületének (3. kép) stilizált képe adja. A SEU rendszeresen tart nemzetközi



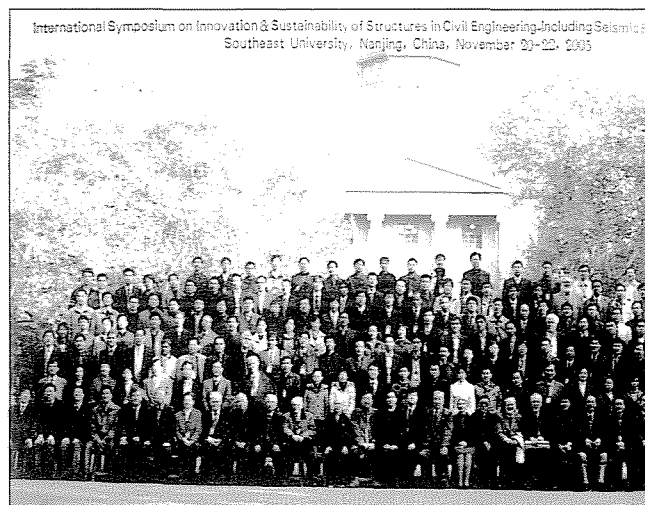
3. kép: A nankingi Dél-keleti Egyetem központi épülete

szakmai rendezvényeket mérnöki szerkezetek, jelentős részben vasbeton létesítmények témaköréből.

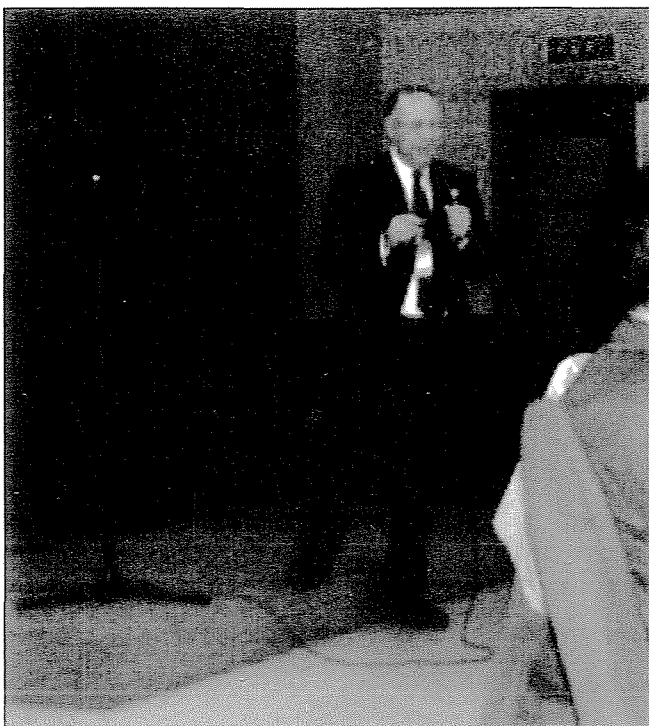
Ilyen volt pl. az 1986. évi szimpózium, amely vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek alapvető elveivel, számítási módszereivel foglalkozott (ISFTRPC, Ding, 1986). Az ún. kulturális forradalmat követő felocsúdas tizedik évében érzékelteti lehetett a kínai építéstudományban rejlő igen nagy szellemi és fizikai kapacitást. Sok európai, amerikai, japán és más országokban élő ismert szakembert vonzott a konferencia, amelyen részt vehettem. Olyan neves személyiségek szerepeltek akkor, mint F. Levi, T. P. Tassios, H. Kupfer, M. Braestrup, M. A. Ghali, R. Eligehausen, K. Minami, E. Grasser, E. G. Nawy, T. Godycki, S. Inomata, C. T. Morley, J. Glomb, A. Ryzynski, G. Macchi, K. F. Müller, T. A. Tanabe, A. Machida, B. Petrovic, M. Kavrychine, Z. Perisic, Javor T., R. Tepfers, A. D. Edwards, K. Minami, L. Nad. Ennek a felsorolásnak két szerepe lehet. Mutatja, hogy nemzetközileg elismert kiváló szakemberek már akkor felismerték a kínai technika és tudomány értékeit. Nekünk, magyar mérnököknek ugyanakkor hiányérzetünk lehet. Az 1986-ban munkáikról megismert rengeteg kiváló kínai szakemberrel nagyon gyér a kapcsolatunk, és sajnos naivitás lenne nevük vagy eredményeik közül akár csupán néhányat megemlíteni. Távolról sem kívánom azt mondani, hogy ez csak rajtunk múlik. Hasonló gondolatokkal emlékezem az 1991. évi pekingi FIP szimpóziumra (Liu, et al., 1991.). Én mindenesetre örömmel mondhatom, hogy legalább néhány ismert kínai szakmai személyiséggel volt alkalmam ismét találkozni. Köztük volt Lü Zsitao professzor, a szimpózium elnöke, Meng Saoping professzor, akkor fiatal ember, ma az építőmérnöki kar dékánja, a kiadvány egyik szerkesztője. A nemzetközi rendezvények fő szorgalmazója és tanácsadója Ding Dajun professzor volt, aki magas kora ellenére ma is az egyik mozgató erőt képviseli a konferencia szervezői mellett. Ő kétszer volt egyetemünk vendége, és más módon is ápolta a kapcsolatainkat. Liu Xila professzor is volt vendégünk, aki a vasbetonon kívül más területeken is kötődik egyetemünkhöz, s akinek Ding Dajun professzor mellett köszönettel tartozom az ez évi meghívásért és fogadtatásért.

A 2005. évi nemzetközi szimpózium tárgya mérnöki szerkezetek innovációja, fenntarthatósága kérdéseire kapcsolódott, beleértve a földrengésállóság kérdéskörét. A résztvevők egy csoportja látható a 4. képen.

A szimpózium szponzorai között öt kínai, egy kínai-hongkongi, két-két amerikai és japán, egy-egy brit, indiai és kanadai szervezet volt. Megtisztelő volt, hogy helyet kaphattam a nemzetközi tanácsadó testületben. A szimpóziumot fémjelzte megjelenésével és előadásával G. Mancini, a *fib* elnöke (5a. és 5b. kép).



4. kép: A nankingi nemzetközi szimpózium résztvevői (2005)

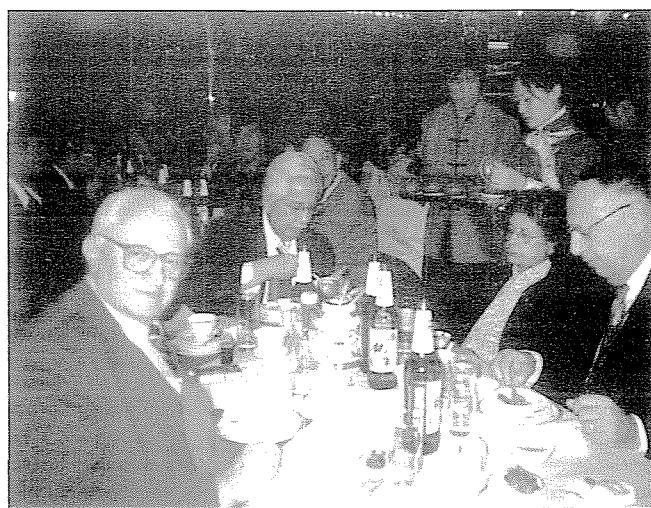


5a. kép: G. Mancini, a fib elnöke előadást tart

A 2005. november 19. és 22. között tartott szimpózium színhelye a SEU területén épült Liu Yuan szálló minden helyiséggel és berendezéssel ellátott konferencia-részlege volt.

27 országból 240 résztvevő több mint 150 előadást hallgathatott meg. Az előadók jelentős része a hatalmas ország széles területeiről érkezett. Az előadások nagy többsége vasbeton szerkezetekkel foglalkozott. Így némi áttekintést kaphattunk a szakterület kínai helyzetéről, fejlődéséről.

A plenáris és szekciósülésen folyó előadásokat jól mutatja be a háromkötetes, összesen 2580 oldalas kiadvány (Lü Z. et



5b. kép: G. Mancini és Tassi Géza a vacsorán

al., 2005). E helyen arra kell korlátozódunk, hogy a témaköröket felsoroljuk.

A bevezető előadások és a meghívott előadók témái: Jelentős szerkezetek, újszerű eljárások a fejlődő országokban – Szerkezetek számításának fejlődése – Beton kutatás a Hong Kong-i egyetemen – A ferdekábeles hidak 50 éves fejlődése – Vasbeton szerkezetek számítási modelljétől a tervezésig (ez volt G. Mancini előadása) – Tartós és fenntartható vasbeton szerkezetek szabványai Japánban – A kínai sziklaépítés (földalatti műtárgyak) – Nagyszilárdságú normál- és szálerősítésű betonok jövője – Ferdekábeles hidak száloptikai megfigyelése

– Hidvagyongazdálkodáson alapuló hídfenntartás – Száloptikai eszközök alkalmazása szerkezeteknél és a geotechnikában – A száloptika alkalmazása megfigyelési célokra – Szálerősítésű beton hidpályalemez – Földrengések sztochasztikus elemzése – A földrengéshatás csökkentése – A szerkezeti beton és alapozási talaj élettartamkérdése – Japán feszített vasbeton hídjai – FRP erősítésű beton – FRP – kompozitok Japánban – Hidak új erősítési módjai – Feszített vasbeton szekrényes híd állapotmegfigyelése.

A szekciósülések tárgykörei a következők voltak: Vasbeton, feszített vasbeton és acélszerkezetek, Szerkezetek elmélete és numerikus analízise, Szerkezetek tartóssága, hosszú időn át való viselkedése, Vizsgálati és tervezési módszerek, Építés, használat, fenntartás, felújítás, Katasztrófa-elhárítás, kárcsökkentés, Dinamikai jellemzők és kísérleti vizsgálatok. Szerkezetek állapotának megfigyelése, Elmélet és numerikus modellezés, Tartószerkezetek ellenőrzése, Nagyszilárdságú anyagok és újszerű szerkezeti rendszerek, Új anyagok és alkalmazásaik, Együttműködő szerkezetek, újfajta szerkezetek.

A szimpózium előadói között sok országból érkezett szakemberek voltak. Az előadások országrésze azonban a kínai eredményekről szólt. Ezek azt mutatták, hogy Kína építési szakemberei a világ építőiparának problémáit, fejlődési irányait jól ismerik, és kutatási-fejlesztési munkájukat az új kihívásoknak megfelelő területeken és módszerekkel végzik.

A szimpózium légköre nagyon kellemes volt. A szervezők különös figyelmet fordítottak a külföldi résztvevőkre. A szociális programok, a szünetek és a kirándulás jó alkalmat nyújtott eszmecserekre, szakmai vitákra

5. A VILÁG HARMADIK LEGNAGYOBB NYÍLÁSÚ HÍDJÁ, A RUN YANG HÍD A JANGCE FOLYÓN

A szimpózium szakmai kirándulása a Nankingtól másfél óráas, autópályán megtett úton a Jangce folyó Run Yang hídjához vezetett. A tulajdonképpen hídcsoport a Nanking-Sanghaj expressz autópályája több csomópontját szolgálja ki a Sheye sziget által két ágra osztott folyam áthidalása mellett, az expressz autópályája mintegy 7 km-es szakaszán, amely az északi oldalon 35 km-es, a déli oldalon 12 km-es, csomópontokkal tarkított autópályaszakaszokat köt össze. A rendkívül impozáns komplex létesítmény négy részre osztható. A folyam fő medre felett kábelhíd épült, a mellékágon ferdekábeles szerkezetet létesítettek. Nem jelentéktelenek a feljáró híd vasbeton építményei (6. kép), és figyelemre méltó a teljes komplexum megfigyelésére, üzemeltetésére szolgáló monitor-épület.



6. kép: A Run Yang híd feljárója



7. kép: A Jangce főágán épült Run Yang kábelhíd

5.1 A feljáró hidak, csomóponti szerkezetek

Több kilométeres összhosszban épültek a vasbeton szerkezetű feljáró hidak (6. kép) és csomóponti műtárgyak. Ezekhez hasonló szerkezeti elrendezésű hidak nagy számban láthatók a kínai autópályákon és közutakon.

5.2 A főmeder kábelhídja

A 2000. október 20. és 2005. április 30. között épült szerkezet jelenleg a világ harmadik legnagyobb, 1490 m-es nyílását tartalmazza (7. kép). A jelenlegi maximum az 1998-ban elkészült Akashi Kaikyo híd 1992 m-es nyílása Japánban, a második a Dánia és Svédország közötti Great Belt függesztett szerkezete, amely 1996-ban 1624 m-es legnagyobb nyílással épült meg. A megtekintett híd a negyedik helyre „csúszik majd vissza”, amikor elkészül az építés alatt álló Xihoumen híd, ugyancsak Kínában, amelynek fő nyílása 1635 m lesz.

A fő, déli medren kábelhíd vezet át. Az 1490 m-es nyíláson kívül a kábelek – a belógástól eltekintve – ferde egyenes vonalban folytatódnak a lehorgonyzó tömbökig. A modern nyílás merevítő tartója szekrényes keresztmetszetű acélszerkezet. Ez mindkét pilonon túl a parti nyílásokban több támaszú acélszerkezetben folytatódik, amelynek nyolcadik nyílása után helyezkednek el a lehorgonyzó tömbök. Felfüggesztő kábelek kötik össze a fő parabolikus kábelrel a merevítő tartót. A nyílásközépen a vízszintes terhek viselésének érdekében speciális kapcsolatot alakítottak ki. A hajózási ürszelvény magassága 50 m.

A két, nagyjából parabolikus kábel egyenként 2581 m hosszú, átmérőjük 910 mm, kettejük tömege 21000 t. 184

köteg képez egy kábelt, egy köteg 127 párhuzamos huzalt tartalmaz, amelyek átmérője 5,3 mm. A fő kábeleket S-alakú huzalok borítják, amelyek teljes vízzáróságot, korrózió elleni védelmet nyújtanak.

A kábel-lehorgonyzások vasbeton részfalszerű tömbökből állnak, amelyeket a sziklatalajba fúrt cölöpök támasztanak meg. A 64×33×42 m-es lehorgonyzó tömbök gravitációs módon működnek.

A pálya 2×3 forgalmi sávot, egy-egy leálló sávot tartalmaz a kábelek között, kerékpárutat kétoldalt a kábeleken kívül.

A pilonok magassága 215 m, három keresztkötéssel keretet képeznek. 32 fúrt cölöp támaszkodik a sziklatalajra, átmérőjük 2,8 m, átlagos hosszuk 56 m. A cölöpökön nagy tömegű tömbalap nyugszik.

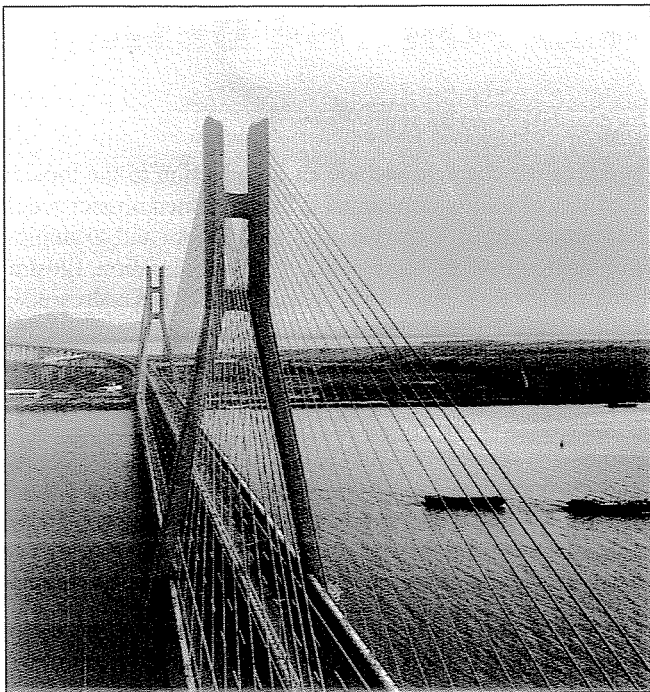
A beton-vasbeton munkákhoz kis pH értékű cementet alkalmaztak a szerkezet élettartamának növelése céljából.

5.3 Az északi, kisebb folyamág ferdekábeles hídja

A kisebbik áthidalás nyílásbeosztása 176+406+176 m (8. kép). A hajózási ürszelvény magassága itt kisebb. A váza alakú, feszített vasbeton szerkezetű pilonok magassága 143 ill. 147 m. A merevítő tartó szekrényes acél szerkezet. 52 pár kétsíkú, legyező elrendezésű kábel függeszti fel a pilonokra a merevítő gerendát. A pilonok egyenként 24, 2,5 m átmérőjű, fúrt cölöppel alátámasztott tömbön nyugszanak.

5.4 A monitor-ház

A déli, nagy mederhíd északi hídfője közelében megfigyelő épület helyezkedik el. Ez méreteiben kb. a BME Építőipari



8. kép: A Jangce mellékágán épült Rua Yang ferdekábeles híd

Laboratóriumához hasonló. Ott helyezkedik el a híd- és autópálya-mérnökség és különféle közlekedési intézmények irodahelyiségei, raktárak, szolgálati területek stb. Egy nagy terem szolgál a tulajdonképpeni megfigyelő berendezések céljára. Egy központi helyről követhető a két nagy hídon, a kapcsolódó hidakon és útszakaszon zajló forgalom. Ez a terem szolgál a hídszerkezetek viselkedését mutató szenzorok kijelzőinek regisztrálására, figyelemmel kísérésére. Külön berendezések szolgálják a meteorológiai és szeizmikus adatok regisztrálását, értékelését.

6. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Kína rohamosan fejlődik, ez tükröződik építőiparában is. (Nem kétséges, hogy vannak jelentős fejlesztésre szoruló, elmaradott területek is.) Az építéstudomány eredményei jelentősek. Ezt a kiemelkedő jelentőségű építmények és a tudományos közlemények mutatják. (Figyelemre méltóak az itt röviden ismertetett nagy hidak és más építmények.) Érdemes és szükséges jobban megismerni a kínai szakirodalmat. Előnyös lenne ösztönözni kutatóinkat, főként PhD hallgatóinkat, hogy valamely kutatási téma helyzetfelmérő tanulmányának készítésékor fordítsanak figyelmet a távolkeleti szakirodalomra.

7. HIVATKOZÁSOK

- Ding D. J. (szerk.) (1986), „International Symposium on Fundamental Theory of Reinforced and Prestressed Concrete”, *Proceedings*, Nanjing, China. Nanjing Institute of Technology. 3 kötet
- Liu Y. G., Xiao Y. F., Huo X. M. (szerk.), (1991), „Modern Applications of Prestressed Concrete. *Proceedings of the International Symposium September 3-6, 1991, Beijing, China*”, International Academic Publishers. Pergamon Joint Venture, 3 kötet
- Lü Z. T., Li A. Q., Wu Z. S., Meng S. P. (szerk.) (2005), „Innovation and Sustainability of Structures” *Proceedings of the International Symposium, November 20-22, 2005, Nanjing, China*. Southeast University Press, Nanjing, China, 3 kötet.

Dr. Tassi Géza (1925), egyetemi tanár, a műszaki tudomány doktora, a *fib* Magyar Tagozat örökös tiszteletbeli elnöke, FIP-érmes, az I. *fib* kongresszus kitüntetettje, Palotás László-díjas.

EDUCATION, RESEARCH, CONSTRUCTION IN CHINA

Prof. Géza Tassi

The paper describes the experience gained at three universities – and cities – in China, as well as the topics discussed at an international symposium took place there. The main features of two suspension bridges are given, too.

fib BULLETIN 32: GUIDELINES FOR THE DESIGN OF FOOTBRIDGES

The latest *fib* Bulletin, number 32, "Guidelines for the design of footbridges", is now available for purchase from the *fib* secretariat in Lausanne.

Until the publication of Bulletin 32, there was no international guidance document dedicated solely to the design of footbridges. Structural engineers designing footbridges were therefore obliged to spend considerable time and energy collecting information from numerous sources in order to make design decisions.

fib Bulletin 32, published in November 2005, was drafted by a group of international experts to fill this gap and provide a concentrated source of information regarding all design issues specific to footbridges, bridges for cyclists and bridleways (equestrian paths). It is meant to be a "liberal" document, in that it promotes new, innovative and bold yet prudent designs by sharing the experience of the authors, summarizing specifications given in codes, and presenting a collection of examples of well-designed structures or structural details from around the world. It is not intended to be an international code that specifies limits and admissible values, thus encouraging timid, conservative designs that are repetitions of approved and tested designs. Indeed, it may be the very fact that no international code exists specifically for footbridges that encourages the wide variety of footbridge designs found today.

It should be noted that numerous guidelines, codes and books have been published on bridge design in general. Information given in those publications that is also applicable to footbridges is not repeated in Bulletin 32.

All of the chapters include an introduction to the topic, a summary of information found in existing international codes, recommendations, experience of the authors and examples, with comparison and comments on this information. Illustrations and photographs help to visualize the topics addressed in this Bulletin. The last chapter presents case studies of existing footbridges, each with a short summary of main structural data and references for further reading.

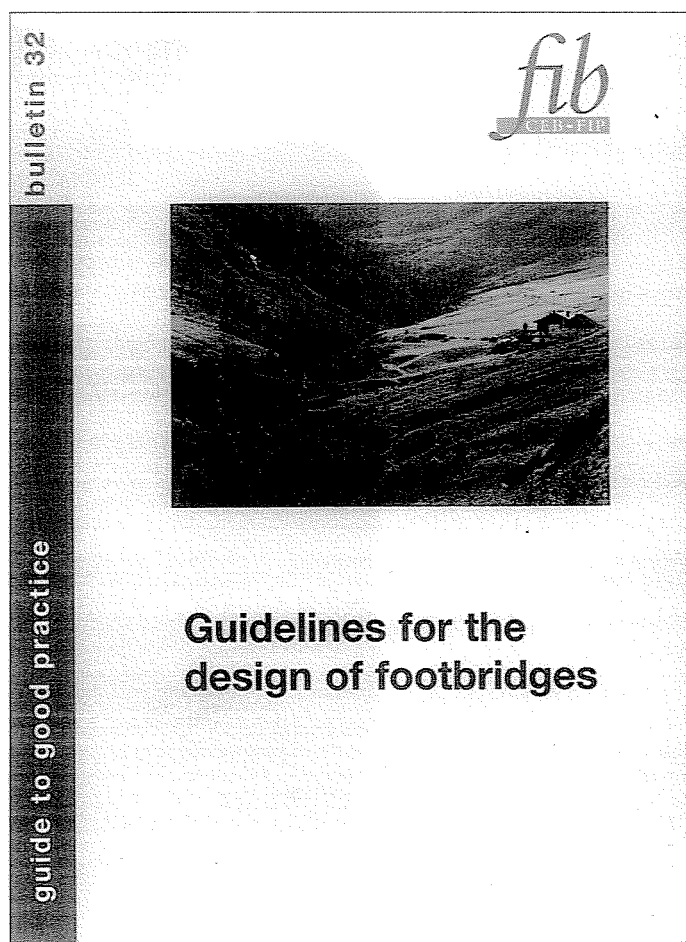
Pages: 158

Price: CHF 100 (non-member price), including surface mail
ISBN 2-88394-072-X

To order this Bulletin, use the order form at www.fib-international.org/publications/order/.

federation internationale du beton (*fib*)
International Federation for Structural Concrete
Case Postale 88, 1015 Lausanne, Switzerland
Phone +41 21 693 2747 • Fax +41 21 693 6245
fib@epfl.ch • www.fib-international.org

Press contact: Laura Thommen-Vidale, Editor
Email: laura.thommen-vidale@epfl.ch
Tel.: +41 21 693 2747
Fax: +41 21 693 6245
Press area: www.fib-international.org/press



FIB SZIMPÓZIUM 2005. SZEPTEMBER 28-30., LA PLATA, ARGENTINA

– FIB MEDAL OF MERIT DR. LENKEI PÉTER RÉSZÉRE –

La Plata (Argentína) egyetemváros adott otthont a 2005. szeptember 28-30-án megtartott *fib* szimpóziumnak. A szimpóziium jelentőségét még az kihangsúlyozta, hogy ez volt az első ilyen rendezvényünk Dél-Amerikában. A szimpóziumnak mintegy háromszáz résztvevője volt a világ öt kontinenséről.

La Plata város Argentína fővárosának, Buenos Airesnek a tözsomszédságában fekszik, a La Plata folyó tölcsértorkolatában. A város többek között egyeteméről híres, aminek összességében több tízezer hallgatója van.

A szimpóziium megnyitójának elnökségét az 1. fénykép



1. fénykép: „Structural concrete and time” *fib* szimpóziium 2005. szept. 28-30. megnyitója

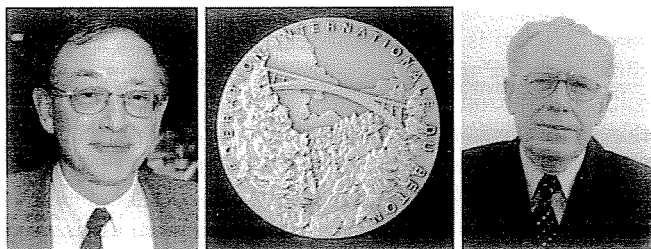
mutatja, balról jobbra haladva: Leonardo Zitzer (az AATH elnöke), Luis P. Traversa (a *fib* szimpóziium Szervező Bizottságának elnöke), Maria E. López Mórtola (Buenos Aires provincia Kutatási Bizottságának elnöke, Giuseppe Mancini, a *fib* elnöke és Luis J. Lima, az argentin *fib* csoport elnöke). A szimpóziium főcíme a következő volt:

„Structural concrete and time”, azaz

„Szerkezeti beton és idő”,

ami már önmagában is igyekszik kihangsúlyozni a beton tartósságával kapcsolatos kérdések fontosságát.

A szimpóziium legfontosabb eseménye Magyarország számára az volt, hogy dr. Lenkei Péter, a Pécsi Tudományegyetem egyetemi tanára, a CEB Magyar Tagozat volt elnöke *fib Medal of Merit* kitüntető díjat kapott (2. fénykép). A másik díjazott dr. Rolf Eligehausen egyetemi tanár volt a Stuttgarti Egyetemről (2. fénykép). *fib Medal of Merit* kitüntető díjat csak olyanok kaphatnak, akik pályafutásuk során nem csak a vasbetonépí-



2. fénykép: *fib* Medal of Merits. A díjazottak Prof. Lenkei Péter (jobbról) és Prof. Rolf Eligehausen (balról)

tés valamely terén alkottak maradandót, hanem a nemzetközi szervezet munkáját is kiemelkedő módon segítették. Dr. Lenkei Péter kollégánk mindkét kritérium alapján messzemenőig rászolgált a kitüntető díjra. Büszkék vagyunk rá, és további



3. fénykép: Prof. Giuseppe Mancini (jobbról) átadja a *fib* Medal of Merit-díjat Prof. Lenkei Péternek (balról). 2005. szept. 28. La Plata, Argentina

sikereket kívánunk munkájához.

Külön öröm volt számunkra, hogy a szimpóziium megnyitó, plenáris előadását a díjazottak tartották

Lenkei Péter: „Life time extension process of a significant concrete structure” címmel és

Rolf Eligehausen: „Behaviour and design of connections with post-installed rebars” címmel.

A díjakat prof. Giuseppe Mancini a *fib* elnöke adta át (3. fénykép). A fig egyéként évente legfeljebb egy, vagy két évente legfeljebb 2 ilyen díjat adományoz.

A szimpóziium előadásai a következő szekciókba voltak besorolva: 1. Az acélbetétek korróziója, 2. A beton tartóssága, 3. Vasbetonszerkezetek tartóssága, 4. Az anyagok és a szerkezetek időtől függő alakváltozásai, 5. Szerkezetek javítása és megerősítése, 6. A jövő vasbetonszerkezetei.

Az előadások széleskörű tájékoztatást nyújtottak a világ különböző országaiban mutatkozó tartóssági kérdésekről és azok kezeléséről.

Magyarországról elhangzott további előadások a következők voltak (a 4. fénykép Kovács Imrét mutatja előadása közben):

Kopceskó, K., Balázs, Gy.: „Chloride ion binding of cement clinkers and cements influenced by steam curing”, *Proceeding, fib Symp. La Plata 2005*, Vol. 1, pp. 147-154.

Borosnyói, A., Balázs, L. Gy.: „CFRP reinforced concrete in service”, *Proceeding, fib Symp. La Plata 2005*, Vol. 2, pp. 721-728.

Balázs, L. Gy., Csíki, B., Erdélyi, L.: „Structural strengthening with FRP: potential, design and applications”, *Proceeding, fib Symp. La Plata 2005*, Vol. 2, pp. 857-864.

Balázs, L. Gy., Kovács, I.: „Steel fibres to improve structural performance of reinforced concrete members”, *Proceeding, fib Symp. La Plata 2005*, Vol. 2, pp. 865-872.

A konferencia kiadvány érdeklődők számára hozzáférhető a *fib* Magyar Tagozat titkárságán: BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

BLGy



4. fénykép: Kovács Imre előadás közben. 2005. szept. 30., La Plata, Argentina

DR. LOYKÓ MIKLÓST 75 ÉVES



Loykó Miklós 1930. december 15-én született Pécsen. Ott végezte középiskolai tanulmányait. A műszaki munka szeretetét a szülői házból hozta magával. A műszaki egyetem kiváló hallgatója lett Budapesten, az ÉKME 1953-ban állított ki számára jeles minősítésű mérnöki oklevelet. 1969-ben megszerezte az okleveles gazdasági mérnöki oklevelet is, majd 1971-ben a BME műszaki doktorrá avatta.

Loykó Miklós sokoldalú mérnöki tevékenységet folytatott. Tevékenysége gerincét emellett elsősorban vasbeton, feszített vasbeton szerkezetű hidak képezték.

Munkáját a Hidépítő Vállalatnál kezdte mint munkahelyi mérnök ill. építésvezető. Dolgozott a Bolond-úti völgyhídnál, vezette a csepeli fennszőlő üzem, a budapesti Horváth Mihály téri telefonközpont építési munkáit. 1955-71-ig az Uvater tervezője, irányító tervezője, majd osztályvezetője volt. Főbb munkái az Erzsébet híd alépitményei és budai feljáróhídja és több híd az M7 autópályán, nevéhez fűződik szülővárosában az 58. sz. főút felüljáró hídja, amely a helyszínen előregyártott utófeszített vasbeton hidak szép példája. Igényesen irányította 30 fős osztályát.

A Hidépítő Vállalatnál folytatta munkáját 1971-78-ig. Mint műszaki igazgató e területen irányította a vállalatot. Új technológiai rendszerek bevezetésében végzett fejlesztő tevékenységet (helyszíni és üzemi előregyártású hidgerendák alkalmazása, a szabadon szerelt és szabadon betonozott feszített vasbeton hidak bevezetése hazánkban, a nagy átmérőjű cölöpök elterjedt alkalmazása. Jelentősebb hidak: a városközi völgyhíd, az újpesti Árpád úti felüljáró, az algyői Tisza-híd, az első szabadon szerelt híd a Hármaskörösön Kunszentmártonnál, a budapesti BAH és MOH csomópont szerkezetei és mások.

1978-93-ig ismét az Uvater vezető munkatársa. Dolgozott mint irodavezető-helyettes, gazdasági vezérigazgató-helyettes, vezérigazgató-helyettes (e feladatát nyugdíjasként is ellátta), műszaki tanácsadó. 1991-93-ban az Uvater Rt. felügyelő bizottságának elnöke volt. Irányította nagy forgalmú hidak tervezését, organizációs és technológiai tervek készítését (így az Árpád híd technológiai terveit). Foglalkozott közgazdasági

kérdésekkel. A laoszi Sé-Sang-So folyó hídjának tervezését és helyszíni művezetését is elvégezte. Kezében összpontosult egy nagyvállalat gazdasági irányítása, majd nyugdíjasként tanulmányokat dolgozott ki műszaki és gazdasági témákról.

A Pannon Freyssinet Kft-nél 1993. óta dolgozik mint műszaki tanácsadó, vezető tervező. Részt vesz a cég tervezési, művezetési munkáiban, ellátja a főtechnológusi teendőket. A jánoshidai Zagyva-híd, a böcsi Hernád-híd, a sárvári Rába-híd és több budapesti felüljáró rehabilitációja, az M3 autópálya HB35 jelű új ártéri hídja, a 74. sz. főút Zala-hídja, a 25. sz. főút Hangony-patak hídja, a 33. sz. főút KFCS-hídjának erősítése tartozott tervezési munkái közé.

Igen értékes dr. Loykó Miklós szakirodalmi tevékenysége. Számos folyóirat-cikk, konferencia-kiadvány, oktatási jegyzet szerzője. Közreműködött a Közúti Hídszabályzat kidolgozásában, a hídtervezések műszaki fejlesztésében.

Hosszú időn át oktatott a műszaki egyetemen, gyakorlatain a hallgatók sokat tanultak tőle. Tartott továbbképző előadásokat, tagja volt állam- (záró) vizsga bizottságoknak. Oktatói tevékenységét a BME a címzetes egyetemi docensi kinevezéssel ismerte el.

A FIP Magyar Tagozatának és a nemzetközi szervezetnek a munkájába nagyon korán bekapcsolódott. Ott volt a FIP Rómában/Nápolyban tartott 1992. évi kongresszusán, majd több más rendezvényén. Értékes munkát végzett a FIP Kivitelezési Bizottságában, sokat tett a FIP 1992 évi budapesti szimpóziuma és más rendezvények sikeréért, és a *fib* 2005. évi szimpóziumának megrendezéséhez is sok segítséget nyújtott. A *fib* MT Palotás László-díj kuratóriumának megalakulása óta elnöke, s ezt a felelősségteljes tisztséget igen jó áttekintéssel, elismerésre méltó módon látja el.

Szakmai tudományos egyesületekben rendszeresen dolgozott. Előadásokat tartott, cikkeket írt.

A *fib* Magyar Tagozata tisztelettel és szeretettel kíván dr. Loykó Miklósnak alkotó munkájához és mindannyiunkért végzett szakmai közéleti tevékenységéhez további fiatalos, alkotó lendületet, kiváló egészséget.

T. G.

DR. NÉMETH FERENC 75 ÉVES



Németh Ferenc 1930-ban született. Az ÉKME Mérnöki Karán 1953-ban kitűnő minősítésű oklevelet szerzett. Palotás László professzor vezetésével lett aspiráns, közben a Földalatti Vasút Vállalatnál is dolgozott. 1955-ben tudományos munkatárs lett a II. sz. Hidépítéstani Tanszéken. 1961-ben védte meg a földalatti műtárgyakhoz kapcsolódó héjszerkezeti témában írt kandidátusi értekezését. Kutató és ipari munkái mellett a tanszék több tárgyának oktatásába is bekapcsolódott.

1960-tól a Mechanika Tanszék oktatója volt, docenssé 1965-ben nevezték ki. A tanszék több tárgyát oktatta, majd 1964-65-ben az Ipartervben dolgozott, mint irányító tervező. Az egyetemre visszatérve folytatta oktató munkáját. Kutatásait továbbra is a héjszerkezetek terén folytatta, s hajlított körhengerhéjak témakörében IASS szimpóziumon is szerepelt. Foglalkozott héjszerkezetű tartályokkal, héjalapokkal, előregyártott vasbeton héjelemekkel. A továbbiakban kutatta a vasbeton dongahéjakat, majd vasbeton lemezek törési elmélete került érdeklődése középpontjába, miközben a rugalmas lemezelmélet terén is voltak eredményei. Eredeti módszerrel kísérleti úton is követte vasbeton lemezek viselkedését a terhelés kezdetétől a törésig. Különösen említésre méltóak a ferde és ferde vasalású vasbeton lemezekre vonatkozó kutatásai. Az Amerikai Egyesült Államokban végzett tanulmányai alkalmával volt alkalma összevetni eredményeit Sozen professzor kísérleti tapasztalataival, s ez újabb megállapítások megfogalmazására adott számára lehetőséget. Kutatásait

ortotróp és nemlineáris viselkedésű lemezekre is kiterjesztette, és alkalmazta tárcsákra és héjakra is.

Németh Ferenc széleskörű szakmai társadalmi munkát végzett. Dolgozott a KTE-ben, a Felsőoktatási Nevelési Munkabizottságban, napjainkban is értékes tagja a *fib* Magyar Tagozatának.

Nagyszámú ipari szakértői és tervezési munkában vett részt, amelyek felsorolása túlmenne e méltatás keretein.

Az egyetemen több tárgy előadója volt, számos jegyzetet írt. Nagy figyelmet fordított az oktatás-módszertani kérdésekre, és e téren szerzett tapasztalatait, kidolgozott módszereit tanfolyamokon adta át oktatótársainak.

A statika, a szilárdságtan és a kinematika több tárgykörének fejlesztésében ért el jelentős eredményeket. Ezt mutatják jegyzetei, tankönyvei is, amelyek az Építőmérnöki Karon kívül az Oráni Egyetem és a BME Gépészmérnöki Kara számára is készültek.

Előadásokat tartott a Mérnöki Továbbképző Intézetben és az ÉVM Továbbképző Központjában.

Bel- és külföldi tudományos rendezvényeken számos előadást tartott.

Mintegy 50 publikációja számottevő része foglalkozik vasbeton szerkezetekkel. Ezek elméleti és gyakorlati vonatkozásai mellett meg kell említeni a fizikai fogalmak és mértékegységekről páratlan szabatossággal kidolgozott munkáját. Aki nem olvasott régebbi, nem SI rendszert használó szakcikket, könyvet, vagy akár mai amerikai szakmunkát, nem tudja kellőképpen értékelni Németh Ferenc e téren szerzett érdemeit.

A *fib* Magyar Tagozat tisztelettel köszönti egyesületünk megbecsült tagját, a *VASBETONÉPÍTÉS* és a *CONCRETE STRUCTURES* hasábjain megjelent cikkek szerzőjét. Kívánjuk, hogy továbbra is jó egészségben folytassa szakmai munkáját. Őszintén reméljük, hogy a hobbiszinten messze túlmutató sporttevékenysége is hozzájárul kiváló szellemi és fizikai erőnlétének tartós megőrzéséhez.

T. G.

DR. SZALAI KÁLMÁN 75 ÉVES



Dr. Szalai Kálmán (1930. október 2. Debrecen) Híd- és szerkezetépítő mérnök (1953), tanársegéd (1953-1958), MTA aspiráns (Moszkva, 1958-1961), a műszaki tudomány kandidátusa (1961), egyetemi docens (1964), a műszaki tudomány doktora (1976) egyetemi tanár (1974-2000), kutató professzor (2000-2005) a BME Vasbetonszerkezetek, illetve a Híd és Szerkezetek Tanszékén.

A Vasbeton-szilárdságtan, a Vasbetonelmélet és a Méretezés-elmélet tantárgyak előadója és ehhez kapcsolódó tudományterületek művelője (1953-). Kutatás-fejlesztési és szakértői munkái közül kiemelhetők: A nyomott - hajlított vasbeton karcsú elemek teherbírása. A beton anyagú szerkezetek minőségellenőrzése. A vasbeton szerkezeti elemek minimális vasalása. A házgyári fal és födém panelok vasalásának korszerűsítése. Az ipari betonpadlók erőtan vizsgálata, a megvalósítás problémái. A tiszántúli Keleti-főcsatorna vonóvasas ívhídjainak felülvizsgálata és átépítése. A Közúti Hídszabályzat korszerűsítése. Tartós hídszerkezetek tervezése, építése nagyszilárdságú (NSZ) és nagy teljesítőképességű (NT) betonból. Szabadalmi, újításai közül széles körben nyert alkalmazást a házgyári fal- és födémpanelok új vasalási rendszere.

A CEB és a FIP keretében, illetve a Kelet-európai (KGST) országok szervezésében működött méretezés-elméleti és vasbeton szakértői munkacsoportokban tevékenykedett évtizedeken át. Több könyv, még több tudományos dolgozat,

továbbá számtalan szakértői munkafeladat teljesítése és sok hazai és külföldi konferencián elhangzott előadás fémjelzi tevékenységét.

Tevékenysége a *Vasbetonépítés 2000/4 Személyi Hírekben* megjelent ismertetése részletesen bemutatta az akkor 70 éves ünnepeltet. Az azóta eltelt 5 évben munkatársakkal együtt összesen 22 tudományos közleménye jelent meg itthon és külföldön. Ezek témái: A nagy szilárdságú és nagy teljesítőképességű beton jellemzői és alkalmazása a magasépítésben és a hídépítésben. Az Eurocode és a hazai előírások összehasonlítása és az alkalmazás feltételei hazánkban. A teherhordó szerkezetek kelet és nyugat európai biztonsági szintjeinek optimalizálása az EC előírásokban. A szerkezeti anyagok parciális tényezőjének összetevői. Vonóvasas ívhíd keresztmetszeteinek eltávolítása a Keleti-főcsatornán. A vasbeton hidak tartóssága. Nagyszilárdságú és nagyteljesítő képességű beton a rendkívül nehéz forgalmi terhelésű útszakaszokon épülő hidakhoz. A valószínűségi elven történő méretezés történeti előzményei hazánkban. Nagy teljesítőképességű betonok jellemzői. Az ipari betonpadlók méretezése megbízhatósági eljárással. A HSC-HPC betonok és hídépítési alkalmazásuk. Közúti hidakat terhelő erők és hatások az Eurocode alapján. Közúti betonhidak tervezése az Eurocode alapján. A valószínűségi elven történő méretezés előzményei hazánkban.

A *fib* Magyar Tagozat tagsága jó egészséget és erőt kíván mindnyájunk által tisztelt tagjának, sok örömet további sikeres munkájában és családjá körében.

DR. TASSI GÉZA 80 ÉVES



Öt évvel ezelőtt a *VASBETONÉPÍTÉS* 2004/4 számának hasábjain számolt be a szerkesztőbizottság arról, hogy milyen eredmények fűződnek az akkor 75 éves Tassi Géza professzor nevéhez. A *fib* MT 2000. decemberi ülésén felköszöntöttük őt, és az ünnepelést a jókívánsággal zártuk, hogy folytassa tovább jó erőben addigi hasznos tevékenységét. Meggyőződhetünk arról, hogy ez a jókívánság meghallgatásra talált, így van mit hozzátennünk az öt évvel ezelőtti méltatáshoz.

Nézzünk egy kis statisztikát: 2000 óta Tassi Géza 15 cikket publikált szaklapokban, és 13 dolgozata jelent meg konferencia-kiadványok hasábjain, Szakirodalmi tevékenységéhez tartozik még tíz, szakmai rendezvényekről szóló beszámoló, valamint 13 írás, ami a személyi hírek rovatában jelent meg folyóiratunkban, ill. más kiadványokban. Irodalmi munkájához tartozik, hogy szerkesztője a BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke Tudományos Közleményeinek, a *CONCRETE STRUCTURES* c. folyóiratunknak, és tagja a *VASBETONÉPÍTÉS*

lektori testületének. Ez utóbbi funkcióban több cikket bírált és rendezett sajtó alá.

Azt mondhatnánk, hogy nem nehéz ennyit letenni a szakmai sajtó asztalára, ha valaki nyugdíjas, és nincs más dolga. No de Tassi Géza nem az az ember, aki fel sem áll az íróasztala mellől. Az elmúlt öt évben három tantárgyat adott elő az angol nyelvű képzésben. Volt olyan időszak, amikor heti 14 órában tartott előadást. A vasbeton témakör diplomatervezőinél a supervisor feladatát látta el, volt olyan év, amelyben a diplomatervezők létszáma elérte a 30-at. Két záró-(állam-) vizsgabizottság elnöke volt.

Bírálója volt munkahelyi vitákon doktori értekezéseknek, OTKA pályázatoknak, ott volt szakmai-tudományos fórumokon.

Részt vett a *fib* négy nemzetközi rendezvényén, más nemzetközi konferenciákon, tagja volt tanácsadó testületeknek, ellátott szekcióelnöki feladatokat. Nemzetközi elismertségét mutatja, hogy a *fib* első kongresszusán Japánban kitüntetésben részesült.

Nagyra kell értékelni azt az aktivitást, amit az elmúlt fél évtizedben az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság égisze alatt, a Duna-hidak konferenciáin és más szervezésben is tett a Kárpát-medencében élő kollégáink, barátaink javára, a velük való összefogás, és térségünk műszaki haladása érdekében. Figyelemre méltó az IASS környezetbarát szerkeze-

tekkel foglalkozó bizottságában a legutóbbi években folytatott tevékenysége is.

Sokat tett az utóbbi öt év során is a *fib* Magyar Tagozatáért. Segített a mindennapi munkában, és nagyon jelentős szolgálatot tett a *fib* 2005. évi budapesti szimpóziumának sikeréért. Hézagpótló az a munka, amelyben feldolgozta a *fib* Magyar Tagozat egyik elődjének, a FIP Magyar Tagozatának történetét a kezdetektől a *fib* magyar Tagozat megalakulásáig.

Az utóbbi években tervezési, szakértő munkát nem végzett már. Ennek oka a sajnálatosan megromlott látása. 2004. nyarán ennek mélypontján aggodalommal látogattuk meg az SE I. sz. Szemészeti Klinikáján. Hála orvosainak visszanyert látásából annyit, amennyivel – és nagy akaratával, fegyelmezettségével – folytatni tudta mindnyájunk számára értékes munkáját.

Amikor e sorokat írom, már publikussá vált, hogy a Palotás László-díj kuratóriuma Tassi Géza professzornak odaítélte az értékes elismerést. Úgy érzem, a *fib* Magyar Tagozat tagsága nevében mondhatom, hogy a díj a szerkezeti beton szakterülete igen érdemes művelőjéhez jutott.

Mindennek jegyében kívánjuk, hogy továbbra is töretlenül, kedve szerint szolgálja közös ügyünket, érezze jól magát szerettei körében, és lelje örömét az őt követő mérnöknemzedékek eredményeiben, akikért, és amiért oly sokat tett.

B. L. Gy.



Dr. Bárony János 1940. január 12-én született Tamásiban. A középiskola befejezése után a Budapesti Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Mérnöki Karán folytatta tanulmányait. Diplomátvételt 1963-ban az Uvater Hídosztályán mint gyakornok készítette.

1963-tól a Beton- és Vasbetonipari Művek (BVM) pécsi gyárához került. Ebben az időben a gyárat érintő jelentős nagyságú beruházások és felújítások megvalósításához szükséges tervdokumentációk elkészítésével, azok kivitelezésének irányításával, valamint a termeléssel, technológiával összefüggő fejlesztési feladatok megoldásával foglalkozott.

1969-től a Baranyatervnél dolgozott statikus csoportvezetőként, irányító tervezői beosztásban.

1972 és 1973-ban az Építésügyi Minőségellenőrző Intézetnél (EMI) dolgozott Pécsen, vezetőhelyettesként, ahol mélyebben kezdett foglalkozni a vasbetonszerkezetek vizsgálatával, a minőségellenőrzés és a tartószerkezetek biztonsága problémákkal.

A Pollack Mihály Műszaki Főiskola Építőipari Kar Tartószerkezetek Tanszékére 1973-ban került. A PMMF Építőipari szakainak megalakulása óta a Tartószerkezetek tantárgy felelőse volt, több mérnöki tantárgyhoz jegyzeteket, segédleteket írt.

A Tartószerkezetek Tanszék, majd a Mélyépítési Intézet, később Építőipari Intézet kutatói- és szerződéses munkáiban közvetlenül is részt vett; egyben az Intézet kutatási és szerződéses munkáinak felelős irányítója is volt.

A főiskolai docensi kinevezést 1979-ben kapta meg. 1981-től a főiskolán az Építőipari Intézet igazgatója és a Szilárdságtan és Tartószerkezetek Tanszék vezetője. 1994-től tudományos főigazgató helyettesi beosztásban dolgozott a PMMF Karon. Tagja volt a Tudományos Bizottságnak és a Kari Tanácsnak. Ebben az időszakban a főiskolán végzett tevékenységeiben a legjelentősebbek: a Tartószerkezetek labor kialakítása, megszervezése, az első PC-k munkába állítása, az építőipari informatika labor megszervezése és - az országban elsőként - a mérnöki menedzsment oktatásának bevezetése, valamint az egyetemmel való integráció előkészítése.

Felelőse volt a műszaki informatika szak bevezetésének, mely hazánkban az első között 1987-ben indult. Az informatikai technológia robbanásszerű fejlődése igazolta az akkori döntését.

A Kar külföldi kapcsolatainak egyik vezető személyisége volt: közös pályázatokat, konferenciákat, hallgatói tanulmányutakat szervezett, évente több nemzetközi konferencián vett részt, ahol sikeres előadásokat tartott.

Publikációinak, jegyzeteinek száma jelentős.

1974-76 között a BME Építésmérnöki Karán elvégezte az Építész-statisztikus szakmérnöki szakot, ahol 1979-ben kapott szakmérnöki oklevelet. Az ÉVM Vezető Tervező Minősítő Bizottságától 1987-ben kapta meg a „Vezető tervezői jogosultság”-ot és építésügyi szakértői engedéllyel is rendelkezett. Az egyetemi doktori címet 1990-ben szerezte meg. Az MTA Műszaki Mechanika Bizottsága „Kompozitok és kombinált anyagú szerkezetek” albizottságának 1991. óta volt tagja.

1993-ban kapott megbízást az MTA Pécsi Akadémiai Bizottsága „Építész és építőipari munkabizottsága” elnöki teendőinek ellátására.

A Mérnöki Kamara Pécs-Baranyai Csoportjának elnökévé 1991-ben választották meg. Tagja volt az Építőipari Tudományos Egyesületnek.

1993-ban kapta meg az Euromérnöki (Eur. Ing.) címet a FEANI-tól (European Federation of National Associations).

1992-93-ban elvégezte a Magánvállalkozásokat Fejlesztő Központ által szervezett Total Quality Management című tanfolyamot. 1994-ben a State University of New York Buffalo-ban szervezett Quality Management továbbképzésén vett részt. A magyarországi TQM hálózat részeként megszervezte a Pécsi Regionális TQM Centert.

A Janus Pannonius Tudományegyetem (JPTE) és a Pollack Mihály Műszaki Főiskola 1995. július 1. hatállyal létrejött integrációja előkészítésében és végrehajtásában igen jelentős szerepet vállalt. A kar későbbi fejlődését az integráció indította el. 1996-ban megválasztották a Baranya Megyei Mérnöki Kamara elnökének.

„Minőségbiztosítás – minőségirányítási rendszerek az építőiparban” címmel írt Ph.D. téziseit 1996-ban a Budapesti Műszaki Egyetem Építésmérnöki Kara Habilitációs és Doktori Tanácsának Bíráló Bizottsága előtt nyilvános vitában sikerrel megvédte, főiskolai tanári kinevezést 1997. július 1-jével kapott meg. 1998-ban felvételt nyert a *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozatába.

1997. július 1-től 1999. december 31-ig a JPTE-n műszaki-fejlesztési rektorhelyettes volt. A JPTE, a Pécsi Orvostudományi Egyetem és a szekszárdi Illyés Gyula Főiskola integrációja után megalakult Pécsi Tudományegyetemen (PTE) 2000. január 1 – 2003. július 1. időszakra megbízást kapott a fejlesztési és beruházási rektorhelyettesi feladatok ellátására. A Pollack Mihály Műszaki Főiskola egyetemi integrációjának kezdete óta az Egyetemi Szenátus tagjaként sokszor kemény vitákban képviselte a kar és az egyetem érdekeit. A Magyar Mérnöki Kamarában 1997-ben az elnökség tagjává, majd 2001-ben alelnökké választották, ahol fő feladata a műszaki felsőoktatással kapcsolatos kamarai állásfoglalások, vélemények előkészítése volt.

2002. július 1-jétől 2004. december 31-ig a Pollack Mihály Műszaki Főiskolai Kar főigazgatója, majd az egyetemi kar dékánja. Főigazgatói tevékenységének legfőbb eredménye a műszaki kar egyetemi karrá történő átalakítása volt 2004. július 1-i dátummal. Ez alapján kapta meg a Kari Tanács kitüntető címét: Egyetemi kar alapító dékánja.

Életpályája során számos kitüntetésben részesült. A legmagasabb kitüntetését az egyetemi kar alapítása alkalmából kapta: a Magyar Köztársaság Arany Érdemkeresztjét, melyet 2004/2005 évi tanévnyitón vehetett át. Mérnöki kamarai tevékenységét ugyancsak 2004-ben Zielinski Szilárd díjjal ismerték el. 2005. július végén a lengyelországi Sziléziai Műszaki Egyetemen részt vett és előadást tartott a Nemzetközi Mérnök-képzési Konferencián (ICEE), ahol iNEER Award kitüntetésben részesült. E világkonferencia megrendezési jogát 2008-ra a Kar számára elnyerte.

Oktatói tevékenysége során mérnökgenerációk oktatója, nevelője volt. Határozott kiállásával, megfontolt véleményével jelentősen formálni tudta a mérnöki szakma fejlődését. Felsőoktatási vezetőként nem csak a kar és az egyetem, hanem a felsőoktatás országos gondjával is értően foglalkozott.

Elismert tagja volt a hazai és nemzetközi mérnöktársadalomnak és műszaki felsőoktatásnak.

Halála pótolhatatlan veszteség kollégáinak, barátainak. Emléke örökké szívünkben él.

**Megrendelem a negyedévente megjelenő
VASBETONÉPÍTÉS című műszaki folyóiratot.**

NÉV:

CÍM:

TEL.: FAX:

A NYOMTATOTT FOLYÓIRAT

ELŐFIZETÉSI DÍJ: 2006 ÉVRE: 4400 FT + 15% ÁFA ☐

B INTERNET ELÉRÉS

ELŐFIZETÉSI DÍJ 2006 ÉVRE: 5000 FT + 15% ÁFA ☐

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 MÉRNÖKGEOLOGIAI TANSZÉK
1111 BUDAPEST, MŰEGYETEM RKP. 3.
TELEFON: 463-4068 FAX: 463-3450

(Ez a lap tetszőlegesen másolható.)

SPECIALTERV Építőmérnöki Kft.



Cím: 1031 Budapest, Nimród u. 7. Telefon / Fax: 368-9107, 240-5072
Email: specialterv@specialterv.hu, Internet: www.specialterv.hu





Bizalom, biztonság, minőség Az ÉMI-TÜV Bayern csapata

műszaki szolgáltatásaival sikerre kovácsolja munkáját
a minőségügy és a biztonságtechnika területén.

Vizsgálat, tanúsítás, személyre szabott szaktanácsadás
és szakértői tevékenység az alábbi területeken:

- Felvonók, mozgólépcsők,
színpadtechnikai berendezések
- Építő-, emelő- és
anyagmozgatógépek
- Nyomástartó berendezések,
kazánok, gázpalackok
- Hegesztési technológiák,
hegesztők, hegesztőüzemek
- Magas- és mélyépítőipari
létesítmények tartószerkezetei,
épület- és szakipari szerkezetek
- Szórakoztatóipari és
szabadidőberendezések
- Játszóterei eszközök
- Megfelelőség értékelés
és CE jel
- Minőségirányítási,
Környezetközpontú Irányítási
Rendszerek
TÜV CERT, TÜV MS és MRTI
tanúsítása (TGA és NAT
akkreditáció alapján)
Kórházi ellátási standardok
(KES)
Munka Egészségügyi és
Biztonságtechnikai Rendszerek
(MEBIR)
Élelmiszerbiztonság
(HACCP)
Integrált vállalati
rendszerek

ÉMI - TÜV Bayern

Központ:

H-2000 Szentendre

Dózsa György út 26.

Tel.: (+36) 26-501-120

Fax: (+36) 26-501-150

igazgatosag@emi-tuv.hu

www.emi-tuv.hu

www.tuevs.de

Budapesti iroda:

1043 Budapest

Dugonics u. 11.

Tel.: (+36) 1-399-3600

Fax: (+36) 1-399-3603

gmdaras@emi-tuv.hu

CEOC

