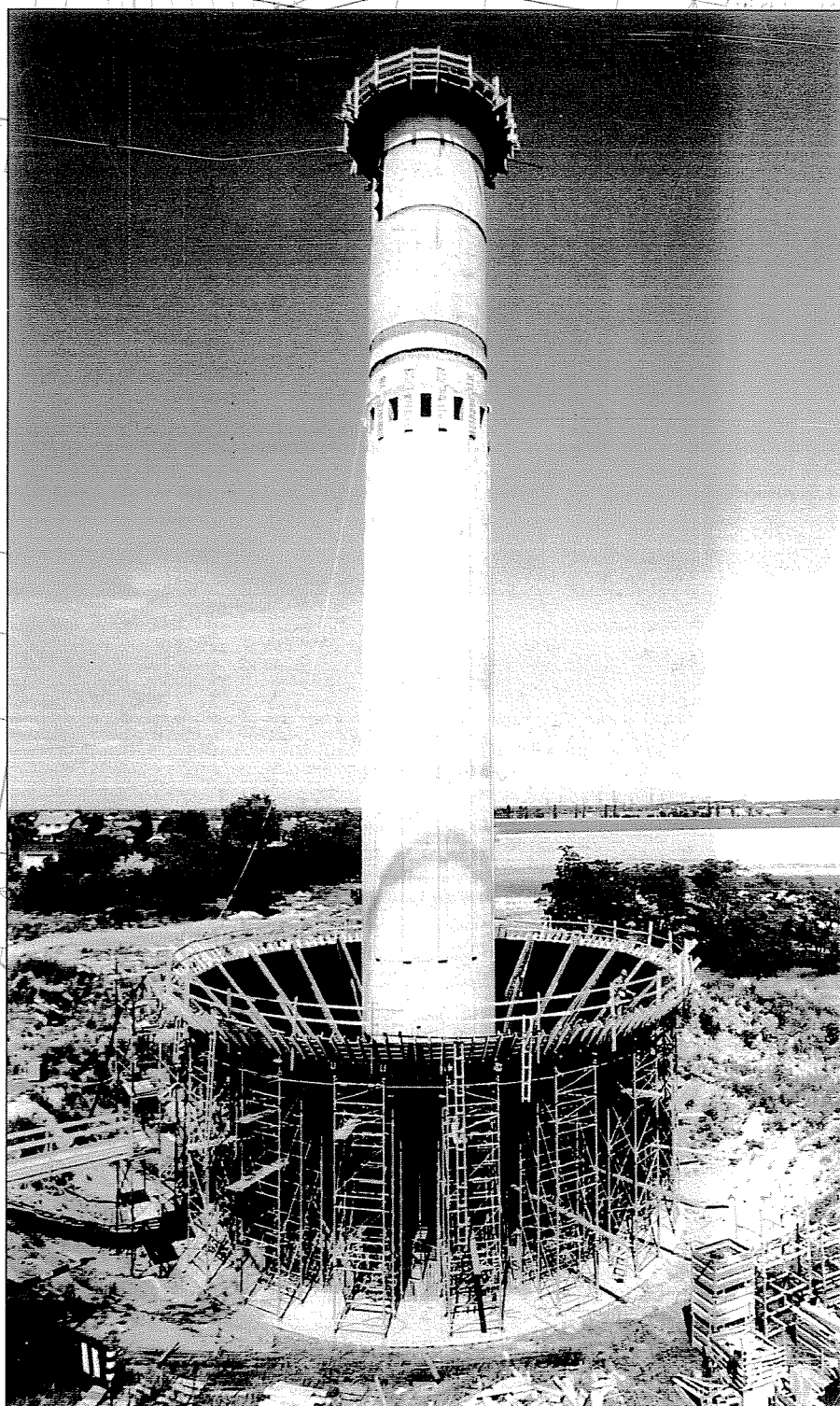


VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF **fib**

9 771419 644000 20043



Dr. Kausay Tibor

Zielinski Szilárd mérnöki alkotó munkássága a magyar örökség része

66

Dr. Zsigovics István

Öntömörödő beton, a beton-technológia legújabb forradalma**3. rész: A mészkőliszt adagolás hatása a friss és megszárdult betonra**

72

Salem Georges Nehme -

Dr. Balázs L. György

A beton porozításának hatása a roncsolásmentes vizsgálati eredményekre

80

Dr. Borosnyói Adorján -

Dr. Balázs L. György

Szálerősítésű polimer (FRP) betétekkel készülő betonelemek tervezési kérdései

87

Személyi hírek**Földeák Árpád, a magyar vasbetonépítés hosszú időn át volt doyenje emlékére**

94

Dr. Gallus Rehm alapítvány**Pályázati felhívás**

95

Konferencia felhívás**Szálerősítésű betonok - a kutatástól az alkalmazásig konferencia**

96

2004/3

VI. évfolyam, 3. szám

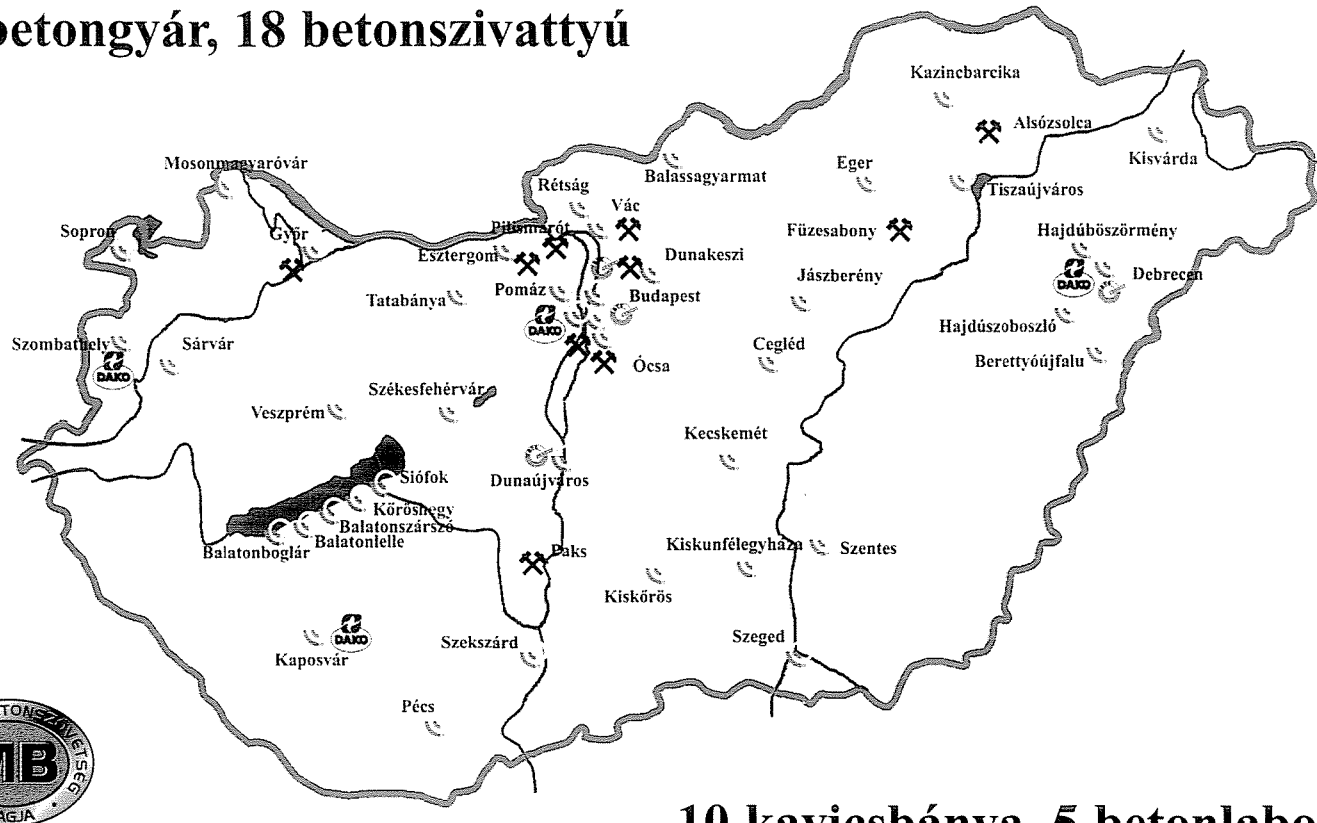
TBG betongyárok Magyarországon

A TBG csoport betongyárai 1992-ben kezdték meg magyarországi működésüket. A Duna-Dráva Cement Kft.-hez tartozó TBG Hungária Kft. holding jelleggel, részben helyi vállalkozókkal közösen üzemelteti az ország egész területén, illetve egyes környező országokban lévő betongyárait és kavicsbányáit. Betongyáraink modern számítógépes vezérléssel működnek és minden olyan követelménynek megfelelnek, mely egy jó minőségű betonüzemben elvárás. A keverékek készítésénél többnyire a cégcsoporthoz tartozó Dunai Kavicsüzemek Kft., bányáiból származó, jó minőségű, mosott, osztályozott homok és kavics, valamint magas minőségű követelményeknek megfelelő, a Duna-Dráva Cement Kft. által előállított, magyar cementeket használunk. Az igényekhez alkalmazkodva sokféle adalékszer alkalmazására is lehetőség van, de leginkább a Sika/Sabiment adalékszer család termékei kerülnek a betonba. Minden keverőnél szigorú minőségellenőrző rendszer biztosítja a kiadott betonok egyenletesen jó minőségét, amely a jól felszerelt, akkreditált betonlaboratóriumainkban rendszeresen ellenőrzésre kerül. Társaságaink jelentős része ISO minősítéssel is rendelkezik. A minősített betonreceptjeink között találunk vízzáró, fagyálló, agresszív vegyi hatásoknak ellenálló vagy szűrő betonok, könnyűbetonok készítésére szolgáló recepteket is. A telepeinkről csak a rendelésnek megfelelő mennyiségű és minőségű beton kerülhet kiszállításra. A nagyobb keverőinkben a téli munkavégzés sem okoz gondot. Társaságaink több saját tulajdonú mixerkocsival és betonszivattyúval rendelkeznek. Ezen kívül számos, megfelelő felkészültségű, rendszeresen a részükre dolgozó alvállalkozó is a segíti a munkánkat. Jelenleg már 42 betongyárunk dolgozik az országban, legújabb keverőink Kőröshegyen és Berettyóújfaluban álltak munkába. 2005 elején Kisvárdán és Pomázon kezd meg működését további két üzemünk. Meglévő üzemeinket is folyamatosan korszerűsítjük. Az elmúlt évek során egyre nagyobb szerepet vállaltunk a különböző vidéki és fővárosi építkezések beton ellátásában. A keverőink által előállított transzportbeton mennyisége évről évre nő. Míg az első időkben évente csak pár tízezer m³ betont állítottunk elő, addig a 2001. évben már közel 800 000 m³-t és 2002-ben 880 000 m³-t, 2003 pedig több mint 1 000 000 m³-t. Ezzel a mennyiséggel a vezető transzportbetongyártó társaságok közé tartozunk. Büszkén mondjuk, hogy szállítottunk és jelenleg is szállítunk betont a keverőink térségében épülő szinte minden nagyobb munkához, többek közt az M7 autópálya balatoni szakaszához, és ezen belül a Kőröshegyi völgyhídhöz is. Munkánkat segíti a betontechnológia felett őrködő BTC Kft., mely az országban több akkreditált beton vizsgáló laboratóriummal rendelkezik és a betonjaink szivattyúzását végző, jól felszerelt Dako Pumpa Kft. Ez a két Társaság szintén cégcsoportunkhoz tartozik.

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

Valamennyi munkatársunk azért dolgozik, hogy Vevőink kiszolgálása és kiadott betonjaink minősége megfeleljen Megrendelőink elvárásainak.

42 betongyár, 18 betonszivattyú



10 kavicsbánya, 5 betonlabor

TBG HUNGÁRIA Kft.

Budapest X. Basa utca 22.

Telefon (1) 434-5629, 434-5600, fax (1) 434-5639

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

TRANSPORTBETON

... egy szilárd kapcsolat

Főszerkesztő:

Dr. Balázs L. György

Szerkesztő:

Madaras Botond

Szerkesztőbizottság:

Beluzsár János

Dr. Bódi István

Csányi László

Dr. Csiki Béla

Dr. Erdélyi Attila

Dr. Farkas György

Kolozsi Gyula

Dr. Kovács Károly

Lakatos Ervin

Mátyássy László

Polgár László

Telekiné Királyföldi Antonia

Dr. Tóth László

Vörös József

Wellner Péter

Lektori testület:

Dr. Deák György

Dr. Dulácska Endre

Dr. Jancz 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

Dr. Träger Herbert

(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: 1000 Ft

Előfizetési díj egy évre: 4000 Ft

Megjelenik negyedévenként

1000 példányban.

© a *fib* Magyar Tagozata

ISSN 1419-6441

online ISSN: 1586-0361

Hirdetések:

Külső borító: 150 000 Ft+áfa

belső borító: 120 000 Ft+áfa

A hirdetések felvétele:

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

Címnapfotó:

Víztorony építése,

Győr

A fotót készítette: Csécsi Pál

TARTALOMJEGYZÉK

- 66** Dr. Kausay Tibor
**Zielinski Szilárd mérnöki alkotó
munkássága a magyar örökség része**
- 72** Dr. Zsigovics István
**Öntömörödő beton,
a betontechnológia legújabb
forradalma**
**3. rész A mészkőliszt adagolás hatása
a friss és a megszilárdult betonra**
- 80** Salem Georges Nehme – Dr. Balázs L. György
**A beton porozitásának hatása
a roncsolásmentes vizsgálati
eredményekre**
- 87** Dr. Borosnyói Adorján – Dr. Balázs L. György
**Szálerősítésű polimer (FRP) betétekkel
készülő betonelemek tervezési kérdései**
- 94** **Személyi hírek**
Földeák Árpád,
**a magyar vasbetonépítés hosszú időn
át volt doyenje emlékére**
- 95** **Dr. Gallus Rehm alapítvány**
Pályázati felhívás
- 96** **Konferencia felhívás**
**Szálerősítésű betonok – a kutatástól
az alkalmazásig**

A folyóirat támogatói:

Ipar Műszaki Fejlesztéséért Alapítvány, Vasúti Hidak Alapítvány,
Swietelsky Építő Kft., ÉMI Kht., Hidépítő 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., Techno-Wato 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

ZIELINSKI SZILÁRD MÉRNÖKI ALKOTÓ MUNKÁSSÁGA A MAGYAR ÖRÖKSÉG RÉSZÉ



részesítette.

A Magyar Örökség és Európa Egyesület dr. Zielinski Szilárd műegyetemi tanár mérnöki alkotó munkásságát, mellyel a vasbetonépítést hazánkban meghonosította, 2004. szeptember 25-én, a Magyar Tudományos Akadémia Disztermében Magyar Örökség-díjban

A Magyar Örökség-díjat 1995-ben alapították korunk, valamint a II. világháborút megelőző időszak legjelentősebb magyar teljesítményeinek folyamatos és rendszeres megnevezésére. A Magyar Örökség-díjat eddig mintegy kétszáz, ma élő és az élők sorából eltávozott honfitársunknak ítéltek oda, és nevüket bejegyezték az Aranykönyvbe, a Magyarság Láthatatlan Szellemi Múzeumába.

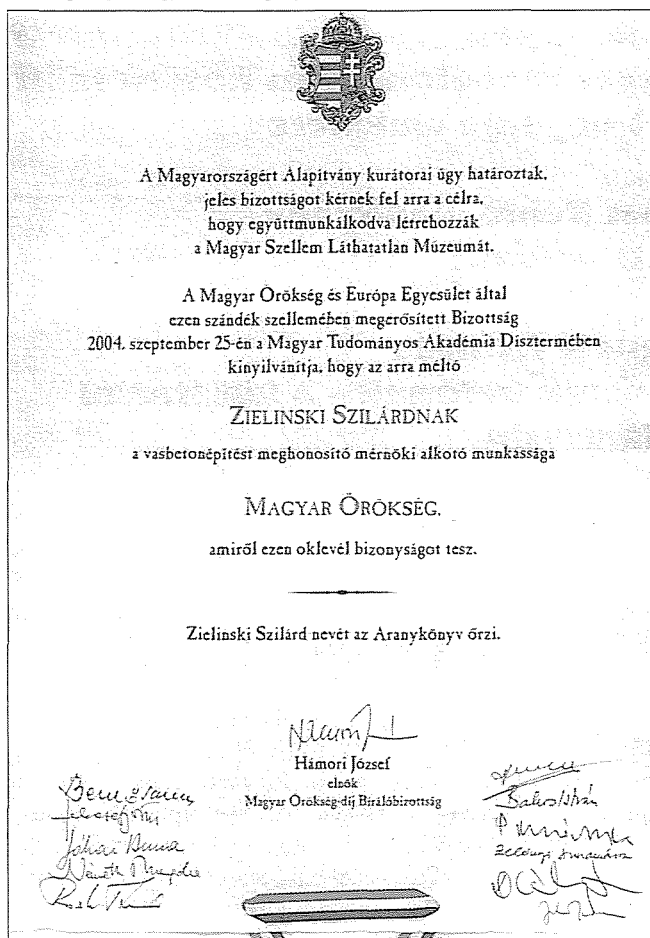
1. BEVEZETÉS

A Magyar Örökség és Európa Egyesület állampolgári javaslatok és a felkért Bírálóbizottság döntése alapján dr. Zielinski Szilárd műegyetemi tanár (1. fénykép) mérnöki alkotó munkásságát, mellyel a vasbetonépítést hazánkban meghonosította, Magyar Örökség-díjban részesítette (2. fénykép).

1. fénykép: Zielinski Szilárd



2. fénykép: Magyar Örökség-díj



2. DÍJÁTADÁS

2004. szeptember 25-én, a Magyar Tudományos Akadémia Disztermében dr. Hámori József akadémikusnak, a Magyar Örökség-díj Bírálóbizottság elnökének vezetésével ünnepélyes keretek között, immár harminchatodik alkalommal, újabb hét díj átadására került sor (3. fénykép).

A dr. Zielinski Szilárd professzor nevét megörökítő, a Magyar Örökség kitüntető címet bizonyító oklevelet dr. Pungor Ernő akadémikus adta át – posztumusz díjról lévén szó – a családot képviselő Zielinski Szilárd okl. gépészmérnöknek, és dr. Korda János okl. építőmérnöknek, a Magyar Mérnöki Kamara alelnökének (4. fénykép).

Laudációt — Poprády Géza ny. könyvtár-főigazgató, a díjat gondozó Magyar Örökség és Európa Egyesület alelnöke felkérésére — dr. Kausay Tibor okl. építőmérnök mondott.

3. LAUDÁCIÓ

Zielinski Szilárd az 1850-es években politikai okokból Magyarországra menekült lengyel nemes, Stanislaus Zielinski és Böhm Terézia házasságából Mátészalkán, 1860. május 1-jén született. 1878. őszén már a budapesti m. kir. József-Műegyetem hallgatója, ahol 1884-ben mérnöki diplomát szerzett, kitüntetéssel. Ezt követően állami ösztöndíjjal Nyugat-Európában tanulmányozta a vasút- és hídépítést.

1889-ben szerkesztési és építési irodát nyitott Budapesten, amely később a "Vasvázás Betonépítmények Tervező Irodája" nevet vette fel. Az iroda igen sok tervpályázaton vett részt, és

3. fénykép: Juhász Judit újságíró, Hámori József akadémikus, Fekete György belsőépítész, Jókai Anna író





4. fénykép: Pungor Ernő akadémikus, Zielinski Szilárd gépészmérnök, Korda János építőmérnök

számos munkát nyert el, amelyeket rövid határidőn belül és kiváló minőségben teljesíteni kellett. Ezért *Zielinski Szilárd* kiváló, az elképzeléseivel azonosulni tudó mérnököket vett maga mellé (például *Beck Alajost*, *Gergely Jenőt*, *Guth* vagy *Gut*, néhol *Gút Árpádot*, aki *Gergellyel* 1908-ban kivált az irodából és önálló magánmérnöki irodát nyitott, *Sabathiel Richárdot*). Az irodát 1906-tól *Jemnitz Zsigmond* neves főmérnök irányította, az ő aláírása szerepel a tervrajzok, statikai számítások döntő többségén. A *Zielinski*-iroda tervezői és kivitelezői tevékenységének hangsúlyos része az I. világháború előtti gazdasági fellendülés éveire esett.

Zielinski eleinte vasszerkezetű hidakat (például a budapesti városligeti tó feletti hidat 1895-1896-ban, az öcsödi Hármas-Körös hidat szintén 1895-1896-ban, a ráckevei Dunaág-hidat ugyancsak 1895-1896-ban), vasútvonalakat, vasútállomásokat (például Kisküküllő völgyi helyi érdekű vasutat, 1896-ban; Temesvár-Lippa-radnai vasútvonalat 1885-1896-ban) tervezett, és sokszor átalány összegű szerződés keretében az építésre is vállalkozott.

Tevékenységeben fordulatot az 1900-as esztendő hozott. A Párizsi Világkiállítás alkalmával megismerkedett az akkor már elterjedt, 1892-ben szabadalmaztatott *Hennebique*-féle francia vasbetonépítési módszerrel, és megszerezte irodájának a jogot a francia szabadalom magyarországi hasznosítására. A módszer alkalmazásával és fejlesztésével meghonosította hazánkban a vasbetonépítést. A vasbetonépítés gazdaságossága (30 %-os költségcsökkenés az acélszerkezetekhez képest) és az építmények tűzbiztonsága folytán hódított teret.

A *Hennebique*-rendszer lényege, hogy a beton a nyomásokat, a beleépített acélbetét (kezdetben lapos acél – ilyent *Zielinski* is alkalmazott –, majd köracél) pedig a húzásokat és a nyíróerőket veszi fel. A vasvezetéssel követni kell a nyomatéki ábrát.

Az első években *Zielinski* francia tervek alapján dolgozott, és francia vasbetonszerelőket és zsaluzóácsokat alkalmazott, majd nem sokára szegedi ácsokat gyűjtött maga köré, akik a francia szakmunkásoktól hamar megtanulták vasbetonépítés fogásait. A *Zielinski*-iroda rövid idő alatt függetlenítette magát a franciáktól, és sorra épültek az önállóan tervezett vasbeton szerkezetű

- raktárak (például a miskolci katonai élelmiszerraktár, 1902), magtárak, silók (például a Pesti Hengermalom, 1911),
- mozdony- és motorkocsiszínek, fűtőházak (1911),
- daruszerelő csarnokok és műhelyépületek, amelyek közül a legszebb volt, és az európai színvonalat meghaladta a

Ganz és Társa Gépgyári Rt. három csarnokból álló daruszerelő és motorműhelye (1905),

- középületek (például az 1880-as években épült, Koronaherceg - ma Petőfi Sándor - utcai főposta átépítéskor a nagyterem 16,45 m széles térbefedése, 1906; az Országos Zeneakadémia épülete, az akkori vasbetonismeretekhez képest merész, 4,85 m kinyúlású erkély konzoltartóival. A Zeneakadémia a korai vasbetonépítés egyik legkiválóbb alkotása, 1907; kivándorlók háza Fiumében, 1908; Piaristák Váci utcai épülete, 1914; Budapest, Horváth Mihály téri Távbeszélő Igazgatóság, 1915),
- gyárépületek (például a Lőrinci Fonoda; a Kistext bolyhozóüzeme és raktára, 1910; az Ericson, a később Híradástechnikai Gyár a Budapest, XI. Fehérvári út 70. alatt, 1913),
- víztornyok, amelyek víztartálya cementsimítással ellátott vasbetonszerkezet (a kőbányai, amely Európában az első vasbeton szerkezetű víztorony, 1903; a szegedi, amely ma is üzemel, 1904; a margitszigeti, amely 1962-ig üzemelt, 1911; a Budapest–szabadság-hegyi, amely szintén üzemel ma is, 1913; stb., legalább 25 darab),
- egyéb vízügyi létesítmények (számos duzzasztógát, közülük a világon az első a bökényi duzzasztómű és csatorna zsilip (1906), vízmedencék, vízművek, 1903-1915 között),
- de tervezett sok egyéb mellett emlékművet (Bertalan Lajos emlékmű Szegeden, 1903), lámpaoszlopot (1905), táviróoszlopot (1912), 46 m hosszú vasbeton hajót (1912),
- pince-víztelenítést vasbeton ellenlemezzel (Schönbrunni kastély gépháza, 1908; Budapesten Aréna úti Népszálló, 1916)
- istállóépületet a budai Várba, *József főherceg* megrendelésére (1902). Az épület a II. világháború alatt megsérült, és lebontották.

Életművét a számtalan szépséges vasbeton híd teszi teljessé. *Zielinski* vasbeton híd tervei közül *néhány* nevezetesebb:

- vasbetonhíd Debrecen mellett iparvasút számára, amely az első vasbeton hidunk (1900-as évek eleje),
- herkulesfürdői Bella-Reka-híd (1900-as évek eleje),
- niísi Nisara-híd, amelyért *I. Sándor szerb király Szent Száva Renddel* tüntette ki (1901),
- Nyíregyháza - dombrádi helyiérdekű vasút kerethídja (1905),
- örményesi Temes-híd (1906-1908),
- békéscsabai vasútállomás (1963-ban lebontott) vasbeton felüljárója (1907),
- egri közúti hidak (1907),
- vasút feletti felüljáró Vác határában (1908),
- Fogaras-brassói helyiérdekű vasútvonal sinkai (sinka-völgyi) vagy hosszúvölgyi (az elnevezés szerzőnként változik) viaduktjai (mindkettő ívhíd, *Hajós György* főmérnök a nagyobbikat cigányvölgyinek, a kisebbiket ördög-völgyinek nevezi, mindkettő 1908. őszén készült el), amelyek közül a nagyobbik, középső támaszközével (60 m) keltett szenzációt,
- Kiskörös-kalocsai közúton két híd (1908),
- Kecskemét-Tápiószele-farmosi közút hídja (1908),
- tápiógyörgyei közúti híd (1911),
- Eger-Debrecen közötti törvényhatósági úton a Laskópatak hídja (1911),
- apci törvényhatósági úton a Kis-Zagyva-híd, a Szuhapatak-híd (1911),
- hidak a Duna-völgyi lecsapoló és öntöző főcsatorna (DVCs) alsó szakaszán (1912),

- hatvani Zagyva-híd (nem épült meg, 1913),
- részt vett a Széchenyi-Lánchíd átépítésének tervezésében (1913-1915, az I. világháború évei), amelyért a *Kisfaludy Társaság* többekkel együtt *Greguss-díjban* részesítette, (a kicserélt, erősebb láncok megnövekedett húzóerejének viselésére a hídfők lehorgonyzó faltömbjeit kétoldalt öt-ötezer m³-es betontömbök hozzáépítésével meg kellett erősíteni),
- érsekcsanádi hajóállomás hídja (1916).

Dr. Tóth Ernő főmérnök szép és tartalmas megyei Hidak album-sorozatából tudjuk, hogy a Zielinski-iroda fennmaradt hídterveinek jelentős részét a *Közlekedési Múzeum* – amelynek Zielinski egykor felügyelő bizottsági tagja volt – archívumának témagyűjteménye őrzi. A gyűjteményben 1067 iratsomó fekszik, a legnagyobb sorszámú az 1784. számot viseli, tehát a még lappangó anyag is jelentős mennyiség. Az archívumban őrzött iratsomók 48 %-a hídterv, 25 %-a ipari létesítmény, 17 %-a épületszerkezet, 10 %-a vízépítési létesítmény terve.

Császár László írja könyvében (1978): „Zielinski vasbeton munkái az elsők Magyarországon, amelyeknek logikusan felépített szerkezeti elemei adják meg azt a szépséget, amely a (kulturális)mérnöki építményeknek jellemzője lett”. Példa erre a margitszigeti víztorony (1913), amely karcsúságával harmonikusan illeszkedik a szigeti tájba. Ezt a szépséget hordozzák Zielinski hídjai, köztük az olyan szívesen alkalmazott Gerber-tartós hidak is. *Hajós György* könyvében (2004) olvashatjuk Zielinski 1906-ban tett, szerénységére is jellemző, hitvallásnak is beillő kijelentését, amely szerint „...az esztétikai hatás eléréséhez szükséges, hogy a mérnök szerkezeteinél az építésznek magát alárendelje... az anyagnak és a konstrukciónak megfelelő formát csak így lehet megtalálni...”. (A szerkezettervező mérnök nevét sok esetben az emléktáblákon nem is tüntetik fel, például a Zeneakadémia előcsarnokában lévő tábla az alkotók közül csak *Korb Flóris* és *Giergl Kálmán* építőművészek nevét örökíti meg.)

A Gerber-tartó, első alkalmazójáról, Gerber német mérnökről kapta a nevét. Csuklós többtámaszú, statikailag határozott tartó (a tartóra hatók erők egyensúlyából az összes kapcsolati erő egyértelműen meghatározható), amelynek konzolos kéttámaszú tartói közé csuklósan vagy ingásan konzol nélküli kéttámaszú tartó(ka)t függesztenek be. Háromnyílású hidak esetén a konzolos kéttámaszú tartók a parti nyílásban, támaszai a hídfőn és a pilléren vannak, konzoljaik a középső nyílásba nyúlnak be, amelyekre a befüggesztett tartó támaszkodik.

A beton vagy vasbeton szerkezet építésének egyik jellegzetessége, hogy a szerkezet építője egyben a beton anyagának előállítója is. Zielinski korában ez helyszíni monolit-építést jelentett, ezért nem kerülhette meg az új építőanyag, a beton tulajdonságainak tanulmányozását sem. Írásos nyoma van annak, hogy nagy szakértelemmel vett részt a korai cementek összehasonlító laboratóriumi vizsgálataiban (1901), kutatta a vízadagolás betonszilárdságra gyakorolt hatását (1901), vizsgálta a gépi töréssel előállított éles-lapos kövek és a sima felületű kavics betonban játszott szerepe közötti különbséget (1909), részt vett a beton tulajdonságait kutató laboratóriumi eredmények anyagvizsgálók egyesülete belső értékelésében (1916).

Nagy hangsúlyt helyezett a minőségre. Azt vallotta, hogy a beton felületén nem szabad borsónyinál nagyobb pórusoknak lennie. A Zielinski családban apáról-fiúra örökített anekdota, hogy kiment a piacra, vett 1 kiló borsót, és zsebében egy félmaroknyi borsóval járta az építkezéseket. Azóta a betontömörítési technika sokat fejlődött, s ma már mákszemekkel kellene a felület kifogástalanságát ellenőriznünk.

A XX. század elején a tervezés és kivitelezés nem vált olyan élesen külön, mint napjainkban. Zielinski sok esetben a terveit maga valósította meg (például a ráckevei Dunaág-híd alépítményét 1895-ben, az öcsödi acélszerkezetű Hármaskörös hidat 1895-1896-ban), szép példát mutatva az elmélet és gyakorlat egységére. *Dr. Balázs György* professzor emeritus – aki könyveiben (1994-1996) Zielinski számos tudományos megfigyelését és építményeinek jellemzőit közli – írja le, hogy a méretezés és a kivitelezés megfelelőségét, mintegy az elmélet és gyakorlat összhangját igazolandó, Zieliskinek a kor szokása szerint például a szegedi 1000 m³-es vasbeton víztorony próbaterhelésekor (1904) – miközben a teret kiürítették – a víztorony alatt kellett állnia. Ugyanilyen történet fűződik a margitszigeti víztoronyhoz is, amelynek építésekor (1911) az új építőanyag iránt bizalmatlan megrendelő meggyőzésére látványos bemutatót készítettek. A lábakon álló vasbeton lemezre bizonyos magasságból egy víztartályt ejtettek annak bizonyítására, hogy a vasbeton lemez és a lábak kitűnően bírják a terhelést. A nagyobb hatás kedvéért Zielinski a lábak közé állt. A berendezés állta is a próbát, de a tartály nem: megsérült, és a víz Zielinski nyakába ömlött. A bemutató – a váratlan hideg zuhany következtében – az eredetileg elképzelnél sokkal látványosabbra sikerült. A munkáért a felelősséget fizikailag is vállalni kellett: *Hammurabi* babiloni király (Kr. e. 18. sz.) Párizsban őrzött kőbe vésett törvénytábláin olvasható, „hogya az építmény összeadul, akkor az építőmestert ki kell végezni”.

Zielinski 1894. decemberében megnősült, *dabasi Halász Irmát* vette feleségül, aki segítő, hű társa lett. Az I. világháború utáni nehéz időkben a feleség – férjének segítője – önkéntesen és javadalmazás nélkül, hosszabb időn át ellátta a műegyetemi menzai diákétkeztetés vezetését. Önzetlenségükre jellemző, hogy – mint a Zielinski család elbeszéléséből tudjuk – Zielinski Szilárd testvéreinek gyermekeit magukhoz vették, felnevelték, taníttatták akkor, amikor Zielinski testvéreinek anyagi és családi gondjai voltak. Mindezt úgy tették, hogy a gyermekeknek a szülőkkel a kapcsolata nem szakadt meg, egy kerületben, egymáshoz közel laktak. Zielinski nővérének leánya, *Mária* tornatanári, bátyjának az egyik fia, *Tibor* jogi, a másik fia, *Szilárd* mérnöki diplomát szerzett. Zielinski később mind a két fiút saját irodájában foglalkoztatta.

Zielinski Szilárd 1897-ben műegyetemi magántanár, majd 1906-ban nyilvános rendes tanár lett az Út-Vasútépítéstani Tanszéken, és azt haláláig vezette. Ő oktatta elsőként az 1904/1905. tanévben a „vasvázás betonszerkezetek” tantárgyat, egy félévben, heti 2 órában. Ezzel vette kezdetét a vasbetonszerkezetek tervezésének és építésének oktatása a *m. kir. József-Műegyetemen*, amely a világon az első műszaki felsőoktatási intézmény volt, amely nevében az egyetem szót viselte. E jeles dátum 1862., állomása a szabadságharc leverése utáni enyhülésnek, mint 1860. is, amely az 1850-ben megszüntetett magyar nyelvű oktatás visszaállításának éve. A tanmenetben a „hídepítések végrehajtása” című tantárgy először 1916-ban szerepelt, Zielinski Szilárd adta elő, két félévben, heti 2 órában, és a tantárgyban az építőanyagok és a laboratóriumi vizsgálatok oktatása is helyet kapott, tudjuk *dr. Balázs György* professzor emeritus könyvéből. Ma, közel 90 év múltán, a Műegyetemen posztgraduális képzésben, 4 félév hallgatásával, félévvégi vizsgákkal, diplomamunka készítésével, államvizsga tételével lehet például vasbetonépítési vagy betontechnológiai szakmérnöki oklevelet szerezni.

A m. kir. József-Műegyetem 1901. március 22-én kapta meg *Ferenc József* királytól a doktori cím adományozásának jogát, és az első felavatott műszaki doktor Zielinski Szilárd professzor lett, 1902. január 16-án. Doktori értekezésének címe: „Budapest forgalmi viszonyainak rendezése”, amelyet *Hajós*

György főmérnök *Zielinski*ről írt kiváló könyve részletesen ismerteti.

E könyvből tudjuk, hogy *Zielinski* 1892 és 1917 között 18 bejelentett találmányára kapott szabadalmi oltalmat.

1905-ben megalapította a *Magánmérnökök Országos Szövetségét*, amelynek első elnöke lett.

Zielinski professzor műegyetemi tevékenységének része, hogy a *Műegyetemi Segédegyletnek* 1912-től, a *Műegyetemi Atlétikai és Football Clubnak (MAFC)* 1911-1919 között tanárelnöke volt.

A *Zielinski*-iroda a politikai-társadalmi-gazdasági helyzet folytán, önhibáján kívül, 1918. december 5-én szűnt meg (az utolsó tervet ekkor adták ki). Ezt követően *Zielinski Szilárd* már alig tervezett, és figyelme a korábbiaknál fokozottabban fordult a közélet felé. 1920-ban az *Országos Középítési Tanács*, 1921-ben a *Fővárosi Közmunkák Tanácsának* elnöke, *Széchenyi* dóblingi hagyatékának kiadása érdekében tett fáradozásai elismerésül pedig ugyanez év decemberében a *Magyar Történelmi Társulat* tiszteleti és örökös választmányi tagja lett.

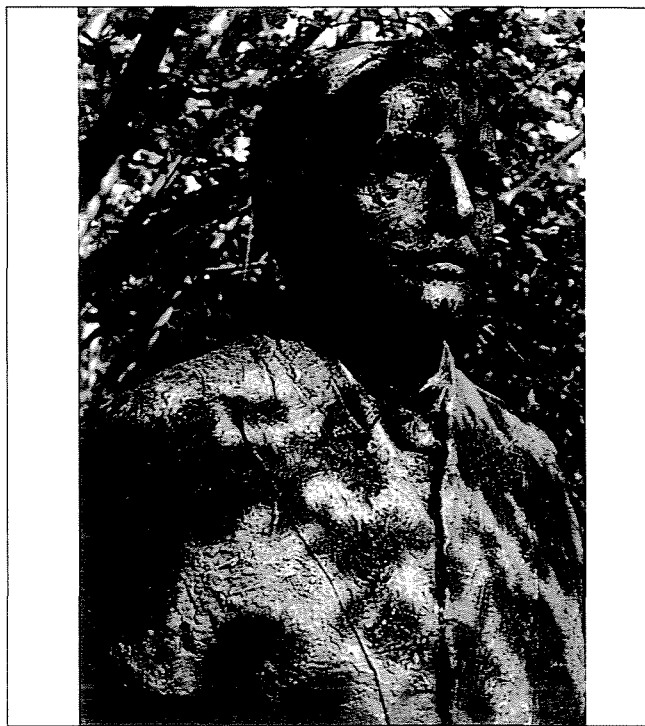
A trianoni tragédia következtében a Duna - mint szállítási útvonal - jelentősége nagyon megnőtt, amire *Zielinski Szilárd* hívta fel a miniszterelnök (gróf *Bethlen István*) figyelmét. Így lett 1922-ben a Szabadkikötő építésének kormánybiztosa, de az 1928-ra befejeződött építkezés végét már nem élte meg.

Zielinski magas hivatali beosztásaiban számos nagyfontosságú kérdésben hozott döntésével, valamint a *Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete* választmányában és a *Magyar Mérnök- és Építész-Egyletben* tudományos és társadalmi nézeteinek érvényre juttatásával mozdította elő a hazai technikai kultúra fejlődését.

A *Mérnöki Kamara* létrehozásáért hosszú évtizedeken át küzdött. A *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet* 1900. júniusi rendkívüli közgyűlésén a kamara létrehozásának törvénytervezetét *Zielinski Szilárd* adta elő. Célként a mérnöki kar jogainak és tekintélyének védelmét jelölte meg, beleértve a jogok gyakorlásához szükséges tagsági feltételek megszabását is. A kormánynál a *Mérnöki Kamara* létrehozása nem talált támogatásra. Eltelt 17 év (1917. június 29.), amikor a mérnökök a *Műegyetem* aulájába, a kamara létrehozását szorgalmazó országos mérnökgyűlést hívtak össze, amelynek egyik szervezője és a meghívó egyik aláírója, valamint a mérnökgyűlés határozati javaslatának előterjesztője *Zielinski Szilárd* professzor volt. A mérnökgyűlésen a király képviseletében *Miksa főherceg*, a kormány képviseletében miniszterek voltak jelen. *Zielinski* itt elhangzott beszédében keserűen mondta: „mi vagyunk az a kar, amely a társadalom jólétéért, az ország felvirágzásáért, a trón biztosításáért dolgozik, ...mégis hiába kéri, hogy a társadalomba való elhelyezkedése valamiképpen törvénnyel szabályoztassék”. A mérnökgyűlésen indult kedvező folyamatot azonban 1918-1919. történései újabb évekre elakasztották. *Zielinski* és a mérnök társadalom fáradozásait hosszas viták után csak 1923-ban koronázta siker, amikor is a *Mérnöki Kamara*, majd 1924. március 8-án a *Budapesti Mérnöki Kamara* megalakulhatott, amelynek első elnöke *Zielinski Szilárd* lett.

Ezt a tisztet elhunytá miatt alig két hónapig gyakorolhatta. Korai halálához az I. világháborút követő nagyon nehéz időkben személyét ért hatások és méltánytalanságok is hozzájárultak. A *Mérnöki Kamara* a *Zielinski* halálát követő rendkívüli közgyűlésen 2 millió korona kezdőtőkével „*Dr. Zielinski Szilárd alapítvány*” létesített, hogy a kamatokból a rászoruló mérnököknek, mérnök-özvegyeknek és árváknak anyagi támogatást nyújthasson.

Dr. Zielinski Szilárd professzor 1924. április 28-án halt meg,



5. fénykép: *Zielinski Szilárd* professzor mellszobra a *Műegyetem* kertjében



6. fénykép: Emléktábla a Budapest. XI. Budafoki út 3. alatti lakóház falán

a Kerepesi temetőben alussza örök álmát. Özvegye, *Zielinski Szilárdné* férje halála után 24 évvel, 1948. áprilisában kezdte – mint írta „a visszaemlékezés gyenge ködképein át” – *Zielinski* professzor munkásságának emlékeit kézírással papírra vetni. Erre az indította, hogy *Zielinski Szilárd* addig gondosan megőrzött iratai az ostrom és az azt követő évek alatt sajnos teljesen megsemmisültek.

Emlékét a *Magyar Mérnöki Kamara* által 2000. januárjában alapított *Zielinski Szilárd-díj*, a *Műegyetem* kertjében mellszobra (5. fénykép), amelyet *Zielinski Tibor*, a professzor testvérének dédunokája készített, a Budapest, XI. Budafoki út 3. alatti lakóház falán – ahol lakott – emléktábla (6. fénykép), a Margitszigeten a nevét viselő sétány, Mátészalkán a régi vasútállomás falán emléktábla és az ősszel megnyíló emlékszoba (*Képes Gábor* okl. építőmérnök jóvoltából) őrzi.

A XX. század első felének neves hidépítési professzora, *dr. Mihailich Győző* – aki maga is a magyar vasbetonépítés egyik

neves megalapozója – 1960-ban megjelent könyvében írta a nála 17 évvel idősebb *Zielinski Szilárd*ról, hogy “sokoldalú tehetséggel megáldott mérnök volt, aki nemes ambícióval nagy alkotásokra törekedett, amelyek nemzete hírnevét öregbítették, és gazdasági erejét megnövelték”. *Dr. Mihailich Győző* volt az, aki ebben a könyvben *Zielinski Szilárd*ot a vasbetonépítés apostolának nevezte.

Dr. Zielinski Szilárd professzor életművének számtalan – a vasbeton- és hidépítés hagyományait nagy szakértelemmel ápoló – kutatója és krónikása van, akikről a laudátor merített; azokról, akiket név szerint nem említett, e hiányosságért elnézést kér.

Bizton tudjuk, hogy *dr. Zielinski Szilárd* professzor tevékenysége a magyar örökség része. Ennek magas posztumusz elismerése az egész magyar hidász és szerkezetépítő társadalmat jótékonyan érinti. Fogadjon érte a *Magyar Örökség Díjat* adományozó testület a szűkebb és a tágabb szakma hálás köszönését.

4. ÉLETRAJZI ADATOK ÖSSZEFOGLALÓAN

Zielinski Szilárd (*1860. május 1. Mátészalka, +1924. április 28. Budapest) (kultur)mérnök, szerkezettervező. A budapesti m. kir. József-Műegyetemen 1884-ben szerezte meg mérnöki oklevelét. Ezután állami ösztöndíjjal Németország, Anglia és Franciaország vasútjait, hídjait és egyéb nevezetes mérnöki alkotásait tanulmányozta, közben Párizsban az Eiffel cég tervező irodájában is dolgozott mérnökként. 1881-ben *Kisfaludi Liptay Sándor* vasútépítő műegyetemi professzor tanszékén lett tanársegéd. A Műegyetemen 1897-ben magántanár, majd 1906-ban nyilvános rendes tanár lett az Út-Vasútépítési Tanszéken. 1902-ben – hazánkban elsőként – megszerezte a műszaki doktori címet. 1889-ben önálló mérnöki irodát nyitott, ahol első sorban vasútépítéssel foglalkozott, amellyel velejárta az acélhid-tervezés is. Párizsi útján megismerkedett *François Hennebique* mérnökkel és szabadalmával, a vasbetonépítés technológiájával. Hazatérése után irodáját vasbetontervezésre állította át, s hazánkban elsőként tervezett ezzel a technológiával különböző létesítményeket (hidakat, víztornyokat, silókat, épületeket stb.). Nevéhez fűződik a kőbányai, a szegedi és a margitszigeti víztoronynak, az örményesi Temes-hídnak, a Ganz Vagon- és Gépgyár szerelőcsarnokának stb. a tervezése. Legnagyobb szabású vasbeton hídprojektje a Fogaras-brassói vasútvonalon 1908-ban épült 167 méter hosszú, 60 méteres középső nyílású, ívszerkezetű viadukt. Zielinski az első elnöke volt az 1897-ben megalakult Magánmérnökök Országos Szövetségének, 1920-ban elnökévé választotta a Magyar Mérnök- és Építészegylet, 1921-ben a Közmunkák Tanácsának lett elnöke lett. Közel két és fél évtizeden át küzdött a Magyar Mérnöki Kamara megalapításáért, amelynek 1924-ben első elnökévé választották. Utódai a magyarországi vasbetonépítés meghonosítójaként, a vasbetonépítés apostolának nevezik.

5. A BETON ÉS VASBETON KÉSZÍTÉS KEZDETÉNEK RÖVID KORRAJZA

Az újkori cementgyártás és betonkészítés gondolata Angliában (Smeaton, 1756; a portlandcement feltalálója: Aspdin, 1824) és Franciaországban (Vicat épített először románcement

felhasználásával betonhidat: Souillac, hétényilású boltozott híd a Dordogne folyó felett, 1812-1822) született meg. A vasbeton elődje a *vasalt beton* volt: *Monier* párizsi kertész beton virágvázaiba, azok megrepedése ellen vasvázat tett (1849). Eljárását 1867-1878 között edényekre, tartályokra, lemezekre, hidakra stb. szabadalmaztatta.

Magyarországon betont először a Lánchíd pilléreinek alapozásánál (1840), a Vámépület (ma Közgazdaságtudományi Egyetem, 1870), az Országház (1885) alapozásánál, a Műegyetem lemezalapozásánál (1903) használták.

Az első - és vezető helyét sokáig megtartó - *magyar cementgyár* 1869-ben az Újvidék közeli, Duna-menti Beocsinban épült meg, és vele szinte egyidőben létesült a lábatlani cementgyár (1869). Ezt rövid időn belül újabb, kisebb cementgyárak építése követte: Nyergesújfalu, Mogyorósa (Zemplén megye), Újlak-Óbuda, Lédec (a Vág mentén), Honctő (Arad megye), Brassó; a századfordulón tehát már hét magyar cementgyár volt üzemben, és 1918-ig újabb hét magyar cementgyár létesült: Felsőgalla-Tatabánya, Bélapátfalva, Beremend, Selyp, Zsolna (a Vág mentén), Zágráb, Torda.

A betonkísérleteket illetően korai hazai – bár még német nyelven íródott – emlékünknél származik 1860-ból. Ebben anyagtani megfigyeléseiről is beszámol *Mihályi János* a Ferenc-csatorna dunai torkolatánál 1854-ben épült Ferenc-József hajószilip építője, aki a cementet – akár *Clark Ádám* is a Lánchíd építésénél – még maga állította elő.

Nendtvich Gusztáv az Országház 60 ezer m³-t kitevő betonalapjának kivitelezéséhez végzett kísérleteket, amelyek eredményéről 1889-ban megjelent tanulmányában számol be.

Schustler József 1899-ben teszi közzé két év alatt végrehajtott betonkísérleteinek következtetéseit, majd 1916-ban bekövetkezett haláláig számos beton-anyagtani cikket publikál.

Lampl Hugó és *Sajó Elemér* 1910-1913 között a soroksári Duna-ág felső torkolati kamrazsilipe építéséhez mintegy 1000 darab betonpróbatessztel végzett kísérleteket.

Magyarországon vasbetont először födém szerkezetként alkalmazták, az 1880-as évek második felében: acél I tartók közé íves lemezeket betonoztak. Ilyen például a budapesti földalatti vasút födémrendszere, amelyen közúti forgalom bonyolódik le, vagy a pesti Belgrád rakparti raktársor födeme, amelyen a 2-es villamos halad, vagy a Klauzál téri és a Rákóczi téri vásárcsarnokok pincefödeme, vagy később a Lánchíd budai hídfőjének aluljárófödeme (1906) is. Hazánk első vasbeton hídja Solton, az 51. sz. úton, 1889-ben épült, ez a boltozat ma is kifogástalan állapotban van.

6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- André L. (szerk.), „Hidak Magyarországon”, <http://www.hidak.hu/arckep.htm>
Balázs Gy. (1994, 1995, 1996), „Beton és vasbeton”, I., II., III. kötet. Akadémiai Kiadó, Budapest
Beke J. (1914), „A Lánchíd átépítése”, *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye*, 463. oldal
Bereczky E., Reichard E. (1970), „A magyar cementipar története” *SZIKKTI BME Millenniumi Évkönyv* (2000), *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem*
Császár L. (1978), „Korai vas és vasbeton építészettünk”, *Műszaki Könyvkiadó, Budapest*
D. M. (2004), „Nyolcvan éves a mérnöki kamara”, *Mérnök Újság, Április*, 8-10. pp.
Gáll I. (2000), „Zielinski Szilárd”, *Országépítő*, 4. szám
Hajós Gy. (2004), „Zielinski Szilárd”, *Logod Bt.*
Hajós Gy. (2004), „Zielinski Szilárd és a Duna-hidak tervpályázata”, *Mérnök Újság, Február*, 38-40. pp.
Hajtó Ö. (2002), „A kamara története a múlt századtól napjainkig”, *Mérnök Újság, Február*, 4-6. pp.
Jegyzőkönyv a Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének 1916. április 9-én

(vasárnap) tartott közgyűléséről, *Anyagvizsgálók Közlönye*, 1916, 97-111. pp.

Képes G. (2004). „Zielinski Szilárd”, Műszaki alkotók, magyar mérnökök. 5. füzet, *Zala Megyei Állami Közútkezelő Kht.*

Kiss Cs. (szerk.), „Zielinski Szilárd mérnök...75 éve hunyt el”, *Krónika, Magyar Tudomány- és Technikatörténeti Műhely*, <http://www.sulinet.hu/eletestudomany/archiv/1999/9917/kronika/magyar.htm>

Korányi I. (1957), „Tartók sztatikája” I. kötet. 1. füzet, *Tankönyvkiadó Budapest*

Kossalka J. (1910), „A Fogaras-brassói helyi érdekű vasút...”, *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye*, 113. oldal

Körmöczy E., Szolga A., Bodor D. (2004), „100 éves a szegedi víztorony”, *Mérnök Újság, Február*, 40-43. pp.

Lampl H., Sajó E. (1914), „A beton”, *Pátria Kiadó, Budapest*

Magyar Mérnöki Kamara (2004), „Zielinski Szilárd-díjasok”, *Mérnök Újság, Június*, 12-15. pp.

Medved G. (2001), „Történetek a világ hidjairól” *Terc, Budapest*

Mihailich Gy. (1960), „A XIX. és XX. századbeli magyar hidépítés története”, *Akadémiai Kiadó, Budapest*

Mihailich Gy., Haviár Gy. (1966), „A vasbetonépítés kezdete és első létesítményei Magyarországon”, *Akadémiai Kiadó, Budapest*

Mihálik J. (1860), „Praktische Anleitung zum Beton-Bau”, *Berlin*

Nendtvich G. (1889), „A hydraulikus kötőanyagok és a hazai cementek és

cementgyárak”, *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye*. 3-19, 89-105, 288-308 pp.

Schustler J. (1899), „Cément- és betonpróbák”, *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye*. 369-378. pp.

Tóth E. (1993), „Fejezetek a Mérnöki Kamara történetéből”, *Magyar Mérnöki Kamara*

Tóth E. (szerk., 1997), „Pest megyei és budapesti hidak”, *ÁKMI*

Tóth E. (szerk., 1998), „Hidak Heves megyében”, *ÁKMI*

Tóth E. (szerk., 1999), „Hidak Bács-Kiskun megyében”, *ÁKMI*

Zielinski Sz., Zhuk J. (1901), „A románcementek összehasonlító vizsgálása és a gyakorlatban való felhasználásának ellenőrzése”, *Kilián Kiadó, Budapest*

Zielinski Sz. (1902), „Megjegyzések Schustler József: A hazai portland- és románcementek szaporasága című közleményre”, *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye*, 490. p.

Zielinski Sz., Zhuk J. (1906), „Vasvázak beton és architektúra”, *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye*

Zielinski Sz. (1909), „A román- és portlandcementek szilárdulása pépben, habarcsban és betonban”, *Az Anyagvizsgálók Nemzetközi Egyesületének koppenhágai kongresszusán elhangzott előadás, Pátria Kiadó, Budapest*

Zielinski Sz. (1918) „Tanulmány a Széchenyi-Lánchíd útburkolatainak beállott romlásokról”, *Anyagvizsgálók Közlönye*, 131-148 pp.

TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK

PALOTÁS LÁSZLÓ SZÜLETÉSÉNEK 100. ÉVFORDULÓJA ALKALMÁBÓL

Palotás László érsekújvári vasúti munkáscsaládban született. Apja 1,5 éves korában meghalt. Lényegében 7 éves korától maga tartotta el magát, és segített 3 testvéreinek az eltartásában is. Ennek ellenére elemi iskolai, gimnáziumi, egyetemi tanulmányait kitüntetéssel fejezte be.

Elsősorban oktató volt. Munkáját a II. Hidépítéstani Tanszéken kezdte tanársegédként és lényegében itt is fejezte be tanszékevezető egyetemi tanárként. Az új tantárgyak sokaságát teremtette meg. Az oktatáshoz gyakorlatot egyrészt a tanszéken, másrészt a Közlekedésügyi Minisztérium Közúti Hídosztályán szerzett.

Kiemelkedő szerepe volt az állami tervezés, építés megszervezésében. Tudományos tevékenysége kiterjedt a tartók elméletére és számítására, a vasbeton szilárdságtanra, a betontechnológiára és az építőanyagok vizsgálata területére. Szakcikkei, előadásai, tudományos könyvei, a Mérnöki Kézikönyv szerkesztése miatt példaképnek

tekintették itthon és külföldön. A tudományos címeket korán megszerezte, az akadémiai fokozat kései elnyerése nem az ő hibája. Közéleti szereplése igen sokrétű volt. A leg-rangosabb: a Közalkalmazottak Szakszervezetének közlekedésügyi minisztériumi titkára volt. Bár vallásossága miatt megpróbáltatások érték, a közügyet lankadatlanul szolgálta.

Palotás László 2005. jan. 26-án lenne 100 éves. Ezen alkalomból *Tudományos Ülésszak szervezését tervezzük, amelyet szobor állítása és életrajzi mű megjelentetése is gazdagítani fogja. A 2005. jan. 26-27-i rendezvényekre résztvevőként, előadóként és támogatóként is lehet jelentkezni.* A rendezvényekre résztvevőket várunk Magyarországról és Magyarország határain túlról is. Bízunk benne, hogy ez a rendezvény méltó megemlékezés lesz Palotás László kiemelkedő munkásságáról. Program tervezet és jelentkezési lap kérhető a (06-0) 463 4068 telefonszámon Sánta Gyulánétól.

ÖNTÖMÖRÖDŐ BETON, A BETONTECHNOLÓGIA LEGÚJABB FORRADALMA

3. A MÉSZKŐLISZT ADAGOLÁS HATÁSA A FRISS ÉS A MEGSZILÁRDULT BETONRA



Dr. Zsigovics István

A betontechnológia egyik legújabb lehetősége, újdonsága az öntömörödő beton. Ipari alkalmazása a negyedik generációs folyósító adalékszer (polikarboxilát, PCE) megjelenésével egyre szélesebb körű. Sikeres alkalmazásához szükséges, hogy megismerjük, mi is az öntömörödő beton, és milyen kutatási, fejlesztési eredmények segítették az elterjesztését az elmúlt évtizedben. Az öntömörödő beton technológiája nagyfokú megértést és együttműködést kíván a tervező, a beton előállító és a kivitelező között. Az öntömörödő beton egyik érzékeny pontja a finomrész tartalom. A finomrész tartalom, jelen esetben a mészkőliszté, mennyisége és minősége, döntő fontosságú az öntömörödő képesség elérése szempontjából. Jelen cikkben ezzel kapcsolatos kísérleti eredményeket mutatjuk be.

Kulcsszavak: beton, öntömörödő beton, nagy teljesítőképességű friss beton, nyomószilárdság, betontervezés

1. BEVEZETÉS

Előző cikkeimben (Zsigovics 2003a, 2003b) összefoglaltam az öntömörödő betonnal kapcsolatos legfontosabb fogalmakat és az öntömörödő frissbetonra vonatkozó vizsgálati módokat, valamint a megszilárdult beton tulajdonságait az irodalomban fellelhető kísérleti eredmények alapján.

A nagy hatékonyságú folyósítószer megjelenése és a beton finomrésztartalmának növekedése – mint pl. szilikapor, mészkőliszt adagolás – a beton mézszerű viselkedését hozta magával, meglepő módon meghaladva a folyós, önthető betonok „öntömörödő” képességét. Ezzel kiküszöbölhetővé vált a zajos vibrálás, ami munkavédelmi szempontból is fontos tényező a betontechnológiában.

A vizsgálatok során azt tapasztaltuk, hogy a legnehezebb feladat a beton víztartalmának pontos beállítása. Az általunk kidolgozott receptúrák az 5–10 l/m³ vízádagolás-eltérésre már érzékenyek voltak. Ezért kezdtünk el foglalkozni a beton finomrész tartalmának vizsgálatával. A finomrésztartalom mennyisége sokféleképpen szabályozott a betontechnológiában. Mind a minimális mennyiséget a d_{max} függvényében, mind a maximális mennyiséget a cementtartalom függvényében megadják. Ez a megközelítés több oldalról vitatott, ezért ezt öntömörödő betonok esetén kísérletekkel vizsgáltam. Mivel Magyarországon nincs erre a célra alkalmas, jó minőségű pernye vagy kohósalak őrlemény és a szilikapor drága, ezért mészkőliszttel végeztünk kísérleteket (Zsigovics 2002, 2004).

A finomrésztartalom optimális megválasztása döntő jelentőségű az öntömörödő beton szempontjából (König, Holschemacher, Dehn 2001).

Az öntömörödő betonban a lisztfinom szemek mennyisége (cement+0,125 mm alatti szemnagyság) meghaladja az 500 kg/m³-t. Ezért érdemes megvizsgálni, hogy a friss beton nagy teljesítőképességéhez szükséges lisztfinom szemcsetartalom milyen hatással van a megszilárdult beton tulajdonságaira. A hagyományos betontechnológiában a nagy finomrész tartalmat (cement+0,25 mm alatti szemnagyság) nem tartják jónak, míg minimális értékét szivattyúzható, vízzáró betonok esetében előírják. A hagyományos betonnál nagy finomrész tartalom esetén a tömörítés során a habarcs felúszik a betonszerkezet

tetejére, úgynevezett túlvibrálás jön létre. Ha viszont nem tömörítjük kellő mértékben a nagy finomrész tartalmú betont, megnő a repedésveszély, csökken a szilárdság, csökken a beton teljesítőképessége.

Az öntömörödő beton esetében ez a veszély éppen az öntömörödő jellegből adódóan nem áll fenn. Az öntömörödés azonban a különböző betonösszetételek esetén nem jelent azonos betonstruktúrát. A betonösszetétel hatással van a levegőtartalomra, ami itt finom légpórus eloszlást jelent, valamint a cementkő és a kavicsváz arányára. Nagy víztartalommal és kevés cementtel is lehet öntömörödő betont készíteni, ami újabb kérdéseket vet fel, többek között a cement teljesítőképességével kapcsolatban (például 170 kg/m³ cementtel C20/25 jelű beton állítható elő).

Nagyon fontos az öntömörödő jelleg biztosítása, ami nem tévesztendő össze az erősen képlékeny, folyós vagy önthető betonok, illetve habarcsok látszólagos „öntömörödésével”, *félöntömörödő képességével*.

Az öntömörödő betonok tervezésére a nemzetközi gyakorlatban van egy kialakult, de nem mindenki által teljesen elfogadott tervezési eljárás (Okamura, Ouchi 2003). A tervezési eljárások betonösszetételeit frissbeton vizsgálatokkal pontosítani kell, hogy a beton öntömörödő jellegét minél jobban elérhessük.

Az öntömörödő beton (amellyel szemben szilárdsági, tartóssági és esztétikai követelmények is vannak,) tervezése során alapvető eszközeink a víz-cement tényező, a finomrész tartalom – különböző cementtartalommal – mellett a hatékony folyósító adalékszer (PCE), a kavics és a homok mennyiség meghatározása.

Felmerült a kérdés, ha adott a szilárdság szempontjából szükséges víz-cementtényező és az ahhoz tartozó egyéb szempontokat is figyelembe vevő mennyiségű és minőségű cementadagolás (betartva a homokra és kavicsra vonatkozó tervezési irányelveket), jó minőségű negyedik generációs adalékszer adagolási tartományának felső harmadában való adagolása esetén van-e optimális adagolási tartománya a mészkőlisztnek, ami a beton öntömörödő képességét biztosítja? Erre azért is érdemes kísérleteket végezni, mert az öntömörödő beton tervezése során mindig nyitva maradt a kérdés, hogy

mennyi mészkőlisztrel lehet jól biztosítani az öntömörödő képességet, és mennyi a minimális, és a vízadagolás ingadozás szempontjából is még megfelelő mészkőliszt mennyiség. Ez gazdasági és a megszilárdult beton tulajdonságait is befolyásoló kérdés. A több finomrész tartalom előnyösen befolyásolja-e mind a friss, mind a megszilárdult beton tulajdonságait?

Ennek kiderítésére végeztünk laboratóriumi vizsgálatokat. Az öntömörödő friss beton tulajdonságain túl vizsgáltuk a megszilárdult beton nyomószilárdságát is.

2. MÉSZKŐLISZTTEL VÉGZETT LABORATÓRIUMI KÍSÉRLETEK

2.1 Mészkőliszt adagolás hatása a friss és megszilárdult beton tulajdonságaira

Az öntömörödő betonok laboratóriumi próbakeverései során az alábbiakban ismertetett jelenséggel találkoztunk, ami a mészkőlisztrel való további vizsgálatok fontosságára hívta fel a figyelmünket.

Kísérleti terv 1.:

Egyféle cementtel, egy cementtartalommal, két keverék készítése. Mindkét keveréken négy terület mérés a keverés után, 30, 60 és 90 perces korban (MSZ EN 12350-5:2000).

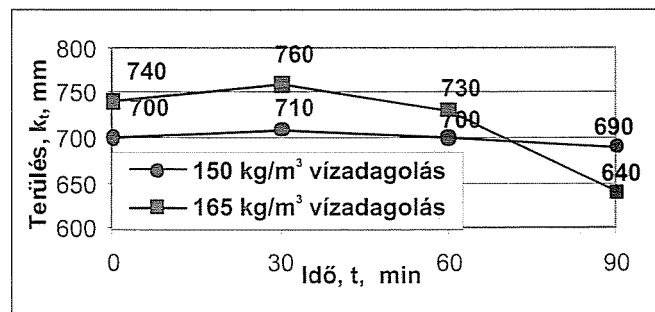
Öntömörödő beton receptúrák vizsgálata során a víztartalmat megnöveltük 15 kg/m³-rel, a folyósítószer adagolást lecsökkentettük 2,0%-ról 1,5%-ra, minden mást változtatlanul hagyva, hogy egy költségkímélőbb öntömörödő betont állítsunk elő. A beton konzisztenciája 70 cm területről 74 cm-re nőtt, de 90 perc múlva 5 cm-rel kisebb volt, mint a kisebb vízadagolású betoné (1. ábra).

A két betonösszetétel az alábbi volt:

Cement	340 kg/m ³	111 l/m ³	
Víz	150 kg/m ³	150 l/m ³	
Adalékanyag			
0/4	700 kg/m ³		
4/8	520 kg/m ³		
8/16	520 kg/m ³	659 l/m ³	
Mészkőliszt	160 kg/m ³	59 l/m ³	I jelű
Levegő		15 l/m ³	
Adalékszer „Viscocrete 5”	6,8 kg/m ³		

Cement	340 kg/m ³	111 l/m ³
Víz	165 kg/m ³	165 l/m ³
Adalékanyag		
0/4	700 kg/m ³	
4/8	520 kg/m ³	
8/16	520 kg/m ³	659 l/m ³

1. ábra: Az öntömörödő beton eltarthatóságának vizsgálata konzisztenciameéréssel



Mészkőliszt	160 kg/m ³	59 l/m ³	I jelű
Levegő		15 l/m ³	

Adalékszer „Viscocrete 5” 5,1 kg/m³

A vizsgálatokból megállapítható, hogy az öntömörödő beton a gyakorlatban gyakran előforduló 10–15 l/m³ tervezettnél több víz adagolás hatására szétesik, folyós beton lesz belőle. Amíg a hagyományos betonoknál ez a többletvíz adagolás körülbelül egy konzisztenciaosztály növekedést okoz, addig az öntömörödő betonnál szétesztályozódás és blokkolódás a következmény.

A vizsgálatokból az is látszik, hogy a víz és finomrész tartalom arány növekedése kedvezőtlen változásokat okozhat az öntömörödő beton konzisztenciájának eltarthatóságában, éppen akkor, amikor a betont a munkahelyen bedolgozzák.

Ezért nyilvánvaló volt, hogy meg kell vizsgálni a keverék konzisztencia változásának és eltarthatóságának törvényszerűségeit. Mivel alapvetően a víz és finomrész tartalom arány változott, ezért elhatároztuk, hogy egy paraméternek, a mészkőliszt tartalom (finomrész tartalom egyik alkotó eleme) változásának hatását fogjuk vizsgálni, azonos víz és folyósító adalékszer adagolás mellett. Ennek a kérdésnek a megoldását a 0,25 mm alatti ásványi rész *optimumának* keresésében láttuk. Kerestük azt a tartományt, amelyen belül az adott betonösszetételnél a mészkőliszt adagolás öntömörödő betont biztosít. Adalékszerrel a friss beton stabilitását és konzisztencia eltarthatóságát nem kívántuk megoldani, illetve javítani, mivel az adalékszer gyártó összeállított optimalizált termékét alkalmaztuk, és nem állt szándékunkban még egy másik adalékszer (stabilizáló) használni. A stabilizáló szerek adagolása jelenleg technológiai nehézségekbe ütközik, és az ára sem ösztönzi a felhasználását. Meg kell azonban jegyezni, hogy a stabilizáló adalékszer fejlesztései (pl. elegyíthetők legyenek a folyósító adalékszerekkel, az öntömörödő betonok stabilizálásának továbbfejlesztési lehetősége), újabb kutatási feladatokat fognak jelenteni.

Mivel a finomrész tartalom növelése a hagyományos betonok esetében az eddigi tapasztalatok szerint, vizigény növekedéssel (többször adalékszer) és többlet légtartalom bevitelével jár, ezért vizsgáltam ennek hatását az öntömörödő betonokon. Ugyanis az öntömörödő betonok előállításának nélkülözhetetlen eleme a nagy fajlagos felületű kiegészítő anyag, ami a friss betont stabilizálja a bedolgozási idő alatt.

A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken kísérleteket végeztem a *mészkőliszt* adagolás hatásának megállapítására, amihez először CEM II/A-S 32,5 R jelű cementet használtam. A cél az volt, hogy megállapítsam, milyen hatása van a mészkőliszt tartalom növelésének a friss beton konzisztenciájára és a megszilárdult beton nyomószilárdságára. A további kutatási irányt a kapott eredményektől tettem függővé.

Kísérleti terv 2.:

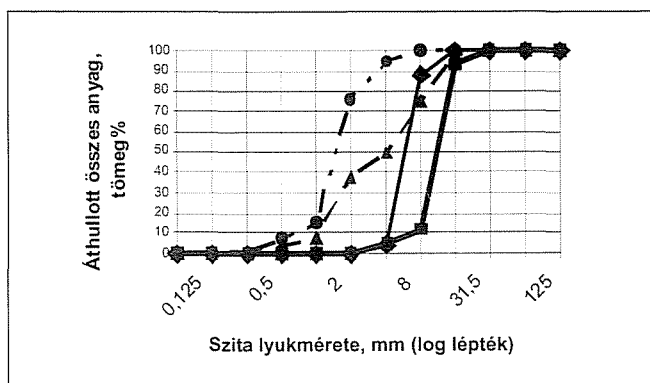
Háromféle cement, cementenként 13 keverék készítése. 13 keveréken négy terület mérése keverés után, 30, 60, 90 perces korban. A CEM II/A-S 32,5 R jelű cement esetében csak a keverés után mértem meg a terület értékét.

Keverékenként 3 db 150 mm-es próbatest készítése, a nyomószilárdság vizsgálata 28 napos korban.

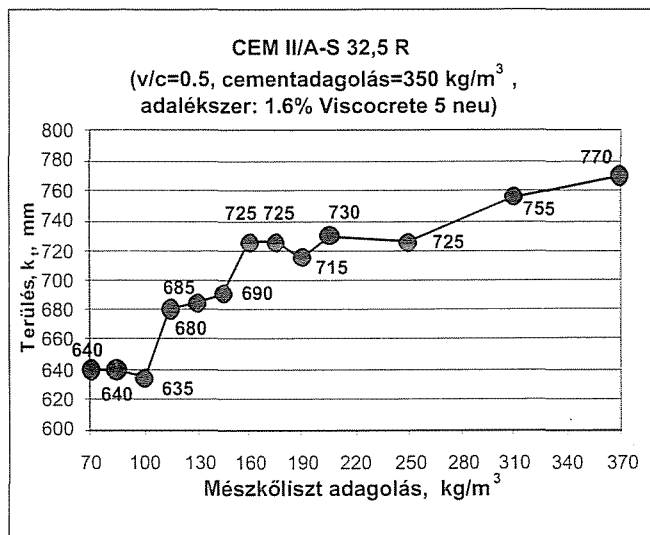
Az öntömörödő beton vizsgálatok során a betonösszetétel a következő volt:

cement	350 kg/m ³	
víz	175 kg/m ³	v/c=0,5
adalékanyag		
	0/4	50%
	4/8	15%
	8/16	35%
mészkőliszt	70–370 kg/m ³	I. jelű
folyósító	5,6 kg/m ³	1,6%

a cement tömegére vonatkoztatva.



2. ábra: Az adalékanyagok szemmegoszlási görbéi



3. ábra: A mészkőliszt adagolás hatása a konzisztenciára

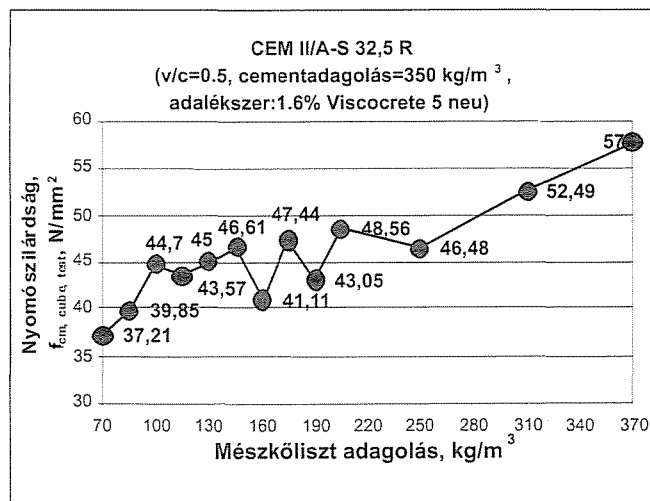
Az előzőekből látható, hogy a mészkőliszt adagolást 350 kg/m³ cementadagolás mellett, v/c=0,5 és 1,6%-os „Viscocrete 5 neu” adagolásnál, 70 kg/m³ és 370 kg/m³ között változtattuk.

A konzisztencia és nyomószilárdság vizsgálati eredményeket a 3. és 4. ábrán adtuk meg. A mészkőlisztre vonatkozó adatokat a 2.2 fejezetben ismerttetem.

Az eredmények azt mutatták, hogy a mészkőliszt mennyiségének növelésével a friss beton terülségi hajlama és a beton nyomószilárdsága, a vizsgált adagolási tartományban, fokozatosan nőtt. A terüls növekedése a teljes vizsgált tartományban 135 mm volt.

Az eredmények meglepőek abból a szempontból, hogy a terülségi hajlam és a nyomószilárdság növekedéséhez vezettek.

4. ábra: A mészkőliszt adagolás hatása a nyomószilárdságra



A finomrész tartalom növelése jelentős folyósság csökkenéssel kellett volna, hogy járjon. Egy alkalommal véletlenül finom kvarciszot adagoltunk a mészkőliszt helyett az egyik ipari kísérletnél az öntömörödő betonba és a terüls mértéke jelentős mértékben lecsökkent.

Megállapítható, hogy a mészkőliszt adagolás 70–220 kg/m³-ig javulást okoz mind a terülségi hajlam, mind a nyomószilárdság növekedésében. Ennél nagyobb adagolás esetén a terülségi hajlam és nyomószilárdság növekedése lassul.

A konzisztencia mérőszáma 70 kg/m³-től 200 kg/m³ adagolásig 14%-kal és 200 kg/m³-től 370 kg/m³-ig 5,4%-kal növekszik.

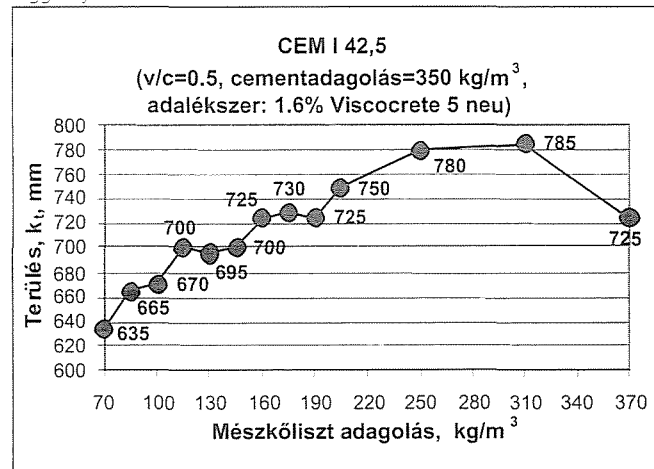
A nyomószilárdság 70 kg/m³-től 200 kg/m³ adagolásig 30%-ot növekszik és 200 kg/m³-től 370 kg/m³-ig 19%-ot növekszik.

A fenti eredményeket a gyakorlatban alkalmazva technológiailag kevésbé érzékeny, mérszerűbb és stabilabb friss betont kapunk.

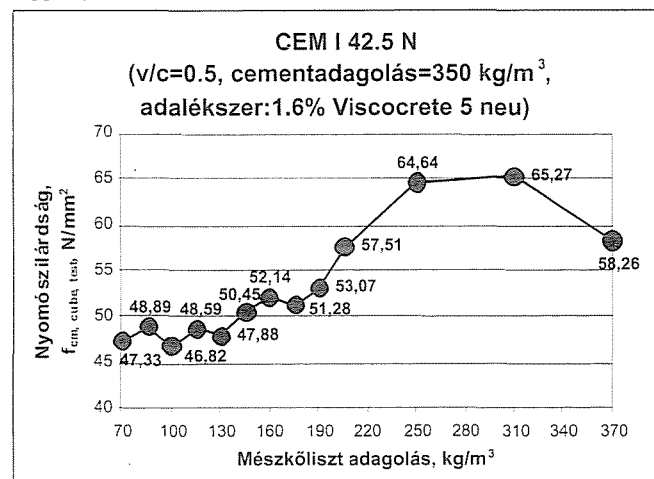
E kérdés vizsgálatát azért is tartom fontosnak, mivel a mészkőliszt adagolás növelése ártéyző és cementmérlegen adagolva növeli a betonkeverési időt, ezzel csökkenti a betongyár óránkénti kapacitását.

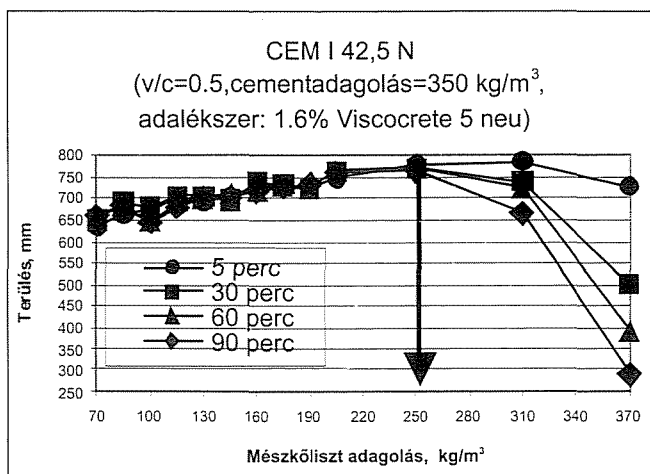
A konzisztencia és a nyomószilárdság kedvező alakulásából önmagában nem derül ki egyértelműen a beton öntömörödő jellege. Ezért a vizsgálatokat más cementtel (CEM I 42,5 N) folytatva kiegészítettem konzisztencia eltarthatósági vizsgálatokkal is (30, 60, 90 perces), mivel a friss beton nagy teljesítőképességének megítéléséhez ez is szükséges. Kerestem a friss beton terülsének és konzisztencia eltarthatóságának az optimumát. Az eredményeket a 5., 6., 7. és 8. ábrán adtam

5. ábra: A friss beton konzisztenciájának változása a mészkőliszt adagolás függvényében

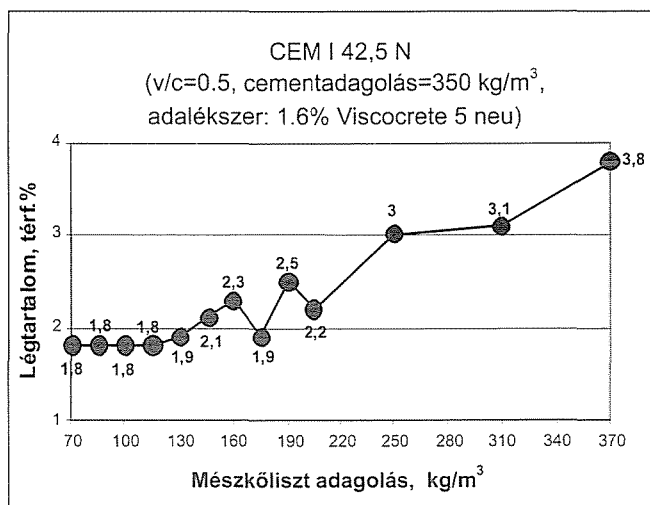


6. ábra: A beton nyomószilárdságának változása a mészkőliszt adagolás függvényében





7. ábra: A friss beton konzisztenciájának és eltarthatóságának változása a mészkelet adagolás függvényében



8. ábra: A friss beton légtartalmának változása a mészkelet tartalom függvényében

meg.

Az 5. ábrán látható, hogy a friss beton konzisztenciája **250 kg/m³** mészkelet adagolásig nőtt, 310 kg/m³-ig jelentősen nem változott, majd csökkent. A konzisztencia növekedés **150 mm** volt.

A vizsgált mészkelet adagolási tartományban a CEM I 42,5 N jelű cementnél már nem nőtt fokozatosan végig a konzisztencia, mint a CEM II/A-S 32,5 R jelű cement esetében.

A 6. ábrán látható, hogy a beton nyomószilárdsága **250 kg/m³** mészkelet adagolásig nőtt, 310 kg/m³-ig jelentősen nem változott, majd utána csökkent. Pontosan követte a konzisztencia változást.

A nyomószilárdság nagyobb arányú növekedése 190 kg/m³ mészkelet adagolástól felfelé indul meg.

Ha figyelembe vesszük a konzisztencia eltarthatóságot is, akkor a 7. ábrán látható módon a mészkelet adagolás a konzisztenciát csak **250 kg/m³**-ig növeli hatékonyan. Utána a konzisztencia eltarthatóság oly mértékben kezd csökkenni, hogy az öntömörödő beton öntömörödő képessége lecsökken. A konzisztencia eltarthatóság 130 kg/m³ mészkelet adagolás alatt is csökken, de itt a gondot a friss beton gyors légtelenedése okozza, és a területi lepényen a blokkolódási és szétosztályozódási hajlam is látszik.

A mészkelet adagolás növekedésével a friss beton légtartalma **220 kg/m³**-ig kis mértékben, afölött jelentősebb mértékben nő (8. ábra). A vizsgált feltételek mellett általunk optimálisnak tekinthető 250 kg/m³ mészkelet adagolásnál a légtartalom 3% volt friss betonon mérve. A légtartalmat a friss

beton mért testsűrűségéből számítottuk ki. Használtunk légtartalom mérő készüléket is, de az eredmények csak a nagyobb légtartalom esetében egyeztek a testsűrűségből számított értékekkel.

Az optimálisan adagolható mészkelet tartalom az adott vizsgálati feltételek mellett **250 kg/m³**-re adódott, mivel a konzisztencia eltarthatóság e fölött kezdett jelentősen lecsökkenni. Nőtt a friss beton légtartalma is. A légtartalom 3 térfogat %-ig nem befolyásolta a nyomószilárdság növekedést, a fölött azonban megállt, majd csökkent a nyomószilárdság is és a konzisztencia is.

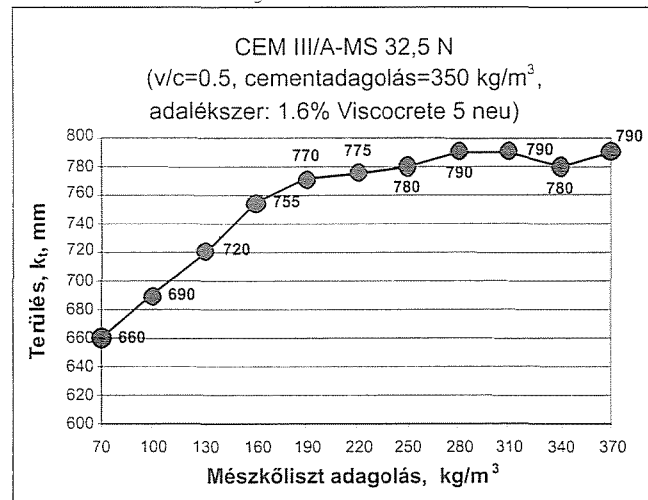
A kísérletekből az állapítható meg egyrészt, hogy van technológiailag igazolható felső határ a finomrész tartalomra, másrészt a finomrész tartalom növelése (a megadott értékig) segíti az öntömörödő beton technológiáját a konzisztencia vonatkozásában, illetve növeli a beton szilárdságát, ami jobb tartósságot eredményez, és kedvező lehet a légpórus és a fagyállóság szempontjából is. Ezen utóbbi tulajdonságok javulását természetesen további vizsgálatokkal kell ellenőrizni.

A vizsgálatokból látszik, hogy a tiszta portlandcement (CEM I 42,5 N) más viselkedést eredményezett, mint a kohósalak portlandcement (CEM II/A-S 32,5 R). Ezért a vizsgálatokat elvégeztem nagyobb kiegészítő tartalmú (CEM III/A-MS 32,5 N) cementtel is, hogy ezzel a cement hatását is tisztázhassuk.

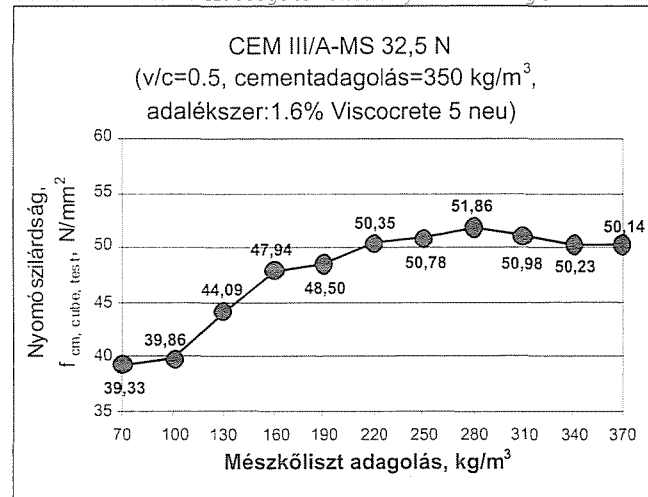
A vizsgálati eredményeket a 9. 10. 11. 12. ábrákon adtam meg.

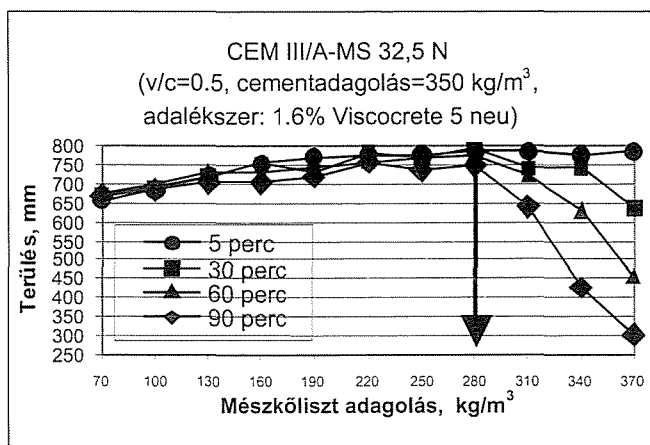
A CEM III/A-MS 32,5 N típusú cementtel készült beton esetén a mészkelet adagolás 280 kg/m³-ig javította a területet, afölött az (gyakorlatilag 370 kg/m³ adagolásig) nem változott.

9. ábra: A mészkelet adagolás hatása a konzisztenciára

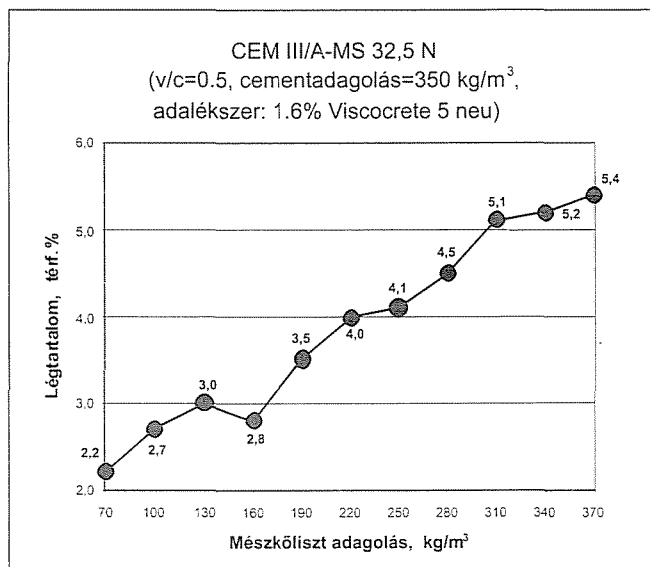


10. ábra: A mészkelet adagolás hatása a nyomószilárdságra





11. ábra: A konzisztencia eltarthatóság a mézkelet adagolás függvényében



12. ábra: A mézkelet adagolás hatása a légtartalomra

Ennek a cementnek az optima 30 kg/m³-rel nagyobb mézkelet adagolásnál van, mint a CEM I 42,5 N jelű cement esetében, ami 250 kg/m³ volt. A terület növekedés a vizsgált tartományban 130 mm volt.

A mézkelet adagolás a nyomószilárdságot 280 kg/m³-ig növelte, utána lassan csökkenni kezdett. A konzisztencia és nyomószilárdsági maximum azonos mézkelet adagolásnál következett be.

A mézkelet adagolás 160 kg/m³-ig nagyobb nyomószilárdság növekedést, utána 280 kg/m³-ig kisebb nyomószilárdság növekedést okozott.

Az eltarthatóságot is figyelembe véve az optimumot 280 kg/m³ mézkelet adagolásnál kaptam az adott kísérleti feltételek mellett. Utána a beton eltarthatósága rohamosan kezdett csökkenni.

A légtartalom a próbatetekben, jelentősebb folyás és mozgás nélkül bedolgozva, a mézkelet adagolás függvényében nőtt. A CEM III/A-MS 32,5 N jelű cement alkalmazása nagyobb légtartalmat eredményezett a friss betonban, mint a CEM I 42,5 N jelű cement.

2.2 A mézkelet tulajdonságainak hatása az öntömörödő betonra

Két különböző, kereskedelemben kapható mézkelettel végeztem kísérleteket. A mézkeletek az alábbi összetétellel és tulajdonsággal rendelkeztek:

	I jelű (sárga színű)	II jelű (fehér színű)
Anyag sűrűség	2,850 g/ml	2,894 g/ml
Fajlagos felület (PSZH-4 készülék)	661 m²/kg	186 m²/kg
MSZ 523-2:75 szerint		
CaCO ₃ tartalom	93,07%	99,12%
SiO ₂ tartalom	2,00%	0,88%
Agyag-iszap tartalom	2,00 térfogat %	–
Cement	355 kg/m³	116 l/m³
CEM II/A-S 32,5 R		
Víz	156 kg/m³	156 l/m³
Adalékanyag	0/4 837 kg/m³	
	4/8 418 kg/m³	
	8/16 419 kg/m³	634 l/m³
Mészkelet	200 kg/m³	74 l/m³
Levegő	15 l/m³	
Adalékszer		
„Viscocrete 5 neu”	5,5 kg/m³	5 l/m³

Kísérleti terv 3.:

Egyfajta cementtel, kétfajta mézkelettel két keverék készítése. A két keveréken terület mérése a keverés után, 30, 60, 90 és 120 perces korban.

Keverékenként 3 db 150 mm-es próbatet készítése, nyomószilárdság vizsgálata 28 napos korban.

2 db mézkelet minta vizsgálata: anyag sűrűség, fajlagos felület, ásványi és oxidos összetétel, szemmegoszlás, agyag iszap tartalom.

Az adalékanyagok szemmegoszlását a 13. ábrán adtam meg.

A konzisztencia eltarthatóságot a 15. ábrán adtam meg.

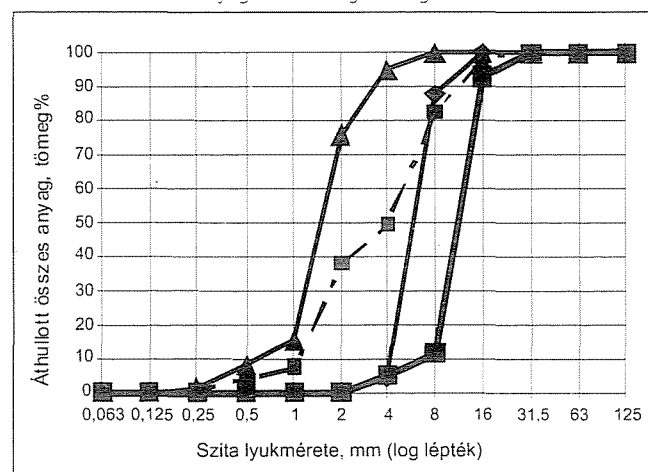
A nagyobb fajlagos felületű mézkelettel készített öntömörödő betonoknak nagyobb volt a kezdeti területe 100 mm-rel. 120 perc múlva a terület különbsége lecsökkent 30 mm-re.

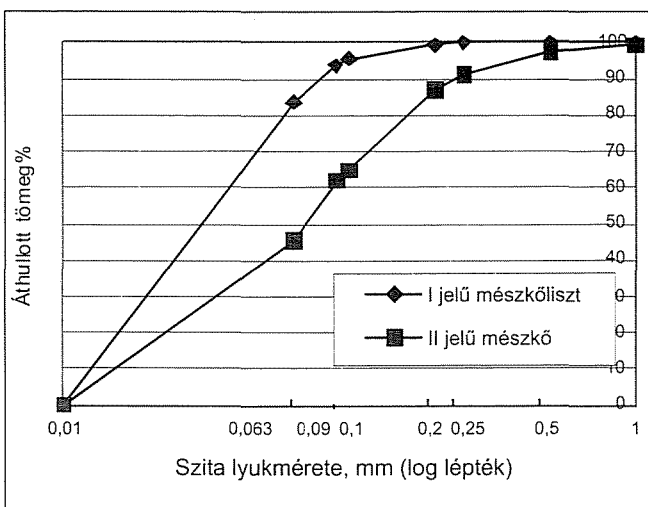
Nyomószilárdsági eredmények:

	I jelű minta	II jelű minta
7 napos	46,62 N/mm²	35,23 N/mm²
28 napos	54,97 N/mm²	43,01 N/mm²

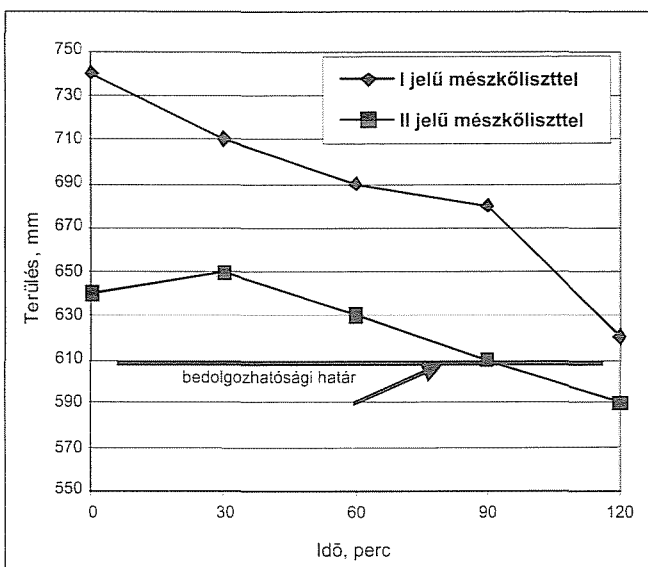
A nagyobb fajlagos felületű mézkelettel készített öntömörödő betonnak 32%-kal 7 napos korban nagyobb lett a nyomószilárdsága, és 28%-kal 28 napos korban.

13. ábra: Az adalékanyagok szemmegoszlási görbéi





14. ábra: A mészkőliszt szemmegoszlási görbéi



15. ábra: Kétfajta mészkőliszt adagolás hatása az öntömörödő beton konzisztencia eltarthatóságára

2.3 A mészkőliszt vízigényének vizsgálata cement pépen

A mészkőliszt terület növelő hatása miatt kezdem el a mészkőliszt vízigényének a vizsgálatát, hogy választ tudjak adni arra, mi okozza a terület javulást a már ismert tényezők mellett.

Ezért a mészkőliszt adagolás hatását vizsgáltam cementpépen. A mészkőliszt-cement arányt 0–1,2-ig változtattam. A kísérlet során CEM I 42,5 N jelű cementet, Sika Viscocrete 5 neu folyósító adalékst és I jelű mészkőlisztet használtam. A kimért mészkőliszt-cement keverékhez mindig annyi vizet adtam hozzá, hogy a terület a cement tömegére vonatkoztatott 0,3%-os folyósító adalékst adagolással 170–190 mm között legyen, azaz állandónak lehessen tekinteni. A pépvizsgálatokat úgy építettem fel, hogy a betonban lévő állapotot modellezze. A pépben a cementadagolás, és a folyósító adalékst adagolás azonos volt.

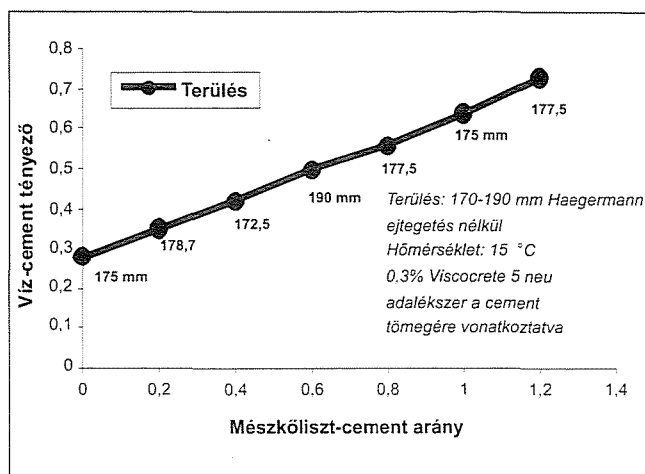
A pépterület vizsgálatokat Haegemann kúppal, ejtegetés nélkül végeztük (MSZ 16000-3:1990).

Kísérleti terv 4.:

Egyfajta cementtel és mészkőliszttel hét vizsgálati pont. A hét vizsgálati pont három mérősorozatból áll.

Az eredményeket a 16. ábrán adtam meg.

A 16. ábrán látható, hogy növekvő mészkőliszt tartalomhoz



16. ábra: A mészkőliszt vízigényének alakulása azonos konzisztencia esetén

azonos konzisztencia esetén *növekvő* vízigény tartozik. Tehát a terület növekedés a friss betonban nem magyarázható a mészkőliszt vízigény csökkentő hatásával. A vízigény növekedés a vizsgált tartományban gyakorlatilag lineárisra adódott.

3. A KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

3.1 A mészkőliszt hatása a friss beton tulajdonságaira

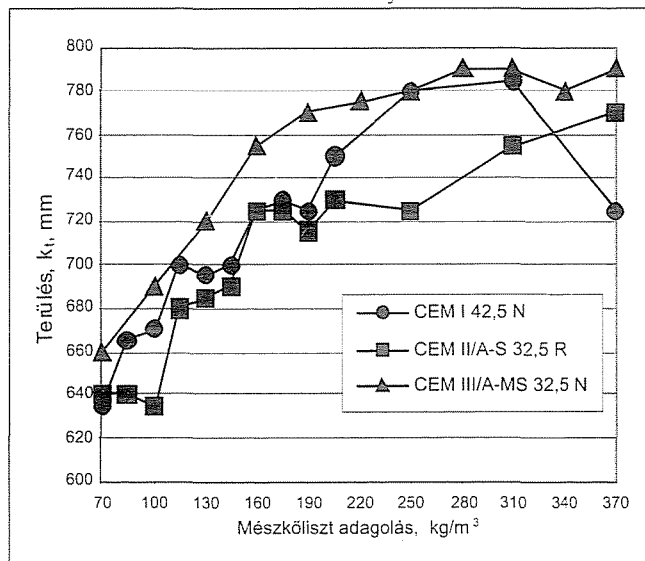
Azonos víz-cementtényező, folyósító adalékst és cement-adagolás esetén a mészkőliszt adagolással javul az öntömörödő beton területe, a konzisztencia mérőszáma területtel mérve nő (17. ábra).

A konzisztencia mérőszám növekedés a CEM I 42,5 N jelű cementnél volt a legnagyobb, mintegy 150 mm. A CEM III/A-MS 32,5 N jelű cement adta a legnagyobb területi értékeket a vizsgált tartományban végig.

A 700 mm-es terület eléréséhez a

- CEM I 42,5 N jelű cementnél 130 kg/m³,
- CEM II/A-S 32,5 R jelű cementnél 150 kg/m³,

17. ábra: A mészkőliszt adagolás hatása a különböző cementekkel készített öntömörödő betonok konzisztenciájára



- CEM III/A-MS 32,5 N jelű cementnél **120 kg/m³** mészkőlisztre volt szükség.

A konzisztencia optimum

- CEM I 42,5 N jelű cementnél **250 kg/m³**,
- CEM II/A-S 32,5 R jelű cementnél **250 kg/m³**,
- CEM III/A-MS 32,5 N jelű cementnél **280 kg/m³** volt.

A mészkőliszt adagolás felső határa megállapítható konzisztencia és konzisztencia eltarthatóság mérésével.

A mészkőliszt optimális adagolása az adott összetételű friss beton legnagyobb teljesítőképességének eléréséhez, a cement fajtájától is függ. Jelen vizsgálataink során a legjobb eredményt, **280 kg/m³**-t a CEM III/A-MS 32,5 N jelű cementtel kaptam.

A konzisztencia növekedés nem a mészkőliszt vízigény csökkentő hatásával magyarázható. A pépkísérleti eredmények alapján a mészkőliszt adagolással a *vízigény lineárisan nő*, ha a betonban lévő finomrész tartalmat pépként modellezzük, ami azt jelenti, hogy a cementadagolás, víz-cement tényező és a folyósító adalékszer adagolás azonos.

A terülés javulása magyarázható a relatív pépmennyiség és légtartalom növekedésével, a cement és a folyósító adalékszer kölcsönhatásával, valamint a friss beton kismértékben lecsökkent viszkozitásával, ami képes a betont tovább úsztatni a terülmérés során, azaz a friss beton mézesebb lesz. Ha ez a viszkozitás tovább nő, a mészkőliszt adagolás hatására a konzisztencia mérőszáma csökken és az eltarthatóság is romlik, ami technológiailag működésképtelenné teszi az öntömörödő beton betontechnológiáját. Blokkolódás, ill. elégtelen légtelenedés léphet fel.

Az eredmények összhangban vannak azzal – az irodalomban is megtalálható megállapítással – hogy konzisztencia szempontjából a legjobb eredmények, negyedik generációs adalékszerek alkalmazása esetén, a CEM III és CEM IV jelű nagy kiegészítő-anyag tartalmú (kis hőfejlesztésű, belitben gazdag) cementekkel érhetők el (Nawa, Izumi, Edamatsu, 1998).

A mészkőliszt fajlagos felülete és ásványi összetétele is hat az öntömörödő friss beton tulajdonságaira. Az általunk vizsgált nagyobb fajlagos felületű, SiO₂-t és agyag-iszapot tartalmazó I jelű mészkőliszttel 15%-kal nagyobb területet kaptam, mint a II jelű, kis fajlagos felületű, gyakorlatilag 100% CaCO₃ tartalmú mészkőliszttel.

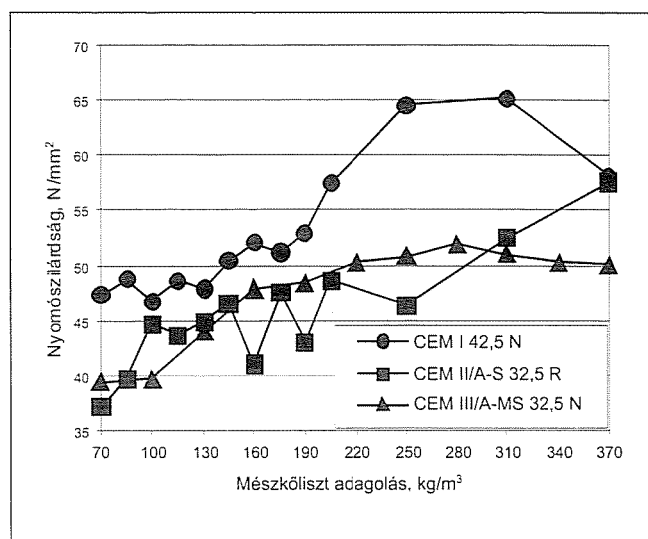
A II jelű mészkőliszttel készített öntömörödő beton konzisztencia eltarthatósága azonban jobb volt, mint az I jelű mészkőliszttel készített öntömörödő betoné.

A friss beton légtartalmát a mészkőliszt adagolás növeli. Az Okamura féle tervezést igazolja, hogy az öntömörödő friss beton légtartalmát 3-5 térfogat %-ra célszerű tervezni. Ugyanakkor kisebb mészkőliszt adagolással, kisebb légtartalmú betonok is előállíthatók. Az öntömörödő betonok légtartalmát természetesen a beton folyása közbeni légtelenedés csökkentheti. Ilyen folyás próbatest készítéskor nem fordul elő, csak a saját súlyánál fogva légtelenedik a beton.

3.2 A mészkőliszt hatása a megszilárdult beton tulajdonságaira

Azonos víz-cement tényező, folyósító adalékszer- és cementadagolás esetén a mészkőliszt adagolás növelése során nő az öntömörödő beton nyomószilárdsága (18. ábra).

A nyomószilárdság a 700 mm-es területűől kezd meredeken emelkedni, majd a növekedés lelassul, és az optimum pont után csökkenni kezd. A nyomószilárdság a konzisztenciával szoros összefüggésben van a 700 mm-es terület fölött. Úgy



18. ábra: A mészkőliszt adagolás hatása az öntömörödő beton nyomószilárdságára

tűnik, van egy pont (jelen kísérlet sorozat esetében **700 mm** területénél), ahol a beton tulajdonságai nagymértékben javulni kezdenek. Ettől a ponttól kezdve viselkedik a beton öntömörödő betonként, amit szemrevételezéssel is jól megfigyelhettünk a keverék légtelenedési sebessége kapcsán.

A beton jelen kísérleti feltételek mellett, a 700 mm-es területi ponttól az optimum pontig, öntömörödő betonként, alatta inkább folyós, önhető betonként, az optimum pont fölött azonban technológiailag nem működő betonként viselkedik. Az alsó tartományban a beton légtelenedése nagyon gyors, pezseg a beton.

További eredményként kaptuk, hogy a légtartalom növekedése ellenére a beton nyomószilárdsága nőtt, ami azt jelenti, hogy a többlet légtartalom szilárdságcsökkentő hatását ellensúlyozza a mészkőliszt hidratációt javító hatása.

A mészkőliszt ásványi összetétele és tulajdonságai, főleg *fajlagos felülete*, befolyásolja az öntömörödő beton szilárdságát is. Jelentős nyomószilárdság különbség adódott a 661 m²/kg és a 186 m²/kg fajlagos felületű mészkőliszt adagolású öntömörödő betonok között. A 28%-os nyomószilárdság különbség azt mutatja, hogy a fajlagos felület fontos tényező a cement hidratációjának növelése során.

4. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Jelen cikkben vizsgáltam a mészkőliszt adagolás hatását az öntömörödő beton konzisztenciájára, konzisztencia eltarthatóságára, nyomószilárdságára és légtartalmára.

Vizsgáltam továbbá két különböző fajlagos felületű mészkőliszt hatását is az öntömörödő beton konzisztenciájára, konzisztencia eltarthatóságára, és a nyomószilárdságára.

Vizsgáltam a cementpép vízigényének változását a mészkőliszt adagolás függvényében.

A következőket állapítottam meg:

- A mészkőliszt adagolással (70–370 kg/m³-ig vizsgálva), mind a terülés mérőszáma, mind a nyomószilárdság, mind a légtartalom *növekedett*. A konzisztencia 80–120 mm-rel, a nyomószilárdság 24–35%-kal javul, míg a légtartalom 2%-ról 4–5%-ra emelkedett.
- Mészkőliszt adagolás esetén mind a konzisztencia mérőszám, mind a nyomószilárdság növekedésének *van optima*, amit a konzisztencia eltarthatóság határoz meg. Az optimum pont után a friss beton konzisztencia eltarthatósága rohamosan csökken. Az optimum a

cementfajtától függ. CEM I 42,5 N jelű cementnél 250 kg/m³-re, CEM III/A-MS 32,5 N jelű cementnél 280 kg/m³-re adódott.

- A mészkőliszt adagolás növeli az öntömörödő friss beton légtartalmát. A tiszta portlandcementtel készült betonoknál kevésbé (3%), a CEM III/A-MS 32,5 N jelű cementtel készült betonnál nagyobb mértékben (5%).
- Adott víz-cement tényezőjű öntömörödő betonhoz megadott adalékszer adagolás mellett, meghatározható egy optimális mészkőliszt adagolási tartomány is. Azt, hogy a tartományon belül melyik mészkőliszt adagolást célszerű használni, azt blokkolódási hajlam vizsgálatokkal, kifolyási idő vizsgálatokkal kell meghatározni a konkrét technológiai feladatot is figyelembe véve. Jelen vizsgálataimnál ez a technológiai használatos tartomány a következő volt:
CEM I 42,5 N jelű cementhez 160-250 kg/m³
CEM II/A-S 32,5 R jelű cementhez 150-250 kg/m³
CEM III/A-MS 32,5 N jelű cementhez 120-280 kg/m³.
- A mészkőliszt adagolás hatása a betonra a vizsgált 70–370 kg/m³ tartományon belül három szakaszra osztható:
1. folyós, önthető beton
2. öntömörödő beton
3. technológiai nem használható öntömörödő beton. Azonos beton összetétellel vizsgált öntömörödő beton esetén, a mészkőliszt fajlagos felülete befolyásolja mind a friss beton, mind a megszilárdult beton tulajdonságait. A 661 m²/kg fajlagos felületű mészkőliszttel készített beton területe 100 mm-rel, 28 napos nyomószilárdsága 28%-kal nagyobb volt, mint a 186 m²/kg fajlagos felületű mészkőliszttel készített betoné. Ebből következik, hogy a friss és a megszilárdult beton tulajdonságainak megváltozása függ a mészkőliszt jellemzőitől is (pl. fajlagos felülettől). Kísérleti eredmények alapján a mészkőliszt fajlagos felülete célszerűen 600-700 m²/kg legyen.
- A terület mérőszámának csökkenése az idő függvényében a kis fajlagos felületű (186 m²/kg) mészkőlisztnél 120 perc után mérve csak 50 mm volt, míg a nagy fajlagos felületű (661 m²/kg) mészkőlisztnél 120 mm volt. A kis fajlagos felületű mészkőliszt azonban saját technológiai tapasztalataim alapján kivérzésre hajlamosabb.
- A CEM I 42,5 jelű cement vízigényét a mészkőliszt adagolás lineárisan növelte a vizsgált tartományig. A folyósság javulást nem a mészkőliszt vízigényének csökkenése okozza. Hatása a friss betonra majdnem megegyezik azzal, mintha a cementtartalmat (pépet) növelnénk, ami más nézőpontokból vizsgálva nem célszerű.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Jelen cikk a szerző 2003-ban készült doktori (PhD) értekezéséből a mészkőliszttel kapcsolatos kutatási eredményeket foglalja össze.

A szerző köszönetet mond

– az OTKA kutatási támogatásért (OTKA 032525).

- a SIKÁ Hungária Kft-nek az irodalmi anyag lefordításában nyújtott segítségért, valamint a kísérletekhez szükséges anyagok biztosításáért.
- a Danubiusbeton Betonkészítő Kft-nek, hogy biztosította a vizsgálatokhoz szükséges mészkőlisztet.
- a Duna-Dráva Cement Kft-nek, hogy biztosította a vizsgálatokhoz szükséges cementeket.
- a MAPEI Kft-nek a szakmai anyagok rendelkezésre bocsátásáért.

A szerző megköszöni

- Nagy Balázsnak, Kápolnai Péternek, Villás Richárdnak a laboratóriumi kísérletekben és az eredmények feldolgozásában nyújtott segítséget.
- Kocsányiné Kopecskó Katalin, Csányi Erika, Felszeghy Csabáné, Rónagy Viktória és Kovács S. Béláné mészkőliszt vizsgálatok során nyújtott segítségét.

Végül megköszöni dr. Balázs L. György egyetemi tanárnak kiterjedő támogatását, és nagyon hasznos szakmai segítségét, valamint dr. Kausay Tibornak és dr. Magyarai Bélának az értekezés opponálása során adott észrevételeit.

6. HIVATKOZÁSOK

- König, G., Holschermacher, K., Dehn, F. *Selbstverdichtender Beton*, Konferencia kiadvány, (2001. november) Leipzig, Bauwerk Verlag GmbH Berlin, 249 p.
- Nawa, T., Izumi, T., Edamatsu, Y. (1998), "State-of-the-Art Report on Materials and Design of Self-Compacting Concrete", *Konferencia kiadvány*, International Workshop on Self-Compacting Concrete, 23-26 August 1998, Tosa-Yamada Kochi, Japan pp.160-190.
- Okamura, H., Ouchi, M. (2003), "Self-Compacting Concrete", *Journal of Advanced Concrete Technology Vol. 1, No. 1, April 2003* pp. 5-15.
- Zsigovics I. (2002), "Öntömörödő beton — A beton kutatás új eredményei", Konferencia kiadvány, 40th Anniversary of Pollack Mihály College of Engineering, International Symposium, Proceedings, Vol. II. pp. 415-419.
- Zsigovics I. (2003a), "Öntömörödő beton, a betontechnológia legújabb forradalma 1. Fogalmak és vizsgálati módok", *Vasbetonépítés*, 2003/1, pp. 17-24. ISSN 1419-6441
- Zsigovics I. (2003b), "Öntömörödő beton, a betontechnológia legújabb forradalma 2. Megszilárdult beton tulajdonságai", *Vasbetonépítés*, 2003/2, pp. 9-17.
- Zsigovics I. (2004), "Öntömörödő beton", PhD értekezés BME Építőmérnöki Kar Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, 2004, p. 97.

Dr. Zsigovics István (1949) okleveles építőmérnök (1974), egyetemi doktori fokozat (dr. techn.) (1984), PhD fokozat (2003), a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék adjunktusa. Fő érdeklődési területei: betontechnológia, a beton törési tönkremeneteli folyamatának vizsgálata, a szilárdságvizsgálat fejlesztése, szerkezetek javítása és védelme, különleges betonok nagy teljesítőképességgel. Hidvizsgálatok, betonszerkezetek szakértése. Az SZTE tagja.

SELF COMPACTING CONCRETE, NEWEST REVOLUTION OF CONCRETE TECHNOLOGY

3. Influence of limestone powder on the properties of fresh and hardened concrete

Dr. István Zsigovics

Self compacting concrete was first developed in 1988 in order to achieve durable concrete structures and to avoid compaction work in site. Investigations for establishing rational mix-design and testing methods were carried out to develop standards for self compacting concrete.

Present article intends to summarize most important effects of limestone powder on properties of fresh and hardened concrete.

Self compacting concrete has an optimum range of dosage of limestone, which depends on the type of the cement.

A BETON POROZITÁSÁNAK HATÁSA A RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATI EREDMÉNYEKRE



Salem Georges Nehme – Dr. Balázs L. György

A beton szilárdságát és tartósságát jelentősen befolyásolja a beton porozitása. A porozitás ismeretében, ezért következtetéseket vonhatunk le mind a szilárdság, mind a tartósság mértékére (erre példa, hogy a porozitás maximális értéke elő van írva távvezeték oszlopok beton alaptestjeinek átvételi feltételeiben). Jelen cikk célja, hogy kísérletileg összefüggést határozzunk meg a beton porozitása és a roncsolásmentes (Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékek, ill. ultrahang terjedési sebessége) szilárdságvizsgálati eredmények között.

Kulcsszavak: porozitás, ultrahang terjedési sebessége, Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékek, bedolgozási irány

1. BEVEZETÉS

A pórusrendszer kialakulása betonban elsősorban a **péptelítettség** mértékétől függ: mind a *túltelített*, mind a *telítetlen* beton porozitása nagyobb a *péptelített* betonéhoz képest. Az első esetben a kapilláris porozitás, második esetben a légzárványok mennyisége miatt (Balázs, Erdélyi, Kovács, 1990). A nagyobb porozitás függ a pépigénytől, amit befolyásolnak az adalékanyagok szemmegoszlása és az adalékváz geometriai jellemzői.

Meg kell különböztetni a *frissbeton* és a *megszilárdult beton* *pórustartalmát*, mert a szilárduló beton pórustartalma függ a cementszilárdulás előrehaladásától (hidratációs foktól) és a víz párolgásától is: a keletkezett kalcium-szilikát és egyéb hidrátok növekedésük során egyre csökkentik a porozitás mértékét (Nehme, 2002).

A pórustartalom természetesen nem csak a betonok (szokványos, nagy szilárdságú és öntömörödő stb.) szilárdságára és a tartósságára van hatással, hanem a *szilárdság becslő*, *roncsolásmentes* vizsgálataink eredményeire is (Schmidt-kalapácsos és ultrahangos vizsgálatok).

Ezen becslő függvények általános alakját 200 mm élhosszúságú kockára dolgozták ki (Borján, 1981). Tudományosan megalapozott összefüggések kidolgozására van ezért szükség más alakú próbatestek, valamint öntömörödő és nagy szilárdságú betonok esetén is.

2. RÖVID ISMERTETÉS

A széles körben alkalmazott Schmidt-kalapácsos vizsgálat kidolgozása elsősorban Ernst Schmidtnek köszönhető 1948-ból. A beton ultrahangos vizsgálatát Jones (1948), Leslie és Cheeseman (1949) fejlesztették ki. A kutatók elsősorban a szilárdság becsléséhez továbbfejlesztették a Schmidt-kalapácsos és az ultrahangos vizsgálatokat, a befolyásoló tényezők hatása ismeretében. Ezek a tényezők: a víz-cement tényező, az adalékanyag fajtája és szemmegoszlási görbéje, a cementtartalom, a cementfajta, nedves vagy száraz beton, a beton karbonátosodása, a beton testsűrűsége, a beton kora, a felület érdessége, az ütés iránya (Schmidt-kalapácsnál). A porozitás és a roncsolásmentes vizsgálati eredmények közötti összefüggésre kevés irodalom található. A szilárdságbecslő

függvény meghatározása $\pm 15\%$ hibát is eredményezhet laboratóriumi körülmények között (Popovics, 1998). A roncsolásmentes vizsgálatok jól használhatók a betongyártás, valamint az előregyártott elemek minőségegyenletességének ellenőrzésére (Neville, 1996).

A betonra ható kedvezőtlen fizikai hatások (fagyás-olvadás, tartós fagyás), a cementkő és a környezetből származó anyagok közötti kedvezőtlen hatású reakciók miatt a tervezők egyre jobban figyelnek a beton tartósságára és előírják a beton porozitását, mint követelményt (pl. a távvezetékek alaptestjei esetén). Ez bonyolult és hosszadalmas vizsgálatot igényel (magminta fűrése és laboratóriumi piknométeres mérés, felületi porozitás-mérés több órán keresztül). Célszerű, ha roncsolásmentes vizsgálat alapján becsülni lehet a beton porozitását. A kutatás során próbáltuk keresni az összefüggést a roncsolásmentes vizsgálati eredmények és a beton porozitása között.

3. A KÍSÉRLETI TERV

A kísérlet első lépése a különböző szilárdságú betonok receptjeinek megtervezése és elkészítése volt. Két különböző kísérleti beton főcsoporthoz azonos szemmegoszlási görbét alkalmaztunk. A betonok összetételében a különbség elsősorban a cement mennyiségében és az adalékszer mennyiségében volt. Minden betonfajtából három adagot kevertünk, csökkentve a beton készítése során fellépő esetleges változásokat. A keverést és a bedolgozást igyekeztünk a lehető legrövidebb idő alatt befejezni, hiszen fontos, hogy a betont azonos körülmények között keverjük meg. Azonos adalékanyagot és cementet használtunk az összes keverésnél, így a külső körülmények befolyásoló hatásait gyakorlatilag a minimálisra lehetett csökkenteni.

Egy adott összetételű frissbeton tulajdonságait a továbbiakban a bedolgozás mértéke (a beton tömörsége) és a szilárdulás körülményei (utókezelés, hőmérséklet) befolyásolják döntően (Nehme, Balázs, 2002). Ezért törekedtünk arra, hogy azonos tárolás mellett és azonos korban vizsgáljuk a próbatesteket. A bedolgozás közben vett mintákból konzisztenciát, testsűrűséget és légtartalmat vizsgáltunk minden egyes keveréken. A labor hőmérséklete 27 ± 2 °C volt.

A betonkeverékek fő csoportjai:

- I. jelű öntömörödő beton 2 állandóval, és 3 változóval
- kísérleti állandók: szemmegoszlási görbe ($d_{\max}$ 16 mm, A és B határgörbék felező görbéje volt); cementfajta (CEM I 32,5 RS jelű).
 - kísérleti változók: víz-cement tényező; kvarchomok mennyisége; adalékszer (glénium G51) mennyisége.

II. jelű szokványos beton 2 állandóval és 3 változóval

- kísérleti állandók: szemmegoszlási görbe ($d_{\max}$ 16 mm, A és B határgörbék felező görbéje volt); cementfajta (CEM I 32,5 RS jelű).
- kísérleti változók: víz-cement tényező; konzisztencia; adalékszer mennyisége (glénium G21, glénium G51, MA 107-5).

A receptúrák között található néhány (pl. II. csoportban S11, S14 és S15 jelű), ahol a *tervezett anyagok mennyisége azonos, de a konzisztencia mégis változó volt a kezdeti porozitás befolyásolása miatt*. Továbbá néhány keverékhez szilikaport adagoltunk (lásd 1. és 2. táblázat 4. oszlop) a pórustartalom csökkentése és a szilárdság növelése érdekében.

A kísérletekhez használt betonösszetételeket az 1. és 2. táblázatban adtuk meg.

3.1 A frissbeton vizsgálatai

A frissbeton vizsgálatok magukban foglalták a konzisztencia mérést területtel, a terülés időbeni változásának mérését, testsűrűség mérést és levegőtartalom mérést. Ezután készítettük el a próbatesteket (150 mm élhosszúságú próbakockákat). A mérési eredmények alapján **kiszámítottuk** a tényleges cement, víz, adalékanyag, adalékszer és kiegészítő anyagok tényleges tömegét és a beton légtartalmát (L^*):

$$L^* = 1000 - \left(\frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_a}{\rho_a} + \frac{m_{ad}}{\rho_{ad}} + \frac{m_{sz}}{\rho_{sz}} + \frac{m_{kv}}{\rho_{kv}} \right) \frac{\rho_{ter}}{\rho_{ter}} \quad (1)$$

A frissbeton vizsgálatok eredményeit a 3. és a 4. táblázatokban foglaltuk össze. Ezen táblázatok tartalmazzák a terülés mért és a testsűrűség, a levegőtartalom, az adalékanyag, a cement, a szilikapor, a kvarchomok, a víz, a pértartalom, és a finomrész tartalom tényleges értékeit.

3.2 A megszilárdult beton vizsgálata

Az I. és II. receptúra csoport próbatestjeit (150×150×150 mm-es kockák) azonos tárolás után kivettük a vízből (15 napos korban), a tömegüket és a méreteket lemértük, majd szárítószekrényben 50°C -on 4 napig tároltuk, utána újra megmértük a tömegüket.

A kiszáritott próbatesteken a roncsolásmentes (Schmidt-kalapáccsos és ultrahangos) vizsgálatokat 65 ± 3 napos kor között végeztük, így a korkülönbséget és a hidratációs fok hatását a szilárdságra és a pórustartalomra minimálisra csökkentettük (elhanyagolhatónak tekintettük a hatásukat az összehasonlítások szempontjából).

3.2.1 A próbatestek szilárdsági vizsgálatai

A II. receptúra csoport próbatestjeinek a vizsgálat napján megmértük a tömegét és a méreteit, ezt követően a próbatestek merevségét (minden receptúrából legalább két próbatestét) két fém lap között kellett biztosítani (nyomógépben fogni), mert a beton merevsége befolyásolja az eredményeket. Utána Schmidt-kalapáccsal a bedolgozás irányával megegyezően és a bedolgozás irányára merőlegesen mértük a visszapatnási értékeket, ezután ultrahangos vizsgálatot végeztünk. A hullám terjedési sebességét (v) az adó és a vevő fej távolságának (s) és a hullámimpulzus mért terjedési idejének (t) hányadosából számítottuk ki: $v = s/t$. A törési vizsgálatot 5000 kN-os, Amsler típusú törőgépen végeztük.

3.2.2 Pórustartalom és pórusalak vizsgálata

Több vizsgálati módszert használunk a pórustartalom és

1. táblázat: Az alkalmazott receptúrák I. csoportja

Csoport	Recept jele	Tömeg, kg/m ³							Finom rész, b	Víz-finom rész tényező w/b	Víz-cement tényező w/c
		Cement	Szilikapor	Kvarchomok	Víz	Adalékanyag	Adalékszer G51	sz/c %			
I.	Ont 1	380	---	212	160	1615	3,04	0,80	592	0,270	0,421
	Ont 2	250	---	315	150	1642	3,50	1,40	565	0,265	0,600
	Ont 3	315	---	189	151	1710	4,40	1,40	504	0,300	0,479
	Ont 4	380	---	152	181	1618	3,04	0,80	532	0,340	0,476
	Ont 4-1	380	---	171	181	1600	2,28	0,60	551	0,328	0,476
	Ont 4-2	340	---	211	180	1595	2,21	0,65	551	0,327	0,529
	Ont 5	380	---	247	181	1522	2,47	0,70	627	0,289	0,476
	Ont 5-1	345	35	247	181	1551	2,93	0,80	627	0,289	0,525
	Ont 5-2	380	---	247	181	1522	2,66	0,70	627	0,289	0,476
	Ont 5-3	418	---	209	181	1527	2,93	0,70	627	0,289	0,433
	Ont 6	340	---	286	185	1505	2,38	0,70	626	0,296	0,544
	Ont 6-1	340	---	286	182	1514	2,38	0,70	626	0,291	0,535
	Ont 7	380	---	319	179	1453	2,74	0,70	699	0,256	0,471
	Ont 7-1	345	35	319	184	1473	2,85	0,80	699	0,263	0,533
	Ont 8	380	---	319	171	1468	4,56	1,20	699	0,245	0,450
	Ont 9	315	---	315	181	1532	3,15	1,00	630	0,287	0,575

Megjegyzés: recept jelében Ont = öntömörödő; w/b = víz/(cement tömege + 0,25 mm-nél kisebb kvarchomok tömege)

Csoport	Recept jele	Tömeg, kg/m ³								Víz-cement tényező w/c
		Cement	Szilika-por	Víz	Adalék-anyag	Adalékszer				
						G21	G51	MA 107-5	sz/c %	
II.	S20	200	---	146	2046	2,40	---	---	1,200	0,730
	S10	250	---	148	2010	1,00	---	---	0,400	0,592
	S13	250	---	148	2010	1,00	---	---	0,400	0,592
	S11	250	---	175	1933	---	---	---	---	0,700
	S14	250	---	175	1932	0,50	---	---	0,200	0,700
	S15	250	---	175	1932	0,70	---	---	0,280	0,700
	S29	260	---	208	1837	---	---	---	---	0,800
	S21	300	---	147	1955	3,60	---	---	1,200	0,490
	S25	330	---	145	1935	3,30	---	---	1,000	0,440
	S30	330	---	148	1928	2,64	---	---	0,800	0,450
	S32	340	---	148	1913	2,70	---	2,7	1,588	0,435
	S18	380	---	131	1928	3,80	---	---	1,000	0,345
	S19	400	---	132	1908	2,00	2,0	---	1,000	0,330
	S1	380	30,4	141	1863	5,70	---	---	1,500	0,370
	S12	380	30,4	137	1875	5,30	---	---	1,395	0,360
	S22	380	---	131	1924	5,32	---	---	1,400	0,345
	S23	380	19,0	131	1903	5,32	---	---	1,400	0,345
	S24	380	38,0	131	1881	5,32	---	---	1,400	0,345
	S27	380	---	131	1928	3,80	---	---	1,000	0,345
	S28	380	---	131	1926	4,56	---	---	1,200	0,345
	S17	380	---	137	1903	---	---	7,6	2,000	0,360
	S16	380	---	137	1903	4,56	---	---	1,200	0,360
S26	400	---	138	1890	2,70	2,1	---	1,200	0,345	
S31	420	---	147	1848	5,04	---	---	1,200	0,350	

2. táblázat: Az alkalmazott receptúrák II. csoportja

Megjegyzés: sz/c = adalékszer tömege/cement tömege.

pórusalak meghatározásához. A légbuborék mérésünk az ASTM C 457-82 és az EN 480-11:1998 - Part 11 szabványokon alapult.

Mérési módszerek

A betonban lévő pórusokat a következő módszerekkel vizsgálhatjuk.

- pórusméreteket és a pórusméret eloszlást közelítőleg higanypenetrációs poroziméterrel határozhatjuk meg. *Washburn* egyenlet szerint feltételezzük a pórus kör keresztmetszetét, így

$$d = \frac{4v \times \cos \theta}{p} \quad (2)$$

- A mikroszkópos légbuborékmérést *Rosiwel* ismertette, és az ASTM C 457-82 írta le először. Az ASTM C 457-82 hivatkozott előírásához képest a pr EN 480 többlet előírás, hogy külön megmérési a 300 µm alatti átmérőjű légbuborékokat. Ehhez a vizsgálathoz le kell egy beton szeletet vágni bedolgozási irányban. Ezen csiszolt szeleten a bedolgozási sikkal párhuzamos, egymástól 6 mm-re lévő mérővonalak mentén kell a buborékok húrhosszát egyenként, a metszett buborékok számát és az összes mérővonalak hosszát megmérni.

A mérések alapján számoljuk a távolsági tényezőt és az MSZ

EN 206-1:2002 követelménye alapján ($L \leq 0,20$ mm) lehet minősíteni.

- A teljes porozitást az alábbi (3) jelű képlet alapján számoljuk, a piknométeres mérés az MSZ 4715/2-72 szabványban szerepel.
- A felületek kapilláris porozitását *Karsten* készülékkel vizsgáljuk, a vizsgálati módszer az MSZ-04-262/1-89 szabvány 3.2.6. pontjában szerepel.

A próbatestek vizsgálata

Meghatároztuk az összes próbatest testsűrűségét, utána véletlenszerűen kiválasztottunk két-két próbatestet. Ezeket porrá törtünk, majd piknométerrel megmértük a beton sűrűségét és kiszámoltuk az átlag sűrűséget, majd a teljes porustartalmát a következő képlettel:

$$p = 1 - \frac{p_{ct}}{\rho} \quad (3)$$

ahol: p a teljes porozitás; p_{ct} a beton testsűrűség és ρ a beton sűrűsége.

A vizsgálatokat kiszáritott próbatesteken 65 ± 3 napos korban végeztük el.

A (3) jelű képlettel a beton teljes porozitását kapjuk, beleértve az adalékanyag porustartalmát is. A következő 1., 2., 3. és 4. ábrák ordinátáin a (3) jelű képletnek megfelelő teljes porozitási értékek szerepelnek százalékban kifejezve.

Recept jele	Terület, mm	Test-sűrűség, kg/m ³	Számított levegő tartalom, V%	Adalékanyag, kg/m ³	Cement-tartalom, kg/m ³	Szilika-por, kg/m ³	Kvarc-homok, kg/m ³	Víz, l/m ³	Finomrész tartalom, l/m ³
Ont 1	460	2388	0,77	1627	383	---	214	161	597
Ont 2	530	2363	2,43	1643	250	---	316	150	566
Ont 3	500	2400	1,23	1731	319	---	192	153	511
Ont 4	800	2388	0,23	1655	389	---	156	185	545
Ont 4-1	700	2350	1,85	1630	383	---	153	182	536
Ont 4-2	640	2356	1,32	1614	344	---	213	182	557
Ont 5	665	2369	0,97	1546	386	---	251	183	637
Ont 5-1	580	2331	3,75	1531	341	35	244	178	620
Ont 5-2	720	2350	1,75	1534	383	---	249	182	632
Ont 5-3	620	2353	1,60	1534	420	---	210	186	630
Ont 6	700	2356	0,90	1530	346	---	290	188	636
Ont 6-1	660	2350	1,39	1531	344	---	289	184	633
Ont 7	620	2350	1,81	1463	383	---	321	180	704
Ont 7-1	610	2350	2,68	1467	344	35	318	184	697
Ont 8	780	2356	1,87	1494	388	---	326	174	714
Ont 9	560	2325	2,38	1518	312	---	312	180	624

3. táblázat: A I. receptúra csoport frissbeton tulajdonságai

4. táblázat: A II. receptúra csoport frissbeton tulajdonságai

Recept jele	Terület, mm	Test-sűrűség, kg/m ³	Számított levegő tartalom, V%	Adalékanyag, kg/m ³	Cement-tartalom, kg/m ³	Szilika por, kg/m ³	Víz, l/m ³	Pép-tartalom, l/m ³
S20	420	2325	4,36	1987	194	---	142	203
S10	360	2338	4,40	1951	243	---	143	219
S13	380	2313	5,43	1930	240	---	142	217
S11	420	2306	3,65	1891	245	---	171	248
S14	400	2306	3,62	1890	245	---	171	248
S15	560	2313	3,36	1895	245	---	172	249
S29	550	2313	1,17	1843	261	---	209	291
S21	375	2363	3,25	1920	295	---	144	237
S25	460	2400	2,04	1925	328	---	144	247
S30	380	2350	3,90	1881	322	---	145	246
S32	500	2144	12,3	1704	303	---	132	227
S18	330	2425	2,22	1914	377	---	130	249
S19	340	2431	2,01	1898	398	---	131	256
S1	430	2375	3,34	1829	373	30	138	285
S12	350	2375	4,88	1834	372	30	134	281
S22	380	2413	2,62	1902	376	---	130	248
S23	290	2394	3,28	1868	373	19	129	265
S24	330	2395	3,14	1850	374	37	129	284
S27	380	2325	6,25	1835	362	---	125	239
S28	565	2413	2,67	1903	376	---	130	248
S17	520	2144	12,06	1788	223	---	132	202
S16	340	2388	3,11	1872	374	---	135	253
S26	600	2431	1,56	1889	400	---	138	264
S31	440	2425	1,31	1852	421	---	147	279

4. RONCSOLÁSMENTES KÍSÉRLETI VIZSGÁLAT EREDMÉNYEI

4.1 Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékek és a teljes porozitás összefüggésének meghatározása

Az I. (öntömörödő) és II. (szokványos) jelű betonkeverékek próbatestjein végzett Schmidt-kalapácsos visszapattanási vizsgálat 1. ábrán látható mérési pontjai több (minimum 2) mérés átlagai.

A Schmidt-kalapácsos vizsgálat és a teljes porozitás eredményei alapján megállapítottuk, hogy *lineárisan csökkenő összefüggés van a Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékek 36 és 58 közötti tartományban és a teljes porozitás között (a 6-14 V% tartományban)* (1. ábra). A kapott regressziós egyenes egyenlete ($R^2 = 0,8544$ korrelációs tényezővel):

$$y = -0,348x + 27,05 \quad (4)$$

ahol a x bedolgozás irányával párhuzamos visszapattanási értéket és y a teljes porozitást jelenti.

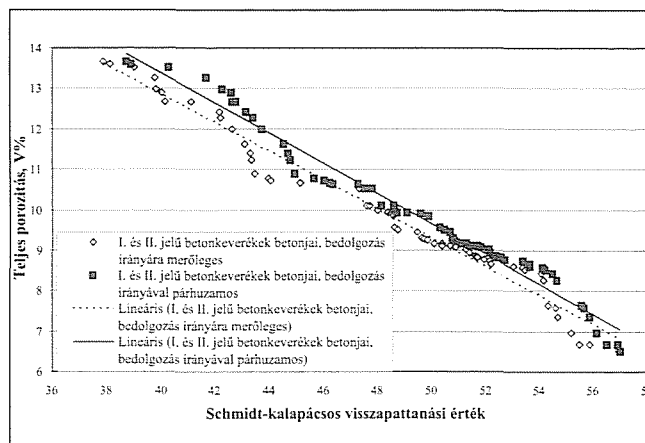
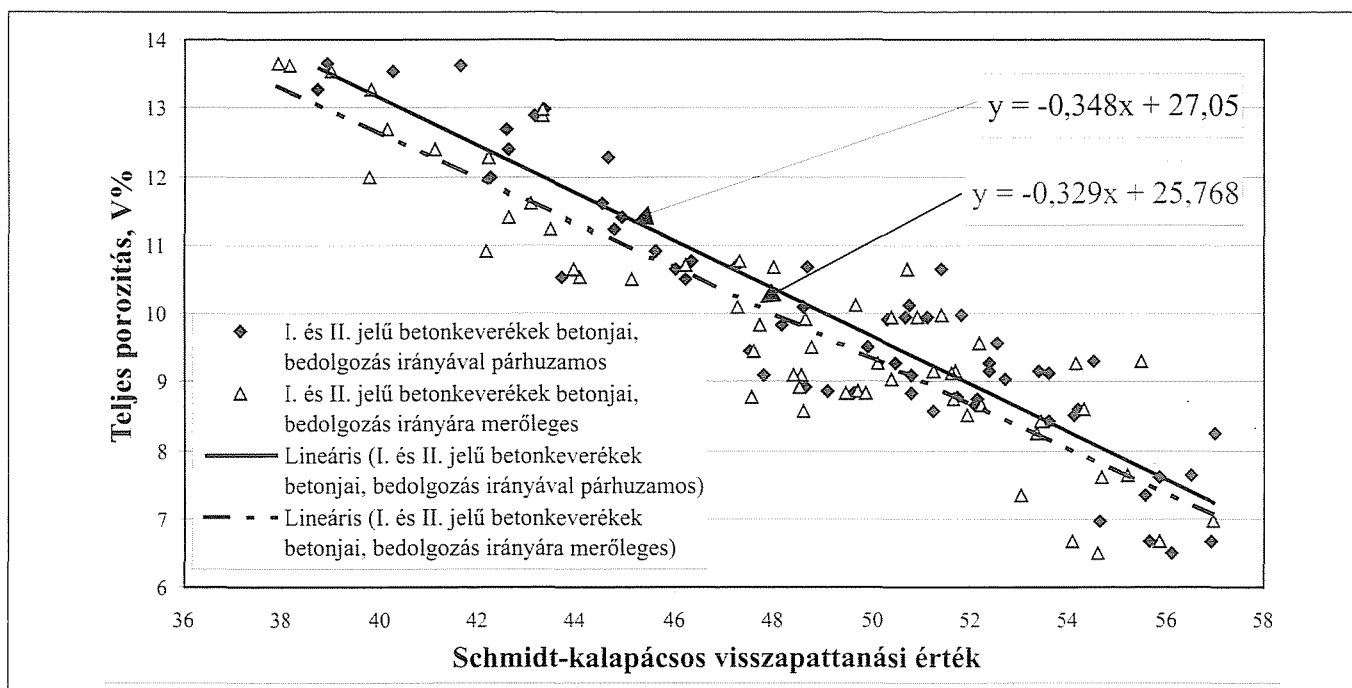
Azonos pórustartalom mellett kisebb visszapattanási értékeket kaptunk a bedolgozási irányára merőlegesen, mint a bedolgozás irányával párhuzamosan. A kapott regressziós egyenes egyenlete:

$$y = -0,329x + 25,77 \quad (5)$$

ahol x bedolgozás irányára merőleges visszapattanási értéket és y a teljes porozitást jelenti.

A minták rendezett eredményei is igazolták a lineáris összefüggést a Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékek (36-tól 58-ig) és a teljes porozitás között a bedolgozás irányával párhuzamos és a bedolgozás irányára merőleges Schmidt-kalapácsos vizsgálat esetén

1. ábra: A lineáris összefüggés a Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékek (az I. és II. jelű betonkeverékek 36-tól 58-ig terjedő tartományban) és a teljes porozitás között a bedolgozás irányával párhuzamos és a bedolgozás irányára merőleges Schmidt-kalapácsos vizsgálat esetén. Próbatessz mérete: $150 \times 150 \times 150$ mm, N típusú Schmidt-kalapács



2. ábra: A I. és II. jelű betonkeverékek betonjainál a lineáris összefüggés a Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékek (36-tól 58-ig) és a teljes porozitás között a bedolgozás irányával párhuzamos és a bedolgozás irányára merőleges Schmidt-kalapácsos vizsgálat esetén, a minták rendezett eredményei alapján

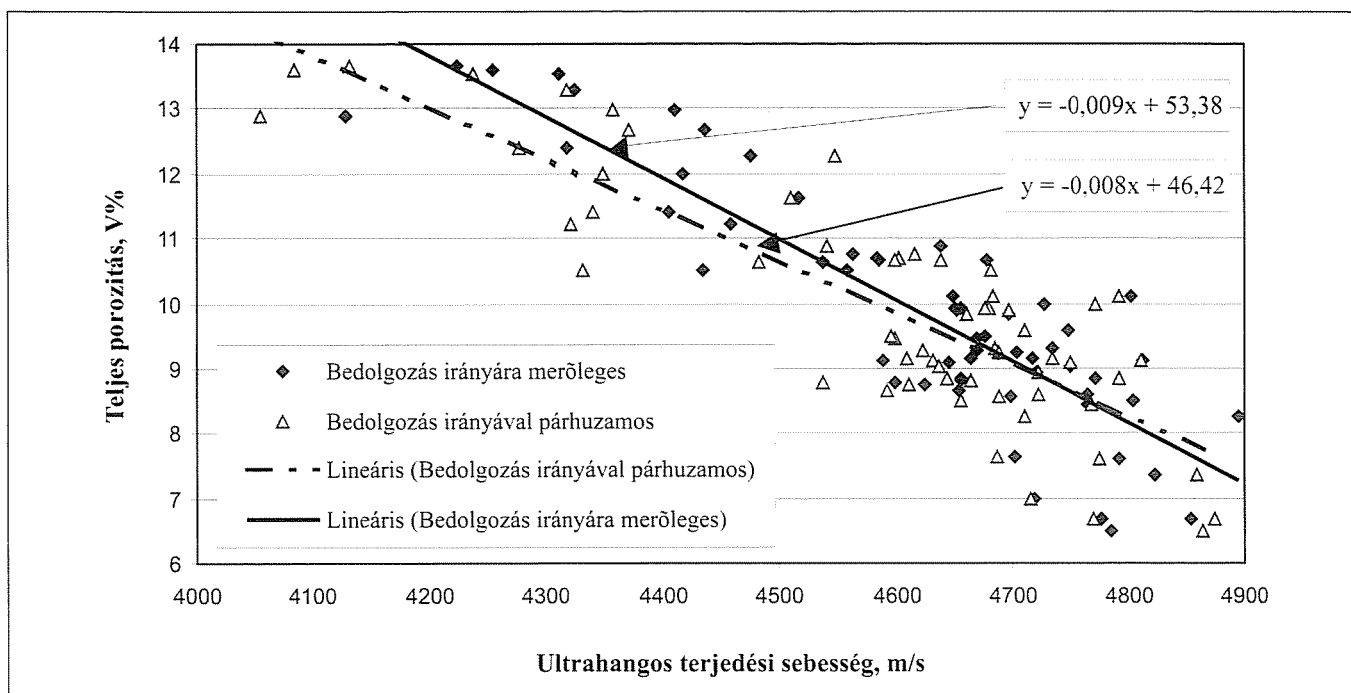
(2. ábra). Az ábrában feltüntetettük a legkisebb négyzetek elvével kapott legjobban közelítő egyenes egyenletét és a vonatkozó korrelációs tényezőt is. Ezen egyenes korrelációs tényezője értelemszerűen közelebb áll 1-hez, mint a (4) és (5) jelű egyenesek esetén.

Megjegyzés: Rendezett eredményeknek azt tekintjük, hogy az eredmények mindkét változóját nagyság szerint sorba rendezzük és az így kialakuló sorrendnek megfelelően a koordinátaértékeket egymáshoz rendeljük.

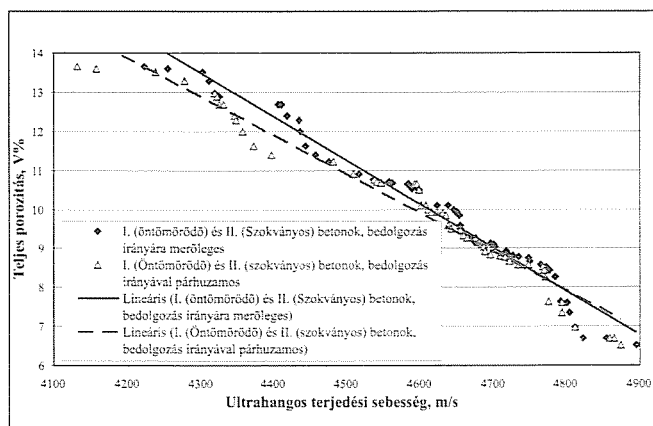
4.2 Ultrahangos terjedési sebesség és teljes porozitás közötti összefüggés meghatározása

Az I. (öntömörödő) és II. (szokványos) jelű betonkeverékek próbatestjein végzett ultrahangos vizsgálat 3. ábrán látható mérési pontjai több (minimum 2) mérés átlagai.

Hasonlóképpen alakult az összefüggés az ultrahangos



3. ábra: Lineáris összefüggés a terjedési sebesség és a teljes porozitás között a bedolgozás irányával párhuzamos és a bedolgozás irányára merőleges ultrahangos vizsgálat esetén



4. ábra: A I. (öntömörödő) és II. (szokványos) jelű betonkeverékek betonjainál a lineáris összefüggés (rendezett eredményeken) a terjedési sebesség és a teljes porozitás között a bedolgozás irányára merőleges és a bedolgozás irányával párhuzamos ultrahangos vizsgálat esetén

terjedési sebesség és a teljes porozitás között, mint a visszapattanási értékek és a teljes porozitás között, vagyis *lineáris összefüggést kaptunk a terjedési sebesség és a teljes porozitás között a teljes porozitás vizsgált 6-14 V% tartományában* (3. ábra).

A kapott regressziós egyenes egyenlete a beton bedolgozási irányával párhuzamosan ($R^2 = 0,7696$ korrelációs tényezővel):

$$y = -0,009x + 53,38 \quad (6)$$

ahol x az ultrahangos terjedési sebességet és y a teljes porozitást jelenti.

Az ultrahangos terjedési sebesség a beton bedolgozás irányával és arra merőlegesen nem volt azonos. A 4750 m/s terjedési sebesség értéke alatt azonos pórustartalom mellett a terjedési sebesség a beton bedolgozási irányában kisebb, mint rá merőlegesen (3. ábra). A lineáris közelítő görbék metszéspontjától kiindulva az eltérés növekszik. A kapott regressziós egyenes a beton bedolgozás irányára merőlegesen ($R^2 = 0,7236$ korrelációs tényezővel):

$$y = -0,008x + 46,42 \quad (7)$$

Az öntömörödő betonoknál a lineáris közelítő görbéknek nem volt metszéspontjuk és a terjedési sebesség a beton bedolgozás irányában kisebbre adódott, mint rá merőlegesen.

A minták rendezett eredményei is igazolták a lineáris összefüggést az ultrahangos terjedési sebesség értékei és a teljes porozitás között a bedolgozás irányával párhuzamos és a bedolgozás irányára merőleges ultrahangos vizsgálat esetén (4. ábra).

5. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Laboratóriumi vizsgálatokat végeztünk különféle betonkeverékekkel a beton porozitása valamint a Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékek, ill. a porozitás és az ultrahangos terjedési sebesség közötti összefüggések meghatározására.

A beton receptúrákban állandó volt az adalékanyag szemmegoszlási görbéje ($d_{\max} = 16$ mm, A és B határgörbék felezőjében) és a cement fajtája (CEM I 32,5 RS jelű). Kísérleti változók voltak: a víz-cement tényező, a konzisztencia, az adalékszer mennyiség ill. a szilika por mennyisége. A kísérleti eredmények alapján – a teljes porozitás 6-14 V% tartományában – megállapítottuk:

1) Schmidt-kalapácsos vizsgálati eredmények:

Lineárisnak tekinthető összefüggést kaptunk a Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékek (36 és 58 közötti tartományban) és a teljes porozitás között. Azonos pórustartalom mellett kisebb visszapattanási értékeket kaptunk a bedolgozási irányára merőlegesen, mint a bedolgozás irányával párhuzamosan. Közelítő függvényeket a (4) és (5) jelű egyenletekkel adtuk meg.

2) Ultrahangos terjedési sebességgel kapcsolatos eredmények:

Lineáris összefüggést kaptunk a terjedési sebesség és a teljes porozitás között a 4000-4900 m/s terjedési sebesség tartományában. Közelítő függvényeket a (6) és (7) jelű egyenletekkel adtuk meg.

Az ultrahang terjedési sebessége a beton bedolgozási irányával és rá merőlegesen nem volt azonos, 4750 m/s érték alatt azonos pórustartalom mellett a terjedési sebesség a beton bedolgozás irányában kisebb volt, mint rá merőlegesen,

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet mondunk az OTKA-nak a T032525 számú kutatási pályázaton keresztül nyújtott támogatásért.

7. HIVATKOZÁSOK

- Balázs Gy. – Erdélyi A. – Kovács K. (1990): Fagy és olvasztósók hatása a beton tartósságára, *Építőanyag XLII. évf.* 1990. 2. szám, pp. 1-11.
- ASTM C 457-82: "Standard Recommended Practice for Microscopical Determination of Air-Void Content and Parameters of Air-Void Systems in Hardened Concrete".
- Borján J. (1981): „Roncsolásmentes betonvizsgálatok”. *Műszaki Könyvkiadó*, Budapest, 1981.
- EN 480-11:1998: "Admixtures for concrete, mortar and grout – test methods – Part 11: Determination of air void characteristics in hardened concrete".
- MSZ EN 206-1:2002: Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés
- MSZ 4715/2-72: Megszilárdult beton vizsgálata. Sűrűség, tömörség
- MSZ-04-262/1-87: Épülethomlokzatok tisztítása és kezelése. Mintavétel, vizsgálat és minősítés
- Nehme S. G. (2002): „A beton porozitásának hatása a tartósságra” V. nemzetközi vasbetonszerkezet javítási konferencia, Budapest 2002. szeptember 4-5, pp. 5-14.
- Nehme, S. G. – Balázs, G. L. (2002): "Effect of the Concrete Porosity on It's

- Durability" *Proceedings 4th International PhD Symposium in Civil Engineering*, München, September 19th - 21st, 2002. volume 2, pp. 82-87.
- Neville, A. M. (1996): "Properties of Concrete", Fourth Edition, *John Wiley and Sons*, New York, NY.
- Popovics, S. (1998): "Strength and Related Properties of Concrete – A Quantitative Approach" *Wiley & Song*.

Salem G. Nehme (1963) okl. építőmérnök (1992) vasbetonépítési szakmérnök (1996) tud. segéd munkatárs a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken. Fő érdeklődési területei: betontechnológia, tömegbetonok vizsgálatai és problémáinak szakértése, öntömörödő beton, szálerősítésű betonok, építőanyagok minőségellenőrzése, beton, vasbeton szerkezetek szakértése. *A fib Magyar Tagozat tagja*

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

INFLUENCE OF CONCRETE POROSITY ON NON-DESTRUCTIVE STRENGTH MEASUREMENTS

Salem G. Nehme – Prof. György L. Balázs

Concrete strength and durability are considerably influenced by the porosity of concrete. Porosity should give an indication both on strength and durability (example to durability is the requirement on the maximum porosity of foundations of high transmission lines). In present paper we intended to find experimentally relationships between porosity and non-destructive strength (rebound values by Schmidt-hammer and velocities by ultrasonic) measurements.

BETONTECHNOLÓGIA SZAKMÉRNÖKI TANFOLYAM INDUL 2005. FEBRUÁRJÁBAN

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

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

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

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

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

☐ Jelentkezem a 2005. februárjában induló Betontechnológia Szakmérnöki Tanfolyamra.

☐ További információkat kérek a 2005. februárjában induló Betontechnológia Szakmérnöki Tanfolyamról

Jelenkező neve:

Cégnév:

Dátum:

Telefon:

Fax:

SZÁLERŐSÍTÉSŰ POLIMER (FRP) BETÉTEKKEL KÉSZÜLŐ BETONELEMEK TERVEZÉSI KÉRDÉSEI



Dr. Borosnyói Adorján – Dr. Balázs L. György

A korróziós károsodás megelőzésének ígéretes megoldását nyújthatja a nem korrodálódó (vagyis elektrolitikus korrózióknak teljesen ellenálló) szálerősítésű polimer betétek alkalmazása. Új anyagok vagy tervezési módszerek alkalmazása nem mindig lehetséges a létező szabványok módosítások nélküli figyelembevételével – ez a helyzet az FRP betétes betonszerkezetek esetén is. Kiegészítések és módosítások szükségesek ahhoz, hogy a szabványok előírásainak betartása megfelelő biztonságot nyújtson az alkalmazónak. Jelen cikkben röviden összefoglaljuk a szálerősítésű polimerrel (FRP) készülő betonelemek egyes tervezési kérdéseit, összehasonlítva a hagyományos vasbetonszerkezet tervezés elveivel.

Kulcsszavak: szálerősítésű polimer (FRP) betétek, méretezés, nyomatéki teherbírás, nyírási teherbírás, lehorgonyzás

1. BEVEZETÉS

Az ipar és a közlekedés erőteljes fejlődése, valamint a 60-as évek közepén bevezetett téli jégmentesítő sózás maga után vonta környezetünk szennyezését, ami a beton-, vasbeton szerkezetek élettartama szempontjából sem közömbös. Az egyre agresszívabb légkör és talajvíz növeli a vasbeton szerkezetek acélbetétei korróziójának veszélyét, amit még fokoz a jégmentesítő sózás hatása. Legnagyobb veszélynek a karcosú, kisebb betonkeresztmetszettel rendelkező feszített vasbeton hídgerendák feszítőbetétei vannak kitéve, melyeket a feszültségkorrózió kialakulása is fenyeget (bár az előírások általában nem engedik meg közvetlenül a hídszerkezetek jégmentesítő sózását). Külön ki kell hangsúlyozni az utófeszített, utólagosan tapadóbetétté tett hidak kábelvezető üregeinek esetleges tökéletlen kiinjektálásából fakadó károsodásokat is.

A korróziós károsodás következtében a hidak állapota romlik, fenntartási költségeik nőnek (a több mint 5000 magyarországi közúti vasbeton hídon közel egymillió négyzetméternyi felület van kitéve a sózás okozta korróziós veszélynek).

Napjainkban sem várható a tartóssági problémák számának csökkenése, hiszen igen sok olyan hidunk van, amely a tartóssági problémák jelentkezése előtti időszakban épült, és ezért tartóssági szempontból most éri el élettartama határát.

A korróziós károsodás megelőzésének ezért ígéretes megoldását nyújthatja a nem korrodálódó (vagyis elektrolitikus korrózióknak teljesen ellenálló) szálerősítésű polimer betétek alkalmazása.

2. SZÁLERŐSÍTÉSŰ POLIMER (FRP) BETÉTEK A HÍDÉPÍTÉSBEN

Hozzávetőlegesen már ötvenre tehető azon hídszerkezetek száma a világon, amelyekben szálerősítésű polimer (FRP) betéteket építettek be acélbetétek részleges vagy teljes körű helyettesítésére (Balázs, Borosnyói, 2000a). Ezek egy része gyalogos- ill. kerékpárhíd, másik része közúti ill. autópálya híd, de találhatunk köztük magas vezetőségű elektromágneses lebegtetésű vasút hídgerendáit is. Ezen hídszerkezetek kevés

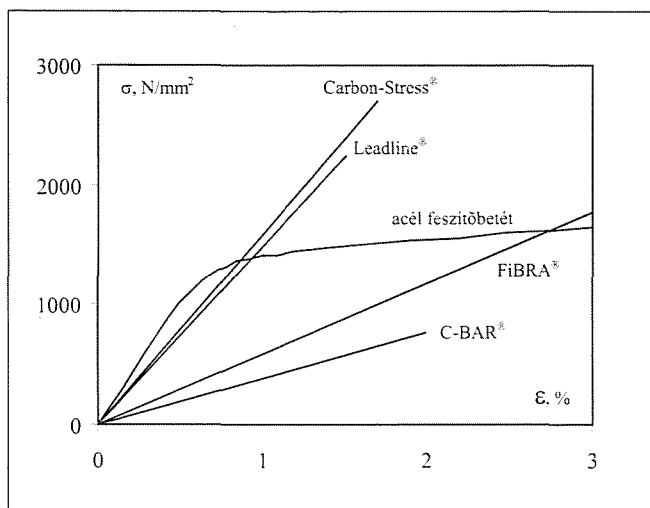
kivételtől eltekintve Japánban és Észak-Amerikában találhatók, az európai alkalmazások száma tíz körüli (Tokyo Rope, 1993; Taerwe, 1995; El-Badry, 1996; JCI, 1997; Crivelli, 1998; JPCEA, 1998). Az eddigi tapasztalatok kedvezőek.

Megemlítünk néhány jól ismert szerkezeti alkalmazást szálerősítésű polimer (FRP) betétek alkalmazásával híd és egyéb építmények köréből:

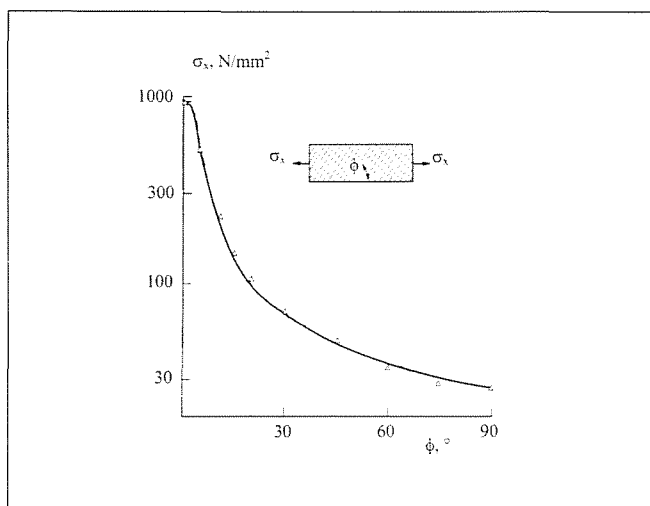
- 1) feszített beton hídszerkezetek: utófeszített, szabad szerelések felszerkezet (Tokyo Rope, 1993), utófeszített szalaghíd (Hata, 1998), előregyártott, előfeszített gerendahíd (Rizkalla, Tadros, 1994; Rizkalla et al., 1998), monolit felszerkezet (FRP International, 1998), külső és belső kábelvezetéses utófeszített szerkezet (Karbhari, 1998), iránytöréssel vezetett feszítőbetétek (Grace, Abdel, 1998) stb.
- 2) nem feszített hídszerkezetek: többlettámaszú, folytatódó felszerkezet (Thippeswamy et al., 1998), acélbetét nélküli betonlemez felszerkezet együttdolgozó elemei (Bakht, Mufti, 1998),
- 3) ferde kábeles hidak tartókábele (Meier, Meier, 1996; Taerwe, Matthys, 1999),
- 4) feszített síkfödémek (Tokyo Rope, 1993),
- 5) előregyártott, előfeszített távvezeték-oszlopok (FRP International, 2000),
- 6) utófeszített faszerkezetek (Tokyo Rope, 1993),
- 7) tengeri létesítmények (pl. olajfűtőtoronyok) (FRP International, 1998),
- 8) közet- és talajhorgonyok (Tokyo Rope, 1993; ISIS, 2000),
- 9) lövellt beton (Fukuyama, 1999),
- 10) hálós erősítés téglák és kőszervekhez (AKZO, 1992),
- 11) együttdolgozó csapok (ISIS, 2000),
- 12) „intelligens szerkezetek” (FRP betétek, beépített szál-optikai érzékelőkkel) (Liu, 2000).

3. SZÁLERŐSÍTÉSŰ POLIMER (FRP) BETÉTEK TULAJDONSÁGAI

A szálerősítésű polimer (FRP) betétek húzószilárdsága és rugalmassági modulusa a szálak típusától, a szálak hossz-tengellyel bezárt szögétől, a száltartalomtól (általában 60–70



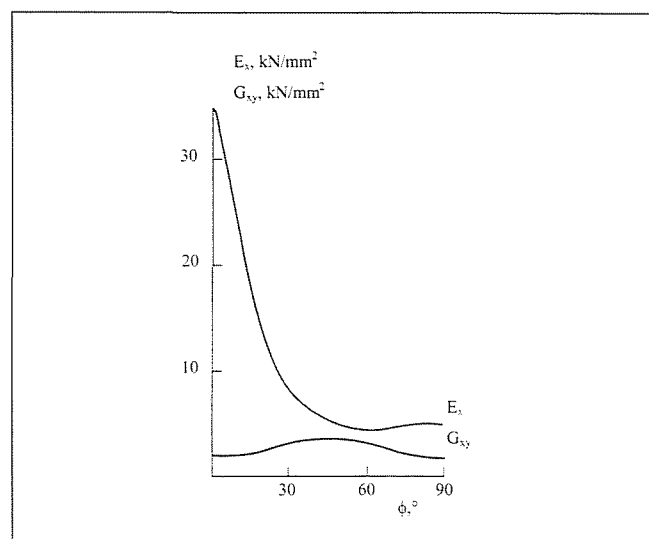
1. ábra: FRP betétek σ - ϵ ábrái (Borosnyói, Balázs, 2002)



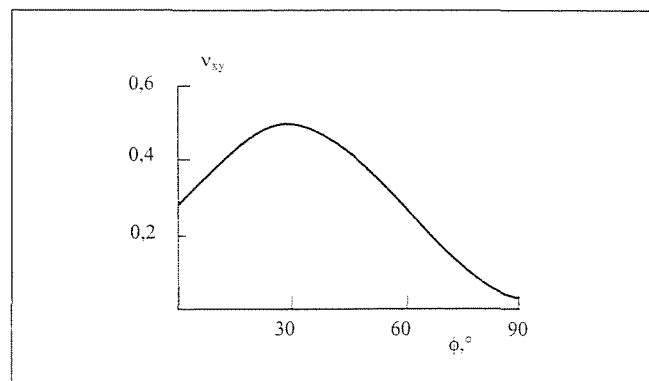
2. ábra: A szálak tengelyével bezárt szög hatása a húzószilárdságra (σ_x) (Piggott, 1980)

V%), a keresztmetszet alakjától és az ágyazóanyag típusától függenek. Szálerősítésű polimer betétek szilárdságának meghatározásakor figyelembe kell venni a száltartalmat. Húzószilárdságuk 700–3500 N/mm², rugalmassági modulusuk 38000–300000 N/mm², szakadónyúlásuk 0,8–4,0 % tartományban lehet (Clarke, 1993; Rostásy, 1996; Balázs, Borosnyói, 2000a) (1. ábra). A húzószilárdságot ezen kívül még a betétek átmérője is befolyásolhatja, ugyanis a betét felületén, a betonról átadódó nyíróerő hatására az egyes elemi szálakban eltérő alakváltozás (feszültség) ébred az ágyazóanyag alakváltozóképesége miatt (Achillides, 1998). Így nagyobb átmérőjű betétek fajlagos húzószilárdsága kisebb (Calado *et al*, 1996).

Fontosnak tartjuk itt megemlíteni, hogy szálerősítésű polimerek esetén minden anyagjellemző (szilárdság, rugalmassági modulus, Poisson-tényező, stb.) irányfüggő, azaz a vizsgált irány és a szálak tengelye által bezárt szög függvénye. Az anyagjellemzők általában szélső értékeket vesznek fel a szálak tengelyével párhuzamosan ($\theta = 0^\circ$), illetve a szálak tengelyére merőlegesen ($\theta = 90^\circ$) vizsgálva. Üvegszál-erősítésű polimer (GFRP) példáján mutatjuk be a szálak tengelyével bezárt szögnek a hatását a húzószilárdságra (2. ábra), a rugalmassági modulusra (3. ábra) és a Poisson-tényezőre (4. ábra) (Piggott, 1980). Megfigyelhetjük, hogy a húzószilárdság és a rugalmassági modulus maximális értékét a szálakkal párhuzamosan kapjuk meg, míg legkisebb értéküket a szálakra merőlegesen veszük fel. Ezzel szemben a Poisson-tényező maximális értékét kb. $\theta = 45^\circ$ esetén érhetjük



3. ábra: A szálak tengelyével bezárt szög hatása a rugalmassági modulusra (Piggott, 1980)



4. ábra: A szálak tengelyével bezárt szög hatása a Poisson-tényezőre (Piggott, 1980)

el, míg a két szélső esetben ($\theta = 0^\circ$ és $\theta = 90^\circ$) az alkalmazott szál Poisson-tényezője dominál.

Az FRP betétek tartós és sokszor ismételt terheléssel szemben kedvezőbb viselkedést mutatnak, mint az acélbetétek – kúszásuk és relaxációjuk általában kisebb, tartós szilárdságuk és fáradási szilárdságuk nagyobb, mint a hagyományos acélbetéteké (Taerwe, 1995). Az összes szempontot figyelembe véve, legkedvezőbb tulajdonságai a jelenleg hozzáférhető betétek közül a szénszál-erősítésű polimer betéteknek vannak (1. táblázat).

4. SZÁLERŐSÍTÉSŰ POLIMER (FRP) BETÉTEKKEL KÉSZÜLŐ SZERKEZETEK MÉRETEZÉSE

Új anyagok vagy tervezési módszerek alkalmazása nem mindig lehetséges a létező szabványok módosítások nélküli figyelembevételével – ez a helyzet az FRP betétes betonszerkezetek esetén is. Kiegészítések és módosítások szükségesek ahhoz, hogy a szabványok előírásainak betartása megfelelő biztonságot nyújtson az alkalmazónak.

FRP betétes betonszerkezetekre jelenleg még nincs általánosan elfogadott szabványszintű előírás. Ennek kifejlesztése a témával foglalkozó szakemberek számára elsődleges fontosságú. Egyes témakörökre már születtek javaslatok, sőt nemzetközi projektek is foglalkoznak az FRP betétes betonszerkezetek szabványosításának kérdésével (pl.

	GFRP	AFRP	CFRP	feszítőacél
f_u [N/mm ²]	700 – 2500	1200 – 3000	1500 – 3000	1500 – 2000
E [kN/mm ²]	35-55	50-125	110-300	195-210
ε_u [%]	2,6 – 4,5	2,3 – 4,1	0,5 – 1,8	2,5 – 3,5
Kúszás ($\sigma = 0,8f_u$; $t = 1000$ h)				
$\Delta\epsilon$ [%]	< 10	< 5	< 0,1	2,5 – 6,0
Relaxáció ($\sigma_0 = 0,8f_u$; 20°C)				
ρ_{1000} [%]	4 – 14	9 – 10	< 1	2 – 12
Fáradás ($\sigma_{max} = 0,7f_u$; $N = 2 \times 10^6$)				
$\Delta\sigma$ [N/mm ²]	n.a.	200 – 300	> 300	170 – 200
Tartós szilárdság (100 évre becsült)				
	$0,5f_u - 0,7f_u$	$0,6f_u - 0,7f_u$	$> 0,9f_u$	n.a.

1. táblázat: FRP betétek kúszása, relaxációja, fáradási- és tartós szilárdsága acél feszítőbetéttel összehasonlítva

EUROCRETE projekt az Európai Unió tagországai részvételével). A megfontolandó kérdések felölelik a vasbetonszerkezetek tervezésének teljes területét (5. ábra).

4.1 Szerkezeti határállapotok

Megfelelő megbízhatóságú szerkezet tervezésének feltétele a megfelelő méretezési módszer. A jelenlegi beton- és vasbeton tervezési szabványok az erőtan tervezéshez általában félvalószínűségi eljárást alkalmaznak.

A félvalószínűségi eljárás fő részei:

- 1) teherbírási és használhatósági határállapotok definiálása
- 2) osztott biztonsági tényezők meghatározása (γ_s, γ_R)
- 3) terhek (S) és ellenállások (R) karakterisztikus értékeinek meghatározása (S_k, R_k)
- 4) terhek (S) és ellenállások (R) tervezési értékeinek meghatározása (S_d, R_d)

Az eljárás alapelve teherbírási határállapotban:

A szerkezet minden jellemző keresztmetszetében az ellenállások tervezési értéke haladja meg a terhek (megfelelő teherkombinációk alapján képzett) tervezési értékét, azaz teljesüljön a következő reláció:

$$S_d \leq R_d$$

Az eljárás alapelve használhatósági határállapotban:

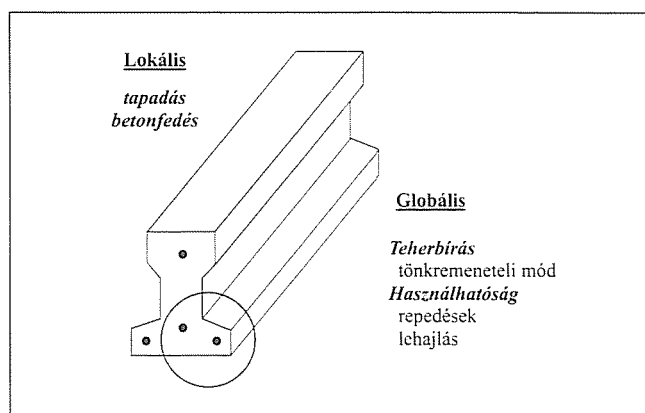
A szerkezet minden mértékadó keresztmetszetében a kiválasztott állapotjellemző (feszültség, lehajlás, repedéstágasság, stb.) megfelelő teherkombinációk alapján számított értéke ne haladja meg a használati követelmények alapján előírt határértéket, azaz teljesüljön a következő reláció:

$$H_d \leq H_{adm}$$

FRP betétes szerkezetekre a félvalószínűségi méretezési eljárás természetesen alkalmazható, de a *biztonsági tényezők és határértékek átgondolása szükséges*.

4.2 Biztonsági tényezők és határértékek

A betonszilárdság biztonsági tényezője változatlanul hagyható FRP betétes betonszerkezetek esetén is, azonban az FRP betétek szilárdságának tervezési értékénél figyelembe vett biztonsági tényező nem lehet egyenlő a hagyományos acélbetéteknél figyelembe vett értékkel. Japán kutatók vizsgálatai szerint nagyobb érték felvétele szükséges, ennek okai többek között a következők (Machida et al., 1995):



5. ábra: Megfontolandó kérdések

- FRP betétek húzóvizsgálatairól jóval kevesebb eredmény áll rendelkezésre, mint acélbetétekéről
- szállítás és szerelés közben az FRP betétek sérülése (kis keresztirányú szilárdságuk miatt) kisebb erőhatásra is bekövetkezhet
- FRP betétek esetén az acélbetéteknél elérhető egyenletes szilárdságeloszlást nem mindig lehet biztosítani

A szilárdság karakterisztikus értékét kísérletek alapján, mint 5%-os valószínűségi küszöbértéket kell meghatározni.

A használhatósági követelményeket általában a következők határértékek teljesülésének ellenőrzésével biztosítjuk:

- megengedhető alakváltozások,
- megengedhető repedéstágasságok.

4.3 Megengedhető alakváltozások

A használati terhek alatt bekövetkező alakváltozások maximális értékeit esztétikai, szerkezeti (pl. lehajlás) vagy technológiai kívánalmak szerint határozzuk meg. Mivel ezek általában függetlenek a teherhordó szerkezet anyagától, ezért a megengedhető alakváltozások értékei FRP betétes betonelemek esetén változatlanok.

4.4 Megengedhető repedéstágasságok

FRP betétek alkalmazása esetén a repedéstágasság korlátozására korróziós okokból nincs szükség. Az előírt határértékben kizárólag esztétikai és technológiai szempontokat kell figyelembe venni, így egyes szigorú repedéstágassági határértékek enyhíthetők. Általános esetben a hagyományos, beltéri vasbeton szerkezetekre elfogadott $w = 0,4$ mm korlátozás használható.

4.5 Minimális betonfedés

Vasbeton szerkezetekben a minimális betonfedés értékét általában a környezet agresszivitásának figyelembevételével, az acélbetétek tartóssága érdekében írjuk elő. FRP betéteknél ez figyelmen kívül hagyható, a minimális betonfedés értékét itt más feltételek határozzák meg. Ezek közül elsődleges az erőátadás szempontjából szükséges minimális betonfedés, amellyel az elemek felhasadását akadályozzuk meg (Borosnyói, Balázs, 2002). Másik tényezőként a betétek tűzvédelme, ill. a betonétől eltérő keresztirányú hőtágulási együtthatója emlithető. Ezen okok miatt az FRP betétes szerkezeteknél alkalmazandó minimális betonfedés értéke nem csökkenthető korlátlanul.

5. TEHERBÍRÁSI HATÁRÁLLAPOTOK

5.1 A nyomatéki teherbírás számítása

Az FRP betétek egyik hátránya, hogy lineárisan rugalmas, rideg anyagok, így szakadásuk előtt képlékeny alakváltozást nem szenvednek. Az FRP betétes betonelemek duktilitása ezért kisebb, mint az acélbetétekkel készült elemeké (egy anyag, keresztmetszet, szerkezeti elem vagy szerkezeti rendszer duktilitása alatt a tönkremenetelt megelőző nagymértékű – de szilárdságcsökkenéssel nem járó – képlékeny alakváltozási képességet értjük).

Biztonsági okokból acélbetétekre általában előírják, hogy tönkremenetelkor a betétek nyúlása haladjon meg a 3%-ot, ami FRP betéteknél – bár rugalmassági modulusuk általában az acélbetétekénél kisebb – szintén nem biztosítható minden esetben. Ezért a kutatók sokrétű kísérleteket végeznek, maguknak az FRP betétek duktilitásának, illetve FRP betétes szerkezetek duktilitásának növelésére.

A hagyományos vasbeton szerkezet tervezésekor általában törekszünk arra, hogy teherbírasi határállapotban az acélbetétek folyási állapotba kerüljenek ($\xi_c < \xi_{c0}$). A terhek további növelésekor nagy lehajlások jönnek létre (amit a repedéstágasság növekedése kísér), és a nyomott betonozóna igénybevételei nőnek. Végül a beton morzsolódása során bekövetkezik a tönkremenetel. Ilyen jellegű tönkremenetelkor a szerkezet duktilis viselkedése biztosított.

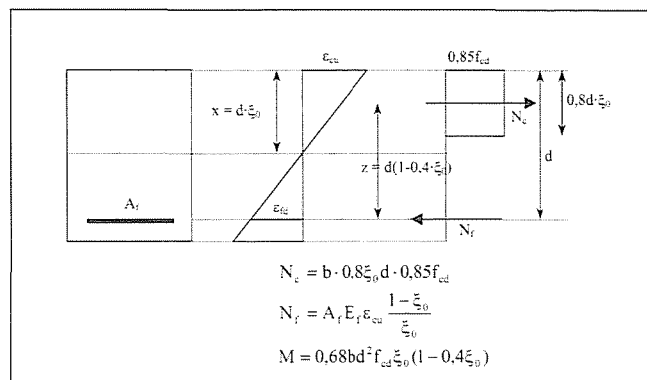
A túlvasalt vasbeton keresztmetszetek ($\xi_c > \xi_{c0}$) nagy merevségűek és szilárdságúak, de tönkremenetelük rideg. A rideg tönkremenetel lehetőleg kerülendő.

Amint azt az előző fejezetekben bemutattuk, FRP betétes keresztmetszetek méretezése a hagyományos szemlélettel elvégezhető. Szükség van azonban a hagyományos duktilitási paraméterek újraértelmezésére, mivel képlékeny jellegű viselkedésre csak a nyomott betonöv morzsolódása során számíthatunk.

FRP betétes szerkezetek nyomatéki teherbírásának számítására és a számítások kísérleti elemeken történő ellenőrzésére a szakirodalomban számos adat áll rendelkezésre. Ezek alapján kijelenthető, hogy hajlítónyomatékkal terhelt elemekben az FRP betétek viselkedése nem tér el alapvetően a hagyományos acélbetétekétől. Így *FRP betétes szerkezetek nyomatéki teherbírásának számítása* – a vasbetonszerkezeteknél megszokott módszerrel – a *keresztmetszetek vetületi és nyomatéki egyensúlya alapján történhet*. Néhány különbséget azonban figyelembe kell vennünk:

1. A betétek szakadásával járó tönkremenetelt – ridegsége miatt – *el kell kerülni*. A keresztmetszetek teherbírásának kimerülésekor tehát a *nyomott betonöv tönkremenetelét kell elérni*. Ez pl. megfelelő vasalási hányaddal biztosítható. (Feszített szerkezetekben célszerű nem feszített betéteket is elhelyezni, amelyek a feszítőbetétek esetleges szakadásakor nyújtanak védelmet.) Ez a tervezési elv *alapvetően eltér* a hagyományos vasbeton keresztmetszetek méretezésétől, ahol a nyomott beton morzsolódásával járó tönkremenetelt igyekszünk elkerülni.
2. Az FRP betétek lineárisan rugalmas viselkedése miatt a *szerkezet igénybevételeinek képlékeny átrendeződését figyelembe venni nem lehet* (természetesen a repedések hatására bekövetkező merevség-csökkenést figyelembe kell venni).

A nyomott betonöv morzsolódásával járó tönkremenetel akkor következik be, ha a vasaláserősség meghaladja az ún. egyensúlyi vasaláserősséget. Jelen esetben egyensúlyi állapotnak azt nevezzük, amely esetén egyszerre érjük el a



6. ábra: Inhomogén keresztmetszet belső erői

nyomott szélső szálban a törési összenyomódást, valamint a húzott betétekben a szakadónyúlást.

Ha a 6. ábrának megfelelő feszültségeloszlást feltételezzük a keresztmetszetben, akkor az egyensúlyi vasaláserősség a következő:

$$\rho_0 = \xi_0 \frac{\alpha f_{cd}}{f_{fd}}$$

$$\text{ahol } \xi_0 = \frac{x_0}{d} = \frac{0.8 \cdot \epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{fd}}$$

Hasonlóan a hagyományos vasbeton keresztmetszetek maximális vasaláserősségéhez (amely a betétek folyásával bekövetkező tönkremenetelt hivatott előidézni, pl. $\rho_{\max} = 0.75 \cdot \rho_0$, ACI 318) az FRP betétekkel készülő betonkeresztmetszetek *minimális vasaláserősségét*

$$\rho_{\min} = 1.3 \cdot \rho_0$$

értékűre javasoljuk felvenni. A keresztmetszet méretezése hajlításra a hagyományos, vasbeton keresztmetszetek méretezésénél megszokott módon, a belső erők egyensúlya alapján történhet, figyelembe véve, hogy a tönkremenetel a nyomott betonöv morzsolódásával következik be, azaz az alkalmazott vasaláserősség mindenkor:

$$\rho > \rho_{\min}$$

5.2 A nyírási teherbírás számítása

Vasbeton szerkezeti elemek nyírási tönkremenetelének tanulmányozására évtizedek óta irányulnak vizsgálatok, és bár számos nyírási modell áll rendelkezésre, a terület teljes mértékben még ma sem tisztázott.

FRP betétes szerkezetek nyírási teherbírását általában a vasbeton szerkezetekre alkalmazott modellek módosításával írják föl. Mivel a témában számos kérdés még tisztázásra vár, ezért itt méretezési ajánlásokat nem közlünk, csupán alapelveket mutatunk be.

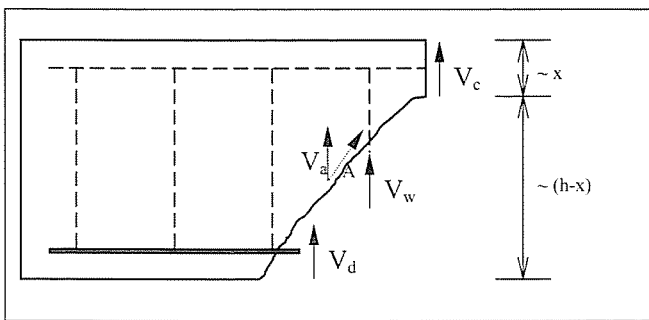
Tekintsük a 7. ábrán bemutatott, hajlított-nyírt tartóelem nyírási teherbírását:

$$V_{Rd} = V_c + V_a + V_d + V_w$$

ahol

V_c a nyomott betonöv által felvett nyíróerő,

V_a a ferde repedés menti súrlódás, az ún. szemcsehatás (*aggregate interlock*) következtében kialakuló csúsztatóerő függőleges komponense,



7. ábra: Nyírási repedés mentén működő belső erők

V_d a hosszanti betét lokális alakváltozása, az ún. csaphatás (dowel action) által felvett nyíróerő,
 V_w a kengyelek által felvett nyíróerő.

Az ismertett nyírási modell elvében használható FRP betétes betonelemek esetén is, a következő megjegyzések figyelembe vételével.

- 1) Inhomogén keresztmetszet semleges tengelyének helyzete függvénye az alkalmazott betétek rugalmassági modulusának (kisebb rugalmassági modulusú betétekhez kisebb nyomott betonöv tartozik). Ezért a nyomott betonöv által felvehető nyíróerő (V_c) függ az alkalmazott FRP betétek rugalmassági modulusától is.
- 2) Az FRP betétek rugalmassági modulusának és változatos felületi kialakításuknak hatása van a repedéstágaságokra. Ezért a szemcsehatás következtében kialakuló csúsztatóerő függőleges komponense (V_a) eltérő nagyságú lehet, mint hagyományos vasbeton szerkezetek esetén.
- 3) Az FRP betétek lokális alakváltozási képessége csekély a hagyományos acélbetétekéhez viszonyítva. Ezért FRP betétes betonelemekben a csaphatással felvehető nyíróerő (V_d) komponens várhatóan kisebb, esetleg el is hanyagolandó.
- 4) FRP kengyeleket nem tudunk húzószilárdságukig kihasználni, mivel igénybevételük nem tengelyirányú (lásd pl. a 2. ábrát) (hajlított-nyírt tartóelem húzó főfeszültségi trajektóriái kb. 45°-os szöget zárnak be az elem hossz tengelyével). Ezért az FRP kengyelek szakadása akár a tengelyirányú terheléssel elérhető szakadónyúlás felénél kisebb értéken is bekövetkezhet.

6. HASZNÁLHATÓSÁGI HATÁRÁLLAPOTOK

A nagy szilárdságú, de emellett kisebb rugalmassági modulusú FRP betétekkel készülő betonelemeknél a használati határállapot követelményeinek betartása fokozottabb figyelmet igényel, mint hagyományos vasbeton szerkezeteknél, mivel a betétek rugalmassági modulusa általában kisebb, mint az acélé. A témakör részletes vizsgálata meghaladja jelen dolgozat terjedelmi korlátait, ezért azt egy külön dolgozatban foglaljuk össze (Borosnyói, Balázs, 2005).

7. FESZÍTŐBETÉTEK LEHORGONYZÁSA

A feszítés célja köztudottan az, hogy a vasbeton elemet olyan feszültségállapotba hozzuk, melynek fellépése után a külső

terhekből származó belső erőket teljesen (vagy túlnyomó mértékben) a beton vegye fel. A cél tehát az, hogy az erőjátékban minél nagyobb keresztmetszet, esetleg a teljes betonkeresztmetszet vegyen részt. Ennek érdekében a tartóra nyomóerőt kell működtetni. Feszítéskor tehát a tartó saját feszültség-állapotba kerül, azaz a tartóban a külső terhek fellépése előtt is működnek feszültségek. Ezen feszültségek nagyságát és irányát a feszítőerő(k) megválasztásával tudjuk befolyásolni. A tartót úgy kell megfeszíteni, hogy a betonban használati terhek alatt húzófeszültségek egyáltalán ne, vagy csak korlátozott mértékben ébredjenek. Feszítés alkalmazásával egyúttal a beton berepedését is kiküszöböljük, ill. korlátozzuk. A külső terhekből származó belső erők mindaddig nem hoznak létre tartótengely irányú húzást a tartóban, amíg a feszítőerőből származó nyomás ki nem merül. Így (a feszítőerő nagyságának és irányának helyes megválasztásával) repedésmentes szerkezeteket hozhatunk létre.

A feszítőerő kifejtésének időpontja, illetve a feszítőbetétek erőátadódásának jellege szerint közismerten a következő típusokat különböztethetjük meg (amelyek a feszítőbetét anyagától függetlenek):

- előfeszített szerkezet (ahol a feszítőbetétekben a beton megszilárdulása előtt hozzuk létre a feszítőerőt),
- utófeszített szerkezet (ahol a feszítőbetétekben a beton megszilárdulása után hozzuk létre a feszítőerőt);

illetve

- tapadóbetétes szerkezet (ahol a feszítőbetétek a feszítőerő betonra való működtetésének pillanatától kezdve, teljes hosszukban felületi tapadásban vannak a betonnal),
- utólag tapadóbetétesített szerkezet (ahol a feszítőbetétek és a kábelvezető üreg között utólag injektált habarccsal létesítünk felületi tapadást),
- véglehorgonyozásos (csúszóbetétes) szerkezet (ahol a feszítőbetétek csak a végükön vannak a betonhoz rögzítve; a tartó hossza mentén az erre szolgáló csatornában a súrlódástól eltekintve szabadon elmozdulhatnak).

Feszített elemek tartóvégein (ellentétben a rúdelemek szilárdságtani tervezésénél feltételezett egytengelyű feszültségállapottal) többtengelyű feszültségállapot uralkodik (itt nem érvényes a Bernoulli-Navier hipotézis), melynek okai és jelenségei eltérnek az utófeszített (véglehorgonyozásos) és előfeszített (tapadóbetétes) szerkezetek esetén.

Utofeszített (véglehorgonyozásos) szerkezeti elemnél a feszítőerő koncentráltan adódik át a végkeresztmetszetre a feszítőbetét lehorgonyzásának helyén, ezzel nagy koncentrált erőt átadva a tartóra. Előrefeszített (tapadóbetétes) szerkezeti elemnél viszont a feszítőbetét végkeresztmetszetében a feszültség zérus, amely fokozatosan nő fel a hatékony feszítési feszültség szintjére a végkeresztmetszettől távolodva.

A bebetonozott betétek tapadása komplex jelenség, melyet számos hatás befolyásol, így a feszített tartók erőátadódási és lehorgonyzási hossza is számos tényezőtől függ. Ezek a következők:

- a feszítőbetét felületi kialakítása (sima, rovátkolt, pázsma stb.),
- a feszítőbetét típusa és átmérője,
- a beton szilárdsága,
- a beton zsugorodása és kúszása,
- a beton bedolgozásának módja,
- a beton kora a feszítőerő ráengedésekor,
- a feszítőerő ráengedésének módja (hirtelen vagy fokozatos),
- a feszítőerő ráengedésétől eltelt idő,
- a terhelés módja (statikus, tartós, sokszor ismételt, lökészerű stb.),

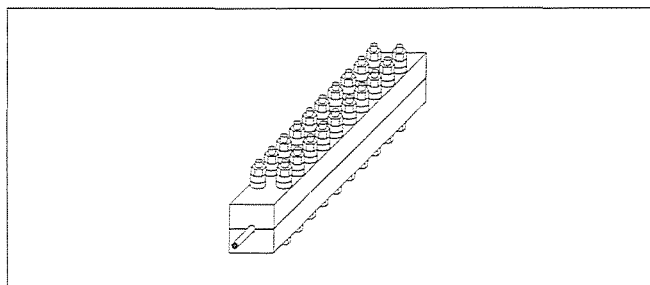
- a beton keresztirányú alakváltozásának gátlása a tartóvégen,
- a betonfedés,
- a feszítőbetét elhelyezkedése a keresztmetszeten belül,
- a beton utókezelésének módja (pl. gőzérlelés).

A szálerősítésű polimer (FRP) feszítőbetétek erőátadódási és lehorgonyzási hosszait lényegében ugyanazok a hatások befolyásolják, mint az acél anyagú feszítőbetétek erőátadódási és lehorgonyzási hosszait. Azonban a szálerősítésű polimer (FRP) feszítőbetétek felületi kialakítása rendkívül változatos lehet (Balázs, Borosnyói, 2000b; Borosnyói, Balázs, 2002), léteznek olyan kialakítások, melyek az acél anyagú feszítőbetétek körében egyáltalán nem ismertek (pl. fonott vagy homokszórt felületű betétek). Ráadásul a szálerősítésű polimer (FRP) feszítőbetétek keresztirányú mechanikai jellemzői is igen változatosak, amelyek eredményezhetik a tartóvégen tapasztalt egyes jelenségek nagyságrendi változását is. A szálerősítésű polimer feszítőbetétek esetén az erőátadódási hossz általában rövidebb, így a betonban nagyobb keresztirányú erők ébrednek, mint a hagyományos acél feszítőbetétek esetén, ezzel esetleg növelve a tartóvégi felhasadás kockázatát. A lehorgonyzási zóna erőjátékának ismerete ezért igen fontos a szálerősítésű polimer feszítőbetétek esetén.

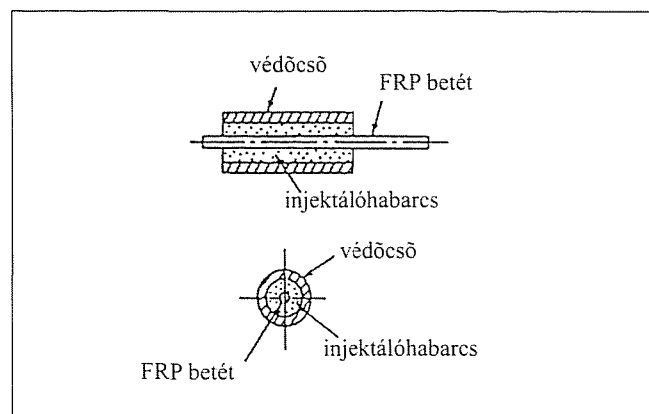
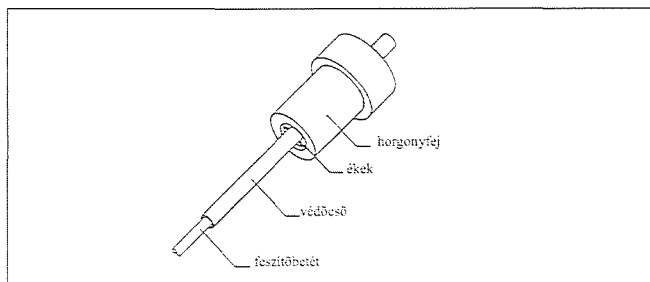
A szálerősítésű polimer feszítőbetétek esetén a feszítőerő kifejtésének és lehorgonyzásának kialakítása a következő módszerekkel történhet:

- Szorítópofás véglehorgonyzással (8. ábra) – ekkor a feszítőbetét két (vagy négy) acélpofa között, feszítőcsavarokkal vagy rugókkal összefeszítve helyezkedik el. A szorítópofák és a feszítőbetét közé egy közbenső réteg is kerülhet, a feszítőbetét védelme érdekében,
- Ékes véglehorgonyzással – elvében azonos az acél feszítópásmák véglehorgonyzásával; az ékek készülhetnek acélból, könnyűfém-ből vagy polimerből,
- Kúpos-ékes véglehorgonyzással – Parafil® aramidszálas kötelek (ágyazóanyag nélkül készülő AFRP feszítőbetétek) véglehorgonyzásának speciális eszköze; a feszítőbetétet védőcsőben megvezetik, majd szálkötegenként szétbontva egy kúpos éket vernek a lehorgonyzó fejbe,
- Védőcsőben való lehorgonyzással (9. ábra) – e módszer-nél a feszítőbetét egy acél, réz vagy könnyűfém védőcsőben kerül lehorgonyzásra,

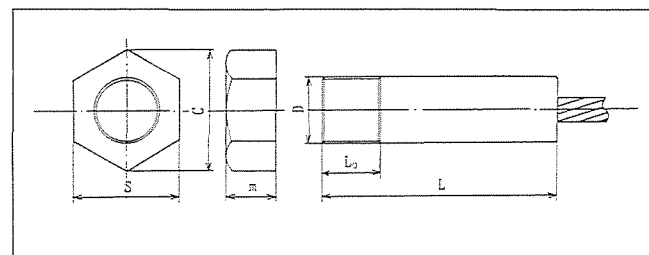
8. ábra: Szorítópofás lehorgonyzás



9. ábra: Lehorgonyzás védőcsőben



10. ábra: Lehorgonyzás habarccsal kiinjektált védőcsőben



11. ábra: Lehorgonyzás gyárilag kiöntött védőcsőben – csavarmentes véglehorgonyzási mód (Tokyo Rope, 1993)

- Gyantával kiinjektált védőcsőben való lehorgonyzással – e módszernél a feszítőbetét egy, a külső átmérőjénél néhány mm-rel nagyobb belső átmérőjű, rendszerint acél csőben helyezkedik el, és a feszítőbetét és a védőcső közötti tér nagy szilárdságú, például epoxi gyantával van kiinjektálva,
- Habarccsal kiinjektált védőcsőben való lehorgonyzással (10. ábra) – e módszernél a feszítőbetét egy, a külső átmérőjénél több mm-rel nagyobb belső átmérőjű, rendszerint acél csőben helyezkedik el, és a feszítőbetét és a védőcső közötti tér finomhomok adalékanyagú duzzadó cementhabarccsal van kiinjektálva,
- Hidegen rásajtolt védőcsőben való lehorgonyzással – e módszernél a feszítőbetét végeire hidegsajtolással kerülnek acél védőcsövek (Pincheira, Woyak, 2001); a feszítőbetét és a védőcső közötti kapcsolatot súrlódás biztosítja, és a sajtolóerő helyes megválasztásával érhető el, hogy a védőcső megcsúszás nélkül képes legyen az erőátadásra,
- Gyárilag kiöntött védőcsőben való lehorgonyzással (11. ábra). Egyes gyártók az FRP feszítőbetétekhez biztosítanak gyárilag kiöntött acélpersellyel szerelt feszítőbetétvégeket (pl. Tokyo Rope, 1993). A módszer előnye, hogy a védőcső nem utólag, kontrollálatlan körülmények között kerül a betétekre, hanem a feszítőbetét ágyazóanyagának kikeményítése egyidőben történik a védőcső kiöntőanyagának kikeményítésével. A módszer hátránya, hogy a védőcsövek mm-re pontos helyzetét előre meg kell adni, helyzetük utólag nem módosítható.

Tapasztalataink szerint a legkedvezőbb véglehorgonyzási módot a gyárilag kiöntött védőcsőben történő lehorgonyzás adja. Ezek hátránya, hogy a helyszínen helyzetük nem módosítható. A helyszínen is elkészíthető lehorgonyzási módok esetén általában tapasztalható a feszítőbetétek több-kevesebb relatív elmozdulása, megcsúszása.

Mindaddig nem sikerült olyan véglehorgonyzási módot kifejleszteni, ami megcsúszás-mentesen, többször felhasználható módon nyújtana megoldást FRP feszítőbetétek lehorgonyzására.

8. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A korróziós károsodás megelőzésének ígéretes megoldását nyújthatja a *nem korrodálódó* (vagyis elektrolitikus korrózióknak teljesen ellenálló) *szálerősítésű polimer betétek* alkalmazása. Új anyagok vagy tervezési módszerek alkalmazása nem mindig lehetséges a létező szabványok módosítások nélküli figyelembevételével – ez a helyzet az FRP betétes betonszerkezetek esetén is. Kiegészítések és módosítások szükségesek ahhoz, hogy a szabványok előírásainak betartása megfelelő biztonságot nyújtson az alkalmazónak. Jelen cikkben röviden összefoglaltuk a szálerősítésű polimerrel (FRP) feszített betonelemek tervezési kérdéseit, összehasonlítva a hagyományos vasbetonszerkezet tervezés elveivel. Megállapításaink a következők. *FRP betétes szerkezetek nyomatéki teherbírásának számítása* – a vasbetonszerkezeteknél megszokott módszerrel – a *keresztmetszetek vetületi és nyomatéki egyensúlya alapján történhet*, figyelembe véve, hogy a tönkremenetel a nyomott betonöv morzsolódásával következik be, azaz az alkalmazott vasalásereőség mindenkor nagyobb, mint az egyensúlyi vasalásereőség. FRP betétes betonelemek nyírási teherbírásának számítására elvében használhatók az ismert nyírási modellek, és bár számos nyírási modell áll rendelkezésre, a terület teljes mértékben még nem tisztázott. A szálerősítésű polimer (FRP) feszítőbetétek erőátadódási és lehorgonyzási hosszát ugyanazok a hatások befolyásolják, mint az acél anyagú feszítőbetétek erőátadódási és lehorgonyzási hosszát. A szálerősítésű polimer (FRP) feszítőbetétek esetén az erőátadódási hossz általában rövidebb, így nagyobb keresztirányú erők ébrednek, mint a hagyományos acél feszítőbetétek esetén, ezzel esetleg növelve a tartóvégi felhasadás kockázatát. A lehorgonyzási zóna erőjátékának ismerete ezért igen fontos a szálerősítésű polimer feszítőbetétek esetén. *FRP betétes betonszerkezetekre* jelenleg még *nincs* általánosan elfogadott szabványszintű előírás. Ennek kifejlesztése a témával foglalkozó szakemberek számára elsődleges fontosságú. Egyes témakörökre már születtek javaslatok, sőt nemzetközi projektek is foglalkoznak az FRP betétes betonszerkezetek szabványosításának kérdésével (pl. EUROCRETE projekt az Európai Unió tagországai részvételével). A megfontolandó kérdések felölelik a vasbetonszerkezetek tervezésének teljes területét.

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szerzők ezúton is köszönetet mondanak az ÁKMI Kht-nek a 3810.3.3/2001 kutatási program, illetve az Országos Tudományos Kutatási Alapnak, a T 032 525 kutatási program anyagi támogatásáért.

10. HIVATKOZÁSOK

- Achillides, Z. (1998) "Bond behaviour of FRP bars in concrete", *PhD Thesis*, Centre for Cement and Concrete, Univ. of Sheffield, 1998 – hivatkozva: fib (2000) "Bond of Reinforcement in Concrete", *State-of-Art Report* prepared by Task Group Bond Models, August 2000
- AKZO (1992) "Aragrid®: Non Corrosive Mesh Reinforcement for Brickwork and Concrete", *Technical Data*, 1992.
- Bakht, B. – Mufti, A. (1998) "Five Steel-Free Bridge Deck Slabs in Canada", *Structural Engineering International*, Journal of the IABSE, SEI Volume 8, Number 3, 1998, pp. 196-200.
- Bakis, C. E. – Bhat, B. B. – Schokker, A. J. – Boothby, T. E. (2001) "Flexure of Concrete Beams Prestressed with FRP Tendons", *Proc. 5th Int. Symp. FRPRCS-5*, pp. 689-697.
- Balázs L. Gy. – Borosnyói A. (2000a) "Betszerkezetek korrózióálló

- betétekkel", TARTÓK 2000 – VI. Magyar Tartószerkezeti Konferencia, *Konferencia kiadvány*, 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. – Borosnyói A. (2001a) "Long term behavior of FRP", *Proceedings of the International Workshop Composites in Construction: A Reality*, Capri, Italy, ASCE – CI, pp. 84-91.
- Balázs L. Gy. – Borosnyói A. (2001b) "Prestressing with CFRP Tendons", *Proceedings of the UEF International Conference on High Performance Materials in Bridges and Buildings*, July 29 – August 3, 2001, Kona, Hawaii
- 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. (2005) "Betonelemek szálerősítésű polimer (FRP) betétekkel - Használhatósági határállapot", publikálásra benyújtva a *Vasbetonépítés* folyóirathoz
- Calado, L.- Castiglioni, C.A.- Agatino, M.R. (1996) "Experimental and Numerical Evaluation of Bond Stress of Concrete Beams Reinforced by GFRP Bars", *Research report*.
- Clarke, J. L. (1993) "Alternative Materials for the Reinforcement and Prestressing of Concrete", Chapman & Hall, London, 1993
- Crivelli Visconti, I., (editor) (1998), "ECCM-8 European Conference on Composite Materials – Science, Technologies and Applications", *Proceedings*, Naples, Italy, June 1998.
- El-Badry, M.M., (editor) (1996), "Advanced Composite Materials in Bridges and Structures", *Proceedings*, 2nd International Conference. Canadian Society for Civil Engineering, Montreal, Quebec 1996.
- FRP International – *Quarterly Technical Paper*, Editor S.H. Rizkalla (ACI, ASCE, CSCE, Composite Institute, JCI, ACMBs Network of Canada, ISIS Canada).
- Fukuyama, H. (1999) "FRP Composites in Japan", *Concrete International*, October 1999, pp. 29-32.
- Hata, K. (1998) "Single-Span Prestressed Concrete Stress-Ribbon Bridge – Yumetsuri Bridge", *Prestressed Concrete in Japan*, Japan Prestressed Concrete Engineering Association, National Report of XIII. FIP Congress, Amsterdam, 1998, pp. 95-98.
- ISIS Canada (2000) Homepage: <http://www.isiscanada.com>
- Japan Concrete Institute (1997), "Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures", *Proceedings of the Third International RILEM Symposium (FRPRCS-3)*, October 1997, Sapporo, Japan.
- Japan Prestressed Concrete Engineering Association (JPCEA) (1998), "Prestressed Concrete in Japan", XIII. FIP Congress, *National Report*, Amsterdam, Holland, 1998
- Karbhari, V. M. (1998) "Sone Viaduct – External Cable Anchor Block", Use of Composite Materials in Civil Infrastructure in Japan, WTEC Monograph, International Technology Research Institute, World Technology (WTEC) Division, Loyola College, Maryland, October 1998.
- Liu, S. C. (editor) (2000) "Smart Structures and Materials 2000 – Smart Systems for Bridges, Structures and Highways", *Proceedings of SPIE*, Vol 3988, 2000.
- Machida, A. (1997) "Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Continuous Fiber Reinforcing Materials", JSCE, Tokyo, 1997.
- Meier, U. – Meier, H. (1996) "CFRP finds use in cable support for bridge", *Modern Plastics*, April 1996, pp. 87-91.
- Piggott, M. R. (1980), "Load Bearing Fibre Composites", *Pergamon Press Ltd.*, Oxford, England, ISBN 008 024 230 8
- Pincheira, J. A. – Woyak, J. P. (2001) "Anchorage of Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Tendons Using Cold-Swaged Sleeves", *PCI Journal*, November-December 2001, pp. 100-111.
- 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.
- Rostásy, F. (1996) "State-of-the-Art Report on FRP Materials", *FIP Report*, Draft, 1996. Unpublished.
- Taerwe, L. – Matthis, S. (1999) "FRP for Concrete Construction: Activities in Europe", *Concrete International*, October 1999, pp. 33-36.
- Taerwe, L., Editor (1995), "Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures", *Proceedings of the Second International RILEM Symposium (FRPRCS-2)*, Ghent 1995, E & FN Spon, London.
- Thippeswamy, H. K. et al. (1998), "FRP Reinforcement in Bridge Deck", *Concrete International*, Vol. 20., No. 6., June 1998, pp. 47-50.
- Tokyo Rope (1993), "Technical Data on CFCC®", Tokyo Rope Mfg. Co., Ltd. Manual, Tokyo, October 1993.

Dr. Borosnyói Adorján okl. építőmérnök, PhD, egyetemi adjunktus a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén. Fő érdeklődési területei: vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek használhatósági határállapota és tartóssága, feszített és nem feszített FRP betétek alkalmazása, tapadása, tartószerkezetek utólagos megerősítése szálerősítésű anyagokkal. A *fib* Magyar

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

DESIGN ASPECTS OF CONCRETE MEMBERS REINFORCED WITH FRP

Dr. Adorján Borosnyói - Dr. György L. Balázs

Present paper intends to review experiences on characteristics of fiber reinforced polymers (FRP) for civil engineering applications and to discuss design considerations by applying FRP bars or tendons embedded in concrete as prestressed or non-prestressed reinforcement. Test results on FRP indicate high tensile strength, high fatigue strength as well as low relaxation and creep, however, due to lower transverse strength special anchoring devices can be needed. On the other hand, special attention has to be taken against brittle failure due to the linear elastic behaviour of FRP. Design of FRP reinforced or prestressed members can be based on the conventional way of design of reinforced concrete members, however, special considerations are needed to bond, cracking, deflection, minimum cover, minimum reinforcement, thermal effect, ductility and failure mode.

SZEMÉLYI HÍREK

FÖLDEÁK ÁRPÁD, A MAGYAR VASBETONÉPÍTÉS HOSSZÚ IDŐN ÁT VOLT DOYENJE EMLÉKÉRE

A Budapesti m. kir. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem 1939/40 tanévi évkönyvének 227. oldalán találjuk lovag Khloyber Walter József nevét, aki 1917-ben Szobon született, a tanévben elnyerte a 292. számú mérnöki oklevelet. A ma élő, rá emlékező mérnökök zöme már a tiszteletből felvett Földeák Árpád néven ismerte meg a kiváló szakembert, aki 2004. július 31-én távozott el közülünk.

Földeák Árpád utolsó nyilvános szereplése a 2003. évi Mihailich emlékülésen tartott beszéde és a BME Hidak és Szerkezetek Tanszék Tudományos Közleményeiben mesteréről írt megemlékezése volt. Méltó volt erre a feladatra, hiszen egyetemi tanulmányai elvégzésétől 1954-ig hú, alkotó társa volt Mihailich professzornak. Földeák Árpád sokoldalú felkészültségét tanúsítja, hogy részt vett a lerombolt újvidéki Duna-híd újjáépítésére tervezett (sajnos a háború miatt meg nem valósult) acélszerkezet tervezésében, s Mihailich Győző vezetésével ő tervezte a forgalmat ma is szolgáló szegedi belvárosi Tisza-híd szélső nyílásait. Számos vasbeton híd és más szerkezet tervezésében vett részt. Kutató munkájának legjelentősebb része a hazai cementek és betonok vizsgálatára irányult, főként zsugorodás szempontjából. A II. sz. Hídépítéstani Tanszéken előbb mint tanársegéd, majd mint adjunktus sokat tett a mérnökhallgatókért. Lelkes, lelki-

ismeretes, tanítványait és a tanított szaktudományt szerető oktató volt. Értékes volt az a jegyzet, amit 1945-ben „Építőanyagok” címmel állított össze mentora előadásai alapján.

1954-ben távoznia kellett az egyetemről, és ettől kezdve a Főmterv-ben kamatoztatta kiváló szaktudását. Jóval a nyugdíj koron túl, 1995-ig aktívan dolgozott. A híd csoportban, majd a műszaki ellenőrzésben dolgozva számos kisebb vasbeton híd tervezése mellett részt vett a K-Ny-i metróvonal aluljáróinak (Astoria, Blaha Lujza tér, Baross tér) később az É-D-i metróvonal műtárgyainak tervezésében.

Kiváló elméjét a sakk művészetének terén is csillogtatta, szakkönyvek írása mellett nemzetközi sakkfeladvány mester is volt.

Földeák Árpádra az őt ismerők úgy emlékeznek, mint a magyar műszaki élet, elsősorban a vasbetonépítés nagyon kiváló és nagyon szerény szakemberére. Személyében a szakma szeretete párosult a tanítványok, fiatal munkatársak szeretetével, jólelkűségével, mindenkorai segítőkészségével. Sohasem akart előtérbe kerülni, mindenkit segítve a háttérben szolgált. Életútja sokszorosan érdemes arra, hogy nevét megőrökötsük és példaként állítsuk az ifjabb mérnöknemzedék elé.

Dr. Tassi Géza, Schulek János

DR. GALLUS REHM ALAPÍTVÁNY

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS

AZ ALAPÍTVÁNY CÉLJA

Az Alapítványt a Magyarországon született Dr. Gallus REHM professzor, a BME díszdoktora hozta létre. Célja a BME Építőanyagok Tanszéke (jelenleg Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék) valamint Vasbetonszerkezetek Tanszéke (jelenleg Hidak és Szerkezetek Tanszék) magasan képzett tudományos utánpótlásának támogatása, a német nyelvű szakismeret megszerzésén keresztül.

PÁLYÁZATI FELTÉTELEK:

A **német műszaki tudománnyal** való könnyebb kapcsolattartás érdekében azok pályázhatnak, akik a fenti két tanszék szakterületén **német nyelven** (is) megjelentethető, a korszerű **német szakirodalmat** magába foglaló, magas fokú tudományos munkát készítenek, vagy **német nyelvterületen** részképzésre vállalkoznak. Nem pályázhatnak német nyelvterületről származó (német, osztrák, svájci) állampolgárok.

Az Alapítvány legfeljebb az alábbi összegekkel **díjazhatja** az elkészült, megfelelő színvonalú munkákat:

- I. – magasfokú kutatások eredményeinek díjazása (egyenként max. 2500 €)
- doktori munkák díjazása (egyenként max. 1250 €)
- diplomamunkák díjazása (egyenként max. 750 €)
- TDK munkák díjazása (egyenként max. 500 €)

Az Alapítvány **támogatást nyújthat** az alábbi területekre:

- II. – kutatási, doktori, diplomamunka vagy TDK elkészítéséhez szükséges kutatási dologi kiadások fedezetére (A dologi támogatást a munkaterv beadásakor lehet megpályázni.)
- III. – a fenti két szakterületet magában foglaló részképzésre német nyelvterületen legfeljebb 4 hónapos időtartamra (egyenként max. 1500 €)
- a fenti két szakterületet magában foglaló doktorandusz képzéshez (max. évi 1500 €)

Az alapítvány 2004-ban 7000 €-t oszthat ki.

A beadott pályázatnak tartalmaznia kell az alábbiakat:

- Az adatlapokat magyar és német nyelven 2 példányban (az adatlapok a www.eat.bme.hu honlapról tölthetők le)
- A pályázat típusának megfelelő mellékeltet 1 példányban

A pályázat beadásának határideje és helye:

2004. november 5.

“Dr. Gallus REHM Alapítvány”

BME Építőmérnöki Kar Dékáni Hivatal (K.I.16.)

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

A pályázat elbírálásának határideje:

2004. november 30.

A döntésről valamennyi pályázót levélben értesíti a Kuratórium.

2003. október 7.

Az Alapítvány Kuratóriuma



KONFERENCIA FELHÍVÁS

A konferencia szervezője: a *fib* Magyar Tagozata

A rendezvény időpontja és címe: 2004. nov. 19.
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Műegyetem rkp. 3, K I 70, 1111 Budapest

1999-ben indítottuk a „Szálerősítésű betonok – a kutatástól az alkalmazásig” című konferencia sorozatot. Terveinknek megfelelően most érkezünk el a konferenciához. Megállapítható, hogy jelentős az érdeklődés a szálerősítésű betonok iránt azok kedvező tulajdonságai valamint gazdasági és technológiai előnyei miatt. Az emberiség több évezredes tapasztalata szerint különféle szálak bekeverésével csökkenthetjük az építőanyagok ridegségét és repedésérzékenységet. Az 1960-as évek óta ezt az elvet betonra is sikerrel alkalmazzuk. A különféle szálak alkalmazása a hazai vasbetonépítésben az elmúlt másfél évtized során óriási növekedést mutatott annak ellenére, hogy ismereteink még némely vonatkozásban hiányosak voltak.

Jelen konferencia célja, hogy áttekintést nyújtsunk a szálak típusairól, mechanikai és kémiai jellemzőiről, szálerősítésű betonból készülő szerkezeti elemek viselkedéséről, modellezési kérdéseiről és alkalmazási lehetőségeiről a legújabb kutatási eredmények figyelembevételével. Külön hangsúlyt helyezünk a tervezési és szabványosítási kérdésekre, amelyhez külföldi előadóként *Horst Falkner*, a *Braunschweigi Egyetem tanárát* hívtuk meg (aki egyúttal a vonatkozó németországi szabványbizottság vezetője). Részletesen tárgyaljuk a gyakorlatban szokásos kis acél, ill. műanyag száltartalmak esetét. Ezek kiegészítéseként bemutatásra kerülnek új fejlesztési irányként: alkáliálló üvegszálak, nagy acélszál tartalmú betonok, öntömörödő szálerősítésű betonok, valamint szálerősítésű könnyűbetonok. A konferencia programját kiállítás gazdagítja. Kiállítóink: ASA Építőipari Kft., Bekaert, Betonmix Kft., Degussa Építőkémia Hungária Kft., D&D Rt., Hírös-Ép Kft., Kaposplast Kft., Trefil Arbed, Mapei.

	8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	Regisztráció
	9 ⁰⁰ -9 ³⁰	1. MEGNYITÓ, HELYZETELEMZÉS Prof. Balázs L. György Fejlesztési irányok, jelenlegi helyzet, jövőbeni tendenciák
	9 ³⁰ -10 ³⁰	2. NEW GUIDELINES AND DESIGN ASPECTS Prof. Horst Falkner, Univ. of Braunschweig
	10 ³⁰ -10 ⁴⁵	Diszkusszió
	10 ⁴⁵ -11 ³⁰	Kávészünet, kiállítás megtekintése
	11 ³⁰ -12 ²⁰	3. ÚJ KUTATÁSI EREDMÉNYEK, ALKALMAZÁSI TAPASZTALATOK 3.1. Acélszálak, kis száltartalom ($\approx 2 \text{ V}\%$) Kovács Imre 3.2. Acélszál erősítésű beton tartóssága Dr. Erdélyi Attila és Dr. Borosnyói Adorján
	12 ²⁰ -13 ⁰⁰	Alkalmazási tapasztalatok, 5-5 perces cég, ill. termék bemutatók Bekaert „Fugamentes ipari padlók” Betonmix Kft. „Mitől lesz jó egy ipari padló” Degussa Építőkémia Hungaria Kft. ASA Építőipari Kft.: D&D Rt. Hírös-Ép Kft.: Trefil Arbed
	13 ⁰⁰ -13 ¹⁰	Diszkusszió
	13 ¹⁰ -14 ³⁰	Büfé ebéd, kiállítás megtekintése
	14 ³⁰ -15 ⁰⁰	3.2. Műanyag szálak, kis száltartalom ($< 2 \text{ V}\%$) Dr. Magyarai Béla Alkalmazási tapasztalatok. 5 perces cég, ill. termék bemutató, Kaposplast Kft.
	15 ⁰⁰ -15 ⁰⁵	
	15 ⁰⁵ -15 ³⁰	Diszkusszió
	15 ³⁰ -16 ⁰⁰	3.3. Üvegszálak Kopecskó Katalin
	16 ⁰⁰ -16 ¹⁵	Diszkusszió
	16 ¹⁵ -16 ⁴⁵	Kávészünet, kiállítás megtekintése
	16 ⁴⁵ -17 ³⁵	3.4. Acélszálak, nagy száltartalom ($> 2 \text{ V}\%$) Orbán Zoltán 3.5. Öntömörödő acélszál erősítésű beton Salem G. Nehme 3.6. Szálerősítésű könnyűbeton Dr. Józsa Zsuzsanna
	17 ³⁵ -17 ⁵⁰	Diszkusszió
	17 ⁵⁰ -18 ⁰⁰	4. ZÁRSZÓ Prof. Balázs L. György

TOVÁBBI INFORMÁCIÓK:

Dr. Balázs L. György,
BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3;
tel.: 463-4068, Fax: 463-3450

Részvételi díj: 27 000 Ft
(magában foglalja a konferencia kiadványt és az ebédet is)

JELENTKEZÉSI SZELVÉNY

Kérem, hogy a következő címre postán ☐, ill. faxon ☐ jelentkezési lapot küldeni szíveskedjenek.

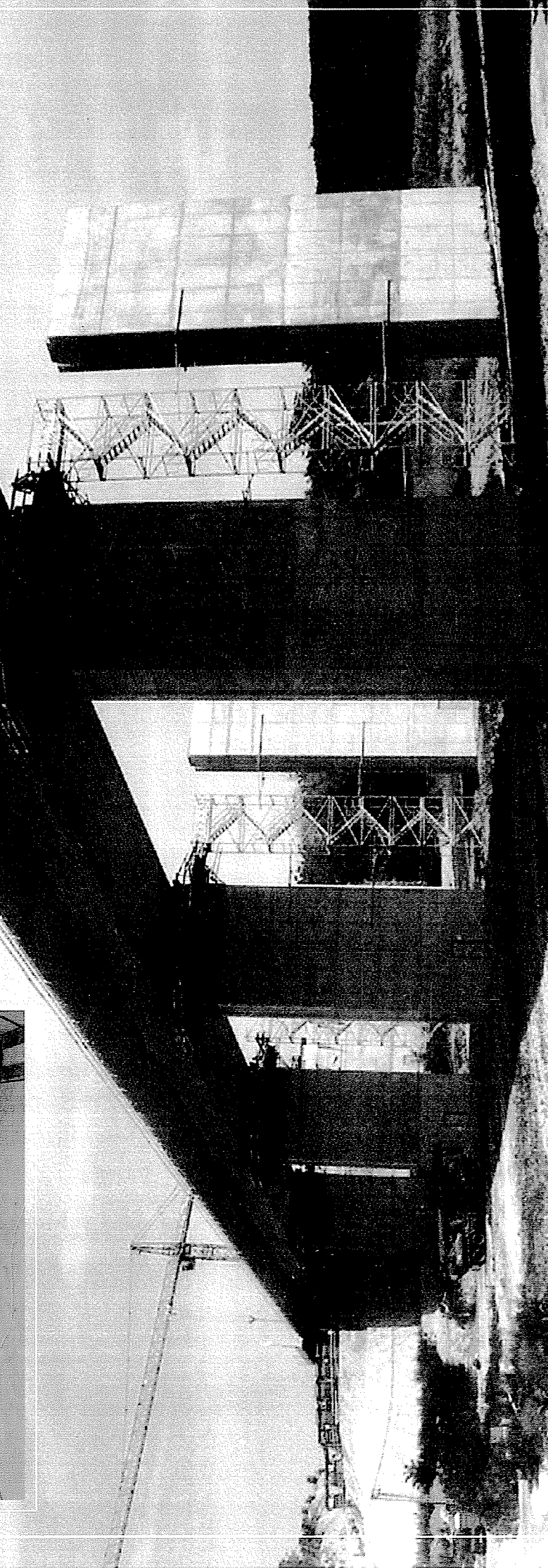
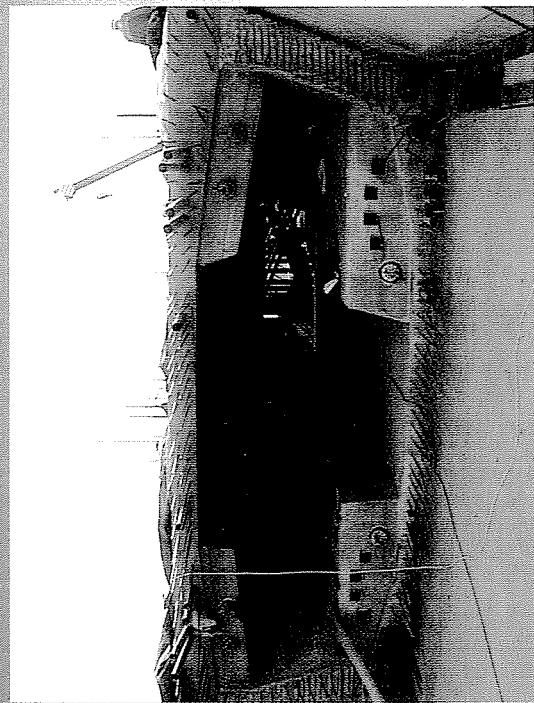
Cím:

Fax:

Dátum:Név:

M7 AUTÓPÁLYA FELÉPÍTETT VASBETON HÍD

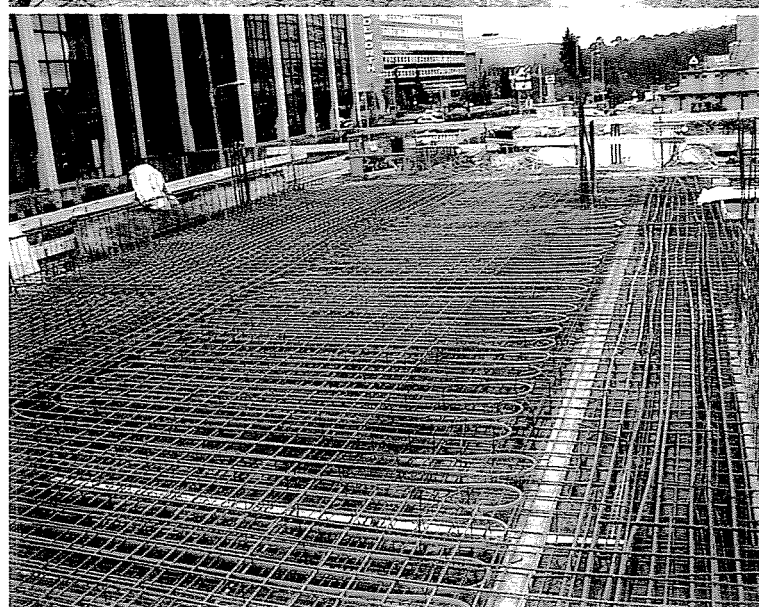
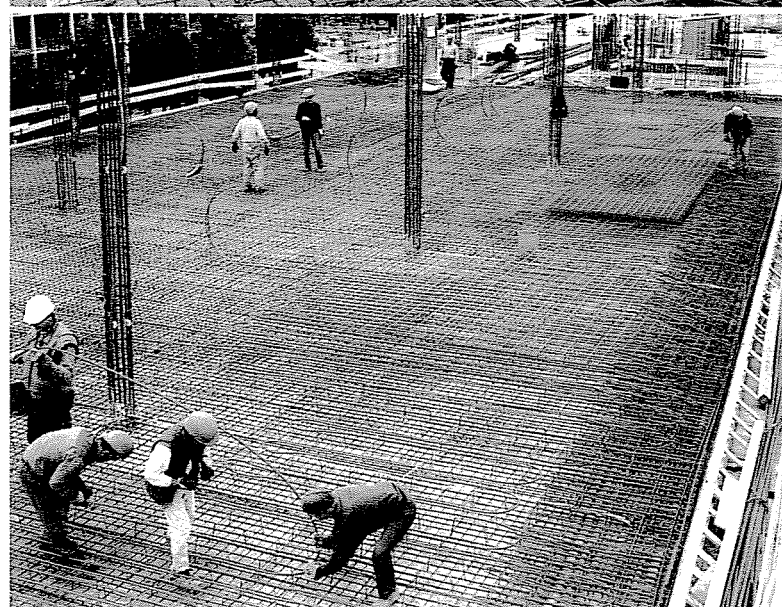
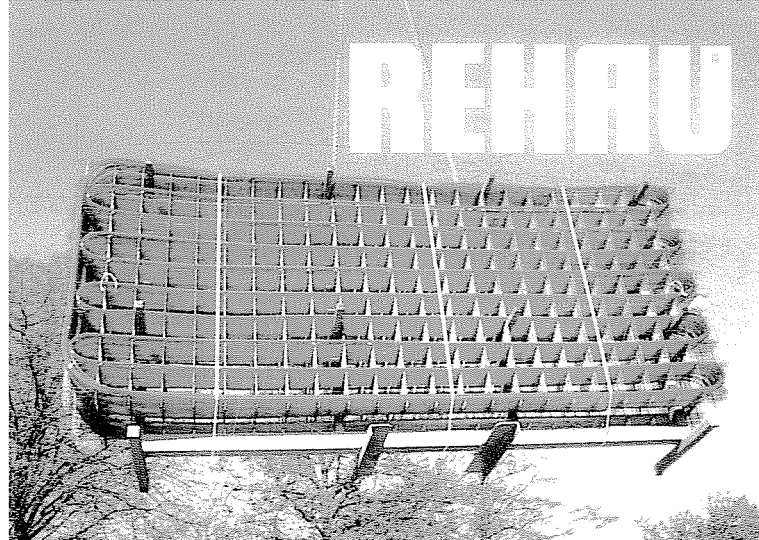
HÍDTERVEZÉS FELSŐFOKON



Pont-**TERV**

MÉRNÖKI TERVEZŐ-ÉRTÉKELŐ ÉS TANÁCSADÓ RT.

1134 Budapest, Csömöri út 10. Tel.: 205-5877



REHAU épületszerkezet-temperálás – a gazdaságos hűtés

Az épületszerkezet-temperálás a nagytömegű monolit födémek hőtároló képességének kihasználásán alapszik. A statikai épületelemekben áramoltatott víz szükség szerint fűtési, vagy hűtési igényeket elégít ki.

Megvalósulása a tervezés első lépésétől a statikus, az épületgépész és az építész tervező szoros együttműködésének eredménye.

- Hűtés és fűtés egy rendszerrel.
- Költségcsökkentés a létesítés és az üzemeltetés során.
- REHAU előregyártott BKT modulok épületszerkezet-temperálás
- REHAU helyszínen fektetett épületszerkezet-temperálás

REHAU Kft.
2051 Biatorbágy,
Rozália park 9.
Tel.: (23) 530-700
Fax: (23) 530-707
Budapest@REHAU.com
www.REHAU.hu

Kérem küldjenek részemre tájékoztatót!

Név:

Cég:

Tel.: Fax: