

A *fib* MAGYAR TAGOZAT LAPJA

VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF *fib*

Dr. Nemes Rita

Szerkezeti könnyű- betonok tervezési kérdései

1. Általános jellemzők,
adalékanyagok

34

Dr. Simon Tamás —
Szabó-Turák Dávid

Vízzáró beton a szab- ványok tükrében

43

Dr. Balázs L. György —
Dr. Kausay Tibor

Vízzáró beton és vizsgálata

47

Az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság XIV. kong- resszusa Csíksomlyón

58

BME Építőmérnöki Szakmai Hét

61

Személyi hírek

Dr. Dulácska Endre
80. születésnapjáraDr. Polónyi István
80. születésnapjáraDr. Almási József köszöntése
70. születésnapján

Dr. Hamza István 65 éves

62

fib bulletin 50

64

2010/2

XII. évfolyam, 2. szám

Főszerkesztő:

Dr. Balázs L. György

Szerkesztő:

Dr. Träger Herbert

Szerkesztőbizottság:

Beluzsár János

Dr. Bódi István

Csányi László

Dr. Csiki Béla

Dr. Erdélyi Attila

Dr. Farkas György

Kolozsi Gyula

Dr. Kovács Károly

Lakatos Ervin

Madaras Botond

Mátyássy László

Polgár László

Telekiné Királyföldi Antonia

Dr. Tóth László

Vörös József

Wellner Péter

Lektori testület:

Dr. Deák György

Dr. Dulácska Endre

Dr. Janzó József

Királyföldi Lajosné

Dr. Knébel Jenő

Dr. Lenkei Péter

Dr. Loykó Miklós

Dr. Madaras Gábor

Dr. Orosz Árpád

Dr. Szalai Kálmán

Dr. Tassi Géza

Dr. Tóth Ernő

(Kéziratok lektorálására más kollégák is felkérést kaphatnak.)

Alapító: a *fib* Magyar Tagozata

Kiadó: a *fib* Magyar Tagozata

(*fib* = Nemzetközi Betonszövetség)

Szerkesztőség:

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia
Tanszék

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

Tel: 463 4068 Fax: 463 3450

E-mail: fib@eik.bme.hu

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

Az internet verzió technikai

szerkesztője: Bene László

Egy példány ára: 1275 Ft

Előfizetési díj egy évre: 5100 Ft

Megjelenik negyedévenként

1000 példányban.

© a *fib* Magyar Tagozata

ISSN 1419-6441

online ISSN: 1586-0361

Hirdetések:

Külső borító: 220 000 Ft+áfa

belső borító: 180 000 Ft+áfa

A hirdetések felvétele:

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

Címlap:

A Margit-híd ideiglenes pályalemeze
könnyűbetonból

Fotó: Dr. Nemes Rita

TARTALOMJEGYZÉK

34 Dr. Nemes Rita

Szerkezeti könnyűbetonok tervezési kérdései

1. Általános jellemzők, adalékanyagok

43 Dr. Simon Tamás – Szabó-Turák Dávid

Vízzáró beton a szabványok tükrében

47 Dr. Balázs L. György – Dr. Kausay Tibor

Vízzáró beton és vizsgálata

58 **Az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság XIV. kongresszusa Csíksomlyón**

61 **BME építőmérnöki szakmai hét**

62 **Személyi hírek**

Dr. Dulácska Endre 80. születésnapjára

Dr. Polónyi István 80. születésnapjára

Dr. Almási József köszöntése 70. születésnapján

Dr. Hamza István 65 éves

64 ***fib* bulletin 50:**

CONCRETE STRUCTURES

FOR OIL AND GAS FIELDS IN HOSTILE MARINE ENVIRONMENTS

A folyóirat támogatói:

Vasúti Hidak Alapítvány, Duna-Dráva Cement Kft., ÉMI Nonprofit Kft., Hídépítő Zrt., Holcim Hungária Zrt., MÁV Zrt., MSC Mérnöki Tervező és Tanácsadó Kft., Lábatlani Vasbetonipari Zrt., Pont-Terv Zrt., Strabag Zrt., Swietelsky Építő Kft., Uvaterv Zrt., Mélyépterv Komplex Mérnöki Zrt., Hídtechnika Kft., Betonmix Mérnökiroda Kft., BVM Épelem Kft., CAEC Kft., Pannon Freyssinet Kft., Stabil Plan Kft., SW Umwelttechnik Magyarország Kft., Union Plan Kft., DCB Mérnöki Iroda Kft., BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

SZERKEZETI KÖNNYŰBETONOK TERVEZÉSI KÉRDÉSEI

1. ÁLTALÁNOS JELLEMZŐK, ADALÉKANYAGOK



Dr. Nemes Rita

A könnyűbeton ma már szinte minden építőmérnöki területen elterjedt, így a hid- és magasépítésen kívül az olajfűró-torony is. Feszített szerkezetekben is alkalmazható (hiperbolikus héj Speyerben (Romić, Lazić, 1985), szabadabb építészeti kialakítást tesz lehetővé, erre az egyik legjobb példa a bilbaoi Guggenheim Múzeum (fib, 2000). Napjainkban a könnyűbeton-alkalmazásban az Egyesült Államok, Japán, Németország és a skandináv országok járnak az élen. Jelen cikksorozat első részében összefoglalom az alapvető fogalmakat és a könnyűbetonok csoportosítási lehetőségeit. Majd részletesen kitérek a könnyű adalékanyagok legfontosabb jellemzőire (a halmaz-önszilárdságra és a vízfelvétele) és azok összefüggéseire. A cikksorozat 2. részében a szilárdsági és testsűrűségi jellemzők optimális megválasztásának lehetőségeit mutatom be, a folytatás tartalmazza majd a további figyelembe veendő tulajdonságokat, mint a könnyűbetonok esetén eltérő rugalmassági modulus, stb. Végül a tervezésre és kivitelezésre vonatkozó megfontolások mellett megemlítem az aktuális kutatási területeket is.

Kulcsszavak: könnyűbeton, habüveg, duzzasztott agyagkavics, halmaz-önszilárdság, vízfelvétel, hulladékhasznosítás

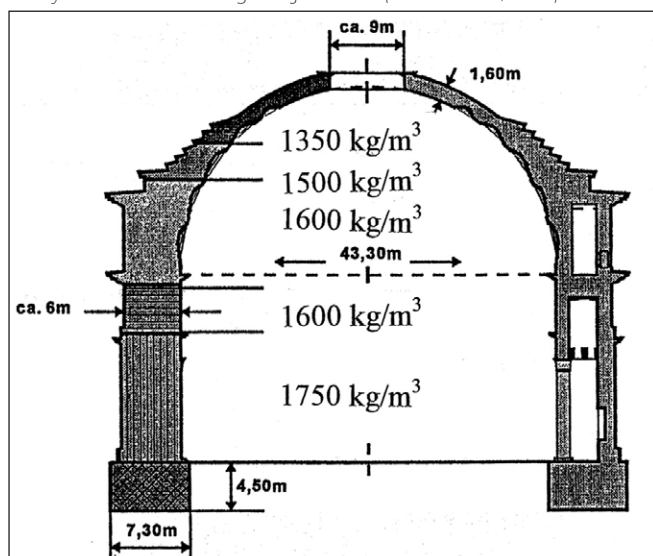
1. BEVEZETÉS

A betonoknak többféle csoportosítási módja létezik: a készítés (helyszíni vagy transzportbeton) illetve a felhasználás helye szerinti (monolit vagy előregyártott), a bedolgozás módja szerinti (pl. szivattyúzott, lövellt, stb.), de e cikk szempontjából a testsűrűség szerinti a mérvadó. Mely lehet:

- „normálbeton” (hagyományos beton) (testsűrűség: $2000-2600 \text{ kg/m}^3$),
- nehézbeton (testsűrűség $> 2600 \text{ kg/m}^3$), vagy
- könnyűbeton (testsűrűség $< 2000 \text{ kg/m}^3$).

A könnyűbetonok az építőipar számos területén megjelennek. Olyannyira változatosak, hogy egy név alatt említésük sokszor zavart kelt. Talán éppen ezért létezik számos csoportosítási módjuk. Egy ilyen alapvető csoportosítás a pórusképzés

1. ábra: A Pantheon vázlatos metszete a különböző adalékanyagú könnyűbetonok testsűrűségének jelölésével (Brameshuber, 2000)



módszere szerinti, ahol megkülönböztetjük az egyszemcsés (vagy szemcsehézagos – angol kifejezéssel 'no fines') betont, a sejtített könnyűbetont (pórusbetont, habbetont) és hagyományos beton könnyű adalékanyaggal készített változatát az adalékanyag könnyűbetont. Míg a világban ez utóbbi – a könnyű adalékanyag beton – egyre nagyobb teret hódít, Magyarországon szinte alig alkalmazzák. Nagyszilárdságú könnyűbetonból még nem épült szerkezet Magyarországon. Ennek számos oka mellett igen jelentős, hogy sem a könnyűbeton-készítés, sem a szerkezetméretezés területén nincs tapasztalat, és nincs szabvány vagy irányelv sem, ami ténylegesen a gyakorlatban is használható lenne. Ezen hiányosságot igyekszik ez a cikksorozat is pótolni és támpontot adni a mai modern felhasználás tekintetében.

A könnyűbetonok alkalmazása nem újdonság, már a Kr.e. I. században is alkalmazták a rómaiak a kupolák építésénél (pl. Pantheon (1. és 2. ábra), Colosseum), de napjainkban is egyre nagyobb a jelentősége. A Pantheon jó példája a mérnöki és építészeti alkotás egy rendkívül időtálló megoldásának, hiszen a mai napig látható, használható. Egyre magasabb épületeket, nagyobb fesztávú hidakat építünk, ahol az önsúly csökkentése döntő. Használata a felújítások esetén is előnyös, mivel egy megerősítés így kisebb többletterhet jelent. Nem is beszélve arról, amikor egy átalakítás vagy funkcióváltás miatt új statikai számítás szükséges, ahol az új szabványokat kell alkalmazni és „emiatt” nem felel meg a szerkezet. Az önsúly minden hajlított vasbetonszerkezetnél fontos. Előregyártott szerkezetek esetén az önsúly csökkentése a szerelési technológiát is egyszerűsítheti (nagyobb elemméret, illetve gémkinyúlás lehetséges, vagy kisebb daru szükséges). Minél „monumentálisabb” egy szerkezet, az önsúly annál jelentősebb része az összes tehernek. Az építőanyagok testsűrűségének csökkentése fontos eszköze az önsúlycsökkentésnek, így karcsúbb, esztétikusabb megjelenésű szerkezetek építhetők, és ez kisebb anyagfelhasználást eredményez. Teherviselő szerkezeteink jelentős része betonból



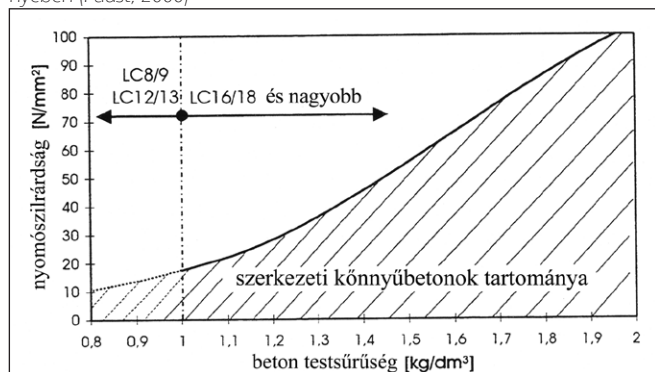
2. ábra: A Pantheon kupolája belülről (Briscoe, Philpott)

épül. A beton előnye a többi szerkezeti anyaghoz képest, hogy tetszőleges méretben és formában alakítható ki, helyszínen is elkészíthető, megfelelő minőség esetén gyakorlatilag nem igényel rendszeres karbantartást. Hátránya viszont a szilárdsághoz képest nagy testsűrűsége. A lehetséges támaszköz (ℓ) a szilárdság (f_c) és a testsűrűség (ρ) hányadosával egyenesen arányos:

$$\ell = \text{const} \cdot f_c / \rho \quad (1)$$

Az f_c/ρ értéke hagyományos betonok esetén 3-15 kNm/kg közötti, szemben pl. az acél 30-75 vagy a fa 20-100 kNm/kg körüli értékével. Ez az arányszám a betonok testsűrűségének csökkentésével, illetve szilárdságának növelésével jelentősen javítható. Könnyűbeton széles szilárdsági tartományban készíthető. A kisebb testsűrűségűeket hőszigetelő céllal készítik, LC16/18 szilárdsági osztálytól felfelé pedig szerkezeti betonként, egészen a nagyszilárdságú LC80/88-ig (3. ábra), így az elérhető f_c/ρ érték könnyűbetonok esetén jelenleg 2-25 kNm/

3. ábra: A könnyűbeton szilárdságának változása a testsűrűség függvényében (Faust, 2000)



kg közötti, nagyszilárdságú könnyűbetonnal elérhető akár a 40 kNm/kg is. A könnyűbeton alkalmazása környezetvédelmi és gazdasági szempontból egyaránt előnyös lehet, ennek ellenére – egy átmeneti időszakot kivéve (1950-1970) – Magyarországon egyelőre alig terjedt el, nagyszilárdságú könnyűbetonból szerkezet hazánkban pedig még nem is épült. A hazai gyártású könnyű adalékanyagok mellett több külföldi termék is jelen van már a magyar piacon, de felhasználásuk kismértékű. Ennek egyik oka, hogy a könnyű adalékanyagok alkalmazása kevésbé szabályozott (az utolsó, könnyűbetonokra vonatkozó tartószerkezeti szabványt az MSZ 15022/6-ot 1986-ban visszavonták és csak műszaki irányelvként adták ki), vagy a meglévő ajánlások részben elavultak (a MÉÁSZ ME 04.19:1995 is már lassan 15 éves), részben csak konkrét termékekre vonatkoznak (pl. a gyártók katalógusai, a termékszabványok), és az új anyagokat – mint például a habüveg – egyáltalán nem említik. Egyes szerkezetek esetében, pl. hidaknál – a külföldi gyakorlattal ellentétben – nem engedélyezett a könnyűbeton alkalmazása hazánkban. Könnyűbeton hídszerkezetekre már korábban is készültek statikai számítások külföldi példák alapján (Kelemen, 1995; Fenyvesi 2005; Babski, Fischer, 2006; Józsa, Nemes, Fenyvesi, 2009), a hidak azonban maig nem valósultak meg.

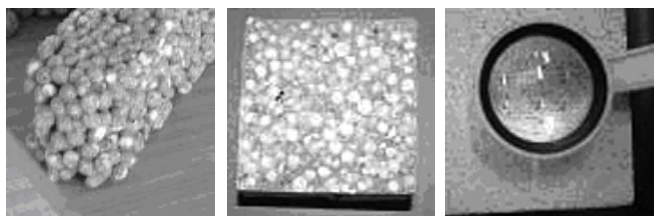
A tűzbiztonsági szempontok egyre inkább előtérbe kerültek az utóbbi években hazánkban is és nagy csak különleges szerkezetek esetében. A betonnak ebből a szempontból fontos szerepe van és vannak olyan könnyűbetonok (pl. a duzzasztott agyagkavics adalékanyagú) amelyek különösen jól viselkednek tűzállóság szempontjából (Lublóy, Balázs, 2007).

Szerkezeti és nagyszilárdságú könnyűbetonokat az Egyesült Államokban, Észak- és Nyugat-Európában, illetve Japánban gyakran alkalmaznak (fib, 2000; Hiroaki, Suzuki, Ichinomiya, Yamamma, 2004). Ezek főként hidak, magasházak, héjszerkezetek és fűtőtornyok. A felhasználás másik gátja a nem naprakész szabályozás és kevés hazai tapasztalat mellett a könnyűbetonok és könnyű adalékanyagok ára. Bár rendkívül sokféle adalékanyagot ismerünk (Kausay, 2002), jelenleg Magyarországon a megfelelő műszaki adatbázissal is rendelkező, folyamatosan forgalmazott adalékanyagok többsége külföldről importált duzzasztott agyagkavics, amelyek alkalmazása másfélszeresére növelheti a beton árát. Az építőipari hulladékból (pl. téglazúzalék) vagy a kommunális hulladék hasznosításával készülő (pl. habüveg) (könnyű)adalékanyagok különösen fontosak lehetnek. Bár ezek gazdaságossága a környezetvédelmi szabályozástól és támogatástól erősen függ, hazánkban nem tekinthető kedvezőnek.

A könnyűbeton igencsak körültekintő tervezést és kivitelezést igényel. Ennek elmulasztása kedvezőtlen végeredménnyel jár, ezért van számos rossz tapasztalat a szerkezeti könnyűbetonokkal kapcsolatban. A legtöbb szabvány és ajánlás csak nagy általánosságokban beszél a könnyűbetonról, mivel azok, az alkalmazott könnyű-adalékanyagtól függően nagyon különbözők lehetnek, így ez sem jelent komoly támpontot.

2. ADALÉKANYAGOS KÖNNYŰBETONOK FAJTÁI, CSOPORTOSÍTÁSUK

A különböző szabványok némi eltéréssel definiálják a könnyűbeton és a könnyű adalékanyag fogalmát, ezért ezeket érdemes röviden összefoglalni. A könnyűbeton nagy pórustartalmú beton, a pórusképzés módszere szerint Balázs (1994) három fő csoportot különböztet meg:



4. ábra: Egyszemcsés könnyűbeton könnyű adalékanyaggal
5. ábra: Adalékanyag-gos könnyűbeton
6. ábra: Pórusbeton (sejtbeton)

- egyszemcsés könnyűbeton (szemcsehézagos könnyűbeton) (4. ábra): Ekkor a tömör vagy porózus, kb. azonos méretű (10-20 mm átmérőjű), durva adalékanyag-szemcséket felületükön cementpéppel vonják be, a szemcsék között hézag marad, a beton péphiányos, adalékanyag szemcséi csak a szemek érintkezési pontjainál vannak összeragasztva. Elsősorban a betonénál nagyobb hőszigetelő képessége miatt előnyös, de hátránya, hogy csak nyomásra vehető igénybe. Az adalékanyag lehet hagyományos vagy könnyű adalékanyag.
- könnyű adalékanyag-gos beton (5. ábra): A hagyományos beton könnyű adalékanyaggal készített változata, ahol az adalékanyag szemcsék pórustartalma határozza meg a jellemzőket, mert itt a könnyű adalékanyag teszi a betont könnyűvé. Készíthető természetes kvarchomokkal vagy könnyű, pórusos homokkal. A habarcsváz cement tartalmú, telített vagy túltelített. A hagyományos betonhoz használható adalékszerek és kiegészítő anyagok alkalmazhatók.
- sejtesített könnyűbeton (6. ábra): A mész, cement vagy mindkét kötőanyaggal készített habarcsban a pórusképzésre gázfejlesztő anyagot vagy habot alkalmaznak, és nyomás alatti gőzérleléssel (pórusbeton, sejtbeton) vagy természetes úton (habbeton) szilárdítják.

Adalékanyag-gos könnyűbetonok esetén is a legfontosabb és egyben a minősítés alapjául szolgáló mechanikai jellemző a nyomószilárdság, de itt követelmény a testsűrűség is.

Az MSZ 4719 „Betonok” című szabvány az MSZ 4715-4 „Megszilárdult beton vizsgálata. Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata” című előírás szerint vizsgált, kiszáritott állapotban 600-2000 kg/m³ testsűrűségű betont tekinti könnyűbetonnak.

A MÉÁSZ ME-04.19:1995 „Beton és vasbeton készítése 14. fejezet Könnyűbetonok” című műszaki előírás idézi a RILEM munkabizottság felhasználási terület szerinti csoportosítását, amely szerint a 600 kg/m³ testsűrűség alatti beton megnevezése hőszigetelő könnyűbeton. Ezek nyomószilárdsága viszonylag kicsi (0,1 - 3,5 N/mm²), ezért vázkötöltő falaknál, kis lejtésű tetők és földemek hőszigetelésénél, előregyártott hőszigetelő elemekként, apró szemcsék (pl. polisztirol gyöngy vagy duzzasztott perlit) alkalmazása esetén pedig hőszigetelő vakoló- és falazóhabarcsként van jelentőségük.

A 601-1600 kg/m³ testsűrűség tartományban hőszigetelő és teherbíró könnyűbeton a megnevezés. Ezekből az alkalmazási területnek megfelelő optimum keresésével előregyártott falazóelemek, nagyblokkok, monolit öntött falak és földemek, akusztikai zajárnyékoló falak stb. készíthetők, szilárdságuk a 10-20 N/mm²-es tartományba esik.

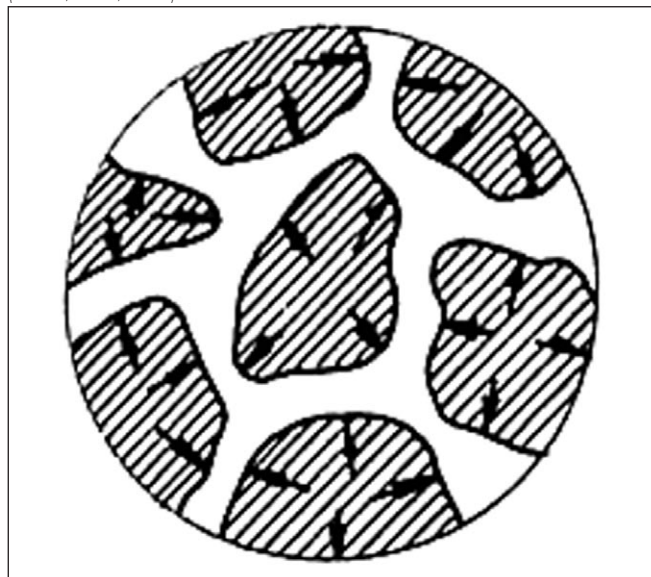
Az 1601-2000 kg/m³ testsűrűségű tartományban teherbíró könnyűbetonról beszélünk. Vasalt és feszített szerkezetekben is használható, szilárdsága 20 N/mm²-től ma már akár 90-100 N/mm²-ig is terjedhet. Használata elsősorban ott előnyös, ahol az önsúly nagy hányada a teljes tehernek (pl. hidak), de a magasépítésben is jól alkalmazható (pl. külső falak, homlokzatok, földemek), illetve az öszvérszerkezetekben is felhasználható.

Egyes esetekben gazdasági előnyt jelent az alkalmazása, de előfordul, hogy a megvalósíthatóságnak eleve feltétele a lehető legkönnyebb szerkezet kialakítása.

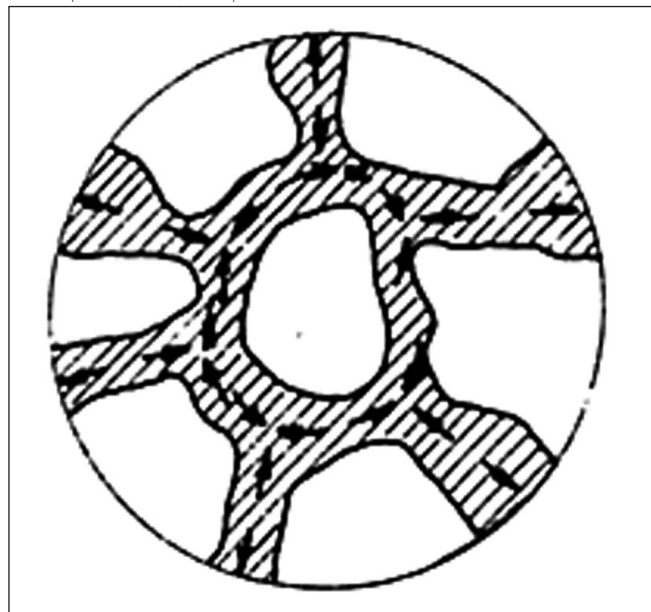
Az új európai EN 206-1 és ennek hazai változata, az MSZ 4798-1:2004 szabvány 3. fejezete könnyűbetonnak azt a 800 kg/m³-nél nem kisebb és 2000 kg/m³-nél nem nagyobb testsűrűségű betont nevezi, amelyet részben vagy teljes egészében könnyű adalékanyaggal készítenek. Ez a szabvány nem vonatkozik az egyszemcsés betonra és a sejt-, és habbetonra és a 800 kg/m³-nél kisebb testsűrűségű könnyűbetonokra. (Korábbi szabványok pl. DIN 4028) 600 kg/m³-ben jelölték meg az alsó határt, hasonlóan a MÉÁSZ ME-04.19-hez.) Könnyű adalékanyag-nak azt az ásványi eredetű adalékanyagot tekintik, amelynek kiszáritott állapotában a EN 1097-6:2000 szabvány 6. része szerint megállapított szemcse testsűrűsége ≤ 2000 kg/m³, vagy kiszáritott állapotában az MSZ EN 1097-3 szabvány 3. része szerint meghatározott laza halmazsűrűsége ≤ 1200 kg/m³. A méretezési szabványok és ajánlások, amelyek kiternek a könnyűbetonokra, egységesen kezelik a 2200 kg/m³ alatti testsűrűségű betonokat.

A 1. táblázat röviden összefoglalja a fent említett szabványok által meghatározott követelményeket és testsűrűség

7. ábra: Teherviselési mód kvarckavics adalékanyag-gos betonok esetén (Romic, Lazic, 1985)



8. ábra: Teherviselési mód hagyományos könnyű-adalékanyag-gos betonok esetén (Romic, Lazic, 1985)



1. táblázat: Különböző szabványok szerinti követelmények a könnyűbeton testsűrűségére és adalékanyagára vonatkozóan

Szabvány	A könnyűbeton testsűrűsége (kg/m ³)	Adalékanyag
MSZ 4719	600-2000	nincs megkötés
ME-04.19:1995	600 alatti 601-1600 1601-2000	nincs megkötés
EN 206-1 MSZ 4798-1	800-2000	ásványi anyag adalékanyag os beton

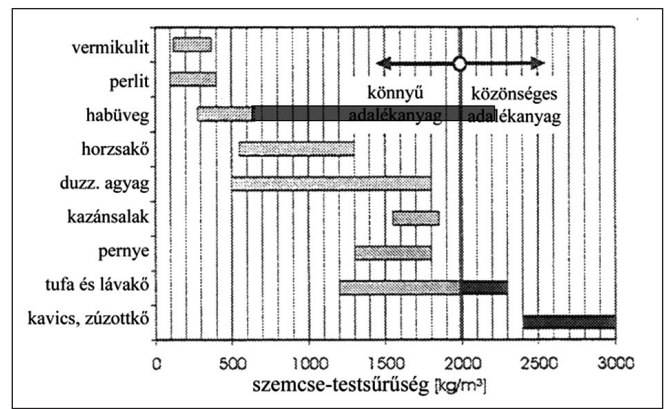
tartományokat. A teherviselés módja a hagyományos- és könnyűbetonok esetén alapvetően különbözik. A közönséges betonban az adalékanyag szemcsék (pl. kvarckavicsok) merevsége nagy, és ezek a merev szemcsék kevésbé merev habarcsba vannak ágyazva. A terhelés nagy részét az adalékanyag szemcsék veszik fel, de az összekötő habarcs rétegnek kell az erőt közvetítenie az adalékanyag szemcsék között (7. ábra). A könnyűbetonban az adalékanyag általában kisebb merevségű, a teherviselés a habarcsváz feladata (8. ábra). Az adalékanyag szemcsék csak kismértékben vesznek részt a teherviselésben (Ujhelyi, 1995; Faust, 2000).

A könnyűbeton jelölések hasonlóak a betonjelöléshez, és ez a nemzetközi előírásokban egységesek. A jelölési mód a betonoknál megszokott módon a két minősítési értéket (előírt jellemző hengersizlárság, ill. előírt jellemző kockaszilárdság) adja meg az LC betűjelzés után per jellel elválasztva (2. táblázat). A két érték közötti, közönséges betonokénál kisebb különbség a könnyű adalékanyag os betonoknak a hagyományos betonokhoz képest eltérő alakváltozási jellemzőknek (kisebb rugalmassági modulusnak) tulajdonítható. A könnyűbetonok esetén a próbatest alakja kevésbé befolyásolja a szilárdságot. Korábban (Betonkalender 1996) a könnyűbeton jelében a számértékek megegyeztek a közönséges betonéval, de az előírt $f_{ck,cube}$ érték akkor is a 2. táblázatban feltüntetett volt megegyező (Eibl, 1996), így a jelölés megtévesztő volt, különösen azt a gyakorlatot figyelembe véve, hogy a kutatáson kívül gyakorlatilag mindenhol kocka próbatesteket alkalmaznak.) Az LC50/55 fölötti szilárdsági osztály esetén nagyszilárdságú könnyűbetonról beszélünk.

A szilárdságvizsgálatok végrehajtása, a szokásos vizsgálati kor és a próbatestek mérete adalékanyag os könnyűbeton esetén megegyezik a hagyományos adalékanyag os betonok esetén alkalmazottakkal. A különböző alakú és méretű próbatestek és tárolási módok közötti szabványos átszámítási módszerek

2. táblázat: Könnyűbeton nyomószilárdsági osztályok az EN 206-1/MSZ 4798-1 szerint

Nyomószilárdsági osztály	$f_{ck,cyl}$ N/mm ²	$f_{ck,cube}$ N/mm ²
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88



9. ábra: A könnyű adalékanyagok alkalmazhatósági tartománya (Faust, 2000 alapján)

azonban nem érvényesek a könnyűbetonokra, a 2. táblázatban szereplő szabványos henger-kocka átszámításán kívül az adott esetre mindig laborkísérletet kell végezni.

Teherhordó szerkezetekben (híd- és szerkezetépítésben) a könnyűbeton fajták közül kizárólag az adalékanyag os könnyűbetont alkalmazzák (angolul: lightweight aggregate concrete, rövidítve: LWAC), ezért a továbbiakban olyan könnyűbetonokról lesz szó, amelyek ásványi eredetű könnyű adalékanyaggal készülnek, telítettek vagy túltelítettek, testsűrűségük kiszáritott állapotban 800 és 2000 kg/m³ közötti. Ezen belül is szerkezeti könnyűbetonnak nevezük azokat, amelyek szilárdsági osztálya eléri az MSZ 4798-1 szerinti LC8/9-et (bár egyes besorolások szerint – teljesen indokoltan – csak LC16/18-tól tekinthető szerkezeti célúnak), továbbá nem tekinthetők nagyszilárdságú könnyűbetonnak, tehát szilárdsági jelük kisebb, mint LC55/60. Jelölésük hasonló a hagyományos betonokéhoz, de a C (concrete) helyett az LC (lightweight concrete) rövidítés áll (2. táblázat). További különbség, hogy nem csak a szilárdsági osztályt, hanem a párhuzamos követelményként megjelenő testsűrűségi osztályt is meg kell adni (3. táblázat), és a betontervezés és a statikai számítás során figyelembe kell venni. Az egyéb jelölések (pl. maximális szemmagyság, környezeti osztályok stb.) változatlanok.

3. KÖNNYŰ ADALÉKANYAGOK

3.1 Általában a könnyű adalékanyagokról

A természetes porózus adalékanyagok (mint például a habkó, a tufák, stb.) földrajzilag helyhez kötöttek, és korlátozott mennyiségben fordulnak elő, egyes országokban teljesen hiányoznak; ezért a XX. század elején a természetes anyagok mellett fokozatosan megjelentek a mesterséges úton előállított könnyű adalékanyagok is.

Az első könnyű adalékanyagokat gyártó üzem 1917-ben épült Kansas Cityben; ezt követően 1931-ben Európában, majd 1959-ben Albert János munkája alapján Magyarországon is megkezdődött az ipari előállítás (Rudnai, 1966) A 0,14-1 m³-es előregyártott elemekhez (kémény- és falelemekhez) is alkalmazták, és teherhordó szerkezeteket építettek duzzasztott agyagkavics adalékanyaggal (Józsa, Ujhelyi, 2000).

A mesterséges anyagok minőségét és méretét már az igényeknek megfelelően lehet kialakítani. Igyekeztek az ipari melléktermékeket egyre jobban bevonni az adalékanyagok sorába. Így terjedtek el a granulált kohósalak és a kohóhabsalak a nyersvasgyártás melléktermékeiből, a pernyekavics és az

3. táblázat: A könnyűbetonok testsűrűségi osztályai az MSZ 4798-1:2004 szerint

Testsűrűségi osztály (ρ_{LC})	Száraz testsűrűség átlaga [kg/m ³]
1,0	800-1000
1,2	1001-1200
1,4	1201-1400
1,6	1401-1600
1,8	1601-1800
2,0	1801-2000

agloporit a hőerőművek melléktermékeiből (Kausay, 2002). Ezek alkalmazása mára erősen visszaszorult.

A rómaiak főként vulkáni lávát és tufakövet használtak, de már ők is alkalmaztak téglazúzalékot (pl. a Pantheon esetében is). Ma környezetvédelmi szempontok miatt egyre elterjedtebb a hulladékanyagok felhasználása. A természetes tufa, lávakő és agyagszarmazékok (duzzasztott agyagkavics, agyagpala) mellett könnyű adalékanyagként jelen van a pernye, a kohósalak, a duzzasztott perlit, a habüveg és a visszanyert könnyű adalékanyag is, hőszigetelő célzattal pedig műanyagszarmazékok (pl. duzzasztott polisztirolgyöngy) (4. táblázat, 9. ábra).

Jelenleg a legelterjedtebben duzzasztott agyagtermékeket használnak, de környezetvédelmi szempontból egyre többen foglalkoznak az üveghulladék felhasználásával készülő habkavicsok gyártásával Németországban, Norvégiában, Szlovéniában és Magyarországon is (Ducan, Mladenovič, Šuput, 2002; Hoffmann, Józsa, Nemes, 2003). Ez az üveg adalékanyag nem azonos a norvégok által látszóbetonokhoz alkalmazott – elsősorban díszítő célzatú – üvegtörmelék adagolással (Német, 2002), sem a Losonczy Áron-féle „átlátszó” üvegbetonnal. Mind megjelenése, mind alkalmazási területe a duzzasztott agyagkavicséhoz hasonló. A korábbi habüveg adalékanyagok testsűrűsége 300-600 kg/m³ közötti tartományba esett, és a vízfelvételük is nagy volt (Neunast, Lange, 2001). Az új (kis vízfelvételű, illetve nagy szilárdságú) típusok új felhasználási területeken is alkalmazhatók lesznek, és így mindig újabb és újabb követelmények is felmerülnek az adalékanyag tulajdonságokkal szemben, ezért a fejlődés napjainkban is folyamatos.

3.2 A könnyű adalékanyagok csoportosítása

Az adalékanyagoknak két tipikus csoportosítási módja van: az előállítás és a származás szerinti. *Előállítás szerint* az adalék-

anyagok készülhetnek mechanikai eljárással (pl.: kohósalak, vulkáni anyagok), hőkezeléssel eljárással (pl.: duzzasztott kohósalak, vermikulit, duzzasztott agyagpala) vagy lehetnek feldolgozás nélküliek (pl.: pernye). *Származás szerint* lehetnek természetes eredetűek, mint a vulkáni eredetű anyagok (pl.: tufa, tufakő, lávakő, salakos láva, horzsakő, mésztufa), az ásványi eredetű anyagok (pl.: duzzasztott perlit, duzzasztott agyagkavics, agyagpala, hőkezelt vermikulit), szerves anyagok (pl.: pelyva, farost); vagy lehetnek ipari előállításúak, azon belül ipari melléktermékek (pl.: kohósalak, kazánsalak, pernyekavics,) vagy hulladékok (építőipari: pl.: építési-bontási hulladékok, téglazúzalék, illetve kommunális hulladékok, pl.: műanyagok, üvegek). Alkalmazható újrafelhasznált könnyűbeton is.

A könnyűbetont és így a könnyű adalékanyagokat speciális célra vagy a helyi adottságoknak megfelelően szokás alkalmazni, ezért tulajdonságaik rendkívül változatosak, de általánosságban elmondható, hogy a következők várhatók el egy könnyű adalékanyagtól (EN 13055-1:2002):

- kis halmazsűrűség (1200 kg/m³-ig) és kis szemcse-testsűrűség (2000 kg/m³-ig),
- nyomásállóság,
- hőszigetelő képesség,
- mechanikai és vegyi ellenálló képesség,
- tűzállóság,
- fagyállóság,
- alaktartás.

Napjainkban a duzzasztott agyagkavics különböző formái a leginkább elterjedtek a könnyűbetonokban. Ez a kutatások fő területe is, és erre vonatkozik ma a legtöbb vizsgálati eredmény és e területen van a legnagyobb gyakorlati tapasztalat. A hulladékok és melléktermékek felhasználásának azonban egyre nagyobb a jelentősége, ezért indokolt az ilyen hulladékok alkalmazásának tudományos eredményekkel való megalapozása.

3.3 A duzzasztott agyagkavics jellemzői

Duzzasztott agyagkavics gyártására jó minőségű, egyenletes és finom szervesanyag-elosztású agyag alkalmas. Ezeket a feltételeket legjobban a Jura-tengerek lerakódásaiból kialakult agyagok teljesítik. Ezek az agyagok mintegy 150 millió éve, a földtörténeti triász korban alakultak ki, külszíni fejtéssel nyerik az alapanyagot. A gyártás lényege, hogy az agyagok és palák gyors felhevítésénél jelentkező nagymértékű térfogatnövekedést az égetésük folyamán felszabaduló gázok okozzák, a nyersanyagoknak ezért olyan összetevőket kell tartalmazniuk, melyek gázképződéssel járó reakciókat idéznek elő,

4. táblázat A fontosabb könnyű adalékanyagok fő jellemzői szakirodalmi adatok alapján

(Bölcskei, Dulácska, 1974; Faust, 2000; Kausay, 2002; Hoffmann, Józsa, Nemes, 2003; Neunast, Lange, 2001; Reinhardt, 1993; Ujhelyi, 1995)

Adalékanyag fajta	Halmazsűrűség [kg/m ³]	Szemcse-testsűrűség [kg/m ³]	Anyagsűrűség [kg/m ³]	Átlagos szemcseporozitás [%]
tufa		800-1900	2500-2800	32-68
lávalak	650-950	1200-2200		
vermikulit	100-300	100-300	2500-2700	72-87
horzsakő	300-500	400-700	~2500	72-84
kazánsalak	550-850	1600-1900		
duzzasztott agyagkavics	300-1000	650-1600	2500-2600	38-74
habüveg	100-1200	300-2000	2050-2450	40-85
tégla- és cseréptörmelék	800-1250	1700-1900	2500-2700	30-32
duzzasztott perlit	50-120	300-600	2300-2500	76-87
duzzasztott kohósalak	680-900	1000-1900	2900-3000	37-65
duzzasztott polisztirol	20-50	~100	~1000	90

kémiai pórusképzők alkalmazása nem szükséges. A duzzadást a nyersanyagban lévő vasoxidnak szerves anyag hatására ~1200 °C között lejátszódó redukciója idézi elő. Ezt általában forgócsöves kemencében végzik. Az agyagba zárt szerves anyagok elégesével és az agyaggolyók felfúvódásával egyidejűleg felületük kissé megolvad és szinterezett külső burkolatot alkot. Finom pórusú, könnyű magjukban levegőt tartalmazó agyagkavicsok alakulnak ki, nagy nyomásállósággal.

3.4 A habüveg (duzzasztott üvegkavics) gyártása és jellemzői

Az üveg fontos szerepet játszik életünkben. Többféle meghatározás is létezik rá, a kutatók az üveg különböző tulajdonságait tekintik a legfontosabbnak (mint például az üveg amorf volta, az átlátszósága, a szilárdsága vagy a tartóssága), ami alapján az üveg definícióját megadják (Náray-Szabó, 1967). Az építőiparban általában térelhatároló vagy díszítő elemként jelenik meg. Ma már azonban léteznek teherhordó üvegszerkezetek, de rejtetten is megjelenhet a teherhordó szerkezetekben, például üvegszál erősítésű polimerek (GFRP) (Machida, 1993, 1997), vasalást helyettesítő üvegszövet (Schorn, Butler, 2004) vagy habüveg formájában könnyűbeton adalékanyagaként vagy könnyű feltöltés anyagaként.

Habüveg alatt olyan üreges és üveges heterogén durva diszperz rendszert értünk, amelyben a diszperz rész a gázfázis és a diszperziós közeg az üvegfázis. Ha „cellás” szövetszerkezetű, akkor elsősorban hőszigetelő, ha „szivacsos” (áttört cellás) szövetszerkezetű, akkor pedig a hangelnyelési (rezgésállási) jelleg dominál (Kocsis, 1994).

Léteznek természetes üvegek, mint például az obszidián és a tufa, illetve ezek habosodott formái. A habüvegnek elsősorban környezetvédelmi szempontból nagy a jelentősége. A habüveg gyártásának viszonylag alacsony az energiaigénye (égetési hőmérséklete ~800 °C, szemben a hasonló duzzasztott agyagkavicsal, ahol ez ~1200 °C) és kevésbé környezetterhelő. Az üveghulladék kiválóan újrahasznosítható, de nem korlátlan mértékben. A habüveg olyan üveghulladék felhasználásával is gyártható, amelyből már azonos funkciójú üvegtermék – például újabb ablaküveg vagy italos palack – már nem gyártható. A gyártás során alkalmazott segédanyagok jelentős része is másodnyersanyag vagy hulladék. A felhasználható hulladéküveg mennyiségét a jelentős hagyományokra visszatekintő üveghulladék gyűjtés is segíti. Az üveg egyike a legnagyobb mértékben összegyűjtött hulladék-fajtáknak. A habüveg nem

csak beton adalékanyagként van jelen az építőiparban, hanem festékek és ragasztók töltőanyagaként is. A következőben a habüveg gyártását mutatom be (10. ábra), de a duzzasztott agyagkavics is hasonló csak a hulladéküveg begyűjtését bányászat helyettesíti, és a gyártási paraméterek eltérők.

A habüveg gyártása (10. ábra) során a különböző fajta üvegeket őrlik, majd granulálás után 800-1000 °C közötti hőmérsékleten forgócsöves kemencében kiégetik. Számos habüveg terméket állítanak elő a világon hasonló technológiával különböző szabadalmak alapján (pl. Geofil, KeraGlas, Liaver, Poraver). A habüveg szemek nagy része vegyes hulladéküveg alapanyagú (pl.: üdítőüveg, infúziós palack, befőttesüveg stb.), nincs szükség sem válogatásra, sem a kis mennyiségben jelen lévő más anyagok, mint például a fém, a műanyag, a papír eltávolítására. Testsűrűségük és szilárdságuk rendkívül széles tartományban mozog. A új habüveg termékek legfontosabb tulajdonságai közé tartozik a gyártás során készíthető bevonat, amely a betonszivattyúzásnak megfelelő nyomás mellett is kis vízfellevő képességet biztosít, továbbá a lehetséges könnyű adalékanyagok között nagy számító halmaz-önszilárdság. Korábban úgy tartották, hogy a habüveg adalékanyagok – kis testsűrűségük és kis szilárdságuk miatt – nem alkalmasak teherhordó könnyűbeton előállításra.

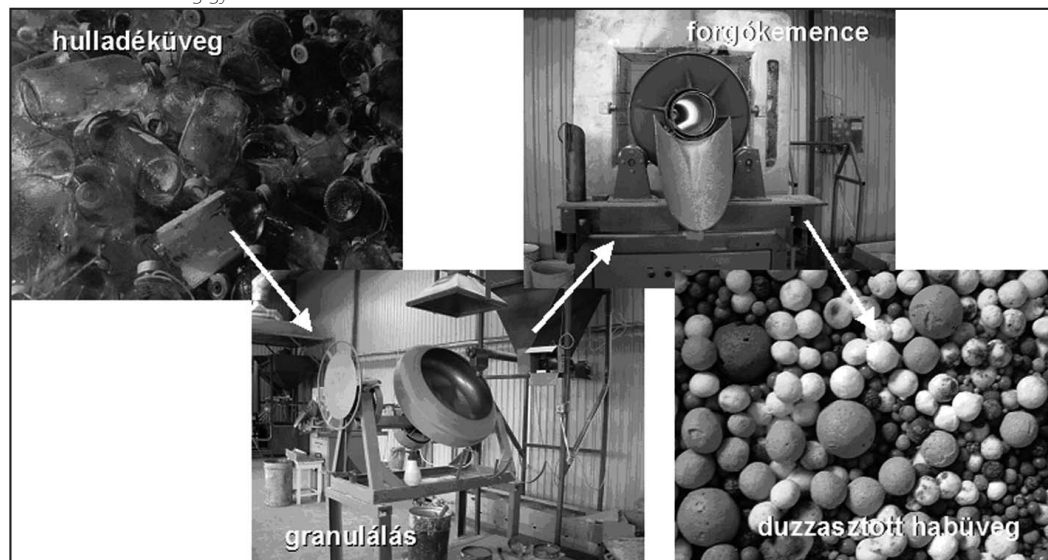
Az üveg betonba kerülése esetén mindig felmerül az alkáli-állóság kérdése. A korábbi kisszilárdságú habüvegek esetén ennek nem volt túl nagy jelentősége, ami azzal magyarázható, hogy a „hagyományos” könnyűbetonok esetén a teherhordó rész a habarcsváz, vagyis egy nem teherviselő rész tönkremenetele nem okozhat jelentős szilárdságcsökkenést. Viszont, ha a teherhordásban részt vesz az adalékanyag akkor különösen fontos az alkáli állóság, ami pl. a magyar Geofil termékekre kísérletileg igazolt. Szlovén kutatók, röntgendiffrakcióval és hevítéssel mikroszkóppal hasonló habüveg terméken tudományosan is vizsgálták és magyarázták az adalékanyag-típus alkáli-állóságát (Ducman, Mladenovič, Šuput, 2002).

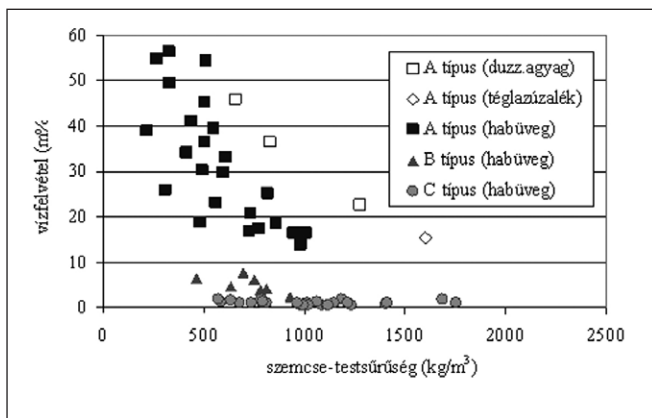
3.5 A KÖNNYŰ ADALÉKANYAGOK VÍZFELVÉTELE

Az adalékanyagos könnyűbetonok kis testsűrűségét az adalékanyag szemcsék nagy porozitása adja. Mivel a természetes könnyű adalékanyagok mindegyike és a mesterségesek nagy része nyitott pórus szerkezetű, ezért a vízfelvételük is jelentős. A nagy vízfellevő képesség a beton készítését megnehezíti, a víz-cement tényező értéke nehezen állítható be, egyes

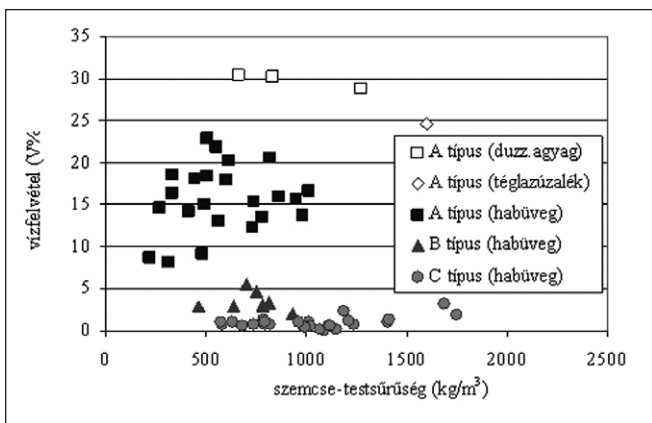
technológiák, mint például a szivattyúzás nehezen oldható meg. Ezért ismerni kell az adalékanyagok vízfelvételt és ennek folyamatát. Technológiai szempontból a könnyű adalékanyagok fél vagy egy órás vízfelvétele a mérvadó (Ujhelyi, 1995), de az adalékanyag jobban jellemezhető a maximális vízfelvétellel. A vízfelvétel vizsgálatokat is az MSZ EN 13055-1 szabvány szerint kell végezni. A vizsgálat csak ~2 mm vagy nagyobb átmérőjű szemcsék esetén ad valós eredményt, mivel a kisebb szemcsék

10. ábra: A habüveg gyártási vázlat





11. ábra: Könnyű adalékanyagok vízfelvételének (m%) és testsűrűségének összefüggése különböző típusok és anyagok esetén 1.



12. ábra: könnyű adalékanyagok vízfelvételének (V%) és testsűrűségének összefüggése különböző típusok és anyagok esetén 2.

felületéről nem távolítható el a vízfilm. A szemcsék közötti vizet el kell különíteni a szemcse belsejében lévő víztől, és többletvizként kell kezelni, ugyan úgy, ahogy pl. a homok víztartalmát is figyelembe kell venni, a célszerű adagolás megadásakor.

A könnyű adalékanyagoknak rendszerint nagy a vízfelvevő képességük, amit nagy porozitásuk okoz. Ebből következik, hogy a testsűrűségük csökkenésével – ami a porozitás növelésével érhető el – azonos alapanyag esetén a vízfelvétel nő. Ez a hagyományos nyitott pórusú, „A-típusú” jelölt adalékanyagfajta (11. és 12. ábra). Ez a nagy vízfelvétel, amely elérheti az 50 tömeg%-ot is, technológiai szempontból többnyire kedvezőtlen (például a szivattyúzhatóságot gátolja, a konzisztenciát módosítja), bár belső utókezelő hatása miatt előnyös hatása is van. Ez ellen agyagkavicsok esetén szokásos védekezési mód az adalékanyag szemcsék híg cementpéppel való előzetes bevonása. Ez azonban külön technológiai lépést jelent, ami nagyon idő- és költségigényes. A habüveg adalékanyagok esetében ez a bevonási folyamat a gyártás során is elvégezhető. Így alakítható ki el a „B-típus”, ahol a testsűrűség és a vízfelvevő képesség fordított arányossága, valamint lineáris kapcsolata megmarad, de a maximális vízfelvétel korlátozható. Így a legnagyobb érték méréseim szerint 10 tömeg% alatt marad. Az adalékanyag kaphat a gyártás során olyan felületi

bevonatot, amellyel akár függetleníthető is a vízfelvétel a testsűrűségtől, ez a „C-típus” (5. táblázat). Ebben az esetben a nyomás alatti vízfelvétel is minimális, tehát a beton szivattyúba való besülésére nem kell számítani.

A duzzasztott agyagkavics és a habüveg közötti azonos szemcse-testsűrűséghez tartozó nagy vízfelvétel különbséget a felületi szerkezetükben való eltérés indokolja. Míg a habüveg szemcsék felületén többnyire félgömb alakú, jórészt zárt pórusok találhatóak (13. ábra), addig az agyagkavics felülete szálkás (14. ábra), és ez csatormaszerűen a szemcse belsejébe vezeti a vizet.

3.6 Az adalékanyagok nedvességtartalma és annak betontechnológiát befolyásoló hatása

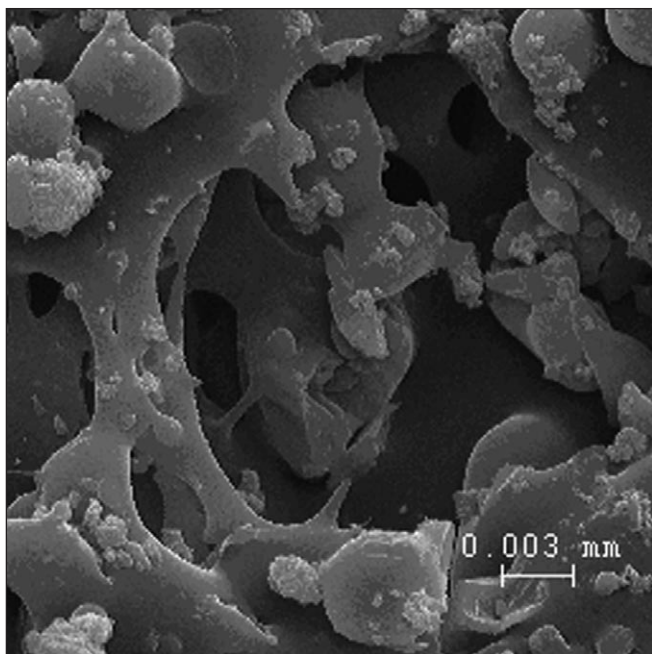
Az adalékanyagok nedvességtartalma befolyásolja az adagolási mennyiségeket. A homok nedvességtartalmát (ami igazából a homokszemek felületén és a köztük lévő vízfilm) minden esetben figyelembe is veszik a célszerű adagolás megállapításakor. „Igazi” vízfelvétele a hagyományos adalékanyagoknak gyakorlatilag nincs. Viszont könnyű adalékanyag esetén a nagy porozitás miatt (feltéve, hogy a pórusok nyitottak, de ez általában fennáll) nem csak a homok, hanem a kavics (> 4 mm) frakció esetén is számolni kell az adalékanyag nedvességtartalmával. A felületi és az adalékanyag szemek belsejébe felszívott vizet külön kell kezelni. A felületi víz mennyiségét le kell vonni a vízadagolás mennyiségéből, mint hagyományos adalékanyagnál is, viszont a pórusokba felszívott vizet nem. Ha a porózus adalékanyag nem telített bekeveréskor, akkor többlet vizet kell biztosítani, hogy ne a cement kötéséhez szükséges vizet szívja el a keverékből, és ne a konzisztenciát változtassa meg. A többletvíz megfelelő felszívásához többlet keverési időre is szükség van, ami transzportbetonok esetén általában biztosított, helyszínen kevertnél erre külön figyelmet kell fordítani.

3.7 A KÖNNYŰ ADALÉKANYAGOK SZILÁRDSÁGA

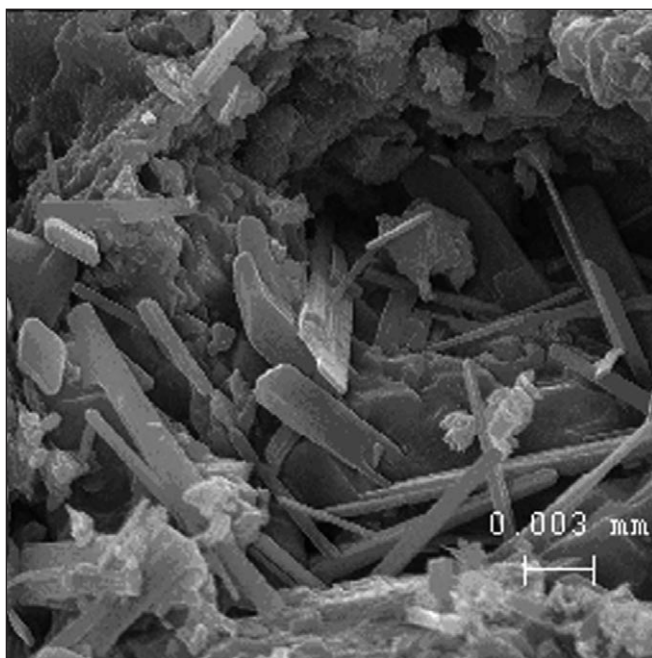
Ha a tervezéskor (betontervezéskor) figyelembe akarjuk venni a könnyű adalékanyag szilárdságát is, akkor ehhez a halmaz-önszilárdság ismerete szükséges. A dinamikus adalékanyag halmazszilárdság-vizsgálati módszerek, pl. Los Angeles, Deval, Mikro-Deval (Árpás, Emszt, Gálos, Kárpáti, 2002) könnyű adalékanyag esetén nem alkalmazhatók, mert az adalékanyagok aprózódása olyan nagymértékű, hogy az adalékanyag nem sorolható be a hagyományos betonokhoz megadott kategóriákba. A könnyű adalékanyagok vizsgálatára vonatkozó szabvány az MSZ EN 13055-1 is egy statikus módszert ír elő. Az előírt méretű mozsár és eljárás jelenleg Magyarországon kevés helyen áll rendelkezésre. A vizsgálat hasonlít a Hummel-módszerhez, csak nem az aprózódást méri. Lényege, hogy egy mozsárba helyezett ismert mennyiségű betömörített

5. táblázat: A különböző adalékanyagok testsűrűség tartományai a vízfelvétel függvényében

	Vízfelvétel		ρ_T [kg/m ³] (habüveg esetén)	ρ_T [kg/m ³] (általában könnyű adalékanyagok esetén)	ρ_T [kg/m ³] (általában normál testsűrűségű adalékanyag esetén)
	m%	V%			
A-típus	10-60	8-30	200-1000	200-1800	
B-típus	2-10	2-5	450-1200		2000-2600
C-típus	< 2	< 3	500-2200		2600-3000

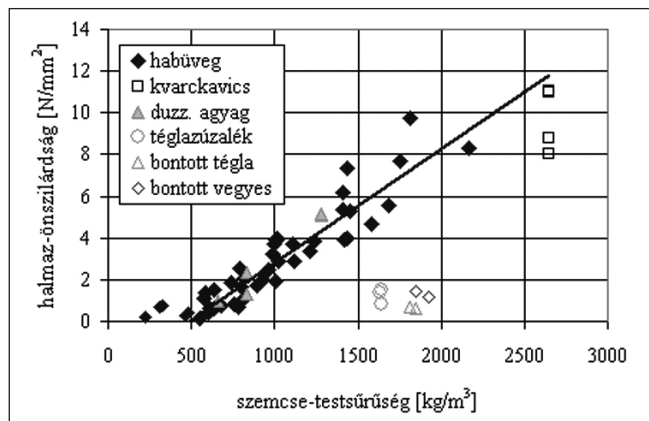


13. ábra: Egy habüveg szemcse felületének elektronmikroszkópos képe



14. ábra: Egy duzzasztott agyagkavics szemcse felületének elektronmikroszkópos képe

könnyű adalékanyagot egy dugattyú segítségével folyamatos erőmérés mellett összenyomunk. Mivel az aprózódó szemcsék egyre tömörebbek lesznek, ezért nem tudunk valós szilárdságot mérni, tehát szabvány szerint a 10 % összenyomódáshoz tartozó erő értékéből kell kiszámítani a könnyű adalékanyag halmaz-önszilárdságát. A szerkezeti könnyűbetonokhoz alkalmas (legalább 500 kg/m³ szemcse-testsűrűségű) duzzasztott agyagkavics és habüveg adalékanyagoknál a halmaz-önszilárdság és a szemcse-testsűrűség összefüggése gyakorlatilag lineáris, ezért általában elegendő az összetétel tervezést az adalékanyag szemcse-testsűrűsége alapján végezni. Ha számszerűsíteni akarjuk elvégezhető egy összehasonlító vizsgálat más ismert szilárdságú könnyű vagy akár kvarckavics adalékanyaggal is. Egyre gyakoribb a bontott építőanyagok felhasználása is (a felhasználásukat Műszaki Irányelv (BV-MI 01:2005(H)) is szabályozza, amiből a bontott téglák és egyes bontott vegyes építési törmelék is a könnyű adalékanyagok kategóriájába esik (Balázs, Kausay, 2007). Ezek az előbb említett „gyártott” adalékanyagoktól eltérően viselkednek (15. ábra).



15. ábra: Adalékanyagok halmaz-önszilárdságának és testsűrűségének összefüggése

Az 500 kg/m³-nél kisebb testsűrűségű adalékanyagok esetére az előbb említett összefüggés nem igaz. Ezek alkalmazásakor az adalékanyag szilárdságának elhanyagolása javasolható a korábbi tervezési módszereknek megfelelően, mivel ez nem okoz lényeges eltérést, és a biztonság javára történik. A többi esetben célszerű az adalékanyag szilárdságát figyelembe venni, mivel a habüveg adalékanyagok szilárdsága elérheti a kvarckavics, ill. kvarchomok szilárdságának akár 70 %-át is (15. ábra).

4. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Magyarországon is mind hőszigetelő, mind teherhordó szerepben újra népszerűsödik a könnyűbeton. A szabályozások és az adatok magyar nyelven korlátozottan érhetők el. A polisztirolbeton és az agyagkavics adalékanyagú beton esetén van leginkább előrelépés. Minden 2000 kg/m³ alatti testsűrűségű beton könnyűbetonnak tekintendő és ez olyan tág fogalom, ami nehezen értelmezhető. A könnyű adalékanyagot (is) tartalmazó, cementtéppel telített vagy túltelített betonok esetén számos összefüggés megállapítható, ami a gyakorlati felhasználást segíti.

Az adalékanyagok könnyűbetonok általában teherhordó szerkezetekhez ideálisak, ha a nyomószilárdsága eléri a 20 N/mm²-t. Ezek hőszigetelő képessége csekély. Ha a hőszigetelő szerepet szeretnénk kihasználni, akkor más elvek alapján kell tervezni. A statikai követelményeken kívül környezetvédelmi (pl. hulladékhasznosítás), tűzvédelmi és gazdaságossági kérdések is felmerülnek. A szabályozás (MSZ 4798-1) már kiterjed a könnyűbetonokra, de sok esetben hiányos és nehezen kezelhető, csak a 800 kg/m³ feletti LC jellel ellátható telített vagy túltelített betonokra vonatkozik.

A könnyű adalékanyagok (főleg a természetes eredetűek) jelentős része helyi jellegű, kevés folyamatosan elérhető könnyű adalékanyag van Magyarországon, és még ezek minősége sem állandó, ráadásul a szabadtéri tárolás tovább nehezíti a legtöbb esetben a felhasználást. A duzzasztott agyagkavics az egyetlen, ami ténylegesen beépítésre is kerül jelen viszonyok között. Még ezek esetén is minden beépítés előtt ellenőrizni kell az alapanyagként felhasznált könnyű adalékanyag szemcse-testsűrűségét (vagy legalább a halmazsűrűségét) és víztartalmát. A vízfelvétel alapján mindenképpen valamilyen többletvíz biztosítás szükséges, ehhez viszont elkerülhetetlen a teljes és a technológiától függően 1/2-1 órás vízfelvétel. A halmaz-önszilárdság ismerete is szükséges, ha ki akarjuk használni a könnyű adalékanyagok szilárdságát is, amit sok esetben kár elhanyagolni. Ezt az összetétel tervezéskor és a statikai számításokor is célszerű figyelembe venni.

A cikksorozat további részében a szerkezeti könnyűbetonok

összetétel tervezését, szilárdságával, tartóssági és alakváltozási jellemzőit mutatom be és a gyakorlati felhasználáshoz igyekszek támpontokat adni.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző köszönetet mond az adalékanyagokat biztosító Liabau Kft-nek, a Solvadis Austria-nak, a Biotech-Hungaria Kft-nek és a Kiss és Társa Kft-nek. Az elektronmikroszkópos felvételek a SZIKKTI laboratóriumában készültek, külön köszönet érte Tóth Juditnak.

6. HIVATKOZÁSOK

- Árpás E., Emszt Gy., Gálos M., Kárpáti L. (2002) „Los Angeles-vizsgálat az európai szabványosítás rendszerében” *Építőanyag* 2002/4
- Babski R., Fischer N. (2006) „Könnnyübeton, mint megoldási lehetőség egy híd gyalogjárójának felújítása”, *TDK dolgozat BME*
- Balázs Gy. (1994) „Építőanyagok és kémia”, Műegyetemi Kiadó, Budapest
- Balázs L. Gy., Kausay T. (2007) „Betonkészítés beton- és téglahulladék újrahasznosításával 2. Betontervezés és betontulajdonságok” *Vasbetonépítés IX. évfolyam 4. szám pp. 106-116*
- Bölcskei E., Dulácska E. (1974) Statikusok könyve – 9. fejezet: Könnnyübeton szerkezetek (Ujhelyi, Dulácska), *Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974*
- Bramshuber, W. (2000) „Architekten 1.”, *Univesität Aachen*
- Briscoe, D., Philpott, R. „A világ 100 építészeti csodája”, *Alexandra Kiadó BV-MI 01:2005 (H)* „Beton- és Vasbetonépítési Műszaki Irányelv – Betonkészítés bontási, építési és építőanyag-gyártási hulladék újrahasznosításával”
- DIN 4028: 1982 „Stahlbetondielen aus Leichtbeton mit Haufwerkporigem Gefüge, Anforderungen, Prüfung, Bemessung, Ausführung, Einbau“
- Ducan, V., Mladenović A., Šuput, J.S. (2002) „Lightweight aggregate based on waste glass and its alkali-silica reactivity” *Cement and Concrete Research* 32
- Eibl, J. (1996) „BetonKalender 1996 Taschenbuch für Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau sowie die verwandten Fächer”, *Erst & Sohn, Berlin*
- EN 1097-6 : 2000 “Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 6: Determination of particle density and water absorption”
- EN 13055-1:2002 “Lightweight aggregates – Part 1: Lightweight aggregates for concrete and mortar” *Brussels 2002*
- Faust, T. (2000) „Herstellung, Tragverhalten und Bemessung von konstruktivem Leichtbeton – Dissertation”, *Univesität Leipzig*
- Fenyvesi O. (2005) „Könnnyübeton gyaloghíd”, *Diplomamunka, BME, Budapest 2005*
- fib* (2000) bulletin 8 „Lightweight Aggregate Concrete - Recommended extensions to Model Code 90 - Case studies”, *Sprint-Druck Stuttgart*
- Hoffmann L., Józsa Zs., Nemes R. (2003) „Üveghulladékból könnnyübeton adalékanyag”, *Építőanyag* 55. évf. 2003. 1. szám, pp. 13-17.
- Hiroaki, O., Suzuki, K., Ichinomiya, T., Yamamma, M. (2004) „Planning and design of a pedestrian bridge made of low shrinkage ultra-high-strength concrete (120 N/mm²): Akihara Pedestrian Bridge”, *Proceedings of fib Symposium 2004 – April 26-28 – Avignon (France)*
- Józsa Zs., Nemes R., Fenyvesi O. (2009) „Könnnyübeton hídszerkezetek, lehetőségek és a gyakorlat, *Közlekedésépítési Szemle* 59. évf. 12. szám pp.30-36.
- Józsa, Zs., Ujhelyi, J. E. (2000) “Lightweight Aggregate Concrete in Hungary” *Proceedings of Second International Symposium on Structural Lightweight Aggregate Concrete, 18-22 June 2000, Kristiansand, Norway*
- Kausay T. (2002) „Könnnyü-adalékanyag”. *Beton* X. évf. 11. szám 2002 november pp. 3-5.
- Kelemen M. (1995) „Normál- és könnnyüadalékanyag betonnal készült öszvérszerkezetű gyalogos hidak összehasonlító statikai vizsgálata” *Diplomamunka Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest 1995*

- Kocsis G. (1994) „A habüveg granulátum gyártási módszere”, *Építőanyag* 46. évf. 1994/2
- Lublóy É., Balázs L. Gy. (2007) „Concrete properties in fire depending on type of cement, aggregate and fibre”, *CCC2007 Visegrád, Proceedings* (Eds. Balázs L. Gy., Nehme S.G.) pp. 327-332.
- Machida, A. (1993) „Stat-of-the-Art Report on Continuous Fiber Reinforcing Materials”, *JSCE, Tokyo, 1993*
- Machida, A. (1997) „Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Continuous Fibre Reinforcing Materials”, *JSCE, Tokyo, 1997*
- MÉÁSZ ME-04.19 : 1995 „Beton és vasbeton készítése”
- MSZ 15022/6-72 „Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése Könnnyübeton szerkezetek”
- MSZ 4715-4 : 1987 „Megszilárdult beton vizsgálata. Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata”
- MSZ 4719 : 1982 „Betonok”
- MSZ 4798-1 : 2004 „Beton 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon” 2004
- MSZ EN 1097-3 : 2000 „Kőanyaghalmozok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: A halmazsűrűség és a hézagterefogat meghatározása”
- Náray-Szabó J. (1967) „Az üveg definíciója”, *Építőanyag*, XIX. évf. 1967. 7. szám
- Neunast, A., Lange, F. (2001) „Leichtbeton Handbuch”, *Verlag Bau + Technik*
- Német F. (2002) „Üvegbeton – dokumentálás és kivitelezés – Technológia Norvégiából”, *Beton*, X. évf. 10. szám 2002 október
- Reinhardt, H. W. (1993) „Werkstoffe im Bauwesen”, *Univerisät Stuttgart* 1993/94 WS
- Romić, S., Lazić M. (1985) „Armirani lakoagregatni beton IRO Gradevinska knjiga”, *Beograd*
- Rudnai, Gy. (1966) „Leichtbeton Baukonstruktionen” *Akadémiai Kiadó*
- Schorn, H., Butler, M. (2004) „Long term Bending tests on glass fibre reinforced concrete specimens”, *Proceeding of 1st International Symposium Innovative Materials and Technologies for Construction and Restoration*, Eds.: La Tegola, A. – Nanni, A., 6-9 June 2004, Lecce
- Ujhelyi J. (1995) „Műszaki előírás – Beton és vasbeton készítése” (MÉÁSZ ME-04.19:1995) 14. fejezet – Könnnyübetonok, *Magyar Építőipari Szövetség, Budapest, 1995*

DESIGN QUESTIONS OF LIGHTWEIGHT AGGREGATE CONCRETE

1. GENERAL PROPERTIES, AGGREGATES

Rita Nemes

Lightweight aggregate concrete (LWAC) is present in all fields of civil engineering especially in bridge constructions, in structural architecture and in oil platforms. Reinforced and prestressed concretes can be made with lightweight aggregate (LWA) too. The design method of LWAC is different from normal concrete due to two reasons. One is the load-carrying mode (the load carrying part is the mortar matrix and not the aggregate skeleton). It is very important to find an aggregate that is matching to the matrix stiffness. Second reason is the different strength of lightweight aggregates. The crushing resistance of most of the lightweight aggregates can be considerably different. Usually it is much lower than the crushing resistance of natural stone aggregates, but it can reach the value of natural quartz gravel. This article summarizes the basic definition of grouping lightweight concretes and details of main properties of lightweight aggregates (density, porosity, water absorption capacity, crushing resistance, etc.). The article will be continued in the next, and there the mix design and concrete properties (density, strength, etc.) or rather the durability and construction questions will be summarised.

Dr. Nemes Rita (1978) okl. építőmérnök, PhD, adjunktus a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén. Fő érdeklődési területei: különleges betonok, kerámiák tartósság. *A fib* Magyar Tagozat és az SZTE tagja.

VÍZZÁRÓ BETON A SZABVÁNYOK TÜKRÉBEN



Dr. Simon Tamás – Szabó-Turák Dávid

A vízzáró beton kiírása sok félreértésre adhat okot, mivel a korábbi magyar és az új EU-szabványok eltérő logikával jelölik őket. Jelen tanulmányunkkal azt szeretnénk bemutatni, hogy mit jelent a korábbi MSZ 4715-3:1972 és az új EN 12390-8:2009 szabvány közötti különbség, az eltérő meghatározások egymással, és a beépítettség körülményeivel hogyan, vagy hogyan nem állnak összefüggésben. Be szeretnénk mutatni továbbá azt is, hogy nincs szoros kapcsolat a beton fizikai vízáteresztő képessége és a szabványok által meghatározott vízzárósági fokozatok között.

Kulcsszavak: vízzáró beton, vízáteresztő képesség, vízzáró szerkezet

1. BEVEZETÉS

A beton vízzáróságán, illetve vízáteresztésén a belőle készült próbatest ama tulajdonságát értjük, hogy meghatározott egyoldali víznyomás esetén, az ellentétes oldalon egyáltalán nem vagy csak bizonyos mértékig jelentkezik a víz (MSZ 4715-3:1972). Ez a meghatározás sok vitára adhat okot, mivel függ a víz felületre ható nyomásától és a túloldalon lévő közeg (ami nem csak levegő lehet, hanem például a túloldali felülettel érintkező föld) relatív nedvességtartalmától is (1. és 2. ábra).

A vízzáró beton definícióját követelményként a korábbi MSZ 4719:1982 és az új EN 12390-8:2009 úgy elégíti ki, hogy azt adja meg, hogy a beton anyaga mennyire álljon ellen a víz nyomásának. A korábbi magyar szabvány szerint a beton vízzárósága annak a víznyomásnak az értéke bar-ban kifejezve, amelynek hatására 24 óra után a próbatesten nincs átnedvesedés, és a víz a próbatestbe legfeljebb 40 mm-ig hatol be (MSZ 4719:1982).

1. ábra: Vízzáró beton „nem vízzáró” viselkedése földnedves környezetben, feszített vasbeton víznyomócső fényképe feltárt állapotban. A feltárt feszített vasbeton víznyomócső (Sentab) „nem vízzáró” viselkedését közelebbről a 2. ábrán láthatjuk.

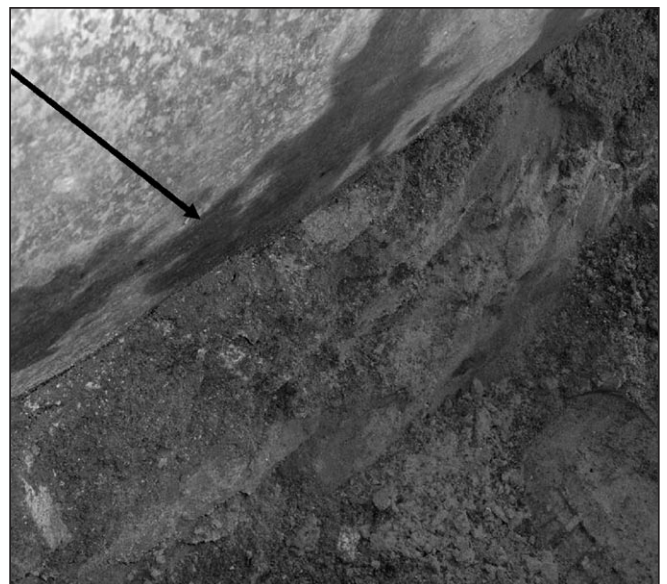


Az MSZ 4719:1982 szabvány szerint vz2, vz4, vz6 és vz8-as vízzárósági fokozatokat értelmessé. Esetenként azonban a szabvány meghatározásán kívül még a köztes vz3, vz5 fokozat is értelmezett. Ez vitákra adhat okot, mivel ezek nem szabványos fokozatok, tehát a szabványtól eltérő vizsgálati eljárást szerződés szintjén kellene definiálni, ami általában nem történik meg. Sajnálatos félreértésre adhat okot továbbá, ha valaki ez utóbbi fokozatokat az új EN szabvánnyal hozza összefüggésbe, ugyanis az MSZ EN 12390-8:2009 a beton anyagának a vízzáróságát az 5 bar nyomás mellett a víznek a próbatestbe hatolásának mértékétől teszi függővé. Ez már korrektebb meghatározás, mivel azonos igénybevételnek kitett próbatesteket vizsgál.

Egy korábbi műszaki előírás (ME-19-63:1964) a vízzáróság minőségét a víz szerkezeten való áthatolásának függvényében a következőképpen határozta meg:

- *mérsékelten vízzáró beton* (esetleg vakolt beton) szerkezetet, melynek 1 m² felületén legnagyobb üzemi víznyomás esetén 24 óra alatt legfeljebb 0,4 liter víz szivárog át;

2. ábra: Vízzáró beton „nem vízzáró” viselkedése földnedves környezetben közvetlenül a feltárást követően. A kép bal felső részén, a nyomócső oldal falán a rátapadt talajréteg eltávolítása után sötét, nedves foltok tapasztalhatók, mivel ott az átszivárgó víz nem tudott elpárologni.



Környezeti osztály	Üzemi víznyomás nagysága	Betonvastagság	Átszivárgó vízmennyiség 24 óra alatt	Felhasználás
XV1(H)	Kicsi	≥ 300 mm	0,4 liter/m ²	Pincefal, csatorna, legfeljebb 1 m magas víztároló medence, átereszt, csapadék csatorna, záportároló, esővíz gyűjtő akna
XV2(H)	Kicsi	≤ 300 mm	0,2 liter/m ²	Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, > 1 m magas víztároló medence, föld alatti garázsok, aluljárók külső határoló szerkezetei külön szigetelőréteg nélkül
	Nagy	≥ 300 mm		
XV3(H)	Nagy	≤ 300 mm	0,1 liter/m ²	Vasbeton mélygarázsok, alagutak külső határoló szerkezetei külön szigetelőréteg nélkül

- *vízzáró beton* (esetleg vakolt beton) szerkezetet, melynek 1 m² felületén legnagyobb üzemi víznyomás esetén 24 óra alatt legfeljebb 0,2 liter víz szivárog át;
- *különleges vízzáró beton* (esetleg vakolt beton) szerkezetet, melynek 1 m² felületén legnagyobb üzemi víznyomás esetén. 24 óra alatt legfeljebb 0,1 liter víz szivárog át. (Kausay, 2007). Feltehetően találni lehetne valamilyen összefüggést ezen három kategória, és az MSZ 4719:1982, vz 2-4-6 vízzárósági fokozatai között, ez azonban sehol sem igazolt.

Ez a meghatározás is félreértésekre adhat okot, mivel ennek alapján a beton vízzáróságát minősíteni nem lehet. Az oka az, hogy az üzemi víznyomás mértékét laboratóriumban nem, csak a helyszínen, illetve még a tervezés szintjén lehet csak meghatározni, miközben a vízzárás mértéke egyértelműen függ a víznyomástól. Így elvben elképzelhető, hogy alacsony relatív neveltség tartalmú közegben a gyengébb minőségű beton különleges vízzárást biztosít, míg magas víznyomás esetén egy annál jobb minőségű beton sem képes mérsékelt vízzárásra sem, ha például föld alatt van beépítve.

Ennek az előírásnak a folytatása megtalálható az MSZ 4798-1:2004-ben is, amely a víznyomás alapján az igénybevételeket osztályozza és környezeti osztályokba sorolja (1. táblázat):

Az 1. táblázat szerinti besorolás, mint látni fogjuk, elég nehezen alkalmazható. Egyrészt a kis és nagy üzemi víznyomás nem tekinthető pontosnak, és a szabvány nem is határozza meg közelebbről. Másrészt ezek a környezeti osztályok nem adnak megfelelő meghatározást arra nézve, hogy a beton hogyan érje el a kívánt követelményeket.

A fentiek azonban csak a betonkeverék vonatkozásában adnak némi útmutatást, a bedolgozás és az utókezelés milyenségére, illetve körülményeire vonatkozóan semmit sem mondanak. Ráadásul igazi kapcsolat a vizsgálati eredmények és a beton tényleges vízáteresztése közt nincs föllállítva, azaz nem tudni, hogy adott víznyomás mellett pl. egy vz4 fokozatú, vagy egy XV2 környezeti osztályú, valamilyen vastagságú beton 1 m² felületén egy adott időintervallumban mennyi víz fog átszivárogni (A vz és részben az XV osztályok magyarázatára illetve összefüggésének leírására a későbbiekben kerül sor). A szabvány csak azt írja elő, hogy bizonyos környezeti hatásoknak kitett szerkezetek betonja milyen XV osztálynak kell, hogy megfeleljenek. Ez a kapcsolatnélküliség komoly nehézségeket okozhat például akkor, ha egy vasbeton víznyomócső palástján átszivárgó vízvesztéséget kellene meghatározni. A szivárgással kapcsolatos Darcy féle törvény esetleg segítséget jelenthet a probléma megoldásában, azonban ennek alkalmazása is nehézségekbe ütközik, ugyanis nincs semmilyen összefüggés föllállítva a szivárgási tényező és a vízzárósági fokozatok között.

2. AZ MSZ 4715-3:1972 ÉS AZ MSZ EN 12390-8:2009 ÖSSZEHASONLÍTÁSA

2.1 Beton vízzárósága az MSZ 4715-3:1972 szerint

Az MSZ 4715-3:1972 a próbatest vízzáróságán, ill. vízáteresztésén azt a tulajdonságot érti, amely következtében meghatározott egyoldali víznyomás esetén egyáltalán nem, vagy csak bizonyos mértékig jelentkezik a víz a víznyomással átellenes oldalon. A próbatest méreteit a szabvány az adalékanyag legnagyobb szemmagyságától teszi függővé (2. táblázat):

Betonadalék anyag legnagyobb szemmagysága D [mm]	A próbatest méretei mm-ben			
	hasáb		henger	
	alaplappja	magassága	átmérője	magassága
30-ig	200 x 200	120	150	120
30 – 60	300 x 300	150	250	150

2. táblázat: A betonkeverékből készített próbatestek alakja és mérete az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának függvényében (MSZ 4715-3:1972)

Az MSZ 4715-3:1972 azt is előírja, hogy, ha a tervezett szerkezet vastagsága kisebb, mint az előírt próbatest magassága, akkor (ezt megemlítve a jegyzőkönyvben) a szerkezet vastagságát kell a próbatest magasságaként meghatározni.

Az MSZ 4719-82 az MSZ 4715-3:1972-ben előírt próbatest mérete, és az ottani definíció alapján határozza meg a beton vízzáróságát. A vízzáróság az MSZ 4719-82 alapján meg kell feleljen a vízzárósági fokozatnak, úgy, hogy az előírt fokozatig egy (a mellékletben előírt) vizsgálat alapján nem lehet nagyobb a 3. táblázat szerinti minősítési értéknél:

Az MSZ 4719-1982 szabvány előírása alapján a próbatestet 48 órán át 1 bar, 24 órán át 2 bar nyomáson, majd 24 órán át az előírt vízzárósági fokozatnak megfelelő (4, 6 vagy 8 bar) nyomáson kell tartani. Eközben természetesen rendszeresen ellenőrizni kell, hogy nincs-e vízszivárgás, és ha mindenféle rendellenesség nélkül zajlott le a mérés, akkor a behatolás mélysége alapján meggyőződhetünk arról, hogy a próbatest megfelel-e az előírt követelményeknek vagy sem.

Amennyiben a megfelelő mérési körülmények mellett a víz áthatol a betonon, akkor az adott nyomáson (ahol ez megtörtént), az elvesző mennyiséget mérni kell egy mérőedénnyel. A mérőedényt legkésőbb a nedves folt megjelenésekor kell felszerelni (a próbatest burkolatához vízzáróan), és meg kell állapítani a vízfogyasztást 2, 4, 6, 12, 18 és 24 óra múlva.

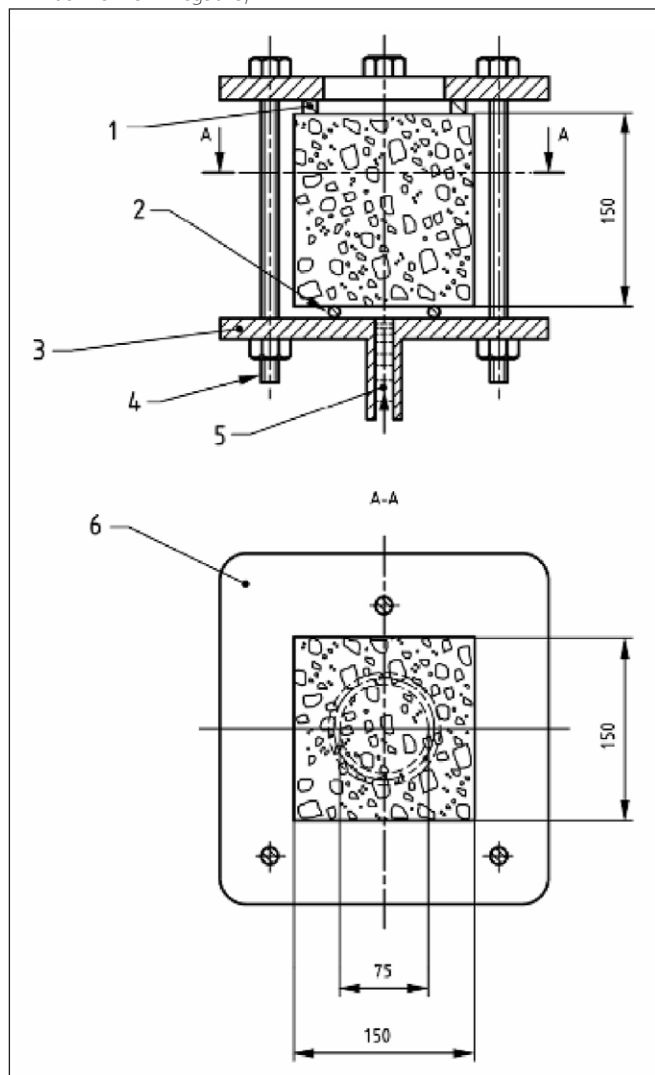
3. táblázat: A vízzáróság fokozatai az MSZ 4719:1982 szerint

A vízzárósági fokozat jele	A víznyomás értéke [bar]	A vízbehatolás minősítési értéke
vz 2	2	40 mm
vz 4	4	
vz 6	6	
vz8	8	

Természetesen az átszivárgó víz mennyiségét korszerű vizsgálópád esetén más módon is meg szabad határozni.

Az MSZ 4715-3:1972 szabványnak megfelelő próbatetek mérete több okból is különbözhet. Jól látható, hogy az e szerint kapott mérési eredményekre épülő MSZ 4719:1982 szabvány a vízbehatolást tekintve nem tesz különbséget a különféle vastagságú (akár egyéni vastagságú) próbatetek között. Ebből arra lehet következtetni, hogy az MSZ 4719:1982 szabvány feltételezi, hogy a vízbehatolás mértéke nem függ sem a próbatest vastagsától, sem pedig a beton legnagyobb szemmagyságától, de megfelelő körülmények között a beton konkrét szemmegoszlásától sem. Az MSZ 4715-3:1972 nem említ szemszerkezetet, csak legnagyobb szemmagyságot, és a próbatest vastagsága (ha nem a konkrét szerkezet vastagságát veszi fel, akkor) ebben van definiálva. Bár a próbatetek víznyomásnak kitett felülete azonos méretű, a magasságuk 120 mm amennyiben a legnagyobb szemmagyság 32 mm, és 150 mm, amennyiben a legnagyobb szemmagyság 63 mm. A

3. ábra: A vizsgálat elrendezése az MSZ EN 12390:2009 szerint (A méretek mm-ben vannak megadva).



vízzárósági fokozat követelményeinek kielégítéséhez minden esetben 40 mm a vízbehatolás megengedett maximális mélysége.

Bár minden esetben a szerkezet betonját használja alapanyagként, tudni lehet, hogy nem csak a beton anyaga, hanem a kivitelezése (pl. utókezelése) is meghatározza, hogy a végén mennyire lesz a beton vízzáró (Farsang, 2005). Csak megfelelő jóindulattal feltételezhető (és ez nagyon fontos), hogy a próbatest például a vízzáróság tekintetében azonos a szerkezetbe beépített betonéval.

2.2 Beton vízzárósága az MSZ EN 12390-8:2009 szerint

A beton vízzáróságának mai, „korszerű” meghatározására az MSZ EN 12390-8:2009 mérése alapján kerülhet sor (3. ábra). Az MSZ EN 12390-8:2009 (amely felülírja az MSZ EN 12390-8:2000 előírásait) olyan próbatetekből indul ki, amelyek lehetnek hasábok, kockák vagy hengerek, a vizsgált felület minimum 150 mm kiterjedésű, és egyetlen más méretük sem lehet kisebb 100 mm-nél. Az ilyen próbateteknek a vizsgálata úgy történik, hogy a 28 napos korú megadott alakú betont 500 (± 50) kPa ($= 5 \pm 0,5$ bar) víznyomásnak kell kitenni 72 (± 2) órán át. Amennyiben nem nedvesedik át, akkor elhasítják a próbatestet. Az elhasított felületen vizsgálva a legnagyobb mértékű átnedvesedés mm-ben mérve a vizsgálat eredménye.

A 3. ábra jelölései: 1. rögzítő elem; 2. tömítő gyűrű; 3. rögzítő lemez; 4. menetes rúd; 5. nyomás alatti víz; 6. rögzítő lemez.

Az MSZ EN 206-1-1:2002-es szabvány a vízzáróság és a megfelelőség megállapítását a gyártó és az előíró megegyezésére bizza (megegyezéssel vizsgálati módszer hiányában a vízzáróság előírására követett módszerekkel is lehetőség van), és előírására kiegészítő követelményként van lehetőség. Ez a szabadság lehetővé teszi, hogy akár a korábbi magyar szabványok szerint, akár egyes európai normák felhasználásával döntsenek a vízzáróság kérdésében. A gyakorlatban az MSZ EN 12390-8:2009 szabványnak leginkább az MSZ 47981:2004 szabvány előírásai felelnek meg. Ez alapján a beton vízzárósága a tárolási módtól függetlenül akkor megfelelő, ha a vizsgálat eredményeként minden egyes próbatesten a vízbehatolás mélysége a 4. táblázat szerinti:

4. táblázat: A vízzáróság a vízbehatolás mélysége szerint az MSZ 4798-1:2004 alapján

Környezeti osztály	A vízbehatolás maximális értéke [mm]
XV1(H)	60
XV2(H)	40
XV3(H)	20

Az MSZ 4798-1:2004-es szabvány előírja, hogy a víznyomásra igénybevett (XV1(H), XV2(H), XV3(H) környezeti osztályú) betonok milyen szemmegoszlással rendelkezhetnek, milyen lehet a minimális szerkezeti vastagságuk, mennyire engedhetik át a vizet, és milyen szemmegoszlással rendelkezhetnek. Ezen kívül több előírást is tartalmaz, a betonra (vagy a belőle készített vasbetonra) nézve. Bár a szabályok elég részletesek, ezek azonban I. osztályú szemmegoszlással rendelkező adalékanyaggal végeredményben kielégíthetők. Így kijelenthető, hogy (a korábbi magyar szabványokhoz hasonlóan) az új szabványok sem tesznek különbséget a próbatetek vastagsága, az adalékanyag szemmagysága, de megfelelő körülmények között a konkrét szemmegoszlás alapján sem.

Arra sem lehet egyértelműen következtetni, hogy az adott

környezeti osztályú beton hogyan érheti el a kívánt vízzárást, a minőségi előírásokból ez nem derül ki egyértelműen.

Kellemetlen eltérés ugyanakkor, hogy a vízzáróságot az adott nyomás mellett történő vízbehatolás alapján állapítják meg. Ez ugyan egységesebb, és a konkrét eredmények talán összehasonlíthatóbbak is, de, ha logikus jelölést is akarunk hozzá párosítani, mint ahogy azt dr. Kausay Tibor meg is tette (Kausay, 2007), akkor a jelölés logikája pont ellentétes lesz a korábbival, a nagyobb szám alacsonyabb vízzáróságot jelent.

Másik kellemetlenség az, hogy a két szabvány követelményei, illetve az azok alapján kapott eredmények közvetlenül nem számíthatók át egymásba. Nem ismert, hogy pl. mekkora vízbehatolás várható egy vz 2-es beton esetében 72 óráig tartó 5 bar nyomás esetén. Nincs továbbá felállítva összefüggés a beton vízzárósági foka és vízáteresztő képessége között továbbra sem. A szerkezet tényleges vízzáróságára vonatkozóan továbbra sincs semmilyen útmutatás.

3. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A tanulmányban a vízzáróság fogalmát elsősorban a szabványok tükrében igyekeztünk megismertetni. Megállapítható, hogy a korábbi és újabb szabványok is elsősorban a beton anyagát vizsgálják, arra adnak követelményeket. A szerkezetről, már csak a végső elvárásokat fogalmazzák meg. A szerkezet vízzáróságának fokára nem adnak érdemi útmutatást.

- Önmagában a beton ellenállása adott nyomással szemben, és annak összefüggései, anyagösszetétel, vastagság vagy porozitás függvényében nem eléggé tisztázottak. A két egymástól eltérő mérésen alapuló szabványrendszer eltérő módon határozza meg a vízzáró beton anyagának a minőségét, egymással semmiféle szoros összefüggést nem állapíthatunk meg. Mind a nyomásértékek, mind víznyomásnak való kitétel ideje eltér. Eltérő a próbatestek alakja is, amelyben az MSZ 4715-3:1972 önmagában sem teljesen következetes.
- Azon túl, hogy a szabványok egymással nem állapítottak meg semmilyen értékelhető összefüggést, még a különböző betonok vízzárósági fokozatának különböző víznyomáshoz való viszonya sem tisztázott. Nem ismert például, hogy hogyan viselkedik az MSZ 4719:1982 vz 4-es betonja 5 bar víznyomás esetén, de az sem, hogy hogyan viselkedik az MSZ 4798-1:2004 XV2(H) környezeti osztályú betonja 8 bar víznyomás esetén.
- A Darcy féle törvény, mint azt a bevezetőben is említettük, jelenthet segítséget a betonok viselkedésének megállapításában, így lehet valamilyen elképzelésünk arról, hogy milyen működésre számíthatunk a laboratóriumtól eltérő víznyomás esetén. Mivel mindkét betonjelölés egy adott víznyomásból indul ki, egy eltérő víznyomásra való működő összefüggés a két jelölést egymáshoz képest, és a tényleges körülményekhez képest is pontosabban értelmezhetővé tenné.

Mindent egybevetve a beton vízzáróságának a területén számos még megválaszolatlan kérdés van (mondhatni zűrzavar), az elvek, és az őket megvalósító (gyakorlatban már sokszor használt) szerkezetek működését, hatékonyságát illetően. A vízzáró betonok és szerkezetek működésének tanulmányozásához a közeljövőben vizsgálatokat fogunk végezni a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén annak érdekében, hogy feloldhatók legyenek az említett ellentmondások, illetve hiányosságok.

4. HIVATKOZÁSOK

- Farsang A. (2005): Vízáró betonok épületszerkezeti megoldásai, http://archivum.epiteszforum.hu/muhely_utopia/vizarobeton.pdf, 2005.08.19.
- Kausay T. (2007): Vízáró betonok, <http://betonopus.hu/notesz/vizarobeton.pdf>
- MSZ 4715-3 (1972) „A megszilárdult beton vizsgálata”
- MSZ 4719 (1982) „Betonok”
- MSZ 4798-1 (2004) „Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés. Az MSZ EN 206-1 és alkalmazási feltételei Magyarországon”
- MSZ EN 206-1-1 (2002) „Beton 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés”
- MSZ EN 12390-8 (2009) „A megszilárdult beton vizsgálata 8. rész: A vízzáróság vizsgálata” (angol nyelvű)

Dr. Simon Tamás okleveles építőmérnök, Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Kar, Szerkezetépítő szak; 1983-tól a Viziterv nagyműtárgy osztályán statikus tervező; 1990-92 „kas” Szigeteléstechikai Rt. fejlesztő mérnöke; 1992-től a BME Építőanyagok Tanszéke (ma: BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék) adjunktusa. Tevékenységei ill. szakterületei: vasbeton mélyépítési műtárgyak tervezése és művezetése; lapostető-szigetelések tervezése, kivitelezése; betontechnológia; minőségügy; építőipari szakértés tartószerkezetek és szakipari munkák tekintetében; friss és megszilárdult beton vizsgálata. A Magyar Mérnöki Kamara és a **fib** magyar tagozat tagja.

Szabó-Turák Dávid (1980) okl. építészmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építészmérnöki Karán végzett, mérnök-tanácsadó a Bau-Haus Építő és Szolgáltató Kft-nél, mely egy a vízzáró vasbeton hézagok kialakítására specializálódott vállalkozás. Részletesen foglalkozott a Magyar Földrajzi Múzeum épületének értékkataszterével, amely eredményeit publikálta is. Fő érdeklődési területei: munka- és mozgási hézagok fajtái, kialakítása, vízzárása és erőtáradása különböző kialakításokkal és segédszerkezetek igénybevételével.

WATERTIGHT CONCRETE IN THE ASPECT OF STANDARDS

Tamás Simon – Dávid Szabó-Turák

The various definitions of watertight concrete may lead to a lot of misunderstandings in Hungary. This is due to the definition of both the earlier Hungarian and the present European Standards, which only take into consideration the material of the concrete. The MSZ 4719 (1982) Hungarian Standard requires different pressures, and request same depth of water penetration into a test sample, the MSZ EN 12390-8 (2009) prescribes constant pressure, and test the penetration depth into the sample. These definitions are not compatible with each other, because they follow different logics. If we use the MSZ 4798:2004 which specifies how to use the EN 206-1-1 (2002), it can give a guide for misconception, because the logic of the marking of the watertightness is different. Other Hungarian directives define the watertightness in the terms of how much water may leak through the structure. These definitions are not compatible with the standards, because the so defined watertightness depends on the environment in which the concrete structure is used, and it depends on what is the ambient relative humidity in the environment. At the Department of Construction Materials and Engineering Geology of the Budapest University of Technology and Economics (BME), we shall carry out experiments to resolve these anomalies.



Dr. Balázs L. György – Dr. Kausay Tibor

A rómaiak már kétezer évvel ezelőtt építettek vízgyűjtőket, vízvezetékeket, úszómedencéket, kikötőket, völgyzárógátákat, de korszerű vízzáró beton és vasbeton szerkezetek is már évtizedek óta épülnek. Az építés környezeti, igénybevételi, használati stb. feltételei azonban korunkban folyamatosan változnak, és ez az igény-oldali fejlődés nem csak a szerkezettel, hanem a vízzáró betonnal szemben is növekvő követelményeket támaszt. A követelmények előírások formájában jelennek meg, a vízzáró betonok megfelelősége vizsgálatokkal igazolható, amelyek változását e cikkben tekintjük át.

Kulcsszavak: beton, vízzáró beton, vízzáróság, vizsgálat, környezeti osztály

1. BEVEZETÉS

Azoknak a beton és vasbeton szerkezeteknek, amelyek vizet vagy más folyadékot nem engedhetnek át, megfelelő szerkezeti kialakításúaknak, korlátozott repedéstágasságúaknak és vízszigetelteknek, vagy vízszigetelés nélkül is vízzáróknak kell lenniük. A szerkezet szigetelés nélküli vízzáróságához nem elegendő a vízzáró beton alkalmazása, hanem az átmenő repedések tágasságát is korlátozni kell, a munka és tágulási hézagokat vízzáró kivitelben kell elkészíteni, a betont különös gonddal kell beépíteni, tömöríteni és utókezelní.

A vízzáró beton készítésével az európai előírások kevésbé foglalkoznak, de minthogy egyrészt az európai szabványok honosításával a vonatkozó régi magyar szabványokat visszavonták, másrészt az irodalom szerint a nemzetek folyamatosan keresik a vízzáró beton készítésének jobb feltételeit, és kísérleti eredményeiket például műszaki irányelvek formájában ültetik át a gyakorlatba, időszzerű a vízzáró beton fogalma, követelménye és vizsgálati módja fejlődését áttekinteni.

2. VÍZZÁRÓ BETON JELLEMZÉSE ÉS TULAJDONSÁGAI

2.1. A vízzáró beton fogalma és követelményei a XIX. és XX. században

A beton- és vasbetonépítés kezdeti időszakában – a fogalom számszerűsítése és vizsgálati módszer hiányában – vízzárónak azt a betonszerkezet tekintették, amely annyi vizet enged át, amennyi a védendő, víznyomással ellentétes oldal felületéről természetes körülmények között elpárolog.

Mihálik János, aki a Duna menti Bezdánánál 1854 őszén – 90 nap alatt, több száz tapasztalatlan földműves napi 18 órai munkájával, jórészt víz alatti, elsőként folyamatos betonozással, összesen mintegy 17 ezer m³ beton kézi bedöngölésével – megépítette az első magyar, teljesen betonnól készült vízi műtárgyat, a hajózható Ferencz József zsilipet, 1860-ban megjelent könyvében írja, hogy az építéshelyen

próbaképpen vízhatlan pincét építettek betonnól. A könyvben a beton vízzáróságáról azonban több szó nem esik (Mihálik, 1860).

Nendtvich Gusztáv (máshol Nendtwich) könyvében a lábatlani román cementtel kapcsolatban olvashatjuk, hogy „az állandó országház díszlépcsője mellett levő udvarokban, éppen a víz elzárása céljából 0 és + 0,75 m között (a Duna 0 szintje fölött) készült egy betonréteg, amely eszerint többször 5 m magas vízoszlop nyomásának is ki volt téve, s mindennek dacára az alapgödörben, amint azt az alapvető munkák felülvizsgálásáról fölvett jegyzőkönyv is főlemlíti, a betonon keresztül víz nem szivárgott, még ezen a 0,75 m vastag rétegen keresztül sem.” (Nendtvich, 1889).

Németországban a XIX. – XX. század fordulóján a talajvízszint alatti pincék vasbeton talpboltozatát vízzáró cementhabarccsal vonták be, erre védőbeton került, amelynek felső vízszintes síkját esztrich réteggel zárták le. A vízzáró cementhabarcs bevonatot a talpboltozatról az oldalfalakra is felvezették. Vízzáró cementhabarcsot ívhidak védelmére is alkalmaztak. A pasingi (München) papírgyári kút – 7,6 m-rel a várható legmagasabb talajvízszint alá nyúló – szivattyú aknájának fenekét és oldalfalát 1902-ben vízzáró vasbetonnól építették. Víz- és folyadéktárolók, víztornyok, csövek is készültek vízzáró vasbetonnól. A Wayss & Freytag cég kísérleti vasbeton csövei 3 at nyomást éveken át szivárgás nélkül hordtak, húsz évi használat után meggyőződtek a Monier-rendszerű vasbeton csatornacsövek vasbetéteinek rozsdamentességéről, és ezzel bizonyítva látták, hogy a beton a vasbetétet megvédi a korróziótól (Mörsch, 1908).

Zielinski Szilárd tervei alapján 1905-1906-ban épült a Hármaskörösön a Bökényi duzzasztómű és kamarazsilip. A vasbeton kamra cementpéppel bevont, majd bevakolt, simára csiszolt fenéklemezét és oldalfalait vízszigetelés céljából magnéziumfluáttal, majd megszáradása után cinkfluáttal befestkezendették. A fluátok a cementhabarcs szabad meszével és alkáliáival, mintegy 0,5-1,0 mm vastag rétegben, vízben oldhatatlan fluorvegyületet alkotnak. A Margitszigeti víztorony Zielinski Szilárd – Ray Rezső – Beck Alajos – Grubics Henrik munkája nyomán 1910-1911 között épült meg. A tárolómedence vízzáróságát a káliszappanos oldattal készített betonfelületre felhordott fluatózás nélküli csiszolt cementsimítással biztosították (Hajós, 2004).

A korai hazai vasbetonépítés kiemelkedő eseményei közé

tartozott a soroksári Duna-ág felső torkolati kamarazsilipjének megépítése 1911-1913 között, amelyről – beleértve a széleskörű betonkísérleteket is – *Lampl Hugó* és *Sajó Elemér* 1914-ben kiadott könyvében számol be. A kamarazsilip építése kapcsán óhatatlanul felmerült a beton helyenkénti vízzáróságának szükségessége, így a vasbeton műtárgy kisvíz alatt fekvő részében és az oldalfalak többségében traszt adagoltak a beocsini portlandcementhez, hogy a betont „vízáthatlanabbá” tegyék. Ennek érdekében emelték a legnagyobb szilárdságot adó keverékhez képest a homokadagolást is.

A XX. század elején a betonműtárgyak vízzáróságát általában vagy a betonfelületek bevonásával (például vízzáró trasz-cement vakolat, bitumenes szigetelés, felületi fluátos tömítő-kezelés), burkolásával (például fagyálló téglá, kő, klinker, csempe, elsősorban a fagyállóság érdekében), vagy trasznak, trasznak és mészhidrátnak, esetleg káliszappanos víznek a portlandcement-betonba keverésével biztosították. Hazánkban – a jelentős trasz-előfordulások és gazdasági okok folytán is – a trasz kiegészítőanyag vízzáróbeton alkalmazása terjedt el leginkább. A vízzáró trasz-portlandcement-beton összetételével és szilárdsági tulajdonságaival a korabeli irodalom részletesen foglalkozott (*Lampl - Sajó, 1914*), a trasz minőségét, szállítási feltételeit előírásokban szabályozták (*Határozatok 1909, Sajó-feltételek 1913*). A trasz adagolás általában a portlandcemente vett 10-15 tömeg% volt, a felső határt a portlandcement, illetve a cementkő szabad mesze (értve alatta a kalciumhidroxidot) szabta meg, amelyet a trasz leköt. A vízzáróság fokozásán kívül azt hangsúlyozták, hogy a trasz adagolás a szabad mész kilúgozásával járó hátrányokat megszünteti, de – bár akkoriban tényleges vasbeton szerkezetek alig, inkább csak vasalt betonszerkezetek készültek – a fokozódó vasbetét korrózió veszéllyel nem számoltak. Magyarországon főképp a selypi traszt alkalmazták, sőt azt a Selypi Cementgyár oltott mészpórral keverve „Vulkán-cement” néven forgalmazta (*Lampl – Sajó, 1914*).

A XX. század közepén már törekedtek a beton vízzáróságának egyértelmű meghatározására és vizsgálatára.

Otto Graf több mint húsz éves tapasztalata, hogy a betonok vízzáróságát a cement típusok, illetve tulajdonságok – értve ez alatt a klinker égetés technológiát, az összetételt, a fajlagos felületet, a vízmegtartó képességet – jelentősen befolyásolják. Saját 1928 és *K. Walz* 1931. évi publikációjára is hivatkozva megállapította, hogy a cementtartalom növekedése javítja a habarcs és a beton vízzáróságát; a vízzáróság szempontjából nagy szerepet játszik a hidratáció mértéke és az azzal járó zsugorodás; a víz-cement tényező, a konzisztencia és az adalékanyag szemmegoszlása, a beton porozitása; a finomra örölt trasz, mészkölszít és egyéb kölszitek, a mészhidrátnak adagolása – ha a bedolgozhatóságot javítja, akkor – csökkenti a vízáteresztőképességet. A vízzáró betont minél hosszabb ideig vizesen kell utókezelni, a beton vízzáróképesége a korával növekszik. A betont terhelő vizek finom hordaléka és a laza beton részecskék sokszor eltömik a beton pórusait, de akár kémiai folyamatok is javíthatják a vízzáróságot: például ha a külső víz szénsavas, akkor az a beton szabad kalcium-hidroxidjával vízben oldhatatlan kalcium-karbonátot képezhet. Mindent egybevetve, *Otto Graf* véleménye, hogy legalább 240 kg/m³ cementadagolással, 35-45 cm területi mértékkel, kiváló szemmegoszlással, kellő bedolgozással és utókezeléssel, adott falvastagság mellett, stuttgarti példa szerint akár nagy nyomásnak (70 at) is ellenálló vízzáró betont lehet készíteni (*Graf, 1950*).

Alfred Hummel könyvében a beton tulajdonságait befolyásoló tényezőket 15 szabályba foglalta össze, a hetedikben szól arról, hogy a beton vízzáróságára az adalékanyag szemszerkezete,

a cementtartalom, a konzisztencia, a tömörítés és a pép pórustartalma van hatással. Az adalékanyag szemmegoszlása a közepső határgörbe közelében helyezkedjen el, a szemek alakja gömbölyű (homokos kavics), a beton konzisztenciája kissé képlékeny, cementtartalma legalább 250 kg/m³ legyen. A víz-cement tényező csökkentése, a nedves tárolás, a beton kora, a karbonátosodás javítja, a beton kiszáradása rontja a vízzáróságot (*Hummel, 1959*).

A vízzáró beton témakörével *Palotás László* valamennyi könyvében foglalkozott. Alapvető nézetéről 1952-ben így írt: „Kellő tömörségű s gyakorlatilag víztáneresztő betont alkalmazunk egyrészt víztartályoknál, víznek kitett építmények falainál, burkolatoknál, másrészt támadó vizeknek kitett betonoknál. Tökéletesen – bármely nyomás mellett – vízzáró betonról természetesen nem lehet szó, mert bármilyen jó legyen is a beton, csupán meglassítja a víz átszivárgását és a mennyiséget annyira lecsökkenti, hogy az a természetes felületi párolgás folytán eltűnik.” Követelményként szabta, hogy a 12 cm vastag vízzáró beton 48 órán keresztül legalább 1,5 atm nyomást kibírjon. Ajánlásai a következők voltak: A vízzáró beton készítéséhez legalább 300 kg/m³, legfeljebb 350 kg/m³ portlandcement, traszportlandcement, kohósalak-portlandcement, S-54-es portlandcement szükséges (agresszív hatások esetén fordított fontossági sorrendben); a cementadagolás vastag falak esetén csökkenthető esetleg 350 kg/m³-ig. Az adalékanyag hézagterfogata kicsi, de a fajlagos fiktív felülete a szokásosnál nagyobb legyen; a homok ne tartalmazzon 3 térfogat%-nál több iszapot; a homokban a 0,25 mm alatti szemek mennyisége ne legyen több 15 tömeg%-nál; a legnagyobb szemmagyság általában (a mai értelemben vett) 24 mm-nél ne legyen nagyobb, lehetőleg a falvastagság 1/5-e, legfeljebb 1/3-a, legfeljebb a vasbetétek közének 80 %-a – de legalább 5 mm-rel csökkentett távolsága – legyen; a finomsági modulus az egyébként legkedvezőbb értéknél mintegy 10 %-kal kisebbre választandó; a 0/2, 2/4, 4/12, 12/24 mm-es szemek tömegaránya 25:25 % legyen. A megfelelő adalékszerek használata előnyös. A beton konzisztenciája gyengén képlékeny legyen, és 14 napig nedvesen utókezelendő (*Palotás, 1952, 1961*).

Palotás László az 1959-ben és 1980-ban megjelent kötetében különlegesen vízzárónak, vízzárónak, mérsékelten vízzárónak nevezi az anyagot, ha a vízáteresztés mértéke (sebessége) adott vizsgálati nyomáson $k = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4$ liter/m²/(24 óra) értéknél, azaz 1, 2, 3, 4 g/dm²/(24 óra) nem nagyobb. 1979-ben, a „Mérnöki szerkezetek anyagtana” 1. kötetében részletesen foglalkozott a talajmechanikából ismert *Darcy*-törvénnyel, amelynek segítségével az anyag folyadék-áteresztőképessége jellemezhető, mert például a beton felfogható úgy is, mint mesterségesen előállított szűrő, hiszen alkotóanyagai – áramlástan szempontból – azonosak vagy közel azonosak az egyes talajfélékkel, így a *Darcy*-féle törvény a betonok esetében is alkalmazható. A *Darcy*-féle törvény a természetes szűrőkön átfolyó vízmennyiség meghatározására szolgál: „Valamely állandó keresztmetszetű szűrőn átfolyó vízmennyiség (Q) arányos a szűrőanyagot jellemző értékkel (k), a keresztmetszeti felülettel (A), a nyomómagassággal (h), és fordítva arányos a szűrőrétegben a megtett út hosszával (ℓ), vagyis a szűrőréteg vastagságával”:

$$Q = k \cdot A \cdot h / \ell = k \cdot A \cdot i$$

ahol $i = h/\ell$ a hidraulikus gradiens, k pedig a permeabilitás, illetve esetünkben a víz-áteresztőképességi tényező. A k víz-áteresztőképességi tényező az a sebesség, amellyel a

víz időegység alatt, egységnyi (szűrő) felületen, adott víz-ozslonnyomás mellett átfolyik. (Palotás 1959, 1979, 1980).

Palotás László a „Mérnöki szerkezetek anyagtan” 3. kötetében jó vízzáró beton készítéséhez 550 (mai 52,5), 450 (mai 42,5) szilárdsági jelű, vagy S-54 (mai CEM I 32,5 S) jelű portlandcementet, közepesen vízzáróhoz 350-20 (mai CEM II/A-S 32,5) jelű kohósalak-portlandcementet vagy (mai CEM II/A-V 32,5) pernye-portlandcementet ajánlott. A vízzáró beton összetételére az 1. táblázat szerinti tájékoztató adatokat adta meg (Palotás, 1980).

A vízzáróság kutatásával részletesen foglalkozott Dombi József, aki vizsgálati eredményeit a vízbehatolás mértékének meghatározásával és a Darcy-féle törvény felhasználásával is értékelte. Kísérletei során szabványos méretű (200·200·120 mm) próbatesteken vizsgálta a cement, az adalékanyag, a trasz, kohósalak, pernye kiegészítőanyagok, különböző adalékszerkezetek, a konzisztencia, a keverési idő, a bedolgozási energia hatását a vízzáróságra. Kialakított egy nagyelemes vizsgálati módszert is, amellyel 100 cm magas, 80 cm belső átmérőjű, 12 cm falvastagságú betoncső vízzáróságát vizsgálta. Munkája kiterjedt a munkahézagok összebetonozása közötti idő vízzáróságra gyakorolt hatásának kutatására is (Dombi, 1969).

Az egykori MSZ 4719:1958 szabvány szerint „valamely (B jelű közönséges vagy BS jelű súlyos) betonfajta vízzárósága annak a víznyomásnak att-ban kifejezett értéke, amelynek 48 óráig tartó hatására e betonfajtan az MSZ 4715:1955 szerint végrehajtott vizsgálatnál a megfigyelt felületen nedvesség nem mutatkozik, és a víz legfeljebb a próbatest vastagságának egyharmadáig hatol be”. (Ez a meghatározás 200·200·120 mm méretű próbatest esetén 40 mm-t, 400·400·200 mm méretű próbatest esetén 67 mm-t jelentett, tehát nehezen értelmezhető.) Az MSZ 4719:1958 szabvány a vizsgálatnál – az MNOSZ 934:1949, MNOSZ 934:1951 és MSZ 4715:1955 vizsgálati szabványtól eltérően – 1, 2, 4, 8 att víznyomásfokozatot írt elő, és a beton vízzáróságát a vizsgálat eredményétől függően 1 att, 2 att, 4 att vagy 8 att jellel jelölte. Tehát 1958-ig a vízzáróság nyomásfokozata, illetve jele 1 att, 3 att, 7 att volt. (1 att = 1 kp/cm² = 0,981 bar; és 1 bar = 1,0197 kp/cm² = 10⁵ N/m² = 10 N/cm² = 0,1 N/mm²). 1958-1972 között pedig kettősség állt fenn, mert ebben az időszakban az érvényes vizsgálati szabvány (MSZ 4715) 1 att, 3 att, 7 att, az érvényes betonszabvány (MSZ 4719) 1 att, 2 att, 4 att, 8 att víznyomással vizsgáltatta, illetve minősítette a vízzáró betont.

Az MSZ 4719:1958 szabványhoz hasonlóan adta meg a beton vízzáróságának fogalmát az MSZ 15033:1964 R

szabvány is: Vízáró „az a beton, amelynek az MSZ 4715:1961 szerint végrehajtott vízzárósági vizsgálat során a megfigyelt felületén nedvesség nem mutatkozik, és a víz legfeljebb a próbatest vastagságának egyharmadáig hatol be”. (Az MSZ 15033:1964 R szabványjellel kapcsolatban megjegyezzük, hogy az R betűjel annak idején azt jelentette, hogy a szabvány alkalmazása nem kötelező, hanem csak ajánlott. Ugyanis a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény hatálybalépéséig a szabványok alkalmazása Magyarországon kötelező volt, azóta önkéntes. Jogszabály 2002. január 1. óta szabvány alkalmazását nem teszi kötelezővé.)

Az ME-19-63:1964 műszaki előírás a vízzáróságot az MSZ 4719:1958 szabvánnyal lényegében azonos módon határozta meg, de részletesebben tárgyalta:

„A vízzáró beton nem vízhatlan; vízzel nem érintkező felületei – párolgási lehetőség hiányában – a legtökéletesebb kivitel esetén is nedvesek lehetnek.

Gyakorlati szempontból a vízzárás mértéke szerint megkülönböztetünk:

- mérsékelt vízzáró beton (esetleg vakolt beton) szerkezetet, melynek 1 m² felületén legnagyobb üzemi víznyomás esetén 24 óra alatt legfeljebb 0,4 liter víz szívárog át;
- vízzáró beton (esetleg vakolt beton) szerkezetet, melynek 1 m² felületén legnagyobb üzemi víznyomás esetén 24 óra alatt legfeljebb 0,2 liter víz szívárog át. Szabadban vagy jól szellőzött helyiségben ez a víz általában elpárolog a felületről. Az ilyen beton vagy vasbetonszerkezet vízmedencék, víztornyok készítéséhez alkalmazható, ahol az ilyen mértékű vízvesztés általában megengedhető;
- különleges vízzáró beton (esetleg vakolt beton) szerkezetet, melynek 1 m² felületén legnagyobb üzemi víznyomás esetén. 24 óra alatt legfeljebb 0,1 liter víz szívárog át.

A vízzáró beton készítésére vonatkozó részletes irányelveket a MI-8:1954 műszaki előírás tartalmazza.”

Az ME-19-63:1964 műszaki előírás foglalkozott a vízzáró betonok alkotóanyagaival, összetételével, készítésével, jelölésével is. Például a 400 kp/cm² (40 N/mm²) nyomószilárdságú, 30 mm legnagyobb szemmagyságú, földnedves konzisztenciájú, 4 att víznyomást kiálló betont így jelölték: „B 400 – 30/1, 4 att-ra vízzáró”.

Az MSZ 4719:1977 szabvány a vízzáróságot az MSZ 4719:1958 szabvánnyal azonos módon értelmezte, és átvette az 1, 2, 4, 8 att nyomásfokozatnak ellenálló vízzáró betonok jelölésére 1958 óta alkalmazott vz 1, vz 2, vz 4 és vz 8 jelet.

A vízzárósági fokozatok 1982-ben valamelyest változtak, az MSZ 4719:1982 szabvány a vz 2, vz 4, vz 6 és vz 8 vízzárósági fokozatokat ismerte 40 mm-es vízbehatolási minősítési értékkel, amely fokozatok

1. táblázat: A vízzáró beton összetétele [Palotás, 1980]

Beton összetétel	Legnagyobb szemmagyság, mm		
	16	24	32
Cement legalább, kg/m ³	400	375	350
Víz-cement tényező	Legfeljebb 0,6		
Konzisztencia	Kissé képlékeny		
Szemmagyság, mm	Összes fennmaradt anyag mennyisége, tömeg%		
0/1	30	25	25
1/4	30	25	20
4/8	20	20	20
8/16	20	16	13
16/24	–	14	12
24/32	–	–	10
0,25 mm alatt legalább, kg/m ³	450	430	400
Finomsági modulus	5,6	6,0	6,3

hazánkban az új szabványok (MSZ EN 12390-8:2001 és MSZ 4798-1:2004) megjelenéséig voltak érvényben.

2.2 A vízzáró beton fogalma és követelményei napjainkban

A tartósság érdekében a beton, vasbeton, feszített vasbeton szerkezetek építéséhez használt betonkeverékek összetétele meg kell feleljen a rendeltetésük szerinti környezeti osztályokhoz tartozó követelményeknek, amelyek a beton megkövetelt nyomószilárdsági osztálya, a megkövetelt cementtartalom, a megengedett legnagyobb víz-cement tényező és a friss beton megkövetelt testsűrűségét meghatározó megengedett legnagyobb levegőtartalom határértéke (Kausay, 2009).

Az MSZ EN 206-1:2002 európai betonszabvány a vízzáró betonok környezeti osztályaival nem foglalkozik, a vízzáró betonok megfelelési feltételeit és vizsgálati módját nem adja meg, csak annyit említi, hogy a vizsgálati módszerben és a megfelelési feltételekben az előírónak (a beton műszaki feltételeit meghatározó személynek vagy szervezetnek) és a gyártónak meg kell egyeznie.

Ezért a hazai gyakorlatban követendő alkalmazási követelményeket – legalább 50 év tervezett használati élettartamot feltételezve – az MSZ 4798-1:2004 szabvány, az európai betonszabvány magyar nemzeti alkalmazási dokumentuma írja elő. A vízzáró betonoknak alkalmazási céljuktól függően ki kell elégíteniük a környezeti osztályok 2. táblázatban szereplő követelményeit.

A beton vízzáróságának követelményét az MSZ 4798-1:2004 szabvány 5.5.3. szakasza tárgyalja.

A beton vízzárósága a tárolási módtól függetlenül akkor megfelelő, ha a vizsgálat eredményeként minden egyes próbatesten (a beton vízzáróságának értékeléséhez három próbatest szükséges) a vízbehatolás mélysége:

- XV1(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 60 mm; jele: vz 60;
- XV2(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 40 mm; jele: vz 40;

- XV3(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 20 mm; jele: vz 20.

A MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás szerint – amely tartalmilag igen értékes és értelemszerűen ma is figyelembe veendő – a vízzáró betonokhoz általános felhasználású (közönséges) portlandcementeket (mai értelemben: CEM I és CEM II/A fajtájú, MSZ EN 197-1:2000 szabvány szerinti portlandcementeket) és ugyanilyen fajtájú szulfátálló portlandcementeket (mai értelemben: MSZ 4737-1:2002 szabvány szerinti különleges, azaz szulfátálló portlandcementeket) szabad felhasználni.

Az adalékanyag folyamatos szemmegoszlású legyen, szemmegoszlási görbéje a „B” határgörbe közelében haladjon, a 0,25 mm alatti finomrész-tartalma (cement és homok együtt) feleljen meg a 3. táblázat ajánlásának, a homokrészt lehetőleg két frakcióból (0-1 mm és 1-4 mm) kell összeállítani. Az adalékanyag 0-4 mm szemnagyságú homoktartományában az MSZ 18288-2:1984 szabvány 9. fejezete szerinti térfogatos ülepítéssel meghatározott agyag-iszap tartalom megengedett értéke 6 térfogat%.

Vízzáró betonok készítése során hasznos a tömítő, a képlékenyítő, a folyósító adalékszerek alkalmazása. Ha a beton kötéseleltető adalékszert tartalmaz, akkor a friss beton kötés előtti repedéseinek megszüntetését utóvibrálással meg lehet kísérelni.

A puccolános jellegű tömítőanyagoknak (például a pernye és a kohósalak) általában jobb hatásuk van a kész beton tulajdonságaira, mint a tömítő adalékszereknek. Ennek ellenére a tömítő adalékszereknek van egy előnye: míg a tömítő adalékszereket a cement tömegére számított 2-3 %-ot kell adagolni, addig a cement tömegének kb. 1/5-öd részét kitevő puccolános tömítőanyagokat teljesen „cementszerűen” kell az építéshelyen kezelni, és külön összetevőként a betonkeverőbe adagolni (Dombi, 1969).

A vízzáróságfokozó (tömítő) adalékszerek csökkentik a beton vízfelvételt és a víz betonba való behatolásának mélységét. A szilikáttartalmú vízzáróságfokozó adalékszerek reakcióba

2. táblázat: Vízzáró betonok környezeti osztályai az MSZ 4798-1:2004 szabvány alapján

Vízzárósági osztály az MSZ EN 12390-8:2001 szabvány 8.10. szakasza szerinti vizsgálat eredménye alapján	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegőtartalma, legfeljebb, térfogat%
Vízzáró beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek					
vz 60 jelű vízzáró beton	XV1(H)	C25/30	300	0,60	1,0
	Például: Pincefal, csatornafal, mélyalap, átereszt, folyóka, surrantóelem, mederlap, mederburkolóelem, rézsűburkolat, legfeljebb 1 m magas víztároló medence, záportároló, esővízgyűjtő akna				
vz 40 jelű fokozottan vízzáró beton	XV2(H)	C30/37	300	0,55	1,0
	Például: Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, 1 m-nél magasabb víztároló medence, föld alatti garázs, aluljáró külön szigetelőréteg nélkül, földalatti alaptettek, kiegyenlítő lemezek				
vz 20 jelű igen vízzáró beton	XV3(H)	C30/37	300	0,50	1,0
	Például: Mélygarázs, mélyraktár, alagút külön szigetelőréteg nélkül				
Megjegyzés: Ha a vízzáró betont fagyhatás éri, akkor a megfelelő XF környezeti osztály, ha agresszív környezetben fekszik, akkor a vonatkozó XA, XD esetleg XS környezeti osztály követelményeit is figyelembe kell venni. A fagy- és a kémiai hatás a beton szükséges szerkezeti falvastagságának és megengedett repedéstágasságának értékét is befolyásolhatja.					

3. táblázat: Vízáró beton megkövetelt 0,25 mm alatti finomrész-tartalma (MÉASZ ME-04.19:1995)

Legnagyobb szemmagyság mm	Vízáró beton megkövetelt 0,25 mm alatti finomrész-tartalma (cement és homok együtt) kg/m ³	
	Légbuborékképző adalékszer nélkül	Légbuborékképző adalékszerrel, ha a beton egyidejűleg fagyálló (az XF2, XF3, XF4 környezeti osztályba tartozik)
8	525	470
12	485	435
16	450	400
24	415	370
32	380	340
48	350	320
63	320	290

Megjegyzés: A cementtartalom megtervezésekor tekintettel kell lenni a környezeti osztály követelményére is (2. táblázat).

lépnek a cement hidratációs termékeivel, aminek hatására kapillárporozitást csökkentő hidro-szilikátok keletkeznek. Ennek ellenére víznyomás hatására vízfelvétellel kell számolni. Alkalmazásuk feltétele, hogy a beton eleve vízáró és kis vízfelvételű betonnak készüljön. Vízáróságfokozó adalékszerrel nem lehet a rossz összetételű és rosszul tömörített betont vízáróvá tenni. A vízáróságfokozó adalékszerek növelhetik a beton levegőtartalmát, ezáltal csökkenthetik a betonszilárdságot, és növelhetik a zsugorodást.

A vízáróságfokozó (tömítő) adalékszerek sajátos követelményeit az MSZ EN 934-2:2009 szabvány 9. táblázata tartalmazza. A vizsgálati habarcs kapilláris vízfelszívása a 7 napos utókezelést követően 7 napig vizsgálva az ugyanilyen referencia-habarcs kapilláris vízfelszívásának legfeljebb 50 %-a, és a 90 napos utókezelést követően 28 napig vizsgálva az ugyanilyen referencia-habarcsnak legfeljebb 60 %-a lehet; a vizsgálati friss beton levegőtartalma a friss referencia-beton levegőtartalmánál legfeljebb 2 térfogat%-kal lehet nagyobb; a vizsgálati beton nyomószilárdsága 28 napos korban érje el a referencia-beton 28 napos korban meghatározott nyomószilárdságának 85 %-át. Az üzemi gyártásellenőrzés során a kapilláris vízfelszívást 1000 tonnánként évente legalább három alkalommal kell vizsgálni, és a 90 napos utókezelés utáni kapilláris vízfelszívás vizsgálata elhagyható.

A vízáró beton konzisztenciája földnedves vagy kissé képlékeny, mégis jól bedolgozható és szétosztályozódás-mentes legyen. Betonozni folyamatosan kell, az előírt betontakarást (MSZ 4798-1:2004) biztosítva. Az utókezelést a bedolgozott friss beton kötése (dermedése) után azonnal meg kell kezdeni, és legalább 14 napon át megszakítás nélkül folytatni kell; nem szabad megengedni, hogy a felület kiszáradása megkezdődjék. A szilárduló betont az utókezelés tartama alatt védeni kell a közvetlen napsugárzástól és az erős szélről. (MÉASZ ME-04.19:1995)

A vízáró betonok alkalmazásának vízépítési műtárgyak, medencék, tartályok készítésén túl fontos területe az előregyártott gravitációs és nyomócsövek gyártása. A beton, vasbeton és feszített vasbeton csöveket sajtolással, vibrálással, pörgetéssel (centrifugálással), ill. ezek kombinációjával, például vibrosajtolással (pl. Rocla, Sentab), pörgetéses-vibrálásos-görgöhengerléssel (pl. Siome) állítják elő.

Az MSZ ENV 13670-1:2000 európai előszabvány a vízáró betonszerkezetek kivitelezésével kapcsolatos külön követelményt nem tartalmaz. Ezzel szemben a DIN 1045-3:2008 német betonszerkezet-kivitelezési szabvány foglalkozik a vízáró betonokkal, és a szabvány 4. táblázatában a vízáró

beton próbatestek vizsgálatára a 2. ellenőrzési osztályt írja elő. A vízáró beton 1. ellenőrzési osztályba sorolását csak akkor engedi, ha a szerkezeti elemre a víznyomás ideiglenesen hat, és a műszaki leírás másképp nem rendelkezik. Az 1. ellenőrzési osztályban a vizsgálatot a gyártó vagy megbízottja végzi, míg a 2. ellenőrzési osztályban a megfelelőség igazolásához kijelölt vizsgáló állomás bevonása is szükséges.

A XX.-XXI. század fordulóján a német szóhasználatban változás következett be, míg korábban a vízáró betont „wasserundurchlässiger Beton”-nak („vázatnemesztő beton”-nak) vagy rövidítve „WU-Beton”-nak nevezték, addig ma „Beton mit hohem Wassereindringwiderstand”-ról („nagy vízbehatolási ellenállású beton”-ról) beszélnek (Freimann, 2006).

A vízáró betonszerkezetek követelményeire Németországban irányelvet dolgoztak ki (DAfStb WU-Richtlinie, 2003 és Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie, 2006). A betonszerkezetek vízárósága a beton, a fugák, a repedések, a szerelvény átvezetések vízáróságától függ. Az 1. igénybevételi osztályban nyomás alatti vagy nyomás nélküli víz, a 2. igénybevételi osztályban talajnedvesség hat a betonra. A falszerkezeti elem vastagsága az 1. igénybevételi osztályban helyszíni betonozás esetén legalább 240 mm, előregyártott elem esetén legalább 200 mm, alaplemez esetén legalább 250 mm, illetve legalább 200 mm kell legyen, ha a beton víz-kötőanyag tényezője legfeljebb 0,55, konzisztenciája a képlékenynél (F3 területi osztálynál) nem szárazabb (területi mértéke legalább 420 mm), nyomószilárdsági osztálya legalább C30/37, legnagyobb szemmagysága legfeljebb 16 mm. A 2. igénybevételi osztályban a falszerkezeti elem vastagsága helyszíni betonozás esetén legalább 200 mm, előregyártott elem esetén legalább 100 mm, alaplemez esetén legalább 150 mm, illetve legalább 100 mm kell legyen. A DAfStb WU-Richtlinie lényegében abból indul ki, hogy legalább 20 cm falvastagság és legfeljebb 0,55 víz-cement tényező esetén a repedésmentes betonon keresztül – függetlenül a hidrosztatikus nyomástól és a rétegfelépítéstől – kapilláris vízáramlás nem történik (Lohmeyer – Ebeling, 2009).

A víz az átmenő repedésen átszivárog, az egyoldali hajlítású repedéseken csak beszivárog a betonba. Ha a repedésmentes hajlítású nyomott öv elég vastag, akkor az felveszi a víznyomást. A finom átmenő repedések is csak nagyon kevés vizet eresztenek át, mégpedig olyan keveset, hogy néhány heti nedvesedés után úgy beszűkülnek, hogy a beton víztől védett túoldalán legfeljebb nedves foltok maradnak. Kutatások alátámasztják, hogy a víznyomás gradiens (jele: *i*), azaz a vízoszlopmagasság és a beton falvastagság viszonyozása fontos szerepet játszik

a víznek repedéseken való átszivárgásában. Például, ha a vízoszlop 2 m magas, akkor 20 cm vastag fal esetén a $w_k = 0,2$ mm – az MSZ EN 1992-1-1:2005 szabvány 7.3.4. szakasza, illetve a DIN 1045-1:2008 szabvány 11.2.4. szakasza szerint – „számított repedéstágasságú” átmenő repedések még nem eresztik át a vizet, de ha a vízoszlop 12 m magas és a fal 40 cm vastag, akkor az átmenő repedések számított tágassága legfeljebb $w_k = 0,1$ mm lehet (Springenschmid, 2007).

Megfigyelték, hogy bizonyos körülmények között a repedések „begyógyulhatnak”. Ennek kémiai-fizikai okát a kalciumkarbonát képződésben (karbonátosodás), az utólagos hidratációban, a cementgél duzzadásában, mechanikai okát a víz által szállított beton vagy egyéb finom részecskék tömítő hatásában kell keresni. A repedések „öngyógyulásának” (németül: „Selbtheilung” vagy „Selbstabdichtung”) feltétele általában 10-50 napi előzetes átnedvesedés, továbbá, hogy a vízszivárgás sebessége kicsi legyen, a repedések mozdulatlanok legyenek (a mozgás legfeljebb egytizede lehet a számított repedéstágasságnak), a szivárgó víz ne tartalmazzon a betonra nézve agresszív összetevőket (XA1 környezeti osztályúnál ne legyen korrozívabb). A repedések öngyógyulására akkor lehet számítani, ha $w_k \leq 0,20$ mm számított repedéstágasság esetén a víznyomás gradiens $i \leq 10$, $w_k \leq 0,15$ mm esetén $i \leq 20$, $w_k \leq 0,10$ mm esetén $i \leq 30$ és $w_k \leq 0,05$ mm esetén $i \leq 40$. Ha az átmenő repedés öngyógyulása nem következik be, akkor a vízzárást injektálással kell biztosítani (Erläuterungen zur DAfStb WU-Richtlinie, 2006).

A 2. táblázatban megjegyeztük, hogy ha a vízzáró beton a betonra nézve agresszív vízzel érintkezik, akkor a beton és a szerkezet tervezése során a vízzáróság feltételein kívül a kémiai korrózió hatását is figyelembe kell venni. A vizek agresszivitásának kérdése azonban inverz értelemben is fenn áll.

Németországban a felszíni vizek, tengervizek, talajvizek védelme érdekében külön irányelv foglalkozik az olyan szigetelés nélküli beton és vasbeton építmények, elsősorban kármentők, tárolók, folyókák stb., illetve azok betonjának folyadékzárásával (FD-Beton, flüssigkeitsdichter Beton), amelyek a vizek tisztaságát veszélyeztető folyékony anyagokat tartalmaznak (DAfStb Wassergefährdende Stoffe, 2004). Az irányelv három részből áll. Az első rész a hatásokat és szerkezeti kialakításokat, a második rész a beton folyadékzárási tulajdonságokat és követelményeket, a harmadik a károsodott beton helyreállításának feltételeit tárgyalja. A folyadékzáró beton víz-cement tényezője, illetve víz-kötőanyag tényezője legfeljebb 0,5, nyomószilárdsági osztálya legalább C30/37 legyen. Készítéséhez tiszta portlandcement (CEM I), legfeljebb 20 tömeg% kiegészítőanyagot tartalmazó portlandcement (CEM II/A), bármely kohósalak-portlandcement (CEM II/A-S és CEM II/B-S), és legfeljebb 80 tömeg% granulált kohósalakot tartalmazó kohósalakcement (CEM III/A és CEM III/B) használható. A cementpép tartalom a 290 liter/(beton m³) értéket ne lépje túl. Az adalékanyag legnagyobb szemmagysága 16-32 mm között, a szemmegoszlási görbe az A-B határgörbék között helyezkedjék el. A folyadékzáró beton légbuborékképző adalékszerrel is készülhet. A beton konzisztenciája a képlékenyenél (F3 területi osztálynál) ne legyen folyósabb. Ha e feltételek valamelyike nem teljesül, akkor a beton 72 órás folyadékzárását n - hexan (C₆H₁₄) és di - klór metán (CH₂Cl₂) folyadékban meg kell vizsgálni. A folyadékbehatolás mélysége repedés nélküli beton esetén általában 40 mm-nél ne legyen nagyobb. A szálerősítésű beton vagy a tömítőréteges beton folyadékzárásával az irányelv külön pontjai foglalkoznak.

Ha a vizek tisztaságát veszélyeztető folyadékot hordozó

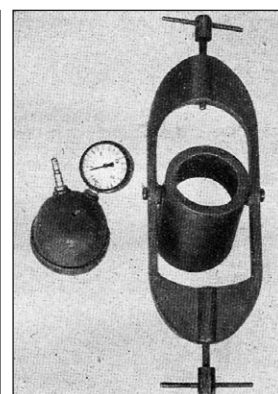
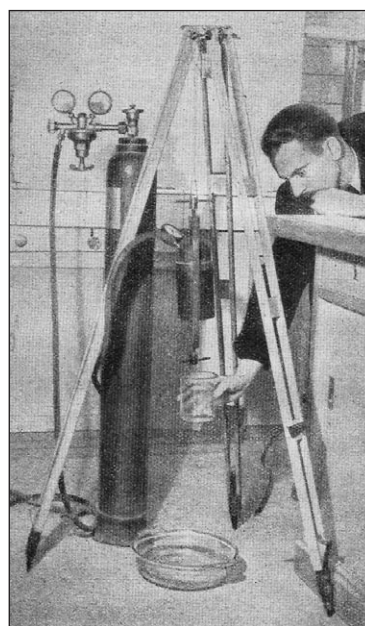
beton és vasbeton építményt a felszíni vizek, tengervizek, talajvizek védelme érdekében szigetelni kell, akkor Németországban a szigetelendő beton nyomószilárdsági osztálya legalább C25/30, átlagos tapadószilárdsága legalább 1,5 N/mm², legkisebb tapadószilárdsága legalább 1,0 N/mm², ha 1 mm-nél vastagabb műgyanta bevonat kerül rá, akkor a tapadószilárdsága legalább 2,0 N/mm², illetve 1,5 N/mm² legyen, és repedéstágassága – tekintettel a bevonat repedéstágasság áthidaló képességére – nem lehet 0,5 mm-nél nagyobb (Blessing, 2008).

3. VÍZZÁRÓSÁG VIZSGÁLAT

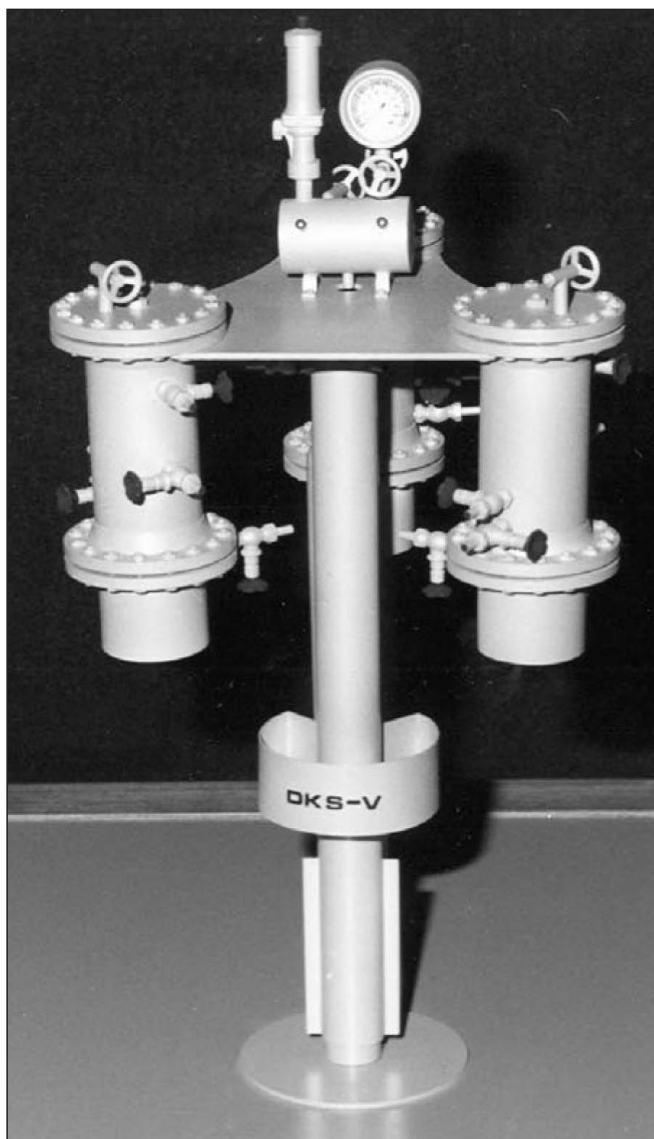
A vízzáróság vizsgálattal kapcsolatban érdemes felidézni Pogány Béla (krakkói műszaki egyetemi tanár) 1957-ben megjelent könyvének két ábráját, amelyeken látni, hogy – ellentétben egykori hazai előírásainkkal és a mai európai vizsgálati szabvánnyal – a víznyomás a henger alakú próbatest teljes felületére hat, és ezért a vízáram egyenes irányú (1. ábra).

Dombi József az 1969-ben hasonló elven készített vízzáró berendezést, amelynek makettjét a 2. ábrán mutatjuk be.

A vízzáróságot egykor az MNOSZ 934:1949 és MNOSZ 934:1951, majd az MSZ 4715:1955 szabvány szerint vizsgálták. E szabványok szerint a 40 mm-nél nem nagyobb legnagyobb szemmagyságú betonok vízzáróság vizsgálatát 200-200-120 mm méretű próbatesteken végezték, ennél nagyobb legnagyobb szemmagyság esetén a próbatestek mérete 400-400-200 mm volt. A próbatest rendszerint álló helyzetben készült, fekvő helyzetben akkor készítették, ha az építménynél fellépő víznyomás iránya a beton bedolgozásának irányával azonos. A 24 órás korban kiszaluzott, vizsgálati oldalán drótkefével felérdesített próbatestet legalább 28 napos korig (a vizsgálat megkezdéséig) nedves ruhával letakarva, 20±3 °C hőmérsékleten, léghuzatmentes helyen tárolták. Ha az építmény betonjának tárolási körülményei eltértek ettől az előírástól (pl. hőszilárdítás esetén), akkor az építménynél alkalmazott módon kezelték és tárolták a próbatesteket. A vizsgálat megkezdése előtt a próbatestet fémdobozba helyezték, a próbatest és a doboz fala közötti hézagot tömítették (3. ábra). A víznyomást a kis próbatesten 100 mm átmérőjű, a nagy próbatesten 150 mm átmérőjű körfelületen működtették. A próbatestet 48 órán át 1 att, ezt követően 24 órán át 3 att,



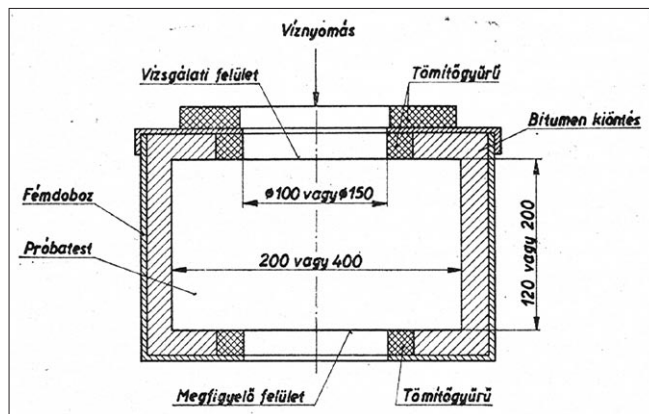
1. ábra: Pogány Béla vízzáróság vizsgáló berendezése (1957)



2. ábra: Dombi József vízzáróság vizsgáló berendezésének makettje (1969)

és további 24 órán keresztül 7 att víznyomásnak vetették alá (hasonlóan az akkori DIN 1048 szabvány előírásához). Szükség esetén további nyomásfokozatot is előírhattak. Ezeket a nyomásfokozatokat az MSZ 4715:1955 szabvány (és az előzmény szabványok) eredeti előírását érvénytelenítve a később megjelent MSZ 4719:1958 szabványban 1 att, 2 att, 4 att, 8 att nyomásfokozatra változtatták, de ezt a változást az MSZ 4715:1961 szabványba érdekes módon nem vezették át, hanem abban továbbra is az 1 att, 3 att, 7 att víznyomásról intézkedtek. Az MSZ 4715 szabvány 1961 évi kiadása a vízzáróság tekintetében az 1955 évi kiadással, sőt az MNOSZ 934:1949 és MNOSZ 934:1951 szabvánnyal szinte szó szerint megegyezik. Az MNOSZ 934:1949, MNOSZ 934:1951, MSZ 4715:1955 és MSZ 4715:1961 szabvány szerinti vizsgálattal azt a víznyomást határozták meg, amelynél a megfigyelő felületen nedvesség mutatkozott, és vízáteresztés esetén minden nyomási fokozatban mérték az átszivárgott vízmennyiséget g/cm²-ben. Ha a beton vízzáróságának megállapítása egy előírt nyomásfokozatra vonatkozott, akkor az előírt víznyomásnak 48 óráig alávetett próbatestet kettétörve megmérték a vízbehatolás mélységét.

Érdekes az MSZ 4720:1961 szabvány előírása, amely szerint három próbatest vizsgálatával 50 m³ betonkeveréket minősítettek. Ha a vízzáró szerkezet vastagsága nem volt nagyobb, mint 40 cm, akkor a vízzárósági osztályt a legkevésbé vízzáró próbatest vizsgálati eredményéből, ha nagyobb volt és a vizsgálati eredmények legfeljebb ± 20 %-kal tértek el az



3. ábra: Vízzáróság vizsgálati próbatest helyzete az MSZ 4715:1955 és MSZ 4715:1961 szabvány szerinti vízzáróság vizsgáló berendezésben

átlagtól, akkor a vízzárósági osztályt a vizsgálati eredmények átlagából határozták meg.

A megszilárdult beton vizsgálatára vonatkozó MSZ 4715:1961 szabványt mintegy tíz év múlva váltotta fel az MSZ 4715-3:1972 szabvány. A vízzáróság vizsgálata az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint lényegében azonos az MSZ 4715:1961 szabványban leírt módszerrel, de az MSZ 4715-3:1972 szabvány a legfeljebb 32 mm legnagyobb szemmagyságú betonok esetére a 200·200·120 mm méretű próbatesteken kívül megengedte a 150 mm átmérőjű és 120 mm magas próbahengerek, a 32 mm-nél nagyobb legnagyobb szemmagyság esetére a 300·300·150 mm méretű próbatestek és a 250 mm átmérőjű és 150 mm magas próbahengerek vizsgálatát is. A próbatesteket a korábbi előírásokkal ellentétben nem helyezik fémdobozba, hanem két fej közé szorították (4. és 5. ábra).

Az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint – követve az MSZ 4719:1958 szabványban előírtakat – „a próbatesteket 48 órán át 10 N/cm² (1 bar ~ 1 att), ezt követően 24 óránként – a nedves folt megjelenéséig – megkétszerezve 20, 40, 80, 160 N/cm² (2, 4, 8, 16 bar) túlnyomásnak kell alávetni. Az előírt nyomásfokozatokat – a nyomókamrában mérve – ± 3% pontossággal kell betartani.

Óránként ellenőrizni kell a vízfogyasztást, és meg kell vizsgálni, hogy a próbatest alsó felületén észlelhető-e nedves folt.

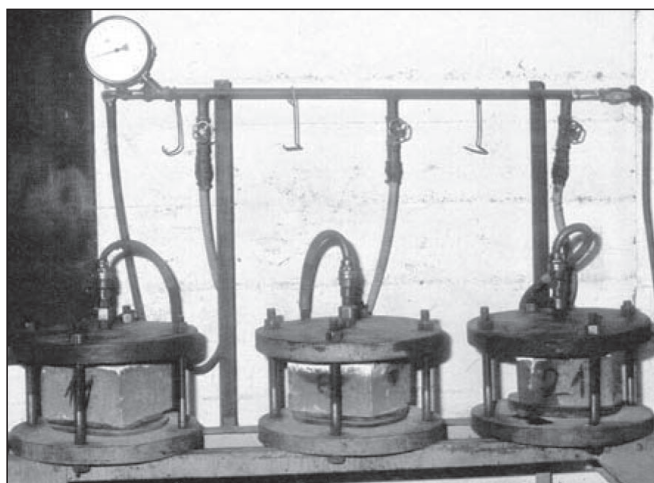
A nedves folt megjelenésekor az alsó gyűjtőedényt, ha az eddig nem volt felszerelve, vízzáróan a próbatest vízzáró burkához kell rögzíteni. A nedves folt megjelenésekor ható nyomást további 24 órán át kell működtetni, és a vízfogyasztást a nedves folt megjelenésétől számított 2, 6, 12, 18 és 24 óra múlva kell a vízmérőkön leolvasni.”

Az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint „a vizsgálat befejezése után az alsó vízgyűjtő edényben levő vizet a próbatest alsó felületéről hozzácseppentett vízcseppekkel együtt 0,1 g pontosságra kell megmérni.

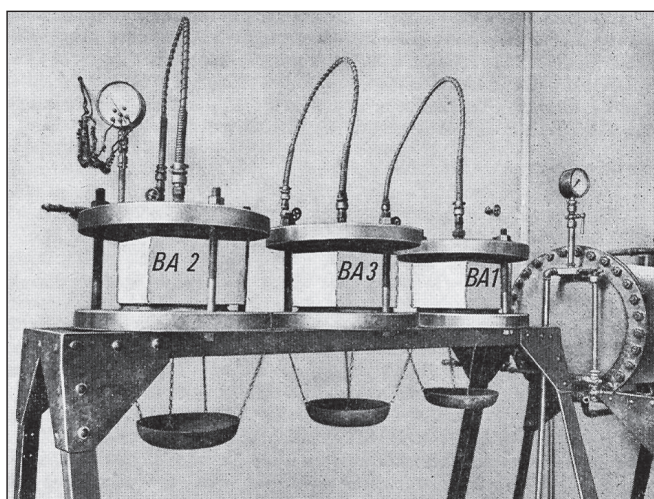
A próbatestet a vizsgálat után a víznyomás irányával párhuzamosan (lehetőleg közepén) azonnal el kell hasítani az MSZ 4715-4:1972 szerint. Meg kell figyelni a hasított felületen a próbatest belsejének állapotát és a nedvesített felület alakját.

Ha a vizsgálat folyamán a legnagyobb nyomásfokozatnál sem keletkezett vízátzivárgás, akkor ezt a fokozatot 24 órán át kell működtetni a próbatestre, azután az előző bekezdésben leírtaknak megfelelően el kell hasítani és meg kell határozni a nedvesített felület alakját és nagyságát.”

Az MSZ 4719:1982 szabvány melléklete a vízzáróság vizsgálatot az MSZ 4715-3:1972 szabványhoz nagyon hasonlóan szabályozta. A próbatesteket 48 órán át 1 bar, ezt követően 24 órán át 2 bar, majd 24 órán át az előírt vízzárósági fokozatnak megfelelő nyomáson (4 bar, 6 bar vagy 8 bar) kellett



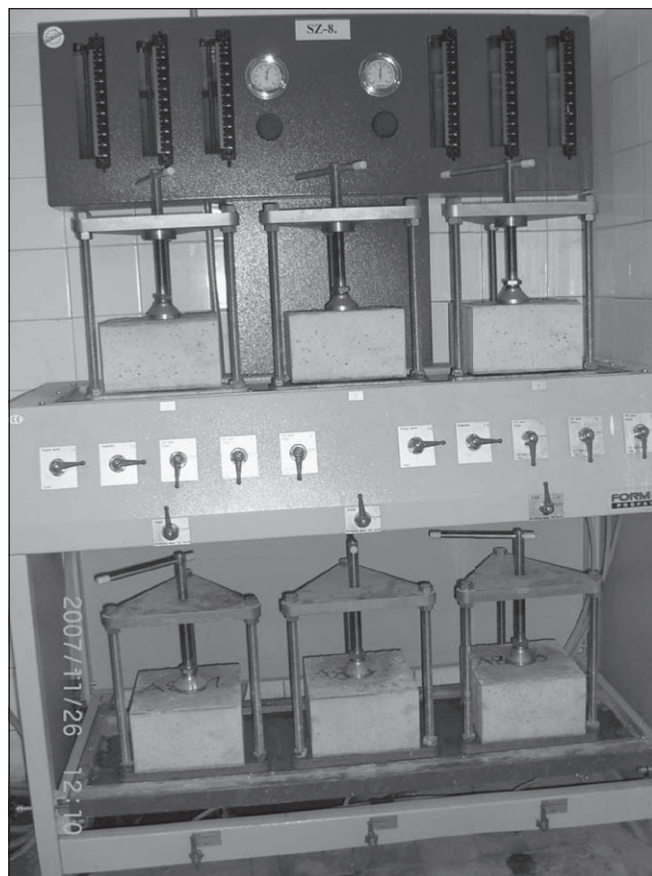
4. ábra: MSZ 4715-3:1972 szabvány szerinti vízzáróság vizsgáló berendezés



5. ábra: Vízzáróság vizsgáló berendezés fényképe Palotás László: „Mérnöki szerkezetek anyagtaná” c. könyvének 3. kötetében (1980)

tartani. Az előírt víznyomás fokozaton a vízbehatolás mértéke egyik próbatesten sem érhetette el a 40 mm-t. A próbatestet a vízzáróság vizsgálat után azonnal, a víznyomás irányával párhuzamosan, lehetőleg közepén el kellett hasítani, és a vízbehatolás legnagyobb mélységének mm pontosságú megmérésén kívül fel kellett rajzolni a nedvesített felület alakját (6. ábra). Ha a próbatest vizet engedett át, akkor ketté kellett hasítani, és ha az átszivárgást durva hiba okozta, akkor a vizsgálati eredményt figyelmen kívül kellett hagyni.

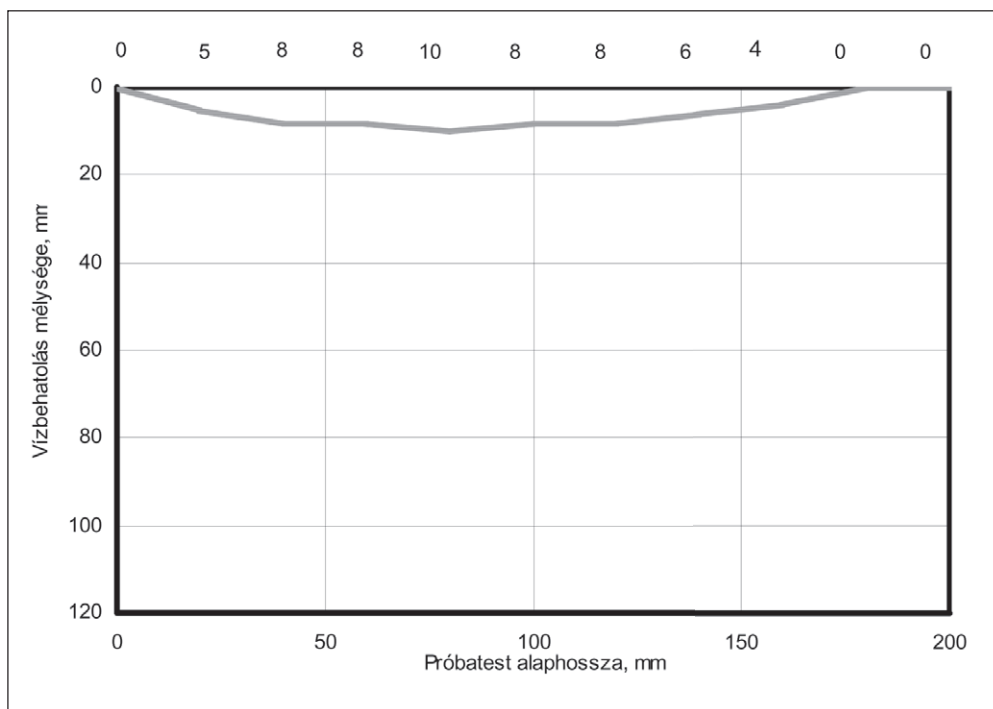
A beton vízzáróságát az MSZ EN 12390-8:2001 szabvány szerint, legalább 28 napos korú, kizsaluzástól végig víz alatt tárolt próbatesten, 75 mm átmérőjű körfelületen 72 ± 2 órán át ható 5 bar ($0,5 \pm 0,05 \text{ N/mm}^2$) állandó víznyomáson kell vizsgálni. A próbatest víznyomásra merőleges, tehát vizsgált oldalának hossza vagy átmérője legalább 150 mm, magassága legalább 100 mm legyen, következésképpen az európai vízzáróság vizsgálatot



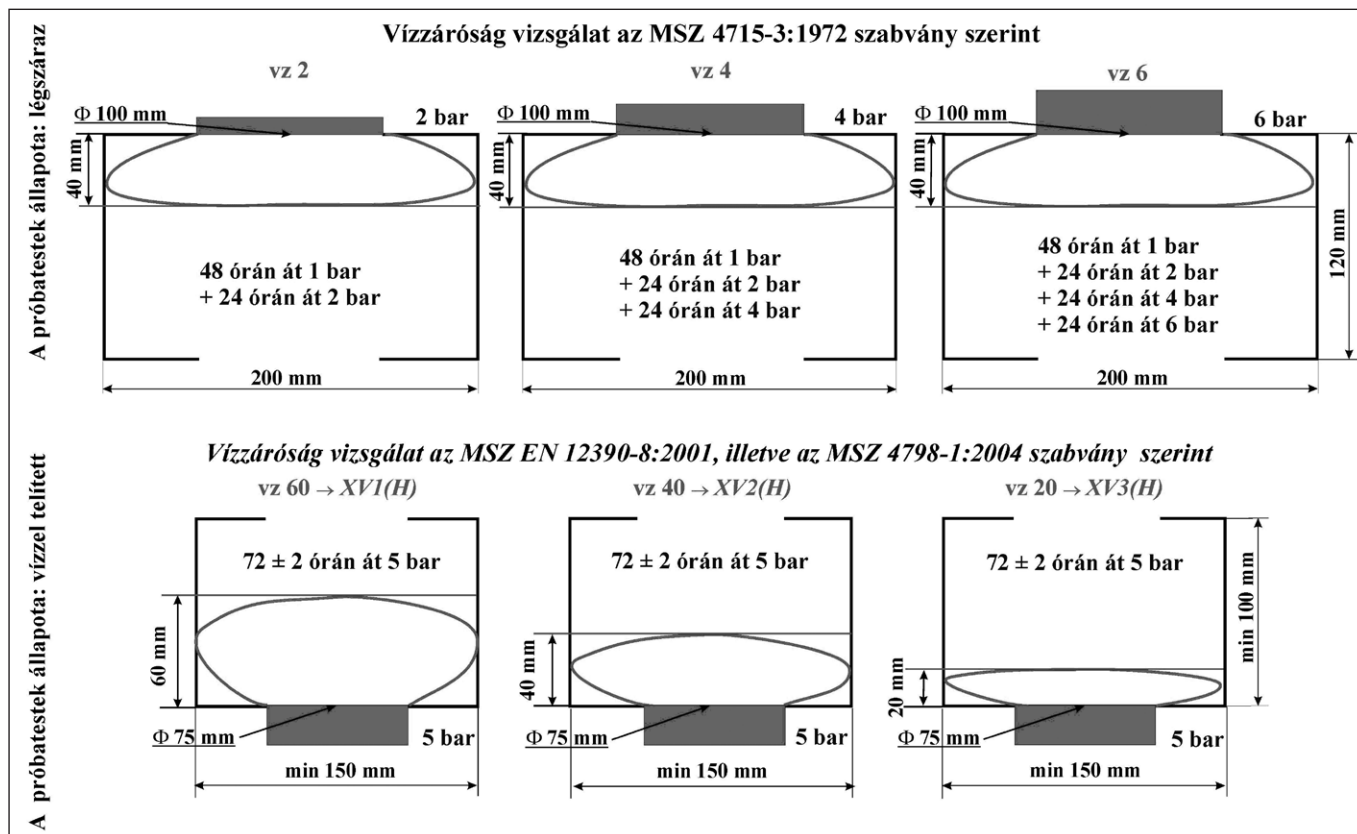
7. ábra: Korszerű vízzáróság vizsgáló berendezés a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék laboratóriumában

a Magyarországon szokásos 200·200·120 mm méretű próbatesten is el szabad végezni, de ugyanígy alkalmas a 150 mm élhosszúságú szabványos próbakocka is (MSZ 4798-1:2004).

Mint ahogy a víznyomásnak kitett felület átmérője megközelítőleg fele akkora kell legyen, mint a próbatest víznyomásra merőleges mérete, következik, hogy ha a próbatest mérete 200·200·120 mm, akkor 100 mm átmérőjű körfelületen is szabad az 5 bar víznyomást alkalmazni, de



6. ábra: A vízbehatolás mélységének rajza. Az MSZ 4715-3:1972 szabvány és az MSZ 4719:1982 szabvány melléklete szerinti vízzárósági vizsgálatot MSZ EN 12390-8:2001 szabvány szerinti vizsgálat váltotta fel (7. ábra).



8. ábra: A vízzáróság fogalmának és vizsgálatának régi (MSZ 4715-3:1972) és új (MSZ EN 12390-8:2001) értelmezése.

ebben az esetben a vizsgálati jegyzőkönyvben a próbatest méretét és a vízzel nyomott körfelület átmérőjét is meg kell adni (MSZ 4798-1:2004).

A próbatest víznyomásnak kitett felületét közvetlenül a kizsaluzás után drótkefével fel kell érdesíteni.

Az MSZ 4798-1:2004 szerint Magyarországon szabad a vízzárósági próbatestet vegyesen, azaz a kizsaluzástól 7 napos korig víz alatt, utána laborlevegőn tárolni - ha ebben előzetesen írásban megállapodás születik -, de ebben az esetben a vizsgálati jegyzőkönyvben a tárolás módját (vegyesen tárolva) is meg kell adni. A végig víz alatt tárolt próbatesteken – a vegyesen tároltakéhoz képest – a jobb hidratáció és a kisebb zsugorodás folytán kisebb vízbehatolási mélység várható. Ha a beton a homogén cementnél lassabban szilárduló heterogén cementtel készül, akkor a végig víz alatt tárolt próbatestek vizsgálati eredményeit ajánlott mértékadónak tekinteni.

A vízzáróság-vizsgáló berendezésbe a próbatestet a víznyomásnak kitett felületével lefelé kell elhelyezni, így jól megfigyelhető, ha a felső felületen víz jelenik meg.

Közvetlenül a vizsgálat végén a berendezésből kivett próbatest víznyomásnak kitett oldalát le kell itatni, és a próbatestet a víznyomásnak kitett felületére fektetve függőlegesen ketté kell hasítani. Miután a hasított felület annyira megszáradt, hogy a vízbehatolás határát jól meg lehet figyelni, a legnagyobb vízbehatolás mértékét mm pontossággal meg kell mérni.

A vízzáróság vizsgálathoz 100 m³ beton-térfogatonként legalább 1 db, de tételenként legalább 3 db próbatestet kell készíteni és a tétel jellemzésére értékelni.

A vízzáróság fogalmának és vizsgálatának régi és új értelmezését a 8. ábrán vetjük össze.

A vízzáróság vizsgálatát Németországban *Otto Graf* és *Alfred Hummel* idejében az akkor érvényes a DIN 1048 szabvány („Bestimmungen für Betonprüfungen bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Stahlbeton”) szerint, azt megelőzően a DIN Vornorm 4029 előszabvány („Richtlinien

für die Prüfung von Beton auf Wasserdurchlässigkeit”) szerint végezték. Később a DIN 1048-1:1978 szabvány volt érvényes, amely szerint a vízzáróságot általában 28 napos korú, 200·200·120 mm méretű próbatesten vagy Ø150·120 mm méretű próbakorongon vagy 200 mm méretű próbakockán, esetleg 300 mm méretű próbakockán vagy 300 mm alapélű vagy átmérőjű, a legnagyobb szemmagyság négyszeresének megfelelő magasságú próbatesten vizsgálták. Kizsaluzás után a víznyomásnak kitett, általában 100 mm átmérőjű, a 300 mm méretű próbatestek esetén 150 mm átmérőjű körfelületet drótkefével feldurvították, a felület körfelületen kívüli részét kétrétegű cementpéppel simították le, majd a próbatestet víz alatt tárolták. A vizsgálat során 48 órán át 1 bar, azután 24 órán át 3 bar, majd újabb 24 órán át 7 bar víznyomást alkalmaztak. Vizsgálati eredmény a három próbatesten mért legnagyobb vízbehatolás mélységének átlaga volt.

A napjainkban is érvényes német DIN 1048-5:1991 szabvány szerint a vízzáróságot 32 mm legnagyobb szemmagyságig általában 3 darab, 200·200·120 mm méretű próbatesten vagy 200 mm méretű próbakockán vagy Ø150·120 mm méretű próbakorongon vizsgálják. A vizsgálatot akkor szabad 150·150·120 mm méretű próbatesten vagy 150 mm méretű próbakockán végezni, ha a próbatest legkisebb mérete a legnagyobb szemmagyságnak legalább négyszerese. Ha a legnagyobb szemmagyság 32 mm-nél nagyobb, akkor a próbatest alapéle, illetve átmérője 300 mm, magassága legalább 120 mm, illetve a legnagyobb szemmagyságnak legalább négyszerese. A víznyomás a 150 mm vagy 200 mm alapélű, illetve átmérőjű próbatestet 100 mm átmérőjű körfelületen, a 300 mm alapélű, illetve átmérőjű próbatestet 150 mm átmérőjű körfelületen terheli. A próbatestet kizsaluzás után – miután vizsgálati körfelületét drótkefével felérdesítették – azonnal (20±2) °C hőmérsékletű víz alá helyezik, majd legalább 28 napos, de 35 napnál nem idősebb korában, *nedves állapotban*, 3 napon át 0,5 N/mm² (5 bar) víznyomással terhelik.

Közvetlenül a vizsgálat után a próbatestet elhasítják, és 5-10 perc száradási idő után meghatározzák a nedvesített felület alakját, továbbá a legnagyobb vízbehatolás mélységét mm pontosan. Vizsgálati eredmény a három próbatesten mért legnagyobb vízbehatolás mélységének átlaga.

Németországban a beton folyadékzáróságát a „DAfStb Wassergefährdende Stoffe” irányelv „A.2” melléklete szerint, a szálerősített betonét az „A.3” melléklete szerint, a megrepesztett betonét az „A.5” melléklete szerint kell vizsgálni. A vizsgálatához 320 kg/(beton m³) CEM I 32,5 R vagy CEM III/A 32,5 cement-tartalmú, 0,5 víz-cement tényezőjű referencia beton próbatestet is készítenek. A betonnál 3 db 150 mm méretű próbakockát kell készíteni, műanyag-fóliába csomagolva 20 °C hőmérsékleten kell tárolni, majd a próbakockákból 7 napos korban 80 mm vagy 100 mm átmérőjű, 120 mm magas hengert kell kifúrni. A hengert 56 napon át 20 °C hőmérsékletű, 65 % relatív páratartalmú klimatérben kell tárolni. A repedés nélküli próbahengert szoros illesztéssel fémhengerbe ragasztják, felső körlapjára 500 mm hosszú, skálával ellátott vizsgálócsövet ragasztanak, amelyet 400 mm magasan vizsgálati folyadékkal feltöltenek. A folyadék feltöltése után 72 órával a próbahengert a fémhengerből kiszabadítják, elhasítják, és a folyadékbehatolás mélységét meghatározzák. A mesterségesen megrepesztett próbatest folyadékbehatolásának mélységét általában 0,10 mm-re és 0,25 mm-re beállított repedéstágasság mellett mérik.

A repedések injektálására szolgáló anyag alkalmasságának vizsgálati módszerét az MSZ EN 14068:2004 szabvány írja le. A vizsgálatához MSZ EN 1766:2000 szerinti referenciabetonból (150 ± 2) mm átmérőjű, (100 ± 2) mm magas próbahengert kell készíteni, hosszában ketté kell hasítani, a két félhengert távolságtartóval (1 ± 0,2) mm széles hézagot képezve egymáshoz rögzíteni kell, a hézagot a palástmentén szigetelni kell, és a próbatestet forró elasztomerbitumennel körbeöntve a vizsgáló formába kell helyezni. A próbatestet (48 ± 4) órán át (21 ± 2) °C hőmérsékleten és (60 ± 10) % relatív páratartalom mellett klimatizálni kell, de a repedés lehet nedves vagy vizes vagy vízzel teli. A hézagot ki kell injektálni, a próbatestet 7 napon át (21 ± 2) °C hőmérsékleten és (60 ± 10) % relatív páratartalom mellett kell tárolni. A víznyomást alulról felfelé 7-7 napig kell a próbatastre a legnagyobb nyomás 25, 50, 75 és 100 %-os fokozatán működtetni. Ha a 25 és 50 %-os fokozaton szivárgás jelentkezik, akkor az injektáló anyag a vizsgálatot nem állta ki.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A vízzáróság vizsgálat régi (MSZ 4715-3:1972) és új (MSZ EN 12390-8:2001) módszere közötti legfőbb különbség, hogy szemben a régi eljárással, ma a vízzáróságot általában végig víz alatt tárolt próbatesten, 75 mm átmérőjű körfelületen 72 ± 2 órán át ható 5 bar (0,5 ± 0,05 MPa) állandó víznyomáson kell vizsgálni. Magyarországon – ha ebben előzetesen írásban megállapodás születik – szabad a vízzárósági próbatestet vegyesen, azaz 7 napos korig víz alatt, utána laborlevegőn tárolni.

A beton vízzárósága a tárolási módtól függetlenül akkor megfelelő, ha a vizsgálat eredményeként minden egyes próbatesten a vízbehatolás mélysége XV1(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 60 mm; (jele: vz 60), XV2(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 40 mm; (jele: vz 40), XV3(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 20 mm; (jele: vz 20).

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak a *Duna-Dráva Cement Kft*-nek a jelen tanulmány elkészítéséhez (a kutatás-fejlesztési projekt száma: 34488-003) nyújtott anyagi támogatásért.

6. HIVATKOZOTT SZABÁLYZATOK, SZABVÁNYOK, MŰZAKI ELŐÍRÁSOK

Határozatok (1909), „Határozatok a trasznak szállítására és megvizsgálására”, *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet* (lásd Lampl – Sajó 1914)

Sajó-feltételek (1913), „A Sajó folyó tiszai torkolatától Miskolczig terjedő szakaszán vállalati úton létesítendő csatornázási munkálatokra vonatkozó részletes építési feltételek”, *Földművelésügyi Minisztérium* (lásd Lampl – Sajó 1914)

MNOSZ 934:1949 „Beton és alapanyagainak vizsgálata”

MNOSZ 934:1951 „Beton és alapanyagainak vizsgálata”

MSZ 4715:1955 „Megszilárdult beton vizsgálata”

MSZ 4715:1961 „Megszilárdult beton vizsgálata”

MSZ 4715-3:1972 „Megszilárdult beton vizsgálata. Hidrotechnikai tulajdonságok”

MSZ 4715-4:1972 „Megszilárdult beton vizsgálata. Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata”

MSZ 4719:1958 „A betonok fajtái és jelölésük”

MSZ 4719:1982 „Betonok”

MSZ 4720:1961 „A betonok minőségi követelményei és minősítésük”

MSZ 4737-1:2002 „Különleges cementek. 1. rész: Szulfátálló cementfajták”

MSZ 4798-1:2004 „Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés. Az MSZ EN 206-1 és alkalmazási feltételei Magyarországon”

MSZ 15033:1964 R „Beton- és vasbeton terminológia”

MSZ 18288-2:1984 „Építési köanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. Szemmegoszlás vizsgálata ülepítéssel”

ME-19-63:1964 „Műszaki előírás beton és vasbeton készítésére”

MÉASZ ME-04.19:1995 „Beton és vasbeton készítése. 8. fejezet. Vízáró betonok”. Műszaki előírás

MSZ EN 197-1:2000 „Cement. 1. rész: Az általános felhasználású cementek összetétele, követelményei és megfelelési feltételei”

MSZ EN 206-1:2002 „Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés”

MSZ EN 934-2:2009 „Adalékszerek betonhoz, habarcszhoz és injektálóhabarcszhoz. 2. rész: Betonadalékszerek. Meghatározások, követelmények, megfelelés, jelölés és címkézés”. Előzményei: MSZ EN 934-2:2002 és MSZ EN 934-2:2001/A2:2006

MSZ EN 1766:2000 „Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. Referenciabetonok vizsgálatához”

MSZ EN 1992-1-1:2005 „Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok”

MSZ EN 12350-7:2000 „A friss beton vizsgálata. 7. rész: Légtartalom. Nyomásmódszerek”

MSZ EN 12390-8:2001 „A megszilárdult beton vizsgálata. 8. rész: A vízzáróság vizsgálata”

MSZ ENV 13670-1:2000 „Betonszerkezetek kivitelezése. 1. rész: Általános előírások”

MSZ EN 14068:2004 „Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A betonban lévő kiinjektált, nem mozgó repedések vízzáróságának meghatározása”

DIN 1045-1:2008 „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion”

DIN 1045-3:2008 „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung”

DIN 1048-1:1978 „Prüfverfahren für Beton. Frischbeton, Festbeton, gesondert hergestellte Probekörper”

DIN 1048-5:1991 „Prüfverfahren für Beton. Festbeton, gesondert hergestellte Probekörper”

DAfStb WU-Richtlinie (2003), „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton”, *Deutscher Ausschuss für Stahlbeton*, Beuth Verlag GmbH, Berlin

„Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton” (2006), *Deutscher Ausschuss für Stahlbeton*, Heft 555., Beuth Verlag GmbH, Berlin

DAfStb Wassergefährdende Stoffe (2004), „Richtlinie für Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen”, *Deutscher Ausschuss für Stahlbeton*, Beuth Verlag GmbH, Berlin

7. HIVATKOZÁSOK

Blessing, E. (2008), „Ausführung, Instandhaltung und Sanierung mit Beschichtungssystemen”, *Gewässerforum in Hildesheim*

Dombi J. (1969), „Vizzáró beton”, *SZIKKTI 29. sz. tudományos közleménye*, ÉTK, Budapest

Freimann, Th. (2006), „Wasserundurchlässige Betonbauwerke”, *Zement Merkblatt Hochau, Beton*, www.vdz-online.de

Graf, O. (1950), „Die Eigenschaften des Betons. Versuchsergebnisse und Erfahrungen zur Herstellung und Beurteilung des Betons”, *Springer Verlag OHG*, Berlin/Göttingen/Heidelberg

Hajós György (2004), „Zielinski Szilárd”, *Logod Bt.*, Budapest

Hummel, A. (1959), „Das Beton-ABC. Ein Lehrbuch der Technologie des Schwerbetons und des Leichtbetons” 12. kiadás. *Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn*, Berlin

Kausay T. (2009), „Betonok környezeti osztályai”, *Beton*, XVII. évf. 7-8. szám, pp. 3-8.

Lamp H. – Sajó E. (1914), „A beton”, *Pátria Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság*, Budapest

Lohmeyer, G. – Ebeing, K. (2009), „Weiße Wannen einfach und sicher”, *Verlag Bau+Technik GmbH*, Düsseldorf

Mörsch, E. (1908), „Der Eisenbetonbau, seine Theorie und Anwendung”, *Verlag von Konrad Wittwer*, Stuttgart

Mihálik J. (1860), „Praktische Anleitung zum Béton-Bau für alle Zweige des Bauwesens”, Zweite Auflage. *Theobald Grieben*, Berlin

Nendtvich (másol Nendtwich) G. (1889), „A hydraulikus kötőanyagok és a hazai cementek és cementgyárak”, *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye*, pp. 89-105.

Palotás L. (1952), „Minőségi beton”, *Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat*, Budapest

Palotás L. (1959), „Építőanyagok I.”, *Akadémiai Kiadó*, Budapest

Palotás L. (1961), „Építőanyagok II.”, *Akadémiai Kiadó*, Budapest

Palotás L. (1979), „Mérnöki szerkezetek anyagtan 1. Általános anyagismeret”, *Akadémiai Kiadó*, Budapest

Palotás L. – Balázs Gy. (1980), „Mérnöki szerkezetek anyagtan 3. Beton-Habarc-Kerámia-Műanyag”, *Akadémiai Kiadó*, Budapest

Pogány B. (1957), „A nagyszilárdságú beton néhány problémája”, *Akadémiai Kiadó*, Budapest

Springenschmid, R. (2007), „Betontechnologie für die Praxis”, *Bauwerk Verlag GmbH*, Berlin

Dr. Balázs L. György (1958) okl. építőmérnök, okleveles mérnök 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 acélanyagú (FRP) betétek, megerősítések anyagai és módjai, erőátadódás betonban, vasbeton tartó repedezettségi állapota, vasbetonszerkezetek tartóssága. *A fib TG 4.1* „Használhatósági határállapotok” munkabizottság és a Special Activity Group 2 „Dissemination of knowledge” elnöke, valamint további *fib* bizottságok tagja. A *fib* Magyar Tagozat elnöke. A *fib* alelnöke.

Dr. Kausay Tibor (1934) okl. építőmérnök (1961), vasbetonépítési szakmérnök (1967), egyetemi doktor (1969), a műszaki tudomány kandidátusa (1978), Ph.D. (1997), címzetes egyetemi docens (1985), címzetes egyetemi tanár a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken (2003). A *fib* Magyar Tagozat tagja (2000). Az MTA Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testületének gróf Lónyay Menyhért emlékérmes tiszteletbeli tagja (2003). Tevékenysége a betontechnológiai és a kő- és kavicsipari kutatásra, fejlesztésre, szakértésre, oktatásra, szabványosításra terjed ki. Publikációinak száma mintegy 175.

WATERTIGHT CONCRETE AND ITS TESTING POSSIBILITIES

György L. Balázs - Tibor Kausay

Ancient Romans has already constructed aqueducts, water reservoirs, dams and harbours. Watertight concrete structures are being constructed also nowadays. Changes of construction technologies, changes of actual loads and actions, mean changes of requirements not only for the load bearing capacity but also for the water tightness of concrete and prestressed concrete structures as well as structural elements. Requirements on watertightness are prescribed by standards and technical specifications. Past and present specifications are reviewed herein including both the relevant definitions and measuring techniques.

AZ ERDÉLYI MAGYAR MŰSZAKI TUDOMÁNYOS TÁRSASÁG XIV. KONFERENCIA CSÍKSOMLYÓN



1. ábra: A megnyitó elnöksége

Már hagyomány, hogy az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) számos más rendezvénye mellett megszervezi az Építéstudományi Konferenciát, népszerű rövid nevén az ÉPKO-t. A 2010. június 3. és 6. között tartott konferencia helyszíne az utóbbi tíz ÉPKO-hoz hasonlóan a csíksomlyói kegytemplom melletti Jakab Antal Tanulmányi Ház volt. A konferenciára több mint 200 résztvevőt regisztráltak. Közülük hatan voltak a *fib* Magyar Tagozatának tagjai. A *fib* tagok korábbi ÉPKO-kon résztvevőkhöz viszonyított kis számát főként a konferencia más rendezvényekkel való időbeli ütközése magyarázza. A konferencián a határainkon túli Palotás László-díjasok közül is jelen voltak ketten.

A megnyitó ünnepségen és a plenáris ülésen Köllő Gábor, az EMT elnöke elnökölt. A megnyitón (1. ábra) elhangzottak a hagyományos köszöntők a magyarországi és erdélyi intézmények képviselőinek beszédében. E sorok írója számára a plenáris ülésen nyílt lehetőség arra, hogy tolmácsolja Farkas György üdvözlését. Balázs L. György jókívánságainak átadása egyúttal alkalmat adott arra, hogy a jelenlevők értesülhessenek Balázs L. Györgynek a *fib* elnökévé való megválasztásáról. A hírt a résztvevők ovációval fogadták.

Az ülések a következők voltak:

Plenáris ülés

Szekcióülések:

Acélszerkezetek, vasbetonszerkezetek

Építészet, építőanyagok

2. ábra: Csíkszereda, Mikó-vár



Épületgépészet, környezetvédelem

Útépítés, vasútépítés, hidépítés

A konferencia kiadványa 387 A/4 oldalon jelent meg.

A *fib* Magyar Tagozata tagjai a következő előadásokat tartották:

Barta János: Az M43-as autópálya Tisza-hídjának építése

Kausay Tibor: Beton-nyomószilárdság értékelésének alulmaradási tényezője

Kegyes Csaba: Vékonyfalú hidegen hajlított szerkezet vizsgálata

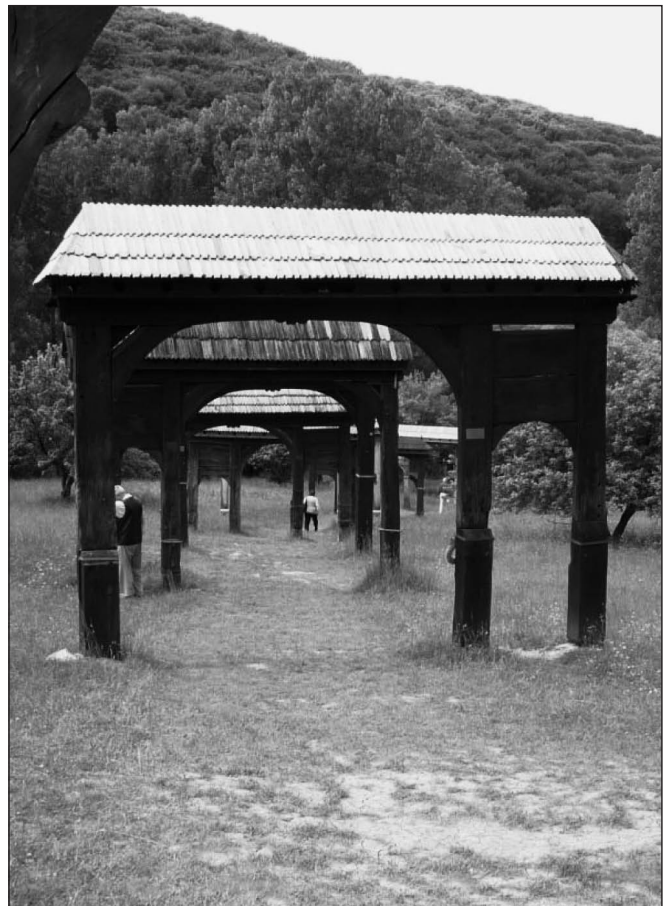
Kegyes Csaba: Falazott szerkezetek az eurokódok tükrében

Tassi Géza (Végh Lajos társszerzővel): A feszített vasbeton szalaghíd – a környezetbarát szerkezetek jó példája

A konferencia anyaga sokoldalú volt. Az építészeti hagyományoktól a korszerű elméleti és technológiai kérdésekig sok gondolatébresztő tanulmány hangzott el.

Az ÉPKO hagyományainak megfelelően az EMT szakmai-kulturális kirándulást szervezett. Autóbuszokkal körbejártuk Csíkszereda főbb útvonalait, majd a barokk Szent Kereszt templom mellett épült, Makovecz Imre tervezte Millenniumi templomot kerestük fel. Csíkszeredán voltunk a Mikó-várban (2. ábra), a Csíki Székely Múzeumban is, ahol vendégkiállítás mutatta be kiváló tárlatvezetéssel a 19. századi magyar festészet remekműveit, Barabás Miklós, Markó Károly, Madarász Viktor, Than Mór, Székely Bertalan, Benczúr Gyula, Lotz Károly, Szinyei Merse Pál, Paál László, Mészöly Géza festményeit. Ezek hangulatában továbbindultunk Szejkefürdőre, ahol Orbán Balázs síremlékéhez székelykapu soron juthattunk fel (3. ábra). Ezután Farkaslakára, Tamási Áron síremlékéhez vitt el bennünket a négy autóbusz (4. ábra).

3. ábra: Szejkefürdő, Orbán Balázs emlékhely





4. ábra: Farkaslaka, Tamási Áron síremléke

Székelyudvarhelyen megnéztük a város központját (5. ábra). Az ebéidő jó alkalmat adott eszmebeszérékre szakmai és történelmi kérdésekről. Utóbbi aktualitását adta a trianoni évforduló. Ezt követően Zetelaka felé, a Zeteváraljai víztározóhoz vezetett az út (6. ábra). A következő útszakasz Gyergyószentmiklóson át Gyergyószárhegyre vitte a

5. ábra: Székelyudvarhely, utcánézet



6. ábra: Zeteváraljai víztározó

résztevéket. Az erdélyi reneszánsz építkezés egyik szép példája a Lázár várkastély (7. és 8. ábra), ahol Bethlen Gábor, a család rokona is élt 1590-1594-ig.

Csíksomlyó felé visszautaztunkban megálltunk a madéfalvi veszedelem emlékművénél (9. ábra).

A konferencia előadásai, az elhangzott hozzászólások, a szünetekben és a záró fogadáson folytatott eszmebeszérék, régi és új barátokkal való találkozások igazolják az ÉPKO-k életképességét, sokoldalú hasznát mind az értékes hagyományok ápolása, mind a korszerű építéstudomány eredményeinek cseréje, egymás segítése terén.

A záró fogadáson bemutatott helyi folklórműsor kedvező fogadtatása jól érzékeltette a konferencia általános hangulatát, segített maradandóvá tenni az erdélyi élményeket. A **fib**

7. ábra: Gyergyószárhegy, a Lázár várkastély előtt a konferencia küldötteinek csoportja





8. ábra: A Lázár várkastély részlete

Magyar Tagozata számára értékes az EMT-vel való kapcsolat. Elismerés illeti Köllő Gábor elnököt a fáradhatatlan szakmai és szervező munkájáért, a kiválóan megválasztott munkatársakért, Pap Zsuzsát és csapatát a kiváló előkészítő és lebonyolító munkáért, az értékes kiadványért, amelynek példamutatóan gondos kiállítása Prokop Zoltán műszaki szerkesztőt dicséri.

Erdélyi kollegáinknak ezúton is kívánunk sok további sikert. A *fib* Magyar Tagozat tagjainak tanácsoljuk, hogy lehetőségeik szerint csatlakozzanak az elkövetkező ÉPKO-k munkájához.

Tassi Géza



9. ábra: Madéfalva, Siculicidium emlékmű

A BETON TEHERVISELÉSI MÓDJÁNAK HATÁSA AZ ÉPÍTŐMÉRNÖKI SZAKMAI HÉT

**BME ÉPÍTŐMÉRNÖKI
SZAKMAI HÉT 2010**
SZAKMA, AMI NEKÜNK VALÓ

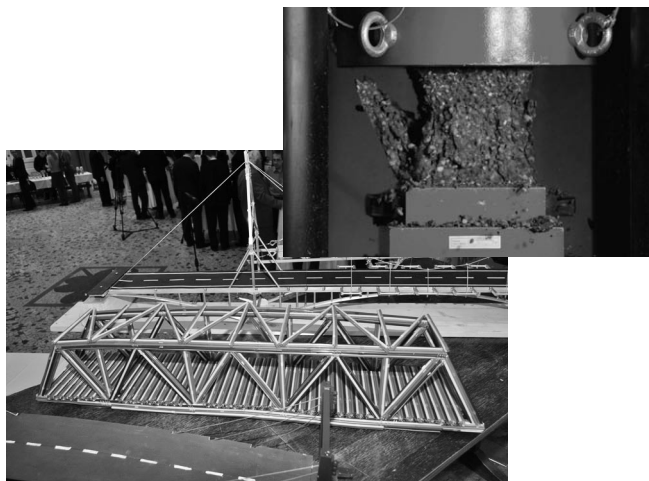
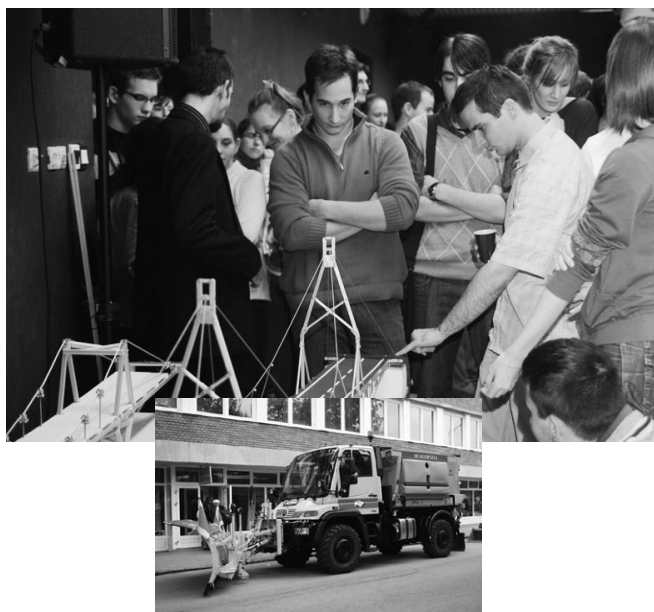
A rendezvény immár tizenegyedik alkalommal színesíti karunk közösségi és szakmai életét. Idén a harmadik oktatási héten, 2010. szeptember 20-23-ig lesz a Vásárhelyi Pál Kolégiumban.

A Kari Hallgatói Tanács és az Építőmérnöki Szakkollégium által koordinált rendezvénysorozat fő célja, hogy szorosabbá fűzze a szakmában tevékenykedő cégek, a hallgatók és az oktatók kapcsolatát. Kiemelten fontos még, hogy a szakma leendő művelői első kézből ismerhessék meg az iparban használt korszerű technológiákat, kiegészíthessék az egyetemi éveik alatt megszerzett elméleti és gyakorlati tudásukat, ezáltal később a munkaadók magasan képzett szakembereket alkalmazhassanak, ezzel is elősegítve az iparág fejlődését.

A rendezvény során a hagyományörzés mellett újszerű programokkal várjuk a hivatásuk iránt elkötelezetteket. Idén először a lelkes idelátogatók a GPS Tájékoztató Versenyen, illetve az Út és Vasútépítési ágazatnak kedvezve, a Kör-Vas-Út elnevezésű versenyen is megmérettethetik tudásukat.

A **Tájékoztató verseny** során a versenyzők GPS segítségével irányszög és távolság alapján felkeresik a kijelölt pontokat, ahonnan a versenyhez kapcsolódó kérdések megválaszolása után haladhatnak tovább a következő állomás felé. Az a csapat kerül ki győztesen, amely a legtöbb kérdésre válaszolva minél több állomásra eljut. Abban az esetben, ha több csapat végig jut a pályán, az időeredmények összehasonlítása dönt.

A **Kör-Vas-Út verseny** célja, hogy a hallgatók első kézből megismerjék a vasúti pályaszerkezet építő elemeit, azok tulajdonságait, sajátosságait. A résztvevők feladata az összekevert, különböző sínleerősítések típus szerinti szétválogatása, összeszerelése, valamint részeinek megnevezése. A verseny értékelése során pontozzuk az összeszerelés pontosságát, időtartamát és az elemek nevének megfelelő ismeretét.



A nemzetközi szintűvé vált Hídépítő verseny idén sem maradhat el, amelynek résztvevői évről évre bizonyítják műszaki rátermettségüket. A nagy érdeklődésre tekintettel természetesen, a Holcim Hungária Zrt. jóvoltából, a Beton próbakocka készítő verseny is újra megrendezésre kerül.

A **próbakocka készítés** során a résztvevők elsősorban az építőanyagokkal kapcsolatos ismereteiket mérhetik össze. Idén a versenyt megújult formában rendezik. A versenyzők látszóbeton próbatesteket készítenek természetes anyagok felhasználásával, saját receptúra alapján, melynek elkészítéséhez gépi eszközök nem használhatók. A zsűri a szilárdság mellett a látványt is értékeli. A Szakmai hét időtartama alatt a már megszilárdult testek kiállításra kerülnek, így bárki megtekintheti őket, és leadhatja szavazatát az általa vélt legjobbra. Ezúton is köszönjük az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék segítségét a próbatestek elkészítéséhez.

A **Hídépítő Verseny** folyamán a hidakat adott megoszló teherrel terheljük, és számítógép segítségével mérjük a középső keresztmetszetben a maximális lehajlást, melyet összevetünk a híd szabvány szerinti lehajlási értékével. Emellett a törési mechanizmusokat is vizsgáljuk. A pontozás során a hidak megjelenése kisebb súllyal bír, a legfőbb szempont a hidak tömege valamint a számítógéppel mért lehajlási értékek. Az eddig megszokott kategóriák, valamint az előírt ürszelvény sem változik, illetve az alapanyagok kiválasztása a versenyzők egyéni döntése. Idén is magas pénzjutalomban részesítjük a kiemelt helyezést elért hallgatókat.

A kivitelezésben használt munkagépek bemutatója során a jelenlévők közelebről szemlélhetik meg az építőipar legfontosabb „kellékeit”: úthengerek, daruk, markológépek, rögzítéstechnikai eszközök különböző típusait. A Szakmai hét elengedhetetlen részét képezik az előadások és a szakmai kirándulások, amelyek során az érdeklődők megismerhetik a legkorszerűbb kivitelezési folyamatokat: résfalazás, aszfaltozás, szaluzás stb.

A program lezárása hagyományosan egy állófogadás kezei között zajlik, melyen köszönetet mondunk támogatóinknak, sor kerül a díjátadásokra, valamint lehetőség nyílik, hogy egy pohár pezsgő mellett kötetlenül beszélgessen hallgató, oktató, valamint a szakmában tevékenykedő mérnök.

Bővebb információ programjainkról, részletes versenykiírásokról, valamint kis kedvcsináló az Építőmérnöki Szakmai Hét weboldalán, a www.sz7.epito.bme.hu címen található. Minden érdeklődőt szeretettel várunk!

DR. DULÁCSKA ENDRE 80. SZÜLETÉSNAJÁRA



A Csonka-émlékérmes, Eötvös-díjas, Széchenyi-díjas, Akadémiai díjas professor emeritus Dulácska Endréről, okleveles építészmérnökről, a műszaki tudomány doktoráról már az elért szakmai-tudományos rangok és elismerések felsorolása is sokat árul el. Az 1930-ban született kiváló szakemberről nem kevesebbet mondanak műszaki alkotásai, tudományos eredményei, műszaki közéleti szerepvállalásai, oktatói érdemei. A mostani jubileum alkalmából egy szűk oldalon nehéz felsorolni mindazt, amit az építőiparért tett, és örvendetes módon napjainkban is folytat. Csak tallózhathatunk az évtizedek alatt végzett munkái között.

Pályafutását a BUVÁTI-nál kezdte, ahol a tervezői ranglétra fokozatait bejárva statikus főmérnök lett. 1982-től a TTI statikus főmérnöke, a vállalati tanács elnöke. A BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszékére 1991-ben nyert egyetemi tanári kinevezést (már 1984-től c. egyetemi tanár volt), 1995-ig töltötte be a tanszékvezetői tisztséget, hosszabb ideig a kari habilitációs és doktori bizottság elnöke ill. tagja. 2000-ben emeritált, s munkáját azóta is töretlenül folytatja.

Munkájáért az említett díjakon kívül is több elismerésben részesült, ezek közül megemlítünk néhányat: Legjobb lakóház díj, Magyar Építőipar Emlékplakett, Kiváló munkáért jelvény, MTA Prémium (három alkalommal).

Több mint 200 statikai szakvéleményt készített, számos esetben kirendelt bírósági szakértőként. Irányítása alatt, az általa kidolgozott módszerrel készült a budapesti METRO vonalak feletti, mintegy 500 épület kármegelőző szakvéleménye. Mintegy 70 épületfelújítás és átalakítás általános és részletes tervét készítette el. Kb. 150 új épület tartószerkezeti tervezője.

100 új épület statikai tervezésének irányítója (pl. Sugár áruház, Szegedi Áruház, Szeged Városi Könyvtár). Számos tervezési, méretezési szabvány kidolgozásában vett részt.

Oktatott szakmérnöki tanfolyamokon (Falazott szerkezetek, Faszervezetek, Vasbeton szerkezetek), az alapoktatásban (Vasbetonszerkezetek I. és II., Szilárdságtan II. Teherhordó szerkezetek diagnosztikája, Szerkezetek dinamikája).

Kutatási területei széles körűek, csak a témákat sorolhatjuk itt fel: héjszerkezetek (különös tekintettel a stabilitásra), az épületeknek a talajmozgások okozta süllyedése miatt bekövetkező kárai, a képlékeny anyagú szerkezetek dinamikája (szeizmikus hatások), szálerősítésű betonok elmélete, surlódási kérdések.

225 szakcikkcikke, 16 könyve, négy könyvrészlete jelent meg, részben külföldön. Munkássága értékét nagyszámú hivatkozás jellemzi. Számos előadást tartott bel- és külföldön személyes meghívásra és rendezvényeken.

Tudományos közéleti tevékenysége széles körű. Tagja az EAEE, IAEE, IASS, IABSE egyesületeknek és a **fib** Magyar Tagozatának. Jelentős tisztségeket viselt az ÉTE és az MTA, MKK szervezeteiben.

Sorolhatnánk tovább egy nagyon gazdag és ma is lendületes életút állomásait, eredményeit. Ez az alkalom azonban elsősorban a gratuláció és a jókívánságok ideje.

A **fib** Magyar Tagozata őszinte elismeréssel és örömmel köszönti Dulácska Endre professzort. Kívánjuk, hogy kedve szerint folytassa mindnyájunk számára hasznos munkáját, élvezze jó egészségben családjá szeretetét és a magyar mérnöktársadalom tiszteletét.

T. G.

POLÓNYI ISTVÁN 80. SZÜLETÉSNAJÁRA



Polónyi István professzor, többszörös, köztük a BME által adományozott doktori cím tulajdonosa, az MTA tiszteleti tagja, Palotás László-díjas, nagyszámú más elismerésben részesült kiváló szerkezettervező mérnök, kutató, mérnökpedagógus és oktatásszervező 80. éves. E néhány sorban lehetetlen leírni mindazt, amit kiváló képessége és páratlan munkabírása révén alkotott, s ma is alkot. Lapunkban is jelentek meg publikációi, és a róla szóló méltatás is Palotás László-díjjal való kitüntetése alkalmával.

A nemzetközileg elismert szakember 1930-ban Gyulán született. 1952-ben a mi egyetemünkön szerzett mérnöki oklevelet. 1956-ig itthon dolgozott, s ez időszakhoz is értékes munkái fűződnek. Ezt követően Németországban dolgozott, s fejtette ki tevékenységét tervező irodájában valamint a Berlin-Charlottenburgi majd Dortmundi Egyetemeken. Nagyrész vasbeton szerkezetű, nagyszerű építmények fűződnek nevéhez, és jelentősek más szerkezeti anyagok felhasználásával készült

építményei is. Csarnokszerkezetektől hidakig a szerkezetek széles körében vezetett be új formákat, építési eljárásokat.

Kutatásainak eredményei közül számunkra talán vasbeton szerkezeti elemek vasalási rendszerei a legfontosabbak. Új oktatási elképzelései mindennek előtt nagy országok egyetemlein realizálhatók, de nagyon sok javaslata követendő lenne hazánkban is.

Polónyi professzor mindig hűséggel gondolt szülőhazájára. Számptalan magyar mérnököt segített a nemzetközi szakmai életben való szerepvállalásban, és tapasztalatok szerzésében. Gyakran ragadta meg a lehetőséget, hogy haza látogasson. A Magyarországon tartott értékes és érdekes előadásai a hazai mérnöktársadalom javára szolgáltak.

A **fib** Magyar Tagozata tisztelettel köszönti Polónyi Istvánt e szép jubileum alkalmából. Kívánjuk, hogy töretlen erővel, egészséggel gyarapítsa az építőipart és a tudományt, s a jövőben is sokáig köszönthessük még a magyar kollegáknak átadott tapasztalatait.

T. G.

DR. ALMÁSI JÓZSEF KÖSZÖNTÉSE 70. SZÜLETÉSNAJÁN



Palotás László-díjas tagtársunkat ünnepe-
ljük a jubiláris évfordulón.

1964-ben szerzett jeles minősítésű
szerkezetépítő szakos mérnöki oklevelet.
1972-ben summa cum laude minősítéssel
avatták egyetemi doktornak.

Mérnöki pályáját a Mélyépítő Vállalat-
nál kezdte. 1966-tól az ÉKME, ill. BME
Vasbetonszerkezetek Tanszékén tanársegéd volt. 1972-ben
nevezték ki adjunktussá. Egyetemi munkája során a tanszék
szinte valamennyi tárgyának oktatásában jelentős szerepet
vállalt. Mint gyakorlatvezető és előadó példamutató munka-
szeretettel foglalkozott a hallgatókkal. Jegyzetek, segédletek
kísérték oktatói tevékenységét. Tanszéki tevékenysége során
nagy számú ipari megbízást teljesített. Tervezési, szakértői,
laboratóriumi munkák hosszú sora fűződik nevéhez.

1993-tól 2010-ig a CAEC Kft. ügyvezető igazgatója volt.

Tervezői tevékenységének a sora hosszú. A legjelentőse-
bek kereskedelmi központok, irodaházak, oktatási és szociális
épületek. Foglalkozott műemléképületekkel, tervezett átalakítá-
sokat, felújításokat. Munkái között voltak szennyvízkezelő
műtárgyak, ipari- és raktárcsarnokok, sportlétesítmények.
Több létesítmény mélyépítési, alapozási és felmenő vasbeton
szerkezeteinek, valamint a lefedő acélszerkezetek tervei is ne-
véhez fűződnek. E helyen részletes felsorolásra nincs mód, de
példaként megemlíthetjük a MOM és az Aréna üzletközpontokat.

E két jelentős építmény tervezése közötti időszakban számos
új elv, módszer került ki Almási József keze alól.

Szakértői tevékenysége is elismerésre méltó. Mintegy 200
szakértői feladatot látott el változatos területeken.

Szakirodalmi munkássága is értékes. Hazai és külföldi pub-
likációi a vasbetonépítés szakirodalmát gyarapították. Nyolc
találmányát jegyezték be.

Részt vett a hazai és nemzetközi szakmai közéletben. Az
ÉTE tartószerkezeti tagozata elnökségi tagja, Tagja az MKK-
nak és az MTA műszaki mechanikai szakbizottságának, a
IABSE-nak, melynek keretében a Structural Engineering
levelező szerkesztője. Volt CEB munkabizottsági tag. A MMK
tartószerkezeti tagozatának elnöke, részt vesz a TMSZ etikai
bizottsága munkájában.

Az említett Palotás László-díjon kívül több elismerésben
volt része: Rektori dicséret (két ízben), Kiváló Munkáért
kitüntetés (Művelődésügyi Minisztérium, két alkalommal).
Kiváló feltaláló cím arany fokozata, 25 éves szolgálatáért
elismerés (BME rektora, 2001). A BME a tiszteleti docensi
címmel ruházta fel.

Dr. Almási József a **fib** Magyar Tagozatának megbecsült
tagja, e folyóirat többszöri szerzője. Jó barátunk, mindig
készséges segítők.

Kívánunk töretlenül végzett alkotó munkájához jó egészsé-
get, magánéletében hosszú időn át további sok örömet.

T. G.

DR. HAMZA ISTVÁN 65 ÉVES



Ünnepelt kollegánk 1968-ban szerzett épít-
ésmérnöki diplomát a BME-n. Pelikán
professzor inspirálására az Építészmér-
nöki Kar Szilárdságtani és Tartószerkezeti
Tanszékén, az MTA kutatócsoportjában
kezdett el dolgozni.

Fő érdeklődési területe a tartószerkeze-
tek kísérleti vizsgálata volt. A tanszék kis
laboratóriumában tette az első lépéseket.

A BME 1975 tavaszán felavatott Építőipari Laboratóriumában
folytatódott a munkája, ahol a tanszék modern laboratóriumá-
nak vezetője lett. Elsősorban a vasbeton anyagú tartószerkeze-
tek kísérleti vizsgálata és megerősítése foglalkoztatta, de más
anyagú szerkezetek kísérleti munkáit is végezte.

Egyik kutatásának tárgya a hálós vasalású vasbeton táblák
erőjátéka volt 1982-ben e témakörből írta meg egyetemi doktori
disszertációját. Később, az előzőek folytatásaként a repedés-
képződés és repedésszámítás valószínűség-elméleti alapon való
elemzése foglalkoztatta. Erről és egyéb munkákról több hazai
és külföldi konferencián számolt be és publikált.

Több hazai és külföldi aspiráns kísérleti munkáját segítette.
Ennek során nem szokványos feladatokkal találkozott: fa és
vasbeton gerendák éveken át tartó lassú alakváltozásának

vizsgálata, egyenletes terhelés létrehozása levegő, ill. víz
túlnyomás segítségével üvegtáblák, ill. T-keresztmetszetű
vasbeton gerendák vizsgálatánál, tetszőleges lehajlási alakra
beállítható fődémszerkezet az alakváltozások vizuális hatásá-
nak tanulmányozásához.

A kutatási munkák mellett részt vett a tanszék változatos
ipari megbízásainak teljesítésében és természetesen az okta-
tásban is. Majdnem valamennyi tárgy oktatásában részt vállalt.
1996-tól oktatói státuszban volt. Részt vett több oktatási anyag
kidolgozásában.

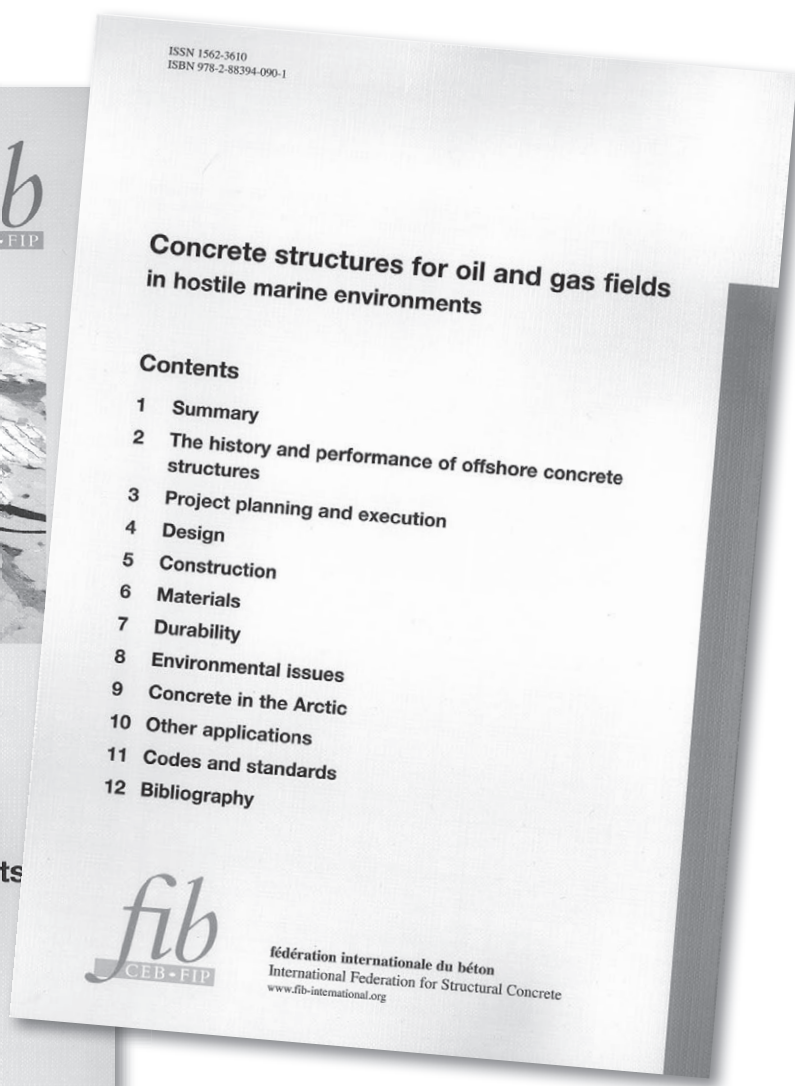
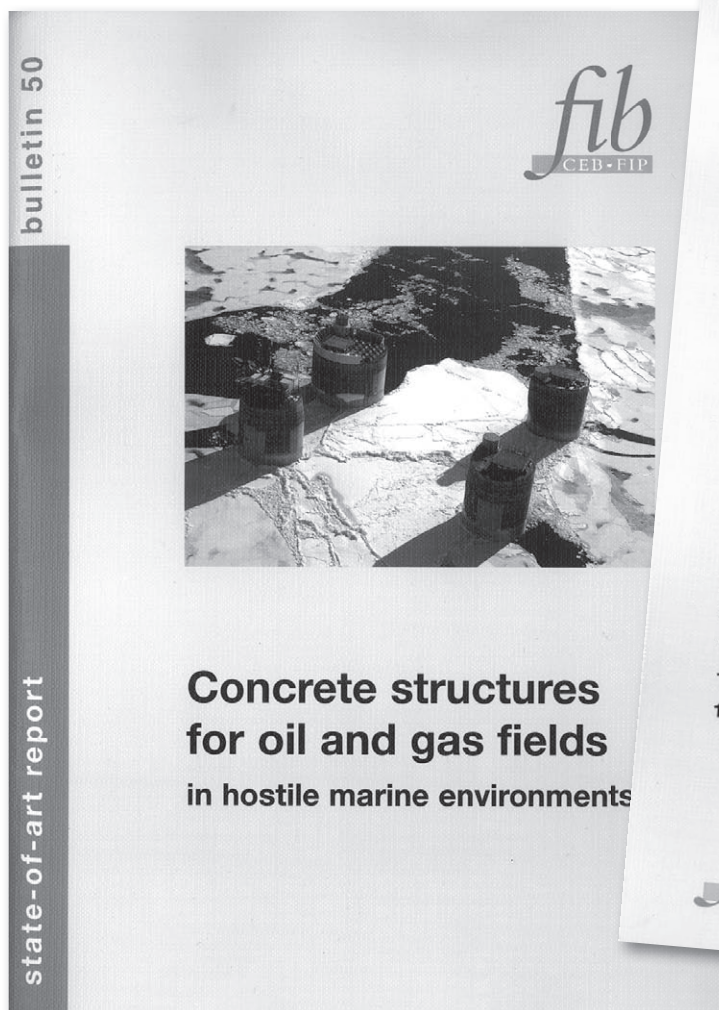
Tagja az ÉTÉ-nek, az MMK Tartószerkezeti Szakosztályá-
nak és a **fib** Magyar Tagozatának. Munkahelyéről 40 év után
vonult nyugállományba.

Dr. Hamza Istvánt munkatársai, hallgatói szerették és be-
csülték. Az általa vezetett laboratórium szomszédjai sokszor
élvezték segítő készségét.

A **fib** Magyar Tagozata egészségben, jólétben, kedve
szerint végzett munkában töltendő hosszú életet kíván az
ünnepeletnek.

T. G.

fib BULLETIN 50: CONCRETE STRUCTURES FOR OIL AND GAS FIELDS IN HOSTILE MARINE ENVIRONMENTS



Concrete offshore structures have been successfully delivered to the international oil and gas industry for more than 35 years. Some 50 major concrete platforms of different shapes and sizes, supporting large production and storage facilities, are currently operating in hostile marine environments worldwide and have excellent service records.

After some years with little development activity, today there is a renewed interest in robust structures for the Arctic environment, for Liquefied Natural Gas (LNG) terminals and for special floating barges and vessels. Currently, concrete solutions are being considered for projects north and east of Russia, north of Norway and offshore Newfoundland, among others.

Concrete is also in increasing demand in built up coastal areas for a variety of purposes such as harbour works, tunnels and bridges, cargo terminals, parking garages and sea front housing developments where durability and robustness are essential.

The mandate of *fib* Task Group 1.5 was to gather the experience and know-how pertinent to the development, design and execution of offshore concrete structures, and to elaborate on the applicability of concrete structures for the Arctic environments. The findings of the Task Group are presented in *fib* Bulletin 50.

The report is based on experience gained from the design, execution and performance of a number of offshore concrete structures around the world and in particular in the North Sea. Ongoing inspections have shown excellent durability and structural performance, even in structures that have exceeded their design lives, in conditions often characterized by extreme wave loads, freezing conditions, hurricane force winds and seismic actions. This forms the „background” for discussing the applicability of concrete structures for the Arctic regions.

Although to a large extent dedicated to oil- and gas-related structures, the report is also relevant to other marine applications where the same design principles, material selection criteria and construction methods apply.

fib Bulletin 50 is not in itself a code, nor is it a textbook. Rather, extensive reference is made to proven and readily available design codes and construction guides, as well as relevant papers and proceedings and other *fib* publications.

Pages: 36 pages

Price (non-member price), including surface mail: CHF 50

ISBN: 978-2-88394-090-1

To order these Bulletins, use the order form at www.fib-international.org/publications/order/.