

A *fib* MAGYAR TAGOZAT LAPJA

VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF *fib*



Dr. Lublós Éva – Czoboly Olivér –
Hlavička Viktor – Oros Zsolt –
Dr. Balázs L. György

TESTNEVELÉSI EGYETEM ATLÉTIKAI CSARNOK BUDAPEST, TÚZESET 2015. OKTOBER 15. – KÖVETKEZMÉNYEK

50

Pap Miklós – Dr. Mahler András –
Dr. Nehme Salem Georges

A BETONOKBAN TÖRTÉNŐ VÍZMOZGÁS VIZSGÁLATA ÉS MODELLEZÉSE

56

Kapu László – Neszter Róbert

LATVÁNYOS FEHÉRBETON FELÜLETEK AZ ORSZÁGHÁZBAN

64

POLYMER-DUCT SYSTEMS FOR INTERNAL BONDED POST-TENSIONING – *fib* BULLETIN 75

BENCHMARKING OF DEEMED-TO-SATISFY PROVISIONS IN STANDARDS – *fib* BULLETIN 76

70

SZEMÉLYI HÍREK

Dr. Józsa Zsuzsanna 65. születésnapjára

Dr. Hamza István 70. születésnapjára

Dr. Orbán József 70. születésnapjára

Dr. Scharle Péter

75. születésnapjára

71

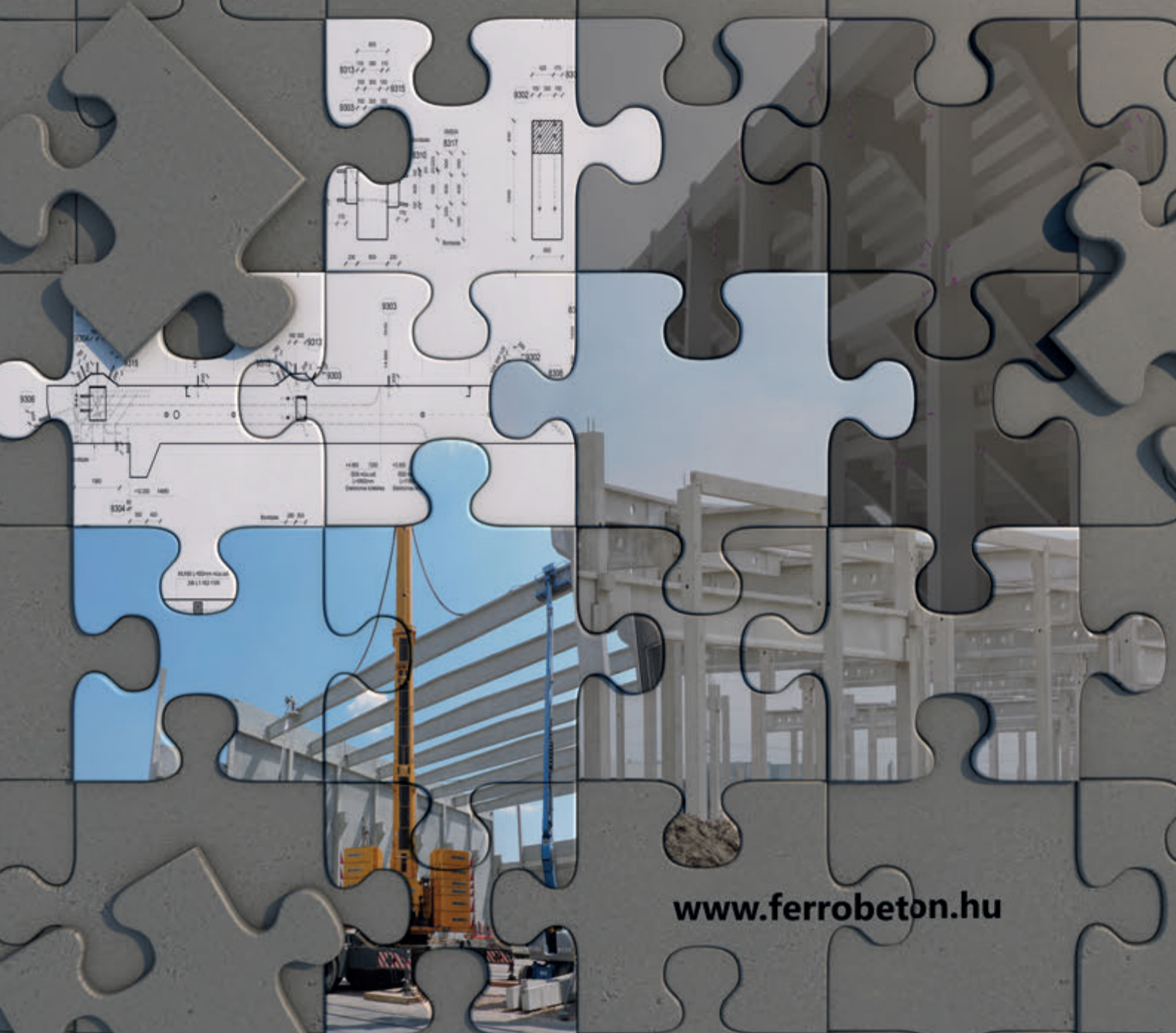
2015/3

XVII. évfolyam, 3. szám



FERROBETON

beton biztos alapokon



www.ferrobeton.hu

Főszerkesztő:

Dr. Balázs L. György

Szerkesztő:

Dr. Träger Herbert

Szerkesztőbizottság:

Dr. Bódi István

Dr. Csíki Béla

Dr. Erdélyi Attila

Dr. Farkas György

Kolozsi Gyula

Dr. Kopecskó Katalin

Dr. Kovács Károly

Lakatos Ervin

Dr. Lublóy Éva

Madaras Botond

Mátyássy László

Polgár László

Dr. Salem G. Nehme

Telekiné Királyföldi Antonia

Dr. Tóth László

Vörös József

Wellner Péter

Lektorai testület:

Dr. Dulácska Endre

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: Czoboly Olivér

Tervezőszerkesztő: Halmai Csaba

Nyomdai kivitelezés: Navigar Kft.

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

Címlapfotó:

Élet a betonon. „Imádok ezeken a lankákon
sétálgatni.”

Készítette: Balázs L. György

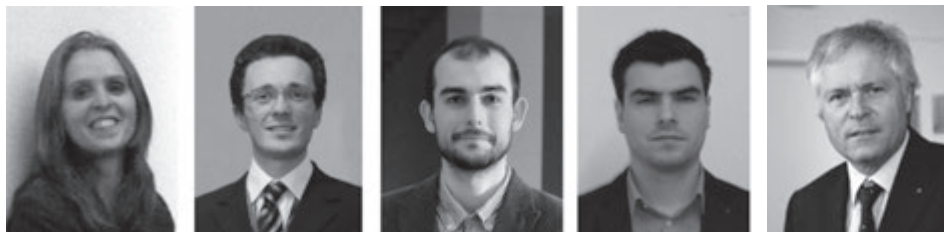
TARTALOMJEGYZÉK

- 50** Dr. Lublóy Éva – Czoboly Olivér – Hlavička Viktor –
Oros Zsolt – Dr. Balázs L. György
**TESTNEVELÉSI EGYETEM ATLÉTIKAI CSARNOK
BUDAPEST, TÚZESET 2015. OKTOBER 15. –
KÖVETKEZMÉNYEK**
- 56** Pap Miklós – Dr. Mahler András –
Dr. Nehme Salem Georges
**A BETONOKBAN TÖRTÉNŐ VÍZMOZGÁS
VIZSGÁLATA ÉS MODELLEZÉSE**
- 64** Kapu László – Neszter Róbert
**LÁTVÁNYOS FEHÉRBETON FELÜLETEK
AZ ORSZÁGHÁZBAN**
- 70** **POLYMER-DUCT SYSTEMS FOR INTERNAL
BONDED POST-TENSIONING –
fib BULLETIN 75**
- BENCHMARKING OF DEEMED-TO-SATISFY
PROVISIONS IN STANDARDS –
fib BULLETIN 76**
- 71** **SZEMÉLYI HÍREK**
Dr. Józsa Zsuzsanna 65. születésnapjára
Dr. Hamza István 70. születésnapjára
Dr. Orbán József 70. születésnapjára
Dr. Scharle Péter 75. születésnapjára

A folyóirat támogatói:

Vasúti Hidak Alapítvány, Duna-Dráva Cement Kft., ÉMI Nonprofit Kft.,
A-Híd Zrt., MÁV Zrt., MSC Mérnöki Tervező és Tanácsadó Kft.,
Lábatlani Vasbetonipari Zrt., Pont-Terv Zrt., Swietelsky Építő Kft., Uvater Zrt.,
Mélyépterv Komplex Mérnöki Zrt., Hidtechnika Kft.,
Betonmix Mérnökiroda Kft., CAEC Kft., SW Umwelttechnik Magyarország Kft.,
Union Plan Kft., DCB Mérnöki Iroda Kft.,
BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék,
BME Hidak és Szerkezetek Tanszék

TESTNEVELÉSI EGYETEM ATLÉTIKAI CSARNOK BUDAPEST, TÚZESET 2015. OKTOBER 15. – KÖVETKEZMÉNYEK



Dr. Lublóy Éva – Czoboly Olivér – Hlavička Viktor – Oros Zsolt – Dr. Balázs L. György

2015. október 15-én hajnali 5 óra körül tűz ütött ki a Testnevelési Egyetem közel 3000 m²-es atlétikai csarnokában. A tüzet kora délutánra sikerült teljesen eloltani. A csarnok tetőszerkezete beomlott. A létesítmény használhatatlanná vált. Jelen cikkünkben a tűzkárosult csarnokon szerzett elsődleges tapasztalatainkat foglaljuk össze. Láthatóvá válnak a tűz hatására bekövetkező károsodások az acél és a vasbeton szerkezeti elemekben. Emellett felhívjuk a figyelmet arra, hogy egy épület tűzállósági vizsgálatokor fontos az összeépített szerkezeti elemek együttes viselkedését is megvizsgálni, hiszen a vasbeton hiába viselkedik kedvezőbben a tűzterherre, ha acél szerkezeti elemekre terhel rá. Az acél tartószerkezet tönkremenetele eredményezheti a vasbeton szerkezeti elemek tönkremenetelét is.

Kulcsszavak: tüzeset, atlétikai csarnok, tűzterhelés, építőanyagok viselkedése tűzterherre

1. BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedekben több sajnálatos tüzeset is felhívta a figyelmet a szerkezetek tűzállóságának fontosságára. Világszerte kiemelt téma a szerkezetek megfelelő tűzállóságának biztosítása. Európában az Eurocode-ok bevezetésével kötelezővé vált az épületek tűzállósági méretezése, így 2011 óta Magyarországon a szerkezetek erőitani tervezése mellett el kell végezni azok tűzállósági tervezést is. Ahhoz, hogy minél kisebb károkat szenvedjen a szerkezet, illetve minél kevesebb áldozatot követeljen egy esetleges tüzeset, kiemelten fontos az épületek tűz közbeni viselkedésének megismerése.

Számos laboratóriumi kísérletet végeztek már, melyekben hőterhelésnek, vagy tűzterhelésnek vetettek alá egyes szerkezeti anyagokat, ill. szerkezeti elemeket (*Bikhi, El-Shafey, El-Hashimy, 2014*); *Czoboly, Lublóy, Balázs, Nehme, 2012*; *Czoboly, Majorosné Lublóy, Balázs, 2013*; *Phan, Carino, 2002*; *Tao, Yu, 2012*). Az anyagjellemzők hő, illetve tűz hatására bekövetkező változásának ismerete szükséges a pontosabb modellezhetőség és tervezhetőség miatt. Ezen túlmenően a szerkezeti elemek tűzterhelés közbeni együttműködésének ismerete is elengedhetetlen a szerkezetek tényleges viselkedésének megismeréséhez. Jelen cikkünkben is több olyan példát láthatunk, ahol egy másik szerkezeti elem tönkremenetele vezetett a betonelemek stabilitásvesztési tönkremeneteléhez.

2015. október 15-én hajnali 5 óra körül tűz ütött ki a Testnevelési Egyetem atlétikai csarnokában. A tüzet kora délutánra sikerült eloltani. Számos tudósítás tájékoztat az atlétikai csarnok tüzéről, aminek az oltása nem volt egyszerű (*1. ábra*). Mindezek mellett a szomszédos épületek megóvása is fontos feladattá vált. Jelen cikkünkben az atlétikai csarnok tűz utáni vizsgálatainak tapasztalatait ismertetjük, melyből megismerhető a vasbeton és az acél tartószerkezeti elemek tűz közbeni eltérő viselkedése. Emellett felhívjuk a figyelmet arra, hogy



1. ábra: A beomlott acél tetőszerkezet a tüzeset után (Testnevelési Egyetem tüzesete, 2015. okt. 15.)

egy épület tűzállósági vizsgálatokor fontos az összeépített szerkezeti elemek együttes viselkedésének a vizsgálata is.

2. AZ ÉPÜLET JELLEMZŐI

A Testnevelési Egyetem 1925-ben még Magyar Királyi Testnevelési Főiskola néven kezdte meg működését. 2000-től a Semmelweis Egyetem egyik karaként, majd 2014-től Testnevelési Egyetemenként működik tovább.

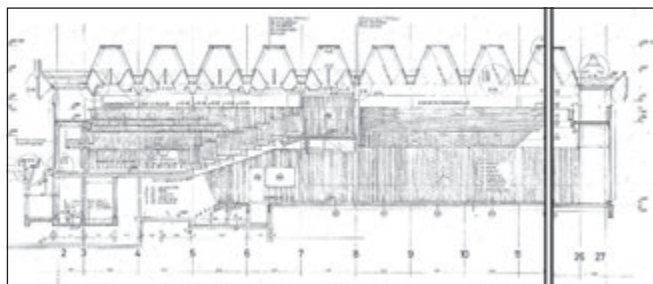
Az atlétikai csarnok épületéhez (*2. ábra*) közel helyezkedett el egy irodaház, melynek homlokzata lángot kapott (*3. ábra*). A csarnok oldalsó falai 3 cm mag-hőszigeteléssel ellátott, 8 cm vastag vasbeton panelok voltak. A panelekat belül faburkolattal látták el. A tető tartószerkezete acélból készült, drótháló erősítésű üveg bevilágító elemekkel (*4. ábra*). Az *5. ábrán* látható, hogy az üveg bevilágító és a csarnok faburkolata.



2. ábra: A Testnevelési Egyetem atlétikai csarnoknak elhelyezkedése a kampuszon belül (maps.google.hu, 2015)



3. ábra: A Testnevelési Egyetem atlétikai csarnok környezetének helyszínrajza (BME, 1974)



4. ábra: Az atlétikai csarnok hosszmeteszetének részlete (BME, 1974)

5. ábra: A leégett atlétikai csarnok tetőszerkezete és fa burkolata (tf.hu, 2011)



3. A TŰZESET ISMERTETÉSE

2015. október 15-én hajnalban (5 óra körül) a Testnevelési Egyetem atlétikai csarnoka kigyulladt. A közel 3000 m²-es csarnokban a tüzet kora délutánra (2 órára) sikerült eloltani.

Számos tudósítás tájékoztat az atlétikai csarnok tűzese-téről, aminek az oltása nem volt egyszerű, hiszen a tűzoltók nem tudtak bemenni az épületbe (6. ábra). Mindezek mellett a szomszédos épületek mentése is fontos feladattá vált lévén, hogy az atlétikai csarnok melletti iroda homlokzata is meggyulladt (7. ábra). A következő tudósítás jól leírja a helyzetet (24.hu, 2015): „A tűzoltók nagy erővel vonultak a helyszínre, csaknem húsz tűzoltóegység dolgozott a lángok megfékezésén. Az épület teteje beomlott, a létesítmény használhatatlanná vált. A közeli kollégiumot 250 embernek kellett elhagyni, de már visszatérhettek az épületbe... A szomszédos, négyemeletes irodaépület három szintje is égett, a tűzoltók több vízsugárral és magasból mentő szerek segítségével oltották a tüzet. Az épületnek csak a homlokzata lángolt, az ablakok törtek be és



6. ábra: Az égő atlétikai csarnok (langlovagok.hu, 2015)



7. ábra: Az atlétikai csarnok oltási munkái (langlovagok.hu, 2015)

sikerült megakadályozni a nagyobb károkat. A szomszédos uszoda épen maradt. Több mint 60 tűzoltó dolgozott a helyszínen, a fővárosi egységeken kívül a zuglói és rózsadombi önkéntesek segítették az oltást”.

Az origo.hu (2015) tudósítása szerint a tűz nem csak magát a szerkezetet veszélyeztette, hanem a benne levő értékeket is. Az atlétikai csarnokban keletkezett tűz során 160 magyar sportoló kézlenyomata sérült vagy semmisült meg, sajnos ezek közül több olyan is van, aki ma már nem él. Az atlétikai csarnokban számos olyan felszelés is megsemmisült, amit ott tároltak pl.: kondi gépek, kerékpárok, golf ütők, az atléták összes felszerelése is többek között.

A Kisalföld tudósítása szerint (kisalfold.hu, 2015) a tűz keletkezéséről nem sokat tudunk, bár a híradásokban elég gyorsan kizárták a szándékosságot. A tűz méreteihez valószínűleg nagymértékben hozzájárult az épület fűtési rendszere is, amelyről így tudósítottak: „A katasztrófa hajnalán a szivárgás miatt felgyülemlett gázt az automatikusan bekapcsoló fűtés lobbantotta lángra”

4. A SZERKEZETI ANYAGOK VISELKEDÉSE A TŰZ ALATT ÉS TŰZ UTÁN

4.1. Vasbeton szerkezeti elemek viselkedése

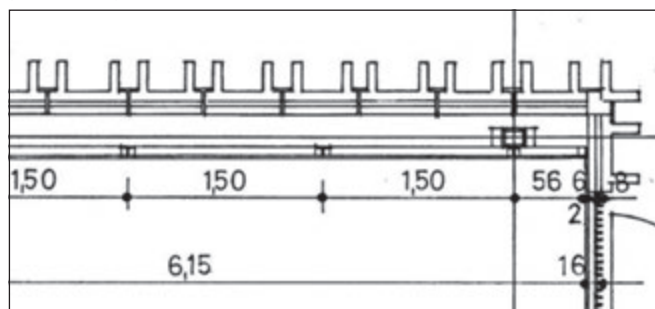
Az atlétikai csarnokhoz előregyártott vasbetonból készültek a homlokzati falpanelek (8. ábra), míg monolit vasbetonból az épület földemelei, melyek részben acél tartószerkezetre terheltek rá.

A vasbeton szerkezeteknél tűz hatására jellemzően a következő károsodási módok következhetnek be (Balázs, Lublóy, 2009):

- *anyagszerkezet leromlása*, amelynek okai lehetnek:
 - a cement és az adalékanyag eltérő hőtágulása,
 - belső vízgőznyomás (betonfedés *réteges leválása*),
 - a keresztmetszeten belüli, illetve az elem menti eltérő hőmérsékletek,
- *repedések kialakulása*,
- *túlzott lehajlások* (beleértve a hő hatására bekövetkező kúszás és fajlagos alakváltozás okozta növekményt),
- a beton és a betonacél közötti *tapadás* és lehorgonyzó képesség leromlása,
- *teherbírás vesztes* (beleértve a stabilitásvesztést és az át-szűrődést).

A következőkben összefoglaltuk, hogy az atlétikai csarnok tűzeseténél mely károsodási módokat tapasztaltuk és azokból mire lehet következtetni.

8. ábra: Az atlétikai csarnok alaprajzi részlete a vasbeton falpanellel (BME, 1974)



4.1.1. Anyagszerkezet leromlása

A hőmérséklet emelkedésével a beton szilárdsági jellemzői romlanak. A különböző hőmérsékleti tartományokban a betonban lejátszódó legfontosabb fizikai és kémiai folyamatok az 1. táblázatban vannak összefoglalva. A beton a lehűlés során sem nyeri vissza eredeti jellemzőit, mivel a hőterhelés hatására a beton szerkezetében visszafordíthatatlan változások következnek be. A beton anyagszerkezeti tönkremenetele mellett megfigyelhetjük a helyenként a betonfelület leválását is. A betonfelület leválása és a beton esetleges elszíneződése információt adhat a felület közelében kialakult hőmérsékletéről. Ez kiemelten fontos amiatt, mert 500 °C-ig tekintjük teherhordónak a betont.

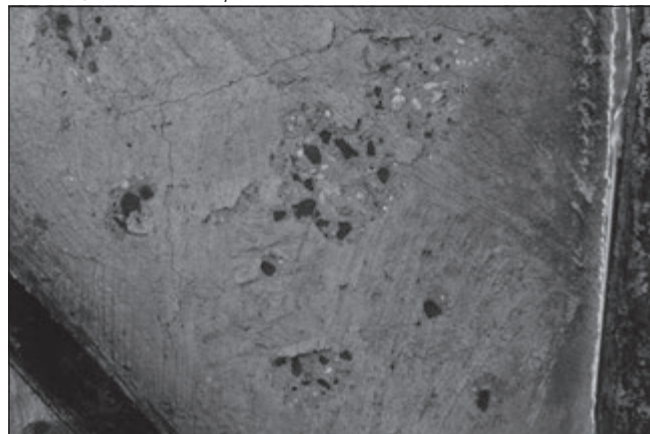
1. táblázat: A betonban lejátszódó folyamatok a hőmérséklet függvényében (Balázs et al., 2010)

Beton hőmérséklete	Folyamat
1200°C	az olvadás kezdete
800°C	kerámiai kötés bomlása
700°C	kalcium-szilikát-hidrátok
600°C	a kúszás erőteljes növekedése
500°C	kalcium-hidroxid (Ca(OH) ₂) bomlása
100–400°C	a betonfelületek réteges leválása szempontjából kritikus tartomány
300°C	a kvarckavics adalékanyagú betonok szilárdságvesztésének kezdete, néhány adalékanyag dehidratációja
100°C	hidrotermikus reakciók, a kémiaiilag kötött víz távozásának kezdete

A 9. ábrán látható, hogy a beton felülete elszíneződött, vörös árnyalatú lett, ez arra utal, hogy a hőmérséklet a beton felületén 500°C felett volt. A beton felületén mikro és makro repedések is keletkeztek. Megfigyelhető, hogy helyenként a beton felület levált, ami feltehetőleg az adalékanyag tönkremenetelével magyarázható.

A vasbeton szerkezeten, több helyen fenolftalein oldatos vizsgálatot végeztünk. A vizsgálatához kijelölt területen a betonfedést megváltuk, majd 0,1%-os alkoholos fenolftalein oldatot, porlasztásos módszerrel a friss törésfelületre juttattunk. Az oldat hatására, azokon a részekén, ahol a pH=9 értéknél nagyobb a felület kárminvörös (lila) színűvé alakul, míg ahol a pH<9, a beton színe nem változik meg. Ezt a vizsgálatot általában a karbonátosodási mélység megállapítására használják. Tűzkárosult vasbeton szerkezet esetén azért van szükség erre a vizsgálatra, mert 500 °C körül a Ca(OH)₂ átalakulása ugyanúgy

9. ábra: Felület leválása, felület elszíneződése (Testnevelési Egyetem tűzesete, 2015. okt. 15.)





10. ábra: A betonfedés leválása a vasbeton pillér élein (Testnevelési Egyetem tüzesete, 2015. okt. 15.)

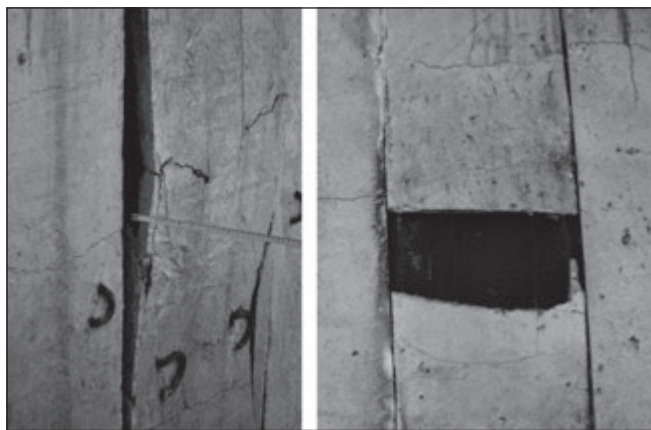
bekövetkezik, mint a karbonátosodás során. Tehát a fenolftalein oldattal kimutatható, hogy a betonszerkezet hőmérséklete hol és milyen mélységben haladta meg az 500 °C-t.

4.1.2. A betonfedés leválása

A magas hőmérséklet hatására megfigyelhető a vasbeton szerkezeti elemek betonfedésének réteges leválása (ún. spalling). Ennek fő oka, hogy magas hőmérsékleten a betonnak és az acélbetétnek eltérő hőtágulási együtthatója van, aminek következtében a betonacélokat takaró betonréteg lereped. Elsősorban a vasbeton pillérek és gerendák éleinél következik be a felület réteges leválása (10. ábra). Ennek egyszerű oka, hogy a saroknál az izoterma vonalak gyorsan elérhetik a betonacélok mélységét.

4.1.3. Repedések kialakulása

Mikro repedések mellett makro repedések is megjelentek a vasbeton falpanelek belső oldalán (11. ábra). Az egyoldali hőmérséklet teher következtében a vasbeton falpanelek belső oldali betonkérgé hamarabb felmelegedett, így nagyobb mértékű hőtágulása volt, mint a külső oldali betonkéregnek. Az eltérő mértékű alakváltozások következtében helyenként megfigyelhető a panelelemek belső oldali rétegének kihorpadása is. A 11. ábra bal oldali képén látható, hogy az emelőkampók környezetében nincs kihorpadás, ami a két vasbeton kéreg közti átkötő vasakkal magyarázható. A 11. ábra jobb oldali képén látható, hogy egyes esetekben a belső oldali beton kéreg kiesett, így ezeken a részeken a belső hőszigetelő mag és a külső oldali vasbeton kéreg közvetlen tűzhatást kapott.



11. ábra: Vasbeton falpanel belső kéregeleme összevált, helyenként deformálódott (Testnevelési Egyetem tüzesete, 2015. okt. 15.)

4.1.4. Túlzott lehajlások

Az acél tartószerkezetre terhelő monolit vasbeton közlekedő folyosó esetén nagymértékű lehajlások jöttek létre, ami az acélszerkezet jelentős szilárdság csökkenésével, illetve a beton kémiai átalakulásával magyarázható.

4.1.5. Vasbetonszerkezeti elemek viselkedése

A 12. ábrán az előregyártott vasbeton falpanelek és a monolit vasbeton födémlemez tönkremenetele látható. Megfigyelhető, hogy a betonelemek elmozdulását és tönkremenetelét mind a két esetben az acél szerkezeti elemek tönkremenetele okozta. Az álló falpanelek esetén megszűnt a kapcsolat az acél váz és a panelek között, így az 6,25 m magas, álló falpanelek a legkisebb vízszintes hatás következtében kifordulhattak a helyükről. A közlekedő folyosó betonelemeinek leszakadása szintén az alátámasztó acélgerendák tönkremeneteléből adódott.

4.2. Acél szerkezeti elemek viselkedése

Az acél tartószerkezetek a tűzzel szemben kevésbé ellenállóak, mint a beton, illetve a vasbeton szerkezetek. Az acélanyagú szerkezetek tűz esetén 10-15 perc után elvesztik teherhordó képességüket és összeomolhatnak (Schneider, Lebeda, 2000). Ez a magasépítési tűzgörbe szerint körülbelül 500 °C-os külső léghőmérsékletet jelent. Az acél 500 °C felett szilárdságának túlnyomó részét elveszti és nagy alakváltozásokra képes. Ha az alakváltozások nem mehetnek szabadon végbe, akkor a szerkezetben keletkező feszültségek a szerkezet tönkremeneteléhez vezethetnek. A Testnevelési Egyetem atlétikai csarnokának tetőszerkezete is viszonylag gyorsan meglágyult és tönkrement (13. ábra). Az acél rácsostartók ebben az esetben „rúdlánc” alakot vesznek fel, ami még képes lehet az önsúlyát megtartva stabil állapotba kerülni, ha a tartó felfekvésének rögzítése képes felvenni az ezzel járó igénybevételeket és alakváltozásokat. Az atlétikai csarnok esetén több esetben is megfigyelhető volt az acél tartó véglemezeinek rögzítő csavarjairól való leválása (14. ábra).

Tűzvédelmi szempontból az acélszerkezetek egyik jellemzősége, hogy nincs egyértelmű előjele a szerkezet tönkremenetelének, ami a mentést, illetve oltást veszélyeztetheti. A betonnal ellentétben az acélszerkezetek a lehűlés után szilárdságuk egy részét visszanyerik, tehát ha nem szenvednek túlzott alakváltozást, akkor a szerkezet kihűlés utáni összeomlása nem várható.



12. ábra: Stabilitásvesztéssel tönkrement vasbeton falpanel (bal oldali kép) és lemez (jobb oldali kép) (Testnevelési Egyetem tüzesete, 2015. okt. 15.)



13. ábra: Az acél tetőszerkezet a tüzeset után (Testnevelési Egyetem tüzesete, 2015. okt. 15.)



15. ábra: A hegesztési varrat tönkremenetele (Testnevelési Egyetem tüzesete, 2015. okt. 15.)



14. ábra: Az acél tartók véglemezeinek leválása a rögzítőelemekről (Testnevelési Egyetem tüzesete, 2015. okt. 15.)



16. ábra: Részben a hegesztési varrat, részben az acél anyagának tönkremenetele (Testnevelési Egyetem tüzesete, 2015. okt. 15.)

Számos esetben megfigyeltük a hegesztett kapcsolatok tönkremenetelét. Látható, hogy egyes csomópontoknál a hegesztési varrat ment tönkre (15. ábra), míg más esetekben (16. ábra) a hegesztési varrat mellett az acél szakadása is bekövetkezett.

5. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A Testnevelési Egyetem közel 3000 m²-es atlétikai csarnoka 2015. október 15-én hajnali 5 óra körül kigyulladt. Csaknem húsz tűzoltóegység dolgozott a lángok megfékezésén. A tüzet kora délutánra sikerült eloltani. A csarnok tetőszerkezete beomlott. A létesítmény használhatatlanná vált.

Az atlétikai csarnok melletti iroda homlokzata is meg-

gyulladt. Ez ismételten igazolja a megfelelő tűztávolságok biztosításának fontosságát.

Jelen cikkünkben az atlétikai csarnok tűz utáni vizsgálatainak tapasztalatait ismertettük. A tüzeset során a vasbeton több helyen elérte az 500 °C-t, amit a felület elszíneződése, felületi mikro repedései és a fenolftalein oldatos vizsgálatok jeleztek. A pillérek és gerendák élénél több helyen tapasztaltuk a felület réteges leválását (*spalling*). Az előregyártott falpanelek esetén kifordulás, a monolit lemezek esetén pedig leszakadás is megfigyelhető volt, ami az acél elemek tönkremenetele miatt következett be.

Az acélszerkezetek tönkremenetele hirtelen, előjelek nélkül is bekövetkezhethet, így oltásuk fokozott körütekintést igényel. Az acél tetőszerkezet viszonylag gyorsan meglágyult és állé-

konyságát elveszítette. Az acél rácsostartók „rúdlánc” alakot vesznek fel, ami még stabil állapotba kerülhet, ha a tartó felfekvésének rögzítése képes felvenni az ezzel járó igénybevételeket és alakváltozásokat. Az atlétikai csarnok esetén több tartónál is megfigyelhető volt a véglemezek rögzítőelemektől való elválása és a tartóvég lebillenése. Emellett több esetben megfigyeltük a hegesztett kapcsolatok tönkremenetelét is.

Az atlétikai csarnok tüzesetének fontos tanulsága, hogy egy épület tűzállósági tervezésekor fontos az összeépített szerkezeti elemek együttes viselkedését is megvizsgálni, hiszen a vasbeton hiába viselkedik kedvezőbben a tűzterherre, ha acél szerkezeti elemekre terhel rá. Az acél tartószerkezet tönkremenetelére eredményezheti a vasbeton szerkezetek tönkremenetelét is.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton is köszönjük a Testnevelési Egyetem kancellárjának, hogy engedély kaptunk a 2015. okt. 15-i tüzeset során károsult szerkezet vizsgálatára. Köszönet illeti továbbá Németh Nikolett egyetemi hallgatót, aki a bejárás során segítséget nyújtott.

7. HIVATKOZÁSOK

- Balázs L. Gy., Lublóy É. (2009), „Magas hőmérséklet hatása a vasbeton szerkezetek anyagaira” *VASBETONÉPÍTÉS* 2009/2, pp. 48-54
- Balázs L. Gy., Horváth L., Kulcsár B., Lublóy É., Maros J., Mészöly T., Sas V., Takács L., Vigh L. G. (2010): Szerkezetek tervezése tűzterherre az MSZ EN szerint (beton, vasbeton, acél, fa) *Oktatási segédlet*
- Bikhet M. M., El-Shafey N. F., El-Hashimy H. M. (2014): „Behavior of reinforced concrete short columns exposed to fire”, *Alexandria Engineering Journal*, évfolyam 53, szám 3, pp. 643–653.
- BME Középülettervezési Tanszék (1974): Magyar Testnevelési Főiskola Fedett Atlétikai Csarnoka”, *Építési Kivitelezési Terv*
- Czoboly, O. A., Lublóy, É., Balázs, L. Gy., Nehme, S. G. (2012): „Betonösszetétel egyes elemeinek hatása a hőterhelést követő, maradé nyomószilárdságra”, *VASBETONÉPÍTÉS* 2012/3, ISSN: 1419-6441, pp. 89-93.
- Czoboly, O. A., Majorosné Lublóy, É., Balázs, L. Gy. (2013): „Építőanyag választás hatása az épületek tűzállóságára”, „Impact of building materials on fire resistance”, XVII. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, ÉPKO 2013, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, ISSN 1843-2123, Csíksomlyó, pp. 74-80.
- kisalfold.hu (2015): „Kiderült miért égett le a TF Sportsarnoka”, http://www.kisalfold.hu/belfold_hirek/kiderult_miert_eggett_le_a_tf_sportsarnoka (letöltve: 2015. 12. 07.)
- langlovagok.hu (2015): „Lángba borult a Testnevelési Egyetem sportsarnoka a XII. kerületben”, Fotók: KFI, http://www.langlovagok.hu/html/galeria/9813_0.shtml (letöltve: 2015. 12. 10.)
- maps.google.hu (2015): <https://www.google.hu/maps?hl=hu> (letöltve: 2015. 12. 10.)
- origo.hu (2015): „Orbán kedden dönt a leégett TF-csarnokról”, <http://www.origo.hu/itthon/20151015tuzatestnevelisegyetemen.html> (feltöltve: 2015. 10. 15., letöltve: 2015. 11. 23.)

- Phan, L. T., Carino, N.J. (2002): „Effects of test conditions and mixture proportions on behaviour of high-strength concrete exposed to high temperatures”, *ACI Materials J.*, 99. szám, pp. 54-66.
- Schneider, U., Lebeda C. (2000), „Baulicher Brandschutz”, W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart ISBN 3-17-015266-1
- Tao Z., Yu Q. (2012): „Residual bond strength in steel reinforced concrete columns after fire exposure”, *Fire Safety Journal*, Vol. 53, pp. 19–27.
- tf.hu (2011): <http://tf.hu/hirek/9529/diplomaoszt-2/> (letöltve: 2015. 12. 08.)
- 24.hu (2015): „Porrá égett csarnok Budapesten – Pótolhatatlan a veszteség”, <http://24.hu/belfold/2015/10/15/oriasituzbudapestensportcsarnoklangol/> (feltöltve: 2015. 10. 15., letöltve: 2015. 11. 23.)

Dr. Lublóy Éva (1976) okl. építőmérnök (BME Építőmérnöki Kar 2001), adjunktus a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszékén (2008). Fő érdeklődési területei: vasbetonszerkezetek viselkedése tűz hatására, tűzkárok mérnöki tanulságai. A **fib** Magyar Tagozat tagja.

Czoboly Olivér Attila (1988) okleveles szerkezet-építőmérnök (MSc), doktorandusz (BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék). Fő érdeklődési területek: szálerősítésű betonok (FRC), nagy teljesítőképességű betonok (HPC), szerkezetek állapotvizsgálata, rekonstrukciós lehetőségek, tűzkárok mérnöki tanulságai. A **fib** Magyar Tagozatának és a **fib** tagja. A **fib** Commission 9 „Dissemination of knowledge” titkára.

Hlavička Viktor (1987) okl. szerkezet-építőmérnök (MSc), a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék doktorandusza. Fő érdeklődési területei: rögzítéstechnika, mechanika és ragasztott csapok betonokban való viselkedése és végelelemes modellezése, tűzkárosult szerkezetek és szerkezeti anyagok mérnöki tanulságai. A **fib** Magyar Tagozatának tagja.

Oros Zsolt (1989) munkavédelmi technikus, tűzvédelmi előadó, biztonságtechnikai referens a Testnevelési Egyetemen. Fő érdeklődési területei: sportbalesetek vizsgálata, mint munkabaleset és sportrendezvények tűzvédelmi biztosítása.

Dr. Balázs L. György (1958) okl. építőmérnök, matematikai szakmérnök, PhD, Dr. habil, egyetemi tanár, a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék vezetője. Fő érdeklődési területei: beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek (anyagok, laboratóriumi vizsgálata és modellezése), szálerősítésű betonok (FRC), nem acélanyagú (FRP) betétek, megerősítések anyagok és módjai (EBR, NSM), nagy teljesítőképességű beton (HPC), magas hőmérséklet anyagszerkezeti hatásai, tűzállóság, erőátadás betonban, vasbeton tartók repedezettségi állapota, vasbetonszerkezetek tartóssága, fenntartható fejlődés. A **fib** COM9 „Dissemination of knowledge” bizottság elnöke. További **fib** munkabizottságok bizottságok (SLS, FRC, FRP) tagja. A **fib** Magyar Tagozat elnöke. A **fib** tiszteletbeli elnöke (elnöki periódusa 2011-2012 volt).

Experiences of the fire case of athletic hall of the University of Physical Education in Budapest 15 Oct. 2015

Éva Lublóy – Olivér Czoboly – Viktor Hlavička – Oros Zsolt – György L. Balázs

At about 5 o'clock early morning 15 October 2015 the athletic hall of the University of Physical Education in Budapest, Hungary caught fire. The fire — in the nearly 3000 m² hall — could be extinguished by early afternoon. The steel truss roof system completely collapsed. The hall became unusable. It is intended to give herein first experiences about the behaviour of steel and concrete elements subjected to fire. Attention will be also called on elements of steel and concrete that were supported by each other.

A BETONOKBAN TÖRTÉNŐ VÍZMOZGÁS VIZSGÁLATA ÉS MODELLEZÉSE



Pap Miklós – Dr. Mahler András – Dr. Nehme Salem Georges

A betonokban történő vízmozgás leírása és modellezése a veszélyeshulladék-tárolók építésével napjainkban egyre fontosabbá vált. A talajmechanikában használatos elméletek és számítási módszerek lehetővé teszik a porózus közegben történő vízmozgás leírását, így akár a betonban történő vízáramlások elemzését is. A telítetlen közegekkel foglalkozó talajmechanika beolvadva a geotechnikai gyakorlatba egyre pontosabb vízmozgás vizsgálatokat tesz lehetővé. Mérési módszereit felhasználva elvégeztük különböző betonfajták áteresztőképességének és száradási víztartási görbéjének laboratóriumi méréseit. Majd talajmechanikai elméleteket felhasználva becsültük a beton nedvesedési víztartási görbéjét, melyből az áteresztőképesség függvényének meghatározásával tudtuk modellezni a szabványos beton vízzáróság vizsgálatot Midas GTS végeselemes programmal.

Kulcsszavak: áteresztőképesség, víztartási görbe, vízzáróság vizsgálat, végeselemes modellezés

1. BEVEZETÉS

A geotechnikában gyakori feladat a porózus anyagokban történő vízmozgásokhoz hasonló felszín alatti vízmozgások vizsgálata, modellezése. A vízmozgást leíró elméletek lehetővé teszik a porózus közegben történő vízmozgások számítását, így akár a betonban történő vízmozgás számítását, modellezését is. A kutatás célja annak a vizsgálat, hogy a talajmechanikában használatos fogalmak és számítási módszerek, milyen megbízhatósággal alkalmazhatóak a betonokban történő vízmozgások számításához és modellezéséhez.

2. ELMÉLETI HÁTTÉR

2.1. Telítetlen talajok feszültségi állapotváltozói

A telített talajok viselkedésének értelmezésében Terzaghi (1936) nagyon fontos szerepet játszott, az általa bevezetett hatékony feszültségnek köszönhetően a telített talajok mechanikája egységes, kontinuummechanikai megközelítéssel tárgyalhatóvá vált. A telítetlen talajokkal kapcsolatos mérnöki problémákat azonban egyedül esetenként, félig tapasztalati módszerekkel tudták csak megoldani megfelelő feszültségi állapotváltozó hiányában (Croney és társai, 1958; Bishop, 1959; Richards, 1966).

Kontinuummechanikai értelmezés szerint az állapotváltozók a rendszer állapotát az anyagjellemzőktől függetlenül jellemzik. A közöttük lévő kapcsolatot kifejező alapegyenletek általában egyértelműek. A teljes feszültség, a víz és a levegő feszültsége sem jellemzi külön egyértelműen a talaj állapotát, tehát a telítetlen talajok vizsgálatához megfelelő feszültségi állapotváltozó szükséges.

A gyakorlat és a használhatóság szempontjából lényeges, hogy a feszültségi állapotváltozók mérhető feszültségek függ-

vényében legyenek megadva. Telítetlen talajok esetén három változó mérése lehetséges: a teljes feszültség (σ), a pórulégnyomás (u_a) és a pórúsvíznyomás (u_w).

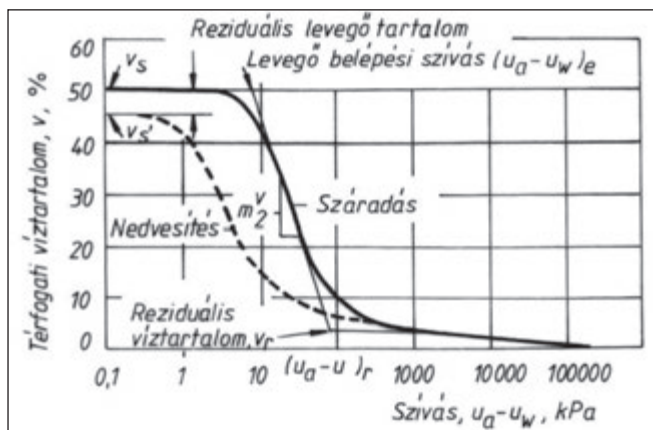
Telített talajok esetén a pórúsvíznyomás (u_w) és a teljes feszültség (σ) választható kiinduló értéknek az állapotváltozók meghatározásához. Ebben az esetben u_w szerepe általában elhanyagolható, mivel a víz kompresszibilitása kicsi és nincs nyírószilárdsága, így a $(\sigma - u_w)$ és az u_w két független feszültségi állapotváltozó használata elfogadott, tehát a telített talaj feszültségi állapotváltozója a hatékony feszültség.

Telítetlen talajok esetén a mérhető feszültségek száma eggyel növekszik, így a három referencia érték; a teljes feszültség, a pórulégnyomás (u_a) és a pórúsvíznyomás (u_w). A talajmechanikában a $(\sigma - u_a)$, $(u_a - u_w)$, u_a állapotváltozók kombinációja a leggyakrabban alkalmazott – ahol $(\sigma - u_a)$ a redukált vagy nettó feszültség, $(u_a - u_w)$ a szívás –, mivel a pórulégnyomás sok esetben állandó, megegyezik az atmoszférikus nyomással. Ebből következik, hogy a két legmegfelelőbb feszültségi állapotváltozó a telítetlen talajok leírására a redukált feszültség és a szívás (Imre és társai, 2009).

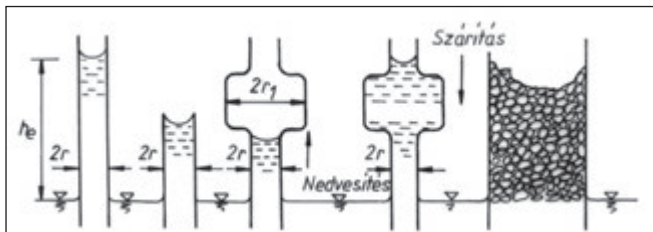
2.2. Víztartási görbe

A telítetlen talajok vizsgálatára legalkalmasabb és egyben a legfontosabb függvény a víztartási görbe, mely a talaj víztartalmát jellemzi a szívás függvényében. A víztartási görbe három jól elkülöníthető szakaszra bontható (1. ábra). Az első tartomány, amikor a szívás értéke kisebb, mint a levegő belépési szívás, ilyenkor a talaj gyakorlatilag telített állapotú, és a szakasz közel vízszintes. A második tartományon a szívás értéke fokozatosan nő a levegő belépési szívás értéke fölé, a víztartalom pedig nagymértékben csökken, miközben a levegőtartalom nő. Az utolsó szakaszon a görbe ellapul, azaz a reziduális szívás érték felett a víztartalom csak kismértékben csökken. A víztartási görbe alakja jelentősen függ a talajok szemeloszlásától.

A víztartási görbe különböző görbületen fut nedvesedési és száradási állapotban (1. ábra). A hiszterézis oka, hogy a talaj



1. ábra: A víztartási görbe három elkülöníthető szakasza és hiszterézise (Imre és társai, 2009)



2. ábra: A kapilláris cső modell (Imre és társai, 2009)

hézagsziszteme nem állandó átmérőjű, hanem szűkülő és táguló kapillárisrendszert alkot. A kapilláris cső modell alkalmazható a természetben előforduló talajviszonyok leírására (2. ábra). A felületi feszültségnek köszönhetően tiszta vékony csőben a desztillált víz képes a maximális vízoszlop magasságig felemelkedni, azonban a cső hossza befolyásolja az emelkedés nagyságát. A kapilláris cső szélesedése is jelentős hatással bír a víz emelkedésére. Az első esetben a vízbe helyezett csőben a szélesedés meggátolta, hogy a maximális magasságig emelkedjen a kapilláris víz. A második esetben, a vízszint alá merítve a csövet a vízszint nagyobb szélességű szakasz fölé tudott emelkedni. A száradási egyensúlyi magasság tehát nagyobb lesz, mint a nedvesedési egyensúlyi vízoszlop magasság, így a nedvesedési víztartási görbe a száradási víztartási görbe alatt fut (Fredlund és társai, 2012).

3. KÍSÉRLETEK

3.1 A kísérletek célja

A vizsgálat a telített beton áteresztőképességi együtthatójának és a száradási víztartási görbéjének meghatározására irányult, továbbá a kísérletek részét képezte a próbakockák szabványos vízzáróság vizsgálatának elvégzése. A keveréseket hat betonreceptúra alapján készítettük el, a köztük lévő különbséget a cementfajta és a cement adagolása jelentette.

A betonra vonatkozó kísérleti paraméterek

A beton összetételére vonatkozó kísérleti állandó az adalékanyagok szemeloszlási görbéje és a víztartalom ($v = 177 \text{ liter/m}^3$) volt. Az 1. táblázat alapján a kísérleti változók a beton összetételére vonatkozóan az egyes keverések esetén, a cement adagolása (300 kg/m^3 ; 360 kg/m^3 ; 420 kg/m^3) és a cement fajta (CEM II A-S 42,5 N; CEM I 42,5 N-S) volt.

1. táblázat: Betonösszetételre vonatkozó kísérleti változók

Beton-összetétel	Cement mennyisége (kg/m^3)	Cement fajta	Víz-cement tényező
1. betonreceptúra	300	CEM II A-S 42,5 N	0,59
2. betonreceptúra	360	CEM II A-S 42,5 N	0,49
3. betonreceptúra	420	CEM II A-S 42,5 N	0,42
4. betonreceptúra	300	CEM I 42,5 N-S	0,59
5. betonreceptúra	360	CEM I 42,5 N-S	0,49
6. betonreceptúra	420	CEM I 42,5 N-S	0,42

Az első három keverés esetén CEMIIA-S 42,5 N típusú cementet használtunk, mely összetett heterogén portlandcement, 80-94 %-ban klinkerásványt, 6-20 %-ban kohósalakot tartalmazott. A 4-6. receptúrák esetén CEM I 42,5 N-S volt a kötőanyag, mely homogén portlandcement, 95-100 %-ban klinkerásványt tartalmazott (Szegőné Kertész és társai, 2008).

A receptúránként 3 db $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$ méretű próbatesteket a szabványoknak megfelelően vegyesen tároltuk (7 napig víz alatt, majd 28 napos korig laborhőmérsékleten).

Laboratóriumi kísérleti paraméterek

Mindegyik laboratóriumi vizsgálat esetén receptúránként 8 db 20 mm magas és 38 mm átmérőjű henger alakú telített betonmintát elemeztünk. Az áteresztőképességi együttható vizsgálata közben a víznyomás értékét szabályoztuk állandó (100 kPa ; 200 kPa ; 300 kPa) és változó értéken ($5-10 \text{ kPa}$), illetve mértük az átszivárgott vízmennyiséget.

A száradási víztartási görbe meghatározása során a szívás nagyságát szabályoztuk ($0,1 \text{ kPa}$; $0,25 \text{ kPa}$; 1 kPa ; $3,2 \text{ kPa}$; 10 kPa ; $251,2 \text{ kPa}$) és mértük a víztartalmat, a minták tömegének mérésével.

3.2. Vízzáróság vizsgálat

A MSZ EN 12390-8:2009 előírás szerint a szabványos beton vízzáróság vizsgálat során 5 bar víznyomásnak 72 ± 2 órán kitett $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$ méretű próbatest legnagyobb vízbehatolási mélységét kell vizsgálni, és ez alapján osztályba sorolni. A nyomásnak kitett betonfelületet vizsgálat előtt érdesítettük, és a folyamat során figyelemmel kísértük, hogy a próbatest felületén átnedvesedés ne alakuljon ki (Balázs és Kausay, 2010).

3.3. Geotechnikai laboratóriumi vizsgálatok

Az áteresztőképesség mérését átalakított triaxiális cellában és változó víznyomású készülékben végeztük el (Kabai, 2005). Mindegyik mintát először 100 kPa , majd 300 kPa nyomáson vizsgáltuk. A 4. betonreceptúra alapján kevert négy mintát változó víznyomású készülékben $5-10 \text{ kPa}$, azaz alacsony nyomáson is mértük. A kapott eredmények függvényében szükséges pótméréseket 200 kPa nyomáson folytattuk le.

A beton minták száradási víztartási görbéjének meghatározását gravitációs módszerrel és nyomás membrános készülékkel végeztük el (Imre és társai, 2009). A gravitációs módszer segítségével a $0,1 \text{ kPa}$ és 100 kPa közötti szívás tartományon,

összesen öt szívás értéken (0,1 kPa; 0,25 kPa; 1 kPa; 3,2 kPa; 10 kPa) vizsgáltuk a minták víztartalmát. A nyomásmembrános készülék tengely eltolási technikája nagyobb szívás értékek létrehozását tette lehetővé. A készülékkel a talajtani vizsgálati módszerekhez igazodva a $10^{3,4}$ cm magas vízszlopnak megfelelő, azaz 251,2 kPa szívás értékhez tartozó víztartalmat határoztuk meg.

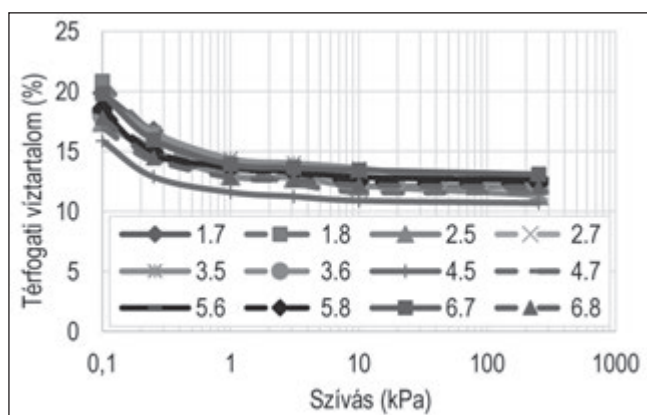
4. A MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

4.1. Az áteresztőképesség vizsgálat értékelése

A 2. táblázat az áteresztőképesség vizsgálat eredményeit mutatja. A telített betonok áteresztőképességi együtthatójának $4,36 \cdot 10^{-11} - 8,38 \cdot 10^{-10}$ m/s közötti értékeket kaptunk, ami egy szűk tartomány, figyelembe véve, hogy a betonokat széles tulajdonság-tartományban vizsgáltuk. Az áthúzott eredmények az adott mintára vonatkozó tendenciától eltérő eredményeket jelentik.

2. táblázat: A betonminták mért áteresztőképesség értékei

Minta száma	Áteresztőképességi együttható (m/s)				Átlagérték
	5-10 kPa	100 kPa	200 kPa	300 kPa	
1.1.	-	1,48E-10	1,27E-10	5,77E-10	1,79E-10
1.2.	-	8,48E-11	-	8,48E-11	
1.3.	-	2,27E-10	-	2,82E-10	
1.4.	-	1,27E-10	3,49E-10	7,91E-10	
2.1.	-	2,05E-10	1,54E-10	7,18E-10	4,73E-10
2.2.	-	5,26E-10	-	4,73E-10	
2.3.	-	7,30E-10	-	7,51E-10	
3.2.	-	1,03E-10	1,03E-10	8,24E-11	3,56E-10
3.3.	-	8,32E-10	-	4,68E-10	
3.4.	-	3,15E-10	-	3,15E-10	
4.1.	1,26E-10	1,05E-09	2,11E-10	5,27E-10	1,96E-10
4.2.	2,67E-10	1,41E-09	3,84E-10	5,33E-10	
4.3.	4,64E-11	5,37E-11	-	5,37E-11	
4.4.	4,36E-11	5,18E-11	-	5,18E-11	
5.1.	-	4,66E-10	-	2,12E-10	3,47E-10
5.2.	-	2,12E-10	1,06E-10	5,31E-11	
5.3.	-	8,38E-10	-	5,24E-10	
5.4.	-	2,09E-10	-	2,09E-10	
6.1.	-	3,16E-10	1,05E-10	1,05E-10	1,33E-10
6.2.	-	3,11E-10	-	1,45E-10	
6.3.	-	1,05E-10	-	1,05E-10	
6.4.	-	1,04E-10	-	8,31E-11	



3. ábra: A betonminták mért víztartási görbéi

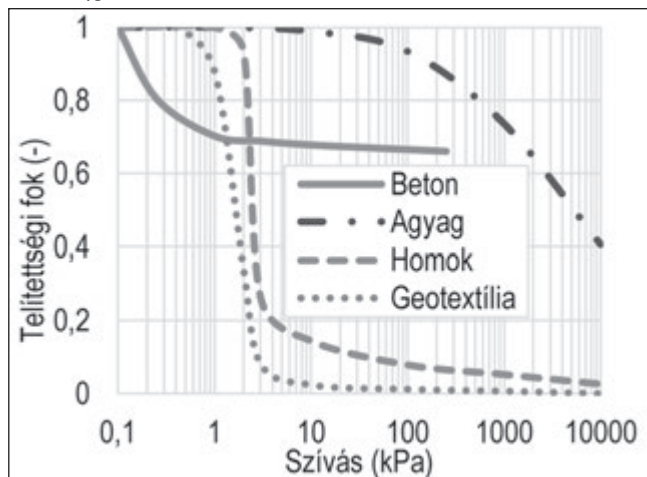
4.2. A beton és a talaj víztartási görbéinek összehasonlítása

A víztartási görbe egyik legfontosabb telítetlen talaj függvény, a talaj vízviasszatartó hatását jellemzi. A betonminták vizsgálata során nehézséget jelentett, hogy korábbi betonokra vonatkozó mérési eredmények nem álltak rendelkezésünkre. Kiindulási alapul vettük, hogy a beton összetett pórusrendszere következtében kis szívás növekedés hatására hirtelen kezdődik a vízleadási folyamat. Az összetett pórusrendszert a nagyobb átmérőjű nyitott légpórusok és a kisebb átmérőjű kapilláris pórusok alkotják (Nehme, 2009).

A térfogati víztartalomértékeket a szívás függvényében szemilogaritmus koordináta-rendszerben a 3. ábra szemlélteti. Az ábrán jól látható a görbék hasonlósága, a lefolyásukban tapasztalható különbségek kis mértéke. A minták – kapilláris rendszerétől függően – különböző víztartalom értéknél érik el a telített, kiinduló állapotot. A víztartalom 1 kPa szívás értékig meredeken csökken, utána csak minimálisan, közel konstans víztartalom értékre áll be betonfajtától függetlenül a mérési eredmények alapján. A görbe lefolyása valószínűsíthetően lépcső alakú az összetett pórusrendszer következtében (5. ábra), azonban nagyobb szívás mérésre nem állt rendelkezésünkre mérőberendezés.

A 4. ábra a beton, az agyag, és a homok jellemző víztartási görbéjét ábrázolja. Tanulmányokat folytattak egyéb mélyépítésben használatos anyagok víztartási görbéjének meghatározására is (Park és Fleming, 2006), az ábrán tájékoztatásként a geotextília görbéjét is bemutatjuk. Ebben az ábrázolásban a függőleges tengelyen a telítettség fok szerepel a víztartalom

4. ábra: A beton, az agyag, a homok és a geotextília jellemző víztartási görbéjének összehasonlítása (Imre és társai, 2009 és Park és Fleming, 2006 alapján)



helyett. A szívás növekedésével a beton nagy mennyiségű vizet ad le 1 kPa szívásig, majd végül közel konstans víztartalom értékre áll be 251,2 kPa szívás értékig. A jelenség a beton összetett pórusrendszerével magyarázható. A betonban található nyitott légpórusokból – melyek a tömörítetlenség következtében jöttek létre – a víz kis szívás hatására is gyorsan távozik, mivel gravitáció hatására jön létre a vízmozgás. A beton szilárdulása során elpárolgó víz kapilláris pórusokat hoz létre, melyben a fellépő felületi feszültség nagysága akadályozza, hogy a víz távozzon a beton szerkezetéből egy a felületi feszültség nagyságától függő szívás értékig. Az agyagokban található kapilláris rendszerben fellépő felületi feszültség és az agyagszemcsék kolloid felületén fellépő adszorpció együttes hatása akadályozza a víz távozását.

4.3. A víztartási görbe illesztése és a telítetlen áteresztőképesség meghatározása

A telítetlen áteresztőképesség meghatározása nehéz és hosszadalmas feladat. Ebből az okból alakultak ki a közelítő eljárások, melyeket kombinált módszereknek nevezünk. Ezek a módszerek a víztartási görbe alapján számítják az áteresztőképesség-víztartalom függvényt, csupán egy mért adat szükséges, mely lehet a telített állapotú áteresztőképességi együttható is. A modellek alapelve, hogy a víztartási görbe mért pontjaira illesztett függvény paramétereit felhasználva adják meg az áteresztőképesség-szívás függvényt. A szakirodalomban javasolt függvények közül van Genuchten (1980) illetve Fredlund és Xing (1994) modelljét alkalmaztuk.

Van Genuchten (1980) illesztési modellje a következő:

$$v = v_r + \frac{v_s - v_r}{[1 + (as)^n]^m} \quad (1)$$

Az (1) jelű egyenletben v a térfogati víztartalom, s a szívás, v_s telített víztartalom érték, v_r a reziduális víztartalom érték, a , n és m illesztési paraméterek.

A van Genuchten (1980) modellje a fenti paraméterek felhasználásával számítja a telítetlen áteresztőképességet:

$$k_r = \frac{\{1 - (as)^{n-1} [1 + (as)^n]^{-m}\}^2}{[1 + (as)^n]^{m/2}} \quad (2)$$

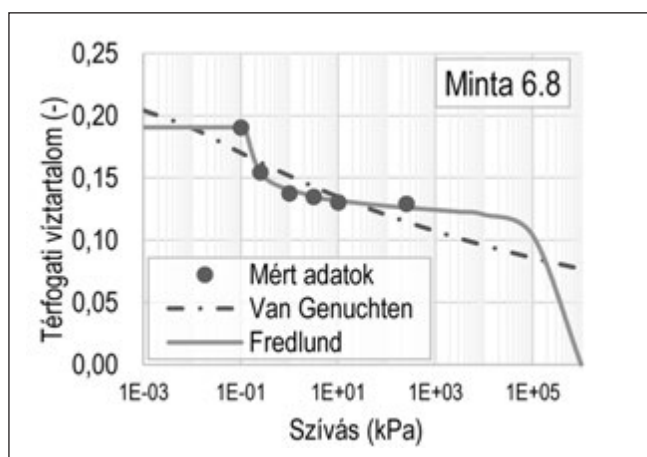
Fredlund és Xing (1994) modellje esetén a víztartási görbe az alábbi függvénnyel írható le:

$$v = v_s \cdot \left[1 - \frac{\ln(1 + (s/h_r))}{\ln(1 + (10^6/h_r))} \right] \cdot \frac{1}{\left\{ \ln(e + (s/a)^n) \right\}^m} \quad (3)$$

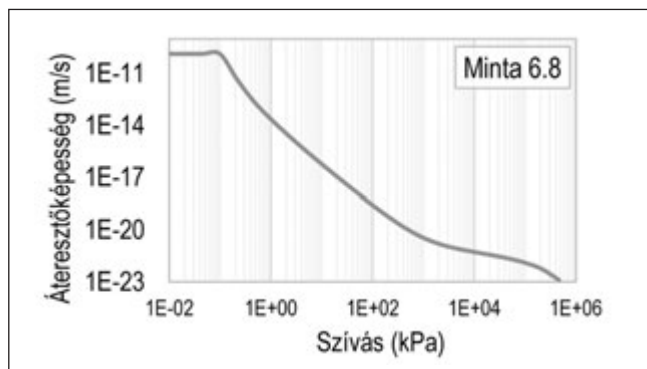
A (3) jelű egyenletben v_s a telített térfogati víztartalom, s a szívás, h_r egy konstans, mely a reziduális víztartalomhoz tartozó szívás értéket jelenti (általában 10^6 kPa az értéke), a , n és m illesztési paraméterek (Park és Fleming, 2006).

Az illesztett víztartási görbe segítségével a telítetlen áteresztőképesség normált függvénye Fredlund és társai (1994) szerint a következő képlettel számítható:

$$k_r(s) = \frac{\int_{\ln(s)}^b \frac{v(e^y) - v(s)}{e^y} v'(e^y) dy}{\int_{\ln(s_{av})}^b \frac{v(e^y) - v_s}{e^y} v'(e^y) dy} \quad (4)$$



5. ábra: A 6.8 jelű minta illesztett víztartási görbéi



6. ábra: Az áteresztőképesség a szívás függvényében Fredlund és társai (1994) modell esetén – Minta 6.8

A (4) jelű egyenletben b konstans, melynek az értéke $\ln 10^6$, y integrálási változó, mely a negatív pórus víznyomás logaritmusát jellemzi, s_{av} a kiinduló szívás érték (Park és Fleming, 2006).

Az 5. ábra a 6.8 jelű minta Fredlund és Xing (1994) illetve van Genuchten (1980) modellje alapján illesztett víztartási görbéjét mutatja. Az ábra alapján belátható, hogy a Fredlund és Xing modell használatával valóban sokkal jobban közelíthetők a mért adatok. A van Genuchten modellel generálható görbék alakja nem egyezik a beton esetén tapasztalt adatokkal. Ennek oka, hogy görbe leírására szolgáló képlet nem annyira „flexibilis”, mint a másik esetben. A Fredlund és Xing modellt más anyagok (pl. geotextília) (Park és Fleming, 2006) vizsgálatánál is jónak találták, és most betonok esetén is megfelelőnek bizonyult a víztartási görbe illesztésére.

A 6. ábrán a szívás és áteresztőképesség kapcsolata látható, mely jól mutatja, hogy a szívás kis növekedése, azaz a víztartalom kis csökkenése is jelentős, nagyságrendű áteresztőképesség csökkenést eredményez.

5. A SZABVÁNYOS BETON VÍZZÁRÓSÁG VIZSGÁLAT MODELLEZÉSE

5.1. A nedvesedési víztartási görbe meghatározása

A nedvesedési víztartási görbe mérése nagyon időigényes és költséges feladat, ezért becslésére különböző modellek alakultak, melyek kihasználják a víztartási görbék jellegzetes tulajdonságait. Azzal a feltételezéssel élve, mely szerint a nedvesedési és száradási víztartási görbe párhuzamos és

egybevágó egymással, a száradási görbe laterális eltolásával megkaphatjuk a nedvesedési görbét.

A nedvesedési görbe mindig a száradási görbe alatt fut, tehát mindig balra tolódik a víztartási görbe függvényén. Ahhoz, hogy a száradási göréből megkapjuk a nedvesedési görbét, meg kell határozni a változás mértékét. Ezt a vízszintes eltolódást befolyásoló paramétert ξ -vel jelöljük, és laterális váltásnak nevezzük (Fredlund és társai, 2011).

A víztartási görbe vízszintes eltolása szemilogaritmikus ábrázolás módjában definiálható, tehát a laterális váltás 100 % értéke a görbe egy logaritmus skálával csökkenő irányba történő eltolását jelenti. A nedvesedési és a száradási víztartási görbe közti váltást a következőképpen határozhatjuk meg:

$$\xi = 100[\log(s_{ad}) - \log(s_{aw})] \quad (5)$$

Az (5) jelű egyenletben s_{ad} a szívás a száradási görbe valamely pontján, s_{aw} a szívás a száradási görbe szívasértékénél mért víztartalom értéknek a nedvesedési görbén megfeleltethető pontjában. Az előbbi képlettel a görbe bármelyik pontjából meghatározható a laterális váltás (Fredlund és társai, 2011; Pham és társai, 2003).

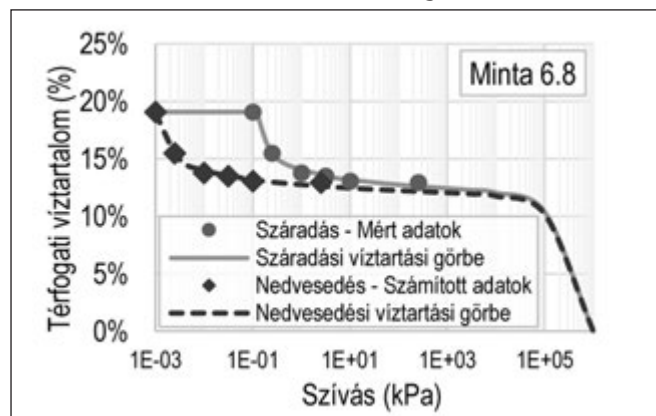
A képletet átrendezve a laterális váltás felhasználásával lehetőségünk van kifejezni a szívás értékét a nedvesedési görbén a száradási görbén mért értékből:

$$s_w = 10^{(\log s_d - \xi/100)} \quad (6)$$

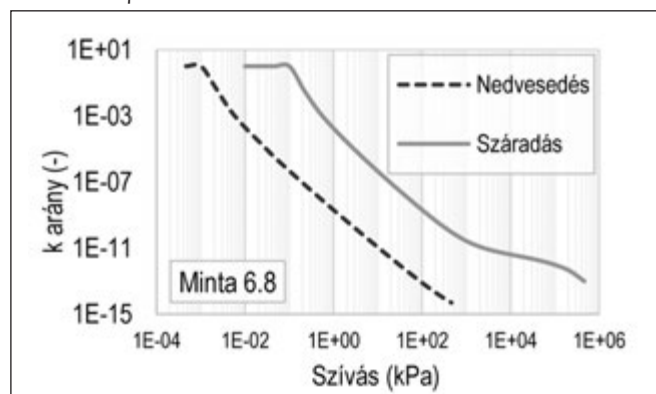
A (6) jelű egyenletben s_w a szívás a nedvesedési görbén, s_d a szívás a száradási görbén, ξ a laterális váltás.

Szakirodalmi adatok bizonyítják, hogy a nedvesedési és a száradási görbe közötti eltolódás agyagtalajok esetén a legnagyobb (kb. 50-100), míg a legkisebb váltás homoktalajok (kb. 15-35) esetén tapasztalható (Fredlund és társai, 2011).

7. ábra: A beton számított és mért víztartási görbéi



8. ábra: Az áteresztőképesség normált függvénye nedvesedési és száradási állapotban



Mivel a szabványos vízzáróság vizsgálat során a beton légszáraz állapotból kerül nedves állapotba, a számításokhoz a nedvesedési víztartási görbe szükséges. A nedvesedési víztartási görbe becslésére a korábban mért száradási görbét használtuk fel a laterális váltás segítségével (7. ábra). Mivel a beton áteresztőképessége alapján az agyagtalajhoz áll legközelebb, ezért kiindulási értéknek 100 körüli eltolás értéket határoztunk meg. A számítás során a laterális váltás az egyetlen változó paraméter, mely befolyásolja a beton tulajdonságait, így ennek az iteratív változtatásával kerestük a mért vízzáróság eredményekhez legközelebb álló modellt a Midas GTS végeselemes program segítségével, azaz a vízzáróság vizsgálat back analysis-ével állítottuk elő a beton jellemzőit.

Fredlund és társai (1994) modelljével számítható a telítetlen áteresztőképesség a szívás függvényében (8. ábra). A száradási áteresztőképességi függvény meghatározásához hasonlóan végeztük a kalkulációt ebben az esetben is.

5.2. A geometria felvétele

Korábban láthattuk, hogy a szabványos vízzáróság vizsgálatot 150×150×150 mm méretű betonkockákon végeztük el. A modellezés során a geometria felvételénél a számítás gyorsítása és egyszerűsítése végett a szimmetria viszonyokat kihasználva a próbatestnek csak negyedét modelleztük (9. ábra).

Az alkalmazott próbakockák mérete alapján egy 75 mm átmérőjű körfelületen 5 bar víznyomásnak kitett próbatest vízbehatolás mélységét vizsgáltuk. A végeselem háló kialakítása során a háromszög alapú hasábelemeket alkalmaztunk. Az elemek sűrítését a vízbehatolás helye határozta meg, tehát a függőleges oldalakon a modell felső részében, míg a vízszintes lapon a víznyomást előidéző negyed körfelületen sűrítettük az elemeket az eredmények pontosítása céljából. A bemutatott végeselemes hálózatot finomabb hálóval végzett számítással validáltuk.

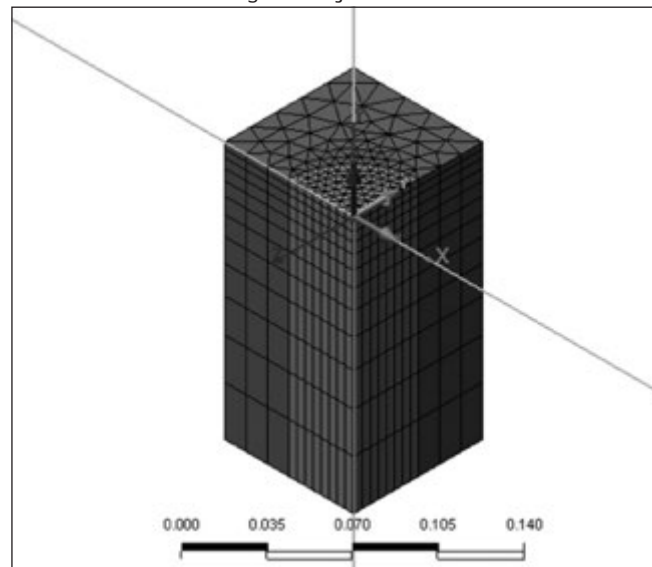
5.3. Anyagtulajdonságok

Mivel modellezésünk áramlási folyamatok vizsgálata, ezért az anyagtulajdonságok során csak a vízmozgást befolyásoló paramétereket kell megfelelően beállítanunk:

- telített áteresztőképességi együtthatók,
- kezdeti térfogati víztartalom értékek,
- beton függvények.

A számításhoz a 2. táblázat utolsó oszlopában megadott áteresztőképesség értékeket használtuk. A számítások során

9. ábra: A felvett modell geometriája



a betont áteresztőképesség szempontjából izotrópnak feltételeztük.

A kezdeti víztartalom meghatározásához a vízzáróság vizsgálat során alkalmazott próbatesteken mért víztartalom értékeket receptúránként átlagoltuk, így a kapott betonminőséget jellemző átlagértékekkel végeztük a kalkulációt (3. táblázat).

3. táblázat: A kezdeti térfogati víztartalom értékek a próbatesteken mért adatok alapján

Receptúra száma	Kiindulási térfogati víztartalom (-)
1	0,047
2	0,054
3	0,052
4	0,048
5	0,055
6	0,053

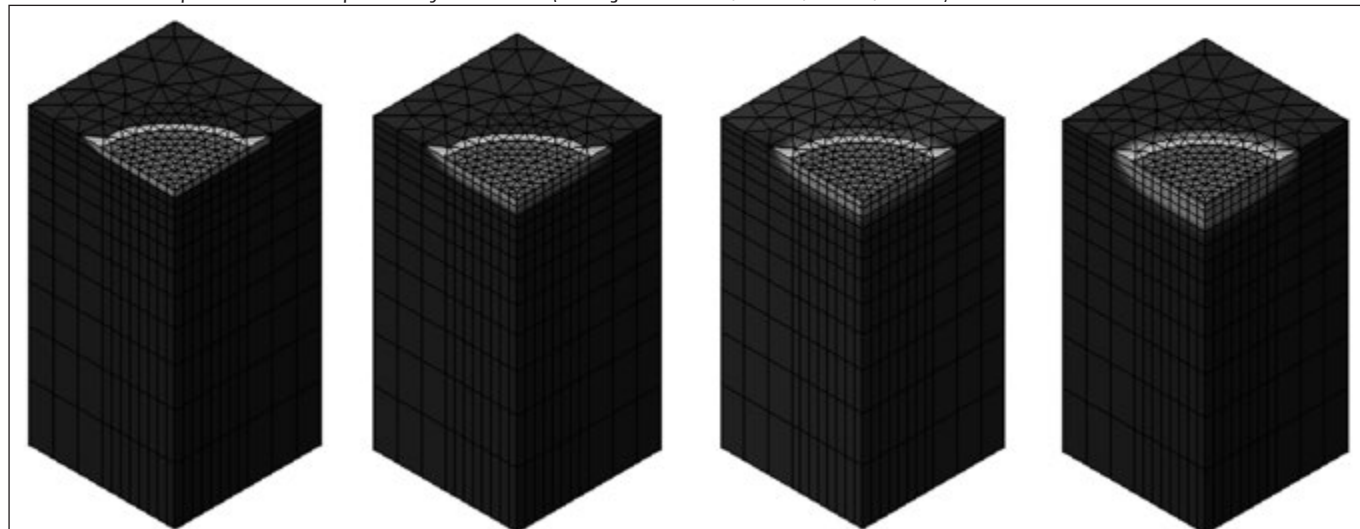
A beton tulajdonságait befolyásoló függvények közül a korábbiakban ismertetett nedvesedési víztartási görbe és az áteresztőképesség normált függvénye volt szükséges a modellezés során.

5.4. Peremfeltételek

A vizsgálati állapotban peremfeltételként megadtuk a próbatest modelljén negyed körfelületen az 5 bar, azaz 50 m magas vízoszlopnak megfelelő vizsgálati nyomást. A vízmozgást tranzienst, azaz időben változó áramlasként vizsgáltuk, melyhez időlépcsők megadása is szükséges volt. A szabványos vízzáróság vizsgálat időtartama 72 ± 2 óra, így egy időlépcső már adott volt. A többi időlépcsőt úgy határoztuk meg, hogy a vizsgálati folyamat megfigyelhető legyen, ha esetleg hiba csúszik a számításba, vagy az egész modellünk telített állapotba kerül, tudjuk, hogy melyik időintervallumban történt az anomália. Ezekből kifolyólag az időlépcsők: 1 óra, 10 óra, 24 óra és 72 óra.

A 10. ábrán az időlépcsőkhöz tartozó pórusvíznyomás ábrák láthatóak balról jobbra haladva 1 óra, 10 óra, 24 óra és 72 óra elteltével. Megfigyelhető az ábrákon, hogy az idő múlásával a beton próbatest felső részében a pórusvíznyomás értéke folyamatosan növekszik. A módszer során a program a megadott függvények alapján változtatja a beton áteresztőképességének értékét a víztartalom és a szívás függvényében.

10. ábra: Az időlépcsőkhöz tartozó pórusvíznyomás ábrák (balról jobbra: 1 óra, 10 óra, 24 óra, 72 óra)



5.5. A back analysis eredményei

Korábban említettük, hogy a laterális váltás az egyetlen változó paramétere a beton függvényeknek, és a modellezés végrehajtása során a betonminőségekhez tartozó laterális váltás értékeinek meghatározása volt a cél, melyekkel a felépített modellek a szabványos beton vízzáróság vizsgálatban kapott vízbehatolás mélységekhez a legközelebbi eredményt szolgáltatják.

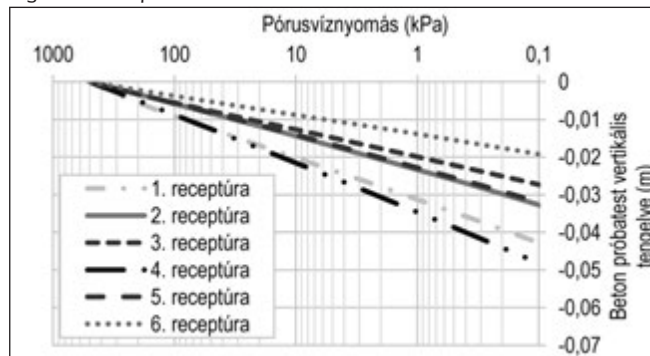
A számítást a hat különböző betonreceptúra alapján megalkotott modellen végeztük el. A vízbehatolás mélységét a telített és telítetlen betontartományok határa jelentette, mely a pórusvíznyomás alapján került meghatározásra. A telített zóna kiterjedését 0,1 kPa víznyomásértéknél, azaz 1 cm vízoszlopmagasságnak megfelelő nyomásértékénél határoztuk meg, mivel ennél kisebb értéknél numerikus bizonytalanságok jelentkeztek a modelleken.

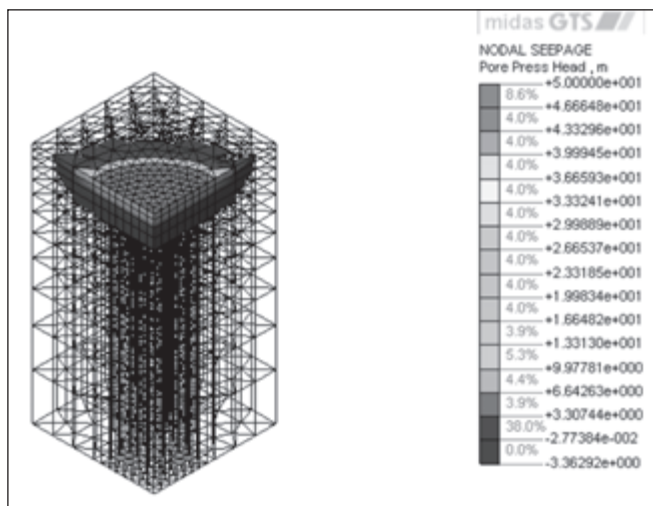
A 11. ábra a pórusvíznyomás értékeit mutatja a beton próbatestek vertikális tengelyében logaritmusos ábrázolásban. Mindegyik esetben logaritmusos összefüggés tapasztalható a pórusvíznyomás csökkenésében, tehát aszimptotikusan tart a nulla értékhez. Így feltevésünk, mely szerint 0,1 kPa értéknél határoztuk meg a telített és telítetlen zóna határát jó közelítésnek mondható. Az ábrán a két tengely metszését 0,1 kPa értékhez állítottuk, így az ábráról leolvashatóak a modelleken jelentkező vízbehatolás mélységek.

A számítási eredmények alapján láthatjuk, hogy a vízbehatolás mélységét, a telített és telítetlen zóna határát közelítéssel határoztuk meg, és ehhez igazítottuk a laterális váltás értékét. A legnagyobb vízbehatolás mélységet a beton vertikális tengelyében kaptuk, hiszen ezen a tengelyen kapta a legnagyobb víznyomást (12. ábra).

A fenti megállapításokból kifolyólag a vízbehatolás értékek

11. ábra: A pórusvíznyomás alakulása a beton próbatest belsejében logaritmusos léptékben





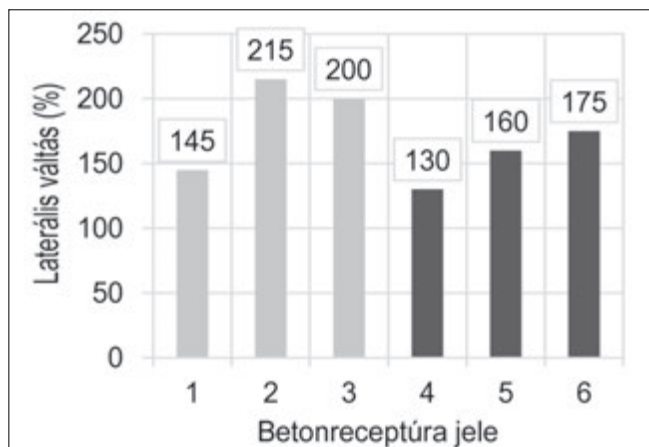
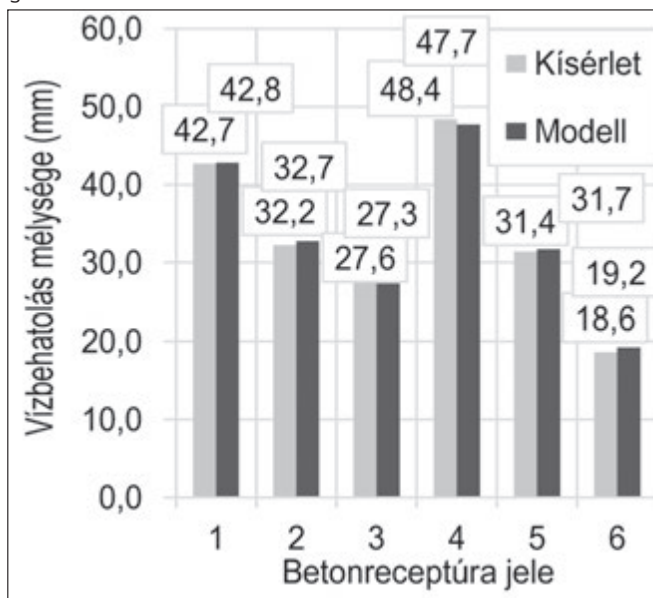
12. ábra: A hatodik betonreceptúra vízbehatolás alakja

összehasonlítása a középső, vertikális metszetben történt. Ez a megállapítás egyes betonreceptúrák, illetve próbakockák esetén reálisnak mondható, azonban a vízzáróbb szerkezetek esetén nem feltétlenül a középső metszetben rajzolódik ki a legnagyobb vízbehatolás alakja. Ezekből kifolyólag a jövőben a pontos vízbehatolás rajzot szeretnénk közelíteni a próbakocka vízbehatolását nemcsak a középső, hanem a teljes keresztmetszetében vizsgálva. Jelen írásban közelítésként csak a középső keresztmetszet és a legnagyobb vízbehatolás összehasonlításával foglalkoztunk.

A 13. ábra a modellezésből és a vizsgálatból kapott vízbehatolás értékek összehasonlítását mutatja. A back analysis során úgy végeztük el a laterális váltás iteratív meghatározását, hogy egy hiba korlátot állítottunk fel, melyen belül kell lennie a modellben kapott vízbehatolás értékeknek. Ez a hibahatárt 1 mm értékre vettük fel, ekkora maximális különbséget engedtünk meg a modellből és a valós vizsgálatból kapott eredmények között. Az ábrán is látható, hogy a modellezésből nyert eredmények nagyon jól közelítik a valós értékeket.

Az iteratív megoldással meghatározott laterális váltás értékeket a 14. ábra szemlélteti. Az ábrán világos színnel a CEM II A-S 42,5 N cementtel, sötét színnel a CEM I 42,5 N-S cementtel készült betonreceptúrákat jelöltük. Megfigyelhető, hogy betonok esetén a laterális váltás értéke a talajokénál nagyobbra adódott, azaz a víztartási görbén jelentkező hiszterézis

13. ábra: A modellezés és a kísérlet során kapott vízbehatolás mélységek

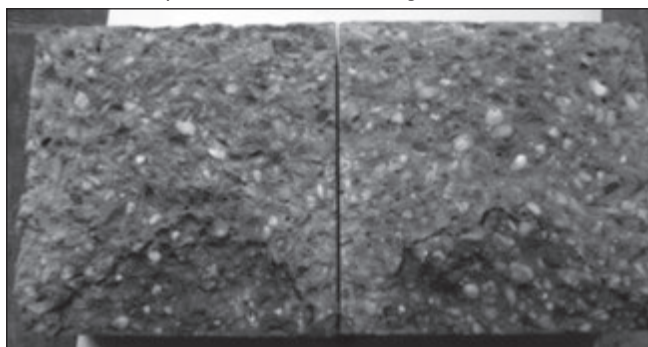


14. ábra: A betonreceptúrákra meghatározott laterális váltás értékek

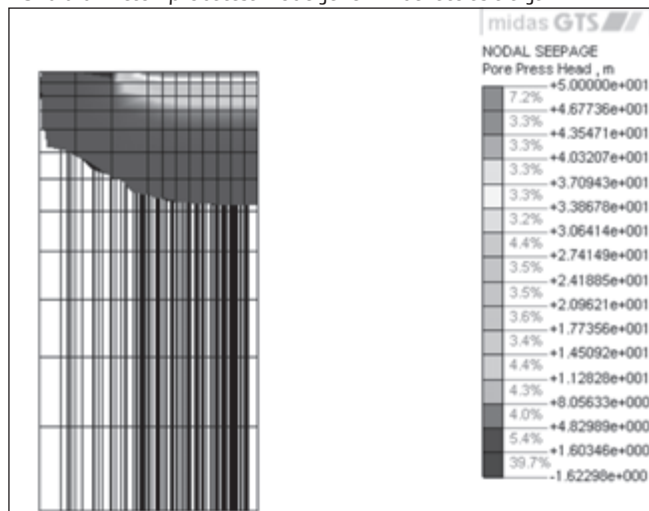
is nagyobb. Az ábrán látható az a tendencia, hogy azonos keverési arány mellett a CEM II A-S 42,5 N (145 – 215 közti tartomány) cementtel készült betonoknál a laterális váltás értéke nagyobbnak bizonyult, mint a CEM I 42,5 N-S (130 – 175 közti tartomány) cementtel készült betonoknál. Tehát a magasabb klinkertartalmú portlandcementtel készült, tömörebb struktúrájú betonok esetén szűkebb hiszterézis hurkot kaptunk.

A 15. és a 16. ábra az első betonreceptúra valós vizsgálati és a back analysis eredményét mutatja. Az ábrákon jól látható, hogy a modell vízbehatolás alakja megközelíti a vízzárósság vizsgálat során kialakult vízbehatolás alakot, azonban a jelentősebb különbségek is megfigyelhetők a próbakocka széle felé haladva. Ebből belátható, hogy a beton szerkezete nem mutat homogén viselkedést. A back analysis során megállapíthattuk, hogy felépített modellünk alkalmas a vízmozgás modellezésére, de további pontosításokra szorul.

15. ábra: Beton próbatest vízbehatolás alakja



16. ábra: Beton próbatest modelljének vízbehatolás alakja



6. KÖVETKEZTETÉSEK

Kísérleteink során a betonban történő vízmozgásokat a talajmechanikában használatos elméletek és módszerek segítségével vizsgáltuk. A betonkeverések során két fajta cementminőséget (CEM II A-S 42,5 N; CEM I 42,5 N-S) és három különböző víz-cement tényezőt (0,59; 0,49; 0,42) alkalmaztunk, így hat különböző minőségű betonnak mértük a száradási víztartási görbét és a telített áteresztőképességi együtthatóját.

A vizsgálatok eredményeire tett megállapítások a következők:

- a széles tartományban vizsgált betonkeverékek az áteresztőképesség értékére egy szűk $4,36 \cdot 10^{-11}$ – $8,38 \cdot 10^{-10}$ m/s közötti tartományt adtak,
- a beton víztartási görbéje jelentősen eltér a talajoknál megszokottaktól: kis szívás hatására már sok vizet ad le, azonban utána a víztartalom közel konstans értékre áll be 251,2 kPa szívás értékig,
- a víztartási görbék illesztése és az áteresztőképesség függvényének meghatározása során alkalmazott modellek közül Fredlund és Xing, illetve Fredlund és társai (1994) modelljei pontosabb közelítést adtak, mint van Genuchten (1980) modellje,
- az áteresztőképesség már kis víztartalom csökkenés esetén is jelentős csökkenést mutat.

A mért adatok segítségével a szabványos beton vízzáróság vizsgálat back analysise is elvégezhetővé vált. Az ehhez szükséges nedvesedési víztartási görbe meghatározására a laterális váltással történő számítási módszert alkalmaztuk. A back analysis-t Midas GTS végelelemes programmal végeztük, aminek során a következő feltételezésekkel éltünk:

- a beton nedvesedési víztartási görbéje egybevágó a száradási víztartási görbéjével,
- a beton izotróp tulajdonságú,
- 0,1 kPa pórusvíznyomás értéknél található a telített és telítetlen zóna határa.

A back analysis elvégzése során a következő megállapításokat tettük:

- a laterális váltással történő közelítés alkalmazhatónak bizonyult betonok esetén,
- a laterális váltás értéke betonok esetén nagyobbra adódott, mint talajok esetén,
- a CEM II A-S 42,5 N cementtel készült betonokra 145 – 215 közti laterális váltás értékeket, a CEM I 42,5 N-S cementtel készült betonokra 130 – 175 közti laterális váltás értékeket kaptunk, azaz a tiszta portlandcement esetén kisebb értékek adódtak a laterális váltás értékére,
- a modelleken a vízbehatolás maximális mélysége nagyon jól közelítette a szabványos vízzáróság során mért értékeket,
- a felépített modellünk és a talajmechanikai elméletek alkalmazása a betonokban történő vízmozgások vizsgálatára, azonban további pontosítások még szükségesek.

7. HIVATKOZÁSOK

- Balázs L. Gy., Kausay T. (2010), „Vízáró beton és vizsgálata”, *VASBETON-ÉPÍTÉS*, XII. évf. 2. szám, pp. 47-57.
- Fredlund, D. G., Rahardjo, H., Fredlund, M. D. (2012), „Unsaturated Soil Mechanics in Engineering Practice”, John Wiley & Sons, New Jersey, 944 p.
- Fredlund, D. G., Sheng, D., J. (2011), „Estimation of soil suction from the soil-water characteristic curve”, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 48, 2011, pp. 186-198.
- Imre E., Rajkai K., Firgi T., Czap Z., Telekes G. (2009), „Telítetlen talajmechanika”, *egyetemi jegyzet*, Budapest, 129 p.
- Kabai I. (2005), „Geotechnika I.” Műegyetem Kiadó, Budapest, 328 p.
- Nehme S. G. (2004), „A beton porozitása”, PhD értékezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
- Park, K. D., Fleming, I. R. (2006), „Evaluation of a geosynthetic capillary barrier”, *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 24, pp. 64-71.
- Pham, H. Q., Fredlund, D. G., Barbour, S. L. (2003), „Estimation of the hysteretic soil-water characteristic curves from the boundary drying curve”, *56th Canadian Geotechnical Conference*, Winnipeg, September 28 – October 1, 2003
- Szegőné Kertész É., Zsigovics I., Forgács Sz., Pluzsik T., Szilágyi J. (2008), „Cement-beton Kisokos”, Holcim Hungária Zrt., Budapest
- van Genuchten, M. T. (1980), „A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils”, *Soil Sc. Soc. Am J.*, Vol. 44, pp. 892-898.

Pap Miklós (1990) okl. építőmérnök, MSc, a BME Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék doktorandusza. Fő érdeklődési területei: telítetlen közegekkel foglalkozó talajmechanika, porózus anyagban történő vízmozgás laboratóriumi és numerikus vizsgálata. Az ISSMGE és a Magyar Geotechnikai Egyesület tagja.

Dr. Mahler András (1977) okl. építőmérnök, PhD, egyetemi docens, a BME Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék oktatója. Fő érdeklődési területei: talajviselkedés véges elemes modellezése, talajjellemzők helyszíni és laboratóriumi meghatározása, talaj és szerkezet kölcsönhatása. Az MSZT/MB 126 „Különleges alapozások” műszaki bizottsága és az ISSMGE tagja. A Magyar Geotechnikai Egyesület elnöke.

Dr. Nehme Salem Georges (1963) okl. építőmérnök, PhD, egyetemi docens, a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék oktatója. Fő érdeklődési területei: a beton porozitása, a betonok és öntömörödő betonok tartósságának összefüggése a porozitással, az öntömörödő betonok és acélszálalás öntömörödő betonok tömegbetonként történő alkalmazási problémáinak megszüntetése. A Magyar Mérnöki Kamara (T1-01-9159), a *fib* Magyar Tagozat és a Szilikátipari Tudományos Egyesület tagja.

ANALYSIS AND MODELLING OF WATER FLOW IN UNSATURATED CONCRETE

Miklós Pap – András Mahler – Salem Georges Nehme

Due to construction of hazardous waste storages the description and modelling of water flow in concrete got an important function. The theories of saturated and unsaturated soil mechanics are applied to calculate and examine the water flow in porous material even to model the water flow in concrete as well. Our target was to determine the permeability of unsaturated and saturated concrete and the modelling of water flow in concrete. The direct measurement of the saturated permeability, the preparation of the drying soil-water characteristic curve and the standard testing of the water tightness are involved in the series of the experiments. The theory of lateral shift was applied to estimate the wetting soil-water characteristic curve from the drying SWCC. Thus we could calculate the unsaturated permeability functions with Fredlund et al. (1994) model. The finite element modelling of the standard testing of water tightness were performed with Midas GTS using the measured and calculated unsaturated property functions.

LÁTVÁNYOS FEHÉRBETON FELÜLETEK AZ ORSZÁGHÁZBAN



Kapu László – Neszter Róbert

Egy kiemelt munka kapcsán a cikk bepillantást enged az építésztervezők által gyakran tervezett látványbeton szerkezetek készítésének folyamatába, felhívva a figyelmet a betontechnológia szempontjából legérdekesebb és legkényesebb részletekre, segítséget nyújtva az olvasónak későbbi munkái sikeres megvalósításához.

Kulcsszavak: látszóbeton, látványbeton, kéregbeton, betontechnológia, zsaluechnológia

1. LÁTVÁNYBETON

A látványbeton szerkezetek alkalmazása az elmúlt években, Európában, de Magyarországon is előtérbe került.

Ezeket a szerkezeteket jelentősen népszerűsítették a 2014-ben átadott budapesti 4-es metró állomásai, ahol az építész koncepciója a látványos betonfelületek felsorakoztatása volt.

A főleg Németországban az utóbbi években kikísérletezett

és nagy volumenben előszeretettel használt, új – a látványos beton felületek előállításához nélkülözhetetlen – anyagok és technológiák napjainkban már hazánkban is elérhetőek. Erre szükség is van, mert a különleges tervezői elképzelések (egyedi formák és textúrák, valamint az elvárt minimális kivitelezési hibák) a régi technológiákkal már nehezen megvalósíthatóak. (Kapu, 2012)



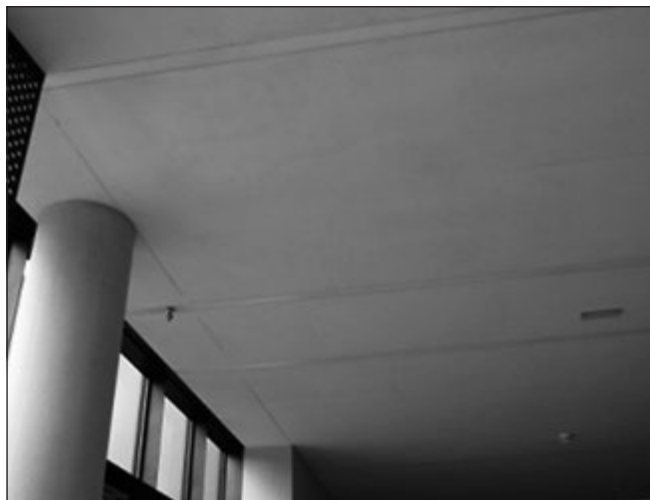
1. ábra: Az Országház Múzeum négyzet alaprajzú pillér szerkezetei



3. ábra: Az Országház Múzeum egymásba kapcsolódó gerendaszerkezete



2. ábra: Az Országház Látogatóközpont képcsős falszerkezete



4. ábra: Az Országház Látogatóközpont födém szerkezete

2. AZ ORSZÁGHÁZ LÁTOGATÓ-KÖZPONTJA, MÚZEUM

Az ország elsőszámú épületének parkolóházzal és látogatóközponttal való bővítése, valamint a pince egy részének átépítése kapcsán az építész tervezői koncepció – az egyéb látványelemek mellett – a különleges „fehérbeton” felületek tervezése volt.

A helyszínen készített (monolit) vasbeton szerkezetek építése során a kivitelezőnek, a Moratus Kft-nek cca. 1800 m² (cca. 600 m³) látványos fehérbeton felületet kellett megvalósítani, amely több fajta egyedi szerkezetből állt. Ezek jellemzően:

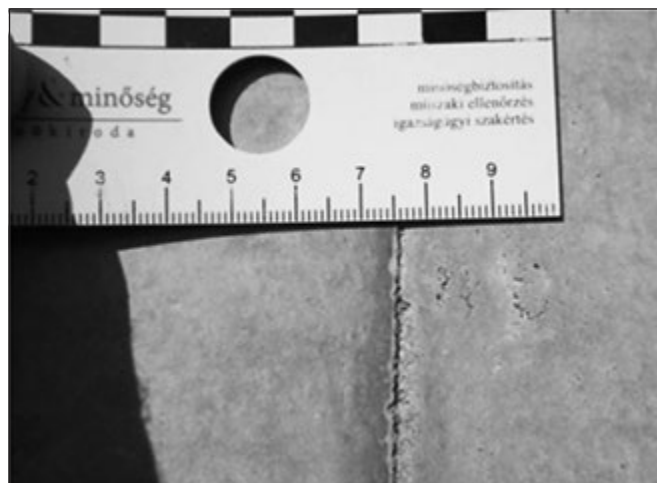
- kör és négyzet alaprajzú pillér szerkezetek, (1. ábra)
- egy- és kétoldali zsaluzattal elkészített falszerkezetek, (2. ábra)
- utólag feszített egymásba kapcsolódó gerendaszerkezetek, (3. ábra)
- födém szerkezetek, (4. ábra)
- kéregbeton pillér- és gerendaszerkezetek. (5. ábra)

3. KÖVETELMÉNYRENDSZER

A látványbeton szerkezetek megvalósításánál különösen fontos követelmény a megrendelői elképzelések pontos megfogalmazása (Dr. Salem, 2008). A tervezői követelmények az átlagosan alkalmazottakhoz képes kiemelkedő igényeket támasztottak, amelyek helyenként szigorúbbak voltak, mint az MSZ 24803-6-3 szerinti KÜLÖNLEGES követelményszint tűrései (MSZ 24803-6-3:2010 „Monolit beton- és vasbeton szerkezetek megjelenési módjainak előírásai):



5. ábra: Az Országház Múzeum kéregbeton szerkezetei



6. ábra: Tervezői követelmények megfogalmazása: a zsaluillesztések pontosságára vonatkozóan

- a beton felületének színére,
- a zsaluillesztések pontosságára, (6. ábra)
- a felületi javítások módjára,
- az élkialakítás pontosságára, (7. ábra)
- a szöghelyek megengedett lenyomatára,
- a felületi buborékok számára és nagyságára, (8. ábra)
- az átkötési helyek felületi minőségére, (9. ábra)
- a munkahézagok síkfogasságára,
- vonalszerű világító testek felületi kapcsolatára vonatkozóan. (10. ábra)

4. ELŐKÉSZÜLETEK

Az Országház Látogatóközpontja és Múzeuma látványfelületeinek készítését is több hónapos előkészítő munka előzte meg. Sorra kellett venni az egyes tervezői igényeket és meg kellett hozzájuk határozni a sikeresen alkalmazható technológiákat.

Az elmúlt években „fehérbeton” Magyarországon helyszínen készített (monolit) látványbeton felületek készítésére nem sok helyen használtak, ezért az előkészítő munkának esetünkben meghatározó szerepe volt. „Fehérbeton” több módon lehet előállítani. Mi két alternatív megoldást próbáltunk meg:

1. CEM III/A 32,5 R-MSR cementből készült látványbeton keveréket színeztünk meg – a cement tömegére vonatkoztatott – 7,0 % fehér folyékony betonfestékekkel. A festék pigmentekből előállított vizes oldat, amelyet kifejezetten a transzportbeton ipar számára fejlesztettek ki.

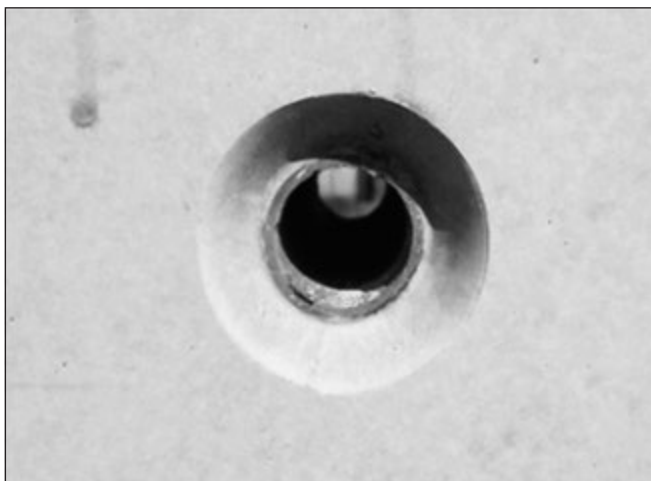
2. CEM I 52,5 R White fehér cementtel készült keveréket alkalmaztunk. (Dr. Ujhelyi, 2007). A próbabetonozások



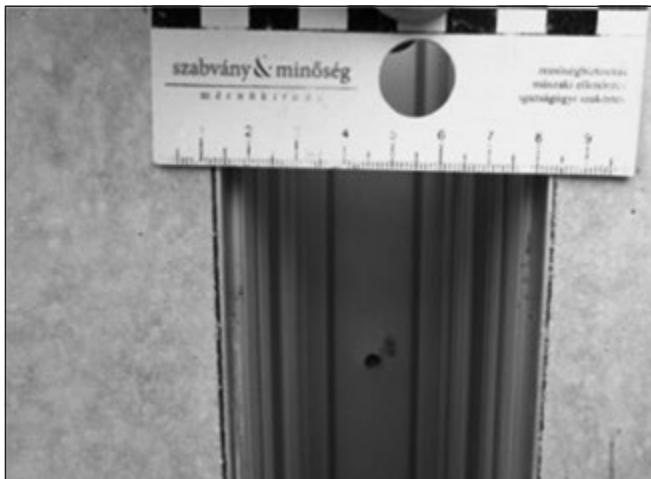
7. ábra: Tervezői követelmények megfogalmazása: az élkialakítás pontosságára vonatkozóan



8. ábra: Tervezői követelmények megfogalmazása: a felületi buborékok számára és nagyságára vonatkozóan



9. ábra: Tervezői követelmények megfogalmazása: az átkötési helyek felületi minőségére vonatkozóan



10. ábra: Tervezői követelmények megfogalmazása: vonalszerű világító testek felületi kapcsolatára vonatkozóan

alkalmával a beton könnyebb bedolgozhatósága, valamint a kibontott felületek minősége alapján választottuk ki a későbbiekben alkalmazott fehér cementes kivitelezési technológiát.

5. A CEMENT

A felhasználásra kerülő CEM I 52,5 R White fehér cement főbb tulajdonságait és alkalmazhatóságát elsősorban az MSZ EN 197-1 szabvány szerint vizsgáltuk.

A szabványos szilárdságot 0,5-ös víz/cement tényezőjű szabványos habarcsan ellenőriztük, valamint vizsgáltuk a cement kötéseidejének kezdetét és végét. A cement kötése tulajdonképpen a szilárdulás első lépcsőfoka, amely fontos szerepet játszik a friss betonkeverék eltarthatósági idejében is. Elegendő időnek kell rendelkezésre állni ugyanis a keverés + szállítás + bedolgozás munkafolyamatához.

A cement vízzel elegyítve hidratálódik, miközben jelentős hidratációs hő szabadul fel. A hőfelszabadulás sebessége igen számottevő alkalmazástechnikai mutatószám a cement alkalmasságának értékeléséhez. Sajnos, hidratációs hőre nem volt mért adatunk, így csak a szakirodalomból tájékozódunk az 52,5 R-es szilárdsági osztályú cementek szilárdulási hőfejléséről (Cement - Beton Zsebkönyv 2006). Ismereteink szerint a hidratációs hő annál gyorsabban fejlődik és annál nagyobb mennyiségben, minél nagyobb a cement kezdő- és végszilárdsága.

Vizsgáltuk még a cement őrlésfinomságát is. Az őrlésfinomság g/m² értékének növelésével a kötési idő rövidül és a szilárdulási időszak elején intenzívebbé válik, illetve nő a



11. ábra: Terület mérés: a beton csömöszölése/tömörítése



12. ábra: Terület mérés: a végeredmény

hőfejlés sebessége. Ez utóbbi hidegebb időben segíti a szilárdulást, ugyanakkor – főleg nagy melegben – a beton fokozottan zsugorodhat és kiszáradása is intenzívebb lehet.

A beton zsugorodásából keletkező repedések kialakulásának elkerülése miatt – már a próbafelületek készítésekor is – nagy figyelmet fordítottunk a beton utókezelésére. A technológiai leírásban elő kellett írni a kiszáradás legkorábbi időpontját, illetve az utókezelés legrövidebb időtartamát is, ezzel biztosítva a kötés és a szilárdulás során a beton kellő nedvességtartalmát, megfelelő hőmérsékletét.

6. ADALÉKANYAGOK

Az egyenletes színű, felületi hibáktól mentes látványbetonok készítésének egyik alapfeltétele az egyenletes színű adalékanyag. A sima, tömör betonfelületek homogén színe elsősorban az adalékanyag színétől függ. Ezt figyelembe véve kértük a bányát, hogy egy lelőhelyről, egy kotrásból származó homok- és kavicsfrakciót szállítson.. (MÉASZ ME-04.19: Esztétikus megjelenésű (látszóbeton) felületek).

7. ADALÉKSZEREK

A beton bedolgozhatósági idejének meghosszabbítására a keverék előállításához PCE alapú folyósító szert, valamint kötés-késleltető adalékszert használtunk fel. Ezáltal lehetővé vált a betonkeverék szállítási és bedolgozási idejének meghosszabbítása, valamint a nemkívánatos munkahézagok elkerülése.

A kész betonfelület esztétikai megjelenésének növeléséhez



13. ábra: Zsaluzat beépítés előtt: látvány héjelemek felszerelése



14. ábra: Zsaluzat beépítés előtt: látvány héjelemre felszerelt lámpatestek

felületminőséget javító betonadalék-szert is alkalmaztunk. Az adalékszer alkalmazása zártabb felületet eredményez, csökkenti a pórusok kialakulását a felületen.

8. LABORATÓRIUMI MUNKA

A receptúra elméleti összeállítása után kezdtük el a kísérleteket, először laboratóriumi körülmények között.

Az adalékanyag szemeloszlását a „B” határgörbe felé töltük el, míg a keverék összetartó képességének, illetve tömörségének fokozására mészköliszt kiegészítőanyagot használtunk fel.

Különböző PCE adalékszereket próbáltunk ki. Vizsgáltuk a friss betonkeverék konzisztenciáját, eltarthatóságát, valamint készülték próbatestek a nyomószilárdság megállapításához.

A +25 °C feletti hőmérséklet esetén is tartható kétórás bedolgozhatósági idő lényeges megrendelői követelmény volt. Ezt szem előtt tartva olyan folyósító beton-adalékszer választottunk, mely különösen alkalmas volt ezen bedolgozhatósági idejű betonkeverékhez.

Az első vizsgálati eredmények a következőképpen alakultak:

- testsűrűség (5 db mérés átlaga): 2381 kg/m³
- konzisztencia (terület mérés 30 percnél mért): 66/65 cm (keverés után) -- 57/55 cm (120 perc múlva) - mely konzisztenciákat bedolgozhatósági szempontból alsó értéknek tekintettük
- nyomószilárdsági átlagok: a beton kora 2 nap – 39,5 N/mm²; 7 nap – 52,1 N/mm²; 28 nap – 64,0 N/mm².

A laborkeverések eredményeit és tanulságait figyelembe véve alakult ki a végleges összetétel.



15. ábra: Zsaluzat betonozás előtt: munkahézagok tömítése



16. ábra: A beton szabadesésének korlátozása a zsaluzatok közé beengedett betonozó csővel

9. A BETONÜZEM

Az igényes betonkeverék előállításához olyan üzemre volt szükség, ahol az adalékanyagokat szemnagyság szerint elkülönítve, betonozott aljú depóniákban tárolják. Esetünkben az adalékanyag adagolása korszerű, hatszektoros előadagolóból történt, szektoronként 15 m³ tárolókapacitással, 6 kg pontos kapacitással

Négy cementsiló biztosította a különböző minőségű kötőanyagok, illetve a kiegészítő anyag tárolását, egyenként 100 tonna tárolókapacitással, 2 kg pontos tárolókapacitással

A már megmért adalékszereket a keverővízzel egy időben adagoltuk a keverékhez, és keverésenként 90 másodperces tiszta (nedves) keverési időt írtunk elő.

10. MINTAFELÜLETEK

A mindenkit megnyugtató végeredmény elérése érdekében a minta látványfelületek sorozata kihagyhatatlan (Nehme, 2008).

Esetünkben is az alkalmazandó segédanyagok és a hozzájuk tartozó megvalósítható technológia folyamatos pontosítása hozta meg a várt eredményt.

Az első próbafelületek 2013 júliusban elkészültek, az első végleges látványfelületet azonban csak szeptember végén öntöttük.

A mintafelület készítése során teljes laborkontroll mellett vizsgáltuk a friss betonkeverék tulajdonságait (11. és 12. ábra). A vibrátor optimális hatósugarát és a vibrálás minimális/maximális időtartamát próbavibrálással határoztuk meg.

Az egyes zsalubontások után a betonfelületeket szemrevételezve levontuk a tanulságokat, szükség esetén változtattunk a betonkeverék összetételén, a bedolgozás technológiáján.

2013 augusztusában már a helyszínen – az ottani adottságokat is figyelembe véve – a mélygarázs -3-2 szintjeinek utólag eltakart beton felületein készítettünk próbafelületeket: összesen kilencet. A kilenc kiszaluzás után a beton felületen tapasztalt problémákat figyelembe véve, folyamatosan módosítottuk a használt zsaluzatot, az illesztések kitömedékelésének módját és anyagát, az alkalmazott beton összetételét, konzisztenciáját.

11. FALSZERKEZETEK BETONTECHNOLÓGIÁJA

A 3-6 méter magas látványos felületű falszerkezeteket jellemzően a látogatóközpontban készítettük.

Az egyoldali és kétoldali zsaluzási technológiával kialakított szerkezetek esetén több komoly kihívás volt:

- a zsaluzati átkötési helyek és a zsaluhéj-illesztések tervszerinti összhangjának biztosítása, (13., 14. ábra)
- a minimum 65 cm-es területű (szinte mézszerűen folyós) beton kiszivárgását megakadályozó zsaluzati tömítések kialakítása, (15. ábra) (Kapu, 2012)
- a betonacél távtartók látványának elkerülése a végleges felületen,
- a látszó élben csatlakozó, fémházú, vonalszerű világító testek és a betonfelület folyamatosan telített felületű csatlakozása,
- olykor a folyamatosan és egyenletesen változó magasságú falszerkezet betonozási nyílásainak kialakítása.) Megjegyzés: az egyik falszerkezet változó magasságú tetejének lezárása/kirekesztése is látványelem lett.

A belváros szívében lévő építkezés megközelítési nehézségeket is felvetett. Ez – főleg +25 °C feletti hőmérséklet esetén – minimum 2,0 órás bedolgozhatósági követelt.

Amennyiben a munkahelyre érkező mixerkocsi dobjában lévő beton konzisztenciája egy osztályt csökkent az előírt bedolgozhatósági időn túl, úgy építéshelyszíni után-adagolással állítottuk be a betonkeverék megfelelő konzisztenciáját. Előírtuk, hogy a kikerkező mixereken rendelkezésre álljon a folyósító szer, és előre meghatározott technológiával történjen meg a konzisztencia mérőszámának javítása.

Rendkívül feszített betonozási ütemben – olykor éjszakai órákban, hétvégén is – újra meg újra produkálni kellett az egyenletes betonminőséget. Logisztikailag nehéz feladata volt a betonüzemnek ezt megszervezni, hiszen egyéb megrendelői kéréseket is ki kellett szolgálnia. Azért, hogy a fehér beton ne szennyeződhessen normál cementtel kevert „szürke” betonnal, a fehérbeton gyártása előtt a keverőt újra és újra el kellett mosni.

A tervezői követelmények a beton bedolgozójától is nagy fegyelmettséget követelnek.

Olyan ütemben kellett megrendelni a betont, hogy az egyes szállítmányok érkezésekor a legkevesebb várakozási idő alakuljon ki. A beton átvételekor – az általános gyakorlattól eltérően – minden mixerben terület méréssel ellenőrizni kellett a beton konzisztenciáját is.

Ugyanekkora fegyelmettséget kíván a beton szabadesésének korlátozása és az egy ütem betonozási magasságának – esetünkben 50 cm – betartása (16. ábra). Talán ennél még nagyobb kihívást jelent a – próbabetonozások alapján beállított – vibrálási távolságok és vibrálási idők alkalmazása. Tapasztalataink szerint e két tényezőnek a be nem tartása okozza leginkább a felületi egyenetlenségek (pl. fészesség)

kialakítását. (Természetesen egy optimálisan meghatározott betonreceptúra esetén.)

A betonacél távtartók – még ha cementbázisú anyagból készülnek is – megbontják a látványfelület egységességét. Az előírt betontakarást azonban a távtartók megléte biztosítja. Hogy lehet ezt a problémát feloldani? A vasalás merevsége lehetővé tette, hogy a 3,5 métert meg nem haladó falszerkezetek esetén a távtartókat csak két sorban helyeztük el. Egy sort a fal – a későbbiekben a padló rétegek által altakart sávba kerülő – alsó részén, míg a felső sort a szerkezet felső 30 cm-ében. A betonozás folyamán a felső sort az utolsó réteg bedolgozás előtt eltávolítottuk, ekkor az armatúra már nem mozdult el.

12. KÖPENYBETON SZERKEZETEK BETONTECHNOLÓGIÁJA

A köpenybetonokat/takaró betonokat az Országház pincéjében készítettük. Az igazi kihívás a már elkészült löttbeton tartószerkezetet eltakaró, az építészeti követelményeknek megfelelő, 4-6 cm vastagságú takaróbeton szerkezetek kivitelezése volt. A kéregszerkezeteket a közel száz éve ívesen felfalazott tartószerkezetek közé kellett beépíteni.

Szerencsére ezek a szerkezeteket az építkezés végén (2014 januárjában) készítettük, így voltak tapasztalatunk az alkalmazott zsalu- és betontechnológiára.

A szerkezetek készítése során több komoly kihívás merült fel:

- a zsaluzat vízzáró kialakítása,
- a zsaluzat és a téglaszerkezet pontos illesztési kapcsolatának kialakítása,
- a beton bejuttatásának módja a zsaluzatba, (kiemelten a gerenda szerkezeteknél)
- a beton tömörítésének technológiája, (a nehéz hozzáférés miatt)
- a beton szétosztályozódásának elkerülése.

Tapasztalataink szerint a folyamatos tömör textúrát célszerű nagy konzisztenciájú betonnal elérni. Ennek megfelelően már a látogatóközpontnál is F6-os konzisztenciát alkalmaztunk, 66-70 cm-es területtel.

A kialakítandó vékony szerkezetet (4-6 cm!) és a bonyolult bedolgozhatóságot szem előtt tartva a kéregelemek betonkonzisztenciáját még ennél is képlékenyebbre állítottuk be. Az ismételt próbakeverések eredményeképpen 70 cm feletti területű anyag alakult ki, amely már a leülepedés határán volt.

Figyelembe véve azt, hogy az egy ütemben bedolgozható mennyiség nem haladta meg a 2 m³-t, illetve a kéregelemeket a ház pincéjének – a bejárathoz képest – egy eldugott részében készítettük, így a nehézkesen és időigényesen kialakítható betonpumpa telepítés helyett a gyorsabb és költséghatékonyabb kézi „vödörös” megoldást választottuk. Egy 10 fős beton bedolgozó létszám mellett a kikerkező betont 1 órán belül bedolgoztuk. A „vödörös” technológia – a leülepedésre jelentősen érzékeny konzisztencia esetén – előnyét jelentette az is, hogy a bedolgozás pillanatáig az anyagot szabad szemmel láttuk, így érzékelhettük az esetleges leülepedést. Ilyen esetben – még a beöntés előtt – újabb átkeveréssel homogénné lehetett tenni az igencsak folyós fehérbetont.

13. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A fehérbeton látványszerkezetek az előírt követelményeknek megfelelően elkészültek, a megrendelő elégedett. Az alábbiakban sorba vettük azokat a főbb szempontokat, amelyek – egy

még széles körben ki nem próbált cement esetén – elősegítették a kívánt eredményt:

- **próba felületek, próba felületek, próba felületek**

Ha ne sajnáljuk az időt (és a pénzt) a próba felületek készítésére! A próba felületet nem kell elbontani – míg egy rosszul sikerült látványfelület esetén ez is szóba jöhet. A technológia folyamatos fejlesztése, illetve a megfelelő rutin kialakítása egy látványfelületnél alapkövetelmény.

A próba felületnek nem kell tökéletesnek lennie – gyakran pont egy hibás felület készítet egy újabb, tökéletesebb technológia kitalálására.

- **ellenőrzés - belső ellenőrzés**

Egy dekoratív, látványos megjelenésmód (tervező) és egy jól átgondolt technológia (kivitelező) mit sem ér egy előre megtervezett ellenőrzés nélkül (műszaki ellenőr).

Már a tervezési folyamatban érdemes felhívni az ellenőrző szervezet figyelmét arra, hogy melyek lehetnek azok a technológiai részletek, ahol a kivitelezés közben az ellenőrzésre jobban oda kell figyelni. Mindezek előtt kiemelt jelentősége van – a cégen belüli – belső ellenőrzésnek is.

- **időre van szükség – nem lehet elsietni a munkát**

A látványbeton szerkezetek készítése aprólékos, koncentrált munkát igénylő feladat. A szerkezetépítésben használt erőltetett ütemtervek mellett nem lehet elvárt minőségben megépíteni ezeket. A tervezés és a kivitelezés előkészítése kapcsán nem szabad ezt elfelejteni.

Nota bene:

A látvány köpenyszerkezetek készítése pár centi vastagságban egyedi betonminőséget igényel: olyan magas konzisztencia szükséges, amelyik folyamatosan kitölti a vékony teret és a felület akár kevés vibrálás mellett is minimális pórust tartalmaz. Mind emellett a beton a bedolgozás előtt/közben nem ülepedik le.

A feladatot bár megoldottuk, ezt a cementet alkalmazva a biztonságos bedolgozhatóság további kísérleteket igényel.

14. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet mondunk a Moratus Kft és alvállalkozói – a projektben részt vevő – dolgozóinak a látványbeton szerkezetek készítésében végzett odaadó munkájukért.

15. HIVATKOZÁSOK:

Ujhelyi János: Esztétikus megjelenésű betonok - Cement - Beton Zsebkönyv (2007)

Salem G. Nehme (2008): „*Látszóbeton*”

Kapu László (2012): Monolit vasbeton szerkezetek - Fortélyok és praktikák a tervezéstől a megvalósításig TERC 2012

Látszóbeton – látványbeton TERC 2013

Szabványok, műszaki előírások:

ME-04.19:1995 MEASZ: Esztétikus megjelenésű (látszóbeton) felületek

MSZ 4798-1:2004 Beton 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfeleltetés.

MSZ 24803-6-3:2010 „Épületszerkezetek megjelenési módjának előírásai. 6-3. rész: Monolit beton és vasbeton szerkezetek megjelenési módjának előírásai. A helyi alakhűség és a felületi állapot követelményei”

Kapu László (1959) okl. építőmérnök, igazságügyi szakértő, látványbeton koordinátor. A Látványbeton Kft. vezetője. 20 éven keresztül monolit vasbetonszerkezetek kivitelezésével foglalkozott. Részt vett az MSZ 24803-6-3:2010: „Monolit beton- és vasbeton szerkezetek megjelenési módjának előírásai.” szabvány kidolgozásában. 2012-ben megjelent a „Monolit vasbeton szerkezetek. Fortélyok és praktikák a tervezéstől a megvalósításig” c. könyve Főszerkesztője a 2013-ban megjelent „Látszóbeton-látványbeton” című könyvnek, amely az év legszebb szakkönyve volt. Részt vett az MI 24803-7:2015: „Előre gyártott vasbeton szerkezetek megjelenési módjának előírásai” Műszaki Irányelv kidolgozásában

Neszter Róbert (1985) főiskolai szakmérnök, szerkezetépítő betontechnológus A TPA HU Kft. technológusa. 6 éve betontechnológiával foglalkozik. Főbb tevékenységei: beton keverékek tervezése és optimalizálása, szükséges belső és külső vizsgálatok koordinálása, ellenőrzése, szükséges dokumentumok vezetése, beton alapanyag beszállítók ellenőrzése, alapanyagokhoz szükséges dokumentumok kezelése, betontechnológiai tanácsadás, betontechnológiai utasítások készítése.

EXTRAORDINARY WHITE CONCRETE SURFACES IN THE BUDAPEST PARLIAMENT

László Kapu – Róbert Neszter

This article gives an insight into the realization of exposed concrete surfaces that are often requested today by architects. It calls the attention to the most important and most difficult details of concrete technology, in order to help the reader in his or her future work.

POLYMER-DUCT SYSTEMS FOR INTERNAL BONDED POST-TENSIONING

fib BULLETIN 75

Title: Polymer-duct systems for internal bonded post-tensioning

Category: Recommendation

Year: 2014

Pages: 172

Format approx. DIN A4 (210x297 mm)

ISBN: 978-2-88394-115-1

Price: CHF120.00

Abstract:

The purpose of this recommendation - *fib* Bulletin 75: *Polymer-duct systems for internal bonded post-tensioning* - is to update and amend *fib* Bulletin 7: *Corrugated plastic ducts for internal bonded post-tensioning*, a technical report published in 2000. *fib* Bulletin 75 is meant as a cornerstone for the technical approval of polymer (plastic) ducts for internal bonded post-tensioning and possibly for the test procedures of a future testing standard.

The updated bulletin includes new information on the design and detailing of concrete structures containing tendons with polymer ducts. The recommendation provides detailed test specifications for polymer materials, duct components and duct systems. In addition, the report contains recommendations for approval testing and attestations of conformity for polymer-duct systems.

Although the new generation of corrugated polymer ducts for bonded post-tensioning have now been around for approximately twenty years, products still differ in material properties, geometrical detail, installation procedures and on-site use. Unlike corrugated steel ducts or smooth polyethylene (PE) pipes, they have not yet become standardized. It is the opinion of *fib* Task Group 9.16 and Commission 9 that these plastic ducts should, therefore, still be subjected to a systems approval process. This recommendation offers information acquired from twenty years of experience as well as new specifications that will, hopefully, lead to the standardization of polymer-duct systems.



BENCHMARKING OF DEEMED- TO-SATISFY PROVISIONS IN STANDARDS

fib BULLETIN 76

Title: Benchmarking of deemed-to-satisfy provisions in standards: Durability of reinforced concrete structures exposed to chlorides

Category: State-of-the-art report

Year: 2015

Pages: 191

Format approx. DIN A4 (210x297 mm)

ISBN: 978-2-88394-116-8

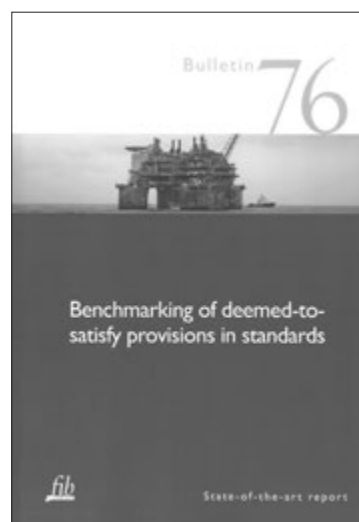
Price: CHF140.00

Abstract:

Standards for specifying and ensuring the durability of new concrete structures are commonly of the prescriptive kind. *fib* Bulletin 76: *Benchmarking of deemed-to-satisfy provisions in standards - Durability of reinforced concrete structures exposed to chlorides* presents the benchmarking of a number of rules for chloride-induced corrosion as given in national codes such as European, US and Australian standards. This new benchmark determines the reliability ranges in the chloride-induced depassivation of rebar if the deemed-to-satisfy rules of different countries are taken into consideration. It does not only involve (probabilistic) calculations using input mainly based on short-term and rapid laboratory-test data but also involves input based on an independent assessment of existing structures.

The reliability analyses are carried out using the probabilistic design approach for chloride-induced corrosion presented in *fib* Bulletin 34: *Model Code for Service Life Design* (2006), *fib* *Model Code for Concrete Structures 2010* and ISO 16204:2012. The work compares the calculated reliability ranges thus determined with the target reliabilities proposed by current specifications and, based on the comparison, offers a proposal for the improvement of deemed-to-satisfy rules and specifications.

fib Bulletin 76 presents and discusses in detail the input data for the examined model parameters and offers an extensive annexe documenting the values of the individual parameters used in the analyses. It thus provides a reliable database for the performance-based probabilistic service-life design of concrete structures exposed to chlorides, be they in the form of salt fog, sea water or de-icing salts.



DR. JÓZSA ZSUZSANNA 65. SZÜLETÉSNAPJÁRA



Józsa Zsuzsanna (Budapest, 1950. aug. 8.) okleveles építészmérnök, (Budapesti Műszaki Egyetem, Építészmérnöki Kar, 1974), műszaki doktor (Budapesti Műszaki Egyetem, Építészmérnöki Kar, 1985), PhD (Budapesti Műszaki Egyetem, Építészmérnöki Kar, 1995) épületrekonstrukciós szakmérnök, Budapesti Műszaki Egyetem, Építészmérnöki Kar, 1996).

Főbb kutatási területei: kerámiák, falszerkezetek, anyagok hő-, pára- és nedvességtechnikai jellemzői falazatvizsgálatok, gázbeton, sejtbeton, pórusbeton, roncsolásmentes betonvizsgálatok, betonpadozatok, betonkorrozio és javítás. Kötőanyagok, bevonati anyagok, habarcsok, vakolatok, homlokzatburkolatok, hőszigetelő rendszerek, tetőszigetelések, vízszigetelések, tetőfedő anyagok, padlóburkolatok tönkremenetelének vizsgálata és tartóssága, szerkezetek védelme.

Munkássága során végig a Budapesti Műszaki Egyetem alkalmazottja volt, Jelenleg (2014-től) c. egyetemi tanár. BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék kiemelkedő oktatója számos tárgyban. Építómérnöki Kar *nappali képzésén* (Építőanyagok I.-II.(1974-), Baustoffkunde (1992-), Hőszigetelések anyagai, könnyűbeton (1998-), Új anyagok és technológiák (1999-), Az épített környezet védelme, Energiaközpontú épületszerkezeti tervezés, Building Materials), *kiegészítő képzésen* (korábban levelező ill. esti): Építőanyagok, *Doktorandusz képzésen* Környezetkímélő építés anyagai, az Építészmérnöki Karon (Építőanyagok-Geológia 1., Építőanyagok 2., Építőanyagok 3, alkalomszerűen meghívott előadóként: Ökológikus építészet, Building Materials 3.), szakmérnök képzésen (Építőanyagok, Történeti anyagok helyreállítása, fenntartása, Speciális betonok) is oktat illetve oktatott.

Az Egyetem keretein belül az Építómérnöki Kar Kari Tanácsának választott tagja 1988-2013-ig, Építómérnöki Kar Oktatási Bizottság tagja 2000-2013-ig, valamint az

Építészmérnöki Kar Kari Tanácsának delegált építómérnöki kari képviselője 2001-2013-ig.

A nemzetközi szakmai tevékenysége is példaértékű: CEN/TC 88 „Thermal Insulating Materials and Products” (Hőszigetelő anyagok és termékek) Európai Szabványosítási Bizottság magyarországi képviselője, CEN/TC 125 „Masonry” (Falazatok) Európai Szabványosítási Bizottság magyarországi képviselője, Magyar Szabványügyi Testület alábbi munkabizottságainak tagja: MSZT/MB 105 Hőszigetelő anyagok és termékek, MSZT/MB 108 Falazat, MSZT/MB 106 Épületek és épületszerkezetek hővédelme, *fib* TG 8.1 „Lightweight Aggregate Concrete” munkabizottság magyarországi képviselője 2004-ig, MTA Építőanyag-kémia albizottság tagja, az Építéstudományi Egyesület tagja, a Szilikátipari Tudományos Egyesület (SZTE) társelnöke. az Építésbiológiai Egyesület tagja, a Prágai Műszaki Egyetemen alakult „Environmentally Compatible Structures and Structural Materials” IASS munkabizottság tagja.

Számos ösztöndíjjal büszkélkedhet: BME Építómérnöki Kar, Építőanyagok Tanszéke tudományos ösztöndíjasa 1974-76 között, 1981-ben ÖAD ösztöndíj Ausztria Bécsi Műszaki Egyetem (3 hónap), 1990-ben 2 hetes tanulmányút a Müncheneri Műegyetemen, 1993, 1994, 1995-ben DAAD támogatással 1-2 hetes látogatás a Karlsruhei Egyetemen a német oktatás felelőseként, majd 1999-ben Institut für Massivbau, Abteilung Baustofftechnologie ösztöndíjasa, 2001-2004 között Széchenyi István ösztöndíjas.

9 könyvrészlete, 99 tudományos cikke és 45 tudományos előadása figyelemre méltó. Az SZTE legjobb előadó díja (1982), Művelődési Miniszter dicséretben részesítette (1987), BME Törzsgárda 20 éves szolgálatának kitüntetése (1995), A Szilikátiparért érem (1999) bizonyítja szakmai elismertségét.

A Tanszék nevében gratulálok, és egyúttal köszönöm a hosszú évtizedekre visszanyúló kiváló oktató, nevelő és kutató munkát. Kívánunk mindannyian további jó egészséget és sok sikert.

Balázs L. György

DR. HAMZA ISTVÁN 70. SZÜLETÉSNAPJÁRA



Jó kollégánk 1968 óta, amikor elnyerte építészmérnöki oklevelét, a tartószerkezetek fejlesztését szolgálta. A Szilárdságtan és Tartószerkezetek Tanszéken fő feladata volt a tartószerkezetek kísérleti vizsgálata. A tanszék kis laboratóriumában szerezte első tapasztalatait, közreműködött a BME új Építőipari Laboratóriumának létrehozásában, amelynek 1975. évi felavatásakor a tanszék laboratóriumának vezetője lett.

A széles körű és változatos anyagú szerkezetek között fokozott figyelmet fordított a vasbetonra. E munkája részleteiről öt évvel ezelőtt, 65. születésnapja alkalmával tettünk említést folyóiratunkban.

Egyetemi doktori értekezését 1982-ben hálós vasalású vasbeton táblák témájából írta meg. Az ezt követő időszakban kutatásait vasbeton szerkezetek viselkedésének, főként

repedezettségi viszonyainak valószínűségelméleti megközelítésére összpontosította. Publikációi, konferenciákon elhangzott előadásai e területen tették nevét ismertté. Nyilvánvaló, hogy a vasbeton iránti érdeklődése vonzotta őt egyesületünkhöz.

Hamza István nem csupán a saját maga által közvetlenül művelt témákban végzett kiváló munkát. Mint a tanszéki laboratórium vezetője irányította, szervezte tanszéki kollégái valamint bel- és külföldi aspiránsok, doktoranduszok kísérleti munkáit is. Segítőkészen működött együtt a laboratóriumi épületben a többi tanszéki laboratórium munkatársaival.

Részt vett a tanszék széles spektrumú oktatási tevékenységében. 1996-tól volt oktatói státuszban. Szakmai tevékenységét nyugdíjazása után is folytatta. A *fib* Magyar Tagozata őszinte jókívánságait fejezi ki a jubileum alkalmával. Bízunk abban, hogy dr. Hamza István igen sokáig, jó egészségben élvezze a megérdemelt nyugalmat, és sok öröm övezi családjá körében

T. G.

DR. ORBÁN JÓZSEF 70. SZÜLETÉSNAPJÁRA



A **fib** Magyar Tagozata szívélyes születésnapjára üdvözlőt küld dr. Orbán József ny. főiskolai tanárnak. A PTE MIK Szilárdságtan és Tartószerkezetek Tanszék professor emeritusának. Korábbi tevékenységéről előző jubileuma alkalmával beszámoltunk lapunk hasábjain. E helyen pályafutása főbb adatait soroljuk fel, és beszámolunk arról, hogy tevékenységét az utóbbi öt évben is alkotó munkában

töltötte.

1969-ben szerzett szerkezetépítő mérnöki oklevelet Moszkvában, majd 1972-ben a BME betontechnológiai szakmérnöki szakát végezte el, ugyanott 1980-ban avatták műszaki doktorrá. Az MTA 1984-ben ítélte oda számára a műszaki tudomány kandidátusa fokozatot, a PhD címmel a BME ruházta fel 1995-ben. Szakmai életpályája Pécshez kötődik. 1969-72-ig a BVM pécsi gyára főtechnológusaként dolgozott, és egyúttal elkezdte főiskolai oktató munkáját. 1972-től a PMMF adjunktusa, 1984-től főiskolai docens, 1987-től 2010-ig tanszékvezető főiskolai tanár. Jelenleg a Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Karának professor emeritusaként végzi aktív oktató- és nevelő tevékenységét.

Kutató munkája gazdag eredményeket hozott a pernyebeton építőipari felhasználása, a habcement alkalmazása, a polisztirol hőszigetelő beton felhasználása, a falszáritási eljárások fejlesztése, korróziós károkat szenvedett épületek rehabilitációja, vasbeton szerkezetek diagnosztikája, a nanotechnológia építő-anyagipari alkalmazása terén. CD formában közzétett egy építőanyag-katalógust, amely hasznát hajtott az oktatásban és az építő gyakorlatban egyaránt.

Munkáját számos publikációja kísérte mind hazai, mind nemzetközi körökben. Több széles körben hasznosított szakadalma szolgálta az építőipart. Díjnyertes pályamunkái is tükrözik értékes tevékenységét.

Tudását számos magyar és nemzetközi szakmai körben tartott előadáson adta át hallgatóságának. Külföldi oktatói tevékenységét tiszteletbeli professzori címmel ismerték el. Itthon elnyerte az Alpár Érmét, az ÉVM Kiváló Munkáért kitüntetését, a Pollack Mihály arany plakettet, a Pollack Mihály nívódíjat, az OTDK Munkáért arany plakettet, az ÉTE emlékérmét, az IKIM miniszteri elismerését, a Baranya megye Építőiparáért aranygyűrűt, a Kardos Andor Díjat, s az oktatók számára talán legértékesebbet, a hallgatók által adományozott Aranykatedra-Díjat.

A Pécsi Akadémiai Bizottság, az ÉTE, a PTE PMMF Tudományos Bizottsága, a Magyar Szabványügyi Testület, a **fib** Magyar Tagozat tagja.

Nyugdíjazása után is töretlenül folytatja a beton kérdései köré fonódó lelkes oktató, kutató és gyakorlati munkáját, gyarapítja szakmai-tudományos szervezetek értékeit.

A Szilárdságtan tanszéknek aktív professor emeritusa, eredményes kutató- és publikációs tevékenységet végez, főként a nanotechnológia építő-anyagipari alkalmazása területén.

Sokszáz tanítványa eredményei mellett nagyra értékeli, hogy az oktatói és kutatói „stafétabotot” fiának adhatta át.

Dr. Orbán József tagtársunknak kívánjuk, hogy jó egészségben, a tevékenységéből ismert nagy energiával folytassa munkáját mindnyájunk hasznára. Élvezzen olykor egy kis szabadidőt, pihenést, részesüljön a családi kör örömeiben.

T. G.

DR. SCHARLE PÉTER 75. SZÜLETÉSNAPJÁRA



Scharle Péter (Budapest, 1940) mérnök, (ÉKME Mérnöki Kar, 1963), mérnök-matematikai szakmérnök (BME, 1970), dr. tech. (BME, 1972), kandidátus MTA, 1977). Szerkesztőtervezőként Pálóssy László csoportjában dolgozott hét éven át az Uvaterv metrótervező irodájában, a BME Mechanika Tanszékén Széchy Károly és Szabó János aspiránsa volt, 1974-től az Építéstudományi Intézetben

mélyépítési kutató-fejlesztő tevékenységet végzett. 1985 és 1998 között építésügyi, majd közlekedési minisztériumi vezetői beosztásokban egyes építőipari célprogramok irányítása, műszaki szabályozási, fejlesztéspolitikai projektek kidolgozása, az épített infrastruktúrához kapcsolódó kutatás, műszaki fejlesztés, kiemelt állami beruházások, oktatásfejlesztés irányítása, a magyar közlekedéspolitikai kialakítása, megvalósításának szakmai koordinálása volt a feladata.

A felsőfokú képzésbe 1970-től a BME építőmérnöki karán

kapcsolódhatott be, ahol 1982-ben c. egy. docens, Pécsen 1989-ben c. főiskolai tanár lett. A BME habilitált doktora (1997), 1998-tól egyetemi tanár. A Széchenyi István Egyetemen a mechanika, tervezés, mérnöki etika és társadalmi szerepvállalás témakörében vesz részt az alap-, mester- és doktorképzés szintjein folyó oktatásban. A szakmai közéletben akadémiai és kamarai szervezetek tagja, testületeikben választott tisztségviselő négy évtizede. Szakirodalmi munkássága szerteágazó, mintegy 160 (köztük ~70 idegen nyelvű) dolgozata, társszerzőkkel írott könyvei (Földtámfalak, 1985, A véges elem módszer ..., 1985, 1986, 1987, Earth Walls 1993), ~70 konferencia-előadása foglalkozik a mérnöki szerkezetek mechanikai viselkedése és numerikus vizsgálata, a közlekedéspolitikai, a műszaki infrastruktúra-fejlesztés, a felsőfokú mérnökképzés kérdéseivel. Tevékenységéért számos elismerést kapott. A Széchenyi István Egyetemen 2010-től aktív professor emeritus a Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszéken.

Kívánunk további jó egészséget és sok sikert.

Balázs L. György



BETONMIX WWW.BETONMIX.HU

Ipari padlók

Térbetonok

Betonszerkezetek

Szálerősítéses betonok

Tervezés

Betontechnológia

Szakértés

Hibajavítás

- optimális javítási technológia kidolgozása
- szakvélemény
- javítás kivitelezése, felügyelete

Jellemző hibatípusok

- repedések
- fugaszél-letöredezés
- tábla billegések
- felületi hibák
- felületi felválások
- felfagyás

Kapcsolat: BETONMIX@BETONMIX.HU

+36 30 900 3552

AXISVM 13

Végeselem programrendszer statikusoknak

- Teljeskörű megoldás az építőmérnöki feladatokhoz
- CAD rendszerű grafikus modellépítés és eredmény dokumentálás
- Szerkezetmodellezés egyszerű keretektől komplex épületekig
- Méretezési modulok EUROCODE és más szabványok szerint
- Hó- és szélterhek automatikus generálása Eurocode szerint
 - Gerendák, oszlopok, lemezek, falak vasalásszámítása
 - Homloklemezcsavarozott kapcsolatok ellenőrzése
 - Acél rúdelemek szilárdsági és stabilitási ellenőrzése
 - Acél rúdelemek keresztmetszeteinek optimalizálása
 - Faszervezetek szilárdsági és stabilitási ellenőrzése
- Pont- és sávalapok méretezése, geotechnikai ellenőrzése
 - Átszúródás vizsgálat, repedéstágasság számítás
 - Lineáris és nemlineáris statikai és rezgés számítások
- Földrengés vizsgálat, relatív szinteltolódások számítása
 - Általános dinamikai vizsgálatok (időtörténet eljárás)