Ára: 1275 Ft

A *fib* MAGYAR TAGOZAT LAPJA

VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF *fib*

9 771419 644000 20161

Prof. Dr.-Ing. Dr. Techn. László M. Palotás

A 2015. ÉVI PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ ÁTADÁSA 2

Dr. Kausay Tibor Palotás László-díjas

VISSZAPILLANTÁS ÉS SZÁMADÁS 4

Simon József – Dr. Vigh László Gergely

A FÖLDRENGÉSI TEHER SZÁMÍTÁSA MAGYARORSZÁGON: HELYI SPEKTRUMOK ALKALMAZÁSA 18

SZEMÉLYI HÍREK

Dr. Orosz Árpád 90. születésnapjára 23

Dr. Orosz Árpád

GONDOLATOK A MÉRNÖKI TEVÉKENYSÉGRŐL ÉS A MÉRNÖKI OKTATÁSRÓL 23

2016/1

XVIII. évfolyam, 1. szám

VASBETONÉPÍTÉS
műszaki folyóirat
a ***fib*** Magyar Tagozat lapja

CONCRETE STRUCTURES
Journal of the Hungarian Group of ***fib***

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

Lektori 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 Magasépítés 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:
Csurgai Ferenc: Benned az ég,
2012. beton

Fotó: Csurgai Ferenc

TARTALOMJEGYZÉK

2 Prof. Dr.-Ing. Dr. Techn. László M. Palotás
A 2015. ÉVI PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ ÁTADÁSA

4 Dr. Kausay Tibor Palotás László-díjas
VISSZAPILLANTÁS ÉS SZÁMADÁS

18 Simon József – Dr. Vigh László Gergely
A FÖLDRENGÉSI TEHER SZÁMÍTÁSA MAGYARORSZÁGON: HELYI SPEKTRUMOK ALKALMAZÁSA

23 **SZEMÉLYI HÍREK**
Dr. Orosz Árpád 90. születésnapjára

23 Dr. Orosz Árpád
GONDOLATOK A MÉRNÖKI TEVÉKENYSÉGRŐL ÉS A MÉRNÖKI OKTATÁSRÓL

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., Uvaterv Zrt.,
Mélyépterv Komplex Mérnöki Zrt., Hídtechnika 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

A 2015. ÉVI PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ ÁTADÁSA

Mélyen Tisztelt Elnök Úr! Tisztelt Hölgyeim és Uraim, Kedves Ünneplő Vendégek!

Köszönetemet fejezem ki a ***fib*** Magyar Tagozatának, a *Nemzetközi Betonszövetség* Magyar Tagozata elnökének, Balázs L. György professzornak és a Palotás László-díj Kuratórium elnökének, Zsömböly Sándornak, hogy részese lehetek a díjátadás immár 16. ünnepségének.

Szeretettel köszöntöm díjazottunkat, **Dr. Kausay Tibor** mérnököt, szakmérnököt, a műszaki tudományok kandidátusát, c. egyetemi tanárt, akinek az Édesapám születésének 100. évfordulója alkalmából szervezett tudományos ülésszakon elhangzott „*Palotás László a betontudós*" c. érdekfeszítő előadása máig elevenen él az emlékezetemben.

Engedjék meg, hogy ebben az évben is bevezetőként egy személyes *„betonos* élményemről*"* számoljak be.

Több éve foglalkozom a mesterképzésben a nanotechnológiával valamint a napenergia felhasználásával, tárolásával és átalakításával.

Az *elektoniknet.de*, az *INGENIEUR.de*, a *photon.info*, a *bau-spezial.de* (és később még legalább 25 internetes) honlapon találkoztam először 2015 januárjában, az előadás jegyzetének összeállításánál a következő meglepőnek tűnő cikkcímekkel: *„Beton liefert Sonnenstrom"*, *„Fruchtsaft und Beton – Eine neue Einheit?"* (Beton elektromos áramot szolgáltat, Gyümölcslé és beton – egy új egység?)!

Hamarosan kiderült, hogy itt egy speciális betonról, az un. *Grätzel-napelem* elvén alapuló új építő*anyagról* – egyidejűleg mint megújuló *energiaforrásról* van szó.

Hála Istennek, végre találtam egy területet, ahol mint szerény villamosmérnök kapcsolatot találtam az elektronika a betonkutatás, az építés, a fizika, a kémia és a művészet között!

Az ismert, szilícium félvezetőn alapuló napelemeket, melyek az elektromágneses sugárzást közvetlenül villamos energiává alakítják át 1954-ben mutatták be a Bell Laboratories szakemberei, habár a fotovoltaikus hatást Becquerel francia fizikus már 1839-ben, 19 éves korában sikeresen demonstrálta. Mellékesen a fotoelektromos hatás elméletét egy nem teljesen ismeretlen fizikus, a *württenbergi, svájci, osztrák-magyar, német majd amerikai állampolgár*, Albert Einstein magyarázta meg 1905-ben, amiért bár megkésve, 1921-ben *Fizikai Nobel-díjat* kapott.

Hosszú ideig irigykedve figyeltük meg a zöld növényeket, amik évmilliók óta a fotoszintézis segítségével sikeresen alakítják át a napfény energiáját kémiai energiává. Az első, nem szilícium félvezetőn alapuló, fotoszintézist utánzó un. *festékérzékenyített napelemet* az 1990-es évek elején, a svájci Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne vegyész kutatója, *Michael Grätzel* fejlesztette ki. Grätzel kutatómunkáját egyébként 2010-ben a Finn Akadémia

„Milleneum Technology Prize" (mintegy 1 millió dolláros) díjával honorálta.

Az *1. ábra* a nanopórusos titándioxiot tartalmazó, szerves festékanyaggal érzékenyített napelem cellát mutatja be. A kb. 10-20 mikrométer vastagságú struktúra jellemző tulajdonsága, hogy az elektrolit és a nanopórusos TiO_2 határfelülete a beeső fény 80%-át abszorbeálja.

Festékérzékenyített napelemeknél (Grätzel-cella) a fény festékanyagban abszorbeálódik. A festékmolekulák kémiailag a nagy belső felületű *nanokristályos*, porózus TiO_2 rétegben helyezkednek el. Fotonok abszorpciója következtében a festékmolekulák elektronjai egy magasabb energiaszintre kerülnek és onnan a TiO_2 rétegbe injektálódnak. A TiO_2-mátrix elektrolittel (jodid/trijodid oldat) töltött pórusai legalább egy redoxaktív ionpárt tartalmaznak. A jodid (az elektrontranszferálás útján) az oxidált festékmolekulát az alapállapotba redukálja, míg önmaga trijodiddá oxidálódik. Míg a trijodid a hátsó elektrodához diffundálódik, az elektronok szintén diffúzió segítségével a TiO_2-rétegen keresztül az első elektródához tartanak, miközben a fogyasztón keresztül ismét belépnek a cella hátsó elektródájához. Itt résztvesznek a redoxreakcióban, ahol a trijodid jodiddá redukálódik, azaz ismét regenerálódik (*2. ábra*).

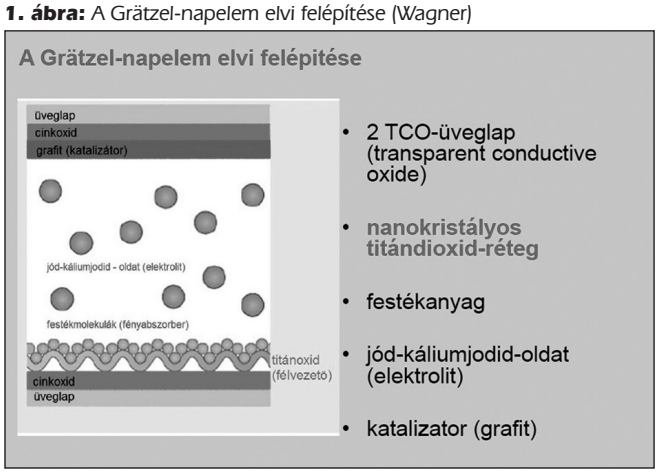
A flexibilis festékérzékenyített napelemek tömeggyártása 2009-ben indult meg a G24 Innovation cégnél.

A svájci Glass2Energy cég 2013 áprilisában mutatta be az első Grätzel-cella modulokat. A *3. ábra* a napelem milánói EXPO2015 alkalmazását mutatja be.

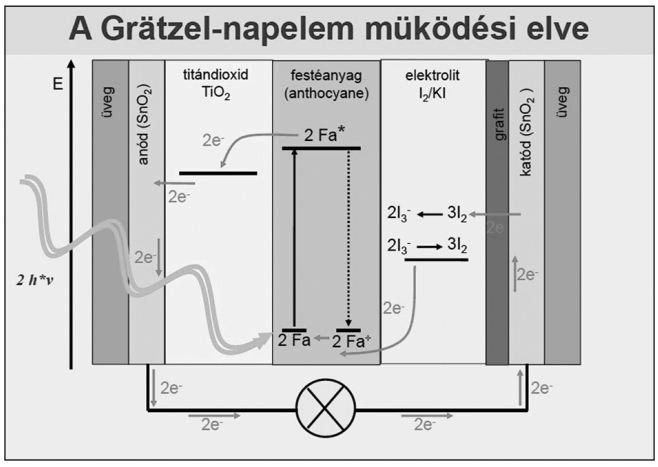
Most nézzük meg, mi rejtőzik a *„gyümölcslé és beton"* című cikkek mögött!

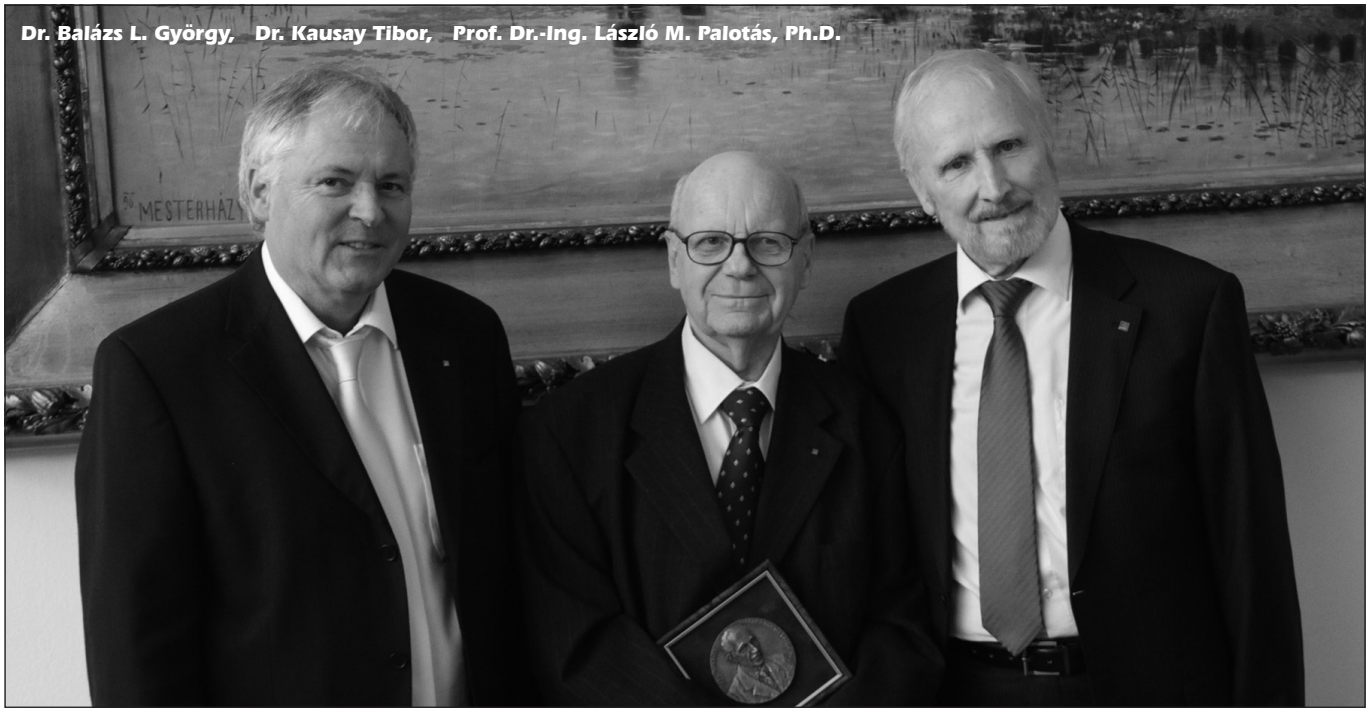
A Kasseli Egyetem *„Bau Kunst Erfinden"* (Építés Művészet Feltalálás) platformján egyesített kutatók egy új „DysCrete™"-nek nevezett építőanyag kifejlesztésén dolgoznak. A szó első felének névadója az angol DYSC, a „**D**ye **S**ensitized **S**olar

1. ábra: A Grätzel-napelem elvi felépítése (Wagner)



2. ábra: A festékézékenyített napelem működési elve (Wagner)





Cell", (*festék*-érzékenyített *napelem*, DSSC), míg a „Crete" rövidítés a beton építőanyagra utal. „DysCrete" egy speciális *vezetőképes beton*, amit *titándoxid*, *organikus festékanyag* szuszpenzió, *elektrolit*, *grafit* és *transzparens felületi rétegekkel* vonnak be. Az eredmény – mint az előzőekben már láttuk – egy festékérzékenyített napelem, ahol a beton egyben az egyik elektróda szerepét is átveszi. A napenergia elektromos árammá való átalakítása tehát itt is a (műszaki) *fotoszintézisen* alapul. A DysCrete-cella felületi funkcionális rétegeit egy kombinált szóró-szinter eljárással állítják elő, ami nagyon jól illeszkedik az előre gyártott beton elemek gyártási technológiájához. A festékérzékenyített beton egyik előnye a viszonylag kis gyártási költség. A másik előny, hogy egyesíti a beton pozitív tulajdonságait az energiaszolgáltatással, amely járulékus, mérgező (toxikus) emisszió nélkül, szabadon kapható komponensekből állítható elő (TiO_2–t találunk például a fogpasztában is). Építéstechnikai szempontból alig vannak korlátozások, ellentétben a hagyományos fotovoltaikus rendszerekkel, ami új lehetőségeket nyit az integrált napelem rendszerek megvalósításában.

A DysCrete új építőanyag első megvalósított mintáit a müncheni Bau2015-ön mutatták be. A *4. ábra* a DysCrete-modell prototípusát mutatja.

Nagy örömmel és sok szeretettel gratulálok **Dr. Kausay Tibornak** a Palotás László-díj odaítéléséhez, ami ebben az évben ismét méltó gazdára talált. A laudációt tulajdonképpen már Édesapám 1979-ben megjelent „Általános anyagismeret" c. könyvének ajánlásában olvashatjuk: *„Dr. Kausay Tibornak, kedves tanítványomnak, aki azt a tudományágat, amelyet éveken át magam is műveltem, nemcsak sikeresen folytatta, hanem azt korszerű módon elismerten tovább is fejlesztette, baráti köszöntéssel – Palotás László, 1979.10.18"*

Ehhez szerintem már nem kell semmit hozzátenni!

Befejezésül szeretném idézni (Dr. Kausay Tibor utólagos engedelmével) édesapám 1987 decemberében, a díjazottnak írt – de tulajdonképpen mindannyiunknak szóló karácsonyi üzenetét:

*"…békés, reményt el nem vesztő, egészség*et megőrző, *nyugodt újesztendőt kíván..."*

majd kiegészítésül:

"Mert: emberi törvény, mindent elviselni s csak menni tovább, még ha úgy tűnik is, nincs több remény. Menni, együtt lenni s szeretni, ez a jó".

Tisztelt **Dr. Kausay Tibor**, engedje meg, hogy a mérnöki, a tudományos és a műszaki problémák megoldásához, a tudományos szervezetekben történő munkájához a jövőben is sok sikert, alkotóerőt és mindenek előtt jó egészséget kívánjak.

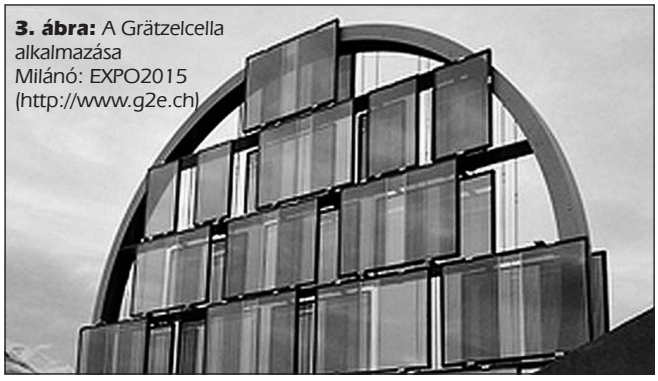
Köszönöm figyelmüket!

Budapest, 2015. december 7.

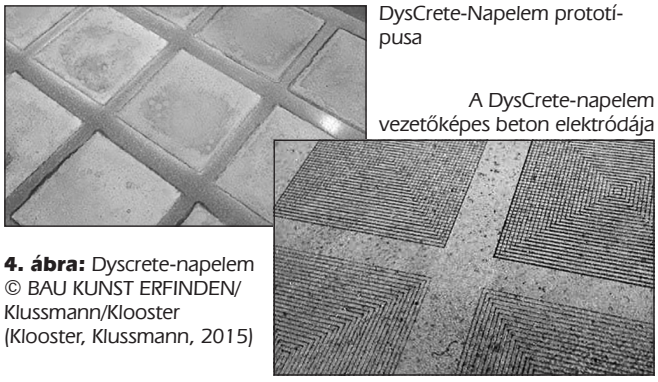
Prof. Dr.-Ing. László M. Palotás, Ph.D.

HIVATKOZÁSOK

http://www.baukunsterfinden.org/de/ – forschung/projekte/dyscrete – http://www.bau-special.de/ – Fruchtsaft und Beton – eine neue Einheit? – http://www.g2e.ch – http://gcell.com/ – http://www.baukunsterfinden.org/de/ – mappe/publikationen/ – http://www.nanotruck.de/ Solarenergie: – Nano-Photovoltaik nach Pflanzenart – Klooster, Th., Klussmann, H., „Sonnenstrom aus Beton", Beton Bauteile Bauverlag, 2015, ISBN 978-3-7625-3665-9, – Wagner, W.: Didaktik der Chemie, Universität Bayreuth – Wörner, N., „Beton liefert Sonnenstrom" – http://www.elektroniknet.de/power/ – www.baunetz.de/ Forschungsinitiative – Zukunft Bau / BMUB, „DysCrete – – Sonnenstrom aus Beton" – www.betonopus.hu/notesz/palotas/ – palotas-laszlo.pdf – www.fmf.uni-freiburg.de/projekte/ – pg_energie/ solar/farbstoffsolarzellen



3. ábra: A Grätzelcella alkalmazása Milánó: EXPO2015 (http://www.g2e.ch)



DysCrete-Napelem prototípusa

A DysCrete-napelem vezetőképes beton elektródája

4. ábra: Dyscrete-napelem © BAU KUNST ERFINDEN/ Klussmann/Klooster (Klooster, Klussmann, 2015)

DR. KAUSAY TIBOR ELŐADÁSA „VISSZAPILLANTÁS ÉS SZÁMADÁS...”

CÍMMEL A *fib* MAGAR TAGOZATÁNAK PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ ÁTADÓ ÜNNEPI RENDEZVÉNYÉN, A BME DÍSZTERMÉBEN, 2015. DECEMBER 7-ÉN

1. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Megilletődötten állok a Műegyetem Dísztermében, és nehezen találom a szavakat. Az első szó a köszöneté. A Palotás László-díj különösen értékes számomra. Nem csak azért, mert *dr. Palotás László* professzor úrnak, a kiváló mérnöknek és pedagógusnak, - akinek nagyon sokat köszönhetek – a nevét viseli, hanem azért is, mert magas fokú szakmai munkával lehet kiérdemelni. Olyan szakmai munkával, amelyet a jobbítás szándékával végeznek, és a szándék a társadalom számára hasznos megvalósuláshoz vezet. Szeretném hinni, hogy a *fib Magyar Tagozatának* Palotás László-díj Kuratóriuma esetemben is ilyen meggondolás alapján döntött.

Hálásan köszönöm a Palotás László-díjat a tisztelt Kuratóriumnak és mindenkinek, aki szép szóval, fáradozással, anyagi támogatással hozzájárult hozzá ahhoz, hogy Palotás László-díjban részesüljek; az ünnepi rendezvény résztvevőinek pedig köszönöm, hogy megtiszteltek, meghallgattak, eljöttek velem ünnepelni.

2. EMLÉKEIM DR. PALOTÁS LÁSZLÓ PROFESSZOR ÚRRÓL

Több mint tíz éven át a szó szoros értelmében *dr. Palotás László* professzor úr tanítványa voltam. Szerény ismereteimről első ízben 1958 júniusában, másodéves egyetemi hallgató koromban építőanyagok tantárgyból, azután többször vasbetonépítéstanból és 1961 májusában vasbetonszerkezetekből is, majd vasbetonépítési szakmérnök hallgatóként 1966 májusában és 1967 januárjában vasbeton szilárdságtanából és töréselméletéből, végül 1969 májusában, az egyetemi doktori értekezésem – amelynek bírálója volt – védésén adtam előtte számot.

Dr. Palotás László professzor úr 1965-ben hívott óraadó gyakorlatvezetőnek a műegyetemi (akkor ÉKME) Építőanyagok Tanszékre, és ezt a megtisztelő feladatot több-kevesebb megszakítással a BME Építőanyagok, majd Építőanyagok és Mérnökgeológia, illetve Építőanyagok és Magasépítés Tanszékén ma is örömmel ellátom (*1. ábra*).

50 év távlatából is jól emlékszem arra, hogy *dr. Palotás László* professzor úr szívesen vette betontervezési képleteinek (1952) grafikus feldolgozását, és *dr. Kilián József* és *dr. Balázs György* tanár urakkal írt könyvében (1968) azokat le is közölte (*2. ábra*). Nagyon nagy szó volt ez a fiatal mérnök számára, sőt mondhatom, hogy az időközben megöregedett mérnök ma is büszke rá.

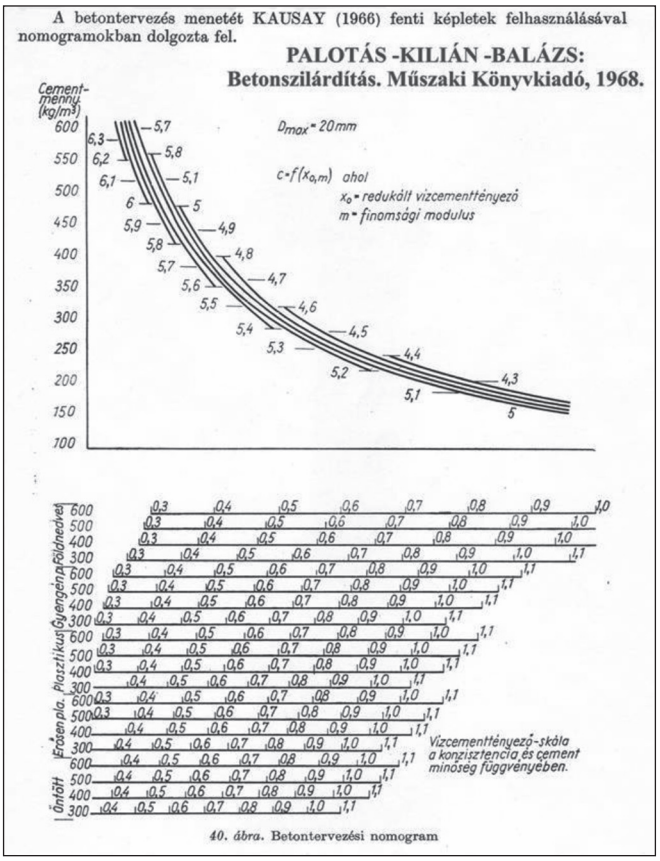
Féltve őrzöm a „Mérnöki szerkezetek anyagtana 1. Általános anyagismeret” című könyvet (*Palotás*, 1979) is, amelynek belső címlapját (*3. ábra*) *dr. Palotás László* professzor úr 1979. október 18-án zavarba ejtő, nem mindennapi kedvességgel dedikálta, és azt a szeretetteljes karácsonyi üdvözlő lapot, amelyet tőle a posta 1987. december 23-án hozott (*4. ábra*).

Dr. Palotás László professzor úr 1905. január 26-án Érsekújvárott született és 1993. szeptember 13-án Budapesten hunyt el. Tiszteletére, 2005. január 26-27-én, születésének 100. évfordulója alkalmából a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, a BME Hidak és Szerkezetek Tanszék és a Közlekedéstudományi Egyesület Mérnöki Szerkezetek Szakosztálya a BME dísztermében tudományos ülésszakot rendezett. Olyan szerencsés voltam, hogy tanítómesterem tudományos tevékenységét és elévülhetetlen kutatási eredményeit, mint az SZTE Betonszakosztályának elnöke „Palotás László a betontudós” címmel a plenáris ülésen méltathattam, majd szekció ülésen „A Palotás-féle betontervezés grafikus feldolgozása” címmel tarthattam előadást *dr. Palotás László* professzor úr nap, mint nap, ma is alkalmazott és oktatott betontervezési összefüggéseiről..

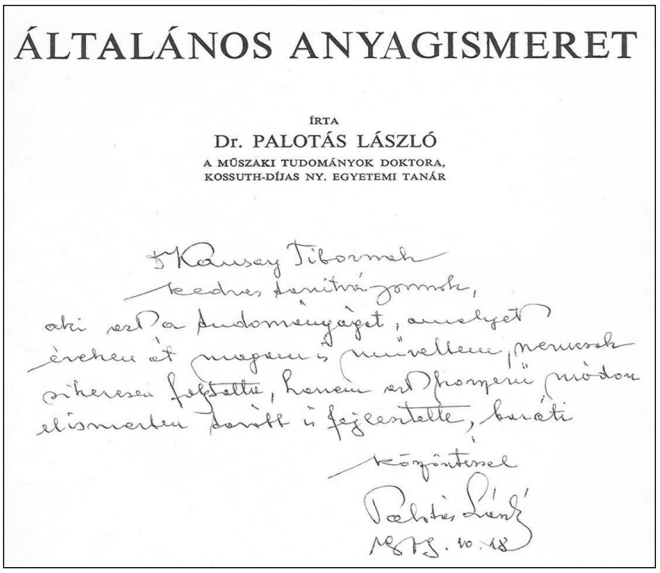
3. VISSZAPILLANTÁS

A *Kausay-család* egykor Abauj megyében élő armálista család volt. A fellelt első feljegyzés 1629-ből származik, *Máté* Fűzéren, majd Jesztreben volt pap. A család onnan elszármazván *Tamás* (1754) a Zemplén megyei Hernádnémetiben, majd

1. ábra: A BME Építőanyagok Tanszék laboratóriumának bejárata az MM épületben



2. ábra: A Palotás-féle betontervezési képletek grafikus alakja az 1968-ban megjelent Palotás – Kilián – Balázs-féle Betonszilárdítás című könyvben


ÁLTALÁNOS ANYAGISMERET

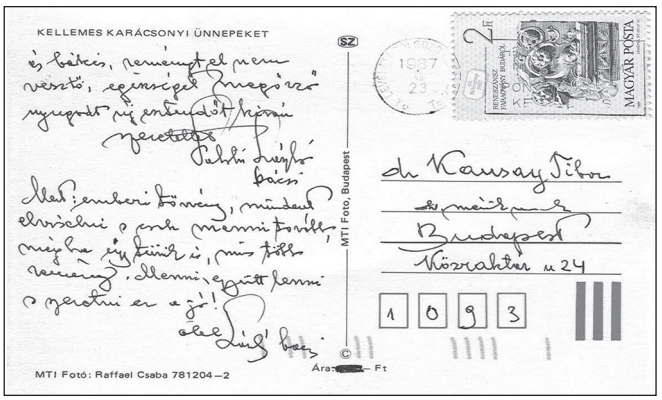
ÍRTA

Dr. PALOTÁS LÁSZLÓ

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA,
KOSSUTH-DÍJAS NY. EGYETEMI TANÁR

Kausay Tibornak
kedves tanítványomnak,
aki szerte a tudományágat, amelyet
évtizedeken át magam is műveltem, nemcsak
sikeresen folytatta, hanem szerteágazó módon
elismerten bővítette is fejlesztette, hazai
közönttel
Palotás László
1978. 10. 18

3. ábra: Dr. Palotás László professzor úrnak a tanítvány szívét melengető keze írása



4. ábra: Dr. Palotás László professzor úr máig ható gondolata 1987 karácsonyán

Károly (1812) és *Dániel* (1815) a Tisza menti Nagyfaluban (Szabolcs megye) született (*Kempelen*, 1913). A család gazdálkodott, de férfi tagjainak többsége hivatalt is vállalt. Felmenőim között volt Szabolcs megyei jegyző, szolgabíró, főszolgabíró, járásbíró, nyíregyházi levéltári vezető, útbiztosként és térképészként működő kultúrmérnök. *Tibor* nagyapám (1875-1934) Magy határában, a mai térképeken is még megtalálható Kauzsay-tanyán gazdálkodott, és Szabolcs megye gazdasági felügyelőjeként tevékenykedett. Apai nagyanyám, *Temesváry Izabella* (1878-1952) a Háromszék megyei Uzonban, örmény gyökerű földbirtokos családban született.

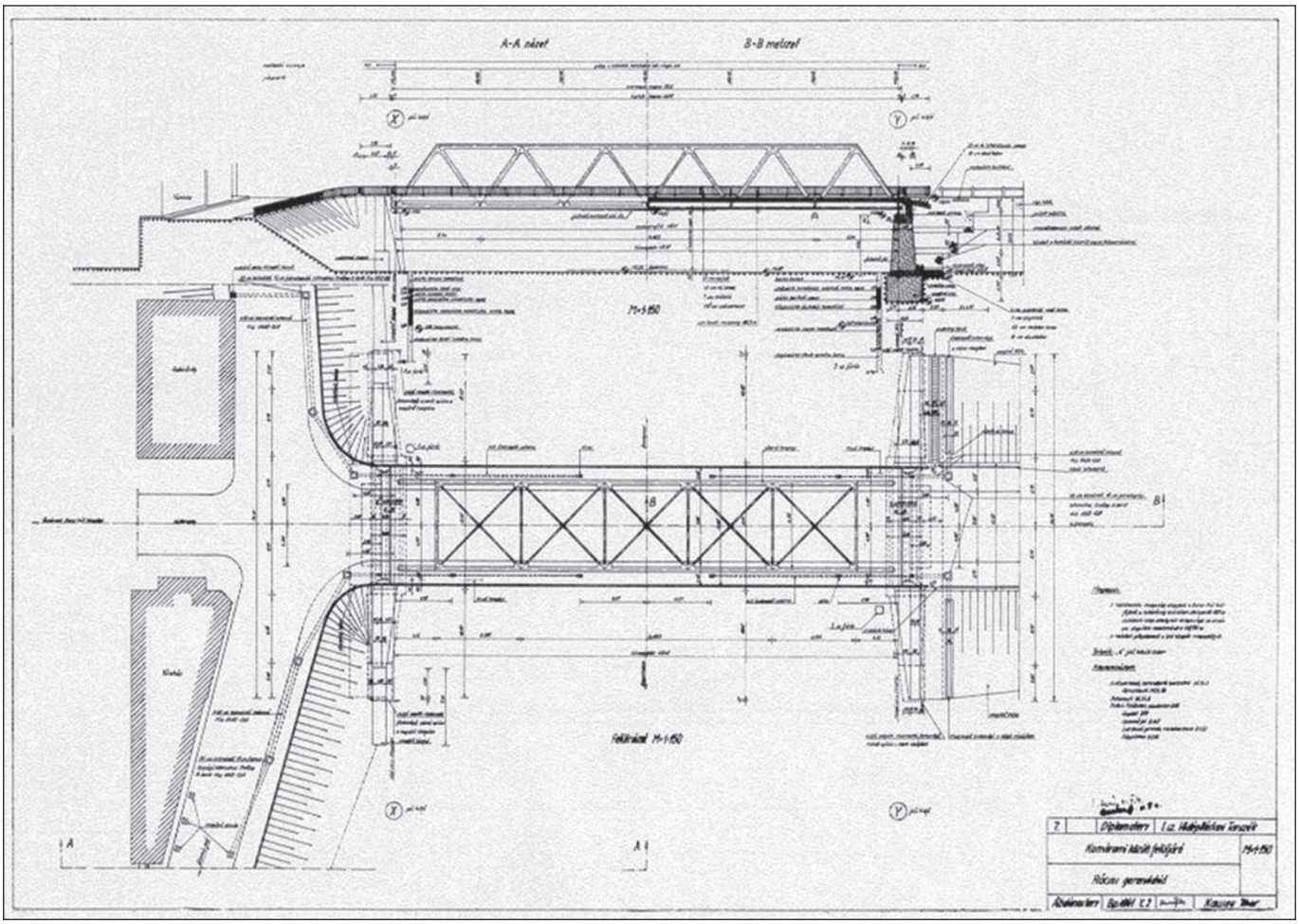
Magam Nyíregyházán, 1934. október 1-én láttam meg a napvilágot. Öcsém, György – aki szintén építőmérnök és a HBM Kft. nyugalmazott fejlesztési igazgatója – Budapesten, 1941 januárjában született.

Jogász édesapám, *dr. Kausay Tibort* (1904-1958) 1935-ben miniszteri segédtitkárként a Földmívelésügyi Minisztériumban helyezkedett el, ekkor költöztünk Budapestre. A II. világháborút követően a család minden ingatlanát elvesztette, akkor már miniszteri osztálytanácsos édesapámat 1946-ban B-listázták, ezután csak alkalmi munkát végezhetett, 1949-ben agyvérzést kapott. Édesanyám, *Tóth Mária* (1913-1993) – akinek anyai nagyapja, *Mikecz János* (1850-1901) Szabolcs megye alispánja és egy ciklus alatt országgyűlési követe volt –, a háború után műszaki rajzolóként az UVATERV-ben, majd technikusként az ÉLITI-ben dolgozott. Családunkat 1951 júliusában Budapestről kitelepítették Mezőberénybe, ahol időszaki mezőgazdasági, kőműves, vasúti és folyamszabályozási munkákból tartottuk fenn magunkat. Iskolába nem járhattam, Mezőberényben akkoriban nem volt gimnázium. A kitelepítés alóli mentesítés után, 1953 augusztusában Dunabogdányba, később Szentendrére költöztünk, Budapesten letelepedni nem volt szabad, de nem is lett volna hova (*Kausay*, 2011).

A régi iskolámba (a Ciszterci Rend Budai Szent Imre Gimnáziumából lett József Attila Gimnáziumba) nem vettek vissza, végül a Budai Nagy Antal Gimnáziumban tanulhattam (1953-1955) és érettségizhettem. Érettségi után egy éven át műszaki rajzoló voltam az ÉLITI-ben. Egyetemi tanulmányaimat 1956-ban az ÉKME Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Mérnöki Karán kezdtem meg. Építőmérnöki diplomát a „Komáromi Közúti Felüljáró. Zárt acél szelvényű, nagyszilárdságú feszített csavar kapcsolatú rácsos gerendahíd, vasbeton pályalemezzel” tárgyú diplomatervem megvédésével a Híd- és Szerkezetépítő Szakon 1961-ben kaptam (*5. ábra*). Az egyetem elvégzése után a Budapesti Közúti Üzemi Vállalathoz kerültem, ahol fél év múlva Tápiószelén, a 311. út korszerűsítésének építésvezetője lettem. 1963 végén változtattam munkahelyet, és az ÉaKKI Építőanyagipari Központi Kutató Intézetben helyezkedtem el. Az Intézetet 1966-1967-ben átszervezték, jogutódja a SZIKKTI Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet lett, itt tudományos munkatárs, majd 1984-től tíz éven át, az Intézet felszámolásáig, illetve nyugdíjazásomig (1994) tud. tanácsadó és a Betonosztály tud. osztályvezetője voltam. 1987-1992 között a SZIKKTI tengizi (Kazahsztán) betonlaboratóriumát is vezettem. 1994-ben a SZIKKTI három magánszemély (*dr. Kausay Tibor, Dombi József, dr. Szegő József* kutatómérnökök) társtulajdonossá fogadásával létrehozta a Betonolith K+F Kft-t, amelyből kiválva éppen 20 éve, 1996-ban megalapítottam az egyszemélyes Betonopus Bt-t.

4. MÉRNÖKI ÉLETRAJZI EREDMÉNYEIM

A Budapesti Műszaki Egyetemen 1967-ben vasbetonépítési szakmérnöki oklevelet, 1969-ben egyetemi doktori fokozatot



5. ábra: Komáromi közúti felüljáró. Zárt acélszelvényű, NF-csavar kapcsolatú, 49,4 m támaszközű, rácsos gerendahíd, vasbeton pályalemezzel. Az ÉKME I. sz. Hídépítéstani Tanszékén készített diplomatervem (1961) általános tervrajza (Bronz könyv, 1964)

szereztem. A műszaki tudomány kandidátusa fokozatot 1978-ban „A betonadalékanyagok szemszerkezeti tulajdonságai és a szemszerkezet komplex jellemzés módja" című értekezéssel nyertem el, Ph.D. fokozatot 1997-ben kaptam. A BME Építőmérnöki Karán 1985-ben címzetes egyetemi docens, 2003-ban címzetes egyetemi tanár lettem.

1972-ben középfokú állami nyelvvizsgát tettem német nyelvből.

Építőanyagok tantárgyat a BME-n kívül oktattam 1991-2001 között az Ybl Miklós Műszaki Főiskola Építőanyagok Tanszékén, valamint 2000-2003 között és 2007-2008 között a Schulek Frigyes Kéttannyelvű Építőipari Műszaki Szakközépiskolában is.

Elismeréseim: Comporgan-díj (1988); Hungarokorr ÉVM miniszteri nagydíj, valamint MÉM és KVM miniszteri különdíj (1988); Kiváló munkáért (Ipari Minisztérium, 1989); Miniszteri elismerő oklevél (Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, 2000); MTA Gróf Lónyay Menyhért Emlékérem (2003); MTESZ Emlékérem (2006); „A szilikátiparért" SZTE érem (2010); Palotás László-díj (2015).

A *fib* Nemzetközi Betonszövetség Magyar Tagozatának 2000 óta, a Magyar Mérnöki Kamarának 1996 óta vagyok tagja. A Magyar Tudományos Akadémia Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testületének 1992-ben tagja, 2003-ban tiszteletbeli tagja lettem. Tagja vagyok a Magyar Tudományos Akadémia Köztestületének (1996).

Egyesületi tagságom: Szilikátipari Tudományos Egyesület (2004-2010 között a Beton Szakosztály elnöke), Építéstudományi Egyesület, Magyar Útügyi Társaság, Közlekedéstudományi Egyesület, Magyarhoni Földtani Társulat.

A Magyar Szabványügyi Testület MSZT/MB 107 „Beton és előre gyártott termékek" – amelynek 2011-2013 között alelnöke voltam –, valamint MSZT/MB 113 „Ásványi kő adalékanyagok" műszaki bizottságában évtizedek óta végzek társadalmi munkát.

Publikációim száma mintegy 220.

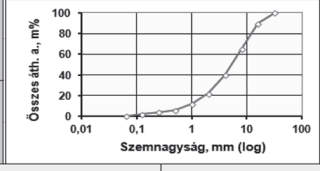
5. SZÁMADÁS MÉRNÖKI, KUTATÓI TEVÉKENYSÉGEMRŐL

Mintegy 50 évi mérnöki tevékenységem legemlékezetesebb önállóan és társkutatóként végzett kutatási-fejlesztési munkái a következők voltak. Ezeknek egy része a SZIKKTI 43. és 72. sz. tudományos közleményében olvasható (SZIKKTI, 1974, 1983).

5.1. Grafikus és numerikus betontervezési és adalékanyag szemmegoszlás jellemzési módszerek (1964, 1979, 1995)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

Valamely, a nyomószilárdsága által adott beton minőségét többek között alkotórészeinek megfelelő összetétele segítségével biztosíthatjuk. A helyes betonösszetétel előrebecslésére empirikus tervezési képletek szolgálnak, amelyek közül hazánkban hagyományosan *Feret* (1891), *Bolomey* (1926), *Palotás* (1952) formulái használatosak. A tervezési képletek alkalmazásakor nehézséget jelenthet a többváltozós feladat megoldásai közül a

m_{lin}	σ^2	σ	σ^2 / m_{lin}^2
7,648	57,598	7,589	0,985
$lg\ d_{átlag}$			$F_{dm=0,063}$
0,629			1,830
$d_{átlag}$			m_{lg}
4,258			6,079
f_v		f (ρ = 2640 kg/m^3)	
4,357 [mm^{-1}]		1,651 [m^2/kg]	

6. ábra: Példa az adalékanyag szemmegoszlás jellemzőinek értékére

megfelelő kiválasztása. A betontervezés megkönnyítése érdekében a tervezési képleteket a szemléletes Descartes-féle, vonalsereges nomogramok alakjában dolgoztam fel. A nomogramok független változói a nyomószilárdság, a cementminőség, a konzisztencia, az adalékanyag legnagyobb szemnagysága és finomsági modulusa, függő változója a víz-cement tényező és a cement mennyiség.

Az adalékanyag szemmegoszlása javításának tervezésére szintén grafikus módszert dolgoztam ki. Két frakciós szemmegoszlás esetén a finomsági modulus, három frakciós szemmegoszlás esetén a finomsági modulus és a fajlagos felület ad határozott megoldást.

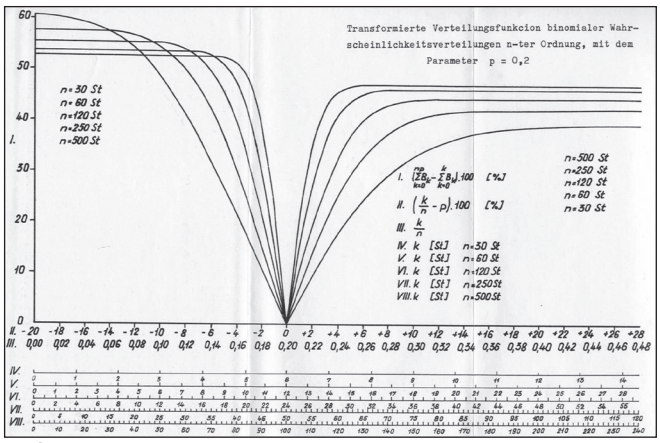
A betonok adalék- és töltőanyagainak szemmegoszlását számszerűen a szemmegoszlás jellemzők, nevezetesen a várhatóérték, a szórásnégyzet, a relatív szórásnégyzet, az átlagos szemnagyság, a finomsági modulus és a térfogati fajlagos felület írja le, amelyek szemléletes, gyors és egyszerű számítására a grafikus és analitikus számításmódok jó tulajdonságait egyesítő, a kutatás, tervezés és építés minden területén jól használható, grafoanalitikus módszert dolgoztam ki (*6. ábra*). A módszer hasonló alakú képletek megoldásában áll. A képletek felírásához az a felismerés vezetett, hogy bármely szemmegoszlás jellemző értéke koordinátarendszerben kifejezhető a megfelelő abszcisszatengelyen ábrázolt szemmegoszlás görbe alatti területtel. Így a várhatóértéket lineáris, a szórásnégyzetet négyzetes, az átlagos szemnagyságot és a logaritmikus finomsági modulust logaritmikus, a térfogati fajlagos felületet reciprok beosztású abszcisszatengelyre rajzolt szemmegoszlás görbével jeleníthető meg. Az eljárást MSZ 18288-5:1981 szám alatt szabványosították.

Az Abrams-féle logaritmikus finomsági modulus a Hummel-féle görbe feletti területből származtatható, amelyek értéke a logaritmikus abszcisszatengely folytán jelentős mértékben függ a Hummel-féle területet határoló ún. abszcisszatengely kezdőérték megállapodás tárgyát képező értékétől. Ezzel kapcsolatban jegyezték meg, milyen kár, hogy a XX. század első felében élt híres betonkutatók, így *Abrams* (1919), *Hummel* (1930), majd neves követőik, mint *Spindel* (1931), *Stern* (1932) és később mások is, a beton adalékanyagok szemmegoszlását a – gyakorlat számára kétségtelenül szemléletes és jól kezelhető – görbe feletti területtel hozták összefüggésbe, és nem az abszcisszatengely kezdőértéktől független logaritmikus átlagos szemnagysággal jellemezték (*Kausay*, 2004).

5.2. A betonadalékanyag szemalakjának vizsgálata és a szemalak hatása a beton tulajdonságaira (1967-1972)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

Az adalékanyagot szemalak szerinti minősítéses jellemzésmód-



7. ábra: n-edrendű, p = 0,2 paraméterű binomiális valószínűségeloszlások transzformált eloszlásfüggvénye

dal, meghatározott elemszámú minta vizsgálata alapján a lemezes szemek részhányadának meghatározásával minősítettem. Valószínűség számítással határoztam meg a vizsgálati minta szükséges elemszámát a lemezes szemek részaránya függvényében úgy, hogy a minősített szemhalmaz elfogadása vagy visszautasítása az átadó és az átvevő számára egy adott biztonsági szinten, meghatározott kockázatot jelentsen. A feladatot a mintavételt pontosan leíró, de bonyolult hipergeometrikus valószínűségeloszlást jól közelítő és egyszerűbben kezelhető binomiális valószínűségeloszlással oldottam meg először számarány vizsgálatra, majd tömegarány vizsgálatra, majd a gyakorlat számára táblázatos vizsgálati tervet készítettem (*7. ábra*).

A szemalakkal jellemzett zúzottkő adalékanyaggal betonkísérleteket végeztem. Megállapítottam, hogy a zömök adalékanyaggal készült betonok nyomószilárdsága nagyobb, hajlító-húzószilárdsága kisebb, mint a lemezes adalékanyagú betonoké. Azonos víz-cement tényező mellett az optimális betonszilárdság eléréséhez zömök adalékanyag esetén kevesebb, lemezes adalékanyag esetén több cementre van szükség. Azonos víz-cement tényező és cementadagolás mellett a lemezes adalékanyagú friss betonkeverék konzisztenciája földnedvesebb, mint zömök adalékanyag szemalak esetén (*Kausay*, 1967, 1968, 1970).

Vizsgáltam a szemalak hatását a Los Angeles aprózódásra, és arra a következtetésre jutottam, hogy bizonyos határok között a szemalak javításán keresztül a zúzottkő Los Angeles aprózódása csökkenthető, és kőzetfizikai besorolása is kedvezőbbé tehető (*Kausay*, 1972).

5.3. Bauxitbeton épületek állapotának felmérése (1968-1979)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

A bauxitbeton kötőanyaga az aluminátcementek fajtájába tartozó bauxitcement, amelynek legfőbb nyersanyaga a mészkő és a bauxit, a bauxitcement klinker elsősorban kalcium-aluminátokból áll. A portlandcementek és az aluminátcementek hidratációs és szilárdulási folyamata között az a legdöntőbb különbség, hogy az előzőnél a beton keveréshez használt vízzel való reakció folyamán stabil hidratációs termékek keletkeznek, az aluminátcementeknél viszont a szokványos körülmények között elsődlegesen létrejövő és nagy kezdőszilárdságot biztosító hidratációs termékek instabilak, és idővel stabil vegyületekké alakulnak át. E stabil kalcium-aluminátok térfogata kisebb, mint az instabilaké, ezért kialakulásuk a cementkő porozitásának növekedésével, és ennek következtében a beton szilárdságának csökkenésével jár. Újabb megállapítás, hogy a stabilitás irányába ható kémiai reakciók folyamata a teljes

átalakuláshoz közeledve lelassul, majd gyakorlatilag meg is áll. Kedvező esetben felléphetnek olyan folyamatok, amelyek hatására minimális mértékű szilárdságnövekedés is végbemehet (*Talabér*, 1991, 1996).

A bauxitcement gyártását *Jules Bied* francia vegyész eljárása alapján „Lafarge Fondu" elnevezés alatt 1908-ban szabadalmaztatták, és gyártási kísérletek után, 1918-ban hozták forgalomba „Ciment Fondu" néven. A mintegy tíz év múlva már jelentkező szilárdság csökkenés miatt felhasználását Franciaországban 1927-től kezdve fokozatosan szigorították, 1943-tól előzetes engedélyhez kötötték. Magyarországon a Magyar Általános Kőszénbánya Rt. Tatabánya-Felsőgallán gyártott bauxitcementet, amely „Citadur bauxitcement" néven 1928-ban került forgalomba, és gyártása végleg 1949-ben szűnt meg (*Balázs*, 1994; *Kausay*, 1970). A bauxitbeton szilárdságcsökkenésére hazánkban *Mihailich* már 1936-ban felfigyelt, és kísérleteinek eredményéről 1942-ben előadást is tartott. A felsőgallai „Citadur bauxitcement" gyártása nagyobb mennyiségben 1942-ben, végleg 1949-ben szűnt meg, a felhasználás 1950-ig, legfeljebb 1954-ig tartott (*Balázs*, 1994).

Az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium a bauxitcement felhasználásával készült épületek állékonyságának felülvizsgálatát a 6/1967. ÉVM sz. körrendelettel tette kötelezővé. A felülvizsgálat elvégzésére kiemelten öt intézményt, az Építéstudományi Intézetet, az Építőipari Minőségvizsgáló Intézetet, a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetet, a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalatot, az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetemet jelöltek ki. A felülvizsgált mintegy 2100 épületből 1968-1979 között mintegy 80 épület bauxitbeton szerkezeti elemét vizsgáltam meg többségében Schmidt-kalapácsos roncsolásmentes módszerrel. A vizsgálati eredményéből meghatározott határfeszültség alapján a bauxitbetonból építményeket és szerkezeti elemeket állapotuk szerint veszélyességi csoportokba kellett sorolni. Az előírt számítási módszer szerint a bauxitbeton határfeszültsége a küszöbszilárdság 0,78-szorosa.

5.4. Építési kőanyagok magyar nemzeti szabványrendszere (1978-1991)

Az építési kőanyagok szabványsorozatának készítését *dr. Kertész Pál* irányította. A munkabizottság állandó tagjai voltak: *Dr. Gálos Miklós*, *dr. Marek István*, *dr. Nemeskéri Kiss Gézáné*, *dr. Reznák* László, *Serédi* Béla, *Somfay Ernő*, *Vajda László* és *dr. Kausay Tibor*.

A szabványtárgyalások helyszíne a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének felejthetetlen hangulatú Stoczek utcai könyvtárszobája volt, falán az egykori műegyetemi geológia professzorok, valamennyien akadémikusok festményeivel (*8. ábra*).

Az építési kőanyagok magyar szabványrendszere 43 vizsgálati szabványból (MSZ 18280:1980 – MSZ 18290-7:1985) és 7 termékszabványból (MSZ 18291:1978 – MSZ 18297:1987) állt. Egységes rendszert képeztek, és tükrözték azt az igényességet, amely a műegyetemi és hazai kutatóintézeti munkát mindig is jellemezte. Az építési kőanyagok magyar nemzeti szabványai az építésügyi minőségi szabályozásban méltó helyet töltöttek be, voltaképpen ma is korszerűek, és jól használhatók. Mégis e nemzeti szabványok az európai szabványok honosítási folyamatának előre haladtával egyre inkább a múltat fogják jelenteni, de reményeink szerint végleg nem vesznek feledésbe (*Kausay*, 2001).

A szemmegoszlásjellemzők számításának szabványa (MSZ 18288-5:1981), és a Böhme-féle kopási vizsgálat szabványa (MSZ 18290-1:1981) szövegjavaslatom alapján készült.

5.5. Építési kőanyagok és betonok kopásállósága (1979-1997)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

A betonok kopásállósága a betontechnológia állandó visszatérő kérdése, amelynek tanulmányozása az út és repülőtéri pályák, padlóburkolatok, tároló bunkerek, vízi létesítmények készítésekor, javításakor mindig előtérbe került, és alapkutatás végzését is szükségessé tette. A kopásállóságot a több mint száz éves (*Böhme*, 1892), Németországban 1933 óta, nálunk 1951 óta szabványos Böhme-féle forgótárcsás koptató berendezéssel vizsgáltuk, és az építmények, építőanyagok kopásállósági követelményét is ennek vizsgálati eredményeire vonatkoztattuk. A vizsgálati módszer és a követelmények is az idők folyamán változtak. A módszer (MSZ 18290-1:1981) és követelmények (MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 9. fejezete) mai szintjének kialakulása jórészt nemcsak a betonok, hanem a kőanyagok kopásállósági vizsgálatainak és kutatásainak eredménye is (*Kausay*, 1983).

Megállapítottuk, hogy időjárástól védett helyen lévő kopásálló beton készítéséhez legalább C25/30, időjárásnak kitett helyen lévő kopásálló beton készítéséhez legalább C40/50

8. ábra: A Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének Stoczek utcai könyvtárszobájának részlete az 1980-as években

nyomószilárdsági osztályú betonra van szükség. Az ilyen beton szabványos kopási térfogatvesztesége szárazon legfeljebb 12 cm^3, vizesen legfeljebb 18 cm^3. A beton készítéséhez használt cement legalább 42,5 szilárdsági osztályú portlandcement legyen, az adalékanyag legfeljebb 20 tömeg% lemezes szemet tartalmazzon, lehetőleg mélységi vagy kiömlési eredetű zúzottkő legyen és legalább olyan kopásállóságú, mint amilyen kopásállóságot a betontól megkövetelünk. Különleges kopásállósági követelmény esetén legalább a kopórétegben, kifejezetten erre a célra gyártott, különlegesen kopásálló adalékanyagot (például Korodur) kell alkalmazni. Előnyös a megfelelő folyósító adalékszer használata és a földnedves, illetve kissé képlékeny konzisztencia, különösen akkor, ha a beton fagyállósága érdekében légbuborékképző adalékszert is adagolni kell. Az impregnálás javítja a kopásállóságot és a fagyállóságot is. A kopásálló felületet a betonra felhordott kemény, nagyszilárdságú műgyanta réteggel is elő lehet állítani.

A kutatási eredményeket több építmény esetén is hasznosítottuk, például:

- Betonútépítő Vállalat által épített betonút lánctalpas járművek közlekedésére Líbiában, ahol adalékanyagként csak mészkövek jöhettek számításba (1984);
- Előregyártott, közúti villamosvasúti vasbeton lemezaljak Budapesten, amelyek az előregyártott, gőzölt vasbeton és az útbeton sajátságait egyesítették magukban. Gyártó a BVM Budapesti Gyára volt. A C40/50 nyomószilárdsági osztályú beton 42,5 jelű portlandcementtel, homok és andezit adalékanyaggal készült. A lemezaljak felületét mélyimpregnálószerrel kezelték (1986);
- Dorogi Hulladékégetőmű szilárdanyag tároló bunker építése, ahol a monolit, C30/37 nyomószilárdsági osztályú vasbeton követelménye a kopásállóság, a vízzáróság, a szikramentesség, a korrózióállóság és a repedésmentesség volt. A feladatot kompromisszum árán szulfátálló cement, homok és bazalt adalékanyag, folyósítószer, kis víz-cement tényező alkalmazásával oldottuk meg (1987);
- Mélyépítő Vállalat által gyártott Viacolor beton térburkolókövek (1987. Témafelelős: *Dombi József*);
- Kísérletek kemény adalékanyagos kopóréteggel, járható beton csatornák lövellt betonos technológiával történő javításához Lengyelországban (1991);
- Dorogi Hulladékégetőmű hordós hulladéktároló térbetonja, ahol a monolit a szálerősítésű, C30/37 nyomószilárdsági osztályú beton követelménye a kopásállóság, a vízzáróság, a szikramentesség és a korrózióállóság volt. A feladatot kompromisszum árán szulfátálló cement, homok, 2-12 mm szemnagyság között bazalt, 12-20 mm szemnagyság között dolomit adalékanyag, folyósítószer, Dramix acélhuzalszál, kis víz-cement tényező alkalmazásával oldottuk meg (1994);
- Ferihegyi repülőtér meghibásodott bazalt pályabeton lemezének javítása (1989) és a repülőtér bővítés új pályabetonja (1995);
- Előregyártott beton útburkoló elemek, útszegélyek, Pest megyében (1995);
- Pormentes ipari padlóburkolatok gyártócsarnokokban (például Magyar Suzuki autógyár, Esztergom, 1991), raktárakban (például Szeged, 1996), (*9. ábra*).

9. ábra: Pormentes, kopásálló ipari padlóburkolat felületképzése rotoros simítógéppel

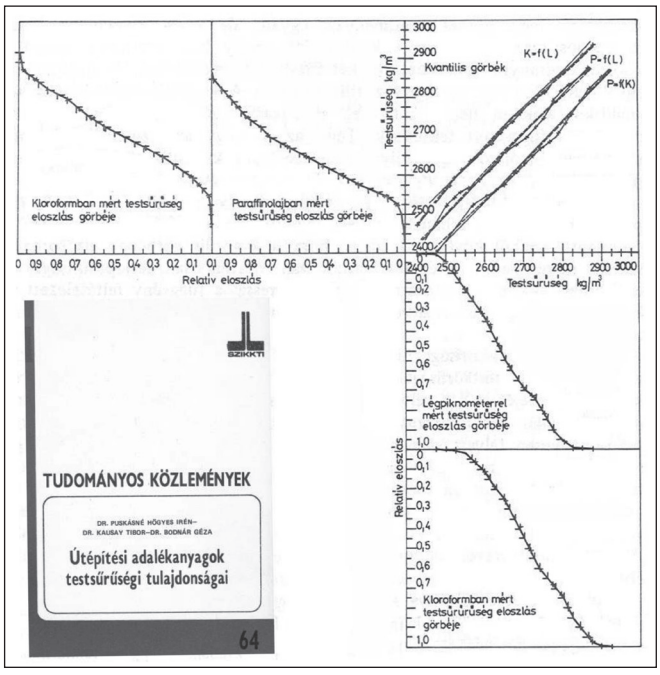
5.6. Zúzottkövek testsűrűségi tulajdonságai (1981)

Témafelelős: Dr. Puskásné Hőgyes Irén, dr. Kausay Tibor

Mintegy 200 zúzottkő adalékanyag szemhalmazon közel 800 testsűrűség, anyagsűrűség és szemmegoszlás vizsgálatot végeztek különböző módszerekkel, a vizsgálati módszerek elemzése, eredményeik összefüggésének meghatározása, a testsűrűségek szemmegoszlás-függésének tanulmányozása céljából, a megállapítások kőbányaipari laboratóriumi hasznosítása érdekében. A szemmegoszlás vizsgálatot az MSZ 18288-1:1978 szabvány szerint száraz szitálással, az anyagsűrűség vizsgálatot golyós malomban 0,2 mm alá porított mintán az MSZ 18284-2:1979 szabvány 3.1. fejezete szerint, a testsűrűség vizsgálatot az MSZ 9611-14:1976 szabvány szerint 1000 ml térfogatú folyadék-piknométerben 840 kg/m^3 sűrűségű paraffinolaj mérőfolyadék, és 2000 ml térfogatú folyadék-piknométerben 1470 kg/m^3 sűrűségű kloroform mérőfolyadék alkalmazásával, valamint higanyos légpiknométerrel végeztük. A kísérleti eredményeket a matematikai-statisztika módszerével értékeltük.

A vizsgálatok megengedett terjedelmét a nagy gondossággal végzett nagyszámú mérés tapasztalati terjedelméből határoztuk meg úgy, hogy a megengedett terjedelem a tapasztalati terjedelem eloszlásfüggvényének 0,95 értékhez tartozó kvantilise. Megállapítottuk, hogy ismétlési feltételek között, szemhalmazon végzett, két testsűrűség mérés esetén a megengedett terjedelmet a paraffinolajos vizsgálatnál

10. ábra: Zúzottkövek különböző módszerekkel mért testsűrűségei kvantilis görbéinek szerkesztése



35 kg/m^3, a kloroformos vizsgálatnál 38 kg/m^3, a légpiknométeres vizsgálatnál 42 kg/m^3 értékben kell előírni. Ugyanezek az értékek három testsűrűség mérés esetén 42, 45, 50 kg/m^3. Két anyagsűrűség mérés esetén a megengedett terjedelem 20 kg/m^3, három anyagsűrűség mérés esetén 24 kg/m^3. A kutatás megállapításai azáltal is hasznosultak, hogy a meghatározott megengedett terjedelem értékeket beépítették az MSZ 18284-2:1979 szabványba.

A különböző mérési módszerrel meghatározott testsűrűségek összefüggését lineáris függvénnyel fejeztük ki, és így a különböző módszerek eredményei egymásba átszámíthatók lettek (*10. ábra*). A kísérleti eredmények értékelése rámutatott arra, hogy a szemhalmazok testsűrűsége, illetve szemeinek tömöttsége és a szemnagyság között nincs korreláció, azok egymástól gyakorlatilag függetlenek. A zúzottkő adalékanyag keverékek szemmegoszlásának testsűrűség méréssel való ellenőrzése ezért csak a keveréket alkotó frakciók testsűrűségének és a keverés arányának mindenkori ismeretében oldható meg. (*Puskásné – Kausay – Bodnár*, 1981)

5.7. Kőanyagok betonadalékanyagkénti alkalmazása (1983)

Témafelelős: Dr. Kertész Pál, dr. Gálos Miklós, dr. Marek István és dr. Kausay Tibor

A kutatás célja a betonadalékanyagként kevéssé alkalmazott kőanyagok anyagtulajdonságainak vizsgálata és a vizsgálati eredmények 1:100.000 méretarányú térképlapokon való szerepeltetése, a minősítő vizsgálatok kijelölése, betonkísérletek végzése, a kőanyagok betonadalékanyagkénti minősítése volt. Az öt évig tartó kutatómunkát a BME Ásvány- és Földtani Tanszékével közösen végeztük.

A munka során 55 lelőhelyről 59 kőzetfajtát vizsgáltunk meg és 140 korábban vizsgált kőanyag mérési adatát dolgoztuk fel. A vizsgálat és az adatfeldolgozás (ha lehetséges volt) a kőzettani leírás és mikroszkópi fénykép elkészítésére, a kőanyag kémiai összetételének, derivatogramjának, mikrokeménységének, anyagsűrűségének, testsűrűségének, víztartalmának, vízfelvételének, porozitásának, nyomószilárdságának, hasító-húzószilárdságának, rugalmassági modulusának, ultrahang terjedési sebességének (valamennyit légszáraz és vízzel telített állapotban), Los Angeles aprózódásának (szárazon és 25 fagyasztás után), Hummel-féle morzsolódásának, szulfátos kristályosítási veszteségének, időállósági változási tényezőinek meghatározására terjedt ki. A 350 kg/m^3 pernyeportlandcement adagolású betonnak a konzisztenciáját, testsűrűségét friss és szilárd állapotban, nyomó- és hasító-húzószilárdságát 28 napos korban vizsgáltuk.

A munka az utóbbi idők utolsó ilyen jellegű, nagy volumenű kutatása volt, amelynek vizsgálati eredményei és térképlapjai ma is adatbázisul szolgálnak. A kutatás bebizonyította, hogy számos hazai kőanyag alkalmas betonkészítés céljára. Javaslatot dolgoztunk ki a zúzottkövek beton nyomószilárdsági osztályok szerint megkövetelt MSZ 18291:1978 szerinti kőzetfizikai csoportjára és termékosztályára a zúzottkőnek az adalékanyagban való részaránya (30 tömeg%-nál több, vagy nem több), és karbonátos illetve nem karbonátos jellege (mert a karbonátos kőanyag affinitása a cementkőhöz kedvezőbb, mint a nem karbonátosé) függvényében. A javaslat a MÉASZ ME-04.19:1995 beton és vasbeton készítési műszaki előírás 3. fejezetében lépett érvényre.

5.8. Span-Deck feszítettbeton födémpallók tulajdonságainak vizsgálata (1977-1986)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

A Span-Deck (SD) födémpallók C25/30 (olykor C30/37) nyomószilárdságú kavicsbeton, 6 darab héteres feszítőpászma, továbbá mellékvasalás felhasználásával, kavics üregképző maganyag alkalmazásával, hosszúpados gyártási módszerrel, hőérlelve, és hőérlelés után hosszméretre vágva készültek a Beton- és Vasbetonipari Művek Szolnoki Gyárában.

Az SD födémpallók gyártástechnológiáját és különböző tulajdonságait 10 éven keresztül vizsgáltuk. E munka a következő főbb címszavak köré csoportosítható: betonösszetétel, automatikus konzisztencia beállítás, pászma feszítőerő mérés, betonszilárdulási folyamat, maganyag tapadás, gyémánt vágókorong igénybevétel, roncsolás-mentes minőségellenőrzés, szilárd pallók korai felhajlása, pallók lehajlása és repedéstágassága tartós terhelés hatására.

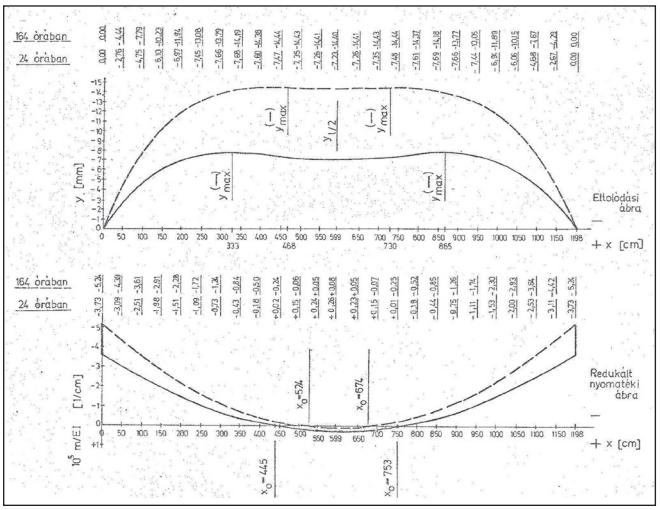
E kísérletek eredményei közül újszerű volt a mészkő adalékanyagos betonnal készülő SD pallók gyártási feltételeinek kidolgozása. A mészkő adalékanyag alkalmazásának általános szilárdságtani előnyei az SD pallóknál is megmutatkoztak, de legfőbb haszna a vágási energiafelvétel és a gyémánt vágókorong igénybevételének jelentős csökkenésében volt. A zúzottkőbeton bedolgozhatóságát képlékenyítőszerrel javítottuk.

Az automatikus konzisztencia beállítás konzisztométeres módszere akkor még újdonságnak számított. Az SD betonokon végzett üzemi kísérletek eredményeiből arra következtettünk, hogy a beton konzisztenciája és a betonkeverőgép villamos teljesítmény felvétele között szoros kapcsolat van. E kísérletsorozat tapasztalatai alapján fejlesztettük ki a "SZIKKTI Konzisztomat" mérő és szabályozó berendezést (*Kausay – Szirmai*, 1979)

A vakolatmentes, nagyfesztávolságú födémek egymáshoz jól illeszthető és azonos fel- illetve lehajlású SD pallókat igényeltek. A födémpallók alaktani viselkedésére nagy hatással volt a feszítőerő, amelyet számos körülmény befolyásolt. Ezek megismerésére 34 darab 27 cm magas pallón feszítőerő nagyság és egyenletesség méréseket végeztünk erőmérőcellák segítségével elmozdulás-mentesen, közvetlenül a pászmarögzítő patronoknál. A feszítőerő mérést követően tömeg és fel- illetve lehajlás mérésekre is sor került (*11. ábra*). Megállapítottuk, hogy 10 m-es elemhossz esetén 10.000 mN feszítési nyomaték csökkenéshez átlag 4,4 mm felhajlás csökkenés tartozott, és 100 kg/fm tömegnövekedés átlag 4,6 mm felhajlás csökkenést okozott. A megváltozott rugalmassági moduluson keresztül 8,0 N/mm^2 kizsaluzáskori (24 órás kor) beton nyomószilárdság különbség a felhajlások mértékét 15 %-kal változtatta meg.

Az SD technológiában a pallók üregképzését szemcsés anyaggal - gyakorlatilag 2/10 mm-es homokos kavics - végezték. Vizsgáltuk, hogy a beton összetétele, konzisztenciája, tömörítési ideje, a maganyag fajtája, szemnagysága, felületi állapota, nedvességtartalma, tömörítési ideje, hézagtérfogata miként befolyásolja a termék betonjába lazán vagy erősen beragadt maganyag tömegét, névleges rétegvastagságát, egyenletességét, szemnagyságát.

Az SD gyártástechnológia sajátossága, hogy a födémpallók öntése a 86 m hosszú sablon teljes hosszában folyamatosan történt, és az 5-12 m hosszú elemeket a hőérlelést követően vágással alakították ki. A vágást 1219,2 mm átmérőjű gyémántkoronggal végezték. A vágás nemcsak technológiailag volt kényes feladat, hanem gazdaságilag is figyelmet érdemelt. Ezért a vágás hatékonyság javításának lehetőségét vizsgáltuk.



11. ábra: 12 m hosszú Span-Deck feszítettbeton födémpalló eltolódási és redukált nyomatéki ábrája az öntést követő 24 és 164 órában

A kísérletek legfontosabb tanulsága az volt, hogy üzemi körülmények között a mészkőbetonból és mészkő maganyaggal készült pallók fűrészelésének energiaigénye (1616 wattóra) 2/3-a a kavicsbetonénak (2450 wattóra). (*Kausay – Szirmai*, 1982)

Öt éven keresztül mértük a szabadban 3 darab 13,4 m hosszú, 37 cm magas SD-37 jelű, és 3 db 11,9 m hosszú, 27 cm magas SD-27 jelű födémpalló lehajlását és repedéstágasságát tartós, a határnyomaték 85 %-ának megfelelő legnagyobb pozitív nyomatékot ébresztő kvázi-megoszló terhelés hatására. A lehajlás mérési eredményekből a lehajlási függvényeket a legkisebb hibanégyzetösszegek módszerével regressziós alakban dolgoztuk fel. A felírt függvények száma 333 volt. Meghatároztuk a függvény paramétereket, azok hányadosát, a függvények jellemző pontjait, a korrelációs jellemzőket. Kiszámítottuk a lehajlási függvények alatti területeket és kerestük ezek változását az idő függvényében. Az összes repedéstágasság időbeni változását szintén regressziós alakban határoztuk meg. Megállapítottuk, hogy az SD-37 jelű födémpallók átlagos eltolódásának értéke 1850 napos korban 46 mm, az SD-27 jelű födémpallóké 82 mm. Ugyanebben az időben az összes átlagos repedéstágasság az SD-37 jelű födémpallókon 1,2 mm, az SD-27 jelű födémpallókon 1,9 mm volt. Az eltolódások és repedéstágasságok az időjárásnak és az évszaknak is függvényét képezték. A téma szükségessé tette a feszített vasbetontartók regressziós eltolódási függvénye számításmódjának kidolgozását az abban az időben rendelkezésre állott mágneskártyás, 100 lépés kapacitású, programozható HP-65 típusú zsebszámítógépre. Az eltolódási függvényből a hajlítási merevség (E·I) ismeretében megrajzolhatóvá vált a redukált nyomatéki ábra (*Kausay*, 1982).

Egyéb körülmények mellett ez is ösztönzést adott arra, hogy külön kiterjedt kísérleteket végezzünk előregyártott, természetesen szilárdított és gőzölt, közönséges és feszített vasbetontartók 40,6 N/m^2 átlagos 28 napos nyomószilárdságú betonja különböző rugalmassági modulusainak meghatározására. A kísérleti eredményekből többek között megállapítottuk, hogy a gőzölt betonok kizsaluzáskori, 16 órás kori σ-ε görbéje a természetesen szilárdított betonok 28 napos kori σ-ε görbéje alatt helyezkedik el (*Fenyves – Kausay*,1982).

5.9. Gázbeton (mai ipari szóhasználattal pórusbeton) kutatás (1986, 1990, 1995)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

A gázbeton kutatások a SZIKKTI-ben 1959-ben alapkutatásként, laboratóriumi méretekben indultak (*Schütz Mihály*, *Molnár József*). Négyféle alaptípusú sejtbetont állítottak elő, a pernye és kvarc, mint a szilárdulásban résztvevő adalékanyagok, és a cement és mész, mint kötőanyagok variálásával. Gázfejlesztőül alumíniumport használtak, a szilárdítás autoklávban történt. A gázbetonok testsűrűségét 0,65-0,75 kg/dm^3 között tartották. A próbatestek harmadát eredeti állapotban hagyták, egyharmad-egyharmad részét CO_2, illetőleg SiF_4 gázzal utókezelték. Összehasonlító anyagként égetett agyagtéglát és kohóhabsalak-betont használtak. A gázbeton és etalon próbatestekkel hidrotechnikai (vízfelvétel, vízleadás, kapilláris vízfelszívás, szorpciós nedvességfelvétel, zsugorodás), atmoszférikus (atmoszféra-állóság, fagyállóság, vízállóság, hőállóság) és korrózióállósági (HCl-gáz hatása, SO_2-gáz hatása, ammónia-oldat hatása, szulfátállóság) vizsgálatokat végeztek. A kísérleti eredményeket a fennállása alatt (1963-1998) végig erőművi pernyét használó KÖSZIG Kazincbarcikai Gázbetongyárában hasznosították.

Oroszlányban 1985-ben alakult meg egy gazdasági társaság azzal a szándékkal, hogy az Oroszlányi Hőerőműben keletkező pernye felhasználásával 240 ezer m^3/év kapacitású gázbetongyárat hozzon létre. A beruházáshoz laboratóriumi előkísérleteket kellett végezni. Vizsgáltuk többek között a pernye kémiai összetételét (SiO_2 tartalom = 47 m%), szemmegoszlását (D_{max} = 0,4 mm), a dorogi és a váci égetett mész gázbetongyártási alkalmasságát, tartalék alapanyagként a fehérvárcsurgói homok minőségét (SiO_2 tartalom = 97 m%, D_{max} = 0,16 mm), a Kecskeméten gyártott alumíniumpaszta hidrogén fejlesztő képességét (20 perc alatt 100 cm^3 felett).

Az 1989-ig pernyével dolgozó gyöngyösvisontai KÖSZIG Mátra Gázbetongyár 1990-ben homokőrlő golyósmalmot helyezett üzembe. A golyósmalom vasbeton alapozását az IPARRV tervezte, a betontechnológiai utasítást magam készítettem. Az alaptömb betonszükséglete 162 m^3 volt, a beton minősége C16/20-40/K. A beton 340 kg/m^3 adagolású S-54 350 jelű szulfátálló portlandcementtel, Melment L-10 folyósítószerrel készült. A transzportbetont szivattyúval juttatták a zsaluzat közé és tűvibrátorral tömörítették. Az alaptömb négy napi betonozási munkával, jó minőségben elkészült.

A kazincbarcikai friss pernye minőségének romlása folytán 1995-ben gyakorlatilag alkalmatlanná vált gázbetongyártásra, ezért a gázbetongyár akkori tulajdonosa, az YTONG AG. a pernye meddőhányó mintegy 500·400 m-es területén 15 darab, mintegy 15 m mély kutatófúrást végeztetett egy helyi vállalkozóval. A kifúrt meddőhányó minták tulajdonságainak egy részét, így a pernye víztartalmát (átlag 48 m%), vízfelvételét (átlag 76 m%), halmazsűrűségét laza állapotban (átlag 784 kg/m^3), izzítási veszteségét (átlag 5,8 m%), szemmegoszlását (átlag D_{max} = 0,55 mm, finomsági modulus = 1,7) a tulajdonos a magyar kutatóintézetben (SZIKKTI) vizsgáltatta meg. A vizsgálati eredményeket a saját vizsgálati eredményeivel az YTONG Entwicklungszentrum összesítette, és megállapította a meddőhányó pernye gázbetongyártási műszaki alkalmasságát. A pernye ellátás gondját azonban tetézte a gőz ellátás nehézsége is, ami gazdaságtalan termeléshez, és a kazincbarcikai gázbetongyár 1998. év végi bezárásához vezetett.

5.10. Tengizi betontechnológiai laboratórium (1987-1992)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

A SZIKKTI a Vegyépszer megbízásából laboratóriumi minőségellenőrző és betontechnológiai irányítói munkával vett részt

12. ábra: Munkatársak a SZIKKTI tengizi betontechnológiai laboratóriumának bejárata előtt

13. ábra: A SZIKKTI tengizi betontechnológiai laboratóriuma 1988. május 20-án készített diafelvételen

az 1985-ös szovjet-magyar államközi egyezményben rögzített olaj- és földgáz finomító építés vasbetonépítési feladatában.

A tengizi laboratóriumban egyszerre általában négyen-öten, felváltva összesen 17-en dolgoztak 1-3 évet (*12. ábra*).

Az 1987-1992 között működött tengizi SZIKKTI betontechnológiai laboratóriumot az itthoni feladatok mellett Budapestről irányítottam. A munka során kidolgoztuk az egyes létesítmények építésének betontechnológiai utasítását, a megtervezett betonösszetételeket budapesti és tengizi laboratóriumi kísérletekkel ellenőriztük.

A beton összetevőinek, így a cementnek és az adalékanyagnak a minősítő tulajdonságait a tengizi laboratóriumban folyamatosan vizsgálták (*13. ábra*). Ezeket a vizsgálati eredményeket az adalékanyag szemmegoszlásának, a beton vízigényének és összetételének, konzisztenciájának, nyomószilárdságának tervezéséhez felhasználtuk.

A tengizi laboratórium munkatársai a betongyárban ellenőrizték a betonösszetételt, a betongyári transzportbeton szállítmányokból rendszeresen mintát vettek, megvizsgálták a friss beton konzisztenciáját és testsűrűséget, próbakockákat készítettek, a beton 28 napos korában meghatározták a beton testsűrűségét és nyomószilárdságát. A vizsgálati eredményeket Tengizben és Budapesten is értékeltük. A betonozási munkákat a tengizi laboratórium felügyelte.

A legnevezetesebb építmények a 100 m és a 200 m magas csúszózsaluzatos technológiával épült vasbeton kémények voltak. Építésük fő nehézségét a sivatagi hőségen kívül a Tengizben rendelkezésre álló zúzottkő adalékanyag képezte, amely ugyan a friss vasbeton szerkezet állékonyságát javította, de a szép csúszózsaluzatos felületképzést megnehezítette.

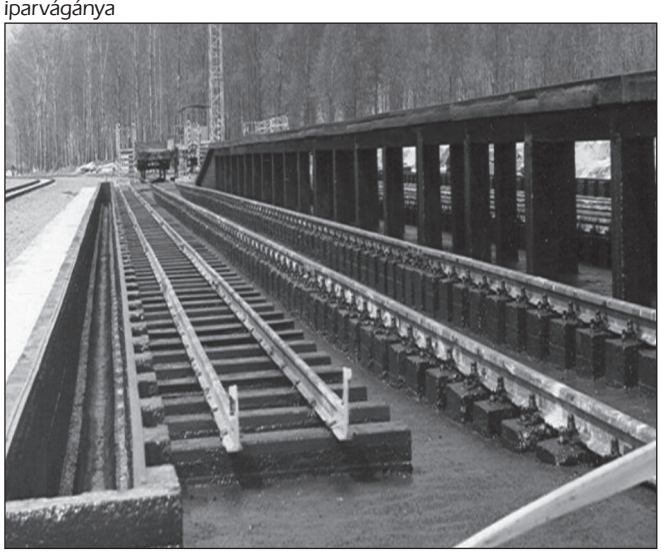
5.11. Betonok korrózióvédelme Epofur bevonattal (1981-1988)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor, Szekeresné Kollár Mária

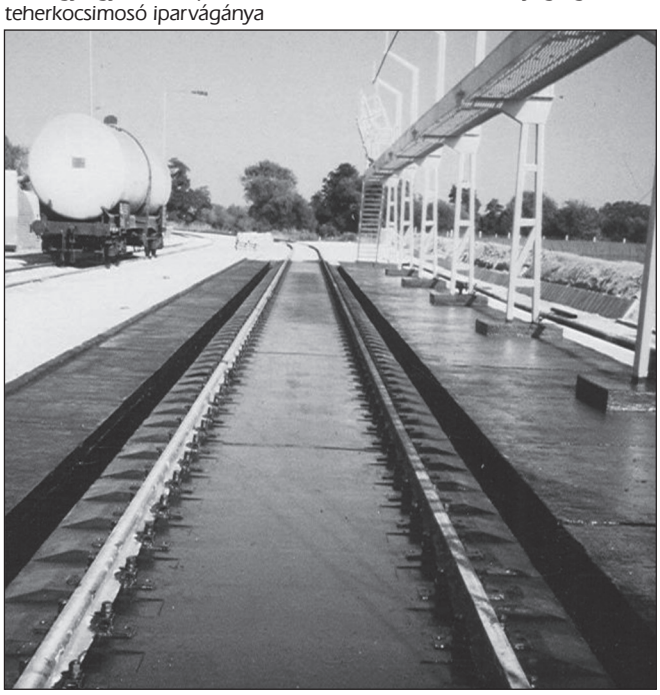
Főleg betonfelületek korrózióvédelmére – bevonószerre és bevonási eljárásra vonatkozó – SZIKKTI-MÜKI közös, 199535/1991 lajstromszámú szabadalmaztatott módszert dolgoztunk ki. A bevonószer egyik komponense furángyanta tartalmú, töltőanyagos epoxigyanta, másik komponense amin-addukt térhálósító volt, amelyek kidolgozása az EGIS Gyógyszergyár (témafelelős: *Somodi Endre*) érdeme. Az Epofur anyagot a MÜKI gyártotta a bevonat felhordását végző SZIKKTI, mint kizárólagos alkalmazó megrendelésére.

Az Epofur műanyaggal agresszív hatásoknak fokozottan ellenálló bevonatok hozhatók létre, a bevonatok tartósak, különböző hőmérsékleten, agresszív anyag koncentrációknak, savaknak, lúgoknak és sóknak egyaránt fokozottan ellenállóak. A bevonat hatása azon alapul, hogy kettős térhálót alkot. Az Epofur bevonat kétrétegű, az alapozó és fedő réteg egymástól összetételében és töltőanyag tartalmában különbözik. Az alsó Epofur réteg rugalmasabb és így a védendő anyag

14. ábra: MÁV Epofur bevonattal védett vasbeton vasúti kocsimosó iparvágánya



15. ábra: IKR Iparszerű Kukoricatermelési Rendszer folyékony műtrágya gyárának Epofur bevonatos vasbeton vasúti anyagfogadó és teherkocsimosó iparvágánya



hőmozgásait jobban tudja követni, a felső Epofur réteg keményebb, és így az a vegyi hatásokon túl a mechanikai és időállósági igénybevételeknek is jól ellenáll. Betonok esetén Eporezit-akva (*dr. Bod Magda* fejlesztése) anyagú egyrétegű tapadó és pórus lezáró hidat is képeztek, miáltal a rendszer háromrétegűvé vált. A megfelelő technológiával felhordott, háromrétegű Epofur bevonat rendszer legalább C16/20 nyomószilárdsági osztályú betonok és vasbetonok agresszív közeg elleni korrózióvédelmére alkalmas ott, ahol a bevonat fekete színe nem zavaró. Az Epofur bevonószer és eljárás ipari bevezetését megelőzően részletes laboratóriumi kísérleteket végeztünk. Vizsgáltuk a vegyszer-állóságot, tapadószilárdságot, a fárasztó igénybevétel tűrést, a mélyhúzási rugalmasságot, a kopásállóságot, a csúszósúrlódási ellenállást, a vízzáróságot, fagyállóságot, a páradiffúziós ellenállást, hősokk tűrést, az infravörös besugárzás hatását (*Kausay*, 1989).

A több célra is alkalmas Epofur **műanyag bevonatot eredetileg** erős vegyszeres korróziós hatásnak kitett vasútüzemi előregyártott és monolit pályabetonok, vasúti kocsimosók (például MÁV Keleti pályaudvar, Celldömölk) védelmére dolgoztuk ki és alkalmaztuk (*14. ábra*). A SZIKKTI Betonosztálya Epofur bevonattal látta el az IKR (Iparszerű Kukoricatermelési Rendszer) folyékony műtrágya gyártó üzemei vasúti kocsi lefejtő állomásai pályaburkolatának több 1000 m^2 **felületét pél**dául Bábolnán, Sárvárott, Szerencsen, Városföldön (15. ábra).

Sikeresen alkalmaztuk az Epofur bevonatot a veszélyes hulladékok mintegy 10 éves tárolására szolgáló, 3 m^3 térfogatú, előregyártott vasbeton zárványelemek belső felületének korrózióvédelmére. A zárványelemeket a MÉLYÉPTERV tervezte és BVM Budapesti Gyára gyártotta a MÁV záhonyi átrakó pályaudvara számára.

Az Epofur eljárás az 1988. évi Hugarokorr Kiállítás korrózióvédelmi pályázatán az Építési és Városfejlesztési Miniszter nagydíjában, a Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Miniszter, valamint a Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Miniszter különdíjában részesült, és az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság elismerő oklevelét kapta.

5.12. Acélhuzal-szálerősítésű betonok tulajdonságai (1993-1996)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

Az acélhuzal-szálerősítésű beton kutatását előnyös tulajdonságai, a szálerősítés nélküli betonétól és a vasbetonétól eltérő szilárdság-alakváltozási anyagmodellje, gyakorlati alkalmazásának előretörése indokolja. A beton szilárdságtani és alakváltozási szempontból rugalmas - kvázi-képlékeny anyag, amely utóbbi fázist a cementkő képviseli. Szálerősítésű betonban a cementkő törési alakváltozása megváltozik, a beton megrepedése után gyakorlatilag képlékenyen viselkedik, elveszti ridegségét, szívóssá válik, alkalmazható rá az ideálisan rugalmas - képlékeny anyagmodell. A szívósság kifejezetten negyedik dimenziós jelenség, amelynek a szerkezetek méretezése során jelentősége van.

Az OTKA T 007382 sz. kutatási témában a szálerősítésű beton anyagtani, szilárdságtani tulajdonságait vizsgáltuk. A helyes vizsgálati modell kialakításához a hazaiakon kívül összesen 34 darab belga, francia, spanyol, USA, japán, német, osztrák szabványt és műszaki specifikációt dolgoztunk fel. A nyomószilárdságot 150 mm méretű próbakockákon és Ø150×300 mm méretű próbahengereken, a hajlító-húzószilárdságot 150×150×600 mm méretű próbahasábokon, 450 mm fesztávolságon, harmadpontokon terhelve vizsgáltuk. A hajlító-húzószilárdság vizsgálata során a terhelőerő növekedésének sebességét úgy szabályoztuk, hogy a lehajlás időben egyenletesen növekedjék. Meghatároztuk a hajlított szálerősítésű betongerendák erő-lehajlás diagramját (*16. ábra*)

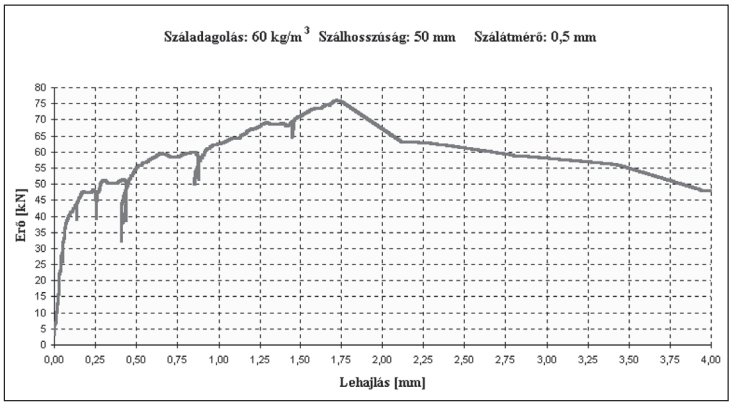
A kísérletekhez használt Dramix típusú ZC 60/1.0, ZC 50/0.5 és ZC 30/0.5 jelű acélszál hidegen húzott acélhuzalból készült, szakítószilárdsága legalább 1100 N/mm^2, a lehorgonyzást elősegítendő a két végén hajlított, a csomósodás megelőzésére vízoldhatóan ragasztott kivitelű volt. A kísérleti beton nyomószilárdsági osztálya C20/25 és C35/45, homokos kavics adalékanyagának legnagyobb szemnagysága 16 mm volt.

Megállapítottuk, hogy a megszilárdult betonban a szálhatás nem független a beton struktúrájától és tulajdonságaitól. Az adalékanyag szemmegoszlása a "B" határgörbét kövesse, a szál hosszúsága az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának kétháromszorosa legyen. A szálhatás érvényesüléséhez legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonra van szükség. A próbatest legkisebb mérete haladja meg a szálhosszúság két és félszeresét. Azt tapasztaltuk, hogy azonos száladagolás esetén az azonos alaktényezőjű (hosszúság/átmérő) szálak közül a kevésbé karcsúak (hosszúság/átmérő^2) nagyobb nyomószilárdságot, a karcsúbbak nagyobb hajlító-húzószilárdságot biztosítottak. E jelenség megtévesztésig hasonlít az adalékanyag szemalakjának a betonszilárdságra gyakorolt hatására, nevezetesen arra, hogy a zömök szemek a nyomószilárdság, a hosszúkás szemek a húzószilárdság és a nyírószilárdság szempontjából kedvezőek. Megállapítottuk, hogy a betonszilárdságra nézve az a legelőnyösebb, ha az acélszál alaktényezője és karcsúsági tényezője együtt növekszik.

Az acélszál adagolás a beton hajlító-húzószilárdságát jelentősebben növelte, mint a nyomószilárdságát. Amíg 10 kg/m^3 többlet száladagolás mintegy 1 N/mm^2 nyomószilárdság növekedést eredményezett, addig a hajlító-húzószilárdság és az 1,5 mm próbagerenda lehajlási határértéknél értelmezett átlagos hajlító-húzófeszültség 10 kg/m^3 többlet száladagolás hatására mintegy 0,6 N/mm^2 értékkel növekedett. A száladagolás növelésével az első repedés megjelenéséhez tartozó hajlító-húzófeszültség érzékelhetően akkor növekedett, ha a száladagolás elérte a 30 kg/m^3 értéket. A növekedés mértéke gyakorlatilag fele a hajlító-húzószilárdság növekedésének, azaz 10 kg/m^3 többlet száladagolás esetén mintegy 0,3 N/mm^2.

Amíg a hajlított betongerenda ridegen, addig a hajlított acélszál erősítésű gerenda szívósan törik. Az acélszálerősítés alkalmazásának a repedésérzékenység csökkentése mellett ez az egyik legfőbb jelentősége. A hajlítási szívósság 1,5 mm próbagerenda lehajlási határértéknél legalább 15 kNmm, de megfelelő szálfajta és száladagolás mellett a 75 kNmm értéket is elérheti. A hajlítási szívósság növekedése 10 kg/m^3 többlet száladagolásonként mintegy 6 kNmm volt. (*Kausay*, 1994, 1999)

16. ábra: *Hajlított szálerősítésű betongerenda erő-lehajlás diagramja C35/45 nyomószilárdsági osztályú beton és hajlított acélszálak alkalmazásával, Dmax = 16 mm mellett.*



5.13. Útépítési zúzott kőanyagok útügyi műszaki előírásának kidolgozása (1998, 2006, 2008)

Az ÚT 2-3.601:1998 útügyi műszaki előírást a *Magyar Útügyi Társaság* munkabizottsága vezetésemmel dolgozta ki. Az útügyi műszaki előírás szövegezésében jelentős szerepet vállalt *dr. Reznák* László, *dr. Liptay András*, *Kelemen Attila*, *Mocsári Mihály*.

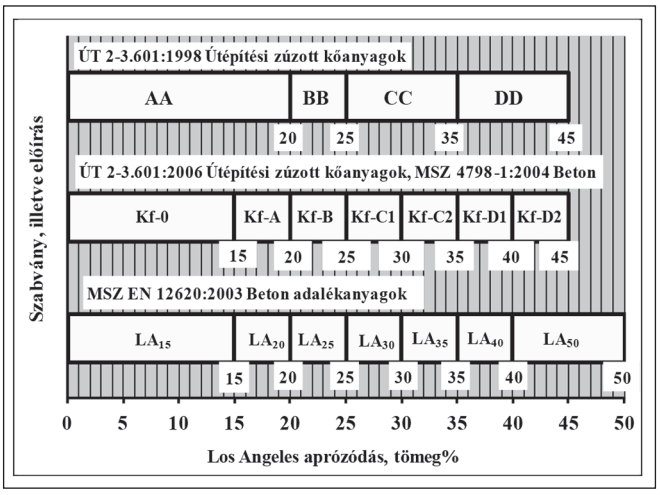
Az útügyi műszaki előírás fél évig tartó egyeztető tárgyalások eredményeképpen jött létre az ME-07-3114:1994 közlekedési ágazati szabvány helyettesítésére. Készítése során figyelembe vettük az MSZ 18291:1978 zúzottkő termékszabványt.

Az ÚT 2-3.601:1998 útügyi műszaki előírásban a korábbi ágazati szabványban szereplő száraz Deval aprózódás és a nátrium-szulfát oldatos kristályosítás elvesztette termékminősítő erejét, de új jellemzőként a vizes mikro-Deval aprózódás lépett a kőzetfizikai csoportba.

Az ÚT 2-3.601:1998 útügyi műszaki előírás nyolc évig volt érvényben, amikor is felváltotta az ÚT 2-3.601:2006 útügyi műszaki előírás, amelynek előkészítő munkáit a *dr. Pallós Imre* vezette szakbizottságban végeztem. Kidolgozását az MSZ EN 13043:2003 aszfalt adalékanyagok, MSZ EN 12620:2003 beton adalékanyagok, és MSZ EN 13242:2003 kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú kőanyaghalmazok európai termékszabványának megjelenése és az MSZ 18291:1978 nemzeti zúzottkő szabvány 2004. július 1-jei visszavonása tette szükségessé.

Az aprózódási osztályoknak az új európai zúzottkő termékszabványokban (MSZ EN 13043:2003, MSZ EN 12620:2003, MSZ EN 13242:2003) szereplő határértékei sajnos nem egyeztek meg a régi magyar, az MSZ 1992:1970 szabvány szerinti (A, B, C, D) és a vele azonos ÚT 2-3.601:1998 útügyi műszaki előírás szerinti (AA, BB, CC, DD) kőzetfizikai csoportok határértékeivel, ezért az MSZ 4798-1:2004 betonszabványban és az ÚT 2-3.601:2006 útügyi műszaki előírásban – az európai szabványokhoz alkalmazkodva – a korábbi C, ill. CC kőzetfizikai csoportot C1 és C2 csoportra, a korábbi D, ill. DD kőzetfizikai csoportot D1 és D2 csoportra osztottuk fel. Ezáltal az európai aprózódási osztályok határértékeinél az új magyar kőzetfizikai csoportok is határértéket kaptak, a régi határértékek feladása nélkül (*17. ábra*). A Kf-0 jelű, az eddigieknél szigorúbb kőzetfizikai csoport bevezetése is az európai szabványokhoz való igazodást szolgálta.

Az ÚT 2-3.601:2006 útügyi műszaki előírásban az európai kőanyaghalmaz szabványok hatására már a vizes Deval aprózódás sem szerepelt, a kőzetfizikai csoportot a Los Angeles aprózódás, a vizes mikro-Deval aprózódás és a magnézium-szulfát oldatos aprózódás alkotta. Az ÚT 2-3.601:2006 útügyi műszaki előírás a kőzetfizikai csoportok és a kőzetfizikai tulajdonságok alternatív vizsgálata tekintetében megegyezett az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány (az MSZ EN 206-1:2002 európai betonszabvány magyar nemzeti alkalmazási dokumentuma) kőzetfizikai csoportokra vonatkozó követelmény-rendszerével és a követelmények általam javasolt alternatív vizsgálatának módjával. A kőzetfizikai tulajdonságok alternatív vizsgálatának bevezetésére azért volt, és alkalmazására azért van ma is szükség, mert az európai adalékanyag szabványok, bár megengedik az alternatív vizsgálatot, a 10-14 mm szemnagysághatárú Los Angeles, mikro-Deval, szulfátos kristályosítási vizsgálati minták referencia vizsgálatát írják elő, holott a referencia vizsgálathoz szükséges 10-14 mm szemnagysághatárú vizsgálati mintát a KZ és NZ csoportú zúzottkő termékből nem lehet előállítani.



17. ábra: *Kőzetfizikai csoportok a Los Angeles aprózódás alapján a különböző szabályzatokban*

Az alternatív vizsgálat bevezetésével a vevő (kivitelező, építtető, beruházó) visszakapta a lehetőséget arra, hogy a leszállított termék kőzetfizikai tulajdonságait megvizsgálja és ellenőrizze. A referencia vizsgálatnak a kőanyag előfordulás zúzottkő gyártási műre valóságának kutatása során van létjogosultsága.

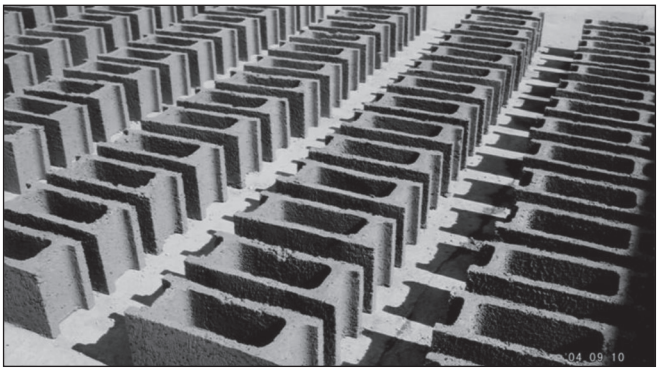
Az ÚT 2-3.601:2006 útügyi műszaki előírás és MSZ 4798-1:2004 szabvány közös sajátsága volt, hogy a zúzott kőanyagok kőzetfizikai tulajdonságainak vizsgálatát és a termékminősítést összhangba hozta az európai kőanyag termékszabványok és vizsgálati szabványok (MSZ EN 1097-2:2007, MSZ EN 1097-1:2004, MSZ EN 1367-2:1999) módszerével úgy, hogy az időállósági tulajdonság (magnézium-szulfát oldatos aprózódás) követelménye sem csökkent. Ez az útügyi műszaki előírás három évig volt érvényben.

2009-ben a zúzottkövek útügyi műszaki előírását az európai adalékanyag termékszabványok mintájára felhasználási cél (aszfaltok, betonok, kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagok) szerint három részre bontották. A kőzetfizikai csoport besorolást a zúzott beton adalékanyagok alkalmazását szabályozó ÚT 2-3.601-2:2009 útügyi műszaki előírásban sem sikerült megtartani, de javaslatomra az alternatív vizsgálatok lehetősége megmaradt (*Kausay*, 2008).

5.14. Adalékanyagként újrahasznosított bontási és építési hulladék (2000-2008)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

Magyarországon jelentős mennyiségű, általában nem veszélyes építési, bontási és építőanyag-gyártási hulladék (elsősorban beton és tégla hulladék) keletkezik, amelynek beton-adalékanyagként történő újrahasznosítását a környezetvédelemre tekintettel is elő kell mozdítani. Jó minőségű újrahasznosított adalékanyag előállításához nélkülözhetetlen az elkülönített (szelektív) bontás és a mechanikai előkészítés telepített üzemben, vagy mobil berendezéssel. Az építőanyag-fajtánként elkülönített hulladékot több fokozatban megfelelő szemnagyságúra kell törni, közben az idegen anyagoktól, vasbeton, illetve feszített vasbeton esetén a betonacéltól, illetve feszítőhuzaltól és pászmától meg kell tisztítani, majd frakciókra kell bontani lehetőleg vizes osztályozással. A frakciókat elkülönítetten kell tárolni és szállítani. A bontott beton és tégla hulladék adalékanyagkénti hasznosíthatósága összetételétől, tisztaságától, testsűrűségétől, szilárdsági, időállósági, hidrotechnikai és szemszerkezeti tulajdonságaitól függ. Az újrahasznosított adalékanyagú szokványos beton vagy könnyű beton nyomószilárdsági osztálya



18. ábra: Újrahasznosított betonból készített zsaluzóelemek

és környezeti osztálya jelentős mértékben az újrahasznosított adalékanyag minőségétől és alkalmazott részarányától függ.

Az újrahasznosított adalékanyag követelményeit és a felhasználás feltételeit a közelmúltban két szabályzatban is megfogalmaztuk:

A *fib (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozatának dr. Balázs L. György* vezette 20 fős munkabizottsága dolgozta ki a BV-MI 01:2005 beton- és vasbetonépítési műszaki irányelvet, amely a *Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium* hulladékgazdálkodási és technológiai ffőosztályvezetőjének, dr. Hornyák Margitnak az ajánlásával jelent meg. A műszaki irányelv tárgya a bontási, építési és építőanyag-gyártási beton és tégla hulladékok betonadalékanyagként való alkalmazása, és az ezek felhasználásával — az MSZ 4798-1:2004 szerinti betonoknak megfelelő minőségben — készített betonkeverékek és betontermékek (*18. ábra*) műszaki feltételei, teljesítőképessége, megfelelősége és alkalmazása. A BV-MI 01:2005 műszaki irányelvben először kapott helyet hazai szabályozásban a légbuborékképző adalékszer nélkül készíthető függőleges (5%-nál meredekebb) felületű, fagy- és olvasztósó-álló beton XF2(H) és vízszintes (legfeljebb 5%-os lejtésű) felületű, fagyálló beton XF3(H) környezeti osztálya.

Az ÚT 2-3.710:2008 útügyi műszaki előírás a *Magyar Útügyi Társaság* négytagú szakbizottságának (*Somogyi Gábor, Hikisch Lóránt, dr. Kausay Tibor,* vezető: *dr. Schváb János*) munkája. Az útügyi műszaki előírás az útbetonok bontásából származó, illetve készítésük során keletkező, útbetonok készítéséhez alkalmas bontási és építési betonhulladék tulajdonságával, az újrahasznosított adalékanyagú útbetonok gyártásának és alkalmazásának műszaki feltételeivel foglalkozik.

5.15. Cementek felhasználhatósági köre az MSZ 4798-1:2004 környezeti osztályainak megfelelően (2010)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

Az innovációs kutatás-fejlesztési tanulmány a *BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken* (tanszékvezető: *dr. Balázs L. György*), tanszéki munkatársak közreműködésével készült.

Az MSZ 4719:1982 magyar betonszabványt felváltó MSZ EN 206-1:2002 európai betonszabványban a környezeti osztályok bevezetésével nemcsak a terhek hatásainak, hanem a környezeti hatásoknak is tartósan ellenálló beton megfelelőségének feltételeit fogalmazták meg. A környezeti hatásoktól mentes, a karbonátosodásnak, kloridok hatásának, fagynak és olvasztósónak, talaj és talajvíz kémiai korróziójának különböző mértékben ellenálló betonok környezeti osztályait az európai szabvány magyar alkalmazási dokumentuma (MSZ 4798-1:2004) a kopásállóság és a vízzáróság környezeti osztályaival egészítette ki.

A kutatás keretében arra kérdésre kerestük, és adtuk meg a választ, hogy a különböző környezeti osztályoknak ellenálló betonok készítéséhez melyik cement alkalmazható előnyösen, és ezért alkalmazása ajánlott, vagy melyik nem ajánlott, és melyik ajánlott feltételesen. A munka során 22 fajta, Magyarországon elsődlegesen alkalmazott MSZ EN 197-1:2000 és MSZ 4737-1:2002 szerinti cement alkalmazhatóságát tanulmányoztuk részben tanszéki kísérleti tapasztalatok, részben irodalmi közlések elemzésével.

A kutatás végeredménye a 22 soros és 16 oszlopos táblázat, amely 22×16 = 352 cement fajta – környezeti osztály kombinációra tartalmaz 29 megjegyzéssel kiegészített cement alkalmazási ajánlást.

A kutatási zárójelentésben megtalálhatók a kutatás során feldolgozott háttér anyagok, a vonatkozó irodalmi és szabvány hivatkozások, szabvány és szakirodalmi részletek a cementek felhasználására cement típusok és környezeti osztályok szerint, szakirodalmi részletek a kötőanyagok felhasználására a cement fő alkotórészei és a beton kiegészítőanyagai szerint, továbbá a betonpályaburkolatok, a közúti hidak, a vastagfalú beton és vasbeton szerkezetek építésével kapcsolatos tudnivalók. A zárójelentésben olvasni lehet a cement és a beton tulajdonságainak közvetlen kapcsolatáról, a cement fajtának a beton nyomószilárdsága időbeni alakulására gyakorolt hatásáról és a németországi cementfelhasználásról is. A tanulmány különös figyelmet szentelt a környezeti hatásoknak fokozottabban ellenálló heterogén portlandcementeknek és kohósalak cementeknek.

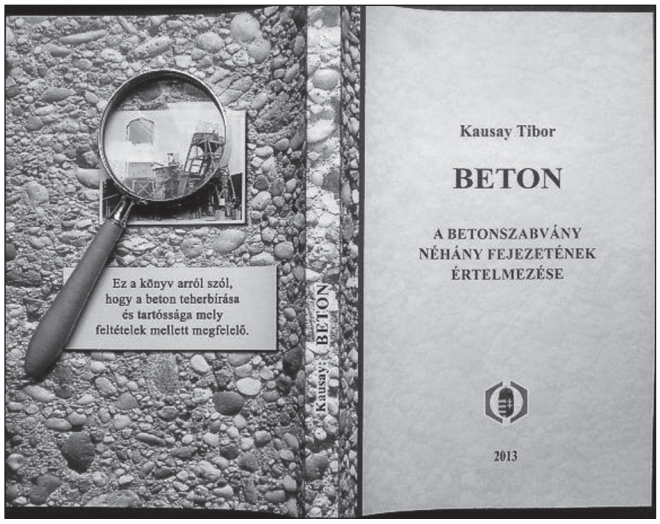
E kutatási jelentés táblázata alapját képezte az MSZ 4798:2016 szabvány Q mellékletében megjelent, a cementek környezeti osztályok szerinti alkalmazására vonatkozó ajánlásnak.

5.16. Beton. Könyv a betonszabvány néhány fejezetének értelmezéséről (2013)

A Mérnöki Kamara Nonprofit Kft. kiadásában megjelent könyvet a *Magyar Mérnöki Kamara Építési Tagozatának* (elnök: *dr. Kiss Jenő*) felkérésére, a *BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékének* (tanszékvezető: *dr. Balázs L. György*) közreműködésével írtam. Lektorai: *dr. Erdélyi Attila*, *dr. Balázs György* és *dr. Balázs L. György* voltak (*19. ábra*).

A könyv a beton és a beton alkotóanyagainak legfontosabb termékminősítő sajátságaival foglalkozik. Arról szól, hogy a beton teherbírása és tartóssága mely feltételek mellett kielégítő. Főbb fejezetei: Szabványosítás napjainkban, szerkezetek tervezési élettartama, építmények szerkezeti osztálya, betonfedés, betonok szabványos jelölése, nyomószilárdsági osztály, környezeti osztály, konzisztencia osztály, testsűrűség, levegőtartalom, nyomószilárdság, ellenállás külső hatás okozta vegyi mállással szemben, fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálat, vízzáróság vizsgálat, kopásállóság vizsgálat, a cementek, keverővíz, adalékanyagok, kiegészítőanyagok, lisztfinomságú szemek, adalékszerek tulajdonságai, a betonépítés folyamata, kisépítkezések betonjainak összetétele.

A könyv a napi betonépítési feladatok végzésében segíti az építési folyamat résztvevőit, a megrendelőket, vásárlókat, tervezőket, gyártókat, kivitelezőket, műszaki ellenőröket, laboratóriumi kutatókat, oktatókat azzal, hogy megvizsgálja, a mai társadalmi-gazdasági viszonyokat is kifejező európai szabványok miként kezelik a beton anyagtani ismereteket, és nemzeti szempontjaink az európai szabványrendszerben miként érvényesíthetők. Egyrészt a betonszabványok alkalmazása



19. ábra: A beton című könyv borítója

nélkül jó minőségű és tartós betont eredményező, üzletileg is sikeres vasbeton építőmunka nem végezhető, másrészt a szabványok helyes alkalmazása azok tartalmi hátterét képező beton anyagtani törvényszerűségek ismerete nélkül elképzelhetetlen.

5.17. Betonszabványok szövegezése (2003-2004, 2014-2015)

Részt vettem az európai betonszabvány (MSZ EN 206-1:2002 és MSZ EN 206:2014) magyar nemzeti alkalmazási dokumentumának, az MSZ 4798-1:2004 és az MSZ 4798:2016 szabványnak a szövegezésében.

A nemzeti alkalmazási dokumentumok a *Magyar Szabványügyi Testület* beton műszaki bizottsága elnökének vezetésével készültek. Az MSZ 4798-1:2004 szabvány készítésének idején *dr. Ujhelyi János* volt az elnök, az MSZ 4798:2016 szabvány *dr. Balázs L. György* elnökletével készült. A bizottság mai neve: MSZT/MB 107 „Beton és előre gyártott beton termékek”.

Mintegy tíz évvel ezelőtt az MSZ 4798-1:2004 szabvány 5.1.3. (adalékanyag), 5.2.3.4. (ellenállás az alkáli-kovasav reakciónak), 5.5.3. (vízzáróság), 5.5.6. (fagyállóság), 5.5.7. (kopásállóság), 11. (beton jele, megnevezése) szakasza, NAD F1. táblázata (kisszilárdságú betonok, kopásálló betonok, vízzáró betonok környezeti osztálya), M (adalékanyag szemmegoszlási határgörbék) és N melléklete (segédletek a beton egyes jellemzőinek meghatározásához) szövegtervezetének vagy részének elkészítése volt a munkám.

Az MSZ 4798-1:2004 szövegezésében való részvétel és a szabvány alkalmazásának tíz éves tapasztalata különösen hasznosnak bizonyult a napjainkra elkészült MSZ 4798:2016 szabvány egyes részeinek megfogalmazása során, amikor is legfőbb célkitűzéseim voltak:

- A szabvány a beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek biztonságát és tartósságát szolgálja;
- Törekvés az Eurocode 2 (MSZ EN 1990, MSZ EN 1992) szabványrendszer nyomószilárdsági követelményeihez való közelítésre;
- Engedje meg a szabvány, illetve ajánlja a beton nyomószilárdság vizsgálati eredmények értékelését 50-50%-os elfogadási valószínűségi szinten 5%-os alulmaradási hányad mellett. Az 50-50%-os elfogadási valószínűségi szint (ha alkalmazzák) jelölése a nyomószilárdsági osztály jelében, például: C35/45 – AC_{50}(H) (az AC jel az „acceptante characteristic curve” elfogadási jelleggörbére utal);
- *Hilsdorf* (1992) és *Schnell-Loch-Zhang* (2010) hengerkocka átszámítási képleteinek és alkalmazási feltételeinek elfogadása;
- Egyértelmű megfelelőség igazolási módszerek, vizsgálati eljárások, vizsgálati eredmény értékelési számítások alkalmazása.

Az MSZ 4798:2016 szabványba újdonságként javaslatomra került, illetve kerültek be

- a légbuborékképző adalékszer nélkül készíthető fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonok XF2(H) – XF4(H) környezeti osztályai (1. táblázat);
- az agresszív csapadékvízzel, agresszív kommunális vízzel, agresszív ipari és mezőgazdasági szennyvízzel, illetve egyéb agresszív folyadékkal, kondenzációs vízzel érintkező betonok XA4(H) – XA6(H) környezeti osztályai (1. táblázat, NAD 4.1., NAD F1. – NAD F3. táblázat), valamint a metakaolin alkalmasságának feltételei (5.1.6.1. és 5.2.5.2.5. szakasz) az általam készített MSZE 15612:2014 „Előre gyártott beton csatornázási aknaelemek” magyar előszabványban foglaltak alapján;
- a nyomószilárdsági osztályok súlyozásának eljárása (5.3.2. szakasz (5) bekezdése) és a környezeti osztályok társításának eljárása (F melléklet, NAD F4. táblázat);
- a friss beton levegőtartalma és testsűrűsége figyelembevételének módja (5.4.3. és 5.4.5. szakasz);
- a fagyállóság meghatározásának rendje (5.5.5. szakasz);
- a nyomószilárdság értékelésének feltételei (4.3.1. szakasz (2) bekezdése, 8.2.1.2. szakasz (4) bekezdése, 8.2.1.3. és A5. szakasz vonatkozó részei) beleértve a folyamatos gyártás feltételeit a típusvizsgálat eredménye alapján is (D módszer);
- a zúzottkő, zúzottkavics és zúzott újrahasznosított adalékanyag alkalmazásának feltételei (NAD E2. táblázat);
- ajánlások a könnyű adalékanyagok felhasználására (E4. szakasz);
- a betonfedés mértéke (N melléklet);
- a nyomószilárdság megfelelősége az átadás-átvételi eljárás során (O melléklet);
- a nyomószilárdság értékelése 50% elfogadási valószínűség mellett (P melléklet);
- ajánlás a cement környezeti osztályok szerinti alkalmazására (Q melléklet).

BETONOPUS HONLAP (1998-)

A „számadás” végszavaként említem a Betonopus honlapot (www.betonopus.hu), amelyet a SZIKKTI-ben, illetve jogutódjánál (Betonolith K+F Kft.) betöltött állásom megszűntét követően, 1998-ban kezdtem szerkeszteni, és szerkesztek mind a mai napig (*20. ábra*). A honlap készítést eleinte kellemes időtöltésnek, a honlapot egyfajta emlékkönyvnek, vállalkozói ajánlásnak (referenciának) szántam, később a legegyszerűbb publikációs lehetőségnek tekintettem. Ma már szándékom szerint a Betonopus honlap elsősorban a műegyetemi építőanyag oktatást, valamint a

20. ábra: Betonopus honlap főoldala

szakmai ismeretek terjesztését szolgálja, és ezért gondozását nem annyira kellemes időtöltésnek, inkább kellemes kötelességemnek tartom.

A honlapon megjelenő írások néhány kivétellel főképp a betonok, a betonok alkotóanyagai és az építési kőanyagok anyagtani tulajdonságait tárgyalják. A honlapon található dolgozatok száma mintegy 420, ebből több mint 40 a műegyetemi tanórákon vetített bemutató (prezentáció). Örülnék, ha megelégedéssel használnák.

6. HIVATKOZOTT SZABVÁNYOK, MŰSZAKI ELŐÍRÁSOK ÉS IRÁNYELV

BV-MI 01:2005 „Betonkészítés bontási, építési és építőanyag-gyártási hulladék újrahasznosításával". Beton- és vasbetonépítési műszaki irányelv. *fib (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozata*

ME-07.3114:1994 „Útépítési zúzott kőanyag". Közlekedési ágazati szabvány

MÉASZ ME-04.19:1995 „Beton és vasbeton készítése" műszaki előírás, „3. fejezet: A beton alapanyagai" és „9. fejezet: Kopásálló betonok". *Magyar* Építőanyagipari *Szövetség*

MSZ 1992:1970 „Zúzott kőtermékek"

MSZ 4719:1982 „Betonok"

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

MSZ 4798-1:2004 „Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon"

MSZ 4798:2016 „Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelőség, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon"

MSZ 18288-5:1981 „Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. Szemmegoszlásjellemzők számítása"

MSZ 18290-1:1981 „Építési kőanyagok felületi tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: Kopási vizsgálat Böhme módszerrel"

MSZ 18291:1978 „Zúzottkő"

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

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

MSZ EN 12620:2003 „Kőanyaghalmazok (adalékanyagok) betonhoz"

MSZ EN 13043:2003 „Kőanyaghalmazok (adalékanyagok) utak, repülőterek és más közforgalmú területek aszfaltkeverékeihez és felületkezeléséhez"

MSZ EN 13242:2003 „Kőanyaghalmazok műtárgyakban és útépítésben használt kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagokhoz"

ÚT 2-3.601:1998 „Útépítési zúzott kőanyagok". Útügyi műszaki előírás, *Magyar Útügyi Társaság*

ÚT 2-3.601:2006 „Útépítési zúzottkövek és zúzottkavicsok". Útügyi műszaki előírás, *Magyar Útügyi Társaság*

ÚT 2-3.601-2:2009 (e-UT 05.01.14:2009) „Útépítési zúzottkövek és zúzottkavicsok. 2. rész: Zúzott kőanyaghalmazok út-, pálya- és hídbetonokhoz". Útügyi műszaki előírás, *Magyar Útügyi Társaság*

ÚT 2-3.710:2008 „Útbeton betonhulladék újrahasznosításával". Útügyi műszaki előírás, *Magyar Útügyi Társaság*

7. HIVATKOZÁSOK

Abrams, D. A. (1919): „Design of concrete mixtures", *Bull. 1. Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute, Chicago.* pp. 1-20.

Balázs Gy. (1994): „Beton és vasbeton. I. Az alapismeretek története", *Akadémiai Kiadó. Budapest*

Betonopus honlap: *http://www.betonopus.hu*

Bolomey, J. (1926): „Bestimmung der Druckfestigkeit von Mörtel und Beton", *Schweizerische Bauzeitung, Zürich.* Band 88. pp. 41-44.

Böhme, E. P. (1892): „Untersuchungen von natürlichen Gesteinen auf Festigkeit, spezifisches Gewicht, Wasseraufnahme und Abnutzbarkeit, Mittheilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin, 10 (5), pp. 188-229.

Bronz könyv (1964): Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem, Mérnöki Kar, Budapest. p. 84.

Fenyves H. – Kausay T. (1982): „Előregyártott közönséges és feszített vasbeton tartók betonjának rugalmassági modulusa", Építőanyag. 34. évf. 3. sz. pp. 86-98.

Feret, R. (1892): „Sur la compacité des mortiers hydrauliques. Boulogne, le 17 septembre 1891", *Annales des Ponts et Chaussées, Paris.* No. 21. pp. 5-164.

Hilsdorf, H. K. (1992): „Beton", *Beton-Kalender* 1992. Teil I. pp. 1-126. *Verlag Ernst & Sohn, Berlin*

Hummel, A. (1930): „Die Auswertung von Siebanalysen und der Abrams'sche Feinheitsmodul", *Zement.* Heft 15. pp. 355-364.

Kausay T. (1967): „Az adalékanyag alakjának hatása a betonszilárdságra", *SZIKKTI 21. sz. tudományos közleménye. ÉTK. Budapest*

Kausay T. (1968): „Die Kornzahl einer Probe bei der Bewertungs-Kornformprüfung" és „Weitere Ausführungen über die Kornzahl einer Probe bei der Bewertungs-Kornformprüfung", *Zentrales Forschungs- und Projektierungsinstitut der Silikatindustrie. Mitteilungen,* No. 11. és 12. ÉTK. *Budapest*

Kausay T. (1970): „A szemcsealak minősítéses vizsgálatának mintaelemszáma", *Mélyépítéstudományi Szemle.* 20. évf. 8. sz. pp. 373-388.

Kausay T. (1970). „A bauxitbeton felülvizsgálata során talált Citonit födémekről", Építőanyag. 22. évf. 1970. 8. sz. pp. 317-320.

Kausay T. (1972): „Zusammenhang zwischen der Kornform von Splittprodukten und ihrem Zerkleinerungsverlust nach der Los Angeles-Prüfung", *Zentrales Forschungs- und Projektierungsinstitut der Silikatindustrie. Mitteilungen. No. 15. SZIKKTI. Budapest*

Kausay T. – Szirmai A. (1979): „Konzisztenciamérés betonkeverőgépben", Építőanyag. XXXI. évf. 5. sz. pp. 170-178.

Kausay T. (1982): Repedésmentes feszített vasbetontartó regressziós eltolódási függvényének számítása zsebszámítógéppel", Építőanyag. 34. évf. 1982. 10. sz. pp. 384-391.

Kausay T. – Szirmai A. (1982): „Kőanyag és beton vágási kísérletek", Építőanyag. 34. évf. 4. sz. pp. 127-137.

Kausay T. (1983): „Építési kőanyagok kopási vizsgálata Böhme-féle módszerrel", Építőanyag. 35. évf. I. rész. 9. sz. pp. 346-358. és II. rész. 10. sz. pp. 376-386.

Kausay T. (1989): „Betonok és acélok korrózióvédelme EPOFUR bevonatos eljárással", *Korróziós Figyelő*. 29. évf. 6. sz. pp. 168-171.

Kausay T. (1994): „Acélhuzal-szálerősítésű betonok tulajdonságai és teherbírása", Építőanyag. 46. évf. 6. sz. pp. 166-173.

Kausay T. (1999): „A szálerősítésű betonok szabványosított vizsgálatai". A «Szálerősítésű betonok – a kutatástól az alkalmazásig» című konferencia kiadványa. *fib Magyar Tagozata, Budapest,* pp. 97-113.

Kausay T. (2001): „Építési kőanyagok egykori magyar szabványrendszere", *http://www.betonopus.hu/notesz/msz-ko-szabvanyjegyzek/msz-ko-szabvanyjegyzek.pdf*

Kausay T. (2004): „Beton adalékanyagok szemmegoszlási jellemzőinek számítása grafoanalitikus módon", *Vasbetonépítés.* VI. évf. 1. szám. pp. 3-11.

Kausay T. (2008): „Zúzott betonadalékanyagok kőzetfizikai tulajdonságai a szabályozásban". Mérnökgeológia – Kőzetmechanika 2008. Konferenciakiadvány. pp. 259-270. Mérnökgeológia – Kőzetmechanika Kiskönyvtár 7. *BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék,* Műegyetemi Kiadó, *Budapest*

Kausay T. (2011): „Visszaemlékezés a mezőberényi kitelepítésre", fejezet a „Mezőberény Öröksége II. 1951. A kitelepítés" című könyvben, pp. 169-192. Szerkesztette Kisari Miklósné Chovanyecz Magdolna. *Orlai Petrics Soma Kulturális Központ, Mezőberény*

Kausay T. (2013): „Beton. Könyv a betonszabvány néhány fejezetének értelmezéséről". *Mérnöki Kamara Nonprofit Kft., Budapest*

Kempelen B. (1913): „Magyar nemes családok. V. kötet", *Grill Károly Könyvkiadó Vállalata, Budapest*

Mihailich Gy. (1936): „A meleg befolyása a bauxitcement-beton szilárdságára", *Mathematikai és Természettudományi Értesítő.* pp. 30.

Mihailich Gy. (1942): „A beton- és vasbetonépítés újabb fejlődése", *Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványai. III. kötet. 14. füzet. Budapest*

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

Palotás L. – Kilián J. – Balázs Gy. (1968): „Betonszilárdítás", *Műszaki Könyvkiadó, Budapest*

Palotás L. (1979): „Mérnöki szerkezetek anyagtana 1. Általános anyagismeret", *Akadémiai Kiadó, Budapest*

Puskásné H. I. – Kausay T. – Bodnár G. (1981): „Útépítési adalékanyagok testsűrűségi tulajdonságai", *SZIKKTI 64. sz. tudományos közleménye. SZIKKTI, Budapest*

Schnell, J. – Loch, M. – Zhang, N. (2010): „Umrechnung der Druckfestigkeit von zwischen 1943 und 1972 hergestellten Betonen auf charakteristische Werte", *Bauingenieur,* Düsseldorf. Band 85. pp. 513-518.

Spindel, M. (1931): „Zeichnerische Darstellung des Zusammensetzung von Beton und Betonzuschlagstoffen im Vierstoffparallellogram", *Beton und Eisen, Berlin.* Heft 1-2. pp. 18-21., 32-37.

Stern, O. (1932): „Vorschlag für eine Norm: Kornpotenz, Feinheitsmodulloser Haufwerke" *Sparwirtschaft, Wien*. Heft 4. p. 125.

SZIKKTI (1974): „A Betonosztály tudományos tevékenysége 1953-1973", SZIKKTI 43. sz. tudományos közleménye. *SZIKKTI, Budapest*

SZIKKTI (1983): „Beton Osztályának tudományos tevékenysége 1974-1980", SZIKKTI 72. sz. tudományos közleménye. *SZIKKTI, Budapest*

Talabér J. (1991): „Az aluminátcement-betonok tartóssága" *Akadémiai doktori értékezés. MTA, Budapes*t

Talabér J. (1996): „Az aluminátcementek mai szemmel", Építőanyag. 4. szám. pp. 107-113.