

VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF *fib*

Dr. Orosz Árpád – Nagy János

RÉSPILLÉREKKEL GYÁMOLÍ- TOTT ALAPLEMEZEK ERŐJÁTÉKA, ÁTSZÜRŐDÁSA ÉS A TÓRUSZ VASALÁS ALKALMAZÁSA - 1. RÉSZ

50

Dr. Erdélyi Attila - Kovács József - Gál Attila -
Szegőné Kertész Éva

SAVÁLLÓAK LEHETNEK-E A BETONOK?

57

Dr. Almási József - Varvasovszky Péter

EGY MAGYARORSZÁGI TERVEZÉSI VERSENY TANULSÁGAI

67

SZEMÉLYI HÍREK

Becze János 70. születésnapjára

Búcsú Dr. Lenkei Pétertől

69

BETONTECHNOLÓGUS SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉS

72

2018/3

XX. évfolyam, 3. szám

A HÍDTECHNIKA Kft. 1991-ben alakult.

Tevékenysége napjainkban:

- szigetelések (mélyépítés, magasépítés),
- korrózióvédelem (üzemi, helyszíni),
- sóvédelem,
- közlekedési, mélyépítési, magasépítési létesítmények építési munkái (autópálya-hidak, felüljárók, mélygarázs),
- hidak és egyéb mérnöki létesítmények rehabilitációs munkái,
- környezetvédelmi létesítmények készítése (hulladéklerakók, hulladékgyűjtő szigetek),
- injektálások, betonlövési munkák, zajvédő falak építése és felújítása, ipari padlóburkolatok kialakítása,
- földművek készítése,
- szennyvízkezelési, szennyvízelvezetési rendszerek építése,
- vízépítési kivitelezés.



HÍDTECHNIKA Hídépítő Karbantartó és Szigetelő Kft.

1138 Budapest, Karikás Frigyes u. 20. • Tel.: 06-1-465-2329 • Fax: 06-1-465-2335

E-mail: hidtechnika@hidtechnika.hu

www.hidtechnika.hu

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:

Barta János

Dr. Bódi István

Dr. Czoboly Olivér

Dr. Csíki Béla

Dr. Erdélyi Attila

Dr. Farkas György

Dr. Koris Kálmán

Kolozsi Gyula

Dr. Kopecskó Katalin

Dr. Kovács Károly

Dr. Kovács Imre

Dr. Kovács Tamás

Lakatos Ervin

Dr. Lublós Éva

Mátyássy László

Dr. Móczár Balázs

Dr. Orbán Zoltán

Pisch Zsuzsanna

Polgár László

Dr. Sajtó István

Dr. Salem G. Nehme

Telekiné Királyföldi Antonia

Dr. Tóth László

Várdai Attila

Dr. Völgyi István

Vörös József

Lektorai testület:

Dr. Dulácska Endre

Királyföldi Lajosné

Dr. Lenkei Péter[†]

Dr. Loykó Miklós

Madaras Botond

Dr. Madarás Gábor

Dr. Orosz Árpád

Dr. Ratay Robert

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, Műgyetem 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: Dr. Czoboly Olivér

Tervezőszerkesztő: Halmai Csaba

Nyomdai kivitelezés: Navígar 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:

Rekonstrukció

Fotót készítette: Dr. Balázs L. György

TARTALOMJEGYZÉK

- 50** DR. OROSZ ÁRPÁD – NAGY JÁNOS
**RÉSPILLÉREKKEL GYÁMOLÍTOTT ALAP-
LEMEZEK ERŐJÁTÉKA, ÁTSZÚRÓDÁSA
ÉS A TÓRUSZ VASALÁS ALKALMAZÁSA –
1. RÉSZ**
- 57** DR. ERDÉLYI ATTILA - KOVÁCS JÓZSEF - GÁL ATTILA -
SZEGŐNÉ KERTÉSZ ÉVA
SAVÁLLÓAK LEHETNEK-E A BETONOK?
- 67** DR. ALMÁSI JÓZSEF - VARVASOVSZKY PÉTER
**EGY MAGYARORSZÁGI
TERVEZÉSI VERSENY TANULSÁGAI**
- 69** **SZEMÉLYI HÍREK**
BECZE JÁNOS 70. SZÜLETÉSNAPOJÁRA
BÚCSÚ DR. LENKEI PÉTERTŐL
- 72** **BETONTECHNOLÓGUS SZAKIRÁNYÚ
TOVÁBBKÉPZÉS**

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., 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

RÉSPILLÉREKKEL GYÁMOLÍTOTT ALAPLEMEZEK ERŐJÁTÉKA, ÁTSZÚRÓDÁSA ÉS A TÓRUSZ VASALÁS ALKALMAZÁSA – 1. RÉSZ



Dr. Orosz Árpád – Nagy János

DOI: 10.32969/VB.2018.3.1

A dolgozat röviden ismerteti a réspillérekkel gyámoltott alaplemezek igénybevételei számításának egyszerűsített módszerét, részletesen tárgyalja az átszúródási teherbírás meghatározására szolgáló nyomott és nyírt kúp modell alapján elvégzett vizsgálatok eredményeit. Bemutatja, hogy ez a modell lehetővé teszi a gyűrűirányú vasalás kedvező hatásának figyelembevételét. Ismerteti az átszúródásra alkalmazott tórusz vasalás kialakítását és alkalmazásának előnyeit. Rámutat arra, hogy mindezek együttesen egy alapozási rendszert alkotnak.

Kulcsszavak: réspillér, gyámoltott alaplemez, átszúródás, nyomott kúp, nyírt kúp, gyűrűirányú vasalás, átkötő vas, tórusz

1. BEVEZETÉS, ELŐZMÉNYEK

A réspillérekkel gyámoltott alaplemez alkalmazása arra a gondolatra épül, hogy a mélyalap és az alaplemez együttesen viselik a terheket. A tehermegosztás módszerét a továbbiak részletesen ismertetik, ennek működését a próbaterhelések igazolták.

Az építési rendszer fejlesztése során az igénybevételek, hajlítónyomatékok, átszúródás vizsgálata mellett alapvető szempont volt a vasalási rendszer megvalósításának, kivitelezésének optimalizálása, a helyszíni élőmunka csökkentése. A számítási módszerek kidolgozása során a biztonság megőrzése mellett, az egyszerűsítésre és az áttekinthetőségre törekedtünk. A gyakorlati alkalmazást a megépült létesítményeken tapasztalt pozitív jelenségek igazolták. A legnagyobb süllyedés és süllyedéskülönbség 1 cm alatt volt, a repedéstágasságok sem haladták meg az előírt értékeket. Természetesen tudjuk, hogy lehetnek nyitott kérdések, amelyek a továbbfejlesztés során megoldhatóak lesznek.

2. AZ ALAPLEMEZ IGÉNYBEVÉTELEINEK MEGHATÁROZÁSA

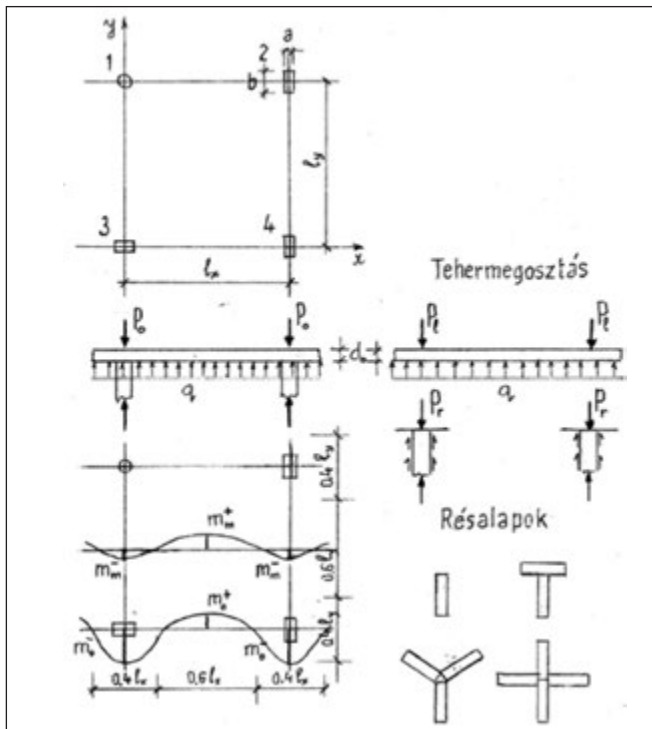
2.1. A számítási módszer fejlődése

Az építmények alapozására általában a síklemezt vagy a mélyalapokat, cölöpöket, réspilléreket alkalmazzák. Jelen dolgozat olyan alapozási rendszerrel foglalkozik, ahol a síklemez és a réspillérek együtt viselik a terhet. Az alap gondolat Kézdi Árpádtól (Kézdi, 1963) származik, aki a cölöpalapozással készült kaposvári gabonasíló süllyedésének csökkentésére az utólag beépített lemezalapozást sikeresen alkalmazta. Ezt a tehermegosztásra vonatkozó alapvető

Nagy János a Vízépnél tovább fejlesztette és két épületben próbaterhelést végeztek, ami a tehermegosztást igazolta. (Nagy 2016) Az alaplemez igénybevételét kezdetben a gomba-, illetve síklemezfödémekre kidolgozott módszerekkel határozták meg. Ezek a rugalmasságtani alapelvekre épülő számítások a repedésmentes állapotban érvényesek. A megrepedt állapotban a merevségi viszonyok megváltozása miatt az erőjáték jelentősen módosul. Az 1980-as években Juhász Bertalan az alaplemez méretezésére kidolgozta a képlékenységtani alapokra épülő, törésvonal elmélet szerinti számítási módszert (Juhász, 1992). A rugalmassági és törésvonal elmélet szerinti számítások eredményeinek összehasonlítása jelentős segítséget adott a megrepedt állapotra jellemző igénybevétel-átrendeződések irányaira és mértékére, valamint a sugárirányú repedésre merőleges gyűrűirányú vasalás hatékonyságára. Az alaplemezre ható talajfeszültségek kezdetben az oszlop alatt nagyobbak, mint a lemezmezőben, azonban a konszolidáció következtében a csúcsok leépülnek, a talajfeszültségek az egyenes eloszlás irányába változnak. Mind a megrepedt állapotbeli merevség csökkenés, mind a talajfeszültség változásai a rugalmas állapotban számított oszlopok alatti nyomatékok csökkenését, illetve a mezőnyomatékok növekedését idézik elő. Az oszlopok alatti nyomatéki csúcsok lekerekítésére a szakirodalomban található módszerekkel 30-40 %-os csökkenés is kimutatható. Ha a nyomatéki ábra alatti területet állandónak tekintjük, akkor a lekerekítés után az ábra oldalirányban kiszélesedik, azaz az acélbetétek hosszát meg kell növelni.

2.2. A számítás módszere

Az említettek alapján kidolgozott, egyszerűsített számítási módszer a 1. ábrán látható. Az alkalmazott tényezők megválasztása során a szakirodalom adatait is figyelembe vettük. (Pfaffinger, 1967; Eisenbiegler, 1979, CEB Manual, 1985). A számítási módszerrel kapcsolatos további részletesebb



1. ábra: Réspillérekkel gyámoltott alaplemez számítási elvei

ismertetést a szakirodalom, továbbá a számpélda tartalmazza, ahol a számítási módszerek összehasonlítása is szerepel.

Alapfeltételek

$$\frac{l_x}{l_y} = 0,8 - 1,25 \text{ között, } d_0 = \frac{l}{10} - \frac{l}{20} \text{ között, } d_0 > 40 \text{ cm } a_{min} = 0,4l$$

A teljes oszlopteher: P_0

A résekre hat: $P_r = \alpha P_0$

A lemezre hat: $P_l = (1 - \alpha)P_0$ $\alpha = 0,3 - 0,7$ között javasolt $\alpha \approx 0,5$

A talajreakció: $q = \frac{P_l}{l_x l_y}$

A nyomaték: $m = c q l_x l_y = c P_l$

Oszlopsáv: $m_0^- = -0,15 P_l$ $m_0^+ = 0,05 P_l$

Mezősáv: $m_m^- = -0,04 P_l$ $m_m^+ = 0,05 P_l$

A számítás lépései:

- alaplemez felvétele, igénybevételei, vasalása
- tehermegosztás meghatározása,
- átszúródás és
- repedéskorlátozás vizsgálata.

A résalapok elrendezése az 1. ábrán látható, méretezésükre geotechnikai módszereket kell alkalmazni, ezeket itt nem ismertetjük.

2.3. A hajlító nyomatékok számítása

Természetesen az alaplemez, mint fordított, pontokon támaszkodó síklemez működik, így a számítógépes programok is használhatóak. A megrepedt állapot miatt ezeket az eredményeket az előzőekben említettek figyelembevételével felül kell vizsgálni. Az egyszerűsített számítási módszert az 1. ábra tartalmazza, mely figyelembe veszi a megrepedt állapot merevségváltozásainak hatását, továbbá a talajfeszültségek időbeli változását. A hajlító nyomatékok az oszlopok alatt minden irányban közel azonosak. Ez a körszimmetrikus erőjátéknak megfelel, így a vasalást is két irányban azonos hálóval kell kialakítani. A kétirányú hálós vasalás előnye, hogy a négy szomszédos pillér egyenlőtlen süllyedéseiből származó hatásokra tartalékot képez. Ugyanis, ha feltételezzük, hogy a kétirányú nyomatékok különbözőek, akkor ezekből főnyomatéki irányok számíthatók. Az egyenlőtlen süllyedések

ezeket módosítják és a főirányok is megváltoznak. Abban az esetben, ha mindkét irányban a nagyobbak megfelelő vasalást alkalmazunk, akkor bármilyen irányú főnyomatékokra van elegendő acélbetét. Az oszlopok alatti hajlítónyomatéokra a $\rho \approx 1\%$ -os fajlagos vasalás gazdaságosan alkalmazható. A mezőnyomatékok felvételére is a két irányban azonos alsó-felső alapháló alkalmazása javasolt. Ennek fajlagos mennyiségeit $\rho \approx 0,3\%$ -ra célszerű választani, ami a hajlítónyomatékok 1:3 arányának is megfelel. A tapasztalat szerint ez a repedéskorlátozási követelmények teljesítését is biztosítja. A vasalás kialakításának részleteit az ötödik fejezet tartalmazza.

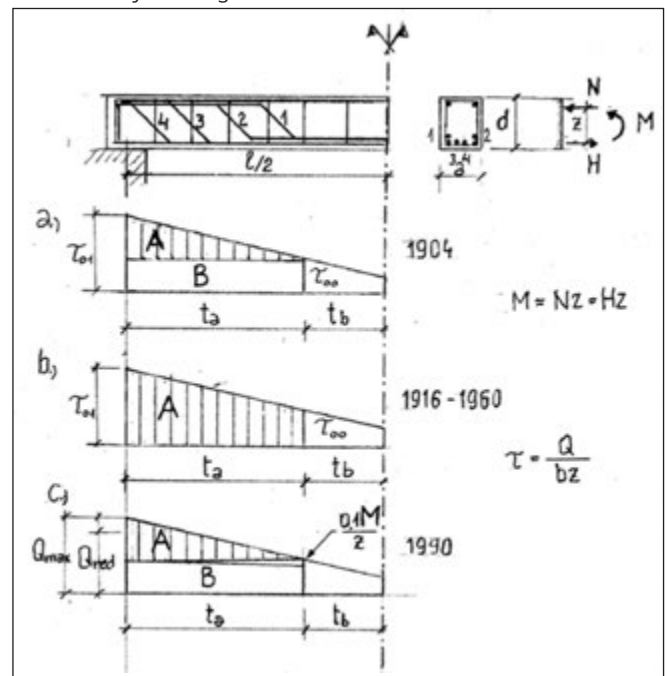
3. AZ ÁTSZÚRÓDÁS VIZSGÁLATA

3.1. A nyírési vizsgálati módszerek változásai

Jelen dolgozatnak nem célja a fejlődés részletes bemutatása, csupán néhány olyan alapvető szempontot emelünk ki, amelyek az átszúródási vizsgálatoknál is felmerülnek, mivel az átszúródás lényegében nyírési jelenség.

A hajlított vasbeton gerendák nyírési vizsgálatának módszere az 1900-as évek elején alakult ki (2.a ábra). A betonra hárítható τ_{00} nyírőfeszültség alapján meghatározták a t_a nyírt szakaszt, ahol a nyírőfeszültséget részben a beton, részben az acélbetétek veszik fel, elsősorban felhajlított acélbetétek alkalmazásával. Később az 1916-os évektől a beton által felvehető nyírőerőt figyelmen kívül hagyva, a nyírt szakaszon a teljes nyírőerőt acélbetétekkel, felhajlított vasakkal, illetve kengyelekkel vették fel. A felhajlított vasak darabszámát a húzott vasalás 2/3 részére választották, ami a húzott vasalás darabszámának növelésére, illetve vékonyabb acélbetétek alkalmazására ösztönzött és ez

2. ábra: A nyírési vizsgálati modellek változásai



A 2. ábra jelölései:

- Q - a nyírőerő
- τ_{00} - a betonra hárítható nyírőfeszültség
- τ_{01} - a legnagyobb nyírőfeszültség
- t_a - a nyírt szakasz
- t_b - a szerkezeti vasalás
- A - az acélbetétekkel felvett nyírőfeszültség, illetve nyírőerő
- B - a beton által felvett nyírőfeszültség, illetve nyírőerő.

a vasbeton gerendák repedezettségére kedvezően hatott (2.b ábra). Az 1960-as években elsősorban az acélbetétekkel való takarékoság érdekében, illetve a felhajlított acélbetétek helyett a kengyelek alkalmazásának elterjedése miatt, megkezdődött a nyíróerő ábra úgynevezett hámozása. Figyelembe vették a beton által felvehető nyíróerőt, a támaszoknál a nyíróerő csökkentését, továbbá a hajlító nyomatékokból származó nyomóerőből számítható súrlódási nyíróerőt. Ez jelentős acélbetét csökkentést tett lehetővé (2.c ábra).

Természetesen a szakirodalomban nagyon sok nyírási vizsgálati módszer található, az alapvető kérdés viszont az, hogy

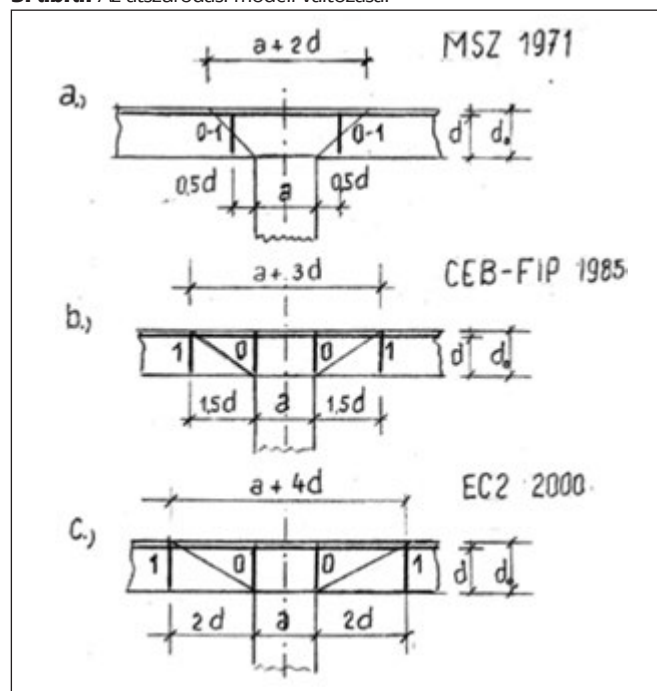
- figyelembe vegyük-e a beton által felvehető nyíróerőt, vagy
- az acélbetéteket a teljes nyíróerőre méretezzük.

A probléma természetesen az, hogyan képes-e a megrepedt beton a nyíróerő felvételére? Hajlított gerendák esetében Koenen (1885) javaslata alapján a repedt beton húzóerőre nem dolgozik, a teljes erő az acélbetétekre hárul. A beton jelenléte a húzott zónában a repedés tágasságának csökkentését segíti. A nyírási repedések tágasságának meghatározására ma még nincsenek megbízható módszerek. A szerzőknek az a határozott álláspontja, hogy a nyírási vizsgálatoknál a betonra háruló nyíróerőt csak repedésmentesség esetén lehet figyelembe venni.

Felhívjuk azonban a figyelmet a hajlítási vasalásnak a nyíróerő felvételében jelentkező hatására. Draskóczy (2009) kísérletekkel igazolta, hogy hajlított gerendák alsó húzott acélbetéteinek a támaszig való kivezetése és lehorgonyozása esetében a kengyelek mennyisége csökkenthető. Ez tehát azt is jelenti, hogy a hajlítási vasalás a nyírási teherbírás növelésébe bekapcsolható. A nyírási vizsgálatokat a lemez karcsúsága is befolyásolja. Megemlítjük továbbá, hogy a nyírási tönkremenetel rideg töréshez hasonló, a törés hirtelen, előrejelzés nélkül is bekövetkezhet. A nyírási meghibásodások nehezen javíthatóak, költségesek. Ezért a szerzőknek az a véleménye, hogy a nyírási törés elkerülésére a nagyobb biztonság, illetve tartalékok képzése indokolt.

Az alaplemez átszűrődási teherbírásának felülvizsgálatát az is szükségessé tette, hogy a hajlítási határteherbíráshoz

3. ábra: Az átszűrődási modell változásai



tartozó átszűrődő erőre, a hagyományos módszerekkel nem lehetett igazolni a megfelelő átszűrődési teherbírás. E miatt a lemezvastagságot növelni kellett. A szerzők keresték azt a lehetőséget, hogyan lehetne elérni és igazolni a hajlítási és átszűrődési teherbírás egyidejűségét, összhangját. Ehhez segítséget nyújtottak a gyűrűirányú és a hajlítási vasalás figyelembevételére vonatkozó kutatási, kísérleti eredmények (Dalmy, 1977; Draskóczy, 2009).

3.2. Az átszűrődási modell változásai

Az átszűrődási számítási modellek jelentős mértékben változtak, és még ma is újabb javaslatok születnek. A változások a számítás alapjául szolgáló úgynevezett átszűrődési ellenőrzési kerületek, illetve felületek meghatározásában jelentkeznek (3. ábra). Ezek az 0 és 1 jelű függőleges felületek számítási segédmenyiségek és semmilyen összefüggésben nincsenek a tönkremenetelre jellemző törési repedésekkel (3. ábrák). Jellemző, hogy az erőteljes repedések a $2d$ távolságon belül jelentkeznek, de repedések ezen túl is előfordulnak. A fiktív ellenőrzési kerületet (kritikus felületek) a korai vizsgálatokban az oszlop mellett $0.5d$ távolságban vették fel és mind nyomásra, mind húzásra ezt alkalmazták (3.a ábra). Később a CEB-FIP az átszűrődési zónára az $1.5d$ értéket javasolta, különválasztva a nyomási (0 jelű) és a húzási (1 jelű) felületeket (3.b ábra). Az EC2 a $2d$ távolságot javasolta, különválasztva a nyomás és húzás esetét (3.c ábra). Újabb ismét a kezdeti $0.5d$ értékre vonatkozó javaslatok is megjelentek (Almási- Völgyi 2018). A kutatások, vizsgálatok jelenleg is folynak, így újabb eredmények, változások várhatók. Megemlítjük, hogy függőleges oszloperő és hajlítónyomaték együttes működése esetében az átlukadás, míg abban az esetben, ha csak függőleges erő és elhanyagolható nyomaték működik, akkor az átszűrődés elnevezést használjuk. Jelen dolgozatban csak az átszűrődással foglalkozunk.

3.3. A javasolt átszűrődási modell

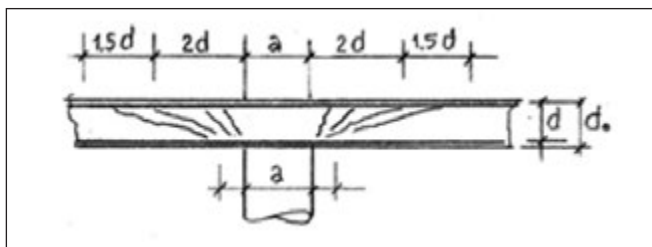
3.3.1. Általános megjegyzések

Az előző fejezetekben vázlatosan bemutattuk, hogy a nyírási és az átszűrődési vizsgálatához használt számítási modellek sokfélék és folyamatosan változnak. A mérnöki számítások pontosságát alapvetően befolyásolja az, hogy a modell mennyire követi a valóságot. Egy jó modellen végzett közelítő számítás eredménye megbízhatóbb, mint egy hiányos modellen, bonyolult, pontosnak tekintett vizsgálaté. Az újszerű modell alkalmazásával arra törekedtünk, hogy a valóságos törési jelenséget figyelembe véve, olyan módszert alakítsunk ki, amely egyszerű képletekkel a gyakorlat számára megbízható eredményt szolgáltat. A kézi számításra alkalmas módszer lehetővé teszi, az előtervezés során a változatok közül az optimális megoldás kiválasztását. A javasolt változat egy a sok közül, tudjuk, hogy ez sem tökéletes, korlátai vannak, de úgy gondoljuk, az eddigiekhez viszonyítva szemléletváltozást jelent, és ösztönzést adhat a további vizsgálatokhoz, fejlesztésekhez.

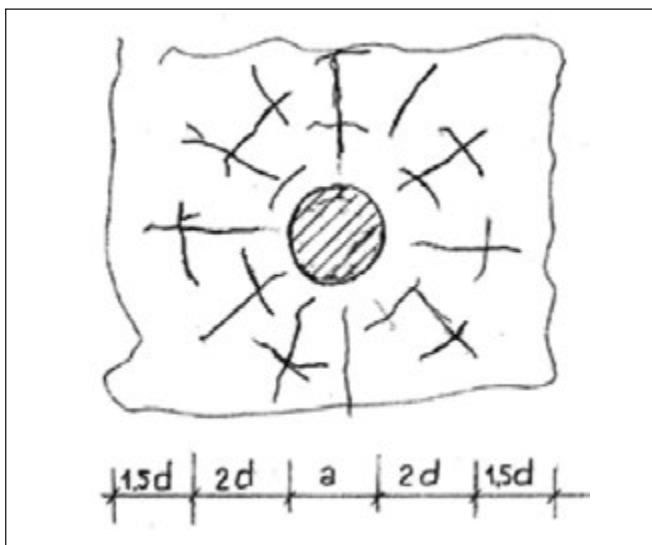
3.3.2. Átszűrődési repedések

A fődelemezekkel kapcsolatos átszűrődési kísérletekben és a megépült szerkezetekben megjelent repedéseket röviden az alábbiakban mutatjuk be.

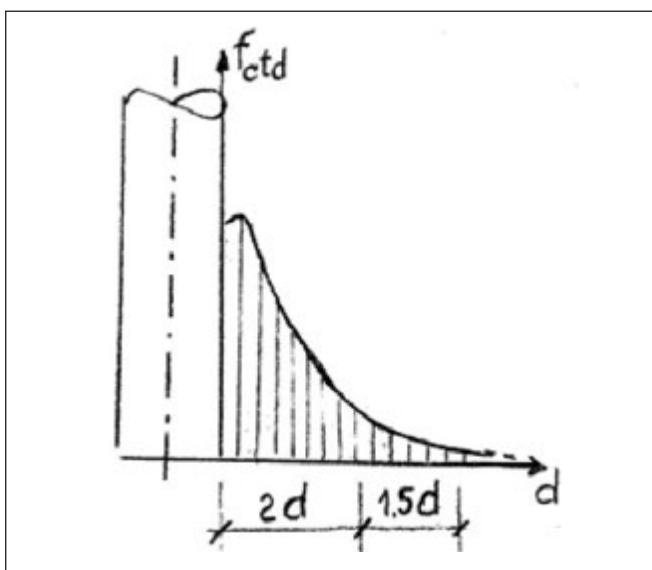
A lemez keresztmetszetében a 4. ábrákon látható repedések alakultak ki, amelyek lényegében a $2d$ szakaszon jelentősek, de



4. ábra: Átszűrődési repedések



5. ábra: Húzott oldali felületi repedések



6. ábra: A nyírófeszültségek megoszlása

ezen az átszűrődési zónán kívül is megjelentek. Ezek a repedések először az oszloptőhöz közel keletkeznek és fokozatosan terjednek kifelé. A lemez húzott felületén, az átszűrődési zónában az 5. ábra szerinti sugár- és gyűrűirányú repedések azt jelzik, hogy itt közel körszimmetrikus erőjáték alakul ki. A felületi repedések keletkezéséhez a hajlítónyomatékok jelentős mértékben hozzájárulnak. Ismételten hangsúlyozzuk, hogy a képlékenységtani törésvonal-elmélet is igazolja a sugárirányú repedésekre merőleges gyűrűirányú vasalás kedvező hatását. Az átszűrődés bonyolult jelenség, mivel ott jelentkezik, ahol egyidejűleg legnagyobb a hajlítónyomaték és a nyíróerő. Itt említjük meg, hogy a szerzők által javasolt és alkalmazott tórusz olyan vasalási rendszer, amelynek a szerkezeti kialakítása minden előforduló repedésre közel merőleges acélbetéteket tartalmaz, ezért az átszűrődési ellenállás hatékonyságát jelentősen növeli. A nyírófeszültségek megoszlását a 6. ábrán

mutatjuk be, a tóruszvasalási rendszerben a kengyelek és átkötő vasak (fajlagos) eloszlása az oszloptól kifelé gyakorlatilag lineárisan csökken, azaz jól követi a valóságot.

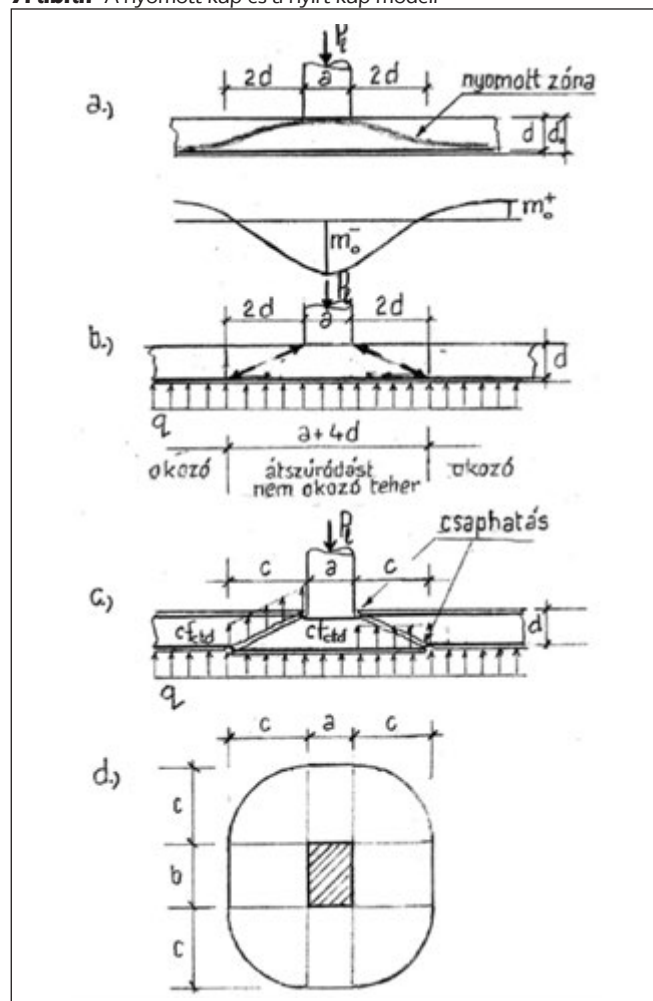
3.3.3. A törési kísérletek tanulságai

Az átszűrődési teherbírás kimerülését általában a beton húzószilárdsága határozza meg. A nyomott beton tönkremenetele az oszloptónél a beton nyomószilárdságának elégtelensége miatt csak ritkán fordult elő. Ez nyilvánvalóan azt jelzi, hogy a számítási modellnek olyannak kell lennie, amelynél a beton nyomószilárdságával számított átszűrődési teherbírás nagyobb, mint a húzószilárdsággal számított érték. A kísérletek során a tönkremenetel az első repedések megjelenése után, viszonylag rövid idő alatt bekövetkezett, a rideg töréshez hasonló módon. Ez a teherbírás kimerülésére utaló, rövid ideig tartó előrejelzés a biztonság szempontjából figyelmet érdemel.

3.3.4. A lemezkarcúság hatása

A jelen dolgozatban az átszűrődési modell kialakítása során alapvetően a kísérleti eredményeket vettük figyelembe. A törési kísérleteket viszonylag karcsú lemezeken végezték el, ahol az a „l” fesztávolság és a „d” födémvastagság aránya a $k=l/d_0$ karcsúság nagyobb, mint 20. A $k=5\sim 15$ közötti karcsúságú, viszonylag vastagabb alaplemezeken kísérleteket még nem végeztek. A gyámoltott alaplemezek esetében a karcsúság $k=10\sim 20$, így a födémlemezekkel végzett kísérleti eredmények még elfogadhatóak. A szerzők véleménye szerint a lemezvastagság növekedésével az átszűrődési zóna a CEB-FIP által javasolt 1,5d értékhez közeledik. A karcsúság hatásának részleges vizsgálata a jövő feladata.

7. ábra: A nyomott kúp és a nyírt kúp modell



3.3.5. A nyomott kúp és a nyírt kúp modell

Az alaplemez, mint hajlított tartó nyomatékainak megoszlását a 7.a ábrán mutatjuk be, ahol feltüntettük a nyomott zóna kialakulását. Látható, hogy a hajlításból az oszlop közelében kúp alakú nyomott zóna alakul ki. Ebből adódik, hogy az átszűrődés egy nyomott kúp, illetve, egy nyírt kúp modellel vizsgálható (7.b-c ábra). A nyomott kúp teherbírását a beton nyomószilárdsága, míg a nyírt kúpét a beton húzószilárdsága határozza meg.

A réspillérekkel gyámoltított alaplemezek esetében az átszűrődés vizsgálatát az indokolta, hogy egy adott P_0 oszlopteher esetében a hajlítási és a hagyományos módszerekkel számított átszűrődési teherbírás között lényeges különbség adódott ez utóbbi alacsonyabb volt. A réspillérral gyámoltított alaplemezeknél alkalmazott tórusz vasalásban jelentős gyűrűirányú acélbetéteknek, továbbá az egész átszűrődési zónában az alsó-felső hajlítási vasalást összefogó átkötő vasalásnak a számításba vételével a hajlítási és átszűrődési teherbírás közötti különbség csökkenthető.

3.3.6. Az átszűrődést okozó teher

A 7. b ábrarészen látható, hogy az átszűrődési zónába eső q lemezteher átszűrődést nem okoz, így ezzel a P_l lemezteher csökkenthető. A csökkentés mértékét legegyszerűbben a teljes lemezterület $A_m = l_x \cdot l_y$ és a nyírt kúp A_k alaprajzi vetületének aránya alapján határozhatjuk meg:

$$T_a = P_l \left(1 - \frac{A_k}{A_m} \right)$$

A csökkenés mértéke általában 10-15%-os nagyságrendű, így a teljes P_l lemezteher figyelembevétele a biztonságot szolgálja.

3.4. A számítás módszere

3.4.1. A nyomott kúp határerejének számítása

Adatok: $c=2d$

Az oszlop kerülete: $U_0=2(a+b)$

Az átszűrődési ellenőrzési felület: $A_0=dU_0$

A nyomott kúp vastagságát $0,25d$ értékre becsülve, továbbá a ferde és függőleges nyomott felületeket azonosnak tekintve, a számításba vett átszűrődési felület

$$A_{k0}=0,25A_0$$

A nyomott kúp határerejét a beton f_{cd} nyomószilárdsága és az oszloptőnél az U_0 oszlopkerület és a $0,25d$ vastagságúra felvett nyomott zóna határozza meg (7. ábra).

A nyomott kúp átszűrődési teherbírása:

$$T_{k0}=A_{k0}f_{cd}=0,25A_0f_{cd}$$

Megjegyezzük, hogy a függőleges nyomott felület magassága és a nyomott kúp vastagsága közötti eltérés mintegy 10%, ez még elfogadható közelítés.

3.4.2. A nyírt kúp határerejének számítása

Adatok:

Az átszűrődési ellenőrzési felület a nyírt kúp alaprajzi vetülete (7. ábra):

$$A_k=4d(a+b+d\pi)$$

A nyírt kúp átszűrődési teherbírása, a nyíró szilárdság figyelembevételével:

$$\tau_{Rd}=cf_{ctd}$$

$$T_k=cf_{ctd}A_k=\tau_{Rd}A_k$$

A valóságos nyírt kúpfelület helyett ennek alaprajzi vetületével számolunk az egyszerűbb képletek miatt. Az eltérés kb. 10% és a közelítés a biztonságot szolgálja. Természetesen a beton húzószilárdságával, de az EC2 szerinti „c” módosító tényezővel számolunk, amely többek között a vasalás hatását is figyelembe veszi. A nyírt kúp átszűrődési teherbírását a T_k képlettel számítjuk. A „c” tényező megválasztását a tórusz vasalás alkalmazása esetére a későbbiekben mutatjuk be. Az ennél a vasalási rendszernél alkalmazott gyűrűirányú acélbetéteknek az átszűrődési teherbírásra való hatása ugyanis jelentős, és ezt a tényezőben figyelembe lehet venni.

3.4.3. A beton által felvehető átszűrődési erő

Az átszűrődési zónában a repedésmentes beton nyíróerő felvételére alkalmas, ezt a következő módon lehet figyelembe venni, $\tau_{Rd}=cf_{ctd}$, Az EC2 szerint C30/37-es beton esetében $c_{min}=0,25$ azaz

$$\tau_{Rd}=0,25 \times 0,14=0,035 \text{ kN/cm}^2$$

így a beton által felvehető átszűrődési erő az A_k nyírt kúp alaprajzi vetületével

$$T_c=A_k \tau_{Rd}$$

Ez általában jóval kisebb, mint a lemezre ható P_l átszűrődési erő, ezért vasalást kell alkalmazni. A szerzők véleménye szerint megrepedt állapotban az erők beton általi felvétele már bizonytalan, ezért az átszűrődési zónában a vasalást a teljes átszűrődési erőre kell meghatározni, A $2d$ -vel meghatározott átszűrődési zónán kívüli $3d$, esetleg $4d$ átmeneti zónában, a repedés kialakulása, megjelenése lényegesen kisebb mértékű. Ezért itt a beton által felvehető nyírás figyelembevétele indokolt. A vizsgálathoz az alábbi egyszerű módszert javasoljuk. Meghatározzuk a $3d$ alapulvételével a leszakadó kúp A_{k3} alaprajzi vetületével a beton által felvehető átszűrődési erőt:

$$T_{c3}=A_{k3} \tau_{Rd}$$

A megnövekedett átszűrődési zóna miatt a csökkentett átszűrődési erő

$$T_{a3}=P_l \left(1 - \frac{A_{k3}}{A_m} \right)$$

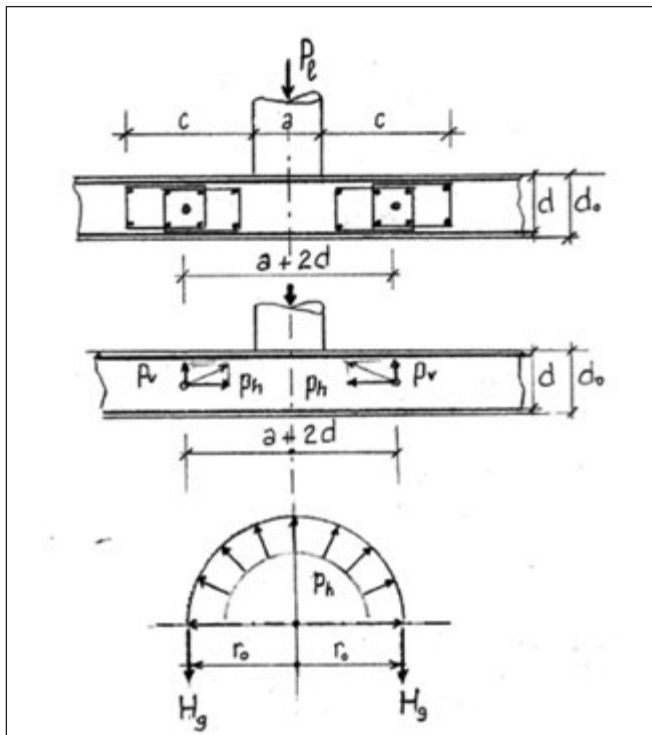
ha ez kisebb, mint T_{c3} akkor a beton felveszi az átszűrődési terhet, ha nagyobb, akkor a

$$\Delta T_3=T_{a3}-T_{c3}$$

különbségre, ebben a zónában célszerűen átkötő vasalást kell alkalmazni.

3.4.4. A gyűrűirányú vasalás szerepe és hatása

Az átszűrődési törési kísérletek és a gyakorlati tapasztalatok szerint az átszűrődési zóna húzott oldalán sugárirányú



8. ábra: A gyűrűirányú vasalás hatása

repedések jelennek meg (7. ábra). Az ezekre merőleges gyűrűirányú vasalás hatékonyságát kísérleti úton először Dalmy D. (1977) igazolta doktori disszertációjában. A kísérletek szerint a nyomott kúp talpának gyűrűirányú acélbetétekkel való megtámasztása mintegy 20-25%-kal megnövelte az átszűrődési teherbírást. Erre vonatkozó egyszerűsített számítást az alábbiakban ismertetünk. A 8. ábra szerinti vasalás esetében az acélbetétek összterületét az r_0 sugarú központba tömörítve, az alább vázolt számítással a függőleges irányú teherbírás a gyűrűirányú erőnek mintegy háromszorosa. Ez a kúp leszakadása ellen működik, azaz megnöveli a nyírt kúp teherbírását.

A gyűrűirányú határerő az A_{sg} vasalás esetén

$$H_g = A_{sg} f_{yd}$$

A vízszintes nyomás:

$$p_h = \frac{H_g}{r_0}$$

mivel

$$p_v = \frac{p_h}{2}$$

a teljes $2r_0 \pi$ kerületen működő függőleges erő:

$$V_g = \frac{H_g}{2r_0} 2r_0 \pi = H_g \pi \cong 3A_{sg} f_{yd}$$

A gyakorlatban alkalmazott tóruszok esetében ez a növekedés a 20-30%-ot is elérheti. A teherbírás növekedés csak a nyírt kúpnál jelenik meg, ugyanis a nyomott kúp teherbírását a beton nyomószilárdsága, az oszlopfőnél jelentkező beton törése határozza meg. Ezt az egyszerűsített számítást Orosz (2004) már korábban ismertette. A nyírt kúp modell előnye, hogy lehetővé teszi a gyűrűirányú vasalás kedvező hatásának számításával való figyelembevételét, azaz a kísérleti eredmények igazolását. A gyűrűirányú vasak megakadályozzák a nyomott kúp szétnyílását, ami megnöveli a nyírt kúp átszűrődési ellenállását.

3.4.5. A hajlítási vasalás figyelembevétele

A hajlítási vasalásnak a nyíróerő felvételébe való bekapcsolására az utóbbi években számos javaslat született. Ez tulajdonképpen a csapathatásnak az egész átszűrődési zónára való kiterjesztését jelenti. Az 1986-os MSZ szerint a csapathatást csak közvetlen az oszlopfőnél lehetett figyelembe venni. Az alsó-felső hajlítási vasalásnak a nyíróerők felvételébe való bekapcsolásának alapvető feltétele, hogy az összekötés megbízhatóan lehorgonyozott, erőtanilag kengyelszárként működő acélbetétekkel valósuljon meg. Lemezeknél a kétirányú vasalás miatt az összefogás hatékonyságát lényegesen befolyásolja, hogy csak a belső hálókát, vagy a külsőket is összekötik. A hajlítási vasalásnak a nyíróerők felvételében való jelentős szerepét Draskóczy (2009) igazolta, mint arra már korábban is utaltunk. A kísérletek szerint a hajlítási vasalás összekötése mintegy 25%-kal megnöveli a nyírási teherbírást. Az alsó-felső hajlítási vasalás teljes értékű lehorgonyzási acélbetétekkel, átkötő vasakkal való összefogása esetében, ezek a nyíróerők felvételében is részt vesznek, kengyelszárként működnek. A tóruszvasalás alkalmazásánál ezért az átszűrődési teherbírást egyrészt a tórusz kengyelei, másrészt az átkötő vasak határozzák meg. Célszerű az 50-50%-os arány betartása.

3.4.6. A „c” tényező meghatározása

Az EC2 előírásainak alkalmazására törekedtünk. Az átszűrődési teherbírás kimerülése lényegében nyírási törés, ahol a beton húzószilárdsága a meghatározó. Az EC2 a nyírási tervezési feszültségre a τ_{Rd} figyelembevételét javasolja, ami a beton húzószilárdságából határozható meg egy csökkentő „c” tényező segítségével, azaz $\tau_{Rd} = c f_{ctd}$, ennek alapértéke $c_0 = 0,25$. Az EC2 szerint ezt a c_0 tényezőt meg kell növelni a beton szilárdságának, a tartó d magasságának és a húzott vasalási százalék „ ρ ” figyelembevételével, erre táblázatos összeállítást is megad (Deák és társai 2016). Jelen esetben az alaplemezeknél általánosan alkalmazott C30/37 betonszilárdsághoz, a $d = 50 \text{ cm}$ tartómagassághoz, valamint a $\rho = 1\%$ -os vashányadhoz tartozó $c = 0,45$ értéket választottuk. Korábban rámutattunk, hogy a gyűrűirányú vasalás mintegy 20%-os növekedést jelent, továbbá az alsó-felső vasalás átkötő vasakkal való összefogása is kb. 20%-os növekedést biztosít. E két hatást együttesen a biztonságos 25%-ra felvéve, a $c = 0,55$ értéket kapjuk. Ezzel a „c” tényezővel számítva a nyírt kúp átszűrődési teherbírása már elegendő ahhoz, hogy az adott vastagságú lemez hajlítási teherbírásával lényegében azonos szinten legyen, azaz a két határérték egyidejűleg is biztosítható, a lemez jól kihasználható.

3.4.7. Az átszűrődési teherbírás meghatározásának áttekintése

A réspillérekkel gyámoltított alaplemezekre kidolgozott átszűrődési vizsgálat szerint 50 cm lemezvastagság és C30/37 beton esetében a nyomott kúp határereje

$$T_0 = 0,25 A_0 f_{cd} \geq T_a$$

$$A_0 = U_0 d$$

d lemezvastagság,

U_0 – az oszlop kerülete.

A nyírt kúp határereje:

$$T_k = c f_{ctd} A_k \geq T_a$$

A_k a nyírt kúp alaprajzi vetülete,
 f_{ctd} a beton húzószilárdsága,
 $c=0,55$ a betonszilárdságot, lemezvastagságot és a
vashányadot figyelembe vevő tényező.
 T_a a lemezre ható átszűrődő teher, az átszűrődési zónába
eső teherrel csökkentett lemezteher (lásd 3.3.6).

4. A TÓRUSZ VASALÁS ALKALMAZÁSA

A gyámolított alaplemez átszűrődési vasalását kezdetben a hagyományos rendszerekkel, felhajlított acélbetétekkel alakították ki. A rögzítési, szerelési nehézségek, a kellő merevség hiánya, a távolságtartó vasalásnak az erőjátékba való bekapcsolására irányuló kísérletek eredménytelensége, továbbá a szerelési idő megnövekedése új megoldás keresését tette szükségessé. A különböző alaprajzi elrendezésű réspillérekre való megbízható erőátadáshoz egy sűrű vasalással átszőtt, rejtett fejlemezre van szükség, de ennek a fejlemeznek kell viselnie a lemezre ható teher átszűrődési hatásából eredő igénybevételeket is. Nyilvánvalóvá vált, hogy ezt a kettős feladatot csak egy egységes zárt vasalási rendszerrel lehet megoldani. Így jutott el a Vízép vállalat főmérnöke, Nagy J. a tórusz vasalási rendszer alkalmazásához, amihez Juhász B. is hozzájárult. A tórusz egy közel kör alakú, gyűrűirányú hosszvasalással és zárt kengyelezéssel kialakított vasalási

rendszer, lényegében gerendaszerű megoldással. A gyűrűirányú vasalás hajlítónyomaték, a zárt kengyelezés pedig nyíróerő felvételét biztosítja. A különböző alaprajzi elrendezésű réspillérek miatt gyűrűirányú zavaró hajlítónyomatékok, míg az átszűrődő erőből nyírófeszültségek keletkeznek. A tórusz vasalási rendszer olyan, hogy minden kialakuló repedésre közel merőleges acélbetét jelenléte a repedéskorlátozást segíti. A tóruszvasalás megfelel annak a követelménynek, hogy az oszlopok melletti d távolságú átszűrődési zónában lévő kengyelek és átkötő vasak az átszűrődő erő 60%-át fel tudják venni, a nyírófeszültségek megoszlásának megfelelően (3.5. ábra).

Kivitelezési előnyt jelent, hogy a tórusz előszerelhető, szállítható, beemelhető és kellően merev, megbízhatóan távolságtartó. A tórusz vasalását célszerű Ø12-es acélbetétekből összeállítani, nagyobb erők esetében Ø14-es acélbetétek is alkalmazhatóak, de ennél nagyobb átmérő nem javasolt. A kengyelek és átkötő vasak aránya legalább 50-50% legyen. Az átkötő vasak darabszáma, átmérője lehet nagyobb, mint a kengyeleké, annak érdekében, hogy nagyobb erőt tudjanak felvenni. A tórusz kengyeleit szimmetrikusan kell kiosztani az egyszerű összeszerelés érdekében.

(Jelen cikk folytatódik. A 2. rész tartalmazza a Hivatkozások listáját és a szerzők adatait.)

SAVÁLLÓAK LEHETNEK-E A BETONOK?



Dr. Erdélyi Attila - Kovács József - Gál Attila - Szegőné Kertész Éva

DOI: 10.32969/VB.2018.3.2

Az EN 206:2014 Beton. Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés című szabvány csak a természetes vizek és talajok okozta agresszív vegyi környezet esetével foglalkozik, az agresszív ipari környezettel, ezen belül a savkorróziót okozó körülményekkel (pl. erjesztő silók, biogáz berendezések, füstgázvezető hűtőtornyok esete) nem. A savállóság vizsgálatára semmiféle nemzetközileg elfogadott módszer nincs. A hiányzó előírásokat a nemzeti kiegészítésekben pótolják. Vizsgálati módszert és javított savállóságú beton tervezését, ellenőrzését csak külön kutatással lehet megalapozni. A Duna-Dráva Cement Kft. a Beton Technológiai Centrum Kft.-nél és a Cemkut Kft.-nél összehangolt kutatást rendelt meg. A pH=3,5 kémhatású ecetsavas tömegcsökkenési és kiegészítő vizsgálatokkal ellenőriztük különböző kohósalak tartalmú üzemi cementek, valamint kiegészítő anyagok (szilikapor, metakaolin, HDT stb.) keverékét megszilárdult pépeken, habarcsokon és betonokon, a $(v/c)_{ekv}$ mindig 0,4 volt. A legtömörebb szemcsehalmazt adó Fuller & Thompson féle teljes szemeloszlást és az ehhez tartozó legkisebb kötőanyag tartalmat (Cemkut) valamint az XA3 osztályra előírt nagyobb kötőanyag tartalmat és az AB16-os középgörbét követtük (BTC). A legjobb savállóság a CEM III/B típusú kohósalakcement és metakaolin (vagy HDT, illetve szilikapor) keverékétől várható. A tömegcsökkenés csak fele vagy még kevesebb, mint amennyit tiszta (közönséges vagy szulfátálló) CEM I portlandcementtel kaphatunk. Irodalmi adatok szerint kénsav korrózió esetén is a szulfátálló CEM III/B alkalmazandó, inkább két, mint egy kiegészítő anyag használatával. 570 napos korban 5% alatti tömegcsökkenéshez kb. 25% nyomószilárdság csökkenést és 84%-os relatív dinamikai modulust mértünk.

Kulcsszavak: cementkő savállósága, ecetsav okozta tömegcsökkenés, kiegészítőanyagok hatása a savállóságra, kohósalaktartalom hatása a savállóságra, E_{dn} csökkenés

1. BEVEZETÉS

Az EN 206:2014 Beton európai szabványban a beton tartóssága van a középpontban és a különböző környezeti hatásoknak ellenálló betonösszetételekre, a friss és a megszilárdult betonra ad meg követelményeket.

Az EN 206:2014 a többi környezeti osztályhoz képest nagyon mostohán bánik az agresszív vegyi környezetnek kitett, XA jelű osztályokba tartozó betonokkal, mert csak a természetes talajvizekből és talajból származó hatótényezőket sorolja föl (EN 206:2014 szabvány 2. táblázata) és ilyen környezeti körülmények előfordulására – eltérően az összes többi XC, XD, XS, XF stb. osztálytól – még példákat sem ad. A szulfátállóság vizsgálatára vannak „bevett”, nemzetközileg elfogadott módszerek és a nemzeti szabványok ezekből választhatnak, de a savállóságnak sem a vizsgálatára, sem a követelményre semmiféle előírás nincs. Megemlítjük, hogy az osztrák ÖNORM 4710-1:2014 (tervezet) az N mellékletében leír egy Ausztriában kötelező vizsgálati módszert 40x40x160 mm-es beton hasábok ecetsavas károsodásának megállapítására egy etalon betonnal való összehasonlítás alapján.

Ipari eredetű agresszív vizeknek kitett betonra (szennyvízkezelők, biogáz tartályok, mezőgazdasági tároló és erjesztő silók, erőművek füstgázvezető hűtőtornyai stb.) az EN 206:2014 semmiféle támpontot nem ad.

A nemzeti szabványok esetenként kiegészítő előírásokat adnak. Az ÖNORM 4710-1:2014 egy úgynevezett HL-SW

(Hochleistungsbeton im Siedlungswasserbau) jelű, különleges tulajdonságú betont ír elő szennyvízkezelő építmények betonjára, az XA3 osztályban ($v/c \leq 0,34$; C40/50). A svájci SN EN 206-1/NE 2013 egy külön XAA (A=Abwasser, szennyvíz) betonosztályt ír elő. A német nemzeti előírás a DIN 1045-2:2014 (tervezet) az EN 206 XA osztályait kiterjeszti ipari agresszív környezet esetére is (lásd az ottani 1. táblázatot, benne szennyvíz- és trágyalétárolók, takarmány erjesztősilók, füstgázvezetésű hűtőtornyok, stb.), egyúttal az XA2 osztályban szigorít és C35/45-öt, illetve $v/c \leq 0,45$ -öt ír elő, az XA3-osztályban pedig másodlagos védelmet is. A DIN 11622 külön tárgyalja a vasbeton erjesztő silókat.

A hazai szabályozás ugyan meghagyta az EN 206 szerinti XA1-XA2-XA3 értelmezést a természetes vizekre/talajokra, de az ipari eredetű agresszív folyadékokra külön magyar XA4(H)-XA5(H)-XA6(H) osztályokat alkotott, egyúttal (osztrák mintára) különbséget tett az oldódást illetve duzzadást okozó betonkorrózió között (v.ö. MSZE 15612:2014: Előre gyártott beton csatornázási aknaelemek; Kausay, 2013).

A Duna-Dráva Cement Kft. az előírási hiányosságok miatt a Beton Technológiai Centrum Kft.-nél (BTC) és a Cementipari Kutató-fejlesztő Kft.-nél (Cemkut) összehangolt kísérletsorozatot rendelt meg a „savállóbb” kötőanyagok, betonok jobb megismerése céljából. A vizsgálati folyadék mindkét helyen pH=3,5 kémhatású, az általában leggyakrabban használt ecetsav volt (CH_3COOH).

2. A BETON SAVÁLLÓSÁGÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

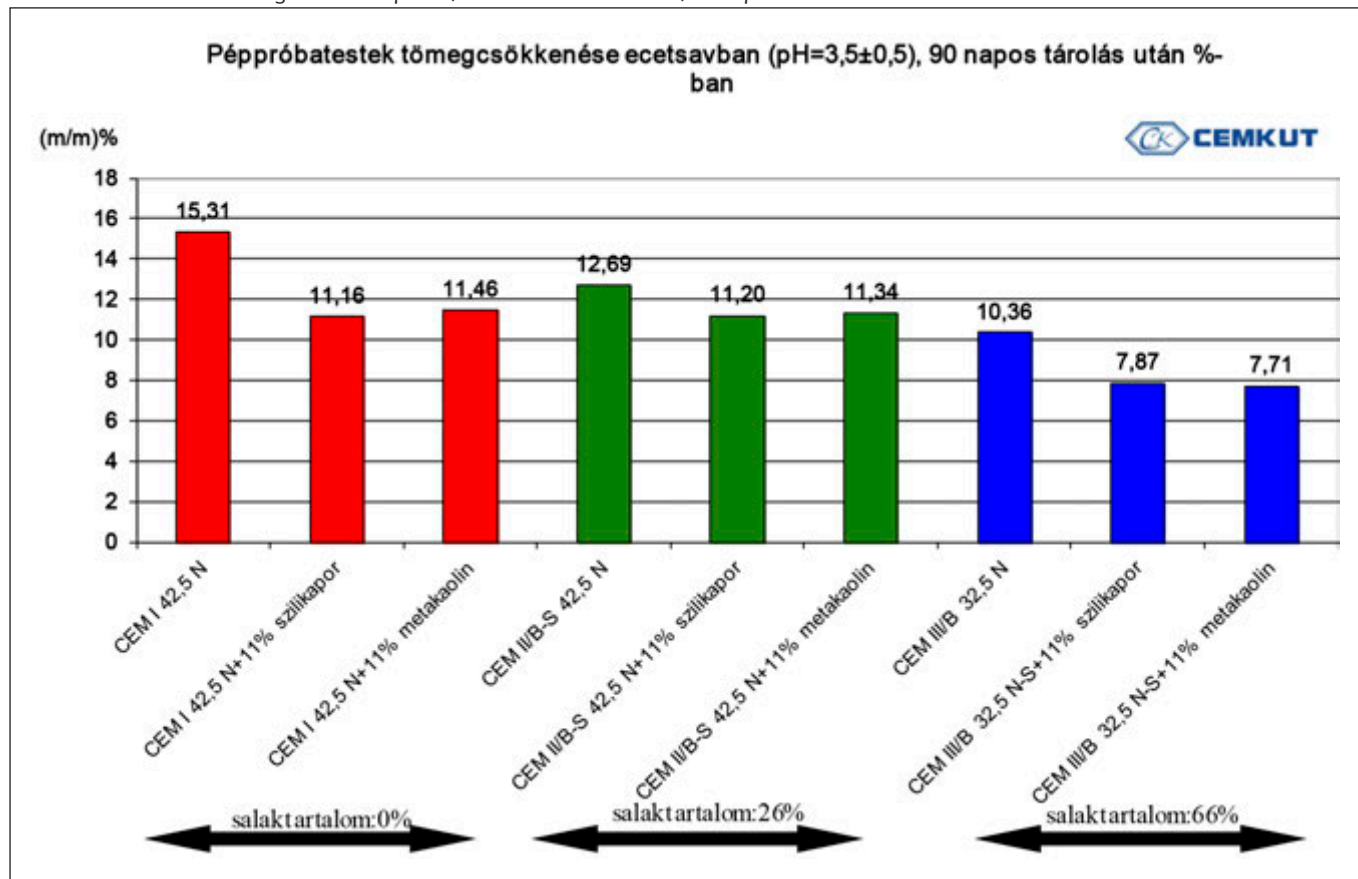
2.1 A kötőanyagok fajtái

A tiszta portlandcement betonja – a nagy $\text{Ca}(\text{OH})_2$ portlandit tartalom miatt – nem saválló, mert a portlandit oldódik, a keletkező C-S-H gélek kevésbé oldódnak. E gélek térfogat arányát hozzáadagolt vagy a cementben eleve meglévő, nagy SiO_2 tartalmú látens hidraulikus (granulált kohósalak) vagy puccolános hatású (savanyú pernye, trasz, szilikapor, stb.) anyagokkal növelni lehet. Az újabban alkalmazott metakaolin kiegészítő kb. 35-40% Al_2O_3 -t (alumínium-oxidot) tartalmaz és az ebből keletkező C-S-A-H gélek körülbelül ugyanannyira vagy jobban savállóak, mint pl. a szilikapossal kapható C-S-H gélek. Az 1. ábrán $(v/K)_{\text{ekv}}=0,4$ egyenértékű víz-cement tényezővel a Cemkut-ban készített péphengeren mért tömegvesztések oszlopdiaagramjai láthatók. Eszerint a növekvő kohósalaktartalmú cementek savállósága önmagában is növekszik (tömegvesztés: 15,3 → 12,7 → 10,4 m/m% a kohósalak-mentes, 26, illetve 66% kohósalak tartalmú cementek esetén).

A CEM III/B 32,5 N-S cement kedvező savállóságát, az egyébként szulfátálló CEM I 32,5 N-S cementhez képest a 2. ábra is igazolja.

A szilikapossal illetve metakaolinnal (11 m/m% cementre vonatkoztatva) készített változatok ugyanezekre a cementekre (CEM I 42,5 N és CEM II/B-S 42,5 N) még jobbak: a tömegvesztés egyaránt kb. 11,2 m/m%. Az egyébként is legkedvezőbb CEM III/B 32,5 N LH/SR esetében csak ~7,8 m/m% a tömegvesztés: ez kb. a fele a tiszta CEM I 42,5 N pép veszteségének. Az itt használt szilikapor (Centrilite Fume SX) és metakaolin (Metaver I) – az adott vizsgálati feltételekkel – egyenértékű volt. A hazai betonipar inkább az olcsóbb metakaolinokat választja.

1. ábra: Cementkövek tömegcsökkenése pH=3,5 kémhatású ecetsavban, 90 nap alatt

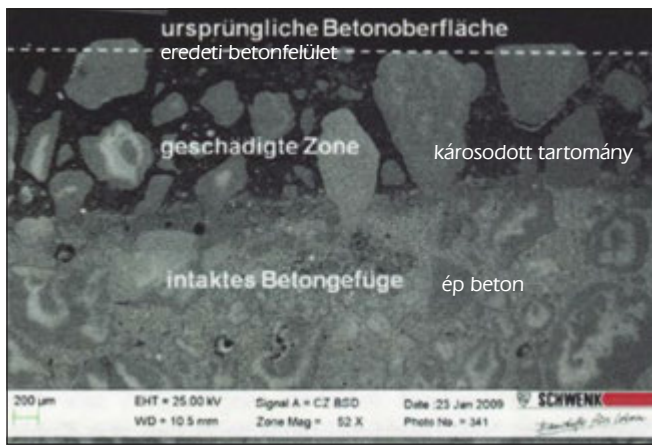


2/a ábra: 2005-ben CEM I 32,5 N-S cementtel készült takarmánytároló állapota 2010-ben (fényképezte: Kovács József DDC Kft.)



2/b ábra: 2005-ben CEM III/B 32,5 N-S cementtel készült takarmánytároló állapota 2010-ben (fényképezte: Kovács József DDC Kft.)

Németországban a szilikapor tartalmú kohósalakos CEM II/B-M (S-D) 52,5 N jelű kompozit cementeket sikeresen alkalmazták kénsvkorrózió esetén (König et al., 2010). A cement klinker és kohósalak részét külön örölték, hogy az eltérő keménységű anyagból a kívánt szemeloszlást kaphassák, majd utána a szilikapossal együtt nagy teljesítményű berendezésekben homogenizálták. Ehhez a 310 kg/m^3 cementhez még 50 kg/m^3 pernyét keverték a betonba és a $(v/c)_{\text{ekv}}=0,42-0,45$ -ös keverékből PCE alapú folyósító szerrel 90 N/mm^2 nyomószilárdságú (28d) betont kaptak (márkanéve: „DURACRETE®” Lichtmann, 2009). Ezeket a



3. ábra: Beton szövetszerkezetének elektronmikroszkópos felvétele (König et al., 2010)

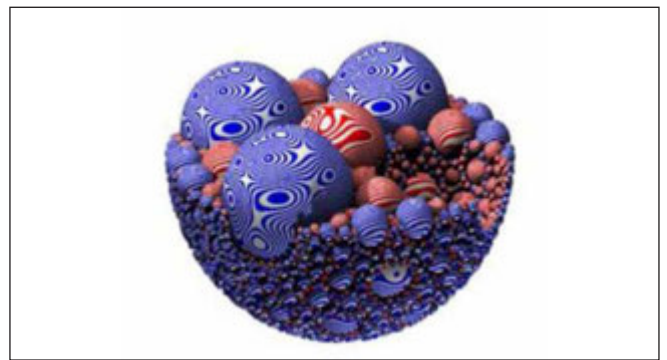
betonokon 12 heti, pH=2,5-ös kénsavban való áztatás után 5,5 m/m% tömegvesztéssel, a csiszolaton pedig 1,2 mm mély felületi veszteséget és 0,7 mm vastag savkárosodott (pH<10,5) átmeneti zónát mértek.

Ez utóbbit pásztázó elektronmikroszkóppal mérték. Jellegzetes felvétel a 3. ábrán látható.

A DURACRETE® kénsaválló beton kötőanyaga tehát 4-alkotós, 3 féle kiegészítő anyaggal, klinker+szilikapor+kohósalak (a cementben) és külön adagolt közénpernyével készül. A röntgendiffrakciós elemzés szerint a szulfátálló etalon portlandcementtel (CEM I 42,5 R-HS) –kiegészítők nélkül készített – beton kötőanyagán, illetve a sikeres DURACRETE® betonén az alábbi fázisokat mérték félkvantitatív módon – 1. táblázat (+=kevés, ++=közepes, +++=sok).

1. táblázat: Röntgendiffrakciós fáziselemzés (König et al., 2010, p.723)

	Etalon	DURACRETE®
Gipsz	++	+
Ettringit	++	+
Portlandit	+++	+
Calcit	+	-
C3S	+	-
C2AF	+	-



4. ábra: Idealizált szemcseméret-eloszlás (Hüttl - Hillemeier, 2000; Cemkut, 2011)

2.2 A kötőanyag és adalékanyag halmaz együttes szemeloszlása

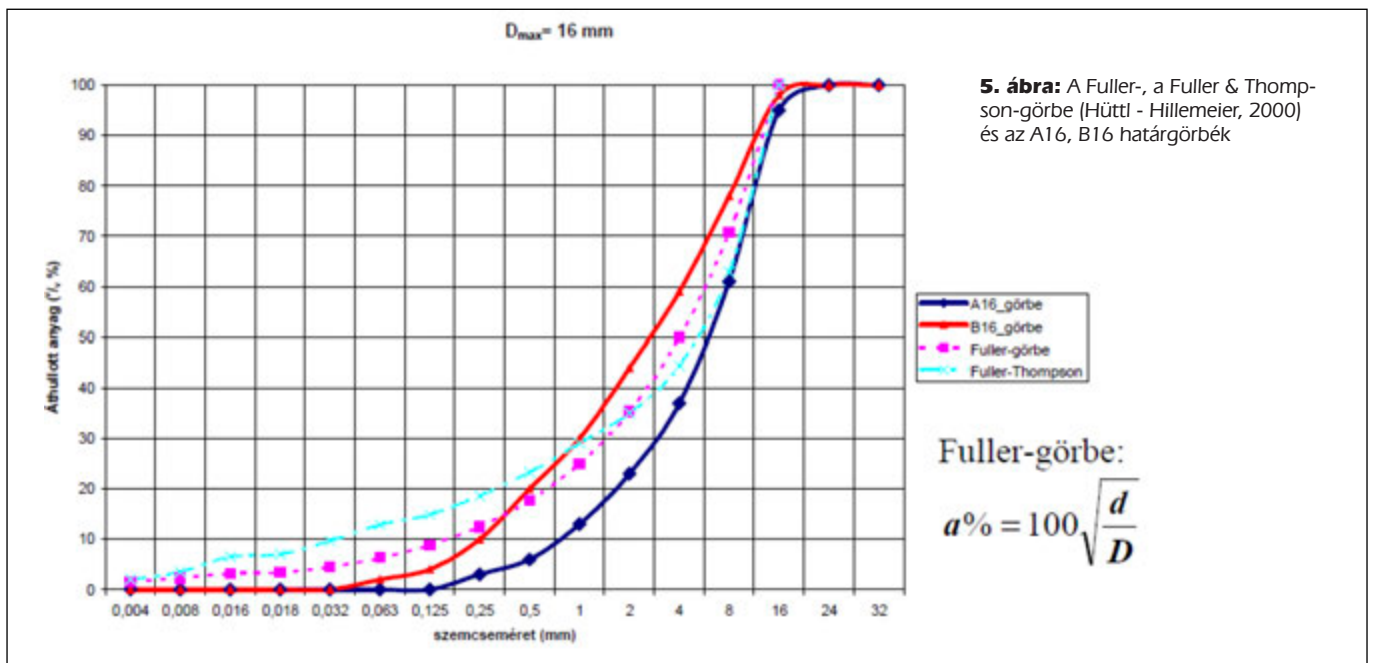
A folytonos, nyújtott szemeloszlás révén a legjobban „térkitöltő”, legkisebb hézagterfogató szemhalmazt kapjuk. A legkedvezőbb hézagterfogató egyúttal a legkisebb vízigényt is jelenti. A szemeloszlás geometriai (térkitöltési) követelményeit a Fuller & Thompson görbe adja: *ebbe beletartozik az adalékanyag legnagyobb szemnyagyságától (D) kezdve, az összes felező szemméretén végig, akár az 1 µm-ig lefele terjedően az előírt összes térfogat%, tehát a kötőanyagoké is.* Ilyen gömbhalmaz idealizált képe a 4. ábrán, a Fuller & Thompson (F&T) teljes szemeloszlás D=16 mm-re pedig az 5. ábrán látható.

Az 5. ábrán látható görbék alapadatait a 2. táblázatban gyűjtöttük össze.

Alkalmas szemeloszlású kötőanyagokból (cement+kiegészítők) és szűk adalékanyag frakciókból ilyen keverék összeállítható.

A Cemkut Kft. előkísérleteiben használt kötőanyagok szemnyagyság szerinti gyakorisági diagramjai a 6. ábrán láthatók. A Centrlit Fume SX 57000 cm²/g fajlagos felületű szilikapor, a Metaver nevű metakaolin 23000 cm²/g, és a Centrlit NC nevű metakaolin 17000 cm²/g fajlagos felületű. A metakaolinok szemmérete közel van a CEM III/B 32,5 N LH/SR jelű (az egyébként legkedvezőbb sav-és szulfátállóságú) cementéhez: az F&T görbe követése szempontjából a szilikapor szemmérete kedvezőbb lenne.

A geometriai (F&T) megfelelésen kívül van a kötőanyag



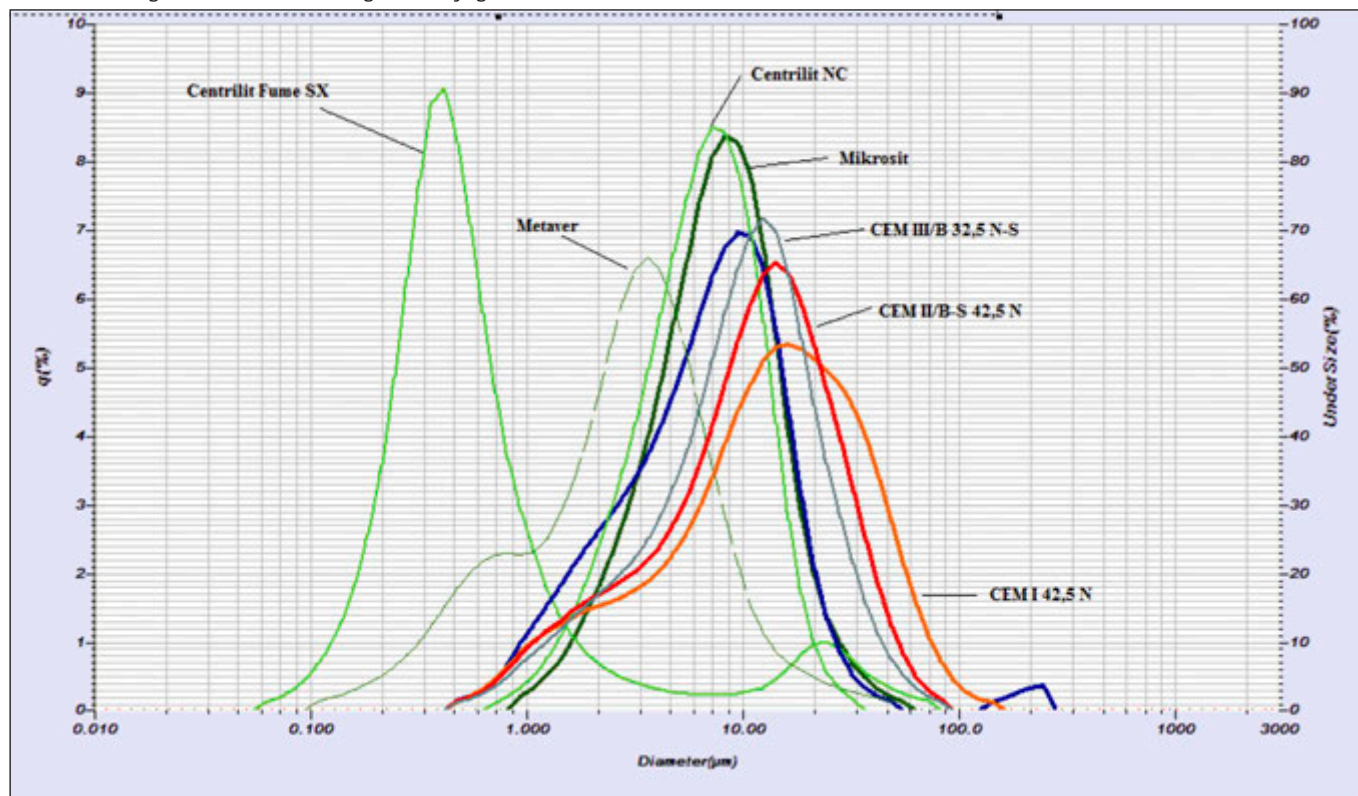
2. táblázat: Az F&T alapadatai és a szemeloszlási szabványos határgörbék D=16 mm esetén

d/D,F&T	F&T térf% ^o	Szita (mm)	A16	B16
1 /4096	2	0,004	0	0
1 /2048	3,5	0,008	0	0
1 /1024	6,5	0,016	0	0
1 /888	7	0,019	0	0
1 /512	9,69	0,032	0	0
1 /256	12,9	0,063	0	2
1 /128	14,9	0,125	0	4
1 /64	18,6	0,25	3	10
1 /32	23,3	0,5	6	20
1 /16	29,1	1	13	30
1 /8	35,1	2	23	44
1 /4	44,4	4	37	59
1 /2	62,9	8	61	78
1/1	100	16	95	98

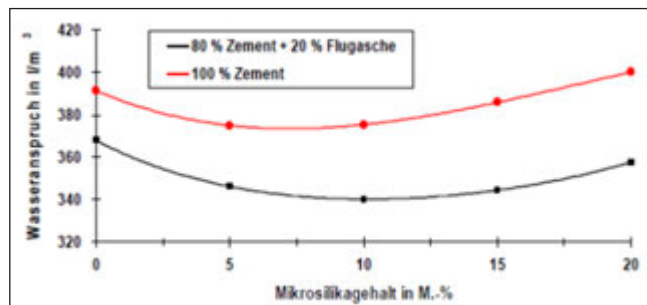
keveréknek a tényleges szemalakjuktól is függő vízigénye: ennek legkisebb értékét kísérlettel lehet meghatározni (7. ábra).

A 7. ábra szerinti 2-alkotós, cement+szilikapor keverék (felső vonal) alatt halad a 3-alkotós, [cement (80%) + pernye (20%)] + a hozzáadott változó mennyiségű szilikapor (alsó)vonala. Eszerint nem elegendő a kötőanyagok (cement+kiegészítők) szemeloszlásának geometriai megfelelése a Fuller & Thompson görbe szerint, hanem további „vízigény-finomításra” is szükség lehet. Ha a környezet kénsavas (füstgáz elvezető hűtőtornyok széntüzelésű erőművekhez, biogáz üzemű berendezések, egyes ipari szennyvizek), és ugyanakkor nagyobb és korábbi szilárdságra van szükség, akkor lehet szulfátálló (SR0) portlandcementet (42,5, illetve 52,5) használni, *de ehhez mindenképpen kell kiegészítő anyag, esetleg 2-3 féle is*, mert különben a beton nem lesz kénsaválló. Ezt szemlélteti a 8. ábra.

6. ábra: A vizsgálati cementek és a kiegészítő anyagok szemméret-eloszlása, Cemkut, 2013



7. ábra: A Puntke módszerrel kimutatható legtömörebb változat 10% szilikapor tartalmú (cement+pernye) keverékhez (Puntke, 2002)



Zement= cement, Flugasche=pernye, Mikrosilikagehalt= mikroszilika tartalom, Wasseranspruch=vízigény



8. ábra: Kénsavban áztatott próbatetek roncsolódása 75 napos tárolás után: alul egy tiszta szulfátálló portlandcementből készült, felül pedig cementet, pernyét és mikroszilikát is tartalmazó 10x40x160mm-es habarcslemez látható. (Hüttl - Hillemeier, 2000)

2.3 A KÖTŐANYAGOK TÉRFOGATA

A betonból kioldható térfogat gyakorlatilag csak a cementkő, a megszilárdult kötőanyagpép, mert a hazai homokos kavicsokat és a zúzott követ (a mészkő kivételével) *gyakorlatilag savállóknak* tekinthetjük. A $CaCO_3$, akár mint adalékanyag (pl. kiegészítőként használt mészkőliszt az öntömörödő betonban),

3. táblázat: A Ruhr-vidéken épített bevonat nélküli hűtőtornyok fontosabb adatai (Lohaus -Petersen - Griese, 2009)

Hűtőtorny	Niederaußem	Neurath	Boxberg	Datteln	Hamm
Építető	RWE		Vattenfall	EON	RWE
Kivitelező	Heitkamp	Weimer/Trachte und Alpine	Heitkamp	Wayss & Freytag und Schaffer Bauten	Wayss & Freytag
Építés kezdete	1999	2006	2007	2008	2008
cement típusa	CEM I 42,5 R-HS/NA	CEM I 42,5 R-HS/NA	CEM II/B-S 42,5 R-HS/NA	nincs adat	CEM I 42,5 R-HS/NA
cementtartalom [kg/m ³]	250	251	270	nincs adat	250
kiegészítőanyag	köszénpernye (SFA)+ szilikapor	köszénpernye (SFA)+ szilikapor	Köszénpernye+ igen finom pernye	nincs adat	köszénpernye (SFA)+ szilikapor
(V/C) _{ekv}	~0,40-tól 0,42-ig				

akár az L vagy LL jelű cementek mészköliszt tartalma *savoldható, tehát kerülendő*. Szennyvíz elvezető betoncsöveket mégis szoktak néha gyengén oldódó mészkő vagy dolomit adalékanyaggal készíteni, mert így a cementkő és az adalékanyag fogyasztása hasonló, a cső belső fala simább marad – kedvezőbb a mederérdességi-tényező –, míg csak az egész csőfal egy idő múlva „el nem fogy” (Woods, 1968)

A beton kötőanyag tartalma tehát a lehető legkisebb legyen. A Ruhr-vidéki erőművek füstgázt elvezető hűtőtornyainak beton receptúráiból is ez a törekvés látható (3. táblázat). A beszámítható kötőanyag, illetve a cementtartalom együtt sem éri el a DIN 1045-2:2014 szabvány tervezetben az XA3-ra előírt legalább 360 kg/m³ értéket. Ugyanez a helyzet a „saválló” betoncsövek esetében (Breit, 2002)

A széleskörű kutatási eredmények alapján a F&T görbe szerinti legtömörebb szemhalmazsal és a finomrészek további optimalizálásával így is elérhető az elegendő kötőanyag tartalom, - megjegyezve, hogy a 3. táblázat példái közül csak a boxbergi, 270 kg/m³ cementtartalmú beton volt jól szivattyúzható (Lyhs - Silbereisen, 2008). Az F&T görbe szerint kiadódó kötőanyag (pl. 63 µm alatti) szemek mennyiségét tehát adott esetben felül kell bíráltni.

2.4 A kiinduló betonra vonatkozó egyéb követelmények

A szokásos betonösszetelési és szilárdsági követelményeken túl a savállósági vizsgálatokkal párhuzamosan a szakintézetek el szokták elvégezni a *kloridbehatolási diffúziós tényező* (D, m²/s), a *porozitás*, esetleg a *pórusméret eloszlás* vizsgálatát. Célszerű a *vízfelvétel* és a *vizzáróság* meghatározása is. Ha egy beton nem vizzáró, akkor saválló sem lehet: a vizzáróság a savállóságnak szükséges, de nem elégséges feltétele.

3. A SAV OKOZTA KÁROSODÁS NÉHÁNY LEHETSÉGES MÉRŐSZÁMA

1. A *tömegcsökkenés* a leggyakoribb, jól mérhető, ellenőrizhető és az m/m%-t(idő) diagramból a lassulás vagy gyorsulás is megítélhető.
2. A *viszonyított (relatív:R) E_{din} dinamikai rugalmassági modulus* változásainak nyomon követése ultrahang terjedési sebességek, illetve önrezgésszám változások alapján, - kipróbálva a fagyhatás okozta belső szerkezetváltozás (internal damage) mérésére vonatkozó MSZ CEN/TR 15177:2009 szerinti módszereket a savhatásra is.
3. A sav okozta *külső réteg változása, kéreg keletkezése* (méret, szövetszerkezet mikroszkópos elemzéssel, pl. a 3. ábra szerint) illetve a fenolftalein reakcióval kimutatható „ép mag” méretei.

4. A vizsgálat végén mérhető *hajlító erők és szilárdságok, illetve nyomószilárdságok összehasonlítása* az etalon (vízben tárolt) beton próbatestek adataival. A hajlító erők közül visszaszámolható a kezdeti „ép” keresztmetszet csökkenése. (ÖNORM 4710-1:2014 Beton, tervezet. N melléklet).

5. Célszerű a *maradó lúgosságot* (rest alkalinity) is meghatározni, tisztázandó, hogy a savanyú kiegészítők miatt nem csökkent-e a vasbetétek védettsége. Mérőszáma: Ca(OH)₂ g/100 g kötőanyag, követelmény $\geq 2,5$ m/m% (Berlin Brandenburg MPA) illetve 91 napos korban $\geq 3\%$ (Lyhs - Silbereisen, 2008) vagy maradó pH $\geq 12,5$ lúgosság, amely még 20% szilikaporról is teljesül (Neville, 1995)

4. A FULLER&THOMPSON-GÖRBE SZERINT ÖSSZEÁLLÍTOTT BETON SAVÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATA (CEMKUT)

4.1 Betonösszetétel és szabványos szilárdság

A Cemkut D=16 mm-es F&T görbe teljes szemeloszlása szerinti betonjának receptúrája (4. táblázat) is kis kötőanyag tartalmú. A pontos szemeloszláshoz az adalékanyagot a 4. táblázat szerinti frakciókra szitáltuk szét, és azokból állítottuk össze. Ez a gyakorlatban nyilván nem lehetséges.

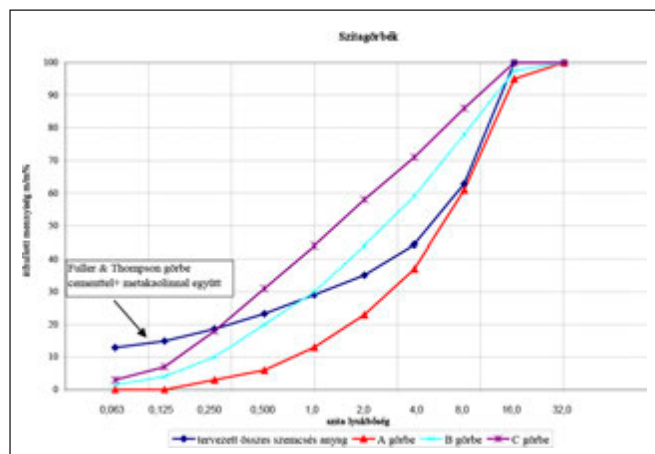
Az összes kötőanyag (CEM III/B 32,5 N-LH/SR + metakaolin) K=311,2 kg/m³ (=105,2 l/m³), a kötőanyagpép térfogata levegő nélkül 227,2 l/m³. Az adalékanyag összes tömege a=1980,8 kg/m³; az adalékanyag/kötőanyag arány a/K=6,36, tehát a beton aránylag kis kötőanyag tartalmú, és v/K=0,39 volt. Az F&T szemeloszlás 63 µm fölötti része a 9. ábrán látható, a szabványos határgörbékkel együtt. Üzemi gyakorlatban tehát **D=16 mm esetén** elegendő az A görbe közeli szemeloszlás és az F&T szerinti kötőanyag tartalom alkalmazása. Nagyobb D esetén (22,4 mm; 32 mm) az F&T-görbe túl kevés 63 µm alatti szemcsét ír elő, ezért ilyenkor a bedolgozhatósághoz előírt konzisztencia eléréséhez szükséges lisztfinom 0,125 mm alatti, illetve 0,25 mm alatti finom szemek mennyisége, benne a kötőanyag **tartalom** próbakeveréssel határozandó meg. A *kötőanyag fajtajára* nézve (cementfajta, kiegészítők) a 2.1 pont követendő.

Ha a F&T görbe 63 µm-hez tartozó kb. 13%-os pontjához (ennyi a kötőanyag) igazítjuk az „A16”, „B16”, és „C16” határgörbét, akkor látható, hogy az F&T az A16-hoz közel, 2 mm-ig kissé fölötte halad (10. ábra).

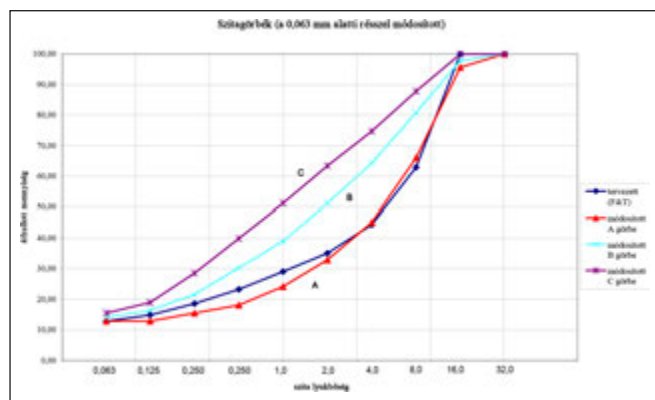
A 28 napig vízben tárolt 4 darab 150x150x150 mm-es próbakocka szilárdsága rendre 53,7-53,0-53,3-54,1 N/mm², átlaga: 53,5 N/mm². 5 N/mm² szórás feltételezve és 1,645-ös Student tényezőt alkalmazva a küszöbszilárdság, azaz

4. táblázat: A F&T görbe szerinti betonkeverék összetétele (Cemkut 37/2014)

1 m ³ beton összetétele	frakciók	tömeg [kg]	térfogat [l]	
	Cement	< 90 μm	282,32	94,11
	Metakaolin	< 63 μm	28,89	11,12
	Adalékanyag	< 0,063 mm	16,54	6,26
		0,063/0,125	42,19	15,98
		0,125/0,25	83,57	31,65
		0,25/0,5	106,15	40,21
		0,5/1	131,00	49,62
		1/2	135,51	51,33
		2/4	209,13	79,22
4/8	418,75	158,62		
8/16	837,93	317,40		
Víz	-	122,00	122,00	
Levegő (2 tf%)	-	-	20,00	
Adalékyszer	-	2,49	2,49	
Tömeg:	-	2416,45	-	
Térfogat:	-	-	1000,00	



9. ábra: F&T beton szemeloszlása, D=16 mm



10. ábra: „A16”, „B16”, és „C16” határgörbékhöz igazított F&T görbe

karakterisztikus érték $f_{ck} = 53,5 - 8,2 \text{ N/mm}^2 = 45,3 \text{ N/mm}^2$. Az F&T beton tehát C35/45 szilárdsági osztályú, ami megfelel az XA3 környezeti osztálynak.

Az 56 napos (28 napig vízben tárolt) korban a próbakockák átlageredménye 57 N/mm^2 . Számottevő utószilárdulás vélhetően azért nincs, mert a kohósalakos kötőanyag a 28 napos vízben tárolás alatt gyakorlatilag teljesen hidratálódott.

4.2 Savállósági vizsgálat és a hozzátartozó mechanikai vizsgálati eredmények

Az F&T görbe szerinti szemeloszlású és a 4. táblázat szerinti összetételű betonnól készített 70x70x250 mm-es próbahasábokat 28 napos vízben tárolás után $T=30^\circ\text{C}$ -on kiszárítottuk, hogy azután a savfelvétele a lehető legnagyobb legyen. Telítés után a próbatesteket 569 napig, a vizsgálat végéig $T=20\pm 2^\circ\text{C}$ hőmérsékleten vízben ill. $\text{pH}=3,5$ kémhatású ecetsavban tároltuk, a savat a szükséges időközönként lecseréltük. A folyamatos tömegmérésekből számított veszteségek diagramja a 11. ábrán látható, jellegében lassuló.

A vizsgálat ideje alatt a savban ázó próbatesteket nem dörzsöltük le, a vizsgálat végén kb. 1 m/m% laza anyagot lehetett ledörzsölni. Ezt a veszteséget a diagramban nem tüntettük föl.

A „V” vízben tárolt, ill. „S” savban tárolt 3-3 próbatest mechanikai vizsgálati eredményei az 5. táblázatban találhatók.

A 75%-nyi maradó nyomószilárdság megfelel az MSZ 4719:1982 (visszavont) szabványban a fagyállóságra adott határértéknek. A mért 569 napos 3,5%-os tömegvesztés a ledörzsölt +1%-kal együtt a fenti szabványban megengedett 5%-os tömegesökkenéshez közel van.

A hajlítás utáni törési keresztmetszet fenolftaleinnel kezelt törésképe a 12. ábrán látható. Eszerint egy 5-7 mm vastag fehér színű kéregben nem mutatható ki portlandit, a belső mag épnek tekinthető. Joggal feltételezhető (Nischer, 1995), hogy a nem teherbíró kérgen belüli ép magnak (sötétszürke) ugyanaz a szilárdsága, mint a savnak ki nem tett etalon próbatesteké.

A savban áztatott próbatestek tönkrement kérgének vastagsága- makroszkópos és mikroszkópos méréseken kívül- tehát közvetve is meghatározható és ez az eredmény pontosabb lehet, mint a makroszkópos mérés. A savazott próbatesteknek „a_s” ismeretlen oldalméretű ép magja és a nyomatékok, illetve hajlító húzó feszültségek közti összefüggés az alábbi:

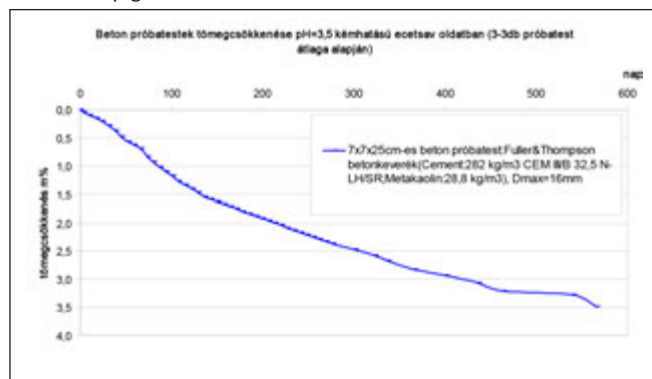
$$\sigma_v = \frac{M_v \times 6}{70 \times 70^2} = \frac{M_s \times 6}{a_s^3} \quad \text{és ebből:} \quad a_s = 70 \sqrt[3]{\frac{F_s}{F_v}}$$

ahol σ_v a vízben tárolt hasábok hajlító-húzószilárdsága, M_v illetve M_s a vízben, illetve savban tárolt 70x70x250 mm-es próbahasábokon mért hajlító nyomaték, és

$$\frac{M_s}{M_v} = \frac{F_s}{F_v} \quad \text{a törőerők aránya. A kéreg nem teherhordó}$$

átlagos vastagsága tehát: $b=(70-a_s)*0,5$. A „b” adatok (5,5-8 mm) szintén az 5. táblázatban találhatók.

11. ábra: Fuller & Thompson betonkeverék tömegcsökkenése ecetsavban 569 napig



5. táblázat: F&T betonkeverék mechanikai vizsgálati eredményei.

		testsűrűség átlag [kg/m ³]	hajlítóerő [kN]	hajlítóerő átlag [kN]	σ hajl. [N/mm ²]	ép "a" mag [mm]	roncsolt "b" kéreg [mm]	nyomóerő [kN]		nyomószilárdság [MPa]
Ecetsavban	S I-1	2286	4,53	4,1 (55%)	4,32	59,0	5,5	199	196	40 (75%)
	S I-2		4,245		4,08	60,5	4,8	199	198	
	S I-3		3,609		3,38	54,3	7,9	186	192	
Vízben	V II-1	2337	7,876	7,5 (100%)	6,95	-	-	210	264	53 (100%)
	V II-2		6,814		6,04	-	-	280	176*	
	V II-3		7,942		7,11	-	-	278	267	



12. ábra: Az F&T beton fenolftaleines vizsgálata



13. ábra: 70x70x250 mm-es próbatesszt önrengésszámának mérése. ÉMI

4.3 Roncsolás mentes vizsgálati eredmények

A BME Építőanyagok és Magasépítési Tanszék laboratóriumában – a mechanikai vizsgálatok előtt – megmérték a kiszáritott etalon vízben (V) ill. savban (S) tárolt próbatesszten az *ultrahang terjedési sebességét*. Az adatok és az ebből számítható RDM_{upt} (%) relatív dinamikai rugalmassági modulus a 6. táblázatban található.

A kapott ~ 84%-os relatív dinamikai modulus jóval nagyobb, mint a fagyállósági határra előírt 75%-os határérték (BAW Merckblatt.2012). Az ultrahang tehát a savnak kitett keresztmetszet romlását kisebb mértékűnek ítéli meg, mint amennyi a nyomószilárdságból számítható (75%, 5. táblázat). Ennek oka az lehet, hogy a sav nem okoz „belső szerkezeti károsodást” (internal damage).

Az *önrengésszám változásán alapuló* mérést az ÉMI Nonprofit Zrt. Anyagvizsgáló Laboratóriumában végezték (Molnár Tamás okleveles betontechnológus szakmérnök, ÉMI szakértő, Boros Dániel vizsgáló technikus). Az ottani készülékben (13. ábra) a próbahasábot kéttámaszú tartóként lehet elhelyezni és csekély átalakítással lehet pontosan az MSZ CEN/TR 15177:2009 szabvány szerinti módon, lágy aljzaton végigfektetve vizsgálni. Ezt az egyetlen ilyen hazai

6. táblázat: Fuller & Thompson-féle betonkeverék ultrahangvizsgálata (Az ultrahangos mérést végezte: dr. Salem George Nehme egyetemi docens, laboratóriumvezető)

Ultrahangvizsgálat 70x70x250mm-es kiszáritott próbatesszten						
	próbatesszt	t átlag	km/s	átlag [km/s]	négyzete	RDM _{upt} [%]
vízben	SI-1	51,83	4,82	4,81	23,14	83,85 $\frac{v_s^2}{v_v^2}$ (%)
	SI-2	52,17	4,79			
	SI-3	51,90	4,82			
savban	VII-1	56,13	4,45	4,41	19,41	
	VII-2	55,13	4,53			
	VII-3	59,13	4,23			

készülékert érdemes úgy átalakítani, hogy az MSZ CEN/TR 15177:2009 szabvány szerinti mérésre is alkalmas legyen, és ezzel a tönkremenetel folyamatát (fagy, szulfát, sav stb. hatása) roncsolás mentesen követni lehessen.

4.4 Kiegészítő vizsgálatok

Vízjáróság. A 28 napig vízben, utána laboratóriumi légtérben tárolt próbatesszten MSZ 12390-8:2011 szabvány szerint vizsgált (72±2 óra, 5 bar) próbatesszten 18mm-10mm-8mm behatolást mértünk. Ez megfelelt az MSZ 4798:2015 (tervezet) szabvány szerinti XV3(H) osztályban előírt ≤ 20 mm-nek. (A vizsgálatig, tehát végig vízben tárolt próbatesszten az eredmények kedvezőbbek lennének).

Fokozatos víztelítés. A fokozatos víztelítés az MSZ EN 4715-3:1972 szabvány szerint mérve 4 próbatesszten átlagosan 0,96 m%-ra adódott. A térfogatós vízfelvétel a beton testsűrűségével számolva $2,4 \frac{kg}{dm^3} * 0,96 m\% = 2,3$ térfogat%, amely igen kedvezően kis érték.

Kloridpenetrációs vizsgálat. Az ASTM C1012 szerinti, a Cemkut-nál működő berendezéssel a szabványos 6 óra alatt a 3 próbatesszten az alábbi töltésmennyiség hatolt át egyenként: 113, 126 illetve 152 Coulomb. A szabvány a 100 alatti töltésáthatolást „elhanyagolható”, a 100-1000 közöttit „nagyon kicsinek” nevezi. A Cemkut mérések szerint tehát a kérdéses F&T beton klorid penetrációja az „elhanyagolható” és a „nagyon kicsi” határvonalához közel van: ezzel a savállóság egy közvetett feltétele teljesül.

Feltételezhető, hogy a másféle elv alapján mérhető diffúziós együttható megfelelne a $D = 1 * 10^{-12} m^2/s$ határértéknek (Lyhs, - Silbereisen, 2008). A ~60 m/m% kohósalak tartalmú cementek esetében 0,5 és $1,0 * 10^{-12} m^2/s$ közötti diffúziós tényező várható (Müller, - Wiens, 2014). Megemlítjük, hogy a Tang és Nilsson (1992) javaslatának



14. ábra: Vízben (elől) és ecetsavban (hátsul) tárolt beton próbatest nedvesedése

megfelelő gyorsvizsgálati klorid migrációs készülék a BME Építőanyag és Magasépítés Tanszéken működik.

A savban ázott próbatest kérgének vizsgálata

A 12. ábrán látható 5-8 mm vastag kéreg szemmel láthatóan porózus, éles szerszámmal könnyen kaparható volt.

7. táblázat: Kiegészítő anyag nélküli üzemi cementekkel készített betonok tömegcsökkenési adatai, 160 napos ecetsavas tárolás után (vizsgálat kezdete: 190 napos korban)

Cementfajta	Tömegcsökkenés		Savállóság javulás [%]**
	[m/m%]	Viszonyított [%]*	
CEM I 42,5 N, ks=0-5%	4,82	100	0
CEM II/ B-S 42,5 N, ks=26%	3,45	71	29
CEM III/B 32,5 N-LH/SR, ks=67%	2,62	54	46

ks= kohósalak tartalom a gyártó szerint, *= CEM I 42,5 N-es cementből, kiegészítő anyag nélküli készített beton próbatestekhez képest, **=A savállóság javulása a CEM I 42,5 N-es cementből készített beton próbatestekhez képest, a tömegcsökkenések alapján.

8. táblázat: Három-féle kiegészítő anyaggal készített betonok $\Delta m\%$ tömegcsökkenési és javulási adatai, 160 napos ecetsavas tárolás után (vizsgálat kezdete: 190 napos kortól)

Cementfajta	Változások	Centrilit NC (metakaolin)	HM 20-044	HDT	Legjobb kiegészítők
CEM I 42,5 N	$\Delta m\%$	2,58	3,83	3,11	I. Centrilit NC II. HDT III. HM 20-044
	relatív $\Delta m\%*$	53	79	64	
	1Javulás%***	47	21	36	
	2Javulás%***	47	21	36	
CEM II/B-S 42,5 N	$\Delta m\%$	2,39	3,07	2,78	I. Centrilit NC II. HDT III. HM 20-044
	relatív $\Delta m\%*$	69	89	80	
	1Javulás%***	31	11	20	
	2Javulás%***	50	36	42	
CEM III/B 32,5 N-LH/SR	$\Delta m\%$	2,15	2,14	2,18	Mindhárom azonos hatású
	relatív $\Delta m\%*$	82	82	83	
	1Javulás%***	18	18	17	
	2Javulás%***	55	56	55	

*=Tömegcsökkenés változás a kiegészítő anyag nélküli (7. táblázat) cementekből készített beton próbatestekhez képest, **= Az ugyanezzel a cementtel készített, kiegészítő anyag nélküli betonhoz képest, ***= CEM I 42,5 N-es cementből, kiegészítő anyag nélküli készített betonhoz képest

Ennek igazolására szolgál a 14. ábra, az etalon vízben tárolt próbatesten nem terül szét, nem tűnik el a vízlencse, a savazott próbatest kérgébe viszont akadály nélkül beszívódik.

5. BTC VIZSGÁLATOK ÉS EREDMÉNYEK

5.1 Vizsgálati körülmények

A BTC laboratóriumok az előre egyeztetett CEM I 42,5 N, CEM II/B-S 42,5 N és CEM III/B 32,5 N-LH/SR cementtel, AB16 középgörbájű, 3 frakcióból kevert adalékanyaggal, mindig $v/c=0,4$ -gyel (metakaolin esetén $[v/c]_{ekv}=0,4$ -gyel) készített 48-54 cm területű, tehát szivattyúzható betonokból 70x70x250 mm-es hasábokat vizsgáltak. Az összetételek

- Etalon: 385 kg/m³ cement
- 340 kg/m³ cement +40 kg/m³, azaz 11,8 m/m% Centrilit NC (metakaolin),
- 385 kg/m³ cement +3 kg/m³, azaz 0,8 m/m% HM20-044 (por alakú kiegészítő),
- 385 kg/m³ cement + 7,7 kg/m³, azaz 2 m/m% HDT (por alakú folyósító hatású kiegészítő)

A pH=3,0-3,5 ecetsavas vizsgálatokat 190 napos (28 napig vízben tárolt) próbatestekkel végezték 160 napon át. A végső tömegcsökkenések és a belőlük számítható „javulási%”-okat az 7. és 8. táblázatban állítottuk össze. E két táblázatban Szegőné Kertész Éva tömegcsökkenési adatait elemeztük tovább (Szegőné, 2015). További adatokat közvetlenül a szerzőtől kaptunk.

A szürkével kiemelt eredmények a legjobb(ak). A CEM III/B 32,5 N-LH/SR + kiegészítő anyaggal itt kapott javulás hasonló a tiszta cementpépeken (lásd 2. ábra) mért javuláshoz, metakaolin és szilikapor esetén.

6. A BTC KÍSÉRLETEIBŐL LEVONHATÓ KÖVETKEZTETÉSEK

A BTC vizsgáló laboratórium eredményeit tovább elemezve megállapítható, hogy:

1. Ha CEM I 42,5 N helyett névlegesen 21-35% (itt ténylegesen 26%) granulált kohósalak tartalmú CEM II/B-S 42,5 N cementet használunk, akkor az (ecet)sav állóság 30%-kal javul, CEM III/B 32,5 N cement alkalmazása esetén (névlegesen 36-80 %, itt ténylegesen 67% granulált kohósalaktartalom) pedig 46%-kal.
2. Ha szilárdulási okokból a tiszta CEM I 42,5 N-es cementet használjuk, akkor:
 - metakaolin (Centrilit NC) alkalmazásával 47%-os,
 - HDT univerzális adalékszer esetén 36%-os javulás,
 - HM 20-044 adalékszer esetén pedig 21%-os javulás várható.
3. A kohósalakos (CEM II, CEM III) cementek még javíthatók kiegészítő anyaggal saját magukhoz képest is:
 - a CEM II /B-S 42,5 N cement akár 31%-kal is javítható (Centrilit NC),
 - a CEM III/B 32,5 N cement esetén 17-18%-os javulást mért a BTC Kft, közel azonosat mindhárom kiegészítő anyagra.
4. Az eleve jobb savállóságú (ún. kohósalakos) cementek a kiegészítővel kevésbé javíthatók (20-35%-kal), mint a CEM I 42,5 N cement (lásd fenti 2. pont).
5. *A legjobb savállóságot a CEM I 42,5 N cementhez képest a CEM III/B 32,5 N-es cementtel és kiegészítő anyaggal érhetjük el: az itt vizsgált 3-féle kiegészítő e cementtel gyakorlatilag azonos hatású, kb. 55-56% a javulás.*
6. A HDT előnyeként megemlítik, hogy folyósító hatása miatt e mellé nem kell külön folyósító szert alkalmazni. Silófalak javításhoz is sikeresen alkalmazták (BTC).
7. Ha kénsav okozza a korróziót (H_2^+ és SO_4^{2-}), akkor a *szulfátduzzadás megakadályozására* is célszerű CEM III/B típusú cementet és kiegészítő anyagot alkalmazni. A CEM III/B típusú cementeken a megállapodásos 28 napnál hosszabb vizsgálati idő után sokkal kisebb duzzadás mérhető, mint a C_3A mentes CEM I típusú szulfátálló (SR0) cementeken (Gável, 2004).

7. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A beton savállósága – hazai viszonyok közt – javítható (azaz a tömegcsökkenés felére, vagy az alá is leszorítható) az alábbi feltételek teljesítésével.

1. Az adalékanyag szemmegoszlása az „A” görbe közeli, 2 mm-ig a görbe fölötti legyen
2. A kötőanyag tartalom (cement+kiegészítők) a lehető legkisebb (l/m^3 és kg/m^3) mennyiségére kell törekedni
3. Tiszta portlandcementek (CEM I) helyett – akár szulfátálló, akár nem – a heterogén portlandcementek (CEM II) illetve kohósalakcementek (CEM III) használata javasolt
4. Legalább egy (pl. metakaolin vagy szilikapor), de inkább két olyan kiegészítő anyag alkalmazása javasolt, amelyeknek szemeloszlása nyújtott (nem „egyszemcsés”) és a cement szemeloszlásával együtt legkisebb vízigényű folytonos szemhalmazt képezhetők (F&T szemeloszlás).
5. A lisztfinom (125 μm alatti) szemek mennyisége az MSZ 4798:2015 (tervezet) szerinti 400 kg/m^3 -nél ne legyen több, de ne is hiányozzék a cement szemmérete fölötti 63-125 μm , sem pedig a 125-250 μm frakció. Ezt a finom frakciót nem szabad savoldható mészkölsziliszttal pótolni.

6. Mészkölsziliszttartalmú L vagy LL jelű cementet savállónak tervezett betonban nem szabad alkalmazni.
7. A v/c illetve $(v/c)_{ekv} \leq 0,40-0,42$ (esetleg 0,45) legyen. A bedolgozhatóságot a kötőanyaghoz igazított, általában PCE (poli-karboxilát-éter) alapú folyósítóval kell elérni.
8. A kohósalak, illetve kiegészítő anyagos cementek „lassúak”: hosszú nedves utókezelés kell. Minél idősebb korban éri a betont a savhatás, annál savállóbbnak bizonyul.

8. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A szerzők ezúton is megköszönik az itt felsorolt kollégák segítségét:

Dr. Gável Viktória (kutató mérnök – Cemkut Kft.) és Szabó Krisztián (ellenőrző mérnök – Cemkut Kft.) a kötőanyagok lézergranulometriás szemeloszlása és a F&T görbéhez igazodó frakciókeverékek kiszámítása terén; dr. Nehme George Salem (egyetemi docens, laboratórium vezető – BME Építőanyag és Magasépítési Tanszék), valamint Molnár Tamás (betontechnológus szakmérnök, szakértő – ÉMI Nonprofit Zrt.) és Boros Dánielnek (vizsgáló technikus – ÉMI Nonprofit Zrt.) a roncsolásmentes betonvizsgálatok terén; Spráncz Ferencnek (okl. építőmérnök, okl. betontechnológus – Dolomit Kőbányászati Kft.) a Metaver I nevű metakaolin részletes adatainak és anyagmintájának megküldéséért; dr. Walter Knaute-nek (mérnökgazgató – Saxotest Ing. GmbH, Drezda) a mezőgazdasági takarmánysilókhöz küldött háttér információiért; valamint a Duna-Dráva Cement Kft-nek, hogy cementjeikkel hozzájárultak a kutatómunkánkhoz.

9. HIVATKOZÁSOK

- BAW Merkblatt Frostprüfung MFB. 2012. p 17.
Berlin-Brandenburg 2011. július 10./3360/04y. *MPA tanulmány*
Biczók I (1972), „Concrete corrosion, concrete protection”, *Akadémia Kiadó* 1972, pp. 158-163.
Breit, W (2002), „Säurewiderstand von Beton. Acid resistance of concrete”, *beton*, 10. szám. 2002, pp. 505-510.
Cemkut (2011, 2013), „Saválló beton készítéséhez alkalmazandó cementtípusok fejlesztése”, Némethné, Takács E.- Gál A., Erdélyi A. CK-37 kutatási jelentés
Gável V. (2004), „A CEM III-jelű kohósalakcementek szulfátállósága”, *XXI Cementipari Konferencia Kiadvány*, Club Tihany. 2004. október 18-20.
Hüttl, R., Hillemeier, B. (2000), „Hochleistungsbeton - Beispiel Säureresistenz”, *Betonwerk + Fertigteile-technik*. 2000/1, pp. 52-60.
Kausay T. (2013), „BETON. A betonszabvány néhány fejezetének értelmezése”, *Mérnöki Kamara Nonprofit Zrt.* 2013. ISBN 978-963-88358-4-0.
König, A., Rasch, S., Neumann, T., Dehn, F. (2010), „Betone für biogenen Säureangriff im Landwirtschaftsbau”, *Beton- und Stahlbetonbau*, 2010/11.
Lichtmann, M., (2009), „Säurewiderstandsfähige Betone”, Evonik Industries, Vortrag auf der 17. *Internationalen Baustofftagung*, Weimar, 2009. www.ibausil.de
Lohaus, L., Petersen, L., Griese, R. (2009), „Beton mit hohem Säurewiderstand für den Kühlturbau- eine Zwischenbilanz”, *Beton*, 2009/9, pp. 370-379.
Lyhs, P., Silbereisen, R. (2008), „Entwicklung und Anwendung von Beton mit hohem Säurewiderstand”, *CEMEX Deutschland AG 2008*
Müller, H., Wiens, U. (2014), „Beton”, *Betonkalender* 2014. 2. kötet. p. 94.
Neville, A.M. (1995), „Properties of concrete”, Longman group Ltd., 1995, p. 674.
Nischer, P. (1995), „Hochleistungsbeton (HL) für den Strassen-und Brückenbau”, 3. fejezet *Strassenforschung* 441. Bécs 1995. ISSN 0379-1491.
Puntke, W. (2002), „Wasseranspruch von feinen Kornhaufwerken” *Beton*, 2002/5. szám. pp. 242-248.
Szegőné K. É. (2015), „Savkorrózió fokozottan ellenálló betonok”, *BETON* szakmai lap. 2015. március/április. pp. 18-20.
Tang, L., Nilsson, L.O. (1992), „Chloride diffusivity in high strength concrete”, *Nordic Concrete Research*. 1992. pp.162-170.
Woods, H. (1968), „Durability of concrete constructions”, *ACI Monograph* No.4, 1968. p. 140.

Dr. Erdélyi Attila (1933) okl. mérnök (1956), ny. egyetemi docens, a műszaki tudomány kandidátusa. Kivitelező a Máv Hídépítő Vállalatnál 1961-ig, majd tervező a Víziterv-nél 1963-ig. Tanársegéd, majd 1965-től adjunktus dr. Palotás László professzor mellett a BME Építőanyagok Tanszéken. 1973-ban egyetemi doktor, 1984-ben a műszaki tudomány kandidátusa, 1985-től egyetemi docens, 1991-től 1995-ig tanszékvezető. A FIP, majd fib Acélbizottságának magyar tagja, az ÉTE Előregyártási és SZTE Betonszakosztályának vezetőségi tagja. 2003-ban Palotás-díjat kapott. Szakterületei: feszítő acélok relaxációja, feszítési veszteségek, adalékszerek, különleges út-, híd-, vízépítési-, nagyszilárdságú-, tömeg- és gyorsbetonok, acélszálás betonok, nagyműtárgyak betontechnológiusa. Hazai és európai szabványosítás. Szakmérnöki, továbbképző, doktorandusz és angol nyelvű oktatás a fenti tárgykörökben.

Kovács József (1957.) Nyárádrtó, Románia, okl. vegyészmérnök (1984 VVE), okl. betontechnológus (2002 BME). Labor – MEO vezető (1984-1994), területi képviselő, tanácsadó (1994-2000) BÉCEM Rt, alkalmazástechnikai tanácsadó (2000-2018) DDC Kft, ügyvezető (2007-2016) Beton Technológia Centrum Kft.

Gál Attila (1984. Budapest) okl. mérnök, Műszaki Földtudományi Kar, Környezeti eljárás-technikai és hulladékélelőkészítési szakirány (2009 Miskolci Egyetem), Nemesdy Ervin diplomadíj, Harsányi István tanulmányi ösztöndíj. Ellenőrző mérnök (2010-2018 Cemkut Kft.). Kutatási terület: cementek szulfáduzadásának mérése; cementek savállósági vizsgálatának fejlesztése. Laboratórium vezető (2018-tól jelenleg is) Beton Technológia Centrum Kft.

Szegóné Kertész Éva (1959. Miskolc) okl. bányamérnök (1982 NME), okl. betontechnológus (2000 BME). Beosztott mérnök (1982-1992): bányavízvédelem, új vízbeszerzési bázisok földtani feltárása. Tudományos munkatárs-fejlesztőmérnök, laboratóriumvezető (1992-2009), ellenőrzési irodavezető (2007-2009): ÉTI Betonosztály, Cemkut Kft. Alkalmazási tanácsadó (2009-2011): Holcim H. Zrt. MIR-KIR vezető (2011-től jelenleg is) Beton Technológia Centrum Kft.

CAN CONCRETE BE ACID RESISTANT?

Dr. Erdélyi Attila - Kovács József - Gál Attila - Szegóné Kertész Éva
The EN 206:2014: Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity standard deals only with exposure classes of chemical attack XA caused by natural soils and ground water but not a single world is told about the effect of aggressive acidic industrial environment, including silos, biogas tanks, cooling towers with smokegas conduction, etc. Furthermore there is no internationally accepted method to test and rate acid resistance of concrete. A reliable test method and mix design concept for concrete with improved acid resistance should be based on specially planned laboratory research. An order for a research work was given by the Duna-Dráva Cement Ltd. to two laboratories Concrete Technology Center Ltd. and Cemkut Ltd. to fulfil an agreed program. The loss of mass due to storing in acetic acid solution of pH=3.5 and the change of other accompanying properties were checked on hardened concrete samples made of factory cements containing different amounts of ground granulated blastfurnace slag (GGBF), without and with some additional materials, always with a (w/c)_{eq}=0.4. The distribution of Fuller & Thompson for all dense particles (cementing materials and aggregates) was used by Cemkut to attain the minimum gap volume and the smallest binding material content, and on the other hand with a higher one, conforming the Annex F, XA3 of EN 206 and the usual grading curve of A16/B16 aggregate was applied in the concretes made by Concrete Technology Center. The smallest loss of mass could be achieved with a mixture of CEM III/B 32.5 N-LH/SR cement + metacaolin (or silica fume, or HDT) addition. The loss after an acid storage of cc. 170 d was less than the half of a concrete made with CEM I (ordinary or sulphate resistant portland cement) without additions: 2.15 m/m% loss in spite of 4.82 m/m%. According to data of the technical literature even in case of sulphuric acid attack the CEM III/B types of cements are superior to the sulphate resistance of CEM I N-SR0 provided they are used together with at least one, better with two suitable additions. The concrete following the Fuller & Thompson particle distributions and kept in acetic acid for 570 days the suffered loss of mass less than 5 m/m% (together with the soft layer brushed down at the end of test) and 25% loss of compressive strength, and rendered RDM_{upnt} ~84% relative dynamic modulus, well over the 75% limit mentioned in prescriptions.

EGY MAGYARORSZÁGI TERVEZÉSI VERSENY TANULSÁGAI



Dr. Almási József - Varvasovszky Péter

DOI: 10.32969/VB.2018.3.3

Írásunk arra kíván rávilágítani, hogy egy felelős ajánlat elkészítése mekkora szellemi és anyagi erőfeszítéseket kíván, szemben az általános megbízói hiedelemmel „... ugyan, szorozd meg ennyivel a területet és megkapod a tervezési díjat...”, amit általában a díjszabások is ösztönöznek, fel nem tárva eléggé részletesen a tervezési feladat elvégzéséhez szükséges műszaki tartalmat.

Tanulság lehet, hogy nem kellően meghatározott tervezési feladatnál az ajánlatadással bánjon óvatosan a tervező. Manapság egyre gyakoribb feladat a meglévő épületek funkcióváltásához (átépítéséhez) kapcsolódó tervezési feladat, melyeknél a beruházók a feladat indításánál nem alakítanak ki kellő képet az óhajtott célról, nincsen elegendő információjuk az építményről.

Kulcsszavak: tervezés, verseny, ajánlat, komplex tervezési feladat, beruházó feladata, műszaki tartalom.

1. BEVEZETÉS

Bizonyára számos tervezőiroda hasonló esetről tudna beszámolni, mi ezt most megtesszük, hogy részben másokat is inspiráljunk, részben a tanulságokat közkincsé tegyük.

A közelmúltban részt vettünk egy magyarországi tervezési versenyben, azaz több tervezőirodával egyetemben egy tervezési feladat elnyeréséért pályáztunk, egy transzmissziót (pl. egy hengsört) meghajtó villanymotor cseréje kapcsán (G=150 tonna).

A tervezési feladat komplexitását az alábbiak jellemezték:

- gépészmérnöki feladatok:
 - a meglévő – mintegy 40 éves – hajtásszekrény és tengelykapcsoló terhelhetőségének (erőátviteli képességének) ellenőrzése,
 - a meghajtó villanymotor kenési és hűtési rendszerének megoldása, a szükséges vezeték és építmény rendszerrel
- építőmérnöki és építészeti feladatok:
 - a régi gépalap felhasználásával – a korábbi motortól kissé eltérő méretű – villanymotor – új gépalapjának tervezése,
 - a villanymotor álló és forgórészének helyszíni összeépítésére szolgáló emelőgerenda megtervezése és a gép mozgatására rendelkezésre álló 50 éves darupálya felülvizsgálata és **segéd alátámasztó szerkezet megtervezése/megerősítése**, mivel az emelendő súly a daru teherbírását meghaladta,
 - új trafóépület tervezése,
 - a villanymotor beszállításához új kapunyílás kialakítása a meglévő csarnokban,
 - a folyamatirányítás számára csarnokon belüli épületrész kialakítása,
- villamosmérnöki feladatok:
 - az új gép villamos meghajtásának kialakítása a korábbi villamos al-állomásokról, illetve trafó elemek átalakításával,
 - a villamos gép működésének a meglévő folyamatszabályozási rendszerbe való illesztés tervezése,
 - alacsony feszültségű rendszerek tervezése,
- egyéb feladatok:
 - mindezen tervezési feladatok végrehajtására szolgáló orga-

nizációs, szerelési tervek meghatározása, hogy a gépcsera az évi 1,5 hónapos karbantartási időben elvégezhető legyen,

- árazott költségbeclés, és árazatlan költségvetési kiírás készítése minden munkára,
- kapcsolódó hatósági engedélyek megszerzése.

Az előbbiekből röviden vázolt komplex tervezési feladat „kiírását” a Beruházó egy 3 oldalas levélben sorolta fel. A levél formai kialakítása nem tette lehetővé, hogy az ajánlatot olyan módon állítsuk össze, hogy az a későbbiekben egyszerű hivatkozásokot tegyen lehetővé (pl. a feladatok beszámozása stb.), tehát egy ilyen összetett tervezési feladatot egy „laza tervezési kiírásban” kívánta a pályázókkal megismertetni. [Mint tudjuk: mennél pontatlanabb az elvárás, annál több az ajánlkozónál a bizonytalanság, és így természetes a magasabb ár.]

2. A TERVEZÉSI VERSENY ÉS A TERVEZÉS MINŐSÉGE

A mi felfogásunk szerint a tervezés szellemi és kreativitást kívánó alkotó folyamat, melynek során a tervező elméleti és gyakorlati ismereteit rendszerbe állítva törekszik a feladat optimális megoldására. Nagy valószínűséggel egy-egy feladat megoldása során a tervezők nem azonos megoldásra jutnak. Ez a megállapítás a tervezési ajánlat kidolgozására is fennáll műszaki tartalomtól és tervek kidolgozási szintjétől függően.

A tervezési folyamatot és minőségét nagyban befolyásolja:

- a beruházói elképzelések minél pontosabb meghatározása, a feladat előkészítés pontatlansága vagy pontossága, a helyes cél kijelölése,
- a rendelkezésre álló kiindulási adatok és azok megbízhatósága,
- a tervező „tájékozottsága”, tapasztalata, tudása, a tervezési munka kidolgozásának igényessége,
- a tervező innovációra való képessége, a tudomány mai állásának ismerete.

A tervezési verseny során általában a Beruházó nem gondolja saját magát „versenyeztetni”, pedig akarva, akaratlanul részt vesz benne azzal, hogy milyen információkat, felhívást, válaszokat stb. tesz közzé. A tervezők által feltett kérdések segíthetik a Beruházót, mintegy „kiokosíthatják”, hogy milyen

legyen a feladat pontosabb megfogalmazása, értelmezése jól kiegészítheti a tervezési cél meghatározását. Egy „érzékeny” Beruházó már itt észrevehetné, vagy megkezdhethetné a „tervezők minősítését”.

A feladat értelmezése és az ajánlat kidolgozása, amely alapos esetben a megoldások fő részeinek, az elvégzendő feladatok mennyiségének meghatározása, a szükséges tájékozódás és előkészület a feladat megoldására már jelentős erőfeszítéseket kíván a tervezőktől és az így kidolgozott „ajánlat” – ami az áron túlmenően mindig műszaki tartalommal is párosul – komoly ajánlattevő esetében már egy fontos szellemi termék, amelynek „eltulajdonítását” a Beruházó természetesnek véli. Az ajánlat kidolgozása két hónapot vett igénybe, ennek során a Beruházó két alkalommal újra értelmezte a „kiírást”. A Beruházóhoz intézett e-mailek száma elérte a 25-öt. A személyes tárgyalások, utazások összesen 4 + 2 mérnöknapot jelentettek, nem beszélve az írott anyag összeállításáról.

A konkrét tervezési verseny esetében a bevezetőben felsorolt komplex feladatokat táblázatos formában, egy-két soros leírással „pontosították”, amiről úgy gondolta a Beruházó, hogy egy-egy feladatrészt most már pontosan leírt és az egyes tervezői feladatok mellé csak ajánlati árat szükséges írni [Így tesz a Beruházó ha csak az ár érdeklő és kevésbé a melléje rendelt műszaki tartalom]. Cégünk ezzel nem elégedett meg, hanem részletező magyarázatot és tartalmi megoldásokat adott ajánlatában. Tehettük ezt azért is, mert minden szakági tervező részletes tervezési munkaprogramot dolgozott ki. Csak „kiszivárogtatott” hírekből tudjuk, hogy ajánlatunk műszaki tartalma, kidolgozottsága a legjobb volt. (Mint utóbb kiderült, a „legmagasabb” árú is egyben, amit természetesnek lehet tartani, hiszen részletesen átgondolt munkaprogram állt mögötte, felmérve a szükséges szellemi és fizikai munkamennyiséget egyaránt és azt a felelősséget, hogy a rendelkezésre álló rövid kivitelezési idő nem teszi majd lehetővé a „hibás” terv javítását, biztos megoldások, egymásra épülő lépések sorának megtervezése tökéletes kell legyen, mert az üzem termelésének kiesése többszörös károkat okozhat). A Beruházói kiírás „pontosításához” az is hozzá tartozott volna, hogy a kiinduló adatokat pontosítja, azaz meglévő üzembről, gépekről stb. lévén szó, a rendelkezésre álló terveket, leírásokat is át kellett volna adni. Erre mindig csak ígéretes utalások voltak, illetve az ajánlattevő vegye be az ajánlatába, hogy ha szükséges, felmérésekkel egészíti ki az adatokat, ennek mennyisége teljes bizonytalanságot okozott az ajánlat adásnál [Tipikus eset manapság, hogy lehet bizonytalanságban tartani az ajánlattevőt.]

A Beruházói döntések késlekedése, az ajánlati kiírás műszaki előkészítetlensége már a tervezési felhívás elindítását is késleltették, de úgy gondolták, hogy az itt elvesztegetett időt majd a tervezőkön, azaz a tervezés időtartamának lerövidítésével lehet bepótolni. Ekkor a tervezési feladat elvégzésére három nyári hónapot szántak, amikor egyébként is nehezebb előrelátóan szervezni a munkát [hiszen a magyar tervezők zömének még mindig csak a hazai pihenés-szabadságolás adatik meg, ami a klimatikus viszonyaink között a nyárra esik, és nem teszi lehetővé ezek könnyű áthelyezését az ősze, télre hogy azokat más „földrészeket” töltsse a magyar tervező.]

A Beruházó még a tervezési feladatokat pontosító tárgyalások során is ragaszkodott ezen szűkös határidőhöz, míg a végén „belátta”, hogy ezt legalább négy hónapra kell emelni. A Beruházó azt mondta, „a tervezőnek joga van a hétvégeken és éjjel is dolgozni”, ez természetes, csak azzal nem számolt, hogy kifáradt emberek nem képesek megfelelő teljesítményt és minőséget nyújtani munkájukban. [Cégünk alakulása óta tartjuk azt az elvet, hogy más irodába „maszekolni” nem lehet, mi fizessünk annyit, hogy a heti munkaidővel a szükséges kereset álljon rendelkezésre. Úgy hisszük, korábban ez teljesült is – 12., 13., sőt 14. havi fizetésekkel – ma már sajnos más a helyzet.]

Sajnálattal kell megállapítani azt is, hogy a magyarországi tervezői versenyek leginkább árversennyé degradálódtak és a minőség versenye – melynek elbírálásához sokkal több energiát kell befektetni a Beruházónak – nem szempont kellő mértékben.

Jelen esetben is úgy gondolta a Beruházó, hogy a tervezési feladatokat végül sikerült „táblázatos formába” átfogalmazni, és ezek elfogadása a tervezők részéről – egyben a tervezők ajánlatait azonos „minőségi szintre is emelte”, holott pl. a referenciák összevetése és az ajánlatok kidolgozottsága másról is árulkodik(hat). Az ajánlatok kidolgozottságának mélysége szintén jellemezheti az ajánlkozókat, volt, aki csak a „laza kiírásra” egy számot, vagy egy-egy szakág tervezési díj összegét adta meg, a műszaki tartalom részletezése nélkül, illetve az egyes szakágakon belüli ugyan, de részfeladataiban mégis jelentős eltérést mutató tevékenység árának részletezése nélkül. [Az ajánlattevő is bizonytalanságban tartotta a Beruházót, viszonyosság elve.]

Mindezek az információk csak „kiszivárogtatással” jutnak el a résztvevőkhöz, mert – tudomásunk szerint – nincsenek egységes szabályozások az ilyen tervezési versenyek lebonyolítására, a Beruházó „érdeke” sem abban az irányba mutat – bár etikailag ez elvárható lenne -, hogy minden pályázót azonos információkkal lásson el a versenyvezetés folyamán.

Végeredményben a Beruházó a tervezői pályázat és ajánlatok alapján nem tudott (vagy nem akart) dönteni, ezért „versenydíj-tárgyalást” hívott össze. A három pályázó – a bevezetőben említett feladatokra – a következő díjakat ajánlotta utolsó ajánlatként:

76,5 mill. Ft; 62,0 mill. Ft és 52,0 mill. Ft nettó.

A Beruházó ezt követően közölte, hogy ő is „kalkulált” és erre a tervezésre mindössze 35,0 mill. Ft-ot tud elfogadni. Akarja-e valaki ezért a díjért a feladatot elvégezni, kérdezte. Erre a válasz az volt, hogy nem. A versenytárgyalás így eredmény nélkül ért véget.

Cégünk az ajánlat kidolgozásával két hónapon keresztül foglalkozott, a felmerült költségek 23 nap x 60 eFt = 1,3 mill Ft + 200 eFt utazások, tehát összesen elérték az 1,5 mill Ft-ot.

Úgy szintén költségek jelentkeztek a jövőbeli altervezőknél, akik a helyszínen is jártak, ajánlatokat előkészítettek, ezek is legalább kitesznek 700 eFt-ot.

Manapság ez teljesen természetes a Beruházónak, hogy ilyen nagyságú költségeket az ajánlkozókra hárítanak, miközben az ajánlatokból „számos szellemi információt” kapnak.

Dr. Almási József (1940) okl. építőmérnök (1964), műszaki doktor (1972), 29 évi kutatás a BME Vasbetonszerkezetek Tanszékén, több mint 200 szakvélemény készítője, 1995 óta a CAEC Kft, 2002 óta az APSE Kft. ügyvezetője. 2002-ben Palotás László-díjat kapott. A BME címzetes egyetemi docense.

Varvasoszky Péter (1977) okl. építőmérnök (2001), partner és vezető tervező az APSE Kft-nél, számos irodaház, bevásárlóközpont, ipari épület statikus tervezője. Fő érdeklődési területe a tartószerkezetek tervezése földregézés hatásokra.

A LESSON ABOUT A HUNGARIAN DESIGN COMPETITION.

József Almási – Péter Varvasovsky

Keywords: design, design offer competition, investor task, complex design task
The article (contribution) should like to show, what that to prepare a responsible design offer a large intellectual and financial effort is required, on the contrary that the clients are believing *please multiplied the area with a number and you get the design fee ...* which method are stimulated in most design fee codex too and not go deep in the necessary technical contents which are requirements to give a reasonable (well – founded) offer.

It can be a lesson from this bid competition, if the design task is not well defined, the designer shall be carefully to give an offer. Today is very frequent task to refurbishment existing buildings combined with new function, where the Investor mostly has no clear picture at the beginning what can be the favourable solution for him and this causes a lot of uncertainty, at the end with much more design work, if you have no sufficient information about the building and about the task.

BECZE JÁNOS 70. SZÜLETÉSNAAPJÁRA



1948-ban Budapesten született, édesapja kertészmérnök, édesanyja iskolagondnok volt.

Műszaki érdeklődése már korán megmutatkozott, ezért a „Kvassay Jenő” Híd-, Vízműépítő technikumban tanult, melynek elvégzése után 1967-től az Uvatervben dolgozott szerkesztőtechnikusként.

Egy év múlva a BME Építőmérnöki Kar nappali tagozat Szerkezetépítő szakán Uvaterv-ösztöndíjasként kezdte meg tanulmányait, és 1973 nyarán diplomázott.

Visszatérve az Uvatervhez, a Hídirodán a kisebb-nagyobb gyakorlati feladatok után részt vett a győri Kis-Duna híd tervezési munkáiban, majd ezt követően közreműködött a Szeged Északi Tisza-hídnak, ill. az Árpád-híd átépítésének tervezésében.

A következő jelentősebb munkája a Petőfi-híd pesti feljáró-hídjának a tervezése volt. Részt vett továbbá a nigériai Gusauban készült duzzasztómű üzemi híd kiviteli munkáinak helyszíni tervezői irányításában is.

1987-ben áthelyezését kérte a Hídépítő Vállalathoz, – amely később részvénytársasággá alakult – ahol egészen 2011-ig, nyugdíjba vonulásáig dolgozott.

Itt az első komoly feladatot a feszített vasbeton felszerkezetek szakaszos előretolási technológiájának hazai bevezetése jelentette. Ezzel a technológiával Magyarországon elsőként a 42. számú főút berettyóújfalui Berettyó-hídjának feszített vasbeton felszerkezetek épült meg 1990-ben.

A sikeres kezdet után sorra készítette Hídépítő Rt-nél a szakaszos előretolással épített hídszerkezetek technológiai terveit. Ezek közül a jelentősebbek az M5 autópálya fővárosi bevezető

szakaszának, majd a Debrecen, Homokkerti felüljáró, és a magyar-szlovén vasútvonal magyarországi szakaszán az 1400 m hosszú, nagyrákosi vasúti völgyhíd tervezése.

A vasbeton szerkezetek építése mellett részt vett néhány régi vasbeton hídszerkezet bontási terveinek elkészítésében is, mint pl. a kaposvári „Donneri” felüljáró, majd a Debrecen Homokkerti felüljáró meglévő lehajtó ágának bontási technológiai tervezése.

Pályafutása során nemcsak a nagyobb feladatok, hanem több kisebb közúti és vasúti híd felújításának, valamint lakóépület szerkezeeteinek vasbeton tervezése is a nevéhez fűződik.

Legjelentősebb munkája, melyet felelős tervezőként készített, az M7-M70 elválassi csomópontjában, Letenyén megépült autópálya híd. A Magyarországon elsőként létesült ún. „extradosed” rendszerű hidat a Hídépítő Rt kevesebb, mint háromnegyed év alatt építette meg.

A *fib* Magyar tagozata ezért a tervezői tevékenységéért 2005-ben Palotás László-díjjal jutalmazta.

A letenyei „extradosed” hídról készült cikke több külföldi (svájci, orosz, japán, olasz) szakmai lapban is megjelent.

A Hídépítő Zrt. további nagy hídépítési munkáinak tervezésében vezető tervezőként vett részt, mint a köröshegyi völgyhíd, a dunaújvárosi Duna-híd és az M0 Északi Duna-hídjának (Megyeri-híd) tervezési munkái.

2007-ben társszerzőként működött közre a „Hídépítés” c. középiskolai tankönyv elkészítésében.

Nyugdíjasként néhány gyaloghíd és lakóépület statikus terveivel foglalkozik. Családja körében két unokájával tölti ideje nagy részét.

Kívánjuk, hogy őrizze sokáig fiatalos lendületét, munkakedvét. Kívánunk jó egészséget és örömet az unokáival töltött idő alatt.

KEDVES PÉTER – BÚCSÚ DR. LENKEI PÉTERTŐL



Szomorú kötelességem, hogy a barátok, munkatársak és az egész szakmai közélet nevében ezúton mondjak búcsút a 20. század második fele kiemelkedő mérnökének, dr. Lenkei Péternek.

1933-ban született Budapesten. Általános és középiskolai tanulmányait követően 1951-56 között a moszkvai Építőmérnöki Intézet Szerkezetépítő Karának hallgatója volt, itt szerzett

küttüntetési mérnöki oklevelet, amelyet a BME Építőmérnöki Kara honosított. Moszkvai kapcsolatai 1956 után sem szakadtak meg, így történt az, hogy Gvozgyev professzor irányításával 1965-ben ugyanitt védte meg kandidátusi értekezését vasbetonlemezek folyási feltételeiről. Kezdi mérnöként 1956-tól 1962-ig a Mecseki Ércbányászati Vállalat Tervező irodájában statikus tervezőként körülbelül 100 épület tartószerkezeteinek tervezésében vett részt.

Mérnöki és vezetői tevékenysége 1963-1987 között az Építéstudományi Intézetben teljesedett ki, ahol tartószerkezeti kutatói munkákat végzett, később azokat a Tartószerkezeti és Mélyépítési Tagozat vezetőjeként irányította. Az ÉTI akkori munkatársainak egyöntetű visszaemlékezése szerint Péter nem hagyományos stílusú vezetőként a szakmai eredményeken kívül sokat tett le az asztalra a szakmai közélet és a munkatársi kapcsolatrendszer fejlesztése érdekében is. Az intézet fejlesztésében játszott jelentős szerepének maradó emléke az a mai napig is létező és működő szentendrei laboratóriumi központ, ami jelenleg részben az ÉMI, részben az ÉMI-TÜV Kft. tulajdonában igyekszik az eredeti alapítók szándéka szerinti szakmai tevékenységet folytatni, úgy is, mint a Közép- Kelet Európai térség mindmáig meghatározó kapacitású és képességű laborközpontja. Ipari kutatói és vezetői tevékenysége mellett rész munkaidőben oktatóként, illetve szakértőként részt vett a BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti, illetve Vasbetonszerkezeti Tanszékének tevékenységében is, ahol a tanszéki kutatáson és oktatáson kívül számos akkori szabványbizottság aktív tagja, időnként vezetője volt. Címzetes egyetemi docens címet 1971-ben szerzett. 1985-ben kapott címzetes egyetemi tanári kinevezést. Egyetemi munkája mellett dolgozott a műszaki tudomány doktora fokozat megszerzéséért is, ezt 1984-ben védte meg vasbetonszerkezetek alakváltozásainak témájából.

A rendszerváltozás előtti években az Építéstudományi Intézetet is elértek az akkor tipikusan jelentkező gazdaságpolitikai jellegű válságjelenségek. Ezek a korábban virágzó intézet helyzetét megnehezítették és a mérnöki tudományos kutatások lehetőségeit nagymértékben megváltoztatták. A változások – noha indokoltak voltak – nem csak a tevékenység szakmai részére hatottak ki, hanem sajnálatos módon a tevékenység irányítását is átpolitizálták. Ilyen körülmények között a több mint 20 éven keresztül végzett kutatási-szakmai irányítási program ellehetetlenült és ez Pétert is arra kényszerítette, hogy új irányban folytassa tevékenységét. Visszatérve pályakezdése térségébe 1987-től a Pécsi Pollack Mihály Műszaki Főiskola, 1987-92 között főigazgatója, ezt követően 1996-tól a Szilárdságtani és Tartószerkezeti tanszék vezetője volt. Kollégái, tanítványai egybehangzó véleménye szerint kitűnő pedagógus és népszerű oktató volt.

Előadásait, gyakorlatait általában nem hagyományos akadémiai rendszerben tartotta, ezért tanítványai az esetek többségében a tanórákon is munkatársnak, egyenlő félnek érezhették magukat. Ez a képesség, valljuk meg őszintén nem sok tanárunkban van meg.

Jó nyelvtudásának és kiemelkedő szakmai képességének köszönhetően kiterjedt nemzetközi kapcsolatrendszere is volt. Személyes emlékezetem szerint soha a világ egyetlen országában sem tapasztaltam, hogy a vasbetonszerkezeti szakma helyi képviselői a Lenkei nevet ne ismerték volna és ne a legnagyobb elismerés hangján nyilatkoztak volna róla.

1966-67-ben Berkeleyben, a Kaliforniai Egyetemen volt vendégkutató. 1984-ben Kanadában a Torontói Egyetemen vendégprofesszor, 1993-ban szintén vendégprofesszor a Cagliari Egyetemen és a Karlsruhei Egyetemen. Tagja és 1980-1997 között az Euro-Nemzetközi Betonbizottság (CEB) választott elnökségének tagja volt, egyúttal a CEB magyar tagozatának elnöke. A CEB-ben kifejtett tevékenységén túlmenően több nemzetközi szakmai szervezet (ISO, CIB, RILEM, ACI stb.) munkabizottságainak tagjaként tevékenykedett és emellett sok szakmai tudományos bizottság (MTA, MSZH, **fib**, Pécsi Akadémiai Bizottság) munkájából vette ki részét. 1993 óta a Magyar Mérnökakadémia tagja. 1994 májusában habilitált a Budapesti Műszaki Egyetemen és 1994. július 1-vel nevezték ki egyetemi tanárrá. 1997-ben a Magyar Mérnöki Kamara elnökségének tagjává választották és ugyanebben az évben lett a New York-i Tudományos Akadémia tagja is.

Szakmai életútja elismeréseként elnyerte a **fib** Magyar Tagozatának Palotás László-díját.

Dr. Lenkei Péter évtizedeken át képviselte Magyarországot a CEB Administrative Council-ban. A **fib** nemzetközi szervezete 2004-ben La Plataban, Argentínában tartott Symposiumán az egyesületért és a vasbeton kutatásáért és szabványosításáért végzett kiváló tevékenységéért **fib Medal of Merit-díjjal** tüntette ki.

Fő kutatási területe a vasbetonszerkezetek képlékeny viselkedését figyelembe vevő számítási módszerek, a dinamikus hatásoknak kitett vasbeton szerkezetek vizsgálata, a szerkezetek alakváltozása és tartóssága volt. Szakirodalmi tevékenységét közel 160 publikáció jelzi.

A felsoroltak korántsem teljesszerűen foglalják össze dr. Lenkei Péter szakmai tevékenységét, mindenképpen említést érdemelnek a nukleáris szerkezetek témakörében végzett szakértői munkái, az egyéb tartószerkezeti szakértői tevékenysége és nem utolsósorban szűkebb pátriájában folytatott műemlékvédelmi- feltárási munkákban vállalt szerepe, ami egyúttal jó kifejezője a jó értelemben vett reneszánsz jellegű szakmai érdeklődésének.

Korántsem lenne teljesszerű visszaemlékezésünk, ha csak Péter szakmai tevékenységének méltatására szorítkoznánk. Szinte teljes mérnöki pályafutásom során olyan szerencsés helyzetben voltam, hogy testközelből, az idő nagy részében munkatársként figyelhettem Péter életútját. Így természetesen a szakmai kérdéseken kívül volt alkalmam megismerni Pétert, az embert, és a jó barátot. A világ számos helyére utazhattunk együtt, képviselhettük Magyarországot érdekeit és az a hozzáállás, pragmatikus bölcsesség, ahogy ezt

ő csinálta, mindig példaértékű volt számomra. Emberi kapcsolataiban nem volt konfliktuskereső, szakmai és nem szakmai kérdésekben is rendkívül nyitott világnézetű volt. Talán ennek köszönhető, hogy világszerte számtalan jó barát vette körül és mindenkivel olyan módon találta meg a hangot, ahogy az mindenki előnyére vált. Azok a kevesek, akik ebben nem voltak partnerek, azok hiányolhatják, hogy ebből az élményből kimaradtak. Tudós embertől talán kicsit szokatlanul rendkívül fejlett humorérzéke volt, nem nagyon tudok olyan találkozásunkra visszaemlékezni, ahol az üdvözlés pillanatain túl ne azonnal néhány viccel kezdődött volna a diskurzus, és nem nagyon emlékszem olyan „komoly” szakmai eseményre sem, ahol már csak a komolyság feszültségét oldandó ne találta volna meg az aktuális esemény súlyát nem dehonesztáló, de humoros momentumokat is.

Egy ilyen visszaemlékezésből természetesen nem maradhat

ki a család sem. Mint tudjuk, minden sikeres ember mögött ott van a háttérben a sikerhez elengedhetetlenül szükséges támasz is. Péter ezt egész pályafutása alatt megkapta, élvezte, de ő maga is család szerető férjként, apaként élte életét.

Visszaemlékezéseimet összefoglalva elmondhatom, hogy Péter korunk szakmai és közéletében rendkívül sikeres, sokszínű és népszerű egyéniség volt, aki mély nyomokat hagyott mindazokban, akiknek szerencséje volt élete során együttműködni vele, halála pótolhatatlan hiányként jelentkezik.

Vigasz a gyászban, hogy életműve nem megy veszendőbe, mert eredményei, személyisége mérnökök ezreiben élhet tovább.

Emlékét szeretettel és tisztelettel megőrizzük, nyugodj békében Péter.

Dr. Madaras Gábor

A BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék szervezésében induló négy féléves kurzusra várjuk az érdeklődő kollégák szíves jelentkezését

A betonnal szembeni fokozott elvárások (pl. nagy szilárdság, tartósság, veszélyes hulladékok tárolása stb.), a speciális igényeket kielégítő betonok kifejlesztésének és az európai szabványok megjelenésének hatására a betontechnológia jelentősége egyre nagyobb hangsúlyt kap és érdeklődésre tart számot napjainkban.

A BME ÉMK *Építőanyagok és Magasépítés Tanszék* a diplomával záruló **Betontechnológus Szakirányú Továbbképzése** a betontechnológia körébe tartozó legújabb ismeretek átadásával kívánja segíteni a praktizáló kollégákat. Saját, jól felfogott érdekében minden cégnek rendelkeznie kell jó betontechnológussal.

A továbbképzés célja, hogy a résztvevők megszerezzék a legfrissebb betontechnológiai ismereteket. Ennek érdekében a hallgatók a betontechnológiai módszerek mellett elmélyedhetnek a speciális tulajdonságú betonok témakörében, a betonalkotók anyagtanai kérdéseiben, az építőanyagok újrahasznosításában, a környezetvédelmi kérdésekben, a betonstruktúra elemzésében és annak hatásában a tartósságra, a diagnosztika nyújtotta lehetőségekben – aminek eredményei megfelelő javítási vagy megerősítési mód kiválasztását teszik lehetővé, a mély és magasépítési szerkezetek betontechnológiai szempontból jelentős tervezési és kivitelezési kérdéseiben –, a betongyártás és előregyártásban, a minőségirányítás és minőségbiztosítás módszereiben, valamint áttekintést kapnak a vasbetonépítésben megjelent legújabb anyagokról is a tanfolyamon.

Mindezen ismereteknek még fokozottabb jelentősége van az MSZ EN 206:2014 európai betéonszabvány és az MSZ 4798:2016 *“Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon”* szabvány megjelenése óta.

A tananyag egymásra épülő rendszerben áttekinti a betontechnológiához szükséges összes ismeretanyagot, valamint a hozzájuk kapcsolódó jogi, gazdasági és vezetélméleti kérdéseket.

A négy féléves képzés (legalább szakirányú BSc diplomával) levelező rendszerben történik – félévenként 3-3 konferenciahet általában hétfő 10.00-tól csütörtök 16.00-ig – amely az utolsó félévben szakdolgozat készítéssel zárul.

A következő tanfolyam kezdete: 2019. február.

Jelentkezési határidő: 2019. január 20.

A jelentkezéshez kérjük csatolja:

- a végzettséget igazoló oklevél másolatát,
- szakmai önéletrajtot.

További információ, ill. kérdés esetén forduljon Sánta Ildikóhoz (tel: (1) 463-4068, e-mail: titkars@eik.bme.hu).

A tanfolyam részletes leírása és a jelentkezési lap a

<http://www.em.bme.hu/em/betontechnologus> internetes oldalon található.

Dr. Balázs L. György, tanszékvezető, tanfolyamvezető tanár
balazs.gyorgy@epito.bme.hu

Csatornázási aknaelemek robottechnológiával



Geometriai és funkcionális jellemzők

- Csatlakozó csövek anyaga: KG PVC, kerámia, beton, stb.
- Csatlakozó csövek átmérője: DN 150-500
- Csőcsatlakozások irányszöge: 90°-270° között tetszőleges
- Csőcsatlakozások lejtése: 0-20° között
- Csőcsatlakozások tömítése: gyárilag beragasztva
- Ki- és befolyás közötti szintkülönbség: 0-500 mm
- Folyásfenék-oldalfal kapcsolata: monolitikus (a künetes fenékrész és az oldalfal egy betonozási ütemben készül)
- Aknafenek falvastagsága (folyásfenék alatt is): min. 150 mm
- Aknagyűrű és szűkítő falvastagsága: 120 mm

Mechanikai és fizikai jellemzők

- Fúrt magminták nyomószilárdsága: min. 40 N/mm²
- Aknaszűkítő és aknarendszer (NA 1000) függőleges teherbírása: min. 300 kN
- Éltető szilárdság: min. 80 kN/m
- Beton vízzárósága: min. vz 20
- Aknarendszer vízzárósága: min. 5 m vízoszlop

Tartóssági jellemzők

- Kötvány szulfátállósági fokozata: szulfátálló
- Fúrt magminták szulfátállósága: nincs mérhető duzzadás (30.000 mg/ℓ SO₄²⁻ ion tartalmú oldatban tárolás 1 hónapig)
- Fúrt magminták vegyszerállósága: nincs szemmel látható hiba (közegek: 400 mg/ℓ NH₄⁺, 6.000 mg/ℓ Mg²⁺, 30.000 mg/ℓ SO₄²⁻ tartalmú oldatokban és pH=3 kénsav oldatban tárolás 1 hónapig)
- Folyásfenék és padka bevonatának vegyszerállósága: erős vegyi hatásnak ellenálló (pH=1 kénsavoldatban 1 hónapig tárolva a keménységcsökkenés kisebb, mint 50%)

8082 Gánt, Kőbánya

tel.: 22/354-175, fax: 22/354-488

e-mail: titkarsag@dolomit-gant.hu



AXISVM X5

Végelem programrendszer statikusoknak



Mapleton Crescent toronyház - London, Szerkezettervezők: Clancy Consulting & Barrett Mahony Consulting Engineers

www.axisvm.hu