

VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF *fib*



PROF. DR.-ING.
LASZLO M. PALOTAS, PH.D.

A 2024. ÉVI PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ ÁTADÁSA

2

DUBROVSKY GÁBOR ELŐADÁSA A PALOTÁS-DÍJ ÁTADÁSAKOR

8

SPRÁNITZ FERENC ELŐADÁSA A PALOTÁS-DÍJ ÁTADÁSAKOR

11

SOMLAI BÁLINT –
DR. BALÁZS L. GYÖRGY –
DR. SÓLYOM SÁNDOR

FRP BETÉTEK ALKALMAZÁ- SA BETONSZERKEZETEKHEZ A VILÁGBAN 2. α JAPÁN MEGKÖZELÍTÉS

18

SZEMÉLYI HÍREK

NÉMETH ISTVÁN EMLÉKÉRE
(1935-2025)

24

2025/1

XXVII. évfolyam, 1. szám

Mapecrete Lithium Cure - Három az egyben megoldás betonpadlók védelmére

A modern építőipar egyik legnagyobb kihívása a betonpadlók tartósságának és esztétikájának biztosítása. A Mapecrete Lithium Cure egy innovatív termék, amely nemcsak ezekre a problémákra nyújt megoldást, de egyszerre három fontos funkciót is betölt: párazárás, felületkeményítés és víztaszító védelem. Nézzük meg, mitől válik ez a termék különlegessé!

Tartós és esztétikus felületek

A Mapecrete Lithium Cure felületkezelő szert kifejezetten azért fejlesztették ki, hogy a frissen készült betonfelületek hosszabb élettartamúak, kopásállóbbak és könnyebben karbantarthatóak legyenek. A termék módosított lítium-szilikátokat és polimereket tartalmaz, amelyek mélyen behatolnak a beton pórusaiba, és egy speciális kémiai reakcióval kompakt, ellenálló mikroszerkezetet hoznak létre.

Az eredmény? Egy fényesebb, pormentes és vegyi anyagokkal szemben is ellenálló felület, amely védelmet nyújt a jégtelenítő sók, az UV-sugárzás és az időjárás viszontagságaival szemben.

Miért érdemes a lítium-szilikátot választani?

A lítium-szilikát technológia több előnyt kínál a hagyományos nátri-



um- vagy kálium-alapú rendszerekkel szemben:

um- vagy kálium-alapú rendszerekkel szemben:

- **Gyorsabb reakció:** Kisebb molekulaméretének köszönhetően mélyebb és hatékonyabb behatolást biztosít a betonban.
- **Minimális kivirágzás:** Megakadályozza a gyakran megjelenő fehér sókivirágzást.
- **Hosszabb élettartam:** A kezelt beton felületek ellenállóbbá válnak savakkal, olajokkal és sókkal szemben.

Széles körű alkalmazási lehetőségek

A Mapecrete Lithium Cure ideális választás garázsok, bevásárlóközpontok, parkolók, múzeumok, raktárak, műhelyek és sok más olyan helyszín esetében, ahol a tartósság és a könnyű karbantarthatóság kiemelten fontos. Alkalmazása egyszerű: alacsony nyomású permete-

Összegzés: miért válasszuk a Mapecrete Lithium Cure-t?

Az innovatív technológia és a könnyű alkalmazhatóság mellett a termék számos előnyt nyújt:

- Kopásállóságot és esztétikai javulást biztosít.
- Csökkenti a porképződést és megkönnyíti a tisztítást.
- Ellenáll az időjárási hatásoknak és a vegyi anyagoknak.
- UV-álló, víztaszító és hosszú élettartamú védelmet nyújt.

Ha szívesen olvasna a betontechnológia újdonságairól rendszeresen magyar és nemzetközi szakértők által írt tartalmakat, olvassa be telefonja kamerájával a QR kódot és iratkozzon fel a betontechnológiai edukációs hírlevelünkre!



VASBETONÉPÍTÉS

műszaki folyóirat
a **fib** Magyar Tagozat lapja

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

Főszerkesztő:

Dr. Balázs L. György

Szerkesztők:

Hajós Bence, Dr. Koris Kálmán

Szerkesztőbizottság:

Dr. Csiki Béla
Dr. Czoboly Olivér
Dr. Erdélyi Attila
Dr. Farkas György
Dr. Hlavička Viktor
Horváth Adrián
Kolozi Gyula
Dr. Kopecskó Katalin
Dr. Kovács Károly
Dr. Kovács Imre
Dr. Kovács Tamás
Lakatos Ervin[†]
Dr. Lublóy Éva
Mátyássy László
Dr. Móczár Balázs
Dr. Nehme G. Saleh
Dr. Orbán Zoltán
Pisch Zsuzsanna
Polgár László
Dr. Sajtos István
Dr. Sólyom Sándor
Dr. Szép János
Szijártó Anna
Telekiné Királyföldi Antónia
Várdai Attila
Dr. Völgyi István

Lektori testület:

Dr. Dulácska Endre
Madaras Botond
Dr. Madaras Gábor
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:

Bíró András, doktorandusz

Tervezőszerkesztő: Halmai Csaba

Megjelenik negyedévenként
nyomtatásban (korlátozott példányszám-
ban) és online.

WEB:

<http://fib.bme.hu/kiadvanyok.html>

© a **fib** Magyar Tagozata

ISSN 1419-6441 online ISSN: 1586-0361

A hirdetések felvétele:

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

Címlapfotó:

The El Hana International Hotel, a Medina

közelében, Tunisz, Tunézia.

Előregyártott vasbeton homlokzat

(épült: 1976, felújítva: 2004)

Fotó: Dr. Balázs L. György

TARTALOMJEGYZÉK

2 PROF. DR.-ING. LASZLO M. PALOTAS, PH.D.
A 2024. ÉVI PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ ÁTADÁSA

8 **DUBROVSZKY GÁBOR ELŐADÁSA**
A PALOTÁS-DÍJ ÁTADÁSÁKOR

11 **SPRÁNITZ FERENC ELŐADÁSA**
A PALOTÁS-DÍJ ÁTADÁSÁKOR

18 SOMLAI BÁLINT – DR. BALÁZS L. GYÖRGY –
DR. SÓLYOM SÁNDOR
FRP BETÉTEK ALKALMAZÁSA BETON-
SZERKEZETEKHEZ A VILÁGBAN
2. – JAPÁN MEGKÖZELÍTÉS

24 **SZEMÉLYI HÍREK**
NÉMETH ISTVÁN EMLÉKÉRE (1935-2025)

A folyóirat támogatói:

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

LASZLO M. PALOTAS ELŐADÁSA AZ ÁTADÓ ÜNNEPSÉGEN



Prof. Dr.-Ing. Laszlo M. Palotas, Ph.D.

<https://doi.org/10.32969/VB.2025.1.1>

Mélyen Tisztelt Elnök Úr,
Tisztelt Hölgyeim és Uraim,
Kedves ünneplő vendégek!

Örömmel és szeretettel köszöntöm a 2024. évi Palotás László-díj kitüntetettjeit:

Dubrónszky Gábor

okl. építőmérnököt, ügyvezető igazgatót,
Betonwerk s.r.o., Párkány
és

Spránitz Ferenc

okl. építőmérnököt, betontechnológus szakmérnököt,
Betonüzem vezetőt, minőségirányítási vezetőt, Dolomit
Kőbányászati Kft., Gánt

Az elmúlt évi Palotás László-díj átadása kapcsán elhangzott előadásom témáját *Leonardo da Vinci* köhídterve adta. Engedjék meg, hogy ez évi bevezetőmben ismét egy, még **nem megvalósított** – de talán a következő években **felépítendő** híd – a *Ponte Sullo Stretto di Messina* (híd a Messinai-szoroson) előzetes és jelenleg aktuális terveiről számoljak be.

A Messinai-szoros (Lo Stretto di Messina) egy szoros az olasz félszigeten található Calabria és Szicília szigete között, mely északról a Tirrén-tengert a déli Jón-tengerrel köti össze. A szoros 32 kilométer hosszú, három - nyolc kilométer széles, legnagyobb mélysége pedig 250 m. A legfontosabb kikötő a Szicília északkeleti részén fekvő Messina (*1. ábra*).

1. ábra: A Messinai-szoros



A Messinai-szoroson való áthaladás mindig is nagyon nehéz volt a szél, az áramlási viszonyok, valamint a kétoldali sziklák miatt. Az ókori szerzők ezért a Messinai-szorosban találták meg a két *mitológiai* szörnyeteget, **Szküllát** (Σκύλλα, Scylla, aki az istenek családfája szerint Phorküsz és Hekatétól származik. Ovidius szerint *Scylla* Krataiis nimfa lánya, más változat szerint Tüphón és Ekhidna leánya) és **Kharübdiszt** (Χάρυβδις, *Charybdis*, Poszeidón és Gaia, a föld istennőjének leánya).

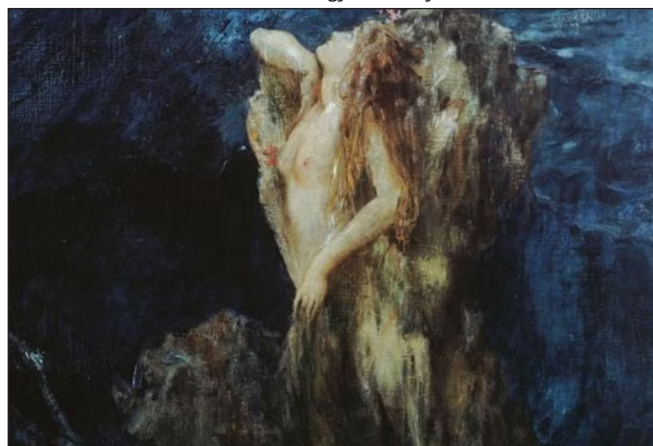
Homérosz *Odüsszeiája* szerint a Szküllá szörnyeteg a szorosban lévő két szemben lévő sziklából a nagyobbikon él, Kharübdisz pedig a kisebb szikla alatt, amelyen egy nagy fügefá áll.

Szküllá mindent megeszik, ami él, és ami csak elérhető, csápjaival főleg az óvatlan tengerészeket ragadja meg, akik túl közel jönnek hozzá (*2a. ábra*).

2a. ábra: Szküllá ábrázolása egy görög vázán Szküllá kutyafejei örökké éhesen várják az arra járó hajósokat, Paris, Louvre, 450–425 Kr.e.



2b. ábra: Kharübdisz ábrázolása egy festményen





3. ábra: Odüsszeusz Szkülla és Kharübdisz előtt; J.H. Füssli festménye

Kharübdisz naponta háromszor szívja be a tengervizet, majd üvöltve kilöki (2b. ábra).

A két „szörnyeteg” (3. ábra) így nagyon megnehezítette az átkelést. Seneca Luciliusnak írt levelében is megemlíti a Scylla nevű sziklát. Ha a hajósok el akarták kerülni az egyik szörnyet, kénytelenek voltak a másikhoz közelebb hajózni. „Szkülla és Kharübdisz között” kifejezés is innen ered. Szkülla-ról nevezték el egyébként a Messinai-szorosnál fekvő Scilla városát. A mítosz a Szkülla és Kharübdisz szörnyekben személyesítette meg azokat a veszélyeket, amelyek mindig is jellemezték a hajózást ezeken a tengervizeken a heves szelek, erős áramlatok és heves földrengések miatt.

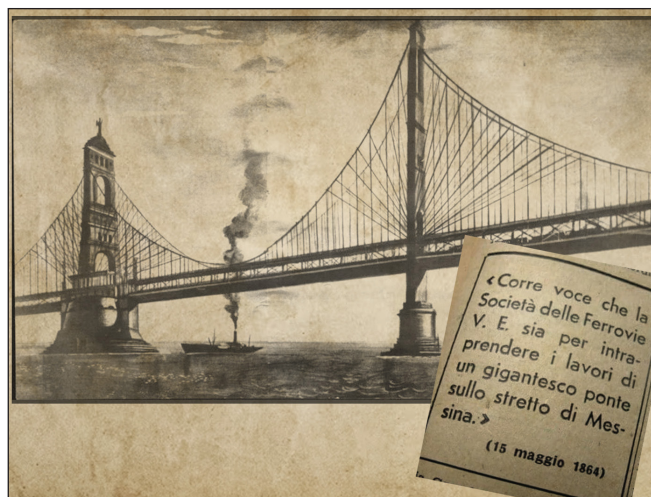
A tengerszoros évezredek óta megragadta a képzeletet. Egy híd megépítésének gondolata Olaszország és Szicília között persze nem új keletű. Az ókori rómaiaktól kezdve egészen a modern korig számos alkalommal felvetődött már egy állandó kapcsolat megvalósítása. A rómaiak a Karthágó ellen viselt pun háborúk idején csónakokból akartak pontonhidat építeni, amelyen Metellus konzul a palermói csatában elzsákmányolt száznegyven harci elefánt kellett volna át. (Így számoltak be róla Livius és Strabo történészek). Állítólag már Arkhimédész görög matematikus is gondolt egy hídra. Nagy Károly is tervezte, hogy hídon juthasson el a szigetre.

Szicília és a kontinens összekapcsolásának igazi ötlete legalább 1840-re nyúlik vissza, amikor a II. Ferdinánd nápolyi és szicíliai Bourbon király egy hídépítésen gondolkodott, és megbízott egy építész- és mérnökcsoportot, hogy adjanak ötleteket a híd építéséhez. Úgy tűnik, azért adta fel, mert a munka túl drága volt, és a királyság kasszáját kiürítette volna.

A javaslatok Olaszország egyesülése után is folytatódtak. 1866-ban Stefano Jacini közmunkaügyi miniszter megbízta Alfredo Cottrau mérnököt, hogy tanulmányozza a Calabria és Szicília közötti hídprojektet. Cottrau a pilonok építését a tengeren igen nehéznek, megvalósíthatatlannak ítélte (4. ábra).

Később, 1870-ben megszületett egy 22 km hosszú tengeralatti kapcsolat ötlete is, amelyet Napóleon a La Manche csatorna alatti alagút terve inspirált.

Egy ötnyílású függőhíd projektet vizsgált meg egy csoport vasúti mérnök 1883-ban.



4. ábra: Messina híd hirdetése 1864-ből

1893-ban a Szicíliai Vasútvonal Társasága koncessziót kapott „Koncesszió a tengerszoros gőzhajózásához” (“Concessione per la navigazione a vapore dello Stretto”), mely szerint négy komp közlekedik naponta, kettő Messina és Reggio, kettő Messina és Villa San Giovanni között. Ezzel a híd „szükségessége” kissé legyengült.

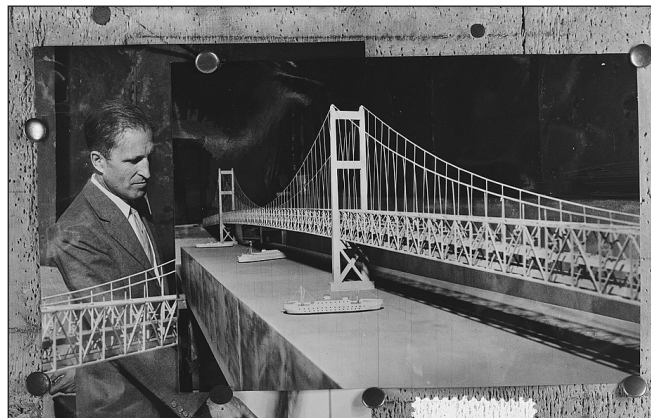
Az 1908-as dél-olaszországi erős földrengés (az áldozatok számát tekintve – 80 ezer körüli halott – akkor a legsúlyosabb természeti katasztrófának számított Európában) megerősítette a tényt, hogy alapvetően át kell értékelni egy ilyen hosszú híd projektjének ötletét.

1921-ben ismét szó esett egy víz alatti alagútról, amikor is Emerico Vismara mérnök a Firenzei Földrajzi Kongresszuson bemutatta a Messinai-szoros alatti alagút tanulmányát. Az utolsó kísérletre a második világháború előtt került sor.

1934-ben Antonino Calabretta haditengerészeti mérnök bemutatott egy hídprojektet Punta Faro és Punta Pezzo között. A következő évben Filippo Corridoni parancsnok ehelyett egy hatalmas víz alatti acélső lefektetését javasolta a vasúti és járműszállításához.

A második világháború után ismét felmerült egy messinai híd építésének szükségessége. A hídprojekt ötletét 1952-ben indították újra az Olasz Acélgyártók Szövetsége (ACAI) kezdeményezésére, amely David Steinman amerikai mérnököt (az egyik legképzettebb és legrangosabb függőhidak tervezőjét) bízta meg előzetes tervek elkészítésére. Steinman projektjének három szakaszon kellett volna átívelnie a szoroson, két pilonnal, 220 méter magasan a vízszint felett és 120 méterrel a tenger alatt (alul vonatok, fent autók). Az építkezés 12 000 munkás munkáját és mintegy 100 milliárd líra költséget igényelt volna. Szó esett arról is, hogy amerikai cégek hajlandóak finanszírozni a munkát (5. ábra).

5. ábra: Steinman amerikai mérnök hídterve



E projekt alapján 1955-ben a Szicíliai Régió megbízást adott a Milánói Műszaki Egyetem Lerici Alapítványának (Luigi Solaini és Roberto Cassinis) egy geofizikai tanulmány elkészítésére azzal a céllal, hogy ellenőrizték a képződmények természetét mind a partokon, mind a szoros az alján. 1955-ben néhány jelentős nemzeti építőipari vállalat (Finsider, Fiat, Italcementi, Pirelli, Italstrade) megalapította a *Ponte Messina SpA* (Società per Azioni) csoportot, amelyek célja egy stabil közúti és vasúti kapcsolat létrehozása Szicília és a kontinens között.

1957-ben Armando Brasini építész is tett egy javaslatot egy több nyílású hídra, amely mesterséges szigetekből kilépő oszlopokra függesztett volna fel.

1969-ben az olasz Közmunkaügyi Minisztérium *nemzetközi ötletpályázatot* hirdetett a szorison való stabil közúti és vasúti átkelő projektjére. 143 projektet mutattak be, amelyek közül 125-öt túlnyomórészt olasz tervezőkből, 8 amerikaiból, 3 britből, 3 franciából, 1 németből, 1 svédből, 1 argentinból és 1 szomáliából álló csoportok dolgoztak ki. A pályázat két vasúti vágány és hat autópálya sáv áthaladásának szükségességét írta elő. Az előtanulmányokra 3,2 milliárd lírát különítettek el. 12 díjat osztottak ki, 6 első díjat (15 millió líra) és 6 második díjat (3 millió líra).

Az első 6 helyen javasolt nyertesek listája (6-12 ábrák):

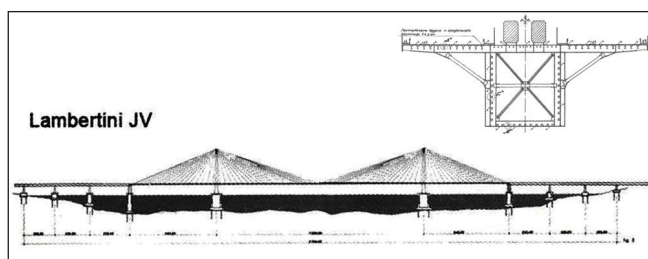
1. Lambertini csoport (ITA) – Háromnyílású ferdekábeles híd
2. Musmeci csoport (ITA) – Egynyílású függőhíd
3. Grant Alan + Partners (UK) – középvízi alagút fenékre horgonyozva, u.n. Arkhimédész híd
4. Ponte Messina SpA csoport (ITA+USA) – Háromnyílású függőhíd
5. Montuori + Eng csoport (ITA) – Négynyílású függőhíd
6. Technital SpA (ITA) – Ötnyílású függőhíd

Pier Luigi Nervi is részt vett a versenyen, annak ellenére, hogy 2. díjat nyert, az egynyílású függőhíd (2700 m fesztávolsággal) külön említést érdemel (12. ábra)

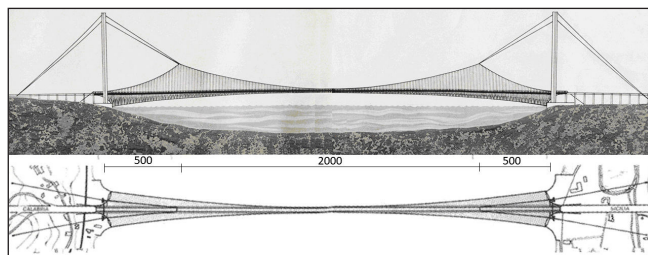
A *Ponte Messina SpA* csoport 1978-ban bemutatta az új egynyílású 3300 m fesztávú híd projektet. Ezek a tervek a későbbi, 2003-ban kiírt pályázat hídprojekt terveinek alapjául szolgáltak. 1981-ben *Strait of Messina SpA* céget alapították meg. 1981 és 1987 között további műszaki tanulmányok, javaslatok készültek el, viták folytak, amelyek végső soron ahhoz a meggyőződéshez vezettek, hogy a legjobb műszaki-gazdasági megoldás egy 3300 m-es, egynyílású függőhíd felépítése lesz. 2005 októberében, a harmadik *Berlusconi-kormány* idején az *Impregilo SpA* vezette *Eurolink SCpA ideiglenes gazdasági társaság 3,88 milliárd euros ajánlattal* nyerte meg a híd építésére kiírt fővállalkozói pályázatot (13. ábra).

2006 március 27-én az *Impregilo SpA* hivatalosan aláírta a szerződést a munka végleges tervezéséről és kivitelezéséről. Az új *Prodi-kormány* április 10-én blokkolta a teljes folyamatot, 2007-ben végrehajtotta a szerződés visszavonását és az *Impregilóval* kötött szerződés felmondását. A 2008 májusában Prodi utódjaként működő *Berlusconi kormány* bejelentette, hogy újra akarja indítani a hídépítési projekt folyamatát, és 2009 januárjában ismét megerősítette elkötelezettségét a munka elvégzése mellett, amelyet a következő évben kellett volna elkezdni.

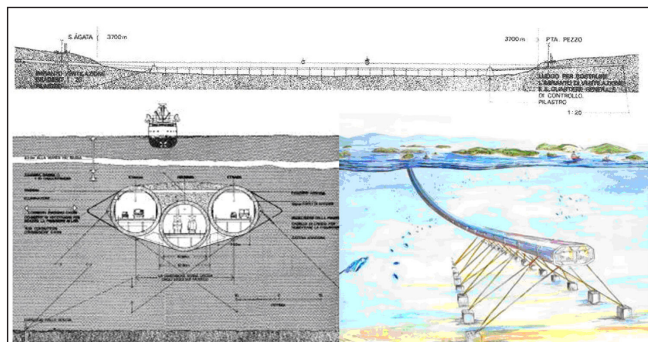
2009 októberében a *Stretto di Messina SpA* megbízást adott a fővállalkozónak a végleges és végrehajtó tervezési tevékenység megkezdésére. Az *előkészítő* munkákhoz kapcsolódó első építkezések 2009. decemberében kezdődtek meg. 2012. április 17-én fejeződött be a Messinai-szoroson



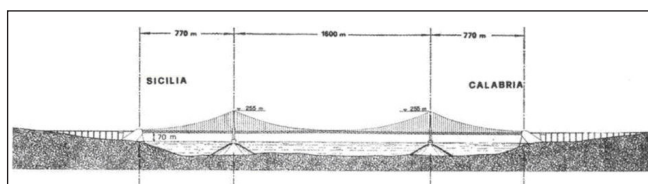
6. ábra: Lambertini-Leonhardt csoport hídterve



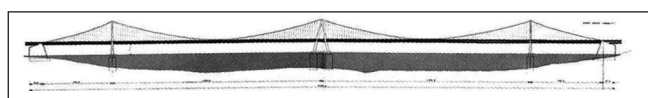
7. ábra: Musmeci csoport hídterve



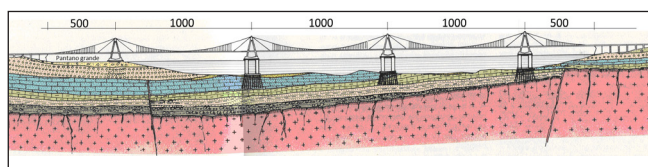
8. ábra: Grant Alan hídterve



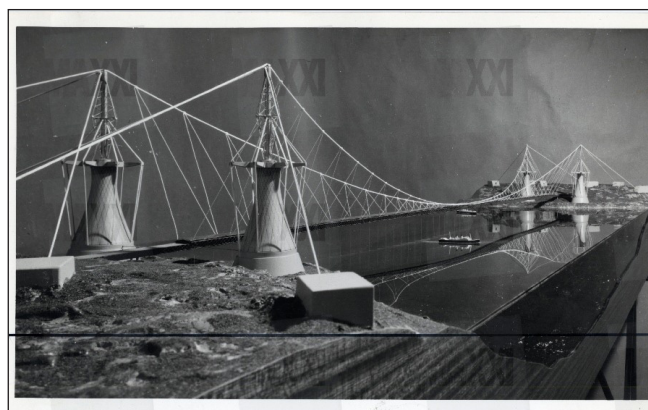
9. ábra: A Ponte Messina csoport hídterve



10. ábra: A Montuori csoport hídterve



11. ábra: Technital csoport hídterve



12. ábra: P. L. Nervi hídterve



13. ábra: Eurolink, a 2003-as pályázat nyertese © Stretto di Messina S.p.A.

átívelő híd első előkészítő munkája. Tekintettel Olaszország sivár költségvetési helyzetére és az Európa-szerte zajló hatalmas megszorításokra, 2013. februárjában a projektet a *Monti-kormány* leállította.

2016. szeptember 27-én *Matteo Renzi* miniszterelnök újra elindította a szorison átívelő híd megépítésének ötletét, hogy „eltávolítsa Calabriát az elszigeteltségből, és biztosítsa, hogy Szicília közelebb legyen”; és kijelentette, hogy a híd „100 000 munkahelyet” terem. 2020. június 5-én *Giuseppe Conte* miniszterelnök bejelentette, hogy „sérelmek nélkül” értékeli a Messinai-szorison átívelő híd építési projektjét. Később, 2020 július 15-én Calabria regionális tanácsa jobbközép többséggel jóváhagyta a Messinai-szorison átívelő híd megépítését támogató indítványt.

14. ábra: Az Akashi híd (Japán) [Tysto, Wikimedia Commons](#)



15. ábra: 1915_Çanakkale híd (Törökország) Zafer CC BY-SA 4.0



2023. március 16-án a *Meloni - kormány* jóváhagyta a projekt megvalósításának újraindításáról szóló törvényerejű rendeletet. 2023 május végén a projektet az olasz parlament *mindkét kamarája jóváhagyta*. Az MIT **15 milliárd euróra** becsüli a projekt megvalósításának, valamint az összes vasúti és közúti hozzáférési munkájának a költségét.

2024. október 21. A Stretto di Messina Company (Messina-szoros Társaság) és a CINEA (az Európai Bizottság Éghajlati, Infrastruktúra- és Környezetvédelmi Végrehajtó Ügynöksége) aláírta a Támogatási Megállapodást a Messinai-szoroson átívelő híd tervezési költségeinek európai társfinanszírozásáról. Ez egy hozzávetőleg 25 millió eurós vissza nem térítendő hozzájárulás, amely a munka kiviteli tervezési költségeinek 50%-át fedezi a vasúti infrastruktúrához köthető rész tekintetében.

Az építkezést az Eurolink konzorcium végzi az olasz *Webuild* építőipari cég vezetésével. Az építkezés a tervek szerint 2025 júliusában kezdődne, és a projekt megvalósítása összesen hét évig tartana.

A messinai függőhíd bemutatása előtt tekintsünk meg - összehasonlítás kedvéért - két „hosszú függőhidat”!

Az *Akashi híd* Japánban, melynek teljes hossza 3911 m, leghosszabb *fesztávolsága 1991 méter*, magassága 297,3 méter.

2022-ig a világ leghosszabb hídja volt (14. ábra)

Az *1915 Çanakkale híd* Törökországban a jelenleg leghosszabb (háromnyílású) híd, melynek legnagyobb *támaszköze 2023 méter*, szabad nyílás magassága 69,3 méter, teljes hosszúsága 4608 méter, magassága 334 méter.

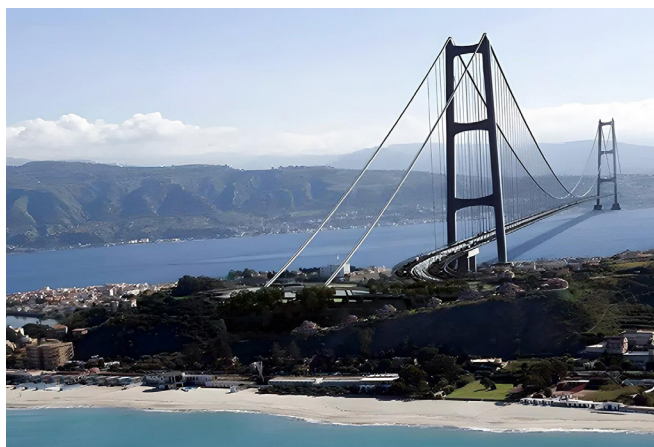
A „Ponte Sullo Stretto Di Messina”(híd a Messinai-szoroson, a továbbiakban „*Messina híd*”) az aktuális tervek szerint egy **3300 m fesztávolságú** függőhíd, melynek teljes hossza **3666 m** (háromszor hosszabb mint a San Francisco-i *Golden Gate híd* - 1280 méter leghosszabb fesztávolsággal) (16. ábra).

A Messina híd két pilonja **399 m magas** (magasabb mint az 381méters Empire State Building), szélessége **60,4 m**, irányonként 3 sávval (ebből egy sürgősségi) és két nagysebességű vasúti vágánnyal amely óránként **6000 autó** és naponta **200 vonat** áramlását képes biztosítani. A híd továbbá két szerviz/karbantartó sávval is rendelkezik. Az átkelés ideje a Messinai-szoroson autóval 10 perc és vonattal csak 15 perc lenne.

Megállapíthatjuk, hogy a felépítendő „Ponte Sullo Stretto di Messina” (17. ábra) valóban a világ leghosszabb *egynyílású függőhídja* lehetne **3300 m fesztávolsággal**. A következő ábrák a tervezett *Messinia híd* néhány jellemző képeit mutatják be (17. – 23. ábra).

16. ábra: A Golden gate híd

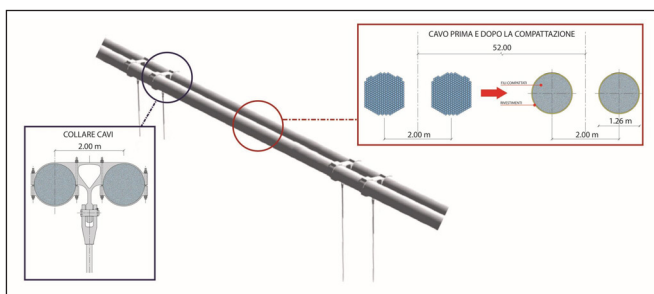




17. ábra: A felépítendő „Ponte_Sullo Stretto Di Messina” © Stretto di Messina S.p.A.

A híd mindkét oldalán egy kábelpár található (2 m távolságban), a párok közötti távolság pedig **52 m**.

A kábelek átmerője **1,26 m**, szakaszonként 44323 vezetékből, (teljes hossza 5300 m, összesen 170000 tonna) (19. ábra).



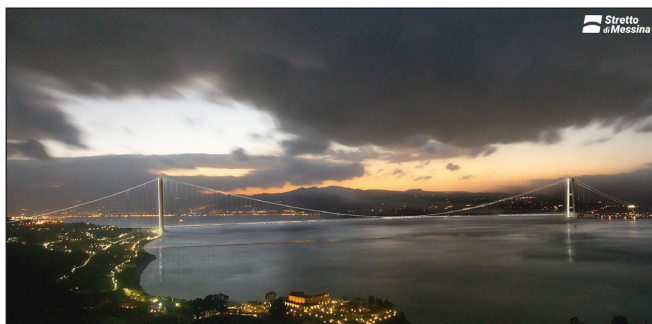
19. ábra: A híd szerkezet kábelei © Stretto di Messina S.p.A.



21. ábra: A tervezett Messina híd egyik hídfője © Stretto di Messina S.p.A.

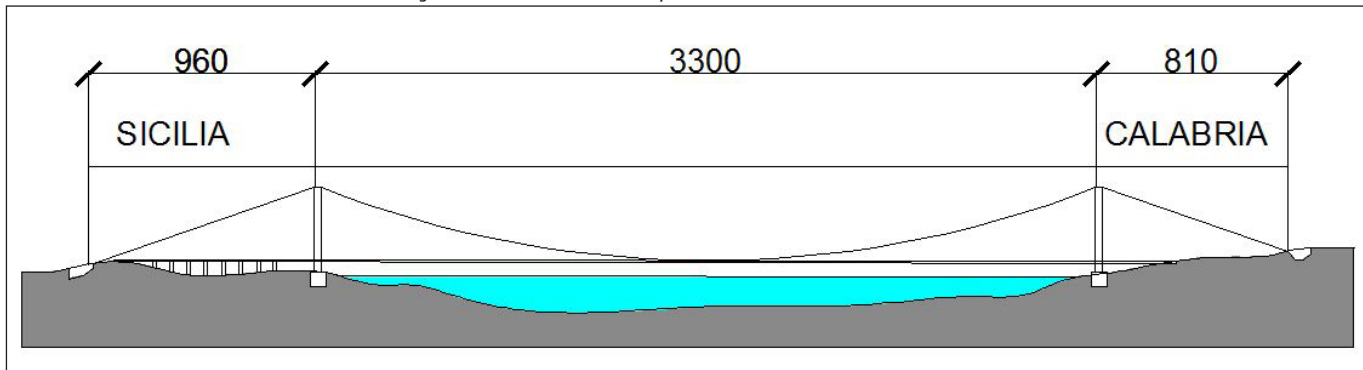


22. ábra: A tervezett Messina híd sávjai © Stretto di Messina S.p.A.

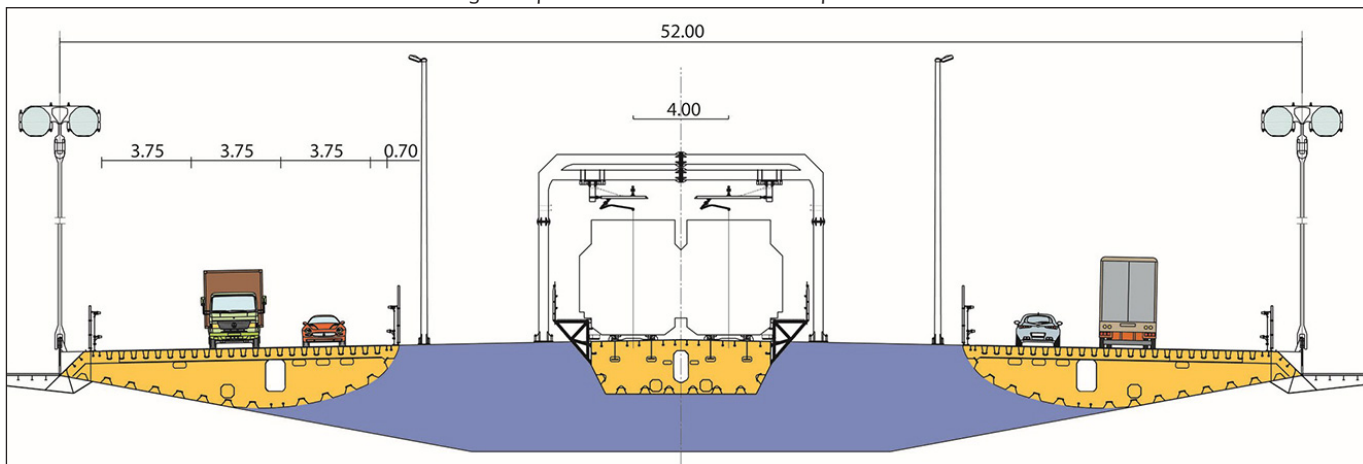


23. ábra: A tervezett Messina híd éjjel (Stretto di Messina) © Stretto di Messina S.p.A.

18. ábra: A tervezett Messina híd metszeti rajza © Stretto di Messina S.p.A.



20. ábra: A híd szerkezet felosztása különböző forgalomtípusokra © Stretto di Messina S.p.A.



A kábeleket összesen 533000 köbméter acél és beton rögzítő lábazatokba ágyazzák, szinte teljesen a föld alá (21. ábra).

A 22. ábra a tartószerkezet speciális aerodinamikai felépítését mutatja, amelynek célja, hogy a lehető legkisebb felületet biztosítsa a szél támadásának.

Befejezésül engedjék meg, hogy idézzem Kányádi **Sándor**, Kossuth-díjas erdélyi magyar költő „**A hídépítő balladája**” című mese - történetéből a következő sorokat:

„A híd, fiam, olyan, mint a kézfogás.
A legszebb, a legtartósabb kézfogás.
Egy magasságban kell állnia a két parti pillérnek.
A hídnak ívelnie kell.”

Köszönöm megtisztelő figyelmüket!

Prof. Dr.-Ing. Laszlo M. Palotas, Ph.D.

HIVATKOZÁSOK

Homer: Ilias Odyssee. Frankfurt am Main: Insel Verlag, 1990
Ovidius P.; Metamorphosen, Gotha, Fridr. Andr. Perthes, 1885
Seneca, L.A.: Briefe an Lucilius, Reclam Verlag, ISBN: 978-3-15-011285-4
Livius, T.: The History of Rome, London, Henry G. Bohn.
<http://www.bernd-nebel.de/bruecken/>
<https://de.wikipedia.org/wiki/Charybdis>
<https://de.wikipedia.org/wiki/Skylla>
[https://de.wikipedia.org/wiki/Brücke_über_die_Straße_von Messina](https://de.wikipedia.org/wiki/Brücke_über_die_Straße_von_Messina)
<https://strettodimessina.it/web/il-ponte/>
https://it.wikipedia.org/wiki/Ponte_sullo_stretto_di_Messina
<https://www.nzz.ch/>
<https://blog.urbanfile.org/2024/03/06/reggio-calabria-citta-ponte-sullo-stretto-storia-e-attualita-di-questa-grande-opera/>
<https://www.tagblatt.ch/international/33-kilometer-traum-berlusconis-ld.703333>
<https://www.internazionale.it/essenziale/notizie/laura-melissari/2022/08/31/calabria-sicilia-stretto>
<https://www.euronews-com.translate.goog/travel/2024/10/22/sicily-and-mainland-italy-might-soon-be-linked-by-the-worlds-longest-suspension-bridge?>
<https://www.youtube.com/watch?v=wt1S46iqBAY>
https://www.youtube.com/watch?v=JZIP_7Ke9uA&t=170s
<https://konyvtar.dia.hu/>

GONDOLATOK A PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ KAPCSÁN

A **fib** Magyar Tagozata Palotás László-díjasának írása

Dubrovsky Gábor

<https://doi.org/10.32969/VB.2025.1.2>

1982-ben az Építőmérnöki Kar Szerkezetépítő Szakán végeztem, és statikus tervezőként helyezkedtem el a pécsi Dél Dunántúli Tervező Vállalatnál. Később szintén tervezőként dolgoztam Pécsen, a Mecseki Ércbányászati Vállalatnál.

Szerencsés voltam, mert sok érdekes és viszonylag önálló feladatokat kaptam. A hagyományos épületszerkezetektől a csarnokszerkezetekig, esetileg még sáterszerkezetekkel is foglalkoztam. Voltak szakértő jellegű feladataim is. Ezekre a feladataimra tekintettel T1 vezető tervezői és SZÉSI szakértői jogosultságokat szereztem.

Egy újsághirdetés kapcsán 1986 végén jelentkeztem, és pályázat után kineveztek az akkori BVM Dunaújvárosi Gyára, Komlói Gyártelepére gyártelepvezetőnek. Az üzem kb. 170 fős létszámmal és komoly technológiával rendelkezett. Mintegy másfél év múlva már a Pécs-Hird gyártelep is hozzám tartozott egy gyáregységi szervezetben, ahol én voltam a gyáregység vezető és kb. 350 fő munkájáért feleltem.

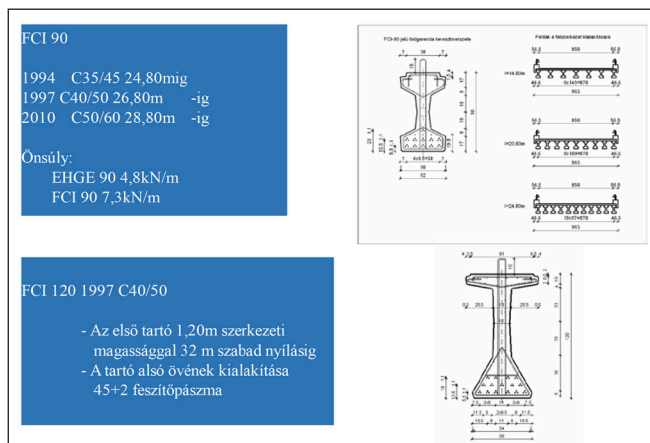
Így viszonylag fiatalon nagyon sok vezetői tapasztalatot tudtam szerezni. 1990-1994 között egy újonnan alapított cég szervezeti kereteiben bérlelként üzemeltettem a hirdi és komlói gyártelepeket kb. 250 fő foglalkoztatásával. Ez egy nagyon nehéz időszak volt az építőanyagipar számára, kevés volt a munka.

Én ebben az időszakban kezdtem el foglalkozni a hídgerenda fejlesztésekkel. Láttam ugyanis a hirdi gyártelep hídgerenda gyártósorait, melyek gépészetileg elképesztően magas műszaki színvonalúak voltak, csak éppen a gyártható hídgerenda keresztmetszetek, az EHGE 70-es és EHGE 90-es tartók, mint vasbeton keresztmetszetek elsősorban a betontakarás 15 mm-es nem megfelelő mértéke miatt, nem feleltek meg már a követelményeknek.

1994-ben azt hiszem életünk egyik legnagyobb lehetőségeként barátaimmal és kollégáimmal részt vehettünk a Ferrobeton Zrt. privatizációjában. Nagyon fiatalok voltunk, az operatív managementből mindannyian 40 év alattiak voltunk (Juhász Péter, Vas Lajos, Szőke Béla és Lengyel János barátaimmal).

1994-ben már a Ferrobeton Zrt.-nél kerültek kifejlesztésre az első korszerű 35 mm betontakarással rendelkező nagy volumenben beépített FCI 90-es tartók (M1 Győr-országhatár; M15). A tartófejlesztések tovább folytatódtak (1. ábra). 2007-ben engedélyeztettük az FCI 120-as tartókat. Az FCI 90 és az FCI 120-as tartók kerültek az idők folyamán a legnagyobb tömegben alkalmazásra, de a további tartócsaládok is: az FP tartótípusok, az ITG tartótípusok és az FPT tartótípusok is szintén jelentős mértékben beépítésre kerültek.

A Magyarországon az 1994-től napjainkig, nagy



1. ábra: FCI 90 és FCI 120-as gerendák

mennyiségben megvalósult autópálya szakaszok, melyek építése kapcsán a jellemzően előfeszített előregyártott vasbetongerendás hídfelszerkezetek esetén a hídgerendák kb. 80%-át (több mint 1000 híd) mi gyártottuk és szállítottuk, ill. a későbbiekben nagy mennyiségben az építési helyszíneken be is építettük.

Az FI-150-es tartó fejlesztését egyéb nagy szilárdságú beton kifejlesztését célzó kísérletek előzték meg. Ezeknek eredményeként még dr. Szalai Kálmán professzor úr irányítása mellett a Hidak és Szerkezetek Tanszék új Műszaki Szállítási Feltételeket adott ki, ugyanis az akkori hidakra vonatkozó műszaki előírások nem tartalmazták a C50/60-as és az e feletti szilárdsági osztályokat. A törési kísérletek a BME-n végezték.

2006-ban engedélyeztettük az FI 150-es tartókat C60/70-es szilárdsági osztályú betonnal, 44,80 m tartóhosszal (2. ábra).

Az M6 autópályán 4 db völgyhíd épült meg FI-150 típusú tartókkal, 27.026 m összhosszal:

687 db tartó, melyből 441 db tartó 44,0 m feletti tartóhosszal került beépítésre

Megrendelők:

M6 Építési Kft.

Bilfinger Berger Hungária Kft.

Szállítás, beemelés közúti szállítással:

Tamás és Zsolt Kft., Lovas István úr irányításával.

A Ferrobeton Zrt. az FI 150-es tartók a tárgyi völgyhidakban történt nagytömegű alkalmazására tekintettel 2010-ben együttműködő partnereivel, az UVATERV Zrt.-vel és a BMGE Hidak és Szerkezetek tanszékével, mint közreműködőkkel megkapta a Magyar Innovációs Nagydíj Pályázaton a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatal Innovációs-díját (3. ábra).

A Ferrobeton Zrt.-nél volt arra alkalmunk, hogy támogassuk



2. ábra: FI 150/44,80-as tartó



3. ábra: Völgyhíd építése az M6 autópályán

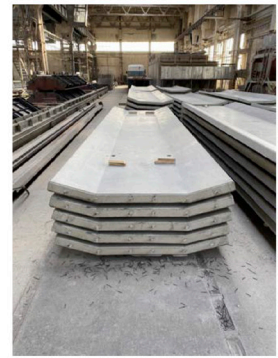
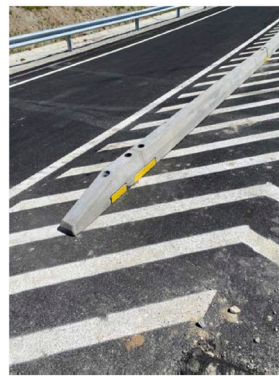
és közreműködünk partnereinkkel a különböző műszaki fejlesztési projektek végrehajtásában. Ez vonatkozott az előzőekben ismertetett tartófejlesztésekre, mely kapcsán szeretném kiemelni az FI 150-es tartók fejlesztésére vonatkozóan személyesen Bedics Antal mérnök urat az Uvaterv-től és dr. Kovács Tamás docens urat a Hidak és Szerkezetek Tanszék részéről. Hosszú időn keresztül tartó széleskörű szakmai együttműködést valósítottunk meg dr. Balász L. György professzor úrral és az Építőanyagok és Magasépítési Tanszék többi munkatársával. A különböző szerkezetfejlesztési feladatok mellett (pl. úszómű, változó szerkezeti magasságú hídgerenda), foglalkoztunk anyagtani fejlesztésekkel is.

A családunk 2015-ben vásárolta meg a Ferrobeton Zrt. volt párkányi gyárát, mely a Betonwerk s.r.o. szervezeti keretein belül működik. A következőkben látható, hogy széleskörű fejlesztéseket hajtottunk végre a közlekedésépítés terén:

- autópálya építésknél alkalmazott feszített vasbeton makró műanyag szálerősítésű árokelemek (4. ábra)
- újonnan fejlesztett közúti vasbeton terelőelemek (4. ábra)
- hídgerenda család, 6 - 32 m nyílás tartományban (6. ábra)
- hídszegély elemek.

A közlekedés építési elemek fejlesztése között jelentős méretű magasépítési szerkezetek is gyártottunk és építettünk, mint pl. a 20 m belmagasságú 6500 m²-es Környén épült magasraktár vasbetonszerkezete (5. ábra).

Emellett export feladatok kapcsán elkezdtünk gyártani nehézbeton elemeket is minimum 37 kN/m³ térfogatsúllyal.



4. ábra: Közúti vasbeton terelőelemek és árokelemek



5. ábra: Környén épült magasraktár

6. ábra: BWI hídgerenda család

BW s.r.o.

Betonwerk s.r.o.
 Sládkovičova 248A/I, 542 02 Štúrovo
 sales@betonwerk.sk
 +421 935 741 619
 www.betonwerk.sk

BWI

HÍDGERENDA CSALÁD

BW1 - 30/6,60 - 12,60	40 mm betontakarással
BW1 - 37/6,60 - 14,60	40 mm betontakarással
BW1 - 90/8,80 - 26,80	40 mm vagy 50 mm betontakarással
BW1 - 100/8,80 - 28,80	40 mm vagy 50 mm betontakarással
BW1 - 120/8,80 - 32,80	40 mm vagy 50 mm betontakarással

A gerendák kéttámaszú és többtámaszú kivitelben monolit vasbeton pályalemezzel híd szerkezetbe alkalmazhatóak.

A BETONWERK s.r.o. párkányi gyárához különböző időszakokban jogász lányom Andrea és építőmérnök fiaim Balázs és jelenleg Szilárd ügyvezetőkként kötődnek. Nagy öröömre esélyt látok arra, hogy a vasbetonelem előregyártó és szerkezetépítő vállalkozást a család hosszú távon tovább folytassa. Jelenleg nyugdíjasként nekem is ez a gyár ad még lehetőséget, hogy tovább folytathassam szakmai tevékenységemet.

Ennek kapcsán is szeretném megjegyezni, hogy itt az egyetemen folyó magas színvonalú műszaki oktatás mellett,

fontosnak gondolom, hogy a jövő mérnökei, akik közül sokakból alkalmazottként vállalati vezetők, vagy vállalkozók lesznek, kapjanak valamilyen szinten gazdasági és pénzügyi ismereteket is, és talán szerencsés lenne, ha vállalkozói tapasztalatokkal is megismerkedhetnének.

Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet a **fib** Magyar Tagozatának, a Palotás-díj Kuratóriumának, hogy megkaphattam a 2024. évi Palotás László-díjat, mely kitüntetés a számomra, rendkívül megtisztelő.

A *fib* Magyar Tagozata Palotás László-díjasának írása

Spránitz Ferenc

<https://doi.org/10.32969/VB.2025.1.3>

KÖSZÖNET

Köszönöm a kimagasló mérnök-szakmai kitüntetést a tisztelt Kuratóriumnak, Dr. Balázs L. György professzornak és a díjat személyesen átadó Dr. Ing. László M. Palotás, Ph.D. professzornak. Mivel szeretem a munkámat, ezért mindig értelmét láttam és örömet leltem a különféle termékek, szerkezetek gazdaságos megvalósításában való közreműködésnek. Köszönöm minden tanáromnak és munkatársamnak, hogy tanulhattam tőlük. Köszönöm az alkotó és oktató munkára kapott lehetőséget a munkahelyeimtől és a nyugodt, segítő háttérrel a családomtól.

Gratulálok egyben Dubrovsky Gábornak, akivel közösen kaptuk a 2024. évi Palotás-díjat. Évtizedek óta ismerem Gábort, akinek élete szinte egyet jelent a vasbeton szerkezetek gyártásával, új technológiák fejlesztésével.

1. BEVEZETÉS

Az építőiparhoz való vonzódásomat valószínűleg meghatározta édesapám unokatestvére, Spránitz Tibor építészmérnök, akire büszke voltam, mert 5 évig a Műegyetemen tanított, majd hazahívták a háborúban kiégett székesfehérvári Vörösmarty Színház újjáépítésének tervezéséhez és mérnök kollégáival közösen társadalmi munkában készítették el a terveket. Sok lelkes fehérvári adakozásával fel is épült a színház.

Az Építésügyi Minisztérium ösztöndíjasaként (1980-85) Szentpéterváron építőmérnöki, később az ARÉV támogatásával (1998-2000) a BME-n betontechnológus szakmérnöki diplomát kaptam. Még az egyetemi TDK-s munkák során mondta az *Ásványi kötőanyagok* tanára, hogy jó érzékem van a kísérletek megtervezéséhez, elvégzéséhez, de főképp az eredmények értelmezéséhez, grafikus ábrázolásához, következtetések levonásához; ilyen területen sikeres lehetek.

2. SZAKMAI KEZDET

Egyetem után, 1985-ben kerültem a székesfehérvári ARÉV-hez. Itt szokás volt, hogy a pályakezdő mérnököket egy évig a cég különböző egységeihez osztják be, majd a „forgást” követően kiválaszthatják azt a területet, amelyen dolgozni kívánnak. A 86-os évben a fejlesztési főmérnökséget választottam, ahol olyan kutatás-fejlesztési munkák folytak, amelyekben kiváló építész, statikus, gépész, vegyész, fizikus szakemberek vettek részt. A gondolatok szárnyalhattak, mivel kezdetben e kutatásokhoz még megfelelő pénzügyi keret állt rendelkezésre; állami, ún. célprogram bizottságok is működtek, melyekben részt vett a főmérnökség. Egy ilyen, szakmailag vonzó projekt

volt pl. a gipszkartont gazdaságosan és környezetbarát módon helyettesítő, papírhulladék és REA-gipsz alapú gipszrost lapgyártás fejlesztése. Az volt a vezérigazgató terve, hogy közép-európai gipsztermék „nagyhatalom” leszünk; elmondta, hogy ebben rám is számít. Sajnos korán elment nyugdíjba, az utódoknak már nem voltak ilyen terveik.

Szívesen mentem ki a „lordok házából” az ipari telepre, hogy részt vegyek olyan termelési munkákban, amelyek aktuális gyártási vagy kivitelezési feladatok megoldásához kapcsolódtak. Ilyen volt az öntött gipsz válaszfalakok gyártási ciklusidejének költségmentes meggyorsítása, a préselt gipsz válaszfalakok léghanggátlása javítása olcsóbb kötőanyaggal, a sportsarnokunk meredek lelátójához szükséges FN-KK betonkeverék szivattyúzhatósága 4-5 V% légbuborék bevitelével vagy az önterülő anhidritesztrich szivattyúzásakor esetenként fellépő dugulás gazdaságos megelőzése gánti dolomitliszttel. Lenyűgözött az Alba Clasp homlokzati kéregpanelek feszítő-puskás gyártása, de főképp az angol licenccsú szén-dioxiddal telített „hideggőzös” érlelésük, amit csak 25 évvel később értettem meg.

A 80-as évek második felében még természetesnek tűnt, hogy az országos panelszerelési lázban az ARÉV cégvezetése meghagyott, sőt a székesfehérvári városvezetéssel és más helyi cégekkel összefogva közösen felújított, a most Palotavárosként ismert városrészben egy régi, macskaköves, parasztházas, varázslatos utcát (*1. ábra*).

Kár, hogy ez a fajta gondolkodásmód és összefogás napjainkra már kevésbé jellemző.

Az újfajta termékek gyártásán túl az akkori fejlett világ számos építéskivitelezési technológiáját is átvettük (pl. *2. ábrán* Binishell kupola, Lift-Slab födémemelés, Tremix vákumpadló, angol CLASP könnyűszerkezetes építési rendszer stb.).

Az 1987-es évet a cég szakmai tolmácsaként kezdtem az orosz minisztériumokkal és tervező intézetekkel folytatott

1. ábra: Székesfehérváron, a Palotaváros lakótelepen meghagyott és felújított Rác utca





2. ábra: Binishell kupola vasszerelése a földön, majd felfújva az ARÉV ipari telepén

tárgyalásokon, majd a sikeres szerződések után az Alba Clasp rendszerünk helyszíni létesítményfelelőse lettem Kazahsztánban. A tucatnyi könnyűszerkezetes építmény felépítése után hazatérve, örültem, hogy mellettem döntött az ipari főmérnök, amikor a megszűnő fejlesztési főmérnökség dolgozóiból ipari fejlesztési csoportvezetőnek kiválasztott.

Rengeteg inspiráló szakmai feladat volt. A rendszerváltással egyidőben megszűnt a korábbi olcsó és egyenletes minőségű, Harz-hegységbeli NDK-s félhidrát- és anhidritgipsz beszállítása; az elfogadható áron beszerezhető alapanyagok (pl. foszforsav- és citromsavgyártásból, füstgázkéntelenítésből származó gipsz, néha természetes gipsz) jellemzői nagyban különböztek. Gyorsvizsgálati módszereket fejlesztettünk ki, amelyekkel egy órán belül kideríthető volt, hogy mire alkalmas leginkább az adott gipsz-szállítmány (kis, normál vagy nagy testsűrűségű válaszfallap gyártása, van-e görbülési hajlama és az megelőzhető-e kis mennyiségű kálium-szulfát adagolásával stb.). Matematikai modellezésen alapuló kísérlettervezéssel oldottuk meg Pekár Gyulával az Alba Térkö nyomószilárdsága növelését; a betontechnológiában ismert paraméterek betartása mellett döntőnek találtuk a betonkeverék 0,125 mm alatti szemcséinek (cement+egyéb poranyag) kb. 165 l/m³ térfogati arányát.

Feladatunk volt még hidrofób gipszlap gyártása, az osztrák licencű Alba Prottelith könnyűbeton-adalékanyag költséges vegyszerének kiváltása, szárazhabarcsok összetétel-tervezése és gyártása: pl. ORFK lapostetője hőszigeteléséhez lejtésben beépíthető PSH könnyűbeton és erre önthető vékony, félig önterülő cementesztrich a ragasztott vízszigetelés fogadásához, ragasztó- és simító gipsz a gipszlapok beépítéséhez, vakoló gipsz és csemperagasztó receptek, téli betonozási munkákhoz részletes betontechnológiai utasítás készítése, Ujhelyi Jánossal közösen „trezorbeton” tervezése és készítése az OTP-MNB székházhoz, laborvizsgálatok az M7 autópálya Erdélyi Attila-féle gyorsbetonjához, ipari padlók betonösszetétel-tervezése, könnyű- és normál testsűrűségű cementesztrichek kifejlesztése, a mára lebontott Népstadion emelt tribün vasbeton szerkezeteinek diagnosztikája stb. E munkák során kiváló külsős szakemberekkel dolgozhattam együtt, mint pl. Csányi László, Dombi József, Máhr Géza, Rejtő Péter, Sántha Béla, Zsigovics István. Sokat tanultam a külföldi építésvegypari konferenciákon is (pl. Culminal, Elotex, Wacker-Chemie, Akzo Nobel, Newchem konferenciák).

Amikor Székesfehérvár legrégibb műemléki épületét, a Szent Anna kápolnát újtottuk fel, a befülledésre hajlamos solnhofeni kőlapok alatti esztrichpadozat összetétel-tervezése kapcsán mondta Valtinyi Dániel: „Mivel ez a terepből kiemel-

kedő domb a középkori járványok tömegsírjait, épületek vegyes törmelékeit fedi, ezért ha van benned egy kis lokálpatriotizmus, akkor kb. $V_{lev} = 17\%$ levegőtartalmú, tehát már jó légáteresztő (a próbatest túloldalán égő gyertya már elfújható) és polimerrel módosított cementkötésű padozati anyagot készítesz; mert fontosnak tartod a károsító környezeti hatásokkal szembeni ellenállóképességet is!” Évekkel később e szemlélet anyag-tani magyarázatait tanította Kovács Károly és Ujhelyi János a betontechnológiai szakmérnöki tanfolyamon, ill. a környezeti ellenállási oldal újfajta osztályai - mint kulcsfontosságú változások - már megjelentek a második generációs Eurocode tartószerkezeti tervezési szabványban is (lásd pl. MSZ EN 1992-1-1:2024 szabvány 6.3 és 6.4 táblázatát).

Mai napig igen sikeresnek tartom a Lurdy-ház kb. 40 em²-nyi PCC esztrich összetétele tervezését, a beépítés művezetését. A nyílászárók beépítése előtt, huzatos körülmények között, tehát minden műszaki előírás alapfeltételei mellőzésével kellett elkészíteni a 3-5 cm vastag, csúszóréteges szerkezeti felépítésű esztrichet. A receptúrában egy kedvező térfogati fajlagos felületű OH 0/4 homok, kohósalak-portlandcement, mikroszál, adalékszerként pedig nagy molekulásúlyú természetes polimerdiszperzió és egy sztirol-akrilát kopolimer diszperzió keveréke volt. A mikroszál a vékony szerkezet korai felületi vízvesztése okozta repedések és a korai táblaszáli felhajlások megelőzését célozta; a kétfajta polimerdiszperzió pedig részben a könnyebb bedolgozhatóságot, részben pedig a portlandcement lassított karbonátosodását, s így a szerkezet keresztmetszetében egyenlőtlen karbonátosodási zsugorodásból fakadó késői felhajlás csökkentését tette lehetővé, ráadásul nagy hajlító-húzószilárdságot és igen jó kopásállóságot is eredményezett. Már a laborkísérletek során kiderült, hogy e műanyagdiszperziók keveréke azért volt szerencsés választás, mert jelentősen gyorsabbá vált a filmképződés, mint az egyes diszperzióké külön-külön, ráadásul a száradást követően meglepően nagy felületi Shore D keménység adódott. Vélhetően ezért nem károsodott, porlott a felület az egyes építéstechnológiai munkafázisokhoz kötődő raktározás, szállítás során (pl. burkolást megelőzően a padlólapok felhalmozása, kerekese kézi eszközzel történő mozgatása). E projekt után kértek fel az Esztrich és Ipari Padló Egyesület vezetésére, mert úgy ítélték meg hogy bár mérnök vagyok, de nem csak papíron és laborban, hanem az építési helyszíneken is tudok olyan esztrichanyagokat és szerkezeteket készíteni, mint az egyesületet alapító, többnyire Németországban gyakorlatot szerzett kisvállalkozások vezetői. Kb. 10 év után Csorba Gábor vette át az egyesület vezetését, aki a mai napig eredményesen és áldozatosan végzi a munkáját. Neki köszönhető, hogy



3. ábra: Cementmentes út- és járdaburkolat készítése hengerléssel és finiserrel

országos hatályú lett az esztriches és az ipari padlós műszaki irányelvünk.

Bár az elmúlt évek fejlesztése, de idekapcsolódik, hogy - egy cementmentes, környezetbarát útburkolat készítése során - sikeresen alkalmaztam szeles, forró nyári időszakban a Lurdy-ház PCC esztrich anyagában bevált természetes polimerdiszperzió „ösét”, mert az ilyen, levegőn száradó (nem hidraulikus) kötőanyag szilárdulásához kedvezőek azok a környezeti körülmények, amelyek „halálosak” a portlandcement számára. A laborkísérletek eredményeként sikerült kifejleszteni egy olyan big-bag kiszerelésű, vizes oldattal kevert finomszemcsés adalékvázú „Biopreferred” terméket, amely statikus hengerléssel vagy aszfaltfiniserrel 4-6 cm vastagságban tömörítve jól bevált kisforgalmú utak, portmentes járdák készítéséhez (3. ábra). A próbabeépítések vizsgálatai szerint - a geotechnikában használatos földműanyagoktól eltérően - az optimális víztartalmat a Proctor-görbe „száraz ága” felől közelítve érhető el a kedvezőbb helyszíni teherbírási jellemzők.

3. SZAKMAI KÖZÉLETI TEVÉKENYSÉG

Igaza lett Ujhelyi Jánosnak, amikor 2002-ben, az ARÉV megszűnése idején együttértésével és biztató mosolyával zökkentett ki elkeseredettségemből: „Végezd a munkád jól, úgy ahogy eddig is; olvass minél több angol nyelvű szakirodalmat és meglátod, a feladat majd megtalál”. Adott is jónéhány PCA, FHWA és FIP kiadványt, némelyekhez a saját kézírásos fordítását is.

Két héten belül hívtak telefonon, hogy érdekel-e egy most épülő, kis előregyártó üzem betonüzemvezetői állása. Azóta dolgozom a mostani munkahelyemen és írok, oktatok a szakmai tapasztalataimról.

A Beton Újságban 2002-től megjelenő írásaim forrása az új munkahelyemen, a Dolomit Kft.-nél készített kis költségű hengerelt betonburkolatunk (15 óra alatt 7.500 m²), a zúzott-köves betonból való vibropréslés és öntömörödő elemgyártás, az UHPC betonunk, a megnövelt savállóságú csatornázási aknaelemek, repedést követően felkeményedő viselkedésű betonból gyártott vasalatlan termékek és a CAD-CAM alapú robottechnológiás aknafénékelem-gyártás volt (*Spránitz*,



4. ábra: CAD-CAM alapú robottechnológiás gyártás

2022). Ezekkel kapcsolatos cikkeim a Beton Újságon kívül megjelentek a Magyar Építőipar és Vasbetonépítés szaklapban is.

A publikációknak köszönhetően az elmúlt két évtizedben több, mint 60 szakmai konferencián tartottam előadást. Egyetemi tanszékek, tudományos és műszaki szervezetek (pl. BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék, BME Hidak és Szerkezetek Tanszék, Szikktilabor Kft., NIF Zrt., MAÚT, ÉMI), valamint hazai és külföldi cégek, tervezők, bíróságok, építési vállalkozások és magánszemélyek számára készítettem szakvéleményeket. Örömmel vettem részt a cementpépek reológiai és szövetszerkezeti jellemzőinek, majd később a kloridállóság kutatására irányuló szakintézeti munkákban. A szakma iránt érdeklődő hallgatóknak szívesen vállaltam konzulensi feladatot TDK és szakmérnöki dolgozatok készítésében, ill. tanszéki felkérésre bírálói feladatot.

Magánszemélyként vagyok tagja a *fib* Magyar Tagozat, Magyar Mérnöki Kamara Építési Tagozat, Esztrich és Ipari padló Egyesület (EIEPE), Burkolástechnika Egyesület (BTE), Szilikátipari Tudományos Egyesület (SzTE) Beton szakosztálya, Építéstudományi Egyesület (ÉTE) szakmai szervezeteknek.

Szakmai egyesületek delegáltjaként vagyok tagja a CEN/TC 104 „Concrete and related products” munkabizottságnak és az MSZT/MB 107 betonos műszaki bizottságnak.

A *fib* kiadványok és a meghívott nemzetközi szaktekintélyek kiváló előadásai, valamint a „Betonopus” honlap (*Kausay, 1998-*) segítenek abban, hogy rövid idő alatt tájékozódhassak

4. SZOKÁSOS BETONOK KONZISZTENCIÁJA, SZIVATTYÚZHATÓSÁGA VS. A PÉPFÁZIS REOLÓGIÁJA

Mind a szabványok, mind pedig az építéskivitelezési gyakorlat kiemelt fontosságúnak tekinti a frissbeton roskadásával vagy területével jellemezhető konzisztenciát. Ez az építési gyakorlat számára kielégítő eljárás, mert a transzportbeton átadás-átvételéhez, vagy a munkahelyi beton ellenőrzéséhez jól lehet használni a mérési eredményeket. Ezen túlmenően azonban többnyire megfelelünk arról, hogy ezekkel a konzisztencia mérőszámokkal nem a frissbeton, hanem az adott módon bedolgozott betontest valamely jellemzőjét határozzuk meg: a roskadással a csömszörtlő kúp alakváltozási hajlamát, összetartó képességét és alakíthatóságát, a területtel egy másfajta, kisebb kúp átfarmálódási képességét és mozgékonyágát, a tömörítési mérőszámmal a vibrált hasáb tömörödési képességét, a Vebe-idővel a vibrált henger pép- és víztartó képességét. Ebből következően a konzisztencia-mérőszámok nem a friss betonkeverékre, hanem az adott betonkeverékből adott módon tömörített adott betontestre érvényesek, és egymással nem felcserélhetők.

Logikus tehát kijelenteni, hogy a konzisztenciavizsgálatokból általános érvényű következtetéseket nem szabad levonni és a beton szivattyúzhatóságának előzetes megítélését fenntartással kell kezelni a szabványos betonkonzisztencia mérések eredményei alapján.

Nem véletlen, hogy a kivitelezési gyakorlatban sokszor adódik nehézség a szivattyúzhatósággal kapcsolatban. Hiába jó a keverék területe, a csőátmérő és a gémozvezetés, de a beton gyakorta mégsem szivattyúzható. Folyósítószer ráadagolásakor pedig többnyire eldugul a csővezeték.

Miért nem segít ilyenkor a folyósítószer és miért csak felvizezéssel válik szivattyúzhatóvá a betonunk?

A Sziktilabor Kft. viszkozitásmérései alapján megállapítottuk, hogy a mozgékony cementpép reológiai viselkedése csak kb. 52-60 V% péptöménység fölött (kötőanyag-kombinációtól függően $x \geq 0.23-0.3$) vált át nyírásra vékonyodó jellegről nyírásra vastagodóra; tehát elvileg még jól kezelhető kellene, hogy legyen a szivattyúzhatóság a szokásos $x=0.4-0.5$, de még az akár $x=0.3$ víz-kötőanyag tényezőjű betonok esetében is, hiszen ezek pépfázisa még nyírásra vékonyodó.

A „Miért nem segít ...” kérdésre a választ a nyírásra vékonyodó viselkedés tendenciáinak elemzése adhatja meg. Jelentős eltérést tapasztaltunk a folyósítószeres és az anélküli pépek viselkedésében, amikor azokat kis vagy pedig nagy nyírási igénybevételnek tettük ki. A folyósítószerekkel elérhető növekvő terület - akár kis víz-cement tényező esetén is - jó összefüggést mutat a kis nyírási sebességhez tartozó viszkozitás csökkenésével. A pépterület és a nagy nyírási sebességhez tartozó viszkozitás tendenciája viszont betontechnológiai szempontból kedvezőtlen irányt jelez a folyósítószeres és anélküli pépek összehasonlításakor. A folyósítószeres pépek esetében ugyanis a pépterület vs. nagy nyírási sebesség görbéje „ellaposodik”; tehát a pépterület jelentős növekedése ellenére is csak igen kis mértékben vagy semennyit sem csökken a pép viszkozitása, ha pedig tovább erőltetjük a folyósítószer

adagolását, akkor a PCE-hatóanyagú szerek többsége vérzést okoz. Ezzel szemben a víz-cement tényező növelésével, tehát a beton felvizezésével jelentősen csökken a pépfázis nagy nyírási sebességhez tartozó viszkozitása; tehát kétségtelenül a víz tűnik a betonba adagolható, legjobb szivattyúzást segítő összetevőnek, még ha a területet kevésbé is növeli, valamint ismert módon rontja a szilárdsági és tartóssági jellemzőket.

A mérnöknek azt kell tudni, hogy az $x < 0.5$ víz-cement tényezőjű keverékek esetében {pl. XV3(H), XF4(H), XA4(H)-XA6(H), XA3, XD3 környezeti osztályban} a helyszíni konzisztenciamérés jó eredményéből nem feltétlenül adódik a frissbeton - felvizezés nélkül elérhető - szivattyúzhatósága. Ezért kellene az ilyen környezeti osztályú betonoknál kötelezővé tenni betontechnológus szakmérnök bevonását. A betontechnológus ugyanis empirikus úton megtanulta, hogy a folyósítószer gondos megválasztásával az $x \geq 0.45$ víz-cement tényezőjű betonok szivattyúzhatósága még megoldható a jól ismert betontechnológiai peremfeltételek betartásával, de $x < 0.45$ esetén ez már nem elegendő; a szivattyúzhatóság aligha oldható meg megfelelő kiegészítőanyag nélkül.

Vizsgálataink alapján ennek az a reológiai magyarázata, hogy némely kiegészítőanyag (pl. mészkölszt, köszénpernye, kis adagolású szilikapor, granulált kohósalak) jóval kedvezőbb mértékben csökkenti a nagy nyírási sebességhez tartozó viszkozitást, mint a folyósítószer adagolásának növelése. Kísérleteink során a folyósítószer adagolásának 1.5-szeresre növelésével a pépfázis viszkozitása 185 mPa*s-ról mindössze 171 mPa*s-ra csökkent; míg, ha a folyósítószer adagolását nem növeltük tovább, hanem kiegészítőanyagként köszénpernyét, szilikaport vagy granulált kohósalakot adagoltunk rendre 18%, 5%, ill. 20%-ban, akkor a viszkozitás 185 mPa*s-ról rendre 76, 110 és 124 mPa*s-ra, tehát jóval erőteljesebben csökkent. Töményebb pépfázisban (pl. $x=0.35$) nagyobb a kiegészítőanyagok viszkozitáscsökkentő hatása, mint a hígabb pépfázisban (Spránitz, 2023).

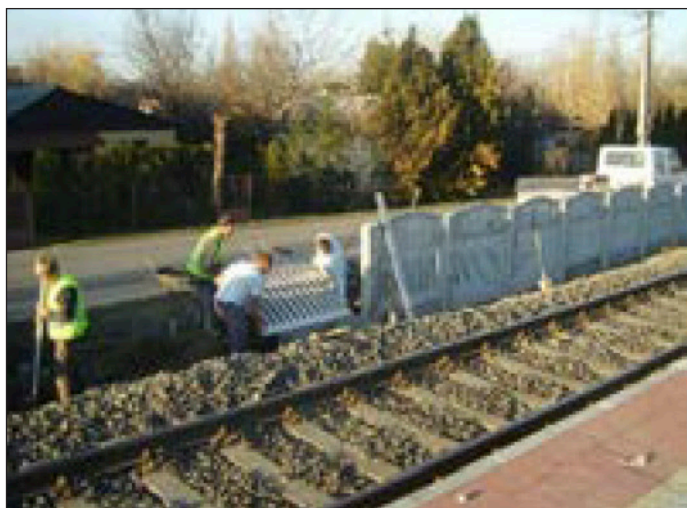
E kiegészítőanyagok tehát azért javítják a beton szivattyúzhatóságát, mert nem csak a közel nyugalmi állapotban (pl. területméréskor), hanem főként akkor csökkentik a pépfázis belső súrlódását, amikor azt intenzív nyíróigénybevétel éri. Eredményeinket igazolják azok az $x=0.23-0.3$ víz-kötőanyag tényezőjű, pernye- és szilikaporttartalmú betonösszetételek (Li, 2020), amelyekkel a felhőkarcolókhoz sikeresen szivattyúztak betont 400-600 m magasságba.

5. ÚJSZERŰ BETONOK: ÖNTÖMÖRÖDŐ, UHPC ÉS TRC

A napjainkban hangsúlyos fenntarthatósági szempontok (nagyobb tartósság, kisebb anyagigény és CO₂ kibocsátás, csökkenő szállítási és beépítési költségek), valamint a második generációs EC-2 szigorodó betonfedései elősegíthetik a szálerősített és a textilbeton elemek elterjedését. Ezek anyagköltsége ugyan nagyobb, mint a szokásos betonoké, mert többnyire öntömörödő technológiát, megfelelő kiegészítőanyagokat és többfajta adalékszer is igényelnek, de a nagyobb anyagköltséget ellensúlyozhatják a kedvező fenntarthatósági jellemzők.

Öntömörödő technológiával már 2002 óta gyártunk vasalt és szálerősített betonelemeket (5. ábra), ill. közreműködtünk az alkotó által örökkévalóságnak szánt szobrok öntésében (6. ábra).

Érdemes egy rövid reológiai és tartóssági elemzést végezni a Szegeden elkészült Szent István téri víztorony 12 m magas



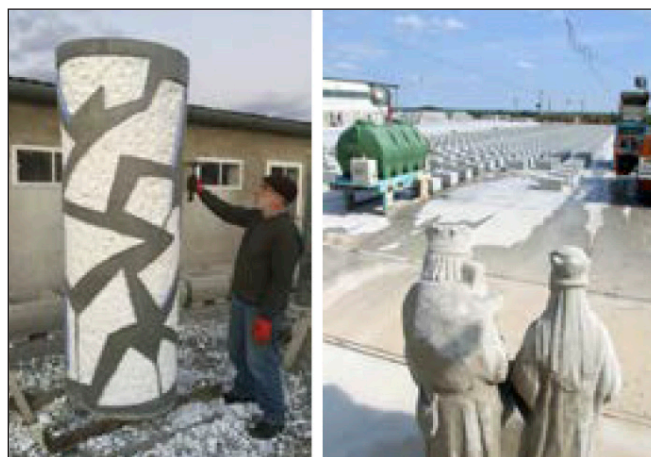
5. ábra: 3 cm vastag szálerősített vasúti kerítéselemek($x=0.31$)



zászlótartó rúdjaival kapcsolatban. Ehhez a szerkezethez olyan, nyírásra vastagodó frissbetont tartottunk optimálisnak a Csányi Lászlóval és Lányi Györggyel közös előkísérletek során, mely 175 N/mm^2 nyomószilárdságot eredményezett 91 napos korban. Ez a szükségtelenül nagy érték abból adódott, hogy míg a szokásos és az öntömörödő beton pépfázisa kb. 36-45 V% portartalmú, addig ebben a keverékben 62 V% volt. Mivel a nyomószilárdság porozitásfüggő, ezért törvényszerű a nagy szilárdság, amikor a kellő mozgékonyasághoz társítani tudjuk a kis víz-kötőanyag tényezőt (pl. $x=0.23$) és a jó légtelenedő képességet. Ez utóbbi is igen fontos, de sok esetben csak egy ritkán használt adalékszerrel (habzásgátlóval) érhető el.

E zászlótartó rúdnál a szerkezet betonfedése változó mértékű volt, néhány helyen mindössze $c_{nom}=10 \text{ mm}$. A reológiai viselkedés miatt optimálisnak ítélt négy-összetevős kötőanyag-kombinációban lévő $\text{CaO}_{\text{reakcióképes}}$ tartalom mindössze 39% volt, ami megfelel a kb. 35% mészkőliszt-tartalmú CEM II/B-LL és a 35% klinkertartalmú CEM VI (S-LL) típusának. A kis betonfedés és a kevés reakcióképes CaO -tartalom miatti karbonátosodási korrózió veszélyét jól ellensúlyozta a kis ($x=0.23$) víz-kötőanyag tényező, ill. az ebből adódóan kedvezően kis víz/ $\text{CaO}_{\text{reakcióképes}}=0.59$ arány. Az esőtől nem védett szerkezetekre (XC4) vonatkozó Leemann-féle becslőképletből ($y=8.3x-4.7$) (Hunkeler, 2023) a karbonátosodási együtthatóra $k=0.2 \text{ mm}/\sqrt{\text{év}}$ átlagérték becsülhető (mivel $y=8.3 \times 0.59 - 4.7 = 0.2$). Az ISO 16204 és a fib Bulletin 34 dokumentumok karbonátosodási mélységet becslő, $x_c(t)=k \cdot w \cdot \sqrt{t}$ „idő-négyzetgyökös” összefüggéséből visszaszámolva - a kapilláris vízfelszívástól, mikroklímától, környezeti páratartalomtól, esős napok arányától és a széllel hajtott eső valószínűségétől függő nedvesedési együtthatót durva közelítésben $w=1.1$ értéken, a légkör CO_2 szintjét pedig a jelenlegi kb. 400 ppm-en beszámítva - a 10 mm betonfedésű acélbetétek karbonátosodás okozta korrózió kezdete ezen egyszerűsített számolások szerint kb. $t=2.066 \text{ év}$ múlva várható.

Ha a számolást végigvisszük ugyanezen kötőanyaggal és környezeti feltételekkel, de $x=0.4$ víz-kötőanyag tényezővel, akkor a 10 mm-es betonfedésű vasalás potenciális korróziója kezdetére $t=5.7 \text{ évet}$ kapunk. Ilyen kötőanyag ($\text{CaO}_{\text{reakcióképes}}=39\%$) és a szokásos (pl. $x=0.4$) víz-cement tényező esetére az acélbetétek karbonátosodási korróziójával szembeni esélyt kizárólag a betonfedés növelése adhatja. Az $x=0.4$ v/c-tényező esetén a karbonátosodási együttható átlagértékére $k=3.8 \text{ mm}/\sqrt{\text{év}}$ becsülhető (mivel $y=8.3 \times 40/39 - 4.7 = 3.8$), ami egy idén elkészülő CEN/TR ajánlás szerint várhatóan az XRC 5 karbonátosodási ellenállási osztálynak felel



6. ábra: Csurgai Ferenc szobrászművész egyik szobra ($x=0.24$) és a székesfehérvári Bory-várban található II. Endre és lánya Szent Erzsébet szobor újraöntése ($x=0.26$) Gánton

meg. A már megjelent MSZ EN 1992-1-1:2024 szabvánnyal való ismerkedés miatt javasolom ennek 6.3 táblázatában megkeresni az XC4 környezeti hatásosztály oszlopa és az XRC 5 ellenállási osztály sora keresztezésében található, 50 és 100 év tervezési élettartamhoz előírt betonfedést ($c_{min}=30$ és 45 mm értéket fogunk találni). Ha ezután összehasonlítjuk e tervezési élettartamokat az „idő-négyzetgyökös” összefüggésből számolt acélkorrózió várható kezdetével, akkor meglepően hasonló időtartamokat kapunk. A szabvány 6.3 táblázatában 5 mm-re kerekített c_{min} betonfedés értékei a szokásos 50 és 100 év tervezési élettartamra vonatkoznak, míg fenti, egyszerűsített számításokkal rendre 50.2 év, ill. 112.9 év adódik.

Ha pedig – bármilyen ok miatt – igazodni kell egy adott betonfedéshez, akkor visszaszámolható az „idő-négyzetgyökös” függvényből az elérendő karbonátosodási együttható. Adott karbonátosodási együttható annál nagyobb v/c-tényezővel érhető el, minél nagyobb a kötőanyag reakcióképes mértartalma. Ha ez a mértartalom bármilyen ok miatt kevés, akkor a Leemann-féle becslőképletből számolt $w/\text{CaO}_{\text{reakcióképes}}$ arány alapján szükségessé válhat az igen kis v/c tényező; tehát a statikailag szükséges nyomószilárdságnak akár a többszöröse.

Ebből is érzékelhető, hogy a nyomószilárdsági és a tartóssági jellemzők eltérő gyökérűek. Míg a nyomószilárdság inkább a beton makrostruktúrájának, a tartóssági jellemzők inkább a beton mezo- és a cementkő mikrostruktúrájának következményei.

Nem véletlen, hogy az újonnan bevezetett környezeti ellenállási osztályok és a régóta ismert nyomószilárdsági osztályok



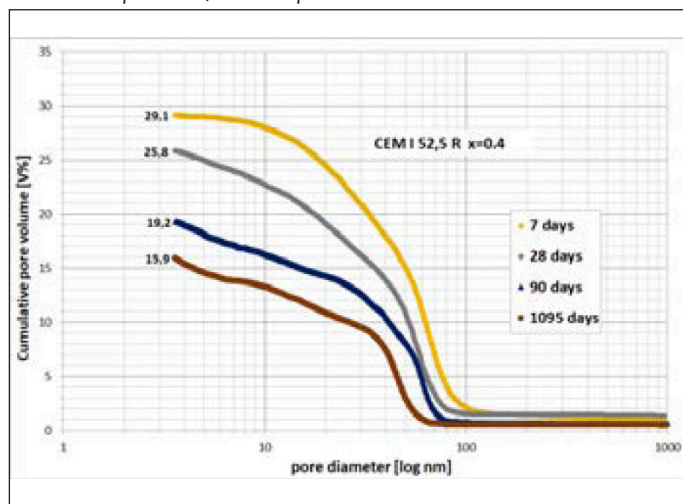
7. ábra: 2 cm vastag textilbeton elemek

közötti összefüggések erőltetése miatt az EU tagországok nemzeti képviselői nehezen jutnak közös nevezőre. Ezért sajnos nem EN szabványban, hanem több tucat NDP (nemzetileg meghatározott) jellemzőt tartalmazó CEN/TR dokumentumban kerülnek majd rögzítésre az anyagoldali ellenállási osztályok jellemzői. Jó volna, ha az egymással összefogó Észak-Európai tagállamok gyakorlatának mintájára, a klimatikus körülmények hasonlósága miatt, itt Közép-Európában is össze tudnánk fogni a környezeti ellenállási osztályok jellemzőinek közös számszerűsítésében (pl. V4-országok betonos és mérnökszerkezetei).

E kis kitérő után visszatérve az UHPC betonokhoz; a szegedi víztoronynál beválthoz hasonló reológiai viselkedésű beton és a nagy acélszál-tartalom ($125 \text{ kg/m}^3 = 1.6 \text{ V}\%$) kombinációját találtam gazdaságos megoldásnak a vasalatlan, főleg nyírásra, átszűrődásra és dinamikai igénybevételeknek kitett betonelemek gyártásához. A laboratóriumi alapvizsgálatokat (MSZ EN 14651 szerinti CMOD vizsgálat) a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék laboratóriumában Balázs L. György és Súlyom Sándor végezte. A gerenda-próbatesteken mért $0.05/0.5/1.5/2.5/3.5 \text{ mm}$ repedésmegnyíláshoz rendre kb. $8/15/13/12/11 \text{ N/mm}^2$ maradó hajlító-húzószilárdság társult. Az első repedést követően „felkeményedő” viselkedésű betonból gyártott „betongallér” termékünk koncentrált terheléses vizsgálatát 550 kN értéknél állították le az ÉMI szentendrei laboratóriumában, mert a gallérba helyezett öntvényfedlap meghajlott. Az UHPFRC betongalléron ekkor még nem mutatkozott károsodás. Több száz „betongallért” gyártottunk ebből a szálerősített betonból a csatornázási aknaelemek öntvényfedlapjai köré.

Egy folyamatban lévő fejlesztés során biztató eredményeket értünk el a textilbetonok (TRC) kezdeti félüzemi gyártásában (7. ábra).

8. ábra: Jó porozítás, de rossz pórusméret-eloszlás



6. VASBETON SZERKEZETEK TARTÓSSÁGA, TERVEZÉSI ÉLET-TARTAMA

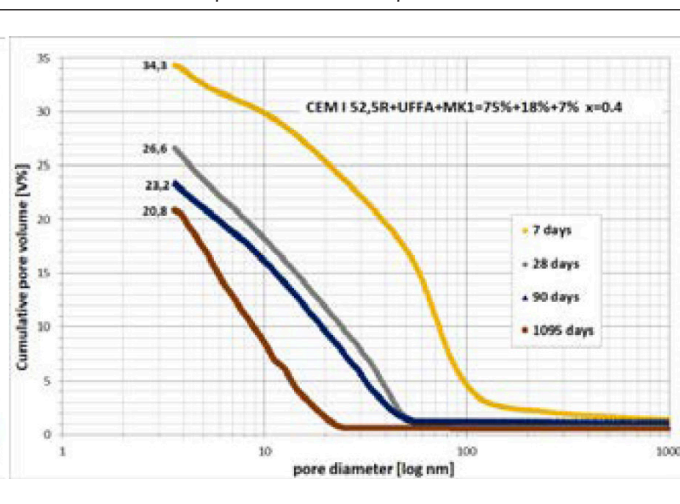
A díjátadást megelőző ünnepi vacsorán kérdezte Palotás professzor, hogy melyik munkámat tartom a legnagyobb jelentőségűnek. Azt válaszoltam, hogy legnagyobb jelentőségűnek egy olyan munkában való részvételem eredményét tartom, amely eredmény keresésének ötlete mástól származik. Az ötlet egy *fib* konferencián előadó svájci professzoré (Hunkeler, 2023); a vele folytatott hosszas levelezést követően láttam be, hogy csak részigazság az a meggyőződésem, miszerint a vasbetonok kloridállóságát kizárólagosan határozza meg a cementkő pórusméret-eloszlása, vagyis a természeti-fizikai törvényeken (pl. Fick II. módosított diffúziós törvényén) alapuló transzport-folyamatok számára átjárható pórusok matematikai-geometriai értelmezése (lásd 8-9. ábrák).

Ez a szakmai meggyőződésem azon alapult, hogy jó összefüggést találtunk a pórusstruktúra időben változó geometriai jellemzői és az időben szintén változó kloridmigráció sebessége között. A svájci professzor elismerően nyilatkozott a bemutatott pórusméret-eloszlási és gyakorisági görbéinkről, a pórusstruktúra újfajta jellemzőiként meghatározott egyenértékű pórusméretek fogalmának bevezetéséről, ill. e görbéknek a kloridmigrációval, sőt még a kor-tényezővel is bizonyított összefüggéseiről, de arra hívta fel a figyelmemet, hogy: „Ezek igen elegáns és jól oktatható anyagtani magyarázatok, doktori fokozat megszerzésére is alkalmasak; csak sajnos nem sokat segítenek a gyakorlatban. Ugyanannyi idő szükséges ezek méréséhez, mint a szabványos kloridmigráció/diffúzió méréséhez, ráadásul a higanyporozimetriai mérések jóval bonyolultabbak és költségesebbek.” Majd küldött egy tanulmányt, amely arról szólt, hogy a cementfajták kémiai összetétele döntően meghatározza a karbonátosodási együtthatót: „Valami ilyesmi kellene a kloridállóság gyors becsléséhez is”.

Igaza volt; a pórusstruktúra kétségkívül jó lenyomata a cementkő áteresztőképességének, de ez már valaminek az okozata. Az igazi ok pedig a *cement „genetikai adottsága”*.

A *kötőanyag kémiai összetétele, a cementkő szövetszerkezete és a kloridionok vándorlási sebessége közötti szoros kapcsolat feltárásával új eredményeket értünk el* (Kopecskó, 2022 és Laczkó, 2024), amely hasonló jelentőségű lehet, mint a karbonátosodási együttható és a kötőanyag kémiai összetétele közötti összefüggés feltárása.

9. ábra: Rosszabb porozítás, de kiváló pórusméret-eloszlás



A kötőanyag reakcióképes kémiai összetevőinek ismerete azért **nagy gyakorlati jelentőségű**, mert porozimetriai vagy kloridmigrációs/diffúziós mérések nélkül is (pl. már a cementgyártás során) jól becsülhetővé válnak a kloridállóság jellemzői.

A pórusszerkezet morfológiájának definiálása azért **nagy elméleti jelentőségű**, mert a cementkő átjárható porusrendszerének számszerűsítése logikus magyarázatot adhat a különböző transzportfolyamatok nagyban eltérő sebességére.

Bevallottam Palotás professzornak, hogy igazából tévedtem, amikor szakmai meggyőződésemet kizárólag a fizikai-matematikai törvényszerűségekre alapoztam, ez esetben a gyakorlati jelentősége miatt el kell fogadjam a kémiai („genetikai”) adottságok elsődlegességét. Mentségemre szóljon, hogy a gimnázium matek-fizika szakos csoportjába jártam, az osztály másik fele volt a kémiás.

Mivel e társszerzős munkámat tartom a legnagyobb jelentőségűnek, ezért úgy tekintem, hogy rajtam kívül a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék, valamint a Szikktlabor Kft. kutatói (Kopecskó Katalin, Laczkó László és Balázs L. György professzor), továbbá az ötletadó (Fritz Hunkeler professzor) is részese a megtisztelő díjnak.

7. JAVASLATOK AZ EURÓPAI ÉS HAZAI SZABVÁNYOSÍTÁSHOZ

Gondolataimat a Palotás László-díj kapcsán, az építőmérnöki szakterületen megújuló tervezési, betonos és cementszabványokat érintő javaslataim ismertetésével zárom. A CEN/TC 104 betonos műszaki bizottságban az alábbi elemekkel javasoltam kiegészíteni az új EN 206-hoz kapcsolódó CEN/TR dokumentumot:

- a betonok környezeti ellenállási osztályait függetlenítsük a nyomószilárdsági osztályoktól, mert az anyagtani/tartóssági jellemzők kevésbé szilárdságfüggőek, valamint
- az új (tartóssági) szemléletű betonszabványokhoz már nem igazodó, tehát elavult EN 197-1:2011 cementszabványt célszerű volna frissíteni a CEN/TC 51 (cementes) bizottsággal közösen azért, hogy a szilárdságon túl a potenciális tartóssági jellemzők tanúsítására is legyen lehetősége a cementgyártóknak. (Megj.: Az a vélemény, hogy: „*A cement egy önálló termék és semmi köze a betonhoz*”, azért nem fogadható el, mert beton nélkül nincs értelme a cementnek.)

A cementfajtákban rejlő potenciális tartósság közlésére azért volna szükség, mert:

- a legtöbb cement esetében törvényszerű, hogy amelyikben sok a reakcióképes CaO, abban kevés a $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ (ilyenek a CEM I portlandcementek), ill. fordítva;
- minthogy a karbonátosodással szemben a reakcióképes CaO, a kloridbehatolással szemben pedig a $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$

eredményes, következik, hogy a CEM I fajták a legjobbak a karbonátosodással szemben, de csekély reakcióképes $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ tartalmuk miatt védtelenek a kloridokkal szemben;

- a „nem tiszta”, hanem „többösszetevős” cementek sokkal nagyobb kloridállóságúak, de a levegőben lévő CO_2 okozta karbonátosodással szemben szinte teljesen védtelenek;
- többfajta környezeti hatás (pl. karbonátosodás + kloridtámadás) és gazdaságos betonfedés esetére bonyolultabb a jó kötőanyag megválasztása, ezért
- szükséges, hogy az egyes EU tagállamokban elérhető cementfajták kémiai összetételére vagy akár a szabványhabarcsban mért potenciális tartóssági jellemzőkre (XRC, XRDS ellenállási osztályok) információt kapjanak a tervezők, a betontechnológusok és a betongyártók. Egy új cementszabvány ebben sokat segíthetne.

Köszönöm az előadásra felkérést a fib Magyar Tagozatától!
Köszönöm a PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ kuratóriumának a díjat!

*Köszönöm a lehetőséget a munkahelyeimtől, családomtól!
Köszönöm a figyelmüket!*

8. HIVATKOZÁSOK

- Spránitz F. (2022), Betontechnológiai ismeretek jelentősége a digitalizáció és a 3D betonmarás területén, Vasbetonépítés 2022/2 pp. 34-41, http://www.fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2022_2/vb2022_2_1.pdf
- Kausay T. (1998-), <https://betonopus.hu/>
- Spránitz F., Laczkó L., Wojnárovitsné Hrapka I. (2023) Cementtípusok, kiegészítőanyagok és folyósítószer hatása a cementpépek reológiai tulajdonságaira – 2/2. rész, Beton Újság 2023. április pp. 10-13, <https://www.betonujsg.hu/lapszamok/cikk/2629/cementtipusok-kiegeszitoanyagok-es-folyositoszerek-hatasa-a-cementpepek-reologiai-tulajdonsagaira-2/2-resz>
- H. Li, D. Sun, Z. Wang, F. Huang, Z. Yi, Z. Yang and Y. Zhang (2020), A Review on the Pumping Behavior of Modern Concrete, Journal of Advanced Concrete Technology - Japan Concrete Institute, June 2020/Vol. 18, pp. 352-363, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jact/18/6/18_352/_pdf
- Hunkeler F. (2023), Performance based concrete design: Actual and future situation in Switzerland with a focus on carbonation, fib Hungarian Group, 12-10-2023, BME, Budapest, http://www.fib.bme.hu/2023-10-12%20Swiss/Performance%20based%20concrete%20design_Hunkeler_BME_12.10.2023_mod.pdf
- Kopecskó K., Laczkó L., Spránitz F., Szilágyi T., Wojnárovitsné Hrapka I., Balázs L. Gy. (2022), Használati élettartam becslési lehetősége kloridionok behatolása esetén Vasbetonépítés 2022/3 pp. 71-85, http://www.fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2022_3/vb2022_3_2.pdf, pp. 71-85
- Laczkó L. (2024), Kiegészítőanyagok hatása a cementek és habarcsok tulajdonságaira Építőanyag 2024/különszám pp. 10-14 https://epitoanyag.org.hu/wp-content/uploads/2024/12/ePA_2024_Kulonszam_WEB_jav.pdf

FRP BETÉTEK ALKALMAZÁSA BETONSZERKEZETEKHEZ A VILÁGBAN

2. – JAPÁN MEGKÖZELÍTÉS



Somlai Bálint – Dr. Balázs L. György – Dr. Sólyom Sándor

<https://doi.org/10.32969/VB.2025.1.4>

A szálerősítésű polimerek (FRP – Fibre Reinforced Polymer) a hagyományos vasbeton mellett alkalmazható lehetséges alternatívát kínálnak, kedvező tulajdonságaiknak köszönhetően. Azonban alkalmazásuk széles körben még nem terjedt el, de már rendelkezésre állnak tapasztalatok. Megszokott tervezési irányelvek nélkül nehéz lehet kiválasztani a tervezéshez szükséges információt. Ebben segítségül szolgálhatnak a különböző munkacsoportok által kiadott jelentések, ajánlások. Ezekre több példa létezik az FRP betétek felhasználásával (FRP erősített) szerkezetekre vonatkozóan, többek között francia, japán és kanadai kutatóktól. Jelen cikksorozat ilyen dokumentumokat hasonlít össze, azok tartalma és méretezési filozófiája szerint. Ezek a Francia Építőmérnök Egyesülete (AFGC – Association Francaise de Gene Civil), a Japán Előfeszített Beton Intézet (JPCI – Japan Prestressed Concrete Institute) és a Kanadai Szabványügyi Testület (CSA – Canadian Standards Association). Az összehasonlítás célja, hogy összefoglalja és bemutassa a szakirodalomban elérhető méretezéssel kapcsolatos ajánlásokat, azok részleteit és vonatkozásait.

KULCSSZAVAK: FRP, feszítés, használati hőmérséklet, környezeti osztály, kúszás, fáradás, biztonsági tényezők

1. A MŰSZAKI AJÁNLÁSOKAT, SZABVÁNYOKAT KIADÓ SZERVEZETEK

Az előző cikkben bemutatott francia mű után a második ajánlás a japán JPCI által 2021-ben kiadott dokumentum (JPCI, 2021) – amely a francia párjához hasonlóan szintén megjelent angol nyelven is – Vasbeton szerkezetek építése és tervezéséhez FRP betétekkel. A mű célja, hogy frissítse a Japán Építőmérnöki Társaság (JSCE – Japan Society of Civil Engineers) által 1996-ban kiadott műszaki ajánlást, ami a tárgyalta mű kiadásáig használatban volt Japánban. A JPCI a Japánban széles körben használt előfeszített beton szerkezetek biztonságával és fejlődésével foglalkozó testület. Munkájuk tudományos eredmények rendszerezésén és publikálásán kívül kiterjed, szabványosításra, konferenciák szervezésére és a japán „Prestressed Concrete Engineer” (feszített beton készítésével foglalkozó mérnök) és „Concrete Structure Diagnostician” (Betonszerkezet diagnosztika) képesítések igazolásának folyamatában is részt vesznek. A szervezet továbbá tagja a *fib*-nek.

2. A JAPÁN MEGKÖZELÍTÉS: RECOMMENDATIONS FOR DESIGN AND CONSTRUCTION OF CONCRETE STRUCTURES USING FIBER REINFORCED POLYMER (FRP)

A JPCI által kiadott ajánlás az AFGC által kiadotthoz hasonlóan a közelmúltban jelent meg, így releváns információkat

tartalmaz. Műszaki anyaga legtöbbször a japán szabványokra támaszkodik (JSCE, 2013, 2018b, 2018c, 2018a), így a hazai tervezésre kevésbé alkalmas, mint az első cikkben bemutatott francia ajánlás. Tartalma terjedelmesebb, a tervezés több aspektusát megvizsgáló dokumentum, de a kivitelezés, fenntartás és a vizsgálatok terén is nyújt útmutatást. A dokumentum 13 fő fejezetből és 3 kiegészítő fejezetből áll. A strukturálása fő szövegből és megjegyzésekből áll, amelyek a leírt javaslatot tárgyalják, információt adnak a kutatási háttérrel vagy előírt számítási módszerrel kapcsolatban.

2.1 Általános előírások

Az első fejezet általános adatokat tartalmaz, leírja az ajánlás irányelveit, a mögötte álló filozófiát, a tervezett épületszerkezetek célját és azok teljesítőképességét. Többek között bemutatásra kerül az elvárt teherbírási kritérium új és létező technológiák esetén, a teljesítőképesség alakulása az élettartam alatt és a különböző elvárt teljesítmény kritériumok. Megjelenik a helyreállíthatóság, aminek definíciója a tervezettnél nagyobb terhelés miatt létrejött sérülés utáni helyreállíthatósága a szerkezet legfontosabb funkciójának betöltésére. E mellett felsorolásra kerül a szerkezet üzemben tarthatósága is mint követelmény. Továbbá a fejezet tartalmazza a dokumentumban használt kifejezések és jelölések gyűjteményét, azok magyarázatát és a csatlakozó szabványokat is. Az utóbbiak a szerző szervezet és egyéb japán szervezetek munkái.

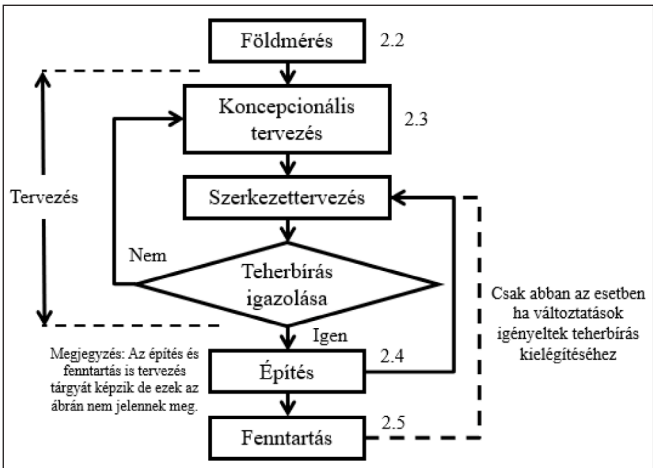
2.2 A tervezés, kivitelezés és fenntartás alapjai

A második fejezet a tervezés, kivitelezés és fenntartás alapjait tartalmazza. Ilyenek például a tervezési élettartam, az előze-

tes felmérések, a szerkezet típusának megválasztása vagy a szerkezet teljesítőképességének verifikálása. Külön pontban kerül tárgyalásra az életciklus elemzése (1. ábra) és az egyes fázisok célja, valamint a koncepcionális tervezés is. Felsorolják az alkalmazott biztonsági tényezőket (1. táblázat), amelyek között szerepelnek általunk (Európában) is alkalmazottak, mint az anyagok vagy a terhek és hatások tényezői, valamint olyanok is, amelyek itthon nem járatosak. Ilyen a szerkezeti analízis tényezője, amely a számítás bizonytalanságát veszi figyelembe. Vagy a szerkezeti elem tényezője, ami a gyártás és építés geometriai bizonytalanságait és a teljes szerkezetben betöltött fontosságát veszi figyelembe. Továbbá a teljes szerkezet is rendelkezik biztonsági tényezővel, ami az épület fontosságát és a tönkremenetelének hatását veszi figyelembe. Ez az Eurocode szabványsorozatban kárkövetkezmény-osztályokhoz hasonló szerepet tölt be, de nem teljesen azonos azzal. Külön alfejezet tárgyalja a tervek kezelését és átadását is. Bár az itt említettek nagyrésze általános és nem az FRP betétekkel épített szerkezetekre vonatkozik, azonban az ajánlás kiter az eltérésekre is, mint a biztonsági tényezők FRP betétekre vonatkozó értékeit.

2.3 Anyagok

A harmadik fejezet az anyagtulajdonságokat, azok meghatározását tartalmazza betonra, acélra és FRP betétekre (Japan Society of Civil Engineers, 1995). A betonra és acél betétekre vonatkozó előírások nem különböznek a hagyományos tervezéstől, azok a JIS (Japán Ipari Szabvány – Japanese Industrial Standard) dokumentumokra (JSA, 2018a, 2018b, 2004) támaszkodnak meghatározásokban és előírt vizsgálatokban, azonban ezek az irodalomjegyzékben nem találhatóak meg. Fontos megjegyezni, hogy módszer kerül előírásra a beton fáradásának vizsgálatára. Külön alfejezet foglalkozik a beton karbonátosodás és a klorid-ion behatolással, amelyekben előírják az alkalmazandó vizsgálati módszereket. Az FRP betétek anyagtulajdonságainak meghatározásánál és leírásánál az ajánlás utal annak meghatározására alkalmazandó vizsgálatra a JIS A 1192 (JSA, 2021) szabvány alapján, de azt nem mutatja be. Húzásra lineárisan rugalmas, rideg tönkremenetelű modell kerül bemutatásra (2. ábra). A tervezés során az FRP betétek nyírt és nyomott teherviselése elhanyagolandó. Az első tárgyalt anyagtulajdonság a hajlított elemek szakítószilárdsága, amelynek számítását az egyenes alkotó szálak szakítószilárdságából



1. ábra: A tervezés, építés, és fenntartás elhelyezkedése a szerkezet életciklusában folyamatára (JPCI, 2021)

számítja. A számításban megjelenik az elem átmérője és a hajlítási sugár. Az ajánlás a fáradási viselkedést vizsgálatok alapján javasolja meghatározni, azonban felhívja a figyelmet a lehorgonyzások, hajlított elemrészek és repedést keresztező elemek alacsonyabb fáradási szilárdságára. Az FRP betétek viseelkedése lineárisan modellezhető mind használhatósági, mind teherbírási határállapotokban. A szakítószilárdság, rugalmassági modulus és hőtágulási együtthatók jellemző értékei táblázatosan, száltípusokra leosztva van ismertetve a dokumentumban (2. táblázat).

2. táblázat: Az FRP betétek mechanikai tulajdonságai (JPCI, 2021)

Száltípus	Szakítószilárdság (MPa)	Rugalmassági modulus (GPa)	100 éves relaxációs veszteség (%)
Aramid	1166 - 1920	53,0 - 66,8	11,6 - 17,9
Szén	1200 - 2573	100,0 - 165,0	1,5
Bazalt	1580	52,6	14,2
Üveg	590	30	10,0

Az FRP betétek relaxációját az ajánlás száltípusokra lebontva adja meg, ezek egyes termékek mért értékeire alapozott tartományok. A kúszási szakadás jelenségének rövid leírása

1. táblázat: Az ajánlás által javasolt biztonsági tényezők táblázata (JPCI, 2021)

	Anyagra vonatkozó biztonsági tényező γ_m			Szerkezeti elemre vonatkozó tényező γ_b	Számításra vonatkozó tényező γ_a	Hatás biztonsági tényezője γ_f	Szerkezet biztonsági tényezője γ_i
	Beton γ_c	Szálerősítésű polimer γ_{mr}	Acél γ_s				
Teherbírési határállapot	1,3*	1,15**	1,0***	1,1	1,0	1,0	1,0
	vagy	-	vagy	-		-	-
	1,5	1,3	1,05	1,3		1,2	1,2
Használhatósági határállapot	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Fáradási határállapot	1,3*	1,15**	-	1,0	1,0	1,0	1,0
	vagy	-	1,05	-			-
	1,5	1,3	-	1,1			1,1

* : 1.3, ha a beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke $f'_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$ vagy kevesebb

** : 1.15 szén vagy aramid szálak FRP betétek esetén. Az anyagra vonatkozó tényező értéke más FRP betétek esetén vizsgálatok alapján vagy a gyártó adatai alapján határozandó meg.

*** : 1.0 acélbetétek és fészítőacélok esetén és 1.05 más acél anyagú elemek esetén

következik, a javasolt módszer vizsgálatokat ír elő a teherbírás meghatározására. Ehhez hasonlóan a tűzeseti viselkedést is vizsgálatok alapján történő meghatározással javasolja leírni az ajánlás, ami magas hőmérsékleten végzett szakítószilárdsági vizsgálatok formájában van előírva. Az FRP betétek tartósságáról rövid leírás olvasható, amiben a szerzők elismerik a leromlás lehetőségének jelentőségét, itt azonban nem tesznek javaslatot ezen körülmények kezelésére.

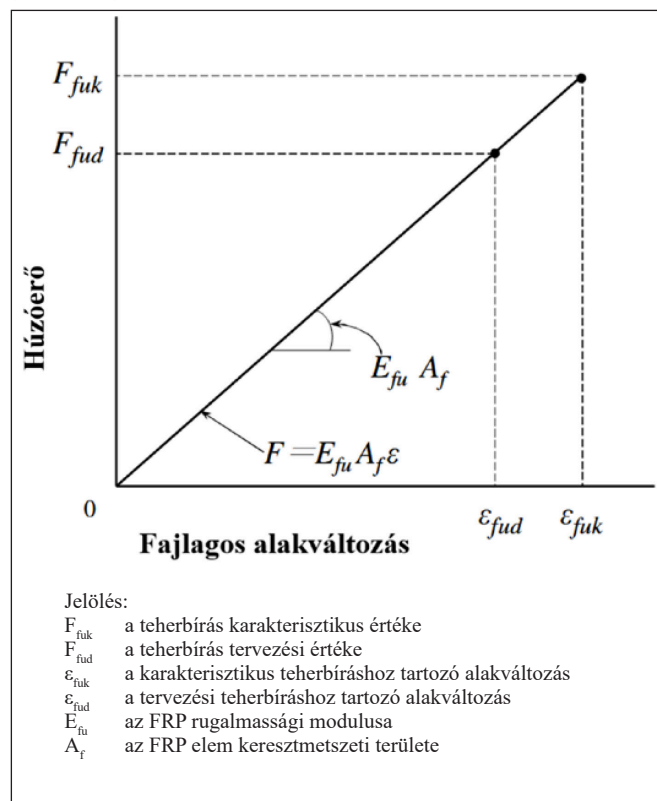
2.4 Terhek és hatások

A negyedik fejezet a terheket és hatásokat mutatja be. A fejezetet a japán vasbeton szerkezetek tervezésére vonatkozó szabványok tartalmára épül. Tartalma nagyrészt megegyezik az Magyarországon alkalmazottakkal, mint például a hatások kombinációja. (3. táblázat) Érdekes módon a terhek kategorizálásánál (4.3-as alfejezet) az állandó terhek két csoportként kerülnek felsorolásra állandó terhekként és további állandó terhekként. Egy későbbi alfejezetben (4.4-es alfejezet) az állandó terhek egy csoportként jelennek meg. Ismét megjelenik a helyreállíthatóság elvárása és a terhek biztonsági tényezői, amelyek eltérnek az itthon alkalmazottaktól. Külön alfejezet foglalkozik a feszítés terheivel, ami magába foglal részleteket FRP feszítésre vonatkozóan is.

2.5 Ellenőrzés

Az ötödik fejezet a szerkezeti elemek ellenőrzését mutatja be. Ismertetésre kerülnek a vizsgálandó határállapotok, a szerkezet teljesítőképességének ellenőrzendő részei és módja. Néhány előző fejezettel egyező módon itt is általánosságok vannak megfogalmazva, nem az FRP betétekre vonatkozó előírások. Ismét megjelenik a helyreállíthatóság egy táblázatban, ami a követelményeket és az azokat magukba foglaló fejezeteket. Az alkalmazható számítási módszereket és azok aspektusait is ez a fejezet foglalja össze.

2. ábra: Az FRP betétekre ajánlott húzóerő - fajlagos alakváltozás ábra (JPCI, 2021)



2.6 Teherbírási határállapot

A hatodik fejezet a teherbírási határállapot ellenőrzésével foglalkozik. A fejezet bevezetésében az ajánlás felhívja a figyelmet az FRP elemek rideg szakadó tönkremenetelére, ebből kiindulva figyelmeztet, hogy az acél betétek esetén alkalmazott eljárások nem alkalmazhatóak FRP betétek esetén. Említésre kerül a hajlított keresztmetszet nyomott beton tönkremeneteli módjának figyelembevétele. A beton tönkremenetelének mérsékelt ridegségére és potenciális képlékenység növelési lehetőségekre (3. ábra) hivatkozva nincsen előírás a tönkremeneteli módra. A döntést az ajánlás a tervezendő szerkezeti elem, a hatások és a követelmények függvényében a tervezőre bízta.

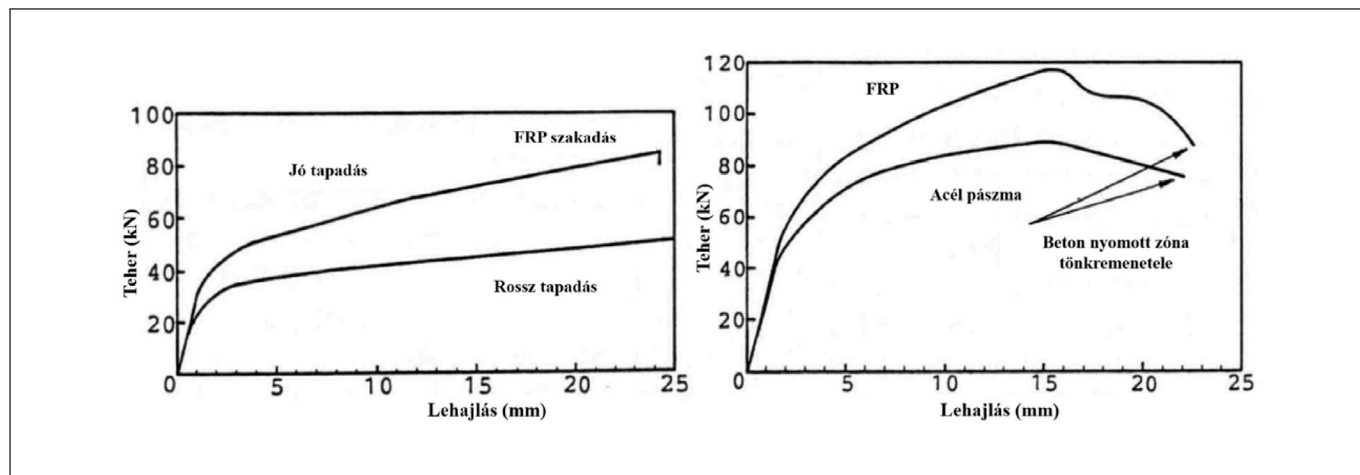
Ezek után bemutatásra kerülnek az ellenőrzések, elsőként az központos axiális hatással terhelt keresztmetszeté. Ez nem tér el jelentősen a hagyományos tervezésben alkalmazottól. A hajlításnak és axiális tehernek egyszerre kitett keresztmetszet esetén az ajánlás több dologra is felhívja a figyelmet. Elsőként, megjegyzésre kerül, hogy amennyiben a szerkezet mindenképpen igényel képlékeny tartalékot, azt FRP és acél betétek együttes alkalmazásával, vagy a nyomott beton zóna alakváltoztatának korlátozásával lehetséges elérni. A FRP betétek több sorban alkalmazásakor képlékeny alakváltozás hiányában csak úgy lehet figyelembe venni, hogy amennyiben a legszélső elem elér a maximális alakváltozást a keresztmetszet tönkre megy. Tapadásmentes betétek esetén a Bernoulli-Navier hipotézis nem alkalmazható. A nyírt rúdelemek ellenőrzésére adott képlet jelentősen eltér az itthon alkalmazottól, a japán szabványokra épül. A nyírási ellenőrzés bemutatását egy értekezés követ a tönkremenetelhez tartozó alakváltozás értékeiről. Következő az átszűrődési erősítés tervezése, ami nagyban hasonlít a nyírt keresztmetszet ellenőrzésére. A csavarási igénybevételekre tervezésről csak keveset ír az ajánlás. Ennek oka a témával kapcsolatos kutatási eredmények hiánya. Így a csavarási erősítést igénylő szerkezeti elemek esetét az ajánlás a tervezőre bízta, míg a csavarási erősítést nélküli elemek esetén egy létező szabványra hivatkozik.

2.7 Használhatósági határállapot

A hetedik fejezet a használhatósági határállapot ellenőrzését tárgyalja. A bevezetésben említett ellenőrzendő feltételek nagyban megegyeznek a hazai szabványokban foglaltakkal, azonban ide kerül besorolásra a tűzállóság is, anélkül, hogy a dokumentumban részletes tárgyalásra kerülne. A feszültségek meghatározásához az ajánlás megadja annak számítását, majd a feszültségek korlátait is. FRP feszítőelemek esetén a karakterisztikus szakítószilárdság 70%-át javasolja az ajánlás, míg FRP betétek esetén a kúszási szakadás vizsgálatok eredményeire alapozva javasolja felvenni. Továbbá, maximális feszültség értékek kerülnek meghatározásra beton elemekre. Az alfejezet megjegyzéseiben a szerzők kitérnek ismét a kúszási szakadás jelenségének leírására, annak kapacitás számítására és az ehhez használandó vizsgálatra. Ennek oka, hogy a betét kúszási szakadás ellenálló képessége kihat a megengedhető legnagyobb tartós feszültségre. A repedéstágasságok korlátozását nem írja elő az ajánlás, minek indoka az FRP elemek korrózióállósága, a határértékek meghatározására a szerkezeti elem és a felhasznált FRP termék figyelembevételét javasolják a szerzők. A fejezet bemutatja más létező ajánlások javaslatait is. A magyarázat rész a repedéstágasság és a repedés eloszlás számítására ad javaslatot. A magyarázat részben a szerzők kitérnek használható értékekre, ami kombinált FRP és acél betétek használata esetén a betonfedés 0,005-szöröse vagy maximum 0.5 mm. Továbbá

3. táblázat: A tervezéskor figyelembe veendő hatások kombinációi (JPCI, 2021)

Elvárt teljesítőképesség	Határállapot	Kombinálendő hatások
Tartósság	Minden határállapot	Állandó terhek + változó terhek
Biztonság	Keresztmetszeti tönkremenetel, stb.	Állandó terhek + kiemelt változó teher + másodlagos változó terhek
	Fáradás	Állandó terhek + rendkívüli teher + másodlagos változó terhek
Karbantarthatóság	Minden határállapot	Állandó terhek + változó terhek
Helyreállíthatóság	Minden határállapot	Állandó terhek + rendkívüli teher + másodlagos változó terhek



3. ábra: Feszített FRP betétekkel készült gerendák teher-lehajlás diagramja betét tönkremenetele esetén (bal). Acél pászma és FRP betétekkel készült gerendák beton tönkremenetele esetén (jobb) (JPCI, 2021)

később általános és magas vízzárósági igény esetére előírásra kerülnek megengedett repedéstágassági értékek egy táblázatban (4. táblázat). Az ajánlás különbséget tesz a hajlítási, nyírási és csavarási repedések számításában és értékelésében. A lehajlásokkal szemben állított követelmények nincsenek pontosan megfogalmazva, azokat esetenkénti elbírálásra bízva az ajánlás, azonban megjegyzi, hogy azok várhatóan meghaladják az ekvivalens acéllal készült szerkezethez tartozó értékeket. Rezgésekkel kapcsolatban a szerzők megjegyzi, hogy a vasbeton szerkezetek esetén nem szokott releváns probléma lenni, abban az esetben, ha számítása szükséges arra alkalmazandó vizsgálatot vagy releváns szabványt nem említene.

2.8 Fáradás

A nyolcadik fejezet a fáradási viselkedéssel foglalkozik. Az ajánlás gerendák esetén hajlítás és nyírás, lemezek esetén hajlítás és átszűrődés figyelembevételével javasolja vizsgálni a fáradást. Oszlopokat csak jelentős hajlító vagy normál igénybevételek esetén kell ellenőrizni. Az FRP betétekkel erősített szerkezetek esetén csak azokat szükséges fáradásra vizsgálni, amelyeken használhatósági határállapotban repedések megjelenése megengedett, néhány kivétellel. Ezek után az ellenőrzés menetének folyamatábrája látható (4. ábra). Ez részeiben hasonlít az itthon alkalmazott eljárásra azonban eltérések is szerepelnek. Az FRP betétekben ébredő feszültségek megha-

tározására az ajánlás javasolja az acélbetétek esetén Japánban használt eljárásokat. Amennyiben egy szerkezeti elem nem rendelkezik nyírási betéttel, annak fáradási ellenőrzésére ezen fejezetben található képlet segítségével lehetséges.

2.9 Tartósság

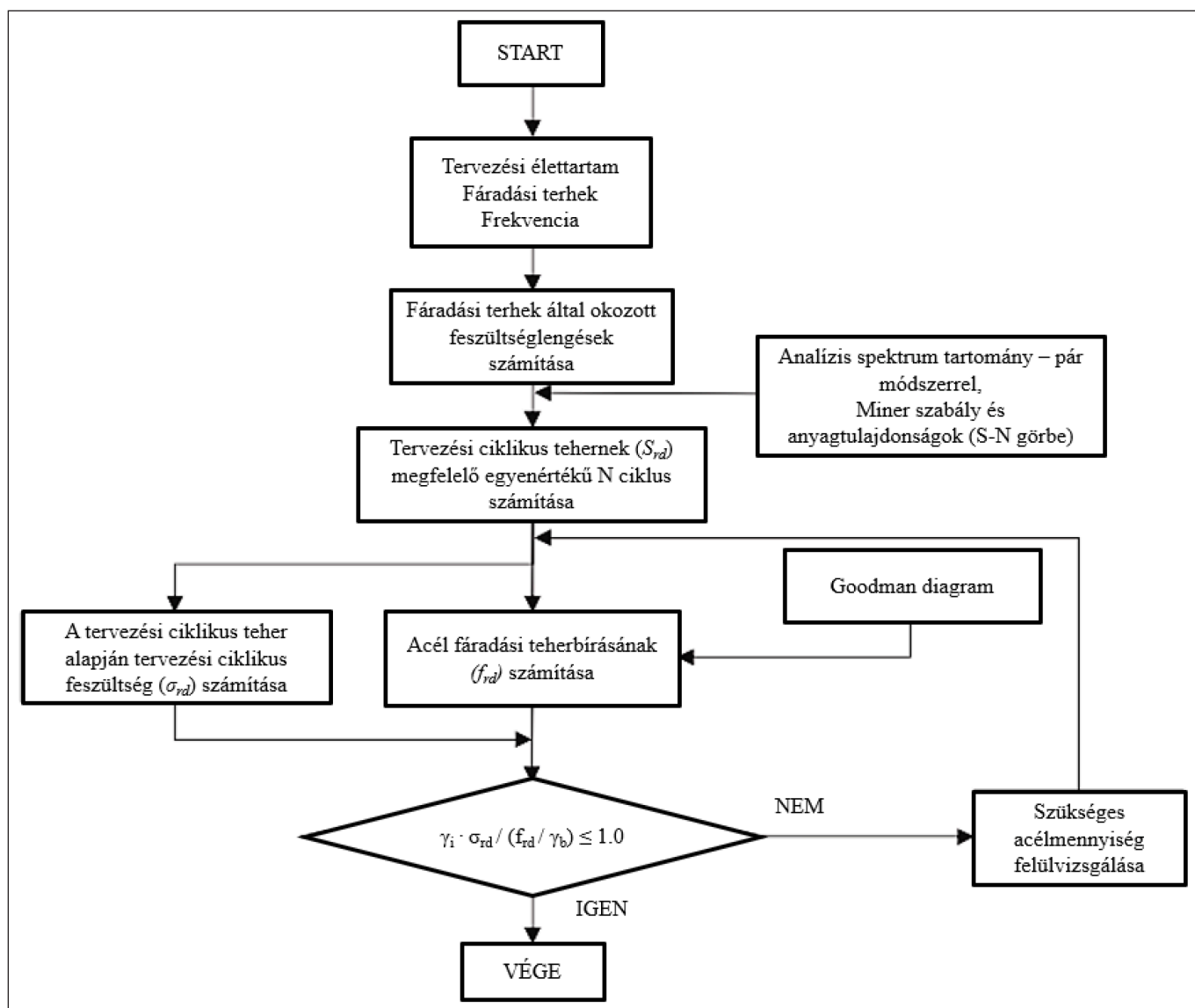
A kilencedik fejezet az tartósságot tárgyalja. Az ajánlás az FRP betétek ellenállóképességének igazolását víz, alkáli környezet és ultrabolya sugárzás hatása esetén javasolja. A vizes és alkáli hatások esetére akkor javasolt az ellenőrzés, ha a tervezési élettartam alatt a betétek szilárdsága csökkenést szenved. Ennek alapja, hogy a szerzők szerint laboratóriumi eredmények alapján léteznek, olyan termékek, amelyek nem szenvednek károsodást ezen környezetekben és így vizsgálatuk nem szükséges, míg egyéb termékek esetén igen. A bemutatott ellenőrzés a legnagyobb kapacitás megmaradási arány módszerét használja, ami vizsgálati eredményekre épül, anyagállandókkal együtt. Bemutatásra kerülnek más ajánlások és szabványok által javasolt anyagi csökkentő tényezők, de az ajánlás nem specifikálja az alkalmazandó értékeket. Ultrabolya sugárzás miatt bekövetkezett károsodás esetével csak akkor kell számolni, ha a betétek annak huzamosabb ideig ki lehetnek téve. Ennek lehetősége külső megerősítésként alkalmazott elemek esetén releváns. Az esetleges leromlás vizsgálatára több módszer is említésre kerül, de egyik sincsen kifejtve. A

4. táblázat: Az ajánlott repedéstágassági értékek előírt vízzáróság függvényében (JPCI, 2021)

Vízárósi szint		Magas vízzáróság [mm]	Általános vízzáróság [mm]
Domináns igénybevétel	Tengelyirányú húzás	~*	0.1
	Hajlítás**	0.1	0.2

* : A keresztmetszetre minimum 0.5 kN/mm² nyomófeszültség hasson, vagy részletes analízis szükséges

** : A tengely irányú igénybevételek esetére adott értékek használandók egyéb esetekben



4. ábra: A fáradási ellenőrzés folyamatábrája (JPCI, 2021)

fejezet nem tartalmaz információt savas környezetek, magas hőmérséklet vagy kombinált hatás esetről.

2.10 Szeizmikus analízis

A tizedik fejezet a Japánban kiemelkedően fontos szeizmikus méretezés olvasható. A témát a szerzők annak leírásán kívül nem mutatják be részleteiben, azzal kapcsolatban a releváns japán szabványokra hivatkoznak. Felhívják azonban a figyelmet az FRP betétek képlékeny viselkedésének hiányára, így az energia elnyelési potenciál hiányára is.

2.11 Szerkezeti részletek, szerkesztési szabályok

A tizenegyedik fejezet a betétek lehetséges részletkialakításait és a szerkesztési szabályokat mutatja be. A betétek elhelyezésének szabályai, a minimális alkalmazandó hossz, nyírási és csavarási erősítés, a hajlított betétek elhelyezése, lehorgonyzási hossz és feszítőbetétek kialakítása kerül bemutatásra. A feszítőpázmák és FRP betétek között itt különbséget tesz az ajánlás több helyen is. A betonfedés meghatározásánál említésre kerül az FRP betétek korrózióállósága, amit figyelembe lehet venni. Így a minimális betontakarás értéke a legnagyobb adalékanyag frakció méretének 4/3-a vagy az alkalmazott betét átmérőjének és az építési pontatlanságnak összege. A feszítőpázmák esetén az előírás szerint nagyobb betonfedésre

van szükség, azonban erre nem tesz konkrét ajánlást, amit a pázmák kengyelezésen belüli elhelyezésével indokol. Az FRP betétek közötti távolságok esetén külön szabályozás kerül meghatározásra gerendák és oszlopok esetén. Az alkalmazott legnagyobb adalékfrakció méretének 4/3-a itt is megjelenik és e mellé párosul gerendák esetén 20, oszlopok esetén 40 mm vagy alkalmazott betét névleges átmérőjének 1.5-szöröse. Később a legnagyobb megengedett betéttávolság is meghatározásra kerül. Nehezen bedolgozható esetekre megengedhető a betétek csoportokba rendezése, összefogása. Az minimális szükséges betétmennyiség meghatározása esetén hossz és keresztirányú eseteket és feszítőpázmákat különböztetnek meg a szerzők (5. táblázat). A lehorgonyzási és toldási hosszúságok alapvető meghatározását vizsgálatok alapján lehet elvégezni, ebből lehet számolni a tényleges értéket. Külön jelenik meg a hajlított FRP betétek esete és azok elhelyezése. További említés esik az FRP betétek mechanikai lehorgonyzóelemeiről, ezeket az eszközöket az FRP elemek nehezen elvégezhető hajlíthatósága miatt, lehet érdemes használni a lehorgonyzási hossz növelésének érdekében.

2.12 Építés és fenntartás

A tizenkettedik és tizenharmadik fejezetek a kivitelezéssel és a fenntartással foglalkoznak, így azokról itt nem ejtünk részletes szót. A kivitelezési részhez érdemes megemlíteni, hogy a szerzők kiemelt figyelmet szentelnek az FRP elemek sérülé-

5. táblázat: Előírt minimális betétmennyiségek (JPCI, 2021)

Betét típus	Jellemző teherviselés	Előírt betétmennyiség
Hosszirányú	Tengelyirányú teherviselés, ahol a beton keresztmetszet önmagában <u>NEM</u> elegendő	$0.8(E_0/E_{fu})^*$
Hosszirányú	Tengelyirányú teherviselés, ahol a beton keresztmetszet önmagában elegendő	$0.1(E_0/E_{fu})^*$
Hosszirányú	Hajlított	$35f_{tk}/f_{ruk}^{**}$ vagy 2% (ami nagyobb)
Keresztirányú	Kengyel	$0.15(E_0/E_{fu})^*$ osztásköz: 300 mm vagy a gerenda effektív magasságának fele
Keresztirányú	Felkötés	kiosztás maximuma a hosszirányú betétek átmérőjének 12-szerese, csuklók kialakításánál a szerkezeti elemek méretének fele
Hosszirányú	Feszítőpásmákkal együttesen	Minimum a keresztmetszeti terület 1%-a

* : E_0 a referencia rugalmassági modulus (200 kN/mm²), E_{fu} az alkalmazott betét rugalmassági modulusa

** : f_{tk} a beton húzószilárdságának karakterisztikus értéke, f_{ruk} az alkalmazott betét húzószilárdságának karakterisztikus értéke

kenységének, és hangsúlyozzák, hogy a kivitelezés közbeni sérülések elkerülése fontos. Ezeket három fejezetbe foglalva példák követik, amelyekben megvalósult projektek, vizsgálati módszerek és gyakorlati tapasztalatok kerülnek bemutatásra.

3. KONKLÚZIÓK

A japán JPCI által kiadott ajánlás egy komprehenzív dokumentum, ami az FRP betétek betonszerkezetekhez való alkalmazása mellett kitér azok készítéséhez használt betonok és acélok tulajdonságaira, terhekre, kivitelezése és egyebekre.

Az ajánlás sokoldalúságának ellenére nem tér ki az FRP betétek több lényeges tulajdonságára. Ilyenek többek között az FRP betétek kúszási szakadása, ami említésre kerül, de csak felszínesen. Továbbá a betétek tűzállósága – a tűzállóság általánosságban hiányzik a dokumentumból –, valamint azok tartósságának tárgyalása is hagy kívánnivalót maga után.

A japán szabványkörnyezetre támaszkodásból következően az egyes tárgyalt elemek jelentősen eltérnek a hazánkban alkalmazottaktól. A hivatkozott szabványok és dokumentumok nagyrésze nem érhető el angol nyelven, valamint egy másik része még nem került publikálásra. Számos a szövegben hivatkozott szabvány nem kerül felsorolásra a források között.

Összességében az ajánlás jó betekintést ad nem csak az FRP betétekkel épített szerkezetek témakörébe, hanem a japán szabványkörnyezetbe és annak sajátosságaiiba is.

4. HIVATKOZÁSOK

- JPCI (2021) *Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Fibre Reinforced Polymer (FRP)*. Tokió, Japán, Japán Feszítettbeton Intézet
- JSA (2018a) JIS A 1108:2018 (E). *Method of test for compressive strength of concrete*. Tokió, Japán. Japán Szabványügyi testület
- JSA (2018b) JIS A 1113:2018. *Method of test for splitting tensile strength of concrete*. Tokió, Japán. Japán Szabványügyi testület
- JSA (2004) JIS G 3112:2004 *Steel bars for concrete reinforcement*. Tokió, Japán. Japán Szabványügyi testület
- JSA (2021) JIS A 1192:2021 *Test method for tensile properties of fiber reinforced polymer (FRP) bars and grids for reinforcement of concrete*. Tokió, Japán. Japán Szabványügyi testület
- JSCE (2018a) *Standard Specifications for Concrete Structures - Design*. Tokió, Japán. Japán Építőmérnökök Egyesülete
- JSCE (2013) *Standard Specifications for Concrete Structures - General Principles*. Tokió, Japán. Japán Építőmérnökök Egyesülete
- JSCE (2018b) *Standard Specifications for Concrete Structures - Materials and Construction*. Tokió, Japán. Japán Építőmérnökök Egyesülete

JSCE (2018c) *Standard Specifications for Concrete Structures - Test Methods and Specifications*. Tokió, Japán. Japán Építőmérnökök Egyesülete

JSCE (1995) JSCE-E 535-1995. *Test Method for Tensile Fatigue of Continuous Fiber Reinforcing Materials* Tokió, Japán. Japán Építőmérnökök Egyesület

Somlai Bálint okleveles építőmérnök, hídtervezőmérnök, PhD hallgató, BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék. Fő érdeklődési területek: szálerősítésű polimerek szerkezeti alkalmazása, szerkezeti elemek teherbírásának növelése, numerikus modellezés, betonok kémiai ellenálló képessége. fib (Nemzetközi Betonszövetség) Ifjúsági Tagozatának tagja.

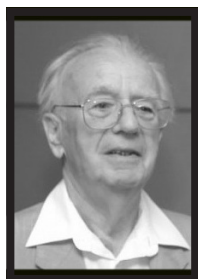
Dr. Balázs L. György (1958) okl. építőmérnök, mérnöki matematikai szakmérnök PhD, Dr. habil., egyetemi tanár, a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék vezetője. MTA műszaki tud. kandidátusa. Fő kutatási területei: beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek (anyagai, laboratóriumi vizsgálata és modellezése), roncsolásmentes vizsgálatok. Speciális betonok és betétek: szálerősítésű betonok (FRC), nem acélanyagú (FRP) betétek, megerősítések anyagai és módjai, HPC, UHPC, LWC. Tűzállóságra való tervezés, tűzállóság fokozása. Fagyállóság fokozása. Kémiai ellenállóképesség fokozása. Tartósság. Használati élettartam. Fenntartható építés. Erőátadás betonban, vasbeton tartók repedezettségi állapota. Fáradás. Lökésszerű terhelés. Nukleáris létesítmények. A fib (Nemzetközi Betonszövetség) elnöke (2011-2012), jelenleg tiszteletbeli elnöke. A fib Magyar Tagozat elnöke. Az Int. PhD Symp. in Civil Engineering alapítója. A fib Com 9 „Dissemination of knowledge” elnöke.

Dr. Sólyom Sándor okleveles építőmérnök, betontechnológus szakmérnök, PhD, BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék. Fő érdeklődési területei: szálerősítésű polimer betétek alkalmazása, tapadása és lehorgonyozása betonban; szálak alkalmazása betonban, 3D betonnyomatás, tartósság, fenntarthatóság. fib (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozatának alelnöke, fib TG5.1 munkacsoport tagja, COM9 titkára.

FRP REINFORCEMENT TO CONCRETE STRUCTURES IN WORLDWIDE EXPERIENCES 2. – JAPANESE APPROACH

Bálint Somlai - György L. Balázs - Sándor Sólyom
The use of fibre reinforced polymer continues to increase in popularity, as many organisations produce recommendations and standards regarding its use worldwide in many countries. It is of interest to study these, compare their contents and discuss what may be adopted to regulations in Hungary and, more broadly, in the European Union. Some of the relevant documents have been produced by the French Association of Civil Engineering (AFGC), the American Concrete Institute (ACI), the Canadian Standards Association (CSA) or the Japanese Prestressed Concrete Institute (JPCI). This series of articles presents these recommendations and standards as well as compares their contents.

NÉMETH ISTVÁN EMLÉKÉRE (1935-2025)



1935. december 6-án született Felsőgödön. A Budapesti Piarista Gimnázium után 1959-ben szerzett mérnöki oklevelet a Műegyetemen, majd 1965-ben vasbetonépítési szakmérnöki diplomát szerzett.

Pályafutását a szakminisztérium Hídosztályán kezdte 1959-ben.

Munkásságának három gyűjtőpontja a hídgazdálkodás (Hídosztály), a főiskolai oktatás (Győr) és a tervezés-szakértés volt. 1970-től 1974-ig a Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola Hídépítési és Hídfenntartási Tanszékén az hídépítés-acélszerkezetek tárgy előadója volt. 1975-től négy évig az NDK-ban, mélyépítési létesítményi főmérnökként dolgozott. Külföldi tartózkodásának gyümölcse a magyar-német, német-magyar értelmező jellegű hídépítési szakszótár, ami 1994-ben jelent meg.

Pályafutásának legjelentősebb időszaka 1983-ban kezdődött, a TETA Tervező és Tanácsadó Mérnökiroda Kiszöveget megalapításával. A tervezői szakértői magániroda több szervezeti átalakulással 2015-ig működött, de Pista bácsi 2024-ig folytatta magántervezői praxisát.

A TETA keretein belül több száz híd tervezését (új hidak tervezése, meglevő hidak erősítése, szélesítése, felújítása), fővizsgálati, statikai célvizsgálati szakvéleményét készítette el. Ebben a szakmai műhelyben maszek tervezési munkához juttatott sok-sok mérnök kollégát, fiatal pályakezdő mérnököket is felkarolva és tanítva-bevezetve a hídtervezés és szakértés rejtelseibe. Pista bácsi munkáját fémjelzi precizitása, maximalizmusa és gyönyörű kézzel készített rajzai – egyetlen A/3 lapon megadva egy kis híd komplett felújítási tervét minden szükséges részlettel együtt.

Helyszíni vizsgálatait tankönyvbe illették volna. Állandó és sokat használt felszerelése egész autóját megtöltötte: 9 m-es vizsgálólétra, gumicsónak, vízhatlan gumiruha, a híd szemrevételezéséhez-kiszabadításához kisbalta, ágvágó és fűkasza (!), továbbá vésőgép, fűrőgép, minden esetben a feltárások visszajavításához szükséges javítóanyag és kéziszerszám, műszerek sokasága, a vaskereső műszertől a repedés mikroszkópon, tahiméteren, teodoliton keresztül a Poldi-kalapácsig. A hidak és környezetük geodéziai felmérését is legtöbbször maga készítette.

A statikai célvizsgálatok (hídteherbírás-meghatározások) terén egyedülállóan nagy gyakorlatot gyűjtött. Több mint 250 közúti híd tényleges, a károsodás okozta gyengüléseket figyelembe vevő teherbírását határozta meg. Különösen kiemelkedő munkássága a kisebb hidak területén, ahol ezeket a vizsgálatokat sokszor építési tervek és iratok nélkül kellett elvégeznie.

Több szabadalmat jegyzett, ezek közül a legismertebb a burkolatrendszer belső víztelenítését megoldó, TETA szivárgó volt. Társszerőként közreműködött dr. Balázs György és dr. Tóth Ernő által szerkesztett Beton- és vasbetonszerkezetek diagnosztikája II. egyetemi tankönyv írásában. 2011-ben elkészítette a „Téglaboltozatos Közúti Hidak” című tervezési útmutatót. Hidász konferenciákon több előadást tartott első-sorban a meglevő hidak teherbírásának témakörében. Életrajza megjelent a Lánchíd füzetek 25. kötetében.

Betegségét türelemmel viselve, életének 90. évében, 2025. február 17-én hunyt el. Temetése 2025. február 27-én volt a Felsőgödön.

Kedves Pista bácsi, közúti hidak őrzője, nyugodj békében!

Hajós Bence



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

A HÍDTECHNIKA Kft. 1991-ben alakult.

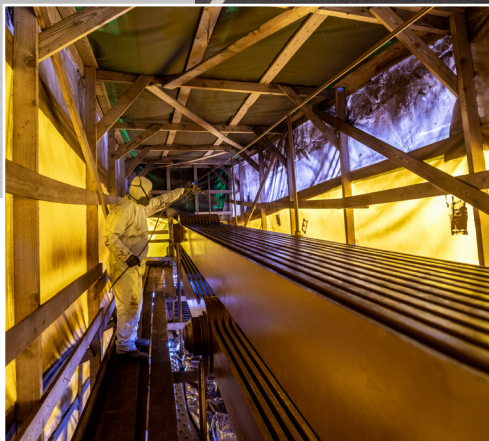
Tevékenysége napjainkban:

- szigetelések (mélyépítés, magasépítés),
- korrózióvédelem (üzemi, helyszíni),
- sóvédelem,
- közlekedési, mélyépítési, magasépítési létesítmények komplett 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,
- vízepítési kivitelezés.

Budapest szívében található Széchenyi Lánchíd felújítása 2021-2023. években, ahol társaságunk végezte az acélszerkezetek korrózióvédelmi, a pályalemez és járda szigetelési, valamint vasbeton felületek sóvédelmi és injektálási feladatait



Lánchíd acélszerkezetek üzemi korrózióvédelme csarnokban

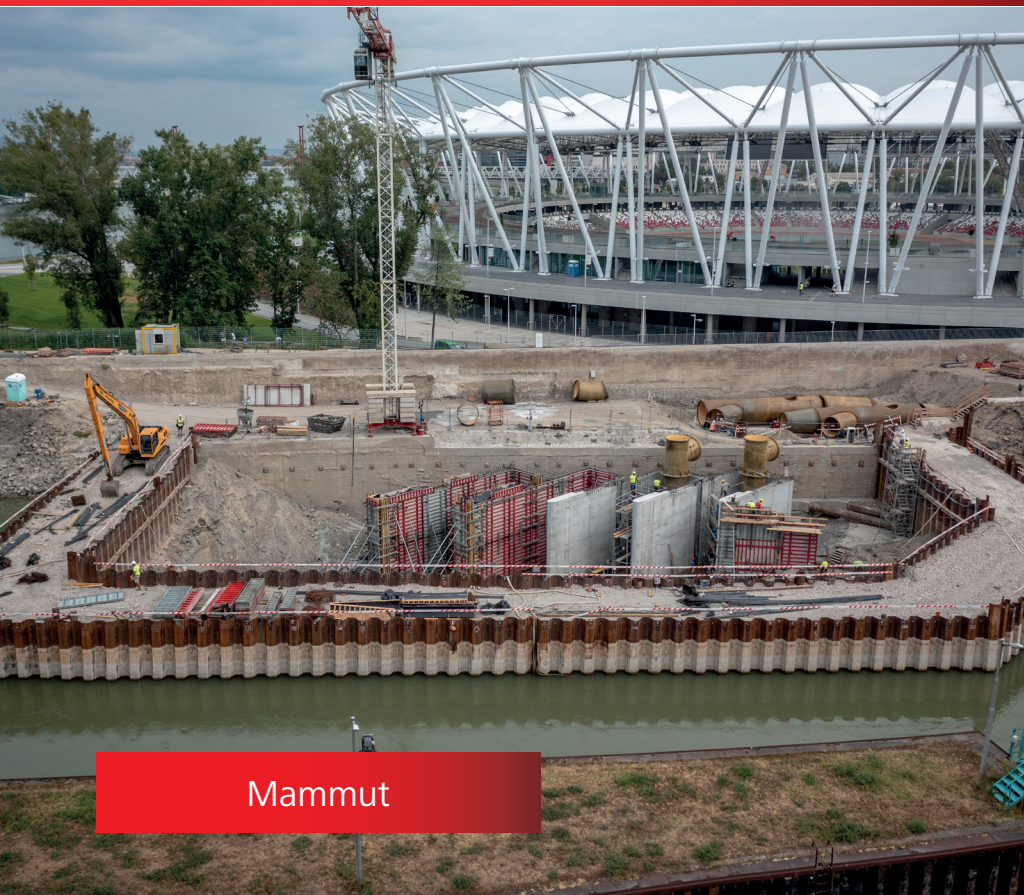


A Lánchíd festési munkái a helyszínen védősátor takarásában

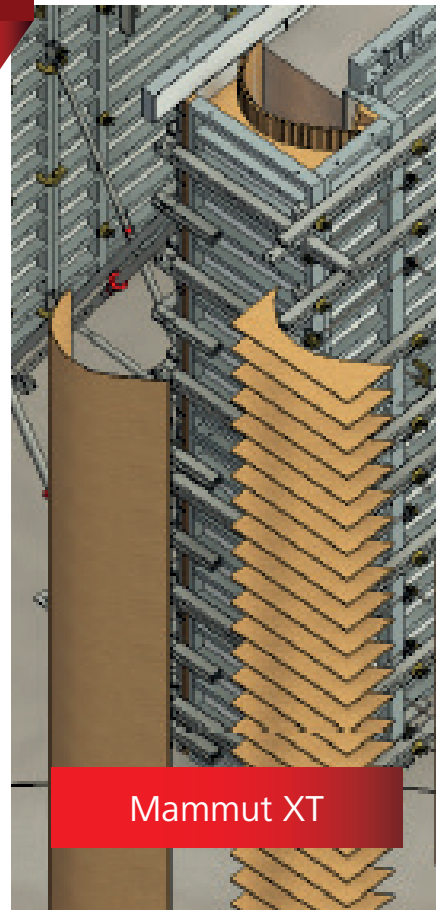


Lánchíd belső szerkezetének korrózióvédelme

A Kvassay-zsilip és létesítményeinek korszerűsítése MEVA zsalurendszerekkel



Mammut



Mammut XT

A FELADAT

Néhol több mint hét méteres falmagasság
zsaluzása akár 10 méter mélyen a folyó medrében

- szokatlan geometria
- különleges helyszín
- speciális körülmények
- 3D-s zsaluzási tervek
- gyártmánytervek egyedi falvégekhez

A MEGOLDÁS

MAMMUT, MAMMUT XT falzsaluzat
100 kN/m² teherbírás, elemenként 8,75 m² zsaluzási felület

3 átkötési mód, egyoldali átkötési lehetőség, alaktartás