



BADOVSZKY ANITA –
KORINTUS BALÁZS

**GINOP 2.1.7-15-2016-01771
„POLISZTIROLLAL KÖN-
NYÍTETT VASBETON
SZERKEZETŰ ÚSZÓMŰVEK
(EPS) KÍSÉRLETI FEJLESZ-
TÉSE” –
PROJEKT UTÓÉLETÉNEK
BEMUTATÁSA ÉS
ÉRTÉKELÉSE**

46

HAJÓS BENCE

**ESETTANULMÁNYOK A MAI
NÉMETORSZÁGI VASBETON
HÍDÉPÍTÉSBŐL**

52

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

**FRP BETÉTEK ALKALMAZÁ-
SA BETONSZERKEZETEKHEZ
A VILÁGBAN
3. – KANADAI MEGKÖZELÍ-
TÉS**

59

SZEMÉLYI HÍREK

DR. FARKAS JÁNOS EMLÉKÉRE
(1958-2025)

KAUSAY GYÖRGY EMLÉKÉRE
(1941-2025)

SZÁZ ÉVE SZÜLETETT DR. DARVAS
ENDRE (1925-2003)

65

fib BULLETIN 114-115

68

2025/3

XXVII. évfolyam, 3. szám



BETONMIX

Szálerősítéssel betonok

Tervezés

Betontechnológia

Szakértés

Diagnosztika

Ipari padlók

Térbetonok

Betonszerkezetek

Minősbiztosítás

- Technológiai utasítás (TU),
Mintavételi-és megfelelőség-igazolási terv (MMT) készítése
- Kivitelezés közbeni helyszíni tanácsadás, szakértői felügyelet
- Javítási technológia kidolgozása

Szakértés

- Műszaki átadás-átvételkor műszaki megfelelőség megállapítása
- Betontechnológiai hibák okainak meghatározása
- Helyszíni vizsgálatok roncsolással és roncsolás mentesen
- Georadar vizsgálatok
- Ráhatási felelősség megállapítása

+36 30 377 8629

BETONMIX@BETONMIX.HU

WWW.BETONMIX.HU

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. Kopeckó Katalin
Dr. Kovács Károly
Dr. Kovács Imre
Dr. Kovács Tamás
Lakatos Ervin[†]
Dr. Lublóy Éva
Mátyássy László
Dr. Móczár Balázs
Dr. Nehme G. Salem
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

Lektorai 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, Műegyetem rkp. 3.

Tel: 463 4068 Fax: 463 3450

E-mail: fib@eik.bme.hu

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

Az internet verzió

technikai szerkesztője:

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:

Társas házak és családi házak építésének
fontos eleme a beton

Fotó: Dr. Balázs L. György

TARTALOMJEGYZÉK

- 46** BADOVSZKY ANITA – KORINTUS BALÁZS
**GINOP 2.1.7-15-2016-01771 „POLISZTIROLLAL
KÖNNYÍTETT VASBETON SZERKEZETŰ
ÚSZÓMŰVEK (EPS) KÍSÉRLETI FEJLESZTÉSE” –
PROJEKT UTÓÉLETÉNEK BEMUTATÁSA ÉS
ÉRTÉKELÉSE**
- 52** HAJÓS BENCE
**ESETTANULMÁNYOK A MAI NÉMETORSZÁGI
VASBETON HÍDÉPÍTÉSBŐL**
- 59** SOMLAI BÁLINT - DR. BALÁZS L. GYÖRGY -
DR. SÓLYOM SÁNDOR
**FRP BETÉTEK ALKALMAZÁSA
BETONSZERKEZETEKHEZ A VILÁGBAN
3. – KANADAI MEGKÖZELÍTÉS**
- 65** **SZEMÉLYI HÍREK**
DR. FARKAS JÁNOS EMLÉKÉRE (1958-2025)
KAUSAY GYÖRGY EMLÉKÉRE (1941-2025)
SZÁZ ÉVE SZÜLETETT DR. DARVAS ENDRE (1925-2003)
- 68** **fib BULLETIN 114-115**

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

GINOP 2.1.7-15-2016-01771 „POLISZTIROLLAL KÖNNYÍTETT VASBETON SZERKEZETŰ ÚSZÓMŰVEK (EPS) KÍSÉRLETI FEJLESZTÉSE” – PROJEKT UTÓÉLETÉNEK BEMUTATÁSA ÉS ÉRTÉKELÉSE



Badovszky Anita – Korintus Balázs

<https://doi.org/10.32969/VB.2025.3.1>

A Dunai Úszómű Fejlesztő Kft. a GINOP-2.1.7-15-2016-01771 pályázati projekt keretében kifejlesztett polisztirollal könnyített vasbeton szerkezetű úszóművet, melynek prototípusait működési környezetében vizsgálták tavi úsztatott formában két éves időszakon keresztül. A vizsgálat célja az volt, hogy megfigyeljék időjárás, a természetes vízi körülmények és az úszómű használatának hatásait az úszóművek szerkezetében. A vizsgált időszakban az úszóművek terhelése és mozgatása vízi környezetben zajlott, célja az eredeti állapot állapotromlásának, a felület kopásának, a töredezettségnek és a repedések mozgásának a megfigyelése. Az úszóműveken a megjelölt időszakban nem hajtottak végre semmilyen felületkezelést, valamint fizikai védelemmel sem látták el annak érdekében, hogy a legpontosabban lehessen meghatározni a fizikai változásokat a fenti körülmények közepette. Az eredmény az előre meghatározott és elvárt tulajdonságokat igazolta vissza, de a gyártás és mozgatás során kialakult felszíni hibák kijavítására vonatkozóan tesz megállapításokat és javaslatokat a gyártás továbbfejlesztésére és stabilizálására, valamint az általános felületkezelésre és az úszóművek kezelésére.

KULCSSZAVAK: GINOP-2.1.7-15-2016-01771 pályázat, kísérleti fejlesztés, EPS betonúszómű, polisztirollal könnyített szálerősített beton szerkezet

1. A PÁLYÁZATI PROJEKT ÖSSZEFOGLALÁSA

A Dunai Úszómű Fejlesztő Kft. (a továbbiakban „DUF Kft.”) 2017-ben kezdte meg a GINOP-2.1.7-15-2016-01771 azonosító számon regisztrált pályázati projekt megvalósítását. A pályázat célja „Polisztirollal könnyített vasbeton szerkezetű úszóművek (EPS) kísérleti fejlesztése” volt. A projekt megvalósítása 2017. július 1-jén kezdődött meg, és 2019. szeptember 30-án zárult. A megvalósítás elméleti fejlesztési feladatokból, valamint a prototípus fizikai megvalósításából és teszteléséből állt.

A projekt fő célja egy olyan helyhez rögzített, polisztirollal könnyített vasbeton szerkezetű úszómű-alépítmény kifejlesztése és megvalósítása, mely könnyűszerkezetes felépítmény fogadására alkalmas, és melynek merülése célszerűen a vízszinthez képest 1 m-nél kisebb, így az úszómű vízre helyezése és későbbi üzemeltetése során nincs szükség költséges mederkotrásra és a meder fenntartási munkáira. A kisebb, egymáshoz kapcsolható modulokból tervezett úszómű rendszer alapvetően helyhez kötött, azonban igény esetén áthelyezhető, szét- és átszerelhető. Kikötése a parthoz támdorongos, köteles vagy horgonyzott megoldással – az adott parti viszonyoknak megfelelően – történik.

A fejlesztés eredményeként létrejött termék vízfelületen úszó, helyhez rögzített, modulrendszerű, expandált polisztirollal habbal könnyített, szálerősített beton anyagú úszómű rendszer, mely optimálisan állóvízi körülmények között alkalmazható. A

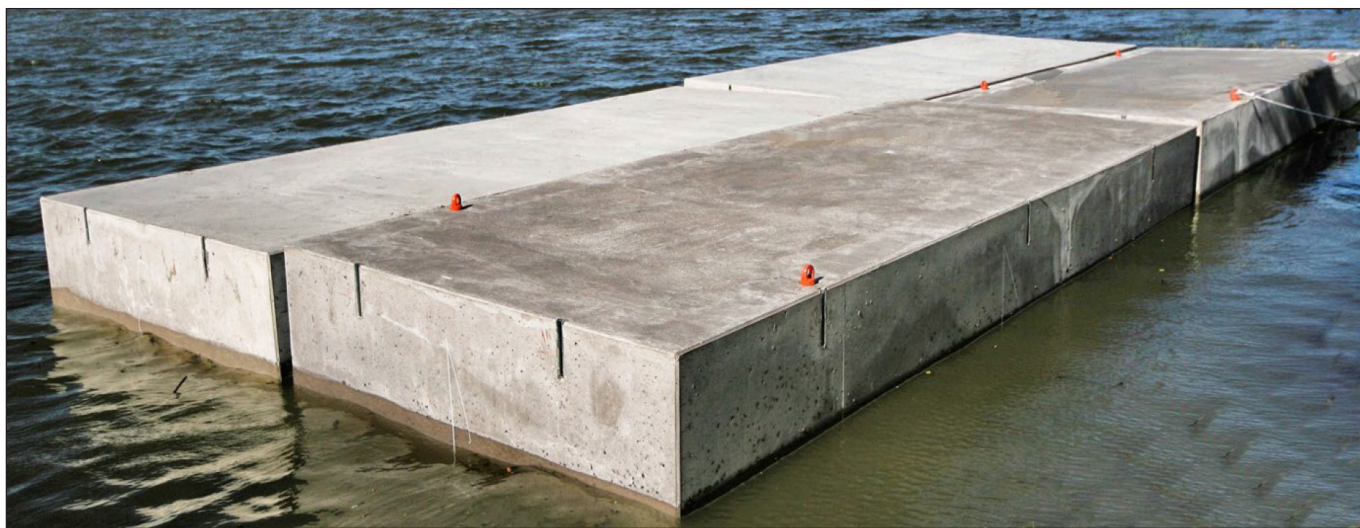
megtervezett szabályos téglatest alakú modulegység főmérete 6,00 m (H) x 2,40 m (SZ) x 1,00 m (M), tömege kb. 5-6 t, ennek megfelelően a tervezett üres merülése kb. 0,39 m.

A pontonokon szerkezetében – az összekapcsoláshoz és az emeléshez szükséges helyeken kívül – sehol sincsenek megerősített, az esetlegesen rájuk kerülő felépítmény rögzítésére szolgáló kapcsolódási pontok. Pontonok szerkezeti betonjának tervezett vastagsága 5 cm. A teljes szerkezet vasszerelés nélkül, statikai műanyagszál erősítéssel készült. A szerkezet belül üreges, a kitöltő EPS elemek semmilyen formában sem teherhordóak.

A bővíthető, szét- és átszerelhető moduláris rendszer modulonkénti teherbírása kb. 3200 kg, így többek közt kisebb, könnyűszerkezetes felépítmény(ek), könnyített burkolatú sétateretek fogadására alkalmas, mindemellett alkalmas kishajók kikötésére, fogadására. Az úszómű teherbírása egyenesen arányos az önsúly miatt bekövetkezett saját merülése utáni további merülés során kiszorított víz tömegével: amely 0,3 t/m².

Az egymáshoz kapcsolt úszó modulok hasznos alapterülete akár a néhány száz négyzetméterig is terjedhet a tervezett funkció, a parti és meder adottságok, áramlási viszonyok függvényében. A kifejlesztett rendszer előnye, hogy a modulok rendkívül kis merülése – amely a vízszinthez képest 1 méternél kisebb (üres merülése kb. 0,39 m) – lehetővé teszi kisvízi adottságok melletti alkalmazását, így telepítése során nincs szükség költséges mederkotrásra és a meder fenntartási munkák elvégzésére.

Az elkészített úszómű rendszer kis karbantartási igénnyel



1. ábra: Összekapcsolt polisztirollal könnyített vasbeton szerkezetű úszóművek

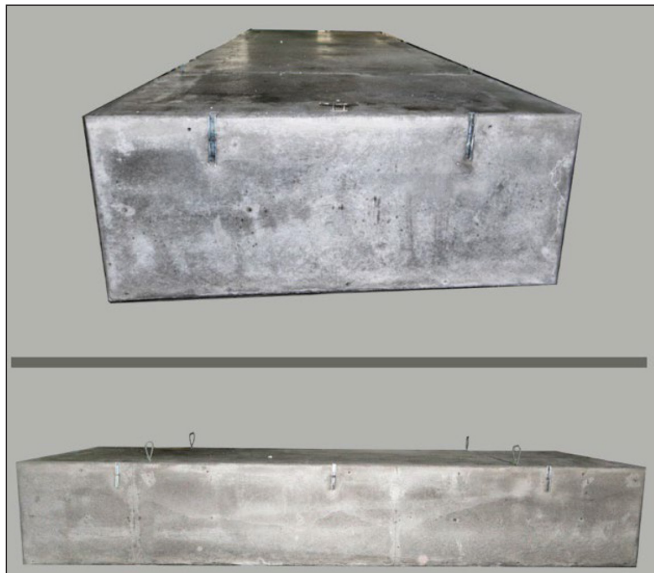
rendelkezik, összességében költséghatékonyan, egyszerűen és gazdaságosan telepíthető és fenntartható szerkezet: az alépítmény alkalmassági ideje karbantartás nélkül 30-40 év között várható, a beépített anyagok és szerkezetek tulajdonságaitól (szilárdság, vízállóság, fagyállóság) függően.

Az úszómű teherbíró képessége, stabilitása, tartóssága és ezáltal a használhatósága eléri az acél szerkezetű versenytársaiét, miközben árban is versenyképes velük. A kifejlesztett szerkezet kialakítására, jellegére tekintettel a lékesedés veszélye kizárt, ugyanis az úszómű nem tartalmaz a vízkiszorításához üreges tereket, csak tömör szálerősített beton anyagú vázat és expandált polisztirol habot. Az úszómű stabilitása arányos a saját tömegével, tehetetlenségével, mellyel a hullámnásnak, a szél hatásának vagy a hirtelen terhelésnek ellenáll, ezáltal a biztonság érzetét garantálja a rajta tartózkodók számára.

2. A PÁLYÁZATI FEJLESZTÉS TESZTELÉSE ÉS NYOMONKÖVETÉSE

A kifejlesztett és legyártott úszómű prototípusok 2019-ben abádszalóki „Szalóki” kikötőhöz lettek leszállítva. A megfelelő vízjogi és hajózási engedélyek birtokában a kikötőhöz tartozó vízfelületen sikeresen zárult a pontonok vízre tétele, összekapcsolása és szétbontása, valamint a

2. ábra: Polisztirollal könnyített vasbeton szerkezetű úszómű



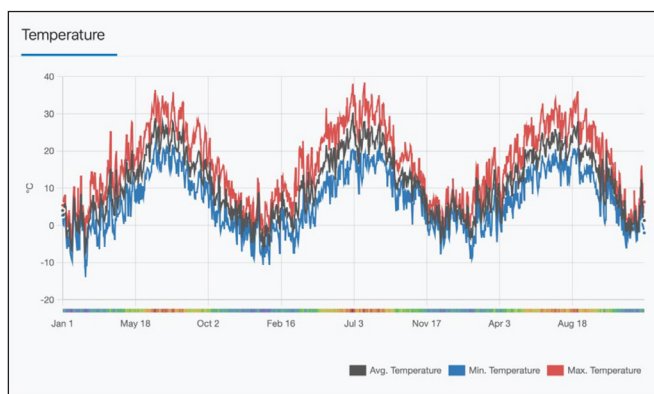
3. ábra: Muhi-tó és környéke

szükséges dőléspróba elvégzése. Ezt követően a pontonok Muhi-tó területén lévő Szabadidő központ és strandhoz lettek átszállítva és vízre tévé. A pontonok helyszínre szállításukat követően daruzással súlyakocsira majd azzal közvetlenül vízre lettek tévé.

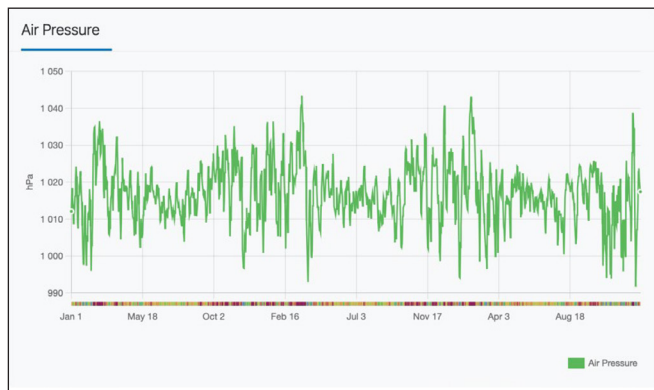
A területen a vizsgált időszakban extrém időjárási körülmények nem voltak tapasztalhatóak. A hőmérséklet -14°C és 38°C között mozgott. Mind a nyári, mind pedig a téli időszakra nem volt jellemző a tartós negatív vagy pozitív hőhatás. A nyári időszakban a gyakori hidegfronti hatások szakították meg a tartós melegedést, télen a -10°C alatti hőmérséklet ellenére sem fagyott be a tó vize a tartós hideghatás hiánya miatt. A vizsgált időszak második felében volt jellemző a területen csapadékosabb időjárás, azonban tartósabb esőzések nem voltak a tavaszi, nyári és őszi időszakban, a téli havazás mennyisége elenyésző volt. A légköri nyomás vizsgálata elhanyagolható volt, a szélhatás figyelembevétele úgyszintén.

A korábbi évek szállítási és a helyszíni mozdítások alapján az alábbi megállapítások és szakmai javaslatok készültek a tapasztalatokból. Az úszóművek szakmai vizsgálatát Reinhardt János vasbeton technológus szakmérnök és Kandó György okleveles hídépítő mérnök végezte el.

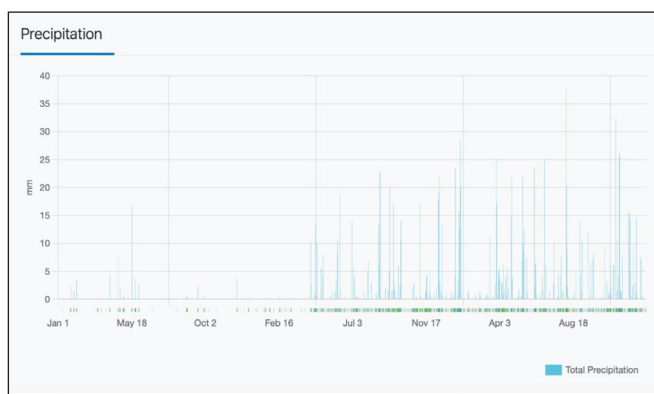
A mozdítás, szállítás alkalmával a legfontosabb, hogy a betontestre ható csavaró erők ne lépjenek fel, csak és kizárólag egyvonalas és egysíkban történő mozdítás a megengedett. Az úszóművek éleinek és sarkainak megóvása érdekében érdemes él- és sarokvédő szerkezetet alkalmazni, mely készülhet fából vagy műanyagból. A pontonok emelésénél, szállításánál, mozdításánál figyelembe kell venni, hogy egy-egy ponton önsúlya közelítően $6\,000\text{ kg}$. Ezen önsúly figyelembevétele kiemelten fontos alkalmazott daru, illetve emelőkötelek kiválasztásánál. A pontonok emelése négy emelőkötéllel történhet, melyek vízszinteshez mért hajlásszöge legalább



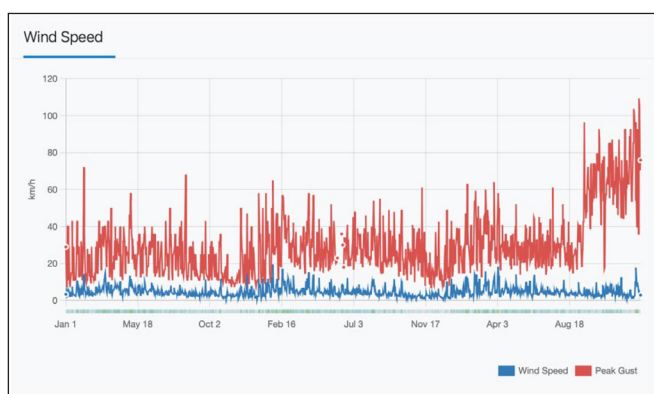
4. ábra: Hőmérséklet adatok



5. ábra: Légnyomás adatok

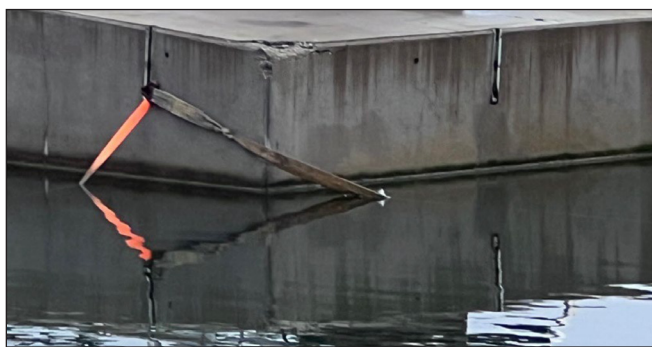


6. ábra: Csapadék mennyiség adatok

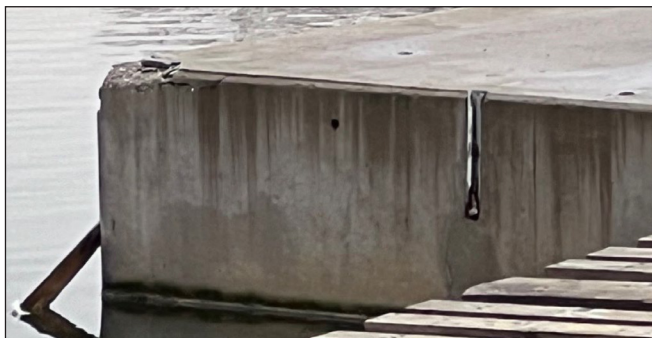


7. ábra: Szélerősség adatok

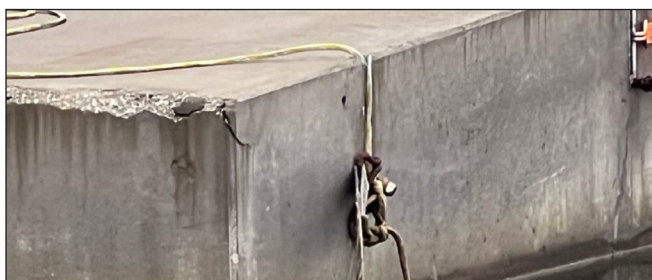
75°. Az emelés történhet emelőhimbával vagy közvetlenül csatlakoztatott emelőkötéll. Emelés előtt az emelőfüleket az előzetesen megtisztított menetes hüvelyekbe ütközésig be kell csavarni. Bármelyik emelési változatnál csak azonos hosszúságú emelőköteleket szabad használni. A pontonok emelése során mind a négy emelőfűlőhöz emelőkötelet kell kapcsolni. A pontonok emelése során kerülni kell a hirtelen,



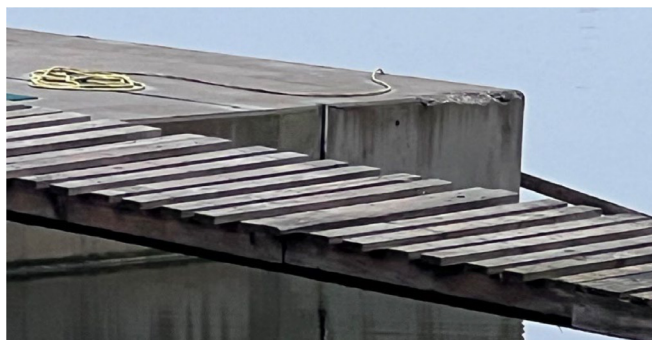
8. ábra: Sarokletörés típus 1



9. ábra: Sarokletörés típus 2



10. ábra: Sarokletörés típus 3



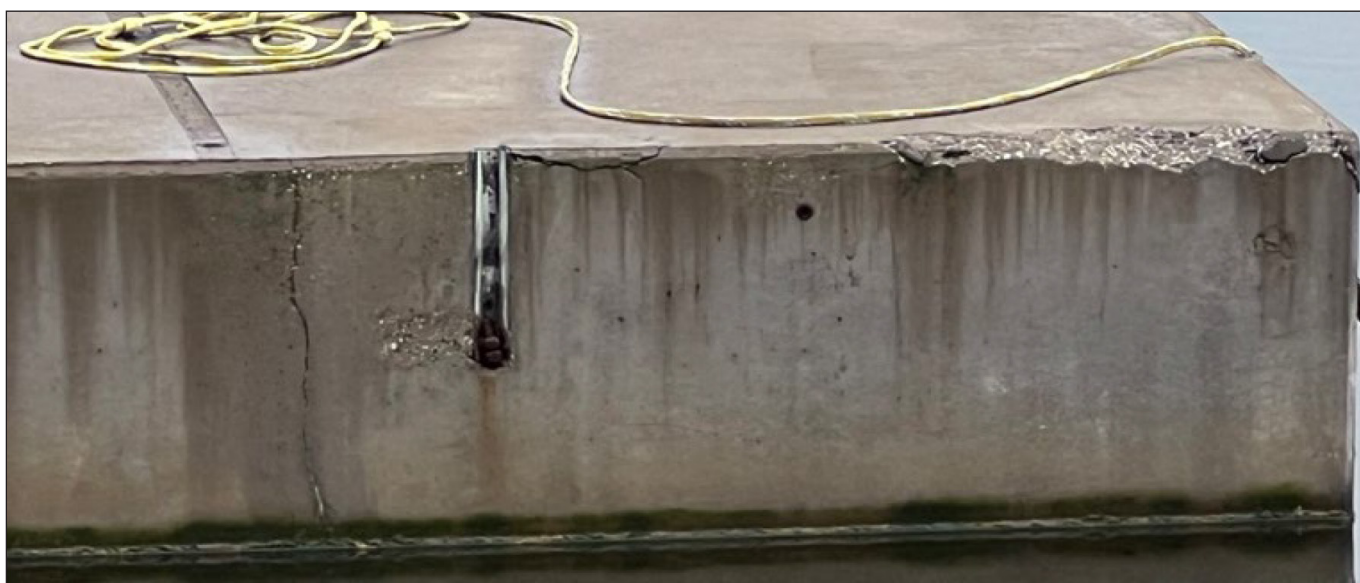
11. ábra: Sarokletörés típus 4

nagy erővel történő elmozdulásokat. A pontonok leengedését lassan, ütődés mentesen kell elvégezni. A pontonok emelése során minden esetben be kell tartani a daruval történő munkavégzésre vonatkozó általános szabályokat.

A pontonok szállítása során, azok elhelyezése sík felületen történjen és szükség szerint az elmozdulás ellen is rögzíteni kell őket. A kitöltő EPS hab semmilyen formában sem terhelhető. Amennyiben a ponton alátét elemekre kerül, akkor azok csak fából vagy más, de rugalmas anyagból készülhetnek. Az alátét elemek minden esetben a végfalak és a közbenő merevítő falak alá kerüljenek. Amennyiben két ponton egymásra kerül és úgy történik a szállításuk, akkor a pontonokat pontosan egymásra kell helyezni. Ferde vagy külpontos elhelyezés nem megengedett. Az egymásra helyezett pontonokat úgy kell rögzíteni, hogy azok egymáson, vagy a szállító járművön ne



12. ábra: Felületi repedések 1



13. ábra: Felületi repedések 2

mozdulhassanak el. Szállítás előtt a pontonok összekapcsolására szolgáló kapcsolóelemeket minden esetben le kell szerelni, az emelőfülek viszont a pontonok szabadon lévő fedélzetén fent maradhatnak. A szállítás során természetesen minden esetben be kell tartani a közúti szállításra vonatkozó előírásokat.

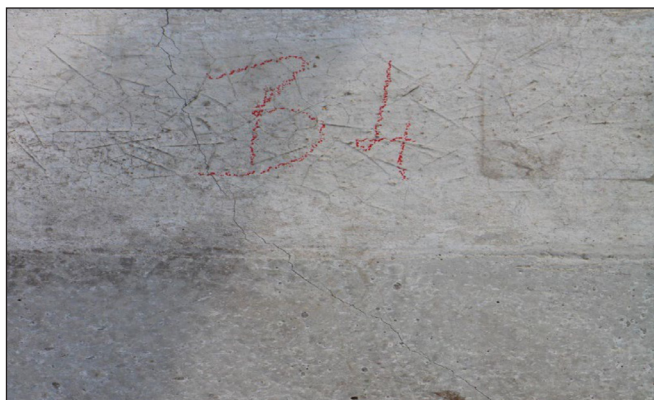
Pontonok szárazföldi tárolása vízszintes, simára elegyengetett felületen történjen. Legfeljebb két ponton egymásra helyezhető. Külpontos vagy ferde elhelyezés nem megengedett. Él- és sarokvédő használata ebben a helyzetben is javasolt. A pontonok vízi tárolása esetében a pontonokat a parthoz az emelőfülekhez rögzített kikötőkötéllel kell kikötni. A pontonokat vízben úgy kell elhelyezni, hogy hullámvész, szél vagy bármilyen más hatás miatt egymással, más vízi járművel vagy a partfallal ne ütközhessenek. Amennyiben a pontonok egymás mellé kerülnek, akkor kapcsolóelemekkel kell egymáshoz rögzíteni őket. Változó vízállás esetében a, a pontonok kikötését ennek megfelelően kell elvégezni. Ilyen esetben ügyelni kell arra, hogy vízszint csökkenés esetén a ponton ne kerülhessen részlegesen vagy teljes egészében zátonyra, el kell kerülni az EPS sérülését. Téli időszakban, vízben történő tárolás esetében, a pontonok környezetét folyamatosan jégteleníteni kell.

A pontonok vízretétele történhet sólyakocsival vagy pedig daruval. A vízretétel során törekedni kell arra, hogy szabályozott legyen a ponton mozgása a vízfelületen, akár folyóvízre, akár tavi környezetbe kerül telepítésre. Az úszóművek mozgását és irányítását, valamint kikötését kikötőkötéllel kell biztosítani. A pontonok egymás mellett tartásánál érdemes a pontonok oldalához erősített és levegővel töltött ballonokat (puffereket) alkalmazni. Sólyakocsival történő vízretétel esetében a ponton felfekvése, alátámasztása a fentebb leírtaknak megfelelően történjen. A sólyakocsin a pontont rögzíteni kell a lecsúszás és az oldal irányú lebillenés ellen. Daruval történő vízretétel esetében a fentebb leírt emelési szabályokat kell betartani. Partfal mellett történő be- vagy kiemelés esetén a pontont úgy kell mozgatni, hogy az ne ütődhesen a partfalhoz.

A vizes környezet mellett a pontonokra folyamatosan ható időjárási tényezők hatása is vizsgálat tárgyát képezte. Szükséges volt a gyártástól és első vízretételtől eltelt idő óta kialakult esetleges károsodások, tárolásból, mozgatásból, használatból és külső hatások miatt kialakult sérülések felmérésére és dokumentálására. A pontonok állapotfelmérése 2021. október 7-én, majd 2023. december 15-én a helyszínen szemrevételezéssel történt meg. A pontonok három éven át



14. ábra: Épp felület



15. ábra: Felületi repedések 3

tartó úsztatása zajlott egymáshoz összekapcsolt vagy külön álló formában. A terheléses tesztelés alkalmával a maximális teherbírás harmadával kerültek kipróbálásra.

A pontonok külön-külön történő felmérése alapján megállapítható volt, hogy valamennyi úszómű alkalmas az eredeti követelmények (úszóképesség, teherbírás) teljesítésére. A felületen látható kisebb vagy nagyobb sérülések nem az időjárás, hanem gyártási, illetve feltételezhetően a helytelen mozgatás, szállítás és kezelés következtében keletkeztek, de ezek a rendeltetés-szerű használatot nem befolyásolják. Az élek és sarkok az úszómű felület gyenge pontjai. Ezt további anyagok beépítésével, szálerősített keretrendszer alkalmával lehet ellenállóbbá tenni. A megfelelő anyag kiválasztására további fejlesztési kísérletek javasoltak. A felületi erősítés ellenére a szállításnál, a tárolásnál, a mozgatásnál és a használat közben továbbra is célszerű a sarkok és élek védelme műanyagból, vagy fából készült keretrendszer alkalmazásával.

A felületen minimális mértékben alakultak ki hajszálrepedések a használat alatt. Ezek kezelésére, valamint további (korróziós) károsodás megelőzésére 0,2 mm-t meghaladó fedélzeti repedések tartós és rugalmas vízzáró anyaggal történő itatása a javasolt megoldás. A kitöltéshez alacsony viszkozitású (híg folyós) terméket kell alkalmazni, mely mélyen behatol a repedésbe és kitölti azt. Ezzel nem csak a felszín közelében zárja el a víz útját, hanem a repedés mélyebb részeiben is. Javasolt itatószer: MBS GmbH (volt BASF Ausztria) MasterRoc MP 325 egykomponensű kovásvas nanotechnológiás injektálószer. A megfelelően előkészített (pl. sűrített levegővel portalánított) repedésbe az előkészített injektáló anyagot addig kell vékony sugárban folytatni míg az ki nem tölti a teljes repedést. Mivel az injektálószer fazékideje tág határok között beállítható, lehetséges, hogy az első itatást követően az injektáló beszívódik a repedésbe és nem tölti ki azt. Amennyiben a repedés az első itatási fázisban nem lett teljesen kitöltve, akkor a gélesedés kivárása után utóitatást kell alkalmazni a teljes repedés kitöltés érdekében. A pontonok fedélzetét a repedések itatását és az itatóanyag megszilárdulását

követően célszerű vízlepergető tulajdonsággal rendelkező, valamint UV sugárzásnak ellenálló, impregnáló anyaggal kezelni. Ezzel megakadályozható, hogy a ponton fedélzeti felületén megálljon a víz. Ez különösen a téli időszakban jelent előnyt, mert csökkenthető a felület eljegesedése. A felületi impregnálás ezen kívül a szennyeződésekkel szemben is ellenállóbbá teszi a felületet és megakadályozza a szennyeződések miatti felület foltosodást. Az impregnálást az élővízre semmilyen veszélyt nem okozó szerrel kell elvégezni. A fedélzet bevonását célszerű a szárazföldön elvégezni és a pontonokat a szer kikeményedése (kötése) után vízre tenni. Javasolt bevonat: Szilintex Kft. Smiling House Universal oldószeres impregnáló.

3. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A pontonok vizsgálata alapján megállapítható, hogy az úszómű alkalmas az eredeti követelmények (úszóképesség, teherbírás) teljesítésére.

A felületen kialakult sérülések nem az időjárás, hanem gyártási, illetve feltételezhetően a helytelen mozgatás, szállítás és kezelés következtében keletkeztek.

Az úszóművön keletkezett sérülések a rendeltetés-szerű használatot nem befolyásolják.

A vizsgált időszak alatt bebizonyosodott, hogy az úszómű élei és sarkai a legsérülékenyebb része az úszóműnek. Ezt további anyagok beépítésével, szálerősített keretrendszer alkalmával lehet ellenállóbbá tenni.

A megfelelő anyag kiválasztására további fejlesztési kísérletek javasoltak.

A felületi erősítés ellenére a szállításnál, a tárolásnál, a mozgatásnál és a használat közben továbbra is célszerű a sarkok és élek védelme műanyagból, vagy fából készült keretrendszer alkalmazásával. Javasolt továbbá időszakonként felületkezelés elvégzése a használat során kialakult hibák javítására.

4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szerzők köszönetet mondanak a Dunai Úszóműfejlesztő Kft-nek és a Magyar Állam GINOP pályázatokért felelős kormányzati szervének, mint irányító hatóságnak a GINOP-2.1.7-15-2016-01771. pályázatban elnyert támogatásáért. Köszönet Reinhardt János vasbeton technológus szakmérnöknek és Kandó György okleveles hidépítő mérnöknek, akik a fejlesztésben és a megvalósításban, valamint az utókövetésben is tevékenyen részt vállaltak. Köszönet Polgár László okleveles építőmérnök, aki szakmailag szintén részese volt a fejlesztésnek és az alkotásnak.

5. FELHASZNALT IRODALOM

Kandó György okleveles hidépítő mérnök és Reinhardt János betontechnológus szakmérnök: KÖZBENSŐ KUTATÁSI JELENTÉS Úszómű építéséhez alkalmazható betonreceptek GINOP-2.1.1-7-15 pályázati projekt
Kutatói napló - GINOP-2.1.1-7-15 számú támogatási szerződés kutatási fejlesztés projekt
Polgár László okleveles építőmérnök: Műszaki leírás - Polisztirollal könnyített vasbeton szerkezetű úszóművek (EPS) kísérleti fejlesztése témában megvalósuló prototípus kísérlethez GINOP 2.1.7-15-2016-1771

Badovszky Anita - Okleveles építészmérnökként végzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építészmérnöki Karán.

Pályafutását a bankszektorban, ingatlanfejlesztési leányvállalatnál kezdte, ahol projekt asszisztensként, majd projektmenedzserként banki fejlesztések – elsősorban kereskedelmi és lakóingatlan-beruházások - teljeskörű menedzselésével, lebonyolításával foglalkozott.

2014-től a Dunai Úszómű Fejlesztő Kft.-nél projektmenedzserként, kutatási koordinátorként vett részt a polisztirollal könnyített vasbeton szerkezetű úszómű kifejlesztésére irányuló GINOP-2.1.7-15-2016-01771 kutatási projektben.

2016-tól a projekt irányításáért felelős projektmenedzserként és kutatási koordinátorként csatlakozott egy további GINOP kutatás-fejlesztési projekthez, amely keretében egy vasbeton és acél öszvérszerkezetű, moduláris jellegű úszómű rendszer kifejlesztésére, prototípus megépítésére és tesztelésére került sor, a BME számos tanszékével együttműködésben, több konzorciumi tag együttműködésével.

Jelenleg a 3E International Kft. projektmenedzszerként építési beruházások lebonyolítását vezeti, koordinálja.

Korintus Balázs – Okleveles építészmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építészmérnöki karán végzett. Okleveles ingatlanszakértő (MSc. Real Estate, Nottingham Trent University, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem), tagja a Royal Insitute of Chartered Surveyors-nek (Chartered Surveyor MRICS).

Szakmai pályafutásának kezdetén tervezési és ingatlanfejlesztési területeken szerzett tapasztalatot a Skanska Hungary Kft.-nél.

A 20 éve alakult, mérnöki szolgáltatások széleskörű palettáját végző 3E international Kft. alapító tagja, ügyvezető igazgatója.

Az elmúlt, több mint 25 évben széleskörű tapasztalatot szerzett mind az ingatlanfejlesztések, mind a műszaki projektmenedzsment területén.

Kutatóként vett részt a vasbeton és acél öszvérszerkezetű, moduláris jellegű úszómű rendszer kutatás-fejlesztési GINOP projektben, az acélszerkezetű felépítményi rendszer kifejlesztéséért felelős konzorciumi tag tulajdonosaként, ügyvezető igazgatójaként. Mindemellett a Dunai Úszómű Fejlesztő Kft. tulajdonosaként aktív vezetője, tagja volt a polisztirollal könnyített vasbeton szerkezetű úszómű kifejlesztésére irányuló GINOP-2.1.7-15-2016-01771 kutatási projekt szakmai csapatának.

GINOP 2.1.7-15-2016-01771 “EXPERIMENTAL DEVELOPMENT OF FLOATING STRUCTURES WITH LIGHTWEIGHT POLYSTYRENE REINFORCED CONCRETE (EPS)” – PRESENTATION AND EVALUATION OF THE PROJECT LIFE

Anita Badovszky - Balázs Korintus

The Dunai Úszómű Fejlesztő Kft. developed a polystyrene-lightened reinforced concrete floating structure within the framework of the GINOP-2.1.7-15-2016-01771 project, the prototypes of which were tested in their operational environment in a floating form in a lake over a two-year period. The aim of the study was to observe the effects of weather, natural water conditions and the use of the floating structure on the structure of the floating structures. During the examined period, the loading and movement of the floating structures took place in a water environment, the aim being to observe the deterioration of the original state, surface wear, fragmentation and movement of cracks. The floating structures were not subjected to any surface treatment during the indicated period, and they were not provided with any physical protection in order to determine the physical changes under the above conditions as accurately as possible. The result confirmed the predefined and expected properties, but it makes findings and suggestions regarding the correction of surface defects that developed during production and handling, for the further development and stabilization of production, as well as for general surface treatment and the management of floating structures.

ESETTANULMÁNYOK A MAI NÉMETORSZÁGI VASBETON HÍDÉPÍTÉSBŐL



Hajós Bence

<https://doi.org/10.32969/VB.2025.3.2>

Nemzetközi hídépítési példák megismerése kiváló lehetőséget adnak a tanulásra, újszerű megoldások alkalmazására. Jelen tanulmány hét németországi vasbeton hídépítést ismertet. Ezek a példák reprezentálják a német gyakorlatot, a hídépítésük fejlődésének irányát. Hangsúlyosan megjelenik az előregyártás, a lehető legkevesebb emberi munka végzése. A példákból megismerhetők igen gyors építésű hidak is. Rossz állapotú hidak átépítéskor kihívás a forgalom folyamatos fenntartása és a lehető legkevesebb út lezárással járó építési mód alkalmazása.

KULCSSZAVAK: hídépítés, Németország, előregyártás

1. BEVEZETÉS

A külföldi tanulmányút, nemzetközi példák megismerése mindig is előmozdította a magyarországi hídépítést. Hídtörténelemből ismeretes, hogy egyes nagyobb és újszerűbb híd építését jelentős előtanulmányok előzték meg. Ennek szép példája volt az Erzsébet kábelhíd tervezését megelőző nyugat-európai tanulmányutak, amelyen részt vett nem csak a tervező, hanem a megrendelő és a kivitelező képviselője is.

A jó példák megismerését és a megszokásból alkalmazott, de nem mindenben tökéletes hídépítési gyakorlat megváltoztatását tűzte ki célul a Hidászokért Egyesület is, együtt gondolkodásra hívva mindenkit, hogy szakítsunk azokkal a megoldásokkal, amelyek nem optimálisak, csupán biztonságosak, „így szoktuk” jelige mentén (Sitku–Hajós 2024). Kétség kívül a változás, az újítás kockázattal jár, s számos alkalommal hiába van erre szándék a folyamat elején lévő tervező részéről, ha azt utána a megrendelői oldal vagy a kivitelezés során elgáncsolják. Ez pedig hamar kedvét szegi azoknak, kik módosításon törik fejüket.

Szintén az újítási célt szolgálják a Hidászokért Egyesület által szervezett külföldi hidász tanulmányutak is, ahol kiváló alkalom nyílik más ország hídépítési gyakorlatába betekinteni, észre venni a magyarországi gyakorlattól, trendektől való eltéréseket akár pozitív, akár negatív irányban. Ennek egy látványos példája a külföldi minta után tervezett légköri korrózióálló acélszerkezetű öszvértartós hídszerkezet, előregyártott vasbeton zsaluzattal (Kövári 2024).

A bemutatott németországi aktuális vasbeton hídépítési példákat a német közlekedési minisztérium évente kiadott, híd és alagútépítési munkáit bemutató kiadványa alapján ismertetjük (Brücken 2023; Brücken 2024). A színes, adatgazdag, német nyelvű közleményben fényképek és tervrajzi részletek is találhatóak. A 2023 és 2024. évi kötetben található a vasbeton hidakat ismertetjük. A német példák jó betekintést adnak az ottani szakmai trendekre.

Az esettanulmányok között van új hídépítés, ami új útszakaszon épült, és vannak hídcserek. Ez utóbbiak építéstechnológiája mindig nagyobb kihívást jelent egyrészt a forgalom fenntartása, másrészt a fizikai akadályoztatás miatt. A hídátépítések

együttal betekintést adnak a német hídállományra jellemző korróziós károsodásokra és teherbírási elégtelenségekre is (Boros, 2024).

A példák tükrözik a hídépítésben terjedő nagy fokú előre-gyártást, ami egyre több esetben érinti az alépitményeket is. Az előregyártás gyorsítja a kivitelezési időt, csökkenti a helyszíni drága élőmunkát és összességében kedvezően hat a beruházás CO₂ kibocsátására és teljes életciklus számítására (Kövári–Megyeri 2024). Említést érdemel az is, hogy az előregyártott elemek betonszilárdsága jellemzően C80/95.

A példák között található rendkívül gyors átfutású autópályahíd és autópálya feletti híd átépítés. Ezek különösen érdekesek és aktuálisak a magyarországi autópálya (M1, M7) kapacitásbővítések tükrében, ahol több híd átépítése szükséges a többlet forgalmi sávok miatt.

A 2023. és a 2024. évi német minisztériumi kiadványban (Brücken 2023; Brücken 2024) 10-10 műtárgy ismertetése található meg. Ezek közül hetet ismertetünk. A vasbeton híd példák között van előregyártott hídgerendás és monolit építésű bordás és szekrény tartós szerkezet is. Mindegyik példánál megadtuk a felszerkezetek fajlagos betonacél felhasználását is. Térképvázlaton (1. ábra) jelöltük a hét híd elhelyezkedését a fejezetek sorszámaival (2-8).

2. AZ AUTÓPÁLYA HÍD ÁTÉPÍTÉSE

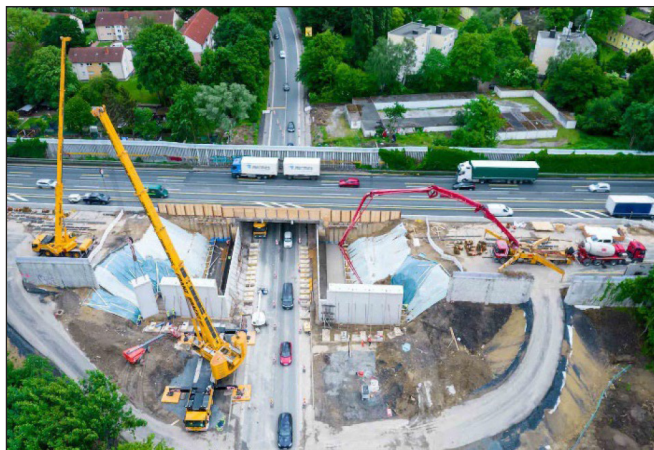
Kamen határában rekord idő alatt építették át teljesen az A2 szövetségi autópálya B233 jelű út feletti műtárgyát. A régi hidat 1936-ban építették az autópályán, irányonként önálló szerkezetként. A II. világháborúban a híd sérült, 1947-ben állították helyre, majd 1974-ben a hidakat szélesítették dilatációval elválasztva a régi szerkezettől. 1980-ban ismét szélesítették a hidat, 1983-ban a régi hídrészeket erősítették.

A szélesítési csatlakozási vonalak intenzív átázása miatt a régi híd súlyosan károsodott, a felszerkezet teljes átépítése mellett döntöttek. A régi alépitmények felhasználhatóságát elemző tanulmány eredményeként új alapozás építése mellett határoztak.

Az új hídszerkezet egyenylású, előregyártott, előfeszített



1. ábra: Ismertetett hidak térképázata

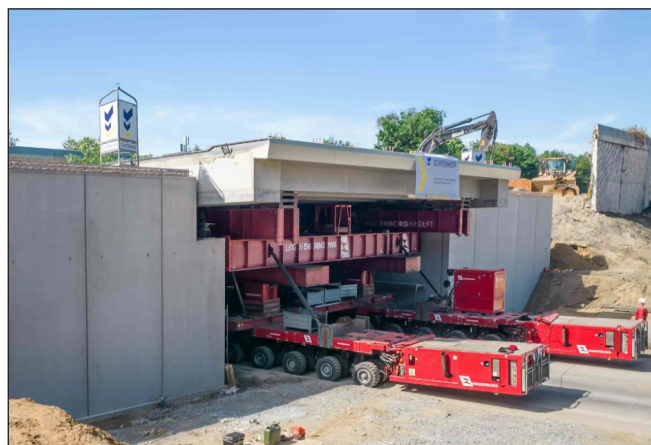


2. ábra: Előregyártott alépítményi zsalupanelek beemelése és betonozása [Brücken 2023: 30]

hídgerendás, együttdolgoztató vasbeton pályalemezzel. A híd támaszköze 16,26 m. Korlátok közötti szélessége 38,10 m. A híd legérdekesebb tulajdonsága a gyors építési idő. Az autópálya fél keresztmetszetű forgalom fenntartása mellett, két ütemben, alig több, mint hét hónap alatt elbontották a régi hidakat és megépítették az új szerkezeteket. Ezt a gyorsaságot nagy arányú előregyártással érték el.

A híd sicalapozású, a kellő teherbíró márgás altalaj 2 m mélységben van a terepszint alatt. A gyorsaság érdekében tömör vasbeton felmenő szerkezetek előregyártott vasbeton kéregelemekkel épültek (2. ábra). A helyszíni kitöltő beton minősége C35/45 volt. A 18 cm vastag bentmaradó beton zsaluzatot az alépítmények teherbírásában nem vették figyelembe.

A felszerkezet irányonként önálló, légréssel elválasztott a hazai építési gyakorlattal azonosan. A felszerkezeteket helyszíni szerelődőként állították össze: 35 cm vastag előregyártott keresztgerendákra helyezték a 95 cm magas, T-alakú előregyártott hídgerendákat, majd elkészítették a 23 cm vastag együttdolgoztató lemezt és a kereszttartó monolit részeit. Egy felszerkezet 9 gerendából áll. Az előregyártott tartók széles (2,06 m) felső övei egymáshoz szorosan soroltak, közbenső zsaluzási igény nélkül.



3. ábra: Felszerkezet mozgatása SPMT-vel (www.echterhoff.de)

A híd különlegessége a kísérleti jelleggel alkalmazott hidszegély kialakítás. A szegély bentmaradó, önhordó acél zsaluzattal épült, amelyet a szélső hídgerendára rögzítettek. A bentmaradó zsaluzat tűzihorganyzást és háromrétegű festést kapott (duplex védelem). A szegélyekre 6 m magas zajvédő falat építettek.

Az előregyártott elemek betonminősége C80/95, az alkalmazott feszítőelemek minősége St 1680/1880 volt. A helyszíni beton minősége C40/50 volt. A felszerkezet végei műgumi sarukra támaszkodnak. A híd mindkét végén a németországi gyakorlatnak megfelelően dilatációs szerkezetek épültek.

A teljes felszerkezetet az autópálya nyomvonalán kívül elkészítették, majd önjáró moduláris szállítótérrel (SPMT – Self Propelled Modular Trailer) egyben mozgatták be az új alépítményekre (3. ábra). Az átépítést 2022. március 14-én kezdték meg a forgalomterelés kiépítésével és ugyanezen év október 27-én adták át a forgalomnak a két új hídgerendát.

Alépítményhez felhasznált beton mennyisége 1995 m³, 295 t betonacéllal. A felszerkezetek teljes betonmennyisége az előregyártott elemekkel együtt 485 m³, 120 t betonacéllal és 7 t feszítópásmával. A felszerkezetbe beépített fajlagos betonacél a hídgerendákkal, kereszttartókkal együtt 194 kg/m².

3. A1 AUTÓPÁLYA FELETTI EGYNYÍLÁSÚ GERENDÁS HÍD

Davensberg és Amelsbüren közötti összekötő út keresztezi az A1 szövetségi autópályát. Itt 1965-ben kétnyílású, előfeszített hídgerendás híd épült az autópálya felett 2 x 20,65 m támaszközzel. A régi híd nyílása nem felelt meg az autópálya szükséges keresztmetszeti fejlesztésének, ezért a híd teljes átépítése mellett döntöttek. Hasonlóan több autópálya feletti híd teljes átépítése kezdődött meg Magyarországon, az M1 autópálya fejlesztéséhez kapcsolódóan.

Az átépítés előkészítésében kiemelt szempont volt a gyorsaság, a keresztezett autópálya lehető legkisebb forgalmi zavarása. A kis forgalmú keresztező alsó rendű utat le lehetett teljes keresztmetszetben zárni, terelőút kijelölésével, de az autópálya forgalmát összesen csak két hétvégére kellett lezárni, egyéb korlátozás az autópályán nem volt.

Az A1 autópálya új keresztmetszeti elrendezése a német RQ36 szabvány szerint kétszer 14,50 m széles burkolat, középen 4,00 m széles elválasztószárral. Az új híd egynyílású, közbenső alátámasztás nélküli. Ez volt az első, közbenső alátámasztás nélküli autópálya feletti hídgerendás szerkezet Németországban. Támaszköze 44,78 m, a kocsiút 11,41 m

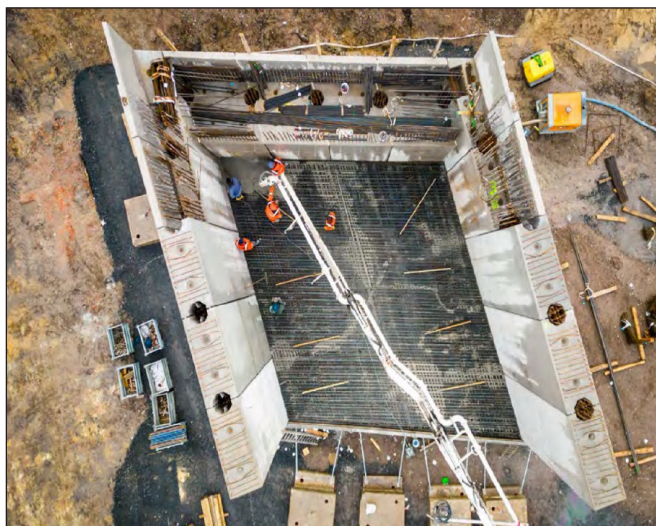
széles. Az alkalmazott előregyártott feszített hídgerenda több tulajdonsága is eltér a hazai tartóktól.

A tartó üzemben részben előfeszített. A helyszínen a 7 tartó együttdolgoztató összebetonozása után a tartókban lévő kábelcsövekbe utófeszítő kábeleket is beépítettek. A tartók magassága nem állandó, a támaszoknál 1,41 m, a nyílás közepén 1,55 m, így optimális önsúly mellett kialakítható a domború lekerekítés, minimalizálva a hídhoz csatlakozó alépítmények szükséges magasságát. A hídgerenda gerince 85 cm vastag, közbenső részekben az önsúly minimalizálása érdekében csak 35 cm. Az előregyártott gerenda felső síkján kiálló betonacélok biztosítják az együttdolgozást a 22 cm vastag helyszíni pályalemezzel. A gerendák kereszttartókba bebetonozott végei fogazott kialakítású, segítve a jobb nyíró kapcsolatot a kereszttartó monolit tömbjével (5. ábra). A kereszttartót ennél a hídnál is két részből állították össze. A sarukra támaszkodó alsó 35 cm vastag része előregyártott, amire beemelhetők a gerendák. A kereszttartó felső 1,63 m szakaszát a helyszínen betonozták a pályalemezzel együtt.

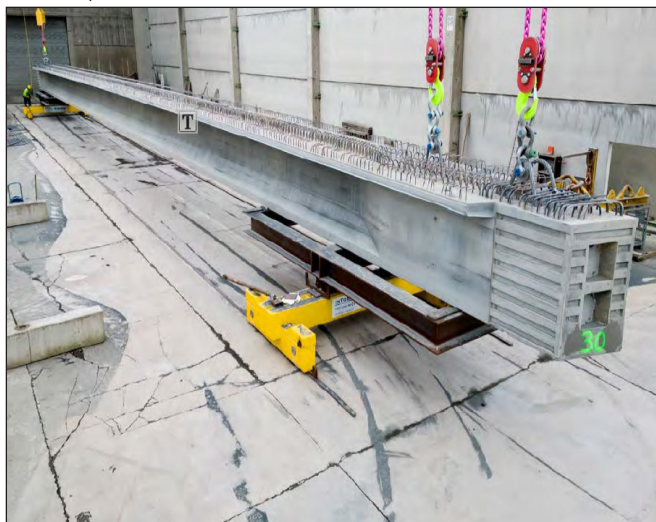
Az előregyártott tartók C80/95, az alépítmény és a felszerkezet monolit részei C35/45 minőségű betonból épült. A feszítőhuzalok minősége ST 1660/1860.

A hídszegélyeket vékony acélzsálatatba öntött C50/60 minőségű szálerősítésű betonnal kiképezett, önhordó kompozit

4. ábra: Alépítmények 1 m vastag előregyártott falelemei az együttdolgoztató kapcsolat betonozása előtt (Brücken 2024: 17)



5. ábra: Részlegesen előfeszített hídgerenda a gyárban (Brücken 2024: 18)



6. ábra: Szélső hídgerenda beemelése az acél szegélyzsálatat és korláttal együtt (Brücken 2024: 18)

zsaluelemmel építették. E rendszernek integrált része a híd végleges acél hídkorlátja is. Így még a pályalemez betonozása előtt, építési állapotban a szegély bentmaradó kompozit zsálatat és az erre erősített végleges hídkorlát betöltötte az ideiglenes munkavédelmi védőkorlát szerepét is. A kifejlesztett szegélyrendszer vasút feletti beépítés esetén felhasználható az érintésvédelem részeként is.

Az alépítmények sicalapozásúak, előregyártott, 1 m vastag falelemekből épült, helyszíni kibetonozott kapcsolatokkal (4. ábra). Az egynyílású híd a hídfőknél 4-4 műgumi sarura támaszkodik. A híd mindkét végén dilatációs szerkezetet építettek be.

A hídatépítés 2023. január 9-én kezdődött az átvezetett alsóbb rendű út lezárásával. A keresztezett autópályát csupán két hétre kellett lezárni: február 3. és 5. közötti hétvégi zárban elbontották a régi híd felszerkezetét és a közbenső támasz felmenő szerkezetét. A hídfők bontását és újjáépítését az autópálya zavartatása nélkül végezték, gyorsítás érdekében előregyártott bentmaradó falpanelelkel. A második hétvégi autópálya-zárban, 2023. március 17. és 19. között beemelték a részben előfeszített hídgerendákat (6. ábra). A további munkarészek már nem igényeltek az autópályán forgalomterelést. Az új hidat 2023. júniusában fejezték be, de a csatlakozó út-szakasz építési munkái miatt csak 2023. augusztus 2-án adták át. A teljes hídcseré fél év alatt elkészült a lehető legkisebb forgalomterelés mellett.

Az alépítmények beton mennyisége 558 m³, 157 t betonacéllal, a felszerkezeté 436 m³, 119 tonna betonacéllal és 31 t feszítőkábellel. A felszerkezet fajlagos betonacél felhasználása a hídgerendákkal együtt 233 kg/m² volt.

4. B525 JELŰ ÚT VÖHL-DORFITTER ELKERÜLŐ SZAKASZ ÚJ HÍDJA

Waldeck-Frankenberg térségében a B525 Vöhl-Dorfitter településen haladt keresztül. Az út rossz minősége és elégtelen szélessége miatt évek óta számos közepesen súlyos és súlyos közlekedési baleset volt. A biztonságosabb közlekedés érdekében településtől keletre, mintegy 3 km hosszú új elkerülő utat építettek. Az új út legnagyobb műtárgya keresztezi a kurhesseni vasútvonal vágányait, több mezőgazdasági utat, egy kőbányát és a Kuh-patakot.



7. ábra: A kész híd látképe (Brücken 2024: 197)



8. ábra: Utólagos betonbevonat nélküli, deszkaszalu-mintázatú híd-szerkezet (Brücken 2024: 199)

Az új híd négynyílású monolit vasbeton kétfőtartó bordás gerenda híd 33,70 + 35,08 + 35,08 + 31,85 m támaszközökkel. A híd alaprajzilag 220 m sugarú ívben fekszik, a híd hosszúsága 5,5%. A külső korlátok közötti szélessége 11,60 m. A kis ívsugar miatt a híd 4,5% egyoldali keresztesésű.

A híd alapozása négy támasz esetében síkalap, a középső támasznál cölöpalap 1,20 m átmérőjű fűrt cölöpökkel. Az alépítmények felmenő szerkezetének betonminősége C30/37, a fejgerenda rész esetében pedig C35/45.

A felszerkezet klasszikus monolit kialakítású, utófeszítéses. A két főtartó borda 1,80 m széles és nyílásközépen 1,70 m magas, a pilléreknél 2,20 m magas kiékeléssel. Minden támasznál keresztartók merevítik a bordákat. A pályalemez vastagsága változó, széleken 25 cm, a két borda között híd-tengelyben 35 cm, a bordákhoz való csatlakozásnál 45 cm. Az utófeszítő kábel minősége St 1570/1770.

A híd építését 2019. június 18-án kezdték el. A híd építési munkáit 2020 novemberében fejezték be. Az elkerülő út egyéb részei miatt a hidat csak három évvel később, 2023. október 20-án adták át a forgalomnak. A részleteiben klasszikus megoldásokat tartalmazó szerkezet a németországi gyakorlatnak megfelelően deszkaszaluzattal készült, ami esztétikus megjelenést ad az utólagos betonvédelem nélküli monolit műtárgynak (7-8. ábra).

Az alépítmények beton mennyisége 1140 m³, 176 t betonacéllal, a felszerkezeté 1345 m³, 215 tonna betonacéllal és 51 t feszítőkábelrel. A felszerkezet fajlagos betonacél felhasználása 137 kg/m² volt.

5. A44 – WEHRETALBRÜCKE

Az A44 szövetségi autópálya új szakaszán, Wehretal határában egyedi csomóponti műtárgy épült, irányonként önálló felszerkezettel, egyik irányban csatlakozó csomóponti hídággal. Az új műtárgy keresztezi a B27-es és a B452-es szövetségi utakat, a villamosított Frankfurt–Göttingen vasútvonal, öt mezőgazdasági utat és köztes területeket. A híd beékelődik az A44 Trimberg és Spitzenberg alagútja közé.

Az új híd 500 m sugarú ívben fekszik, a csatlakozó alagutak miatt a szokásosnál nagyobb a két pálya közötti távolság (11,45 m). A hidak hosszúsága 0,5%, az ív miatt szükséges egyoldali keresztesés 4,5%. A híd észak-nyugati végében lévő, B27-es úthoz csatlakozó csomóponti ág a rendkívül kötött geometriai adottságok miatt 150 m sugarú ellenívben fekszik, keresztesése 5,5%, hosszúsága pedig 6,0%.

Az előzetes tervek szerint szekrény keresztmetszetű öszvérhíd terveztek, végül gazdasági számítások után kétfőtartós utófeszített monolit vasbeton híd épült. A 15 nyílású, 668 m hosszú híd-szerkezet egy dilatációs egységet képez. Az autópálya híd-szerkezetei 15,60 m szélesek. Az északi felszerkezethez mereven kapcsolódik az ötnyílású, 154 m hosszú csomóponti hídág. A csomóponti hídrész szélessége csak 9,60 m, ennek felszerkezete egybordás. A támaszok kiosztása az áthidalt akadályokhoz igazodik, így az egyes támaszközök különbözőek. A legkisebb támaszköz 23,0 m, a legnagyobb támaszköz ennek több, mint kétszerese, 67,50 m. A nagyobb nyílásoknál a támaszoknál kiékelte monolit főtartók magassága különböző az áthidalt támaszközöknek megfelelően. A tömör főtartók szélessége a pályalemez alsó síkjánál 1,95 m, lefelé keskenyedek, így alul csak 1,65 m.

A felszerkezet betonminősége C40/50, a feszítőkábelek minősége St 1660/1860. Az alépítmények beton mennyisége 7750 m³, 1350 t betonacéllal, a felszerkezeté 20950 m³, 3000 t betonacéllal és 872 t feszítőkábelrel. A felszerkezet fajlagos betonacél felhasználása 134 kg/m² volt.

A híd építését 2015. december 15-én kezdték meg. A kivitelezést a kapcsolódó alagutak ütemterve jelentősen befolyásolta. A hidak 2022 tavaszára készültek el. Az autópálya megnyitását csak 2024. esztendő végére ütemezték (9-10. ábra).

9. ábra: A völgyhíd látképe kelet felől (Brücken 2024: 56)



10. ábra: Híd észak-nyugati vége a csomóponti hídággal és a Trimberg alagút bejáratával (Brücken 2024: 56)



6. ÚJ ILKSBACH-HÍD A B83-AS ÚTON

A B83-as út Bad Karlshafen elkerülő út jelentős, 8 kilométeres lerövidítésének az volt a célja, hogy a településeket tehermentesítsék az átmenő forgalomtól. A szakaszon épült meg a 180 m hosszú, ötnyílású völgyhíd, alaprajzilag 600 m sugarú ívbén.

A híd támaszközei 30,00 + 41,25 + 41,25 + 37,50 + 30,00 m. A felszerkezet kétfőtartós monolit utófeszített vasbeton gerenda. A híd szélessége 12,95 m. A széles konzolok árnyékoló hatása optikailag javítja a híd karcsúságát.

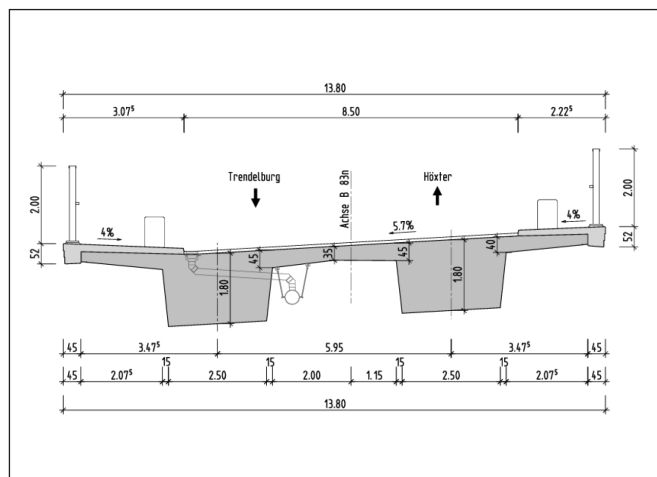
Az aléptítmények nagy átmérőjű (1,50 m) fűrt vasbeton cölöpök, 15-25 m hosszú cölöphosszakkal. A hídfők klasszikus monolitikus doboz szerkezetek, a pillérek felmenő szerkezete két téglalap keresztmetszetű oszlop felső összekötés nélkül. Az aléptítmények betonminősége C30/37.

A felszerkezet fa deszkaszaluzatban készült utófeszített tömör vasbeton gerenda, utólagos betonvédelmi bevonat nélkül. A főtartó bordák vastagsága 2,50 m (11. ábra).

Az építés 2020. január 20-án kezdődött és 2021. december 8-án fejezték be. Az elkerülő egyéb munkálatai miatt a forgalomnak csak 2023. május 12-én adták át (12. ábra).

Az aléptítmények beton mennyisége a fűrt cölöpök (2260 m³) nélkül 2340 m³, 299 t betonacéllal, a felszerkezeté 2624 m³, 336 t betonacéllal és 101 t feszítőkábellel. A felszerkezet fajlagos betonacél felhasználása 144 kg/m² volt.

11. ábra: A híd jellemző keresztmetszete (Brücken 2023: 107)



12. ábra: A kész híd oldalnézete (Brücken 2023: 110)



7. A GUMPENBACH-HÍD KORNWESTHEIM (B 27) KAPACITÁSBŐVÍTÉSE

A B27-es szövetségi út Ludwigsburg és Stuttgart közötti szakaszán Kornwestheim központ és északi csomópontja között található a 100 m hosszú Gumpenbach-híd. A régi híd 1954-55-ben épült ötnyílású feszített vasbeton szerkezet volt, irányonként önálló felszerkezettel. A híd korróziós károsodásai miatt korlátozásokat kellett bevezetni, szűkítették a forgalmi sávokat és a híd teljes átépítése mellett döntöttek. A távlati terveket is figyelembe véve szélesebb hidakat terveztek, a régi 10 m szélesség helyett 15,28 m széles szerkezetekkel.

A régi híd ötnyílású volt, támaszközei 21,70 + 3 x 28,20 + 21,70 m volt. Az új háromnyílású híd támaszközei 29,90 + 40,00 + 29,90 m, a két párhuzamos felszerkezet együttes szélessége 30,95 m. A híd egyenesben fekszik, hosszesés 1,0%, a keresztesés 2,5% tetőszelvényben.

A híd átépítésének különlegességét az adja, hogy a hidak cseréjét a forgalom folyamatos fenntartása mellett, további korlátozás bevezetése nélkül kellett megvalósítani, ráadásul a lehető legrövidebb idő alatt – tekintettel a régi hídszerkezet leromlott állapotára, kritikus jellegére. A tervezést tovább nehezítette a híd környezetének beépítettsége, védendő területekkel és sűrű közműhálózattal.

Számos változat elemzése után a kiválasztott építéstechnológia szerint először a meglévő két régi hídszerkezet keleti oldalán párhuzamosan megépítették teljesen az egyik új hidat, majd a forgalmat áterelték részben új szerkezetre, részben a keleti régi hídra. Így el lehetett bontani a nyugati oldali régi műtárgyat a végleges helyén megépítve helyére a szélesebb új hidat. Ezt követően a szélesebb nyugati felszerkezetre áterelték a teljes forgalmat (irányonként két-két forgalmi sávval), elbontották a két új híd közé beékeltek másik régi hidat, elkészítették az új keleti híd hiányzó alaptest részeit, majd a keleti oldalon megépített új szerkezetet az aléptítmények felmenő szerkezeteivel együtt kereszt irányba betolták a végleges helyére (15. ábra).

A felszerkezet félig integrált rendszerű, hogy alkalmas legyen az aléptítmény felmenő szerkezeteivel együtt a kereszt irányú mozgatásra. Az utófeszített monolit felszerkezet kétfőtartós, tömör főtartó bordákkal (13. ábra). A pályalemez vastagsága a konzolszéleken 25 cm, a két főtartó között híd-tengelyben 35 cm, a főtartók érintkezési pontjainál pedig 50

13. ábra: A kész hídpár alulnézetben (Brücken 2023: 65)





14. ábra: A keresztirányú mozgásra előkészített híd (Brücken 2023: 63)

cm. A tömör főtartó bordák szélessége lefelé kissé csökken, átlagos értéke 2,15 m, magassága a közbelső támaszok felett kiékelte. A felszerkezet betonminősége C35/45, a feszítőkábelek minősége St 1570/1770.

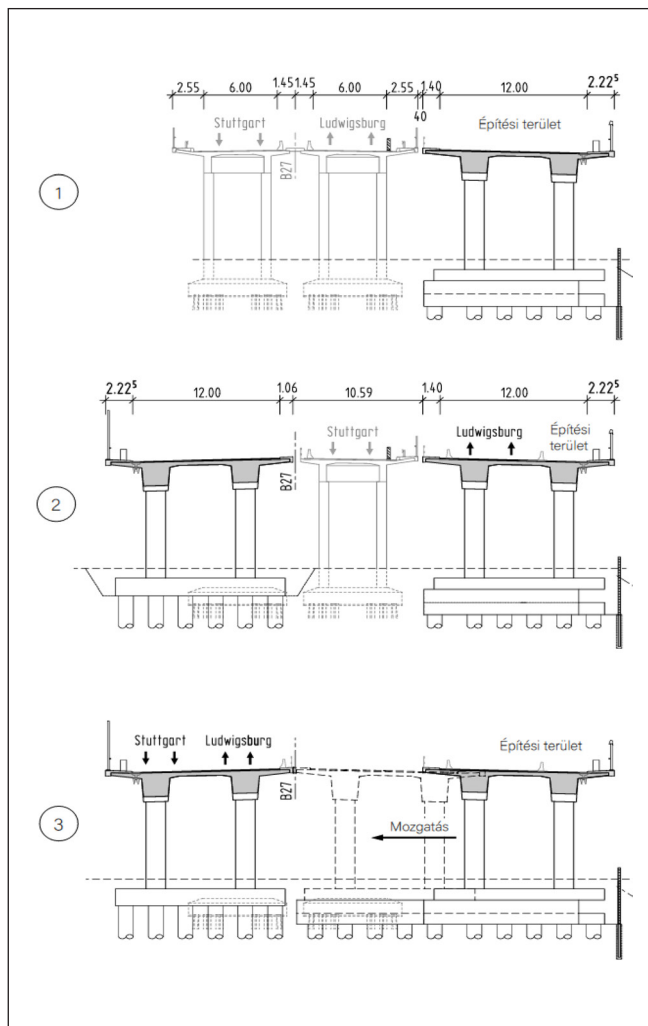
A híd építését 2020. szeptember 3-án kezdték el. A beruházás leglátványosabb pillanata, a kereszt irányú tolás 2022. március 9-én volt (14. ábra). A tényleges tolási sebesség 1,00 m/perc volt, a kapcsolódó munkákkal együtt a híd átköltöztetése csupán másfél órát igényelt. Az új hidat 2022. július 29-én adták át a forgalomnak.

Az alépítmények beton mennyisége 7400 m³, 1320 t betonacéllal, a felszerkezeté 2920 m³, 580 t betonacéllal és 110 t feszítőkábelrel. A felszerkezet fajlagos betonacél felhasználása 193 kg/m² volt.

8. A7 AUTÓPÁLYA VÖLGYHÍD ÁTÉPÍTÉSE

Az A7 szövetségi autópálya Würzburg–Estenfeld és biebelriedi csomópontja között található híd a Würzburg–Schweinfurt és Würzburg–Nürnberg vasutvonalakat, több alsóbb rendű utat és a Landleiten-patak felett vezet át. A forgalmas autópályán igen magas a nehéz tehergépjárművek aránya, a mértékadó napi forgalom 38 612 jármű.

A régi hidat 1965-ben építették öszvér szerkezetként, szögcselt szekrénytartóval és feszített vasbeton pályalemezrel. 2013-ban a hídvizsgálat súlyos károsodásokat tárt fel, feltártak több teljesen elszakadt feszítőkábelt, ekkor a híd



15. ábra: Az átépítés ütemei (Brücken 2023: 61)

teherbírását csökkenteni kellett. A híd élettartalmának meghosszabbítása érdekében a forgalmi sávokat átrendezték, hogy a nehéz forgalom elsősorban a hosszgerendákat közvetlenül terhelje, szűkítették a forgalmi sávokat, előzési tilalmat vezettek be, javították a vízvezetést a további korróziós károk mérséklése érdekében és fokozott felügyeletet vezettek be.

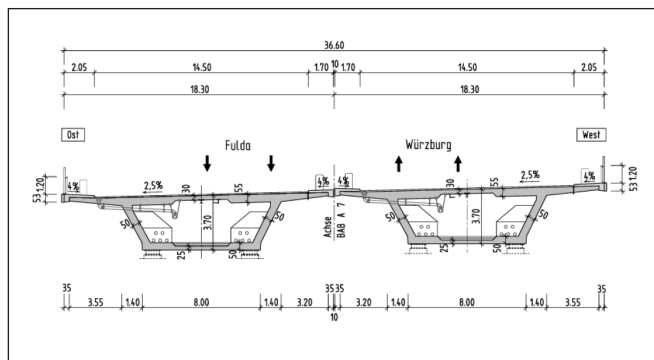
Gazdasági és műszaki okok alapján új híd építését határozták el. Kis mértékben korrigálták az autópálya nyomvonalát is, valamint többféle hossz-szelvényi lehetőséget vizsgáltak az optimális vízvezetés kialakítása érdekében. A gyorsforgalmi út kiemelt forgalmi terhelése miatt a hidat szélesítették is.

Négy felszerkezeti megoldást elemeztek részletesen: a) egycellás vasbeton szekrény keresztmetszetet 60 m legnagyobb nyílással, szakaszos előretolások építéstechnológiával; b) 11 nyílású hídgerendás felszerkezetet, legfeljebb 40 m-es nyílással; c) öszvér szekrény felszerkezetet 70 m-es legnagyobb nyílással; d) öszvér szekrény keresztmetszetet 85 m-es legnagyobb nyílással.

A választás az a) változatra esett. Irányonként független két párhuzamos híd épült szekrény keresztmetszettel, utófeszített vasbeton gerendaként (16. ábra). A két egymás melletti híd együttes szélessége 36,60 m. A nyolcnyílású híd támaszközei: 35,00 + 50,00 + 4 x 60,00 – 50,00 – 35,00 m.

Az alapozás nagy átmérőjű (1,50 m) fűrt vasbeton cölöpözésű. A cölöpök részben 12:1 arányban dőlnek a függőlegeshez képest. A cölöpök hossza 12-20m. A felmenő szerkezetek keresztmetszete változó, tömör vasbetonból.

A párhuzamos övű felszerkezet magasság 3,70 m, így a 60 m-es legnagyobb támaszköze vetítve a karcsúsága 1/16.



A felszerkezet szokásos módon belső és külső kábelekkel feszített. Betonminősége C40/50, belső kábelek minősége St 1660/1860, a külső kábeleké St 1570/1770.

A híd építése 2017 márciusában kezdődött az A7 autópálya forgalmának folyamatos fenntartása mellett. Először a Fulda irányába vezető hídágat építették meg a meglévő hídtól keletre ideiglenes alépítményeken, majd a forgalmat erre az ideiglenes szerkezetre terelték át, és a meglévő szerkezetet elbontották. A második építési szakaszban az új híd alépítményeit építették meg és elkészült a Würzburg felé vezető irány felszerkezete, amire 2020 őszén átterelték a forgalmat. Ezt követően a fuldai irányú felszerkezetet az oldalsó ideiglenes támaszokról áttolták a megépített végleges támaszokra (17. ábra) és az összes ideiglenes alépítményt elbontották. Az új Rothof-völgyhíd 2022 szeptemberében készült el.

Az alépítmények beton mennyisége 3950 m³, 372 t betonacéllal, a felszerkezeté 12826 m³, 2535 tonna betonacéllal. A felszerkezet fajlagos betonacél felhasználása 171 kg/m² volt.

9. ÖSSZEFOGLALÓ

A bemutatott német hídépítési példák lehetőséget adnak a magyarországi gyakorlattól eltérő, jó műszaki megoldások átvételére. Ezek közé tartozhat a nagy arányú előregyártás, ami kiterjed az alépítményekre is. A bemutatott műszaki részletek hozzájárulnak a gyors kivitelezéshez. Az integrált, többcélú megoldásra is láthattunk követhető példákat (pl. előregyártott hídszegély megoldások).

Az esettanulmányok mutatják azt is, hogy Németországban mennyire hangsúlyosan jelenik meg megrendelői (közösségi) igényként a forgalom minél kisebb zavarása, még annak árán is, hogy emiatt a kivitelezés lényegesen bonyolultabb és költségeesebb lesz. Erre mutatott példát a két különleges kereszt irányú mozdítással járó hídépítés és a moduláris trélerrel beszállított felszerkezet is (lásd 2., 7. és 8. fejezet).

10. FELHASZNÁLT IRODALOM

- Brücken (2023), „Brücken und Tunnel der Bundesfernstrassen 2023“, *Bundesministerium für Digitales und Verkehr*, Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG; p. 164
- Brücken (2024), „Brücken und Tunnel der Bundesfernstrassen 2024“, *Bundesministerium für Digitales und Verkehr*, Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG; p. 204
- Kövári Á., Megyeri A. B. (2024), „Vasbeton közúti hidak környezettudatos tervezése életciklus elemzés alapján“, *Ütügyi lapok*, 12(20) 62-79. doi.org/10.36246/UL.2024.2.04
- Kövári A. (2024), „Környezettudatos szerkezettervezés és anyagválasztás kerékpáros- és közúti hidak esetén“, In Hajós B. szerk. (2024): *Hídász napok 2024 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek* 40. Biri: Első Lánchíd Bt. 485-501.
- Boros V. (2024), „Közúti terhek statisztikai alapú meghatározása Németországban az Eurocode szerint – hazai alkalmazás lehetőségei“, In Hajós B. szerk. (2024): *Hídász napok 2024 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek* 40. Biri: Első Lánchíd Bt. 154-170.

Hajós Bence, okl. építőmérnök, okl. építőmérnök tanár. Év hídász 2012, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola doktorandusz. 2014-ig közúti és vasúti hidak üzemeltetésével és karbantartásával foglalkozott. Jelenleg magánmérnök, hídvezsgáló szakértő. Fő kutatási területei a hidak teherbíráának értékelése, a meglévő hidak, a túlterhelt szállítások és a hidak története.

CASE STUDIES FROM CURRENT REINFORCED CONCRETE BRIDGE CONSTRUCTION IN GERMANY

Bence Hajós

Learning about international bridge construction examples provides an excellent opportunity for learning and applying innovative solutions. This study presents seven reinforced concrete bridge constructions in Germany. These examples represent German practice and the direction of bridge construction development. Prefabrication and minimizing human labor are emphasized. The examples also include bridges that can be constructed very quickly. When rebuilding bridges in poor condition, the challenge is to maintain continuous traffic flow and to use construction methods that involve as little road closure as possible.

FRP BETÉTEK ALKALMAZÁSA BETONSZERKEZETEKHEZ A VILÁGBAN

3. – KANADAI MEGKÖZELÍTÉS



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

<https://doi.org/10.32969/VB.2025.3.3>

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

1. BEVEZETÉS

A szálerősítésű polimerek (FRP – Fibre Reinforced Polymer) a hagyományos betonacéllal szemben kínálnak lehetséges alternatívát, kedvező tulajdonságaiknak köszönhetően. Alkalmazásuk széles körben még nem terjedt el, de már rendelkezésre állnak tapasztalatok. Megszokott tervezési irányelvek nélkül nehéz meghatározni a tervezéshez szükséges információkat. Segítésül szolgálhatnak a különböző munkacsoportok által kiadott jelentések, ajánlások. Ezekre több példa létezik az FRP betétek felhasználásával (betonacél helyettesítő armatúráként) szerkezetekre vonatkozóan, többek között francia (Somlai, Sólyom & Balázs, 2024), japán (Somlai, Sólyom & Balázs, 2025) 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 Feszített 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. A cikksorozat harmadik tagja, ami a kanadai CSA által kiadott szabványt tárgyalja.

2. A MŰSZAKI AJÁNLÁSOKAT, SZABVÁNYOKAT KIADÓ SZERVEZETEK

A francia és japán ajánlások után a harmadik bemutatott mű a kanadai CSA (Canadian Standards Association) által kiadott CSA S806:12 (R2021) szabvány, ami az FRP betétekkel épített (azaz belső armatúráként használt) beton szerkezetek tervezését és kivitelezését szabályozza. A szabvány első verziója 2002-ben jelent meg és azóta bővült későbbi kiadásokkal. A vizsgált verzió 2012 márciusában került kiadásra és a cikk írásakor ez a jelenlegi legfrissebb, továbbá 2021-ben került felülvizsgálatra és jóváhagyásra. A Kanadai Szabványügyi Testület egy nemzetközileg is tevékenykedő szervezet, ami szabványosítással, vizsgálatokkal és minősítéssel foglalkozik Kanadán kívül az Egyesült Államokban, Európában és Ázsiában. Alapítása óta az 1919-ben kiadott első szabványuk után 3000 szabványt és ajánlást publikáltak számos területen.

3. A KANADAI MEGKÖZELÍTÉS: DESIGN AND CONSTRUCTION OF BUILDING STRUCTURES WITH FIBRE-REINFORCED POLYMERS

A kanadai szabvány (CSA, 2019) 2012-ben jelent meg, legutoljára 2021-ben került felülvizsgálatra és jóváhagyásra, így több mint tíz éve van hatályban. Összesen 206 oldalas, aminek első 78 oldala tartalmazza a szabvány törzsét, amit normatív és informatív mellékletek követnek. Ezek széles körben térnek ki vizsgálati eljárásokra az FRP elemek tulajdonságainak meghatározása területén. A szabvány törzs anyaga 14 fejezetből áll, ami kizárólag szöveget és képleteket tartalmaz. Ábrák és táblázatok egyben találhatóak a törzsszöveg végén, a függelékek előtt. Általánosan nincsenek kifejtve az előírásokban szereplő értékek, képletek, módszerek, a szabvány nem tér ki azok tudományos hátterére. Sok esetben a kanadai szabványrendszer egyéb tagjaira hivatkozik, azokban foglaltakat nem fejt ki. A szabvány lehetővé tette több FRP betétekkel épített szerkezet építését, mint a Nipigon folyó feletti ferdekábeles híd (*1. ábra*), aminek pályalemeze hosszirányban GFRP betétekkel, keresztirányban acéllal készült (Benmokrane & M. Mohamed, 2018).

3.1 Hatáskör

Az első fejezet a szabvány hatáskörét tárgyalja, ami a kanadai nemzeti építési szabványra (National Building Code of Canada) épül és annak elveit és módszereit alkalmazza. Meghatározásra kerül, hogy a szabvány FRP elemek és azokkal készített szerkezetek tervezésére irányul. A tárgyalt FRP elemek betétek, pászmák, szövetek, rácsok és lamellák. A szabvány kijelenti, hogy a tervezőnek kötelező figyelembe vennie tűz és magas hőmérsékelt hatását.

3.2 Referenciák

A referenciák között a CSA által kiadott más szabványok mellett megtalálható az ANSI (American National Standards Institute) szabványa, az ASTM (American Society for Testing and Materials) számos szabványa az anyagvizsgálatokhoz, valamint a CEN (European Committee for Standardization),



1. ábra: A Nipigon folyó feletti ferdekábeles híd, pályalemezében hosszirányú FRP betétekkel (Benmokrane & Mohamed, 2018)

CPCI (Canadian Precast/Prestressed Concrete Institute) és több további szervezet munkája is. A referenciák nem tartalmaznak tudományos dokumentumokat. A szabvány a kanadai nemzeti építési szabvány alá épül be és több területen, mint a terhek és teherkombinációk arra hivatkozik.

3.3 Definíciók

A harmadik fejezet a dokumentumban használt kifejezések és rövidítések definícióit tartalmazza. Itt általános koncepciók is megtalálhatók, mint a tervező személye vagy oszlop, mint szerkezeti elem, illetve az FRP témakör specifikus fogalmai, mint a szál térfogat részarány vagy az FRP alkotó szál anyagai, mint az aramid vagy az üveg.

3.4 Dokumentáció

A fejezet tíz pontban összefoglalja milyen műszaki adatokat kell megadni a tervezési dokumentációban. Ilyenek például a lehorgonyzási hossz, a feszítési erők nagysága és helye vagy az előírt betonfedés.

3.5 Általános tervezési elvárások

Az általános feltételek utasítást adnak a szabványban leírt eljárások helyett használt alternatív eljárások és helyettesítő laborvizsgálatok alkalmazásának feltételeiről. Ezen felül itt olvashatók általános előírások tűzállósággal és tartóssággal kapcsolatban. A tűzállósági előírásokra vonatkozóan felsorolásra kerülnek a releváns szabványok és a kapcsolódó elvárásokra és vizsgálatokra vonatkozó szabványok is. Ilyenek például az CAN/ULC-S102.4:2017 (ULC, 2017) szabvány amely előírásra kerül tűz terjedési és füst fejlődési besorolásra azokban az esetekben ahol ezen szabvány releváns fejezete nem vonatkozik.

3.6 Határállapotok, terhek, kombinációk

A hatodik fejezet a határállapotokkal, terhekkel és teherkombi-

nációkkal foglalkozik. A megnevezett határállapotok a teherbírási és használhatósági határállapotok, tüzesetek és a tartósság. A tartóssági megfeleléssel kapcsolatban megjelölésre kerül több szabvány, amivel szemben meg kell felelni a jelen szabványon felül. Ezen kívül azonban nem található egyéb feltétel. A tűzállósági feltételek a tartóssághoz hasonlóan nem kerülnek itt megnevezésre. A teherbírási határállapot meghatározásához a szabvány a kanadai nemzeti építési szabványra hivatkozik. A használhatósági határállapot alá sorolható eseteket a dokumentumban egyéb fejezetekben találhatjuk részletezve, ezek itt vannak megjelenítve. Néhány előírás található itt anyagi tényezőkkel és szilárdsággal kapcsolatban. Például felhasznált beton maximális nyomószilárdsága 80 MPa-ra van korlátozva. Felsorolásra kerülnek mely szabványok alapján lehet a szabványban nem részletezett anyagokat, mint fa, alumínium vagy falazatok tervezni. Ezek mind a CSA szabványai.

3.7 FRP komponensek tulajdonságai

A hetedik fejezet FRP betétek tulajdonságait és az azokkal szemben állított elvárásokat mutatja be. Négy alfejezetben sorra az FRP betétek, pászmák és hálók, majd a felszínre és a felszín közelébe ragasztott FRP megerősítések, az FRC burkolás és végül az FRP köpenyezés kialakításához szükséges előírások olvashatók. A fejezet az elvárt anyagtulajdonságok esetén sok esetben a releváns kanadai szabványokra hivatkozik (1. táblázat), mint a CSA S807 (CSA, 2019) szabvány a nem feszített betétek anyagtulajdonságai vagy a CSA A23.1 (CSA, 2024) szabvány betonok készítéséhez felhasznált vízhez. Az FRC köpenyek tulajdonságaira elvárás nem kerül meghatározásra, de több szabvány is megadásra kerül mint az ASTM C518 (ASTM, 2021) és a C531 (ASTM, 2023) a releváns vizsgálatok lebonyolításához. Termékek esetén a tulajdonságokat a gyártónak kell meghatározni. A betétek esetén itt kerül előírásra több anyagtulajdonság kritérium. A megengedhető legnagyobb feszültség a használhatósági határállapotban értelmezett maximális teher esetén a karakterisztikus szilárdsági

1. táblázat: Az anyagvizsgálatokhoz előírt módszerek és próbatest számok

Tulajdonságok	Vizsgálati módszer	Próbatestek száma
Szakítószilárdság	ASTM D3039/D3039M	20†
Fajlagos nyúlás	ASTM D3039/D3039M	20†
Rugalmassági modulus húzás esetén	ASTM D3039/D3039M	20†
Hőtágulási együttható	ASTM D696 vagy E1142	5†
Kúszás	ASTM D2990‡	5†
Pórustartalom	ASTM D2584§ vagy D3171§	5
Üvegesedési hőmérséklet (T _g)	ASTM D4065	5**
Ütésvizsgálat	ASTM D5420††	5
Kompozit rétegek közötti nyírószilárdság	ASTM D2344/D2344M	20
Kötési tulajdonságok	ASTM D5028	–
Szál-ágyazóanyag arány	ASTM D2584	–
Testsűrűség	ASTM D792	–
Nyomószilárdság	ASTM D3410/D3410M	–
Nyíróvizsgálat	ASTM D5379/D5379M	–
Fáradásvizsgálat	ASTM D3479/D3479M	–

*: A próbatest-sorozatok relatív szórása legfeljebb 6% lehet. A kiugró értékeket az ASTM E178 szerint kell kivizsgálni. Ha a szórás meghaladja a 6%-ot, a próbatestek számát meg kell duplázni.

†: Az értékeket az elsődleges és keresztirányban (90°) kell meghatározni.

‡: A vizsgálati idő legalább 3000 óra.

§: Az pórustartalom térfogataránya legfeljebb 6%.

**_g: FRP, ragasztó vagy alapozó maximális üzemi hőmérséklete nem lehet több, mint T_g – 15°C, ahol a legkisebb T_g értéket veszik figyelembe az adott rendszeren belül. T_g -t az első hevítési ciklus során meghatározandó.

††: Az ütésvizsgálathoz használt fej mérete 15,9 mm. A próbatest téglalap alakú, mérete: 100 × 150 mm és 75 × 125 mm-es támaszokra helyezendő

érték 0,35-szöröse aramid, 0,65-szöröse szén és 0,25-szöröse üveg szálanyagú betétek esetén. A nem feszített GFRP betétek fajlagos alakváltozása tartós teher állapotban (sustained load) nem múlhatja felül 0,2%-t. Bármilyen FRP elem esetén a megengedhető legnagyobb, a tönkremenetelhez tartozó alakváltozati érték 1,2% lehet.

3.8 FRP betétekkel épített beton szerkezeti elemek tervezése

A nyolcadik fejezet az FRP erősített beton elemeket tárgyalja. A fejezet külön jelöléskatalógussal rendelkezik, ez csak a fejezetben alkalmazott jelöléseket tartalmazza. Későbbi fejezetekhez tartoznak azokkal járó jelölés felsorolások. A szabvány előírja a nyomott betonzóna összemorzsolódását, mint preferált tönkremeneteli módot. Amennyiben a számított ellenállás értéke meghaladja a terhek 1,6-szorosát úgy engedett az FRP betétek húzott tönkremenetelét irányzó tervezési elvet alkalmazni. A betonfedés előírt értéke a betét átmérőjének kétszerese vagy 30 mm közül a nagyobb. Itt olvashatók általános tervezési előírások, mint a tervezett keresztmetszet merevségének lehetővé kell tennie a lehajlások korlátozását. Külön leírásra kerül, hogy bár az FRP erősített szerkezetek tervezésekor az egyéb releváns szabványokat kötelező figyelembe venni, amennyiben ellentmondás van egyéb és ezen szabvány között, ezen szabvány a figyelembe veendő. Továbbá látható képlet a repesztőnyomaték számítására. A hajlított keresztmetszet tervezésekor a beton tönkremenetnek tekinthető, ha eléri a 0,35% fajlagos alakváltozást. A minimális erősítés elegendő

kell legyen a repesztőnyomaték 1,5-szörösének megfelelő teherbíráshoz tartozó mennyiséggel. A normál igénybevételű keresztmetszetek esetén a nyomott zónában lévő FRP betéteket nem szabad figyelembe venni a keresztmetszet teherbírásiának meghatározásakor. Ilyen jellegű szerkezetek bizonyos körülmények között nem tervezhetők:

- Nyomott elem esetén, oldal irányban meg van támasztva:

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \geq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \geq 40$$

- Nyomott elem esetén, ami nincsen oldalirányban megtámasztva:

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \geq 22$$

ahol,

k az effektív magasság tényezője

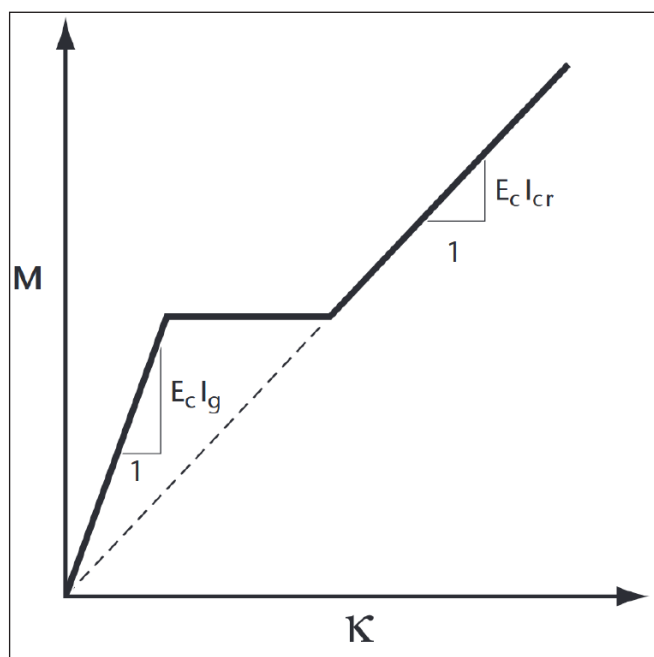
l_u a támaszköz

r a tehetetlenségi sugár

M_1 a kisebb rúdvégi nyomaték és

M_2 a nagyobb rúdvégi nyomaték (ami pozitív, ha az elem egy ívben görbült és negatív, ha kettőben).

Itt olvasható néhány általános szabály nyomott szerkezeti elemek tervezését illetően, illetve kialakítási szabályok nyomott elemek kengyeleire vonatkozóan. Az FRP-vel épített beton szerkezetek viselkedésére itt trilineáris nyomaték-görbület modell kerül bemutatásra (2. ábra), ahol az első szakasz a berepedés előtti állapotot jellemzi a beton rugalmassági



2. ábra: Az FRP-vel készített beton szerkezetek viselkedését leíró trilineáris modell (Canadian Standards Association, 2012)

modulusával és az ép keresztmetszet inerciájával. A második szakasz konstans, az adott nyomaték mellett emelkedő görbületet ír le, aminek végpontja a berepedt keresztmetszet viselkedésmetsző egyenesnél van. A harmadik szakasz a berepedt keresztmetszet viselkedése az FRP elemek figyelembevételével számított ekvivalens nyomatékkal. Ezek után a nyírt és csavart keresztmetszetek következnek. A nyírási ellenállás meghatározásakor figyelembe kell venni az átboltozódást, a szerkezeti elem méretét, valamint a nyomó és húzó igénybevételek hatását is. Ezután a nyírási erősítés kialakításának szabályai, majd a hosszerosítások lehorgonyzásának és toldásának szabályai olvashatóak. Külön szabványrész rendelkezik a nyírásnak és csavarásnak együttesen kitett keresztmetszetek teherbírásáról is. A szabvány külön kitér a strut & tie modell alkalmazására, azonban azt nem adoptálja FRP betétek alkalmazására. Az átszűrődési erősítés tervezését a szabvány egy másik CSA szabványra (CSA-A23.3 (CSA, 2010)) hivatkozva nem fejti ki, csak a fő képleteket írja le.

3.9 Tapadás és toldás

A kilencedik fejezet a tapadásról és a toldásokkal foglalkozik. A fejezet különféle betétek esetére írja le a megfelelő tapadás kialakulásához szükséges erő-átadódási hosszúságot. Az FRP betétek lehorgonyzási hosszának számítására képlet kerül megadásra.

Ebben öt különböző módosító tényező kerül bevezetésre, amelyek a betét elhelyezkedését, a beton testsűrűségét, a betét átmérőjét, a betét szálanyagát (rugalmassági modulus) és felületi kialakítását veszik figyelembe. Ezek megadása is itt található. Olvasható még néhány utasítás betét kötegek használatával kapcsolatban. A kötegek külön pászmáinak toldása külön keresztmetszetben kell kialakításra kerüljön minimum 45 átmérőnyi távolságban. GFRP betétek 25 mm átmérő felett AFRP és CFRP betétek 20 mm átmérő felett nem kerülhetnek kötegelésre gerendákban. Külön utasítás van a hajlított betétek tapadásával kapcsolatban, ahol három külön számítás látható, három szilárdsági tartományhoz rendelve a hajlításnak kitett szerkezeti elemek húzott és nyomott zónájában elhelyezett betétekkel.

$$165 \cdot k_2 \frac{d_b}{\sqrt{f'_c}} \text{ ha } f_F \leq 520 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_F}{3.1} k_2 \frac{d_b}{\sqrt{f'_c}} \text{ ha } 520 < f_F \leq 1040 \text{ MPa}$$

$$330 \cdot k_2 \frac{d_b}{\sqrt{f'_c}} \text{ ha } f_F > 1040 \text{ MPa}$$

ahol:

k_2 a beton sűrűségét figyelembe vevő tényező
 d_b a betét névleges átmérője
 f'_c a beton nyomószilárdsága
 f_F az FRP-ben ébredő feszültség teherbírási határállapotban.

Itt esik említés a kengyelek lehorgonyzásáról, amennyiben az FRP betétekkel készített nyírási erősítés lehorgonyzása nem oldható meg, az zárt elemből vagy spirálból kell készüljön. További előírások olvashatók toldással kapcsolatban, ami további előírások nélkül a lehorgonyzási hossz 1,3 szorosa. A 30 mm-nél nagyobb átmérőjű betétek párhuzamos toldását a szabvány nem engedi. A szabvány engedélyezi a lehorgonyzóelemek használatát, amennyiben azok vizsgálattal bizonyítva képesek a tervezési terhelés 1,67-szeresének megfelelő ellenállást igazolni.

3.10 FRP pászmával feszített szerkezeti elemek tervezése

A tizedik fejezet előfeszítéssel foglalkozik, ezt témát itt nem tárgyaljuk részletesen. Csak CFRP és AFRP pászmák feszítését engedélyezi a szabvány, GFRP pászmákét nem. A fejezet előírja, hogy feszített szerkezeti elem esetén repedés nem engedhető meg használhatósági határállapotban, tökéletes pászma-beton kapcsolatot kell feltételezni és a pászma csatornák miatti keresztmetszeti terület veszteség figyelembe veendő. A minimális betonfedés 3,5-szöröse a betét átmérőjének vagy 40 mm, amelyik nagyobb. A szabvány maximális feszültség értékeket ad meg kezdeti és feszültségveszteségek lezajlása utáni állapothoz is. A figyelembe vett feszültségveszteségek: lehorgonyzási veszteség, rugalmas veszteség, vezetőcsővel való súrlódás, beton kúszása és zsugorodása, relaxáció és hőmérsékletváltozás. További alfejezetek szólnak a hajlítási teherbírás számításáról, a minimálisan alkalmazandó betét-keresztmetszetről, nyírási erősítésről és lehorgonyzási hosszról.

3.11 Beton, falazat és acél szerkezetek megerősítése (strengthening) FRP-vel

A fejezet különböző szerkezetek megerősítéséről szól, ennek bemutatását nem részletezzük, tekintettel a cikksorozat FRP betétekkel épített szerkezetekre fókuszál. A megerősítések szerkezet típusonként és a megerősítés jellege szerint (axiális irányú, nyírási, duktilitás növelése stb.) vannak osztályozva és bemutatva.

3.12 Szeizmikus tervezés

A tizenkettedik fejezet a szeizmikus méretezést mutatja be. A fejezet elején a szerzők felhívják a figyelmet, hogy az FRP betétek képlékeny viselkedés nélkül, az acélhoz képest alacso-

nyabb rugalmassági modulussal, nagyobb szakítószilárdsággal és eltérő tapadási karakterisztikával rendelkeznek. Így a szeizmikus tervezésben releváns tulajdonságok, mint a csillapítás vagy a merevség, az FRP betétekkel készített szerkezetek esetén eltérő. Az alkalmazandó terhek, és a tervezés a kanadai szabványoknak kell megfeleljen, ehhez néhány ajánlott érték olvasható itt. Az ezt követő szakasz az FRP-vel erősített szerkezetekkel, azok fajtáival és tervezésével foglalkozik. Az FRP betétekkel épített szerkezetekről szóló rész kizárólag szeizmikus terheknek kitett rendszerek tervezéséről nyilatkozik. Az előírt legnagyobb megengedhető betonszilárdság könnyűbeton esetén 30 MPa. A szabvány külön rendelkezik acél-FRP hibrid erősített keretekről, tisztán FRP erősített keretekről és ezek axiálisan terhelt és hajlított típusairól. Az előírások egyéb kanadai szabványokat hivatkoznak, ami mellett feltételeket szabnak a nyírási erősítések kialakítását illetően.

3.13 Hibrid FRP/FRC köpenyek

A tizenharmadik fejezet FRC és FRP köpenyek tervezésével foglalkozik röviden. A szabvány előírja milyen mozgásokat és alakváltozásokat kell tudnia elszenvedni a köpenynek. A rögzítések előírásainak terén a CSA A23.4 (CSA, 2010) szabványra hivatkoznak a szerzők. További általános előírások olvashatók a kapcsolatok kialakítása, szállítás és felületi kezelések területén.

3.14 Kivitelezés

A fejezet kifejezetten az FRP-vel készülő szerkezetek kivitelezésével kapcsolatos előírásokat sorolja fel. Ezek többek között kitérnek az FRP anyagok és ragasztók tárolására, azok minőségének megőrzésére. Ezen felül utasítások vannak megadva a gyártók részére, valamint a minőségellenőrzésre is.

4. CSA S806:12 (R2021) ÖSSZEFOGLALÁS

A korábbi két cikkben bemutatott két dokumentumhoz (AFGC, 2023; JPCI, 2021) képest kevesebb információt tartalmaz és azokat kevesebb magyarázattal támasztják alá a most bemutatott kanadai szabványban (CSA S806:12 (R2021)). Sok esetben egyéb szabványokra hivatkozik, azokon belül azonban nem kerül meghatározásra, mely részletek relevánsak. Ez olyan esetekben, ahol a hivatkozott szabvány egy kifejezett vizsgálatot ír le nem jelent nehézséget azonban, amikor a teljes kanadai nemzeti építési szabványra kerül hivatkozás az néhol nem egyértelmű, sokszor csak releváns részként kerül említés. Ezen kívül a dokumentum széles körben tartalmaz utasításokat FRP betétek használatáról, de a legtöbb esetben ez csak a létező kanadai szabványok adaptációja. Mindennek ellenére a szabvány jó útmutatást adhat, modern szabványalkotók részére a fontos területek, lehetséges vizsgálatok és alkalmazások területén.

5. KITEKINTÉS: ACI 440 ÉS EGYÉB AJÁNLÁSOK

Az Amerikai Beton Intézet (American Concrete Institute – ACI) 2023-ban adta ki a GFRP szabványát (ACI Committee 440, 2023), ami a 2015-ös ACI 440 ajánlásra (ACI Committee 440, 2015) épül. A korábban vizsgált dokumentumokhoz hasonlóan ez a szabvány egy részletes anyag, ami széles körben tárgyalja az FRP-vel kapcsolatos témákat, alapos dokumen-

tációval és forrásmegjelöléssel. A dokumentum struktúrája az AFGC (AFGC, 2023) ajánláshoz hasonlóan utasításokra és kommentekre oszlik, amelyek szakirodalmi alátámasztást adnak a tárgyalt témáknak. A szabvány néhány témát nem tárgyal azonban, mint a lehorgonyzás vagy a földrengésnek ellenálló épületek tervezése. Ezek megfelelő szabvány háttér hiányában, vagy a földrengésbiztos tervezés esetén a megfelelő duktilitás nem megfelelő biztosíthatósága miatt kerülnek elhanyagolásra. Az alapossága és újdonsága révén az egyik legjobb forrás a témában. A cikksorozat terjedelmi korlátozottsága miatt, a további szabványok részletes ismertetésére nem térünk ki.

A felsorolt dokumentumokat leszámítva számos jelenlegi és múltbéli szabvány vagy ajánlás létezik a témában, amelyek bemutatására nem tudunk sort keríteni, de a témában érdeklődőknek érdekesek lehetnek. Ilyenek többek között a Kanadai ISIS (network of Intelligent Sensing for Innovative Structures) által 2006-ben kiadott ajánlás (Newhook & Scecova, 2006), aminek esetén a kiadó szervezet azóta megszűnt, vagy az Olasz CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche – nemzeti tudományos tanács) által 2007-ben kiadott dokumentum (CNR, 2007). További naprakészebb kiadványok az orosz GOST 31938-2022, ami 2022-ben jelent meg vagy az angol IStructE (Institution of Structural Engineers) által 2023-ban megjelent átfogó ajánlás (Böhm et al., 2023) szál-polimer kompozitok szerkezeti alkalmazására.

6. HIVATKOZÁSOK

- ACI Committee 440 (2023) 440.11-22. Building Code Requirements for Structural Concrete Reinforced with Glass Fiber- Reinforced Polymer (GFRP) Bars—Code and Commentary. Farmington Hills, Michigan, USA, American Concrete Institute.
- ACI Committee 440 (2015) Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Bars.
- AFGC (2023) Recommendations for the use of FRP (Fibre Reinforced Polymer) rebars for reinforced concrete structures. Association Française de Génie Civil.
- ASTM (2023) C531-18. Standard Test Method for Linear Shrinkage and Coefficient of Thermal Expansion of Chemical-Resistant Mortars, Grouts, Monolithic Surfacing, and Polymer Concretes. Toronto, Canada, ASTM International. doi:10.1520/C0531-18.
- ASTM (2021) C518-21. Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus. West Conshohocken, USA, ASTM International. doi:10.1520/C0518-21.
- Benmokrane, B. & M. Mohamed, H. (2018) Recent Developments on FRP Rebars as Internal Reinforcement in Concrete Structures and Field Applications. In: Proceedings of the 9th International Conference on Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Composites in Civil Engineering 2018 Paris, France, pp. 31-38.
- Böhm, G., Bonney, C., Dionisi, F., Farmer, N.S., Hardy, G., Henderson, J.G., Hobbs, M. & Kansara K D (2023) Structural use of fibre polymer composites. London, United Kingdom, The Institution of Structural Engineers.
- Canadian Standards Association (2012) S806-12. Design and construction of building structures with fibre-reinforced polymers. Ontario, Canada, Canadian Standards Association.
- CNR (2007) CNR-DT 203/2006. Guide for the design and construction of Concrete Structures Reinforced with Fibre-Reinforced Polymer Bars. Rome.
- CSA (2024) CSA A23.1:24. Concrete materials and methods of concrete construction. Toronto, Canada, Canadian Standards Association.
- CSA (2010) CAN/CSA-A23.3-04 (R2010). Design of concrete structures. Toronto, Canada, Canadian Standards Association Group.
- CSA (2019) CSA S807:19. Specification for fibre-reinforced polymers. Toronto, Canada, Canadian Standards Association Group.
- JPCI (2021) Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Fibre Reinforced Polymer (FRP). Tokyo, Japan Prestressed Concrete Institute.
- Newhook, J. & Scecova, D. (2006) Reinforcing Concrete Structures

with Fibre Reinforced Polymers. Winnipeg, Canada, ISIS Canada Corporation.

Somlai Bálint, Sólyom Sándor, Balázs L. György (2024) FRP betétek alkalmazása betonszerkezetekhez a világban 1. rész - francia megközelítés. Vasbetonépítés. 2024(2), 39-45. <https://doi.org/10.32969/VB.2024.2.3>

Somlai Bálint, Sólyom Sándor, Balázs L. György (2025) FRP betétek alkalmazása betonszerkezetekhez a világban 2. rész - japán megközelítés. Vasbetonépítés. 2025(1), 18-23. <https://doi.org/10.32969/VB.2025.1.4>

ULC (2017) CAN/ULC-S102.4:2017 (R2022). Standard Method of Test For Fire and Smoke Characteristics of Electrical Wiring, Cables and Non-metallic Raceways. Toronto, Canada.

Somlai Bálint (1997) 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 acélszálú (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 betonnyomtatás, tartósság, fenntarthatóság. *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozatának alelnöke. *fib* TG5.1 munkacsoport tagja, COM9 titkára.

FRP REINFORCEMENT TO CONCRETE STRUCTURES IN WORLDWIDE EXPERIENCES 3. – CANADIAN 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.

DR. FARKAS JÁNOS EMLÉKÉRE (1958-2025)



Farkas János 1958. január 7-én született. 1976 és 1981 között a Moszkvai Vasútmérnöki Egyetem, Hidak-alagutak Karán végzett, mint okleveles építőmérnök. Friss diplomásként az M1 autópályaépítésen dolgozott munkahelyi mérnökként, majd 1983-tól 1986-ig doktorandusz aspiráns volt Moszkvában a Vasútmérnöki Egyetemen. 1988-ban az acélhidak szaktudományi területen műszaki doktori fokozatot

szerzett. 1987-től 1991-ig a Zala megyei Állami Építőipari Vállalat statikus mérnöke.

Másfél évig dolgozott Ausztriában, ahol sokrétű statikus tervezőmérnöki munkája révén gazdag tapasztalatokat szerzett, amit későbbi munkái során is jól tudott hasznosítani.

1993 és 1997 között a Zalaegerszegi Közüti Igazgatóság híd-szakági főmérnöke. Munkája révén alaposan megismerte a Vármegye közúti műtárgyait, ami nagyban segítette, hogy a későbbi években könnyedén kapcsolódhasson különböző vármegyei projektekbe.

1997-től élete végéig saját vállalkozásán, az Union-Plan Kft-n keresztül végezte különböző megbízóknak főként tervezői, szakértői tevékenységét. Egyetemi éveitől kezdve mindig elsősorban hidásnak érezte - de folyamatosan képezte - magát, és tervezői-szakértői mérnöki tevékenysége felölelte az alagút-, magasépítési-, geotechnikai-, valamint a nukleáris tervezői és szakértői tevékenységet is. A feladatok ellátásához a szükséges tervezői és szakértői (beleértve a vezető tervezői és tervellenőri) jogosultságokkal rendelkezett, a Magyar Mérnöki Kamara tagja volt. Mindig fontosnak érezte a magas szintű számítástechnikai háttér biztosítását, ezért komoly tervezői szoftver beruházásokat eszközölt. Magyarországon pl. az elsők között vette használatba a SOFiSTiK tervezői szoftvereit, amik lehetővé tették, hogy a legnagyobb pojektekhez is csatlakozhasson.

2001 és 2011 között legnagyobb megbízója a MAHÍD-2000 Zrt. volt, ahol a tervezői csoport vezetését látta el. Ezen időszak alatt kerültek a Zrt. által kivitelezésre, ill. felújításra az M1 (Győr elkerülő), M3, M6, M7, M8, M9, M30 autópályák, és többek között olyan hidak mint a dunaújvárosi Pentele, szekszárdi Szent László, oszlári Tisza-, és a sárvári Rába-híd. Ezen munkakörében a több mint 300 híd kivitelezését követhette figyelemmel, és irányításával a tervező csoport több mint 100 hídhoz készített technológiai-, zsaluzat-, állványzati terveket, statikai ellenőrzéseket és kontroll számításokat. 2002-ben Kazahsztán új fővárosába Asztanába az Isim folyóra tervezett ferdekábeles hídtervével megnyerték a kiírt tervpályázatot.

Tervezői munkája az M7 autópályán kísérleti jelleggel épített, nagyszilárdságú-nagyteljesítményű beton felhasználásával megépített S-65 jelű autópálya feletti hídszerkezet. A négynyílású, utófeszített közúti híd különlegessége, hogy szigetelés és hagyományos burkolat nélkül épült. A nagyszilárdságú-nagyteljesítményű vasbeton felszerkezet felső síkja – külön szigetelés nélkül – egyúttal az átvezetett kocsipálya pályaszintje is.

Öt vasbeton közúti híd erősítését tervezte meg CFK lamellák alkalmazásával. Nagykanizsa elkerülő főúton hullámosított acéllemez csőhidakat tervezett, a gyártó-forgalmazó által biztosított közelítő „teherbírás ellenőrzés” mellett, a szerkezetek

teherbírását saját részletes számítással is igazolta.

2006-tól, hasznosítva korábbi ausztriai NÖT-ös szerkezet-tervezési tapasztalatait is, bekapcsolódott a hazai és nemzetközi alagúttervezésbe is. A Consultant Mérnökiroda Kft -vel együttműködve készítette az M6-os alagútlánc tanulmány-, vázlat- és engedélyezési terveit. Folyamatosan fejlesztve ismereteit és alagúttervező szoftvereit, részt vett az alagutak vasbeton szerkezeti terveinek elkészítésében. Ő készítette el a négy alagútból két alagútpár vasbetonszerkezeti kiviteli terveit.

2007-ben engedélyezési szinten megtervezett egy vasbeton szekrény keresztmetszetű, háromnyílású feszített-függesztett Mura-határhidat Murakeresztúr és Kotoriba (Kotor) között, a meglévő vasúti híd mellé. Ez lett volna az ország második feszített-függesztett hídja, a helyszíntől csupán 11 km távolságban, az M7-M70 csomópontban 2004-ben megépült Korongi híd után. A híd máig nem épült meg.

Közreműködött a budapesti 4-es metró Népszínház utcai és Keleti pályaudvari állomásának, a résfalak kitámasztásának tervezésében.

Az egyik legjelentősebb külföldi projektje 2014-15-ben az Irak-Irán határán Kurdisztánban tervezett autópálya Penjween (5km) és Darbandikhan (3km) hosszú alagútpárjainak tervellenőrzése volt. A Penjween alagútpár az Eurázsiai nagy geológiai törésvonalat közel derékszögben keresztezte és emiatt különleges földrengésvédelmi intézkedések is szükségessé váltak. Az alagútszerkezet terveinek ellenőrzését, különös tekintettel a földrengésekkel kapcsolatos számításokra is János végezte itthoni irodai és helyszíni munkával. Jelentős szerepe volt az említett törésvonalat harántoló alagútszakasz földrengésbiztos folyamatosságát szolgáló különleges szerkezetek kialakításában, mert nem csak tervellenőrzés, hanem tanácsadás is volt a feladata.

2019. évi kajak-kenu világbajnokságra terveit szerint újították fel és építették át a szegedi Evezős Olimpiai Központban az Osztrószigeteki üzemi bejáróhidat és az átvágási üzemi hidat.

Az évek során tanulmányozta és megismerte több más ország (többek között az EU, Oroszország és a Szovjetunió utódállamai) földrengésre vonatkozó szabványait, folyamatosan összehasonlította azokat, aminek köszönhetően különböző országokban tudott pontos földrengésvédelmi tervezést, tanácsadást adni.

Tagja volt a Magyar Alagútépítő Egyesületnek, 2024-ben az egyesület konferenciáján az alagutak földrengésállóságának kérdéseiről tartott sikeres előadást.

A látványos nagy munkák mellett számos kis híd felújításának tervét is elkészítette, többek között megmentve egy 1920 körül a Hortobágy folyón épült 3,20 m nyílású vasbeton boltozatot. Gyalogos fahidat tervezett Tapolcára, Zalacsányba, kosárfül íves, ortotrop szekrénytartós, vasbetonlemezrel egyúttal dolgozó pályalemez kerékpárúti Zala-hidat Zalaapátiba, 42 m szabad nyílással. A 67-es gyorsforgalmi főút több műtárgyának volt főtervezője.

Szerkezettervezés mellett geotechnikai tervezéssel is foglalkozott. Zala megyében több partfalcsúszás vis-maior helyreállítási tervét készítette el.

A Zala Megyei Mérnöki Kamara 2008. évben Aranygyűrűs mérnöki címmel ismerte el munkásságát.

2015-től részt vesz a paksi atomerőműhöz kapcsolódó fejlesztési munkákban szakértőként, tervellenőrként.

Az Országos Atomenergia Hivatal a Paks II projekt indulásától folyamatosan kérte fel a Hivatalban dolgozó mérnökök továbbképzésére, (főként tervezői ismeretekből tartott többször oktatást) tervellenőri feladatokra, tervek statikai ellenőrzésére, statikai szakvélemények készítésére.

Folyamatosan képezve magát, 2019-ben nukleáris építmények szakmérnöki végzettséget szerzett.

2022-től a BME Hidak és Szerkezetek Tanszékével közös szakértői csoportban végzett nukleáris szakértői munkát a Paksi Atomerőműnek, és Paks II.-nek.

Paks II fejlesztés projektben a „Nukleáris sziget” független statikai vizsgálatát végezte, továbbá az „Aquaduct” terveit is vizsgálta.

A Paks I üzemidő hosszabbítás projektben statikai szakértést, a szerkezetek öregedés kezelését végezte.

Kilenc szakcikke jelent meg, ebből három a Vasbetonépítés

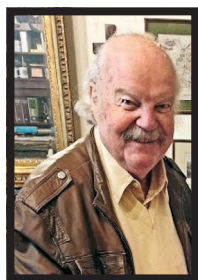
lapban, egy pedig a Concrete Structures folyóiratban. Évtizedeken át aktív tagja volt a *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozatának.

Halála napjáig szenvedéllyel és alázattal dolgozott. Munkájáról mindig nagy szeretettel mesélt, szívesen osztotta meg tudását mindenkivel. Szakmai kíváncsisága sohasem lankadt, egész életében tanult, tájékozódott. Munkáját folyamatosan támogatta felesége, két leánya és unokái. Emléket őrzik az alagutak, hidak, utak, épületek, melyek tervezési munkáiban részt vett.

Temetése 2025. július 22-én volt Zalaegerszegen az Új Köztemetőben. Mély fájdalommal és megrendüléssel, soha el nem múló szeretettel búcsúzunk Tőle.

Hajós Bence, Márkus Kristóf

KAUSAY GYÖRGY EMLÉKÉRE (1941-2025)



Szomorú szívvel jelentem, hogy szeretett
öcsém, Kausay György építőmérnök egy
nappal a 84. születésnapja előtt, 2025.
január 8-án mindörökké lehunyta szemét.
Örök álmát a kelenföldi Szent Gellért
Plébánia urnatemetőjében alussza.

Kausay György Budapest, 1941.
január 9-én született. Családjával 1951-ig
Budapest, a Szent Imre-városban, 1951
és 1953 között a családdal kényszerűen

Mezőberényben, 1953 után Dunabogdányban, Szentendrén, majd 1957-től ismét Budapesten élt és tanult. Friss műegyetemi építőmérnöki végbizonyítvánnyal a zsebében 1964 nyarán látogatóba utazott a nagybátyjához Svájcba, és véglegesen haza csak 1995-ben tért.

Két évig egy zürichi, duzzasztógátakat tervező és építő cégnél dolgozott, majd áttelepült Franciaországba, és a párizsi székhelyű Bachy speciális mélyalapozó vállalathoz szerződött. A Bachy alkalmazottjaként többek között franciaországi tengeri kikötők építésén, a berlini, a frankfurti, a hongkongi metróépítésén – az utóbbin már, mint műszaki igazgató –, ezt követően svájci mélygarázsok építésén dolgozott.

1995. január 1-jén a francia Bachy – mint többségi tulaj-

donos – és a magyar Hídépítő Vállalat megalapította az irodaházak, ipari csarnokok, hidak, út- és vasúti létesítmények, metró stb. mélyépítésére szakosodott HBM Kft-t, amelynek fejlesztési igazgatója Kausay György lett. 2006 és 2008 között az SBR Soletanche Bachy România leányvállalat alapító-vezérigazgatói feladatait is ellátta. Az időközben Hídépítő Soletanche Bachy Mélyalapozó Kft-vé alakult HBM-Kft-től 2008-ban ment nyugdíjba.

Kausay György a különleges alapozások piacát képviselő AVSZ Magyar Alapozási Vállalkozók Szövetségének főttkára volt. Hazánkat a több, mint 370 mélyalapozó társaságot számoló EFFC European Federation of Foundation Contractors szövetség egészségügyi és biztonsági munkacsoportjában másodmagával képviselte.

Közvetlenül nyugdíjba vonulása után, 2009-ben megalapította a Nuxea Szaktanácsadó Kft-t, amelyben feleségével főképp francia nyelvű idegenvezetéssel foglalkoztak.

Kedvtelése volt a fényképezés, a bridzsversenyzés, a tengeri búvárkodás, az angol cocker spániel-tartás.

Gyuri öcsém mindenkihez kedves, mindig mosolygós, életvidám, családhű, vállalkozó szellemű mérnökember volt.

Isten nyugosztalja Szegényt!

Dr. Kausay Tibor

SZÁZ ÉVE SZÜLETETT DR. DARVAS ENDRE (1925-2003)



Darvas Endre 1925. szeptember 1-én született polgári családban. Édesapját, Darvas Rezsőt korán, még egyetemi tanulmányainak befejezése előtt elvesztette. A József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen 1948-ban szerzett diplomát.

Szakmai pályafutása során végig tervező mérnökként tevékenykedett. Első munkahelye a MÁVAG (Magyar Állami Vas-, Acél- és Gépgyárak) Hídosztálya volt. 1949-ben alapított Állami Mélyépítéstudományi Intézet tervező mérnöke lett, amiből megalakult a Mélyépterv, majd az Uvaterv (Út-, Vasúttervező Vállalat), melynek nyugdíjazásig vezető tervezője, szakosztályvezetője és fő-technológusa volt.

1972-ben „Hegesztett vasúti hidak tervezésének fejlesztése” című disszertációjáért a Műegyetemen Műszaki doktori címet szerzett.

Szakmai munkásságának számos fontos állomása kapcsolódik az acélhidakhoz: bősárányi Rábca-híd hegesztett szegrénytartóval, az első hazai hegesztett vasúti híd, algyői vasúti Tisza-híd, Üllői úti vasúti hidak, makói közúti Maros-híd, export hidak és még soráig lehetne folytatni a sort.

Darvas Endrének elsősorban az acél- és öszvérszerkezet tervezései ismertek, a Vasbetonépítés szakmai folyóirat témakörének megfelelően a vasbeton hídtervezései közül álljon itt három példa.

Első önálló tervezése volt a közúti kocsordi Kraszna-híd. Az 1953-54-ben megépült híd alsópályás vasbeton ívhíd, amelynek vonórúdait a budapesti felrobbantott Erzsébet lánchíd láncclemezeiből készítették. A 49 m szabad nyílású, nagy teherforgalmú híd ma is a közúti közlekedést szolgálja.

Darvas Endre is részt vett az Erzsébet híd újjáépítésében. A pesti vasbeton feljáró hidak tervezésében kapott feladatokat. A hídépítés területén, Magyarországon itt alkalmaztak először

műgumi sarukat. Rendkívül kecses, esztétikus, minimális szerkezeti magasságú Budapesten, a Hajógyári-szigetre vezető vasbeton konzolos, Gerber-csuklós hídja. Az 55,6 m szabad nyílású híd 1968-ban épült meg, hogy javítsa a Hajógyár közúti megközelítését, felváltva a régi, emelhető rácsos hidat. A híd középső keresztmetszete, a befüggesztett szakasz közepén csupán 90 cm vastagságú. A hajóközlekedés és a kapcsolódó parti kötöttségek miatt kellett ilyen karcsú hidat építeni.

Tervezés mellett több segédletet, mintatervet készített, közreműködött a Közúti Hídszabályzat Acélszerkezetek fejezetének megújításában. Meghívott oktatóként magyar és angol nyelvű előadásokat tartott az acélszerkezetek, a hegesztés és az acélhidak fáradása témakörökben a Műegyetemen és a Helsinki Műszaki Egyetemen. Az International Institute of Welding (IIW – Nemzetközi Hegesztési Egyesület) nemzetközi konferenciáin többször rész vett, három alkalommal angol nyelvű előadást tartott.

Hét magyar nyelvű könyve, öt külföldi angol publikációja és további 29 hazai szakcikke jelent meg. Dr. Darvas Endre élete legyen a ma mérnökének példa arra, hogy a műszaki alkotó feladata ismerni a szakirodalmat, művelni és alkalmazni is azt.

Pályafutását, mintegy leg-hitelesebb forrásként felesége, Ehal Zsuzsanna állította össze, bemutatva műszaki pályafutását és annak jelentős mérföldköveit. A Lánchíd füzetek 23. köteteként megjelent életrajzi kötete elérhető elektronikusan is:



HB

fib BULLETIN NO. 114

TITLE: SERVICEABILITY LIMIT STATES OF CONCRETE STRUCTURES - BACKGROUND DOCUMENT OF FIB MC2020

TECHNICAL REPORT

Year: 2024
Pages: 250
Format approx. DIN A4 (210x297 mm)
ISBN: 978-2-88394-187-8

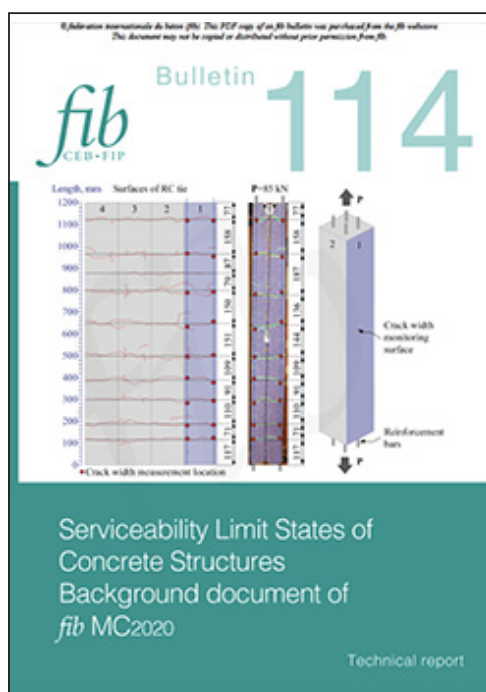
Abstract:

Serviceability limit states verification is a very important part of structural design. It is a proof that the structure successfully meets the client's needs. The Task Group TG2.1 has been working in this field for decades. Earlier bulletin No. 92 summarised information which was used in the fib Model Code 2010. This Bulletin provides the supplementary knowledge related to the new fib Model Code (2020). The scope of interest has been expanded to include topics that are highly relevant today. These are preferably durability and existing structures. The Bulletin 114 provides some information in chapters 2 and 4. Additionally, numerical methods are now frequently used for verifying serviceability limit states. The basic principles of their application are illustrated in chapter 5.

Cracking is a phenomenon that affects the appearance, function, and durability of concrete structures. The discussions on the significance of cracks, their acceptable widths and calculation methods of the crack widths can be endless. One approach for the crack width analysis was chosen for application in the fib MC2020. However, there are other opinions, which are based on experience and local tradition in individual countries. The Bulletin 114 shows some of them in the section 3.2.

The Bulletin was prepared by experts of TG 2.1 during the period following the finalization of the fib Model Code (2020). The theories presented in individual chapters and sections are illustrated with numerical studies and examples, helping readers better understand the Bulletin's content. The team of authors believes that the collected knowledge contained in the Bulletin will be helpful to the users (designers, contractors, academics and also students) for better understanding of the performance of structures in service and in their everyday work.

Finally, gratitude is extended to all authors who contributed their hard work to the chapters, as well as to other Task Group members who participated in discussions and helped formulate the conclusions included in both the fib Model Code 2020 and Bulletin 114.



fib BULLETIN NO. 115

TITLE: BIM IN CONSTRUCTION

GUIDE TO GOOD PRACTICE

Year: 2025
Pages: 47
Format approx. DIN A4 (210x297 mm)
ISBN: 978-2-88394-189-2

Abstract:

In recent years, Building Information Modelling (BIM) methodology has seen exponential growth in its adoption within the construction industry. Despite its tentative beginnings in a sector traditionally resistant to major changes, the undeniable advantages it offers have made all stakeholders, from designers to builders, including government authorities and facility maintainers, aware of the need to embrace the full implementation of BIM standards in the sector.

Nonetheless, the adoption of BIM methodology presents its own set of challenges. Despite not being a novel approach, BIM has not reached a level of maturity where a universally accepted standard or a singular implementation method has been established. The multitude of BIM use cases is steadily expanding alongside a growing variety of applications, increasing expertise, and the continuous enhancement of software capabilities.

The document management aspect associated with BIM methodology represents its true potential. This entails the ability to centralise the geometry and all attributes associated with an element within a single element that can be shared and interacted with by all stakeholders. This management poses an additional challenge, as it requires clear protocols to ensure that information is exchangeable and exportable between parties. Standardisation within a given market will be much simpler if government authorities establish the standards.

Attempting to compile a comprehensive document on the state of the art of BIM methodology would be a daunting and potentially unproductive task, given that new papers with innovative BIM applications and uses emerge practically every week and with the increasing number of specialised books. Moreover, professionals responsible for designing, constructing, or maintaining structures derive limited benefit from an overly lengthy document that encompasses all possibilities.

Therefore, the objective of Task Group 1.7 (TG 1.7) has been to present concepts that enable readers to gain a basic understanding of the methodology that is sufficiently up-to-date, along with specific examples of its use in various types of structures with varying degrees of complexity. The aim has been to show that BIM usage can range from a specific element of a project to the complete life cycle of a structure, allowing stakeholders to choose what suits their needs best.

The fib Task Group 1.7 is confident that this document will be a useful resource for construction professionals, bringing BIM methodology into their everyday use and thus making the construction industry more modern, efficient, and sustainable.



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.

Acélszerkezetek helyszíni korrózióvédelme speciális mozgó állványból



Tomori Pál-híd
szórt
szigetelése



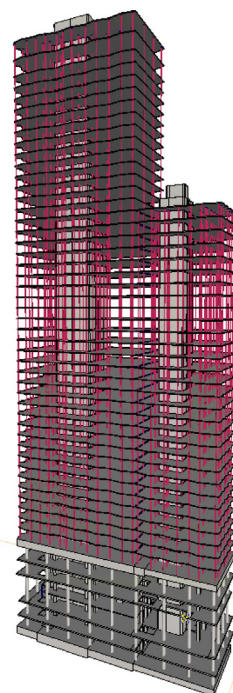
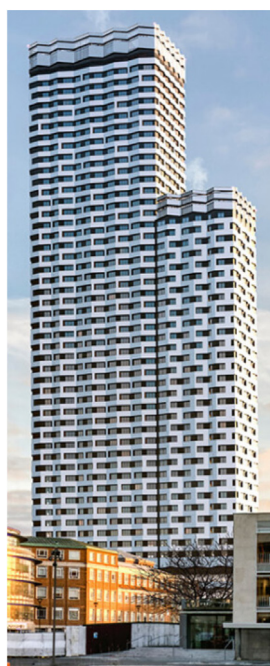
A képeken a Paks-Kalocsa közötti Tomori Pál-híd 2024 évben végzett híd építése látható, ahol társaságunk végezte az acélszerkezetek korrózióvédelmi, a vasbeton pályalemez és járda szigetelési és sóvédelmi feladatait

TELJESKÖRŰ VASBETONTERVEZÉS

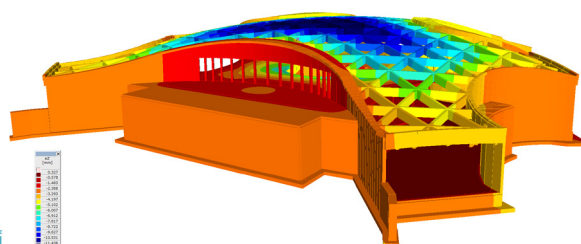
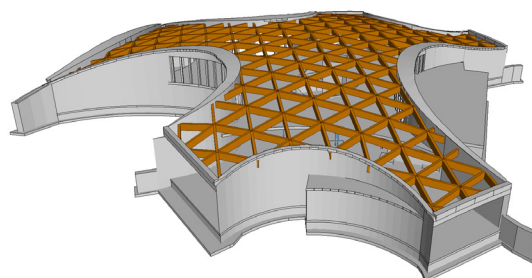
ÚJDONSÁG!

Építési állapotok vizsgálata

- ▶ Építési folyamatok modellezése
- ▶ Bontási folyamatok modellezése
- ▶ Részben lebontott és megerősített szerkezet vizsgálata
- ▶ Szerkezeti megerősítések és kiváltások vizsgálata
- ▶ Szerkezeti károsodás elemzése
- ▶ Hídbetolás folyamatának modellezése
- ▶ Szerkezet robusztusságának elemzése



Collage Road, London (Egyesült Királyság), Barrett Mahony Consulting Engineers



Musée du Saint-Bernard, Martigny (Svájc), ARX (Pini Group) SA Sion