

VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF

fib

Dr. Tóth Ernő

Hidászkonferencia

34. oldal

Vörös József

**Keresztirányban
feszített vasbeton
hidak**

35. oldal

Dr. Balázs L. György, Dr. Farkas
György, Dr. Dalmy Dénes, Dr.
Seidl Ágoston, Dr. Kálló Miklós,
Németh István, Dr. Tóth Ernő**Körös-hidak
állapota**

39. oldal

Dr. Imre Lajos, Posgay György

**Feszítőpázmák
feszültségmérése**

47. oldal

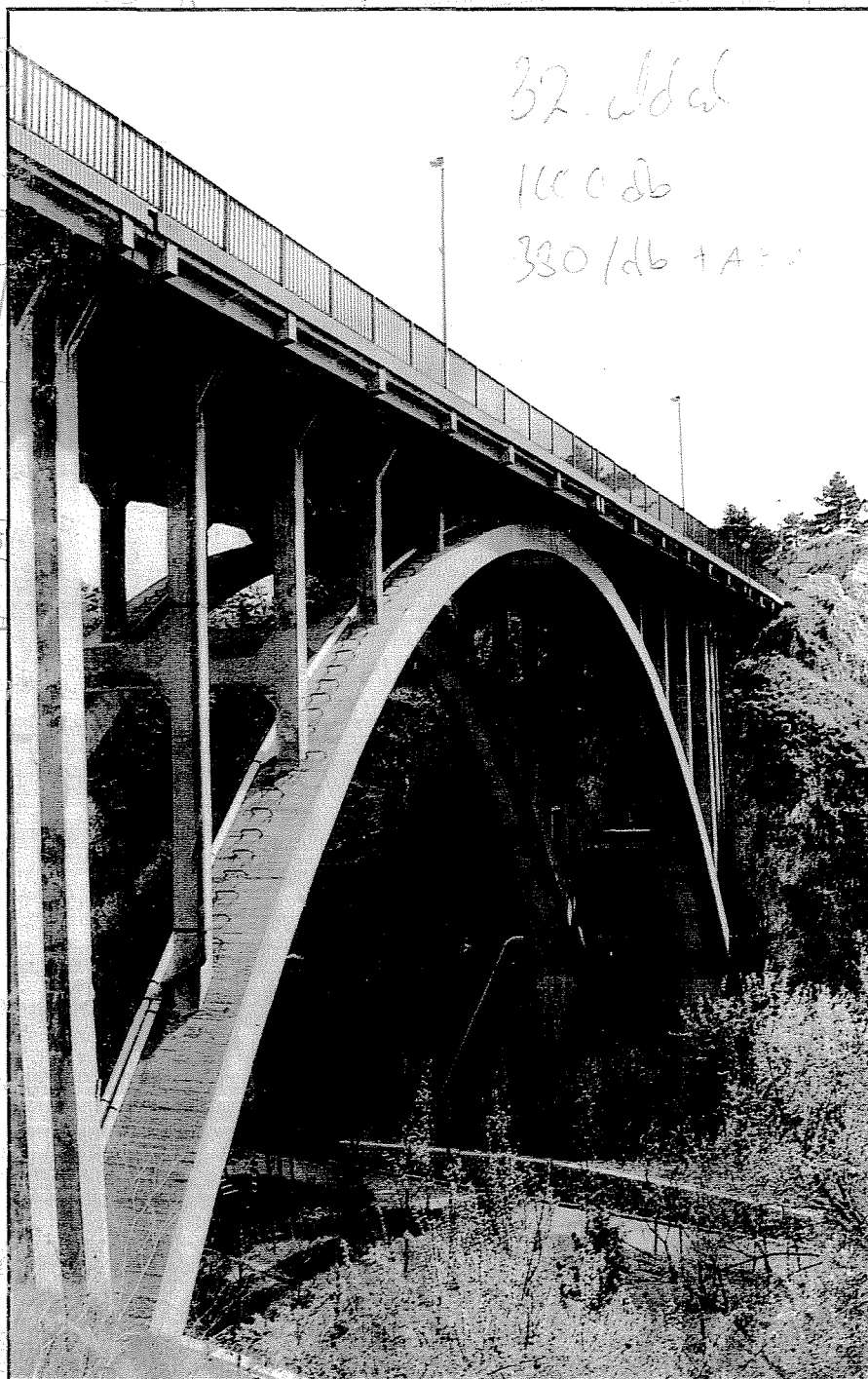
Dr. Kovács Károly

**Vasbeton
szerkezetek javítása**

50. oldal

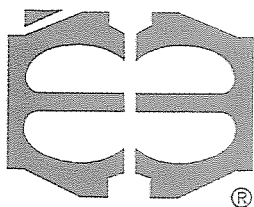
Dr. Orosz Árpád, Csató György,
Dr. Tamáska János**A marcali siló
megerősítése**

55. oldal



99/2

I. ÉVFOLYAM 2. SZÁM

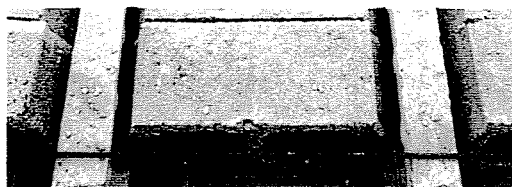


ÉPÍTKEZIK? RÁNK ÉPÍTSEN!

TERMÉKKÓDEX AZ INTERNETEN

E-mail: bvmepelem@mail.datanet.hu, www.construnet.hu/bvm

Társaságunknál Kiváló Áru minőségű betontermékeket vásárolhat!



CSALÁDI HÁZAT ÉPÍT?

- E-jelű födémgerenda
- EB-jelű födém béléstestek
- Egyéb betontermékeink: zsaluzó-pincefalazó elemek, áthidalók, kerítéselemek
- Födémpanelek szállítása és beemelése féláron
- Transzportbeton
- Fuvarozás, daruzás

Érdeklődjön akciós termékeinkről!

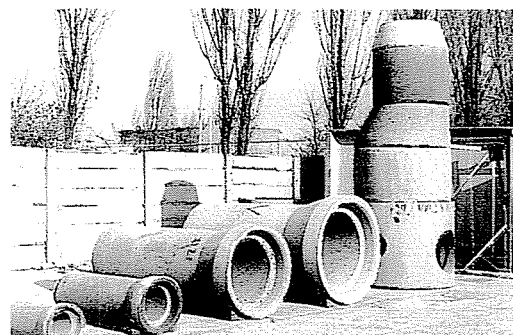
Bővebb felvilágosítás:

Dévényi György marketingvezető,
Tel.: 205-6184

CSATORNÁT ÉPÍT?

Komplett csatornázási elemeket gyártunk és értékesítünk:

- Különböző méretű csatornaaknák, fenékelemek, szűkítők, gyűrűk, betoncsövek 20–80 cm átmérőkben, 1,25 és 2 m-es hosszban
- Közművédő-csatornák, mederelemek, folyókaelemek, vizóraaknák.



CSARNOKOT ÉPÍT?

- Egyedi előregyártott vasbeton elemekből álló, kis keresztmetszetű, feszített főtartós (12–35,5 m) egy- és többszintes vázszerkezet.

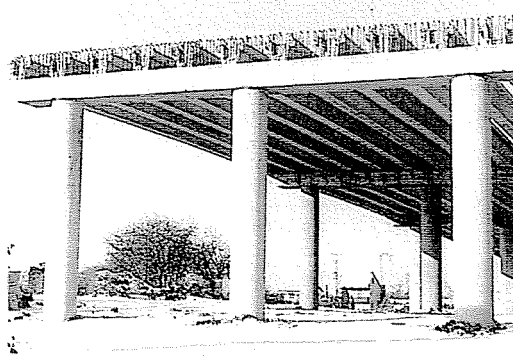
Referenciák:

- BAUMGARTNER – Bp., Kelenvölgyi út
- RICHTER GEDEON – Dorog
- CHINOIN – Bp., Budafok
- MATÁV – Budaörs
- FÖRD – Bp., Könyves K. krt.
- RYNART raktár – Bialtorbágy



AUTÓPÁLYÁT ÉPÍT?

A közúti hídszabályzat követelményeinek megfelelő erőregyártott, feszített beton hídgerendáink alkalmasak 4–30 m-es, szabadnyílású hidak felszerkezetének kialakítására. EHGTMF-130, EHG/F-100-90-80, UBX-40-70-100, UH



BVM ÉPELEM

ELŐREGYÁRTÓ ÉS
SZOLGÁLTATÓ KFT.

1117 BUDAPEST,
BUDAFOKI ÚT 215.
LEVÉLCÍM:
1502 BP. PF. 47.
TELEFON: 205-6151
TELEFAX: 205-6155

Bővebb felvilágosítás: Kókai József vállalkozásvezető, tel.: 205-6178

Ingyenes szaktanácsadást biztosítunk!



**MUNKAVÁLLALÓI TULAJDONUNK
AZ ÉPÍTETT KÖRNYEZETET SZOLGÁLJA!**



Főszerkesztő:

Dr. Balázs L. György

Szerkesztő:

Dr. Bódi István

Szerkesztőbizottság:

Beluzsár János

Csányi László

Dr. Csíki Béla

Dr. Erdélyi Attila

Dr. Farkas György

Kolozsi Gyula

Dr. Kovács Károly

Lakatos Ervin

Mátyássy László

Polgár László

Telekiné Királyföldi Antónia

Dr. Tóth László

Vörös József

Wellner Péter

Lektorai testület:

Dr. Deák György

Dr. Dulácska Endre

Dr. Garay Lajos

Dr. Kármán Tamás

Királyföldi Lajosné

Dr. Knébel Jenő

Dr. Lenkei Péter

Dr. Loykó Miklós

Dr. Madaras Gábor

Dr. Szalai Kálmán

Dr. Tassi Géza

Dr. Tóth Ernő

Dr. Träger Herbert

(Kéziratok lektorálásra más
kollégák is felkérést kaphatnak.)

A folyóirat megjelenik

évente 5 alkalommal

(négy magyar és
egy angol nyelvű szám)

Alapító: a fib Magyar Tagozata

Kiadó: a fib Magyar Tagozata

(fib = Nemzetközi Betonszövetség)

Szerkesztőség:

a fib Magyar Tagozata

Bertalan L. utca 2.

1111 Budapest

Tel: 463 1751 Fax: 463 1784

Nyomdai előkészítés és nyomtatás:

RONO Bt.

Egy példány ára: 750 Ft

Előfizetési díj egy évre: 3000Ft

© a fib Magyar Tagozata

ISSN 1419-6441

Címlap: A veszprémi-völgyhid

(épült 1938-ban)

TARTALOMJEGYZÉK

- 34** Dr. Tóth Ernő
**A műszaki továbbképzés fontossága
lehetőségei – A 40. hidászkonferencia
kapcsán**
- 35** Vörös József
**Előregyártott elemekből,
keresztirányban feszített vasbeton
hidak**
- 39** Dr. Balázs L. György, Dr. Farkas György,
Dr. Dalmy Dénes, Dr. Seidl Ágoston,
Dr. Kálló Miklós, Németh István, Dr. Tóth Ernő
**A szabadon szerelt,
utófeszített Körös-hidak állapota**
- 47** Dr. Imre Lajos, Posgay György
**Beépített feszítópázmák
roncsolásmentes ellenőrzési
tapasztalatai**
- 50** Dr. Kovács Károly
**A beton és vasbeton szerkezetek
javításának története**
- 55** Dr. Orosz Árpád, Csató György, Dr. Tamáska János
**A marcali 2000 vagonos
vasbeton gabonasiló megerősítése**
- 63** **Rendezvénynaptár – Műszaki
rövidhírek**

A folyóirat támogatói:

Királyföldi Lajosné, Bekaert, HÍDÉPÍTŐ Rt., MAGYAR ASZFALT Kft.
MSC Magyar SCETAUROUTE, Mérnöki Tervező és Tanácsa Kft.
Pfleiderer Lábatlani Vasbetonipari Rt., MÉLYÉPTERV KOMPLEX Mérnöki Rt.
Peristyl Kft., Techno-Wato Kft., MÁV Rt., STABIL PLAN Kft., Pont-TERV Rt.
BVM Épelem Kft., CAEC Kft., UNION PLAN Kft., Vasúti Hidak Alapítvány
BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke, BME Építőanyagok Tanszéke

A MŰSZAKI TOVÁBBKÉPZÉS FONTOSSÁGA, LEHETŐSÉGEI – A 40. HIDÁSZKONFERENCIA KAPCSÁN



Meggyőződésem, hogy a jó mérnöknek (is) folyamatosan tovább kell képeznie magát. A vasbeton, különösen a feszített vasbeton építés oly sokat változott, fejlődött az utóbbi évtizedekben, hogy már csak emiatt is szükséges az elmélet és a gyakorlat figyelemmel kísérése, értékelése és a tapasztalatok alkalmazása.

Különösen fontosnak tartom a vasbetonszerkezetek korróziójával, annak megelőzésével, vizsgálatával, javításával kapcsolatos ismereteket, melyekről – véleményem szerint – kevés szó esik a mérnökképzésben.

Szemlélet változtatásra van szükség! A mérnöki szerkezeteket megfelelő élettartamúra, úgy kell megtervezni, hogy azok nemcsak a forgalom, hanem az időjárás sajnos feltétlenül számításba veendő károsító hatásainak (levegőszennyezés, sószórás, stb.) is ellenálljanak. Fontos az is, hogy a vasbeton hidak vizsgálhatók, utólag javíthatók, erősíthetők legyenek.

Az alapképzés mellett igen fontos a szakmérnökképzés, a Mérnök Továbbképző Intézet és a KTE előadásai, valamint a hazai és külföldi konferenciák.

Ezévben 40. alkalommal gyűlnek össze a hidakkal foglalkozó szakemberek Baján, hogy néhány fő témában (idén: Duna-híd, diagnosztika) előadásokat hallgassanak meg, munkahelyi bemutatón vegyenek részt, valamint személyes kapcsolatot építsenek, eszmét cseréljenek. Mindhárom lehetőséget fontosnak tartom.

1962-ben kezdődött a hídmérnökök országos konferenciáinak sora, akkor elsősorban a tervjövahagyások egységes és megfelelő színvonalú végzése érdekében. Emellett már 1962-ben a szolnoki Tisza- és Tisza-ártéri hidak építésével is megismerkedtek a résztvevők, a későbbiekben pedig szinte minden jelentős feszített vasbeton híd (Körös-hidak, Mosoni-Duna-híd, tokaji ártéri hidak, stb.) építését a helyszínen tanulmányozhatták. A munkahelylátogatások rendkívül fontosak, mert enélkül olyan megyékben dolgozó mérnök, ahol nincsenek, nem épülnek nagyobb, illetve különleges hídszerkezetek ilyen munkákkal nem is találkozhatnak.

A konferenciák helyszínének válogatása előnyös azért is, mert így az egyes városoknak, tájegységeknek helyi sajátosságaival is megismerkedhetnek a résztvevők.

1984-87. Között a KPM, hídosztályának megszűnése után Balatonföldváron kisebb létszámmal, általában helyszíni bemutató nélkül rendezték meg a hídmérnökök éves összejöveteleit (1962-ben, 1963-ban és 1984-ben 2-2 alkalommal volt konferencia, 1965-ben pedig elmaradt az összejövetel.) A balatonföldvári összejöveteleket, továbbképzéseket a Közlekedési Főfelügyelet szervezte.

Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a kezdetektől fogva nemcsak az országos közutak hídjainak fenntartásával foglalkozó, hanem a megyék, megyei jogú városok, hídmérnökei is résztvettek a hídmérnöki konferenciákon.

Jelentős eredmény volt 1987-ben a konferencia keretében megtartott hídszigetelési ankét, melyen az előző évek tapasztalatait összegezték, ezzel megteremtve a nagyon hiányzó szigetelési szabvány kidolgozásának alapjait.

1988-tól ismét a korábbi gyakorlat szerint tanácskozhattak a hidakkal foglalkozók. 1989-től módot kaptak az új vállalá-

tok bemutatkozó előadások tartására, kiállítások rendezésére. Egyre nagyobb számban külföldiek is részt vesznek a konferenciákon.

A konferenciák mellett, néhány alkalommal más hasonló továbbképzési alkalmon is résztvehettek az érdeklődők, így pl. 1981-ben a Tatabányai ankéton, 1982-ben a műszaki ellenőri továbbképzésen, 1985-ben a KTE Győri Szervezete és Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola rendezte a hidak fenntartása tárgyú ankéton. A tatabányai ankét azt a célt szolgálta, hogy a közúti igazgatóságok hídmérnökei rövid előadásokban ismertették a legérdekesebb, legfontosabb tapasztalataikat.

1988-tól a hídmérnöki konferenciák mellett évente rendeztünk az országos közutak hídjával foglalkozó hídmérnököknek a konferenciáknál kötetlenebb, az aktuális feladatokat megtárgyaló összejöveteleket. Hasonló rendezvények szolgálják a közlekedési felügyelet munkatársainak továbbképzését.

Az 1971. óta rendszeresen megrendezett Ütügyi napokon, sajnos nem minden esetben esik szó a hidakról, néhány alkalommal (Tata, Sárospatak, stb.) azonban külön szekció foglalkozott a hídépítések, hídfenntartási munkák aktuális kérdéseivel.

A hídmérnöki- és más hasonló konferenciákon egyre több kiállító mutatja be termékeit, munkáit táblákon, videofilmeken, gyakorlati bemutatókon. Megítélésem szerint nagyon hasznos ez a gyakorlat, rendkívül sok információt lehet gyűjteni, személyes kapcsolatokat lehet kiépíteni.

Nem minden hídmérnök ért egyet azzal, hogy reklámjellelű (fizető) előadások esetenként a hídmérnöki konferenciák idejének a felét is kiteszik. Ilyen kritika főleg olyankor hangzik el, ha unalmas már többször hallott témájú az előadás, ilyen szerencsére ritkán fordul elő. Lehet korlátozni a bemutató (reklám) előadások számát és időtartamát is, szükség szerint ezzel a lehetőséggel élnek is a szervezők, bizonyos mértékű bevételre azonban jelenleg szükség van, elsősorban annak érdekében, hogy kiadványokat is hazavihessenek a résztvevők.

Meggyőződésem, hogy az országos konferenciákon elhangzó reklámjellegű előadások hasznosak, elsősorban azért, mert ezekhez hozzászólhatnak a versenytársak, a szakma legkiválóbb képviselői, így valótlan, túlzó, hamis információk nem juthatnak el a felszólalókhöz. Ugyanakkor önkritikusan meg kell állapítanom, hogy gyakran kevés az idő a hozzászólásokra, a szünetekben, a szakmai bemutatókon személyes eszmecserével pótolni lehet az elmaradt hozzászólásokat és a fórumok is jó lehetőséget adnak kérdések felvételére, vitára.

A konferenciákról 1986-89 között ismertetések, majd 1992-től önálló kiadványok és a konferenciát rendező megye hídtörténetéről gazdagon illusztrált könyvek jelentek meg.

Rendkívül fontosnak tartom az ismeretek alapos gyarapítását, az új és még újabb megoldások megismerését, reális értékelését, a korrózió elleni védekezést. Ez utóbbi a tervezőktől, kivitelezőktől, üzemeltetőktől, fenntartóktól egyaránt és együttesen állandó figyelmet, intézkedést igényel, melyet az örvendetesen gazdagodó szakirodalom mellett talán leginkább a jól szervezett konferenciák, szakmai találkozók szolgálják.

Budapest, 1999. április 21.

Dr. Tóth Ernő

ELŐREGYÁRTOTT ELEMEKBŐL, KERESZTIRÁNYBAN FESZÍTETT VASBETON HIDAK



Vörös József

Az építési és vágányzari idősükségelemek lerövidítése miatt régi törekvés a vasúti vasbeton hídszerkezetek építésénél az előregyártás. Az előregyártott elemek méretét azonban nagymértékben korlátozza a szállíthatóság, és a beemelhetőség. E kötöttségek miatt célszerű a vasbeton felszerkezetek gyártása során azok hosszirányú szeletelése. Ez azonban új problémát vet fel, az elemek kapcsolatát, együttlaloztatását. Így adódott az a gondolat, hogy az egymástól független lemezeket keresztirányú feszítéssel kapcsoljuk össze, biztosítva ezzel az együttlaloztatást.

Kulcsszavak: előregyártás, feszítés, keresztelcsúzás, lágyvasbetét, tartóbetét, feszítópásmáza

1. BEVEZETÉS

Megfelelő intenzitású keresztirányú feszítőerő alkalmazása esetén az egymástól független lemezek együttlalozónak tekinthetők, és a felszerkezet igénybevételei szemben fekvő peremén (hídfőkön) megtámasztott, másik két peremén szabadszélű derékszögű négyszög alakú vasbetonlemezként határozhatók meg. Az együttlaloztatáshoz szükséges keresztirányú feszítőerő abból a feltételből számítható, hogy a lemez keresztirányú nyomatókai és a feszítés együttes hatására az illesztési keresztmetszetben ne keletkezzen húzófeszültség (Farkas, 1998).

Ezen elméleti megfontolás alapján dolgoztuk ki az ismertett felszerkezetek építési technológiáját. A beépítés során az elemek illesztésénél olyan megoldást kellett alkalmazni, ami a rendkívül rövid vágányzari időben biztonsággal végrehajtható. A megelőző nem kis vitát követően a kontakt módon előregyártott lemezek száraz illesztése mellett döntöttünk. Ennek alapja, hogy a keresztirányú nyomatók a feszítéssel felvehetők úgy, hogy az illesztési síkban húzófeszültség nem keletkezik. Lényeges még a nyíróerők vizsgálata. Erre vonatkozóan a szerkezet kialakításából fakadóan bármelyik széltől indulva a páratlan számú illesztési felületek a mértékadók. Egy 11,0 m támaszközü felszerkezetet vizsgálva a mértékadó nyíróerő U jelű vonatteherből számolva 78 kN/m. Az érdes betonfelületek csúszósúrlódási együtthatója 0,5–0,76, így az ehhez a támaszközhöz meghatározott feszítőerőből számított felvehető nyíróerő 226–343,52 kN/m. Látható tehát, hogy a kedvezőtlenebb csúszósúrlódási együtthatóval számolva a nyíróerők száraz illesztés esetén is csaknem háromszoros biztonsággal felvehetők.

Technológiai szempontból a másik fontos eldöntendő kérdés a feszítő betétek anyaga. Korábban a dugózási veszteségek miatt rövid feszítési hossz esetében kizárólag feszítő rudakat alkalmaztak. Ma már a szálankénti lehorgonyzást biztosító korszerű le-

horgonyzó berendezések lehetővé teszik a dugózási acélmegrövidülés minimális (1,0 mm körüli) értéken tartását, így a 12,0 m feszítési hossz pásmával is biztonságosan megoldható.

2. AZ EDDIG MEGÉPÜLT, KERESZTIRÁNYBAN FESZÍTETT SZERKEZETEK

2.1. Árendás-patak-híd

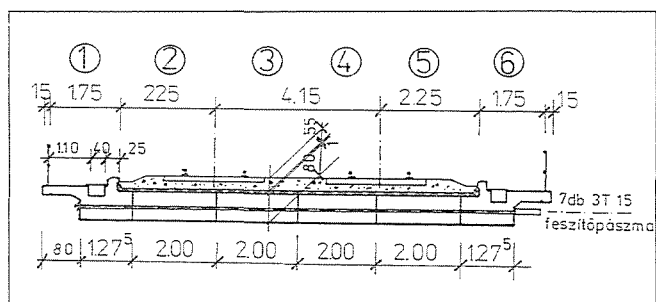
A keresztirányban összefeszített első vasúti híd az 1994 – ben átépített Árendás-patak hídszerkezte, amely Tata – Almásfüzitő állomások között a 825,8 szelvényben található. A meglévő 10,0 m nyílású 2 db egyvágányú nyílt pályás felépítményű acél hídszerkezet elbontását követően új kétvágányú, kavicságyazat átvezetéses, hosszirányban szeletelt, keresztirányban összefeszített vasbeton lemez-híd-szerkezet készült (1. ábra).

A régi acélszerkezet kiemelését követően a falazat-átalakítási munkák provizórium védelme alatt készültek. A régi falazatokra – azok visszabontása és megszüntetése után – új monolit vasbeton szerkezeti gerendák kerültek. A megmaradó terméskőfalazatokat 25 cm vastag vasbeton köpennyel erősítették meg. Az új felszerkezet előregyártva készült 6 szerkezeti egységben a pontos illeszkedés érdekében kontakt betonozással. A szükséges feszítőerő az alsó szál mentén 452 kN/m -re adódott, amit 7 db, 3T15 feszítópásmából álló kábel megfeszítésével értek el. A provizóriumok kivételét követően, az elsőként elhelyezett jobb vágányú 3 db szerkezeti elem ideiglenes megfeszítése DYWIDAG-feszítőrudakkal készült. Ezt követően a bal vágányú szerkezet beépítése, és a teljes felszerkezet végleges, Freyssinet rendszerű összefeszítése készült el. A feszítést az esetlegesen szükségessé váló kábelcserre és a korrózióvédelem biztosítása érdekében gyárilag zsírozott kemény polietilén csőben vezetett pásmákkal végezték.

2.2. Mátyás király úti aluljáró

A Mátyás király úti aluljáró Tatabányán a 673+ 23 szelvényben 1996 -ban épült. A 3,50 m belmagasságú, 11,80 m nyílású vasúti híd kavicságy-átvezetéses, hosszirányban szeletelt, ke-

1. ábra Az Árendás-patak-híd keresztmetszete





2. ábra Mátyás király Úti aluljáró

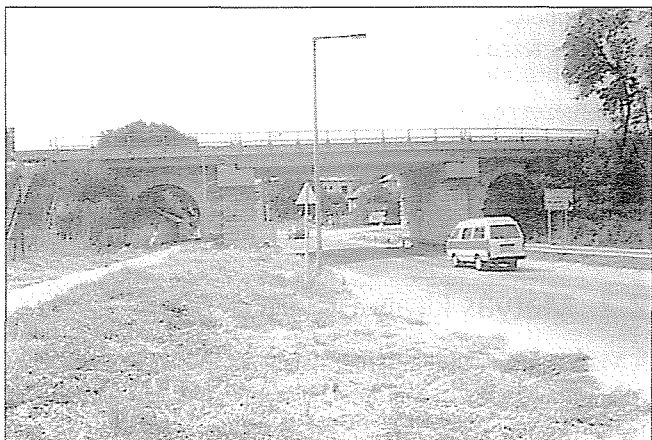
resztirányban összefeszített vasbeton felszerkezete, amely monolit vasbeton keretre támaszkodik (2. ábra). A nyitott alsó keretszerkezet megépítése 80 km/óra sebességre alkalmas provizóriumok védelme alatt két fázisban épült.

Első fázisban, jobb és bal vágányba beépített P 20,4–80 provizórium alatt készült el a munkagödör I. ütemű kiemelése, vákuumos talajvízszint süllyesztés mellett. Ebben a fázisban épült meg az alaplemez 3,80 m széles része, a rátámaszkodó falazattal (U keret függőleges eleme) együtt. A második fázisban a provizóriumokat át kellett építeni úgy, hogy a hiányzó vasbeton alaplemez és a kezdőpont felőli falazat is megépülhessen. A két nyílásúként kialakított provizórium közbenső támasza a már elkészült alaplemezre támaszkodó acél-alátámasztás volt. A 20,40 + 12,0 m nyílások lehetővé tették ebben a fázisban a háttöltés szivárgók megépítését is. Az alépitményi munkák befejezésével, a vágányonkénti provizóriumok kiemelését követően először a jobb vágányba kerülő 4 db vasbetonelem elhelyezésére került sor. Ezt követte a felszerkezet keresztirányú végleges összefeszítése zsírozott pászmákból álló kábelekkkel, minden második feszítési helyen, majd a fél felszerkezet szigetelése Servidk-Servipak (GRACE) rendszerrel. A vonatforgalomnak az elkészült fél felszerkezetre történő átterelését követően került sor a bal vágányon 3 db előregyártott vasbeton felszerkezeti elem beemelésére, majd a teljes felszerkezet összefeszítésére.

2.3. Hosszúréti-patak-híd

Rendkívül jól sikerült a felszerkezet keresztfeszítésének alkalmazása a műemlék jellegű Hosszúréti-patak-híd átépítésénél. A Budapest – Hegyeshalom vasútvonal 229/30 szelvényében épült híd bal vágányú szerkezete 1883-ban, jobb vágányú

3. ábra Hosszúréti patakhíd



szerkezete a falazatok kiszélesítésével 1898-ban épült, mindkét áthidaló szerkezet hegeszvasból. A kor építési szokásainak megfelelően a hidak falazata terméskőből készült a háttöltés-csatlakozásnál mindkét hídfőnél takarékboltozattal. Eredetileg a híd csak a Hosszúréti patak átvezetésére szolgált, de a patak zárt szelvényben történő bújtatásával megteremtették a lehetőségét a Törökbálintra vezető út, híd alatt történő kiépítésére (3. ábra). A 115 éve épült és 100 éve szélesített falazatok rendkívül jó állapotban vannak, így született az a gondolat, hogy az esztétikus, műemlék jellegű boltozatokat megtartva a mai igényeket kielégítő felszerkezettel épüljön át a műtárgy.

A felszerkezet kiválasztásánál az alábbi szempontok voltak meghatározók:

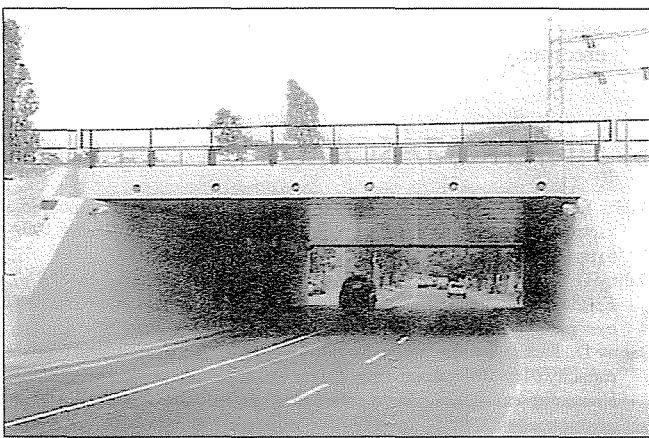
- a kis támaszköz miatt lehetőleg vasbetonszerkezet épüljön,
- ágyazatátvezetéssel kerüljön kialakításra a felszerkezet (ez zajvédelem miatt is indokolt),
- a felszerkezet egységes kialakításával a takarékboltozatok kiváltása is megoldható legyen,
- a vonal átépítésénél megkívánt tengelytávolságok biztosíthatók legyenek,
- esztétikailag jól illeszkedjen a megmaradó terméskő falazathoz,
- a híd alatti közúti űrszelvény ne csökkenjen.

Ilyen sokoldalú feltételrendszer mellett is sikerült a feladatot jól megoldani előregyártott, keresztirányú feszítéssel kialakított vasbeton felszerkezettel. A bontási és falazatátépítési munkákat két nyílású P 20,40 – 80 provizóriumok beépítése mellett lehetett végrehajtani. A provizóriumok közbenső acélszós oszlopos támaszait a közúti forgalom jelzőlámpás szabályozásával az egyik forgalmi sávban lehetett kialakítani. A provizóriumok védelme alatt lehetett elbontani a régi kőfalazat szegélygerendáit, a szerkezeti gerendákat és a takarékboltozatok felső részét úgy, hogy az új áthidaló szerkezet ne terhelje a takarékboltozatot.

Az új felszerkezet 3 db kéttámaszú előre gyártott vasbeton lemez, vágányonként és nyílásonként 3 db áthidaló elemmel. A provizóriumok kiemelését és a felszerkezet elhelyezését vágányonként 3 nap folyamatos vágányzárban lehetett elvégezni EDK 1000-es vasúti darukkal. A vágányzár alatt történt az elemek keresztirányú feszítése, a pályalemez szigetelése és a pályaeépítés. A kőfalazatok állagmegóvás érdekében CONCRETIN mélyimpregnálást kaptak. A kezdőpont felőli kőboltozat alatt átvezetett gyalogos átjáró további üzemeltetése megkívánta a vasúti töltés merőleges megtámasztását, amelyet előregyártott vasbeton szögterákkal biztosítottak. A híd üzembe helyezését követő zajmérési vizsgálatok igazolták hogy az ismertett szerkezeti kialakítással csak a folyópályával azonos mértékű zajszinttel terhelik a hídon közlekedő vonatok a környezetet. A falazatok meghagyása nemcsak az átépítési költségek jelentős csökkenését, hanem a vasútvonallal egyidős műtárgy jellegének megőrzését is eredményezte.

3. ELŐREGYÁRTOTT, TARTÓBETÉTES HÍD KERESZTIRÁNYÚ FESZÍTÉSSSEL

Az eddigiekben ismertett keresztirányú feszítéssel kialakított hídszerkezetek közös vonása, hogy két vágány átvezetését szolgálják, és valamennyi áthidaló szerkezet köracél betétes. A Fertő utcai hidak átépítésénél öt vágány átvezetését kellett megoldani,

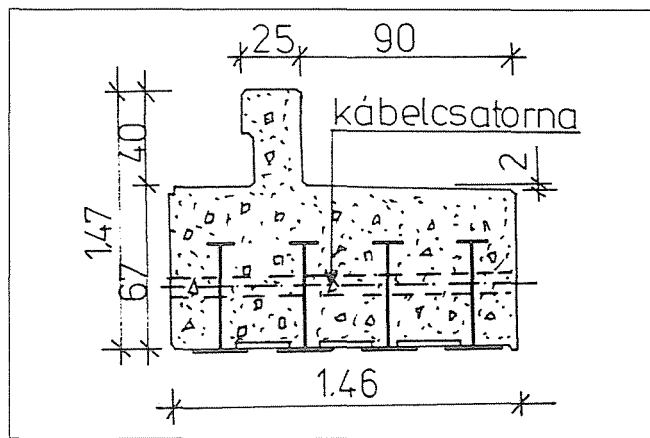
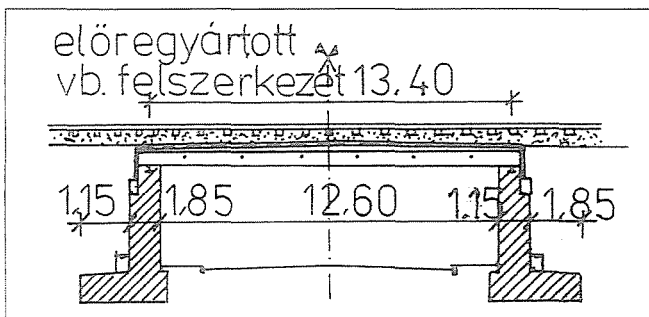


4. ábra Fertő utcai híd

és geometriai kötöttségek miatt az áthidaló szerkezetek tartóbetétes kialakítással készültek. A Fertő utcai hidak a vasúti pályával együtt a múlt század végén épültek. Először 1877-ben, a mai Kőbánya-felső vasútállomás felé vezető két vágány alatti szerkezet épült meg, majd ezt követte a két Keleti pályaudvari és a Kőbánya hizlalói vágány, végül a Józsefvárosi vágány alatti szerkezet 1884-ben. Az építés óta eltelt időben további lényeges fejlesztés vagy átépítés nem történt. A harmincas évektől kezdődően foglalkoztak az átépítés gondolatával, de a rendkívül frekventált helyen levő műtárgy, a vasúti és fővárosi fejlesztések összeegyeztetése, és a második világháború következtében nem indult meg a szerkezet átépítése. A régi falazatok állapota, a provizórikus, kis teherbírású áthidaló szerkezetek, űrszelvény problémák valamint a Budapest – Hegyeshalom vasútvonal átépítése miatti vágánygeometriai változtatás igénye miatt halaszthatatlanná vált e régóta húzódó probléma megoldása. Az eredeti elképzelés szerint a két Keleti pályaudvari vágányba a sebesség növelése érdekében P 20,4/80 provizórium került volna beépítésre, melyek a rossz állapotú falazatokat is áthidalva nem terheltek volna azokat. Kétségtelenül ez a megoldás provizórikus jellege miatt nem oldotta volna meg hosszútávon a problémát, de egy későbbi fővárosi úthálózat-fejlesztés esetén nem jelentett volna kötöttséget.

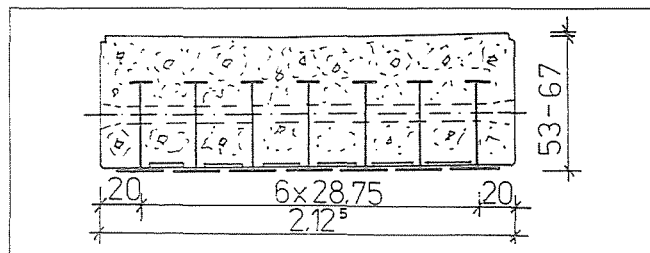
Hosszas előkészítés, tárgyalássorozat után megállapodás született a Főváros Közlekedési Ügyosztálya és MÁV között, hogy a főváros nem kívánja szélesíteni a Fertő utcát, sőt az átmenő teherforgalomkilitását tervezi a Népligetén átvezető utakra. A véglegessé vált koncepció, és vágánygeometria pontosítása (egyszerűsítése) lehetővé tette a szerkezettervezés beindítását. Négy változatra készült tanulmány, közvetlen sínleerősítéses vasbeton szerkezet, acélszerkezetű nyiltpályás híd, acélszerkezetű ferdegerinces ágyazatátvezetéses híd és tartóbetétes vasbeton híd. A felsorolt szerkezetek közül a tartóbetétes, előre gyártott, szeletelt vasbeton híd került kiválasztásra keresztirányú feszítéssel. Ez a megoldás egyesítette a tartóbetétes és az előre gyártott, keresztbefejezett híd előnyeit így egy olyan szerkezeti megoldás született, amely gyorsan és vágá-

5. ábra A Fertő utcai híd hosszmetérete



6. ábra A Fertő utcai híd szélső tartói

nyonként megépíthető, kis szerkezeti magasságú, üzemeltetési költsége alacsony és a híd szerkezet változtatása nélkül rugalmasan változtatható a vágánygeometria (4. ábra). Ez utóbbi egy 100 évre tervezett híd és a hidhoz csatlakozó állomásfej esetében nem elhanyagolható. Az alépítmények átépítése provizórium védelme alatt történt, területi okokból ennek részleteit nem ismertetem. A felszerkezet 13 db tartóbetétes, előre gyártott vasbetongerendából áll (5. ábra). A szélső elemeken szolgálati járdát és kábelcsatornát alakítottak ki, egyben ezek támasztják meg a zúzottkőágyazatot is (6. ábra). A vasúti pálya alá vágányonként 2-2 gerenda került (7. ábra).



7. ábra A Fertő utcai híd középső tartói

A gerendák hossza 14,20 m, szélessége 1,94 és 2,39 m között változik, magassága nyilasközépen 71 cm, tartóvégeken 57 cm. Egy-egy előre gyártott gerendában 7-7 db 480 mm magas, alul 250-30, felül 130-30 mm szelvényű övekkel kialakított acél tartóbetét van. Az egyes gerendaelemek felső síkja hosszirányban 2% -ot, keresztirányban 1%-ot esik a megfelelő vízvezetés érdekében. Az előre gyártott elemek pontos csatlakozása érdekében az előre gyártás során az elemeket kontakt módon egymáshoz betonozták. Az elemek szélén 2-2 cm-es hornyot alakítottak ki a gerendák csatlakozási vonalán elhelyezkedő rugalmas hézagzáró szalag fogadására. A beépítési helyre vagonokban érkező elemek beemelését a nagyfeszültségű felső vezeték miatt a 301 és 501 pályaszámú darukkal végezték. A felszerkezetet a szerkezeti gerendába bebetonozott 48 kg/m-es vasúti sínre fekszik fel. Az alépítmény és a felszerkezet kapcsolatát és egyúttal a hídfők kitémasztását a szerkezetekben kialakított lyukba helyezett és utólag bebetonozott $\phi 36$ betonacél biztosítja. Az előre gyártott vasbetongerendákat a Vorspann Technik által gyártott kétszeresen extrudált feszítőpásmákkal feszítették össze a tartók egyúttal dolgoztatása céljából. A felszerkezetben hat kábelcsatornát alakítottak ki a pásmák átvezetésére. A vágányonkénti építés és forgalomba helyezés miatt az egyszerre beemelt 2-3 gerendát külön is össze kellett feszíteni. Ezek az ideiglenes feszítések rövid időre, maximum egy hónapra biztosították a kapcsolatot, így munkakébként csupasz kábelek kerültek beépítésre. A vágányok közötti elemcsatlakozásnál kialakított lehorgonyzó fészek lehe-

tővé tette a munkakábelek feszültségmentesítése után a lehorogonyzó fejek visszanyerését. A hidat a vágányonkénti forgalomba helyezést követően építési ütemenként M 62 típusú mozdonnyal próbaterhelték. A számított és a próbaterhelés során az egyes gerendákon nyílásközépen mért lehajlási értékek jól közelítették egymást, és igazolják az együtdolgoztatás sikerességét.

4. MEGÁLLAPÍTÁSOK

- Azoknál a vasúti hidaknál ahol a felszerkezet csak rövid vágányzári időben építhető be, különösen előnyös a keresztbefeszített felszerkezet alkalmazása. Ez a megoldás elsősorban a 8,0–12,0 m nyílástartományban alkalmazható.
- A keresztirányú feszítéssel együtdolgoztatott szerkezetek merevsége a vizsgált támaszközöknél mintegy 10 %-kal nagyobb a független lemezek merevségénél, így keresztfeszítés alkalmazása esetén kisebb a szerkezet alakváltozása.
- A keresztirányú feszítésből származó együtdolgozás következtében a a felszerkezet igénybevételeinek eloszlása kedvezőbb, így a szeletek illeszkedési hézagai felett a szigetelés normál síklemez szigetelésként alakítható ki.
- Az együtdolgozó szerkezetek mértékadó hosszirányú nyomatóka 16–17 %-kal kisebb mint a független tartókból álló szerkezeteké, így az acélbetétek mennyisége mintegy 30 %-kal csökkenthető. Ezzel szemben egy kétvágányú 10,0m támaszközü szerkezet feszítópászma igénye nem éri el az 500 kg-ot.
- Az 5 éves időszakra kiterjedő üzemeltetési tapasztalatok igazolják, hogy helyes volt a száraz kapcsolatra vonatkozó döntés, mivel a kapcsolatok kifogástalanul működnek.
- Fentiek alapján megállapítható, hogy a szerkezet kialakítását megelőző alapos előkészítés a tervezés során befektetett szellemi munka és a gondos kivitelezés esztéti-

kus, masszív, az elvárásoknak megfelelő hídszerkezetet eredményezett.

5. HIVATKOZÁSOK

- Balázs L. Gy. – Tassi G.(1998), „Hidakról a FIP Johannesburgi Szinpóziuma kapcsán”, *Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle*, XLVIII. évf. 1998/6. pp. 220-223.
- Dalmy D. (1997), „A békéscsabai Szarvasi úti felüljáró megerősítése.” *BME Építőmérnöki Kar Vasbetonszerkezetek Tanszéke Tudományos közleményei* pp. 7-10.
- Dalmy D., Farkas Gy., Lovas A., Loykó M. (1996), „Increase of load bearing capacity of reinforced concrete bridges by supplementary posttensioning, Hungarian examples”, *Third International Conference on Bridge Management, Proceedings*, pp. 489-495.
- Dalmy D. – Farkas Gy., Szilágyi É. (1995), „Vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek megerősítése utólagos feszítéssel”, *Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle*, XLV. évf. 9. sz. 1995. pp. 343-350.
- Farkas Gy. (1998), „Előregyártott vasbeton vasúti lemezhidak utófeszítése.” *Sinek Világa* 1998/2. (különszám). pp. 36-40.
- Zsomböly S.(1998), „Vasúti hidépítések a Budapest-Hegyeshalom vasútvonalon”. *Sinek Világa* 1998/2 (különszám). pp. 15-21.

Vörös József (1946) okl. építőmérnök, a MÁV Rt. Hídgazdálkodási Divízió vezetője. Eredményes szakmai munkáját elsősorban a feszített vasbeton hidak hazai bevezetése jellemzi. Az első szabadon szerelt hiddal kapcsolatos tevékenységét állami díjjal ismerték el. Az első szabadon szerelt, szabadon betonozott, és szakaszos előretolással készült, feszített vasbeton hidak építését irányította. 1992-től a Budapesti Műszaki Egyetem Építéskivitelezési Tanszékén oktatói tevékenységet folytat. A *fib* Magyar Tagozat tagja.

TRANSVERSALLY PRESTRESSED REINFORCED CONCRETE RAILWAY BRIDGES MADE OF PREFABRICATED GIRDERS

Prefabrication of bridge girders in case of reinforced concrete railway bridges has been always an intention in order to reduce the construction time or the period closed for traffic. The sizes of the prefabricated girders are limited by transportability and lifting capacity. Owing to these limitations linear members are advantageous, however, this solution requires to solve the problem of joints and transverse force transfer. In the presented cases it was solved by transverse prestressing.

A SZABADON SZERELT, UTÓFESZÍTETT KÖRÖS-HIDAK ÁLLAPOTA



Dr. Balázs L. György – Dr. Farkas György – Dr. Dalmy Dénes



Dr. Seidl Ágoston – Dr. Kálló Miklós – Németh István – Dr. Tóth Ernő

A kunszentmártoni (1975), a köröstarcsai (1977), a körösladányi (1979), a dobozi (1982) és a békési (1985) Körös-hidak mindegyike szabadon szerelt, utófeszített, utólagosan tapadóbetétesé tett vasbeton híd. A korábbi vizsgálatok utalásai és a külföldön észlelt károsodások miatt került sor ezen hidak felülvizsgálatára. A felülvizsgálat kiterjedt az alapos szemrevételezésen túl a kémiai, a szilárdsági és dinamikai jellemzők meghatározására, valamint a feszítőbetétek korróziós állapotának megállapítására szolgáló módszerek áttekintésére. Cél volt még a szerkezet típusra általánosan jellemző hibák megállapítása.

Kulcsszavak: utófeszítés, szabad szerelés, feszítőbetét, korrózió, kloridtartalom, karbonátosodás, sajátfrekvencia, csillapítás.

1. ELŐZMÉNYEK

1.1. Nemzetközi előzmények

Az utófeszített, utólagosan tapadóbetétesé tett vasbeton hidak állapotával kapcsolatos aggodalmakat az váltotta ki **világviszonylatban**, hogy leszakadt három híd a feszítőbetétek korróziója miatt: (1) Bickton Meadows gyaloghíd, Hampshire, UK – 1967-ben, (2) Ynes-y-Gwas híd, West Glamorgan, UK – 1985-ben és (3) River Schelde híd, Belgium – 1992-ben. Mindegyik hídnál utólag megállapítható volt, hogy a kábelvezető csövek injektálása nem volt tökéletes. Sok más utófeszített hídnál is különféle jelek utaltak a feszítőbetétek esetleges korróziójára.

Ennek következményeként, 1992. szeptemberében az angliai Közlekedési Minisztérium időszakosan betiltotta az utófeszített, utólagosan tapadóbetétesé tett vasbeton szerkezetek építését. A tiltás okául az ilyen szerkezeteken tapasztalt jelentős korróziós károkat jelölték meg, amelyek a három fenti esetben a hídszerkezetek leszakadásához is vezettek, a tönkremenetel bekövetkezésének előrejelzése nélkül. A moratóriumot 1996. szeptemberében feloldották a szegmensekből épült, utófeszített, utólagosan kiinjektált vasbeton szerkezetek kivételével.

Az időszakos tiltás kihirdetése után egy bizottságot hoztak létre Angliában. A bizottság feladata volt a **helyzet áttekintése, olyan javaslatok és követelmények kidolgozása, amelyek betartása esetén az újonnan épülő hidakon a korróziós károk elkerülhetők**. A bizottság jelentése a Concrete Society (Beton-Társaság) gondozásában jelent meg "Durable Bonded Post-Tensioned Concrete Bridges" („Tartós, tapadóbetétes utófeszített hidak”) címmel (Concrete Society, 1996). További adalékok találhatóak a Feszítettbeton Szövetség (FIP) 1996-ban e témában Angliában tartott szimpóziumának kiadványában (FIP, 1996). *Ez tehát azt jelenti, hogy a tervezési és a kivitelezési módszerek helyes megválasztásával,*

valamint megfelelő minőségbiztosítási rendszer alkalmazásával a feszítőbetétek korróziója elkerülhető.

1.2. Hazai előzmények

Hazánkban az utófeszített, utólagosan tapadóbetétesé tett hidak állapotának kérdésére az előzőeken kívül az alsóberecki Bodrog-híd (utófeszített pályalemez, alsópályás ívhíd) 1997-es felújítása során észlelt, korróziós okokra visszavezethető kábelszakadások hívták föl a figyelmet (Merza-Flohrer-Seidl, 1998). A Bodrog-híd esetében igazolható volt, hogy csak néhány kábel szakadt el, és ez nem veszélyeztette a híd állékonyágát. Az alsóberecki Bodrog-híd kábelszakadásai előtt voltak kedvezőtlen tapasztalataink (Vác, Szolnok) ám azoknál nem volt teljesen váratlan a hiba, a Bodrog-hídnál azonban igen.

Az UKIG 1998. októberében a következő öt Körös-híd jelenlegi állapotának felülvizsgálatát kezdeményezte.

1.	44 sz. út	50+361 km	kunszentmártoni Hármaskörös-híd
2.	47 sz. út	101+163 km	köröstarcsai Kettős-Körös-híd
3.	47 sz. út	91+796 km	körösladányi Sebes-Körös-híd
4.	4234 j. út	38+234 km	dobozai Kettős-Körös-híd
5.	4238 j. út	8+602 km	békési Kettős-Körös-híd

A hidak kiválasztásának szempontjai voltak, hogy (a) azonos rendszerben épültek, (b) a korábbi hidvizsgálatok indirekt utalást tettek a feszítőbetétek vártnál esetleg előrehaladottabb korróziójára vagy az alakváltozások vártnál nagyobb növekedésére (két esetben rábetonozásra is volt már szükség) és (c) a kábelvezető csövek esetleges tökéletlen kiinjektáltságára.

Ezen nagy értékű hídszerkezetek megbízható állapota rendkívül fontos a közlekedés biztonsága szempontjából. A kérdésfelvetés jelentőségét fokozza, hogy e hídszerkezetek feszítőbetéteinek szakadása esetén nincs más teherbíró elem, ami a hűzőerőt fölvenné.

A hidak állapotmeghatározásával kapcsolatban a következő feladatok elvégzésére került sor. *Pannon Freyssinet Kft.*: a hidak eddigi állapotfelmérésének összefoglalása, szemrevételezés, alakfelvétel (összehasonlítva az átadáskor fölvevett hídalkakkal), az esetleges feszítőbetét-korrózió kialakulását előidéző statikai, szilárdságtani okok összefoglalása; *Isobau Rt. (a TETA Kft. bevonásával)*: roncsolásos és roncsolásmentes szilárdsági vizsgálatok, kémiai vizsgálatok, állapotvizsgálat szemrevételezéssel, a feszítőbetétek korróziós veszélyeztettségének mérlegelése, a feszítőbetétek állapotának meghatározására szolgáló módszerek áttekintése; valamint *BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke*: dinamikai vizsgálatok végzése, roncsolásmentes vizsgálati módszerek összefoglalása utófeszített tartók feszítőbetéteinek korróziós állapotának meghatározására és a fenti feladatok koordinálása.

A vizsgálatok fő célja volt tehát, hogy:

- 1) fölhívja a figyelmet a szerkezet típusra jellemző hibákra, és keresse annak okait,
- 2) adatokkal szolgáljon ezen hídszerkezetek jelenlegi állapotára vonatkozóan, valamint
- 3) keresse annak lehetőségét, hogy a feszítőbetétek korróziós állapota (esetleg szakadt feszítőbetétek) megállapítható legyen és a későbbiekben a hibahelyek lokalizálhatók legyenek.

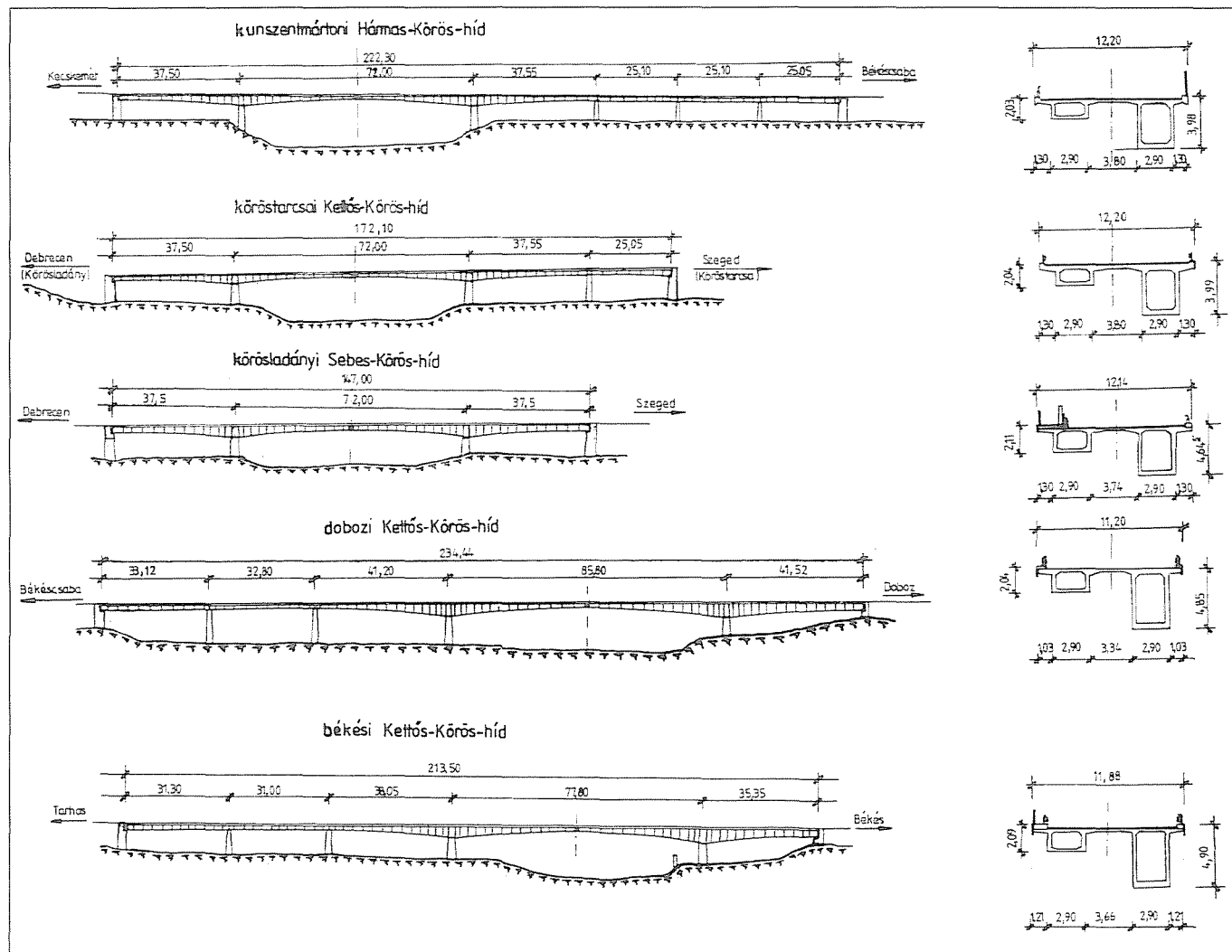
A következő fejezetekben a fenti vizsgálatok fő eredményeit összegezzük. Az egyes hidakra vonatkozó eredményeket – a könnyebb áttekinthetőség érdekében – mindig a fenti 1...5 sorrendnek megfelelően említjük. A hidak áttekintő rajzát az 1. ábra mutatja. A híd típus részletes leírása, beleértve a

kivitelezési fázisokat Reviczky-Vörös (1990) és Balázs (1995) írásaiban található. Mindegyik híd a KHSZ szerinti *A terhelési osztályba* van besorolva. Helyszíni vizsgálatunkat 1998. november hó folyamán végeztük.

2. A SZEMREVÉTELEZÉSEK EREDMÉNYEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Általánosan megállapítható (s így a konzolosan szabadon szerelt hidakra általánosítható), hogy a hidak felszerkezete a *tervezettnél nagyobb alakváltozásokat* szenved, és az ebből származó többletigénybevételek folytán az illesztési hézagok megnyílnak. Az illesztési hézagok megnyílását az ottani nyomateknövekmény, ill. a feszítőerő csökkenése okozza, amelyben szerepe lehet a feszítőbetétek korróziós károsodásának is. A nyomateknövekményt az alaptestek tervezettnél nagyobb süllyedéskülönbsége, vagy a vártnál nagyobb lassú alakváltozás, ill. a fugák epoxigyanta-kitöltésének a számítottnál nagyobb mértékű kúszása okozhatja. A fugák megnyílása esetén a keresztmetszet merevsége jelentősen lecsökken, mivel a nyomatekból származó húzóerőt csak a feszítőbetétek veszik fel. A bordákba bekerült sós vizet a kábelüregek tovább vezethetik. A jelentős alapsüllyedések és lassú alakváltozások miatt a kunszentmártoni és a dobozi hidak esetén már pályakorrekcióra volt szükség, amit rábetonozással végeztek el. Ez tovább módosította az igénybevételeket.

1. ábra A vizsgált Körös-hidak áttekintő rajza



A vizsgált hidak túlzott mértékű *tengelyirányú összenyomódása* is megfigyelhető volt (elsősorban a dobozi és a békési hidakon), ami származhatott a zsugorodás és a feszítőerő okozta összenyomódás folyamataos növekedésének hibás figyelembevételéből.

Az előregyártásra és a szerelésre vonatkozó általános észrevételek.

A kontaktbetonozás ellenére helyenként a keresztmetszet szélességi és a magassági méreteinek ugrásszerű változása is megfigyelhető. A kábelek befűzését nehezítette a kábelvezető csövek pontatlan illeszkedése. A gumikarmantyús illesztések fogyatékoságai miatt helyenként megszőkített az injektáló habarcs, s ezeken a helyeken nincs kizárva a víz bejutásának lehetősége a kábelvezető csövekbe. A csatlakozó elemek illesztéséhez használt gyanta folytonossági hiányai miatt a víz némelyik illesztőhézagot átázta, ahol a keresztező kábelek akut veszélyben vannak. A lehorgonyzófejek nincsenek minden esetben kellő védelemmel (rábetonozással) ellátva. A konzolokról a víz sok esetben, pl. a vízzel hiányosságai miatt (kunszentmártoni híd) végigfolyik a gerincen az alsó övig. A pályaszigetelés hibahelyein (főként a kiemelt szegélyek mellett) a víz a pályalemezbe jut, és bekerülhet a negatív nyomatéki kábelek burkolócsővébe is. Az az elemi szál, amelyet kloridkorrózió ért, szakadás veszélyének van kitéve. A zárózómnél a kétoldali szerelés találkozásának mind vízszintes mind magassági értelemben vett pontatlansága az átmenő kábelknél befűzést nehezítette okozott. A dilatációs szerkezetek tönkrementek, és ezáltal a véglehorgonyzások súlyosan áznak (pl. békési híd).

Általában bizonytalan a *saruk* viselkedése, ami jelentősen befolyásolja a szerkezetben ébredő igénybevételek megoszlását (de még a sajátfrekvenciát is).

Az előregyártott elemekből összefeszített, I-tartós ártéri nyílások (pl. kunszentmártoni híd) valamelyest jobb állapotban vannak, mint a medernyílások, de azoknál is komoly hibák, ill. hiányosságok jelentkeznek: a tartóvégek teljes átázása, a véglehorgonyzások védelmének hiánya, a illesztési hézagok átázása stb.

Az egyes hidakra vonatkozó fontosabb megállapítások.

A kunszentmártoni Hármaskörös-híd:

Az ártéri hidak szélső tartóin csak kevés korróziós kár található. Átázások, leveles betonleválások, a dilatációk átázásánál észlelhetők. A mederhíd alsó övének riasztó, cseppkőképződéssel kísért fugarepedések, vízkifolyások láthatók. Fugaátázások és a felső fugák megnyílása ismerhető fel a mederhíd 2. és 3. támaszai fölött. Nem megfelelő a hidemeléseknél alkalmazott saru alálemelés: hol a saru alá, hol fölé rakták a 30 mm-es acéllemezeket, azok összekötése nélkül. Az öt vizsgált híd közül a kunszentmártoni Hármaskörös-híd állapotát találtuk a legrosszabbnak.

A köröstarcsai Kettőskörös-híd:

Az ártéri utófeszített I-tartókból készített hídfelszerkezet gerendáin káros elváltozásokat csak csekély számban találtunk. A mederhídon, főleg a középső nyílás negyedeiben, a befolyási oldalon alsó fugahibák: megnyílás, vízkifolyás észlelhetők. Ugyancsak fugarepedések találhatók a 2. és 3. támaszoknál felül, mindkét szekrénynél. Az erősebb korróziós károkat a befolyási oldalon találtuk. A hídról az összbnyomás kedvező, de jellegzetes fugahibák, fuga beázások találhatók a kritikus helyeken, pl. a támaszoknál, és a víznyelők környékén. A saruk gondozatlansága is észlelhető.

A körösladányi Sebes-Körös-híd:

A kifolyási oldal szélső nyílásában (az 1. és 2. támaszok között) jelentős az acélbetét korrózió, melyet nagy felületű betonleválás kísér. Ugyanitt az illesztési hézagok alsó részén átázások, acélbetét-korrózió, meszes vízcsoportok észlelhetők. Itt is, mint a többi hídon a középső nyílásban felfedezhetőek a jellegzetes hibák: az illesztési hézagban futó repedések alul és felül a támasz közelében. A bordából kicsorgó víz karbonátos lefolyásokat okoz, a víz valószínűleg a kábelcsövön keresztül kerül a bordába. A fugahibák, a karbonátos vízkifolyások a bordákból, ill. a fugákból, a kábelüregek vízelvezető képességére, injektálási hibákra utalnak, a hibák közletről riasztóak.

A dobozi Kettőskörös-híd:

A hidat a közelmúltban újították fel. A felületére a kloridok ellen felhordott védőbevonat a javításokat eltakarta. Néhány helyen találtunk csupán a lefestett felületen mészkiválásos átiszívárgást, mely a vasbeton bordán belüli vízvándorlásra utal. Nem tartjuk megfelelőnek a hídsaruk kialakítását. A mederpillérek az építés során készült indítózöm Dywidag-rudas lekötését nem szabadították föl, ezért ezek a rudak a felszerkezet alakváltozását esetleg gátolhatják, amelynek legszembetűnőbb jele, hogy néhány neoprén saru csak részben támasztja alá a szerkezetet. A sarukat a szerkezet mozgásigényének megfelelően kell átalakítani.

A békési Kettőskörös-híd:

A Békés felé eső utolsó nyílás mindkét szekrénnytartóján nagyszámú repedés észlelhető, az első három zöm alsó lemezén és gerincein. A repedések követik a feszítőbetétek vonalát. Ezek valószínűleg a túl korai feszítés vagy az alkalmazott ellensúly miatt keletkezettek. Ezen szerkezeti repedések statikai vizsgálata feltétlenül szükséges. Súlyos rendellenességre utalnak azok a hosszanti, a kábelek alatti repedések, amelyek a Tarhos felőli szélső nyílás alsó lemezén keletkeztek. Az elégtelen betonfedés számos helyen a korrodálódó kábelvezető csövek megjelenésében mutatkozik meg. A pályalemez helyszínen betonozott része is jelentősen összerepedezett. Az illesztési hézagok alsó éleinél történt javítás (valószínűleg még építéskor) a betonfelületről elvált. A víznyelők környezetében átnedvesedett betonfelületet találtunk. A mederpillérek, az indítózömet az építés ideje alatt rögzítő Dywidag-rudakat csak részben vágták át. A híd sarui nincsenek rendben, egyöntetűen a hídközép felé mozdultak. A dilatációs szerkezet gumija átszakadt, nem cserélhető, mert a hézag nem változik a hőmérséklet hatására. Az átfolyó víz a hídfőt és a lehorgonyzófejeket áztatja. A 6. támasz fölött, a szekrénnytartó végei és a térdfal között 100 mm nagyságrendű vízszintes elmozdulás jelei tapasztalhatók, melyek a felszerkezet vízszintes feszítőerők okozta kúszásából, a beton zsugorodásából, továbbá a követhetetlen saruelmozdulásokból származhatnak. Aggasztónak és megoldatlannak találjuk a hídszerkezet saruinak helyzetét. Ezek szabályozása szükséges. Meg kell szüntetni a felszerkezet gátolt mozgását.

3. A SZILÁRDSÁGI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA

A hidak betonszilárdságának meghatározására roncsolásos és roncsolásmentes szilárdsági vizsgálatokat végeztünk. Az egyik kiválasztott hídon (a dobozi hídon) vett 5 db, 100 mm átmérő-

A hid neve	Átlagos visszapatlanás	Átlagos szilárdság, N/mm ²	Szórás N/mm ²	Jellemző szilárdság, N/mm ²	Szilárdsági osztály
44. sz. fkl. 50 + 361 km kunszentmártoni HÁRMAS-KÖRÖS-híd	43,5	25,6	3,8	18,8	C 12
47.sz. fkl. 91 + 796 km körösladányi SEBES-KÖRÖS-híd	51,6	41,4	4,7	31,9	C 25
47.sz. fkl. 101 + 163 km köröstarcsai KETTŐS-KÖRÖS-híd	50,2	38,0	3,4	31,2	C 25
4234. j. út 38 + 234 km dobozi KETTŐS-KÖRÖS- híd	51,0	39,8	3,0	33,8	C 30
4238. j. út 8 + 602 km békési KETTŐS-KÖRÖS- híd	53,5	46,35	2,2	41,6	C 35

1. táblázat Schmidt-kalapáccsal kapott visszapatlanási értékek és a számított szilárdsági értékek

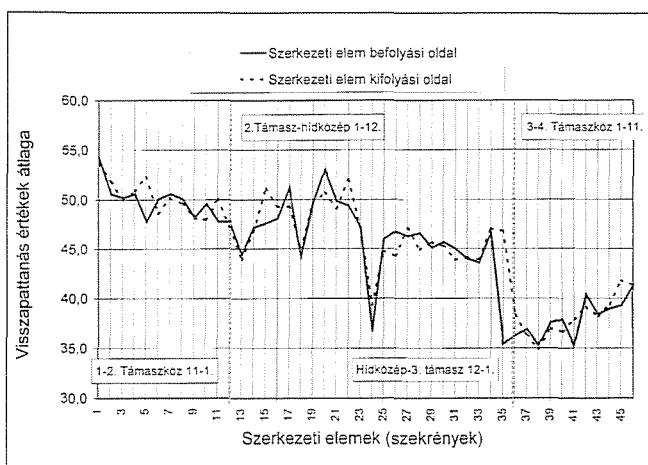
jű és 200 mm hosszúságú kifűrt hengeren mért szilárdsági értékeket használtuk föl az összes hídon végzett Schmidt-kalapáccsos vizsgálatok eredményeinek kalibrálására. A szilárdsági vizsgálatok célja a hidak betonszilárdsági osztályának meghatározása (a tervezettel való összevetése), valamint az egyes elemek szilárdsága eltéréseinek (szilárdsági homogeneitásának) meghatározása volt.

A roncsolásos és roncsolásmentes szilárdsági vizsgálatok eredményei alapján megállapítható (1. táblázat), hogy a köröstarcsai, a körösladányi, a dobozi és a békési hidak betonszilárdsága legalább a C25-ös betonosztálynak megfelelő, vagyis a terven feltüntetett betonszilárdságot eléri, vagy meghaladja (Doboz C30, Békés C35). A kunszentmártoni híd betonszilárdsága azonban csupán a C12 betonosztályba sorolható, vagyis a terven előírt szintet nem éri el.

A Schmidt-kalapáccsal végzett **homogeneitás vizsgálat** eredményei alapján megállapítható, hogy a köröstarcsai, a körösladányi és a dobozi híd elemeinek szilárdsága kellőképp egyenletesnek tekinthető. A kunszentmártoni híd szilárdsága viszonylag egyenletes, de a befolyási oldali főtartó 3-4 támaszközbe eső elemeinek szilárdsága a többinél jóval alacsonyabb (2. ábra). A békési hídon kapott visszapatlanási értékek szórása volt a legnagyobb.

4. A KÉMIAI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA

2. ábra A kunszentmártoni Hármás-Körös-hídon Schmidt-kalapáccsal kapott visszapatlanási értékek



A hid neve	Monolit Szerkezetben	Előregyártott elemeken
44. sz. fkl. 50 + 361 km szelvényében lévő kunszentmártoni HÁRMAS-KÖRÖS-híd	9 mm	4 mm
47.sz. fkl. 91 + 796 km szelvényében lévő Körösladányi SEBES-KÖRÖS-híd	1 mm	4 mm
47.sz. fkl. 101 + 163 km szelvényében lévő Köröstarcsai KETTŐS-KÖRÖS-híd	4 mm	2-3 mm
4234. j. út 38 + 234 km szelvényében lévő dobozi KETTŐS-KÖRÖS- híd	1-3 mm	1-3 mm
4238. j. út 8 + 602 km szelvényében lévő békési KETTŐS-KÖRÖS-híd	9-15 mm*	3-6 mm*

* a hídszerkezetben tügyújítás nyoma volt felfedezhető

2. táblázat Mért karbonátosodási értékek

A kémiai vizsgálatok a kloridtartalom és a karbonátosodási mélység meghatározását foglalták magukba. A kloridminták fűrészi helyeit elsősorban (de nem kizárólagosan) a fugák és átázások környezetében, a gerinc külső felületén jelöltük ki, ahol a feszítőbetétek nagyobb korróziós veszélyben vannak. A minták fele 0-30 mm és 30-50 mm mélységű fúrásokból, míg másik fele a felületről 0-20 mm-es mélységben lepattintott betonszilánkok vizsgálatából adódott. A karbonátosodási mélységet elsősorban a gerinc belső oldalán határoztuk meg.

A **kloridtartalom** mért értéke a vizsgált hidak mindegyikén meghaladta a feszített szerkezetekre megengedett kloridtartalom értéket (0,2 % a cement tömegére vonatkoztatva). A mintavételi helyeket elsősorban fugák és átázások környezetében jelöltük ki. A legnagyobb mértékű szennyezettséget a kunszentmártoni híd esetén tapasztaltuk, ahol a 17 minta vizsgálata során csupán két minta esetén volt a mért érték alacsonyabb a megengedettnél. Figyelemre méltó a körösladányi híd mintái közül a kábelcsatornából lelógó cseppkő vizsgálati eredménye, mely a cseppkő tömegére vonatkoztatva 0,47 % kloridion tartalmú (attól függetlenül, hogy a híd jelenleg nem ázik ott át, a tartószerkezet belül teljesen száraz volt).

Mindezek alapján megállapítható, hogy a jelenlegi és a látható korábbi átázások környezetében igen nagy mennyiségű kloridion halmozódott föl a szerkezeti betonban, ami jelentős korróziós veszélyt jelent a tartószerkezet acélbetéteire és ezekben a zónákban a feszítőbetétekre is.

A **karbonátosodási mélység** (1 % fenolftalein-tartalmú alkohollal vizsgálva) az előregyártott elemeken csupán 1-6 mm-re adódott (2. táblázat).

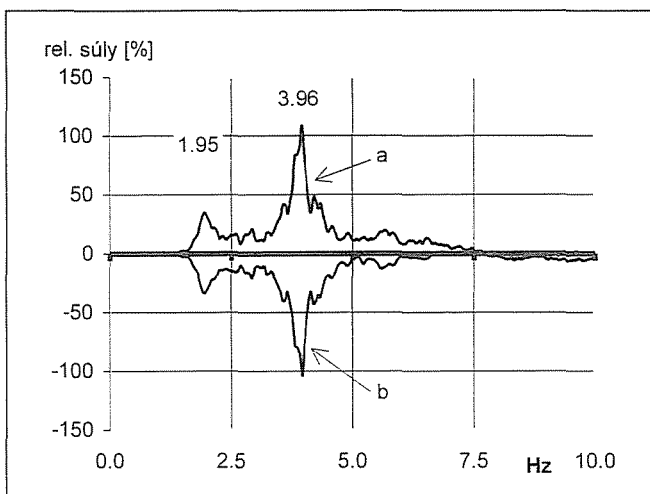
5. A DINAMIKAI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA

5.1. A mérések célja

Az elvégzett mérések során a roncsolásmentes hidvizsgálatoknak egy, Illéssy József által az 1970-es években kezdeményezett eljárást alkalmaztunk, metodikailag tökéletesített változatban. A módszer korábbi alkalmazásához képest a jelen vizsgálatokban új volt a fázisképspektrumok előállításának bevezetése (Kálló, 1997), valamint a csillapítás logaritmikus dekrementumának statisztikai alapokon történő meghatározása (Kovács-Farkas-Kálló, 1998).

A dinamikus hidvizsgálat – nagyon leegyszerűsített formában – azt mutatja, hogy:

- egy felépült szerkezet sajátfrekvenciája egyebek között a szerkezet tömegének és merevségének függvénye,



3. ábra A Békési Kettős-Körös-híd fázisképspektruma (az érzékelők elrendezéséből következően az „a” jelű görbe pozitív csúcsainál a hajlítók, a negatív csúcsainál a torziós sajátalakok jelentkeznek, a „b” jelű görbénél éppen ellenkezőleg. A két mérés megerősíti egymást.)

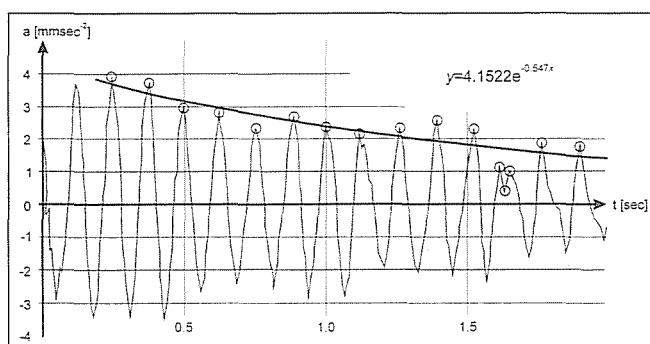
- b) amennyiben a szerkezet tömege, továbbá egyéb, a sajátfrekvenciát befolyásoló jellemzői változatlanok, a sajátfrekvencia változása a merevség változására utal,
- c) következésképpen a sajátfrekvencia csökkenése a szerkezet merevségének csökkenését, azaz állapotának romlását jelenti,
- d) a sajátfrekvencia csökkenésének „sebessége” alapján a szerkezet állapota számszerűen is jellemezhető.

Ennek a módszernek igen nagy előnye, hogy a hidak sajátfrekvenciái korszerű eszközökkel és adatfeldolgozási eljárásokkal minimális előkészületet igényelve viszonylag olcsón és kiváló pontossággal mérhetőek, hátránya, hogy viszonyítási alap, tehát egy korábbi mérés nélkül a mérésből általában érdemi döntést előkészítő, a hid állapotát abszolút értelemben minősítő következtetések nem vonhatóak le.

5.2. Mérési és kiértékelési módszerek

A dinamikus vizsgálatokhoz használt három rezgésérzékelő jeleit a helyszínen analóg módon (mérőmagnetofonon, frekvenciamodulált jelek formájában) rögzítettük. Ily módon nem volt szükség arra, hogy a helyszínen, nyilvánvalóan kedvezőtlen körülmények között kelljen meghatározni a későbbi A/D konverzió olyan kritikus adatait, mint a megkívánt sávzélesség, a mintavételi frekvencia adatsor hosszúsága és száma. Ezeket a kritikus jellemzőket a feldolgozáskor, már laboratóriumi körülmények között, a mért jelek alapos előzetes elemzése után határoztuk meg, adott esetben más értékeket választva a csillapítás és a sajátfrekvenciák meghatározásához. Az A/D konverzió adatai alapján egyébként a számított spektrumok elérhető felbontása 0,0488 Hz volt.

4. ábra A Békési Kettős-Körös-híd csillapítási függvénye



	Sajátfrekvencia [Hz]			log. dekrementum	
	1	2	Torziós	érték	szórás
Békés	1.95	3.96	8.40	0.177	0.021
Körös-ladány	1.71	3.71	7.62	0.194	0.022
Kunszentmárton	1.61	3.61	8.35	0.164	0.055
Köröstarcsa	1.51	3.56	8.01	0.169	0.048
Doboz	1.42	3.17	8.11	0.152	0.032

3. táblázat A vizsgált Körös-hidak mért sajátfrekvenciái és csillapításai

Az A/D konverzió eredményeként kapott, mintavételezett jelsorozatok feldolgozása már teljesen gépesítve, e célra fejlesztett programok segítségével történt.

A feldolgozás eredménye képpen átlagos fázisképspektrumokat és csillapítási diagramokat kaptunk, melyek közül szemléltetésképpen bemutatjuk a Békési híd fázisképspektrumát (**3. ábra**).

5.3. Mérési eredmények

A vizsgált Körös-hidakra meghatározott sajátfrekvenciákat és csillapítási értékeket a **3. táblázatban** foglaltuk össze és a Békési hídra vonatkozóan a **3. és 4. ábrán** mutatjuk be.

Előzetesen azt vártuk, hogy a hasonló szerkezetek esetében a legnagyobb feszítávhoz tartozna a legkisebb sajátfrekvencia. Valójában a legkisebb sajátfrekvencia ugyan a legnagyobb feszítávú dobozi hídnál mérhető, de a második legnagyobb nyílás (Békés) esetében éppen a legnagyobb első sajátfrekvenciát mértük. Ennek oka egyrészt a nagyobb inerciájú keresztmetszet, másrészt a folytatólagos feljáromhidak jelenléte. A három, valóban teljesen hasonló szerkezet (Kunszentmárton, Körösladány és Köröstarcsa) sajátfrekvenciái viszonylag kevésbé különböznek, értékük az 1981. évi vizsgálatok óta alig változott.

Megfigyelhető a táblázatban egyébként, hogy az első sajátfrekvenciák monoton csökkenő sorozatát a második sajátfrekvenciák ugyanúgy követik, ami a mérés jóságát bizonyítja.

A torziós sajátfrekvenciák értéke ismét tükrözi a Békési híd nagyobb inerciájú keresztmetszetének hatását (ezen a hídon a legmagasabb a csavaró sajátfrekvencia értéke), de látható az is, hogy a dobozi folytatólagos tartó a csavaró merevség viszonylagos növekedését eredményezi. A Köröstarcsai hídnak a Körösladányi hídnál képest magasabb csavaró sajátfrekvenciája alapján a Köröstarcsán meglévő (és Körösladányban hiányzó) feljáromhid valamilyen mértékű esetleges együttdolgozása gyanítható.

A korábbi mérésekkel való egybevetés három híd (Kunszentmárton, Körösladány, Köröstarcsa) esetében volt lehetséges. Az összehasonlítás azt mutatta, hogy az első sajátfrekvenciákban az eltérés mindössze 1%, nagyjából a spektrum felbontásával azonos. A második sajátfrekvenciákban az eltérés nagyobb, itt viszont az 1981. évi mérések már kevésbé tarthatóak megbízhatónak. Az összehasonlítás mindenestre azt mutatja, hogy a hidak merevsége ezen módszer alapján megítélve 1981 óta nem változott.

A csillapítás logaritmikus dekrementumának meghatározása úgy tűnik, igen hasznos kiegészítője (sőt, akár önálló vizsgálati módszere) lehet a dinamikus hidvizsgálatoknak. A logaritmikus dekrementum változása (repedésmentes állapotban 0,05; repedezett beton esetében 0,15) elég jelentős mértékű ahhoz, hogy bizakodni lehessen egyszerű eszközökkel való kellő pontosságú meghatározásában. A mostani mérésorozat azt mutatja, hogy a statisztikai megközelítést fenntartva, a kiértékelés vagy a mérési metodika fejlesztésével a jelenleginél kisebb szórású eredmények várhatóak. Ugyanakkor szükségesnek látszott néhány eddig nem tisztázott kérdés - elsősorban a repe-

dezettség mértékének és a csillapítás logaritmikus dekrementumának összefüggése – ellenőrzött és reprodukálható (azaz laboratóriumi) körülmények között való tisztázása. Ezek a kísérletek a Vasbetonszerkezetek Tanszékén az 1999. év elején megkezdődtek és jelenleg is folyamatban vannak.

6. SZABADON SZERELT, UTÓFESZÍTETT HIDAK IDŐBEN NÖVEKVŐ TÚLZOTT MÉRTÉKŰ LEHAJLÁSAINAK OKAIRÓL

A szabad betonozással, vagy szabad szereléssel épített utófeszített, szekrénykeresztmetszetű hidakon megfigyelhető tendencia, hogy a nyílások középső keresztmetszetében fokozatosan növekvő **többletlehajlás** alakul ki, ami alapvetően a zsugorodás és a lassú alakváltozás hatására létrejövő görbületnövekmény következménye. Az előregyártott elemekből szerelt hidakon ez a többletlehajlás esetleg az illesztési hézagok megnyílásához is vezethet.

A jelenség elemzése során arra a következtetésre jutottunk, hogy az időben lejátszódó alakváltozás nagysága függ az állandó terhek okozta nyomatóknak és az ugyancsak állandó jelleggel működő feszítési nyomatóknak az egymáshoz való viszonyától.

Az alakváltozással kapcsolatos probléma elsősorban abból adódhat, hogy a beton lassú alakváltozása és zsugorodása a zárózóm betonozása után is tovább folytatódik a megváltozott statikai vázon, azaz a több támaszúvá tett szerkezeten. Ebből az következik, hogy törekedni kell a feszítésből származó nyomatóknak az állandó terhek nyomatókáival való minél jobb egyeztetésére.

7. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az UKIG megbízásából a BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke, a Pannon Freyssinet Kft és az Isobau Rt. (a TETA Kft. bevonásával) elvégezték a szabadszereléses technológiával épült, utófeszített, utólagosan tapadóbetétté tett kunszentmártoni, köröstarcsai, körösladányi, dobozi és békési vasbeton Körös-hidak állapotfelmérését. Általánosan megállapítható, hogy:

- a hidak felszerkezete a tervezettnél nagyobb alakváltozásokat szenvedett (a kunszentmártoni és a dobozi hidak esetén már pályaszint-korrekcióra volt szükség)
- a hidak vártnál nagyobb tengelyirányú összenyomódása következett be,
- a kábelvezető csövek toldása nem mindenhol biztosított kellő tömítést sem az injektáló habarcs távozása ellen, sem később, a nedvesség behatolása ellen,
- a csatlakozó elemek illesztéséhez használt gyanta folytonossági hiányai miatt a víz némelyik illesztőhézagot átáztatja, ahol ennek következtében a keresztező kábelek akut veszélyben vannak,
- a saruk viselkedése bizonytalan,
- a dilatációs szerkezet több helyen tönkrement (pl. Békés), ezáltal a véglehorgonyzás súlyos helyzetben van,
- nagy mennyiségű kloridion halmozódott föl a felszerkezet betonjában, ami jelentős korróziós veszélyt jelent. A kloridtartalom mértéke minden hídon meghaladta a megengedett értéket,
- a roncsolásos és roncsolásmentes szilárdsági vizsgálatok eredményei szerint a köröstarcsai, a körösladányi, a

dobozai és a békési hidak betonszilárdsága a C25-ös betonosztálynak megfelelő, vagyis a terven feltüntetett betonszilárdságot eléri, vagy meghaladja. A kunszentmártoni híd betonszilárdsága azonban csupán a C12 betonosztályba sorolható, vagyis a terven feltüntetett értéket nem éri el.

- mind az öt hidra meghatároztuk a hajlítási és a csavarási sajátfrekvenciákat, valamint a csillapításokat. A sajátfrekvenciák az 1981. évi mérésekhez képest nem mutatnak jelentős eltérést. A csillapítás logaritmikus dekrementumának meghatározása nagyon hasznos kiegészítője (sőt akár önálló vizsgálati módszere) lehet a dinamikus hídvizsgálatoknak.

Az egyes hidakra vonatkozó további megállapításainkat az előző fejezetekben ismertettük részletesen.

Az alkalmazott építési technológiáról általánosan megállapítható, hogy a tervezési és a kivitelezési módszerek helyes megválasztásával, valamint megfelelő minőségbiztosítási rendszer alkalmazásával a feszítőbetétek korróziója elkerülhető.

A vizsgálatok folytatása:

A továbbiakban a vizsgálatok folytatását tartjuk szükségesnek az adott Körös-hidak állapotának pontosítása érdekében. Általában a hidak korróziós állapotának meghatározásával kapcsolatos vizsgálatokat a következő három fő csoportba sorolhatjuk:

1. **A feszítőbetétek korróziójával közvetlenül összefüggő vizsgálatok.** A vizsgálatok teljes menetét a **4. táblázatban** foglaltuk össze. A vizsgálatokat a megadott sorrendnek megfelelően javasolt végrehajtani. Kedvező eredmény esetén bármelyik fázisban abbahagyhatók. A kezdeti vizsgálatokat az öt Körös-hidra vonatkozóan már elvégeztük.
2. **A hídszerkezet állapotával összefüggő globális jellemzők meghatározása.** Ezek elsődlegesen szintén a feszítőbetétek korróziójával kapcsolatosak, de a híd állapotának általános jellemzésére alkalmasak, mint pl. a hidak dinamikai jellemzőinek meghatározása (ezt itt már meghatároztuk), valamint részleges próbaterhelés végzése, amellyel a hídszerkezet definiált (de a szokványos próbaterhelnél kisebb) teher alatti viselkedése követhető nyomon. Ezen vizsgálatok előnye, hogy az előző pontban említett vizsgálatoktól teljesen függetlenül végezhető.
3. **Hosszútávú stratégia kidolgozása.** Hosszútávú stratégiát kell kidolgozni az utófeszített, utólagosan tapadóbetétté tett hidaink felülvizsgálati rendszerére, amelynek elsődleges célja a szükséges teherbírás mindenkor megbízható biztosítása.

8. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak dr. Träger Herbertnek (UKIG), Csomós Imrénének (laborvezető, Isobau Rt.), valamint Kovács Tamásnak és Verók Krisztiánnak (PhD hallgatók, BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke) a vizsgálatok és a kiértékelések során nyújtott segítségükért.

9. HIVATKOZÁSOK

- Balázs Gy. (1995), „Beton és vasbeton II – Mélyépítési beton és vasbeton szerkezetek története”, *Akadémiai Kiadó Budapest*, pp.213-217.
- Concrete Society (1996). “Durable Concrete Post-Tensioned Concrete Bridges”, *Technical Report No. 47*. Report of a Working Party of the Concrete Society in Collaboration with the Concrete Bridge Development Group. The Concrete Society Slough.

Célok	Vizsgálatok	Eszközök
1. Annak megállapítása, hogy fennáll-e a korróziós veszélyeztetettség gyanúja	Szemrevételezéses vizsgálatok <ul style="list-style-type: none"> a híd múltjának összegyűjtése (építési technológia, építéskori problémák, időközi javítások, felújítások, hídvizsgálatok megállapításai stb.) ázási helyek repedéstérkép betonozási hibák (fészkeség, kilátszó vasak, kábelhüvelyek stb.) aszfalburkolat és hézagok állapota szegélyek, dilatációk, saruk állapota alakfelvétel dinamikus vizsgálat 	Hozzáférés: talajról, hídról, létráról Eszközök: tervek (eredeti és felújítási) hídtörzskönyvek szintezés dinamikus vizsgálat próbatérhelés szemrevételezés (távcső, fényképezőgép) korábbi éves hídvizsg. Jegyzőkvk. korábbi időszakos hídvizsg. Szakv. minden korábbi szintezési eredmény és ezek összevetése
2. Előzetes vizsgálatokkal eldönteni, hogy a szemrevételezéses megállapítások helyesek voltak-e, hol mutatkoznak a legkomolyabb problémák, hol kell a célzott vizsgálatokat folytatni a kritikus helyek felderítésére	Rövid, néhány napos vizsgálat <ul style="list-style-type: none"> ázási helyek feltérképezése (aktív ázások, régi ázási helyek) kopogtatás (laza, fészkes, üreges helyek) betonfedés karbonátosodási mélység szűrőpróbaszerű kloridvizsgálat Schmidt-kalapácsos szilárdságbecslés magmintavétel néhány helyen: szilárdságellenőrzés betonacélok (hálós vasalások) korróziós állapota (korrózió foka, átmérőcsökkenés) 	Hozzáférés: kosaras hídvizsgáló jármű guruló könnyűállvány Eszközök: hibatérkép felvétele közeli fényképek készítése vaskereső karbonátosodás meghatározás kloridvizsgálat mintavétellel Schmidt-kalapács magmintavevő mérőléc, tolómérő
3. Célzott vizsgálatok a kritikus helyek veszélyeztettségének megállapítására	Részletes korróziós vizsgálat <ul style="list-style-type: none"> aszfalt és szigetelés helyi kibontása, nedvesség és kloridtartalom vizsgálat a pályalemezből kábelhelymeghatározás, megfúrás, endoszkópos vizsgálat (injektáltság, korróziós állapot, kloridszennyezettség, nedvességtartalom) potenciálvizsgálat az acélbetétek és kábelek veszélyeztettségének megállapítására részletes korróziós térkép felvétele 	Hozzáférés: kosaras hídvizsgáló jármű hídvizsgáló könnyűállvány guruló munkahíd igény szerint állványozás Eszközök: véső nedvességtartalm meghatározás kloridmeghatározás vaskereső radaros vaskereső potenciálméréshez műszer fúró leállító automatikával endoszkóp
4. A veszélyeztetett helyeken a feszítőkábelek vizsgálata	Célzott vizsgálat: kábelszakadási helyek keresése: <ul style="list-style-type: none"> kábelek helymeghatározása remanens mágneses vizsgálat megfúrás és endoszkópia szükség esetén kibontás 	Hozzáférés: állványozás a vizsgálat helyén Eszközök: radaros vaskereső mágneses szakadásvizsgáló fúró leállító automatikával endoszkóp
5. Statikai ellenőrzés	Próbatérhelés (szükség esetén)	mérnöki számítások szükség esetén próbateher, mérés

4. táblázat A hidak állapotvizsgálatának javasolt fázisai és eszközei

FIP (1996), "Post-Tensioned Concrete Structures", *Proceedings*, FIP Symposium London, 25-27 Sept. 1996, Volume 1 and Volume 2.

Kálló, M. (1997), "Quasi-Modal Analysis using Quasistochastic signals of Bridges", *Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift (ÖIAZ)*, 142. Jg., Heft 5/1997. pp.391-396.

Kovács T., Farkas Gy., Kálló M.(1998), „Vasbeton hidak dinamikus jellemzőinek vizsgálata”, *BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke Tudományos Közleményei* (szerk. Tassi G. és Kovács T.), Műegyetemi Kiadó, Budapest, pp. 111 - 124.

Merza P., Flohrer C., Seidl Á. (1998), „Az alsóberecki Bodrog-híd vizsgálata”, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, 1998/9, pp. 293-303.

Reviczky J., Vörös J. (1990), „Nagynyílású feszített hidak üzemeltetési tapasztalatai”, *Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle*, 1990/8, pp. 304-310.

Dr. Balázs L. György (1958) okl. építőmérnök, okl. mérnöki mat. szakm., PhD, habil, egyetemi docens, laborvezető. Munkahelyei: UVATERV Hídroda, MTA TMB, BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke (közben három évig meghívott oktató-kutató a Stuttgarter Egyetemen). Fő érdeklődési területei: beton-, vasbeton- és feszített vasbeton szerkezetek (anyagai, laboratóriumi vizsgálata, tervezése és modellezése), szálerezítésű betonok, nem acél anyagú betétek, megerősítés, erőtámadás, repedezettség. A *fib* Magyar Tagozat elnöke.

Dr. Farkas György (1947) okl. építőmérnök, okl. mérnöki mat. szakmérnök, PhD, egyetemi docens, a BME Építőmérnöki Kar dékánja, a Vasbetonszerkezetek Tanszékének vezetője. Fő érdeklődési területei: vasbetonszerkezetek modellezése, feszített szerkezetek, utófeszített födémek, szerkezetek dinamikája, megerősítése, nagy szilárdságú, nagy teljesítőképességű betonból készült szerkezetek. A *fib* magyar Tagozat tagja.

Dr. Dalmy Dénes (1939) okl. mérnök, egyetemi adjunktus a BME Vasbetonszerkezetek Tanszékén. 1991-től a Pannon Freyssinet Kft. igazgatója. A külső kábeles, tapadásmentes feszítéssel erősített szerkezetek: hidak, vízépítési műtárgyak, épületek tervezője, ill. kivitelezője. A KTE, a *fib*, és a IABSE tagja, az ASCE-ben bizottsági tag.

Dr. Seidl Ágoston (1953) (okl. vegyészmérnök, korróziós szakmérnök, dr. techn.) területi főmérnök. Munkahelyei: Orszak, FTV Korróziós Iroda, Sika Hungária Kft., Isobau Rt. Fő érdeklődési területei: beton- és acél korrózió elleni védelem, építéskémia, szakipar, műanyagok az építőiparban (fejlesztés,

alkalmazástechnika, tervezés, szakértés). A WTA tagja, a nagy nyomású vizes tisztítással foglalkozó munkacsoport (AG HDWS) titkára.

Dr. Kálló Miklós (1942) okl. műszer- automatika szakos villamosmérnök (1967, BME) Rövid fejlesztőmérnöki gyakorlat után 1971-ben csatlakozik a BME Műszaki Mechanikai Tanszéki Kutatócsoporthoz, ahol az Acélszerkezetek Tanszék Méréstechnikai Laboratóriumát irányítja. Dr. Univ. fokozatot szerez 1985-ben. Szakterületei: a kísérleti feszültséganalízis, a dinamikus mérések és a számítógépezérelt mérés technika.

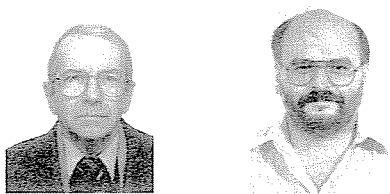
Németh István (1935) okl. mérnök. 17 éve a TETA Mémökirodában végzi hidtervezői hídszakértői munkáját. A hidvizsgálatok mellett főleg a hidfelújítások és hidkorszerűsítések (szélesítések és erősítések) képezik szűkebb szakterületeit. E téren több találmányát (szabadalmát) rendszeresen alkalmazza. Korábbi, meghatározó jellegű munkahelyei: a közlekedési tárca hídosztálya és a Széchenyi Főiskola Hídépítési Tanszéke.

Dr. Tóth Ernő (1937) okl. mérnök, utépítési szakmérnök. 1961-69 között hidügyi előadó. 1969-79 között osztályvezető a székesfehérvári Közúti Igazgatóságon, majd 1979-88-ig Budapesten fejlesztési osztályvezető az UKIG elődjét képező, többször változó nevű szervezetben. 1988-89-ben a Közlekedési Minisztérium hídosztályának vezetője. Ezt követően az Országos Közúti Főigazgatóság, majd az UKIG hídosztályán foglalkozott az országos közutak hídjaival. Szakmai pályafutása során így tevékenysége hidakra és utakra terjedt ki beleértve azok fenntartását és korszerűsítését is. A *fib* magyar Tagozat tagja.

INVESTIGATIONS ON THE POST-TENSIONED CONCRETE BRIDGES CONSTRUCTED WITH THE BALANCED CANTILEVER METHOD OF PREFABRICATED SEGMENTS OVER THE RIVER KÖRÖS

All of the following five bridges above the river Körös in Hungary were constructed by the balanced free cantilever method: Kunszmetmárton, Köröstarcsa, Körösladán, Doboz and Békés. The prefabricated segments were posttensioned and finally the prestressing ducts were grouted. Earlier negative observations on these bridges and on other similar bridges abroad induced a detailed investigation of these bridges including the measurement of chemical and mechanical properties of the concrete and dynamical properties of the bridges. In addition, possible methods for the investigation of the corrosional state of prestressing tendons were reviewed and typical deficiencies of this structural type were looking for.

BEÉPÍTETT FESZÍTŐPÁSZMÁK RONCSOLÁSMENTES ELLENŐRZÉSI TAPASZTALATAI



Dr. Imre Lajos – Posgay György

A feszített vasbeton tartókba épített feszítőpáaszmak feszültségváltozásainak követését egy magnetostrikciós, roncsolásmentes mérési módszerrel végeztük. A módszer a gazdaságos alkalmazás, reprodukálhatóság és a szerkezet ellenőrzési gyakorlat szempontjából szükséges pontosság követelményeinek megfelelt. Az alkalmazásnál zavaró körülmények lehetnek a környezetben fellépő mechanikus vagy elektromágneses rezgések, ezeket célszerű elkerülni.

Kulcsszavak: roncsolásmentes vizsgálat, mágneses Barkhausen zaj, előfeszített páaszma, feszítettbeton

BEVEZETÉS

Az 1940-es évek végétől hazánkban is nagy ütemben terjedt el a feszített vasbeton szerkezetek építése. Először elsősorban a magasépítésben, főleg előfeszített földm- és pillérszerkezetek formájában majd a hídépítés területén is. Utóbbi területen csaknem kizárólag a közúti hidaknál, ezeknél is elsősorban az előfeszítés. Napjainkban már megszámlálhatatlan tömegben vannak használatban mind az elő- mind az utófeszített szerkezetek. Ezeknek az állapota azonban több szempontból is gondot okoz:

- egyrészt tervezési, vagy kivitelezési okra visszavezethetően, illetve a sok helyen szinte katasztrofálisan megnőtt légszennyeződés és a téli sózás okozta korróziós károk miatt,
- másrészt a használat során fokozatosan fellépő relaxáció miatt megfelelő módszer nélkül nem határozható meg az ezidő szerinti tényleges feszítőerő, és így a szerkezet jelenlegi erőjátéka, illetve teherbírása sem.

A felsorolt okok miatt egyre nagyobb az igény a beépített feszítő acélbetétek (huzalok illetve páaszmak) roncsolásmentes állapotfeltáró vizsgálatára. Az állapot jellemző adatai közül a korrózió fokát kimutató módszerek tárgyalásával, pl. Teller (1990) módszerével e helyen nem kívánunk foglalkozni.

A következőkben a tényleges húzófeszültség kimutatásának egy lehetséges mérési módszerét kívánjuk bemutatni. Ismert egy több mágneses tulajdonság mérésén alapuló módszer (Dobman 3 MA módszere) és ultrahangos eljárás is (Gaydecky, 1991) melyeknél a beépített páaszmak élettartama során való ellenőrzésre a következőkben tárgyalt módszert alkalmasabbnak találtuk.

2. A TÁRGYALT VIZSGÁLATI MÓDSZER FIZIKAI ALAPJAI ÉS A MÉRÉSI MÓD ALKALMAZÁSÁNAK FŐBB SZEMPONTJAI

2.1. A felhasznált jelenség

1917-ben H. Barkhausen német fizikus azt tapasztalta, hogy ferromágneses anyagok átmágnesezése során sztohasztikus lefolyású „zaj” keletkezik, melynek erőssége (a kristályszerke-

zeten kívül) függ az illető ferromágneses anyagban igénybevételeként jelenlevő mechanikai feszültségtől. A későbbi vizsgálatok úgy találták, hogy ez az összefüggés a rugalmas tartományban közel lineáris, a tartomány alatt és felett (az anyag összetételétől stb. függően) a jelleggörbe merevedése fokozatosan csökken, de megfelelő kalibrációval előállítható és állandó. A kalibrációnál alapvető követelmény, hogy a vizsgálandó elemnek és a kalibrációnál használt mintának azonos anyagból, azonos technológiával kell készülnie, hogy vegyi összetétele és kristályszerkezete is azonos legyen. (Pl.: mindkettő azonos anyagú, melegen hengerelt lemez vagy mindkettő anyagában is egyező hengerhuzal).

2.2. A mérési körülmények hatása

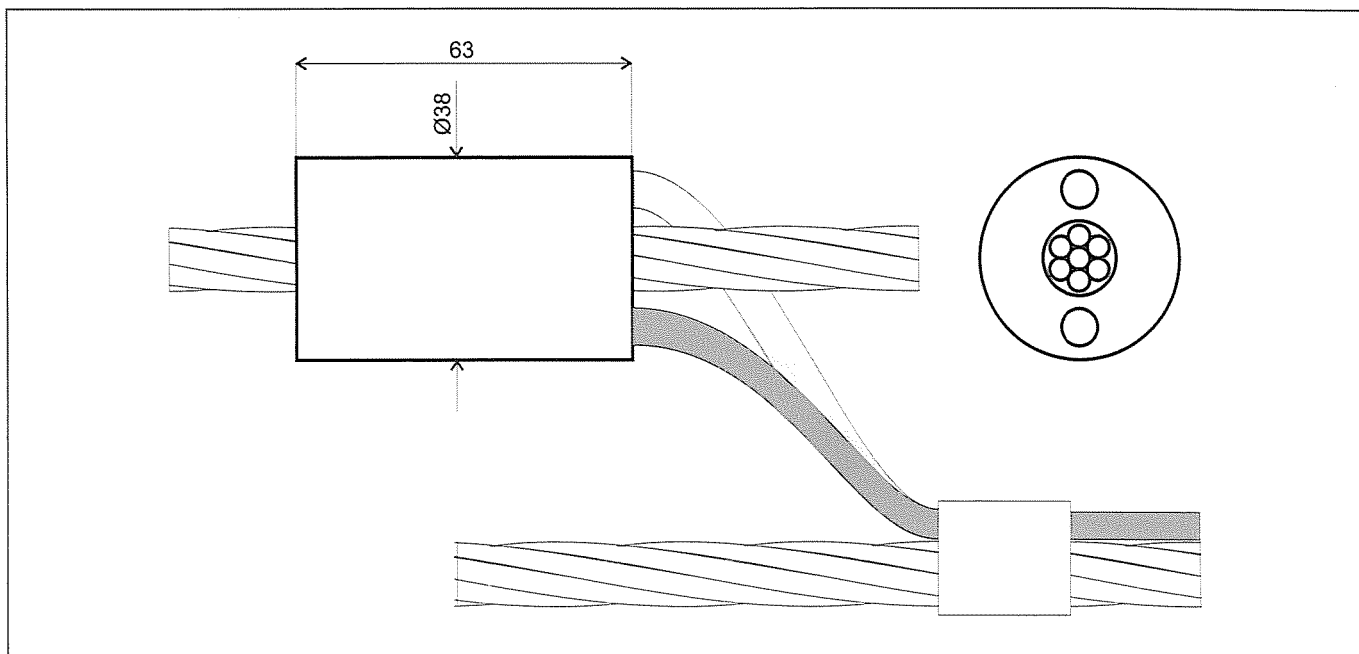
A mérőfej és a vizsgálandó elem közötti távolság (légrés) a mágneses gerjesztés erősségétől függően jelentősen befolyásolja a kapott jel nagyságát, így a mérés hatékonyságát, várható pontosságát. Adott feszítőpáaszma vizsgálatához kifejlesztett mérőfejnél elérhető a légrés kis értéken való tartása (0,4 ~ 0,6 mm) és ennek segítségével a jel néhány %-on belüli szórása.

A környezeti anyagok és a levegő hőmérsékletét ugyancsak figyelembe kell venni. Ezért a mérő berendezést úgy kellett kialakítanunk, hogy mind a beépítéskor (betonozás, gőzölés) fellépő +80°C körüli, mind a beépített tartón jelentkező, szélső esetben -20 ~ 30°C-t is tartósan elviselje. Maga a mérés általában -10 ~ +25°C-os hőmérsékleti határok között marad; e tartományon belül a mérési eredményre a hőfok csak a mérési hibán belüli hatással van.

Tapasztalatunk szerint, a mechanikai rezgések a mérési eredményre akkor vannak hatással ha azok frekvenciája a gerjesztéssel közel azonos, vagy annál kisebb értékű. Nem célszerű ezért például a beépítési munka, vagy a forgalom által keltett rezgések közben végezni feszültség ellenőrző mérést.

A mérés környezetében ható elektromágneses tér minden olyan esetben zavaró hatású, amikor annak frekvenciája 500 Hz és 200 kHz között van. Zavaró lehet pl. a közelben történő hegesztés. Ha ilyen jellegű zavar gyanúja merül fel, a jel oszcilloszkópos megjelenítésével láthatóvá válik, hogy „tisztá”-e, vagy idegen jellel zavart.

A vizsgálandó feszített vasbeton gerenda gyártása során a páaszmak feszültségváltozására az alábbiak hatnak:



1. ábra Az UBx előregyártott, előfeszített vasbeton gerendákba épített, pászmára húzott érzékelők

- a feszítési sorrend,
- a beton beöntése és szilárdulása és
- a gerenda hőmozgása (gőzölés során).

A pászma relaxációjának hatása csak a későbbiekben alakul ki, annak mértékét a beépített gerenda működése során kísérhetjük figyelemmel.

2.3. A mérőszondák kialakítása

A méréshez való felhasználásra kétféle mérőfejet fejlesztettünk ki:

- a gyártáskor történő beépítéshez az ún. átmenő tekercses,

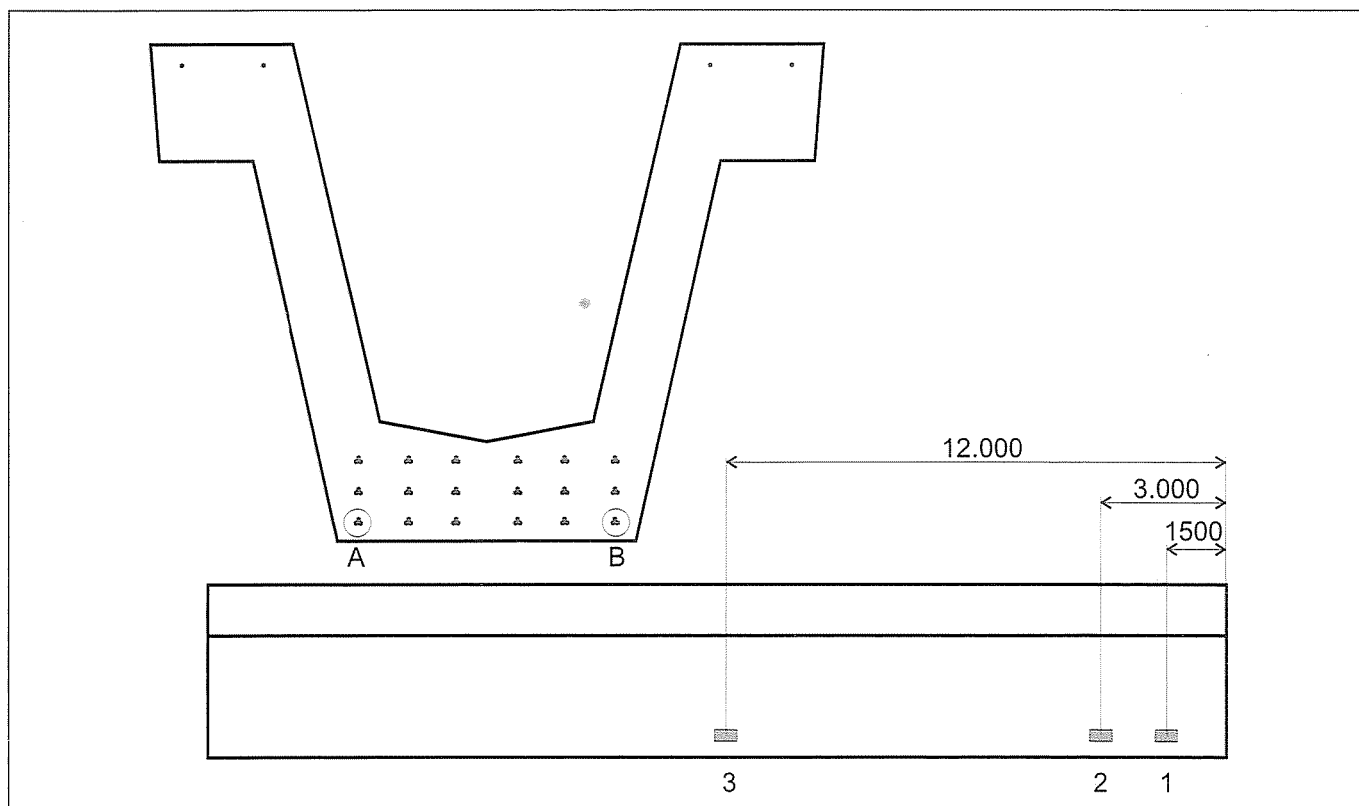
a pászmára gyűrűszerűen felhúzható fej a célszerű (ilyen kialakítást mutat az 1. ábra),

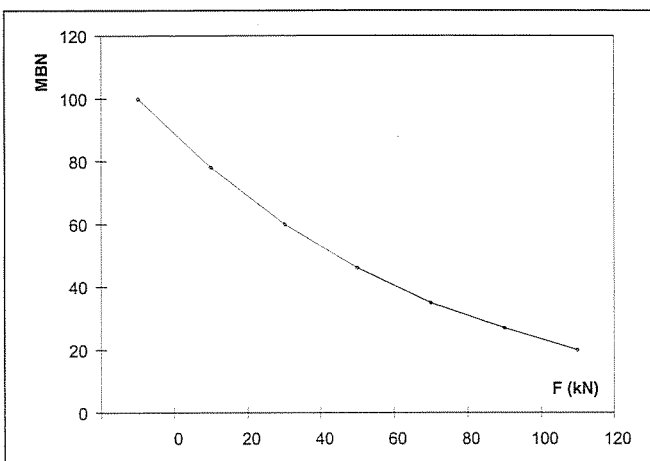
- a működő mérőfejjel fel nem szerelt gerendán való méréshez mobil, felhelyezhető fej szükséges.

Fontos, hogy a mérőfejeket a mechanikai sérülések ellen megfelelően szilárd burkolattal lássuk el, amely a korábban említett hőmérsékleti hatásokat is elviseli. A mérőfejekhez készített elektromos vezetékeknek lehetővé kell tenniük a későbbi mérések során szükséges csatlakozást. A kábeleket célszerű a gerenda megfelelően kialakított véglapján kivezetni.

A méréseket STRESSTEST 20.04 típusú, számítógép vezérlésű Barkhausen-zaj mérő műszerrel végeztük. A mérőfejeknek a hármas csoportban elrendezett pászmákon való elhelyezkedését mutatja a 2. ábra.

2. ábra Az UBx előfeszített vasbeton gerenda pászmakiosztása és az érzékelők elhelyezkedése





3. ábra Az UBx előfeszített vasbeton gerenda pászmájának kalibrációs görbéje

- beépített tartón készült mérés (180 nap után 1995-ben)
- ellenőrző mérés 920 illetve 1020 napos korban; 1997-ben.

3.3. Vizsgálati eredmények

A 4. ábrán bemutatjuk a vizsgált hídgerenda 6 db pászmáján végzett mérések eredményeit.

A pászmákon mért egyedi értékek tapasztalt változásai (melyeket a 4. ábrán foglaltunk össze):

- A beton kötés 14 napja alatt lejátszódott feszítő erő csökkenés okaként a beton lassú alakváltozását kell megemlítenünk.
- A beépített három éves gerendán észlelt (920 és 1020 napos korban mért), mintegy 5–10%-os feszítőerő csökkenésben már a pászma relaxációjának is szerepe van.

A vizsgált gerendában lejátszódó folyamatok teljes követésére véleményünk szerint további ellenőrző mérések végzése szükséges.

4. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az alkalmazott roncsolásmentes mérési módszert a beépített feszítőpászmák feszültségváltozásai követésére alkalmasnak találtuk. Megfelelő pontosság e módszertől akkor várható el, ha a beépítés során alpmérésekkel a pászmákra egyedi értéket állapítunk meg. Zavaró körülmény lehet a környezetnek a gerjesztéshez közeli, vagy annál kisebb frekvenciájú mechanikus, illetve 500 Hz és 200 kHz közötti elektromágneses rezgése. A korábban megépült tartók ellenőrzéséhez elkerülhetetlen a pászmák szabaddá tétele.

5. HIVATKOZÁSOK

- Dobman, G. (1990), "In-situ Measurement of Prestressing Cable Forces", in *Proc. of the Int. Workshop held by RILEM, Mainz, March 5-7*, pp. 389-395.
- Gaydecky, Burdekin, Damaj, John, Payne (1991), "An ultrasonic inspection system" *Modelling and Imaging for Non-Destructive Testing*, London, 27. March pp. 4/1 - 4/3.
- Moilanen, M., Rautioaho, Klvimaa, J. and Zhang, H. (1992), "Stress Measurement of Perlitic Steel Ropes by Barkhausen Noise", *FENDT '92, TOKYO, October 12-14*, pp. 704-710.
- Teller, C.M., Suhler, S.A., Matzkanin, G.A.(1990), "Recent results with the magnetic perturbation cable inspection system in laboratory and field trials on bridge staycables", *1990 ASNT Spring Conference*, San Antonio, Texas, 19-23 March, pp. 229-231.

Dr. Imre Lajos (1936) okl. mérnök és acélszerkezeti szakmérnök, az Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Rt. tudományos főmunkatársa. Acélszerkezeti minőségellenőrzéssel és kutatással huszonnégy éve foglalkozik, melyből tizenhat éven keresztül a Közlekedéstudományi Intézet Acélhid Laboratóriumát vezette. Kutatási téren elsősorban mérési eljárásokkal és a nagykorú hidak acél anyagainak élettartam problémáival foglalkozott. Publikációi is e tárgykörökben jelentek meg. A *fib* Magyar Tagozat tagja.

Posgay György (1958) okleveles fizikus, 1991 óta a METALELEKTRO Műszaki Fejlesztő Kft. ügyvezetője. A mágneses Barkhausen-zaj mérésen alapuló anyag- és feszültség vizsgálat egyik hazai megalapozója. Nevéhez fűződik többek közt a hézagnélküli vágányok semleges hőmérsékletének (Rail Scan), a nagyszilárdságú feszítősavarak orsóerejének (BoltStress) és a gépjárművek alvázsám eredetiségének (VinTest) ilyen elvű vizsgálati módszerének és eszközeinek fejlesztése.

STRESS CONTROL OF PRESTRESSED PRETENSIONED TENDONS

The investigation of stress development of prestressed pretensioned reinforcement was carried out by a non-destructive: magnetostrictive test method. This method provided enough accuracy and was economical in use. Mechanical and electromagnetic oscillations in the vicinity of the tests should be avoided, otherwise these may negatively influence the measurements.

3. A MÉRÉSEK ELVÉGZÉSE ÉS TAPASZTALATAI

3.1. Előkísérletek

A húzóerő és a mágneses Barkhausen-zaj (MBN) közötti összefüggés vizsgálatára olyan 6 db pászmára végeztünk kalibrációt, amelyek minőségi szórása a megengedett határok között marad. Feltűnő, hogy míg egy tömör rúd húzásánál az MBN nő a húzófeszültség hatására, itt csökken. Jól követhető ez a jelenség a 3. ábrán.

Ennek több lehetséges magyarázata közül finn szerzők (M.Moilanen és társai, 1992) a huzalok szövetszerkezetében látják a jelenség okát. Mi úgy gondoljuk, hogy ezt a jelenséget a huzalok felületén a sodráskor fellépő nyomófeszültség okozza.

A kiértékelés bizonyos előnyei miatt a kalibrációnál az ún. inverz Barkhausen-zaj mérési eljárást is elvégeztük.

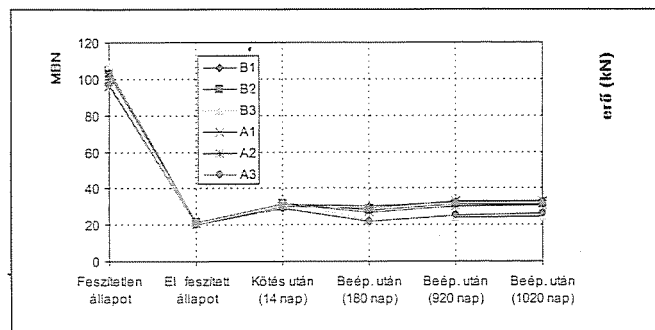
A jel-erő összefüggést a kiértékelésre alkalmasnak találtuk, de a pászmák közötti szórás (feltehetően a gyártási maradó feszültség miatt) elég jelentős, 120 kN-nél $\pm 10\%$ -os volt. Ezért lehetőség szerint a kalibrációt a ténylegesen beépített pászmára helyes elvégezni.

3.2. Ellenőrző mérések az elkészült tartón

Az ellenőrzésre kiválasztott UBx hídgerendán az alábbi méréseket végeztük:

- alpmérés a megfeszítetlen pászmán,
- mérés a megfeszített pászmán,
- ellenőrző mérés a beton 14 napos korában,

4. ábra Az MBN értékek változása az idő függvényében



A BETON ÉS VASBETON SZERKEZETEK JAVÍTÁSÁNAK TÖRTÉNETE



Dr. Kovács Károly

A beton és vasbeton szerkezetek alkalmazásuk során gyakran sérülnek, a fokozott környezeti terhelések miatt anyagaik átalakulnak, megbomlanak, ezért fokozódik a javításukkal kapcsolatos igény. Sokáig ún. kőműves-műköves módszerekkel javították a sérült elemeket. A modern javítási elvek igénylik, hogy a javított rész is részt vegyen az erőjátékban. Ez pontos diagnosztikát, jó felületelőkészítést, tapadásnövelési és megfelelő javítási módszereket igényel. E feltételeket tudományos igényességgel napjainkra dolgozták ki és felhasználják a modern anyagtudományok, a műanyagipar, a műszálpár, stb. vívmányait.

Kulcsszavak: meghibásodások okai, felületkezelési eljárások, javítóanyagok, javítórendszerek hibái

1. BEVEZETÉS

A beton és vasbeton (továbbiakban az egyszerűség kedvéért a bonyolultabb problematikájú vasbeton megjelölést alkalmazom) szerkezetek mesterséges kövek.

Ezek a természetes köveknél többek között azért nyújtanak nagyobb lehetőségeket a szerkezetek kialakításában, mert alakításuk módszere a zsaluzatba tömörítéssel, illetve az erősítő armatúra alkalmazásával rendkívül toleráns és így kiszolgálja a modern kor iparának praktikus formagazdag és a fokozott statikai, dinamikai igényeknek megfelelő tervezői elképzeléseit. Ezek az előnyök azonban fokozzák a szerkezetek anyag-tani labilitását is a következők miatt:

- Mennél nagyobb energiátartalma van egy anyagnak vagy szerkezetnek, annál biztosabban jön létre a környezetével az anyag leépüléséhez vezető energiavesztés. A vasbetonban az acél, és magának a betonszövetnek a korróziója is ilyen okok miatt jön létre (entrópia törvény).
- Az anyag formázhatósága miatt olyan anyagstruktúra keletkezik, amely a környezettel erős interaktív kapcsolatot alakít ki (folyadék és gázcsere).
- A bonyolult alakú és erőtanú kialakítások miatt a szerkezetek működésében zavarok állhatnak be, ami a folytonosság megbomlásához vezethet (repedések).
- Az egyre intenzívebb terhelések maximumai csak nehezen ítéltelők meg, ezért egyre gyakoribbak a túlterhelések, a haváriákhoz kapcsolódó tönkremenetek.
- A vasbetont, mint anyagot abban a korban találták fel, amikor a környezetszennyeződés mértéke még csekély volt. A jelenlegi viszonyok alapvetően megváltoztatták a helyzetet, a meghibásodások jelentős mértékben ilyen okokra vezethetők vissza, ezért szükséges e szerkezetek jelentős védelme, illetve anyagstruktúrájuk jelentős átalakítása, a régi szerkezetek javítása.

Ilyen okok miatt a vasbeton javításának egyre nagyobb szerepe van a szerkezetek élettartamának meghosszabbításában.

Ebben a cikkben csak a modern betonszerkezetek javítástörténetével foglalkozom, mivel a római, illetve középkori cementkötésű szerkezetek alapvetően eltérő anyag-tani és szerkezeti kialakítással rendelkeztek a maiakhoz viszonyítva. Emellett az erre vonatkozó irodalmi adatok is jórészt hiányoznak.

A cikk elsősorban anyag-tani vonatkozású, nem tárgyalja a javítások között a megerősítési eljárásokat, pusztán csak a szer-

kezetek eredeti állapotának helyreállításához szükséges ismeretek kialakulásának hozzávetőleges történetével foglalkozik.

2. A VASBETON SZERKEZETEK MEGHIBÁSODÁSI OKAI ÉS MEGJELENÉSÜK

Brux (1978) a vasbeton meghibásodásának okait a következőkben foglalta össze. A hibaokokhoz hozzáillesztem a várható megjelenési formát is.

- karbonátosodásnál a levegő széndioxidja a cementkő mesztét és szilikátjait átalakítja, a pH érték csökken, a beton-acél rozsdásodik. Következménye: repedések és táskásodások a felületen, az acél keresztmetszete csökken.
- agresszív anyagok behatolása (szulfátok, sók, kloridok/savak, olajok, stb.) következménye: a cementkő és/vagy betonacél korróziója, keresztmetszet csökkenés
- mechanikai kopás (használati, illetve természeti erózió) következménye: egyenetlen felület, a betonfedés csökkenése
- időjárási károk (szétfagyás, hősokk → hirtelen hőfokváltozás, viharok) következménye: hámlás, táskásodás, repedések
- hőfeszültség, kúszás, zsugorodás, stb. következménye: repedésképződés
- túlterhelések (teherátrendeződés) következménye: repedésképződés, törés
- üté- és ütközési károsodások (járművek, robbanás, stb.) következménye: repedés, törés, szétmorzsolódás, acélbetét szakadás
- tűzkárok következménye: felületi hámlás, cementkő tönkremenetel, repedések, acélbetét megnyúlása és gyengülése, széndioxid hatás, PVC jelenlétében klórgáz, majd sósav képződés
- betonozási hibák következménye: fészkes, tömörítetlen beton, elégtelen betonfedés, zsaluzási hibák, korai kiszaluzás, utókezelési hiányosságból gyenge cementkő, repedések, törések

Mіндеzen hibák helyi megjelenési formáit a következőképpen csoportosíthatjuk

- működő és holtrepedések

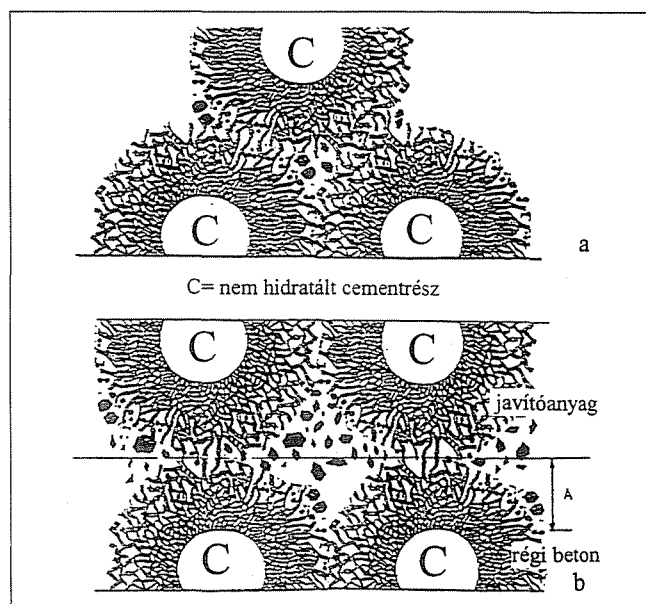
- takarási elégtelenségek és az ebből következő működő repedések
- él- és sarokkitörések
- kavicsfészkek és durva pórusok, zárványos felület
- rozsdakifolyások
- mészkimosódások és cseppkövek
- egyéb elszíneződések
- acélbetét szakadások, illetve túlzott deformációjából származó szerkezettorzulások, a törésekből származó kedvezőtlen erőjáték.

3. A VASBETONJAVÍTÁS TÖRTÉNETE

Az előző két pontban érzékelhettük, hogy a vasbeton javítása fontos a szerkezet működése szempontjából, tehát egyáltalán nem csak esztétikai kérdés. Mivel a betonok alkalmazásának korai időszakában is jelentős meghibásodások fordultak elő, ezek javítása már viszonylag korán elkezdődött.

A korai időkben ún. működőes módszerekkel javították a betontesteket. A működőes szakma a javításoknál a kapcsolati formák tekintetében szigorú szabályok szerint dolgozott. Tulajdonképpen a természetes köveknél alkalmazott kőjavító módszerekből fejlődött ki a működőes technika. A természetes kövek javításánál a meghibásodott kőrészt kivágták, illetve kivésték olyan alakúra, hogy a hasonló textúrájú pótló kődarabot egyirányból be lehessen a hiányos részbe csúsztatni. A régi és új kődarabot habarccsal kötötték össze. Sok esetben a tartósabb kapcsolat végett fémtüskékkel rögzítették egymáshoz a két részt. A habarcsba már igen régi időktől kezdve tapadásnövelő és zsugorodáscsökkentő anyagokat kevertek. Ilyen adalékszer volt a marha- illetve ökörvér, illetve a tojás. A működőes módszernél a kivágott betonrészek köré zsalut készítettek és ebbe töltötték be a javítóanyagot. E javítóanyag textúrája szintén utánozta az eredeti működőt. A felületet összecsiszolták, vagy összesztockolták. A betonjavításoknál hasonló módon jártak el. Mivel a beton cement kötőanyaga más tapadásvajítókat igényelt mint a természetes köveké, ide elsősorban olyan anyagokat kerestek, amelyek a cementkötéssel összefértek. Gyakran alkalmaztak frissen égetett téglából őrölt porokat, finom mészporokat, esetleg gipszet.

Ez a módszer azonban a legtöbb esetben nem adott igazi erőkövetítő kapcsolatot. A beton terhelésekor (húzásra, hajlításra, nyírásra) a kapcsolat megszakadt. Ennek oka a következőkben keresendő: a szilárd beton felületén kialakuló fizikokémiai jelenségek megakadályozzák az új friss betonrész hozzákötődését, illetve gyengítik azt.



2. ábra A szilikátváz belsejének a.) és az egymásra nem friss állapotban össze dolgozott betonoknak b.) az elvi kapcsolódási vázlatja

Ennek elméletét a szilikátkötéseknél Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek dolgozta ki, és összefügg az általában ismert Nernst féle Zéta potenciál, illetve elektromos kettősréteg elméletével. Eszerint a Zéta-potenciál tartja távol egy részecskéhez közeledő másik részecskét. Ennek az elrendeződését az 1. ábra mutatja be.

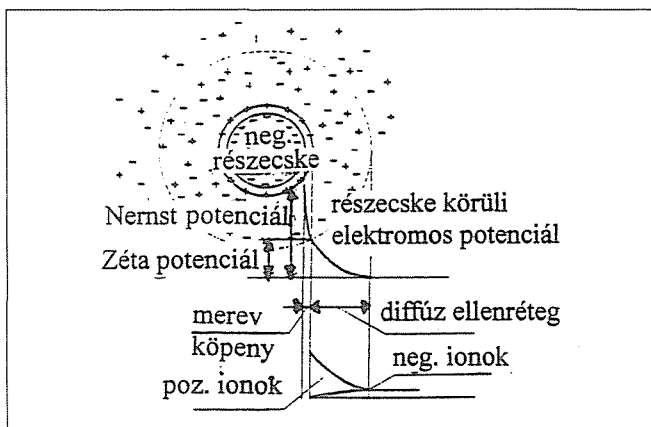
A viszonylag gyenge kapcsolat tehát szférikus hatásokon alapul és a szilikátok esetében Bier (1988) szerint a 2. ábrán látható elrendeződéssel jellemezhető. A kapcsolati energiát tovább gyengíti az a tény, hogy a cementkötés szilárdulása folyamán mész szabadul fel a cementkőben. Ez a mész a mindig jelenlévő kapilláris folyadékban oldódik. Mivel a cementkő belsejében kváziadiabatikus viszonyok vannak, ott a hőmérséklet szilárdulás közben emelkedik. E hő a felület felé nyomja a kapilláris folyadékot, benne az oldott meszet. A folyadék a felületen, vagy közvetlen előtte elpárolog és a mész lerakódik. A mész a levegő széndioxidjától elkarbonátosodik. E nagyon vékony, ám zárt és málló réteg a beton felületén leválasztó szerepet tölt be. (Mintha belisztezték volna.) Ez akadályozza meg a következő beton vagy habarcsréteg feltapadását. Érhető ezekből, hogy igazi erőkövetítő kapcsolat ilyen módon nem lehetséges Cementbulletin (1980).

Ez a javítási módszer az ötvenes-hatvanas évekig tartott. Ebben az időben kezdtek komolyabban foglalkozni a betonfelületek kapcsolati energiáival, javításával. Ezt a következő okok váltották ki:

- Nagy mértékben kezdtek alkalmazni a fesztített betonszerkezeteket, amelyek javításánál a régi módszer alkalmazhatatlan volt.
- A nemzetközi egyezmények szerint télen is „fekete pályát”, azaz jégmentes felületeket kellett biztosítani a főközlekedési utakon, ami a „sózási” jégmentesítő technológia bevezetését tette szükségessé. A közlekedési műtárgyakon és kb. 100–200 m-es környezetükben a betonok sóval szennyeződtek, amely a vasbetonok acélbetétjeit, de magát a betont is jelentősen rongálja.
- Az ipari fejlődés és az ehhez tartozó intenzív közlekedés a környezetet egyéb tekintetben is szennyezte, a légkör és a természetes vízfolyások agresszívabbá váltak.

A meghibásodások tömegesen jelentkeztek a vasbeton műtárgyakon. A betonjavítások a hagyományos kőműves szakma módszereivel folytak, ám hamarosan észlelhető volt hatástalanságuk, mivel az erős igénybevételű vasbeton műtárgyakon

1. ábra Az elektromos kettősréteg kialakulás a részecskék körül



rövidesen tönkrementek, illetve a javított szerkezetek erőjátéka nem javult. Ezt elsősorban a felületi elválások bizonyították. Ezért keresték azokat az anyagokat, amelyek a tapadó erőt növelik. Olyan anyagok jöhettek számításba, amelyek a vizes rendszerű betonfelületen könnyen alkalmazhatók.

Igéretes anyagnak mutatkozott erre a célra a poli(vinil-acetát), röviden PVAc, vizes diszperziója. A pótló javítóanyag tapadása nagyobb adhéziót biztosított, mint a legtöbb közepes szilárdságú beton kohéziós energiája. A vizsgálatok azt mutatták, hogy a javított felületen sohasem szakadt-tört az anyag.

A vizes PVAc diszperziót festékek és ragasztók, így csemperagasztók kötőanyagaként, illetve azok javítószereként is kezdték alkalmazni. A polimer diszperzió tapadásnövelő hatása abban jelentkezik, hogy a vízben diszpergált műanyag-cseppek a régi beton pórusnyílásaiba szívódnak be a víz ágyazó közeg mozgásának hatására. A folyamatot a 3. ábra vázlatja mutatja be.

A vizes polimer diszperzió további előnyös tulajdonsággal ruházta fel a javítóanyagokat. Megjavította a hajlító-húzó és a nyomószilárdság közötti arányt. Ismeretes, hogy a kőszerűen rideg anyagok egyik hátránya, hogy a nyomó és a hajlító-húzószilárdságuk aránya nagy, 8–12:1. A közepes szilárdságú betonnál kb. 10:1.

A polimer diszperziók ésszerű, 5–15 % (m/m) cement adagolásával a hajlító-húzószilárdság feljavítható. A nyomószilárdság csak kismértékben csökkenhet, így az arány a kedvezőbb 3:1-re változik. Ezáltal szívósabb, flexibilisebb javítóanyaghoz juthatunk.

Az alkalmazások kiváló eredményeket mutattak rövid távon. A bajok azonban hamar jelentkeztek. A PVAc a lúgos közegben ugyanis elszappanosodott, s így tapasztó hatása leépült. Sok kár keletkezett. Ebben az időben egy másik irányzat is indult a betonjavításban (70-es évek).

A kiváló tulajdonságú epoxi és poliészter gyantákkal kezelték a hibás betonfelületeket részben javító folthabarcsként, részben bevonatként. Az alkalmazás alapja azt volt, hogy a gyanták nagyon jól tapadtak a száraz betonfelületre.

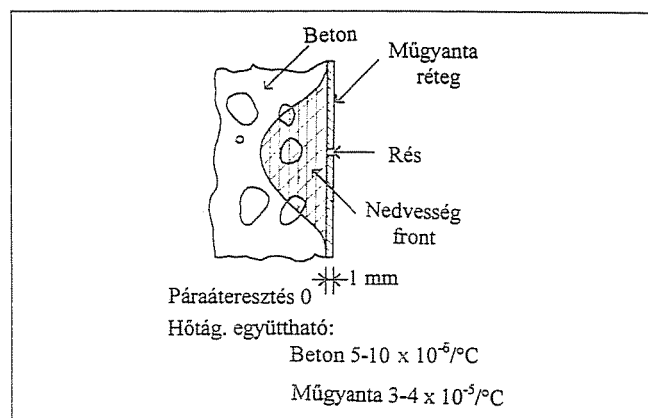
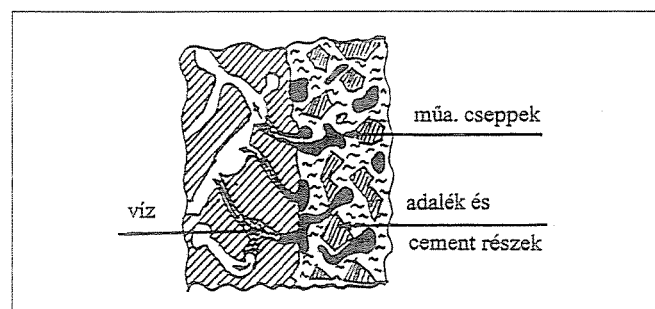
Tisztán a gyantákat alkalmazták kötőanyagul, mivel az akkori gyanták a vizes cement kötőanyaggal nem fértek össze. Ilyenkor azonnal két fontos dolgot kellett megoldani:

- A betonfelületet ki kellett szárítani és arról gondoskodni, hogy a kötés befejeződéséig ne nedvedesjen vissza a betonoldalról
- A gyanták viszkózusan folyós anyagok, ezért a belőlük kevert habarcs v. beton nem volt képes a ferde, függőleges vagy negatív vízszintes felületeken megmaradni, arról lecsespepent. Ezért ezekhez tixotropizáló adalékanyagokat kellett keverni. Ez sokszor bonyolult feladatot jelentett.

Hamarosan jelentkeztek ennek a rendszernek is a hibái:

- A gyantahabarcs, vagy a bevonat párazáró volt, ezért a határfelületen lekondenzált a betonoldalról vándorló pára. Víztelítetté vált a határreteg, ami különféle zavarokat okozott (pl. télen lefagyott).

3. ábra A polimer diszperziók lehorgonyzó hatása



4. ábra A gyantaréteg sérülése alatt a vízfront szétterül, kiszáradni nem tud

- A gyanta hőtágulása még a hozzáadagolt szilikát adalékanyagok ellenére is kb. egy nagyságrenddel nagyobb, mint az alapbetonoké. Ezért a határfelületen nyírófeszültségek jelentkeztek, ami hamar a tönkremenetelhez vezetett.
- A gyanták öregednek, ezért a felületükön zsugorodások lépnek fel. Néha összeropedeznek, kiszakadnak a betonrészből.
- A bevonatok a szerkezet mozgását a ridegségük miatt nem viselik el (bepednek). Jelenleg léteznek már rugalmas gyanták is.
- A bevonatok mechanikai hatásra könnyen megsérülnek, a sérüléseken keresztül a víz kapillárisan szétszívódik, később a víz ugyanezen a sérülésen már nem tud eltávozni. (Kovács 1993) (4. Ábra).

Mindezen hibák folytán a műgyanta kötésű ún. PC rendszerű javítóanyagok használata az időjárásnak kitett helyeken alkalmazott betonok esetén visszaszorult a 80-as években. Közben a kutatások arra irányultak, hogy olyan vizes diszperziós műanyag-cementkötésű (PCC rendszerek) javítóanyagokat találjanak, amelyek nem szappanosodnak el. A VAc monomereket egyéb monomerekkel kopolimerizálták, s így jöttek létre a különféle ko- és terpolimerek, amelyek már a cement lúgos közegét jól és hosszan elviselték.

Egyéb polimereket is előállítottak erre a célra (akrilátok, akrilnitril-butadién-sztirol, stb.). Így a készített PCC rendszer tulajdonságait széles skálán tudják változtatni. A javítás közben nagyiparrá változott és specializálódott. Az egyenletes anyagminőség biztosítása érdekében a javítóanyagot száraz állapotban úgy készítették elő, hogy csak vizet kelljen hozzáadagolni a feldolgozáskor. Ehhez az ún. redis, azaz a rediszpergálható műanyag diszperziókat, folyósítókat kellett kidolgozni. Ez ugyan szűkítette a felhasználható polimerek körét, ám a feldolgozás előnyei miatt ma már majdnem kizárólag ezeket a rendszereket használják (Schulze 1991).

A javítóanyagok a technológia szerint is egyre specializálódnak. A feldolgozásban a gépi technológiák terjednek, mert ezekkel lehet a megfelelő bedolgozási energiákat biztosítani (lőttbetonok). Manapság egy-egy javítóanyag egy egész sor vegyi termék harmonikusan együttműködő keveréke. A leg egyszerűbb is pl. az alábbi anyagfélésekből áll: cement, adalékanyag frakciók, szilikapor, folyósító, polimer diszperzió, habzásgátló, felületi nedvesítőszer, gyorsító, stb.

A szilikaport, vagy mikroszilikát a nyolcvanas években kezdték alkalmazni, mert ez a cement közrehatására reakcióba lép, és a struktúra belső stabilitását, tömörödését segíti elő, a tapadás nő. A szilikaportok alkalmazásával születtek meg azok a megoldások, ahol a javítóanyagok szilárdságai jelentősen megnöttek, tapadásuk az alapfelületen is lényegesen javult.

A hetvenes-nyolcvanas években kezdtek intenzíven foglalkozni az alapfelület és a javítóanyag kapcsolatával, az alapfe-

lület megmunkálásának módjaival, a javítóanyagok és az alapfelület harmonikus illeszkedésével és szilárdsági, viselkedési tulajdonságainak egyeztetésével. Ezek alapelvei a következőkben foglalhatók össze:

- Az alapfelület szilárdsága legalább feleljen meg egy C 16 minőségi jelű betonénak, ahol a felületi tapadószilárdság lapleemelő módszerrel mérve haladja meg az 1,5 N/mm²-es értéket.

Ha ez a feltétel nem teljesül, akkor a felületi kapcsolatot különleges módszerekkel kell feljavítani:

- A felület porozitását „meg kell nyitni”, azaz ha a tapadószilárdság megfelelő is, valamilyen „lehordó” módszerrel fel kell tární azt. (Homok-vagy szemcsezsórás, víz-sugaras kezelés, marás, vésés, stb.).
- A felületdiagnosztika alapján meghatározott mélységig kell feltárni a betont. Amennyiben a betont, illetve a betonacélt szennyezőanyagok veszélyeztetik, azokat el kell távolítani onnan, legtöbbször a betonrész kivésésével.
- A javításhoz a betonfelületet kellősíteni kell, amely a javítóanyag fogadására alkalmasabbá teszi azt.
- A javítóanyag szilárdsága, rugalmassági modulusa jelentősen ne haladja meg az alapfelületét, mert ilyenkor a tartós együttműködés nem lehetséges. A javítóanyag flexibilisebb legyen az alapfelületnél, hogy követni tudja annak mozgásait, hidalja át a hajszálrepedéseket.

Ilyen okok miatt az eleinte alkalmazott nagyszilárdságú anyagok szilárdsági értékeit csökkentették a flexibilitás javára.

- A szilárdulás gyorsan következzen be, és ne igényeljen a javítóanyag intenzív utógondozást, mert ez a vékonyréteggű javítások esetén problémát okoz. Ilyen okok miatt újabb a kötőanyagokhoz szilárdulásgyorsítókat alkalmaznak, illetve újra alkalmazzák az alumínát cementeket is. (cement fondue).
- Rendelkezzék a javítóanyag rendszer olyan felületlezárási anyaggal, amely a későbbiekben az újraszennyeződést megakadályozza, ugyanakkor a páramozgást ne akadályozza a bevonat.
- A javítóanyag ne változtassa meg a szerkezet pára- és hőháztartását. A páratechnikai körülmények megváltoztatása a betonacélban helyileg úgynevezett szellőzési makroelemeket hoz létre, amely a javítatlan helyeken felgyorsítják a betonacél korrózióját. Épp ilyen okok miatt nem kedvező a javított helyen a betonacélok külön lekezelése sem.
- A javítóanyag hőtágulása és hővezetése is legyen hasonló az alapfelületéhez.

Ezeket a követelményeket a javítóanyagok esetében teljességében sokszor nehéz kielégíteni. Általában ezért ezek az anyagok többszörösen kompozitumok, azaz a betonszerű összetétel mellett műanyagyszerű komponensei, és (a kilencvenes években) egyre több anyagban szálanyag komponensei is vannak. A szálanyagok alkalmazása a repedések keletkezésének gátlásában játszik szerepet.

A műszálak a javítás utáni korai repedésképződést gátolják meg. Az acélszálak teherviselő szerepet is vállalnak. A javítóanyagok pontszerű dinamikus terhelése esetén jelentős a szerepük. Ilyen okok miatt sok esetben vegyesen alkalmaznak mű- és acélszálakat. A szálméreteket a javítóanyag alkalmazott vastagságához gondosan kell illeszteni.

Végezetül meg kell említeni a javításoknak egy újabb használt olyan komplexitását, ahol az előkészítő műveletek töltenek be nagyon jelentős szerepet. Különösen erősen szennyezett vasbeton szerkezetek esetében igen fontos a szennyeződés eltávolítása. Ezt nagy felületeken érdemes

roncsolásmentesen végezni, ahol a teljes felület bontása úgyszem lehetséges.

A módszer akkor alkalmazható, ha a szennyeződések eloszlása viszonylag egyenletes, a szerkezet egysége jól körülhatárolható. A módszer elve az elektrolízis. Azt lehet kihasználni, hogy a vasbeton acélaromatúrája a teljes szerkezeti elemekben vezetési kontaktusban van. A szerkezet acélaromatúráját egy-két helyen kell megbontani úgy, hogy arra elektromos csatlakozást lehessen illeszteni.

A szerkezet felületére szigetelő távtartókkal vékony acélhálót kell helyezni. Az acélhálót vezetőképes iszapba – masszába kell ágyazni. A betonacél armatúráját katódként, a külső acélhálót anódként kapcsolva egyenárammal rövid időn belül a szennyező anionok a betonból eltávolíthatók. A felületről a segédszerelvények eltávolíthatók. Ezt a módszert jól lehet használni sószennyeződések eltávolítására hídstruktúrákból, tengerparti műtárgyakból.

A szennyeződés eltávolításának egyéb módjait is használják. Ilyenkor abszorpciós, ioncserélő, vagy egyéb vegyszeres pakolásokat alkalmaznak a beton felületén.

A javítási munkát ezek után végzik el. (vízsugaras kezelés, betonpótlás, felületlezárási, stb.).

4. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A vasbeton javításának fejlődése érdekes és hosszú utat járt be. Több téves kitérőt kellett tenni addig, amíg a ma helyesnek ítélt tudományos módszerek megszülettek. Kezdetekben a kőműves és mőkőves szakma szabályai szerint végezték el a javításokat. Ezek a módszerek azonban nem eredményeztek erőkövetítő megoldásokat, és terheléskor a kapcsolatok fellazultak, tönkrementek. A műanyagipar fejlettségének megfelelően az egyes időszakokban alkalmaztak javítóanyagokat a betonhoz, ám ezek kémiai viselkedésük és reológiájuk tekintetében nem illettek hozzájuk.

A hetvenes-nyolcvanas években kezdtek a javításmélettel komolyan foglalkozni. Ekkor születtek meg azok az alapelvek, amelyek betartásával tartós kapcsolatot lehet létesíteni a javított beton és a javítóanyag között. Megszülettek és önálló, komoly iparrá fejlődtek a felületmegmunkáló gépek és módszerek. A javítóanyagok és feldolgozástechnikájuk a nyolcvanas-kilencvenes években a probléma fajtájára és méretére szabva állnak rendelkezésre. Ezekre a teljes komplexitás jellemző.

A betonszerkezeteket a mai szemlélet szerint a siker reményében a következő elvek szerint kell javítani:

diagnosztika → döntéshozatal a javítás módjára → (első felületelőkészítés) → a felület vegyi-elektromos kezelése → felületelőkészítés befejezése → a beton és betonacél pótlása javítása → felületvédelem a meghibásodás megismétlődésének meggátlására.

5. HIVATKOZÁSOK

- Brux, E (1978). „Unterhaltung und Ausbesserung von Betonbauwerken.” *Schweizerische Bauzeitung* 96. évf. 39. füzet, pp.743-745.
- Bier, A. T. (1988). „Karbonatisierung und Realkalisierung von Zementstein und Beton.” *Schriftenreihe des Instituts für Massivbau und Baustofftechnologie*, Heft 4.
- Cementbulletin (1980). „Vorgänge an Betonoberflächen.” *Schweiz Jahrgang* 48. Nr 7. pp. 2-6.
- Schulze, J.(1991). „Modifizierung von Mörtel und Beton. Redispersionspulver im Zement.” *Beton*. Nr 5/91. München pp. 43-47.
- Kovács K. (1994). „A betonfelület javítása műgyantával.” *Konferenciaanyag Ibaasil* Weimar pp. 279-285.

Dr. Kovács Károly (1942) okl. vegyészmérnök. Öt évig cellulózipari mérnök, 26 évig a BME Építőanyagok Tanszékén oktató, jelenleg az ÉMI Rt. Vegyészet és Alkalmazástechnikai Tudományos Osztályának vezetője. Fő vizsgálati területe: a beton és vasbeton korróziója, javítása, védelme. Műszaki doktori disszertációját a műanyagkötésű perlitbetonok témájában írta. A *fi*b Magyar Tagozat tagja.

HISTORY OF REPAIR OF CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Development in the field of repairing reinforced concrete took an interesting and long way. Many detours had been taken while the up-to-date scientific methods were developed. At the beginning, repairs were executed according to the methods of the masonry and the cast stone trade. However, this methods didn't lead to force transmitting, solutions, at load, connections loos-

ened and failed. To the state of development of the synthetic materials industry, improving materials were added to the concrete, but these materials, concerning their chemical behaviour and reology didn't fit to the concrete. Theory for the repairing had been dealt with in the seventies and eighties. In this years, principles to execute stable contact between the improved concrete and the improver have been worked up. Surface forming machines and methods were developed. In the eighties and nineties improving materials and their process methods are available according to the type and extent of the task. They are characterized by the total complexity.

According to the present-day approach, in hope of success, reinforced concrete structures are to be repaired according to the following principle: Diagnostics → Decision concerning the method of repairing → (First preparation of the surface) → Chemical - electric treatment of the surface → Completion of the surface preparation → Supplying and repairing of the concrete and the reinforcing steel → Surface protection to prevent repetition of the impairing.

A MARCALI 2000 VAGONOS VASBETON GABONASILÓ MEGERŐSÍTÉSE



Dr. Orosz Árpád - Csató György - Dr. Tamáska János

Az 1975-ben épült 20000 tonnás vasbeton gabonasilón már a kivitelezés során meghibásodások jelentkeztek, és néhány évi üzemeltetés után függőleges repedések is megjelentek, a repedéseken keresztül a csapó eső a cellákba bejutva a tárolt gabonát károsította. Az acélbetétek korróziója, az eredeti felületvédő bevonat leválása és az üzemeltetési korlátozások miatt a teljes felújítást nem lehetett tovább halasztani. A különböző megerősítési módszerek elemzése és összehasonlítása alapján a hálós vasalással kialakított műszál adagolású lövellt betonos külső köpeny alkalmazása mellett döntöttek, miután ezzel a korrózióvédelem, az erőtani erősítés és egy új, esztétikailag kedvező felület kialakítása egy technológiai folyamattal volt biztosítható. A repedések megjelenése, ill. korlátozása érdekében a betonlövés idejére a cellát gabonával feltöltötték, így a külső köpenyben lényegében húzófeszültség nem keletkezett. A lesimított vasbeton köpenyre páraáteresztő, repedésáthidaló, felületvédő bevonat alkalmazását írták elő. A megerősítés óta a siló zavartalanul üzemel, és ez a módszer hatékonyságát igazolja.

Kulcsszavak: siló, megerősítés, felújítás, lövellt beton, műszál, korrózió

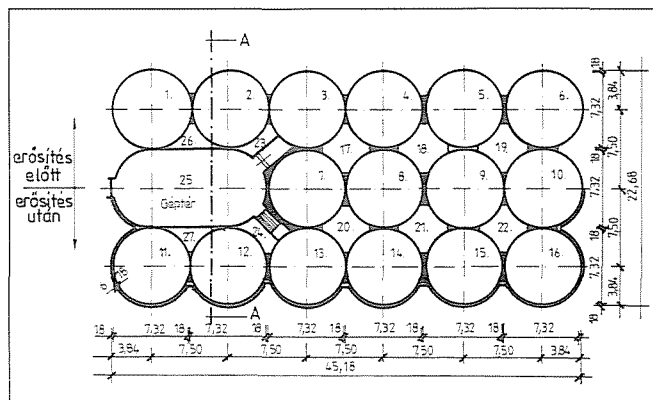
1. ELŐZMÉNYEK

A marcali gabonasiló tervei az IPARTERV-ben készültek 1970–71-ben.

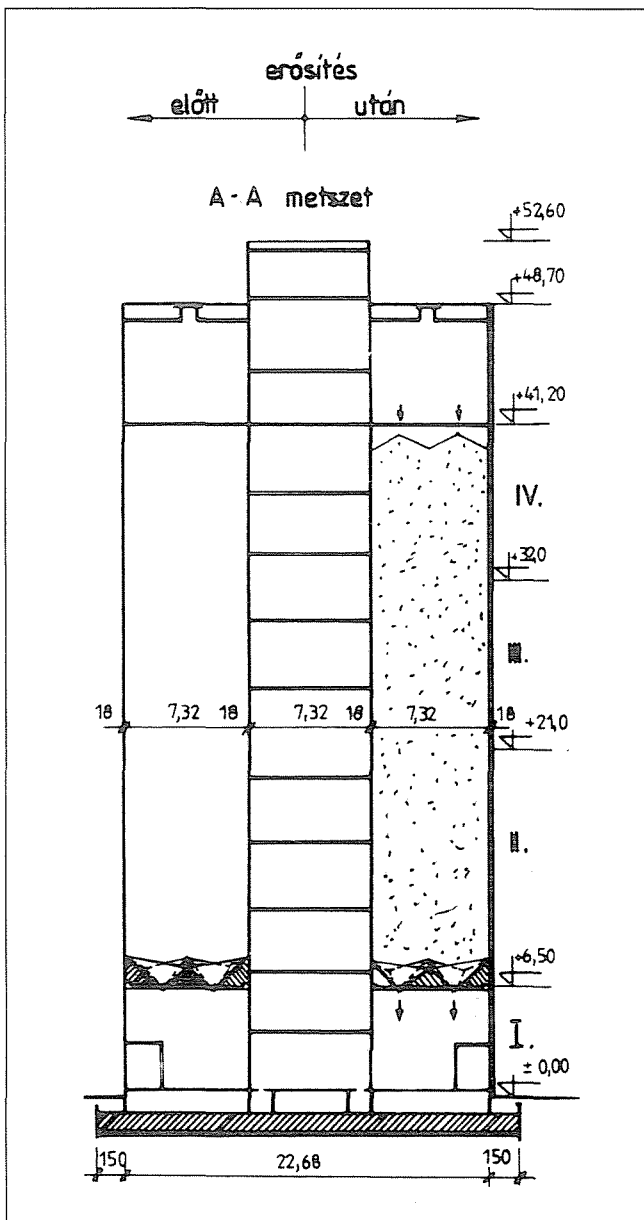
A megerősített vasbeton siló a 2000 vagonos silócsaládboz tartozik. Ennek jellemzője az 1. ábrán látható alaprajzi elrendezés, ahol a cellatömb 16 db 7,5 m átmérőjű kör alakú cellából áll. A géptér 2 cella helyén a cellatömbön belül helyezkedik el. A köztes cellák is tárolásra szolgálnak, kivéve a géptérhez csatlakozókat, ahol lépcsőház, felvonó és szellőző berendezés van. A silótömb magassága +48,7 m, a gabona tárolására a +6,5 m magasan elhelyezkedő négy ürítőnyílásos tölcsek és a +41 m magasan lévő betároló födém közötti cellaszakasz szolgál (2. ábra). A csúszózszaluzatos építési módra tervezett silótömbben a cellafalak vastagságát 180 mm-re választották a csapó eső elleni védelem érdekében. Már a tervezéskor számoltak azzal, hogy a cellafalakban hajszálrepedések jelenhetnek meg, ezért a repedés áthidalására alkalmas, az építés idején beszerezhető Elasztolen felületvédő bevonat alkalmazását írták elő. A kivitelezés során 1975-ben jelentős meghibásodások fordultak elő, elsősorban a csúszózszaluzatos építési technológia előírásainak megsértése miatt. Ezek az alábbiak:

- a beton bedolgozása nem volt megfelelő,
- a zszaluzat emelése során a leállások miatt a munkahézagoknál vízszintes repedések, felszakadások jelentkeztek, a

1. ábra A siló alaprajza



2. ábra A siló keresztmetszete



felületi egyenetlenségeket utólag felhordott cementhabarcs vakolattal javították ki,

- a vasalás elhelyezése pontatlan volt, a tervezett $\varnothing 10/200$ mm-es vízszintes vasalás helyett $\varnothing 10/245$ mm átlagos vaszkiosztással készültek a cellafalak.

Az 1975-ben a BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke által készített szakvélemény jelezte, hogy a hiányosságok miatt függőleges repedések megjelenésére kell számítani, ami az átadás utáni esztendőekben be is következett. A rendszeres felülvizsgálatok ezután is a siló állapotának lassú romlásáról számoltak be. A siló külső falára felhordott Elastolen felületvédő bevonat rövid idő alatt meghibásodott, a függőleges repedéseket nem tudta áthidalni, a repedéseken keresztül a csapó eső a cellákba bejutott és ez a gabona károsodását idézte elő. Az ürítés során fellépő többletnyomások csökkentése érdekében megterveztek a köztes cellán át történő ürítési rendszert. A hőmezővászárhelyi mérések egyértelműen bizonyították ugyanis, hogy a köztes cellán át történő ürítés esetében csak a tárolási nyomás jelentkezik és az ürítési többletnyomás egyáltalán nem lép fel (Orosz, Simurda 1985). A tervezettől eltérően azonban a külső cellák falára felszerelt – a köztes cellás ürítést utánzó – ún. „ürítő csövek” alkalmazására került sor melynek hatékonyságát repedéstágassági mérésekkel ellenőrizték (BME 1987). A mérések szerint ürítőcsövekkel mintegy 50%-os ürítési nyomás csökkentés érhető el, a négy kifolyónyílásos ürítéshez viszonyítva, azaz hatékonysága nem éri el a kárócellás ürítést (Orosz, Simurda 1986). A későbbi használat során az ürítőcsövek tönkrementek, a siló állapota tovább romlott, az elégtelen vasalás és a korrózió veszélye miatt az 1993 évi szakvélemény jelentős üzemeltetési korlátozásokat írt elő és a siló megerősítését javasolta belső lött betonnal, ill. csúszózszaluzattal készülő, vagy külső lött betonos vasbeton köpeny alkalmazásával (Herkó 1993). A rendszeres beázások, az üzemeltetési korlátozások sürgőssé tették a siló felújítását és ezért ismételt felülvizsgálatra került sor (Zsoldos, Csathó 1997). A magfúrásos és a Schmidt kalapácsos vizsgálat szerint a beton szilárdsága megfelelő volt, a betonacélokon korróziós károsodást általában nem tapasztaltak, erőtan szempontból a korróziót nem kellett számításba venni. Javasolták a kárócellás ürítési mód bevezetését, a felületi hibák javítását és rugalmas, repedésétáhidáló, vízzáró bevonat alkalmazását. A beruházó Concordia Rt. a jelentős technológiai átalakítással járó kárócellás ürítésre való áttérés gazdasági és üzemeltetési problémái miatt valamennyi eddigi vizsgálati eredmény, javaslat összefoglaló értékelését tartotta szükségesnek.

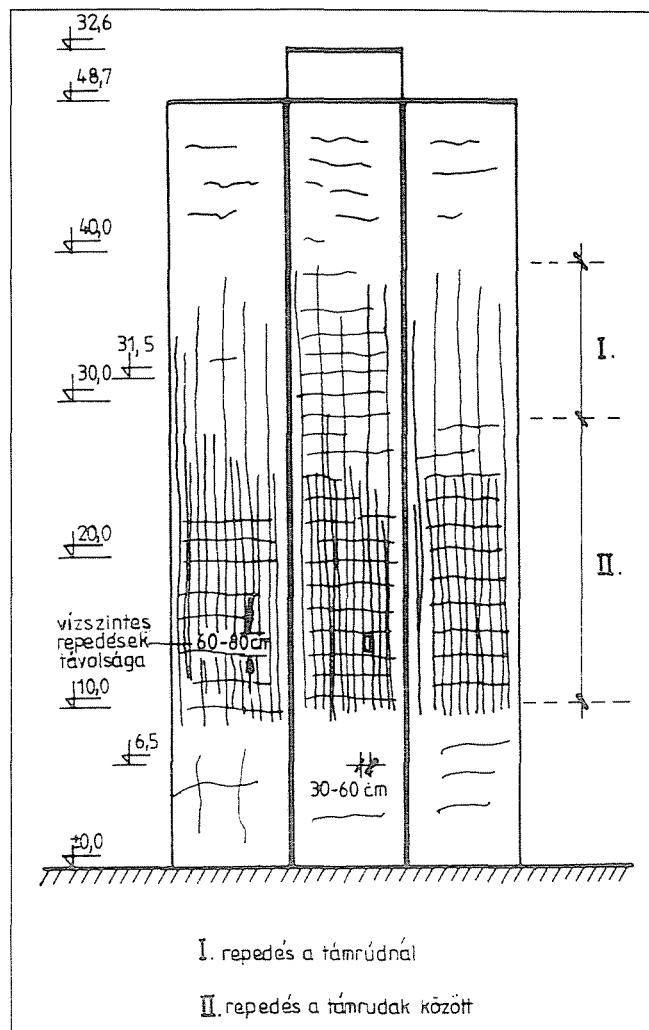
2. A VASBETON SILÓ MEGERŐSÍTÉSI MÓDSZEREI

A vasbeton gabonátárolók meghibásodását és javítási módszerét részletesen tárgyalja Farkas és Dalmy (1999), ezért itt csupán a legfontosabb elveket foglaljuk össze.

A jellegzetes meghibásodások:

A vasbeton silók felülvizsgálata során az alábbiakat tapasztalták (3. ábra):

- függőleges repedések jelentek meg a számítottnál nagyobb silónyomások miatt, egymástól 0,30–0,80 m távolságban,
- vízszintes repedések, felszakadások keletkeztek a csúszózszaluzat helytelen emelése következtében 0,60–0,80 m-enként,
- gyakran a tervezettnél kevesebb acélbetétet alkalmaztak,
- a beton szilárdsága, tömörsége általában nem volt megfelelő.



3. ábra Jellegzetes repedéskép

Mind a függőleges, mind a vízszintes repedések a teljes fal-keresztmetszeten átmennek, ezért a csapó eső a cellákba bejuthat. A repedések először a csúszózszaluzat támrúdjaival jelentek meg, majd néhány év alatt a cellafal alsó harmadában a támrudak között is kifejlődtek. A repedések tágassága meghaladta a 0,3 mm-et, gyakran 1–2 mm-t, esetenként 5 mm-t is elérték, ami már a betonacél korrózióját okozza.

Erősítés belső köpenyézéssel:

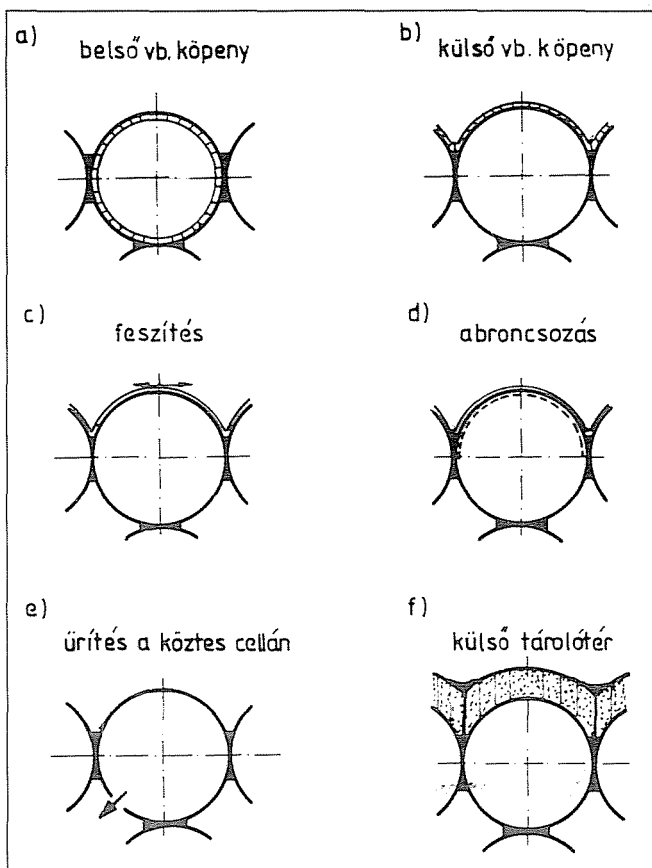
Abban az esetben, ha a meghibásodás, ill. a betonacél hiány jelentős mértékű a megerősítéshez, a 80–120 mm vastag, vasalt, belső köpeny alkalmazása célszerű (4.a ábra). Ilyen módszerrel több silót erősítettek meg, elsőként a csornai majd a kiskunhalasi és a miskolci vasbeton silókat, melyeket Herkó Dezső tervei alapján csúszózszaluzásos módszerrel készítettek. A nyírbátori silónál alkalmazott lövelt betonos megoldást Farkas és Dalmy (1992) (1993) ismertették. A külső javítást ebben az esetben külön kell megoldani.

Erősítés külső vasbeton köpenyvel:

A külső vasalt lövelt betonnal készített javítás előnye, hogy a megerősítés és a betonacél korrózió elleni védelme együtt oldható meg (4.b ábra). Különös figyelmet igényel a külső kéregben keletkező húzóerőnek a cellák csatlakozásánál történő megbízható lehorgonyzása (Collins 1997), (Farkas, Dalmy 1992).

Erősítés külső feszítéssel:

A megfelelően lehorgonyzott, korrózióvédelemmel ellátott feszítőbetétek alkalmazásával repedésmentes szerkezet alakít-



4. ábra A megerősítés lehetőségei

ható ki és ez optimális megoldást jelent (4.c ábra). A módszer akkor eredményes, ha a cellafal betonja jó állapotú, ugyanis kis betonszilárdság esetén a feszítőerő a kúszás miatt jelentősen lecsökkenhet. A Freyssinet rendszerű külső feszítést sikerrel alkalmazták több siló megerősítésénél (Farkas, Dalmy 1999).

Erősítés abroncsozással:

A lágy vasalással készülő külső-belső abroncsozást Jugoszláviában széles körben alkalmazták. Hátránya a korrózió elleni védelem megoldatlansága ill. a napsugárzás hatására jelentkező fellazulás. A külső és belső, csavarozással összekötött abroncsozásra Herkó Dezső tett javaslatot (4.d ábra).

Ürítés a köztes cellán keresztül:

Mind a külföldi, mind a hazai, hódmezővásárhelyi mérések (Orosz, Simurda 1985, 1986) azt igazolták, hogy a köztes cellán keresztül történő ürítés esetén többnyomások nem jelentkeznek, csak tárolási nyomások lépnek fel, így ha erre a külső cellafalak megfelelnek, akkor az erőtani erősítésre nincs szükség (4.e ábra). A módszer alkalmazása a siló belső technológiája, anyagszállítási rendszere átalakítását igényli, ami az üzemeltetés szempontjából kedvezőtlen.

Erősítés külső tárolótér építésével:

Ennek a módszernek előnye, hogy a siló kapacitása jelentősen bővül, az eredetileg külső cellafal belső fal lesz (4.f ábra). A méreteket viszont úgy kell megváltoztatni, hogy az új cellák a meglévő alapozásra támaszkodjanak, ill. a cellatömb összefogása biztosítható legyen.

A megerősítési módszer megválasztása:

Annak eldöntése, hogy a vázolt módszerek közül melyiket választják ki, részletes állapot és erőtani vizsgálatot igényel. Így a cellafal betonjának szilárdsága, a vasalás mértéke és állapo-

ta döntő jelentőségű, és nem közömbös az sem, hogy a megerősítés alatt a siló üzemeltetését lehet-e korlátozni, vagy a munkák idejére a folyamatosságot biztosítani kell. A költségek elemzése azt mutatta, hogy az egyes változatok között nagyságrendi eltérés nincsen, az a véleményünk, hogy minden esetben az optimális megoldást kell megkeresni.

3. AZ ERŐTANI ELLENŐRZÉS EREDMÉNYEI

A részletes erőtani vizsgálat a Gabonatröszt házi szabványa ill. a Vasbetonszerkezetek Tanszékének mérései alapján készült (Orosz 1997). A legfontosabb megállapításokat az alábbiakban foglaljuk össze:

Adatok: a gabona térfogatsúlya $\gamma = 9 \text{ kN/m}^3$, belső surlódási szöge: $\Phi = 30^\circ$, az oldalnyomás tényezője $\lambda = 0,6$, falsúrlódási tényező: $\mu = 0,4$. A cella belső átmérője: $D_b = 7,32 \text{ m}$. A falvastagság: $0,18 \text{ m}$.

A határmélység: $z_0 = D_b / 4 \lambda \mu = 7,32 / 4 \times 0,6 \times 0,4 = 7,63 \text{ m}$
A legnagyobb nyomások tárolás alatt:

a függőleges nyomás:

$$p_{v,max}^i = \gamma \times z_0 = 9 \times 7,63 = 68,6 \text{ kN/m}^2$$

a vízszintes nyomás:

$$p_{h,max}^i = \gamma \times z_0 \times \lambda = 68,6 \times 0,6 = 41,11 \text{ kN/m}^2$$

a súrlódó nyomás:

$$p_{s,max}^i = \gamma \times z_0 \times \lambda \times \mu = 41,11 \times 0,4 = 16,45 \text{ kN/m}^2$$

Az ürítés alatti oldalnyomás

$$\text{ürítési tényező: } n_u = 1,4 \quad k_u = 1,24$$

$$p_{h,max}^u = n_u \times k_u \times p_{h,max}^i = 1,4 \times 1,24 \times 41,11 = 71,1 \text{ kN/m}^2$$

A nyomások értékeit általános helyen z mélységben a

$$p = p_{max} (1 - e^{-z/z_0})$$

képlettel lehet számítani.

A számított tárolási, és az ürítési nyomások értékei jól egyeznek a hasonló méretű és kialakítású hódmezővásárhelyi és orosz silókon végzett mérések eredményeivel (Orosz, Simurda 1978). A cellafalban fellépő húzóerő a kazánképlettel és $n = 1,3$ biztonsági tényezővel:

$$N_{gy} = n \times p_{h,max}^u \times R_b = 1,3 \times 71,1 \times 3,66 = 338,0 \text{ kN/m}$$

A napi, ill. évszakos hőmérsékleti hatás az ürítési nyomás 10%-ára vehető (Orosz 1978), így a mértékadó gyűrűerő (5. ábra 1 jelű görbéje):

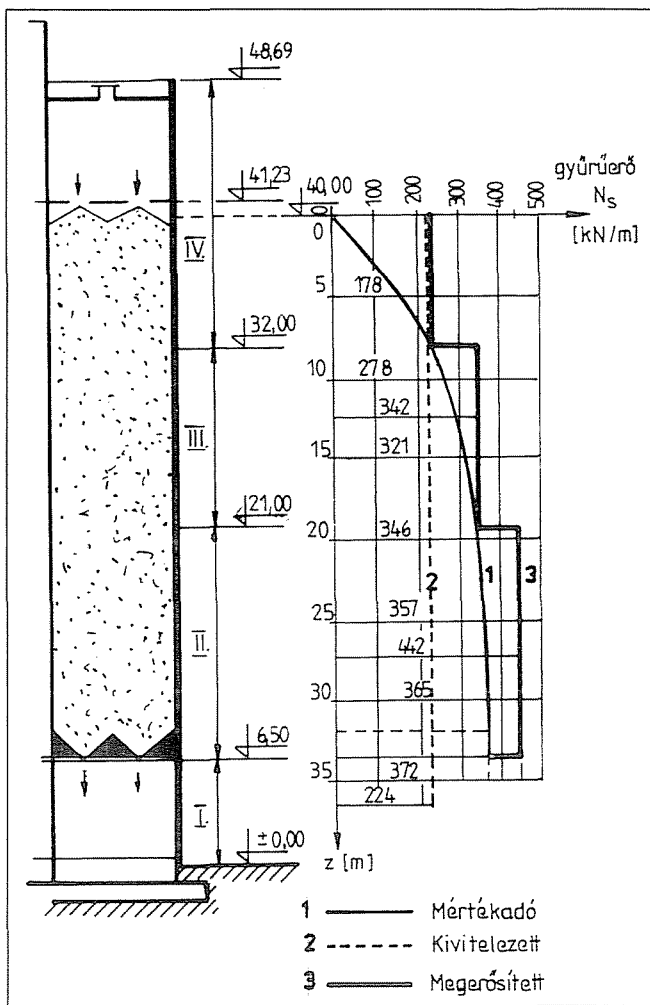
$$N_{gyM} = 338,0 + 33,8 = 372,0 \text{ kN/m}$$

A gyűrűerő határértéke

– a tervezett szerkezetben Ø10/20-as B60.40-es betonacél alkalmazása esetén:

$$\sigma_{aH} = 350 \text{ N/mm}^2 \text{ határfeszítéssel, } A_a^i = 785 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$N_{gyH}^i = A_a^i \times \sigma_{aH} = 785 \times 350 = 275 \text{ kN/m}$$



5. ábra A mértékadó és határgyűrűerők

– a kivitelezett szerkezetben kétrétegű Ø10/245-es B60.40-es betonacél feltételezésével

$$A_a^k = 641 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$N_{\text{gyH}}^k = A_a^k \times s_{\text{aH}} = 641 \times 350 = 224 \text{ kN/m}$$

(5. ábra 2. jelű pontozott vonala), azaz sem a tervezett, sem a kivitelezett vasalással nem éri el a mértékadó gyűrűerő értékét, a vasalási hiány mintegy 40%.

A gyűrűerők magasság menti megoszlását az 5. ábra mutatja. A vasalás elégtelensége és egyéb hiányosságok miatt a cellafal megerősítése mindenképpen szükséges. A nyomások megoszlását is figyelembe véve a külső falat négy szakaszra lehetett osztani. Az I.-és IV. szakaszon így 30–40 mm-es, vasalás nélküli lőtt betonkéreg felhordásával a felületi betonhibák kijavíthatók, míg a II. szakaszon Ø8/100–200-as, a III. szakaszon Ø6/100–200-as hegesztett hálók felszerelésével és 60–70 mm-es lőtt beton kéreggel a cellafalak erőtanilag szükséges megerősítése is megoldhatóvá vált.

B60.50-es betonacél alkalmazása esetén a II. szakaszon a kivitelezett acélbetéttel a határgyűrűerő: 224 kN/m, a φ 8/100–200-as háló által felvehető többlet ($\sigma_{\text{aH}} = 420 \text{ N/mm}^2$):

$$N_{\text{gy}} = 503 \times 420 = 218,0 \text{ kN/m}$$

a teljes határgyűrűerő:

$$N_{\text{gyH}} = 224 + 218 = 442 \text{ kN/m,}$$

ugyanaz a III. szakaszon Ø6/100-200-as hálóval:

$$N_{\text{gy}} = 282 \times 420 = 118 \text{ kN/m,}$$

$$N_{\text{gyH}} = 224 + 118 = 342 \text{ kN/m (5. ábra 3. jelű folytonos lépéses vonal).}$$

Az 5. ábrán látható, hogy az erősítés után a mértékadó gyűrűerőket mindenütt meghaladja a határgyűrűerők értéke. Megemlítjük, hogy a svéd kutatók által javasolt repedésérzékenységi mutatót is megvizsgáltuk, azaz ebből a szempontból a sílfal megfelel, ha

$$k = A_{\text{ah}} / D_b^2 \approx 0,24,$$

itt

$$A_{\text{ah}} = \text{a vízszintes vasalás (mm}^2\text{/m)}$$

$$D_b = \text{a cella belső átmérője (m)}$$

$$\text{A tervezett vasalással: } k = 7,85 / 7,32^2 = 0,147 < 0,24$$

$$\text{A kivitelezett vasalással: } k = 6,41 / 7,32^2 = 0,120 < 0,24$$

azaz sem az eredetileg tervezett, sem a megépített siló e feltételt nem teljesítette. Az erősítés után a teljes vízszintes vasalás $A_a = 1144 \text{ mm}^2/\text{m}$. A repedésérzékenységi mutató

$$k = 11,44 / 7,32^2 = 0,214$$

már csak 10%-kal marad el a javasolt értéktől. Felvetődött az a gondolat, hogy a betonkéreg fellövése idejére a cellákat feltöltve, majd rövid idejű átfogatással az ürítési nyomás ill. gyűrűerő létrehozásával húzófeszültség mentesen alakítható ki a külső köpeny. Ez akkor valósítható meg, ha a megfelelő vasalás a biztonsági tényező nélküli ürítési gyűrűerő felvételére alkalmas. Jelen esetben a gabona tényleges térfogatsúlyával $g = 8 \text{ kN/m}^3$ -rel számolva a gyűrűerő:

$$N_{\text{gy}} = (0,8 / 0,9) \times 71,1 \times 3,66 = 231,0 \text{ kN/m,}$$

ez mintegy 3%-kal meghaladja a kivitelezett vasalásból számított határgyűrűerőt, de úgy ítéltük meg, hogy ez a rövid ideig tartó hatás a beton szilárdulási idejére – kb, 10 napig – még vállalható kockázatot jelent.

4. A MEGERŐSÍTÉSI MÓDSZER ALAPELVEI

Az eddig végzett vizsgálatok áttekintése és az erőtanilag ellenőrzés eredménye alapján született meg a lőtt betonos, vasalt külső köpeny alkalmazására vonatkozó erősítési javaslat (Orosz 1997). A siló tulajdonosai ezek alapján bízták meg a javasolt erősítési módszer kiviteli terveinek elkészítésével a Zsoldos és Csató Építőipari Mérnöki Irodát (1998).

A javasolt számos javítási módszer közül az a megoldás került megvalósításra, amely az erőtanilag szükséges erősítést és a külső felület védelmét egyidejűleg oldja meg. A megerősítési módszer legfontosabb lépései:

- a felület megtisztítása, homokszórással,
- a laza betonrészek levésése seltávolítása,
- a kilátszó acélbetétek korrózióvédő bevonattal való kezelése,
- a hegesztett acélhálók felerősítése, bekötése,
- a betonlövés előtt a cella gabonával való feltöltése, melyet kb. 14 napig kell megtartani,
- a lövellt beton felhordása, lesimítása,
- a külső felületre rugalmas, repedésáthidaló reflexiós, páraáteresztő festék felhordása.

A viszonylag vékony 60–70 mm-es külső kéreg alkalmazására azért került sor, hogy a régi fal és az új köpeny nyúlási merevségét egymáshoz közelítsük, ugyanis a merev szerkezet magára vonja a húzóerő felvételét és így repedési hajlama megnő.

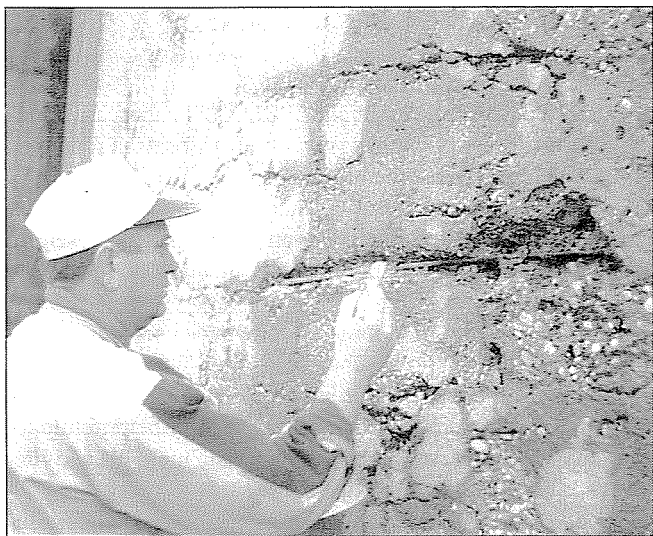
5. KIVITELEZÉS, MŰSZAKI- ÉS MINŐSÉGELLENŐRZÉS

A megerősítési munkákat a KÉV Metró Rt., mint fővállalkozó, ill. a Betonplasztika Kft., mint alvállalkozó végezte. A műszaki- és minőségellenőrzéssel a Concordia Rt., mint beruházó dr. Orosz Árpád ny. egyetemi tanárt bízta meg.

5.1. A betonfelület előkészítése

Az eredetileg elképzelt nedves magasnyomású homokszórás helyett, a kivitelező a száraz magasnyomású homokszórást választotta, mivel a repedéseken keresztül a víz a cellákba jutva, a tárolt gabonát károsította volna.

Helyenként az eredeti Elasztolen felületvédő bevonat eltávolítása komoly nehézséggel járt, míg másutt ez problémamentes volt, ami az eredeti bevonat egyenlőtlen minőségét bizonyította. A homokfúvás után megtisztított felület eredeti betonozási hiányossága, a cellafal repedezett állapota különösen előtűnt. A homokfúvás és vésés után kilátszó betonacélok korrózió elleni védelmének fokozása érdekében PROXAN Metallgrund bevonat felhordására került sor (1. fénykép).



1. fénykép Az eredeti silófal a homokfúvás után – az acébetétek korrózióvédő bevonása

5.2. Az eredeti beton ellenőrzése

A korábbi szakvélemények készítése során a silócellák betonját részletesen megvizsgálták és azt a hiányosságok, repedezettség ellenére C 12-es szilárdsági osztályúnak fogadták el. A vizsgálat során 50 mm átmérőjű koronafúróval kivágott korongok leszakítására került sor. Ezek szerint a cellafalak alsó részén a húzószilárdság az $1,1 \text{ N/mm}^2$ értéket eléri, sőt meghaladja, a felső részeken (31,5 m fölött) viszont átlagosan $0,67 \text{ N/mm}^2$, helyenként zérus értékű. Ezért a cellafalak felső részén a tapadás fokozása érdekében kiegészítő vasalás alkalmazására került sor.

5.3. A lövellt beton jellemzői

5.3.1. Követelmények

A megerősítési munkálatok eredményessége szempontjából döntő jelentősége van az alkalmazott beton szilárdsági tulajdonságainak. A terv szerint a beton C 20-as szilárdsági osztályú kell, hogy legyen, azonban e mellett biztosítani kellett a repedésmentességet, ill. minimálisra kellett csökkenteni a beton repedésérzékenységét. Erre az alábbiak miatt van szükség:

- a viszonylag vékony, 5–6 cm vastagságú vasalt lött beton, a lövés után kiszáradásra hajlamos, ezért zsugorodási repedések jelenhetnek meg,

- különösen érzékeny ebből a szempontból a 30–40 mm vastag, vasalás nélküli lött betonréteg, figyelembe véve az alkalmazható legnagyobb adalékszemcse méretét ($D_{\max}=8 \text{ mm}$),

- az eredeti vasbeton cellafal a frissen rálőtt betonréteg zsugorodását gátolja, így a lött betonrétegben jelentős húzófeszültségek lépnek fel,

- az időjárási viszonyok, napsugárzás, erős szél a fellőtt betonréteg kiszáradását fokozza, ezért az utókezelés különösen fontos jelentőségű.

A feladat megoldásához tehát olyan betonra van szükség, amelynek a nyomószilárdságához viszonyított nyúlóképessége az átlagosnál magasabb. A műanyag-szálerősítésű betonok ezeknek a követelményeknek kiválóan megfelelnek, ezért a kiírásnak megfelelően a Zentrifix SB-04-es betonlövésre alkalmas, polipropilén (Fibrin) műszálas adalékkal készült beton alkalmazása jelen esetben indokolt volt.

5.3.2. A betonösszetétel

A lövellt beton összetételét, az adagolás módszerét, a helyszínen ill. mintavétel alapján a laboratóriumban is ellenőrizték. A 25 kg-os Zentrifix SB-04-es zsákolt betonhoz a helyszínen 25 kg, 0–1 mm-es mosott barcsi homokot, 15 kg 4–8 mm-es rostált, mosott kavics adalékot és 10 kg beremendi CEM-I,52,5 (P.c.450) cementet keverték. A viszonylag magas, kb. 450 kg/m^3 -es cement adagolás eredményeként igen magas szilárdságú lövellt betont állítottak elő. Az elvégzett vizsgálatok a kivitelezés teljes időtartama alatt egyenletes betonminőséget igazoltak, ami a helyszíni betonkeverés gondos végrehajtását bizonyítja. Szilárdsági szempontból a cementadagolás kevesebb is lehetne, azonban a lövellt beton tapadásának fokozása, ill. a visszahulló anyag mennyiségének a csökkenése szempontjából a magasabb cementtartalom indokolt. A betonzsugorodás hatásának ellensúlyozására a műszál-adagolás adott lehetőséget.

5.3.3. A lövellt beton szilárdsági vizsgálata

Az alkalmazott lövellt beton szilárdságát háromféle módszerrel ellenőrizték, nevezetesen:

- a helyszínen, naponta készített $70,7 \times 70,7 \times 70,7 \text{ mm}$ -es próbakockákon $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}$ -es Hegermann hasábokon végzett laboratóriumi törökísérletek,

- a cellafalra fellőtt beton Schmidt-kalapácsos, roncsolásmentes vizsgálata,

- a fellőtt betonba fűrt 50 mm-es hengerekre ragasztott korongok leszakításával végzett húzószilárdsági vizsgálatok alapján.

5.3.4. A lövellt beton minősítése

A próbatesteken végzett törökísérletek és a helyszíni vizsgálatok alapján végeredményben megállapítható, hogy az alkalmazott lövellt beton:

- a terven előírt C 20-as értéket jóval meghaladva a C 30-as szilárdsági osztályba sorolható,
- a minősége egyenletes, ami a gondos kivitelezést igazolja.

5.4. A vasalás szerelése, a háló bekötésének ellenőrzése

Az erősítési terv szerint a cellafalak külső felületére a +6,05 m és +31,05 m közötti magasságban hegesztett hálókat kellett felszerelni, nevezetesen a +6,5 és +20,0 m között a 8 mm átmérőjű acélbetétekből kialakított háló vízszintes betétei közötti távolság 100 mm, a függőleges betétek között 200 mm volt előírva, a +20,0 és 31,5 m között hasonló kiosztású háló került elhelyezésre 6 mm-es huzalátmérővel.

5.4.1. Az acélbetétek anyaga

A terv szerint a hegesztett háló acélbetéteinek minősége B 60.50 osztályú volt, az ellenőrzés szerint a betonacél a terv szerinti minőségi osztályba sorolható.

5.4.2. A hegesztett háló bekötésének vizsgálata

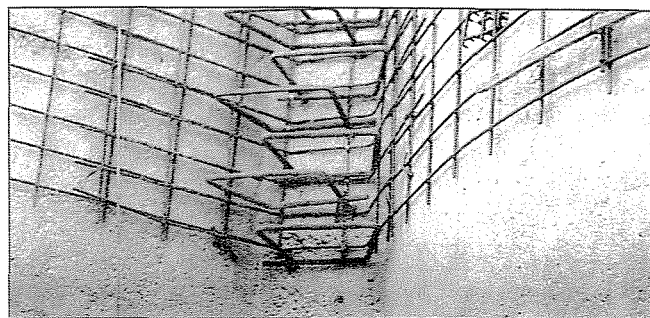
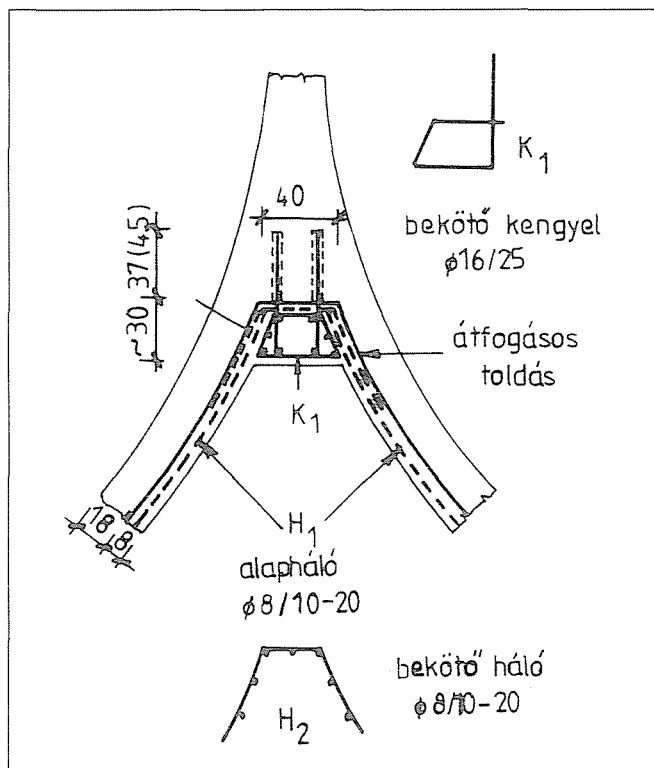
A külső felületre felszerelt hálókat, mivel a silóteher ezekben húzóerőt ébreszt, a cellák összemetsződésével kialakult vápába kellett behorgonyozni. Erre a célra a terv szerint kengyelszerű kialakítású, 400 mm mély furatba beragasztott tüskézés szolgál. Ennek a tervező által javasolt kialakításnak az a rendkívül nagy előnye, hogy az erősítés során csak a külső felületen kell dolgozni, a cellák belsejében nem kell munkát végezni, így az erősítés

- a siló üzemeltetését nem zavarja,
- lehetővé válik a cella feltöltése a beton lövése idejére.

Ennek jelentősége az, hogy a silónyomásból a fellőtt kéregben húzófeszültség nem keletkezik, sőt a leürítés után benne nyomófeszültség lép fel, azaz az ismételt feltöltés során az utólag felhordott kéreg megrepedésének valószínűsége jelentősen csökken.

Elsőrendűen fontos tehát a bekötő tüskézés hatékonysága-

6. ábra A hegesztett háló bekötése



2. fénykép A háló bekötése, a vasalás elrendezése

nak vizsgálata, ezért a valóságos helyzetet jól tükröző helyszíni próbaterhelést írtak elő.

A háló bekötésének kialakítását, a fűrt lyukak helyzetét ill. a lehorgonyzó kengyelszerű tüskézés elrendezését a 6. ábra ill. a 2. fénykép mutatja.

A furatokba beragasztott tüskézés lehorgonyzódásának ellenőrzésére az ÉMI helyszíni kihúzó kísérleteket végzett. A kihúzási vizsgálatok célja kettős volt, nevezetesen

- a kihúzó erő meghatározása,
- a különböző ragasztóanyagok összevetése, ugyanis a ragasztóanyagok árai között jelentős különbségek vannak.

A kihúzó erő mértékét 50 kN értékben írtuk elő, mivel a két szomszédos cella egyidejű üritése során fellépő 300 kN húzóerőnek megfelelő vaskiosztást terveztek.

A vizsgálatok szerint a legkedvezőbb eredményeket az epoxi műgyanta szolgáltatta, a SIKA Pronto kisebb elcsúszással, a PROXAN javító habarcs elmozdulás nélkül, ill. minimális megcsúszással vette fel az előírt 50 kN erőt. Mivel a néhány napos korban végzett vizsgálati eredmények a szilárdulási folyamat során lényegesen javulni fognak, ezért a PROXAN habarcs alkalmazása mellett döntöttek.

5.4.3. A hegesztett hálók felerősítése

A hálók rögzítésére fűrt lyukakba PROXAN habarccsal beragasztott tüskézést alkalmaztak, melynek kiosztása általában 500 × 500 cm-es rasterben történt.

A tüskézés kiosztását befolyásolta az is, hogy a lövés idején a háló megfelelően merev legyen, mivel laza háló esetén a beton lövése során visszahulló anyag mennyisége jelentősen megnövekszik.

Az alkalmazott 6 ill. 8 mm-es acélbetétek esetében az erőtanilag ill. a háló merevítéséhez szükséges tüskézési kiosztás közel azonos, így a tervezett bekötés került alkalmazásra. A külső felületre felerősített hálónak az eredeti betonfelületről való távolságát a terv 10 mm-ben határozta meg, ezt a kivitelezés során alátétekkel oldották meg.

Az adott cellaméretnél és 8 mm-es acélbetétekkel készült hegesztett háló a tapasztalatok szerint a felületre még jól ráhajlítható, ami a szerelési munkát megkönnyíti. Ennél nagyobb átmérőjű acélbetétekkel készülő háló a cella átmérőjének megfelelő felületen már nehezen hajlítható.

5.5. A beton lövése, lesimítása, utókezelése

A lövelt beton felhordását ALIVA típusú gépekkel gyakorlott lövőmesterek végezték. A matt, nedves felületre a szükséges helyeken tapadó hid felhordása után kezdték meg a beton lövést.

A sima betonfelület esztétikailag kedvező hatása mellett a később készülő felületvédő festékréteg felhordása szempontjából is előnyös.

5.6. A felületi védőbevonat

A lőtt beton felületére a tervben előírtak szerint védőbevonatot kellett felhordani, amely jelen esetben EMCE Color márkájú

- fehér színű alapozó
- világos homokszínű fedőréteg volt (**3. fénykép**)

A festékrétegeknek a felülethez való tapadását tapadókorongos vizsgálattal ellenőrizték és megállapították, hogy a felületi tapadás átlagosan $0,84 \text{ N/mm}^2$ volt. A helyszínen szerzett tapasztalatok szerint az alkalmazott festékanyag kellően rugalmas, a felhordott rétegvastagság is megfelelő.

Megjegyezzük, hogy a felületi védőbevonat alkalmazására szükség van, mivel a javított betonfelületen hajszálrepedések megjelenésére a későbbiekben is számítani lehet, ugyanis:

- a javítás megrepedt betonfelületen történt,
- a tárolt anyagból eredő húzófeszültségek, ill.
- a hőmérsékleti, zsugorodási hatások miatt repedések megjelenése nem kerülhető el.

Ezt a véleményt alátámasztják pl. egy kanadai silónál tapasztaltak is, ahol néhány évvel a felhordott külső lőtt beton felületén függőleges repedések jelentek meg. Az alkalmazott felületvédő bevonat élettartama mintegy 10-15 évre becsülhető, így állapotának felülvizsgálatát 5-10 év után kell megkezdeni.

6. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A siló megerősítését ill. felújítását a teherviselő képesség elégtelensége miatti üzemeltetési korlátozások, a silófal repedettségére és a felületvédelem hiányosságai miatti beázások sürgették és indokolták.

A szakértői vélemények illetve Zsoldos és Csató Mérnöki Iroda által készített megerősítési terv szerinti, műszalas ada-

3. fénykép A déli és a keleti oldali alapozó és fedőfestése



lékkal készült külső lőtt betonos kéreg alkalmazásának előnye, hogy egy építési ütemben oldja meg hegesztett hálókkel az erőtanilag szükséges megerősítést, és a külső felület felújítását, biztosítva ezzel az acélbetétek korrózióvédelmét, a beázások megszüntetését, a siló kedvező esztétikai megjelenését, mindezt olyan megoldással, amely az építés alatt a siló üzemeltetését nem zavarja és nem korlátozza, és belső technológiai átalakítást nem igényel.

A kivitelezés közben végzett rendszeres műszaki és minőségellenőrzés, a helyszíni és laboratóriumi vizsgálatok alapján a következőket lehetett megállapítani.

A betonfelület homokszórásos megtisztítása kifogástalanul megtörtént, a száraz homokszórás bár technológiailag kedvezőtlen, a szórás alatti beázások kiküszöbölését biztosította. A terv szerinti hegesztett acélszalak szerelése, a fűrt ragasztott tüskézéssel való felerősítése rendben megtörtént. A kilátszó acélbetéteket korrózióvédő bevonattal kezelték. A lövellt beton összetételét, szilárdsági tulajdonságait rendszeres helyszíni és laboratóriumi vizsgálatokkal ellenőrizték, és ezek alapján megállapították, hogy a lőtt beton a tervezett C 20-as helyett a C 30-as szilárdsági osztályba sorolható. A magas szilárdság a szokásosnál magasabb cementadagolásra vezethető vissza. A munkahézagok kialakítására, a felület utókezelésére, különös figyelmet fordítottak, ezt igazolja az, hogy a felületen hajszálrepedések rendkívül csekély mértékben fordulnak elő. A repedések megjelenésének megakadályozására alkalmazott polipropilén műszalas adagolás hatékonysága, előnye az átlagosnál vékonyabb lőtt betonréteg készítése során egyértelműen beigazolódott (Orosz 1999). A lövellt betonnak a felhordás utáni lesimítása kedvező megjelenést biztosított.

A felületvédelem céljára alkalmazott páraáteresztő alap- és fedőfesték a hajszálrepedések áthidalására alkalmas, a tapadás mind az alapbetonra, mind egymáshoz, az elvégzett műszaki vizsgálatok szerint megfelelő. A színre festés után a silótömb esztétikai megjelenése kedvező.

Végeredményben megállapítható, hogy az alkalmazott erősítési, ill. javítási módszer hatékony, négy hónap alatt jól megvalósítható és hosszú időre biztosítja a siló zavartalan üzemeltetését.

7. HIVATKOZÁSOK

- Bölskei E., Orosz Á. (1972). „Vasbeton szerkezetek. Faltartók, lemezek, tárolók”. *Tankönyvkiadó*, Budapest
- BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke (1987). „Szakvélemény az üritőcsöves kitárolás hatékonyságáról”. *Kézirat*
- Collins, M.P., Seabrook, P.T., Kuchma, D., Sacré P. (1997). „External Repair of Cracked Grain Silos”. *Concrete International*, Nov. 22-28.
- Farkas Gy., Dalmy D. (1992). „Reconstruction of a damaged silo”. *Proc. FIP 92 Symposium, Budapest*, May 11-14. Vol. 1. pp. 409-415.
- Farkas Gy., Dalmy D. (1992). „Renovation of two prefabricated concrete shells”. *Freyssinet Magazine*, France, June, pp. 23-23.
- Farkas Gy., Dalmy D. (1993). „Vasbeton gabonasilók meghibásodásai és megerősítésének módjai”. *IASS ülés*. BME 1993 január
- Farkas Gy., Dalmy D. (1999). „Vasbeton gabonasilók meghibásodásai és javítása”. c. fejezet, *Tartószerkezetek tervezése, JPTE tantárgyi segédlet*, Pécs pp. 1-20.
- Gabonatarólvó vasbeton silók erőtani (statikai) ellenőrzése és tervezése. Gabonatrólvó Házi Szabvány *ÉMI kutatási jelentés*.
- Herkó D. (1993). „Szakértői vélemény a marcali 20 000 tonnás vasbeton gabonasiló statikai felülvizsgálatáról, az üzemeltetői teendőkről, rekonstrukcióról”. *Kézirat*
- Orosz Á. (1978). „Thermal Effects in Reinforced Concrete Silos” *Periodica Polytechnica – Civil Engineering*, Vol.22, No. 3-4.
- Orosz Á. (1998). „Szakvélemény a marcali 2000 vagonos gabonasiló javításáról”. *Kézirat*
- Orosz Á. (1999). „Vasbetonszerkezetek megerősítése műszalas adagolású lövellt betonnal”. Szálerősítésű betonok, *Konferenciakiadvány* (Szerk: Balázs L.Gy.) pp. 259-267.
- Orosz Á., Simurda L. (1985). „Vasbeton gabonasilókkal kapcsolatos vizsgálatok, mérések és kutatások 1973-1984” *Mélyépítéstudományi Szemle* 1985/3. pp. 113-117.

Orosz Á., Sirmurda L. (1985), „A hazai vasbeton silókon végzett mérések, kutatások eredményei”, *Mélyépítéstudományi Szemle* 1985/5. pp. 198-209.
Orosz Á., Sirmurda L. (1986), „A silónyomásokkal kapcsolatos kutatások legújabb eredményei”, *Mélyépítéstudományi Szemle*, pp.184-192.
Orosz Á., Sirmurda L., Varga J., (1990), „The Design Problems of R.C.Silo Walls”, *Proceedings of the University of Adelaide*, Australia, 1990. Jun. pp. 274-291.
Zsoldos és Csató Kft. (1997), „Szakvélemény a marcali 2000 vagonos tárolókapacitású siló vizsgálatáról”, *Kézirat*
Zsoldos és Csató Kft. (1998), „Kiviteli tervdokumentáció a marcali 2000 vagonos gabonasiló megerősítési munkálataihoz”, *Kézirat*

Dr. Orosz Árpád (1926) okl. mérnök. ny. egyetemi tanár. Munkahelyei: MÁV Hídépítő Vállalat, Vasúti Tud. Kut. Int.. 1956-tól műszaki egyetemi oktató, majd a Vasbetonszerkezetek Tanszéke vezetője, dékán (1977-1991), 1995-től nyugdíjas. Az MTA Műszaki Mechanikai Szakbizottság és több nemzetközi egyesület hazai tagozatának tagja. Szakterületei: vasbetonszerkezetek, felületszerkezetek, medencék, silók, stb tervezése, felújítása, megerősítése.

Csató György (1956) okl. hídépítő üzemmérnök. Munkahelyei: Kogépterv Acélszerkezetek Osztálya (1980), 12 éven át a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalatnál (FTV) összetett anyagvizsgálási, szakértési és tervezési munkákat végzett. 1995 óta a Zsoldos és Csató Építőipari Mérnöki Iroda Kft. egyik ügyvezetője, ahol a tartószerkezetek tervezési, felújítási, megerősítési munkáit irányítja.

Dr. Tamáska János (1927) okl. építészmérnök. A Budapesti Műszaki Egyetemen 1949-ben végzett. Posztgraduális képzésben mérnök-közgazdász oklevelet is szerzett. Először mint építésvezető a 41. sz. Építőipari Vállalatnál dolgozott, majd az Építéstudományi Intézet Kísérleti Építésvezetőségét irányította. Tervezőként 25 évig tevékenykedett a mezőgazdasági és élelmiszeripari ágazatban. Ezen belül 9 évig az Agrober műszaki vezérigazgató helyettese volt. 1989 óta a Rapiditás Mérnök Bt. ügyvezetőjeként tervezői, szakértői és építésszervezői munkát folytat.

STRENGTHENING OF THE 2000 WAGON GRAIN SILO IN MARCALI

Defects on the 20 000 tons reinforced concrete grain silo in Marcali (Hungary) had been already detected during construction. Longitudinal cracks have been also appeared in some years service and then the penetration of rain water was not excluded. An overall retrofitting was needed owing to the corrosion of reinforcement as well as the deterioration of protecting cover layer and limitations in service. The analysis of various strengthening methods resulted in the application of an external plastic fiber reinforced shotcrete layer. In this way both strengthening and adequate appearance were provided in one technological step. During shotcreting the silo cells were filled with grain to control further crack opening and tensile stresses within the shotcrete layer. Finally, a protecting layer was applied which does not exclude the natural water transport of the silo wall. The strengthening provided an appropriate service of the silo which indicates the adequacy of this strengthening method.



Megrendelem a VASBETONÉPÍTÉS című műszaki folyóiratot.

Előfizetési díj az 1999. évre: 3000 Ft.

Név:

Cím:

Tel.: Fax:

Fizetési mód (a megfelelő választ kérjük jelölje be):

Átutalom a fib Magyar Tagozat (címe: 1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 2.)
10560000-29423501-01010303 számú számlájára.

Átutalási utalványt kérek eljuttatni a fenti címre

Dátum:

Aláírás:

A megrendelőlapot kitöltés után kérjük visszaküldeni a szerkesztőség címére:

VASBETONÉPÍTÉS szerkesztősége
c/o BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke
1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 2.
Fax: 463-1784

(Ez a lap tetszőlegesen másolható.)

RENDEZVÉNYNAPTÁR - MŰSZAKI RÖVIDHÍREK

A fib Magyar Tagozat soron következő ülése: 1999. június 17. 14:30
ÉMI-TÜV Bayern, Dózsa György u 26. 2000 Szentendre

ELKÖVETKEZENDŐ KONFERENCIÁK

- **40. Országos Hídmérnöki Konferencia**
1999. május 17–19.
Baja
- **XVI BIBM International Congress**
Bureau International du Béton Manufacturé and ASSOBETON
Italy
25–28 May, 1999
- **Service Life and Asset Management**
National Research Council Canada
Ottawa, Canada
30 May–5 June, 1999
- **Conference on Life Prediction and Aging**
Management of Concrete Structures
RILEM TC 160, ACI
Bratislava, Slovakia
5–7 June, 1999
- **Fifth International Symposium on**
Utilization of High Strength/Performance Concrete
Norwegian Concrete Association, ACI, *fib*
Sandefjord, Norway
20–24 June, 1999
- **STREMAH 99**
Structural Studies, Repair and Maintenance of Historical Buildings
Dresden, Germany
22–24 June, 1999
- **The Urban Street Symposium**
Transportation Research Board Texas
Dallas, USA
28–30 June, 1999
- **8th International Conference and Exhibition on Structural Faults and Repair -99**
Commonwealth Institute
London, England
13–15 July, 1999
- **XVII Symposium on Nordic Concrete Research**
Nordic Concrete Federation
Reykjavik, Iceland
4–6 August, 1999
- **IABSE Symposium: Structures for the Future**
 - **The Search for Quality**
IABSE
Rio de Janeiro, Brasil
25–27 August, 1999
- **VIII: Magyar Mechanikai Konferencia**
IUTAM Magyar Nemzeti Bizottsága
Miskolc
augusztus 30–szeptember 1.
- **Structural Concrete – The Bridge Between People fib**
Prague, Czech Republic
13–15 October, 1999
- **ACI Fall Convention-99**
American Concrete Institute
Baltimore, USA
31 October–6 November, 1999
- **fib – IABSE Bridge Engineering Conference**
fib – IABSE
Sharm-el Sheik, Egypt
26–30 March, 2000
- **ACI Spring Convention-2000**
American Concrete Institute
San Diego, USA
26–31 March, 2000
- **IABSE Conference on Cable-Stayed Bridges**
IABSE
Malmö, Sweden
2–4 June, 2000
- **International Workshop on Punching Shear Capacity of RC Slabs**
Royal Institute of Technology (KTH)
Stockholm, Sweden
8–9 June, 2000
- **3rd International Conference on Advanced Composite Materials in Bridges and Structures**
Carleton University
Ottawa, Canada
15–18 August, 2000
- **Fifth RILEM Symposium on Fiber-Reinforced Concretes - BEFIB 2000**
RILEM, ENTPE, LCPC
Lyon, France
13–15 September, 2000
- **fib Symposium**
PCI
Orlando, USA
24–27 September, 2000
- **Concrete Structures in the 21th Century**
Japan Prestressed Concrete Engineering Association, *fib*
Osaka, Japan
13–19 October, 2002

Húsz éve, 1979-ben helyezték forgalomba Magyarország első szabadon betonozott feszített vasbetonhidját, a *győri Mosoni-Duna-hidat*.

A híd teljes hossza 527,20 m, ebből a szabadon betonozott szakasz 181,48 m, melynek nyílásbeosztása 45,35+90,00+45,35 m, a híd teljes szélessége pedig 18,20 m volt.

A híd megépítése hatalmas fejlődést jelentett a hazai hídépítésben, építéskor a legnagyobb nyílású feszített vasbetonhidunknak számított. Az elmúlt húsz évben a hazánkban épített

szabadon betonozott hidak (Csongrádi Tisza-híd, M0 Soroksári Duna-híd, Szolnoki Tisza-híd) sorra igazolták e hidépítési technológia sikerét.

„Hídtervezések, fejlesztések, korszerűsítések az UVATERV 50 éve alatt” címmel olvashatunk érdekes írást a Közúti és Mélyépítési Szemle XLIX évf. 1. számában Koller Ida tollából.

A cikk gazdagon illusztrált ábrákkal mutatja be az előregyártott vasbeton hídgerendákkal épített hidak, a szabadon betonozott feszített vasbetonhidak és a szakaszosan épített és hosszirányban betöltött feszített vasbetonhidak hazai fejlődésének történetét.

V.J.

TÁJÉKOZTATÓ CIKKÍRÓINK SZÁMÁRA

A VASBETONÉPÍTÉS című szakmai folyóirathoz a vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek anyagaival, megvalósulásával, az elemek, valamint az egész szerkezet viselkedésével kapcsolatos cikkek kéziratai nyújthatók be. A cikkeknek eredetieknek kell lenniük, amik más folyóiratban, konferencia kiadványban, stb. még nem jelentek meg. A kéziratot a Szerkesztőség címére kell benyújtani. A megjelentetés feltétele a formai követelmények teljesítése mellett, hogy a két felkért lektor közül egyik se utasítsa el a kéziratot. A VASBETONÉPÍTÉS című folyóirattal célunk (és ezt kérjük vegyék figyelembe a kézirat készítése során is), hogy:

- (1) írásos fórumot biztosítsunk azon kollégáink számára, akik érdekes vasbetonszerkezeti feladataikról szeretnének beszámolni tervezői, kivitelezői, betontechnológiai, berruházói, üzemeltetői stb. szemszögből,
- (2) közkinccsé tegyük a vasbetonnal kapcsolatos új kutatási eredményeket,
- (3) tájékoztatást nyújtunk a legújabb műszaki szabályozási kérdésekről,
- (4) bemutassuk a hazai és külföldi fejlesztési irányokat, valamint
- (5) beszámoljunk a hazai és külföldi szakmai bizottságokban folyó munkáról.

A VASBETONÉPÍTÉS című folyóirat kezdetben negyedévenként jelenik meg magyarul, amit évente kiegészít egy ötödik angol nyelvű szám a négy magyar nyelvű szám cikkeiből készített válogatásként. A Szerkesztőség szívesen küld részletes tartalmi és formai követelmény listát érdeklődő kollégáink számára.

A CIKKEK ÁLTALÁNOS FELÉPÍTÉSE

A publikálásra benyújtott kéziratoknak az alábbi felépítést kell követniük. Az a) - h) és k) pontok nem hiányozhatnak.

- a) **CÍM** Rövid, de kifejező cím (csupa nagy betűvel írva). Nincs szükség a téma teljes körülírására a címben. Az megadható a tartalmi rész bevezetőjében is.
- b) **A szerző(k) neve** A szerző(k) teljes neve (tudományos fokozatuk megadásával).
- c) **A szerző(k) fényképe** 35*45 mm-es fekete-fehér vagy színes arckép(ek), amelyeken az arc tölti ki a fénykép felületének túlnyomó részét
- d) **A szerző(k) rövid szakmai bemutatása** Legfőbb szerzőnként 50 szó. Külön lapon benyújtva.
- e) **Összefoglalás** A cikk rövid tartalmi bemutatása. Legfőbb 150 szó.
- f) **Kulcsszavak** 3-7 szó, amely alkalmas a cikk témakörének azonosításához, az olvasó vagy a szakirodalmat kutató számára. A kulcsszavak lehetőleg egyetlen szóból áll-

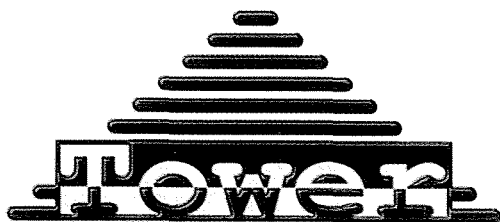
janak. A vasbeton kulcsszót nem kell megadni, mivel ez értelemszerűen következik a folyóirat profiljából.

- g) **TARTALMI FEJEZETEK** Ez a cikk tartalmi része decimális számozásban 1-től indulva. Ennek első pontja célszerűen egy olyan BEVEZETÉS legyen, ami exponálja a bemutatásra kerülő témát, kihangsúlyozza annak fontosságát és aktualitását. Ennek megfelelően a BEVEZETÉS címszó helyett használhatók még pl. ELŐZMÉNYEK, HELYZETISMERTETÉS, PROBLÉMAFÖLVETÉS stb. Az alfejezeteket a téma kívánalmai szerint a szerző(k) veszi(k) föl. A következő fejezetek számozása folyamatos.

- h) **MEGÁLLAPÍTÁSOK** Az utolsó tartalmi pontnak áttekintést kell adnia a cikk általános érvényű észrevételeiről az olvasó (az eredmények felhasználója) szemszögből. Ez az áttekintés általában szöveges formában készül, de tartalmazhatja a levezetések végeredményeül adódó fontos képleteket is. Ábrā nem lehet része. Ez nem az Összefoglalás megismétlése (ami a cikk rövid tartalmi bemutatása), hanem a cikk eredményeinek áttekintése. Ennek megfelelően a MEGÁLLAPÍTÁSOK helyett címszóként használhatók még: KÖVETKEZTETÉSEK, EREDMÉNYEK, TAPASZTALATOK, TANULSÁGOK, de nem használható az Összefoglalás szó.

Ezen pont megfogalmazásakor gondoljunk arra, hogy sok esetben ezt a fejezetet vagy az Összefoglalást nézi meg először az olvasó, és dönti el, hogy egyáltalán elolvassa-e a cikket.

- i) **ALAKALMZOTT JELÖLÉSEK** Az egységes megjelenés érdekében lehetőleg törekedjünk az EUROCODE 2 jelöléseinek használatára. Az érvényben lévő Magyar Szabvány jelölései azonban természetesen szintén használhatók. Mindenképpen érdemes megadni a cikkben használt jelöléseket, és azokat alkalmazni az egész cikkben kivétel nélkül. Egy fogalomra egy cikkben belül csak egy jelölés használható. Azonos betűk egyidejűleg több fogalmat nem jelölhetnek. Az egyes jelölések között nem kell üres sort kihagyni. Célszerű minden jelölés dimenzióját is megadni. A javasolt jelöléseket ezen tartalmi és formai követelmények.
- j) **KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS** Ezt a fejezetet abban az esetben szerepeltetjük, ha meg szeretnénk köszönni egy cég, kutatási alap vagy személy, stb. támogatását, ill segítségét, ami a cikkben bemutatott eredmények elérése szempontjából fontos volt.
- k) **HIVATKOZÁSOK** Minden cikkben szerepeltetni kell hivatkozásokat. A hivatkozási listát alfabetikus sorrendben kell összeállítani.



3D model builder

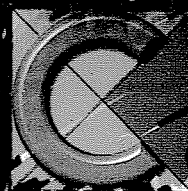
Planet

PanelPro

mérnöki programok. mérnököktől. mérnököknek.



programfejlesztő:
Radimpex Bt.



forgalmazó:
Construct-Trade Kft.



ÉPÍTŐIPARI
MESTERDÍJ

1997

NEMZETKÖZI ÉPÍTŐIPARI RT.

1094 Budapest, Tűzoltó u. 31.
Tel.: 217-2700, Fax: 217-2660

SZERKEZETÉPÍTÉSI IGAZGATÓSÁG

1185 Budapest, Ferihegy
Telefon: 295-2622, 296-8560, 296-8571, Telefax: 294-9834
e-mail: szerkezetepito@betonrt.hu



Híd- és szerkezetépítési és javítási munkák terén sokéves tapasztalatunkkal, korszerű berendezéseinkkel és technológiáinkkal állunk tisztelt megrendelőink szíves rendelkezésére.

Németh Imre
igazgató

Tóth Ferenc
hidépítési főmérnök