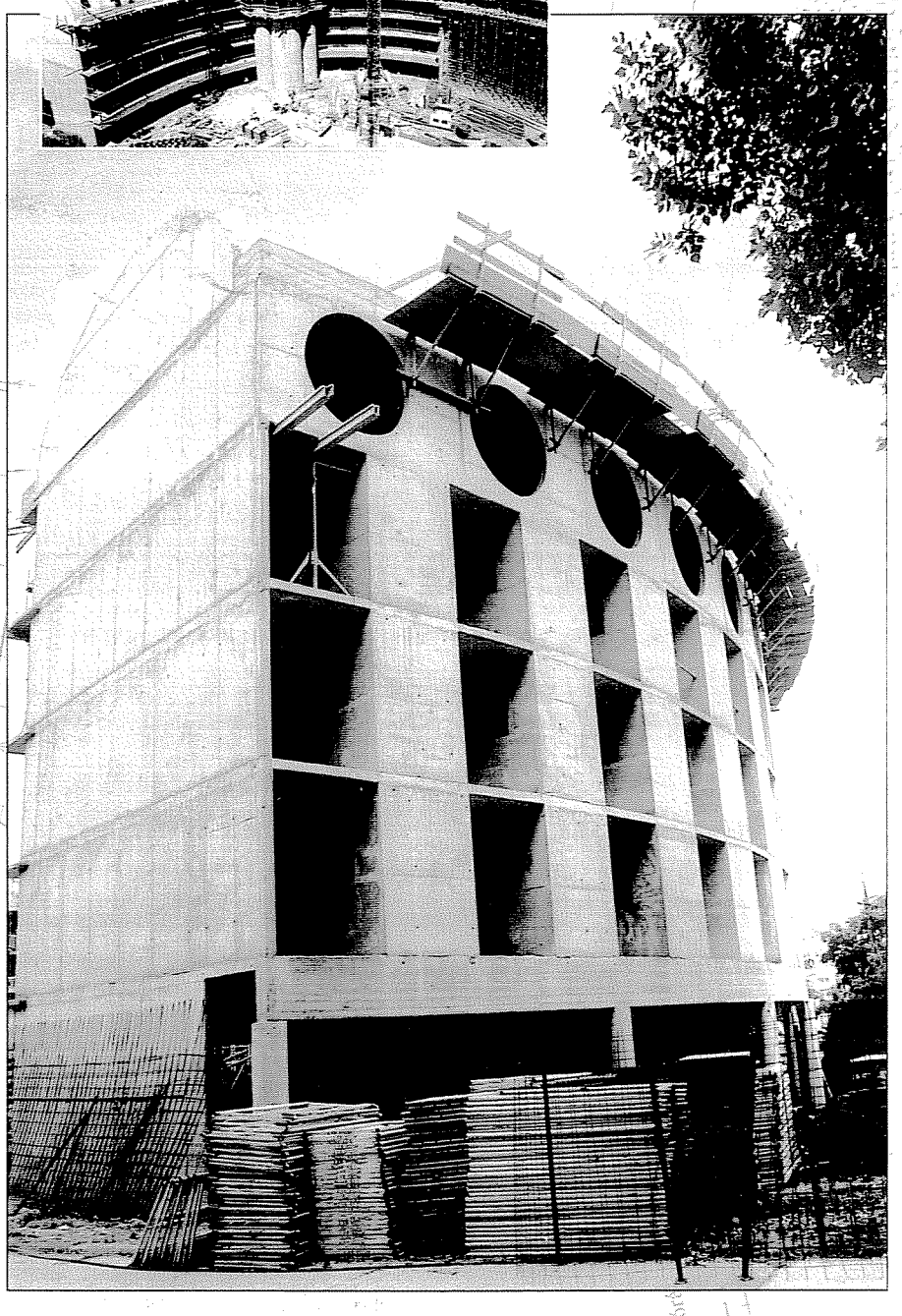
A *fib* MAGYAR TAGOZAT LAPJA

VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF *fib*

9 771419 644000 20033



Dr. Balázs L. György
A *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) magyar tagozatának tevékenysége 66

Kollár László P.
Vasbeton gerendák és lemezek lehajlásának ellenőrzése az Eurocode 2 alapján 68

Pálossy Miklós
Hidak külső kábeles megerősítése az M7 autópálya érdi szakaszán 75

Duma György – Gyurity Mátyás
Csomóponti híd a Csömör-Kistarcsai Auchan áruháznál 81

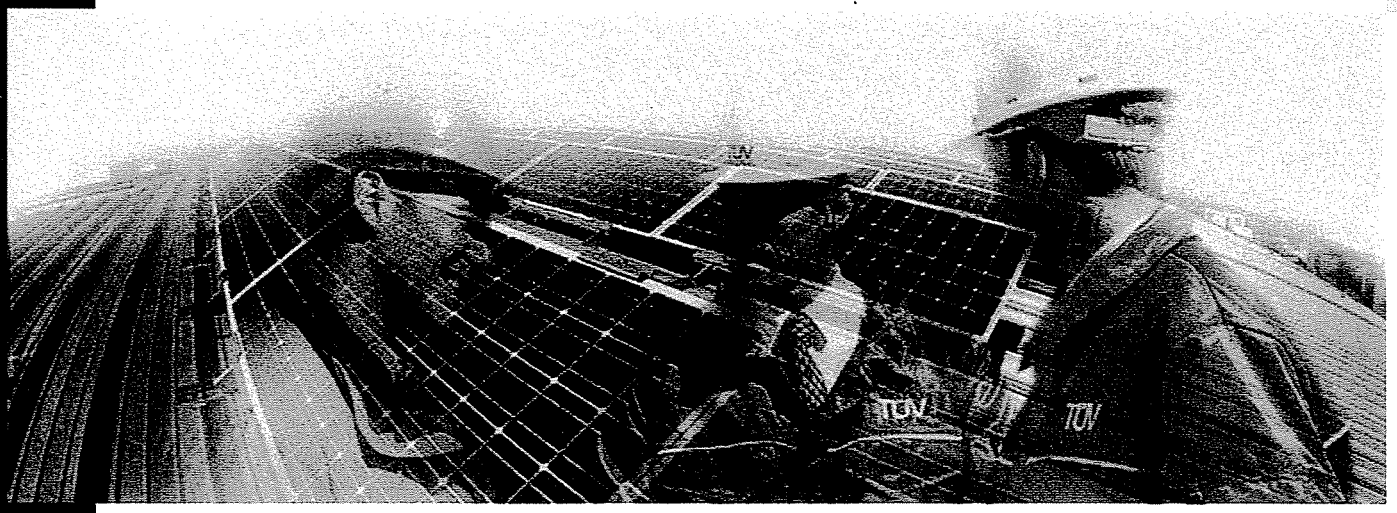
Csíksomlyó látta vendégül a VII. Nemzetközi Építés-tudományi Konferenciát 87

Személyi hírek
Királyföldi Lajosné Sárosi Antónia egyetemi elismerése
Polgár László, a BME tiszteletbeli egyetemi docense
Dr. Kausay Tibor, a BME tiszteletbeli egyetemi tanára

Könyvszemle 90

Rendezvénynaptár 91

2003/3



Bizalom, biztonság, minőség
Az ÉMI-TÜV Bayern csapata

műszaki szolgáltatásaival sikerré kovácsolja munkáját a minőségügy és a biztonságtechnika területén.

Vizsgálat, tanúsítás és szakértői tevékenység az alábbi területeken:

- Felvonók, mozgólépcsők, színpadtechnikai berendezések
- Építő-, emelő- és anyagmozgatógépek
- Nyomástartó berendezések, kazánok, gázpalackok
- Hegesztési technológiák, hegesztők, hegesztőüzemek
- Magas- és mélyépítőipari létesítmények tartószerkezetei, épület- és szakipari szerkezetek
- Szórakoztatóipari és szabadidőberendezések
- Minőségirányítási, környezetközpontú irányítási és menedzsmentrendszerek TÜV CERT, TÜV MS és MRTI tanúsítása (ISO 9001:2000, ISO 14001, QS 9000/VDA 6.1 és ISO/TS 16949 szerint

Központ:
H-2000 Szentendre
Dózsa György út 26.
Tel.: (+36) 26-501-120
Fax: (+36) 26-501-150
igazgatosag@emi-tuv.hu
www.emi-tuv.hu
www.tuevs.de

Budapesti iroda:
1043 Budapest
Dugonics u. 11.
Tel.: (+36) 1-399-3600
Fax: (+36) 1-399-3603
gmadaras@emi-tuv.hu

ÉMI

TÜV
ÉMI-TÜV

TÜV ÉMI-TÜV

CEOC

VASBETONÉPÍTÉS
műszaki folyóirat
a *fib* Magyar Tagozat lapja

CONCRETE STRUCTURES
Journal of the Hungarian Group of *fib*

Főszerkesztő:
Dr. Balázs L. György
Szerkesztő:
Madaras Botond
Szerkesztőbizottság:
Beluzsár János
Dr. Bódi István
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

Lektori testület:
Dr. Deák György
Dr. Dulácska Endre
Dr. Janzó József
Királyföldi Lajosné
Dr. Knébel Jenő
Dr. Lenkei Péter
Dr. Loykó Miklós
Dr. Madaras Gábor
Dr. Orosz Árpád
Dr. Szalai Kálmán
Dr. Tassi Géza
Dr. Tóth Ernő
Dr. Träger Herbert
(Kéziratok lektorálására más kollégák is felkérést kaphatnak.)

Alapító: a *fib* Magyar Tagozata
Kiadó: a *fib* Magyar Tagozata
(*fib* = Nemzetközi Betonszövetség)

Szerkesztőség:
BME Építőanyagok és Mérnökgeol. Tansz.
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
Tel: 463 4068 Fax: 463 3450
E-mail: fib@goliat.eik.bme.hu
WEB http://www.eat.bme.hu/fib
Az internet verzió technikai szerkesztője: Damokos Ádám

Nyomdai előkészítés: RONÓ Bt.

Egy példány ára: 1000 Ft
Előfizetési díj egy évre: 4000 Ft
Megjelenik negyedévenként
1000 példányban.

© a *fib* Magyar Tagozata
ISSN 1419-6441
online ISSN: 1586-0361

Hirdetések:
Külső borító: 120 000 Ft,
belső borító: 100 000 Ft.
A hirdetések felvétele:
Tel.: 463-4068, Fax: 463-3450

Címlapfotó:
Orczy tér
Budapest,
Készítette: Csécsei Pál

TARTALOMJEGYZÉK

66 Dr. Balázs L. György
A *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) magyar tagozatának tevékenysége

68 Kollár László P.
Vasbeton gerendák és lemezek lehajlásának ellenőrzése az Eurocode 2 alapján

75 Pálossy Miklós
Hidak külső kábeles megerősítése az M7 autópálya érdi szakaszán

81 Duma György – Gyurity Mátyás
Csomóponti híd a Csömör-Kistarcsai Auchan áruháznál

87 **Csíksomlyó látta vendégül a VII. Nemzetközi Építéstudományi Konferenciát**

88 **Személyi hírek**
Királyföldi Lajosné Sárosi Antónia egyetemi elismerése
Polgár László, a BME tiszteletbeli egyetemi docense
Dr. Kausay Tibor, a BME tiszteleti egyetemi tanára

90 **Könyvszemle**

91 **Rendezvénynaptár**

A folyóirat támogatói:

Ipar Műszaki Fejlesztéséért Alapítvány, Vasúti Hidak Alapítvány,
ÉMI Kht., Hídépítő Rt., MÁV Rt., MSC Magyar Scetauroute
Mérnöki Tervező és Tanácsadó Kft., Pfleiderer Lábatlani Vasbetonipari Rt.,
Pont-*Terv* Rt., Uvaterv Rt., Mélyépterv Komplex Mérnöki Rt., Hídtechnika Kft.,
Techno-Wato Kft., Betonmix Mérnökiroda Kft., BVM Épelem Kft., CAEC Kft.,
Pannon Freyssinet Kft., Stabil Plan Kft., Union Plan Kft.,
BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke,
BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

A *fib* (NEMZETKÖZI BETONSZÖVETSÉG) MAGYAR TAGOZATÁNAK TEVÉKENYSÉGE

A VASBETONÉPÍTÉS 2003/1 számában bemutattuk a Nemzetközi Betonszövetség *(fib)* tevékenységét. Jelen cikkben a nemzetközi szervezet Magyar Tagozatának munkájáról számolunk be.

A FIP és a CEB Magyar Tagozatainak egyesítéséről a döntés már az 1997. december 17-én tartott, összevont közgyűlésen megtörtént. A *fib* Magyar Tagozata az 1997. december 17-én kelt alapszabály szerint működik a Fővárosi Bíróságnál bejegyzett egyesületként.

Az Alapszabály szerint a *fib* Magyar Tagozat (továbbiakban Egyesület) célja elősegíteni a vasbeton és a feszített vasbeton szerkezetek fejlesztését és alkalmazását előadások, ankétok, tudományos fórumok szervezésével és más módon.

Tevékenységével elősegíti a magyar építő- és építőanyagipar valamint az építőiparral kapcsolatos tervező vállalatok munkáját, a szakmai információk áramlását, más nemzetközi szervezetekkel való kapcsolattartást és a tagok bekapcsolódását a nemzetközi szervezet munkájába.

Az Egyesület képviselőket delegál a *fib* nemzetközi munkabizottságaiba, és gondoskodik a munkabizottsági eredmények hazai megismertetéséről és hasznosításáról.

Az Egyesületnek tagjai lehetnek mindazok a bel- és külföldi természetes vagy jogi személyek, akik, ill. amelyek az Egyesület alapszabályának rendelkezéseit magukra nézve kötelezőnek ismerik el. Az Egyesületnek lehetnek pártoló tagjai is. Pártoló tag az a természetes vagy jogi személy, aki, ill. amely nem rendes tagja az Egyesületnek, de annak tevékenységét rendszeresen vagy esetenként erkölcsileg vagy anyagilag támogatja. A pártoló tagok tanácskozási joggal részt vehetnek az Egyesület rendezvényein.

A *fib* Magyar Tagozatának 64 cég, ill. intézmény képviseletében jelenleg 162 tagja van. Az Egyesület büszke arra, hogy tagjai között minden olyan terület (tervező, kivitelező, anyaggyártó, elemgyártó, oktató, kutató, hatóság) képviselve van, ahol betonnal, vasbetonnal, ill. feszített vasbetonnal foglalkoznak. A képviselt szervezetek – betűrendben felsorolva – a következők:

31. ÁÉCS Kft., ÁKMI Kht., ASA Építőipari Kft., Betonmix Mérnökiroda Kft., Beton Technológia Centrum Kft., BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke, BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék, BVM Épelem Kft., Caec Kft., Consultant Mérnökiroda, Consturct-Trade kft., Debreceni Egyetem, Műszaki Főiskolai Kar, e&h Tervező és Tanácsadó Kft., EKS-Service Kft., ÉMI Kht., ÉMI-TÜV Bayern Kft., Erdélyi Magyar Műszaki Társaság, Felvidéki Magyar Műszaki Társaság, Főmterv Rt., Fővárosi Közterületfenntartó Rt., Globál-Teszt Kft., Híd-építő Rt., Híd technika Kft., Holcim Rt., Innomat Kutató és Fejlesztő Kft., Közlekedéstudományi Intézet Rt., Közúti felügyeletek (Heves megyei, Központi, Vas megyei), L. W. ISOPROF Szigetelésforgalmazó Kft., Magyar Betonszövetség (MBSz), Magyar Építőanyagipari Szövetség (MÉASz), Mahíd 2000 Rt., Mapei Kft., MÁV Rt., Mélyépítő Budapest Kft., Mélyépterv, Komplex Mérnöki Rt., Mericon Bt., Mértan Tanácsadó Kft., MSc Magyar Scetauroute MérnökiTervező és Tanácsadó Kft., Murexin Kft., Nemzeti Autópálya Rt., OM K+F, Pannon Freyssinet Kft., Pfleiderer Lábatlani Vasbetonipari Rt., Plan 31 Mérnök Kft., Pont-Terv Rt., Profi-Copy Ipari és Szolgáltató Bt., PTE-PMMFK, Sika Hungária Kft., Speciál Terv Kft., Strabag Rt. Magasépítési Ágazat,. Strabag Rt. Mélyépítési Ágazat, Stabilplan Kft., Stabiment Hungária Kft., Széchenyi István Egyetem, TBG Hungária Betonipari Kft., Techno-Wato Kft., Terraplan 97 Bt., Unioun-Plan Kft., Uvaterv Rt., Vegyépszer Rt., Via-Pontis Kft., Vorspann-Technik-Megalit Kft., Wienerberger Téglaipari Rt.

Az Egyesület szervezeti felépítése

Az Egyesület legfőbb döntéshozó szervezete a közgyűlés, amelyet évente legalább egyszer össze kell hívni. Hatáskörébe tartoznak az alapszabállyal, a költségvetéssel és a tisztségviselők megválasztásával kapcsolatos feladatok.

Az Egyesület tisztségviselői: elnök, alelnök, titkár és PR-felelős, akiket a közgyűlés négy évre választ. E tisztségviselők 2002. december 31-én:

elnök:	Dr. Balázs L. György
alelnök:	Dr. Madaras Gábor
titkár:	Telekiné Királyföldi Antonia
PR-felelős:	Dr. Bódi István.

Az Egyesület az iparral való kapcsolattartás érdekében – legfeljebb hét tagú – Tanácsadó és támogató testületet választ, szintén négy évenként, ennek elnöke Belusár János.

A tisztségviselők és a tagság munkáját segíti az előző elnök is. Jelenleg ezt a feladatkört a CEB Magyar Tagozat utolsó elnöke, dr. Lenkei Péter és a FIP Magyar Tagozat utólsó elnöke, dr. Varga László látja el.

Az Egyesület közgyűlése örökös tiszteletbeli elnök címet adományozhat korábbi elnökeinek és olyan tagjainak, akik az Egyesület életében kiemelkedő munkát végeztek. A *fib* Magyar Tagozat örökös tiszteletbeli elnökei: dr. Garay Lajos, dr. Fogarasi Gyula, Tamás László és dr. Tassi Géza.

A *fib* Magyar Tagozat tagokat delegálhat a *fib* nemzetközi szervezet bizottságaiba és munkabizottságaiba. Ők részt vesznek a nemzetközi szervezet munkájában, és ott folyó tevékenységükről tájékoztatják a Magyar Tagozat tagjait. Megbízatásuk időtartama független a tisztségviselők választásának periódusától.

A *fib* Magyar Tagozat fő tevékenységei

A *fib* Magyar Tagozat fő tevékenysége a tudományos ismeretterjesztés. Ennek egyik formája, hogy a nemzetközi szervezet bizottságaiban végzett munkájáról bulletinek jelennek meg. Ezáltal a legfrissebb szakmai-tudományos ismereteket juttathatják el tagjaiknak és az egyéb érdeklődőknek. Emellett a nemzetközi szervezet szimpóziumairól, kongresszusairól és más rendezvényeiről, amelyeken az Egyesület érdemben képviselteti magát, idehaza beszámolót tartanak, ezeken mindig szerepelnek helyi kulináris érdekességek is. Szakmai programjaikat mindig másik tagvállalatnál tartják, s ezúttal ők is bemutatkozhatnak.

Igen fontos szakmai-tudományos lépés volt, hogy az Egyesület 1999-től kezdve *VASBETONÉPÍTÉS* címmel új folyóiratot jelentetett meg. Ez a folyóirat írásos fórumot biztosít a vasbeton anyagaival és a vasbeton, valamint feszített vasbeton szerkezetekkel kapcsolatos elemző – gyakorlati és elméleti – cikkek számára a szerkezet-, a víz- és a közlekedésépítés területeit összefogva. Ezen belül foglalkozik a vasbeton szerkezetek megvalósulását elősegítő minden egyes területtel, amelyek magukban foglalják a tervezés, a kivitelezés, az anyaggyártás (beleértve az adalékszereket), a betontechnoló-

gia, az előregyártás, a beruházás, az üzemeltetés, a felújítás, a kutatás, a műszaki szabályozás és a minőségbiztosítás kérdéseit.

A címbeli vasbetonépítés szó mindezeket hivatott tükrözni. A vasbeton szóba pedig a hagyományos értelmezés mellett beleértjük beton oldalról a könnyű adalékos és egyéb különleges betonokat, valamint a betétek oldaláról a legújabb, korrózióálló, nem acél anyagú betéteket is.

A *VASBETONÉPÍTÉS* című folyóirat negyedévenként jelenik meg magyarul, amit évente kiegészít egy ötödik, angol nyelvű szám zömében a négy magyar nyelvű szám cikkeiből készített válogatásként. Főszerkesztő: dr. Balázs L. György, szerkesztők: Madaras Botond (a magyar nyelvű számhoz), ill. dr. Tassi Géza (az angol nyelvű számhoz).

Az elmúlt négy év során fokozatosan bővült a *VASBETONÉPÍTÉS* folyóirat előfizetői köre és 2003-ra kiterjed az egész országra.

A magyar nyelv ápolása és a magyar vasbeton ismeretterjesztése érdekében – egy program keretében – ingyenesen elküldik a folyóiratot határainkon túl élő magyar építő- és építészmérnököknek.

A *fib* Magyar Tagozata Palotás László-díjat alapított, amellyel a vasbetonépítés terén elért kimagasló eredményeket ismerik el. A díjjal a tervezés, a kivitelezés, a kutatás-fejlesztés és az oktatás terén, valamint az ezekhez csatlakozó területeken ismerik el évente egy-egy hazánkban, ill. határainkon túl élő magyar mérnök kimagasló eredményeit. A Palotás-díjat először 2000-ben adták ki.

2002-ig Palotás László-díjat kaptak:

2000-ben:	Wellner Péter,	Dr. Köllő Gábor (RO)
2001-ben:	Dr. Almási József,	Dr. Jávor Tibor (SK)
2002-ben:	Polgár László,	Dr. Kiss Zoltán (RO).

A díjat azért Palotás László Kossuth-díjas egyetemi tanárról, az MTA rendes tagjáról nevezték el, mert az anyagtudományban és a vasbetonépítésben elért eredményei és az ismeretek terjesztése révén mind hazánkban, mind külföldön nagy elismertségre tett szert, tehát példaképnek tekintjük.

A *fib* Magyar Tagozat és a *VASBETONÉPÍTÉS* folyóirat címe:

A *fib* Magyar Tagozata
c/o BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék
Műegyetem rkp. 3., 1111 Budapest
Tel: (1) 463 4068, Fax: (1) 463 3450
e-mail: fib@goliat.eik.bme.hu
web: http://www.eat.bme.hu/fib

Budapest, 2003. szept. 18.

Dr. Balázs L. György
a *fib* Magyar Tagozat elnöke

VASBETON GERENDÁK ÉS LEMEZEK LEHAJLÁSÁNAK ELLENŐRZÉSE AZ EUROCODE 2 ALAPJÁN

Kollár László P.

A cikk egyszerű módszert ad vasbeton lemezek, bordás lemezek és négyszög keresztmetszetű gerendák lehajlásának ellenőrzésére. A szükséges hatékony magasság meghatározásához csak a szerkezetek mértékadó terhét, az acél és a beton szilárdsági osztályát kell ismerni. A szerző az Eurocode 2 egy közelítésének a hibás voltára is felhívja a figyelmet és azt korrigálja.

Kulcsszavak: lehajlás, vasbeton, Eurocode, hatékony magasság, lemez, bordás lemez

1. BEVEZETÉS

Vasbeton gerendák lehajlásának számítása általában a berepedt keresztmetszet figyelembevételével történik a húzott betonöv merevítő hatásának figyelembevételével. Kicsiny teher esetén a lehajlás gyakorlatilag megegyezik a repedésmentes keresztmetszet (első feszültségállapot) alapján számítottal, nagy teher esetén pedig a berepedt keresztmetszet (második feszültségállapot) alapján számítottal (ISO 4356, 1977, Dulácska, 2002, Bódi et al, 1989, Pálfalvi et al, 1996). A legtöbb szabályzat a lehajlás közelítő ellenőrzésére is ad módszert oly módon, hogy az *l/d* arányt korlátozza (Neville et al., 1977, Deák, 1989, Várkonyi, 2001), ahol *l* a kéttámaszú tartó támaszköze (illetve más megtámasztási mód esetében a nyomatéki zéruspontok közti távolság), *d* pedig a hasznos (vagy hatékony) magasság, azaz a nyomott szélső szál és a húzott acélbetétek súlypontja közti távolság. Ez a közelítő ellenőrzés azért is lényeges, mert ennek alapján lehet a tervezés kezdeti szakaszában felvenni a tartómagasságot. Jelen tanulmányunkban az Eurocode 2 utolsó (2002-ben elkészített) változata alapján mutatjuk be az *l/d* arány felvételét; és összehasonlítjuk az Eurocode 2 és az MSZ15022/1 alapján kapott *l/d* arányokat.

Meg kell jegyeznünk, hogy az Eurocode-ot[1] az elmúlt években jelentősen átdolgozták (Eurocode 2, 2002), és az új változat lényegesen nagyobb lehajlásokat (illetve adott megengedett lehajlás esetében lényegesen nagyobb tartóméreteket) ad, mint a korábbi változat: Egy 1,5 százalékos vashányadú vasbeton gerenda esetén az *l/d* arány az Eurocode 2 (1991) szerint 18 (Kollár, 1997, Litzner, 1994, Várkonyi, 2001), az Eurocode 2 (2002) szerint mindössze 14! (Ez azt jelenti, hogy például egy 400 mm magas gerenda helyett 500 mm magas gerendát kell alkalmazni.)

Az *l/d* arány felvételére a teher nagyságának függvényében adunk javaslatot. Ennek előnye, hogy (a) megkönnyíti a tervező munkáját, hiszen a szerkezeteink terhe és nem a vasalása áll legelőször rendelkezésre és (b) ezzel a módszerrel korrigálni tudjuk az Eurocode egy pontatlanságát is.

[1] Az Eurocode-nak 1994-ben elkészült a nyersfordítása, később pedig a hivatalos magyar fordítása is (Eurocode 2, 1991). A dátum nem a fordítás, hanem az angol szöveg elfogadásának a dátuma.

2. SZÁMÍTÁS AZ EUROCODE 2 2002-ES KIADÁSA ALAPJÁN

Az Eurocode 2 szerint a tartó görbületeit meg kell határozni az első- (κ_I) és a második (κ_{II}) feszültségállapotban, és a tényleges görbület az alábbi összefüggésből számítható:

$$\kappa = (1-\zeta)\kappa_I + \zeta\,\kappa_{II}, \tag{1a}$$

ahol (ismétlődő teherre)

$$\zeta = 1-0{,}5\,(M_{cr}/M)^2 e \geq 0 \tag{1b}$$

M_{cr} a repesztőnyomaték. (Az (1a) képlet $\zeta = 0$ esetben a repedésmentes, $\zeta = 1$ esetben pedig a berepedt állapotot adja; az (1b) összefüggéssel együtt figyelembe veszi a húzott betonöv merevítő hatását.) A görbületeket a

$$\kappa_I = \frac{M}{E_{c,eff} I_I}, \qquad \kappa_{II} = \frac{M}{E_{c,eff} I_{II}} \tag{2a}$$

összefüggésekből határozhatjuk meg, ahol $E_{c,eff}$ a beton hatékony rugalmassági modulusa (lásd a 3. fejezetet), I_I és I_{II} a keresztmetszet inercianyomatéka, első és második feszültségállapotban. A „pontos" lehajlást a görbületek integrálásával lehet meghatározni.[2] A terheket (illetve a nyomatékot, *M*-et) általában a terhek kvázi állandó kombinációjából kell meghatározni, és a lehajlás számításában a beton zsugorodását is figyelembe kell venni. Az Eurocode 7.21 összefüggése szerint a zsugorodásból keletkező görbület első és második feszültségállapotban:

$$\kappa_{I,sh} = \varepsilon_{sh} \frac{E_s}{E_{c,eff}} \frac{S_I}{I_I}, \qquad \kappa_{II,sh} = \varepsilon_{sh} \frac{E_s}{E_{c,eff}} \frac{S_{II}}{I_{II}}, \tag{2b}$$

[2] Az Eurocode szerint szabad a legnagyobb nyomaték helyén (kéttámaszú tartó esetén a középső keresztmetszetben) meghatározott ζ tényezőt figyelembe venni a tartó teljes hosszán. Ha a ζ-t konstansnak tekintjük, akkor a numerikus integrálás elkerülhető, és az (1a) összefüggésből az $e = (1-\zeta)\,e_I + \zeta\,e_{II}$ képletet kapjuk a lehajlás számítására, ahol e_I és e_{II} az elsőt, illetve a második feszültségállapot feltételezésével számított lehajlás.

ahol ε_{sh} a beton zsugorodásának végértéke, E_s az acél rugalmassági modulusa, S_I és S_{II} az acélbetétek elsőrendű nyomatéka a keresztmetszet első, illetve második feszültségállapotban számított súlypontjára.

Az esztétikai követelmények miatt a megengedett lehajlás $l/250$. Az Eurocode 2 egy közelítő képletet is megad az l/d arány felvételére (7.16 képlet), amely kéttámaszú tartó és (egyoldali) húzott acélbetétek alkalmazása esetében:

$$\frac{l}{d}=11+1.5\sqrt{f_{ck}}\frac{\rho_o}{\rho}+3.2\sqrt{f_{ck}}\left(\frac{\rho_o}{\rho}-1\right)^{3/2}, \quad \text{ha} \quad \rho\le\rho_o \qquad (3a)$$

$$\frac{l}{d}=11+1.5\sqrt{f_{ck}}\frac{\rho_o}{\rho}, \quad \text{ha} \quad \rho>\rho_o \qquad (3b)$$

ahol f_{ck} a beton szilárdságának karakterisztikus értéke N/mm²-ben, $\rho = A_s/bd$ a húzott vashányad (A_s a húzott acélbetétek keresztmetszeti területe, b és d a keresztmetszet szélessége és hatékony magassága), $\rho_o = \sqrt{f_{ck}}\,10^{-3}$. A képleteket azzal a feltételezéssel vezették le, hogy az alkalmazott acélbetétek folyáshatárának karakterisztikus értéke f_{yk}=500 N/mm², a terhek kvázi állandó kombinációjának (p_{qp}) és a teher tervezési értékének (p_{Ed}) az aránya p_{qp}/p_{Ed}=0,5 és a tartó nyomatékra ki van használva. A továbbiakban használni fogjuk a határteher (p_{Rd}) fogalmát, amelyen azt a terhet értjük, amelynek hatására a kéttámaszú tartó középső keresztmetszetében a keresztmetszet nyomatéki teherbírásával egyező nyomaték jön létre. Ezzel a definícióval az utolsó két feltételt úgy is megfogalmazhatjuk, hogy a terhek kvázi állandó kombinációjának (p_{qp}) és a határtehernek (p_{Rd}) az aránya p_{qp}/p_{Rd}=0,5. A (3) képletbe helyettesítve határoztuk meg az *1. táblázatot*.

Beton szilárdsági osztálya	Húzott vashányad, ρ (%)					
	1,5	1,0	0,5	0,4	0,3	0,2
C40/50	15,0	17,0	25,8	35,0	54,6	105,3
C35/45	14,5	16,3	23,0	30,4	46,6	89,1
C30/37	**14,0**	15,5	**20,5**	26,2	39,2	73,7
C25/30	13,5	14,8	18,5	22,4	32,2	59,1
C20/25	13,0	14,0	17,0	19,1	25,9	45,7
C16/20	12,6	13,4	15,8	17,0	21,5	35,8

1. táblázat: Az l/d arány a vashányad és a beton szilárdsági osztályának függvényében az EC közelítő képlete (3) alapján

Amennyiben az acél folyáshatárának karakterisztikus értéke f_{yk} nem 500 N/mm² vagy a vasbeton gerenda acélbetéteinek keresztmetszeti területe nagyobb, mint a szükséges, akkor az Eurocode szerint a fenti értékeket – a biztonság javára való közelítésként – szabad az $(500/f_{yk})$ $(A_{s,prov}/A_{s,requ})$ kifejezéssel szorozni, ahol $A_{s,req}$ a szükséges, $A_{s,prov}$ pedig az alkalmazott betonacél keresztmetszeti területe.

Ez az egyszerűsített számítás, az Eurocode állításával ellentétben, a biztonság kárára is közelíthet, hiszen például egy vasbeton lemezben a vasalás mennyiségének növelése alig csökkenti a lehajlásokat. (Lásd a számpéldát.) A túlvasalás és az acél folyáshatárának karakterisztikus értékének helyes figyelembevételét a 4. fejezetben fogjuk megadni.

A lehajlás csökkenthető oly módon, hogy a tartót túlemeljük, de ennek mértéke nem haladhatja meg az $l/250$ értéket.

Az Eurocode módszert ad a kéttámaszú megtámasztástól eltérő megtámasztású vasbeton tartók lehajlásának ellenőrzésére, ezt a 4. fejezetben fogjuk ismertetni.

3. ÖSSZEHASONLÍTÓ SZÁMÍTÁSOK

Összehasonlító számításokat végeztünk négyszög keresztmetszetű, egy oldalán vasalt, kéttámaszú vasbeton gerendák és lemezek lehajlásának vizsgálatára. A számításhoz szükség volt a beton kúszási tényezőjére és zsugorodására, amelyek meghatározására nomogramok, illetve bonyolult képletek találhatók az Eurocode-ban. A számításokban a következő átlagos értékeket vettük figyelembe (Visnovitz, 2003): C40/50, C35/45, C30/37, C25/30, C20/25 és C16/20 szilárdsági osztályú beton esetében, az effektív kúszási tényező rendre φ_{ef} = 1,76, 1,92, 2,13, 2,35, 2,55 és 2,76; illetve a zsugorodás végértéke ε_{sh}= 0,04 %. A beton hatékony rugalmassági modulusát és húzószilárdságának átlagértékét az $E_{c,eff}$= 22 $[(f_{ck}+8)/10]^{0,3}/(1+\varphi_{ef})$ és az $f_{ctm}=0,3\,f_{ck}^{2/3}$ összefüggésekből számítottuk (Eurocode 2, 2002), ahol a beton szilárdságának karakterisztikus értékét N/mm²-ben kell behelyettesíteni. Az összes számításokban feltételeztük, hogy f_{yk}=500 N/mm² és E_s=200 kN/mm². A keresztmetszet teherbírásának számításához a beton szilárdságának és az acél folyáshatárának tervezési értéke $f_{cd}=f_{ck}/1,5$ és $f_{yd}=f_{yk}/1,15$.

A *2. táblázatban* az 1. sort a gerenda középső keresztmetszetében meghatározott ζ tényező (1b. képlet) alapján számítottuk, feltételezve, hogy a megengedett lehajlás $l/250$, p_{qp}/p_{Rd}=0,5, a beton szilárdsági osztálya C30/37 és d/h= 0,85.[3] Ezek az értékek, 1,5 és 0,3% vashányad között, jó egyezést mutatnak az Eurocode közelítő képletével.

A 2. sort úgy határoztuk meg, hogy állandó vasalást feltételezve, a tartó 50 keresztmetszetében meghatároztuk a ζ tényezőt és a görbületeket ((1) jelű képlet). A lehajlásokat a görbületek numerikus integrálásával számítottuk. (Vagyis az előző lábjegyzet szerinti számításban a 4. és 5. pontot módosítottuk.) Ezek az értékek kis mértékben eltérnek az első sorban adottól. A következő sorban hasonló számítást végeztünk, de feltételeztük, hogy a vasalás folyamatosan változik: pontosan követi a nyomatékábrát.

Összehasonlítást végeztünk az MSZ15022/1 11. táblázata alapján kapható eredményekkel is. Ez a táblázat a harmadik feszültségállapot alapján meghatározott x_c/d függvényében adja meg az l/d arányt (Deák, 1972, 1986). (x_c a nyomott betonzóna magassága, egyezik az MSZ-ben x-szel jelölt mennyiséggel.) Nagy vashányad esetén az Eurocode lényegesen zömökebb, kicsiny vashányad esetén pedig karcsúbb szerkezetet ad, mint az MSZ. (Ebből az következik, hogy az Eurocode szerint gerendák esetében nagyobb tartómagasságot kell alkalmazni, mint az MSZ szerint, lemezek esetében pedig kisebb lemezvastagság alkalmazható.) Megjegyezzük, hogy egyrészt az Eurocode szigorúbb lehajlás-korlátozást ír elő, mint az MSZ ($l/200$ helyett $l/250$) és figyelembe veszi a zsugorodást is, másrészt a lehajlás számításához figyelembe vett teher és a határteher hányadosa az Eurocode-ban kisebb ($p_{qp}/p_{Rd}H \approx$ $\approx$ 0,5), mint az MSZ-ben ($p_{qp}/p_{Rd}H \approx 0,75$). Ez az oka annak, hogy egyes esetekben az MSZ, más esetekben pedig az Eurocode szolgáltat karcsúbb szerkezetet.

A következő két sorban a d/h hatását vizsgáltuk. Kicsiny

[3] A számítás menete az alábbi volt: (1) a felvett húzott vashányadhoz és d/h arányhoz meghatároztuk a keresztmetszet első és második feszültségállapothoz tartozó inercianyomatékát, repesztőnyomatékát és határnyomatékát (a számításban b és h tetszőlegesen felvehető, ez a számítás végeredményét nem befolyásolja), (2) meghatároztuk a határnyomaték p_{qp}/p_{Rd}=0.5 szereséhez tartozó nyomatékból első és második feszültségállapotban a görbületeket ((2a) képlet), (3) meghatároztuk a zsugorodásból első és második feszültségállapotban a görbületeket ((2b) képlet), (4) meghatároztuk a z tényezőt ((1b) képlet) majd a nyomatékból, illetve a zsugorodásból származó görbületet az (1a) képletből, (5) meghatároztuk egy egységnyi hosszúságú tartó lehajlását (e_1), feltételezve, hogy a nyomatékból származó görbület eloszlása parabolikus, a zsugorodásból keletkező görbület pedig konstans, (6) adott maximális görbület esetén a lehajlás négyzetesen függ a támaszköztől, így adott megengedett lehajlás/támaszköz $(e/l)_{eng}$=1/250 esetében a megengedett támaszköz számítható: $l_{eng}=(e/l)_{eng}/e_1$, amelyet d-vel osztva a keresett mennyiséget nyerjük.

	vashányad, ρ (%)					
	1,5	1,0	0,5	0,4	0,3	0,2
1. középsõ keresztmetszet alapján	**13,6**	**15,2**	**20,3**	**24,2**	**37,3**	**113,7**
2. pontos számítás, görbületek integrálásával	13,9	15,7	22,8	28,7	48,6	113,7
3. pontos, nyomatékot követõ vasalás	12,7	14,5	21,5	27,5	48,0	115,2
4. EC közelítõ képlete	14,0	15,5	20,5	26,2	39,2	73,7
5. MSZ15022/1 táblázata szerint, x_c/d alapján	15,7	16,8	20,7	22,3	24,5	26,0
6. d/h= 0,8	13,7	15,4	21,7	27,3	53,0	136,4
7. d/h= 0,9	13,6	15,0	19,4	22,3	30,6	96,1
8. ε_{sh}= 0 %	17,0	19,2	26,1	31,2	47,5	134,2
9. a megengedett lehajlás $l/200$	17,0	19,0	25,4	30,3	46,6	142,1
10. a megengedett lehajlás $l/125$	27,3	30,4	40,6	48,4	74,6	227,3
11. p_{Rd} (kN/m^2)	234,9	134,3	39,9	22,7	7,3	0,53

2. táblázat: Az l/d arány a vashányad függvényében. Az első három sorban a megengedett lehajlás $l/250$, p_{qp}/p_{Rd}= 0,5, beton: C30/37, f_{yk} = 500 N/mm^2, d/h= 0,85, ε_{sh}= 0,04 %. A 6-10. sorokban l/d-t úgy számítottuk, hogy a fenti értékek közül csak egyet változtattunk meg, amelyeket az első oszlopban feltüntettünk. Az 1. és a 6-10. sorokat a középső keresztmetszet alapján meghatározott ζ tényezővel számítottuk, a 2. sort a görbületek pontos integrálásával állandó vasalást feltételezve, a 3. sort pedig nyomatékot követő vasalást feltételezve.

vashányad estén h-nak (és ennek következtében a d/h aránynak) számottevő szerepe van, mert ebben az esetben az első feszültségállapot fontos szerephez jut. Nagy vashányad esetén, amikor a lehajlás számításában a második feszültségállapot szerinti számítás a döntő, a d/h arány alig befolyásolja az eredményeket.

A zsugorodás elhanyagolásával kapott értékek (8. sor) lényegesen karcsúbb gerendát adnak, mint a zsugorodás figyelembevételével számítottak.

Meghatároztuk, hogy a fejlécben megadott húzott vashányadhoz mekkora határnyomaték tartozik, majd az első sor l/d arányából kiszámítottuk azt a felületen egyenletesen megoszló terhet, amely a határnyomatékkal egyező nyomatékot okoz a tartó középső keresztmetszetében. Ezt a terhet, ahogy a korábbiakban írtuk, határtehernek nevezzük. A határterhet, p_{Rd}-t tüntettük fel a táblázat utolsó sorában. Látható, hogy a 0,2 % vashányadhoz irreálisan kicsiny teher tartozik.

A számítást úgy is el lehet végezni, hogy egy adott határteherhez határozzuk meg az l/d arányt. Egy ilyen számítás eredménye látható a *3. táblázatban*.[4] Ha második feszültségállapotot, illetve repedésmentes állapotot tételezünk fel, akkor az eredmények a *4. ill. az 5. táblázatban* találhatók. A „pontos", integrálással kapott eredmények a *6. táblázatban* találhatók, az Eurocode közelítő képlete alapján meghatározott értékek pedig a *7. táblázatban*.

Ezek a számítások mind azzal a feltételezéssel készültek, hogy a terhek kvázi állandó kombinációjának (p_{qp}) és a határtehernek (p_{Rd}) az aránya p_{qp}/p_{Rd}=0,5. Ez az érték jelentősen változhat az önsúly és a hasznos teher arányának változása, vagy a tartó túlvasalása miatt. A p_{qp}/p_{Rd}= 0,7, 0,6, 0,4, 0,3 és 0,2 arányokhoz tartozó értékek a 12-16. táblázatokban találhatók.

Maximális túlemelés ($l/250$) esetében a vasbetongerenda – a túlemelt alakhoz viszonyított – lehajlása $l/125$ lehet. A *18. táblázatban* az ehhez a megengedett lehajláshoz tartozó l/d arányokat adtuk meg.

A táblázatokban lévő üres helyek azt jelzik, hogy csak húzott vasalás alkalmazása esetén a húzott acélbetétek rugalmas állapotban lennének.

[4] A számítást nem lehet explicit képletekkel végrehajtani. Adott vasaláshoz meg tudjuk határozni explicit képletekkel mind az l/d arányt, mind pedig a határterhet (lásd az előző lábjegyzet), ez alapján számítottuk (numerikusan) az adott határteherhez tartozó l/d arányt.

Beton szilárdsági osztálya	Határteher, p_{Rd} (kN/m^2)										
	300	250	200	150	100	50	25	20	15	10	5
C40/50	13,4	13,9	14,5	15,4	16,8	20,1	25,0	27,0	30,1	35,4	47,4
C35/45	13,2	13,7	14,3	15,1	16,5	19,6	24,3	26,2	29,1	34,1	45,6
C30/37	13,0	13,5	14,1	14,9	16,2	19,1	23,4	25,3	28,0	32,8	43,7
C25/30		13,3	13,8	14,6	15,8	18,5	22,6	24,3	26,9	31,3	41,5
C20/25			13,7	14,4	15,5	18,0	21,7	23,2	25,6	29,6	39,0
C16/20				14,3	15,3	17,5	20,9	22,3	24,4	28,1	36,8

3. táblázat: Az l/d arány a határteher (kN/m^2) és a beton szilárdsági osztályának függvényében, ha a megengedett lehajlás $l/250$, p_{qp}/p_{Rd}=0,5 d/h= 0,85, ε_{sh}= 0,04 %, a középső keresztmetszet alapján, az első és a második feszültségállapot kombinációjából számítva

Beton szilárdsági osztálya	Határteher, p_{Rd} (kN/m^2)										
	300	250	200	150	100	50	25	20	15	10	5
C40/50	13,2	13,6	14,1	14,8	15,7	17,2	18,6	19,1	19,6	20,3	21,2
C35/45	13,1	13,5	14,0	14,6	15,5	17,1	18,5	18,9	19,4	20,1	21,1
C30/37	12,9	13,3	13,8	14,4	15,3	16,8	18,3	18,7	19,2	19,9	21,0
C25/30	12,8	13,1	13,6	14,2	15,1	16,6	18,1	18,5	19,1	19,8	20,8
C20/25			13,5	14,1	15,0	16,5	17,9	18,3	18,9	19,6	20,7
C16/20				14,1	14,9	16,3	17,7	18,2	18,7	19,5	20,6

4. táblázat: Az l/d arány a határteher (kN/m^2) és a beton szilárdsági osztályának függvényében, ha a megengedett lehajlás $l/250$, p_{qp}/p_{Rd}=0,5, d/h= 0,85, ε_{sh}= 0,04 %, a középső keresztmetszet alapján, a **második feszültségállapotból** számítva

Beton szilárdsági osztálya	Határteher, p_{Rd} (kN/m^2)										
	300	250	200	150	100	50	25	20	15	10	5
C40/50	16,2	17,0	18,2	19,9	22,5	27,9	34,7	37,2	40,8	46,5	58,1
C35/45		16,6	17,8	19,4	21,9	27,1	33,7	36,2	39,7	45,2	56,5
C30/37			17,2	18,8	21,2	26,3	32,6	35,0	38,4	43,7	54,6
C25/30					20,5	25,4	31,5	33,8	37,0	42,2	52,7
C20/25						24,6	30,5	32,7	35,8	40,7	50,9
C16/20						23,8	29,5	31,7	34,7	39,4	49,2

5. táblázat: Az l/d arány a határteher (kN/m^2) és a beton szilárdsági osztályának függvényében, ha a megengedett lehajlás $l/250$, p_{qp}/p_{Rd}=0,5, d/h= 0,85, ε_{sh}= 0,04 %, a középső keresztmetszet alapján, az **első feszültségállapotból** számítva

Beton szilárdsági osztálya	Határteher, p_{Rd} (kN/m^2)										
	300	250	200	150	100	50	25	20	15	10	5
C40/50	13,6	14,1	14,8	15,7	17,3	21,0	26,3	28,5	31,7	37,1	49,3
C35/45	13,4	13,9	14,5	15,4	17,0	20,4	25,5	27,6	30,6	35,8	47,5
C30/37	13,2	13,6	14,2	15,1	16,6	19,8	24,6	26,6	29,5	34,4	45,5
C25/30		13,4	14,0	14,8	16,2	19,2	23,7	25,5	28,3	32,9	43,3
C20/25			13,8	14,6	15,8	18,6	22,7	24,4	26,9	31,2	40,9
C16/20				14,5	15,6	18,1	21,8	23,4	25,7	29,6	38,6

6. táblázat: Az l/d arány a határteher (kN/m^2) és a beton szilárdsági osztályának függvényében, ha a megengedett lehajlás $l/250$, p_{qp}/p_{Rd}=0,5, d/h= 0,85, ε_{sh}= 0,04 %, állandó vasalást feltételezve, a **görbületek integrálása alapján,** az első és a második feszültségállapot kombinációjából számítva

Beton szilárdsági osztálya	Határteher, p_{Rd} (kN/m²)										
	300	250	200	150	100	50	25	20	15	10	5
C40/50	14,0	14,4	15,1	15,9	17,4	20,5	25,8	28,0	31,1	36,3	47,2
C35/45	13,7	14,1	14,7	15,5	16,9	19,8	24,9	27,0	30,0	34,9	45,4
C30/37	13,3	13,7	14,3	15,1	16,3	19,1	23,9	25,9	28,8	33,5	43,5
C25/30		13,3	13,8	14,5	15,7	18,3	22,8	24,7	27,4	31,8	41,3
C20/25			13,3	14,0	15,1	17,4	21,5	23,2	25,8	29,9	38,7
C16/20				13,5	14,4	16,6	20,3	21,9	24,3	28,1	36,3

7. táblázat: Az *l*/d arány a határteher (kN/m²) és a beton szilárdsági osztályának függvényében, az **EC közelítő képlete (3) alapján** számítva

4. JAVASLAT A LEHAJLÁS KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSÉRE

Az elvégzett számítások alapján a következő megállapításokat tehetjük:

Kéttámaszú, vasbeton lemez vagy négyszög keresztmetszetű gerenda eleget tesz az $e\,d \le l/250$ lehajlás-korlátozásnak, ha

$$\frac{l}{d} \le (l/d)_{\text{megengedett}}, \tag{4}$$

ahol az egyenlőtlenség bal oldalán l a támaszköz, d pedig a hatékony magasság, a jobb oldali arányszám pedig, a beton szilárdsági osztálya és a határteher függvényében, a *8. táblázatból* vehető. (A *3. táblázat* értékeit kerekítettük és elhagytuk az utolsó oszlopot.)[5]

A táblázati értékekre jól illeszkedik az alábbi képlet:

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{2p_{\text{qd}}/p^*_{\text{Rd}}}}. \tag{5}$$

Háromfajta beton szilárdsági osztály és háromféle $p_{\text{qp}}/p^*_{\text{Rd}}$ arány esetében az eredményeket az *1. ábrán* is megadtuk.

Ha a keresztmetszetbe több acélbetétet helyezünk el, mint amennyire a teherbírás szempontjából szükség van, akkor p_{Rd} a következő képlettel becsülhető:

$$p_{\text{Rd}}\,\text{H} \approx p_{\text{Ed}}\,(A_{\text{s,prov}}/A_{\text{s,req}}), \tag{6}$$

ahol $A_{\text{s,req}}$ a szükséges, $A_{\text{s,prov}}$ pedig az alkalmazott betonacél keresztmetszeti területe.

Ha az acél folyáshatárának karakterisztikus értéke nem 500 N/mm² ($f_{\text{yk}} \neq 500$ N/mm²), akkor

$$p^*_{\text{Rd}} = p_{\text{Rd}}\frac{500}{f_{\text{yk}}} \tag{7}$$

Maximális túlemelés alkalmazása esetében az *l/d* arányt legfeljebb a *18. táblázatban* megadott értékekig szabad növelni.

(Abban az esetben, ha a tartó terhe nem egyenletesen megoszló, közelítésként egy olyan egyenletesen megoszló terhet vehetünk figyelembe, amelyből a tartó maximális nyomatékával egyező nyomaték jön létre a középső keresztmetszetben.)

Beton szilárdsági osztálya	Határteher, p^*_{Rd} (kN/m²)									
	300	250	200	150	100	50	25	20	15	10
C40/50	13	14	14	15	17	20	25	27	30	35
C35/45	13	14	14	15	16	19	24	26	29	34
C30/37	13	13	14	15	16	19	23	25	28	33
C25/30		13	14	14	16	18	22	24	27	31
C20/25			14	14	15	18	21	23	25	29
C16/20				14	15	17	21	22	24	28

8. táblázat: Az $(l/d)_{\text{megengedett}}$ a határteher és a beton szilárdsági osztályának függvényében, f_{yk}=500 esetében, $p_{\text{qp}}/p^*_{\text{Rd}} = 0.5$

A *8. táblázatban* p^*_{Rd} f_{yk}=500 N/mm² esetében azonos a határteherrel, p_{Rd}-vel; amely lemez esetén egyezik a lemez megoszló határterhével (kN/m²), gerenda esetén pedig a határteher ($p_{\text{Rd}}^{\text{ger}}$, [kN/m]) és a gerendaszélesség (b [m]) hányadosa ($p^*_{\text{Rd}}=p_{\text{Rd}}=p_{\text{Rd}}^{\text{ger}}/b$). Kihasznált keresztmetszet esetén a határteher azonosnak vehető a mértékadó (tervezési) teherrel, p_{Ed}-vel. A lemez mértékadó terhe általában 10 és 20 kN/m², a gerendáé 200 és 250 kN/m² között változik.

A lehajlást a terhek kvázi állandó kombinációjára kell ellenőrizni, amely közelítően a mértékadó (tervezési) teher 50%-a. Ha a teher ettől jelentősen eltér, akkor a 12-16. táblázatokat kell figyelembe venni, amelyek értékei a *8. táblázat* értékei alapján a *9. táblázatban* adott korrekciós szorzókkal becsülhetők.

$p_{\text{qp}}/p^*_{\text{Rd}}$	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
α	0,83	0,91	1,00	1,12	1,30	1,58

9. táblázat: Az $(l/d)_{\text{megengedett}}$ szorzója $p_{\text{qp}}/p^*_{\text{Rd}}$ függvényében

Alulbordás vasbeton födém esetében a keresztmetszet húzott betonöve gyakorlatilag nem merevíti a tartót. A biztonság javára való közelítésként elhanyagoljuk a húzott betonöv merevítő hatását és a lehajlást a második feszültségállapot alapján számoljuk. Egy ilyen számítás eredményei a *4. táblázatban* találhatók. Az alulbordás födém eleget tesz az $ed \le l/250$ lehajlás-korlátozásnak, ha az *l/d* arány kisebb mint a *4. táblázatban* adott határérték. Egyszerűbb javaslatot is megfogalmazhatunk a *4. táblázat* alapján: ha a födémteher kisebb mint 45 kN/m², és

$$\frac{l}{d} \le 17, \tag{8}$$

akkor az alulbordás födém eleget tesz az $ed \le l/250$ lehajlás-korlátozásnak. Ezt a feltétel is a $p_{\text{qp}}/p^*_{\text{Rd}} = 0{,}5$ esetre határoztuk meg, ettől eltérő arány esetében szabad az a korrekciós szorzót (5) figyelembe venni.

Kéttámaszú megtámasztástól eltérő megtámasztású vasbeton tartó lehajlása. A (4) feltételt szabad a nyomatéki nullpontok közti távolságra is vonatkoztatni. Az Eurocode (2002) szerint a tartó eleget tesz az $ed \le l/250$ lehajlás-korlátozásnak, ha

$$\frac{l/K}{d} \le (l/d)_{\text{megengedett}}, \tag{9}$$

[5] A *3. táblázatot d/h*= 0,85 esetére határoztuk meg oly módon, hogy a ζ tényezőt a középső keresztmetszet alapján határoztuk meg. Felmerül a kérdés, hogy *d/h*>0,85 esetében a *8. táblázat* értékei a biztonság kárára közelítenek-e? Ebből a célból, *d/h*=0,9 esetére meghatároztuk az *l/d* értékeket a ζ tényező pontos figyelembevételével, a görbületek integrálásával (*17. táblázat*). Ezeket összevetve a *8. táblázat* értékeivel azt látjuk, hogy *d/h*=0,9 esetben a a *8. táblázat* értékei a biztonság javára közelítenek.

ahol K-t a *10. táblázat* értelmezi.

Kéttámaszú gerenda, egy vagy kétirányban teherviselő egymezős, megtámasztott lemez	$K = 1$
Többtámaszú gerenda vagy egyirányban teherviselő lemez szélső nyílása, kétirányban teherviselő lemez, amely folytatólagos az egyik hosszabb él irányában	$K = 1{,}3$
Többtámaszú gerenda vagy egy- illetve kétirányban teherviselő lemez közbenső nyílása	$K = 1{,}5$
Pontokon megtámasztott lemez (nagyobbik támaszköz alapján számítva)	$K = 1{,}2$
Konzol	$K = 0{,}4$

10. táblázat: A K tényező a (9) képletben

Gerendával vagy fallal megtámasztott lemezek esetén l a rövidebb támaszköz. 7 m-nél nagyobb támaszköz esetén az Eurocode szerint a válaszfalak épsége érdekében az $(l/d)_{megengedett}$ arányt $7/l$-lel kell szorozni. Pontokon megtámasztott lemez esetében, ha a nagyobbik támaszköz meghaladja a 8,5 m-t, akkor az $(l/d)_{megengedett}$ arányt $8{,}5/l$-lel kell szorozni.

5. SZÁMPÉLDA

A) Ellenőrizzük a l=4,2 m támaszközű és h=200 mm vastagságú kéttámaszú vasbeton lemezt lehajlás-korlátozásra! A beton szilárdsági osztálya C20/25, a betonacél szilárdsági jele B 60.50, a betonacél átmérője 12 mm, a betonfedés 20 mm. Az állandó teher g_k=10 kN/m², a hasznos teher q_k=5 kN/m².

A lemez megengedett lehajlása $e_{megengedett} = l/250 = 16{,}8$ mm.

A lemez terhének tervezési értéke (Kollár, 1997) $p_{Ed} = 1{,}35\ g_k + 1{,}5\ q_k = 1{,}35 \times 10 + 1{,}5 \times 5 = 21$ kN/m², a terhek kvázi állandó kombinációja pedig $p_{qp} = g_k + \Psi_2 q_k = 10 + 0{,}3 \times 5 = 11{,}5$ kN/m², (ahol 1,35 és 1,5 az állandó teher és a hasznos teher biztonsági tényezője, Ψ_2=0,3 pedig az egyidejűségi tényező). Ebből $p_{qp}/p^*_{Rd} = p_{qp}/p_{Ed} = 0{,}54$, és az (5) képletből $\alpha = 0{,}965$. A 8. táblázatból $(l/d)_{megengedett} = 22{,}4$, amely az α tényezővel való szorzás után $(l/d)_{megengedett} = 0{,}965 \times 22{,}4 = 21{,}6$-ra módosul. A lemez hatékony vastagsága d = 174 mm, így l/d = 24,1; a lemez *lehajlás-korlátozásra nem felel meg.*

A lemez vasalása, amelyet a középső keresztmetszet nyomatéka ($p_{Ed}l^2/8$) alapján határoztunk meg: Ø12/170. Ezzel a vasalással és a p_{qp}= 11,5 kN/m² teherrel meghatároztuk a lemez középső keresztmetszetének a lehajlását. A „pontos" számítás szerint – a görbületek integrálásával számolva – a lehajlás 19,7 mm, a középső keresztmetszet alapján számolva pedig 21,7 mm. (Mind a kettő nagyobb, mint a megengedett lehajlás, a lemez lehajlás-korlátozásra e szerint a vizsgálat szerint sem felel meg.)

B) Vizsgáljuk meg, hogy milyen mértékű túlvasalás estén felel meg a lemez lehajlás-korlátozásra! Az Eurocode javaslata szerint, ha az acélbetétek mennyiségét 24,1/21,6 = 1,12 szeresére növeljük, a lemez lehajlásra megfelel. Ez nem igaz. A lemezben 1,7 szeresre kell növelni az acélbetétek mennyiségét, hogy lehajlásra megfeleljen. Ezt ellenőrizzük az alábbiakban. A megnövelt (Φ12/100) vasalás estén a határteher p_{Rd} = 34,7 kN/m². Ebből $p_{qp}/p_{Rd} = 0{,}33$, és (5) alapján $\alpha = 1{,}23$. A 8. táblázatból $(l/d)_{megengedett} = 19{,}8$, amely az α tényezővel való szorzás után $(l/d)_{megengedett} = 24{,}4$-re módosul. A tényleges l/d = 24,1; a lemez *lehajlásra megfelel.*

A pontos számítás szerint a lehajlás 15,1 mm, a középső keresztmetszet alapján számított lehajlás pedig 16,6 mm. (Mind a kettő kisebb, mint a megengedett lehajlás, a lemez lehajlás-korlátozásra e szerint is megfelel.)

C) Vizsgáljuk meg, hogy túlemelés alkalmazása esetén megfelel-e lehajlás-korlátozásra az A) pontban megadott lemez! A lemez maximális túlemelése l/250=16,8 mm, a teljes megengedett lehajlás ekkor l/125. A 18. táblázat szerint $(l/d)_{megengedett} = 32{,}2$, amely az a=0,965 tényezővel való szorzás után $(l/d)_{megengedett} = 31{,}0$-ra módosul. Ez nagyobb, mint l/d = 24,1; a lemez *lehajlásra megfelel.*

D) Vizsgáljuk meg a továbbiakban, hogy az A) pontban adott lemez mekkora túlemelés esetén felel meg lehajlás-korlátozásra! Ehhez meg kell becsülnünk a lehajlás értékét. A lehajlást csak több lépésben tudjuk kiszámítani. Tekintsünk ehhez egy olyan kéttámaszú tartót, amelynek támaszköze és terhe eltér, keresztmetszete viszont egyezik az A) pontban adott lemezétől. A támaszköz legyen $l_{megengedett}$, a teher pedig p. A tartó támaszközét és terhét úgy határozzuk meg, hogy (a) a tartó lehajláskorlátozásra megfeleljen (vagyis maximális lehajlása: $l_{megengedett}/250$), (b) a középső keresztmetszet nyomatéka (és görbülete) egyezzen meg az eredeti lemezével. A (b) feltételből az alábbi összefüggést nyerjük: $p = p_{Ed}\,(l/l_{megengedett})^2$. Úgy kell felvenni az $l_{megengedett}$ értékét, hogy a tartó az (a) feltételnek is eleget tegyen. Az alábbi táblázat középső két oszlopában a két feltételnek megfelelő iteráció található. A 4. és 5. sorban a teher és $l_{megengedett}$, gyakorlatilag nem változik, az értékeket elfogadhatjuk. Az $l_{megengedett}$ támaszközű tartó lehajlása ($l_{megengedett}/250$) és az A) pontban adott lemez lehajlása (e) között a következő összefüggés áll fenn: $l_{megengedett}/250 = e \times (l_{megengedett}/l)^2$. Figyelembe véve, hogy $e_{megengedett} = l/250$, az $e = e_{megengedett} \times (l/l_{megengedett})$ összefüggést nyerjük. Ezt tartalmazza a táblázat utolsó oszlopa.

l/d = 24,1 p_{Ed} = 21 kN/m² $e_{megengedett}$ = 16,8			
lépésszám	$p = p_{Ed}\left(\frac{l/d}{(l/d)_{megengedett}}\right)^2$	$(l/d)_{megengedett}$ (a 8. táblázatból és az (5) képletből)	$e = \frac{l/d}{(l/d)_{megengedett}} e_{megengedett}$
Kezdőérték:		21,6	
1	26,6[6]	20,1[7]	20,2[8]
2	31,0[7]	19,6	20,7
3	32,6	19,4	20,9
4	33,2	19,3	21,0
5	33,5	19,3	21,0

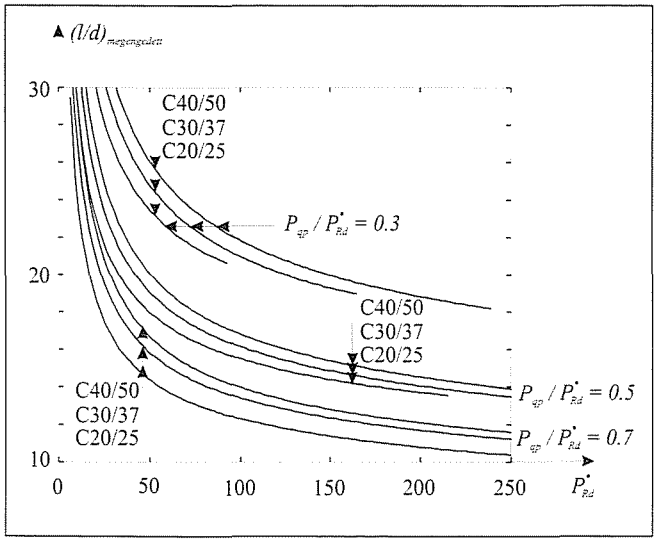
Esetünkben három lépés után e = 21,0 mm adódik, vagyis 21,0 – 16,8 = 4,2 ≈ 5 mm túlemelés esetében a 4,2 m támaszközű lemez lehajlásra megfelel.

6. EREDMÉNYEK

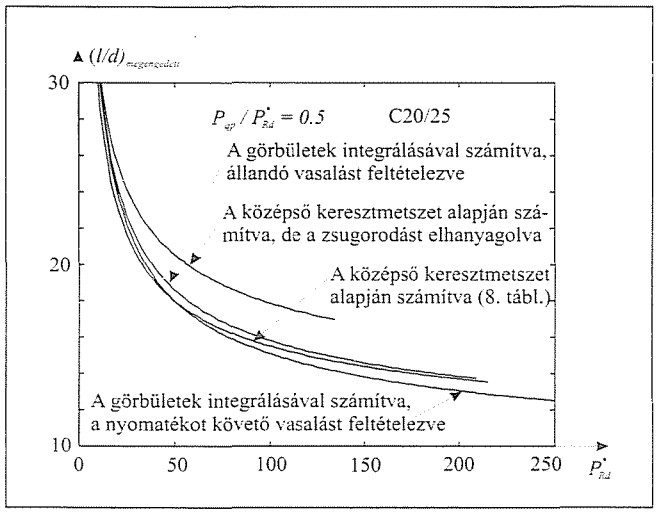
Az Eurocode 2 elveinek és előírásainak felhasználásával meghatároztuk a *8. táblázatot* és az (5) képletet, amelyek segítségével, – a teher függvényében –, meg tudjuk határozni vasbeton lemezek és négyszög keresztmetszetű gerendák szükséges hatékony magasságát; illetve meghatároztuk az $l/d \leq 17$ feltételt alulbordás lemezek szükséges hatékony magasságának felvételére. Egyszerű módszert adtunk a túlvasalás figyelembevételére (amely esetre az Eurocode javaslata a biztonság kárára közelít), és a p_{qp}/p^*_{Rd} arány 50%-tól való eltérésének figyelembevételére (amelyre az Eurocode nem ad közelítő módszert).

A *8. táblázatban* és az *1. ábrán* megfigyelhetjük, hogy $(l/d)_{megengedett}$ gerendák (nagy teher) esetén csak kis mértékben függ a betonszilárdságtól, lemezek esetén (kis teher) viszont erőteljesebben függ: minél nagyobb a szilárdság, annál karcsúbb szerkezet készíthető. Felmerülhet az igény, hogy a *8. táblázatot* tovább egyszerűsítsük, és a betonszilárdságtól független eredményeket adjunk. Ilyen igény esetén javasoljuk a *8. táblázat* C20/25 szilárdsági osztályú betonhoz tartozó sorának használatát (*11. táblázat*), amely C16/20 szilárdsági osztályú vasbeton lemez esetén kis mértékben a biztonság kárá-

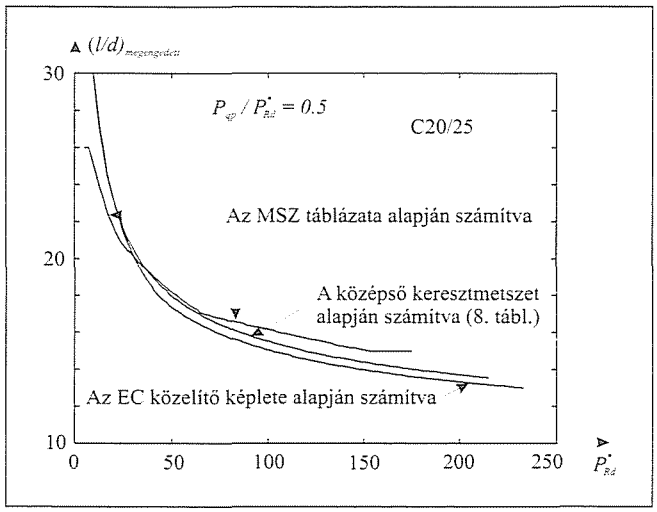
[6] $(l/d)_{megengedett}$ = 21.6 alapján számítva
[7] az előző oszlopban adott teher (p^*_{Rd} =26.6) alapján számítva
[8] az előző oszlopban adott $(l/d)_{megengedett}$ (= 20.1) és alapján számítva
[9] az előző sorban adott $(l/d)_{megengedett}$ (=20.1) alapján számítva



1. ábra: Az *l/d* arány a teher, p_{qp}/p^*_{Rd} és a beton szilárdsági osztályának függvényében (lásd a 8. 12. és 15. táblázatot. *d/h*= 0,85, e_{sh}= 0,04 %, f_{yk}=500)



2. ábra: Az *l/d* arány C20/25-as beton és p_{qp}/p^*_{Rd} =0,5 esetében a teher függvényében az Eurocode szerint számítva (*d/h*= 0,85, e_{sh}= 0,04 %, f_{yk}=500)



3. ábra: Az *l/d* arány C20/25-as beton és p_{qp}/p^*_{Rd} =0,5 esetében a teher függvényében az Eurocode szerint a középső keresztmerszet alapján számolva (8. táblázat), az Eurocode közelítő képlete (3) alapján számolva és az MSZ15022/1 11. táblázata alapján számolva

ra, a C30/37, C35/45 és C40/50 szilárdsági osztályú beton esetén pedig a biztonság javára közelít.

Határteher, p_{Rd} (kN/m²)	200	150	100	50	25	20	15	10
$(l/d)_{megengedett}$	14	14	15	18	21	23	25	29

11. táblázat: Az $(l/d)_{megengedett}$ a teher függvényében, f_{yk}=500 esetében, p_{qp}/p^*_{Rd} = 0,5

A 2. ábrán (C20/25 szilárdsági osztályú beton esetére) a középső keresztmetszet alapján történő számítási eredményeket összevetettük a görbületek integrálásával kapott eredményekkel és a zsugorodás elhanyagolásával kapott eredményekkel is. Az ábra mutatja, hogy a zsugorodás hatása jelentős, és azt is, hogy a görbületek integrálásával nyert „pontosított" eredmények csak kis mértékben térnek el a középső keresztmetszet alapján számított eredményektől. (A zsugorodás elhanyagolásával kapott eredmények jó közelítéssel egyeznek az Eurocode (1991)-ben szereplő előírással, amelyben gerendára az $l/d \leq 18$ javaslat szerepelt.)

A 3. ábrán (C20/25 szilárdsági osztályú beton esetére) eredményeinket összevetettük az Eurocode közelítő képletéből (3) és az MSZ táblázatából nyerhető eredményekkel is. Ahogy az várható, az Eurocode közelítő képlete mindig a biztonság javára közelít. Nagy teher (azaz gerenda) esetén az Eurocode lényegesen zömökebb, kicsiny teher (azaz lemez) esetén pedig karcsúbb szerkezetet ad, mint az MSZ.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző köszöni Dr. Deák György, egyetemi tanár és Dr. Borosnyói Adorján, egyetemi adjunktus hasznos javaslatait és észrevételeit.

8. HIVATKOZÁSOK

Bódi I., Dulácska E., Deák Gy., Korda J., Kovács B., Szalai K. (1989)), „Vasbeton-szerkezetek, A merevségi követelmények kielégítése." *Statikusok könyve*. Szerk.: Massányi és Dulácska, *Műszaki Könyvkiadó*

Deák Gy. (1972), „Az új tartószerkezeti méretezési szabványok födémekre vonatkozó előírásai", *Magyar Építőipar*. 647-654.

Deák Gy. (1986), „Tartószerkezetek merevségi követelményei", *Műszaki Tervezés*, pp. 10-13.

Deák Gy. (1989), „A vasbetonszerkezetek használati határállapota – alakváltozás", *Magyar Építőipar*, pp. 494-500.

Dulácska E. (2002), „*Statikai kisokos.*" *BertelsmannSpringer, Hungary*

Eurocode 2, (1991), prEN 1992-1-1 Eurocode 2, „*Vasbetonszerkezetek tervezése*"

Eurocode 2, (2002), prEN 1992-1-1 (Revised final draft), Eurocode 2, April 2002. "*Design of Concrete Structures*"

ISO 4356 (1977), Bases for the design of structures. Deformations of buildings at serviceability limit state. International Organization of Standardization.

Litzner, H. (1994), "Grundlagen der Bemessung nach Eurocode 2" – Vergleich mit DIN 4227, *Beton-Kalender*

Kollár L. (1997), „*Vasbetonszerkezetek. Vasbetonszilárdságtan az Eurocode-2 szerint*". Egyetemi jegyzet. (p,295) Műegyetemi Kiadó, Budapest, J95025

Neville, A.M., Houghton-Evans, W. And Clarke, C.V., (1977), "Deflection control by span/depth ratio, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 29. No. 98., pp. 31-41.

Pálfalvi D., Kollár L. és Farkas Gy. (1996), „*Vasbeton szerkezetek használati határállapota az EUROCODE és az MSZ-15022/1 szerint.*" Összehasonlító tanulmány. Készült a PHARE project keretében. No. HU 94,050101-L013/34

Várkonyi P. (2001), „*Hajlított tartók egyszerűsített merevségi vizsgálata.*" *Vasbetonépítés*, III. 115-118.

Visnovitz Gy. (2003), "Betonok jellemzői". A „*Vasbetonszerkezetek segédlet*" első fejezete. (Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék)

9. LEGFONTOSABB JELÖLÉSEK

A_s a húzott acélbetétek keresztmetszeti területe

b a keresztmetszet szélessége

d	a hatékony vagy hatásos magasság (a húzott acélbetétek súlypontja és a nyomott szélső szál közti távolság)
$f_{cd}=f_{ck}/1{,}5$	a beton szilárdságának tervezési értéke
f_{ck}	a beton szilárdságának karakterisztikus értéke
$f_{yd}=f_{yk}/1{,}15$	az acél folyáshatárának tervezési értéke
f_{yk}	az acél folyáshatárának karakterisztikus értéke
g_k	az állandó teher karakterisztikus értéke
h	a keresztmetszet teljes magassága
K	a támaszköz osztója a nyomatéki nullpontok távolságának közelítő meghatározására
l	a támaszköz
p_{Ed}	a teher tervezési értéke (mértékadó teher a teherbírás ellenőrzéséhez)
p_{Rd}	a határteher; amelynek működése esetében a kéttámaszú tartó középső keresztmetszetében a nyomaték eléri a keresztmetszet nyomatéki teherbírását (lemez esetén egyezik a lemez határterhével [kN/m²], gerenda esetén pedig a teher, p_{Rd}^{ger} [kN/m]és a gerendaszélesség, b [m] hányadosa: $p_{Rd}=p_{Rd}^{ger}/b$ [kN/m²])
p^*_{Rd}	a határteher szorozva $500/f_{yk}$-val ($p^*_{Rd}=500p_{Rd}/f_{yk}$)
p_{qp}	a teher kvázi állandó értéke (a lehajlás számításához)
q_k	a hasznos teher karakterisztikus értéke
$\rho=A_s/bd$	a húzott vashányad
φ_{ef}	az effektív kúszási tényező
Ø	a betonacél átmérője

10. FÜGGELÉK. SZÁMÍTÁSI EREDMÉNYEK

Beton szilárdsági osztálya	Határteher, p_{Rd} (kN/m²)										
	300	250	200	150	100	50	25	20	15	10	5
C40/50	11,2	11,6	12,1	12,8	14,0	16,7	20,9	22,6	25,2	29,7	39,8
C35/45	11,0	11,4	11,9	12,6	13,7	16,3	20,3	21,9	24,4	28,6	38,2
C30/37	10,8	11,2	11,7	12,3	13,4	15,9	19,6	21,1	23,5	27,5	36,6
C25/30	10,7	11,0	11,5	12,1	13,1	15,4	18,8	20,3	22,5	26,2	34,8
C20/25	10,6	10,9	11,3	11,9	12,8	14,9	18,0	19,4	21,3	24,8	32,6
C16/20		10,8	11,2	11,8	12,6	14,5	17,3	18,5	20,3	23,5	30,9

12. táblázat: Az l/d arány a teher (kN/m²) és a beton szilárdsági osztályának függvényében, ha a megengedett lehajlás l/250, **p_{qp}/p_{Rd}=0,7,** d/h= 0,85, ε_{sh}= 0,04 %, a középső keresztmetszet alapján, az első és a második feszültségállapot kombinációjából számítva

Beton szilárdsági osztálya	Határteher, p_{Rd} (kN/m²)										
	300	250	200	150	100	50	25	20	15	10	5
C40/50	12,2	12,6	13,2	14,0	15,2	18,2	22,7	24,6	27,4	32,2	43,2
C35/45	12,0	12,4	13,0	13,7	15,0	17,8	22,0	23,8	26,5	31,0	41,6
C30/37	11,8	12,2	12,7	13,5	14,6	17,3	21,3	23,0	25,5	29,8	39,8
C25/30	11,6	12,0	12,5	13,2	14,3	16,8	20,5	22,0	24,4	28,4	37,8
C20/25		11,9	12,4	13,0	14,0	16,3	19,6	21,1	23,2	26,9	35,4
C16/20			12,3	12,9	13,8	15,8	18,9	20,2	22,1	25,5	33,5

13. táblázat: Az *l/d* arány a teher (kN/m²) és a beton szilárdsági osztályának függvényében, ha a megengedett lehajlás *l*/250, **p_{qp}/p_{Rd}=0,6,** *d/h*= 0,85, ε_{sh}= 0,04 %, a középső keresztmetszet alapján, az első és a második feszültségállapot kombinációjából számítva

Beton szilárdsági osztálya	Határteher, p_{Rd} (kN/m²)										
	300	250	200	150	100	50	25	20	15	10	5
C40/50	15,1	15,6	16,3	17,3	18,9	22,6	28,1	30,4	33,8	39,6	53,1
C35/45	14,9	15,4	16,1	17,0	18,6	22,0	27,2	29,4	32,7	38,2	51,1
C30/37		15,2	15,8	16,7	18,2	21,5	26,3	28,4	31,5	36,7	48,9
C25/30			15,6	16,4	17,8	20,8	25,4	27,3	30,2	35,1	46,5
C20/25					17,5	20,3	24,4	26,1	28,7	33,2	43,7
C16/20					17,3	19,8	23,5	25,1	27,4	31,6	41,2

14. táblázat: Az l/d arány a teher (kN/m²) és a beton szilárdsági osztályának függvényében, ha a megengedett lehajlás l/250, **p_{qp}/p_{Rd}=0,4,** d/h= 0,85, ε_{sh}= 0,04 %, a középső keresztmetszet alapján, az első és a második feszültségállapot kombinációjából számítva

Beton szilárdsági osztálya	Határteher, p_{Rd} (kN/m²)										
	300	250	200	150	100	50	25	20	15	10	5
C40/50			18,8	20,0	21,8	26,1	32,4	35,1	39,0	45,8	61,3
C35/45			18,6	19,7	21,4	25,5	31,5	34,0	37,8	44,2	59,0
C30/37				19,3	21,0	24,8	30,5	32,8	36,4	42,5	56,5
C25/30					20,6	24,1	29,4	31,6	34,9	40,6	53,7
C20/25						23,5	28,2	30,2	33,3	38,5	50,6
C16/20						23,0	27,2	29,1	31,8	36,6	47,7

15. táblázat: Az l/d arány a teher (kN/m²) és a beton szilárdsági osztályának függvényében, ha a megengedett lehajlás l/250, **p_{qp}/p_{Rd}=0,3,** d/h= 0,85, ε_{sh}= 0,04 %, a középső keresztmetszet alapján, az első és a *második feszültségállapot kombinációjából* számítva

Beton szilárdsági osztálya	Határteher, p_{Rd} (kN/m²)										
	300	250	200	150	100	50	25	20	15	10	5
C40/50					26,4	31,7	39,5	42,8	47,6	55,9	75,0
C35/45					26,0	30,9	38,4	41,5	46,1	54,0	72,2
C30/37						30,1	37,1	40,0	44,4	51,9	69,1
C25/30						29,3	35,8	38,5	42,6	49,5	65,7
C20/25							34,4	36,9	40,6	47,0	61,9
C16/20							33,2	35,5	38,8	44,7	58,4

16. táblázat: Az l/d arány a teher (kN/m²) és a beton szilárdsági osztályának függvényében, ha a megengedett lehajlás l/250, **p_{qp}/p_{Rd}=0,2,** d/h= 0,85, ε_{sh}= 0,04 %, a középső keresztmetszet alapján, az első és a második feszültségállapot kombinációjából számítva

Beton szilárdsági osztálya	Határteher, p_{Rd} (kN/m²)										
	300	250	200	150	100	50	25	20	15	10	5
C40/50	13,5	14,0	14,7	15,6	17,1	20,5	25,4	27,5	30,5	35,6	47,1
C35/45	13,3	13,8	14,4	15,3	16,8	20,0	24,7	26,7	29,5	34,4	45,4
C30/37	13,1	13,6	14,2	15,0	16,4	19,4	23,9	25,7	28,5	33,1	43,6
C25/30		13,4	13,9	14,7	16,0	18,9	23,0	24,8	27,3	31,6	41,5
C20/25			13,8	14,5	15,7	18,3	22,1	23,7	26,0	30,0	39,2
C16/20				14,4	15,4	17,8	21,3	22,8	24,9	28,6	37,1

17. táblázat: Az l/d arány a teher (kN/m²) és a beton szilárdsági osztályának függvényében, ha a megengedett lehajlás l/250, p_{qp}/p_{Rd}=0,5, **d/h= 0,9,** ε_{sh}= 0,04 %, **a görbületek integrálása alapján**, az első és a második feszültségállapot kombinációjából számítva

Beton szilárdsági osztálya	Határteher, p_{Rd} (kN/m²)										
	300	250	200	150	100	50	25	20	15	10	5
C40/50					25,4	29,1	33,7	35,5	38,2	42,9	54,1
C35/45					25,1	28,6	33,0	34,8	37,3	41,8	52,4
C30/37						28,1	32,3	34,0	36,4	40,6	50,6
C25/30						27,7	31,6	33,2	35,4	39,3	48,6
C20/25						27,4	31,0	32,4	34,5	38,0	46,4
C16/20							30,6	31,9	33,7	36,9	44,6

18. táblázat: Az l/d arány a teher (kN/m²) és a beton szilárdsági osztályának függvényében, ha a megengedett lehajlás **l/125**, p_{qp}/p_{Rd}=0,5, d/h= 0,85, ε_{sh}= 0,04 %, a középső keresztmetszet alapján, az első és a második feszültségállapot kombinációjából számítva

Kollár László P. (1958), okleveles építőmérnök (1982), mérnök matematikus szakmérnök (1986), a műszaki tudomány kandidátusa (1986), az MTA doktora (1995), az MTA levelező tagja (2001), a BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszékének egyetemi tanára. Fő érdeklődési területei: kompozit szerkezetek, mérnöki tartószerkezetek, földrengési méretezés, vasbetonszerkezetek.

DEFLECTION CONTROL OF REINFORCED CONCRETE BEAMS AND SLABS ACCORDING TO THE EUROCODE 2

Prof. László P. Kollár

The paper presents a simple method for the deflection control of reinforced concrete slabs, ribbed slabs, and rectangular beams. The allowable span/depth ratio is presented as the function of the design load and the characteristic strength of the concrete. The paper shows that the approximation of the Eurocode 2, which takes into account the effect of the provided-/required steel-area ratio may not be conservative, and a new, simple and reliable method is presented.

HIDAK KÜLSŐ KÁBELES MEGERŐSÍTÉSE AZ M7 AUTÓPÁLYA ÉRDI SZAKASZÁN

Pálossy Miklós

Az M7 autópálya érdi emelkedőjén lévő Szövő utcai közúti és Tetőfedő utcai gyalogos hidak felújítása során a "szokásos" munkák (szigetelés, burkolatok, vízelvezetés, stb. felújítása) mellett az évek során kialakult nagy lehajlással együtt járó és további állagromlással fenyegető erős repedezettség megszüntetése is cél volt. E feladat célszerűen külső kábeles feszítéssel volt megoldható. A megbízható korrózióvédelmű, kis súrlódású modern kábelek és néhány horganyzott acél-szerelvény beépítésével a forgalmas autópálya feletti hidak még hosszú évekig használatban maradhatnak.

Kulcsszavak: felújítás, feszítés, külső kábel, irányterő saru

1. ELŐZMÉNYEK

Az M7 autópálya Érd-Zamárdi szakaszának 2001-2002 évi felújításával egyidőben felmerült az átépített szakaszon lévő hidak felújításának szükségessége. Az érdi emelkedő tetőpontjának közelében az 1960-as évek második felében épített Szövő utcai közúti híd, illetve a Tetőfedő utcai gyalogos híd felújítását az tette különösen is indokolttá, hogy mindkét autópálya feletti híd viszonylag nagy, lágyvasalású nyílásaiban az idők folyamán jelentős (5-10 cm) lehajlás, és ezzel együtt erős repedezettség lépett fel. A teljes körű hídrekonstrukciónak ezért ki kellett terjednie a hidak statikai vizsgálatára is, a fent említett kedvezőtlen jelenségek lehetőség szerinti megszüntetésével.

Megjegyezzük, hogy korábbi hídszabályzatok előírásai nem vették figyelembe a mai részletességgel a beton lassú alakváltozásának hatását, ezért a nagy lehajlás gyakran előforduló hiba a 40 éves hidaknál.

Az Állami Autópálya Kezelő Rt 2001. márciusában bízta meg a Pont-TERV Rt.-t a felújítási tervek elkészítésével. A munkához rendelkezésre álltak a hidak eredeti (1964-ben készült) tervei, valamint a korábbi hídvizsgálatok eredményei is.

A tervezés közvetlen előkészítéseként további vizsgálatok is készültek:

- a hídpálya geodéziai felmérése (Mért Pont Földmérő és Mérnöki Iroda Kft);
- részletes helyszíni vizsgálat, mely a betonacél és a beton szilárdsági és vegyvizsgálatára is kiterjedt (X/T EXPERT Tervező Mérnöki Tanácsadó Kft).

A tervezésben és építésben részt vevő főbb cégek az alábbiak voltak:

Építtető/műszaki ellenőr: Állami Autópálya Kezelő Rt.
Kivitelező: MÁV Hídépítő Kft. (generálkivitelező)
Mértan KFT, ill. Megalit Kft. (feszítési munkák)
Tervezés: Pont-TERV Rt.

2. AZ EREDETI ÁLLAPOT LEÍRÁSA

2.1 Szövő utcai híd

A híd az M7 autópálya 16 + 944,9 km szelvényében kb 10 m-es bevágás felett épült 1966-67-ben. A háromnyílású monolit vasbetonhíd támaszközei 18,50 + 37,00 + 18,50 m-esek. Az egycellás szekrény-keresztmetszet 10,40 m szélességű, 7,0 m kocsipálya és 2 x 1,50 m gyalogjárda átvezetésével. A híd alaprajzilag egyenes, hossz-szelvényileg 1,1%-os emelkedésű. A ferdeségi szög 84° 15'.

A fölfelé szélesedő oszlop-lábakkal együtt keretszerkezetként méretezett híd felszerkezete a szélső nyílásokban csökkenő magasságú, és a hídfők szerkezeti gerendáinak sínsaruira fekszik fel.

A pilléreket 4x8 m méretű síkalapokkal, a hídfőket a bevágás koronájáról indított 1,70 m átmérőjű, ~ 9 m mély kutakkal alapozták.

2.2 Tetőfedő utcai híd

Az M7 autópálya 16 + 594,8 km szelvényében, 5-9 m-es bevágás felett épült gyalogos híd 2 × 34,0 m nyílású monolit vasbeton gerendahíd. Építési ideje ugyancsak 1966-67-re esik. Az egycellás szekrény-keresztmetszet szélessége 3,50 m. A híd alaprajzilag egyenes, hossz-szelvényileg 5%-os emelkedésű.

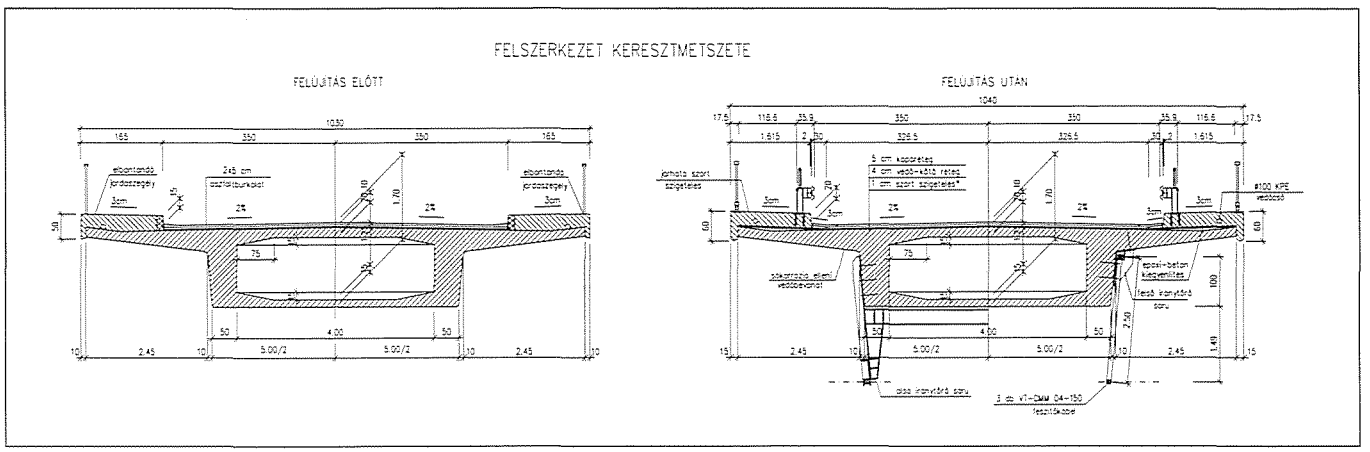
A hidat középen egy 80 cm átmérőjű köroszlop támasztja alá. Az állandó magasságú felszerkezet a hídfők szerkezeti gerendáinak sínsaruira fekszik fel.

A pillért 3 × 3 m méretű pontalappal, a hídfőket a bevágás koronájáról indított 1,70 m átmérőjű, ~5 - 7 m mély kutakkal alapozták.

3. VIZSGÁLATOK ÉS JAVASLATOK KIÉRTÉKELÉSE

A korábbi vizsgálatok mindkét híd esetében elsősorban a burkolatok, szegélyek, hídtartozékok, a vízelvezetés és a hídkörnyezet elhanyagoltságát, ill. hiányosságait tárták fel. Emellett a felszerkezet szemmel is látható mértékű, erős lehajlásával együtt járó repedezettségét és főleg a gyaloghíd esetében helyenkénti átázását is megállapították, mely körülmény a statikai vizsgálat és értékelés szükségességét is felvetette.

A geodéziai mérések szerint a középső nyílás lehajlása a Szövő utcai híd esetében 8-10 cm, a Tetőfedő utcai híd nyílásainál mintegy 5-10 cm volt. A fellépő repedések tágassága számos helyen a 0,4-0,5 mm-t is elérte. A repedések lefutásuk



1. ábra: Szövő utcai híd keresztmetszete

alapján erőtani jellegűek: mezőben alsó, a támaszok közelében ferde „nyírási", ill. támaszok fölött a konzolok alján is megjelenő felső repedések jelentkeztek. Ez utóbbi – átmenő – repedéseknél átázási foltok is megjelentek, amelyek az átfolyó sós lé korróziós hatása miatt különösen veszélyesek. Egyéb helyeken – a szegélyeket leszámítva - a beton felületének állapota viszonylag jónak mondható volt, amit a roncsolásmentes szilárdsági vizsgálat eredménye is alátámasztott (a felszerkezet betonja C45 szilárdsági osztályba sorolható). A betonkorróziós vizsgálat szerint ugyanakkor a karbonátosodás és a kloridion szennyeződés mértéke csak a szegélyeknél jelentett problémát, a szerkezetek felújítással megvédhetők. A betonacélok a B50.36 szilárdsági osztályba sorolhatók, korróziós károsodás csak néhány kengyelnél volt található. (A fő acélbetétek az eredeti terv szerint ∅32 mm átmérőjű, B 50.36 minőségnek megfelelő, hegesztett toldású sima betétek.)

Az elvégzett vizsgálatok és a közelítő statikai ellenőrzés alapján megállapítást nyert, hogy mindkét híd

- teherbírási szempontból megfelel,
- a használati követelményeket (lehajlás, repedéstágasság) nem elégíti ki,
- a szokásos felújítási teendők mellett javasolható az erőtani állapot olyan jellegű javítása, ami a használati határállapot szerinti megfelelőséget eredményezi, ez célszerűen *külső kábeles feszítéssel* valósítható meg.

Fentiek alapján – a Megbízóval is konzultálva - a tervekben a következő munkákat irányoztuk elő.

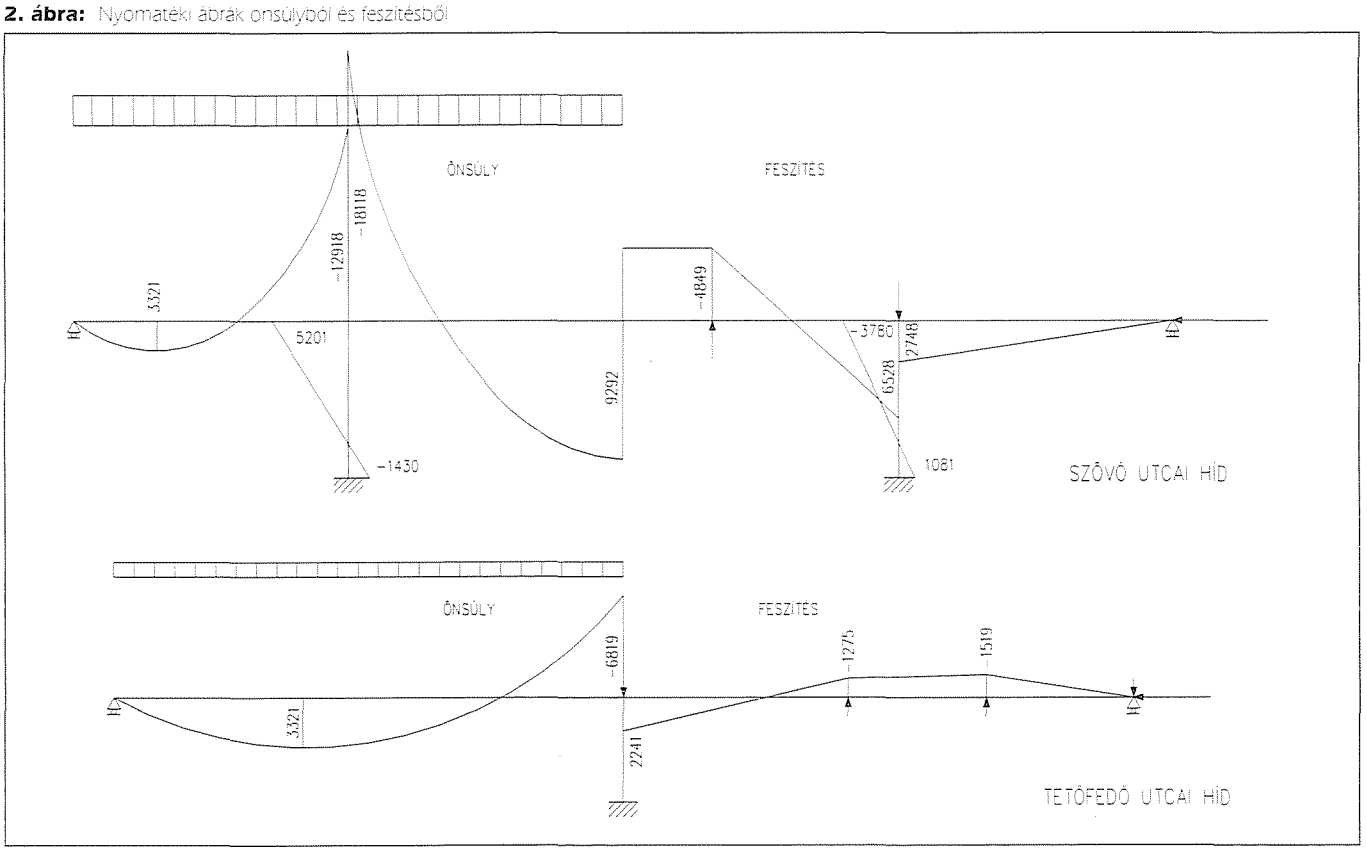
Felújítási munkák:

- szigetelés, szegélyek és burkolat cseréje, védőbevonatok,
- új korlátok és hídtartozékok,
- vízelvezetés megoldása,
- pályacsatlakozások rendezése.

Megerősítési munkák:

- külső kábeles feszítés a repedések zárására és a lehajlott mezőközép emelésére.
- Ez utóbbival kapcsolatban megjegyezzük, hogy a számítások szerint a teljes lehajlás kb. 1/3-a kompenzálható a feszítéssel, ugyanakkor a burkolat- és szegélycsere többletsúlyából némi további lehajlás is várható. A hossz-szelvény korrigálását ezért a feszítés mellett részben az aszfaltburkolat alatti kiegyenlítő betonréteg korlátozott mértékű vastagságváltoztatásával, részben pedig a szerkezet

2. ábra: Nyomatéki ábrák önsúlyból és feszítésből



vonalát optikailag meghatározó szegély további emelésével irányoztuk elő.

4. FELÚJÍTÁSI MUNKÁK

4.1 Szövő utcai híd

4.1.1 Vasbeton szerkezetek átépítése és javítása

Első lépésként el kellett bontani a korlátokat, a vasbeton gyalogjárdákat, az aszfaltburkolatot és a szigetelést. A lehorgonyzó gerendák és a keresztszivárgók építéséhez ki kellett bontani a hídfők mögötti részeket is, a kiegyenlítő lemezek elbontásával együtt. A szerkezet feszítése után a pályalemez felületének beszintezésével meghatározhatóvá vált a szükséges kiegyenlítő betonréteg (a kifuttatásoknál cementbázisú kiegyenlítő habarcs) vastagsága. Ennek felső síkját úgy kellett kialakítani, hogy az ezután felhordott önsúlyterhekből származó lehajlásokat is figyelembe véve a szigetelés szintjén megfelelő kereszt- és hosszesés alakuljon ki.

Az új járdaszegély burkolat feletti magasságát az eredeti 15 cm-ről 20 cm-re növeltük. A szegély magasságának változtatásával a szerkezet alakját meghatározó felső szegély-él további korrekciójára is lehetőség volt. A végleges szegélymagasság meghatározásánál a szegély- és burkolatsúlyokból fellépő lehajlást is figyelembe kellett venni (*1. ábra*).

A felszerkezeten lévő repedések injektálását – a csak normálerővel feszített szerkezeteknél szokásossal ellentétben – csak a munkák végén, a feszítésből, új burkolat- és szegélysúlyokból származó lehajlások lejátszódása után végezték el. A feszítés ugyanis esetünkben a minél nagyobb alakváltozás bevitelét is célozta, és a berepedt, kisebb inerciájú szerkezeten hatásosabb az iránytörő erők emelő hatása (nyomatékot is beviszünk).

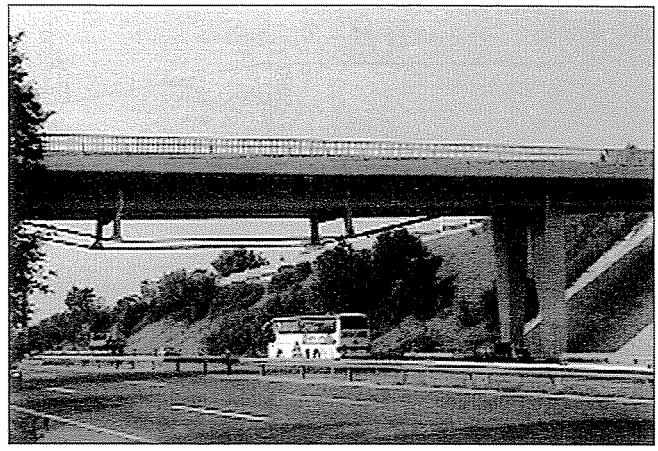
A felmenő- és felszerkezetek betonfelületeit tisztítás és javítás után védőbevonattal látták el.

4.1.2 Feszítési munkák

Mivel a híd teherbírás szempontjából a számítások szerint megfelel, a külső kábeles feszítés elsődleges célja, hogy a szerkezet megfelelőségét használati határállapotban is biztosítsa, ezáltal a híd az elvárható élettartama alatt biztonságosan üzemeltethető és gazdaságosan fenntartható legyen. A beavatkozás elve az alábbi volt.

A külpontosan vezetett kábellel bevitt normálerővel és iránytörő erőkkel a repedések zárása (állandó teherre), ill. korlátozása (üzemi teherre 0,1 mm) elérhető, és ezzel a további korróziós károsodások megelőzhetők. Ezzel egyidejűleg az esztétikailag kedvezőtlen nagy behajlás is (a számítások szerint kb.1/3-ával) csökkenthető. Az alakhiba fennmaradó része az új szegély építésével optikailag tovább javítható (*2. ábra*).

A feszítő kábelek vonalvezetésénél az esztétikai szempontok miatt nem használtuk ki teljesen a 4,70 m-es űrszelvény és a híd alsó éle között rendelkezésre álló mintegy 3,5 m-es magasságot: a megvizsgált változatok közül mind statikailag, mind esztétikailag a kábelek szerkezeti alsó él alatt kb. 1,5 m-rel való vezetése bizonyult optimálisnak. (Magasabban vezetett kábel esetén az iránytörő erők kisebbek, túl mélyen vezetett kábel viszont kedvezőtlen arányú és "nyomasztó" hatású a lenti forgalomra nézve). A középső nyílás harmadaiban elhelyezett alsó iránytörő sarukat, nagyszilárdságú acélból gyártott, tűzihorganyzott kivitelű karcsú acél kitámasztó szerelvények rögzítik a felszerkezethez. A ferdén felvezetett kábelek az oszlopok vonalában, a konzol tövében „elrejtett" felső irány-



3. ábra: Szövő utcai híd távlati képe

törő saruktól már a felszerkezettel párhuzamosan, közel a súlyvonal magasságában futnak tovább a végkeresztartó mögötti lehorgonyzási pontokhoz (*3. ábra*).

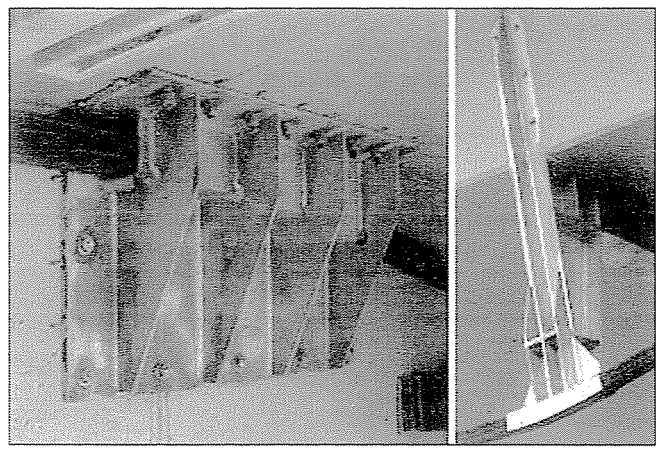
Feszítőkábelként kétszer extrudált (kétszeres védelmű, kemény polietilén védőburkolattal ellátott) zsírzott Vorspann-Technik rendszerű kábeleket használtunk, melyek a feszítőpászmák hosszútávú védelmét, és a kis súrlódási ellenállást maximálisan biztosítják. A kellő erők beviteléhez oldalanként 3 x 4 db 150 mm^2 keresztmetszetű (VT-CMM 04-150) nagyszilárdságú feszítőpászma volt szükséges. A kábelek az iránytörő saruk horganyzott acélszerelvényeiben közvetlenül egymáson futnak, ami megkönnyíti elhelyezésüket (a 3x4 kábelt tartalmazó kötegeket hosszirányban csörlővel egyszerre be lehetett húzni), ugyanakkor az egyes pászmák egyenkénti cseréje továbbra is lehetséges.

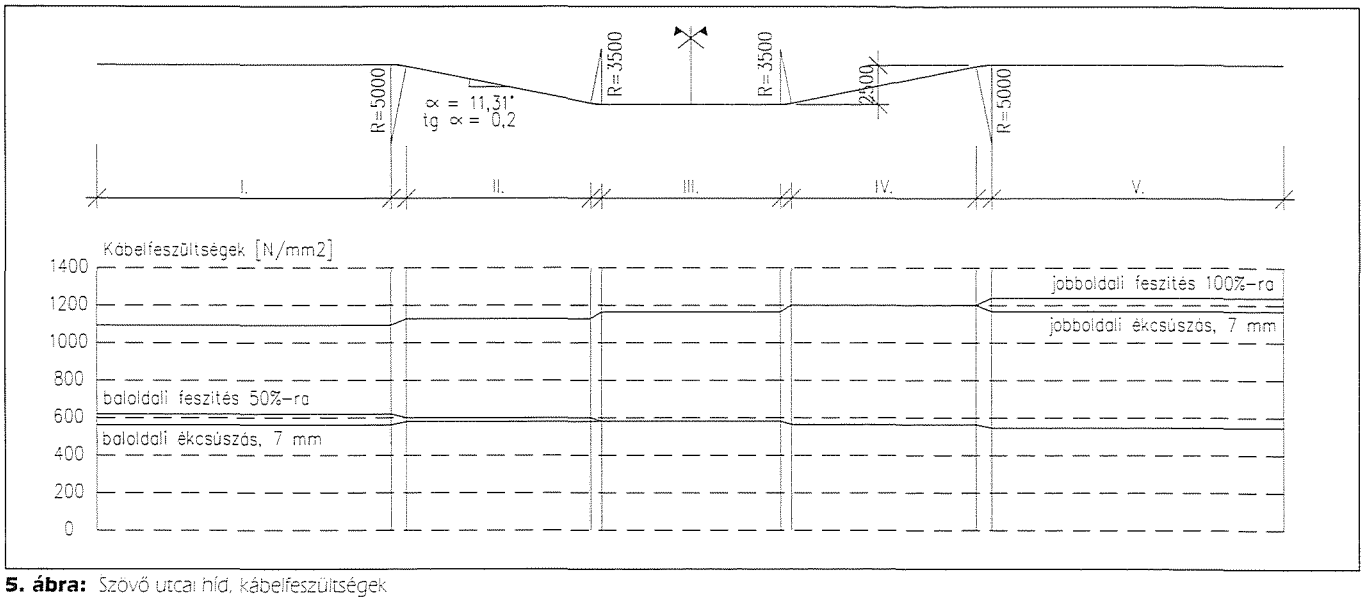
A horganyzott alsó iránytörő sarukat NF csavarok rögzítik az acél kitámasztó szerkezethez. Az erő az iránytörési szög felezőjének irányában álló kitámasztó oszlopokat összekötő 300 mm magas keresztartón, ill. az a fölé elhelyezett éklemezeken keresztül adódik át a felszerkezetre.

A felső iránytörő saruk ugyancsak horganyzott acélszerelvények, melyeket a gerincbe fúrt dübelekkel és a konzoltő átfúrásával beépített felfüggesztésekkel rögzítettünk. A felkötőelemeket a „rövid konzol" húzott vasalásának megfelelő, a pályalemezbe besüllyesztett szerelvényekhez rögzítettük (*4. ábra*).

A lehorgonyzás célszerűen a végkeresztartó mögött volt megoldható, mivel a nyomóerő így a teljes felszerkezeten végigfut, és a hídfő előtt való ráfeszítéses rögzítés az 5 m széles tömör lemezvégben nem volt lehetséges. Az átvezetéshez az 50 cm vastag végkeresztartóban kb. 200 mm átmérőjű áttörést kellett fúrni. A nagy koncentrált erő bevezetése miatt egy teherelosztó lehorgonyzó gerenda építése is szükségessé vált a

4. ábra: Szövő utcai híd, iránytörő saruk





5. ábra: Szövő utcai híd, kábelfeszültségek

végkereszttartó mögött. A gerenda fészkeibe süllyesztett lehorgonyzások védelmét a viasszal lezárt sapka fölötti kibetonozás és az erre rávezetett szigetelés biztosítja. A hídfők mögött összegyűlő víz elvezetésére a rézsűre kivezetett keresztszivárgó épült. Kábelcsere esetén a lehorgonyzások kibonthatók.

A feszítés végrehajtása az alábbi módon történt:

A kábeleket egyenként feszítették meg, a legalsó kábellel kezdve. Keresztmetszetileg azonban a két konzol alatti kábelek feszítése egyszerre történt, a felszerkezet nem kívánatos aszimmetrikus terhelésének elkerülésére.

Az egyes kábelek feszítését három lépcsőben végezték:

Első lépésként a kábeleket a teljes erő kb.10%-ának megfelelő erővel kellett meghúzni, hogy a kábelek „kifeszüljenek" és a nyúlás a továbbiakban mérhető legyen. A második lépésben a kábeleket a teljes erő 50 %-áig húzták meg és ékeléssel rögzítették. Harmadik lépésként ugyanezen kábelek másik végét kellett a 100%-os tervezett erőre megfeszíteni, majd ledugózni. Az ékcsúszás értéke 6-7 mm. A kívánt erőszinteket a sajtónyomást fokozatosan növelve 3-4 lépcsőre bontva érték el, a nyúlások folyamatos mérésével.

Az irányító sarukra átadódó – a súrlódásból származó – vízszintes erők kiegyenlítése céljából a következő kábelköteg feszítését az elsővel ellentétes oldalról kellett kezdeni.

A feszítéskor, ill. az ékcsúszás után számított kábelfeszültségek szakaszonkénti változását grafikusan is ábrázoltuk (*5. ábra*). Látható, hogy az irányító saruknál fellépő súrlódási veszteség annak ellenére sem jelentős, hogy az egymásra helyezett – csupán rozsdamentes acéllemez betétekkel elválasztott – kábelkötegek közötti súrlódási tényező (μ=0,16) nagyobb az egyes kábelekre megadott katalógus szerinti értéknél (μ=0,05). E megoldás előnye viszont, hogy a kábelkötegek csörlővel egyszerre behúzhatók, így a kábelbehúzás kényes és időigényes folyamata egyszerűsíthető és gyorsítható.

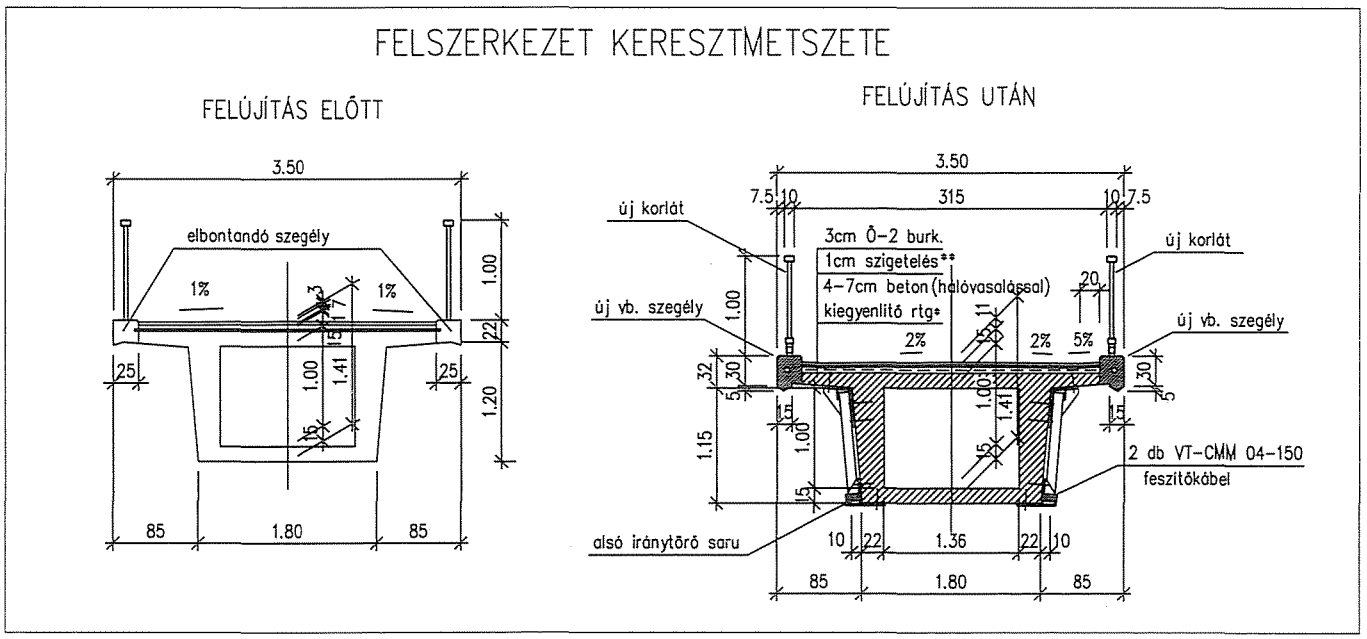
4.1.3 Befejező munkák

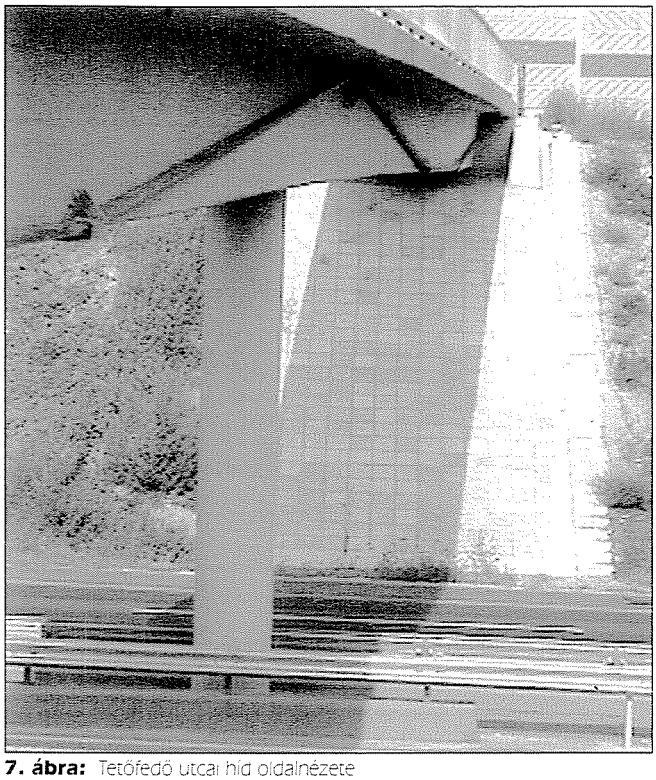
Az alakváltozott, repedezett felszerkezetre nagyobb repedésáthidaló-képességű szórt szigetelést terveztünk. A járda járófelülete kopásálló szórt szigetelést kapott.

A kocsipálya kopórétege 5 cm AB-12/F jelű aszfaltburkolat, a védő-kötő réteg vastagsága 4 cm. A hídfőkben kibontott útpályát a meglévő burkolathoz csatlakozva kellett helyreállítani.

Az eredetileg „tövigpálcás" külső korlátot a korróziós károsodások miatt új, zárt elemekből álló horganyzott korlátra cseréltük. A járda belső szélére csőtaggal magasított közúti vezetőkorlát került.

6. ábra: Tetőfedő utcai híd keresztmetszete





7. ábra: Tetőfedő utcai híd oldalnézete

A híd mindkét végén előregyártott elemekből készülő szolgálati lépcső, a hídról lefolyó csapadékvíz elvezetésére surrantók készültek.

A pályaburkolaton átjutó és a szigetelésen szivárgó vizek összegyűjtésére és elvezetésére a mélyvonal teljes hosszán burkolatszivárgó épült, a pillérek és a mélyoldali hídfő előtt kicsepegtetve.

A későbbi szabálytalan burkolatrepedések kialakulásának megelőzésére a hídpálya és folyópálya-burkolat hídvégeknél való csatlakozásánál 20 cm széles aszfalt-dilatációs szerkezetet terveztünk.

4.2 Tetőfedő utcai híd

4.2.1 Vasbeton szerkezetek átépítése és javítása

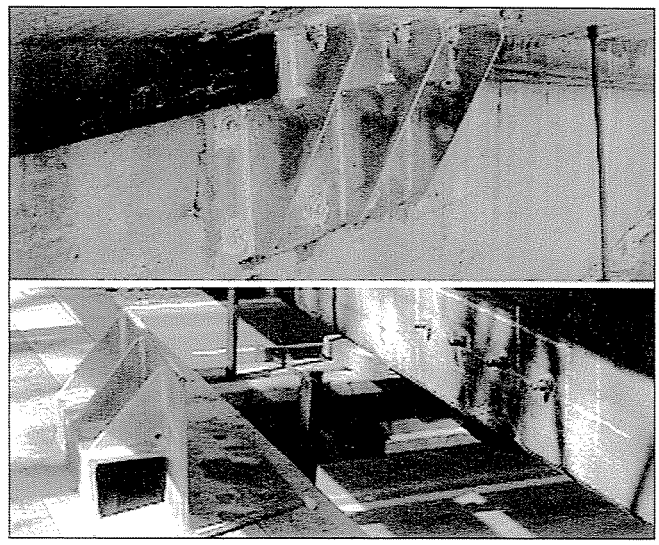
Az előző hídhoz hasonlóan a munkák itt is a korlátok, a vasbeton szegélybordák, a szigetelés, a szigetelést védő beton és az aszfaltburkolat, valamint a hídfők mögötti részek bontásával kezdődtek. A lehorgonyzó gerendák építése után került sor a felszerkezet feszítésére.

A kiegyenlítő profilbeton-réteg szükséges vastagságának végleges értékeit a feszítés utáni szintezés alapján lehetett meghatározni. A túlzott súlynövekedés és szegély-magasítás elkerülése végett a rábetonozást tengelyben 7-11 cm között korlátoztuk. Keresztirányban a rábetonozás vastagsága a 2%-os keresztesésnek megfelelően a támaszok fölött 4-7 cm között (mezőben max 8-11 cm) változik. A zsugorodási repedések elkerülésére a kiegyenlítő betonba Ø8/200x200 hálóvasalást helyeztünk.

Az új szegély felső síkját a burkolatszélhez képest a további hossz-szelvény korrekció miatt változó mértékben kiemeltük, ezáltal a csapadékvíz átfolyása is megszűnt (*6. ábra*).

A repedések injektálását a másik hídhoz hasonlóan ugyancsak a feszítés és a többlet terhekből származó alakváltozások lejátszódása után végezték el.

A szükséges felületi javítások után a felszerkezetet és a középső alátámasztó oszlopot sókorrózió elleni védőbevonattal látták el.



8. ábra: Tetőfedő utcai híd, irányterő saruk

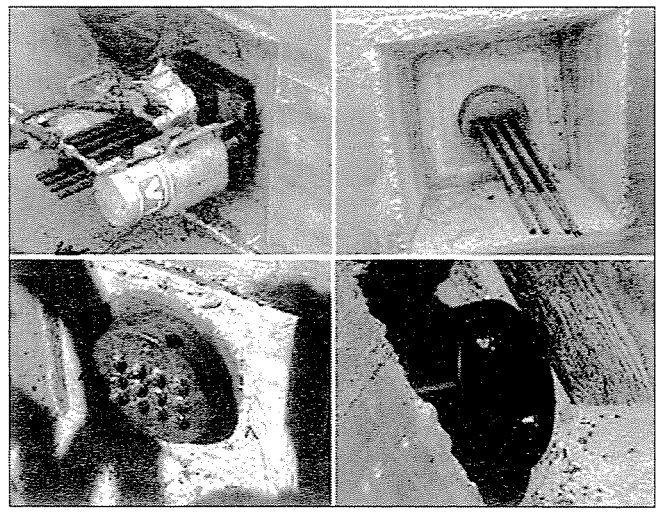
4.2.2 Feszítési munkák

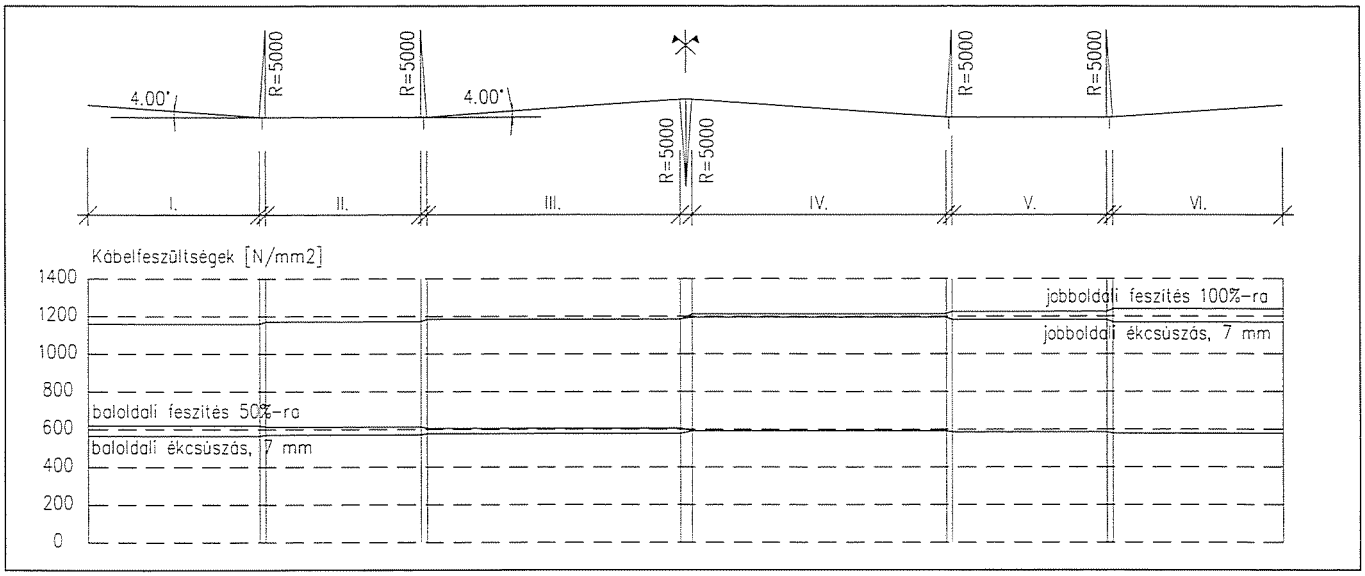
Az előzőekben ismertetett Szövő utcai hídhoz hasonlóan az erősítési eljárás célja itt is az volt, hogy a mezőközépen tapasztalható – nagy lehajlással együtt járó - erős repedezettséget megszüntessük, és ezáltal a teherbírási jellemzőit tekintve egyébként megfelelő híd használhatóságát hosszú távon is fenntartsuk. A normálerő, és főleg a külpontos kábel vonalvezetéséből adódó irányterő erőkből származó ellentett igénybevételek bevitelével a használati határállapot kielégíthető: a repedések megfelelően korlátozhatók és a túlzott lehajlás is némileg csökkenthető. Az alakhiba fennmaradó része az új szegély építésével optikailag tovább korrigálható (*2. ábra*).

Az űrszelvény kihasználtsága miatt a feszítés szerelvényei nem nyúlhattak a szerkezet alsó éle alá, ezért a feszítőkábeleket a gerinc mellett, a konzol és a fenéklemez alsó élei közötti sávban vezettük. A kábel és az irányterő saruk így könnyen hozzáférhetőek, ugyanakkor a konzol által leárnyékolt, viszonylag kisméretű szerelvények esztétikailag sem zavaróak (7. ábra).

A nyílások közel harmadaiban (statikai okokból a hídfők felé eltolva) elhelyezett alsó irányterő saruk acélszerelvényeit dübelek rögzítik a felszerkezethez. A sarun fellépő keresztirányú nyomaték miatt a fenéklemez alatti rögzítés is szükséges volt. Az oszloptengelyben lévő felső irányterő sarukat a konzol tövében ugyancsak dübelekkel, ill. a pályalemez átfúrásával történő felkötéssel rögzítették. A saru-szerelvények nagyszilárdságú acélból készültek, tűzihorganyzott kivitelben (8. ábra).

9. ábra: Feszítés és lehorgonyzás fázisai





10. ábra: Tetőfedő utcai híd, kábelfeszültségek

A lehorgonyzás a másik hídhoz hasonló módon, a végkeresztartók mögötti új vasbeton gerendában történt *(9. ábra)*

Feszítőkábelként oldalanként 2 x 4 db 150 mm^2 keresztmetszetű Vorspann-Technik rendszerű kétszer extrudált, zsírzott kábeleket használtunk.

Az iránytörő saruk horganyzott acélszerelvényeiben az egyes kábelek közvetlenül egymáson fekszenek fel. A behúzás így egyszerre egy irányból csörlőzve megoldható volt, ugyanakkor az egyes pászmák egyenkénti cseréjére továbbra is lehetőség van.

A feszítés végrehajtása a Szövő utcai hídnál leírtaknak megfelelően történt, azzal a különbséggel, hogy itt csak 2-2 kábelköteget kellett megfeszíteni. A kábelfeszültségek alakulását grafikusan ábrázoltuk *(10. ábra)*

4.2.3 Befejező munkák

Az alakváltozott, repedezett felszerkezetre nagyobb repedésáthidaló-képességű kopásálló szórt szigetelést terveztünk. A gyalogjárda keresztesése 2-2%.

Az eredetileg "tövigpálcás" külső korlátot a korróziós károsodások miatt új, zárt elemekből álló horganyzott korlátra cseréltük.

A híd környezetének rendezése új szolgálati lépcsők, surrantók és rézsűburkolatok építését, valamint a csatlakozó gyalogjárda szakaszok helyreállítását és felújítását is jelentette.

5. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A megbízható korrózióvédelmű, kis súrlódású modern kábelek kifejlesztésével mind utólagos megerősítési munkáknál, mind új hidak tervezésénél is egyre inkább előtérbe kerül a tiszta, követhető erőjátékot eredményező, könnyen ellenőrizhető és cserélhető elemeket felhasználó külső kábeles feszítés. A sokoldalú felhasználhatóságot az itt ismertetett két érdi hídfelújítás is bizonyítja, hiszen néhány acélszerelvény és kábel beépítésével e forgalmas autópálya feletti hidak még hosszú évekig használatban maradhatnak. Az erőjátékot "kendőzetlenül" megmutató, sőt kiemelő kábel-vonalvezetés ugyanakkor - a tervezők reménye szerint – az eredetileg is karcsú vonalú hidak esztétikai hatását sem rontja el.

6. HIVATKOZÁSOK

Balázs Gy. – Tóth E. (1998): "Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája II.", *Műegyetemi Kiadó*

Balázs Gy. – Balázs L. Gy. – Farkas Gy. – Kovács K. (1999): "Beton- és vasbeton szerkezetek védelme, javítása és megerősítése", *Műegyetemi Kiadó*

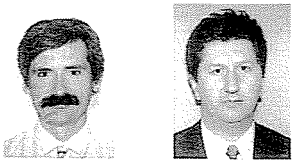
Pálossy Miklós (1960) okleveles építőmérnök, Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Kar, Szerkezetépítőmérnöki Szak (1983). 1983-tól 1994-ig az Út- Vasúttervező Vállalat beosztott, majd irányító tervező mérnöke. Az 1994-es alapítástól kezdve a hídtervezésre szakosodott Pont-TERV Rt-nél dolgozik, jelenleg osztályvezetőként.

BRIDGE RECONSTRUCTION WITH EXTERNAL PRESTRESSING ON THE M7 MOTORWAY AT ÉRD

Miklós Pálossy

Using cables in new bridge construction as well as in reinforcing old ones is widely used nowadays. The method has numerous advantages, such as reliable corrosion protection, minimal friction, easy maintenance and replacement, as well as easy to follow stress distribution. These advantages are proven by the two retrofitted highway bridges at Érd. By adding some steel structural elements and external cables these overpasses above the heavily traveled freeway can be used for many years to come. The cable configuration clearly shows the stress distribution on the structure without disturbing the slender esthetic appearance of the bridge, which was the aim of the structural engineer.

CSOMÓPONTI HÍD A CSÖMÖR-KISTARCSAI AUCHAN ÁRUHÁZNÁL



Duma György - Gyurity Mátyás

Cikkünk a közelmúltban megépített csömör-kistarcsai Auchan áruház csomóponti hídját mutatja be, mely hazánkban egyedülálló módon kereszt alaprajzzal 4 ágú kiemelt forgalmi csomóponttal épült. Megvalósításához újra "felfedeztük" a kissé elfeledett, látszólag ellentmondásos monolit vasbeton szerkezetet. A szokatlan alaprajzból adódó térbeli hídformához e számos előnnyel járó választás helyénvalónak bizonyult.

Kulcsszavak: kereszt alaprajz, alulbordás lemez, monolit vb. szerkezet, csukló, korlátok, tervezési előírások

1. BEVEZETÉS

Budapest keleti vonzáskörzetében, Csömör és Kistarcsa nagyközségek határában a francia Auchan áruházlánc 2002-ben újabb bevásárló központtal bővült. Az áruház megközelítése érdekében új, külön szintű forgalmi csomópont létesítésének igénye merült fel, mely a gödöllői HÉV vonal és a 3. sz. út által elválasztott területek között is biztosítja az összeköttetést.

A fenti alapigény kielégítésére több elképzelés született, mint például aluljárós változat, illetve kiemelt vagy lesüllyesztett körforgalom. Az előtanulmányok eredményeképpen született meg végül az igényeket optimálisan kielégítő, hazánkban egyedülálló műszaki megoldás, a kereszt alakú alaprajz.

Az áruház kiszolgálása mellett a megépült műtárgy a térség nehézkes észak-déli irányú helyi közlekedési gondjain is enyhít. Nagy jelentősége van annak is, hogy a választott megoldás a balra kanyarodó forgalomi irányok hídra irányításával a 3. sz. főút kórházi „T" keresztezésének főút irányú áteresztőképességét növeli, biztonságát javítja.

A tervezés tanulmányterv készítésével indult. Ebben a fázisban többféle szerkezeti kialakítást vizsgáltunk meg:

- előregyártott feszített tartós felszerkezet
- öszvér felszerkezet
- monolit vasbeton lemez felszerkezet
- ferde kábeles felszerkezet két függesztősíkkal.

A kiadott tanulmánytervben már csak az utóbbi két változatot dolgozuk ki részletesen a kereszt alakú alaprajzot alapul véve. A variánsok közül a megbízó a monolit lemez változatot választotta ki továbbtervezésre. Az engedélyezési és a kiviteli terv során a kiindulási koncepció tovább finomodott, majd végleges megvalósítást nyert.

2. A HÍD BEMUTATÁSA

A kereszt alaprajzú, 4 ágú forgalmi csomóponttal rendelkező hídszerkezet szokatlan alaprajzi elrendezése tehát az ismertetett forgalmi igények és a helyi kötöttségek kölcsönhatásaként született. A felszerkezet két egymásba torkolló folytatólagos többtámaszú monolit lemezszerkezet, keretláb jellegű, felül befogott oszlopokkal.

Az Auchan áruház – Kistarcsa irányú, a gödöllői HÉV vonalát és a 3. sz főutat merőlegesen keresztező, kétirányú átmenő forgalmat a híd „A" jelű ága bonyolítja le. Ez egyben a híd négynyomú főága, melynek teljes szélessége 20,63 m. Az átmenő forgalmon kívül erről az ágról történik a Budapest felé való kicsatlakozás, továbbá a Gödöllő irányából való becsatlakozás. A főághoz feljáró úttöltések kapcsolódnak.

A HÉV vonal és az enyhén módosított nyomvonalú 3. sz. főút közé került a „B" jelű hídág. Ezen a Budapest – Gödöllő irányú, 10,63 m széles hídágon kizárólag egyirányú, kétnyomú forgalom van az említett hídi kanyarodó irányok kiszolgálásaként. Átmenő forgalom ezen az ágon nincsen, ezt a feladatot maga a 3. sz. főút látja el. A helyszűke miatt e hídághoz vasbeton támfalas (rámpás) szakaszok csatlakoznak.

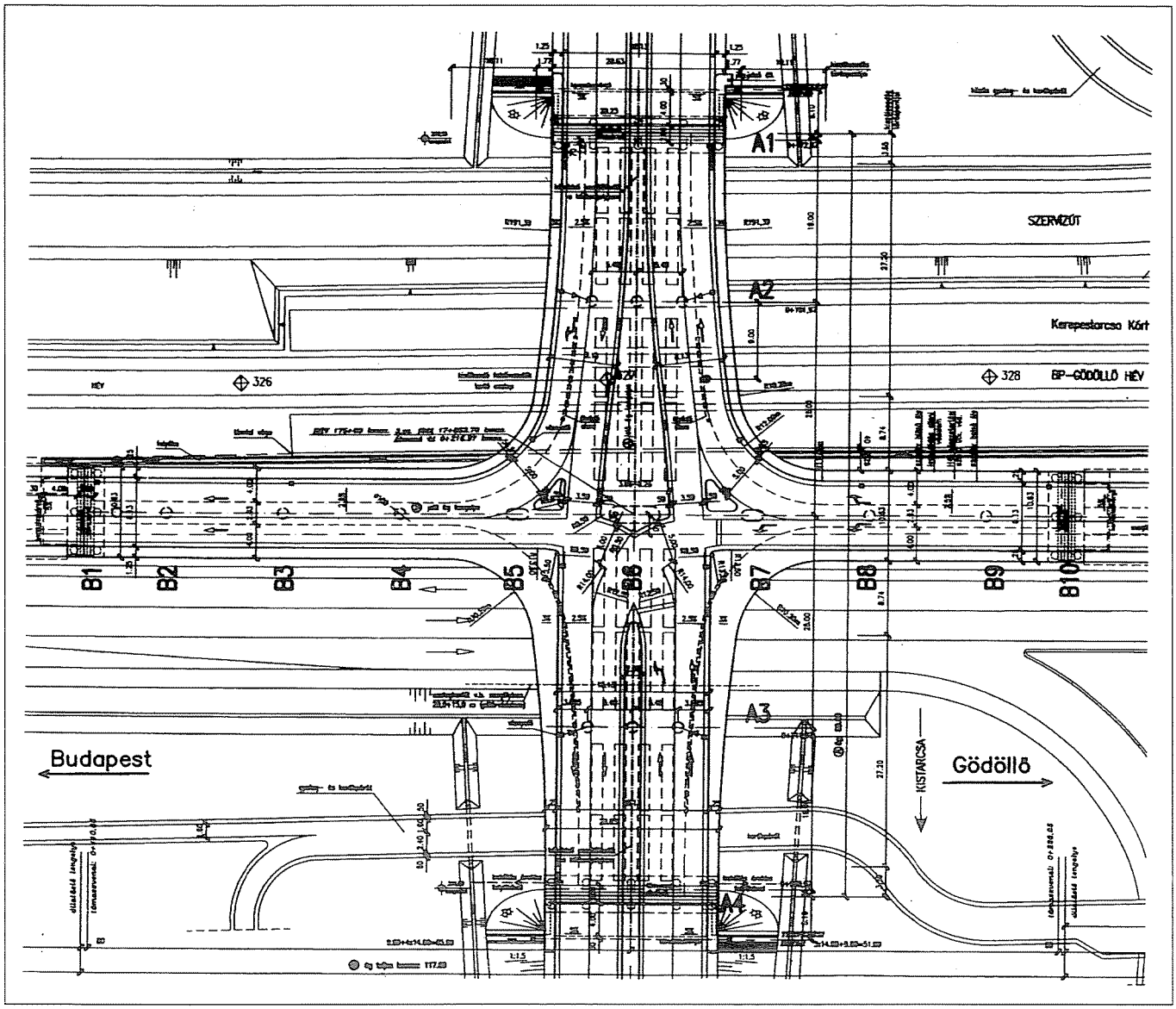
2.1 Alapozás, alépítmények

Az alépítmények 13,00 m hosszú, CFA típusú cölöpökön nyugszanak. Az elkészített 103 db 80 cm átmérőjű cölöp együttes hossza mintegy 1,5 km. A cölöpalapozást a jelentős önsúlyteher mellett a felszerkezet egyenlőtlen támaszsüllyedésre való érzékenysége is indokolta.

A pilléroszlopok a változó méretű cölöpösszefogó gerendák tetejéhez speciális vasbeton csuklók közbeiktatásával kapcsolódnak, jelentősen lecsökkentve a hőmozgásból és zsugorodásból származó, oszlopokra jutó hajlító igénybevételeket. A csuklók egytengelyűek, a pillérek az adott hídág tengelyére merőleges irányban befogottak, aminek a „B" j. hídágnál van jelentősége.

A keretlábszerű oszlopok felső vége befogott, a valós erőjáték jobb megközelítéséhez a modellben e helyen ú.n. konstrain kapcsolatokat alkalmaztunk.

A főág pillérei 3-3 db, 100 cm átmérőjű oszlopcsoportból állnak. A „B" ág tengelyében elhelyezett oszlopsort zömében D =100 cm-es, kör keresztmetszetű oszlopok alkotják. A hídágak tengelyeinek metszéspontjába – mely az ide jutó teher mértékének megfelelően kitüntetett hely – a többi pillérhez képest robosztusabb pillért terveztünk; ez a B6 j. pillér. A pillér keresztmetszeti befoglaló mérete 6,00 m × 2,00 m, 100 cm sugarú lekerekítésekkel. Ez a támasz a „B" ág oszlopsorának szerves része, de a főág középső pillére is egyben. A B6 j.



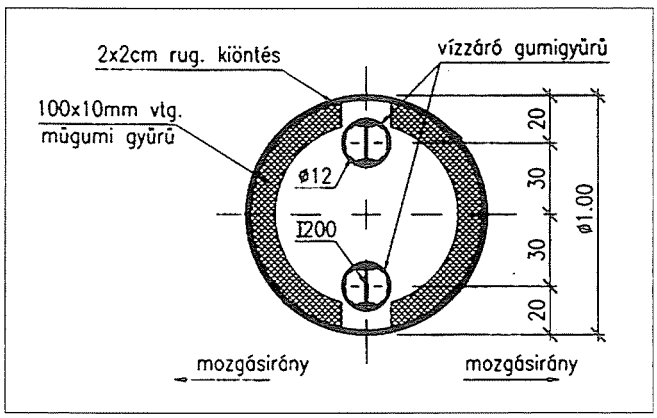
1. ábra: Felülnézet

pillér által közvetített teher 24500 kN, amit 15 db cölöp vesz fel. Mivel a B6 j. pillér lényegében a hídszerkezet mozgási középpontja is, ezért a pillér mind a felszerkezetbe, mind pedig a cölöpösszefogó gerendába egyaránt be van fogva. A B6 j. pillér szomszédos két oszlopa kissé elnyújtott alakjával statikai és vizuális átmenetet képez.

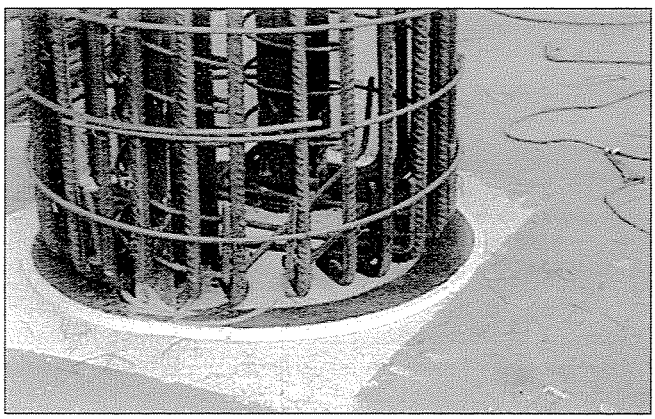
Egy szokványos hídtól eltérően esetünkben 2 db helyett 4 db hídfő épült. A hídfők tetején járható vizsgálófolyosókat terveztünk az itt található kiemelkedő fontosságú szerkezeti elemek (dilatációk, saruk) megközelíthetősége, vizsgálhatósága és levegőztetése céljából.

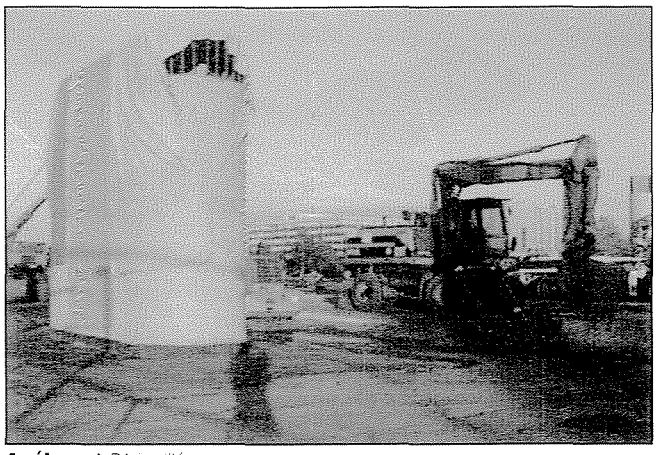
A „B" jelű hídághoz Budapest felől mintegy 90,00 m hosszúságban, Gödöllő felől mintegy 82,00 m hosszon vasbeton támfalas szakaszok csatlakoznak. A falazatok 40 cm falvastagságú, általában 20,00 m-ként dilatált, merevítő borda nélküli vasbeton szögtámfalak. A megfelelő teherbírást a falak összekötése által kialakuló kerethatás biztosítja. Ennek elérése céljából a falazatok alaptestjeit 1,00 m széles monolit vasbeton gerendák kötik össze cca. 8,00 m-ként. A támfalak tetején 30 cm vastag, monolit vasbeton összekötő pályalemez készült, amely a hídfők mögötti kiegyenlítő lemezek végénél értelemszerűen megszakad.

2. ábra: A csukló keresztmetszete



3. ábra: A csukló betonozás előtt





4. ábra: A B6 j. pillér

6. ábra: A gödörlő felőli támfal építése

A merevítő bordák elhagyása lehetővé tette a háttöltés zavartalan építését, viszont építési állapotban szükségessé tette a falazatok ún. láb alatti ideiglenes összekötését az összekötő pályalemez megépítéséig. Az ideiglenes összekötést egy speciális, a falazat káros deformációit kiküszöbölő nyomott-húzott rendszer tette lehetővé, amely egy-egy bennmaradó acél kitámasztó csőből és visszanyerhető feszítőpászmából állt.

A hídfők mögötti kiegyenlítő lemez szabad vége – a szokványostól eltérő módon – egyfajta, a keresztszivárgót is magába foglaló alaptestre ül fel, amely alaptestre támaszkodik a támfalakat összekötő pályalemez szabad vége is. A speciális megoldás a szomszédos szerkezeti elemek egyenlőtlen süllyedéskülönbségének kiküszöbölésére szolgál.

2.2 Felszerkezet

A híd felszerkezete egybefüggő, monolit vasbeton lemezszerkezet 3,80 m-es egyenletesen vékonyodó lemezkonzolokkal. A lemez kialakítása jól követi a tervezett alakot, alacsony szerkezeti magasságot biztosít (főleg a híd szélső zónáiban) és könnyed megjelenést kölcsönöz az áthidaló szerkezetnek.

A felszerkezet egymásbafutó hídágai közül a négynyílású főág ("A" j. hídág) teljes hossza 99,70 m, támaszköz beosztása 19,00 m + 25,00 m + 25,00 m + 19,00 m. A felszerkezet önsúlycsökkentés céljából (az ágra vetítve kb. 16 %) alulbordás lemez kivitelben készült. A jellemzően L/22-es karcsúságú vasbeton lemez vastagsága a főág tengelyében 1,20 m, a lemezkonzolok tövében 1,04 m.

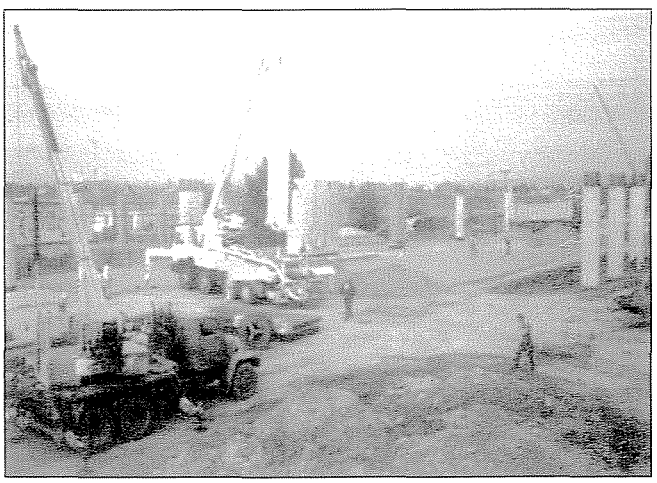
A főágat középen keresztező 117,60 m hosszúságú „B" j. hídág 9 nyílású, 1,02 m-es lemezvastagsággal. A hídág támaszköz beosztása: 9,00 m + 7 x 14,00 m + 9,00 m.

A hídágak a kereszteződés zónájában íves betorkollással futnak össze. A hídágak alsó felületeinek összefutását a keresztezés helyén egyszerűen kezelhető és egyben esztétikus térgeometriai formákkal alakítottuk ki. A lemezkonzolok alsó felületei például ebben a zónában csonka kúpfelületeket alkotnak. A kereszteződő hídágak egymáshoz idomuló hossszszelvényei a kereszt alaprajzot térbeli kereszteződéssé emelik. A főág tetőszelvényű kocsipályájának keresztesése a „B" ág hossz-szelvényében folytatódik, ugyanígy a főág hossszszelvénye a keresztezés helyén megegyezik a „B" ág kocsipályájának keresztesésével. A hossz-szelvények ily módon való társítása elkerülhetővé tette a pályafelületek kivitelezési szempontból érzékeny átforgatását.

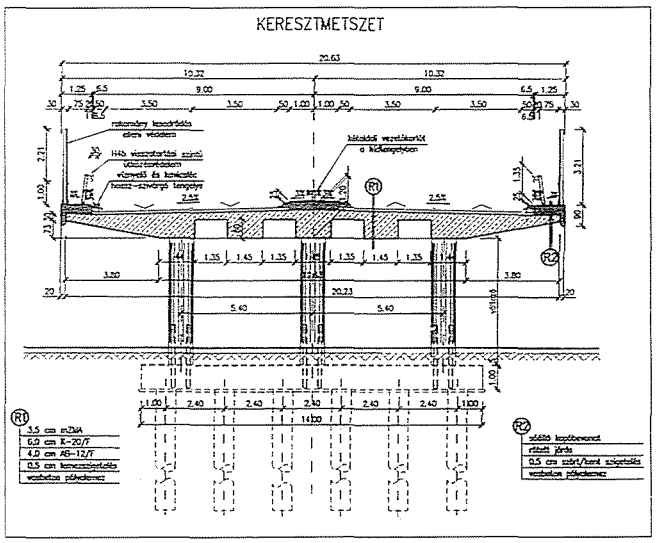
A statikai számításnál, a térbeli geometria formák valósághű modellezéséhez LUSAS v.13 típusú végeselemes programcsomagot használtunk. Az állandó és hasznos terhek vizsgálata mellett figyelembe vettük a hőmozgásból és zsugorodásból eredő igénybevételeket is. A szerkezet egyenlőtlen támaszsüllyedésre való érzékenysége miatt 5 mm nagyságrendű támaszpontsüllyedés különbséggel is számoltunk. A szerkezeti elemek jellemző keresztmetszeteinek ellenőrzésén kívül elvégeztük a lemezátszúródási vizsgálatot, ellenőriztük a pilléroszlopok alján kialakított csuklókat, továbbá elkészítettük a repedéstágasság- és lehajlás vizsgálatokat. A számítások még az MSZ-07-3700-86-os s szabványsorozat szerint készültek „A" jelű teher figyelembevételével.

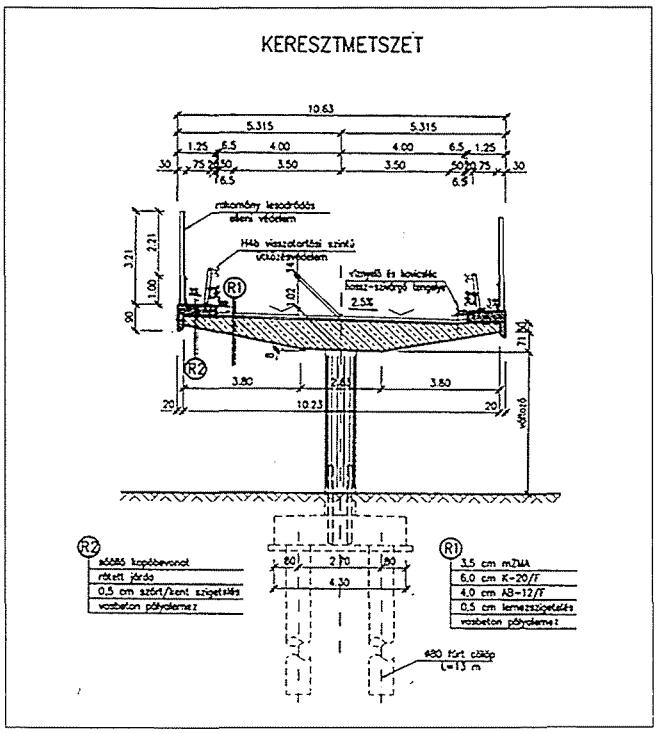
A legjobban igénybevett helyen, a B 5-7. j. pillérek feletti felső zónában mindkét irányban 2 soros vasalást kellett alkalmazni (∅28/10 cm). A nagy teherintenzítás a térgeometriai

5. ábra: Alépítmények készen



7. ábra: A jelű hídág keresztmetszete





8. ábra: A „B" jelű hídág keresztmetszete

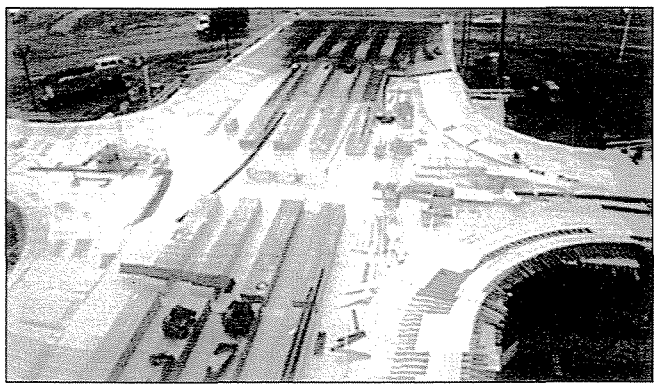
alak következménye, ami a sűrű vasalás miatt bizonyos kiviteli nehézségeket is okozott. A várható nehézségek tudatában a vasalás rendszerét, amennyire csak lehetett, a tervezés során igyekeztünk leegyszerűsíteni, hogy maximálisan megkönnyítsük a 430 t betonacél beszerelését. A felszerkezet fajlagos betonacél tartalma kb. 165 kg/m^3.

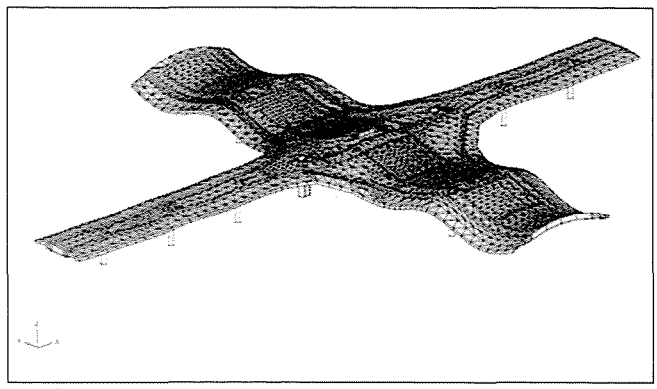
Az eredetileg tervezett C25/30 szilárdsági osztályú beton helyett – a kivitelező kezdeményezésére – kb. 2600 m^3 C30/37 szilárdsági osztályú betont építettek be a felszerkezetbe, így a zsaluzatot (a megfelelő próbakocka töréseredményekre alapozva) már 10 nap múltán el lehetett távolítani, gyorsítva az építés menetét. A felszerkezet betonozása az eredetileg tervezett 36 óra helyett rekordidő, azaz 22 óra leforgása alatt megtörtént, 130 m^3-es óránkénti csúcsértékkel.

2.3 Szigetelés, burkolat, bevonatok, hídtartozékok

A kocsipálya mintegy 3400 m^2-es felületén, valamint a támfalas szakaszok 1600 m^2-es összekötő pályalemezein modifikált bitumenes vastaglemez szigetelés készült. A földdel érintkező felületeket kétszeres bitumenmáz szigeteléssel látták el. A kocsipálya **E** forgalmi terhelési osztályának megfelelő háromrétegű, 13,5 cm összvastagságú burkolatrendszert kapott.

9. ábra: A kereszteződés zsaluzata





10. ábra: Torzított lehajlási ábra

Az 1,25 m teljes szélességű, végigmenő monolit vasbeton üzemi járdák, valamint a változó méretű kiemelt elválasztó szegélyek és terelőszigetek rátett kivitelben épültek meg.

A hídról való esetleges lezuhanás súlyos következményeinek kiküszöbölésére a híd teljes hosszán valamint a HÉV peron melletti támfalon ÚT 3-1.116 szerinti H4b visszatartási szintű vezetőkorlát, valamint rakomány lesodródás elleni védelem és egyben zajvédő fal készült. A támfalakon és a szárnyfalakon rácsbetétes üzemi korlátokat szereltek fel. A korlátok korszerű 90 mikrométer vastag horganyzott korrózióvédelemmel készültek.

A felszerkezet a hídfőknél fazéksarukra támaszkodik, végein acélszerelvénybe ágyazott szőnyegdilatációk találhatók.

A téli üzem biztonságosabb és problémamentesebb lebonyolítása céljából a hídon jegesedésérzékelő állomást telepítettek.

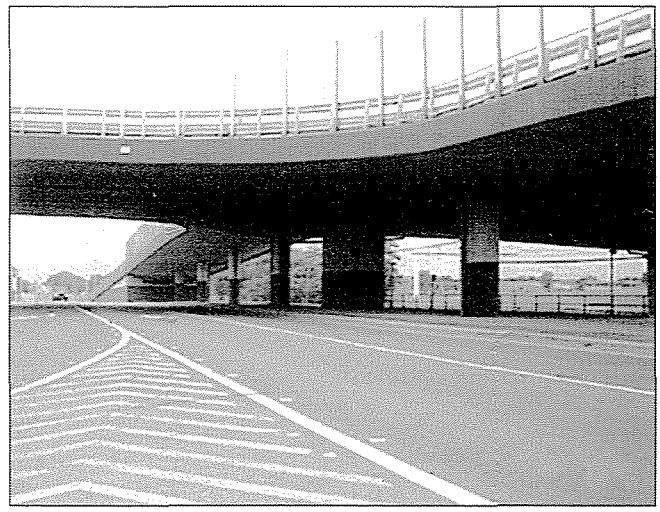
A szabad betonfelületek teljes egészében az igényeknek megfelelő típusú (karbonátosodás gátló, sóálló stb.) repedésáthidaló védőbevonatot kaptak mintegy 7000 m^2 nagyságban.

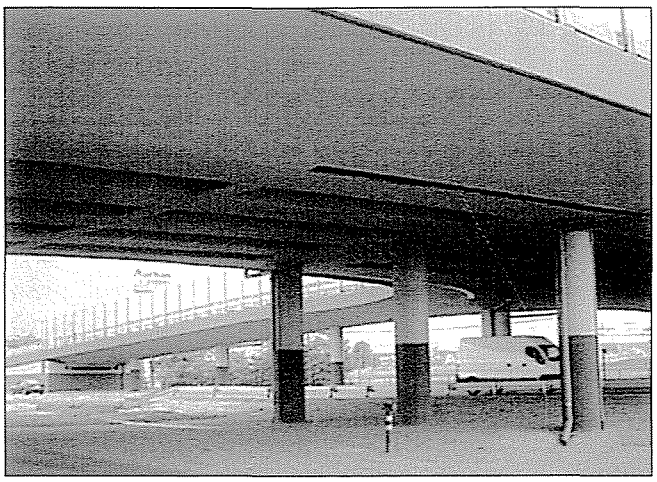
3. ÉPÍTÉSI TECHNOLÓGIA, ÉPÍTÉSSZERVEZÉS

A híd építésének meghatározó eleme szokás szerint a rendelkezésre álló igen rövid időtartam volt, így ez lett a választott építési technológiák és az építésszervezés sarokpontja is. Mindehhez hozzájárult a viszonylag mostoha esős, hűvös időjárás is.

A cölöpözési munkálatok 2002. augusztusában kezdődtek, a hidat pedig 2002. december 13-án adták át ideiglenesen a forgalomnak, tehát szűk négy hónap állt a kivitelezők rendelkezésére. A példátlanul rövid kivitelezési idő magas fokú szer-

11. ábra: Alulnézet I





12. ábra: Alulnézet II

vezettséget, gyors, megfontolt döntéseket és komoly szakmai felkészültséget igényelt minden résztvevőtől.

Az építés meggyorsítása érdekében a kivitelezőkkel együttműködve igyekeztünk az eredeti kiviteli terveket módosítani/jobbítani. Ilyen volt például a főág kikönnyítése, vagy a támfalas szakaszok eredeti koncepciójának módosítása.

A nehézségek ellenére a kivitelezők sikeresen megküzdöttek a szokatlanul nagy mennyiségű betonacél illetve zsaluzótábla beszerzésével, ami főleg importból történt.

Nagyon hasznos döntésnek bizonyult a 3. sz. út elkerülő útra való terelése. Ezáltal az építési terület teljesen szabaddá vált, a 3. sz. főút forgalmát pedig a hídépítési munkák így kevésbé zavarták.

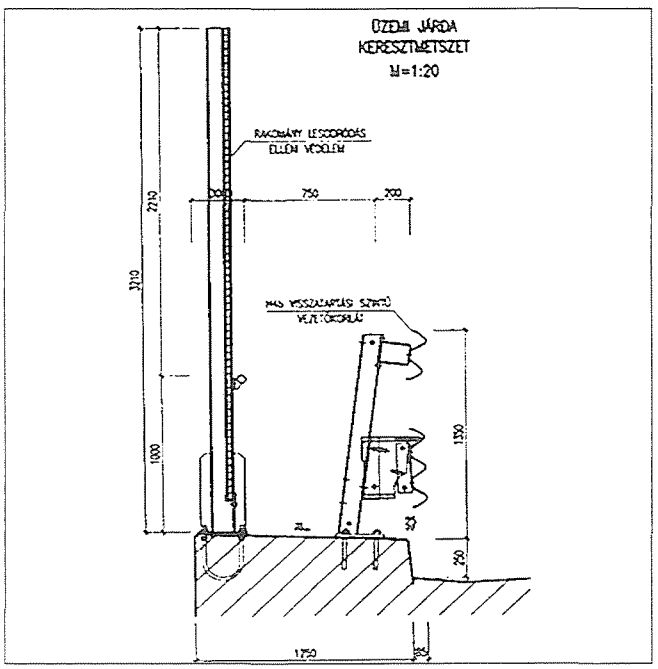
4. TAPASZTALATOK

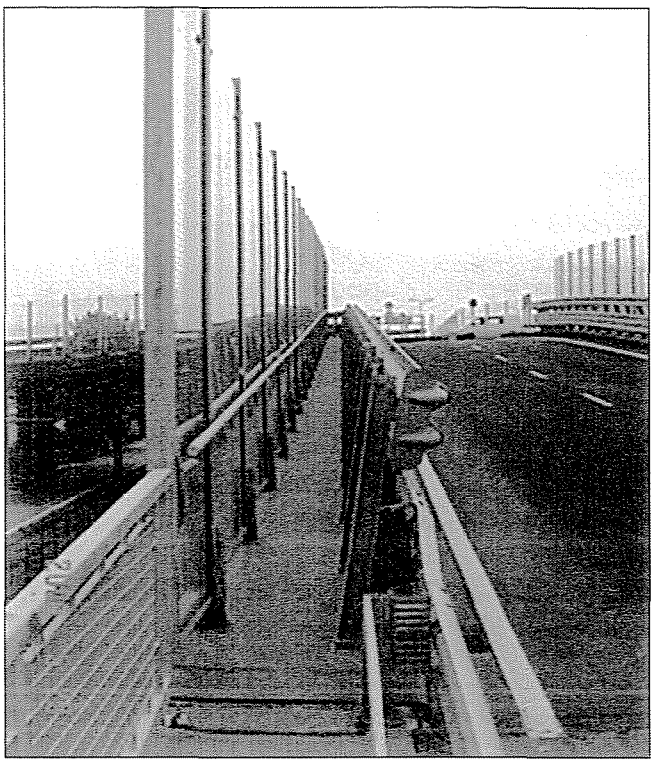
A felüljáró építésének néhány tapasztalatára ráirányítva a figyelmet az alábbi gondolatok talán említésre érdemesek:

A csömöri Auchan felüljáró az utóbbi évek egyik legnagyobb monolit szerkezetű hazai vasbeton közúti hídja (7000 m^3 beton és 700 t betonacél), amely szűk 4 hónap alatt, nem túl kedvező időjárási körülmények között valósult meg.

A speciális hídkialakítás komoly dilemmákat gerjesztett a jóváhagyás folyamatában, ugyanis a hazai előírások ilyen típusú forgalmi csomópontot nem ismernek, így forgalomtechnikai és forgalombiztonsági szempontból nem nyújtanak egyértelmű támpontokat. A probléma a szakma számára még megoldandó feladatot jelent.

13. ábra: Üzemi járda keresztmetszete





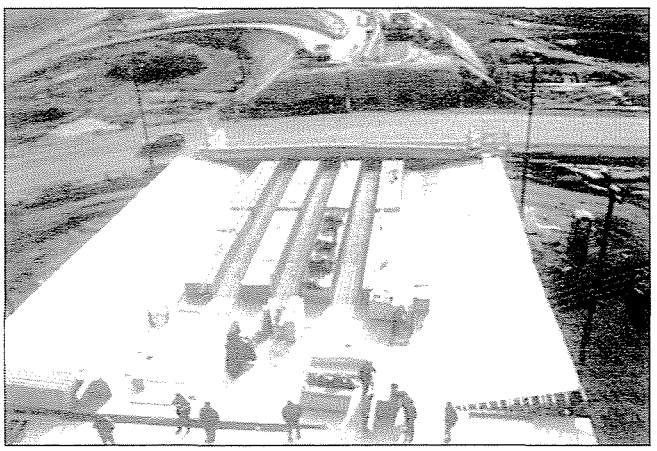
14. ábra: Korlátrendszer

A különféle biztonsági berendezések, korlátok, rakománylesodródás elleni védelem kérdésköre még sok megválaszolatlan, illetve ellentmondásos elemet tartalmaz. A kérdéskör megnyugtató rendezése szintén a jövő igen fontos feladata, hiszen egyik oldalon emberi életek veszélyeztetése áll, a másik oldalon pedig az építési költségek esetleg indokolatlan megnövekedése.

A híd tervezésének és építésének időszaka és a tervezési előírások változásának időszaka esetünkben egybeesett, ami időnként nehézkesen kezelhető disszonanciát eredményezett.

A nagy mennyiségű munka igen rövid idő alatt történő végrehajtása magas fokú szervezettséget és szakmai felkészültséget igényelt az összes érintett féltől, amiért mindenkinek elismerés jár. Mindazonáltal meg kell jegyezni, hogy ez semmiképpen nem tekinthető követendő példának, mivel komoly veszélyeket és többlet kiadásokat gerjeszthet. A csúcsminőség elérése érdekében érdemes elemezni azokat a momentumokat amelyek ilyen helyzethez vezetnek, hiszen régi igazság: Jó munkához idő kell!

15. ábra: Ideiglenesen a hídfő mögé terelt 3. sz. főút.



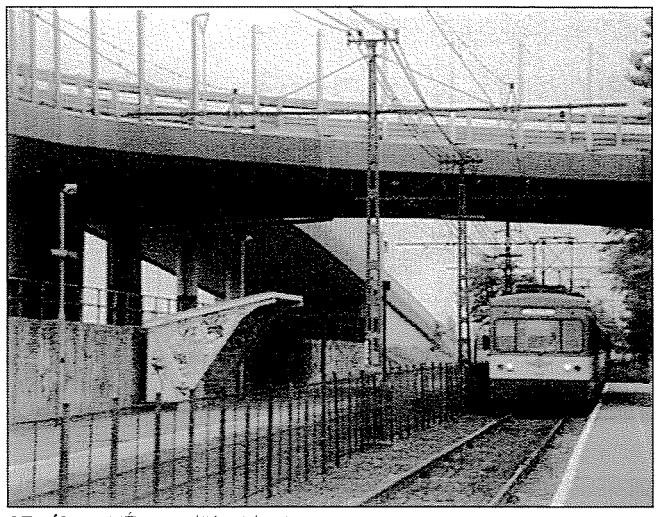
16. ábra: Forgalmi csomópont a hídon

A munkában résztvevők között igen jó, az egyszerű munkakapcsolaton messze túlmutató viszony alakult ki, ami nagymértékben hozzájárult a mű sikeres megvalósításához.

A csömöri Auchan híd megvalósításának főbb résztvevői:

Szerkezettervező:	MSc Magyar Scetauroute Kft.
Úttervező:	Közlekedésfejlesztés Kft., Civil-Plan Kft.
Közműtervező:	Viziterv Kft.
Híd műszaki ellenőr:	Via-Pontis Kft.
Út műszaki ellenőr:	Mérnök Kft.
Mérnök:	Főber Rt.
Generálkivitelező:	Varpex Rt.
Híd generálkivitelező:	Servico Építő Kft.
Kivitelező:	Polár-HÚSZ Kft.
Kivitelező:	MÁV Hídépítő Kft.
Kivitelező:	Egút Rt.
Beruházó:	Auchan Magyarország Kft.

Fentieken kívül még számos al- és szubalvállalkozó is résztvett a munkálatokban, tevékenységükért őket is elismerés illeti meg.



17. ábra: HÉV megálló a híd alatt

Duma György (1958) okl. építőmérnök (1982). Az oklevél megszerzését követően az Uvaterv hídirodáján kezdte pályáját, elsősorban vasúti acélhidak tervezésében és folyami hidak felújításának tervezés-előkészítésében szerzett jártasságot. 1996. óta az MSc Magyar Scetauroute Kft. műszaki igazgató helyettese, feladata a hídtervezési szakág munkáinak irányítása, koordinálása.

Gyurity Mátyás (1967) 1992-ben szerzett építőmérnöki diplomát a Zágrábi Tudományegyetem Építőmérnöki Karán. Tervezői pályafutását az Uvaterv Rt. Híd-és szerkezettervező Irodáján kezdte, ahol kiváló tanítómestereitől sajátíthatta el a szakma alapjait. 1996-tól a MSc Magyar Scetauroute Kft. önálló tervező mérnöke, 2000-től szakági főmérnök.

INTERCHANGE BRIDGE OF AUCHAN HYPERMARKET AT CSÖMÖR-KISTARCSA, HUNGARY

György Duma - Mátyás Gyurity

Our article presents the recently built interchange bridge of AUCHAN hypermarket at Csömör- Kistarcsa, which uniquely in Hungary was built with cross-shaped ground plan and with a four-directional access lane interchange. For the implementation of this solution we have again "discovered", the seemingly contradictory cast in situ R.C. structure. This choice with many advantages proved to be appropriate due to the unusual ground plan.

CSÍKSOMLYÓ LÁTTA VENDÉGÜL A VII. NEMZETKÖZI ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KONFERENCIÁT (AZ ÉPKO 2003-AT)

Már hagyománynak mondhatjuk, hogy az Erdélyi Műszaki Tudományos Társaság Építéstudományi Szakosztálya megrendezi konferenciáját. A résztvevők ebben az évben ismét Csíksomlyóra látogathattak el, élvezve a kegyhely hagyományőrző hangulatát és a festői környezetet.

A konferencia elnöke a Palotás László-díjas *Köllő Gábor* kolozsvári egyetemi tanár volt. A tudományos bizottságban helyet foglalt mellette *Farkas György*, a BME Építőmérnöki Karának dékánja és *Balázs L. György*, a *fib* MT elnöke, más neves személyiségek között. Jelentős szervezőmunkát vállalt – nem utolsó sorban az anyaországi küldöttek segítésében – egyesületünk alelnöke, *Madaras Gábor*.

A jól szervezett konferencia gazdag szakmai-tudományos eredményeket vonultatott fel. Az előadások plenáris üléseken és szekciókban hangzottak el. A szekciók az építőipar széles tartományát vonultatták fel.

A résztvevők nagy része erdélyi-bánáti-partiumi volt, sokan érkeztek Magyarországról, s képviseltették magukat a Kárpát-medence más területei is, s még tengerentúli országból is érkeztek magyar résztvevők.

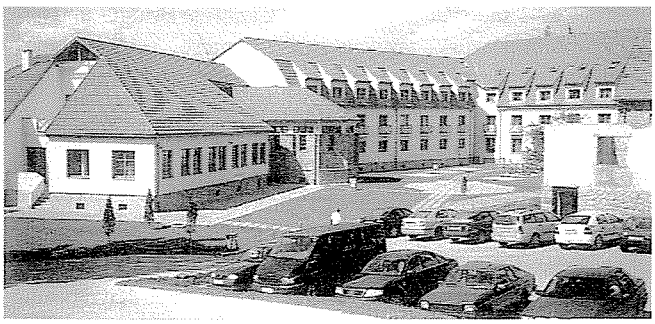
Az előadások tartalmát 311 oldalas A/4 formátumú kötetben tették közzé a szervezők. Az 53 tanulmány szerzői közül a következők kerültek ki a *fib* MT tagjai közül: *Balázs L. György, Farkas György, Bódi István, Lovas Antal, Józsa Zsuzsanna, Kegyes Csaba, Kopecskó Katalin, Medved Gábor, Polgár László, Simon K. Tamás, Tassi Géza.* Szekcióelnöki és más feladatokat is elláttak egyesületünk tagjai.

A szakmai ülések szünetei és a szociális programok kiváló alkalmat adtak a jelenlevők számára, hogy kicseréljék tapasztalataikat, véleményüket.

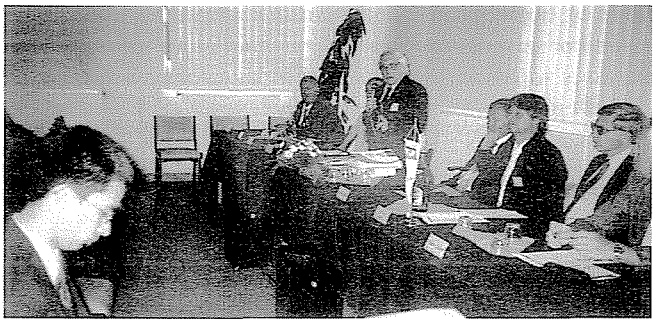
Élményt jelentett az egész napos autóbusz-kirándulás. Székelyföldet a Gyimesi-szoroson áthaladva hagytuk el, s a moldvai síkságról az Ojtozi-szoroson át tértünk vissza Erdélybe. A páratlanszépségű vidékben gyönyörködve sok történelmi és kulturális emléket is megtekinthettünk utunkon.

Az ÉPKO 2003 többrétű eredményei azt mutatják, hogy érdemes folytatni e konferenciák sorozatát, segíteni a szervezők munkáját, akik őszinte elismerést vívtak ki a magyar mérnökök határok nélküli együttműködésének fejlesztésében.

T. G.



1. A konferenciának otthont adó Jakab Antal ház Csíksomlyón



2. A megnyitó ülés elnöksége

3. A csíksomlyói templom

4. A gyimesi vasútállomás felvételi épülete

5. Magyar iskola Gyimesfelsőlakán

KIRÁLYFÖLDI LAJOSNÉ SÁROSI ANTÓNIA EGYETEMI ELISMERÉSE

2002. őszén őszinte tisztelettel és elismeréssel köszöntötte a *fib* MT tagozati ülésen *Királyföldi Lajosnét* jubiláris születésnapja alkalmából. Akkor elmulasztottuk, hogy gazdag pályafutását és példamutató egyéniségét méltassuk folyóiratunk hasábjain.

Örvendetes, hogy most ismét van alkalmunk az ünneplésre, s megragadjuk az alkalmat az elmaradt méltatás pótlására: a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kara a *tiszteletbeli docens* címmel ruházta fel egyesületünk megbecsült tagját.

Királyföldi Lajosné Sárosi Antónia 1932-ben született. A műszaki pálya iránti vonzalmát a szülői házból merítette, amikor figyelte azt a munkát, amit édesapja a háborúban megrongálódott hidak és egyéb szerkezetek rehabilitálásán végzett. A fiatal lány a középiskola befejeztével, 1950-ben műszaki rajzolóként kezdett dolgozni az ÁMTI hídirodáján, ahol, ill. a jogutód UVATERV-nél tevékenykedett 1990. évi nyugdíjazásáig. 1951-61-ig technikus volt. Megismerte az újjáépítésre váró Duna- és Tisza-hidak számos tervezési és építési problémáját. Hamarosan önálló feladatokat kapott acélszerkezetek tervezésében.

Mérnöki oklevelét 1961-ben szerezte meg. Akkor indult az autópálya-program. Ennek keretében először monolit, bordás vasbeton hidakat tervezett. Ezeket váltották fel az üreges lemezek és szekrényes tartók. Részt vett a korszerű alépítmények fejlesztésében és tervezésében. Később nagyszámú hidat tervezett előregyártott feszített felszerkezettel, sokat előregyártott alépítménnyel. Jelentős szerepe volt sokfajta feszített vasbeton hídgerenda fejlesztésében is. *Több mint száz vasbeton – főként autópályán épített – híd fűződik nevéhez.*

Intenzív munka mellett 1974-ben megszerezte a vasbetonépítési szakmérnöki képesítést. Tanulmányai hozzásegítették ahhoz, hogy az elméletet mind jobban a gyakorlati tervező munka szolgálatába állítsa. Új ismereteit megépült szerkezeteken végzett méréseknél is hasznosította. Alkotásai külföldön is elismerést nyertek, pl. több általa tervezett híd áll Jordániában. Külföldi tanácskozásokon is képviselte a hazai színeket.

1990 és 2000 között már nyugdíjas állományban, de töretlen lendülettel a Közúti Felügyelet égisze alatt nagyszámú híd terve fordult meg a kezében. Közben, s 2000 óta is igen sok tervet készített, szakértői munkát végzett a mérnöki létesítmények széles körében.

Értékes szakmai közéleti aktivitása is. 1974-től elismeréssel dolgozott a KTE Mérnöki Szerkezetek Szakosztályában. Figyelemre méltó szakirodalmi tevékenysége. Cikkei főként megvalósult hídszerkezetekről szólnak s a tervező alapos ismereteiről tanúskodnak, közkinccsé téve a tapasztalatokat. Írt fejezeteket a Mérnöki Kézikönyvben, egyetemi jegyzetet s más kiadványt, ami hasznot hozott az olvasónak.

1972-től 1977-ig tervező munkája mellett oktatott a Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskolán. Tanította a vasbeton szilárdságtanát és a szerkezeteket. 1977-től a BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke meghívott oktatója volt, egy időszakban félállású adjunktusa. Sok diplomaterv konzulense ill. bírálója volt. Kb. egy évtizede vesz részt az angol nyelvű oktatásban mindkét (BSc és MSc) szinten. Hatalmas mérnöki tapasztalatát ötvözi kiváló pedagógiai érzékével s a hallgatók iránti megbecsüléssel. Sok oktatási segédletet készített a "Reinforced Concrete Bridges", a "Timber Structures" és a "Concrete Bridges and Civil Engineering Work" tárgyakhoz. Türelmesen és tárgyilagosan bírálja a diplomaterveket. Ennek során is, mint mindig, tudását kívánja átadni a hallgatóknak.

Önzetlen segítőkészségének tanúja az általa létesített "Scientia et Conscientia" alapítvány, amelynek gyümölcseit sok szakmánkat szerető fiatal ember élvezi.

A FIP, ill. *fib* munkáját hosszú időn át sokoldalúan, önzetlenül segítette. Egyesületünk elismert tagjaként sok jó tanáccsal és önzetlen felajánlásával segítette egyesületünket. Kiváló műszaki ismeretei, mérnöki érzéke, széleskörű műveltsége sokak számára szolgáltak iránytűként. Körünkben arról se feledkezhetünk meg, hogy egyesületünk számára rátermett titkárt nevelt.

Amikor szívből gratulálunk *Királyföldi Lajosnénak,* kívánjuk, hogy jó erőben, hosszú időn át kamatoztassa tudását a magyar építőipar, s ennek keretében egyesületünk javára.

Dr. Tassi Géza

POLGÁR LÁSZLÓ, A BME TISZTELETI EGYETEMI DOCENSE

A *VASBETONÉPÍTÉS* olvasója sokszor találkozhatott lapunk hasábjain *Polgár László* nevével. Érdekes és hasznos cikkei meggyőzhették a szakmai közvéleményt arról, hogy a szerző a hazai vasbetonépítés egyik kiválósága. Egyesületünk kuratóriuma méltán javasolta őt az 2002. évi Palotás László-díjra, amelynek kapcsán folyóiratunk beszámolt kiemelkedő szakmai érdemeiről.

Polgár Lászlót a kitüntetéses mérnöki oklevél 1966. évi megszerzése után számtalan szál kötötte a vasbetonépítéshez. Mind tervező mind kivitelező munkájával kivívta a magyar építőipari közvélemény elismerését. E helyen nehéz lenne akár rövidítve ismertetni azt a sok tucat jelentős tervet, eredeti ötletei alapján megvalósított jelentős szerkezetek hosszú sorát, amelyekkel gazdagította a magyar vasbetonépítés jó hírét itthon és külföldön is. Mintegy 60 publikációja, igen sok értékes előadása, a szabványalkotásban való közreműködése révén közkinccsé tette gazdag tapasztalatait.

Soha nem szakadt el az Alma Matertől, értékes gyakorlati tapasztalataiból sokat vehettek át az egyetemi hallgatók a gyakorlatokon, szakmérnöki tanfolyamokon és diplomatervezési munkájuk során. A műszaki életben szerzett érdemei mellett ez motiválta az egyetem vezetőit, amikor a tiszteleti egyetemi docens elismerő címével ruházták fel.

A ***fib*** Magyar Tagozata büszkén tekint kiváló tagjára. Kívánjuk, hogy *Polgár László* az építőiparban és az egyetemi oktatásban jó egészségben folytassa gyümölcsöző munkáját, s kifejezzük reményünket, hogy egyesületünket a jövőben is megtiszteli értékes közreműködésével.

T. G.

DR. KAUSAY TIBOR, A BME TISZTELETI EGYETEMI TANÁRA

A magyar szakemberek előtt jól ismert dr. Kausay Tibor neve, mint a beton adalékanyagainak és a betontechnológiának neves szakértője. Több évtizedes tudományos kutatói munkájával és számtalan szakcikkével bizonyította, hogy méltán nevezhetjük szakmája egyik kiválóságának. Oktatóként szintén évtizedek óta tevékenykedik, melynek hasznát a segítségével felnevelt mérnökgenerációk tudják igazolni.

Dr. Kausay Tibor 1934. október 1-én született Nyíregyházán. Mérnöki oklevelét 1961-ben, vasbetonépítési szakmérnöki oklevelét 1967-ben szerezte. Kandidátusi értekezését „A beton adalékanyagok szemszerkezeti tulajdonságai és a szemszerkezet komplex jellemzés módja" címmel 1978-ban védte meg, mely alapján a BME Építőmérnöki Kara a PhD fokozatot ítélte meg 1997-ben.

Munkahelyei közül a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetet kell legfontosabbként kiemelnünk, melynek három évtizeden keresztül volt munkatársa, ezen belül hosszú ideig a Betonosztály tudományos osztályvezetője. 1994-től nyugdíjas. Tudományos kutatói tevékenységét a magyar mérnöktársadalom számára közvetlenül hasznosítható módon fejtette ki: több Magyar Szabvány elkészítésében és európai szabvány honosításában is közreműködött, számos önálló fejezettel. Emellett mintegy 60 beton és építési kőanyag tárgyú európai szabvány honosított szövegének fordítója.

Publikációinak száma meghaladja a 120-at, mindemellett, oktatási és ismeretterjesztési céllal az építőanyagok tárgykörében internetes oldalakat tart fenn és fejleszt.

Tudományos kutatói tevékenysége mellett, a fiatalabb kollégák számára is példamutató lelkesedéssel látta és látja el a mai napig egyetemi oktatói feladatait. Kisebb megszakításokkal csaknem folyamatos külső munkatársa a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékének 1969 óta.

A szakmai közélet aktív és értékes résztvevője. Az MTA Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testületének 1992-től tagja, ahol 2003-ban báró Lónyay Menyhért emlékérmet adományoztak számára. A Magyar Mérnöki Kamarának megalakulása óta tagja. Tagsága ezen kívül kiterjed számos szakmai szervezetre és egyesületre (MAÚT, SZTE, ÉTE, MFT, KTE stb.). A ***fib*** Magyar Tagozat tagja.

Oktatói és kutatói érdemei elismeréseként a Műegyetem vezetése a BME tiszteleti egyetemi tanára elismerő címmel ruházta fel.

A ***fib*** Magyar Tagozata büszkén tekint Dr. Kausay Tiborra, megbecsült tagjára. Kívánjuk, hogy tudományos kutatói, oktatói és nem utolsósorban közéleti tevékenységét jó egészségben folytassa.

B. A.

PSTEFAN POLÓNYI – WOLFGANG WALOCHNIK: ARCHITEKTUR UND TRAGWERK

POLÓNYI ISTVÁN – WOLFFGANG WALOCHNIK ÉPÍTÉSZET ÉS TARTÓSZERKEZET

Ernst & Sohn, Berlin, 2003. ISBN 3-433-01769-7,
364 A/4 oldal, ebben 184 szerkesztett ábra, 317 fénykép és egy táblázat

Az olvasó olyan könyvet vehet a kezébe, amely gazdag példák hosszú során mutatja be, hogy meg lehet találni a harmóniát az építmény megjelenése és a rendeltetésének megfelelő tartószerkezet kialakítása között.

Polónyi István professzor nevét jól ismeri a VASBETONÉPÍTÉS olvasótábora, hiszen ő a BME tiszteletbeli doktora, a *fib* MT oklevelet adományozott számára, a magyar szakemberek sokszor hallgathatták Németországban élő hazánkfia előadásait, ismerhetik sokrétű könyveit, cikkeit. Wolfgang Walochnik személyében méltó szerzőtársra talált.

A mű méltatása előtt tételesen felsoroljuk a könyv fejezetcímeit:

Bevezetés • A szerkezettervező feladatai – tartószerkezetek tervezésének elvei • Lakóépületek • Irodaépületek • A közlekedés épületei • Kórházak • Ipari épületek,• Iskolák – egyetemek – könyvtárak • Sportlétesítmények • Templomok, kegyeleti épületek • Múzeumok • Rendezvényközpontok • Az új vasbetonkoncepció • Az acélszerkezetek fejlődési irányai • Megfontolások a faszerkezetekről • Tartószerkezetek esztétikájáról • Oktatási irányelvek.

A könyv a funkció szerinti rendszerben igen nagy számú épületet ismertet. Aligha lehetne avatottabb szerzőt találni Polónyi Istvánnál, aki a bemutatott sok tucatnyi létesítmény szerkezettervezésének részese volt. A tárgyalt épületek a néhány pályamunkától eltekintve mind megépültek. A fotók és rajzok igen nagy száma ne tévessze meg e recenzió olvasóját! Nem „képeskönyvet" nézegethetünk, hanem tanulmányozhatunk egy olyan gazdagon illusztrált művet, amely tartalmas elemzéssel érezteti, hogyan kapcsolódik a szerkezettervezés az építészeti koncepcióhoz, milyen a kölcsönhatás és hogyan működik. A szerzők 40 év magasépítési munkáiból merítenek. Éppen Polónyi István régen vallott, a sokrétűségben is egységes szerkezettervezési elveit igazolják a példák. Azt látjuk, hogy a nagyszámú építésszel, nagyon eltérő rendeltetésű, volumenű, igényű épületek megvalósításában hogyan lehet együttműködni a funkcionális, gazdaságossági és esztétikai követelményeknek optimálisan eleget tenni. A szerkezeti anyag, a szerkezeti rendszer és az építéstechnológia megválasztása e célt szolgálja. A könyv egy-egy épület tárgyalásakor mindezekre kitér. E helyen csak a szerkezeti anyagok gyakoriságát említjük meg. A mintegy 120 épület alapvető szerkezeti anyagok szerint a következőképpen oszlik meg: Vasbeton (monolit, előregyártott, feszített) 44%, acél 33%, acél-vasbeton (együttdolgozó ill. vegyesen alkalmazott szerkezet) 16%, egyéb (fa – részben acéllal, vasbetonnal együtt alkalmazva -, szálerősítésű műanyag) 7%. Az olvasó megértheti, miért az ismertetett megoldásra jutott a szerkezettervező az építésszel végzett munka során.

A szerkezettervező feladatait elemző fejezet a könyv elején pontokba foglalja az építésszel való együttműködés szabályait. Ezeknek szinte parancsolatként kell az építőmérnök szeme előtt lebegniük.

A *VASBETONÉPÍTÉS* olvasói számára külön is érdeklődésre tarthat számot a vasbeton szerkezetek tervezésének új koncepciójáról szóló fejezet. A klasszikus részlettervezési rendszer logikus megváltoztatására irányuló irányelvek e lap hasábjain külön tárgyalást érdemelnek.

Ezt a szűkszavú ismertetést azzal kell befejeznünk, hogy nehéz röviden összefoglalni egy rendkívül gazdag mű tartalmát. A könyv forgatása sok segítséget nyújthat a gyakorlati tervezőnek, és sok örömet rejt azok számára, akik szeretik és értékelik a célszerűen kialakított, az épület funkcióját és megjelenését kiválóan szolgáló tartószerkezetet.

T. G.

NCB International Seminar on Cement and Building Materials
2003. 11. 08 – 21 – New delhi – India
web: www.ncbindia.com
org: tel: 011-24331151, 24335073
email: seminar@ncbindia.com

3. Leipziger Fachtagung "Innovation im Bauwesen"
Ultrahochfester Beton
2003. 11. 27-28 – Leipzig - Germany
web: www.innovationen-im-bauwesen.de
org: Marko Orgass, tel: +49/341/9733-800, - 816
email: orgass@wifa.uni-leipzig.de

Earthquake Engineering
Modelling Concepts and Structural Design according to Eurocode 8
2003. 11. 25 – 27 – TU Delft - The Netherlands
web: www.pao.tudelft.nl
info: tel: +31 15 2784618
email: info@pao.tudelft.nl

iNDiS 2003
Planning, design, construction and renewal in the construction industry
2003. 11. 26 – 28 – Novi Sad
web: www.ftn.ns.ac.yu/indis2003
org: • eljko Jakšiæ, Zoran Matijeviæ
email: indis2003@uns.ns.ac.yu

2nd Int. Conference Lifetime Oriented Design Concepts
2004. 03. 01 – 03 – Bochum – Germany
web: www.ruhr-uni-bochum.de
org: tel: +49 234 322 5757
email: sfb398@ruhr-uni-bochum.de

5th International PhD Symposium in Civil Engineering
2004. 06. 17-19 TU Delft – The Netherlands
web: www.phdce5.nl
org: Tom Scarpas, tel: +31 15 278 5883
email: info@phdce5.nl

BEFIB 2004
Sixth Rilem Symposium on Fibre Reinforced Concrete
2004. 09. 20 – 22 – Varenna, Lake Como, Italy
web: www.lecco.polimi.it/befib04.htm
org: Giselda Barina, tel: +39 0341 98 3084
email: giselda.barina@polimi.it

IABSE Symposium on
Metropolitan Habitats and Infrastructure
2004. 09. 22 – 24 Shanghai – China
web: www.iabse2004.org.cn
org: tel: +86 21 6598 3451
email: secretariat@iabse2004.org.cn

Megrendelem a negyedévente megjelenő VASBETONÉPÍTÉS című műszaki folyóiratot.

Név: .....

Cím: .....

Tel.: ..... Fax: .....

A Nyomtatott folyóirat

(előfizetési díj: 2003 évre: 4000 Ft) ☐

B Internet elérés

(előfizetési díj 2003 évre: 5000 Ft) ☐

Az eléréshez szükséges kódszám megküldéséhez kérjük az előfizető e-mail címének megadását

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.

☐ Számlát kérek eljuttatni a fenti címre

☐ Kérem az alábbi hitelkártyáról kiegyenlíteni:

Kártyaszám: ..... Kártya típusa: .....

Kártya érvényessége: ..... Átutalt összeg: .....

Dátum: Aláírás:

A megrendelőlapot kitöltés után kérjük visszaküldeni a szerkesztőség címére:

VASBETONÉPÍTÉS folyóirat szerkesztősége
c/o BME Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
Telefon: 463-4068 Fax: 463-3450

(Ez a lap tetszőlegesen másolható.)

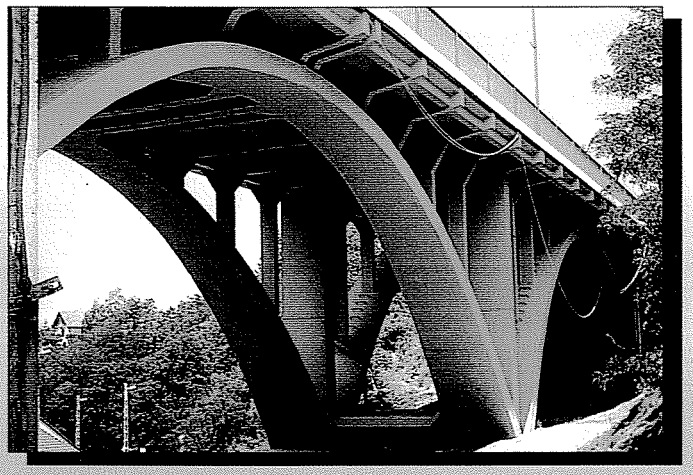
BETON PLASZTIKA Kft.

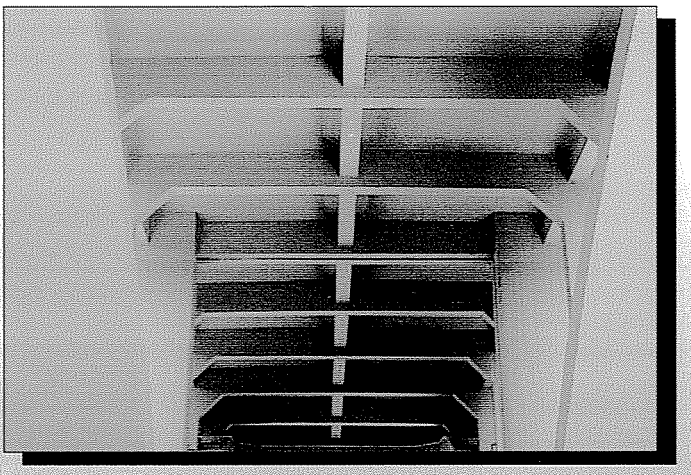
H-1138 Budapest, Karikás Frigyes u.230. Levélcím: H-2040 Budaörs, Pf. 56.
Telefon: 23/420-066, 23/500-536 Fax: 23/420-007
e-mail: betonplasztika@mail.datanet.hu

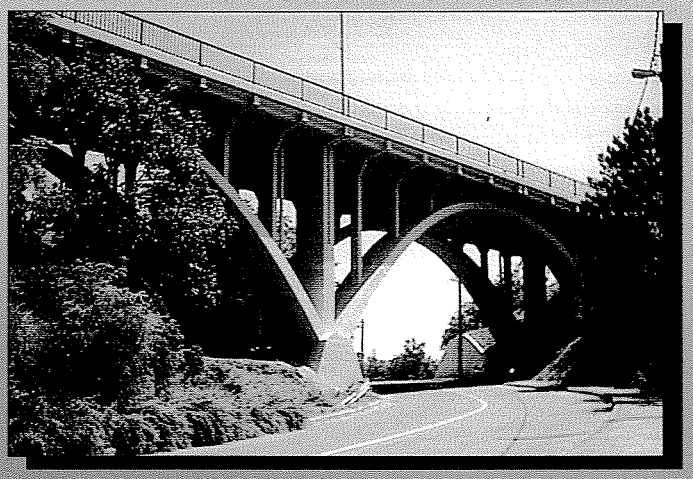
CÉGÜNK TEVÉKENYSÉGI KÖRE A KÖVETKEZŐKRE TERJED KI:

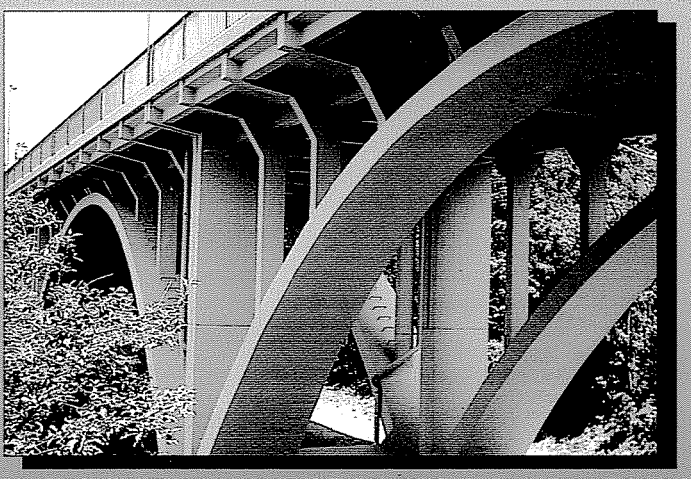
ÚJ HÍDSZERKEZETEK ÉPÍTÉSE, HÍDFELÚJÍTÁS, INJEKTÁLÁS, LŐTT BETON KÉSZÍTÉS, SÓVÉDELMI BEVONATOK KÉSZÍTÉSE, RÉGI HIDAK BONTÁSA, MAGASÉPÍTÉSI SZERKEZETEK REHABILITÁCIÓJA, DILATÁCIÓK BEÉPÍTÉSE, VALAMINT IPARI PADLÓK KÉSZÍTÉSE.

IDEI MUNKÁKBÓL A VESZPRÉMI SZENT ISTVÁN VÖLGYHÍD KÉT KIS ÍVÉNEK FELÚJÍTÁSÁT EMELNÉNK KI AZ ALÁBBI KÉPEKKEL ILLUSZTRÁLVA.









Pont-TERV

MÉRNÖKI TERVEZŐ ÉS TANÁCSADÓ RT.

H-1119 Budapest, Thán Károly u. 3.-5. E-mail: pont-terv@axelero.hu Tel/fax: 205-5877

HÍDTERVEZÉS FELŐFOKON

A TERVEZETT KÖRÖSHEGYI VIADUKT

VASBETON VÁLTOZAT