

HALÁSZI MOSONI DUNA-ÁG HÍD TERVEZÉSE ÉS ÉPÍTÉSE

DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE MOSONI DANUBE BRIDGE AT HALASZI

Ez év májusában adták át a közúti forgalomnak a Halászi Mosoni Duna-ág hidat. Magyarország első „network arch” rendszerű hídjának tervezéséről és építéséről számol be írásunk. Bemutatjuk a helyszínen korábban épült és lerombolt hidakat, illetve a tervezett innovatív szerkezeti és konstrukciós megoldásokat. Az alkalmazott új felfüggesztési rendszer számítási, szabályozási és építési tapasztalatai lehetővé teszik e híd típus további alkalmazását. A hídszerkezet elkészült, az építést képes beszámolóval mutatjuk be.

The new Mosoni Danube bridge at Halaszi was opened to the traffic in may of 2010. Our article is introduce the design and construction of the first network arch bridge in Hungary. We present the formerly built and destroyed bridges and the new innovative design details and construction solutions. The calculations, adjustment and construction experiments of the applied new structural system has given us the possibilities of this bridge type in other cases. The bridge construction is showed by photographic summaries.

ELŐZMÉNYEK, KORÁBBI HÍDSZERKEZETEK

Az 1401. j. út 34+690 km-szelvényében Halásziiban a Mosoni Duna-ág felett 1906-ban létesült az első híd.

A 45 m támaszközzű, szegmensíves, rácsos főtartós szerkezetet a második világháborúban felrobbantották, majd 1947-ben újjáépítették. Az újjáépített híd elődjével azonos kialakítással, 4,8 m-es kocsipálya-szélességgel, 20 t-s teherbírással készült.

1992. március 12-én egy KCR 5000-es önrakodóval felszerelt tehergépkocsi úrszelvény feletti magasságra kinyúló daruja beleakadt a rácsos tartós szerkezet felső keresztkötésébe. A szögvas szelvényekből összeállított, karcsú térbeli szerkezet merevítőeleménél fogva a főtartó felső öveit is híd tengelyig rántotta az ütközés, vagyis a rácsos tartó felső övei kifordultak, a hídszerkezet leszakadt.

A baleset szerencsére áldozatot nem követelt, a tehergépjármű vezetője sem sérült meg.

A leszakadt híd helyén ideiglenesen „K” rácsosvasúti hídprovizóriumot építettek, melyet 1992. július 10-én adtak át a forgalomnak. Az ideiglenes szerkezet vasúti jellegéből adódóan mindössze 3,4 m széles kocsipályát lehetett kialakítani. A gyalogos és kerékpáros közlekedésre a rácsos főtartókon kívül elhelyezett konzolokon mindkét oldalon 1,5–1,5 m széles járdát létesítettek. A provizórium építéskor maximum 5 éves időtartamban bíztak, azonban végül 2005-ben született végleges elhatározás új híd létesítéséről.

Az új híd tervezésére 2005-ben kiírt nyílt közbeszerzési pályázatot a Speciálterv Kft. nyerte meg. A beruházó Magyar Közút KHT. a meglévő híd helyén minden elődjénél szélesebb és nagyobb teherbírású, modern hídszerkezet terveinek kidolgozását kérte. A tervezői diszpozíció alap paraméterként 8,00 m széles, biztonságos, kétsávos közlekedésre alkalmas kocsipályát és a kétoldali 2,40 m széles



1. kép: Képeslap az eredeti hídról



2. kép: A leszakadt híd

gyalogos, kerékpáros járdák tervezését írta elő. A közúti híd teherbírása az ÚT 2-3.401-2004. Útügyi előírás szerinti „A” jelű teher (80 t).



3. kép: Az elégtelen keresztmetszetű provizórium csak egyirányú forgalom átvezetésére volt alkalmas

TANULMÁNYTERVEK

A kiíró által megkövetelt műszaki paraméterek kielégítésére két tanulmánytervi változat készült. Mindkettő a meglévő alépítmények felhasználásával, a meglévő út hossz-szelvényéhez a lehető legjobban igazodva, alsópályás, acélanyagú szerkezetet javasolt. Az acélanyag a szerkezeti önsúly minimalizálása és ezáltal a meglévő alépítmények felhasználhatósága miatt volt fontos, az alsópályás szerkezet kialakítás pedig a geometriai kötöttségek miatt rendelkezésre álló, csekély szerkezeti magasság okán volt elkerülhetetlen.

Mindkét változat nyitott főtartós, keresztartókkal merevített, ortotrop pályalemez merevítőtartót javasolt, az első változatnál rácsos főtartóval, míg a második változatnál alsópályás ívhídként kialakítva.

A rácsos főtartónál az ortotrop pálya egyben az alsó öv szerepét is betöltötte volna, a rácsrudaknál a hagyomá-

nyos szerkezetektől eltérően nagyobb csomólemezeket alkalmazva, így a rácsrudak csatlakozásait és pályába kötésüket lekerekítve, a rudak közötti lyukak kialakítását játékosabbra véve vált modernné, lett a megszokott, „ipari” rácsos tartóktól eltérő szerkezet.

A második javasolt szerkezet ún. „network arch” felfüggesztési rendszerű alsópályás ívhíd. E felfüggesztési rendszert Per Tveit fedezte fel 1955-ben és azóta többször alkalmazták a világ különböző pontjain. A felfüggesztési rendszer lényege, hogy a hagyományos, függőleges, vagy esetleg sugárirányú függesztőrúd-irányokkal ellentétben 55–65 fokok közötti ferdeségű, többszörös felfüggesztést alkalmaz, javaslata szerint oly módon, hogy az egyes rudak minimum háromszor metsszék egymást. Az ily módon kialakított ívhidaknál az ív rendkívül karcsú és gazdaságos lehet. E rendszer különösen kis és közepes hidaknál eredményez jelentős megtakarítást, mikor a hasznos teher – önsúly teher aránya jelentős.

Mindkét változathoz közelítő számítások és 3D látványtervek készültek.

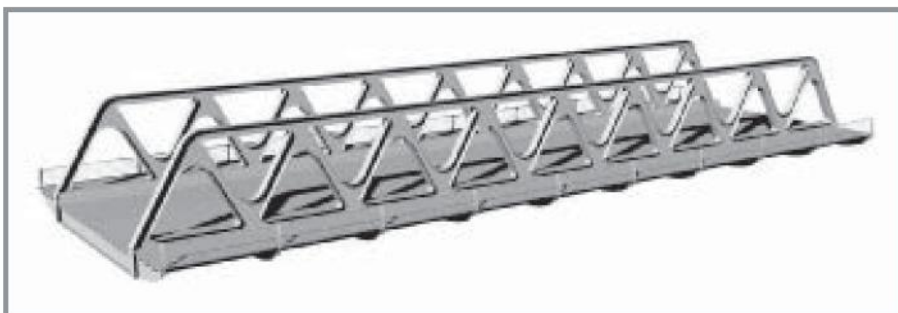
A rácsos tartós változat nagyobb acélmennyiséggel, egyszerűbb építéstechnológiával, a javasolt ívhíd verzió kedvezőbb acélmennyiséggel, azonban bonyolultabb építéstechnológiával bírt.

A rácsos tartós változat ugyan statikai rendszerében hasonlított az eredeti hídra, de megjelenésében az ívhíd állt közelebb a valamikori karcsú, szegmens íves rácsos tartóhoz.

A megbízó MK – Magyar Közút NZRt. – végül a műszaki paraméterek és esztétikai megjelenés figyelembevételével a „network arch” rendszerű híd tervezése mellett döntött, ezzel lehetőséget adva az első, ilyen rendszerű szerkezet magyarországi létesítésére.



4. kép: „network” felfüggesztési rendszerű ívhíd felszerkezet 3D látványterve

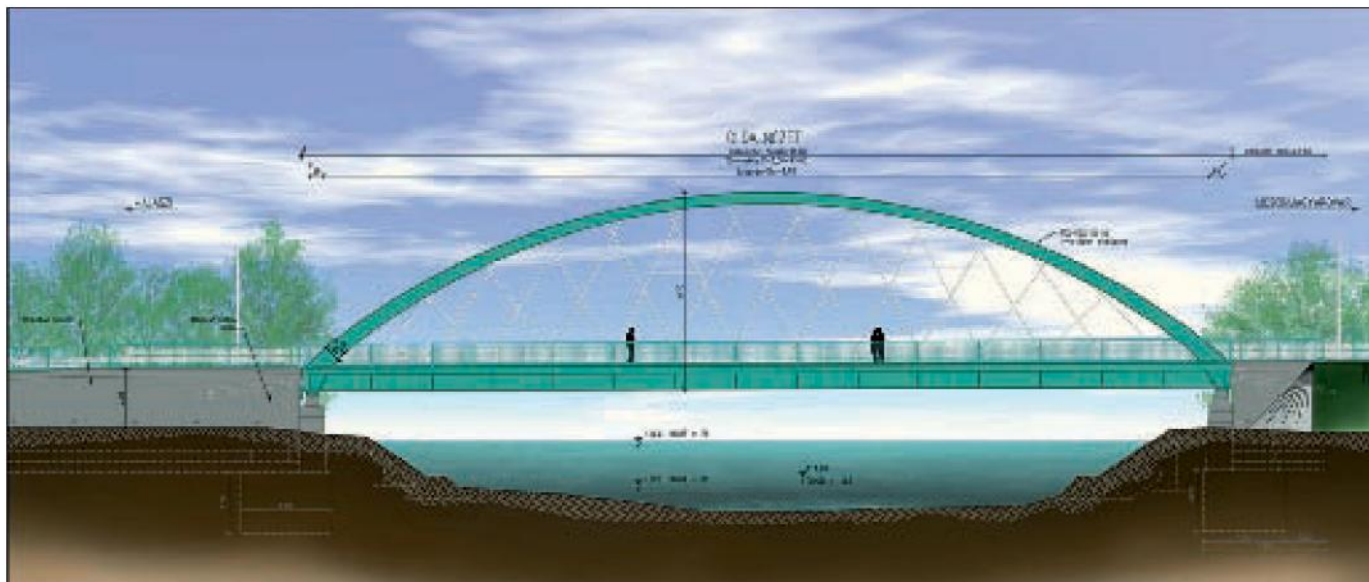


5. kép: Rácsos főtartós változat 3D látványterve



6. kép: Rácsos főtartós változat 3D látványterve: részlet





7. kép: A híd tervezett oldalnézete

KIVITELI TERVEK

A híd engedélyezési és kiviteli tervei 2006-ban elkészültek, azok 2006-ban jogerős építési engedélyt, illetve 2008-ban kiviteli tervek jóváhagyást kaptak.

Szerkezeti rendszer: kéttámaszú, alsópályás, merevítőtartós ívhíd, ortotrop acél pályalemezzel, függesztőhálós rudazattal, melyek az ívhez és a merevítőtartókhoz is ferdén csatlakoznak. A függesztőrudak két-két síkban helyezkednek el, egymást keresztezve.

A párhuzamos ívtartókat 4 darab felső keresztmetszeti kapcsolja össze, a keresztmetszeti alsó éle alatt 6,88 m magasság van a pályaszinhez viszonyítva.

Az íves főtartók az úttengellyel párhuzamosak, a 3,00 m-es osztásközzű keresztmetszeti tartók erre merőlegesek, a hosszirányú és a keresztirányú alsó síkja egybeesik, keresztirányban vízszintes.

Az íves főtartók állandó szélességű, függőleges síkú, alul nyitott „π”-szelvényűek, a gerinclemezek aljánál egy-egy különálló alsó övvel.

Az acél pályalemez főtartói a kiemelt szegély, illetve a járdakonzol alatt helyezkednek el.

Az ívtartó öve 500 mm széles, két párhuzamos gerincének magassága 500–751–915 mm között változik.

A merevítőgerendák az ívtartókhoz a két síkban elhelyezkedő; $\phi 52$ mm átmérőjű függesztőrudakkal kapcsolódnak, a keresztmetszeti-kiosztáshoz igazodóan 3,00 m-enként kerülnek elhelyezésre, az egyes rudak bekötése a keresztmetszeti 35–35 cm távolságra történik.

A rudak felül a nyitott keresztmetszetű ívből kinyúló diafragmához, alul a merevítőtartóhoz hegesztett csomólemezzel kerülnek rögzítésre.

A rudak HALFEN-DEA típusúak, a csomólemezekhez történő kapcsolat a termékrendszer részét képező öntvényvillákon és csapokon keresztül történik.

A felmenő szerkezetek a meglévő hídfők és sicalapozású alaptestjeik felhasználásával történt; a hídfők részleges visszabontása után a beton hídfőkkel összetüskézett, új, vasbeton gerenda épült, mely a tervezett térfallal közös szerkezeti egységként került kialakításra.

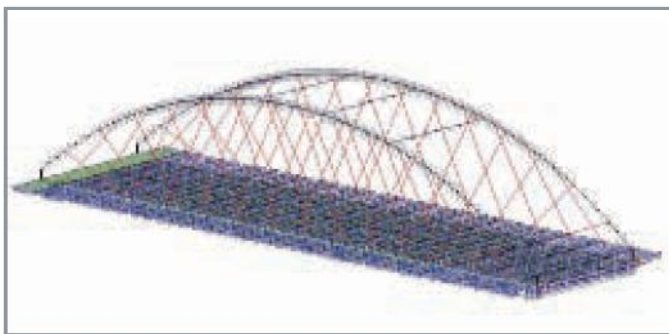
A szerkezeti gerenda a hídfőkön konzolosan túlnyúlik, így biztosítva a főtartók pontszerű alátámasztását.

A híd főbb adatai az alábbiak:

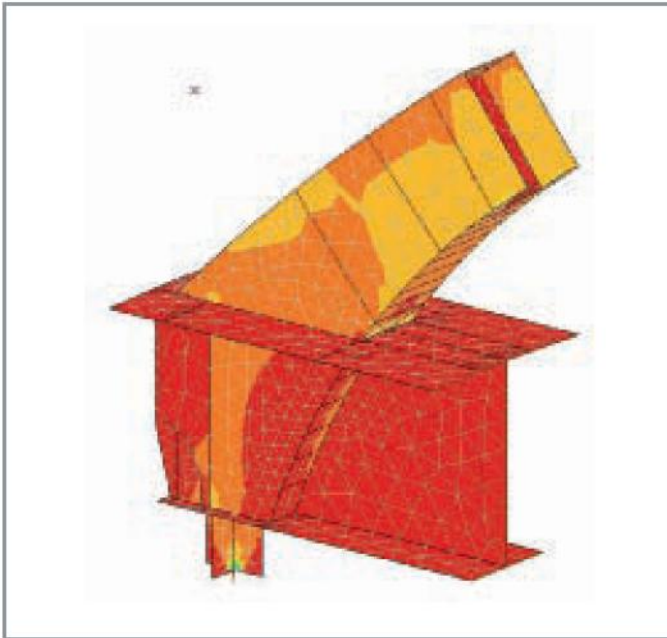
támaszköz	45,00 m
szabad nyílás	43,70 m
keresztmetszeti elrendezés	
– kocsiút	2*3,50 m forgalmi sáv
	+ 2*0,50 m biztonsági sáv
– főtartó	2*50 cm
– járda és kerékpárút	2*2,40 m
teljes keresztmetszeti szélesség	15,23 m
szerkezeti vastagság	1,05 m
oldalesés	2,5% (tetőszelvény)
helyszínrajzi vonalvezetés	egyes
magassági vonalvezetés	emelkedik 0,5%-ot

STATIKAI SZÁMÍTÁSOK, RÚDSZABÁLYOZÁS

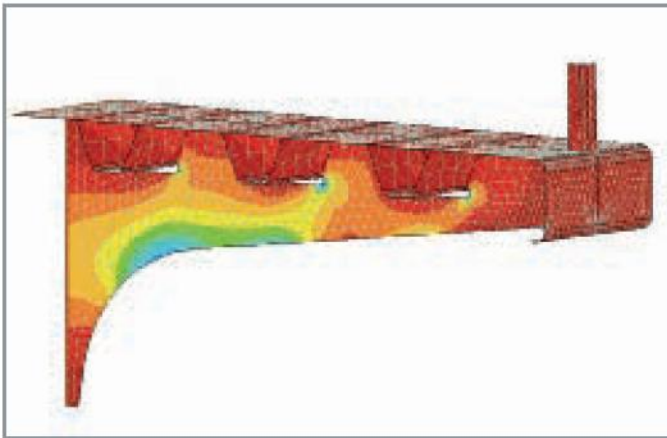
A híd statikai viselkedését több modellen vizsgáltuk. A teljes szerkezetet erőjátékának meghatározására készült egy globális modell, ahol az ívet szegmens alakú, 3D rudakkal, a felfüggesztő rudakat csak húzásnak ellenálló rácsrudakkal, a pályalemezt héjelemekkel és az ívfőtartót, keresztmetszeti tartót, illetve a hosszirányú bordákat a héjelemek bordáival modelleztük.



8. kép: A tervezett felszerkezet 3D statikai váza



9. kép: Ívcsont környezetének kialakítása és statikai vizsgálata



10. kép: Alsó ív nélküli járdakoncol feszültségei – 3D hégmodell – statikai részlet

Egyes csomópontok vizsgálatához külön modelleket építettünk. Ezekben csak héjelemekkel modelleztük a vizsgálandó szerkezeti elemeket. Ilyen modellek készültek a végkereszttartóra, az ívcsontokra és a járdakoncolra. A globális modellben számított igénybevételek alapján történtek a főbb szerkezeti elemek szilárdsági, stabilitási és alakváltozási kritériumoknak megfelelő ellenőrzései. A lokális modellekben az egyes lemezmereteket a közvetlen feszültségek vizsgálatával tudtuk ellenőrizni.

A szerkezeti rendszer legfőbb előnye a rendkívül kedvező nyomatékelosztás az íven és a merevítőtartón. Ennek kihasználása azonban csak akkor lehetséges, ha a rudakat sikerül a terv szerinti kezdeti feszültségállapotba hozni. A rudak szabályozását az alábbi módon számítottuk:

1. lépés:

Minden rúdban egységnyi húzóerőt működtettünk, amit külön teheresetenként definiáltunk. Az egyes tehereseteknek megfelelően kaptuk meg, hogy az egységnyi húzóerővel terhelt rúd a többi rúdban mekkora erőket gerjeszt, illetve hogy a teljes szerkezetben (ívben, merevítőtartókban, keresztartókban és a pályalemezben) ebből mekkora igénybevételek, feszültségek ébrednek.

2. lépés:

A teljes szerkezetben kiszámítottuk a min-max igénybevételeket a végállapotban. Ez a felfüggesztő rudakra a normálerőket, az egyes szerkezeti elemekre a feszültségeket jelenti.

3. lépés:

Az 1. lépésben számított rúderőket és a többi elemekben ébredő feszültségeket egy mátrixba foglaltuk. A mátrix sorai jelentették a rudakat, az oszlopok pedig a rudakat és a többi szerkezeti elemeket. A mátrix egy-egy eleme mutatta meg, hogy az adott sorban lévő rúd egységnyi feszítésre mekkora erőt okoz az oszlopban lévő rúdban, vagy mekkora feszültséget okoz az oszlopban lévő szerkezeti elemekben.

4. lépés:

Létrehoztunk egy vektort, ami a terhelési esetenként előállított rudak egységnyi feszítésének átszorzását adta. Ez tartalmazta annak a feszítésnek a mértékét, amivel a beállítás során kívántuk a rudakat feszíteni. Az így módosított (ezzel a vektorral átszorított) mátrix tartalmazta a beállítás után a felfüggesztő rudakban ébredő húzóerőket és az egyes szerkezeti elemekben ébredő kezdeti feszültségeket. A képzett vektor fokozatos módosításával (iterációjával) törekedtünk a következő paraméterek betartására:

- A felfüggesztő rudak ne legyenek nyomottak.
- A felfüggesztő rudakban keletkező húzóerő mértéke ne haladja meg annak teherbírását egyetlen állapotban sem. Ezt a 2. és 4. lépésben számított mátrixok összeadásával ellenőriztük.
- Az egyes szerkezeti elemekben ébredő feszültségek mértéke ne haladja meg annak teherbírását egyetlen állapotban sem. Ezt a 2. és 4. lépésben számított mátrixok összeadásával ellenőriztük.
- Minden szerkezeti elemekben az optimális terhelés keletkezzen.

5. lépés:

A kapott „szorzóvektornak” megfelelően, a függesztőrudakat az így kalkulált feszítőerőkkel terheltük meg az AXIS végelesemes program modelljében. A számított igénybevételek, feszültségek alapján a teljes szerkezetet ellenőriztük szilárdsági, stabilitási, fáradási és alakváltozási szempontok alapján.

6. lépés

A 4. és 5. lépést addig ismételtük meg, amíg az eredményeket, a pontos, 5. lépésben kiszámítottak alapján, számunkra elfogadhatónak és optimálisnak találtuk.

A tervezési folyamat hasonlít az „erőmódszer”-rel megoldott szerkezetre. Ebben a számításban a törzstartót a teherletlen függesztőrudakon számított híd adja, az egyes elemeket pedig, az egyes függesztőrudak egységfeszítéséből adódó igénybevételek alkotják.

A kalkulált szabályozás alapján a helyszínen beúsztatás előtt – még aszfalt nélküli állapotban – történt egy „durva” előszabályozás, majd a szerkezetet sarun „finomszabályozták”. A szabályozás során a BMGE szakemberei – Dr. Halász István irányításával – nyúlásmérő bélyegek alkalmazásával követték nyomon az összes rúd erőjátékát. A nyúlásmérő bélyegeket a próbaterhelés során is felhasználva ismételt mérésekkel bizonyították a szerkezet terv szerinti működését, a „network” rendszer hatékonyságát.



KIVITELEZÉS

A Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. 2008-ban közbeszerzési pályázaton választotta ki a híd kivitelezőit, a HH Dunahíd Konzorciumot. A kivitelezői konzorcium tagjai a Hídépítő Zrt. és a Hídtechnika Kft. voltak. Az építési munkák 2009-ben a meglévő provizórium megemelésével kezdődtek. Az ideiglenes támaszokra helyezett provizórium konzoljain biztosították továbbra is a gyalogos és kerékpáros forgalmat, eközben a meglévő alépitmények átalakítása is elvégezhető volt. A helyszíni alépitményi munkákkal párhuzamosan az acélfelszerkezet gyártása is megkezdődött. Az acélszerkezet helyszíni illesztéseit a mosonmagyaróvári hídfő mögött kialakított szerelőtéren készítették



11. kép: Elbontandó provizórium megemelése – felmenő szerkezet átépítése alatt a gyalogos és kerékpáros forgalom a provizóriumon halad



12. kép: Az alépitmények már átépültek a gyalogosforgalmat még lebonyolító provizórium alatt



13. kép: Pályalemez üzemi előregyártása

el. Az acélszerkezet teljes egészében hegesztett, mindössze a felfüggesztési rendszer rúdjai csapos illesztésűek. Az elkészült acél felszerkezet függesztőrúdjainak besabályozása a szerelőtéren történt meg. A régi híd bontását és az új szerkezet elhelyezését folyóra merőleges irányú úsztatással végezték. Be- és kihúzó pályán bárkára húzták a hidakat, majd azon folytatták a mozgatást a túlsó partig, ahol segéd tartókon gördítették a partra.

A sikeres próbaterhelést követően az elkészült hidat 2010. május 28-án adták át a forgalomnak, Magyarország legújabb, modern hídjaként.

A kivitelezés lépései képekben



14. kép: Pályatáblák előszerelése (próba illesztése) az üzemi szerelőtéren



15. kép: Ívcsonk – pályalemez próbaillesztése



16. kép: Szerelőtéren „kezd összeállni” az acélszerkezet



17. kép: A pályatáblák illetve, hegesztéshez előkészítve, az ív ívcsonkra mozgatása folyamatban



19. kép: Az új felszerkezet beúsztatása



18. kép: A szerelőtéren elkészített felszerkezet



20. kép: A felszerkezet behúzása csörlővel



←
21. kép: Próbaterhelés



22. kép: A híd az átadás előtt

AZ ELKÉSZÜLT HÍD

A szerkezet színe a Beruházó Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. döntése alapján türkiz (RAL 6004 – blau-grün), mely szín harmonizál a Szigetköz dús, buja növényvilágával, azonban a környező fák színébe mégsem teljesen olvad bele, napfényben, felhős időben és szürkületben is más-más színhatást ad, többször látszik kéknek, mint zöldnek.

A híd és a csatlakozó támfalak és rézsűk korlátjai a híd acélszerkezetének színével azonosak, a szerkezeti rendszer kiemelésére azonban a függesztőrudak RAL 7001 ezüstszürke színűek lettek.

A hídra annak belterületi jellege miatt közvilágítást terveztek. A világítás elsődleges célja a közút és a járdák felületének megvilágítása, azonban az egyedi felfüggesztő rendszer kiemelését is célul tűzték ki, így a lámpatesteket az ívek belsejébe rejtve, minél nagyobb felületen „súrolják” a fénysugarak a függesztőrudakat. Éjjeli megvilágításban különösen előnyös e rudak ezüstszürke színe, mely a fényt erősíti, ellentétben az ívek és alsó acélelemek elnyelő türkiz színével.



23. kép: Hordógurítás



24. kép: Az elkészült híd a Mosoni-Dunáról



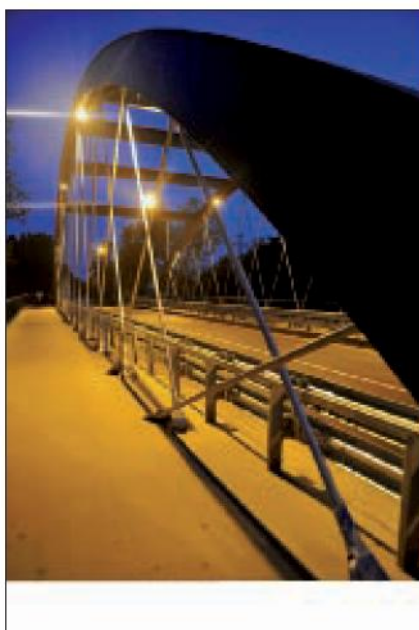
25. kép: Az elkészült híd az útpálya felől nézve – nappal



26. kép: Az elkészült híd az útpálya felől nézve – éjszaka



27. kép: „network” felfüggesztési rendszer – nappal



28. kép: „network” felfüggesztési rendszer – éjszaka

RÉSZTVEVŐK

Építető:

Nemzeti Infrastruktúra
Fejlesztő Zrt.
1134 Budapest,
Váci út 45.

Generáltervező, híd, útépités, talajmechanika szaktervek:

Speciálterv Kft.
1031 Budapest,
Nimród u. 7.
www.specialterv.hu

Generálkivitelező:

HH Dunahíd Konzorcium
Hídépítő Zrt./
Hídtechnika Kft.
1138 Budapest,
Karikás Frigyes utca 20.

Acélszerkezet-gyártó:

MOTECH Kft.
9200 Mosonmagyaróvár-
Újudvar, Bereki út 1.

Kezelő:

Magyar Közút Nzrt.
Győr-Moson-Sopron Megyei
Igazgatóság
9022 Győr,
Batthány tér 8.

Fotók:

1. kép: eredeti képeslap
2–4. kép: Venesz László
A többi felvétel: Speciálterv Kft.
(Pál Gábor)