

## SZOMBATHELY, CSABA UTCAI KÖZÚTI FELÜLJÁRÓ TERVEZÉSE

### DESIGN OF THE CSABA STREET OVERPASS AT SZOMBATHELY

2012 októberében adták át a közúti forgalomnak a Szombathely, Csaba utcai közúti felüljárót. A különleges főtartó-szerkezetű híd tervezéséről, építéséről, statikus és dinamikus próbaterheléséről számol be jelenlegi írásunk. Képes beszámolóban mutatjuk be az alkalmazott szerkezet kialakításának előnyeit, innovatív konstrukciós megoldásait az elvégzett próbaterhelés eredményének tükrében.

#### 1. ELŐZMÉNYEK



1. kép: A helyszín 3d látványterve: új gyalogos, kerékpáros aluljáró és közúti felüljáró 4 vasúti vágány felett

Szombathelyen a „Csaba utcai külön szintű közúti-vasúti csomópont átépítése” projekt a Sopron–Szombathely–Szentgotthárd vasútvonal fejlesztési programjának részeként, európai uniós támogatással valósult meg, melyet a GySEV Zrt. megbízásából a KÖZGÉP Építő- és Fémszerkezetgyártó Zrt. – Swietelsky Vasúttechnika Kft. alkotta KS-Szombathelyi Konzorcium végzett a KÖZGÉP Zrt. vezetésével.

A külön szintű keresztesítés megépítését a Csaba utcát keresztező Szombathely állomás végpontjában áthaladó konténer pályaudvari, nagykanizsai, szentgotthárdi vasúti vonalak indokolták, melyek forgalma miatt a vasúti átjáró sorompói gyakran több mint negyedóraig is tilos jelzést mutattak, jelentősen lassítva ezzel a városrészek között való átjutást a közúti, gyalogos és kerékpáros közlekedők számára (1. kép). A beruházási projekt keretében a közúti-vasúti szintbeni keresztesítést megszüntetve került megépítésre a vasút felett egy vasbeton pályalemezzel együttdolgozó acél főtartós, ún. „öszvér” keresztmetszetű, 156 m hosszú, a legmagasabb pontjában 9,10 m magas, 7 támaszú, kétszer egy sávú közúti felüljáró a gépjárművek számára és egy gyalogos–kerékpáros aluljáró a vasút alatt.

The Szombathely, Csaba road overpass was opened to traffic in October of 2012. Our article introduces the design, constructing, static and dynamical load test of the bridge with a unique composite superstructure. We present the innovative constructive solutions and advantages of the used structural system with this photographic report, according to the results of the load test.

A megvalósult közúti felüljáró végleges kiviteli tervei a KÖZGÉP – Swietelsky Konzorcium megbízásából készültek el, az építés 2011–2012. évben történt.

A kiviteli tervek elkészítését és a híd statikus és dinamikus próbaterhelését társaságunk, a Speciálterv Kft. végezte.

A Győr–Sopron–Ebenfurt Vasúti Zrt. beruházásában épülő műtárgy engedélyezési terveit a Főmterv Zrt. készítette el. Az építési engedély alapján az F-21 Mérnöki Iroda Kft. elkészítette a híd kiviteli terveit. Az e tervekben lévő műtárgy cölöpalapozású, felszerkezete többtámaszú monolit szekrénytartós gerendahíd volt. A szerkezetet a „D” támaszig egycellás, majd a szélesítéses szakaszon kétcellás kialakítással tervezték. A hídon átvezetett út alaprajzi ívessége és a támaszok elhelyezésének geometriai kötöttségei miatt indokolt volt a csavarómerev szekrénytartó alkalmazása, azonban az üzemelő vasút feletti zsaluzat építése komoly nehézségek elé állította a kivitelezőt, ugyanis vagy a vasúti úrszelvény építés alatti csökkentése, vagy a monolit felszerkezet emelt szinten történő építése és végleges helyére süllyesztése volt szükséges. A kivitelezők alternatívaként előre gyártott elemekből történő építésben gondolkodtak. Végül a hídszerkezet építését végző KÖZGÉP Zrt. – a főbb geometriai méretek megtartása mellett – a hídszerkezet áttervezésére adott megbízást az ÁKMI Kft.-nek, aki szakági tervezőként a híd áttervezésével a Speciálterv Kft.-t bízta meg.

A tervezés során a következő kötöttségekhez kellett alkalmazkodni:

- A támaszkiosztás az eredeti engedélynek megfelelően kötött volt.
- A híd helyszínrajzi vonalvezetése kezdetben íves, majd egyenesre vált.
- A hídon keresztmetszeti szélesedés található a 4–5 támaszok környezetében.
- A hossz-szelvény szerint a hídon lekerekítő ív található a 3–4 támaszok környezetében.
- Az eredeti szerkezeti magasságot változtatlanul kellett hagynunk.



2. kép:  
Építési állapotban üzemelő  
szintbéli átjáró már  
az épülő új felüljáróval

Első lépésben előre gyártott feszített beton gerendák alkalmazását kérték, azonban azt az alábbi körülmények nehezítették:

- az alaprajzi ívesség miatt jelentős konzolhosszak keletkeztek volna a vasbeton pályalemezen,
- a változó keresztmetszeti szélesség miatt a tartókat „legyezni” kellett,
- a jelentős ívesség jelentősen változó szélességű fejgerendákat igényelt,
- a fejgerendákat a közúti űrszelvényvel összhangba kellett volna hozni (a szekrény tartónál nem kellett teljes hídszélességű fejgerenda, a vasbeton pályalemez konzol azonban nagyobb magasságban van, mint egy „lenti” gerenda),
- az erősen domború lekerekítő ív a középső nyílásban több deciméteres extra pályalemez rábetonozást igényelt volna.

A fenti nehézségek mérlegelése után újabb alternatívaként egy vasbeton pályalemezzel együttdolgozó, három főtartós, alsó síkján keresztartókkal és szélráccsal erősített gerinclemezes acél gerendahíd megépítését javasoltuk.

## 2. MOTIVÁCIÓ

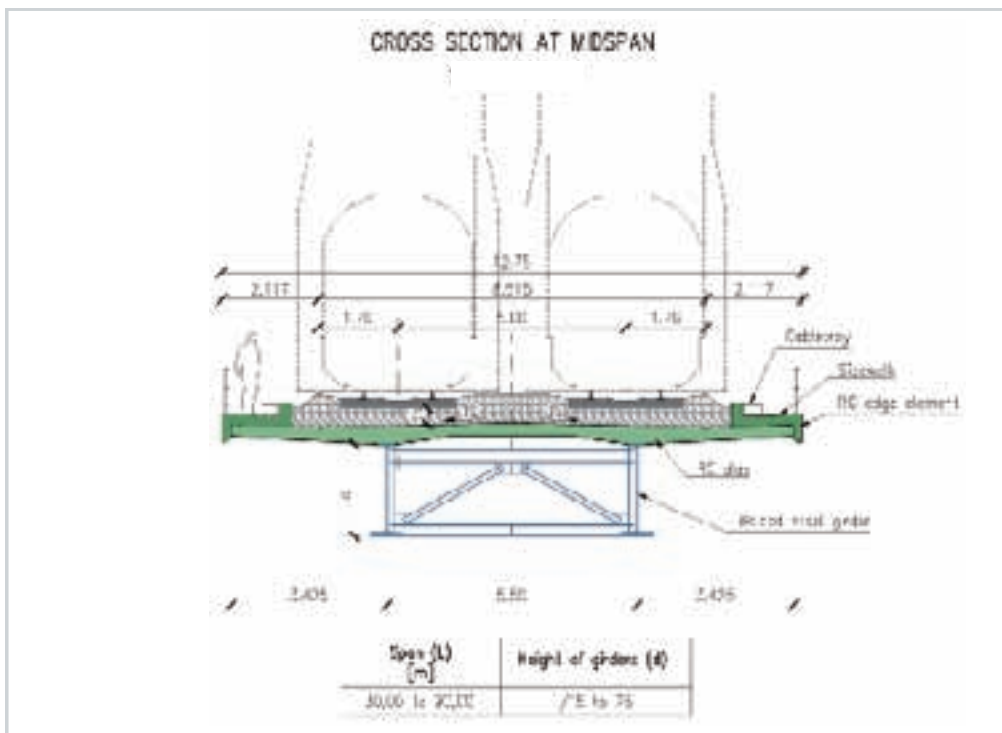
Az öszvérhíd alkalmazása megoldást kínált az előzőekben említett több műszaki problémára. Az üzemben gyártott acéltartókkal nem jelent gondot a bonyolult alaprajzi és magassági viszonyok lekövetése, a pályalemez a szekrénytartóival azonos geometriával kialakítható, erősített acél keresztartók alkalmazásával fejgerendára e szerkezettípusnál sincs szükség. Az eredeti szekrénytartó szerkezeti magasságához azonban igazodni kellett, mely a már említett ívesség és támaszelrendezés okán komoly csavaró igénybevételeket okozott a felszerkezeten. Első javaslatunk az eredeti kialakításhoz hasonlóan csavarómerev zárt szekrénytartó volt, ahol a fenéklemez és a gerincek, illetve a merevítések acélból készülének, és ezeken építhető monolitikusan a helyszíni pályalemez. A zárt szekrénytartó

üzemeltetése – a belső bezárt tér vizsgálata, esetleges karbantartási munkák végzése – a nyomott szerkezeti magasság mellett igen nehézkesen lett volna elvégezhető, illetve a zárt keresztmetszetű merevítőbordák és keresztartók gyártását is nehézkesnek ítélte meg a kivitelező.

Korábbi külföldi munkánknál már javasoltunk nyitott keresztmetszetű, azonban mégis csavarómerev felszerkezettel (3. kép). Az iraki vasút részére ajánlott alternatívánk a TGV megépült hídjainak mintájára készült. Ott a kétvágányú vasút közös öszvér felszerkezeten van vezetve, így az egyik vágány terhelése jelentős külpontosságú aszimmetrikus terhet jelent. A nagysebességű vasútnál kiemelten fontos merevségi követelmény érdekében a két „I” keresztmetszetű acéltartóból és az együttdolgozó vasbeton pályalemezből kialakított keresztmetszet kereszteloszlását jelentősen javítani lehetett erősített keresztartók és erősített szélrács alkalmazásával. A szélrács erősítésével mintegy alsó vízszintes síkú, rácsos tartót készítünk, mely lehetővé teszi a szekrénytartónál kialakuló „nyírófolyam” kialakulását. Az ilyen jellegű szerkezeteket irodánkban „kváziszekrénytartóknak” neveztük el.

A fentiekben bemutatott szerkezettípus Magyarországon elsőként a Csaba utcai felüljáró esetében került alkalmazásra. A nyitott főtartókkal kialakított öszvérszerkezet az erősített sűrű keresztartóknak és szélrácsozásnak köszönhetően csavarómerev, „kváziszekrénytartóként” működik. Jelen esetben a szélességhez képest kicsi szerkezeti magasság miatt három főtartót alkalmaztunk, és ezeket merevítettük össze az erősített szélráccsal és keresztartókkal.

Az alkalmazott szerkezet egyik jelentős előnye, hogy az öszvér felszerkezet a monolit vasbeton szekrény felszerkezethez képest jelentősen kisebb önsúllyal rendelkezik. A helyi adottságok és az egyes alaptesteknél vett CPT szondázások és talajmechanikai fúrások eredményei figyelembevételével készült kiegészítő geotechnikai szakvélemény alapján megvizsgáltuk a lehetőségeket az alapozási mód megváltoztatására, melynek eredményeképpen a korábbi mélyalapozást síkalapozásra tudtuk cserélni.



3. kép:  
Csavarómerev öszvér  
felszerkezet ajánlati terve  
(Kirkuk-Suleymania vasútvonal)

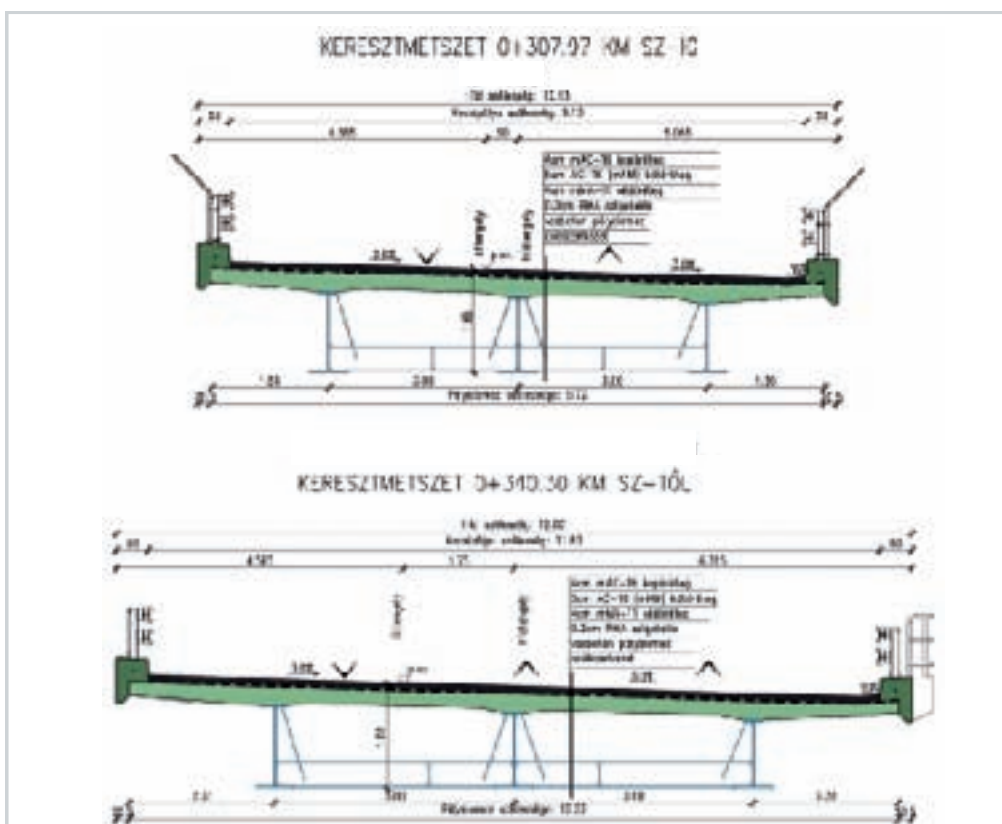
### 3. SZERKEZETI ISMERTETÉS

A híd szerkezeti rendszere: hatnyílású, folytatódólagos, több-támaszú gerendahíd.

Az útpálya a belvárosi építési környezeti viszonyok miatt bonyolult helyszínrajzi vonalvezetésű. Az út egy-egy sávban, ívben érkezik a hídra, majd egy leforduló sávval szélesedve egyenes vonalban hagyja el azt. Az úttengely 0+307,97 km-szelvényig íves kialakítású [Rj = 100,0 m (jobbra)], 0+307,97 km-szelvénytől egyenes kialakítású.

A felszerkezet szélessége 0+307,97 km-szelvényig 10,13 m, 0+307,97 km-szelvénytől 0+340,30 km-szelvényig szélesedik, majd 0+340,30 km-szelvénytől a szélessége: 12,63 m.

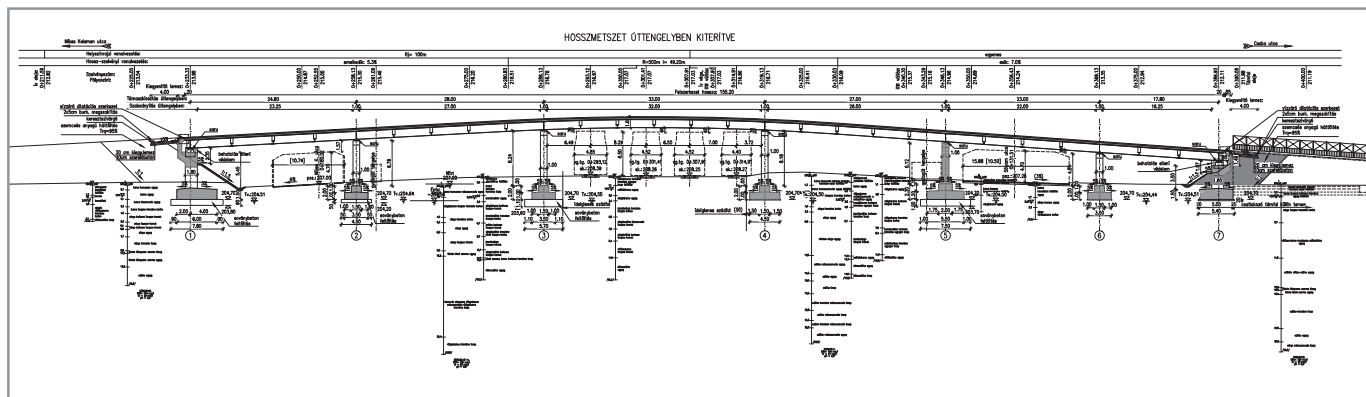
A híd főtartói 0+307,97 km-szelvényig az úttengellyel párhuzamosan íves kialakításúak, a 0+307,97 km-szelvénytől 0+340,30 km-szelvényig egymástól távolodók, majd 0+340,30 km-szelvénytől egyenesek, az úttengellyel párhuzamosak.



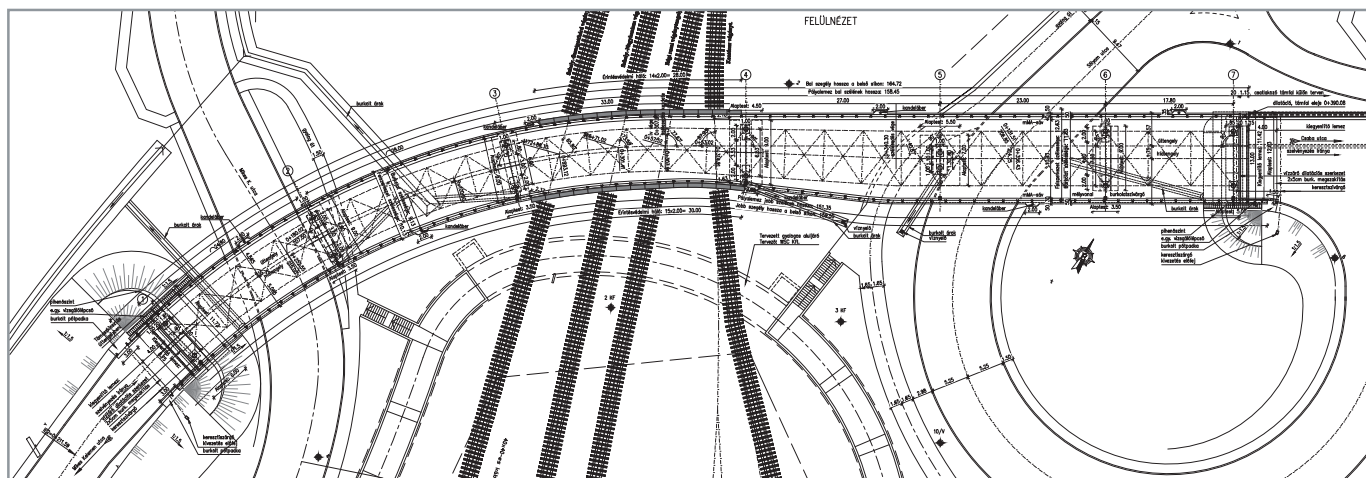
4. kép:  
Nyitott „I” tartós acélgerendák  
erősített keresztmetszettel,  
változó keresztmetszeti  
szélesség a híd hossza mentén



5. kép: Oldalnézet az épülő híddal



6. kép: Hossz-metszet



7. kép: Felülnézet

A híd töltései terepszinthez csatlakoznak, ugyanakkor az áthidalt 4 vasúti vágány űrszelvénye miatt igen magasra kellett feljuttatni az utat.

A szerkezet hossz-szelvénye 0+280,33 km-szelvényig 5,3%-os emelkedésben van, 0+280,33 – 0+330,03 km-szelvény között  $R_d = 500$  m domború lekerekítő ívben halad, majd 0+330,03 km-szelvénytől 7,0%-os esésben van.

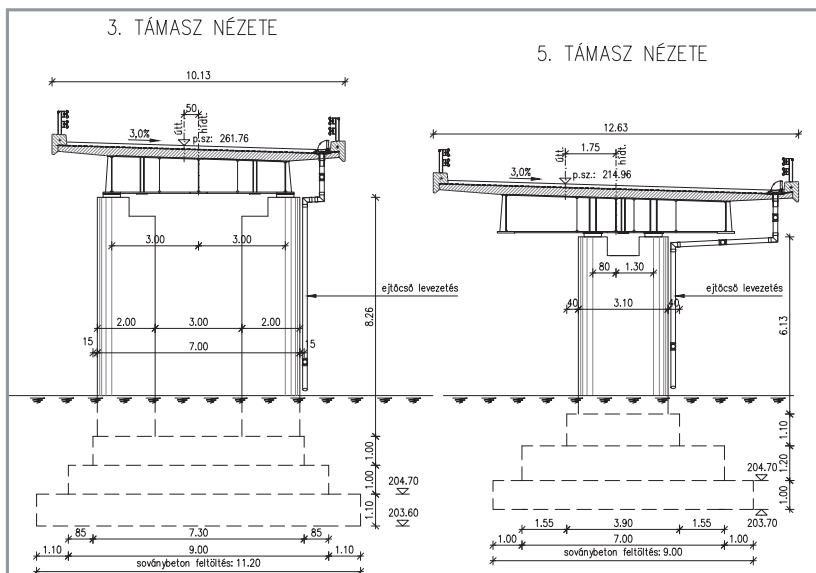
A szerkezeti magasság az üttengelyben 0+280,33 km-szelvényig 1,65 m, 0+280,33 – 0+330,03 km-szelvény között 1,65 – 1,68 m között változó, majd 0+330,03 km-szelvénytől 1,68 m.

A hídfők áttört hídfők, párhuzamos függesztett szárnyfalakkal készülnek, kivéve a 7. jelű hídfő alaalapozott bal szárnyfalát, amihez támfal csatlakozik. A hídfőknél vizsgáloteret alakítottunk ki.

A közbenső támaszok az „5” jelű pillér kivételével két oszlopos szerkezettel készülnek. Az „5” jelű pillér egyet-

len tömör oszlop. Az eltérő kialakítást az okozza, hogy a pillért a Solyom utca közötti burkolata és kerékpárosburkolata fogja közre. A többi pillérnek megfelelő kialakítás ebben a környezetben a nyomvonalak, védőtávolságok és űrszelvények miatt nem volt lehetséges. Az alépítmények tengelyei merőlegesen az átvezetett út tengelyére. A híd alapozása síkalapokkal történt.

A felszerkezet vasbeton pályalemezzel együttműködő három főtartós, alsó síkján keresztartókkal és szélráccsal erősített acélszerkezet. Az acélszerkezet mozgatása, beépítése miatt – előre tervezett – visszanyerhető, ideiglenes merevítésekre volt szükség. A karcsú acélerendák merevsége a vasbeton pályalemez nélkül igen csekély, ezért a mozgatások és a betonozás külön statikai ellenőrzéseket igényeltek. A jól megválasztott emelési pontok miatt a szerkezet a mozgatás alatt tökéletesen megtartotta az alakját.



8. kép: Pillérnézetek

Komoly kihívást jelentett az ösvérszerkezet pályalemezőnek betonozása. A kedvezőtlen támaszkiosztás és az optimálisnak nem túlozható vonalvezetés komoly fejtörést okozott a betonozás ütemezésének tervezésekor. A vasút feletti nyílásban nem volt lehetőség, a többiben nem volt érdemes betonozási segédjármot elhelyezni, így végül a szerkezet ideiglenes megtámasztások nélkül, szabadon betonozva készült el. A betonozás a hídvégektől indulva haladt a középső zárásig. A „soknyílású” híd acéltartói a nyers beton súlyára történő alakváltozások során nyílásonként ellentétes irányokban alakváltoztak, végül azonban hozták a tervezett alakjukat. A karsú felső övek vízszintes megfogását a betonozás alatt a pályalemezbe kerülő, bennmaradó főtartókat összekötő, keresztirányú vonórudak jelentették, beépítésükkel megóvtuk az acélszelvények felső övét a kifordulástól.



9. kép: Hídszerkezet alulnézetei építés közben és elkészülve

A felszerkezet sarukra fekszik fel, a dilatációs mozgásokat vízzáró, dilatációs szerkezet teszi lehetővé.

Felszerkezet hossza: 155,20 m

Alátámasztások száma: 7

Alátámasztások ferdesége: 90.00°

Támaszkiosztás: 24,80 + 28,00 + 33,00 + 27,00 + 23,00 + 17,80 m az úttengelyben mérve.

Az acél felszerkezet  $3 \times 9 + 1 = 28$  darab építési egységből áll. Ez főtartónként 9 darab építési egységet, illetve az 5. támasz fölött egy építéstechnológiailag szükséges, külön kialakított építési egységet jelent. Az acélszerkezeten a gyártás során a pályalemez szilárdulásáig ideiglenes keresztartók kerültek beépítésre. A tartók daruzva kerültek elhelyezésre.



11. kép: Acélszerkezet beemelése a vízszintes sík rácsrudak nélkül



10. kép: Az elkészült acélszerkezet a vasbeton pályalemez zsaluzatával

## 4. STATIKAI SZÁMÍTÁSOK

A műtárgy teherbírása az ÚT 2-3.401-2004 szerinti „A” osztályú. A híd statikai viselkedését mind előzetesen, mind végleges számításban is több modellen vizsgáltuk.

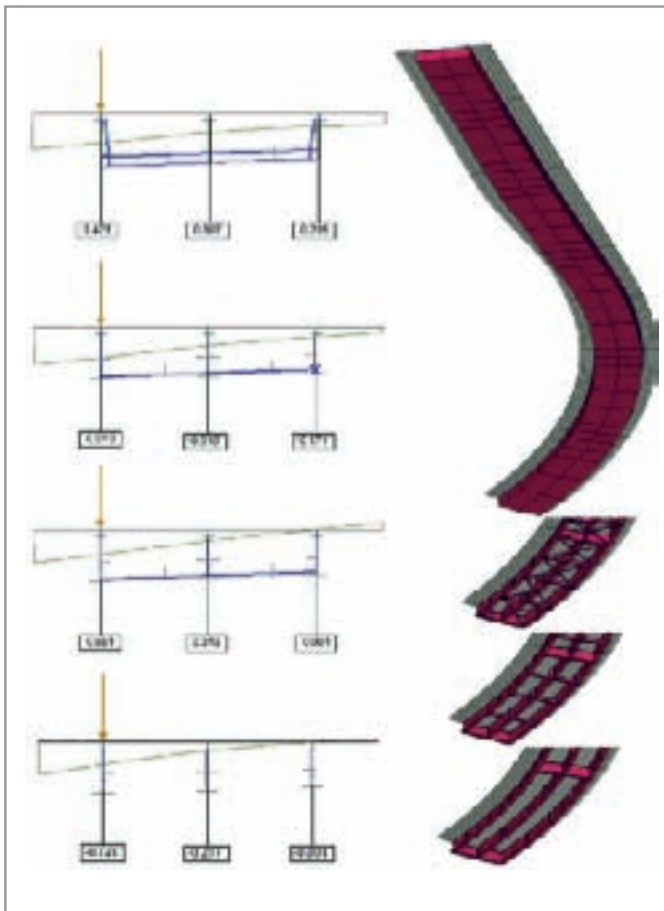
### Előzetes számítások, a híd kialakításának vizsgálata

A „kváziszekrénytartós” szerkezet hatását bemutatandó elvégeztünk egy pár összehasonlító számítást, ezek eredményeit mutatjuk be az alábbiakban.

A lefuttatott négy eset a keresztartó nélküli, a keresztartós de szélrács nélküli, a megépített „kváziszekrénytartó” és a zárt szekrény keresztmetszetű ösvérhíd volt. Az eredményeket értékelendő kereszteloszlási hatásábrákat készítettünk az „A” jelű főtartó (domború oldali főtartó) esetében.

A szekrénytartó esetében a zárt csavarómerev kialakítás következtében rendkívül jó a kereszteloszlás, az aszimmetrikus terhelésre a geometriához képest (kis nyílású, széles híd) közel egyenletesen tudnak dolgozni a tartók (0,48-0,30-0,22).

Az általunk alkalmazott, áttört rácsos jellegű alsóöv esetében a kereszteloszlás kismértékben romlik csak, és a kedvező teherszétosztás továbbra is fennáll. A kedvező kereszteloszlás (0,51-0,32-0,17) és az ezt biztosító nagy csavarómerevség esetünkben döntő jelentőségű, mert az alaprajzilag íves vonalvezetésű hidat az '5'-ös támasz esetében geometriai kötöttségek miatt, csak aszimmetrikusan elhelyezett letámasztással tudtuk megvalósítani. Ennek következtében csak kellően csavarómerev szerkezeti kialakítása alkalmazása tudta biztosítani a szerkezet állékonyságát.



A csak keresztartókkal kialakított szerkezet csekély mértékben csavarómerev, a kereszteloszlása is jóval kedvezőtlenebb (0,68-0,32-0,00).

A keresztartó nélküli kialakítás erősen íves hidak esetében nem ajánlott. Egyenes tengelyű hídnál elképzelhető, hogy az alsó öv kifordulását a gerinc merevítése és az öv saját inerciáján keresztül meg lehet gátolni, azonban e megoldás jelen geometriánál nem alkalmazható. Korábbi számítási módszerek, a karcsú pályalemezre tekintettel, két-támaszú átvitelre jellemző kereszteloszlást javasoltak ilyen esetre. Az összehasonlítás kedvéért elvi lehetőségként lefuttattuk a keresztartó nélküli kialakítást is, mely a szélrács nélküli változattal közel azonos eredményt adott. Itt a híd ívessége, a változó merevségű tartók és a relatív kis nyílás azonban széles keresztmetszet hatására a vasbeton pályalemez kifejtethetett a kéttámaszú átvitelnél jobb kereszteloszlást is (0,72-0,28-0,00).

### A kiválasztott szerkezet vizsgálata

A teljes szerkezetet erőjátékának meghatározására készült egy globális modell, ahol a vasbeton pályalemez héjelemekből, az acélszerkezet annak bordáiként lett modellezve. Az alsó szélrácsot a bordákat összekötő rácsrudakként vettük figyelembe. Ezen a modellen vizsgáltuk a főtartót, a pályalemezt, az alsó szélrácsokat és az együttdolgozó kapcsolatokat.

A keresztartók részletes vizsgálatához másik modellt építettünk. Ebben a keresztartót, annak merevítőbordáit és a főtartó csomópontokat is héjelemekkel modelleztük. A terheléseit az első, globális modell alapján állapítottuk meg. Így vizsgáltuk a keresztartókat szilárdsági, stabilitási és fáradási kritériumok alapján.



13. kép: Modell keresztartó, acél keresztartó



12. kép: Kereszteloszlások a vizsgált esetekben: szekrénytartó, „kváziszekrénytartó”, szélrács nélküli majd szélrács és keresztartó nélküli esetek

## 5. KIVITELI TERVEK

A főtartók egymástól mért távolsága 0+307,97 km-szelvényig 3,00 m, az úttengellyel párhuzamosan íves kialakítással, a 0+307,97 km-szelvényelvénnytől 0+340,30 km-szelvényig egymástól távolodók, majd 0+340,30 km-szelvénytől 3,80 m, egyenesek, az úttengellyel párhuzamosak. A támaszkeresztartók a „4”. támasz feletti kivételével merőlegesek a középső főtartóra. A közbenső keresztartók egymástól mért távolsága támaszközönként változik, a főtartókra merőlegesek, a 0+307,97 km-szelvény és a 0+340,30 km-szelvény közötti szakaszon – ahol a főtartók távolodnak egymástól – a középső főtartóra merőlegesek. A nyitott I szelvényű tartók változó magasságúak. A gerincmagasság főtartónként: 1230–1254 mm, 1140 mm, 1050–1026 mm. A gerincek vastagsága igénybevételtől függően 14–25 mm. A felső övlemez 300 mm széles, 14–30 mm vastag, az alsó övlemez 600 mm széles, a lemezvastagság az igénybevételtől függően 20–65 mm méretű.

Az acélszerkezet alsó síkján kialakított keresztartó és szélrács kialakítása mind tervezés, mind kivitelezés szempontjából komoly kihívást jelentett. A híd bonyolult vonalvezetése miatt számos egyedi csomólemez készült. A szerkezet gyártása nagy pontosságot és odafigyelést igényelt: minden csomópont egyedi volt a térben változó irányú bekötő rudaknak megfelelően.



14. kép: Keresztartó- és szélrács-csomópont gyártás alatt a felső övről nézve



15. kép: Főtartó felső övek és támasz-keresztartó felső övek, illetve az alsó szélrács és csomópontja a helyszíni szerelésen

## 6. GYÁRTÁS ÉS SZERELÉS

Az íves alakú elemek gyártása nagy technológiai pontosságot igényelt. Az ívesre szabott övlemezekre felfektetett, hengerelt gerinclemezek alaktartásához folyamatos megtámasztást biztosító sablonok és segédstruktúrák készültek. A segédstruktúrák tervezése a technológiai tervezés és a gyártmánytervező összhangját igényelte. Végül az elkészült gyártási egységeket a toldási pontokon túlméretre szabták, és a helyszíni szerelés során lettek a beemelt szerelési egységek méretre vágva, igazítva. Ilyen bonyolult, térben „tekeredő” geometria esetén, mikor nincsenek geodéziailag jól kijelölhető „fő irányok” és szinte hiányzik a merőleges fogalma a szerkezetből célszerű a fent bemutatott módszer. A helyszíni szerelés során szerelési segédjármokat alkalmaztak.



16. kép: Szerelési segédjárom

A vasútvonal feletti középső nyílás egy a helyszínen előre szerelt beemelési egységként lett daruzva. A három főtartót a keresztartók és szélrácsok kellően merevítették a beemelés során, és az üzemelő vasúti vonal feletti munkát egyszerűsítendő, a pályalemez zsaluzatát tartó ideiglenes acélszerelvények is a beemelt egységen voltak.



17. kép: Közbenső nyílás beemelése

## 7. PRÓBATERHELÉS

A szerkezet statikus próbaterhelését 4 darab, 40 t össz-tengelyterhelésű, 5 tengelyes gépjárművel 11 teherállásban végeztük. Az egyes esetekben vizsgáltuk a terhelt nyílásban és a közvetlenül mellette lévő 1–1 nyílásban a lehajlásokat a nyílás negyedeiben és felében. A számított és mért értékek közti különbségek a számítási modellben alkalmazott, a biztonság javára tett feltételezéseknek, illetve a szerkezetbe épített anyagok – elsősorban a vasbeton pályalemez – az előírt minimumnál jobb minőségének köszönhetőek. A mérések kiértékelése alapján a szerkezet a statikai számításoknak megfelelően, a feltételezettnél csekély mértékben merevebben működik.

A terhelt keresztmetszetek keresztirányú elemzése alapján a keresztirányú elcsavarodások a tervezett értékeknek megfelelőek, az elmozdulások jellege teljesen megfelel a számítottnak, vagyis a kereszteloszlás-számításnál bemutatott feltételezéseinket igazoltuk. A mért értékek kisebbek valamivel a számítottnál, melynek oka a már említett, tervezettnél erősebb szilárdságú vasbeton pályalemez lehet. Az eltérések arányosak és a különböző főtartókra jutó hatások, teherarányok kimutatására alkalmasak voltak: validálták a számítási modellt és az újszerű szerkezeti rendszert.



18. kép: Próbaterhelés

A híd dinamikai próbaterhelését a győri HÍD Kft. végezte. Az általuk készített, próbaterhelést kiértékelő dokumentáció a következőket rögzítette: A terhelő járműként a statikus próbaterhelésben is részt vett, öttengelyes, mérlegelt, ~40 t össztömegű járműszerelvény állt rendelkezésre. A vizsgálat időpontjában a hídpálya forgalomra kész állapotban volt, de a híd a forgalom számára nem volt még megnyitva. A terhelő jármű a híd mindkét végén szabadon fel-, ill. lehajthatott, és a híd közelében meg is fordulhatott.

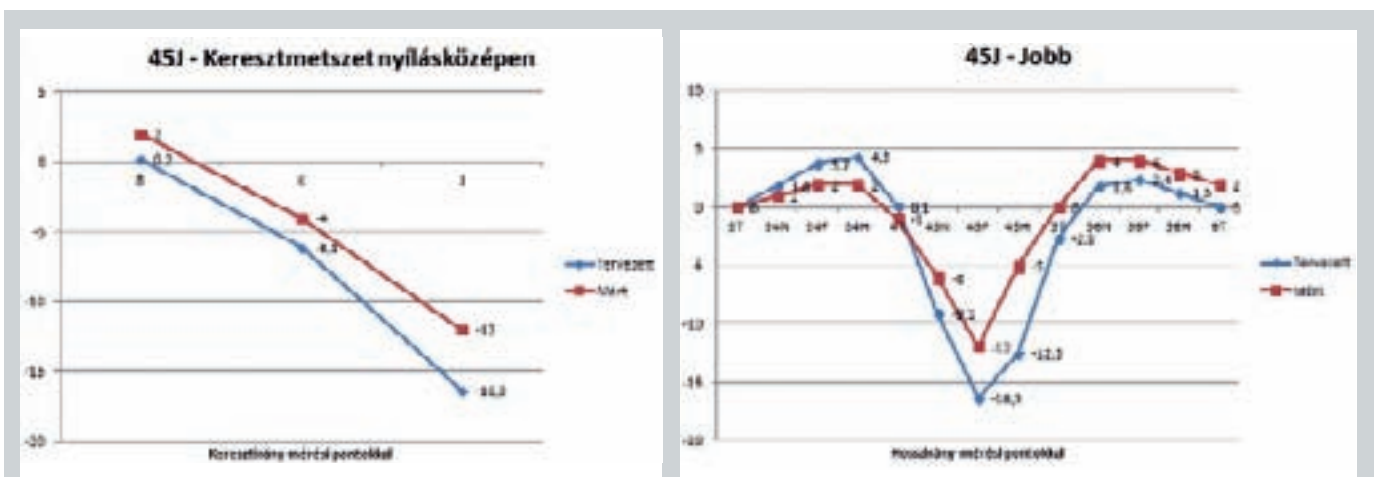
A statikus mérési adatok rögzítése után a terhelő jármű mindkét oldalon 5–5 menetben, keresztirányban a statikus vizsgálattal (közel) azonos nyomvonalon hajtott át a hídpályán, ~30 km/ó egyenletes sebességgel. Az áthaladások során mind a gyorsulási, mind a lehajlási függvények rögzítésre kerültek. A járműáthaladások során a hídon érzékelhető mozgások-rezgések egy vasbeton híd viselkedésére hasonlítottak. A mérési tervet kibővítve beiktattunk egy fékezési terhelési vizsgálatot is: a járművet a vezető a 4–5., ill. a 2–3. nyílás közepén befékezte. A 4–5. nyílást a számított csavarólendések maximuma miatt, a 2–3. nyílást

az ide telepített, és a továbbiakban a rendszerbe bekapcsolt, keresztirányú gyorsulásérzékelő miatt választottuk ki. A fékezési és az azt követő vizsgálatokban az 1–2. és az 5–6. nyílásokban telepített eltolódásérzékelők mellett a 4–5 nyílás északi oldalára is telepítettünk elmozdulásérzékelőt. A fékezési vizsgálatban a kiválasztott nyílásközpontokban irányonként 3–3 mintát rögzítettünk.

Végül irányonként 3–3 menetet vizsgáltunk a terhelő jármű ~50 km/ó sebességű áthaladása mellett is. Ugyan a hídon 30 km/ó sebességkorlátozás van érvényben, és az út vonalvezetése miatt ezt nem is nagyon érdemes túllépni, de a kiépített mérőrendszer felhasználásával célszerűnek láttuk ennek a vizsgálatorozatnak az elvégzését is.

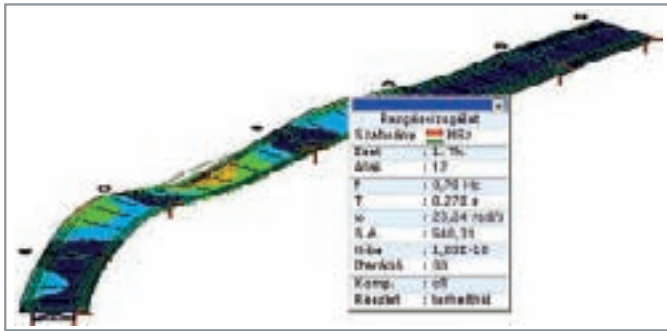
Összegezve a dinamikus mérések eredményeit, a számított és a mért sajátfrekvenciák egyezése a hajlítási alaknál igen jó, a csavarási alaknál jó.

Összességében a mérési eredmények azt mutatják, hogy a szerkezet a számításoknak megfelelően működik, a mért eredmények a lehajlási alakokat jól követik, az elmozdulások a számítottnál kismértékben kisebbek.

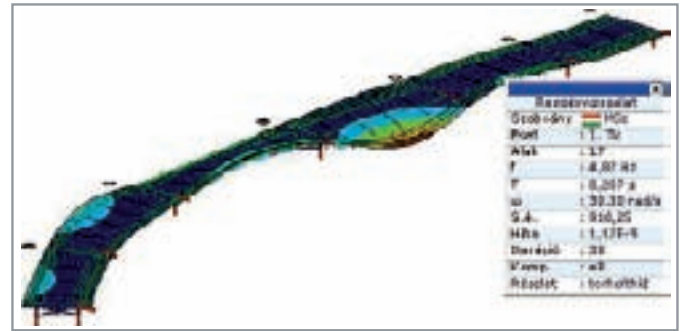


19. kép: Próbaterhelés eredményei jó egyezést mutatnak a számított értékekkel: validálták az alkalmazott számítási modellt és feltevéseit





20. kép: A számított első hajlítási sajátfrekvencia értéke 3,70 Hz. A dinamikus próbaterhelési mérés 3,73–3,76 Hz-es sajátfrekvenciát mutatott ki



21. kép: A számított első csavarási sajátfrekvencia értéke 4,82 Hz. A dinamikus próbaterhelési mérés 4,93–5,13 Hz-es sajátfrekvenciát mutatott ki

## 8. ELKÉSZÜLT HÍD

A következő képek az építés alatt lévő és elkészült hidat mutatják.



23. kép:  
A felszerkezet teljesen beüzemelt



22. kép:  
A felszerkezet félig beüzemelt



24. kép: Az elkészült pályalemez, szegély és korlát



25. kép: A készre mázolt acélszerkezet



26. kép: Az elkészült híd

## 9. RÉSZTVEVŐK

### **Építető:**

GYŐR–SOPRON–EBENFURTI VASÚT ZRT.  
9400 Sopron, Mátyás király u. 19.

### **Generáltervező:**

ÁKMI Kft.  
1116 Budapest, Hengermalom u. 49–51.

### **Szaktervező:**

Speciálterv Kft.  
1031 Budapest, Nimród u. 7.  
[www.specialterv.hu](http://www.specialterv.hu)

### **Kivitelező:**

- KS-Szombathely Konzorcium
- KÖZGÉP Építő- és Fémszerkezetgyártó Zrt.  
1239 Budapest, Haraszi út 44.
- Swietelsky Vasúttechnika Kft.  
9500 Celldömölk, Nagy Sándor tér 14.

### **Acélszerkezet-gyártó:**

KÖZGÉP Építő- és Fémszerkezetgyártó Zrt.  
1239 Budapest, Haraszi út 44.