

„TÓPARK” BERUHÁZÁS – ÖSZVÉRSZERKEZETŰ FELÜLJÁRÓ TERVEZÉSE AZ M1 AUTÓPÁLYA FELETT

„TÓPARK” PROJECT – COMPOSIT OVERPASS ABOVE THE M1 MOTORWAY

A „Tópark” beruházás keretében a létesítményeket kiszolgáló, új közúti kapcsolatok tervezése és építése vált szükségessé. Cikkünk témája az M1 autópálya feletti, erősen íves alaprajzú és egyedi támaszelrendezésű vasbeton pályalemezzel együttműködő, acél főtartós hídszerkezet tervezése, az acélszerkezet gyártása és szerelése. A beruházás befejezését a pénzügyi válság sajnos megakadályozta, azonban a híd szerkezete elkészült, és annak egyedi kialakításait és az azokhoz vezető szerkezeti döntéseket mutatjuk be írásunkban.

ELŐZMÉNYEK, ENGEDÉLYEZÉSI TERVEK

Az M1–M0 autópályák csatlakozásánál épül a Tópark városrész. Az új épületek kiszolgálásához új közúti kapcsolat létesül első lépésben az M1, majd később az M0 autópályával. Az M1 csatlakozásnál annak Győr felé haladó szélső sávja kerül kibővítésre, és e sáv elhúzásával, majd az autópálya feletti befordításával létesült az ún. „M-ági” felüljáró (1. kép).

Az „M”-ág a 15 + 011,63 km-szelvényben keresztezi az M1 autópályát, az ív a keresztezési pontban az autópálya tengelyével 46° -os szöget zár be.

Az 100 m sugarú ívben létesítendő híd vázlat- és engedélyezési tervei 2002 és 2004 között készültek. Tekintettel a kis sugarú ívre és a keresztezési szögből és az átvezetett útpályából adódó több mint 40 m-es támaszközre – az üzemelő pálya feletti működést legkevésbé zavaró és hagyományosnak számító – előre gyártott, feszített tartós felszerkezeti kialakítás nem jöhetett szóba.

A lehetséges építési módokat megvizsgálva három építési alternatívát határoztunk meg:

- betolt utófeszített vasbeton szekrénytartós gerendahíd,
- az autópálya űrszelvénye feletti állványzaton készített monolit vasbeton szekrénytartó, melyet az állvány el-távolítása után süllyesztenek a végleges szintjére,
- ortotrop pályalemezes, acél szekrénytartós gerendahíd.

Az ilyen kis sugarú ívben fekvő hidaknál a csavaró igénybevételek dominálnak, ezért mindhárom szerkezetípus zárt szekrény tartós keresztmetszetet javasolt. Az előnyök-hátrányok elemzése után végül a harmadik megoldás, az ortotrop pályalemezes, acél gerendahíd került engedélyezési tervként kidolgozásra. A viszonylag rövid hídhossz nem tette gazdaságossá a feszített beton híd tolasát, míg az autópálya sávjait áthidalni képes betonozási nehézállvány költsége sem volt versenyképes az acél alternatívával.

At the „Tópark” project in Törökbálint, the design and construction of new highway connection became necessary. The design of composite bridge over Highway M1 with strongly curved horizontal alignment and with extraordinary arrangements of supports is the theme of this paper, including the production and assembly of the steel structure. Although the completion of the project was inhibited by the global economical crisis, the structure of the bridge was completed. The special bridge structure and the structural decisions behind the design are shown in this paper.

A kidolgozott engedélyezési tervek alapján 2007-ben a kiviteli tervek elkészültek, melyekre kiírta a magán megbízó a kivitelezői tendert.

KIVITELI TERVEK

A 2007-ben elkészült, a kiviteli tervekben szereplő acélhíd felszerkezete ortotrop acél pályalemezes, egycellás szekrény keresztmetszetű gerendahíd (2., 3. kép). A keresztmetszet teljes szélessége 13,23 m. A két oldalán ortotrop acél konzolokon elhelyezkedő üzemi járda található, melynek szélessége 1,615 m, középen az $1,00 + 2 \times 4,00 + 1,00 = 10,0$ m-es kocsiút vezet át a kétirányú forgalmat.

A szerkezeti magasság 2,60 m.

A szekrény keresztmetszet magassága középen 2384 mm, a gerincek tengelyében 2275 mm és 2493 mm. A pályalemez a szélessége 10 215 mm, a fenéklemez szélessége 5600 mm. A gerinclemezek ferde kialakításúak, az alsó övlemezzel bezárt szögük 74° -os az alacsonyabb és 72° -os a magasabb oldalon. A gerinclemezek ferde magassága a magasabb oldalakon 2630 mm, az alacsonyabb oldalakon 2309 mm.

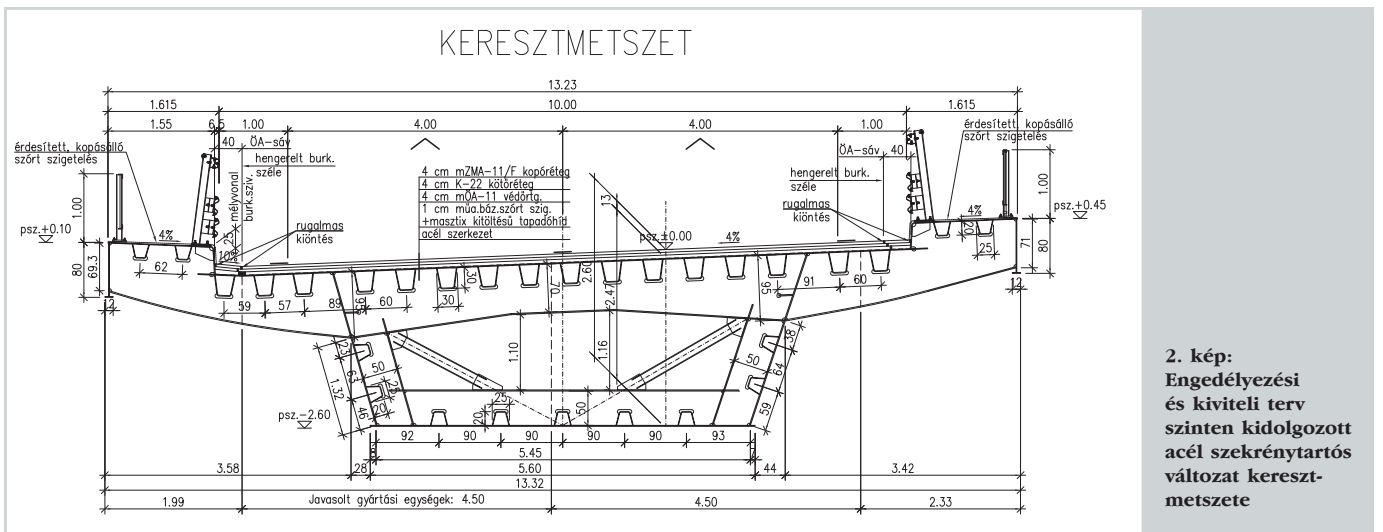
A szekrényes szerkezetet a nyílásokban, a híd tengelyében mérve 4000 mm-re elhelyezett, sugárirányú kereszt-tartók merevítik. A kereszt-tartók a támaszoknál tömör kialakításúak, búvónyílással, a saruk és az ideiglenes alátámasztások vonalában erősen merevítettek. A saruk melletti merevítéssel a híd sajtókon történő megemlése biztosított, az esetleges későbbi sarucsere (vagy egyéb munkák) miatt. A közbenső támasznál a saruk egymás mellett lévő kereszt-tartókat támasztanak alá, itt az emelési helyet a támasz-kereszt-tartók között elhelyezett másodlagos kereszt-tartón alakítottuk ki, ez alatt külön oszlop helyezkedik el az ideiglenes emeléshez szükséges sajtók helyeként.

A pályalemez alatt a kereszt-tartók gerincmagassága 700–950 mm között változik a főtartó gerincei felé kiékelve, a fenéklemezen és a főtartó gerinceken a kereszt-tartók ge-





1. kép: A helyszín madártávlatból: egyedi kötöttségek az M1 feletti híd létesítésére



3. kép:
Acél szerénytartós
változat látványterve

rince pedig 500 mm magas. A kereszttartókat övlemezekkel láttuk el. A felső lemez (pályalemez) 14,0–16,0 mm vastag. A pályalemezen a merevítőbordákat egymástól 300 mm-re helyeztük el. A merevítőbordák trapéz alakúak, a pályalemezben magasságuk 300 mm, a fenéklemezben, a járda-lemez alatt és a gerinc oldalán 200 mm. A bordák lemezvastagsága a pályalemeznél 10 mm egyéb helyeken 8 mm. Az alsó lemez (fenéklemez) 12 mm – 40 mm vastagság között változik. A lemezen a merevítőbordákat egymástól 900 mm-re helyeztük el. A pályalemez keresztirányú esése 4% egy irányban. A hídon a közbenső pillér belső oldali saruját terveztek fixsarunak, a többi helyen mozgósarut alkalmaztunk.

A műtárgy teherbírása az ÚT 2-3.401-2004 szerinti "A" osztályú.

A felszerkezet kocspálya-beosztása

teljes szélesség	13,23 m
szélesség beosztása	1,615 + 10,00 + 1,615 m
hossza	86,98 m
területe	1151 m ²
a felszerkezet magassága	2,51 m acél szerk. + 13 cm útpálya+szig.

Szerkezeti acélok	S 355 J0 MSZ-EN 10025
	S 355 J2 MSZ-EN 10025

A kivitelezői tender eredménye után – már a nyertes kivitelező kérésére – újabb kiviteli terveket készítettünk. Tekintettel a már jóváhagyott kiviteli tervek az alapvető geometriák, vagyis az átvezetett útpálya adatainak változatlanul hagyásával kerestük a nyertes kivitelező adottságaihoz legjobban illeszkedő szerkezeti kialakítást. Megvizsgáltuk a kéttámaszú, nagy nyílású hídszerkezetet, mely esetben elhagyható lett volna az üzemelő autópálya elválasztó sávjában történő közbenső támasz építése (4. kép).

Végül az eredeti támaszkiosztás, szerkezeti magasság és csavarómerőv szekrénytartós kialakítás megtartásával, mindössze az ortotrop pályalemez vasbetonra történő cseréjével változtak a kiviteli tervek.

A híd főbb geometriai paraméterei az előző kiviteli tervvel azonosak maradtak, azonban a megnövekedett önsúly és az öszvérszerkezet építési, technológiai és a betonanyagból adódó karakterisztikája (időben változó anyagfizikai jellemzők figyelembevétele, beropadás a támasz felett, lassú alakváltozások) több számítási és építési nehézséget is hozdott.

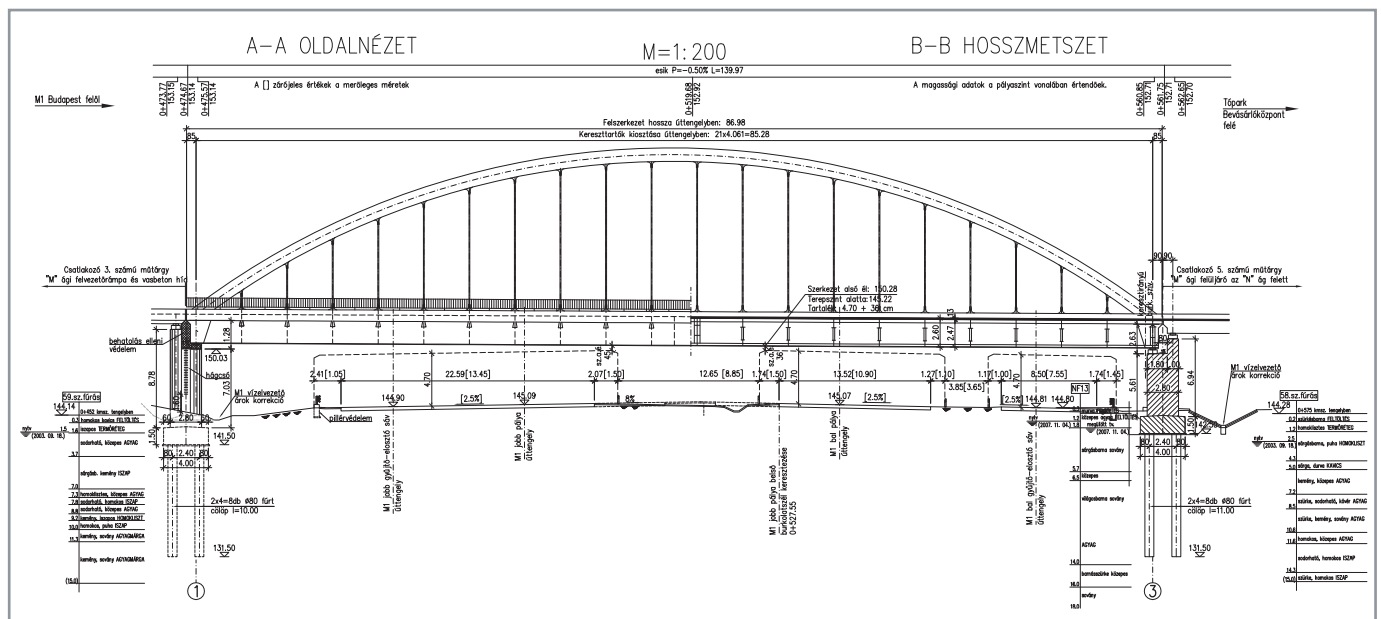
A kiviteli tervek készítése során megvizsgáltuk, hogy milyen előnyökkel járna a közbenső támasz fölötti alsó nyomott öv és egy, a szekrényben elrejtett vasbeton lemez együttdolgoztatása csapok segítségével – lásd a 6. képet. a kivitelezőkkel egyeztetve, technológiai okokból ezt a megoldást nem alkalmaztuk.

STATIKAI MEGFONTOLÁSOK

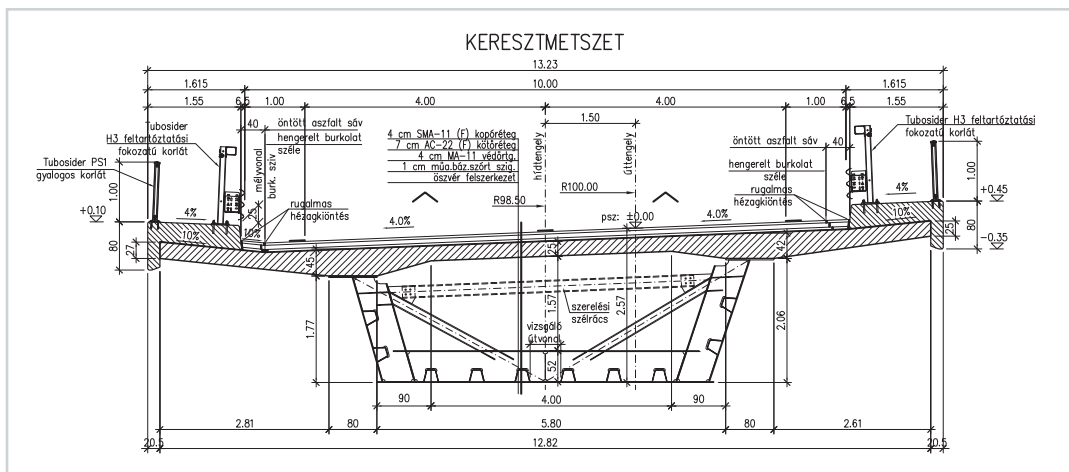
A híd íves vonalvezetése, az érintővel 46°-os szöget bezáró keresztelés miatt, továbbá hogy az M1 autópálya közbenső sávjában csak ferde letámasztási lehetőség adódott, egy kellően csavarómerőv szekrénytartó alkalmazását tette indokolttá. A megvalósult szekrénytartós híd együttdolgozó vasbeton pályalemezzel készült. A szekrénytartó gerince és fenéklemeze ortotrop acélszerkezetes kialakítású, hossz-bordákkal és keresztbordákkal merevített. A felső együttdolgozó monolit vasbeton pályalemez az acéltartó felső övlemezen elhelyezett fejescsapok segítségével kapcsolódik az acéltartóhoz. A támaszköz és a magasság aránya jelen híd esetében 18,8, ami nem szokatlan, de nem is túlságosan merész többtámaszú gerendahidak viszonylatában. Az acéltartó betonozás közben segédjármokkal megtámasztott mindkét gerinc mindkét nyílásban, azaz négy helyen kerül betonozás közben megtámasztásra. A pályalemez betonozása két irányban, a hídfőktől indulóan készült, egy ütemben végrehajtva.

A belső támasz

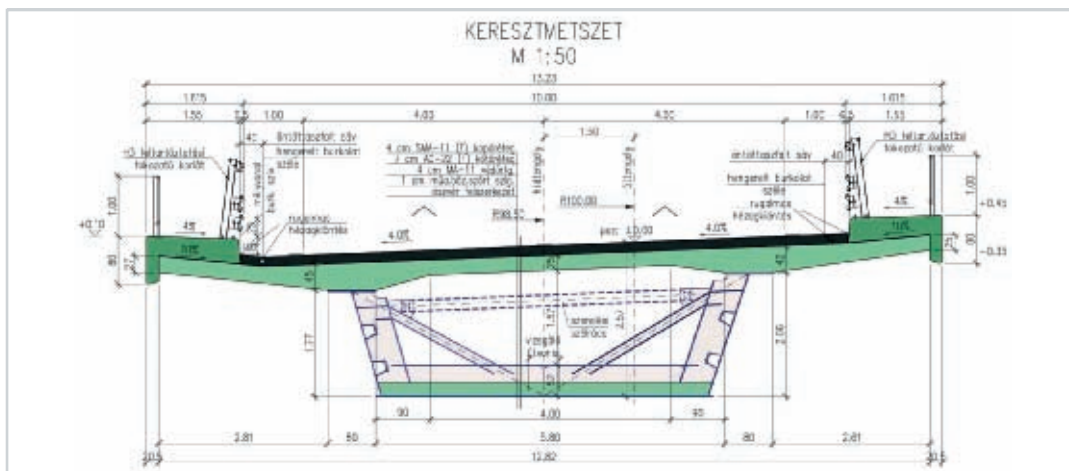
A tervezés során több alternatíva felmerült a belső megtámasztás kialakításánál, többek között a ferde megtámasztás lehetősége is, végül azonban elvetettük és három sugárirányú kereszttartót alkalmaztunk 7. kép, melyet a közbenső hídpillér három oszlopa támaszt alá.



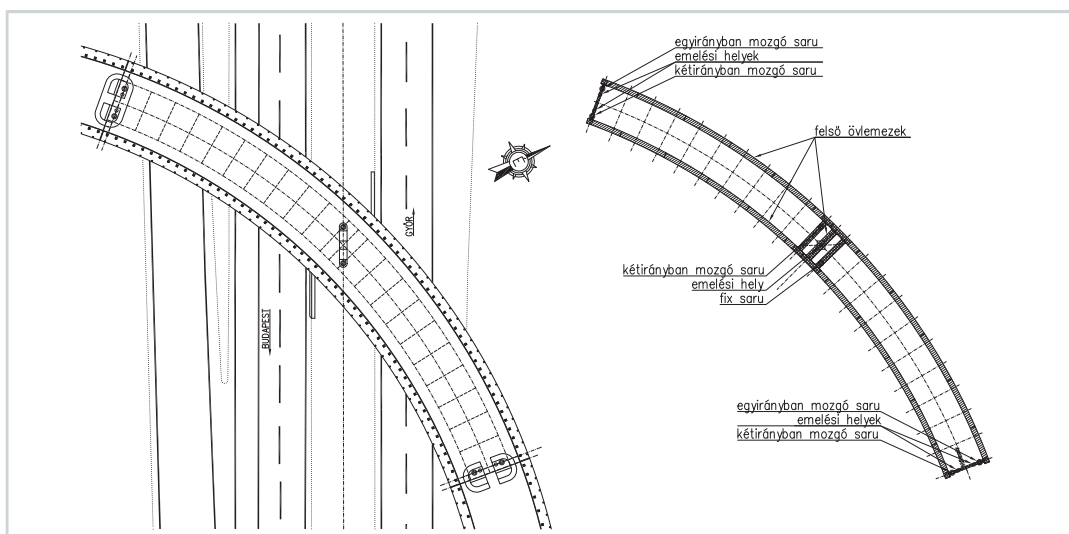
4. kép: Nagy nyílású alternatíva: ível merevített szekrénytartó



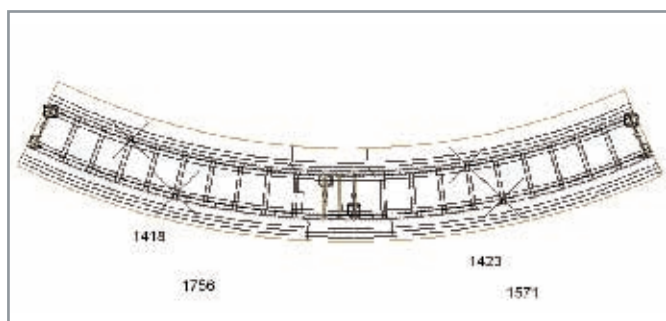
5. kép:
Megépült hídstruktúra
acéltartóval együtt-
dolgozó, vasbeton
pályalemezes szekrény-
tartós keresztmetszete



6. kép:
A közbenső meg-
támasztásnál elhelyezett,
acélszerkezettel együtt-
dolgozó, vasbeton
lemez az alsó nyomott övnél
(alternatíva)



7. kép:
A saruk és az emelési
helyek



8. kép: Jármők elhelyezése és a járómerők építési állapotban

A három letámasztási pont közül a közbensőn került kialakításra a sarucseré biztosításához szükséges, ideiglenes emelési pont. A sarucseréhez 2 darab 1000 tonnás sajtó szinkronizált alkalmazása szükséges.

A másik két keresztartó átellenes végén alakították ki a végleges saruhelyet. A tervezés korai stádiumában megkíséreltük a hidat csak a belső ponton megtámasztani. Ez egy kisebb tömegű, belső aléptímeny kialakítását tette volna lehetővé, egyszoros kialakítással, szemben a megvalósult három oszloppal. A belső támasznál a csavarási megfogás elhagyása keresztirányban túlságosan lágy szerkezetet eredményezett, mely az alakváltozási kritériu-

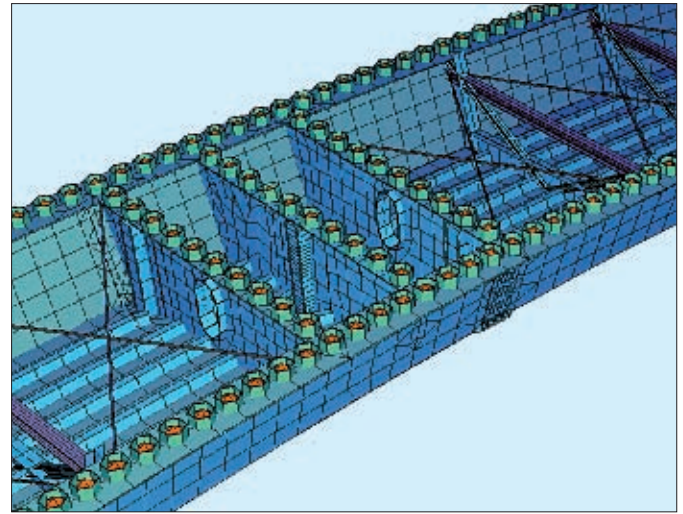
mokat nem tudta teljesíteni, és a jelenleg is húzott híd-fősaruk jelentősen nagyobb húzóerővel tudták volna csak a szükséges csavarónyomatékokat egyensúlyozni. Ezért ezt a verziót elvetették.

A belső saruk a végleges kialakítás szerint a homorú oldalon fix, a másik belső támasznál azonban teljesen szabad kialakítással készültek. A belső három támasz-kereszt-tartó a nagy terhelésükből kifolyólag a beton pályalemez-hez együtdolgozóan kapcsolva, öszvérkialakítással készült. Szintén ugyanilyen konstrukció került alkalmazásra a vég-kereszt-tartóknál.

Építéstechnológia

A híd segédjármokon betonozva készült, ami kedvezőbb acélfelhasználást tett lehetővé, továbbá a tervezett alak biztosítása is kisebb kockázattal valósítható meg. A jármok kereszt-tartók alatt kerültek elhelyezésre, azonban az autópálya igényeihez igazodó geometriai kötöttségek következtében nem mindegyik került a statikai szempontból legoptimálisabb helyre. A jármok ugyancsak nem egy kereszt-metszetben kerültek elhelyezésre a belső megtámasztáshoz hasonlóan, az M1 nyomvonalához igazodva, lásd 8. kép.

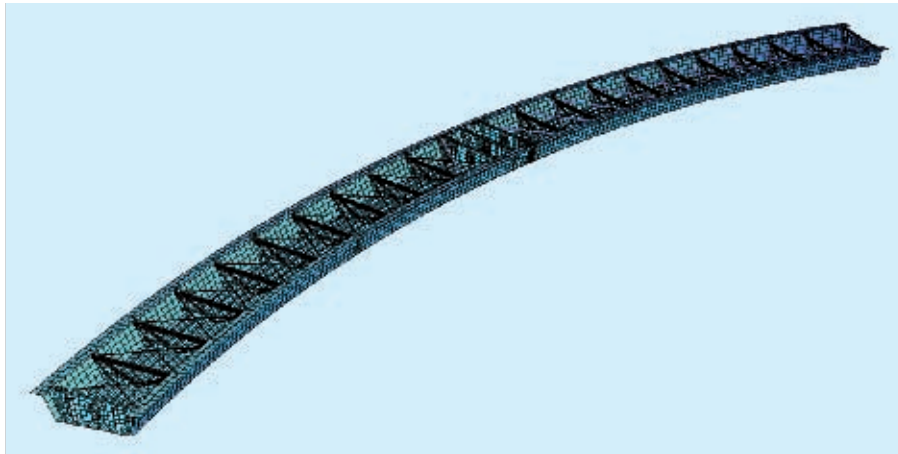
Ez természetesen már az építési állapotban is jelentős csavaró igénybevételek fellépését eredményezi a főtartóban, amit az íves vonalvezetés tovább erősít. Ennek érdekében építési állapotban a kereszt-tartók között húzott pótlós, felső szélrácsot és a kereszt-tartók vonalában egy felső kereszt-kötést helyeztünk el, ami a pályalemez megszilárdulása után eltávolítható volt (9. kép). A kereszt-kötés az előbb említettekén túl a zsaluzat megtámasztását is szolgálta egy további közbenső megtámasztás segítségével. Ez a szélrács és kereszt-kötés bezárta a nyitott szekrényt építési állapotban, ami ezáltal lényegesen kisebb alakváltozással



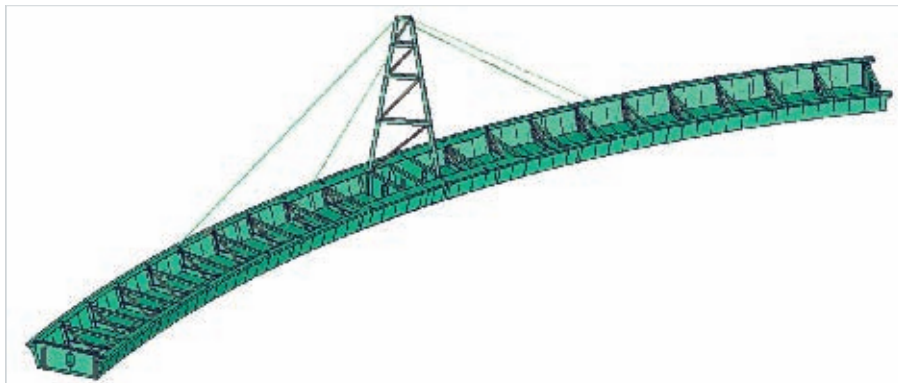
10. kép: A felszerkezet számításához alkalmazott VEM modell látványterve, belső '2'-es jelű támaszkörnyezet modellezése, és az alkalmazott nyírókapcsolat

és feszültségekkel tudta a rá ható terhelést egyensúlyozni, főként szabad csavarással.

A szerelés tervezése során felmerült ötletként, hogy betonozási segéd-szerkezetként egy, az építési állapotban betervezett, a szerkezetet merevítő, ideiglenes, függesztő-műves kialakítást – lásd a 11. képet – alkalmazzuk, melyet a beton pályalemez megszilárdulása után elbontottak volna. Ez a koncepció kidolgozásra került, de végül lehetőség adódott olyan forgalomkorlátozási ütemek kialakítására, hogy alkalmazhatóvá vált a hagyományosnak mondható, betonozási segédjármos építési mód.



9. kép: A felszerkezet számításához alkalmazott VEM modell látványterve, építési állapot, a pályalemez megszilárdulását követően, az építési szélrács és ideiglenes felső átkötés eltávolításra kerül

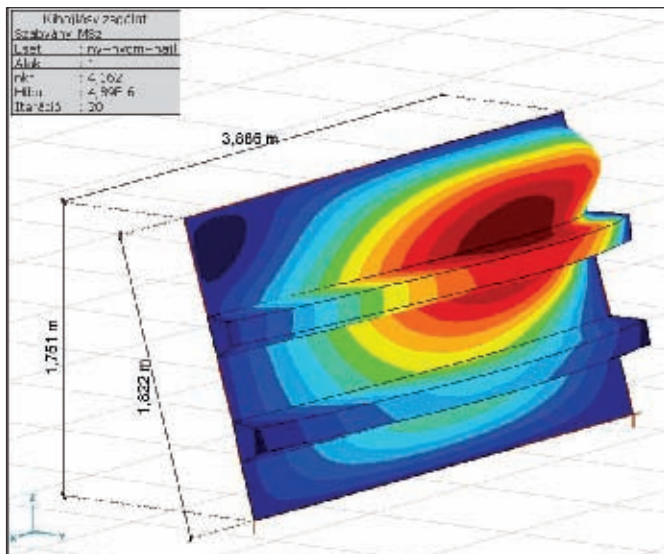


11. kép: A tervezett ideiglenes függesztő-műves kialakítás (alternatíva)

Számítási módszer

A felszerkezet számításához SOFISTIK 23 általános térbeli végelem programot alkalmaztunk. A program segítségével lehetőség van a változó statikai vázakon számított igénybevételek és feszültségek összegzésére. A szekrénytartóról héjelemes modellt készítettünk, mivel a csavarás és a shear lag hatásának a pontos figyelembevételére volt szükség, vagyis külön az együttműködő lemezszélességek számítását így nem kellett elvégezni. Építési állapotban a modell tartalmazza az ideiglenes szélrácsot és kereszt-tartót is. A pályalemezt a támaszok környezetében, a berpedés hatásának modellezése érdekében, csökkentett betonmerekkel vettük figyelembe. Ez utóbbi hatásnak a figyelembevétele azért fontos, mivel az acéltartó ez esetben nagyobb terhelést szenved. Az alkalmazott SOFISTIK-es számítás segítségével lehetőség van továbbá az időben lejátszódó folyamatok – kúszás, zsugorodás – figyelembevétele és az építési szélrács ki- és bekapcsolására az egyes építési ütemeknek megfelelően.

Az erőbevezetések lokális környezetének vizsgálatát a felszerkezet számításából nyert reakcióerők felhasználásával, az adott környezetről készített részletesebb héjmodell segítségével vizsgáltuk. Ezekhez a számításokhoz AXIS VM 9.0 általános térbeli VEM programot alkalmaztunk. A gerinclemez horpadásvizsgálatát ugyancsak AXIS VM 9.0 segítségével vizsgáltuk (12. kép).



12. kép: Belső szakaszon a 16 mm-es gerinclemez horpadási alakja és a hozzá tartozó kritikus teherfaktora. Az ábrán látható, hogy a hosszborða relatív lágy és részt vesz a horpadásban, viszont ennek figyelembevétele mellett a teljesen kimerevítõ merevségû borða alkalmazása nem szükséges



13. kép: A híd tervezõje és a híd támaszkereszt-tartója a gyárban



14. kép: A szekrény keresztmetszet próbaillesztése

A SZERKEZET MEGVALÓSÍTÁSA

A híd generálkivitelyezését a PORR Építési Kft. végezte, az acélszerkezetek gyártása az MCE Nyíregyháza Kft. üzemében készült.

Gyártás

Az íves alakú elemek gyártása nagy technológiai pontosságot igényelt. Az ívesre szabott övlemezekre felfektetett, hengerelt gerinclemez alaktartásához folyamatos megtámasztást biztosító sablonok és segéd-szerkezetek készültek. A gyártóüzem padozatához rögzített segéd-szerkezetek tervezése a technológiai tervezés és a gyártmánytervező összhangját igényelte. A kivitelező a gyártmányterveken a „szokásos” mértéknel jóval több ellenőrző méretet (elemátlókat



15. kép: Az elemek szállítása a helyszínre



16. kép: Az elemek emelése



17. kép: Az elemek emelése

és kontrollméreteket) kért megadni. Végül az elkészült gyártási egységeket még a csarnokban próbaillesztették, és a helyszíni kapcsolatok méretre igazítását még gyáron belül elvégezték. Ilyen előkészítés után már nem lehetett meglepetés a helyszíni szerelés során.

Szerelés

A szerelési helyszín Magyarország egyik legforgalmasabb autópályája felett található. Az autópályának természetesen üzemelnie kellett, mindössze az elemek beemelésének idejére lehetett az aktuális hídrész alatt pár órás lezárás kapni, ezt is csak éjjel.

A betonozási segédjármok helyének megfelelően kisebb sávszűkítésre nyílt lehetőség, azonban a helyszíni munkáknak az autópálya üzemének és területének tiszt-



18. kép: A jármokkal alátámasztott acélszerkezet és a pályalemez zsaluzata



19. kép: Az acélszerkezet alulról és a zsaluzat



20. kép: Az építkezés légi felvétele

teleben tartásával kellett folynia. A kivitelezés helyszínén nem volt lehetőség szerelőtér kialakítására, a nyíregyházi üzemben a szállítójárműre elhelyezett szerkezeti egységek kerültek közvetlenül beemelésre. A közlekedési helyzet bonyolultságára jellemző, hogy az egyik hídfőtől a másikig való eljutás sokszor több kilométeres utat jelentett a korlátozott forgalmú, egyébként is bonyolult geometriájú, M0–M1 csomóponton keresztül.

A gyártási–szállítási „C” elemek beemelése után a hossz-, majd a keresztirányú varratok hegesztése következett. Ezek mindig az aktuális forgalomterelési ütemeknek megfelelően, az épp nem üzemelő sáv felett tudtak készülni.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerkezetkész híd üzembe helyezését sajnos a beruházás megakadása egyelőre hátráltatja. Ettől függetlenül a bonyolult geometriájú szerkezet elkészült és várja a befejező munkák elvégzését. Az öszvérhíd alakja a tervezetnek megfelelően készült el, a sarukra helyezett híd várja a munkák befejezését, a közúti forgalom megnyitását.

*Fotók: Speciáalterv Kft.
(Pál Gábor)*



21. kép: A kész acélszerkezet az ideiglenes szélrácsokkal és keresztkötésekkel



22. kép: A kész hídszerkezet

