

VASBETON LEMEZSEL EGYÜTTDOLGOZÓ ACÉL FŐTARTÓS HIDAK TERVEZÉSE AZ ÉPÜLŐ M6 AUTÓPÁLYA M0 – ÉRDI TETŐ KÖZÖTTI SZAKASZÁN

DESIGN OF STEEL-CONCRETE COMPOSITE BRIDGES AT THE BUILDING M6 HIGHWAY „M0 - ÉRD HILL TOP” SECTION

Ez évben várható az M6 autópálya M0 - Érdi tető közötti szakaszának átadása. E szakasz két vasbeton lemezzel együttműködő acél főtartós felszerkezetű hídjának tervezéséről számol be írásunk.

Bemutatjuk a tervezett szerkezetek geometriai kötöttségeit, az ebből eredő építési és konstrukciós megoldásokat. A két hasonló szerkezetű, azonban a peremfeltételekhez alkalmazkodva eltérő kialakítású szerkezet jól reprezentálja a vasbeton lemezzel együttműködő acélszerkezetek alkalmazási lehetőségeit „ideális” és erősen „kötött” helyzetekben.

A hídszerkezetek elkészültek, az építést képes beszámolóval mutatjuk be.

The new M6 highway „M0-Érd hill top” section openings are expected in this year. Our article is introduce two steel-concrete composite bridges were built in this section.

We present the geometrical circumstances and the constructional solutions. The two similar bridge are good examples of the suitability of the composite structures in optimal and in difficult situations.

The bridge constructions is showed by photographic summaries.

ELŐZMÉNYEK

A M6 autópálya épülő M0 – Érdi tető szakasza elkészülte után kapcsolatot teremt a már üzemelő M6 Dunaújvárosi szakasza és az M0 körgyűrű között.

Az autópálya-szakasz tervei az UNITEF Zrt. generáltervezésében készültek. A műtárgyak kiviteli terveit, köztük a tárgyi két hidét is a CÉH Zrt. hídszakági generáltervező koordinálásával a Speciálterv Kft. készítette. A főváros határában készülő autópálya kialakítását, nyomvonalát számos tényező befolyásolta. A két keresztezett vasúti fővonal, az M0, régi 6 főút, 7 főút csomópontjai mind meghatározták azt az útgeometriát, melyhez a műtárgyknak igazodni kellett. Az alábbiakban bemutatott két híd két jelentősen eltérő geometriai kötöttségre adott hasonló választ jelent.

147 j. híd geometriai kötöttségei:

Az új autópálya-nyomvonal ívből keresztezi a MÁV Budapest–

Pusztaszabolcs vasútvonalat, annak 118+88,08 hm szelvényében. E különbszintű keresztezés műtárgya a

Tétényi állomás területén létesült „147 jelű híd” (más számozás szerint: B 12). Az áthidalt 5 darab vágány közül



1. kép: A 147 j. híd helyszíne madártávlatból: a jobb pálya vasbeton pályalemezének betonacél-szerelése kész, a háttérben a 147k jelű felüljáró, mely a kedvezőbb keresztezési szög és keskenyebb felszerkezet miatt „még” megoldható volt feszített beton tartók alkalmazásával

2 darab átmenő fővonal, a többi 3 a vasútállomás állomási vágányai.

E szakaszon az autópálya hosszszelvénye alkalmazkodva a közeli csomópontokhoz erősen kötött. A villamosított vasútvonal üzemeltetéséhez szükséges 6,50 m magas vasúti úrszelvény és a MÁV által kötelezően előírt tartalékai felett csekély hely maradt a felszerkezet létesítésére. Az alkalmazott keresztmetszetek szerkeze-

ti magassága végül 2,59 m és 2,50 m-esre adódtak (pályaszinhez mérve), azonban a jelentős 5%-os keresztelés miatt az egymástól 4, illetve 4,5 m-re elhelyezett acéltartók magassága jelentősen eltér: 163 és 233 cm között változik, páronként azonos alsó éllel. A 25 cm-es vasbeton pályalemez az acél főtartók felett 35 cm-esre vastagodik.

Mindezek mellett a 300 m sugarú ívben fekvő útpálya MÁV vonalak

feletti átvezetése bal pályán 30,58+50,61+30,57, jobb pályán 28,88+47,89+28,87 m támaszközt eredményezett. E geometriai kötöttségeket a két félpályát átvezető 2 darab egyenként négy főtartós vasbeton lemezzel együttdolgozó acélfőtartós felszerkezettel oldottuk meg. A nyitott „I” szelvényű tartók állandó magasságú, 1535–2235 mm-es gerinclemezekkel készülnek. A gerincek vastagsága 15, illetve a támaszok felett 20 mm. A felső övlemezek 600 mm szélesek, 20–35 mm vastagok, az alsó övlemezek 800–1000 mm szélességűek a lemezvastagságok az igénybevételtől függően 16–55 mm-esek.

A szerkezeti acélok anyaga teherhordó szerkezeteknél: S 355 J2 (30 mm vastagságig) és S 355 K2 (35 mm vastagságtól) MSZ EN 10025-2:2005 szerint, járulékos szerkezeteknél: S 235 JR MSZ EN 10025-2:2005 szerint.

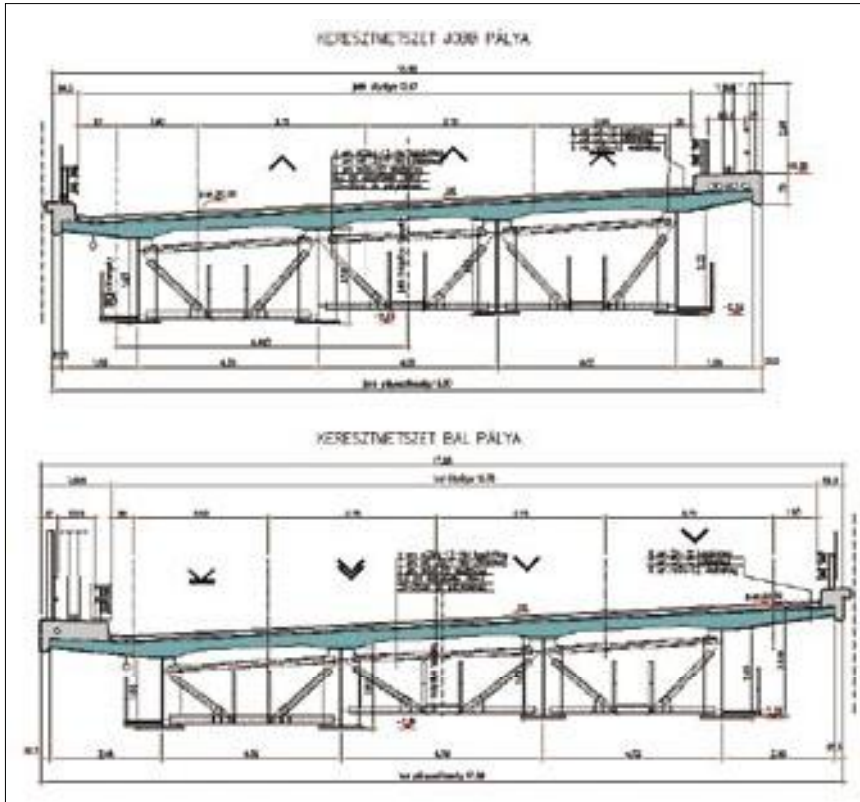
A tervezés során a MÁV elzárkózott a betonozási jármóknak a vasútvonalra történő telepítésétől, így a vasbeton pályalemez súlyát önmagában is viselni képes acél főtartókat kellett tervezni.

A négy nyitott „I” keresztmetszetű főtartót páronként összemerevítve készítettük az engedélyezési tervet. A kiviteli tervek készítése során külső szakértők tanácsára és a kezelő kérésére tértünk át az újabb középső összekötés alkalmazására. Ezzel mind a négy főtartó összekapcsolódik a ~4,8 m-enkénti rácsos keresztartókkal, lehetőséget adva a főtartók közötti vizsgálójárdák elhelyezésére. Miután a szélső főtartók oldalán konzolosan is kialakítottunk vizsgálójárdát, így felszerkezetenként 5, összesen 10 darab vizsgálójárda biztosítja a szerkezet alsó felületeinek megközelíthetőségét.

Az erős kötöttségek között alkalmazott négy főtartós szerkezet megoldást kínál a geometriai kihívásokra, azonban ennek ára a jelentős acélanyagfelhasználás: e szerkezet összesen 828 t, fajlagosan 228 kg/m² szerkezeti acél felhasználásával valósult meg (e súlyba a vizsgálójárdák is beletartoznak).

142/k j. híd geometriai kötöttségei:

Az M6-M0 „B” ök. pálya Angeli út feletti műtárgyának kialakítását a híd alatti csomópont befolyásolta. Eredetileg előre gyártott feszített vasbeton tartók alkalmazásával kialakított felszerkezetű hidat terveztünk, azonban a maximális támaszközü rendelkezésre álló feszített tartó alkal-



2. kép: a 147 jelű híd keresztmetszete



3. kép: A felszerkezet a szerelés során: az acél főtartók és vizsgálójárdák még a vasbeton pályalemez zsaluzási munkáinak megkezdése előtt

mazásával elhelyezett közbenső támasz a híd alatti csomópont beláthatóságát akadályozta volna. Ennek kiküszöbölésére kellett nagyobb támaszközt alkalmazni. Tekintettel arra, hogy a híd alatt átvezetett út forgalmát fenn kellett tartani, így választottuk a gazdaságos megoldást nyújtó vasbeton pályalemezzel együttműködő acélfőtartós „öszvér” felszerkezetet.

Az átvezetett és áthidalt utak keresztvezesszöge ugyan jelen esetben 54,34 fokos volt, a támaszokat azonban merőlegesen lehetett a híd-tengelyre kialakítani. A támaszköz 30,60+40,0+30,60 m. Betonozáshoz segédjármot telepíthettünk. A járom elhelyezésére kismértékben az ideális-tól eltolva nyílt lehetőség, azonban ez mindössze a híd szelvényeinek szimmetriáját befolyásolta.

A szerkezeti magasságot sem kellett ez esetben a megvalósíthatóság határáig lenyomva tartani: 2,64 m állt rendelkezésünkre.

A szerkezeti kialakítás hidanként 2 darab, egymástól jelentős: 7,50 m távolságra lévő nyitott „I” keresztmetszetű főtartóból áll, melyeket a támaszok felett gerinclemezkes kereszt-tartók, valamint a nyílásokban 5 m-enként található rácsos kereszt-kötések fognak össze. A rácsos kereszt-kötések, melyek helyet adnak a közepén végigfutó vizsgálójárdának, egyben alkalmasak a vasbeton pályalemez zsaluzatának megtámasztására.

A nyitott I szelvényű tartók állandó magasságú, 1750 mm-es gerinclemez-ekkel készülnek. A gerincek vastagsága 15, illetve a támaszok felett 25 mm. A felső övlemez 600 mm szé-

les, 20 mm vastag, az alsó övlemez 800 mm széles, a lemezvastagság az igénybevételtől függően 30–60 mm.

A főtartókat hossz- és keresztbordák merevítik horpadás ellen.

A támaszoknál a sarureakciók felvételeire támaszkereszt-tartók készülnek. A támaszkereszt-tartók diafragmáin bűvönnyílások teszik lehetővé az átjutást.

Az alkalmazott „hagyományos” két főtartós szerkezet gazdaságos kialakítású. Az alkalmazott 183 t szerkezeti acél 130 kg/m² fajlagos acél-anyag-felhasználást jelent, mely mindössze 57%-a a 147 híd fajlagos acélmennyiségének!

STATIKAI SZÁMÍTÁSOK

142/k jelű híd számítása:

A két szerkezet statikai számítása több pontban is eltért egymástól.

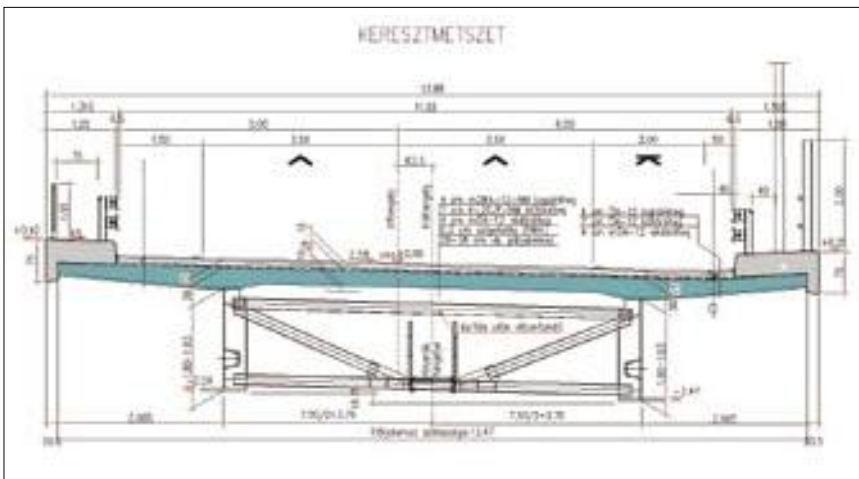
A 142/k híd esetében a merőleges keresztvezésű, két főtartós szerkezet számítható „hagyományos” módszerekkel. Ekkor a keresztelosztást a nyitott keresztmetszetű acéltartók csavaró-merevségének elhanyagolásával két-támaszú átvitelként számíthatjuk. Az együttműködő keresztmetszetek figyelembevételével egy változó merevségű, többtámaszú tartót megoldva mindössze az eltérő építési állapotok leterhelése és a beton időben változó tulajdonságainak figyelembevétele a megoldandó feladat. Az acéltartó és a beton pályalemez különböző állapotaiból származó feszültségeinek és a különböző merevségű szerkezet alakváltozásainak szuperponálásával lehet a szerkezetet ellenőrizni és a végleges alakot, illetve az ennek megfelelő túl-emeléseket meghatározni.

A betonozási segédjármok alkalmazásával a legnagyobb alakváltozás mindössze néhány centiméter, szemben a 147 híd deciméteres nagyságrendű elmozdulásaival.

147 jelű híd számítása:

A 147 jelű híd esetében, a szerkezet ívességére és a rácsos kereszt-tartók hatására tekintettel, már mindenképpen háromdimenziós modellt kellett alkalmazni. Azon túl, hogy az előző pontban vázolt feladatokat itt is el kell végezni, jelen esetben a nagy nyílás és a betonozási segédjárom hiánya miatt már jelentősebb, maximálisan 138 mm-es alakváltozásokra lehetett számítani.

A tervezett alak biztosítása érdekében ezért a hidat hosszirányú osz-



4. kép: a 147/k jelű híd keresztmetszete



5. kép: Egy hasonló „hagyományos”, két főtartós öszvér felszerkezet: az M30 autópálya vég-csomóponti hídja (2 darab felszerkezet), fajlagos acél-anyagfelhasználás: 128 kg/m²



6. kép: A 142 j. híd a már elkészült vasbeton pályalemezzel madártávlatból, látható az arányos nyílásbeosztás, merőleges támaszok, betonozási segédjármok

tással három ütemben betonoztuk. A betonozási sorrend eldöntésekor a legtöbb érv a belső szakasz betonozása mellett szólt, ez ugyanis a szerkezet leglágyabb része, ennek készítése rejti a legnagyobb bizonytalanságot magában, és az esetleges alakhibák a további ütemekben jó eséllyel korrigálhatóak. Járulékos következményként, illetve hátrányként jelentkezett viszont, hogy a belső mező betonozásából a hídfőkön jelentős nagyságú lekötőerő volt szükséges (260 kN), melynek hiányában a szerkezet vége 30 cm-rel emelkedett volna meg, a belső mező körülbelül kétszer akkora lehajlása mellett.

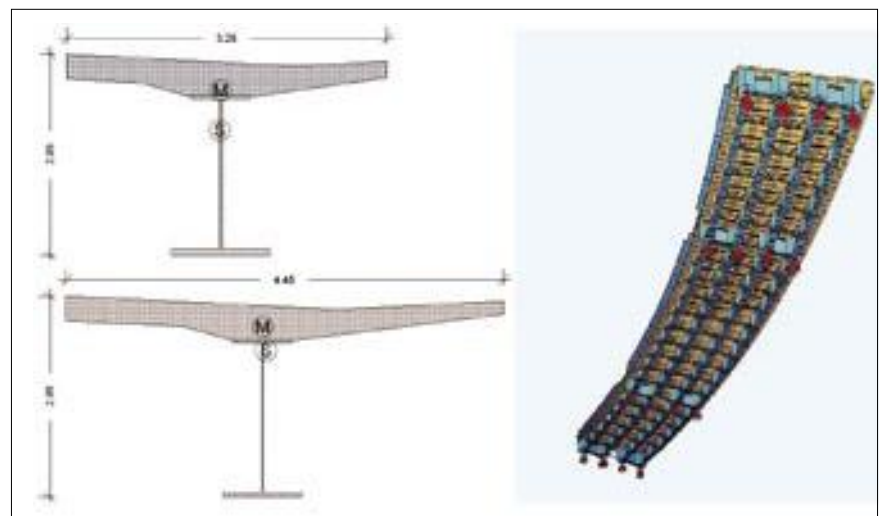
A második betonozási ütemben a szélső nyílások mezőrésztét készítettük el, mely kismértékű húzófeszültségeket okozott a korábban betonozott részen, de számításaink szerint nem okozhatott repesztő feszültséget. Legvégül a belső támaszok környezetét betonoztuk be, ami viszont mindkét korábbi ütemben készült rész számára kedvező nyomófeszültségeket okozott.

A betonozási ütemek között tartott 7 napos pihenőidő lehetőséget bizto-

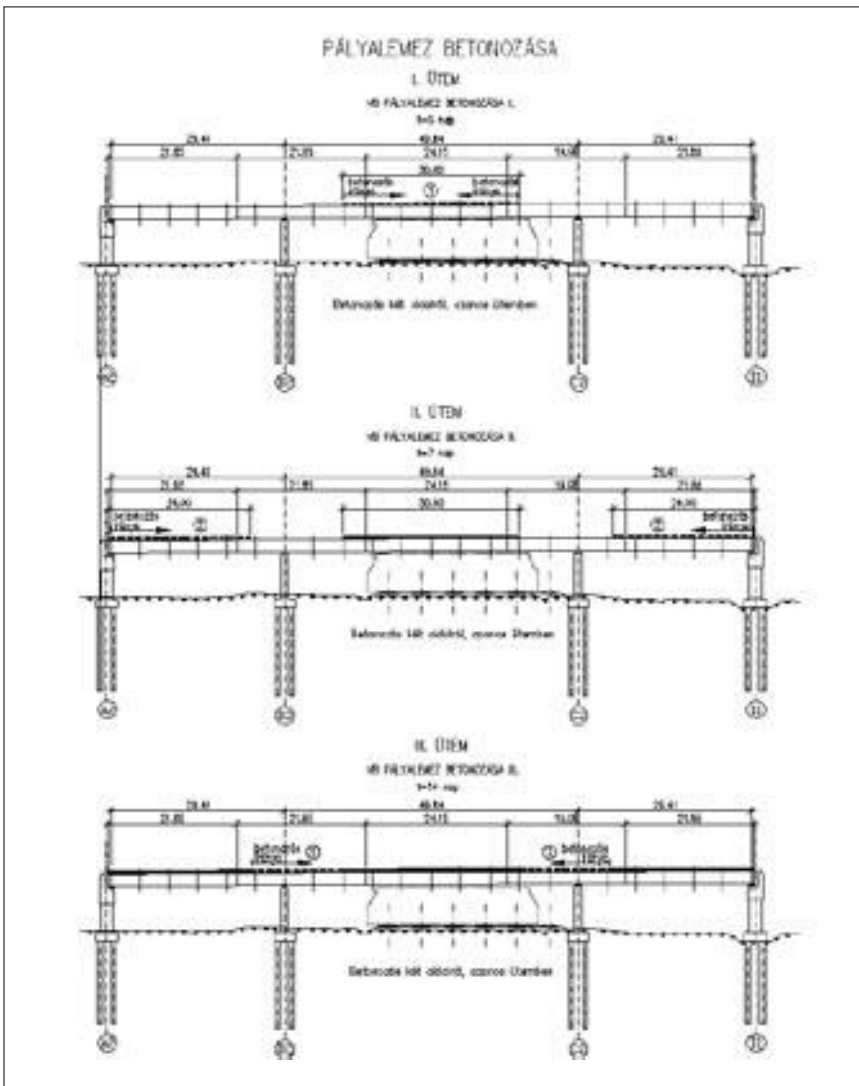
sított arra, hogy a korábban elkészült betonrészek valóban számítható értékkel dolgozzanak, és a relatív kis szakaszok együtemű betonozása már nem okozott építéstechnológiai gondot. Statikai oldalról viszont jelentősen bonyolultabbá tette a szerkezet vizsgálatát.

A felszerkezet vizsgálatához SOFISTIK 21-es általános térbeli végelese-

mes programot használtunk. A program kiválóan alkalmas arra, hogy változó statikai vázon változó keresztmetszetű rudakkal, egyetlen modellel a különböző építési állapotoknak megfelelően különböző keresztmetszeti jellemzőkkel számított részfeszültségek összegét, azaz adott keresztmetszet megfelelőségét ellenőrizni tudjuk.

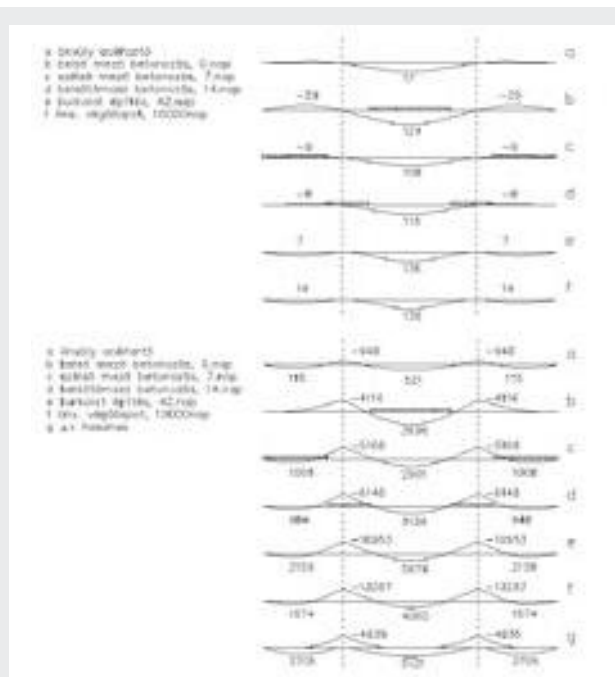
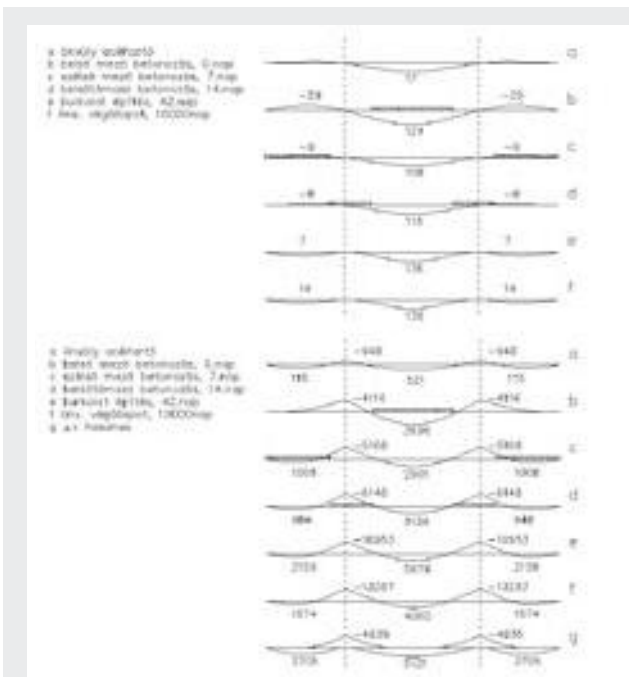


7. ábra: 147 jelű híd 3D-s statikai váz: térbeli rúdszerkezet, együtdolgozó vasbeton pályalemezzel (SOFISTIK modul)



9. kép: A lekötést biztosító segédrendszer és tervezője: Hunyadi László

◀ 8. kép: A pályalemez-betonozás technológiai ütemei



10–11. ábra: 147 jelű hid két főtartójának igénybevételei és elmozdulásai az egyes építési állapotokban



KIVITELEZÉS

A tárgyi autópálya-szakasz generálkivitelezője a Vegyépszer Zrt., a hídépítési munkákat a MAHÍD 2000 Kft. végzi. Az acélszerkezetek gyártását, szerelését több alvállalkozó segítette.

142/k jelű híd kivitelezése:

A 142/k jelű híd acélszerkezeti elemei a MOLNÁR Zrt. dunaújvárosi gyárában készültek, a helyszíni szerelési munkákat a Gyarépszer Kft. irányításával a PILONTECHNIKA 52 Kft. készítette.

Az acélszerkezetét Dunaújvárosban készre szerelték, a méreteket ellenőrizték, a túlemeléseket beállították, majd ezután történt az elemek helyszínre szállítása és összeszerelése. Az „I” keresztmetszetű főtartók gyártási, szállítási, beemelési egységei azonosak voltak, a tartók toldása, a keresztartók beszerelése már „végleges” helyükön, az alapítványeken történt. A három-

szor kettő betonozási segédjármon túl az acélelemek beemelésekor további ideiglenes jármók segítettek a helyszíni illesztésekben. Ezeket később eltávolítva történt a monolit vasbeton pályalemez zsaluzása, vasszerelése és betonozása. A középső betonozási segédjármon az Angeli út csomópontjában ideiglenes „szigetként” lett kialakítva (lásd 5. kép).

Az acélelemeket sarura helyezték, a betonozás végleges geometriával történt. Támaszmozgatást nem alkalmaztunk.

147 jelű híd kivitelezése:

A 147 jelű híd gyártását és helyszíni szerelését az MCE Nyíregyháza Kft. végezte.

Az íves főtartók gyártása nagy precizitást igényelt. A gyártási egységek ellenőrzése kiemelt fontosságú volt, különös tekintettel, hogy az MCE korábbi gyakorlatuknak megfelelően csak a helyszínen állította össze az

elemeket, a gyár területén nem készült teljes előszerelés: mindössze a beemelési egységeket képező főtartópárok összeállítása. A gyártási egységek méretpontossága garantálta a helyszíni illeszkedést. A gyártási-szállítási egységeket képező főtartókból a helyszínen alakították ki a beemelési egységeket képező főtartópárokat. A MÁV vágányok feletti munkavégzés minimalizálása érdekében a munkafolyamatok jelentős részét még beemelés előtt elvégezték. Így a keresztartók, vizsgálójárdák, azok korlátjai is előre felkerültek a beemelési egységekre.

Az acélszerkezetek szerelését a szélső nyílásokban és az oldalsó vágányokon szerelési segédjármók segítették, a betonozás azonban „szabadon”, jármók nélkül történt. Az első betonozási ütemnél a végkeresztartók felemelkedését a hídfőhöz rögzített ideiglenes segédszerkezet gátolta.

(Fotók: Pál Gábor)



12. kép: 142/k híd előszerelése Dunaújvárosban, a Molnár Zrt. telephelyén



14. kép: Gerinclemez-merevítés a támasz feletti nyomott zónában: trapézlemez



13. kép: Gyártási, szerelési egység beemelésre előkészítve traileren



15. kép: 142/k híd helyszíni szerelése: közbenső támaszkeresztartó beemelése





16. kép: 147 j. híd előszerelt főtartópárja az MCE Nyíregyháza Kft. nyíregyházi gyárában



18. kép: Emelési egység összeállítása: végkeresztartós, kereszt-tartókkal összemerevített tartópár



17. kép: Az íves főtartók a helyszínen szereléshez előkészítve



19. kép: Alépítmények és daruzásra váró szerelési egységek



20. kép: Acéltartók szerelése, a segédjármok csak az acélszerkezet szerelését segítették



21. kép: Árnyék a szerelőtéren



22. kép: Vasbeton pályalemez zsaluzata



23. kép: Az íves acéltartók „beton nélküli” szépségükben