

## FERIHEGYI GYALOGOSHÍD TERVEZÉSE

### PEDESTRIAN BRIDGE AT FERIHEGYI AIRPORT

*Ez évtől már vasúton is megközelíthető a Ferihegy I. repülőtér terminálja, a Nyugati pályaudvarról indulva, az új létesítésű Ferihegy I. vasúti megállóig utazva. A repülőtér és a vasúti megállóhely között új gyalogos felüljáró biztosítja a kapcsolatot.*

*A SPECIÁLTERV Kft. által tervezett, a COLAS Dunántúl Zrt. generál-kivitelezésében megvalósult szerkezet a MÁV Hídépítő Kft. által gyártott egyik utolsó jelentős építmény.*

*Cikkünkben a 2007. július 16-án átadott felüljáró újszerű szerkezeti megoldásait, tervezésének, építésének részleteit mutatjuk be.*

#### ELŐZMÉNYEK

A „Budapest–Ferencváros „C” elágazás – Vecsés (kiz) vonalszakasz vasúti pálya és felső vezeték átépítése” vasútépítési projekt részeként a MÁV új vasúti megállóhelyet létesített a XVIII. kerületi Szemeretelepnél. E vasúti megálló lehetőséget biztosít a Ferihegy I. repülőtér termináljának menetrend szerinti vasúttal történő elérésére.

A vasúti vágányok két oldalán épült új peronok gyalogosforgalmának a vasútvonal feletti átvezetését a meglévő

*gyalogosátjáró megszüntetésével új gyalogos-felüljáró biztosítja. A gyalogoshíd a vasútvonal keresztezésén túl a Gyömrői út felett átvezetve teremtett kapcsolatot repülőtérrel.*

*The bridge designed by the SPECIÁLTERV Kft., built by the COLAS Dunántúl Zrt. is one of the last fabrications of the MÁV Hídépítő Kft.*

*This report will give a summary of the new structural solutions, design and fabrication details of the new bridge opened on 16th of July.*

Az akadálymentes közlekedés megvalósítása és a repülőtéri utaskomfort érdekében mindhárom feljárólépcsőnél liftek is épültek.

A vasútvonal fejlesztési munkáit készítő COLAS Dunántúl Zrt. kereste meg tervezőirodánkat, a SpeciálTerv Kft.-t, hogy a korábban tervezett rácsos szerkezetű gyalogoshíd



1. kép: A helyszín madártávlatból

helyett alternatív megoldással oldjuk meg a gyalogosforgalom átvezetését.

Alternatívaként két „I” keresztmetszetű, nyitott főtartóból készített, aszimmetrikus, folyatónaglas töbttámaszú, ortotrop pályalemez, ferde kábelekkel merevített szerkezetet javasoltunk, mely építési előnyei mellett „modern”, esztétikus szerkezeti kialakítással elnyerte a MÁV Vezérgazgatóság építészeinek és a repülőtér szakembereinek tetszését is.



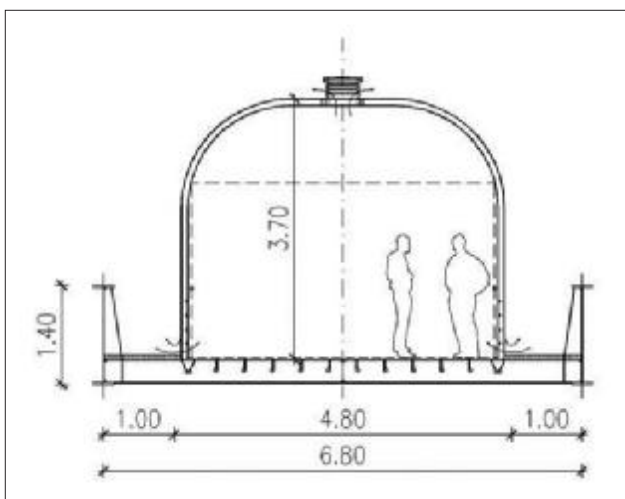
2. kép: Látványtervek

## TERVEZÉS

Az alternatíva bemutatása, a költségbecsléssel kiegészített vázlattervek és engedélyezési tervek elkészítése között mindössze pár hét telt el. A Nemzeti Közlekedési Hatóság által lebonyolított, új engedélyezési eljárás közben készültek a kiviteli tervek, a vasútvonal építési és vágányzári ütemei nagyon szűk időt hagytak a tervezésre.

Megbízónk az alternatív megoldástól egyszerűen gyártható, szállítható és szerelhető szerkezetet várt.

A „hagományos”, hegesztett, gerinclemezes, „I” keresztmetszetű, két főtartós szerkezet erre alkalmasnak mutatkozott.



3. kép: Keresztmetszet

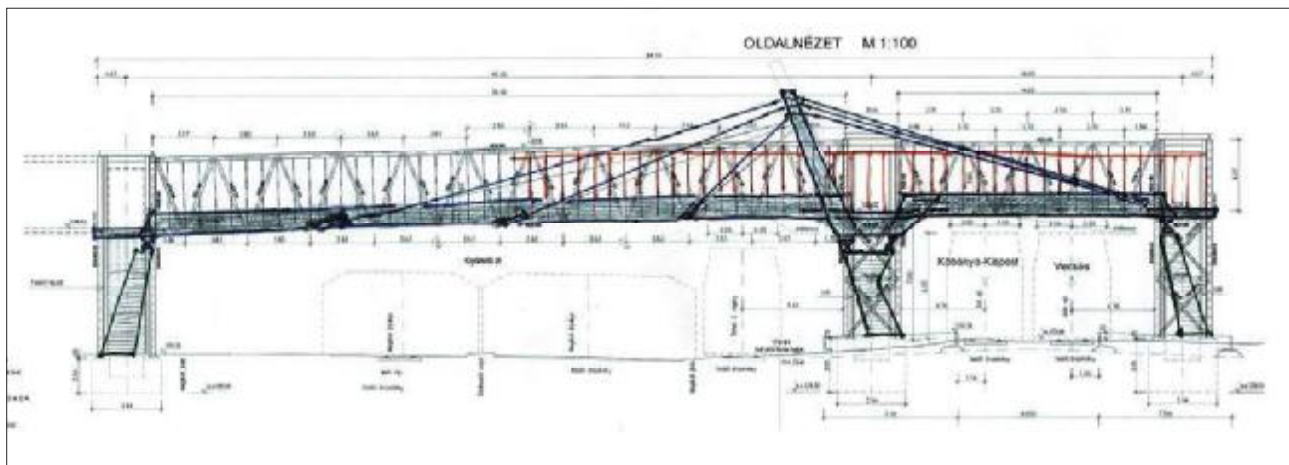
A 65,20 m hosszú felszerkezet támaszelrendezése, a vasúti vágányok, valamint a Gyömrői út eltérő keresztmetszeti szélességéhez igazodóan erősen aszimmetrikus; a támaszvonalon lévő feljárók tengelytávolsága 18,00, illetve 43,00 m.

A közelítő számítások kimutatták, hogy a 43,00 m-es támaszközre tekintettel a választott szerkezeti megoldás dinamikai paramétereinek javítására, az alakváltozások csökkentésére további merevítés szükséges. A közelítő számítások után elkészített, alternatív javaslat alapját képező első kézi vázlat kábelekkel merevített töbttámaszú folyatónaglas szerkezetet mutatott be.

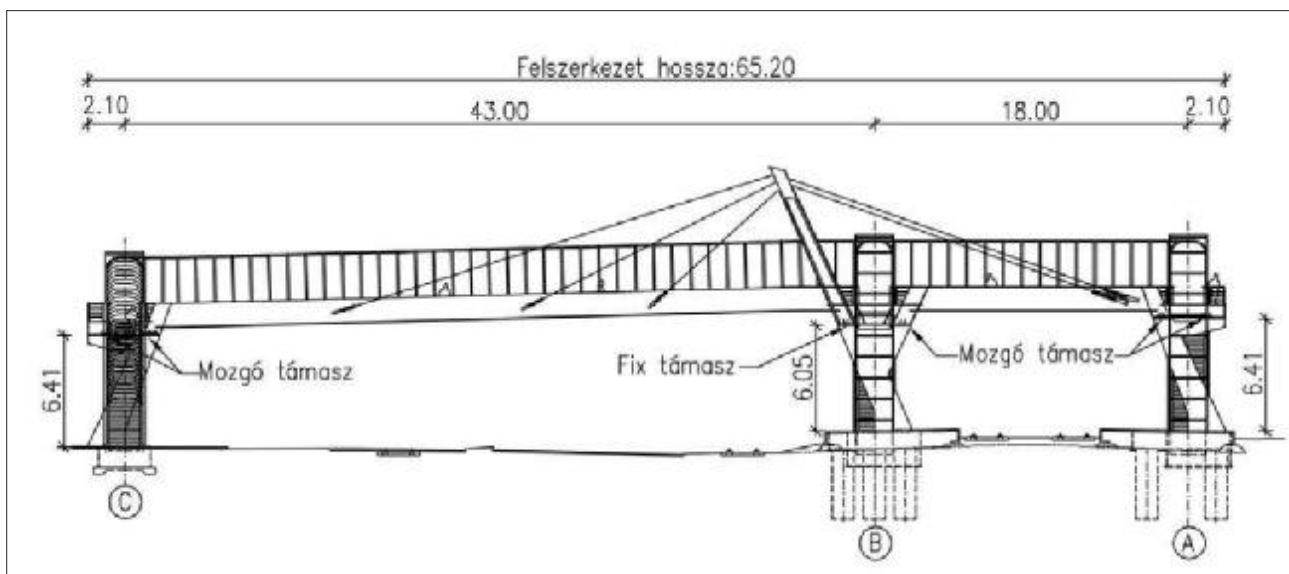
A repülőtér közelsége miatt nem alkalmaztunk magas pilonos, ferde kábeles szerkezetet. A pilon az optimálisnál alacsonyabb – pályaszint feletti függőleges magassága 7,80 m –, a merevítőtartó merevebb, mint egy klasszikus ferde kábeles szerkezet, így azonban lehetővé vált a szerkezet gyors és egyszerű helyszíni szerelése, hiszen a jelentős forgalmat lebonyolító Gyömrői út felett a merevítőtartó közbeneső segédállványok nélkül képes volt viselni a technológiai terheket a kábelek megfeszítéséig. Az út forgalmának korlátozására mindössze az acélszerkezetek kiszállításánál és beemelése idején volt szükség. A feszítés és alakszabályozás már az üzemelő közút és vasút felett történhetett.

Az alsópályás híd egyszerűségét jelentősen befolyásolta, hogy a támaszoknál a süllyesztett gyalogospálya lépcsőkkel és liftekkel történő kapcsolatát is meg kellett oldani. Statikai szempontok miatt a szerkezet töbttámaszúságát nem akartuk feloldani, így alakult ki a tört vonalú, keret-





4. kép: Az első kézi vázlat



5. kép: Oldalnézet, saruk

szerűen kialakított, a feljárók támaszok feletti csatlakozásainál felsőpályás főtartóalak.

Az „alacsony” pilont az acél felszerkezet részeként terveztük, a közbenső „keretsarok” folytatásaként, szintén „I” keresztmetszettel.

A merevítőtartók a burkolt járófelület és az ezen kívül elhelyezett tisztítóüzemi járdák mellett helyezkednek el. Az üzemi járdák járófelülete járórács, így az ortotrop lemez pályaszerkezet a merevítőtartókhoz csak a 3,60 m-enként lévő keresztartóknál köt be.

A vasbeton alépítményeket egyedi formákkal terveztük, pengépilléreként, melyek felső „kalapácsfejei” két-két megfogási ponttal statikailag „befogják” a felszerkezetet, ezzel is növelve annak merevségét.

A 65,20 m hosszú felszerkezet támaszkiosztása 18,00+43,00 m. Az 1,40 m magasságú merevítőtartók tengelytávolsága 7,10 m, övszélességük 300 mm; illetve a pilon környezetében 550 mm. Szerkezeti magasság a nyílásokban 350 mm; szélső támaszoknál 740 mm; közbenső támasznál 1150 mm.

A pályalemez 400 mm-enként hosszbordával merevített ortotrop lemez, 3,60 m keresztartó-távolsággal. A kereszt-

tartók gerincét a hosszborða-átvezetéseknel megszakítottuk. A pályalemez az üzemi járda járórácsainál megszakad, a szélső hosszmerítések itt háromszög bordából állnak, és merev kapcsolatot biztosítanak a felettük hegesztéssel rögzített polikarbonát tartóváz elemeinek.



6. kép: Ortotrop pályalemez közbenső támaszkeresztartó részlete

A felszerkezethez merőlegesen csatlakozó lépcsők hossza 21,50 m. A lépcsők szerkezeti rendszere az áthidaló szerkezettel rokon; kéttámaszú, két főtartós, hegesztett gerinclemezes tartók, melyekhez a hajlított lépcsőelemek hegesztéssel csatlakoznak. A lépcsők járófelülete nem párhuzamos a főtartók övlemezeivel, így elértük, hogy a közel 7,20 m magasságkülönbség miatt tervezett két lépcsőpihenő vonalában sem kellett a főtartó vonalvezetését megtörni.

A felszerkezet és a lépcsőszerkezetek tisztán hegesztett szerkezetek, mindössze egymáshoz történő csatlakozásuk csavarozott. A felszerkezet fix támasza a piloncsatlakozás alatt található, a lépcsők fix megfogása az induló szintnél, a vasbeton alépítménynél van. A dilatációs mozgások biztosítására a mozgó támaszoknál oválfuratos csavarkapcsolatot terveztünk, klasszikus saruszerkezet nem került beépítésre. A pillérekbe betonozott acél talplemez és a felszerkezet alsó öve közé teflonlemez helyezettünk el a súrlódások minimalizálására.

A felszerkezet S355 J0 és JR, a lépcsőszerkezetek S255 JR minőségű acélból készültek. Gyári és helyszíni kapcsolataik egyaránt hegesztettek. A felhasznált teljes acélmennyiség

mintegy 190 t, melynek több mint egynegyedét alkotják a kezelőjárdák, rátett szerelvények és merevítéseik, illetve a polikarbonát tartóváz.

A hasznos járófelület teljes egészében fedett. A lefedést hajlított, zárt szelvényekből álló, acél tartóváza felhelyezett, polikarbonát burkolat alkotja.

A tartóváz kapcsolatai csavarozottak – ezt a kivitelezési idő lerövidítése és egyéb technológiai kötöttségek indokolták. A tartóváz csatlakozása a pályalemezhez, illetve a lépcsők főtartóihoz hegesztett csomólemezen keresztül történik.

A polikarbonát lefedésen belüli szellőzést gravitációs úton oldottuk meg. A lefedés alsó 25 cm-es szakaszán körbemenően áramlik be a levegő, a perforált acéllemezen keresztül, a kiáramlás a tartóváz tengelyében felül elhelyezett, 2,00\*0,40 m-es lamellás, gravitációs szellőzőn történik.

A polikarbonát fedés külső felületének tisztíthatóságára a felszerkezet két oldalán járórácsokkal burkolt, üzemi járdák szolgálnak. A járdákra történő kijutás a lefedésbe beépített ajtókon keresztül történik.



7. kép: Egyenes tengelyű feljáró lépcső (rejtett pihenővel)



9. kép: A fedett hídszerkezet belső tere éjjel



8. kép: A hídszerkezet



A statikai számítások az alábbi peremfeltételeket figyelembe véve határozták meg az alkalmazott szelvények és feszítőelemek pontos méreteit:

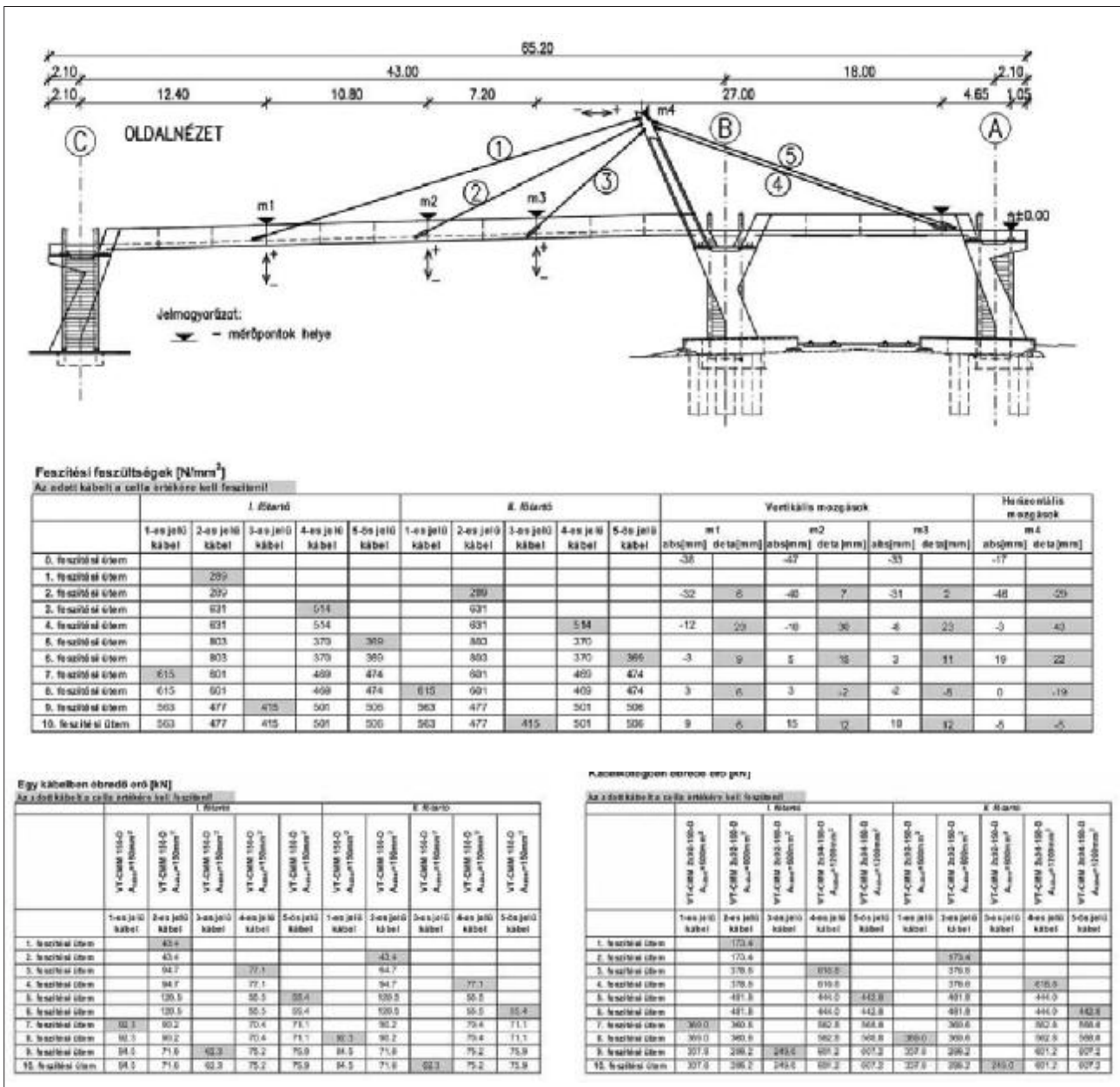
- A szerkezet építési állapotában feszítőkábelek alkalmazása nélkül is „önhordó legyen” az építési terhekre.
- A feszítés az áthidalt üzemelő vasút és közút zavarása nélkül elkészíthető legyen. Építési és végállapotban a szerkezet megfeleljen a szilárdsági követelményeknek, a feszítés optimális legyen az alkalmazott feszítőelemek és az acélszerkezet kihasználása szempontjából.
- A híd végállapotban elégítse ki a szabvány által előírt teherbírási, alakváltozási és dinamikai követelményeket.

A feszítés optimalizálására készített számításaink figyelembe vették az összes feszítési ütemet, a szerkezet alakváltozását, a már beépített kábelek további feszítési lépésekkor történő feszültségváltozásait. Az egy kábel több-

szörös feszítését elkerülendő feszítési ütemenként megadtuk a szerkezet várható alakváltozásait, melyet kontrollálva a szerkezet statikai viselkedése ellenőrizhető volt.

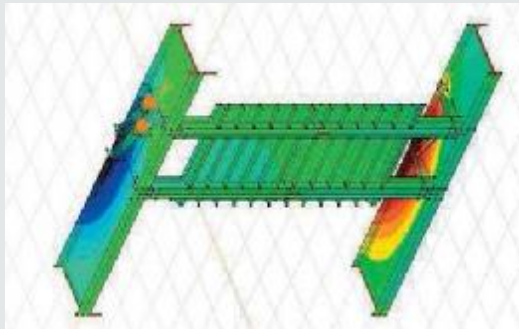
A közút feletti nyílásban alkalmazott 3 darab kábelpár VORSPAN-TECHNIK VT-CMM 2 x 02-150-D 600 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű kábellel (összesen 2 x 3 x 600 mm<sup>2</sup>), míg a vasút feletti kis nyílásban 2 darab VORSPAN-TECHNIK VT-CMM 2 x 04-150-D 600 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű kábelpár feszíti a szerkezetet (összesen 2 x 2 x 1200 mm<sup>2</sup>).

A pilonfejen lévő kábelvégek passzív lekötésűek, a feszítés az acél főtartó oldalán elhelyezkedő lehorgonyzási pontoknál történik. A lehorgonyzást a gerinclemez oldalához rögzített acélsövegekkel oldottuk meg. A nyitott „I” keresztmetszetű főtartók külpontos terhelése miatt ezen csomópontok részletes vizsgálata és merevítése volt szükséges.



10. kép: feszítési ütemek, kábelerek változása és deformációk feszítési ütemenként





11. kép: Végesselemes részletek a merevítőtartó-kábelhorgonyzás vizsgálatára



12. kép: A merevítőtartó-kábelhorgonyzás kialakítása, a főtartó külső és belső oldalán



A kábelek felső, fix csomópontjának kialakítását, a későbbi esetleges kábelcserét elősegítve, csavarozottan oldható kivitelben készítettük. A passzív kábelhorgonyzás egy előre elkészített, zárt acéldobozba került, mely a felső szakaszon nyitott szekrény keresztmetszetűvé alakított pilonokba került elhelyezésre.

A szabadon álló (felső keresztirányú összeköttetés nélküli) pilonok alsó keresztmetszete a főtartóhoz egyszerű csatlakozást biztosító, „I” keresztmetszettel indult, azonban az oldalirányú merevség növelése érdekében – különös tekintettel a kábelek oldalra ferde irányára – további merevítő szelvényeket terveztünk. Ezen szelvények még lehetővé tették a pilon nyitott kialakítását, egyben lehetőséget teremtettek az egyedi színezésre is.

A pilon hídtengelyre merőleges oldala párhuzamos kialakítású, hídtengely irányú oldala felfelé szűkül 900–700 mm-re.

A szerkezet színezésének alapkonceptiója szerint a betonlépítványok folytatásaként a betonrészek feletti acélszerkezetek a betonbevonattal egyező színű festést kaptak volna. Ekkor az alépítmények és a fölötte lévő acélszerkezet, mint „kelyhek” tartották volna az őket összekötő élénk színű acélszerkezetet. Egyedül a pilon nyitott szakaszán a gerinclemez kapott még élénk színű „betétet”.

A fő hídszerkezethez támasztott lépcsőfeljárók szintén egységes élénk színűek lettek volna. A 2. képen bemutatott látványtervek még az eredetileg javasolt színezést mutatják.

Ezen tervezői színkonceptiót a MÁV kérésére kellett megváltoztatni. Az acélszerkezetek élénk színezését túlzottnak ítélték, mindössze az „I” tartók oldalán engedélyeztek egy élénk felfestésű csíkot.

A megállóhelyen épített „esőbeálló” építmény mind színvilágában, mind struktúrájában illeszkedik a hídszerkezet formavilágához.

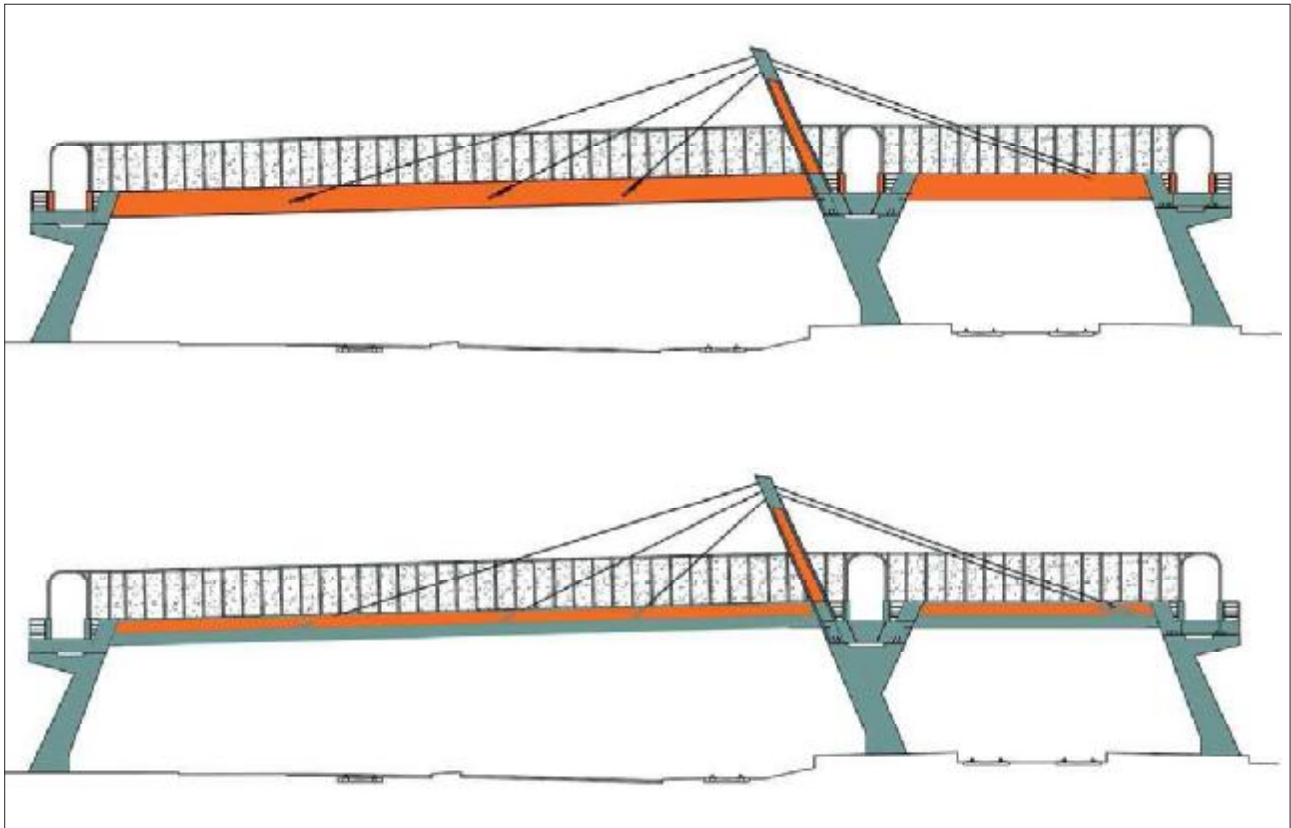


13. kép: A pilonfejek kialakítása



14. kép: A pilon kialakítása





15. kép: A híd tervezett és megvalósult színezése

## KIVITELEZÉS

A híd alépítményeinek építése és az acélszerkezet gyártása egymással párhuzamosan haladt.

A repülőtér területén készített alaptestek építését a helyszínen található, jelentős számú és kiemelt fontosságú közmű nehezítette. Végül a járószintre felhozott alptest, mint cölöpösszefogó és az alatta aszimmetrikusan elhelyezett, kibetonozott kútgyűrűkből létrehozott, mélyített síkalapokként működő „cölöpök”-kel sikerült a közműveket elkerülni.

A kútalapok alkalmazása lehetővé tette, hogy a térszinttől közel 4,00 m mélyen lévő teherbíró talajra nagy mélységű munkagödör kiemelése nélkül helyezünk síkalapot. Ennek nagy jelentősége volt az építés alatt is üzemelő forgalmi vágányoknál.

Az alptestek összefogó gerendáival közös szerkezetként alakítottuk ki a liftaknák vasbeton szerkezeteit.

Az egyedi geometriájú pillérek zsaluzata és a felső lehorognyzó acélszerelvények elhelyezése az illeszkedő acélszerkezet miatt nagy pontosságot igényelt.



16. kép: Alptest és liftakna betonacél-szerelése



17. kép: Vasbeton alépítmények



A MÁV Hídépítő Kft. csarnokában történt gyártás néhány képen összefoglalva



18. kép: A felszerkezet gyártása



19. kép: Ortotrop pályatáblák gyártás alatt, megfigyelhető a zárt bordával merevített perem



21. kép: Lépcsőkar felső illesztése fordított helyzetben



20. kép: Keretsarok-kialakítás és leborgonyzócsavar-lyukak



22. kép: Pilonő fordított helyzetben





Az építési helyszín csak nagyon szűk szerelőteret hagyott. Az acélszerkezet egységeinek helyszínre szállítása után a vasútvonallal és a Gyömrői úttal párhuzamos szerelőtéren került sor a gyártási elemek beemelési egységekké történő összeállítására, a helyszíni hegesztési varratok elkészítésére.

A felszerkezet beemelése két egységben, külön időpontban történt, 500 t teherbírású autódaru segítségével, a vonatmenetes időszakokra, valamint a Gyömrői út forgalmi periódusaira tekintettel, éjszakai műszakokban.

Az első beemelés a vágányok felett történt, a 24,30 m hosszúságú emelési szakaszt a vágányok melletti pillérek, a külön merevítésekkel ellátott, ideiglenes támaszoknál máglyákra tették. A szerkezet pozicionálását, a teflonlemezek elhelyezését követően bebetonozták a pillérek felső 22 cm-es szakaszát is. A következő munkafolyamat a pilonok felhegesztése volt a főtartókra. A feszítéskor létrejövő oldalirányú alakváltozások miatt a pilonok tengelye a rögzítéskor a függőlegestől tervszerűen eltért, 15 mm-t a piloncsúcs befelé dőlt.

Az igen rövid kivitelezési idő miatt az első emelési egységen az alábbi még hátralévő munkafolyamatokat kezdték meg: lefedés tartóvázának elhelyezése, liftek szerelése, pályalemez szigetelése, járórácsok elhelyezése, vízvezetési szerelvényei.

A Gyömrői út feletti 40,90 m hosszú emelési egységet az út teljes lezárása mellett lehetett elhelyezni. A középső pillér mellett segédjármot építettek, mely ideiglenesen – a teljes keresztmetszetű helyszíni illesztés elkészültéig – támasztotta alá a szerkezetet.

A feszítőkábelek feszítése a felszerkezetre függesztett könnyű állványok segítségével történt a vasútvonal és a közút forgalmának zavarása nélkül.

A hídszerkezet és a vasúti megállóhely kivitelezését Homlok Tibor, a COLAS Dunántúl Zrt. főépítésvezetője irányította.

Az alépítmények építését a Mértan Kft., az acélszerkezet gyártási és szerelési munkáit a MÁV Hídépítő Kft., a feszítést a VORSPAN-TECHNIK Kft. végezte.



23. kép: A szerelőtér háttérben a már beemelt vasút feletti nyílással és felhegesztett pilonnal



24. kép: A szerelőtéren összeállított, emelésre előkészített, Gyömrői út felőli, 45 m-es beemelési egység



25. kép: A vasútvonal feletti egység emelése



26. kép: Emelés 500 t-ás daruval



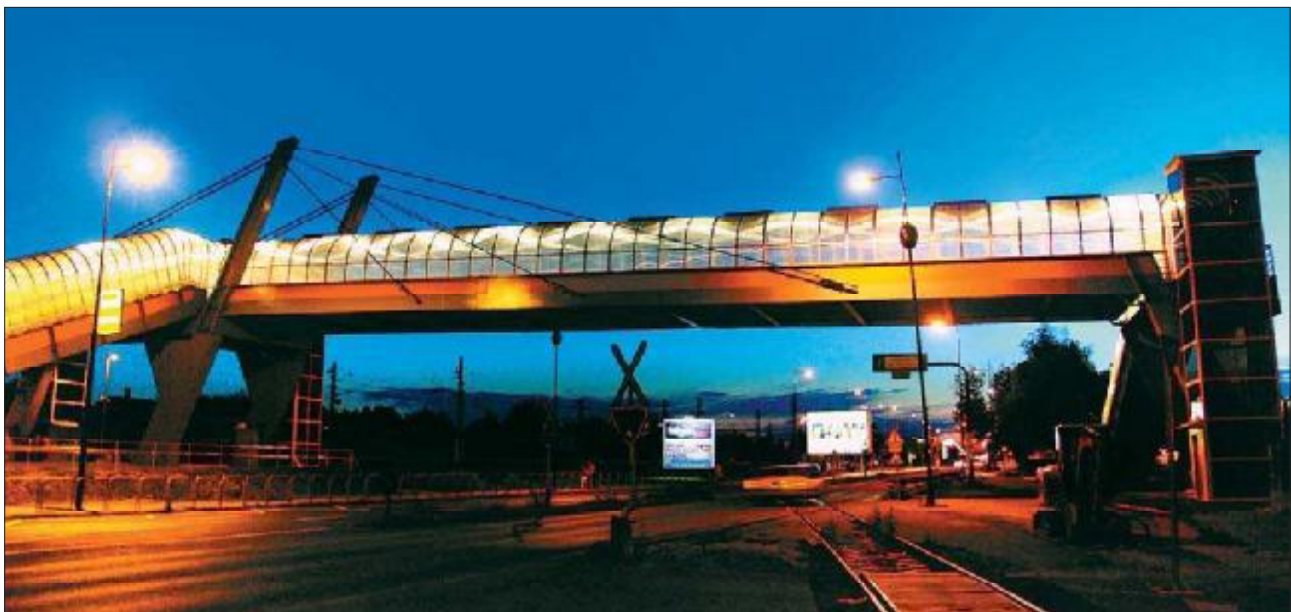


28. kép: A burkoló polikarbonátváz térbeli csomópontja

27. kép: Feszítés



29. kép: az elkészült híd reggel...



30. kép: ... és este