

A HASSMERSHEIMI NECKAR FOLYÓ HÍDJÁNAK ÉPÍTÉSE

CONSTRUCTION OF NECKAR BRIDGE AT HASSMERSHEIM

2014 októberében a németországi Haßmersheimben átadták a forgalomnak a Neckar folyó új gyalogos, kerékpáros hídját. A híd összeköttetést biztosít a bal parton fekvő, 3684 lakosú település és a jobb parton lévő vasúti megállóhely között. A beruházás összköltsége 9.3 millió Euro volt, amely magába foglalta a híd megvalósítását és a vasúti megállóhely átépítését is. A 146 m középső nyílású, kétpilonos, ferdekábeles szerkezet merevítőtartója utólagosan kibetonozott, acél tartórács. A pilonok folyamatosan változó ellipszis keresztmetszetűek. A kiemelt esztétikai igényeknek megfelelően készített, 530 t-s hídszerkezet rendkívüli kihívások elé állította a tervezőt, kivitelezőt egyaránt.

In October, 2014 pedestrian and bicycle bridge over river Neckar in Haßmersheim, Germany has been opened to the public. The bridge connects the village laying on the left bank with a population of 3684 and the railway station on the right side. The total costs of the project were 9.3 Million Euros, that involves both the construction of the bridge and railway station. The cable-stayed bridge, which has a 146 metres long middle span, has been built with two pylons, the deck is a cast-in-situ concreted steel truss. The section of pylons is continuously varying ellipse. The 530 tons weighing bridge, which has been designed with high aesthetic requirements, has extremely challenged the designers and the contractors as well.

ENGEDÉLYEZÉSI ÉS TENDER TERVEK

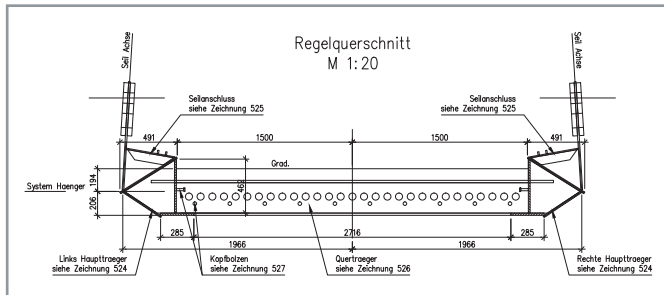
Az engedélyezési és tender terveket a karlsruhe-i székhelyű, Harrer Ingenieure tervezőiroda készítette. Az általuk megálmodott híd egyedi két pilonos ferdekábeles szerkezet volt. Az oldalanként szimpla konzolként épített „mono” pilonokba két ferde kábelsík köt be, tehát a merevítőtartó

kétoldalról megfogott, acél tartórács volt (1. ábra). A pilonok keresztmetszete az alsó befogásnál 1200 x 1659 mm, illetve 1200 x 1727 mm főtengelyű ellipszis, mely a magasság mentén folyamatosan változó keresztmetszeti mérettel felül átfordul, vagyis míg a befogásnál a híd hossztenge lyére merőleges a nagyobb mérete, addig felül már a hossztenge llyel párhuzamos méret a nagyobb.



1. ábra: A híd merevítőtartójának szerelése

A merevítőtartó „I” keresztmetszetű keresztartókkal összefogott, az oldalain lemezekből zárt, háromszög keresztmetszetű tartórács. A merevítőtartó hosszartója 500 mm magas, ez a 146 m-es közbenső nyílást figyelembe véve L/300 körüli arányt jelent. A tartórács építési állapotban önhordó, a szerkezet tisztán acélból készre szerelhető, majd a kábelek szabályozása után kibetonozva veszi fel a végleges alakját, és a beton megszilárdulása után nyeri el végleges merevségét (2. ábra).



2. ábra: A híd merevítőtartójának keresztmetszete a beton pályalemez nélkül

A szerkezet túlemelésénél, a felszerkezet önsúlyra való túlemelésén kívül figyelembe kellett venni a hosszirányú összenyomódásból származó hosszváltozást, a pilonok esetében pedig a ferdeség és a pilonban ébredő normálerő hatásából származó szög- és hosszváltozásokat. A felsorolt hatások figyelmen kívül hagyása nem megengedhető, 5–10 mm-es pontatlanságot eredményeztek volna egyes elemek hossza esetében.

A pilonok alapozása pilonként 2–2 ferde és függőleges Ø1.20 m átmérőjű vasbeton cölöpökkel készült. A 4.40 x 9.00 m-es alapterületű, 1.40–1.50 magasságú cölöpösszefogóba helyezték el a pilontalp lehorgonyzó acélszerelvénye, amelyhez a 2756 mm magasságú, 79°-os

ferdeségű pilontalpak csatlakoznak. A pilontalpakat egy kb. 3.00 m magasságú tömbalapba horgonyozták le. A pilontalp palástján 150 mm-enként elhelyezett, 40 mm szélességű diafragmák biztosítják a tömbalappal való együtt-dolgozást (3. ábra).

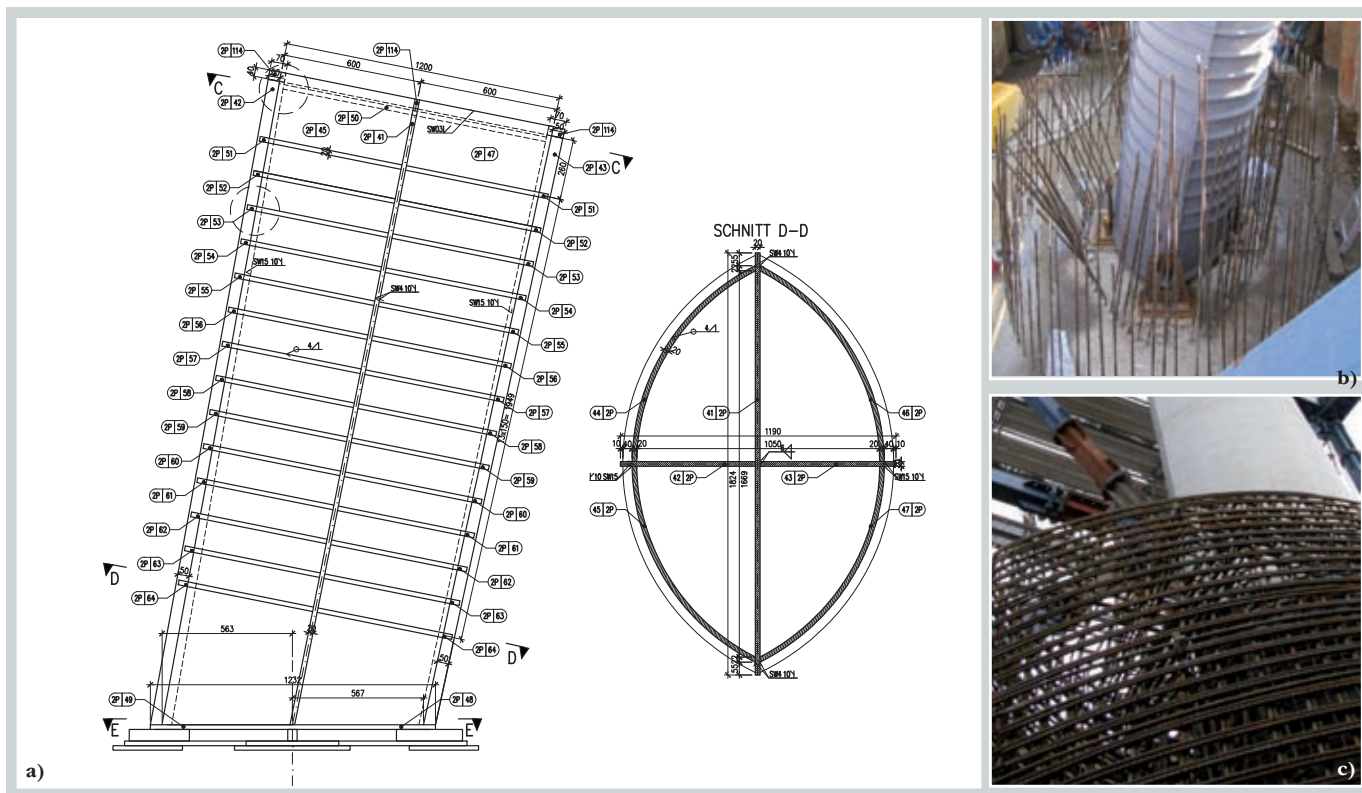
A hídszerkezet csuklósan csatlakozik a bal parton lévő vasbeton rámpához, míg a túoldalalon a Deutsche Bahn vasúti megállóhelyének vasbeton aluljáró-szerkezetébe fix kapcsolattal került bebetonozásra. A felszerkezet ezen kívül a két pilonnal támaszkodik fel, hosszartóként 1–1 sarura.

KIVITELI TERVEK KÉSZÍTÉSE

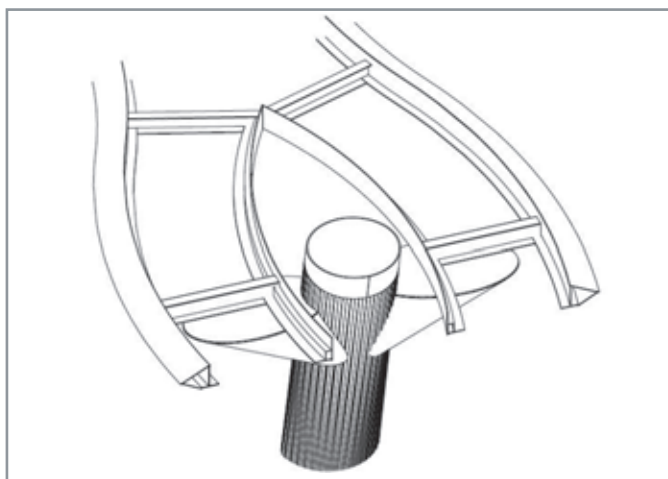
A németországi tenderezési gyakorlatnak megfelelően a tender tervek alapján történik az acélszerkezet építőjének a kiválasztása, majd a végleges kiviteli, gyártmány- és technológiai tervezést már a nyertes cég végzi, végezteti. Jelen esetben az acélszerkezet gyártója és szerelője a Bilfinger MCE Nyíregyháza Kft. lett, amely a kiviteli, gyártmány tervek készítésével a Speciálterv Építőmérnöki Kft.-t bízta meg.

A híd megjelenésén, főbb konstrukciós kialakításain nem volt mód változtatni, ettől a feladat kiviteli szinten csak bonyolultabb volt. Az acélszerkezeti gyártmánytervek készítése során egyértelművé vált, hogy 3D-s modell használata nélkül, csak síkrajzokból lehetetlen előállítani a terveket.

A 4. ábra a pilont megkerülő felszerkezet geometriáját mutatja. A pilontörzsolemezek leszábási rajzainak elkészítése, hengerlési paraméterek megadása és az alakra hajlítása rendkívül munkaigényes részlettervezést igényelt. Közvetlenül a felszerkezet feltámaszkodása alatti részen a pilon keresztmetszete kiszélesedik. Itt a pilon külső palástjának legyártásához mm pontosságú, külön kitűzési tervet készítettünk. A tender terveken megadott keresztmetszeteken túl, a pilonok legyárthatósága érdekében további alaktartó diafragmák betervezésére volt szükség.



3. ábra: a) Pilontalp rajza; b)–c) tömbalap kivitelezés közben (Bilfinger MCE)



4. ábra: Felszerkezet és pylon csomópontja (Harrer Ing.)

A merevítőtartó összesen 222 m hosszú, szelvényezés irányában emelkedik, a magasságkülönbség összesen 5.11 m. A felszerkezet 7 szerelési egységből áll. A pylonhoz hasonlóan a háromszög keresztmetszetű hossztartók függőleges és ferde lemezeinek méreteit erősen befolyásolták a túl-emelésből és a hosszúságból adódó alaktorzulások. Ehhez adódott hozzá a pilonnál az alaprajzi ívesség.

A kábelbekötések, véglehorgonyzások, valamint a pylon-felszerkezet kapcsolatok lemezeinek leszábási rajzainak elkészítése különös gondosságot igényelt.

A szerkezet bonyolultságát jól jellemzi, hogy a viszonylag kisebb – 530 tonnás – acéltömeg mellett a darabjegyzékben több, mint 1000 darab tétel szerepelt. Önmagában ezek azonosítása is komoly feladatot jelentett mind a tervező, mind a gyártó és a helyszínen a szerelést végző számára. Ugyancsak nagy feladat volt a hegesztési varratok és a lemezek élmegmunkálásainak megtervezése és megfelelő rendszerezése. Ennek érdekében varratfüzet és -jegyzék készült külön-külön a gyári és a helyszíni varratokhoz, melyek azonosítói rákerültek a lemezek leszábási rajzainak megfelelő élére. Ezen varratokhoz kapcsolódott a varratok ellenőrzésének terve, melynek elkészítését szintén a Speciálterv Építőmérnöki Kft. végezte.

A gyártmánytervek és a varratrészletek tervezésekor számos esetben változtatásra volt szükség, mely sok esetben a lemezek méreteinek változtatását, ezáltal az adott csomópont megváltoztatását, szélsőséges esetben teljes újragondolását tette szükségessé.

Érdekesség, hogy a tervdokumentációhoz „nyomáspróba” vagy „nyomásellenőrzési” tervet is csatoltunk, amely a zárt keresztmetszetek (pilonbelső, hossztartó) légtelenítésének tervét tartalmazta. Ehhez kapcsolódott a korrózióvédelmi terv elkészítése.

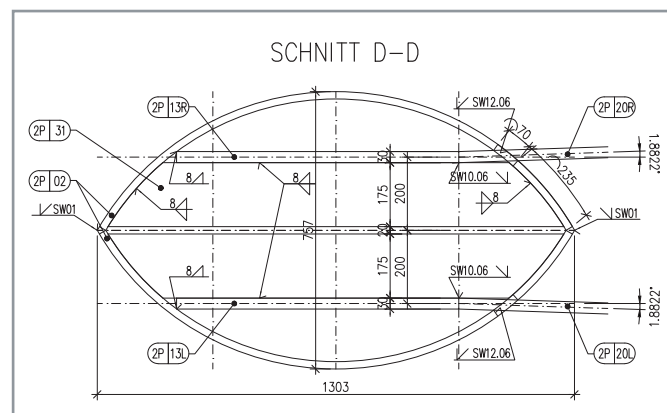
A PILON

A híd felszerkezete 4 tengelyen támaszkodik fel, ezek sorban a bal parttól kezdődően 10., 20., 30., 40. jelű támaszok. A két pylon 20. és 30. jelzést kaptak, ezek két oldalán találhatóak a sarutengelyek. Mindkét pylon 3–3 szerelési egységből áll, melyek helyszíni hegesztéssel kapcsolódnak egymáshoz, majd az összeállított pilont daruval emelték a helyére. A 20. pylon magassága 43.429 m, a 30. pylon a pálya emelkedése miatt magasabb, 46.131 m. A két pylon dőlése a két hídfő felé 79°.

A pilonok keresztmetszete a merevítőtartó magasságában szabályos zárt kör keresztmetszet, amelynek külső

átmérője 1500 mm. A pilontalptól a merevítőtartóig, illetve a merevítőtartótól egészen a piloncsúcsig a keresztmetszet a fent leírt módon ellipszisbe fordul át. A pályaszint felett az ellipszis híd hossz tengelyével párhuzamos tengelye hosszabb, a pályaszint alatt ez megfordul, és a hossz tengelyre merőlegesen hosszabb az ellipszis tengelye.

A keresztmetszet torzulása miatt a pylon palástjának leszábási rajzát kiterítve, a cső magassága mentén 1000 mm-enként osztottuk fel, és így adtuk meg a palást kitézési pontjait. A pilonok felső, 11300 mm-es szakaszába kötnek be a kábellehorgonyzó fülek, az 5. ábra mutatja a pylon keresztmetszetét kábellehorgonyzás helyén. A pylon felső szerelési egysége a 20. pilonnál 23 mm-es, míg a 30. pilonnál 42 mm-es, a pylon dőlésével ellentétes irányú túl-emeléssel készült.



5. ábra: Pylon keresztmetszete kábelbekötésnél

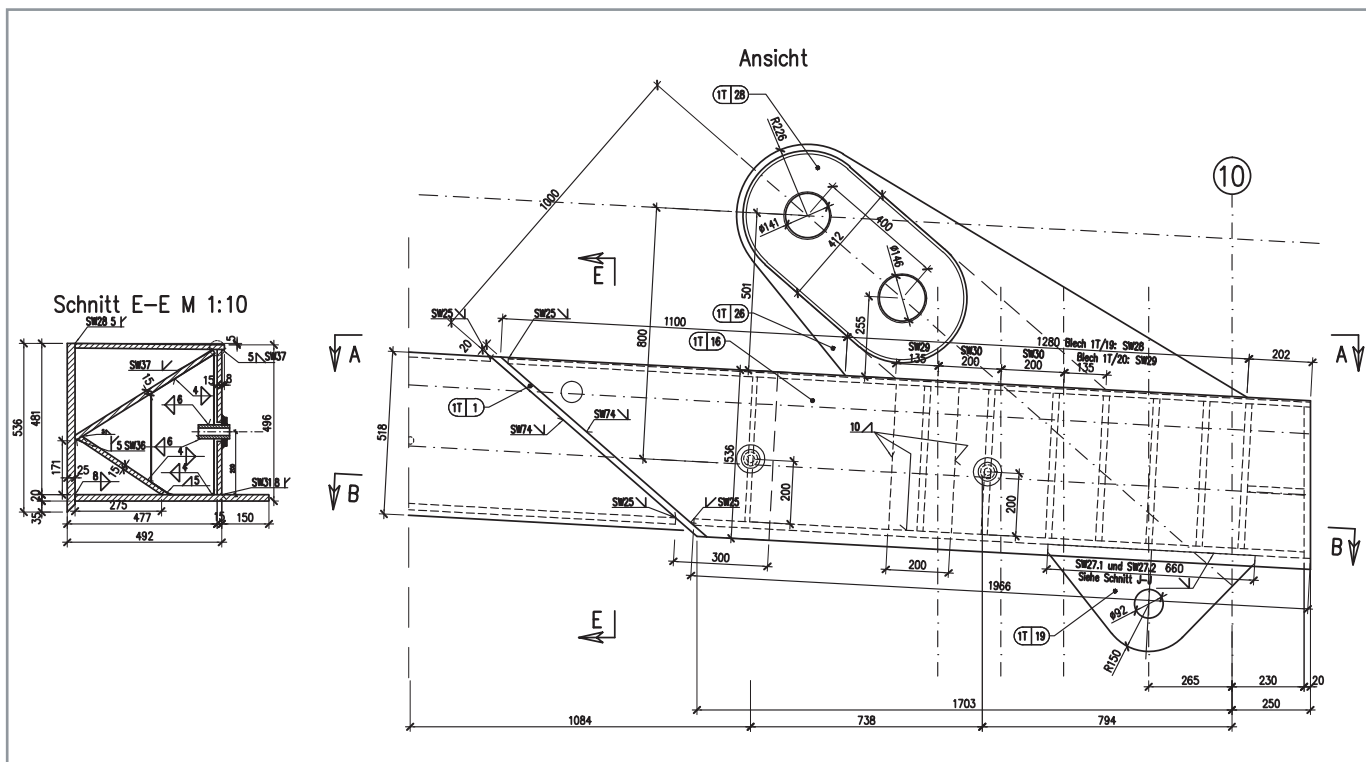
A pályára kerülő csapadékvizek egy része a 30-as pylon belsejében került elvezetésre. Az elvezető cső Ø108 mm külső átmérőjű, korrózióálló acélból (Edelstahl 1.4401) készült. Mivel belső vízvezetéséről van szó, a csatlakozások, csőátörések pontosságára kiemelten kellett ügyelni, majd légteleníteni kellett a pilontörzs belsejét.

A MEREVÍTŐTARTÓ

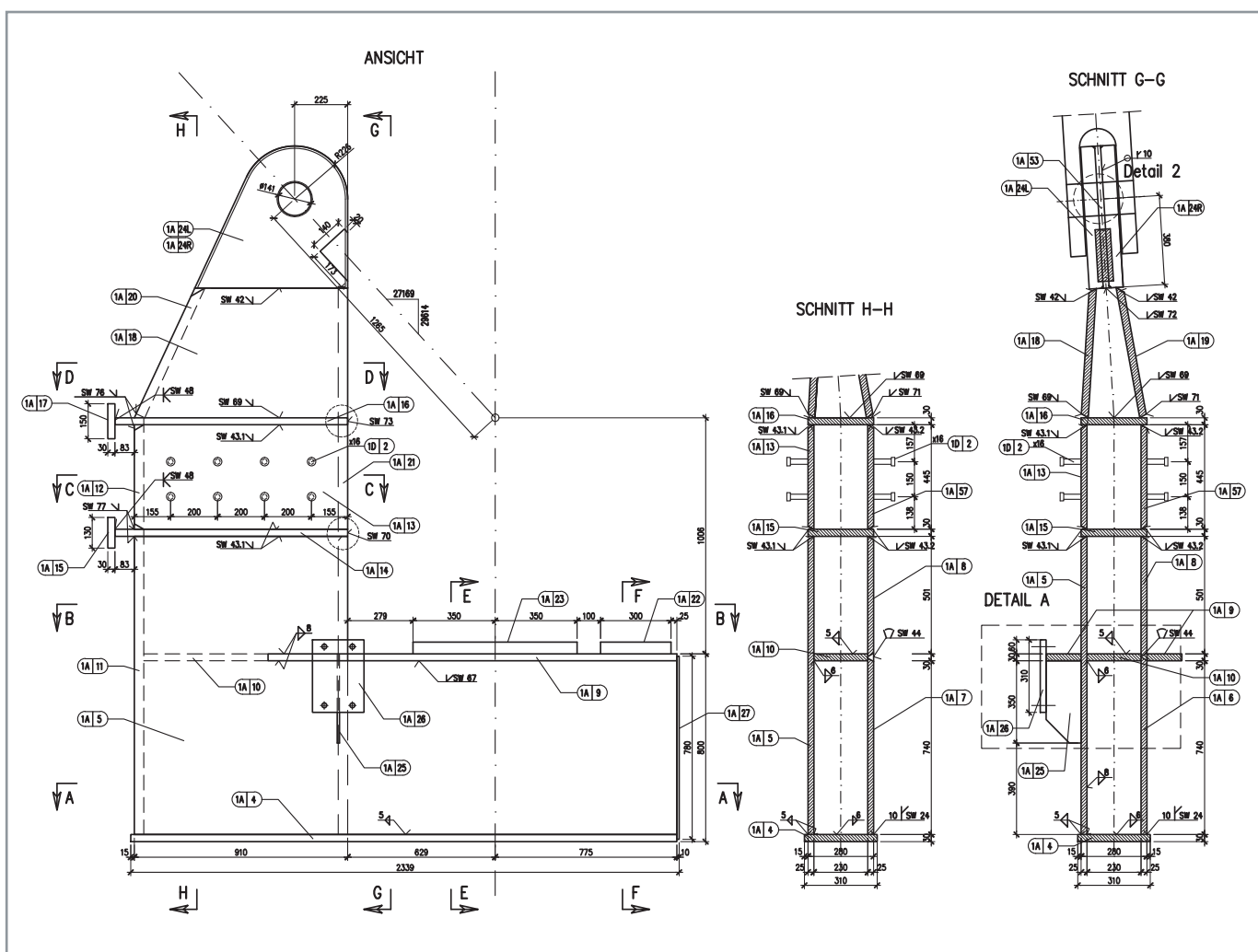
A szerkezet merevítőtartója a már említett háromszög keresztmetszetű hossztartókból és az ezeket összekötő keresztartókból áll. A keresztartók szelvénye túlnyomóan „I” keresztmetszet. Mivel a keresztartók szelvényének változása az igénybevételek változását követi, többféle keresztartó típust különböztettünk meg. A keresztartó gerincek áttörésein a vasbeton pályalemez betonacéljai vannak átvezetve.

A keresztartó kialakítások közül kiemelt jelentőséggel bír a két végkeresztartó és környezetének szerkezeti kialakítása. Az 1. egységben, a végkeresztartó környezetében kapcsolódik a hossztartóhoz a hátrahorgonyzó kábel, valamint itt találhatóak a felszerkezet lehorgonyzó fülei, amelyek a rámpa végén kialakított hídfőbe horgonyozzák a felszerkezetet. A bonyolult csomópont a 6. ábrán látható.

A 7. egység a peron szintjén csatlakozik a vasúti megállóhelyhez. Természetesen akadálymentesített gyalogos aluljáró is készült a gyalogos-kerékpáros közlekedés megvalósítására. Az aluljáró vasbeton szerkezetébe került beépítésre az a két lehorgonyzó acélszerelvény, amely a 30. pylon hátrahorgonyzó kábeleit köti le. A zömök, masszív lehorgonyzó acélszerkezetet fejecsapok dolgoztatják együtt a vasbeton lemezzel. Az egyik ilyen acélszerelvény látható a 7. ábrán.



6. ábra: Szerkezeti kialakítás a 10. tengelynél



7. ábra: Lehorgonyzó szerelvény a 40. tengelynél

A 2–6. egységekben szélrács merevítés készült. A szélrács szelvénye 90x20 mm-es laposacél. A zárt keresztmetszetű hossztartóba süllyesztett, hossztartó gerinceken áttört, vízszintes helyzetű csomólemez biztosítja a keresztartók közti szélrácsrudak csavarozott kapcsolatát.

GYÁRTÁS ÉS HELYSZÍNI SZERELÉS

A szerkezeti elemek gyártása 2013. őszén kezdődött meg a pilontalpak gyártásával. A gyártás során már a kezdetekkor érdekes és hasznos tapasztalatokkal gazdagodtunk. Ilyen tapasztalat volt például az, hogy a korábban részletesen bemutatott, 1500 mm átmérőjű csőből kivágott lemezek a hengerlés során vastagságukban torzulást szenvednek, amely több 10 mm-es eltérést jelentett a lemez hosszában. A külső felülethez illeszkedő merevítő diafragmák egyes helyeken rövidnek, máshol hosszúnak bizonyultak, sok fejtörést okozva ezzel a gyártónak és tervezőnek egyaránt. A pilontalpak gyártás közbeni állapota a 8. ábrán látszik.



8. ábra: Pilontalpak gyártás közben (Bilfinger MCE Nyíregyháza Kft.)

A pilonok gyártása közben vált szükségessé az eredeti tervekhez képest plusz belső vízszintes diafragmák elhelyezése annak érdekében, hogy 20–30 m-es hosszban tartani lehessen a tervezett alakot. A pilonokat teljes hosszukban szállították ki a helyszínre, ahol a 40–45 t súlyú szerkezeti egységeket két autódaru segítségével emelték a helyükre. A lehorgonyzó betontömb elkészültéig segédállványokra helyezték a pilonokat. A beemelésről készült fénykép a 9. ábrán látható.

A felszerkezet gyártása során a legfontosabb a 7 egység egymáshoz viszonyított helyzetének és az abszolút magassági helyzet beállítása volt, ehhez további kiegészítő adatokra volt szüksége a gyártónak. A pilonhoz csatlakozó pályaelemek alakjának megfelelő beállítása különösen nagy gondosságot igényelt. A gyártási és szerelési egységeket Nyíregyházán és a helyszínen is előszerelték, majd ezt követően emelték a helyükre.



9. ábra: A 30. pilon beemelése (Bilfinger MCE GmbH)

A felszerkezet építése a partoktól a híd közepe felé történt. Az egyes szerelési egységeket a kábelek befűzését követően autódaruval engedték a megfelelő pozícióba. Az 5. szerelési egység leengedését láthatjuk a 10. ábrán.



10. ábra: Az 5. szerelési egység beállítása (Bilfinger MCE)





11. ábra: Záróelem beúsztatása és beemelése (Harrer Ing.)



12. ábra

Az utolsó záróelemet (4. egység) bárkán úsztatták be, majd a bárkáról a csatlakozó 3. és 5. egységekre erősített segéd-szerkezetek segítségével emelték a helyére. A folyamatot a 11. ábra képei mutatják.

A felszerkezet acélszerkezetének összeállítását követte a pályalemez kibetonozása, a hídtartozékok, köztük a modern, letisztult stílusú, sodronykötelekkel merevített korlát szerelése. A híd 2014. őszére készült el.

A KÉSZ HÍD

A hidat 2014. októberében vehette birtokba a nagyközönség. Az eredmény egy igazán impozáns, tájba illeszkedő, légi híd-szerkezet lett. Összességében elmondható, hogy egy nagy kihívást jelentő, szép feladat részese volt a Speciálterv Építőmérnöki Kft., a Bilfinger MCE GmbH és a Bilfinger MCE Nyíregyháza Kft.

Ezúton szeretnénk köszönetet nyilvánítani a Bilfinger MCE linzi és nyíregyházi kollégáinak, hogy segítették munkánkat és jelen cikk létrehozását. Külön köszönet a Harrer Ingenieure-nek a képanyag biztosításáért.



13. ábra



14. ábra



16. ábra



15. ábra