

ACÉLSZERKEZETŰ KISHIDAK TERVEZÉSE

DESIGN OF SHORT SPAN STEEL BRIDGES

A kis nyílású hídszerkezetek anyaga általában vasbeton. Egyedi esetekben acélszerkezetek alkalmazásával lehet a speciális igényeket kielégíteni. Cikkünkben három funkciójában is eltérő kishíd példát mutatunk be: egy közúti, egy gyalogos- és egy közműhidat, melyek egyedi kialakítása jól demonstrálja az acélszerkezetekkel történő szerkezettervezés előnyeit kis támaszközök esetén is. Cikkünkben a három megépült híd tervezésének főbb szempontjait és a megvalósításuk lépéseit mutatjuk be.

ACÉLSZERKEZETEK A HÍDÉPÍTÉSSEN

Az elmúlt években több jelentős acél hídszerkezettel lett gazdagabb hazánk. A nagy folyami átkelők: Dunaújvárosi, Megyeri és Északi vasúti Duna-hidak mellett a hagyományosan vasbeton szerkezetek alkalmazási tartományában is megjelentek a rugalmasan és ebből adódóan az adott körülményekhez gazdaságosan igazítható acélhidak. Épülő és tervezett közútjainkon, autópályáinkon gazdaságos alternatívaként készül tucatnyi részben vagy teljesen acél anyagú szerkezet.

A 100 m feletti nyílástartományban természetes az acélszerkezetek alkalmazása. E nyílástartomány azonban hazánkban csak a folyami átkeléseknél vagy egy-két speciális esetben szükséges. E hidak esetében több ezer, esetenként több tízezer tonna szerkezeti acél beépítési igénye merül fel, azonban ezek viszonylag ritka feladatok.

Közúti szerkezetek esetében a 40 m-ig terjedő nyílástartományt a vasbeton szerkezetek uralják.

A lágyvasalású vagy helyszínen feszített monolit szerkezetek és az üzemben előregyártott helyszíni vasbeton pályalemezzel együttműködő előfeszített vasbetontartókkal létrehozott vasbeton „típushidak” alkalmasak e nyílástartomány kiszolgálására. A hazánkra jellemző kisebb vízfolyások keresztezésénél és a különbszintű közúti csomópontok kialakításánál döntően ilyen hidak épültek, épülnek, így az évente megépített vasbeton kishidak össz területe nagyságrenddel nagyobb, mint az esetenként óriási, azonban ritka folyami hidaké.

A kis nyílású hidak („small span bridges”) acélszerkezettel történő kialakítása ma már sok országban természetes.

A külföldi tapasztalatok és több magyarországi alkalmazási példa is egyértelműen bizonyította a vasbeton pályalemezzel együttműködő acél főtartós, ún. öszvérhíd-szerkezetek gazdaságosságát a 20–40 m-es nyílástartományban (illetve természetesen efelett is).

További alkalmazási terület a meglévő hidak korszerűsítésénél adódik. Itt sokszor a meglévő alépítményeket lehet „megmenteni” nagyobb szélességű és teherbírású, azonban a vasbeton szerkezeteknél jelentősen kisebb önsúlyú, új acél vagy öszvér felszerkezet építésével.

Bridges with a short span are usually made of reinforced concrete. However in special cases the building material of choice can be steel. In this article we will show three short-span bridges of different types: a road bridge, a pedestrian bridge and a public utility bridge. Their custom design demonstrates the advantages of using steel in the case of short spans as well. In the following we will show the main aspects of design and the main steps of construction.

Amennyiben az építést speciális igények kísérik, úgy a kishidak esetében is gyakran az acélszerkezetek rugalmas alkalmazhatósága teszi lehetővé az egyedi organizációs vagy esztétikai igények kielégítését. Az alábbi cikkünkben három valóban „kishíd” példáján mutatjuk be az acélszerkezetek előnyeit speciális esetekben.

DÖBRÖKÖZI KAPOS-HÍD ÁTÉPÍTÉSE

A Tolna megyei Döbröközben a Kaposon átvelő, 1893-ban forgalomba helyezett, 18,54 m támaszközű, alsópályás „X” rácsos acél gerendahíd és zórésvasas pályaszerkezete erős korróziós károkat szenvedett. 1944-ben a rácsos tartó két utolsó keretét felrobbantották, és a szerkezet a Kaposcsatornába zuhant. A helyreállítási munkákat 1949-ben végezték el, azóta jelentősebb szerkezeti beavatkozás a hídon nem történt.

A híd sem szélességével, sem teherbírásával nem elégítette ki az építése óta jelentősen megváltozott igényeket, így új felszerkezet építésére volt szükség. A szerkezet típus megválasztását erősen befolyásolta a településrész „zsák” jellege, vagyis, hogy az egyetlen megközelítési útvonal a meglévő hídon keresztül vezet. A Kapos ártere és a meglévő út nyomvonala nem tette lehetővé gazdaságos kerülő töltés és hídprovizórium alkalmazását, így egy új, „egy nap alatt beemelhető” felszerkezet alkalmazását javasoltuk.

Az új felszerkezetnek szélességében és teherbírásában is meg kellett haladnia elődjét (1. kép) és természetesen a meglévő alépítmények felhasználása érdekében az önsúlyt is „kordában kellett tartani”.

Fenti igények kielégítése érdekében ortotrop pályalemez acél felszerkezet alkalmazása mellett döntöttünk.

A szerkezet bemutatása

A tervezett, új acél felszerkezeti rendszer kéttámaszú, kétfőtartós, gerinclemezes, ortotrop pályalemezes, hegesztett acélhíd. A pályalemez zárt bordákkal, a járdalemezek laposacéllal merevítettek. A támaszköz: 18,54 m. A keresztmetszeti elrendezés: 2,00 m járda + 6,63 m kocsipálya + 2,00 m járda. Szerkezeti magasság: 1,00 m.





1. kép: Eredeti híd

Az új felszerkezet szerkezeti rendszere az elbontandó műtárgyétól teljes mértékben eltér, mégis megjelenésében igyekeztünk visszautalni a több mint száz éve e helyen álló hídra. A kereszttartó-távolságot a meglévő rácsos tartó oszlopközeivel közel azonosan határoztuk meg, az egyedi idomacélkorlát, a járdakonzol és főtartó-merevítés, valamint a járda alatt ferde síkban elhelyezett rudazat alkalmazásával létrejövő hálózat visszajelzés az „X” rácsoszerű főtartóra (2. kép).

Az új felszerkezet a meglévő hídfő szerkezeti köveire fekszik fel, így a főtartók támaszvonálát ehhez kellett igazítani: távolságuk 6,20 m. A főtartók gerinclemeze kifelé dől, a dőlésszöveget a kocsi pályá tervezett szélessége és a meglévő támaszvonál határozta meg, a gerinclemez 77°-os dőlésű. A felső övet a járdalemez alkotja, mely a főtartó gerinclemez hajlításával alakítható ki. Az alsó öv vízszintes, aszimmetrikus elrendezésű.

Az ortotrop acél pályalemez háromszög alakú, hajlított zárt bordával merevített, a kereszttartók távolsága 2,06 m, magasságuk 64–70 cm között változó (a pályalemez síkja teljes mértékben követi a keresztéseket), alsó övek szélessége 40 cm, a főtartó alsó övéhez történő csatlakozásnál a gerinclemez magassága ékszerűen növekszik.

A végkereszttartó magassága 90 cm, a főtartó alsó övéhez síkban csatlakozik. A járdalemezek 120-10-es lemezekkel merevítettek. A kereszttartó kiosztáshoz igazodóan a járdalemezt alsó övvel ellátott lemezek támasztják alá, melyek középen háromszög alakban kivágyottak.



2. kép: Új felszerkezet



3. kép: Gyártás a Közgép Zrt. üzemében



4. kép: Főtartó részlete



5. kép: Keresztmetszet

Az alkalmazott szelvények az alábbiak:

| | |
|--|-------------|
| főtartó gerinc | 1200-12 |
| főtartó felső öv (járdalemez) | 1900-12 |
| főtartó alsó öv | 700-40 |
| hosszbordák (járdalemez alatt) | 120-10 |
| kereszttartó gerinc | 600(800)-12 |
| végkereszttartó gerinc | 790(860)-12 |
| kereszttartó alsó öv | 400-25 |
| pályalemez | 14 |
| zárt merevítőbordák a pályalemez alatt | 300(200)-8 |

A főtartó S355 J2 és S355 J0, az egyéb szerkezeti elemek S235 JR minőségű acélból készülnek.

Az ortotrop pályalemezes acél felszerkezet helyszíni szerelése után mindössze egy 12 órás lezárással sikerült a régi híd kiemelését és az új felszerkezet beemelését végrehajtani. Az „egyéjszakás” lezárás utáni reggel egy – a még el nem készült dilatációkat áthidaló – segédrámpa segítségével elindulhatott a közúti forgalom. Az elkészült hídszerkezet nagy valószínűséggel hazánk legkisebb nyílású ortotrop, acél pályalemezes acélhídja.

A kivitelezést a Hídtechnika Kft. és KÖZGÉP Zrt. alkotta konzorcium végezte, az acélszerkezet gyártója a KÖZGÉP Zrt. volt, a helyszíni szereléseket is ők hajtották végre, a Hídtechnika Kft. a helyszíni vasbeton szerkezeteket valószínűsítette meg, valamint a csatlakozó úton és töltésen előirányzott beavatkozásokot készítette el.

Az elbontott hídszerkezet főtartóit műszaki emlékként a Kiskőrösi Közúti Szakgyűjteménybe szállították el.

LAKATOS UTCAI GYALOGOS-FELÜLJÁRÓ

Budapesten a Lakatos utcánál szintbeli gyalogosátjárót építettek át különbszintű átvezetéssé a Budapest–Cegléd vasútvonal 128+90 hm szelvényében lévő 4 darab vasúti vágány felett (7. kép).

Az építést az üzemelő vasút felett minimális idejű vágányzárral kellett végrehajtani, ebből adódóan egyben beemelhető acélszerkezet alkalmazása mellett döntöttek.

Az elkészült engedélyezési tervek gerinclemezes, alsópályás kéttámaszú gerendahídat és pihenőnként alátámasztott lépcsőkarokat ábrázoltak, melyet a kiviteli tervezés során kis mértékben módosítottunk.



7. kép: Lakatos utcai gyalogos-felüljáró



8. kép: Alátámasztás nélküli lépcsőkar

A feljáró lépcsőkarok alatti alátámasztásokat elhagytuk (8. kép), és a teljes szerkezetet folyamatos négytámaszú gerendahíddá alakítottuk a közbelső támaszok alatt „V” elrendezésű keretlábakkal megtámasztva.

A „V” elrendezésű oszlopok a híd hosszirányú erőjátékát „keret híddá” változtatják, továbbá a vízszintes síkú merevség növelése érdekében e keretlábakat keresztirányban összekapcsolva térbeli keretet hoztunk létre (9. kép). A híd támaszkiosztása: 15,04+27,50+18,54 m, a felszerkezet hossza 61,37 m, a keresztelési szög: 86°.

A támaszonként két darab gerinclemezes oszlop a magasságuk felénél keresztikötéssel összemerevített. Az oszlopok gerinclemeze a felszerkezet főtartóinak gerinclemezével egy síkban van, ehhez csatlakoznak a 300 mm szélességű övlemezek.

Az oszlopok alsó felületére hegesztett talplemezen keresztül rögzíthető a szerkezet csavarkapcsolattal a vasbeton szerkezetű összefogó gerendához. Az oszlopok magassága 6,00 m, szélessége a talplemeznél 85 cm, a felszerkezetnél 2,345 m, magasságuk felénél két ágra nyílnak, a felszerkezeti csatlakozás szélessége 346 mm.

A járófelület a híd teljes hosszán acél tartószerkezetű polikarbonát lefedést kapott, a vágányok felett a gerinclemezes főtartók külső oldalához csatlakozóan kezelőjárdák létesültek a lefedés tisztíthatóságának érdekében.

Az akadálymentes közlekedés igényeit kielégítendő a közbelső alátámasztásoknál 1–1 lift került beépítésre. A liftek csatlakozásánál a járófelületek folyamatosságának biztosítása miatt felsőpályás kialakítású a felszerkezet, míg a vágányáthidalásoknál a szerkezeti magasság minimalizálása érdekében alsópályás.



9. kép: Térbeli keretláb



10. kép: Lépcsőkar gyártása



11. kép: Gyártási-szállítási-beemelési egység: a vasút felett áthidaló alsópályás gerendaszerkezet

Gyártás, szerelés

A kivitelezést a COLAS Zrt. generálkivitelező irányította, az acélszerkezet gyártását és helyszíni szerelését a PILON Technika 52 Kft. végezte.

A szállítási egységek: a lépcsőkarok és a vasúti vágányok feletti áthidaló gerendaszakasz három egységre bontva készültek (10., 11. képek). A híd csekély szélességi mérete lehetővé tette a keresztirányú toldás elkerülését: a közúti szállítás a csepeli üzemből a helyszínre megoldható volt a teljes hídszélességű elemekkel.

A helyszínen töcsavarokkal rögzítve készültek a keretlábak, melyek felső végéhez helyszíni hegesztéssel csatlakoztatták a beemelt gerendaszakaszt (12. kép).

294/K JELŰ MŰTÁRGY, KÖZMŰHÍD AZ M60 AUTÓPÁLYA 29+473,80 KM-SZELVÉNYÉBEN

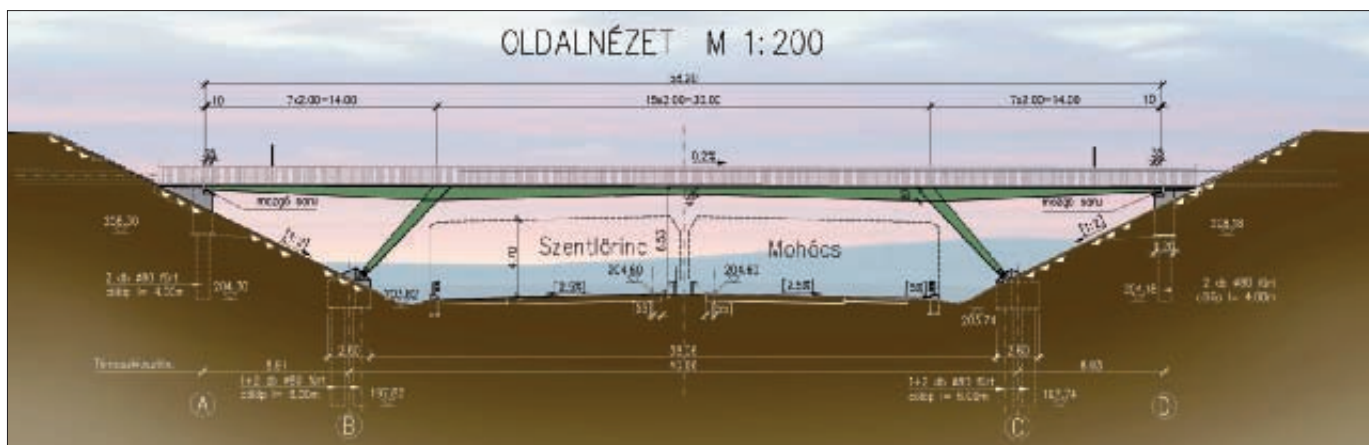
Az M60 autópálya 29+473,80 km-szelvényében lévő 294/K számú közműhíd víznyomó csövet és üzemi járdákat vezet át az M60 autópálya felett.

Az épített szerkezet támaszkiosztás (hídtengelyben):
8.96+40.15+8.98 m.

A szerkezeti rendszer: háromnyílású, négytámaszú, konzolos, ferdelábú acél keret. Az acél felszerkezet és az acélpillérek kapcsolata sarokmerév. Az acél tartószerkezet két tengelyre szimmetrikus. Hídtengely irányban a keretkonzol és a hídfők kapcsolata mozgó sarus, a keretlábak és a



12. kép: A beemelt gerenda keretlábakra helyezése és helyszíni hegesztéssel történő illesztése



13. kép: M60 autópálya 294/k jelű közműhíd oldalnézete

közbelső alépitmények kapcsolata csuklós. Hídtengelyre merőlegesen mind a keretkonzol, mind a keretlábak megtámasztásai csuklós kialakításúak (13. kép).

| | |
|---|-------------|
| Az acél tartószerkezet tömege (az expandált lemezes járőfelület nélkül): | 23,3 tonna. |
| A konzolok hossza: | 14,10 m. |
| A főtartó oszlopok közti hossza: | 30,00 m. |
| A szerkezet szélessége mind a főtartón, mind a pilléreknél: | 2,80 m. |

A híd keresztmetszetét két, egymástól 2,56 m-re futó, 24 cm széles, 24–87 cm magasságú, „I” szelvényű főtartó alkotja, melyek 16–20–35 mm vastag övlemezekkel, és 10–12–14 mm vastag és változó magasságú, 200–800 mm-es gerinccel készültek.

A főtartókat a hídtengelyre merőleges, egymástól 2,0 m távolságra levő, „I” szelvényű keresztartók kötik össze. A szerkezet két végén lévő megtámasztások felett a sarureakciók felvételére erősített támaszkeresztartók készülnek.

A keretek keresztirányú merevségét a híd teljes hosszán rácsos keresztmetszetekből kialakított szélrács biztosítja.

A „B” és „C” támaszok oszlopai 36–76 cm szerkezeti szélességű, 24–64 cm szerkezeti magasságú, hegesztett acél-szelvények. Az oszlopok a közbelső cölöpösszefogókhoz csuklósan, a főtartókhoz sarokmereven kapcsolódnak. Az oszlopok és a főtartó által bezárt szög $50,00^\circ$. Az oszlopok és a főtartók kapcsolatát egy 38 cm széles és 84 cm magas ferde gerincű keresztartó is merevíti.

A szerkezet egyedi kialakítása

A híd a bevágásban készült autópálya-szakasz adottságaihoz legjobban alkalmazkodni tudó, ferde lábú kerethíd. A ferde lábak az űrszelvény jobb lekövetését és a közbelső alátámasztás elkerülését tették lehetővé a belső nagy nyílás méretének lecsökkentésével. A ferde bevágás lehetőséget adott a kerethidak jellegzetes, nagy vízszintes reakciókomponensének felvételére, az oldalirányú megtámasztás révén. A jelentős vízszintes erőkomponens kedvező, mert a főtartógerendát tehermentesíti, a mezőnyomaték csökkenését okozza. A belső nyomaték csökkenése lehetőséget ad a befelé csökkenő magasságú keresztmetszet alkalmazására. A keretsaroktól a csuklós támaszokig szintén az erőjátékunk megfelelő, csökkenő magasságú keresztmetszetet alkalmaztunk.

Ezen megfontolások következtében a híd látványa külsőleg rendkívül karcsúvá vált, a középső keresztmetszet



14. kép: Támaszkialakítás: vízszintesen is merevített ferde keretláb

magassága a 30 m-es belső feszítáv mellett 450 mm, ugyanaz a keretsaroknál 870 mm, ami L/66.7 és L/34.5 arányokat jelent. Ezen méretekkel is biztosítani tudtuk a híd kedvező merevségét a szükséges teherbírás mellett, és nem utolsósorban a kedvező, esztétikus megjelenést.

A híd szerkezetének további érdekessége a keretsarok kialakítása. Az alapötlet a híd keretlábainak oldalirányban portálszerkezetű tartóvá átfarmálása volt. A keretláb külső oldali övének belső oldali kiékelésével alakítottuk ki a portáltartó gerincét (14. kép). A keresztirányú „portálkeret” külső öve a hosszirányú keretláb gerince lett, és egy belső, új övlemez segítségével a megnövekedett méretű keretláb külső öv azaz portálgerinc peremének merevítését is biztosítani tudtuk. A portálkeret stabilitási és teherbírásai okokból két átkötőrúd segítségével merevített.

E pótlátkötések a Vierendeel hatás mellett a keretláb-oszlop elcsavarodásának gátlásával biztosítják, hogy az elcsavarodó kihajlási jelenség ne a keretláb teljes hosszán tudjon létrejönni. A vízszintes irányú erővel szemben megerősített szerkezet rendkívüli teherként képes ellenállni a közúti ütközőerőnek is. A keretlábak relatív közeli helyzete és a híd hosszúságából adódó nagy felület miatt a szerkezet oldalirányú terhelése jelentős, és ez okból a keretláb csuklós alépitményi kapcsolata esetében a jelentős húzóerő bevezetését nem lehetett elkerülni. A saruk egyedi tervezésűek, szerkezetük: átvezetett csappal rögzített, fésűs kialakítású hevederlemez kapcsolatot. Kisebb leköttörő-szükséglet a hídfők esetében is jelentkezett, de ez oválfuraton átvezetett leköttörőcsavar segítségével is biztosítható volt. A főtartó gerenda keresztartóin elhelyezett

bakok biztosították az ívívvezeték rögzítését és egyúttal a kezelőjárdaként funkcionáló járórácsok elhelyezésének lehetőségét. A keresztartók természetesen emellett részt vesznek az oldalirányú terhek felvételében, a horizontális rácsos tartó oszlopként a szélrácsrudakkal és az ez irányban rácsövként dolgozó főtartógerendával együtt dolgozva.

Mindezek mellett a keretsaroknál elhelyezett keresztartó az oldalirányú portálkeret összekötő gerendája is egyben, gerince tehát színel a keretláb külső övvel, azaz a külső öv mintegy „összesháródik” a keretsarokban (14. kép).

A híd alépítményei cölöpalapozással készültek, bár a tervezés során a síkalap tervezésére is készítettünk variánst. A terepadottságok a sík alap alkalmazását is lehetővé tették a ferde térszín következtében.

A szerkezet 2009 nyarán az M60 autópálya részeként – az autópálya-építés e területen szoros ütemtervéhez igazodva – rendkívül rövid idő alatt valósult meg. A gyártást és helyszíni szerelést a Közgép Zrt. szakemberei végezték.

A kialakított hídszerkezet jelenleg autópálya feletti közműhíd céljára szolgál, azonban méretezési terhei, geometriája alkalmas gyalogos-átvezetésre is. Terveink között szerepel

e híd, mint gyalogoshíd mintaterv adoptálása más, jelen körülményekhez hasonló adottságú helyszínrre.

ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott példák jól illusztrálják az egyedi körülményekhez alkalmazkodó szerkezeti megoldásokat, melyekre az acélszerkezetek kiválóan alkalmasak. Mindhárom feladat elvileg megoldható lett volna vasbeton szerkezet alkalmazásával, azonban a jelentősebb önsúly, hosszabb építési idő és a környezet zavarása miatt ezek kevésbé gazdaságos megoldást jelentettek volna.

Végül, de nem utolsósorban a megépült szerkezetek esztétikai kialakítása is jóval kedvezőbb, az elkészült új acélhidakat a beépített környezet érdekes, meghatározó és kellemes elemeiként használjuk.

Fotók: 2. kép: Hegedűs Tibor, Hídtechnika Kft.

15. kép: Góré Krisztián, Közgép Zrt.

A többi felvételt Pál Gábor, Speciálterv Kft. készítette



15. kép: Helyszíni szerelés



16. kép: Elkészült keretszerkezet