LÁNCHÍD FÜZETEK 13.

50.
HÍDMÉRNÖKI KONFERENCIA
ELŐADÁSAINAK GYŰJTEMÉNYE

50. HÍDMÉRNÖKI KONFERENCIA 2009. SZEPT. 29 - OKT. 01 - SIÓFOK

KÖZLEKEDÉSFEJLESZTÉSI KOORDINÁCIÓS KÖZPONT

Lánchíd füzetek 13.

50. HÍDMÉRNÖKI KONFERENCIA ELŐADÁSAINAK GYŰJTEMÉNYE

Szerkesztette:
Kara Katalin

A teljes kötet színes illusztrációkkal letölthető PDF formátumban:
www.elsolanchid.hu

ISSN 1787-257X

A Lánchíd füzetek szakmai kiadványsorozat helyet kíván biztosítani a hidász szakma tematikus és alkalmi kiadványaihoz. Sorozatszerkesztő Hajós Bence. Eddig megjelent korábbi kötetek megismerhetőek és letölthetőek a www.elsolanchid.hu címen.

A megjelent Lánchíd füzetek megrendelhetőek a kiadó címén.

A címlapon a Széchenyi lánchíd építését megelőzően készített metszet szerepel, amelyet Széchenyi István készíttetett az országos küldöttség számára, valamint levélpapírra fejlécnek saját célra és a Lánchíd Részvénytársaság részére.

Megjelent 2009-ben, a Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ,
Híd Önálló Osztály gondozásában,
az 50. Hídmérnöki konferencia alkalmából.

Felelős kiadó:
Első Lánchíd Bt.
4235 Biri, Vörös Hs. 103. internet: www.elsolanchid.hu

Készült a Start Rehabilitációs Vállalat és Intézményei
Nyírségi Nyomda Üzemében – 2008 – xxxx
Felelős vezető: Balogh Zoltán vezérigazgató

TARTALOMJEGYZÉK

Tartalomjegyzék *3*

Schulek János: A Főváros és hídjainak helyzete hazánk úthálózatában, új megoldások a forgalom és a felújítások összehangolása terén *5*

Crkal-Strenn, Wolfgang:Hidak Bécsben *9*

Naumann, Joachim: A Fehmarnbelt-nagyberuházás *34*

Dr. Zvonimir Marić: A horvát autópályahidak építése, fenntartása *40*

Willberg, Obholzer, Fiedler, Geuder: A müncheni Freimann magasút kettéválasztása és felújítása *65*

Dr.-Ing. Uwe Willberg, Dipl.-Ing. Dr. techn. Anton Obholzer, Dipl.-Ing. Stephan Geuder, Dipl.-Ing. Kathrin Fiedler: Hochbrücke Freimann Tragwerkstrennung und Erneuerung *76*

Dr. Balázs L. György – Dr. Lublóy Éva: A hídépítés anyagai és technológiái az elmúlt 50 évben *112*

Mátyássy László: Acélhidak tervezésének áttekintése 1945-től napjainkig *136*

Wellner Péter: Vasbetonhidak tervezésének áttekintése 1945-től napjainkig *163*

Dr. Szatmári István: Öszvérhíd építés Magyarországon 1945-2009 ..... *179*

Dr. Polónyi István: A hídtervezés új koncepciója, a mérnökképzés új módja *213*

Dr. Träger Herbert: A hazai közúti hidak 50 éve *219*

Dr. Tóth Ernő: A hídmérnöki konferenciák szerepe, jelentősége *235*

Dr. Lublóy László, Molnár István: Hídgazdálkodási eredményeink *259*

Dr. Farkas György: A hídszakág oktatása a Műegyetemen a kezdetektől napjainkig *293*

Kolozsi Gyula: Változások a hídszabályzatban *316*

Dr. Domanovszky Sándor: Az acél híd felszerkezetek hazai építési technológiájának fejlődése az elmúlt fél évszázadban *322*

Kovács Rezső: „A nagyhidak építésének tanulságai" avagy jelentős mederhíd úsztatások Magyarországon (1994-2008) *330*

Agárdy Gyula: A híddiagnosztika fejlődése, buktatói *355*

Dr. Seidl Ágoston: Vegyészet a korrózió elleni védelemben és a hídjavításban *374*

Dr. Koller Ida: Hídmérnöki Konferenciák *383*

Lachmann Botond: MEVA zsaluzatok a hídépítésben *386*

Pintyőke Károly: Megemlékezés *401*

Szabó Miklós: A Megyeri híd és a Kőröshegyi völgyhíd vízelvezetése öntöttvas csővel *422*

Szepesházy Róbert: Hídalapozások fejlesztése *429*

Hajós Bence: Jelentés a vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd átépítés fejleményeiről *471*

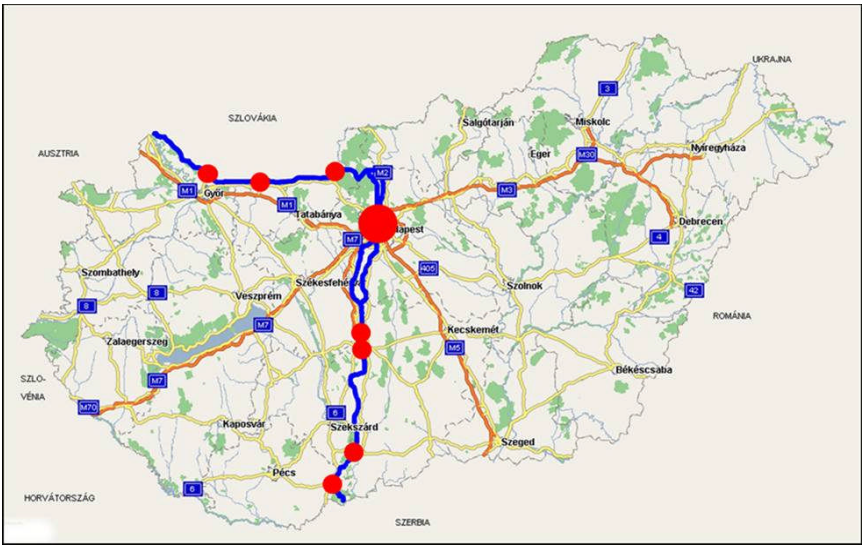
A Főváros és hídjainak helyzete hazánk úthálózatában, új megoldások a forgalom és a felújítások összehangolása terén

Schulek János
elnök-vezérigazgató FŐMTERV Zrt.

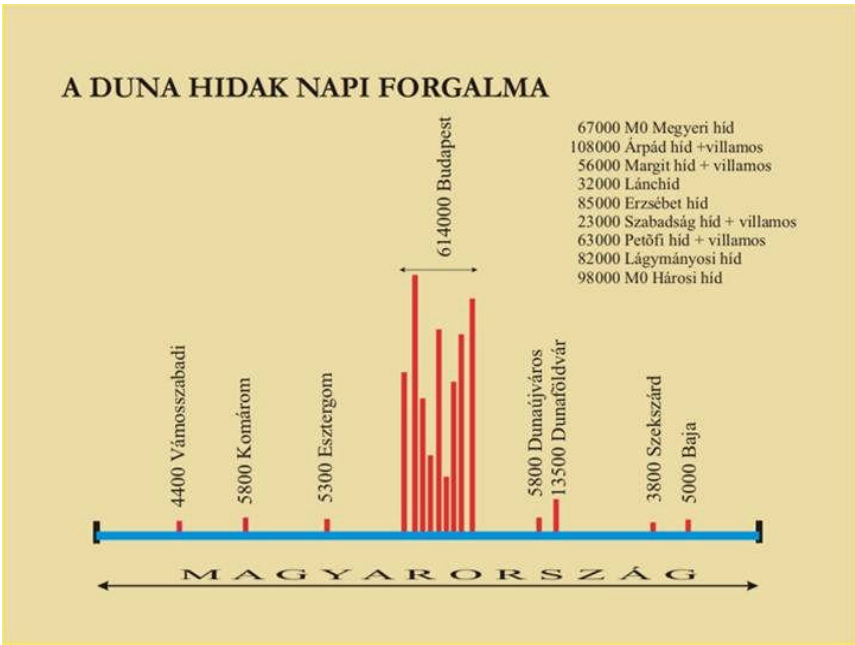
Vázlat az előadáshoz

Budapest Európa, a Kárpát-medence, és az ország közepén fekszik. Létrejöttét nagymértékben köszönheti a Tabán térségében volt Dunai gázlónak, a kiváló földrajzi helyzetének, s az ennek kapcsán itt kialakult történelmi utak metszéspontjának. A terület kiváló adottságait már a rómaiak is felismerték, s állandó hidat vertek itt annak ellenére, hogy Aquincum a birodalmuk szélére esett. Bár a rómaiak után 1500 évet kellett várni arra, hogy újra állandó híd kösse össze a két partot, viharos történelmünk folyamán mindvégig átkelő hely funkcionált ezen a helyen. Buda királyi székhellyé válásával kialakultak az ide vezető utak, s a mai napig hatóan megteremtődött a sugaras utak központba vezető rendszere…

Az utak igényelték a Dunán átvezető hidakat, s a hidak létrejötte tovább erősítette az utak szerepét, s a centralizálás egyre nagyobb arányban fokozódott. Jól mutatja a kialakult helyzetet az alábbi ábra, mely meglévő közúti Duna-hídjaink forgalmi helyzetét és a Duna mentén való elhelyezkedését mutatja. A fővárosi hidak összemérhetetlenül nagyobb terhelése igen jól mutatja a közúthálózat centralizált jellegét, a további hidakhoz vezető úthálózat hiányát. A hozzávezető utak nélkül felépült új hídjaink bár még így is fontos térségi szerepet töltenek be, forgalmuk elenyésző, miközben minden fővárosi híd kapacitásának maximumán teljesít minden egyes napon.



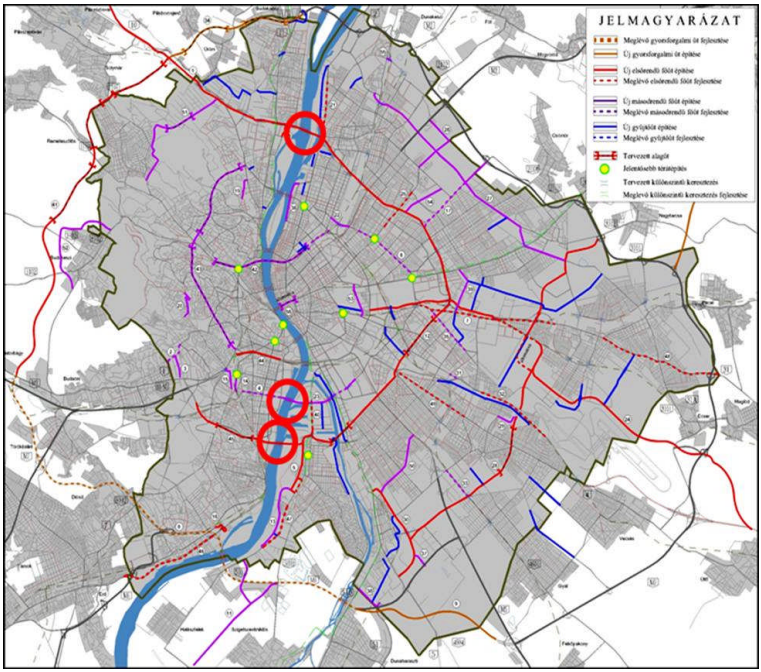
Magyarország közúti Duna-hídjai



Magyarország közúti Duna-hídjainak napi forgalma, és a Duna mentén való elhelyezkedése

A jól szemlélhető aránytalanság oldása az elkövetkező évek kiemelkedő feladata, ami a régóta ismert úthálózati hiányok, például az M8 és M9 megvalósításával csökkenthető…

A Főváros területén lévő hidak hasonló helyzetben vannak, a Duna 32 km hosszú beépített partjai közt a középső 8 km-en helyezkedik el a főváros kezelésében lévő valamennyi híd, s csak az M0 északi és déli hídja esik azon kívül. A Főváros közlekedési fejlesztése nem képzelhető el újabb hidak építése nélkül, melyeknek szintén az a legfőbb célja, hogy oldják a város gyűrűs-sugaras rendszerének központon átvezető hálózatát, megosztva a középső hidak és az M0 hídjai közti távolságot…



A Főváros távlati közúthálózati fejlesztései
három új híddal

A Főváros hídjainak rendkívüli igénybevétele szükségessé teszi, hogy a hidak rendszeresen felújításra, s időszakosan nagyjavításra kerüljenek. A kényszerű beavatkozások rendkívül kényes forgalmi helyzetet idéznek elő, mivel a lezárt hidak forgalmát nem képesek a többiek átvenni, nincs szabad kapacitásuk a nap döntő részében. Az elmúlt időszakban került sorra a Szabadság híd teljes lezárással történt felújítása, amely összhangban készült a 4-es metró építésével, közös forgalomterelési megoldással. Mivel a metró terelése önmagában több helyen és jelentősen érintette a város forgalmát, a Szabadság híd már nem okozott megoldhatatlan forgalmi hiányt.
A 2009-ben kezdődő Margit-hídi felújítás azonban sokkal nehezebben kezelhető, mivel részben egybeesik a Duna-parti főgyűjtő építésével, s több városi útrekonstrukcióval. Ugyanebben az időszakban még folyamatos zavarást okoz a metró építése is, s így egyszerre érintett a belváros déli és északi része is.
A forgalom segítése érdekében jelentős beavatkozások történnek jelenleg is a közeli és a távolabbi csomópontokban a lehetőség szerint segítve a megváltozott átkelési forgalmat, elsősorban a közösségi közlekedés előnyben részesítésével, de törekedve a forgalom egy-egy híddal való odább tolására is, kihasználva a Megyeri híd szabad kapacitását.

Jelen anyag az alapvetően színes ábrákra alapozott előadás egyszerű vázlata.

Budapest, 2009. szeptember

Schulek János
elnök-vezérigazgató
FŐMTERV Zrt.

Hidak Bécsben

Crkal-Strenn, Wolfgang, Dipl. Ing, Tanácsos
Bécs Városának Polgármesteri Hivatala

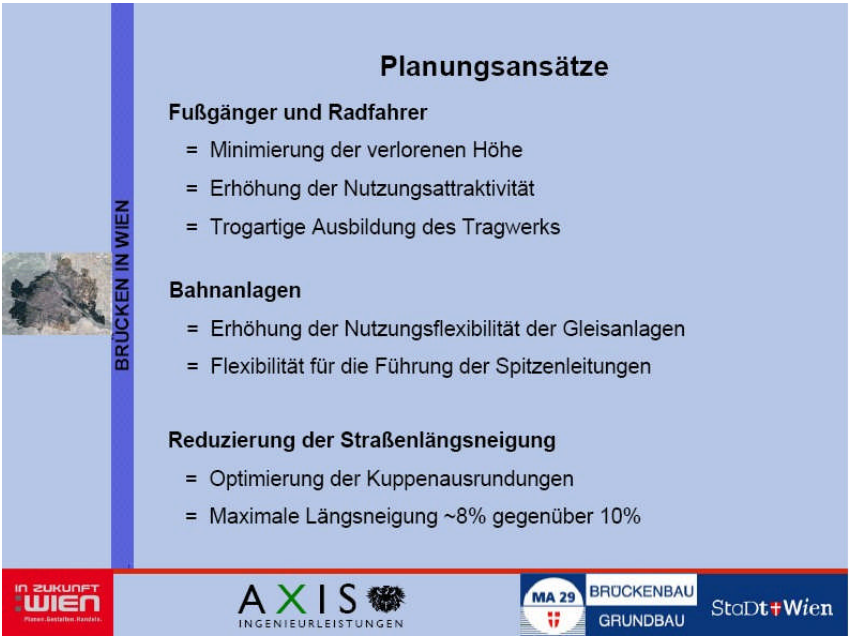
Hidak Bécsben

- Időszerű tervek a főpályaudvar térségében
- Fejlődés az utóbbi 50 évben

2 híd az állomás térségében:

- B0351 déli pályaudvari híd
- B0352 Arsenal gyalogos híd

Tervezett főpályaudvar



Tervezési szempontok

Gyalogosok és kerékpárosok

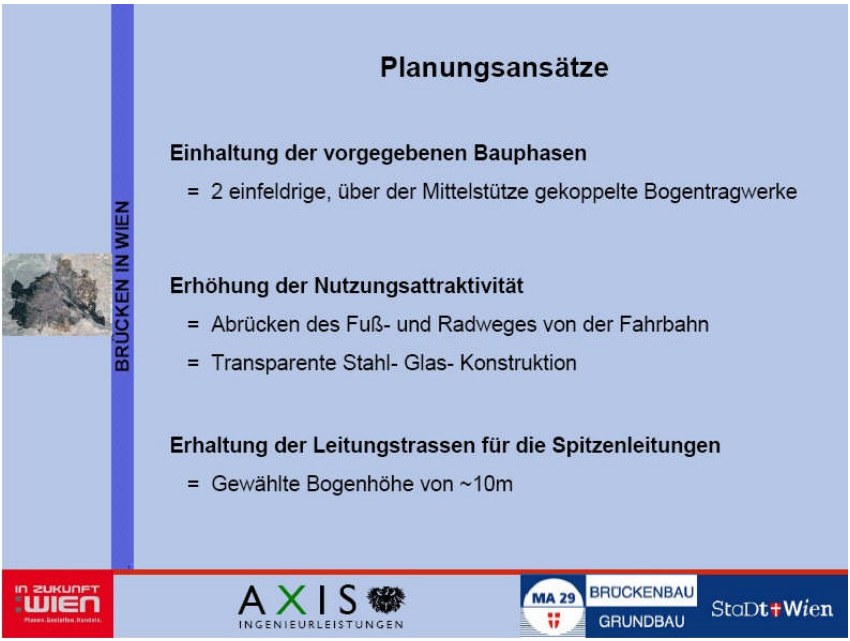
- A vesztett magasság minimalizálása
- A használat vonzóvá tétele
- A szerkezet teknőszerű kialakítása

Vasút

- A vágányzónák rugalmas felhasználásának fokozása

Közúti hosszesés csökkentése

- Domború lekerekítés optimalizálása
- Legnagyobb hosszesés 10% helyett 8%



Tervezési szempontok

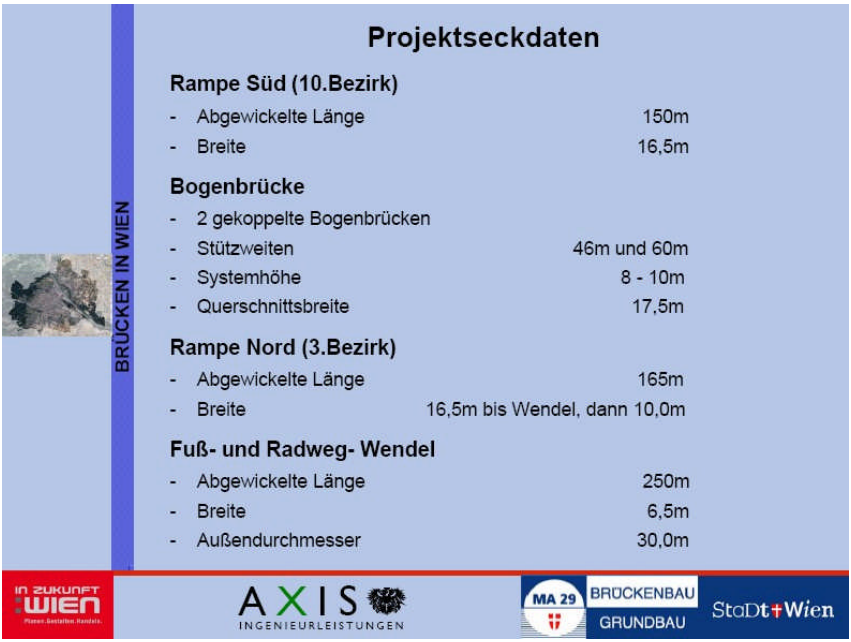
Az adott építési fázisok megtartása

- Két egyirányú, a középső támasz felett összekapcsolt ívszerkezet.

A használat vonzóvá tétele

- A gyalogos és kerékpáros közlekedés elválasztása az útpályától
- Átlátszó acél-üveg szerkezet
- Választott ívmagasság kb. 10 m.

Déli pályaudvari híd



Főbb tervezési adatok

Déli rámpa (10. kerület)

- Kiegyenesített hossz 150m
- Szélesség 16,5m

Ívhidak

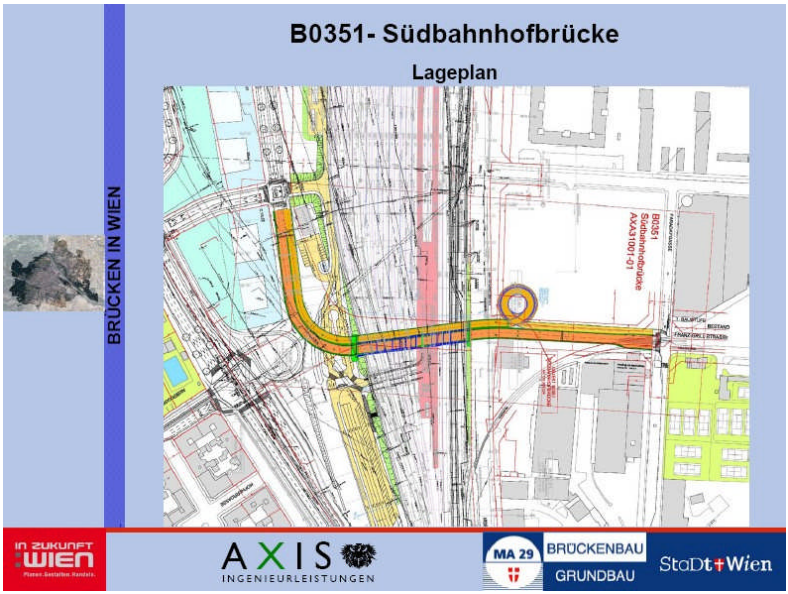
- 2 kapcsolt ív
- Támaszközök 46m és 60m
- Szerkezeti magasság 8-10m
- Szélesség 17,5m

Északi rámpa (3. kerület)

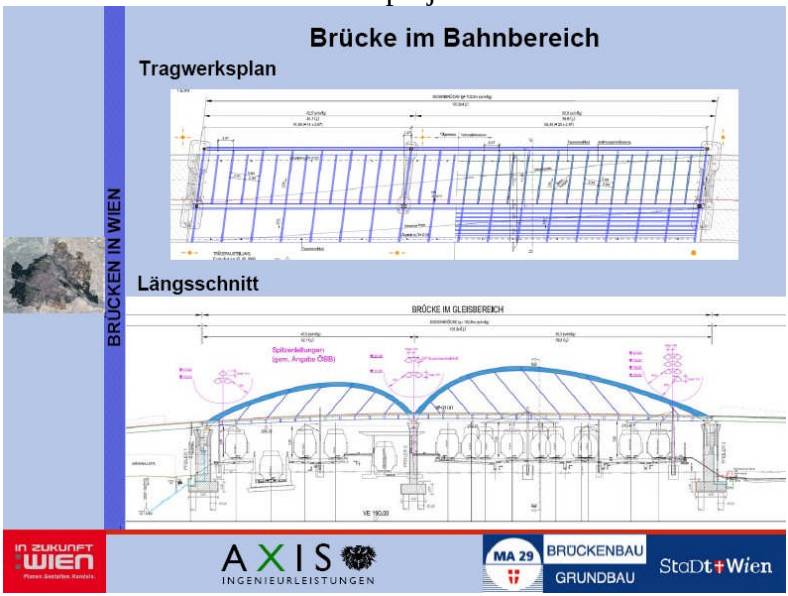
- Kiegyenesített hossz 165m
- Szélesség A gyalogosfordulóig 16,5m utána 10m

Gyalogos és kerékpáros forduló

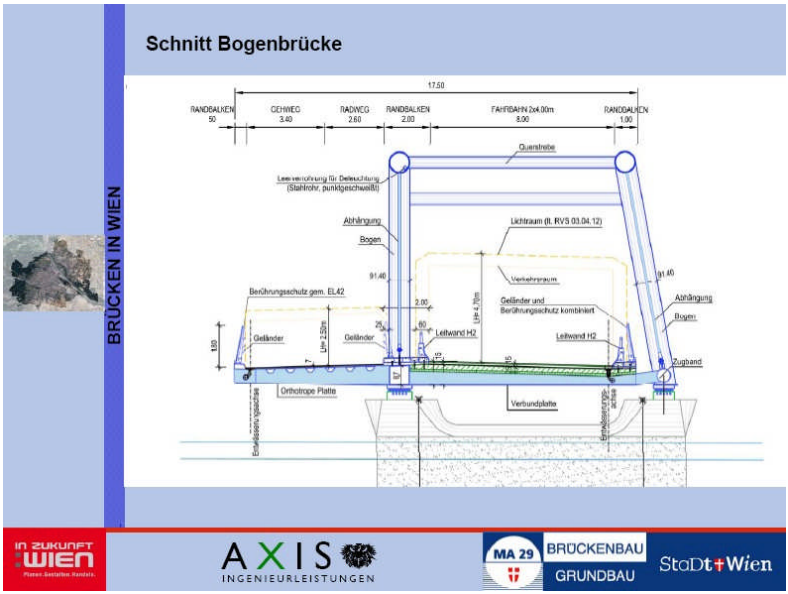
- Kiegyenesített hossz 250m
- Szélesség 6,5m
- Külső átmérő 30,0m



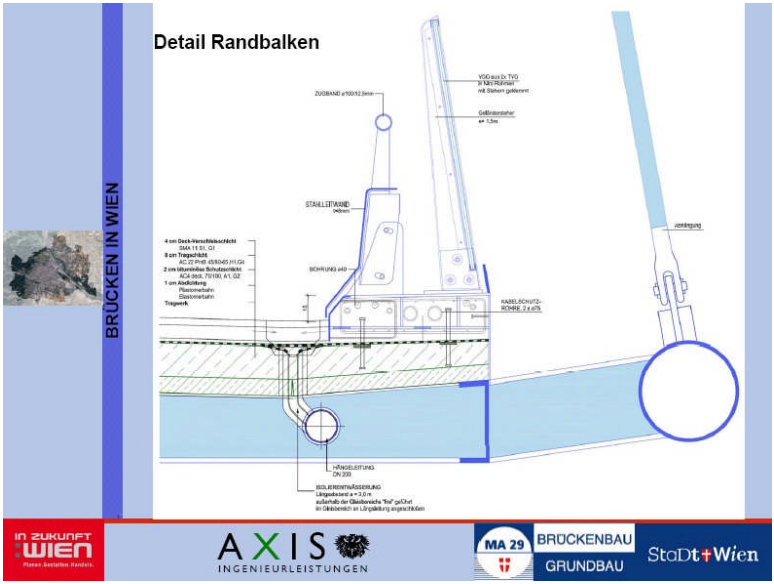
Alaprajz



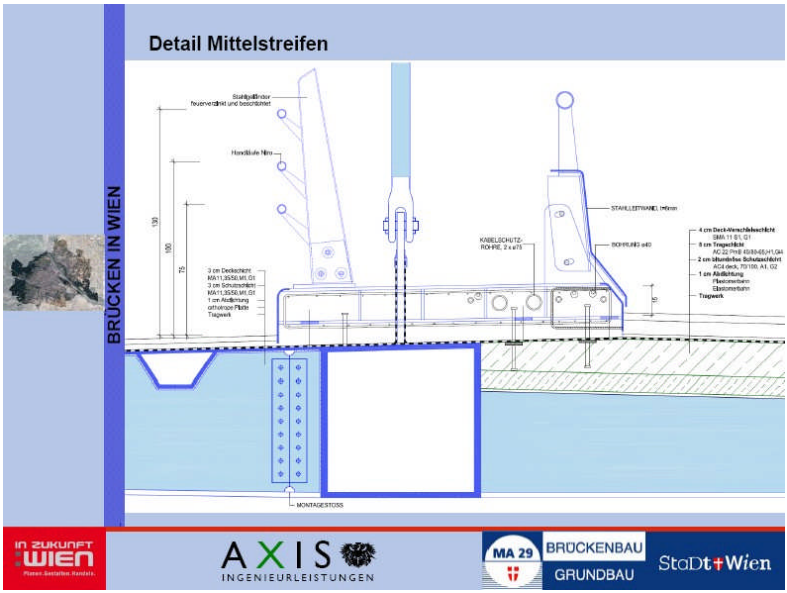
A vasút fölötti híd
Alaprajz és hosszmetszet



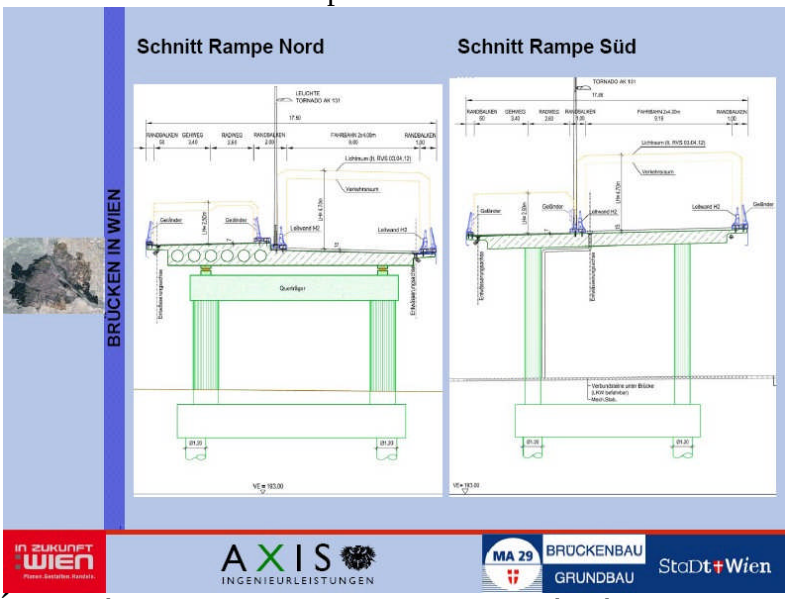
Metszet



Szegély részlete

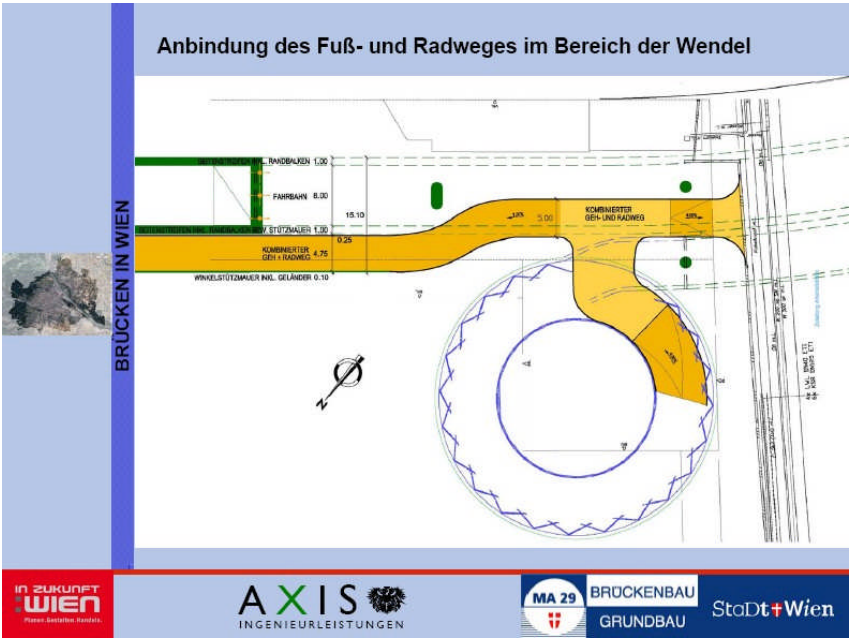


Középső sáv részlete

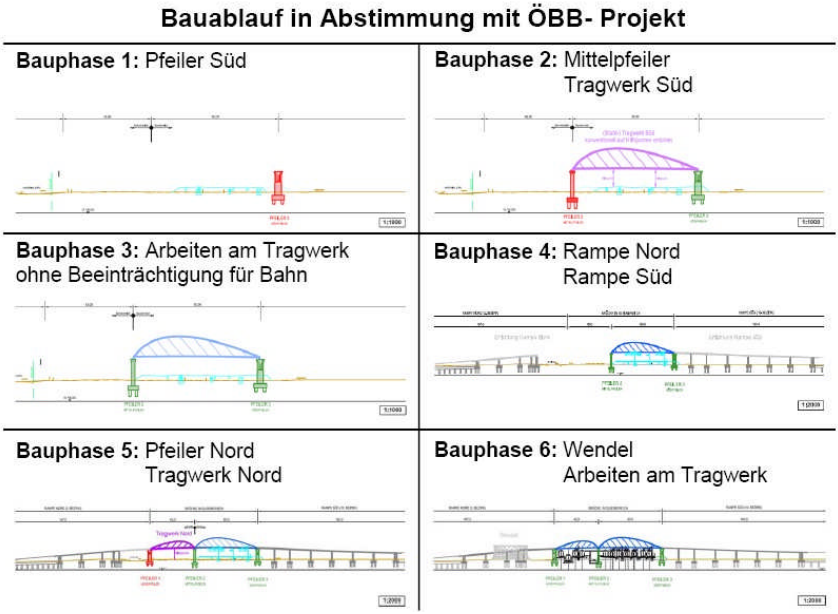


Északi rámpa metszete

Déli rámpa metszete

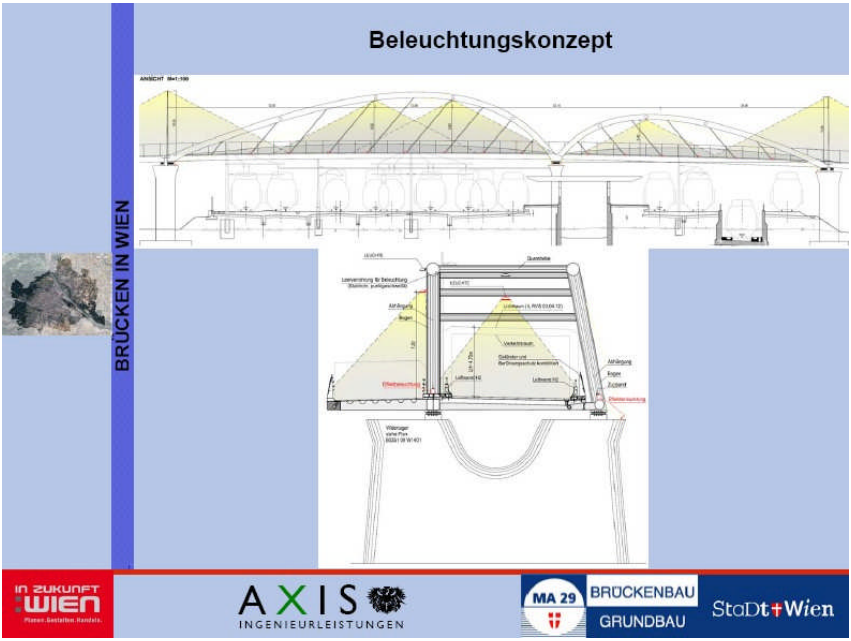


A gyalogos és kerékpárút kapcsolata a gyalogosfordulónál



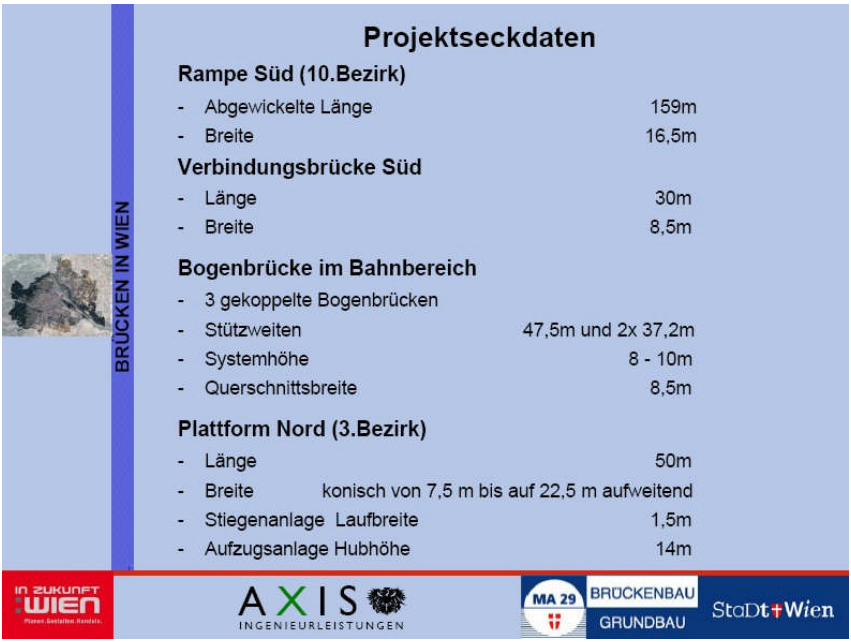
Az építés lefolyása a vasúti munkákkal összhangban:

1. fázis: Déli pillér
2. fázis: Középpillér déli szerkezet
3. fázis: Munkák a hídszerkezeten a vasút befolyásolása nélkül
4. fázis: Északi és déli rámpa
5. fázis. Északi pillér és északi szerkezet
6. fázis: Forduló, munkák a szerkezeten



Megvilágítási koncepció

Arsenal Gyalogos híd



Főbb tervezési adatok

Déli rámpa (10. kerület)

- Kiegyenesített hossz 159m
- Szélesség 16,5m

Déli összekötő híd

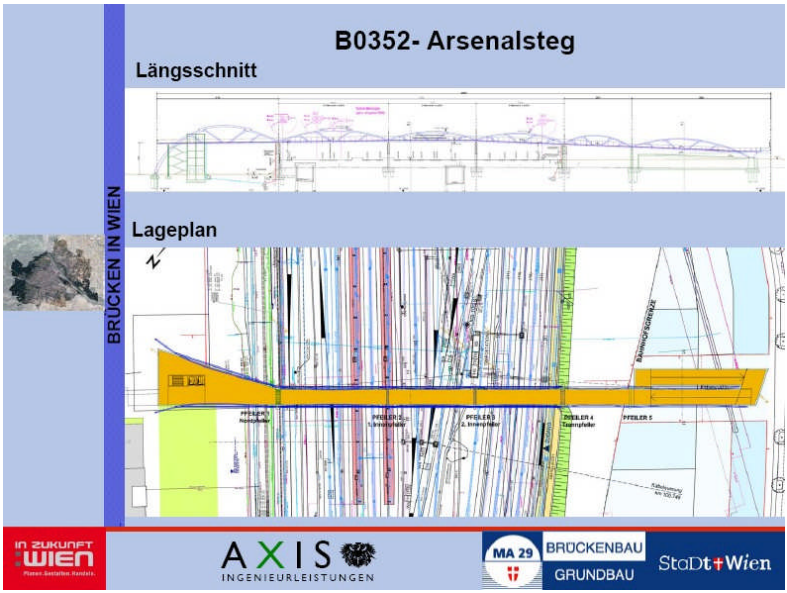
- Hossz 30m
- Szélesség 8,5m

Ívhidak a vasút felett

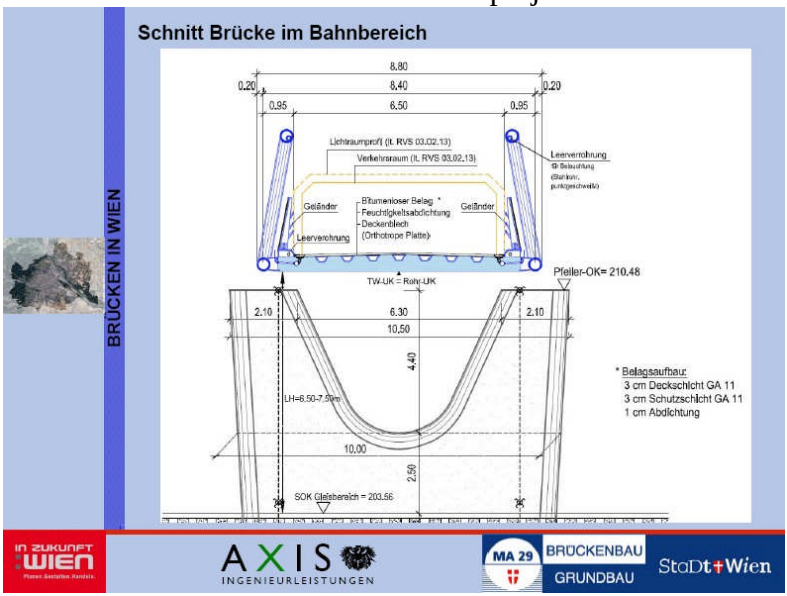
- 3 kapcsolt ívszerkezet
- Támaszközök 47,5m és 2-szer 37,2m
- Ívmagasság 8-10m
- Szélesség 8,5m

Északi platform (3.kerület)

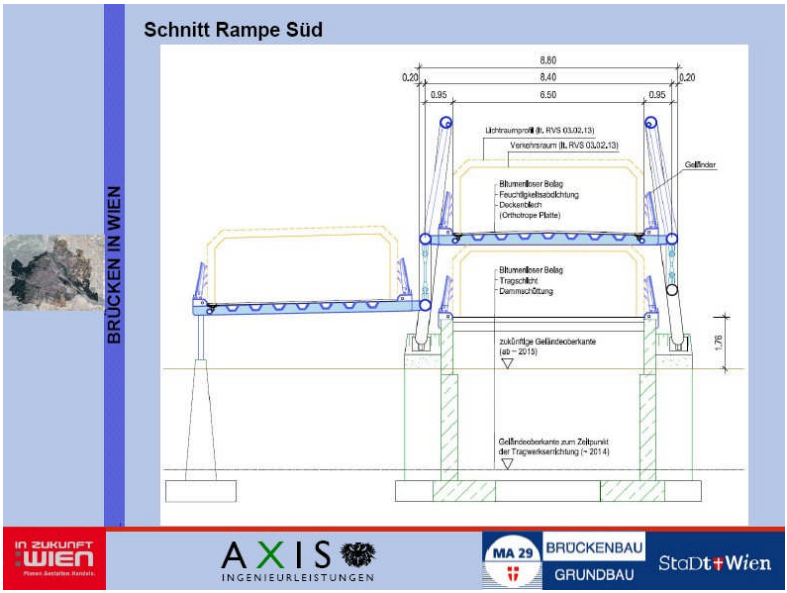
- Hossz 50m
- Szélesség 7,5m és 22,5m között változó
- Lépcsők szélessége 1,5m
- Lift emelőmagassága 14m



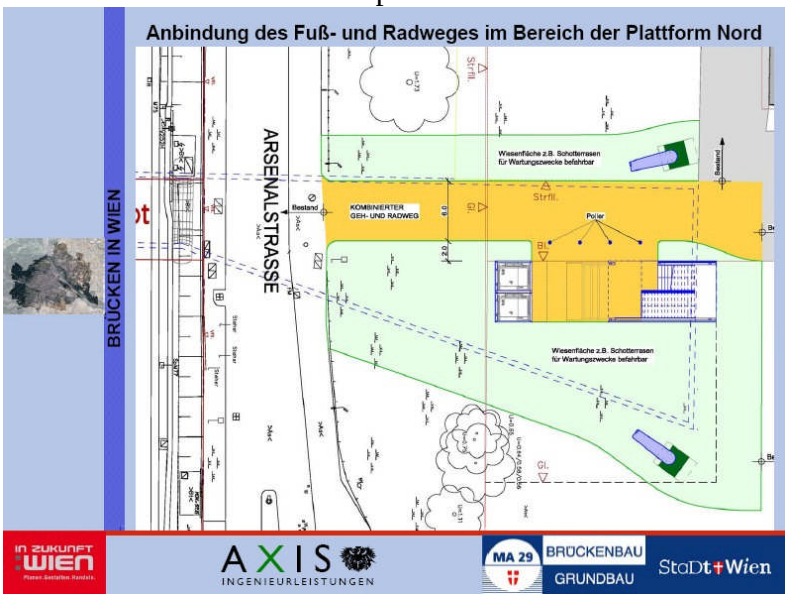
Hosszmetszet és alaprajz



Keresztmetszet a vasút fölött



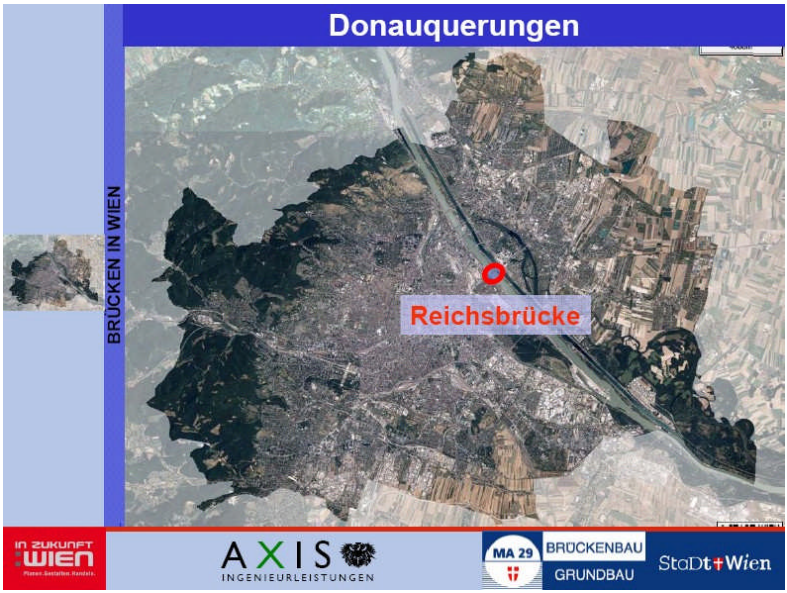
A déli rámpa szerkezete



A gyalogos és kerékpárút kapcsolata az északi platformnál

Látványtervek

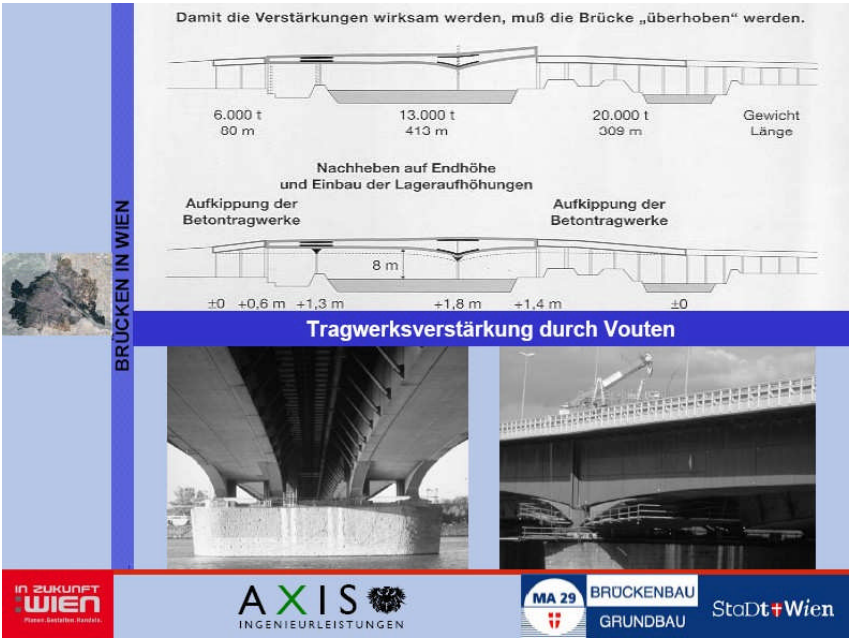
A hídépítések 50 éve Bécsben



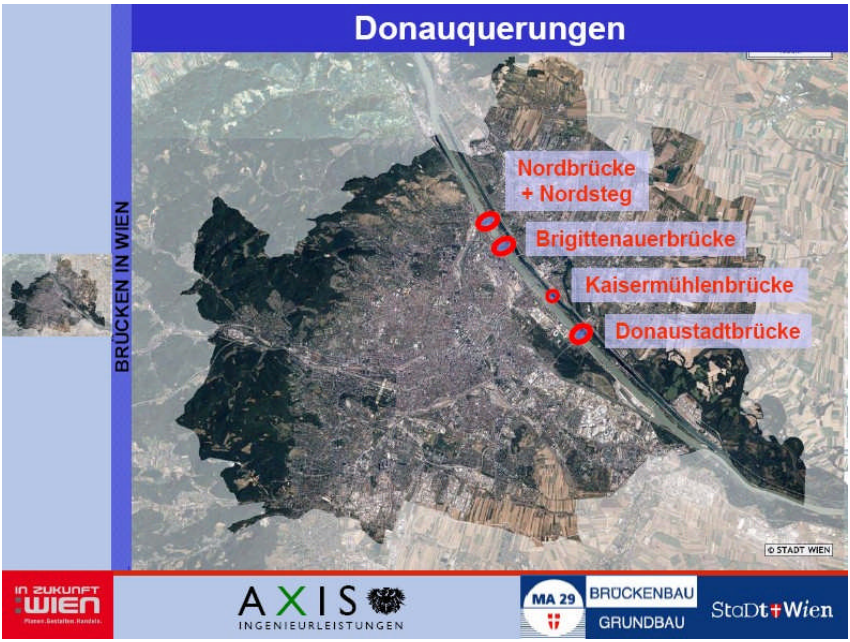
Dunai keresztezések

A leszakadás előtti, az 1976 augusztus 1-én bekövetkezett leszakadás és a ma álló híd

Felfüggesztett gyalog és kerékpárút
4,5m emelés a bal parti pillérnél



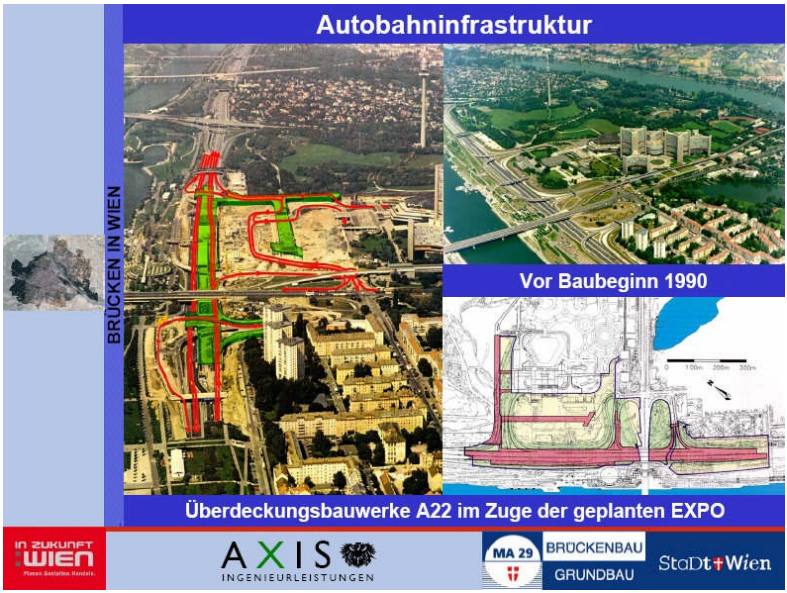
Az erősítés hatásossága érdekében a hidat túl kellett emelni – utóemelés a végleges magasságra és a saruk magasabb szintre való beépítése a betonszerkezetek hozzáemelésével.
Erősítés utólagos kiékeléssel


Donauquerungen
BRÜCKEN IN WIEN
Nordbrücke
+ Nordsteg
Brigittenauerbrücke
Kaisermühlenbrücke
Donaustadtbrücke
© STADT WIEN
IN ZUKUNFT WIEN
AXIS
INGENIEURLEISTUNGEN
MA 29
BRÜCKENBAU
GRUNDBAU
StaDt+Wien

Donauquerungen
BRÜCKEN IN WIEN
Nordbrücke
Nordsteg
Brigittenauerbrücke
Donaustadtbrücke
Kaisermühlenbrücke
IN ZUKUNFT WIEN
AXIS
INGENIEURLEISTUNGEN
MA 29
BRÜCKENBAU
GRUNDBAU
StaDt+Wien

Autópálya-infrastruktúra

A23 - Délkeleti érintő
Dilatáció javítás feletti „dobogóhíd”
Szélső sáv szélesítése és zajárnyékoló fal



Az A22 autópálya lefedése a tervezett EXPO-val kapcsolatban
Az építés megkezdése előtt, 1990-ben

A Donau-City út lefedése Keresztmetszet
Építési állapot

Valamint az MA29 hídépítési munkálatok is ott vannak még.

Budapest, 2009. szeptember

Crkal-Strenn, Wolfgang
Dipl. Ing, Tanácsos
Bécs Városának Polgármesteri Hivatala

A Fehmarnbelt-nagyberuházás

Joachim Naumann, miniszteri tanácsos, okl. mérnök,
Szövetségi Közlekedésügyi, Építési és Városfejlesztési Minisztérium.

1. Bevezetés

Az egész A szilárd közúti és vasúti kapcsolat Dániában a Nagy-Belt fölött (1998), valamint Dánia és Svédország között az Öresund fölött (2000) nagy mértékben hozzájárult ezen a tájon a közlekedés fejlesztéséhez és a gazdaság növekedéséhez. A hagyományosan szoros német-skandináv gazdasági és közlekedési kapcsolatok további javítása érdekében terve vették szilárd közúti és vasúti kapcsolat létesítését a Fehmarnbelt fölött, a Koppenhága és a Hamburg/Lübeck nagytérségek között (1. ábra) Ez a kb. 20 km hosszú kapcsolat az eddig épült átkelések méreteit jelentőse felülmúlja, és nagy kihívást jelent a résztvevőknek..

Hosszú elővizsgálatok és tárgyalások után 2008. szeptember 3-án szerződés jött létre a két érintett ország közlekedési minisztériuma között a Fehmarnbelt átkelés megépítéséről, amit a két ország parlamentje is ratifikált. Így már lehetséges további részletes elővizsgálatok végzése. A dán minisztérium megbízásából a Femern Baelt A/S irányítja a tervezést és az eljárást a jóváhagyásig. A dán állam lesz a mű tulajdonosa, melyet kölcsönből, a dán állam garanciájával valósítanak mag. Az utófinanszírozás a használati díjakból és EU-támogatásból történik.

2. A terv leírása

A Fehmarnbelt fölötti szilárd kapcsolat iráni kívánság már régen létezik, legkésőbb a Fehmarn szigetnek a német szárazföldhöz kapcsolása (1963) óta.
Akkor kezdődött a rendszeres kompközlekedés a Fehmarnbelten. Eddig kb. 25 millió €-t költöttek a RØdby (Lolland) és Puttgarden (Fehmarn) közötti szilárd kapcsolat gazdasági teherbíró képessége és környezeti hatásai vizsgálatára. Több változatot vizsgáltak és vizsgálnak, különböző szempontok szerint. Az még nem dőlt el, hogy híd vagy alagút épüljön-e.

A kb. 20 km hosszú átkelés a jövőben 12 percig fog tartani, jelenleg a komp útja 45 percig tart, ehhez hozzá jön a várakozik a kikötőben.

A keresztezési műtárgy végei a jelenlegi kompkikötők közelében lesznek, a vámszedés a dán oldalon lesz. Négysávos autópályát és kétvágányú vasútvonalat fognak átvezetni.

A végleges döntést a nyomvonalról és a keresztezés módjáról a környezeti, hajózási, műszaki és gazdasági körülmények figyelembe vételével fogják meghozni és a két állam hatóságainak jóváhagyásra előterjeszteni.

A keresztezés (ferdekábeles hidat feltételezve) 4,6 Mrd €-ba fog kerülni, a csatlakozások költségeit Dániában 1,2 Mrd €-ra, Németországban 0,8 Mrd €-ra becsülik.

3. Megoldás hídépítéssel

Hídként szóba jöhet a ferdekábeles híd (mint pl. az Öresund), vagy a függőhíd (mint pl. a Nagy-Belt), de előnyben részesítik a ferde kábeles hidat (2. és 3. ábra).

A méretek több tekintetben felülmúlják az említett hidakéit. Pl. csupán a hídszerkezet támaszköze és magassága közel 50 %-kal meghaladja az Öresund-hídét.

Ezek az óriási méretek jelentős követelményeket támasztanak a konstruktőr és a kivitelező számára. Az új híd tervezésével párhuzamosan teljesen új műszaki eljárásokat kell kifejleszteni a tulajdonképpeni építés számára. Így pl. ma az egész világon nincs akkora úszódaru, amely a nagy szerelési egységeket a helyére emelné. Ezért az építkezés céljára különleges megoldásokat kell kifejleszteni.

Az acél- és betonmunkák mennyisége is nagy kihívást jelent. Egyidejűleg intézkedni kell, hogy az építkezés minél kisebb hatással legen a környezetre, szárazon és vízen egyaránt.

A teljes híd egy főhídból állna hajózási nyílásokkal, két csatlakozó hídból és parti rámpákból. Az elővizsgálatok során ferdekábeles hídra vonatkozó javaslatot dolgoztak ki, három, egyenként kb. 700 m-es nyílással. A hozzá tartozó széles nyílásokkal a főhíd mintegy 3000 m hosszú lenne. Ehhez kapcsolódnak a csatlakozó hidak Németország, ill. Dánia felé. A helyszíne épített vasbeton pilonok magassága kb. 280 m lenne (4. és 5. ábra).

A híd teljes hossza kb. 19 km. A szabad magasság legalább 65 m legyen, ami azonos a Nagy-Belt-hídéval.

A közút s vasút céljára szolgáló hidat betonból és acélból tervezik. Valószínűleg előregyártott elemeket fognak a parti gyártótelepekről a helyszínre emelni. A felső szinten lesz a 2 x 2 sávos autópálya, leálló sávokkal, az alsó szinten a kétvágányú, villamosított vasútvonal. Ez a megoldás pl. az Öresund-hídtól is ismert.

A magas pilonokat a mederfenéken nagy beton keszonokkal alapozzák. Ezeket száraz dokkban a szárazföldön gyártanák, onnan a helyszínre úsztatnák és a már előkészített mederfenékre süllyesztenék, hogy mélyen a tengerfenék alatt megnyugtatóan legyenek lehorgonyozva.

4. Megoldás alagútépítéssel

Bár a ferdekábeles híd gazdasági és műszaki oldalról előnyösebb, a két kormányzat elhatározta, hogy a tervezési fázisban az alagút lehetőségét is megvizsgálják.

Elképzelhető egy lesüllyesztett alagút, mely a hídhoz hasonlóan világrekordokat döntene meg: 20 km-es hosszával a leghosszabb alagút lenne, amit ilyen módszerrel építettek.

A süllyesztett alagút négy cellából állna, az első kettőben az autópálya lenne egyenként két forgalmi sávval, a másik kettőben a vasút, egy-egy vágánnyal. Az alagút keresztmetszete merőleges lenne, kb. 40 m széles és 10 m magas. Az autópálya-, ill. a vasúti cellák között 1,5 m széles járható galériák lennének, ezekben az üzemhez szükséges berendezések mellett menekülő útvonalak is helyet kapnának (6. és 7. ábra).

Az alagútnak a híddal szemben vannak bizonyos előnyei. Ezek egyike, a tájképet alig módosítja, mert a rámpáktól és a szellőztető szigetektől eltekintve láthatatlan, tovább a kicsi a hajóütközés veszélye.

Az alagútnak ugyanakkor több hátránya van: gazdaságosság, környezeti hatás, biztonság szempontjából. Az építés költsége jóval nagyobb, mint a hídé. Bár ez nem zárja ki az alagutat, mégis kulcsszerepe van a terv rentabilitásában.
Az alagút építése továbbá sokkal jobban terheli a tengeri környezetet, mint a hídépítés.

A süllyesztett alagutat a tengerfenék alá kell süllyeszteni, ehhez 18-20 millió m3 talajt kell kikotorni. Híd esetében ez csak 3-5 millió m3. Emellett az alagútmegoldásnak nagyobb hatása lenne a tengeri faunára és flórára, mert a kotrás a víz zavarosodásához vezet.

Nagy közúti és vasúti alagutaknál a biztonság és a működőképes baleseti menedzsment rendkívüli kihívást jelent. Műszaki szempontból az ilyen hosszú alagút friss levegővel való ellátása igen komplex feladat. Ugyanez vonatkozik a közlekedők kimentésére tűz okozta füstből. A terv ezért egy vagy két mesterséges sziget építését tartalmazza, melyek az alagutat két vagy három szektorra osztanák. A szigeteken nagy szellőzőaknák épülnénk az alagút és a tenger felszíne között. Az aknákon át a mindennapi üzemben friss levegőt vezetnének be, tűz esetén viszont a füstöt vezetnék ki.

5. Időbeosztás

A szilárd Fehmarnbelt-keresztezés építéséről szóló szerződés aláírása és ratifikálása fontos feltétele volt annak, hogy a konkrét tervezés és az építés előkészítése megkezdődhessék.

A megvalósítással a dán Közlekedésügyi Minisztérium a Femern Baelt A/S-t bízta meg, amely a Sund und Baelt Holding A/S-on keresztül a dán állam 100 %-os tulajdona. A cég felelős az előkészítésért, tervezésért, az engedélyek megszerzéséért, a munkába adásért, a megépítésért, a finanszírozásért, az üzemben tartásért és a fenntartásért.

2009. április 6-án a Femern Baelt A/S szerződéseket írt alá két műszaki tanácsadó csoporttal. A tanácsadók a következő években megterveznek egy hidat, ill. egy alagutat. A hídtervező csoport egy joint venture, amely a COWI A/S-ből és Obermeyerből áll,

az alagúttervező csoport egy dán-angol-holland joint venture, amely a Ramboll, Arup és TEC cégekből áll.
A terv jóváhagyásához Németországban egy tervrögzítő eljárást kell lefolytatni, míg Dániában a végleges jóváhagyás egy törvénynek a Folketing (országgyűlés) által való elfogadásából áll. Várható, hogy az engedélyezések 2012-ig megtörténnek és az építés megkezdődhet, azzal a céllal, hogy 2018-ig befejeződjék (8. kép).

Budapest, 2009. szeptember

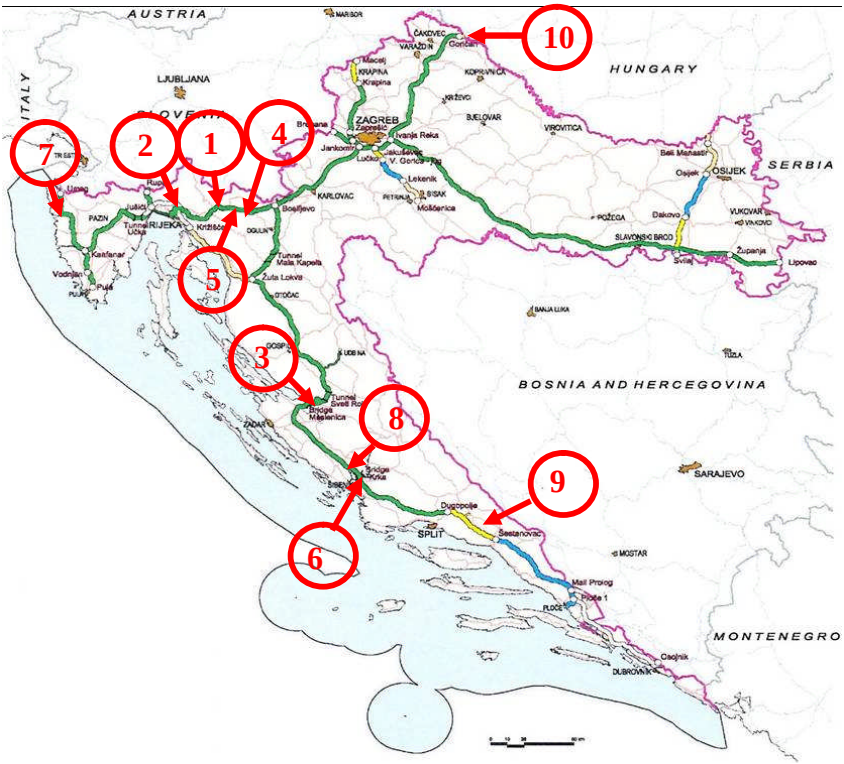
Joachim Naumann,
miniszteri tanácsos, okl. mérnök
Szövetségi Közlekedésügyi,
Építési és Városfejlesztési Minisztérium

A horvát autópályahidak építése, fenntartása

Dr. Zvonimir Marić, Eszéki egyetem
Božo Peraica, Horvát közutak, Zágráb

1 Bevezető

Az elmúlt ötven évben Horvátországban több híd épült, mint az emberemlékezet óta a Horvátország újbóli önállósodásáig eltelt



1. ábra: A horvát autópályahálózat, valamint a bemutatott hidak elhelyezkedése

időszakban. Közülük a 20 legértékesebbet a Horvát Építőmérnökök V. Tanácskozásán mutattuk be Cavtatban, 2008-ban [1]. A válogatásnál, melynek során az egyes hidakat a legértékesebbek csoportjába soroltuk, a mérvadó a fesztáv (vagy teljes hossz), a felszerkezeti megoldás eredetisége, a megformálás, a felszerkezeti megoldás a világban elért eredmények fényében, stb., volt. Ezek közül kiemeltünk tíz autópályahidat melyeket az alábbiakban mutatunk be.

Sz.	A híd elnevezése	Építés éve
1.	Bajer völgyhíd a Karlovac – Rijeka (KA-RI) autópályán (ap)	1995./2008.
2.	Hreljin völgyhíd a (KA-RI) ap	1995./2008.
3.	Maslenicai híd a Zágráb – Split autópályán	1997.
4.	Kamačnik-híd a (KA-RI) ap	2002.
5.	Zečeve Drage völgyhíd a (KA-RI) ap	2005./2008.
6.	Híd a Krka-folyó felett Skradinnál a Zágráb – Split (ZG-ST) ap	2005.
7.	Völgyhíd a Mirna felett az Isztriai ap	2005.
8.	Völgyhíd a Guduča felett a (ZG-ST) ap	2005.
9.	Híd a Cetina-folyó felett a Split – Dubrovnik autópályán	2007.
10.	Híd a Mura-folyó felett a Zágráb – Budapest autópályán	2008.

Az 1. ábrán Horvátország áttekintő térképe látható az autópályahálózattal, valamint a kiválasztott hidak helyzetének bemutatásával, az áttekintő táblázatban pedig az építkezések befejezésének éve szerepel. Három hídnál két építési év van feltüntetve: az első az autópálya északi pályájának, a másik pedig a déli pályának a befejezésére vonatkozik.

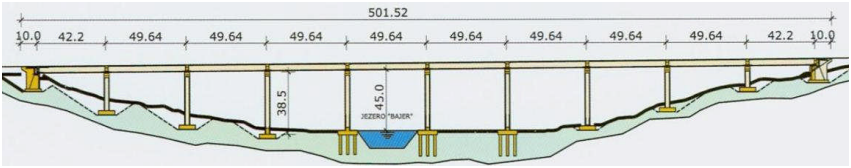
Egy híd a horvát és magyar hídépítők közös alkotása: a Mura-híd Goričannál (Muracsány) a Zágráb – Budapest autópályán. Egyszerűen szólva, a magyar szakemberek elkészítették a terv minden fázisát, a horvát szakemberek pedig felépítették, elvégeztek

minden szükséges laboratóriumi és ellenőrző vizsgálatot és felügyelték a kivitelezést. Ez szép példa a sikeres együttműködésre.

2 A kiválasztott hidak bemutatása

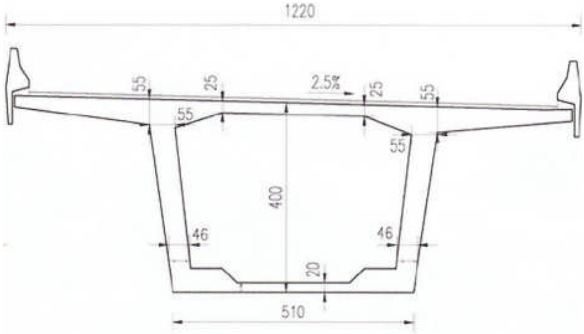
2.1 A Bajer völgyhíd a Karlovac – Rijeka autópályán

A Honvédő Háború idején sem szakadt meg a félautópálya építése Gorski Kotaron keresztül. Ennek keretében megépült a Bajer-tó feletti híd, Fuzsine közelében [2], ahol az autópálya tengelyének vízszintes ívű elhajlása R = 2.006,28 m, emelkedése Zágráb irányában 0,835%. Az építés módja fokozatos előretolás volt (az első horvátországi alkalmazás), ami meghatározta a híd hosszirányú elrendezését is (2. és 3. ábra). A MB 40-es betonból készült felszerkezet 19 db 2x27,94 + 15x25,08+2x27,94 m hosszú szakaszból áll, az előretolás *lejtmeneti* irányban történt, amivel jelentősen csökkent a toláshoz szükséges erő.



2. ábra: A Bajer Völgyhíd hosszmetszete

A pillérek téglalap alakú, szekrényesek, keresztmetszetük 6,6x3,1 m, a falvastagság 0,3 m. A hídfők alaprajzi alakja patkó formájú. A hídfők és parti pillérek sekély alapozásúak, a tóban lévő pillérek hat-hat darab Ø 1,5 m átmérőjű, az altalajba 7,0 m mélyen befúrt cölöpökön állnak. A három magas központi pillér csuklósan csatlakozik a felszerkezethez, oly módon, hogy egy hosszirányú keretet alkotnak, ami átveszi a földrengésekből származó erőket, míg a többi pilléren és a hídfőkön fazéksaruk kerültek elhelyezésre.

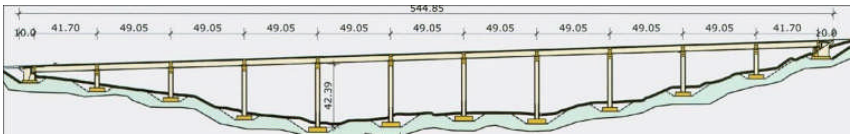


3. ábra: A völgyhíd felszerkezetének keresztmetszete

Az autópálya másik pályáján található völgyhíd kívülről az első hídtól csak annyiban különbözik, amennyit a tengelyében található talaj konfigurációja megkívánt. Azonban itt a hídfők is, és egy kivételével minden pillér, cölöpalapozásúak [3].

2.2 A Hreljin völgyhíd a Karlovac – Rijeka autópályán

8 km-re a Bajer völgyhídtól Rijeka irányában található a hasonló hosszirányú elrendezésű völgyhíd (4. ábra), mely azonban más módon épült [4]. Az autópálya tengelye itt is alaprajzilag ívelt



4. ábra: A Hreljin Völgyhíd hosszmetszete

(R=700,0m) és hosszirányban, Karlovac irányába emelkedik (3,3%). Az erős alaprajzi íveltség miatt a keresztirányú elhajlás sokkal nagyobb a megszokottnál (6,0%). Itt is a felszerkezet folytonos előfeszített beton szekrényes tartó (4. kép), mely azonban 2,35 m hosszú előregyártott elemekből épült.

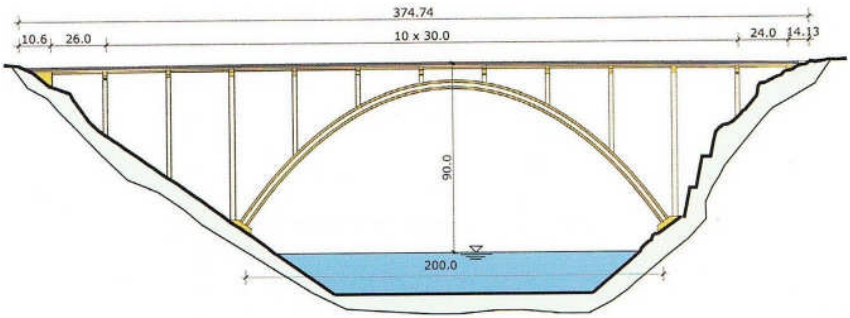
Az egyes elemek az ún. *long-line* eljárással készültek. A 21

elemből álló sorozat a pillér felett (a pillérhez tartozó és kilenc pár szimmetrikusan elhelyezett) képezi az ún. *asztalt*. Az asztal az első pillér felett egy rövidebb, helyben betonozott elemmel kerül összekötésre az elemek sorozatával, melyek a hídfő melletti állványra vannak fektetve, és a következő elemek is az előzetesen befejezett elemekhez ily módon kapcsolódnak. Az elemek a beépítés helyére egy erős rácsos hordszerkezet segítségével kerültek kiszállításra, míg a bora tönkre nem tette ezt a szerkezetet, ezután 3,0 MN névleges teherbírású autódarut használtunk. A pillérek 5,0x3,2 m keresztmetszetű, téglalap alakú szekrényes szerkezetek, a csúcsokon sarublokkokkal, a hídfők tömör falazatúak, patkó alakú alaprajzi formával. Az ilyesfajta építési eljárás kiválasztásának egyik fő oka a kivitelezés gyorsasága volt – míg a pillérek épültek, legyártásra kerültek az elemek. Azonban a másik pályához tartozó völgyhíd fokozatos előretolással épült [5].

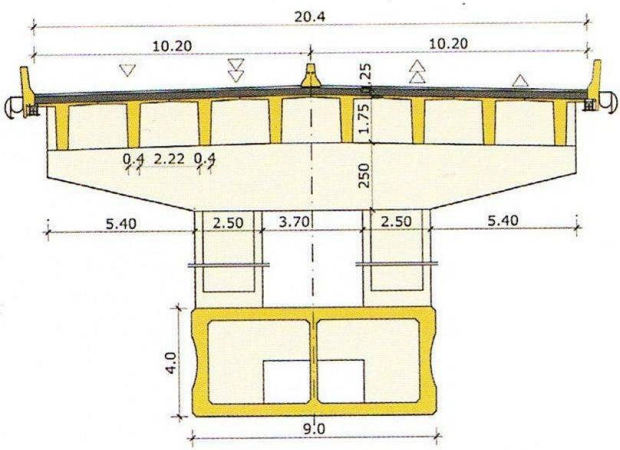
Ki kell hangsúlyozni, hogy a régebbi völgyhíd az első olyan híd Horvátországban, melynek teljes felszerkezete előregyártott betonelemekből készült. Az új völgyhíd hosszmetszete némileg eltér a régitől.

2.3 Autópályahíd Maslenicánál

Már ennek a hídnak a felépítése előtt is Horvátországban három darab, 200 m-nél nagyobb fesztávú beton-ívhíd volt található, és egy, melynek az íve csak valamivel kisebb (a pági). Azonban mindezen hidak jelentős sérüléseket szenvedtek a tengeri környezet hatása miatt, legnagyobbrészt a túl vékony védőréteg következtében. Ezért ebben a projektben különleges figyelmet szenteltünk elsősorban a tartósságnak, ami az egyes szelvényvastagságok méreteinek jelentős megnövekedését eredményezte (5. és 6. ábra) [6]. Ez, természetesen, hatással volt az elvileg azonos építési eljárásra is.



5. ábra: A maslenicai autópályahíd hosszmetszete



6. ábra: A híd felszerkezetének keresztmetszete

Az alapok, pillérek és hídfők a szárnyfalakkal a megszokott módon kerültek kivitelezésre, míg az ív 5,25 m hosszú szakaszokban szabadon betonozással készült (23-23 szakasz mindkét oldalon, valamint a 2,0 m hosszú zárókő). A pályaszerkezet előregyártott előfeszített betontartói a híd melletti fennsíkokon készültek (a rijekai oldalon 80, a zadari olalon 16). A pályalemez betonozása a szokásos módon történt, ahogy a befejező munkák kivitelezése is. Érdemes viszont kiemelni a zárt vízelvezetési rendszert, ami miatt *New Jersey* típusú beton ütközőkorlát került

elhelyezésre a híd teljes hosszán.

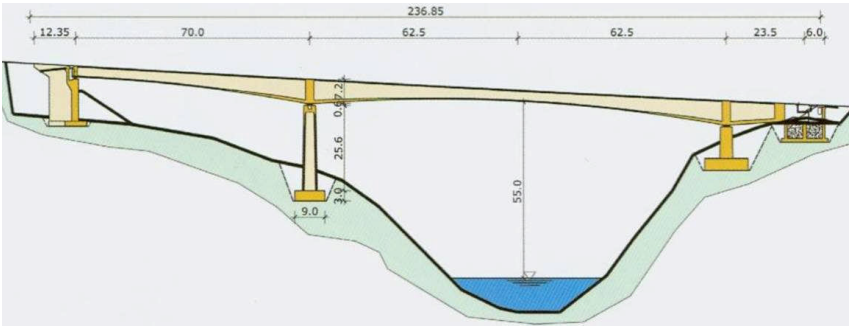
7. ábra: A maslenicai híd fényképe

A munkák a hídon 1993. januárjában kezdődtek, az építkezés helyszíne egész évben az ellenséges ágyúk hatókörében volt, a hidat mégis sikerült mindössze 4 év alatt befejezni. A 7. ábrán látható, hogy is néz ki ez a híd.

2.4 A Kamačnik-híd a Karlovac – Rijeka autópályán

A védett természeti környezet, a Kamačnik–folyó szurdokja, mely felett a Karlovac – Rijeka autópálya Kupjak – Vrbosko szakasza áthalad, többszörösen összetett kihívást jelentett a hídépítők számára [7]. A környezetvédelmi hivatalok teljes egészében megtiltották a szurdok bármiféle megbolygatását, ezért a szurdok feletti nyílás támaszközének legalább 125 m-nek kellett lennie, valamint az előttünk álló akadály kifejezetten aszimmetrikus vonalvezetése miatt a keret-felszerkezetnek is kifejezetten aszimmetrikusnak kellett lennie (8. ábra). Tekintettel arra, hogy a pillérek alapjai a szurdok legszélén található sziklaszirteken helyezkednek el, és hogy a kitermelt kőzetnek nem szabadott leomlania a szurdok falai mentén, a kőzetkiemelési munkálatokat

különösen óvatosan kellett kivitelezni.



8. ábra: A Kamačnik-híd hosszmetszete

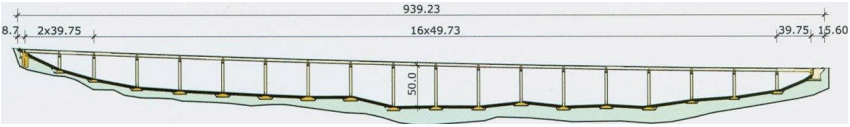
Az alapozással, bár az viszonylag egyszerű volt, szintén elég sok nehézség akadt. Nem elég, hogy a magasabb támasz alapja egy vetődésen helyezkedik el, hanem felfedeztük, hogy közvetlenül az alapozás alsó síkja alatt egy barlang található, melyet feltártunk és kitöltöttünk betonnal. A pillérek, melyek szokványos szekrényes keresztmetszetűek, áthelyezhető zsaluzatban kerültek betonozásra. A felszerkezet fokozatos szabadon betonozással készült (az ilyesfajta autópályahidak közül Horvátországban ez a legagyobb felszerkezetű), szintén a szokványos módon, azzal a kiegészítéssel, hogy ideiglenes pillért alkalmaztunk a kivitelezés során.

Ki kell hangsúlyozni, hogy ennek a hídnak az építését, azon kívül, hogy kifejezetten nehéz környezeti feltételek között folyt, és túl rövid határidővel, még két szokatlanul hideg tél is megnehezítette.

2.5 A Zečeve Drage völgyhíd a Karlovac – Rijeka autópályán

Mintegy 70 km-re Rijekától az autópálya a Zečeve Drage elnevezésű táj erdős, enyhén lankás részén halad, oly módon, hogy a tengely alaprajzilag (R = 2.505,1 m) és magasságilag is (R

= 26.500 m, homorúan) ívelt. Az alapszint nagyrészt mintegy 50 m-rel a talajszint felett található, a völgyhíd teljes hossza megközelítőleg 920 m (9. ábra). Az ilyen magassági elhelyezkedés mellett természetes dolog kivitelezési eljárásként a fokozatos előretolást alkalmazni, azonban itt felmerült két nehezítő körülmény: a tengely térbeli íve és a nagy hossz. Ehhez azt is hozzá kell tenni, hogy egy nagy szakaszon jelentős hosszirányú elhajlás van, melynek terjedelme 4,38%-tól 0,78%-ig terjed, és Karlovac irányába lejt.



9. ábra: A Zečeve drage Völgyhíd hosszmetszete

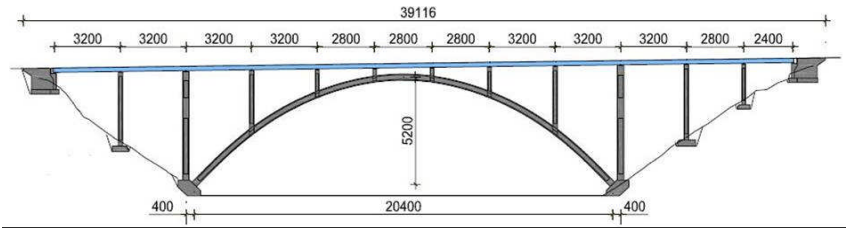
A hazai szakemberek (*Viadukt*) azonban mindezekre a kihívásokra megtalálták a megoldást [8]. Az előretolás tengelyéhez spirált választottak (spirált, mert a legkevésbé különbözik az eredményként kapott térbeli ívtől), azonban a henger, melynek fala mentén a spirál emelkedik, elfordul a hídfőkön lévő saruk tengelyének és a felszerkezet tengelyének metszéspontján áthaladó tengely körül. Nagy hosszt „gyűrtünk le“ lejtmeneti irányú előretolással, a szerkezetnek a túl nagy hosszirányú elhajlás miatti nem kívánatos elmozdulásának megakadályozására egy fékezőszerkezetet alkalmaztunk, mely két VBT 19x140 feszítőkábelből állt, melyek a kábelfejekhez a szekrény alsó lemezében lettek hozzáerősítve. Tudni kell, hogy mintegy 22 000 t össztömegű szekrényről van szó, úgyhogy szükséges volt az előretolás és fékezés hibátlan szinkronizálására.

Egyébként a szekrények és pillérek keresztmetszetei ugyanolyanok, mint a Bajer völgyhíd esetében, és hasonlóak a hídfők is. Minden pillér alapozása sekély alapozással készült. Külön ki kell hangsúlyozni, hogy ez a felszerkezet, tekintet nélkül a hosszan tartó kedvezőtlen időjárási körülményekre, kivételesen gyorsan

megépült: 37 elem pontosan 37 hét alatt, az egész völgyhíd pedig mindössze 24 hónap alatt elkészült. Tavaly befejeződött a rijekai autópálya második pályája is, a völgyhíd pedig az elsőtől csak annyiban tér el, amennyire azt a tengelyében a talaj konfigurációja megköveteli. A több, mint 900 m hosszú híd kivitelezése, mely alaprajzilag és magasságilag is ívelt, világviszonylatban is értékes építési sikernek tekinthető.

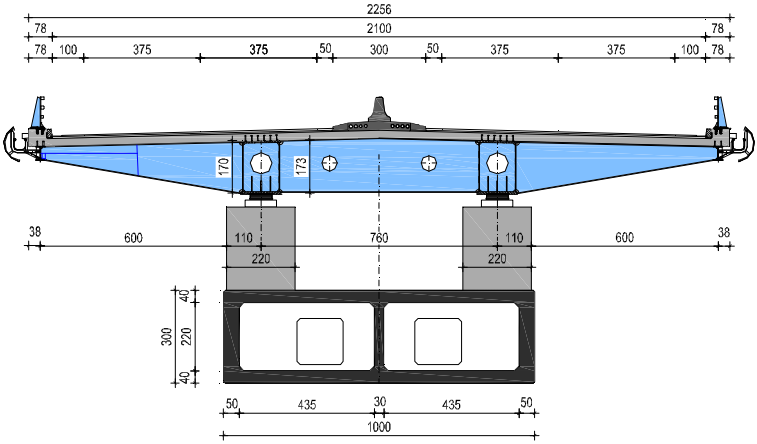
2.6 Híd a Krka-folyó felett Skradinnál a Zágráb – Split autópályán

Az autópályának a Krka-folyó felett Skradinnál áthaladó szakasza hasonló konfigurációjú, mint Maslenicánál, azzal az eltéréssel, hogy a lejtők itt kevésbé meredekek, és az alapszint alacsonyabban, a víz felett helyezkedik el. Ez a tervezőt arra ösztönözte, hogy hasonló megoldáshoz nyúljon, [9] a szerzett tapasztalatok alapján megvalósítható jobbításokkal (10. és 11. ábra). Tekintettel arra, hogy ez a híd nem messze található a Krka Nemzeti Park szélétől, a híd megformálására különös figyelmet kellett szentelni.



10. ábra: A skradini híd hosszmetszete

Az építés jelentős felgyorsítását a pályalemez elemeinek előregyártásával értük el. A lemez darabjait a beépítés helyére külön erre a célra készült kocsik segítségével szállítottuk, melynek a kerekei laposan elhelyezett U14 acélprofilok belső pereme mentén gurultak. A pályaszerkezet acélból készült része Sibenikből



11. ábra: A skradini híd keresztmetszete

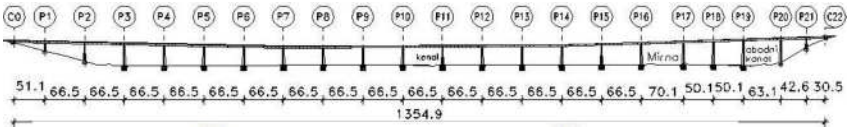
12. ábra: A skradini híd fényképe

darabokban, vasúti úton került kiszállításra, majd kamionokkal az építkezés helyszínéig, ahol az összeillesztés után fokozatosan hegesztettük, és három fázisban előretoltuk. Először a parti részek kerültek feltolásra, ami után befejeztük a pályaszerkezetnek ezt a részét, amire szükség volt az íven végzendő munkák megkönnyítése érdekében, és csak az ív, és a rajta található pillérek betonozásának befejezése után toltuk be az ív feletti részt.

E híd kivételes szépségében, mely egyike azon hidaknak, melyek e tekintetben Horvátországban a csúcshoz tartoznak, (12. ábra) az autópályán közlekedő turisták is gyönyörködhetnek, köszönhetően a nem messze a sibeniki hídfőtől elhelyezkedő, nagyon szépen berendezett pihenőben található kilátónak.

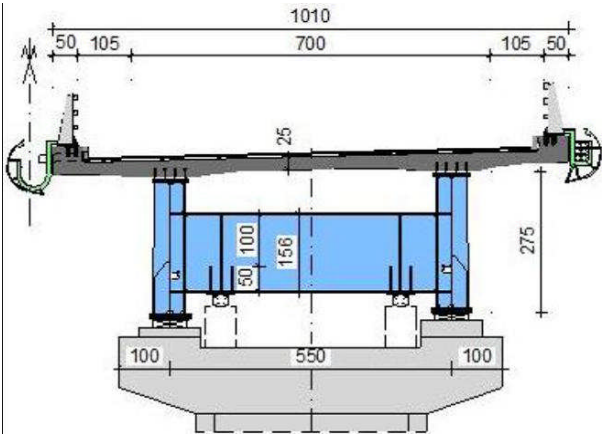
2.7 Völgyhíd a Mirna felett az isztriai autópályán

Az ún. Isztriai ipszilon, azaz az autópályának a félsziget nyugati partvonala mentén haladó ága a Mirna völgyén halad keresztül a Nova Vas – Višnjan szakaszon. A völgy sík, és az oldalt található fennsíkokhoz képest mintegy 50 m-rel lejjebb található. Az út tengelye ezen a szakaszon alaprajzilag (R = 4.005,5 m) és magasságilag (R = 17.500 m, homorú) is ívelt. A homorú ívet azzal a céllal választottuk, hogy a pillérek magasságát csökkentsük (13. ábra), mert a völgyben lévő talaj kifejezetten alacsony teherbírású.



13. ábra: A mirnai völgyhíd hosszmetszete

Ugyanezen okból a felszerkezetet úgy választottuk meg, hogy minél könnyebb legyen (14. ábra) [10]. A lejtők a völgy oldalában sziklásak, ezért lehetséges a sekély alapozás, de a völgy egyenes részén minden pillér mélyalapozással készült, acélcölöpökön, amelyek teherbírása a súrlódáson alapul (H metszet). A cölöpcsúcsok csapok segítségével kapcsolódnak az alaplemezhez. A felszerkezetet kettő főtartóból és kereszttartókból álló acélrostély képezi, melyek távolsága 7,54 m (a mezőben), illetve 4,80 m (a támaszok mellett), mely kapcsolódik a hozzábetonozott pályalemezhez (14. ábra).



14. ábra: A mirnai völgyhíd keresztmetszete

A közbenső 13 pilléren hosszirányban fix saruk vannak, ám a pillércsúcsok elmozdulásait ez mégsem akadályozza, köszönhetően a pillérek hajlékonyságának. A hídfőkön a felszerkezetet hosszirányban hidraulikus rezgéscsillapítók tartják. A pillérek kúszózsaluzatban kerültek betonozásra, 5,0 m hosszú szakaszokban. A végén került sor a fejgerendák betonozására.

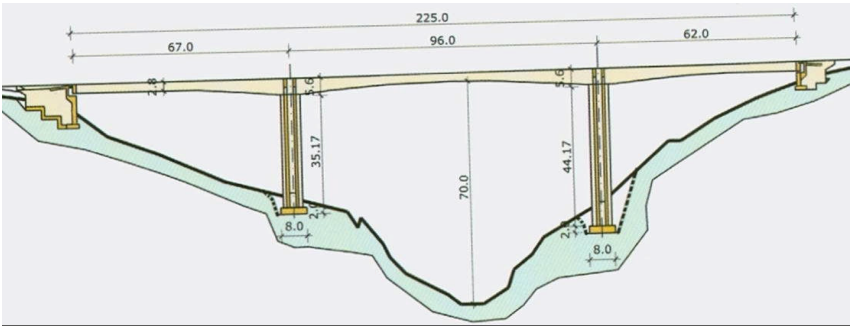
Az acélrostélyok, ideiglenes vízszintes keresztkötéssel, de egyben a pályalemez vasszerelésének legnagyobb részével is, két oldalról kerültek feltolásra, majd hegesztéssel egy egésszé illesztették őket. A pályalemez a főtartók felső öve mentén (a kereszttartók felett) mozgó zsaluzatban került betonozásra. Az egyes szakaszok betonozási sorrendje szigorúan elő lett írva.

Az építés 3 évig tartott, ami egy 1 350 m hosszú híd tekintetében nem sok. A híd rendkívül szépen illeszkedik a környezetébe (15. ábra).

15. ábra: A mirnai völgyhíd fényképe

2.8 Völgyhíd a Guduča felett a Zágráb – Split autópályán

A Zágráb – Split autópálya a Guduča mély kanyonját a Pirovac felé vezető kijárat közelében íveli át. A Guduča egy olyan folyócska, mely nyáron kiszárad. Az előttünk álló akadály mélysége a pálya szintjén mintegy 250 m, a legnagyobb mélység kb. 80 m, míg az autópálya tengelyének alaprajzi elhajlása ezen a



16. ábra: A gudučai völgyhíd hosszmetszete

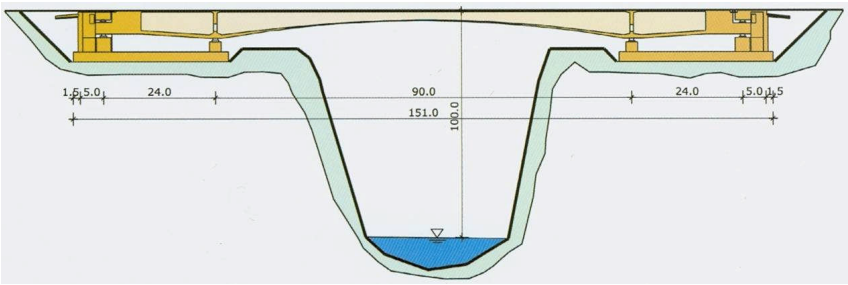
szakaszon R = 5 000 m, és enyhén emelkedik Skradin irányában (0,55%). Ilyen körülmények között adja magát a felszerkezet kivitelezési módja: előfeszített betonkeret három mezőn keresztül, mely fokozatos szabadon betonozással került kivitelezésre (16. ábra) [11]. A hídfők egyformák mindkét felszerkezet esetében, egyébként pedig tömörfalúak, alaprajzilag patkó alakúak.

Mivel a völgy konfigurációja nem szimmetrikus, a pillérek magasságának különbözőeknek kell lennie, kialakításuk pedig olyan, hogy egyidőben biztosítják a hosszútávú behatások és a hőmérsékletváltozások következtében fellépő elmozdulásokat, de megakadályozzák a földrengés okozta túlzott elmozdulásokat is. A hídfőkön fazéksaruk vannak, valamint ± 160 mm megengedett elmozdulású dilatációs szerkezetek.

Ez a híd, mely egyébként remekül illeszkedik a környezetébe, különleges a kivételesen rövid építési idő miatt is: megépítése mindössze 12 hónapot igényelt!

2.9 Híd a Cetina-folyón a Split – Dubrovnik autópályán

A Dubrovnik – Split autópálya Bisko – Šestanovac szakasza a Cetina karsztos fennsíkkal keretezett, mély szorosa felett halad el. A hídépítők fő feladata az volt, hogy minél kevésbé csorbítsák meg e zord természeti szépséget [12]. Ezért az autópálya szintje szinte hozzásimul a fennsík felszínéhez, maga a híd pedig a szoros oldalait érintetlenül hagyja.



17. ábra: A cetinai híd hosszmetszete

Ennek során adta magát a rögzített gerendás felszerkezet, építési eljárásként pedig a szabadon betonozás. Azonban a fő nyílás gerendájának feszítettségét egyedül kétoldalt lehorgonyzott konzolokkal lehet garantálni (17. ábra). Az autópálya tengelye a

híd helyén irányban van, magasságilag pedig R = 21 000 m domború íven helyezkedik el. A gerenda állandó szélességű, és változó magasságú szekrény (17. ábra). A szekrény utolsó 8,0-8,0 métere ki van töltve betonnal, hogy az konzolok végén a negatív reakciós erőt lecsökkentsük.

A konzolos tartók a hídfő hátsó keretének felső keresztgerendájához vannak horgonyozva, az alsó keresztgerendába horgonyzott előfeszített feszítőpászmákkal. A fő nyílás mellett 26,0 MN teherbírású fazéksaruk vannak, azzal, hogy az egyik fix, a másik pedig minden irányba elmozduló. A fix saruhoz közelebb lévő dilatációs szerkezet megengedett elmozdulása 80 mm, a távolabbié pedig 240 mm.

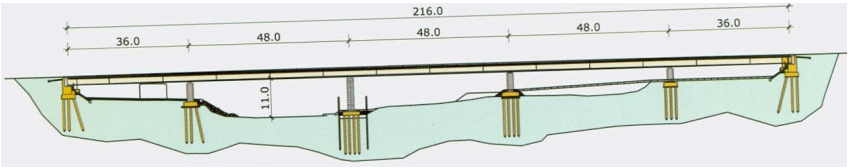
A kivitelezés különlegessége már az alaplemez elkészítéséhez szükséges földkitermelésnél megnyilvánult: nem volt megengedett robbanóanyag használata, hanem mindent árokásó gépek segítségével kellett megoldani. Ki kell hangsúlyozni, hogy a kiemelés mélysége az elég szilárd sziklában 9-15 m mélyre nyúlott, valamint, hogy összesen 30.000 m^3 anyagot termeltünk ki, ami lényegesen tovább tartott és drágább volt, mint egyébként.

A kitermelés befejezése után az alaplemez, a küszöbök, a hosszanti falak és a hídfő hátsó kerete alsó kereszgerendáinak kivitelezése egyidőben folyt mindkét parton. Ezután a konzolok kivitelezése következett állványok segítségével, valamint a hátsó keretek befejezése, majd a konzolok lehorgonyzása, ami után el lehetett kezdeni a szimmetrikus szabadon betonozást 5,1 m hosszú szakaszokban. Érdekes, hogy a szakaszok egyszerre teljes keresztmetszetben kerültek betonozásra. A híd pontosan egy év alatt épült fel, ami tekintettel a kivételesen nehéz körülményekre nagy siker. Sikerrel járt az építők szándéka, hogy minél kevésbé szembetűnő hidat építsenek ebben a kivételesen szép környezetben.

2.10 Híd a Mura-folyó felett Letenyénél

A Budapest – Zágráb – Rijeka autópálya a Mura-folyót (Horvátország és Magyarország határát) a magyar oldalon található Letenyétől nem messze, Goričannál (Muracsány) lépi át. Az autópálya tengelyének alaprajzi íve ezen a helyen R = 2.000 m, magassági domború íve pedig R = 18.000 m, a érintők metszéspontja a híd hosszának a felénél van, és a folyó tengelyét 75^0-os szögben metszi.

A Mura folyó medre széles, nagy vízállás esetén mintegy 200 m, és tekintettel arra, hogy a folyó nem különösebben mély (átlagosan 3-4 m), kivitelezhetőek a pillérek a mederben. Ily módon a támaszok következő hosszirányú elrendezésére esett a választás: 36,0 + 3 × 48,0 + 36,0 m (18. ábra) [13]. Keresztmetszetileg nézve az autópálya mindkét pályája különálló hídon fut keresztül. A híd folytonos öszvérszerkezetű híd. Két-két, 2,1 × 2,0 m keresztmetszetű acélszekrényes tartóra lett betonozva a változó vastagságú pályalemez.



18. ábra: A murai híd hosszmetszete

A pillérek két-két 2,0 × 4,0 m alaprajzi méretű oszlopból állnak, lekerekített homlokrésszel (R = 1,15 m), hogy ily módon is csökkenjen a víz áramlásával szembeni ellenállás. A hídfők masszívak, függesztett párhuzamos szárnyfalakkal. A pillérek és hídfők alapozása egyaránt vert előregyártott Ø 50 cm vasbeton cölöpökön történt, melyek hossza 8,6 – 11,3 m. Minden cölöpösszefogó gerenda védve van az alámosástól, az S4 támasz tengelyében pedig egy párhuzamos szabályozási műtárgy épült.

Az U1 hídfő és S2 támasz között, valamint az U6 hídfő és S4 támasz között a meder alját gabionos burkolattal láttuk el. A saruk fazéksaruk, a dilatációs szerkezetek fésűs szerkezetek, melyek megengedett elmozdulása ± 85 mm (az U1 hídfő felett), ill. ± 75 mm (az U6 hídfő felett). A hídon nem terveztek gyalogos forgalmat, ezért könnyű korlátok kerültek felszerelésre. Az ütközőkorlátok acélkorlátok, azzal, hogy a belsők H2, míg a külsők H3 visszatartási fokozatúak. A vízelvezetés zárt rendszerű, a víznyelőkből a szennyezett víz Ø 300 mm átmérőjű csövekbe ömlik, ahonnan a hídfők mögött található zsírfogókba folyik, úgyhogy a természetes vízfolyásba már viszonylag tiszta víz kerül.

A hídra közvilágítást is terveztek, ezért ebből a célból 11,0 m magas kandeláberek kerültek beépítésre, egymástól 36,0 m-es távolságra, a híd mindkét szegélye mentén. Világítást az acéltartók belsejébe is terveztek, a híd átvizsgálásának lehetővé tétele miatt. Szintén beépítésre került egy riasztórendszer mely össze lett kötve a hídfenntartók irodáival, valamint a határőr szolgálatokkal, arra az esetre, ha jogosulatlan személy hatolna be a tartóba. A hídon található továbbá fagyásmérő, valamint szélsebességmérő berendezés. A hídon elektromos és telefonvezetékek kerültek átvezetésre.

Az alapozási munkák a következő sorrendben történtek: a cölöpök leverése, és egyes cölöpök próbaterhelése után szádfal került leverésre az agyagrétegbe, ezután kivitelezték a 40-50 cm vastag vízalatti betont. Ezután a szádfallal körülvett területről kiszivattyúzták a vizet, majd a cölöpösszefogó gerendák és pilléroszlopok kivitelezése száraz körülmények között történt. A hídfőknél nem volt szükség szádfalazásra. Az acélszerkezet elemei gyárban készültek, ahol elvégezték az előszerelést is, az egyes elemek a beépítés helyére vontatókkal kerültek kiszállításra. Az elemeket a bal parton (a magyar oldalon) illesztették

össze, ahonnan fokozatos előretolással kerültek a helyükre. Minden kötés (az üzemi és a helyszíni is) hegesztett.

A pályalemez az acélszerkezetre függesztett zsaluzatban került betonozásra. A betonozás három fázisban történt: az első fázisban a hídfőktől az S2 illetve S5 támaszok előtti 7,5 m-ig; a második fázisban 48,0 m hosszú szakaszok, a harmadikban a középső rész került betonozásra. A középső részt a támaszköz közepétől a munkahézagok irányába betonozták. A híd egyszerű, ám harmonikus és szépen illeszkedik a környezetébe.

3 A hidak fenntartása

Eddig Horvátországban mintegy 1.200 km autópálya épült, a tervezett összes hossz pedig kb. 1.500 km. Az autópályák legnagyobb része a Hrvatske autoceste d.o.o. (Horvát Autópályák Kft.) kezelésében van, míg a fennmaradó részeket három koncessziós társaság: az Autocesta Rijeka – Zagreb, d.d. (Rijeka – Zágráb Autópálya Rt.), az Autocesta Zagreb – Macelj, d.o.o. (Zágráb – Macelj Autópálya Kft.), valamint a Bina – Istra, d.d. (Bina – Istra Rt.), kezeli.

Azonban a gyors ütemű autópálya-építést nem követte azonnal a fenntartáshoz szükséges megfelelő szervezeti struktúra, különösen a hosszú alagutak, a tengerparti környezetben lévő nagy hidak és a forgalom nyomon követéséhez és irányításához szükséges különleges berendezések vonatkozásában [14]. A fenntartó központok létrehozása és a felszerelések beszerzése, amire mindjárt az autópályák megépítése után sor került, nem hozta meg azonnal a megfelelő eredményt.

Ennek az okai:
- a személyzet nem megfelelő képzettsége,
- a nem eléggé fejlett gazdálkodási eljárások,
- az adatbázisok, szabványok és előírások hiánya,

- a műtárgyak állapotának nem elégséges mértékű nyomon követése (monitoringja).

19. ábra: Az autópálya-fentartó és forgalomellenőrző központok elhelyezése

Mégis, 2006. után jelentős előrehaladást értünk el, így Horvátországban jelenleg mintegy 20 autópálya-mérnökség (autópálya-fenntartó és forgalomellenőrző központ) működik a Hrvatske autoceste irányítása alatt (19. ábra). A legnagyobb a Mala kapela alagút mellett található.

A fenntartásra ható legfontosabb tényezők: az autópálya területén

fennálló területi adottságok, időjárási körülmények (klíma), talajadottságok és nagy műtárgyak. Kevés ország rendelkezik ilyen földrajzi sokszínűséggel ily kicsi területen, mint Horvátország. Az ország északnyugaton az Alpok keleti lábaitól, keleten a pannon síkságon és a Duna partján keresztül a Dinári-hegységig és a szigetekkel tarkított Adriai-tenger partjáig nyúlik.

A Dinári-hegység választja el a pannon síkságot az Adriai-tenger partjától, és az a legrégebbi időktől kezdve olyan forgalmi akadályt jelentett, melyet csak a Zágráb – Split autópálya megépítésével győztünk le hatékonyan.

A fő földrajzi régiók különböző klimatikus tulajdonságokkal bírnak (20. ″abra), ami lényeges behatással van az autópályák fenntartási munkáinak fajtájára és terjedelmére. A tenger melletti terület mediterrán éghajlatú, de tudni kell, hogy itt erős szelek (bora) is fújnak (a Maslenicai híd mellett 250 km/h szélsebességet is mértek!). A hegyvidéki részen télen nagy mennyiségű hó tud hullani (akár 12 cm/h!), minden nehézséggel, melyet ez a tény magában hordoz. A harmadik terület (a pannon) nagyon hasonlít a magyar Dunántúlhoz.

Az új autópályák mentén bonyolult információs-kommunikációs infrastruktúra épült ki, ami magában foglalja a forgalmi tájékoztatási rendszert, a forgalom távfelügyeletét az alagutakban, a video-felügyeleti rendszert és hasonlókat, ami a közlekedésben résztvevőket szolgálja. Ezen kívül létrehoztunk egy adatbázist, mely egy informatikai rendszer az autópályák, a rajtuk lévő műtárgyak (hidak, alagutak és mérnökségek) és az autópályák közvetlen környezete adatainak összegyűjtésére, tárolására, feldolgozására és továbbítására. Ennek keretében kidolgoztunk egy rendszert a műtárgyak kezelésére, mely azok fenntartásának hosszú távú tervezésén alapul. A javításokat és a fenntartási munkákat úgy képzeltük el, hogy a legkisebb befektetéssel a tervezett élettartam alatt a használhatóság és megbízhatóság

elégséges szintjét érjük el.

20. ábra: A fő földrajzi régiók és éghajlati zónák

A kezelési rendszer a következő egységekre tagolódik:
- pályák,
- hidak (völgyhidak, átereszek, felüljárók, aluljárók és vadátjárók) és alagutak,
- vízelvezetési rendszer,
- autópályák felszerelése (szélvédők és zajvédők).

A műtárgyak felügyeletére és állapotuk értékelésére kidolgozott rendszer megbízható alapokat biztosít, ahogy az egyes műtár-

gyak, úgy a Hrvatske autoceste kezelésében álló autópálya-hálózat egészének vonatkozásában is a fenntartási munkálatok tervezéséhez. E rendszer keretein belül vannak olyan munkacsoportok, melyek folyamatosan vizsgálják a fenntartó szolgálatok hatékonyságát, és javaslatokat tesznek a munka jobbítására.

A horvát autópálya-hálózat 80-as években épült részei, különösen pedig a rajtuk található műtárgyak már olyan állapotban vannak, hogy tekintélyes mértékű fenntartási munkákat igényelnek, amihez jelentős pénzbeli kiadások szükségesek. A legkiemelkedőbb példa erre a Száva-híd Ivanja Rekánál a zágrábi elkerülő körgyűrűn. E híd jelentős sérüléseket szenvedett, egyrészt a tervezési hiányosságok és a kivitelezés során elkövetett mulasztások miatt, másrészt a nagymértékű sózás miatt a téli hónapokban, így a kloridok már a vasalásig hatoltak. Emiatt a rozsdás betonvasakat tartalmazó összes betonrészt nagynyomású vízsugárral eltávolítottuk, és vastag javítóbeton-réteggel helyettesítettük. A betonrétegek javítása után új tömítőréteget vittünk fel.

Különleges figyelmet szentelünk a környezetvédelemnek is, ezért a Fenntartási Osztályon belül egy Környezetvédelmi és Tájépítő Alosztályt alapítottunk. Ennek célja a táj nemesebbé tétele, az autópályaépítés környezetre gyakorolt kedvezőtlen hatásainak az enyhítésére, melynek során a legnagyobb figyelmet a bevágások és töltések rézsűinek kialakítására fordítjuk: füvesítés, bokorültetés, hálók, geotextil beépítése, stb. A növényfajták kiválasztása során elsőbbséget élveznek a maguktól kikelő és hazai fajták. A tájépítés a személyzet türelmes és gondos munkáját igényli egész évben. Munkájuk vezérlőelve egy holland tájépítésztől, *Huizingá*-tól ered: „A tájépítés csúcsa az, amikor a munka befejezése után nem látszik, hogy azt emberi kéz alkotta.“
Egyébként a horvát autópályákon található műtárgyak kezelésének rendszerét a Zágrábi Egyetem Építőmérnöki Karának Szerkezeti Intézete dolgozta ki [15].

Irodalom

[1] Marić, Z.: Najvrjedniji mostovi u Hrvatskoj izgrađeni između prvoga i petoga Sabora hrvatskih graditelja (Horvátországban a Horvát Építőmérnökök Első és Ötödik Tanácskozása között eltelt időben épült legértékesebb hidak).. *Sabor hrvatskih graditelja 2008.*, Cavtat, 2008. svezak *Graditeljska dostignuća*, 1-50.

[2] Rimac, V., Dekanović, Đ.: Vijadukt Bajer na autocesti Karlovac – Rijeka (A Bajer Völgyhíd a Karlovac – Rijeka autópályán). *Ceste i mostovi* **40** (1994), 3-4, 107-114.

[3] Ilić, K.: Projekt i izvedba vijadukta „Bajer“ na autocesti Rijeka – Zagreb (A „Bajer“ Völgyhíd terve és kivitelezése a Rijeka – Zágráb autópályán). *Ceste i mostovi* **53** (2007), 6, 26-31.

[4] Marić, Z., Ačanski, V.: Vijadukt Hreljin na autocesti Karlovac – Rijeka (A Hreljin Völgyhíd a Karlovac – Rijeka autópályán). *Ceste i mostovi* **40** (1994), 3-4, 118-126.

[5] Ilić, K.: Projekt i izvedba vijadukta „Hreljin“ na autocesti Rijeka – Zagreb (A Hreljin Völgyhíd terve és kivitelezése a Rijeka – Zágráb autópályán). *Ceste i mostovi* **54** (2008), 1, 18-26.

[6] Čandrlić, V., Radić, J., Šavor, Z., Friedl, M., Žderić, Ž.: Projekt i građenje masleničkog autocestovnog mosta. (A maslenicai autópályahíd terve és építése). Prikaz hrvatskih postignuća *Prikaz hrvatskih postignuća* (A horvátországi eredmények bemutatása), *XIII FIP Congress*, Amsterdam, 23-28 May 1998, 3-16.

[7] Šavor, Z., Kindij, A.: Most Kamačnik na autocesti Zagreb – Rijeka (A Kamačnik Híd a Zágráb – Rijeka autópályán) Zbornik radova znanstveno-stručnog savjetovanja „*Objekti na autocestama*“, Plitvička jezera, 2002. 139-145.

[8] Marohnić, M.: Construction of Zečeve drage viaduct. *Proceedings of the International Conference on Bridges*, Dubrovnik, Croatia, May 21-24, 2006, pp. 697-704.

[9] Šavor, Z., Mujkanović, N., Hrelja, G.: Design and construction of Krka river arch bridge. *Proceedings of the International Conference on Bridges*, Dubrovnik, Croatia, May 21-24, 2006, pp. 85-96.

[10] Šavor, Z., Hrelja, G., Mujkanović, N.: Design and construction of Mirna viaduct. *Proceedings of the International Conference on Bridges*, Dubrovnik, Croatia, May 21-24, 2006, pp. 107-118.

[11] Lustig, R., Piškulić M, Pavoković, D.: Design of the bridge „Guduča" on the motorway Zagreb – Split. *Proceedings of the International Conference on Bridges*, Dubrovnik, Croatia, May 21-24, 2006, pp. 151-161.

[12] Budić, S., Ljutić, Ž.: Cetina motorway bridge – ecologically friendly construction. *Proceedings of the **fib** Symposium Dubrovnik 2007*: *Concrete structures – stimulators of development*, Dubrovnik, Croatia, May 20-23, 2007, 113-119.

[13] Kovács, Zs., Iványi, M., Teiter, Z.: New motorway bridge over the border river Mura. *4th CCC scientific symposium Concrete engineering in urban development*, Opatija, October 2-3 2008, 71-76.

[14] Sapunar, J., Mlinarević, I., Puž, G.: Optimization of motorway maintenance. *34th Study and Information Days of ASECAP*, Pula, 21-24 May 2006, 14 pp.

[15] Radić, J., Šavor, Z., Puž, G., Bleiziffer, J., Balažić, A.: Asset management system for Croatian motorways. ***fib** Symposium Dubrovnik 2007 Concrete structures – stimulators of development*, Dubrovnik, Croatia, 20-23 May 2007, 881-888.

Zágráb, 2009. szeptember

Dr. Zvonimir Marić
egyetemi tanár
Eszéki egyetem

Božo Peraica
hídmérnök
Horvát közutak

A müncheni Freimann magasút kettéválasztása és felújítása

Willberg, Obholzer, Fiedler, Geuder

1 Általában

A meglevő Freimann magasút München északi részében van, összekapcsolja az A 9 Nürnberg-München szövetségi autópályát a külső városi gyűrűkkel (Föhringer és Frankfurter Ring). 586 m hosszban áthidalja számos út mellett a vasúti északi gyűrűjének vágányait és egy városi földalatti vasutat. A München-Frankfurter Ring csomópont gyorsító és lassító sávjai a hídon vannak és hídágakként átmennek a csomóponti fel- és lehajtó rámpákba.

A híd 1958-60 között történt megépítésekor a teljes forgalmi terhelés ebben a csomópontban kb. 20 000 jármű/nap volt, a mai forgalom csak az autópályán kb. 100 000 jármű/nap, emellett a csomópontban kb. 40 000 jármű hajt ki, ill. be.

2 A meglevő híd szerkezete és állapota

A meglevő híd az 1958. évi kiírás eredménye. Teljes hossza kb. 586 m, az egyes nyílások hossza a nehéz helyi viszonyok miatt 24 – 41 m. Az egy darabból épült felszerkezet sokcellás szekrény keresztmetszetű, feszített vasbeton főtartókból, pálya- és alsó lemezből áll. A cellák száma a szabályos keresztmetszetekben tíz, a fel-és lehajtó rámpákban három, a torkolati szakaszokon 21-ig növekszik. A szerkezeti magasság kb. 1,15 m, a minimális szélesség 28 m, a maximális pedig kb. 48 m. A zárt és ezáltal „nyugodt” alulnézet érdekében a vízelvezetés csöveit a szerkezet belsejében vezették és a hozzávezetéseket a konzolokban bebetonozták.

A pillérek egyedi oszlopok, a terheket a felszerkezetbe integrált, kb. 2 – 3 m széles kereszttartók viszik át a pillérekre. A kb. 20 600 m2 teljes felületű híd 21 hónap alatt készült el és 1960 nyár elején adták át a forgalomnak. Ekkor az autópályák téli sózása még teljesen ismeretlen volt.

1991-ben fővizsgálat során a 12. és 13. nyílásban, a cellákban jelentős korróziós károkat észleltek. Az ok többek között a vízelvezető csövek tömítetlensége volt, miáltal a sós esővíz a cellák belsejében szétfolyt, és a gerinc és alsó lemez közötti munkahézagokon keresztül eljutott a feszítő elemekhez. A következmény: károk a feszítő elemeken és erősen rozsdásodó kengyelek a gerincekben.

Súlyosbító körülmény, hogy az építéskor 40 mm2-es Sigma-oval feszítő acélt használtak, mely különösen érzékeny a feszültségkorrózióra. A statikai vizsgálat megállapította, hogy a csekély lágyvasalás miatt nem adott a „repedés a törés előtt" jelzőberendezés. A 12. és 13. mezőben acélszerkezetű „felfogó rendszert" telepítettek, hogy az előre nem jelzett tönkremenetelt elkerüljék.

Fenntartási intézkedés keretében a felszerkezet minden celláját alulról hozzáférhetővé tették.
Ennek során további mezőkben is észleltek károkat

A teljes szerkezet 1997-2001 közötti átvizsgálása után karba helyezési koncepciót dolgoztak ki a teljes hídra. Csak a 12. és 13. mezőben volt helyi feszítőelem-erősítés szükséges, egyéb helyeken hagyományos karba helyezés elégséges lett volna.

2002-ben a 9. mezőben kísérleti karba helyezést végeztek. Ennek során súlyosabb károkat állapítottak meg a feszítő acélokon, és több méter hosszban az alsó lemez leválását a nyírási vasalás korróziója miatt. Ennek nyomán tovább vizsgálták a feszítő

elemeket a szerkezet más pontjain. Mivel a feszítő elemek az alsó lemez és a gerinc között minden nyílásban kétszer keresztezik, más mezőkben is jelentős károkat észleltek. Ezen eredmények alapján az elképzelt karba helyezés gazdaságtalannak tűnt, emellett a Sigma-oval feszítő acélban rejlő kockázat fennmaradna és a híd szélessége egy esetleges hat forgalmi sávos forgalomra nem lenne elegendő. Így 2004-ben eldöntötték, hogy a hidat újjá kell építeni,.

3 A bontás és az újjáépítés folyamata a forgalom fenntartása mellett

A Freimann-magasút újjáépítésének alapfeltételei a forgalomnak az autópályán négy sávon való fenntartása a teljes építési idő alatt, lehetőleg hosszú ideig használható fel- és lehajtó rámpák, és lényegében zavartalan forgalom a keresztező közlekedési útvonalakon. Ezek a feltételek és a közeli épületek nem teszik lehetővé a mellette való építést, vagy ideiglenes hidak bevetését. A meglevő hidat fél szélességben kell átépíteni, úgy, hogy a forgalom a megmaradó szerkezeten lebonyolítható legyen. Ez lépésenkénti bontást és újjáépítést igényel, kezdve a meglevő szerkezet tengelyben történő kettéválasztásával. A kettéválasztás után két önálló szerkezet jön létre, ezeket a továbbiakban keleti, ill. nyugati szerkezetnek nevezzük.

Így a következő építési fázisok adódnak.

Jelenlegi állapot az előmunkálatok alatt zavartalan forgalommal,
az aláállványozási munkák a pilléreknél és a keresztartók alatt az autópálya forgalmának zavarása nélkül megkezdhetőek. Egyúttal védőállványok építhetőek a keresztező közlekedési vonalak fölött, továbbá az 1. és 2. mezőben szükséges állványok építése.

0. fázis, északnyugati szélesítés
   2 + 2normál forgalom, a nyugati szerkezeten a forgalmi sávok befelé történő eltolásával
   A meglevő nyugati szerkezet szélesítése a 19. és 20. mezőben, a későbbi 4+0 forgalomvezetés érdekében. (A „normál" korlátozás nélküli forgalmat jelöl.)
1. fázis, a meglevő szerkezet kettéválasztása
   2 + 2 forgalom, mindkét oldalon kifelé eltolt sávokkal.
   Ebben a fázisban történnek a kritikus kettéválasztási munák a mezőkben és a kereszttartóknál.
2. fázis, a keleti szerkezet bontása
   4 + 0 forgalom, szűkített sávokon, a meglevő nyugati szerkezeten.
   A bontás két szakaszban történik, hogy a keleti felhajtást a forgalom minél tovább használhassa.
3. fázis, az új keleti szerkezet építése
   4 + 0 forgalom, mint előbb.
   Az építés a bontással párhuzamosan délről észak felé halad.
4/5. fázis, a nyugati szerkezet bontása és építése
   0 + 4 forgalom a keleti szerkezeten
   Analóg a 2/3 fázissal.
6. fázis, középső szegély építése a keleti szerkezeten
   2normál + 2 forgalom, szűkített sávokon, a keleti szerkezeten. Munka a keleti szerkezet nyugati szélén, hiányzó elemek pótlása a középső szegélyen.
7. fázis, végállapot
   2 normál + 2 normál forgalom.

4 A szerkezet kettéválasztása középen

A kettéválasztást négysávos forgalom mellett kell elvégezni, ez nagy statikai és technikai követelményeket jelent. A keleti szerkezeten csak rövid ideig fut a négysávos forgalom, de a nyugatin a keleti szerkezet teljes átépítés ideje alatt.

4.1 Statikai vizsgálatok a kettéválasztott szerkezeten

A régi szerkezet teherbírásának igazolásakor nagy szerepe van a szabványok változásának. Az építés idején érvényes előírások szerint a szerkezetben igen kevés lágyvasbetét van. A vizsgáló mérnökkel egyetértésben az akkori szabványokhoz nyúltunk vissza. A várható csekély további élettartamra tekintettel egyes igazolásakt nem hajtottunk végre.

4.1.1 Hatások

A DIN Fachbericht 101 szerinti 2x240 kN ikertengely mellől elhagytuk a 2x160 tonnás ikertengelyt, mert a hídon építés alatt tilos (egyúttal lehetetlen) az előzés.

4.1.2 Igazolás az elválasztott nyugati szerkezeten

A pályalemez teherbírása elválasztás után is megfelelő. Egyes helyeken az északi részen véglehorgonyzásokat kell biztosítani a meglevő, sima felületű köracélok számára. Itt úgy kell bontani, hogy a meglevő vasalás megmaradjon.

A hossz-és kereszttartók teherbírása érdekében alátámasztó állványok szükségesek. Ezeket a támaszoktól 2,5 – 3,0 m-re a nyílás felé építik be és statikai szempontból előnyösek. A kereszttartók elvágásakor ezek az elválasztott szerkezet stabilitása érdekében szükségesek és lehetővé teszik a hozzáférést az elválasztáshoz. Az említett állványok általában elégségesek, csupán az 1. és 2. mezőben kellenek további állványok, és a 12.-13. mezőben ezek már megvannak.

A nyírási vizsgálatok szerint egyes helyeken a hátralevő élettartam alatt fokozott ellenőrzés szükséges.

A használhatósági vizsgálat szerint a kereszttartók átvágása előtt az alátámasztások fokozatos aláfeszítése szükséges.

A fáradási vizsgálat eredménye a kisegítő alátámasztások révén megfelelő volt.

4.1.3 A nyugati szerkezet vizsgálatának eredményei

A meglevő szerkezetnek igen nagy a keresztirányú terheloszlása.. A kettéválasztás után a maradó szerkezet kisebb szélessége miatt ez kedvezőtlenebb a kettéválasztás közelében levő főtartókra nézve.

4.2 A segédállványok beépítése

A kettéválasztási munkák megkezdése előtt e segédállványokat be kell építeni. Ezek általában ingaoszlopok, hogy a vízszintes elmozdulást ne akadályozzák. Esetenként keresztirányú keretszerkezettel való kiegészítésük szükséges. Alapozásuk általában síkalap, részben a meglevő alaptestekre támaszkodva, a földalatti vasút és a keresztirányú keretek térségében kis fúrt cölöpök.

4.3 A kettéválasztás végrehajtása

A kettéválasztás alapvetően két szakaszban történik: pályalemez és kereszttartók. Ez az állapot a középső tartó melletti lemezszakaszra kritikus, ezért itt 2 + 2 forgalmat írtak elő, tehergépkocsik nélkül, a sávok elhúzásával. A munkákat terjedelmes mérési programmal kísérik, hogy az esetleges elváltozásokra azonnal reagálhassanak.

4.3.1 Kettéválasztás a kereszttartók közötti szakaszokon.

Az elválasztás a középső főtartó keleti oldalán történik, a szegély részleges elbontás után, a kiékelés végénél, mind a felső, mind az alsó lemezen. A vágásnál a vasalás gondot okozott, amennyiben egyes helyeken a lemezvasalás kampóját levágják. Itt a vasak lehorgonyzásáról külön kell gondoskodni.

A vágásnál többféle megoldást kell megkülönböztetni.

1. típus- egyszerű vágás, az általános helyeken alkalmazható.
2. típus – kettős vágás, ott tervezik, hol a keleti és a nyugati szerkezet elmozdulásai a vágási irány következtében ellentétes előjelűek Ez esetleg elkerülhető, de a kivitelező ott alkalmazza, hol ez az alsó lemezhez való hozzáférést lehetővé teszi.
3. típus, bontás nagynyomású vízsugárral, a vasalás megtartásával, a vasvégek kampóval való ellátásával és bebetonozásával. A módszerre különleges helyeken (pl. főtartó elágazás) van szükség.

4.3.2 A kereszttartók vágása

A feszített kereszttartókat a középső főtartótól keletre kell elvágni. A feszítéshez max. 32 kábelt használtak, 32 MN feszítőerővel. Ez a vágás jelentős beavatkozás az egész szerkezet teherviselő rendszerébe, ezért számos statikai megfontolás szükséges. A forgalmat a vágástól távolabb terelik s a vágást hétvégeken, a nehéz teherforgalom kizárása mellett végzik, esetleg az autópálya rövid idejű lezárásával.

Az alátámasztó állvány egyes oszlopait 50 és 1500 kN közötti erővel alá kell feszíteni. Vágás előtt megvizsgálják a lágyvasalás helyzetét főleg a kengyelekét, kutató rések segítségével, tovább a feszítőelemek helyzetét, fúrással és kutató réssel. Az alófeszített

állapotot ékeléssel és hegesztéssel rögzítik, és lehetővé teszik az ingaoszlopszerű működést. A kábeleket alulról megfúrják, egyenként vagy kettesével, a kábel-tehermentesülés okozta hasítóerő csökkentése érdekében zarándoklépésben.

A nyomott betonzónában esetleg keletkező repedéseke javítani kell, de ez eddig nem fordult elő.

5 Eddig elvégzett munkák

A már említetteken kívül még a következőket kellett elvégezni:

5.1 Közművezetékek igazítása

Az új oszlopok, ill. a segédoszlopok miatt számos vezetéket kellett áthelyezni, amint az városi hidaknál gyakori.

5.2 Védő és teherviselő állványok építése

Az összes keresztező közlekedési vonalat védőállvánnyal, ill. burkolattal kell ellátni. Különösen igényes ez a vasút és a földalatti vasút esetében. A vasút felett ezt 2007 pünkösdjén vágányzár mellett helyezték el, a földalattinál csak az éjszakai üzemszünet alatt volt lehetséges. A továbbiakban a munka független a vasúti- ill. földalatti-közlekedéstől.

A vasút feletti védőállványt úgy méretezték, hogy egyúttal bontóállványnak is használhassák. A földalattinál további bontó állványra lesz szükség.

5.3 Az északi szélesítés építése

A régi nyugati szerkezet az északi végén a négysávos közlekedésre nem elég széles, ezért azt meg kell szélesíteni. Ezt a pályalemez részleges bontásával és a keresztmetszetnek egy öszvértartóval való kiegészítésével oldották meg.

5.4 A keleti szerkezet bontása

A bontás 2007. novemberben a déli hídfőnél kezdődött. Ehhez teljes felületű bontóállvány épült. A bontás betonollóval és betonköszörűvel történt. 2008. májusig a keleti szerkezet kb. 80 %-át lebontották.

6 Újjáépítés

Az új híd a Dywidag-cég alternatív ajánlata alapján a kiírt öszvérszerkezethez hasonló megjelenésű, feszített vasbeton bordáslemez szerkezet lesz.

A terv a következő fő elemeket tartalmazza:
- kerek egyedi oszlopok,
- szekrényszerű hídfők,
- két különálló feszített vasbeton bordáslemez szerkezet, hosszirányú fúgával,
- átlátszó zajárnyékoló falak.

Az új híd ugyancsak 20 nyílású, 586 m hosszú.

Alapozás céljára a számos keresztező közlekedési út és vezeték miatt 1,5 m átmérőjű fúrt cölöpalapozás a leggazdaságosabb, általában egy cölöppel oszloponként. A karcsú, 1,2 ill. 1,5 m átmérőjű oszlopok sarokmereven kapcsolódnak az alapozáshoz.

Míg a déli, nyugati és keleti hídfők síkalapozásúak lehetnek,az északi hídfőt az alatta keresztező szennyvízcsatorna miatt mélyalapozással kell építeni.

A két új felszerkezet a szabályos szakaszokon kétbordás lemez lesz, a csatlakozó ágaknál három, ill. négybordás szerkezetté szélesedik. A korlátok közötti szélesség 29,48 és 50,20 m között változik. 1,5 m szerkezeti magasság és 38,72 m legnagyobb támaszköz mellett könnyed szerkezetnek mutatkozik. Az alátámasztás gömbsüveg sarukkal történik, a fix pont nagyjából a híd közepén lesz.. A dilatációs szerkezetek zajcsökkentő lamellás szerkezetek.

A híd északi felén mindkét oldalon 2,2 – 8,0 magas zajárnyékoló védik a lakosságot a zajártalomtól. Ez a szerkezet 2,32 m-enként elhelyezett hegesztett acéloszlopokból és kívülről rögzített, átlátszó, pontokon rögzített akrilüvegből áll. A többszörös reflexió elkerülése érdekében a belső oldalon további vízszintes, nagy elnyelő képességű lamellákat terveznek acélszekrényből.

A fő felszerkezet építése felül elhelyezett tolható állványon történik.
Ennek előnye az, hogy nem befolyásolja a híd alatti forgalmat. Hátránya a zsaluzat-felfüggesztések nagy száma és az, hogy a tolható állvány felső megtámasztása a felszerkezeten át történik.

A tolható állvány felépítése nehezebbnek bizonyult a tervezettnél. A keleti szerkezet építése délről észak felé halad. A második mezőtől tervbe vett mezőnként egyhetes ütemet még nem sikerült

elérni, mert a felfüggesztések nagy száma a munkát jelentősen megnehezíti.

A feljáró szakaszok felszerkezetei állványon épülnek.

A munka előrehaladása az interneten www.a9.hochbruecke.de címen megfigyelhető.

Budapest, 2009. szeptember

Dr.-Ing. Uwe Willberg,
Autobahndirektion Südbayern, München
Dipl.-Ing. Dr. techn. Anton Obholzer,
Baumann & Obholzer, Ziviltechniker GmbH, Innsbruck
Dipl.-Ing. Stephan Geuder,
Autobahndirektion Südbayern, München
Dipl.-Ing. Kathrin Fiedler,
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin

Hochbrücke Freimann Tragwerkstrennung und Erneuerung

Dr.-Ing. Uwe Willberg,
Autobahndirektion Südbayern, München

Dipl.-Ing. Dr. techn. Anton Obholzer,
Baumann & Obholzer, Ziviltechniker GmbH, Innsbruck

Dipl.-Ing. Stephan Geuder,
Autobahndirektion Südbayern, München

Dipl.-Ing. Kathrin Fiedler,
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin

1 Allgemeines

Die bestehende Hochbrücke Freimann liegt im Norden von München und schließt die Bundesautobahn A 9 Nürnberg - München an die äußeren Stadtringe (Föhringer Ring und Frankfurter Ring) an. Auf einer Länge von 586 m überquert die Mehrfeldbrücke neben einer Vielzahl von Straßen und Wegen u. a. auch die Gleise des Nordrings der DB AG und einer städtischen U-Bahnlinie. Die Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren der Anschlussstelle München Frankfurter Ring liegen auf dem Bauwerk und gehen als Brückenarme in die Auf- und Abfahrtsrampe der Anschlussstelle über.

Während zum Zeitpunkt des Baus der Brücke von 1958 - 1960 die gesamte Verkehrsbelastung im Bereich dieses Verkehrsknotens bei ca. 20.000 Kfz/Tag lag, beträgt der durchschnittliche tägliche Verkehr heute allein auf der Autobahn ca. 100.000 Fahrzeuge/Tag, wobei über die Aus- und Einfahrt der Anschlussstelle ca. 40.000 Fahrzeuge die Autobahn verlassen bzw. auf die A 9 auffahren.

Bild 1. Übersicht Situation und kreuzende Verkehrswege

2 Konstruktion und Zustand des Bestandstragwerkes

Das bestehende Bauwerk ist das Ergebnis einer Art „funktionalen Ausschreibung“, die im Jahr 1958 durchgeführt wurde [1]. Die Gesamtlänge des Tragwerkes beträgt ca. 586 m, die Einzelstützweiten liegen aufgrund der schwierigen Platzverhältnisse zwischen 24 und 41 m. Der einteilige Überbau ist im Querschnitt ein mehrzelliger Kastenträger bestehend aus vorgespannten Längsträgern, Fahrbahnplatte und Bodenplatte mit 10 Zellen in den Regelbereichen des Südteiles, 3 Zellen in den Auf- und Abfahrtsrampen und bis zu 21 Zellen in den Einmündungsbereichen. Die Tragwerkshöhe beträgt ca. 1,15 m, die minimale Tragwerksbreite 28 m und in den Aufweitungsbereichen bis zu ca. 48 m maximal. Um eine geschlossene und damit „ruhige“ Untersicht der Brücke zu erreichen, wurden die Entwässerungsleitungen im Bauwerksinneren in den Zellen geführt und die Zuleitungen in den Kragarmen einbetoniert.

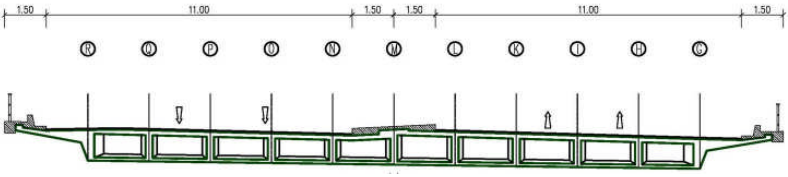


Bild 2. Bestandstragwerk, Regelquerschnitt

Bild 3. Bestandstragwerk, Bauzustand und Endzustand

Die Pfeiler sind Einzelstützen, wobei die Lasten über, im Brückenquerschnitt integrierte vorgespannte Querträger mit Breiten von ca. 2,0 bis 3,0 m auf die jeweiligen Stützen übertragen werden. Die Brücke mit einer Gesamtfläche von ca. 20.600 m² wurde in nur 21 Monaten hergestellt und im Frühsommer 1960 dem Verkehr übergeben [2]. Zu diesem Zeitpunkt war die Salzstreuung auf den Autobahnen in Deutschland noch vollkommen unbekannt.

Im Jahr 1991 wurden bei einer Brückenhauptprüfung umfangreiche Korrosionsschäden in den Zellen der Kastenbrücke in den Feldern 12 und 13 festgestellt. Schadensursache waren u.a. Undichtigkeiten in den Entwässerungsleitungen. Das mit Tausalzen belastete Regenwasser konnte sich in den Zellen der Brücke verteilen und über die Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Stegen bis an die Spannglieder gelangen. Schäden an den Spanngliedern und stark korrodierte Bügelbewehrung in den Stegen waren die Folge.

Bild 4. Schäden im Überbau

Erschwerend kam hinzu, dass beim Bau der Brücke Spannstähle vom Typ „Sigma-oval 40 mm²“ verwendet wurden, die besonders anfällig für Spannungsrisskorrosion sind. Bei den eingeleiteten statischen Untersuchungen wurde festgestellt, dass aufgrund der geringen Menge an schlaffer Bewehrung ein Ankündigungsverhalten „Riss vor Bruch“ nicht gegeben war. Durch den Einbau einer Stahlkonstruktion unter der Brücke wurde eine „Auffangebene“ in den beiden Feldern 12 und 13 geschaffen, um ein unangekündigtes Versagen zu vermeiden.

Bild 5. Traggerüst im Feld 12 und Feld 13

Im Rahmen einer Erhaltungsmaßnahme wurden alle Zellen des Überbaus durch Einstiege von unten zugänglich gemacht. Dabei wurden noch weitere Schäden in anderen Feldern festgestellt.
Nach intensiven Untersuchungen des Gesamtbauwerkes in den Jahren 1997 und 2001 wurde ein Instandsetzungskonzept für die gesamte Brücke erstellt. Lediglich in den Feldern 12 und 13 war aufgrund der starken Schäden eine lokale Spanngliedverstärkung erforderlich, in den übrigen Bereichen wäre eine konventionelle Instandsetzung ausreichend gewesen.

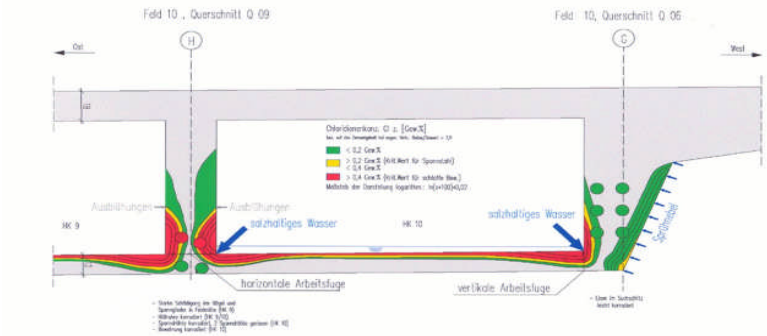


Bild 6. Bestandstragwerk Schädigung der Bügelbewehrung und des Spannstahls

Zur Absicherung des erarbeitenden Instandsetzungskonzeptes wurde im Jahr 2002 eine „Probeinstandsetzung“ im Bereich des Feldes 9 durchgeführt. Dabei wurden umfangreichere Schäden an

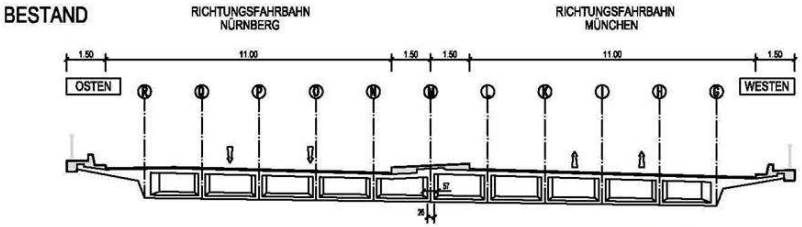
den Spanngliedern sowie das Ablösen der Bodenplatte auf mehreren Metern infolge der korrodierten Schubbewehrung festgestellt. Aufgrund dieser Schadensbilder wurden weitere Untersuchungen am Spannstahl an anderen Stellen des Bauwerkes durchgeführt. Da die Spannglieder die Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Steg in jedem Feld zweimal kreuzen, wurden auch in anderen Feldern erhebliche Schäden festgestellt. Aufgrund dieser Ergebnisse erwies sich die angedachte Instandsetzung als unwirtschaftlich, zumal das Restrisiko des „Sigma-oval" Spannstahls bei einer Instandsetzung weiter bestehen würde und die Fahrbahnbreiten auf der Brücke für einen optionalen 6-streifigen Verkehr nicht ausreichend gewesen wären. So wurde im Jahr 2004 die Entscheidung getroffen, die Brücke zu erneuern.

3 Bauablauf für den Rückbau und Neubau unter fließendem Verkehr

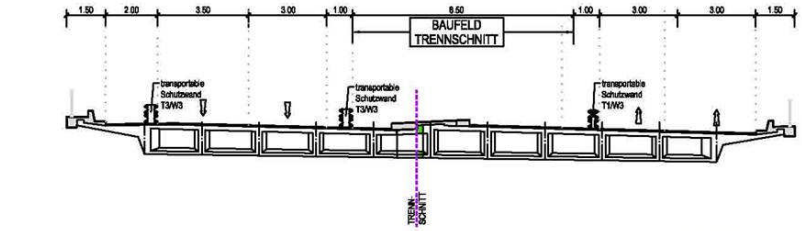
Die wesentlichen Randbedingungen für den Neubau der Hochbrücke Freimann sind die Aufrechterhaltung des Verkehrs auf der Autobahn mit 4 Fahrstreifen über die gesamte Bauzeit, die möglichst lange Nutzung der Auf- und Abfahrtsrampen und der im wesentlichen ungehinderte Verkehr auf den kreuzenden Verkehrswegen. Diese Verkehrsbedingungen und die unmittelbar angrenzende Bebauung lassen ein seitliches Bauen einer neuen Brücke oder den Einsatz von Behelfsbrücken nicht zu. Der bestehende Überbau muss halbseitig erneuert werden, so dass auf dem verbleibenden „Resttragwerk" der Verkehr geführt werden kann. Dies erfordert einen schrittweisen Rück- und Neubau des Tragwerkes, beginnend mit der Trennung des Bestandstragwerkes in Brückenmitte. Nach der Trennung des Tragwerkes ergeben sich zwei voneinander unabhängige Einzeltragwerke, in der weiteren Folge als „Tragwerk Ost" und „Tragwerk West" bezeichnet.
Aus den aufgezeigten Randbedingungen und dem daraus abgeleiteten Rückbaukonzept ergeben sich folgende Bauphasen:

Bauphasen

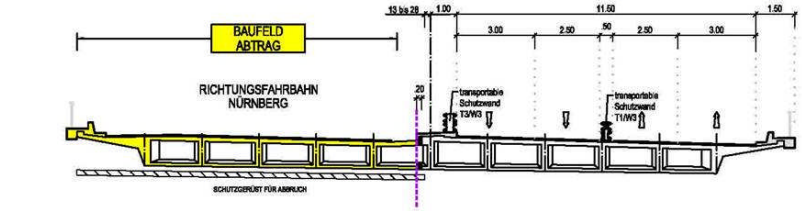
BESTAND



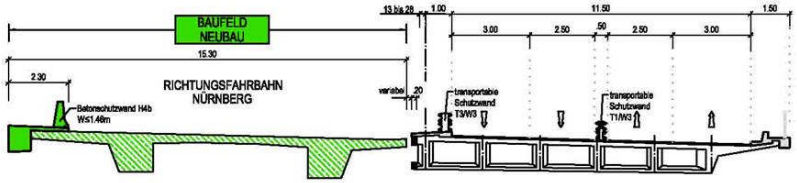
PHASE 1: Verkehrsführung 2+2/ Trennung Tragwerk Bestand — Mai 2007 - Oktober 2007



PHASE 2: Verkehrsführung 4+0/ Abbruch RFB Nürnberg — November 2007 - Oktober 2008



PHASE 3: Verkehrsführung 4+0/ Neubau RFB Nürnberg



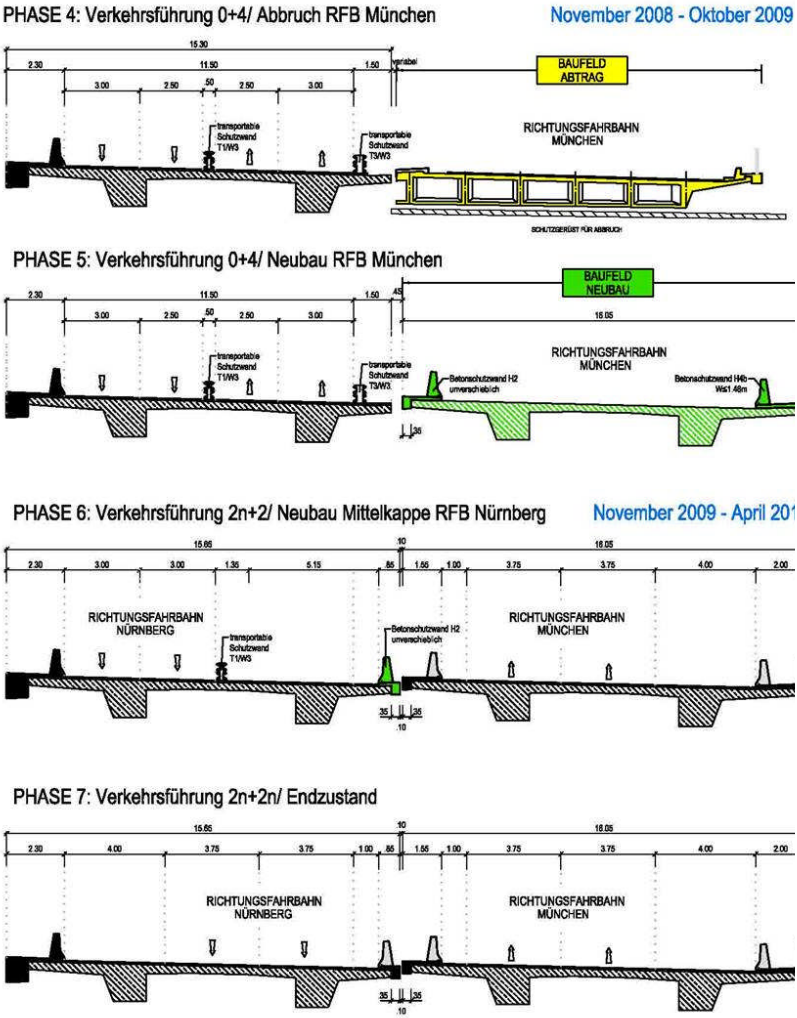


Bild 7. Bauphasen - Querschnitte

BESTAND: VORARBEITEN

Ungestörte Verkehrsführung 2n+ 2n.

Am Bestandstragwerk können, ohne Verkehrsbehinderungen auf der A 9, die Unterstellungsarbeiten an den Pfeilern und Querträgern begonnen werden. Das sind im Wesentlichen die Herstellung von Hilfsfundamenten und Hilfsstützen (siehe dazu Kapitel 4). Zusätzlich können Schutzgerüste über den bestehenden Verkehrswegen und die erforderlichen Traggerüste in den Feldern 1 und 2 errichtet werden.

Für die spätere 4+0 Verkehrsführung wird das Bestandstragwerk auf der Westseite in den Feldern 19 und 20 verbreitert. Dazu muss der Verkehr auf der Westseite zum Mittelstreifen hin verschwenkt werden, um ein ausreichendes Baufeld zu erhalten.

PHASE 1: TRENNUNG TRAGWERK BESTAND

Verkehrsführung 2 + 2 mit jeweils nach außen geschobenen Fahrstreifen.

In dieser Phase werden die kritischen Trennungsarbeiten in den Feldbereichen und die Trennung der Querträger durchgeführt.

PHASE 2: ABBRUCH RICHTUNGSFAHRBAHN NÜRNBERG (TRAGWERK OST)

Verkehrsführung 4 +0 mit eingeengten Fahrstreifen auf Bestandstragwerk West.

Der Rückbau erfolgt in zwei Abschnitten, Phase 2a und 2b, um die Auffahrt Ost so lange wie möglich für den Verkehr nutzen zu können.

PHASE 3: NEUBAU RICHTUNGSFAHRBAHN NÜRNBERG (NEUES TRAGWERK OST)

Verkehrsführung 4 +0 mit eingeengten Fahrstreifen auf Bestandstragwerk West.

Parallel zum Rückbau erfolgt der Neubau von Süden Richtung Norden.

Die Neubauarbeiten umfassen:

- Neubau Widerlager Süd und Nord (jeweils Osthälfte)
- Widerlager Ost
- Neubau Pfeiler mit Gründungen
- Neubau Tragwerk Ost ohne Mittelkappenausbildung
- Brückenausrüstung.

PHASEN 4/5: ABBRUCH/NEUBAU RICHTUNGSFAHRBAHN MÜNCHEN (TRAGWERK WEST)
Verkehrsführung 0 + 4 auf dem Tragwerk Ost.
Die Bauphasen 4/5 Rück- und Neubau Tragwerk West erfolgen analog den Bauphasen 2/3, jedoch mit Herstellung der Mittelkappe auf dem neuen Tragwerk West.

PHASE 6: NEUBAU MITTELKAPPE RICHTUNGSFAHRBAHN NÜRNBERG (NEUES TRAGWERK OST)
Verkehrsführung 2n + 2 mit eingeengten Fahrstreifen auf neuem Tragwerk Ost.
Baufeld auf Westseite des östlichen Überbaues.
Ergänzung der Mittelkappe am Tragwerk Ost und Ergänzung noch fehlender Brückenausrüstungen am Mittelstreifen.

FERTIGSTELLUNG
Verkehrsführung 2n + 2n auf neuem Gesamttragwerk.

4 Trennung des Tragwerkes in der Tragwerksmitte

Die Trennung des bestehenden Tragwerkes in ein Tragwerk "Ost" und ein Tragwerk "West" muss unter Aufrechterhaltung einer 4-spurigen Verkehrsführung erfolgen und stellt statisch und technisch eine große Herausforderung dar. Während am Tragwerk „Ost" nur eine relativ kurze Verkehrsphase verbleibt, muss das Tragwerk „West" den 4-spurigen Verkehr während der gesamten Bauzeit (Rückbau und Neubau) des Tragwerkes „Ost" übernehmen. Technisch zu lösen sind die Probleme bei der eigentlichen Tragwerkstrennung, lokale Schädigungen sollen möglichst vermieden werden, und die Aufrechterhaltung der Tragfähigkeit des Restragwerkes "West" für die 4+0 Verkehrsführung.

4.1 Statische Nachweise am getrennten Tragwerk

Bei den Nachweisen für die Tragfähigkeit am Resttragwerk ist die Entwicklung der Normenlage von großer Bedeutung. Bedingt durch das Baujahr der Brücke (1960) und die damalige Normenlage sind im gesamten Brückentragwerk nur sehr geringe Schlaffstahlmengen vorhanden. In Absprache mit dem Prüfingenieur wurde für die Nachweisführung auf die Normenlage der DIN-Fachberichte 2003 zurückgegriffen. Dies führt sowohl auf der Einwirkungsseite als auch beim Konzept der Nachweisführung zu, gegenüber der Bestandsstatik, stark unterschiedlichen Vorgaben und Nachweisführungen, bildet aber das Tragwerk im Grenzzustand der Traglast besser ab.

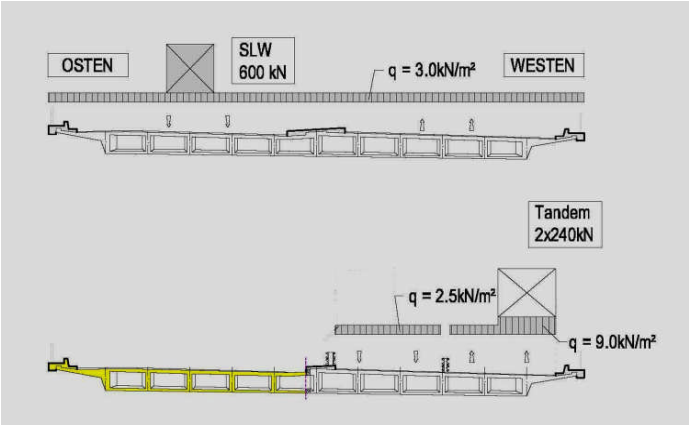


Bild 8. Einwirkungen nach DIN 1072 und DIN-Fachbericht 101

Allgemein wird im Rückbau auf eine reduzierte Nachweisführung zurückgegriffen. Einzelne im DIN-Fachbericht geforderte Nachweise sind am Bestand nicht zu führen. Dies wird begründet mit der nur mehr kurzen Restlebenszeit der bestehenden Brücke. Die Nachweisführung erforderte eine intensive Abstimmung und gute Zusammenarbeit mit dem Prüfingenieur, Herrn Prof. Dr.-Ing. Zilch, München.

4.1.1 Einwirkungen

Generell wird das Einwirkungsmodell nach DIN-Fachbericht 101 angewendet. Das Lastmodell 1 (LM1) mit 2x240 kN Tandem - ohne Tandem 2x160 kN - wird für die Tragsicherheitsnachweise und die erforderliche Untersuchungen der Gebrauchstauglichkeit verwendet. Der Entfall des Tandems 2x160 kN begründet sich durch das im Baustellenbereich verhängte generelle Überholverbot für LKWs aufgrund der geringen Breiten der jeweiligen Fahrstreifen (d. h. das Überholen ist tatsächlich nicht möglich). Für die Ermüdungsnachweise kommt das Lastmodell 3 nach DIN-Fachbericht zur Anwendung. Temperaturlasten werden mit einer gleichmäßigen Temperaturänderung und einem linearen

Temperaturunterschied zwischen Tragwerkoberseite und Tragwerkunterseite mit $\Delta T = +10$ Grad K bzw. –5 Grad K angesetzt. Teilsicherheitsbeiwerte und Einwirkungskombinationen werden nach den DIN-Fachberichten berücksichtigt.

4.1.2 Nachweisführung für das getrennte Tragwerk West

Nachweise der Tragsicherheit (ULS)
Bei der Fahrbahnplatte ist auch nach der Trennung die Tragsicherheit gegeben. Bei einzelnen Trennsituationen im Nordbereich der Brücke sind Endverankerungen für die vorhandene Fahrbahnplattenbewehrung aus glatten Rundstählen herzustellen. Dies bedingt eine Abtragsmethode, bei der die vorhandene Bewehrung erhalten bleibt.
Zum Nachweis der Tragsicherheit bei den Längs- und Querträgern sind Hilfsunterstellungen erforderlich. In allen Feldern werden zusätzliche Unterstellungen der Längsträger im Abstand von ca. 2,50 m bei allen Innenträgern und ca. 3,0 m bei den westlichen Randträgern, gemessen von der jeweiligen Stützenachse, im Feldinneren angeordnet. Diese Unterstellungen führen zu einer Reihe von statisch günstigen Einflüssen und werden bei der Nachweisführung berücksichtigt.
Diese günstigen Einflüsse sind bei den Längsträgern:

- Kleinere Schubeinwirkung, da die nachweisrelevanten kritischen Schnitte in das jeweilige Feld rücken.
- Vergrößerung des Querkraftwiderstandes durch die größere Neigung der Spannkabel im kritischen Schnitt.
- Verkleinerung der Momenteneinwirkung M_{sd} durch die Reduktion der Spannweite.
- Die Lage der Spannkabel im Bestand bleibt auch bei der geänderten Momentenlinie im günstigen Bereich und sie sind weiter voll wirksam. Störende Innenstützen sind nicht erforderlich.

Die Unterstellungen sind beim Trennen der Querträger zur Stabilisierung der Lage der getrennten Tragwerke erforderlich und ermöglichen den freien Zugang von unten zu den Querträgern bei den Trennarbeiten.

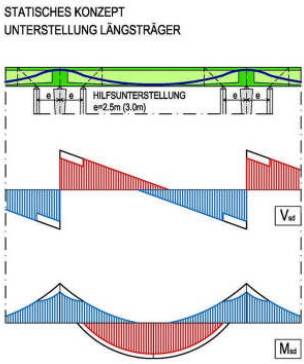


Bild 9. Unterstellung mit Pendelstützen, statisches Konzept

Beim Nachweis der Tragsicherheit der vorgespannten Längsträger kann der Nachweis eines ausreichenden Momentenwiderstandes $M_{sd} < M_{Rd}$, sowie der Nachweis eines ausreichenden Schubwiderstandes $V_{sd} < V_{Rd}$ durch die Anordnung der oben beschriebenen Unterstellungen in den meisten Feldern geführt werden. In Feldern mit Traggerüsten wird die Tragsicherheit durch die zusätzliche Unterstellungen erreicht. In den Feldern 1 und 2, im Bereich über dem Frankfurter Ring, werden neue Traggerüste eingebaut in den Feldern 12 und 13 sind Traggerüste bereits vorhanden.
Die Schubnachweise nach DIN-Fachbericht 102 erfolgen bei variabler Druckstrebenneigung mit abgeminderter Schubbewehrung. Dabei wird bei den Schubnachweisen die Bügelbewehrung im Anschnitt zur Bodenplatte mit 80% der vorhandenen Bewehrung angesetzt (Berücksichtigung der Korrosionsschäden laut Prüfberichten). Zusätzlich werden Nachweise mit fester Druckstrebenneigung geführt. Als feste Druckstrebenneigung wird cot $\theta = 2{,}0$ als Maximalwert angesetzt.

Zur zusätzlichen Feststellung kritischer Bereiche wird ergänzend die Druckstrebenneigung cot θ = 1,0 untersucht. In diesen Bereichen, ausschließlich bei den Innenträgern im Abstand von ca. 3,0 m bis 4,5 m von der Stützenachse im Feld, ist ein erhöhter Inspektionsbedarf während der restlichen Betriebsphase erforderlich, der im Rahmen des Monitoring des Bestandstragwerkes erfolgt.

In Stützennähe sind Bereiche mit sehr kleinem inneren Hebelarm (Abstand Druckkraft Beton zu Achse Spannkabel). In diesen Bereichen ist die Nachweisführung nach DIN-Fachbericht 102 nicht möglich. In Abstimmung mit den Prüfingenieuren wurden die Nachweise hier wie folgt geführt:

Nachweise in den kritischen Schnitten mit Nachweis der Spannungen unter Traglasteinwirkungen. Es werden die maximalen Randspannungen und die Hauptzugspannungen im Anschnitt Steg-Bodenplatte, Steg-Fahrbahnplatte und in der Schwerachse ermittelt. Bleiben auch unter Traglast die Zug- und die Hauptzugspannungen im Steg unter den zulässigen Zugspannungen f_{ctm} nach DIN-Fachbericht 102 kann die erforderliche Bügelbewehrung aus diesen Zugspannungen ermittelt werden.

Bei überdrückten Querschnitten kann ein alternatives Fachwerkmodell aus Druckkraft in Fahrbahnplatte und Steganteil oben und Druck in Bodenplatte und Steganteil unten modelliert werden. Für dieses Modell ergibt sich der innere Hebelarm für die weiteren Schubnachweise nach DIN-Fachbericht 102.

Die Tragsicherheit der Querträger ist durch das Unterstellen der Längsträger beidseitig der Querträger gegeben.

Nachweise der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit bei den Längsträgern werden infolge der kurzen Zeit der weiteren Verwendung der geteilten Tragwerke folgende Vereinfachungen vorgenommen:

- Der Nachweis der Rissweitenbeschränkung entfällt (nicht möglich).

- Der Nachweis unzulässiger Verformungen entfällt (nicht erforderlich da Bestand).
- Begrenzung der Spannungen nach Anforderungsklasse B, DIN-Fachbericht 102.
  Für Bereiche mit nicht erfülltem Nachweis, Begrenzung der Betonzugspannungen
  $\sigma_c < 0{,}85\ f_{ctm}$ unter der häufigen Lastfallkombination, wird ein Ermüdungsnachweis für den Spannstahl geführt. Der Nachweis auf Ermüdung wird beim außenliegenden Randträger erforderlich.

Beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit der Querträger wird wie folgt vorgegangen. Die Spannungen in den Randfasern im Rückbau der Querträger sollen zur Vermeidung von Rissen nicht die Spannungswerte am derzeitigen Bestand überschreiten. Diese Forderung bedingt ein abgestuftes Vorspannen der Unterstellungen mit hydraulischen Pressen vor Beginn der Trennarbeiten an den Querträgern.
Ermüdungsnachweise (FLS):
Der Nachweis auf Ermüdung wird beim westlichen Randträger G geführt. Durch die Anordnung der Hilfsunterstellungen kommt es bei Anwendung des Lastmodelles LM3 für Ermüdung zu keinen Zugspannungen im Beton. Damit ist der Ermüdungsnachweis für die Spannstähle erbracht.

4.1.3 Ergebnisse aus der Nachweisführung für das getrennte Tragwerk West

Um das Tragverhalten im Rückbauzustand zu untersuchen, werden die statischen Einflüsse der betroffenen Bauteile vorab für den Regelbereich im Süden, Feld 1 bis 10, untersucht und später bei der Gesamtberechnung mit Trägerrostsystem auf das restlichte Tragwerk erweitert. Vergleichend werden die Schnittkräfte aus BKL60 nach DIN 1072 (mit Gleichlast + 60 to SLW) und die Verkehrseinwirkungen nach DIN-Fachbericht 101

untersucht, wobei nur ein Tandem mit 2 x 240 kN Achslast angesetzt wird. Tandemachsen und die erhöhte Gleichlast der Hauptspur werden für jede Fahrrichtung und jede beliebige Spur untersucht. Das Bestandstragwerk zeichnet sich durch eine starke Querverteilung aus. Die Lasten der Hauptspur verteilen sich auf alle Längsträger. Nach Trennung der Tragwerke ist die Querverteilung des bestehenden Resttragwerkes durch die geringere Breite wesentlich ungünstiger. Einzelne Hauptträger erhalten erheblich höhere Lasteinwirkungen.

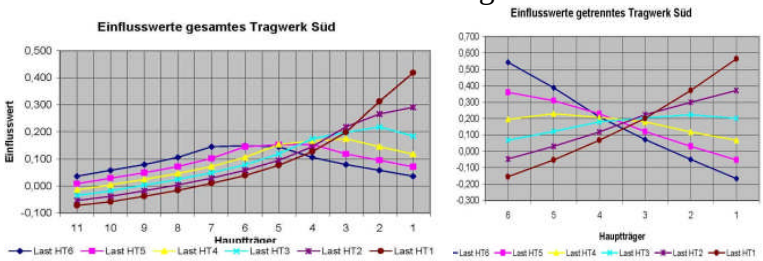


Bild 10. Einflusswerte aus Querverteilung Vergleich Bestand und getrenntes Tragwerk.

Ein Vergleich der Querverteilung zwischen dem Bestandstragwerk und dem getrennten Tragwerk „West“ mit Verkehrslasten nach DIN 1072, BKL60 ergibt folgendes Ergebnis:

	Tragwerk		Delta	Delta
	Gesamt	1/2 TW	M-1/2 / M-Ges	M-1/2 / M-Ges-Max-Innenträger
Hauptträger	M [kNm]	M [kNm]	[%]	[%]
1 / TW-Rand	1687,21	2014,90	119%	119%
2	1408,62	1513,23	107%	107%
3	1064,45	965,23	91%	69%
4	874,76	940,28	107%	67%
5	813,74	1204,09	148%	85%
6 / TW-Mitte	754,97	1506,54	200%	107%

Tabelle 1. Vergleich Momenteneinwirkungen in den Längsträgern

Ähnliche Ergebnisse ergeben sich auch bei Einwirkungen nach DIN-Fachbericht.
Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in den Längsträgern der getrennten Tragwerke Lasterhöhungen bis zu 20% auftreten, die aus der ungünstigeren Querverteilung und aus der Lasterhöhung beim Einwirkungsmodell nach DIN-Fachbericht resultieren. Diese Lasterhöhung ist auch beim tatsächlichen Verkehr zu erwarten.

4.2 Herstellen der Hilfsunterstellungen

Vor Beginn der Trennarbeiten werden die Hilfsunterstellungen beidseitig der Querträger eingebaut. Die Hilfsstützen sind jeweils als Pendelstützen konstruiert, und können so Längsverschiebungen des Tragwerkes aus Temperaturänderung ermöglichen. Je nach Situation der Unterstellmöglichkeiten und der Lage der kreuzenden Verkehrswege sind 2 Typen von Unterstellungen möglich:

1. Hilfsunterstellungen mit Pendelstützen
2. Hilfsunterstellungen mit Querrahmen und Pendelstützen

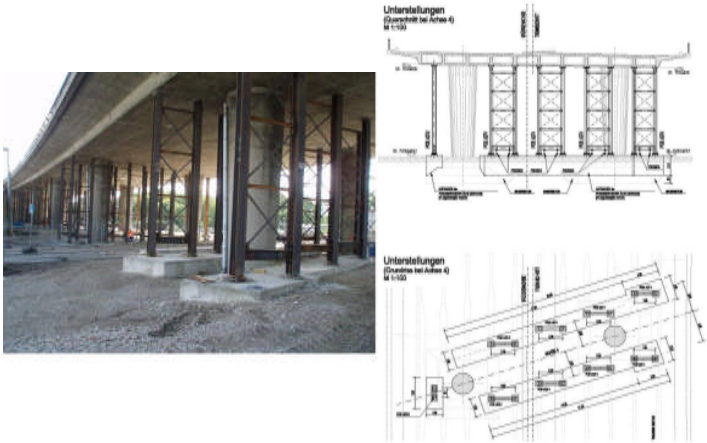


Bild 11.Hilfsunterstellung mit Pendelstützen

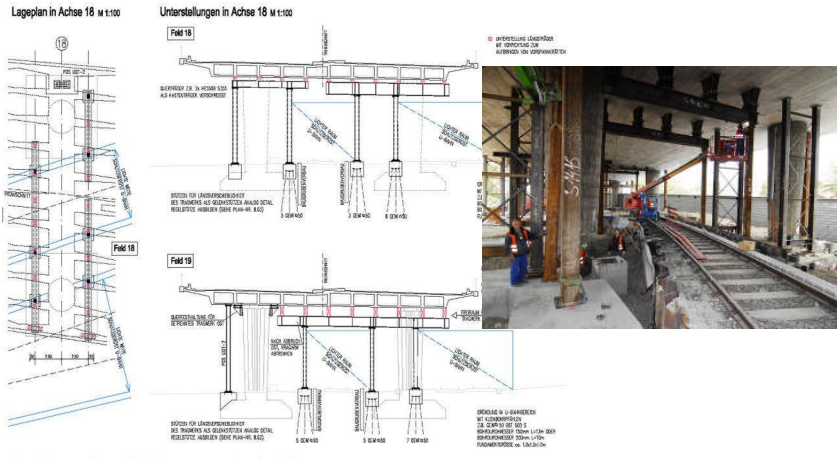


Bild 12. Hilfsunterstellung mit Querrahmen und Pendelstützen

Die Gründung der Hilfsunterstellung erfolgt auf Hilfsfundamenten, die gegen Setzungen möglichst unempfindlich ausgelegt wurden. Bei den Regelunterstellungen sind das Streifenfundamente, die sich auf die Bestandsfundamente abstützen. Im Nahbereich der U-Bahn und unter den Stützen der Querrahmen sind es Einzelfundamente mit Gründungen auf Kleinbohrpfählen.

4.3 Durchführung der Trennarbeiten

Die Trennung des Tragwerkes erfolgt grundsätzlich in zwei Arbeitsschritten. Im ersten Arbeitsschritt werden die Feldbereiche getrennt. Im zweiten Arbeitsschritt folgt die Trennung der Querträger. Da dieser Bauzustand kritisch für das Tragverhalten der Fahrbahnplatte im Bereich des Mittelträgers ist, wird der Trennschnitt mit den erforderlichen Umbauten bei einer 2 + 2 Verkehrsführung ohne LKW-Verkehr durchgeführt. Der Verkehr in Richtung München wird an den Tragwerksrand nach außen verlegt, der Verkehr Richtung Nürnberg etwas vom Ostrand eingerückt.

Die Trennarbeiten werden durch ein umfangreiches Messprogramm überwacht, um auf evtl. Verformungen sofort reagieren zu können.

4.3.1 Trennung des Tragwerkes in den Feldern zwischen den Querträgern

Die Trennung des Tragwerkes wird östlich des Mittelträgers durchgeführt. Nach teilweisem Vorabtrag der Mittelkappe erfolgt der Schnitt östlich der Plattenverstärkung durch die Fahrbahnplatte und die Bodenplatte. Die Bewehrung aus Rundstählen der Güte ST I und ST II ergibt Probleme bei der Schnittführung. Infolge des Trennschnittes werden teilweise die Endhaken der Plattenbewehrungen in Boden- und Fahrbahnplatte abgeschnitten. In der unten dargestellten Bewehrungsführung in den Regelbereichen ist eine direkte Schnittführung jedoch möglich. In Sonderbereichen ist keine ordnungsgemäße Verankerung nach derzeit gültigen Normen möglich. In diesen Bereichen muss die Verankerung der Bewehrungsstähle, insbesondere der unteren Lage der Fahrbahnplattenbewehrung durch konstruktive Maßnahmen hergestellt werden.

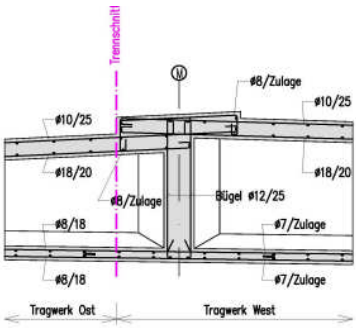


Bild 13. Bewehrungsführung Bestandstragwerk im Trennschnittbereich

Für den Trennvorgang können folgende Bereiche unterschieden werden:

Tragwerkstrennung Typ 1 - Einfacher Trennschnitt: Führung des Trennschnittes an der Querschnittsverstärkung der Fahrbahnplatte ohne weitere Maßnahmen. Endverankerung der Querbewehrung durch vorhandene Endhaken und Haftspannungen nach Eurocode. Dieser Trennschnitt kann in allen Regelbereichen angewendet werden.

Bild 14. Einfacher Trennschnitt mit Kreisäge

Tragwerkstrennung Typ 2 – Doppelter Trennschnitt: Ein doppelter Trennschnitt wird in Bereichen vorgesehen in denen die Tragwerksbewegungen zwischen Tragwerk „Ost“ und Tragwerk „West“ infolge der Abbruchrichtung gegenläufig sind. Diese Art des Trennschnittes kann aufgrund der Umstellung der Abbruchrichtung im Rahmen der Ausführung entfallen. Der Auftragnehmer verwendet diesen Typ jedoch bei der Trennung der Fahrbahnplatte, um die Zugänglichkeit zum Schneiden der Bodenplatte zu ermöglichen.

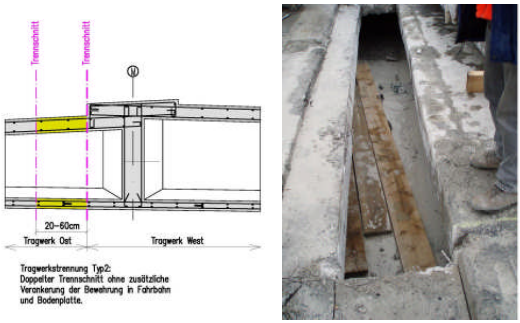


Bild 15. Doppelter Trennschnitt mit Kreissäge

Tragwerkstrennung Typ 3 – HDW-Abtrag: Hier erfolgt der Abtrag unter Erhalt der Bewehrung auf b = 20 cm bis 60 cm mit anschließenden Abbiegen der Bewehrung zu Endhaken und Einbetonieren auf eine Breite von ca. 20 cm. Dieser Typ der Tragwerkstrennung ist in allen Sonderbereichen erforderlich.
Dies sind:

- Bereiche mit Längsträgerverzweigungen in der Schnittfuge
- Bereiche mit ungenügender Verankerung der Bewehrungslagen der Fahrbahnplatte. Dies sind Bereiche im Nordteil der Brücke mit sich verzweigenden und aufweitenden Längsträgern. Der Trennschnitt kann nicht mehr am Kappenrand geführt werden.

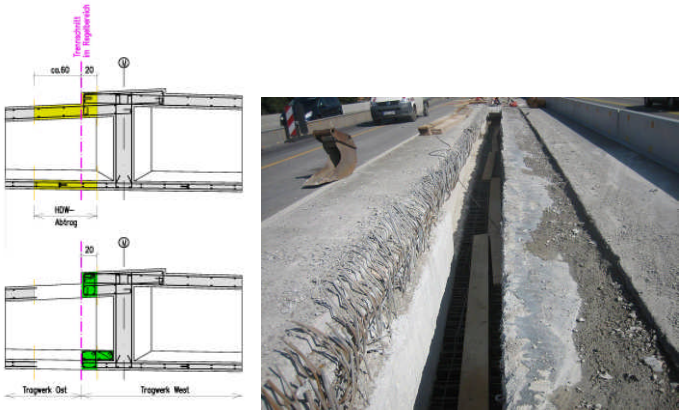


Bild 16. Trennschnitt mit HDW-Abtrag

4.3.2 Trennung der Querträger.

Beim Rückbau müssen die vorgespannten Querträger östlich vom Mittelträger M getrennt werden. Die Vorspannungen besteht aus bis zu 32 Spannkabeln mit einer Vorspannkraft bis zu 32 MN. Diese Trennung bewirkt einen massiven Eingriff in das statische Tragsystem des gesamten Überbaues und bedarf einer Reihe

statisch konstruktiver Überlegungen, die in der Folge beschrieben werden. Aufgrund der durch die Verkehrsführung auf der Tragwerksaußenseite minimierten, aber trotzdem vorhanden Restrisiken dieser Baumaßnahme werden die Trennarbeiten nur an den Wochenenden und ohne schweren Lkw-Verkehr durchgeführt. Zusätzlich wird eine kurzfristige Sperrmöglichkeit für den Verkehr auf der Autobahn vorgesehen.

Bauablauf bei der Trennschnittführung im Querträger:

Nach der Herstellung der Hilfsunterstellung der innenliegenden Längsträger müssen die Unterstellungen auf genau vorgegebene Kräfte, das sind Pressenkräfte zwischen 50 und 1500 kN je Einzelstütze, angepresst werden. Für die Festlegung der Pressenkraft in der Unterstellung sind folgende Kriterien maßgebend:

- Die Betonrandspannungen auf Zug sollen sich gegenüber dem derzeitigen Zustand nicht verschlechtern.
- Die Betondruckspannungen sollen die zulässigen Werte des DIN-Fachberichtes 102 nicht überschreiten.
- Nach der Trennung sollen nur geringe relative Vertikalverformungen der getrennten Tragwerke auftreten.

Folgende Voruntersuchung wurde vor Beginn der Trennarbeiten durchgeführt:

- Überprüfen der Lage der vorhandenen Schlaffstahlbewehrung, insbesondere der Bügelbewehrung im Bereich der mittleren Träger mit Suchschlitzen.
- Überprüfung der Lage der Spannstähle im Bereich des späteren Trennschnittes durch Anbohren und Suchschlitz.

Weitere Maßnahmen bei eingeschränktem Verkehr ohne LKW-Belastung > 7,5to.

- Vorspannen der Unterstellung und anschließendes Auskeilen am Fußpunkt. Fixierung der Auskeilung durch Schweißung und Freigeben der drehbaren Lagerung in den Anschlüssen der Hilfsstütze unten und oben durch Lösen der Montagefixierung.

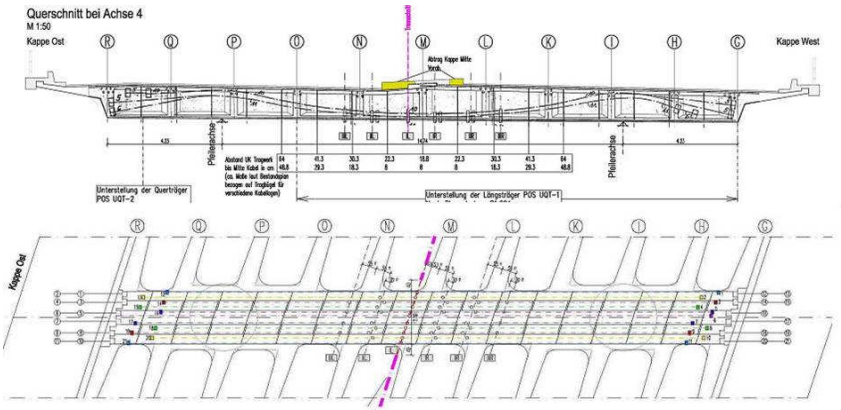


Bild 17. Trennung Querträger Übersicht

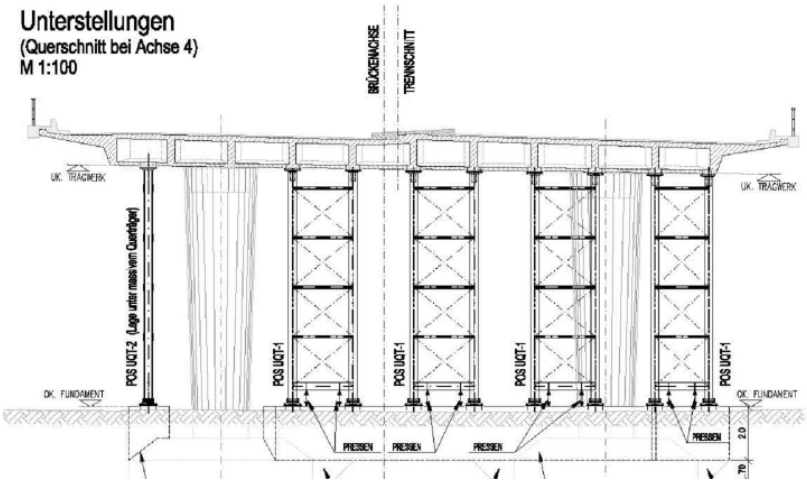
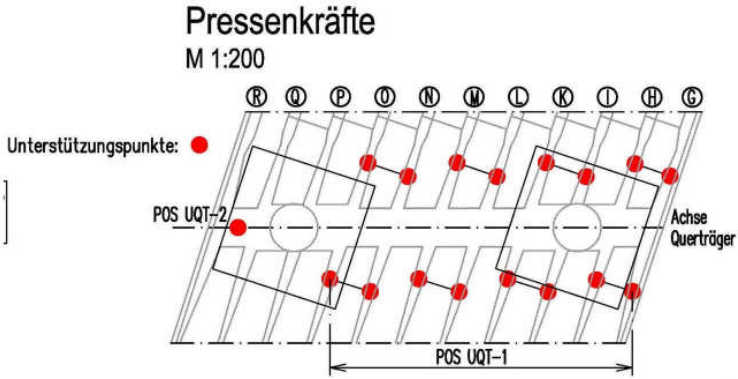


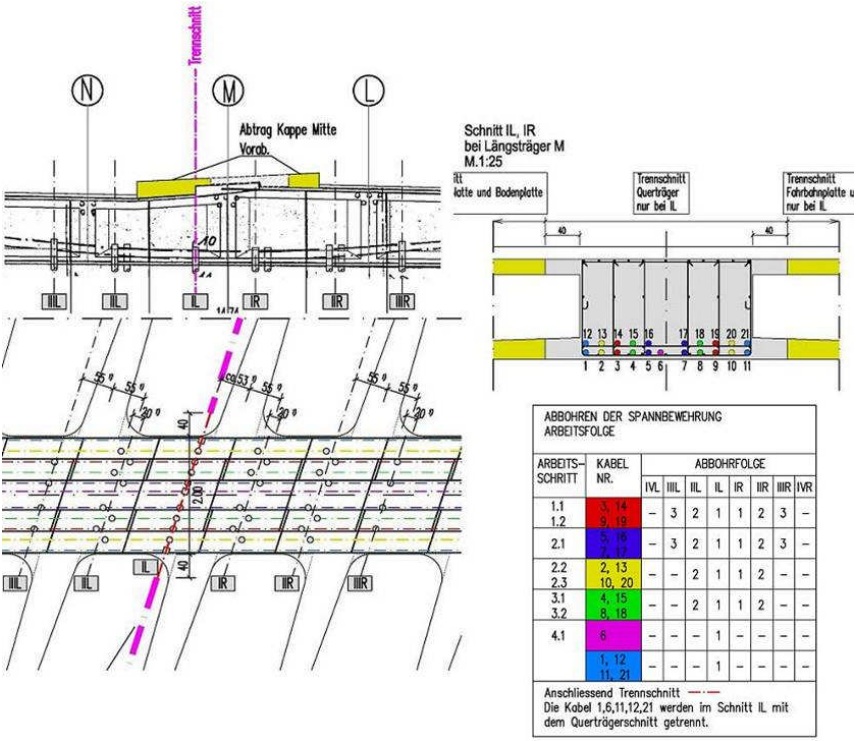
Bild 18. Unterstellung Querträger mit Pressenansatzpunkt



Pressenkräfte Unterstellung									
Träger	R	O	N	M	L	K	I	H	G
Anpressenkraft je Unterstützungspunkt in [kN]	1500	500	400	50	50	150	150	250	400
Max. Pressenkraft *) je Unterstützungspunkt in [kN]	2x1000	← je 1000 kN →							
POS	UQT–2	UQT–1							

Bild 19. Pressenkräfte Unterstellung

- Abbohren der Spannkabel unten im mittleren Bereich des Querträgers.
  Die Kabel werden einzeln bzw. in 2er Gruppen zur Minimierung plötzlich auftretender Spaltzugkräfte aus Kabelentlastung im Pilgerschritt nach genauer Vorgabe abgebohrt. Das Abbohren erfolgt jeweils beidseitig der Längsträgerstege.



ABBOHREN DER SPANNBEWEHRUNG
ARBEITSFOLGE

ARBEITS-SCHRITT	KABEL NR.	ABBOHRFOLGE						
		IVL	IIIL	IIL	IL	IR	IIR	IIIR	IVR
1.1 1.2	3, 14 9, 19	–	3	2	1	1	2	3	–
2.1	5, 16 7, 17	–	3	2	1	1	2	3	–
2.2 2.3	2, 13 10, 20	–	–	2	1	1	2	–	–
3.1 3.2	4, 15 8, 18	–	–	2	1	1	2	–	–
4.1	6	–	–	–	1	–	–	–	–
	1, 12 11, 21	–	–	–	1	–	–	–	–

Anschliessend Trennschnitt —·—
Die Kabel 1,6,11,12,21 werden im Schnitt IL mit dem Querträgerschnitt getrennt.

Bild 20. Abbohren der Spannkabel im Querträger, Detailausschnitte und Abbohrtabelle

Bild 21. Abgebohrte Spannkabel im Querträger

- Durchführung des Trennschnittes mit Seilsäge östlich vom Mittellängsträger.

Bild 22. Trennschnitt Querträger mit Seilsäge

- Die Sanierung evtl. aufgetretener Risse in der Betondruckzone der Längsträger (Risse aus nicht vorhandener Spaltzugbewehrung.) ist notwendig für die Tragwirkung beim 0+4 Verkehr. Diese Arbeiten wurden bis heute nicht erforderlich, da keine außergewöhnlichen Rissbilder auftraten. Die Druckbereiche der Längsträger blieben voll funktionstüchtig und ohne Risse.

Bild 23. Getrenntes Tragwerk

5 Bisher durchgeführte Arbeiten

Außer den bereits beschriebenen Arbeiten mussten noch folgende Leistungen erbracht werden:

5.1 Anpassungen der Sparten

Für die neuen Standorte der Stützen und der Hilfsunterstützungen müssen eine Vielzahl von Leitungen - wie dies für eine Brücke im städtischen Umfeld üblich ist - verlegt werden.

Bild 24. Anpassung der Sparten

5.2 Herstellung der Schutz- und Traggerüste

Alle kreuzenden Verkehrswege werden durch Schutzgerüste bzw. -einhausungen geschützt. Besonders aufwändig sind die Arbeiten im Bereich des DB-Nordrings und der U-Bahn. Während das Schutzgerüst über den DB-Gleisen im Rahmen einer Vollsperrung über Pfingsten 2007 hergestellt wurde, müssen die Arbeiten im Bereich der U-Bahn nachts in den Betriebspausen

ausgeführt werden. Nach Fertigstellung der Schutzeinhausungen sind die weiteren Arbeiten unabhängig vom Bahn- bzw. U-Bahn-Verkehr durchführbar.

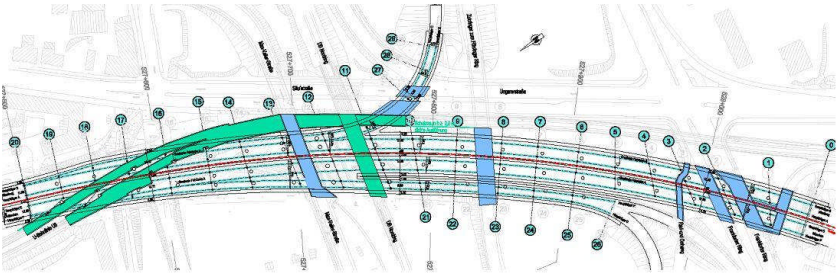


Bild 25. Übersicht Schutzgerüste

Schutzgerüste DB-Nordring

Bild 26. Schutzgerüst DB-Nordring

Die Schutzgerüste im Bereich des DB-Nordrings werden statisch so bemessen, dass sie gleichzeitig als Abbruchgerüste verwendet werden können. Im Gegensatz dazu sind im Bereich der U-Bahn zusätzlich zu den Schutzeinrichtungen weitere Abbruchgerüste zu erstellen.

5.3 Herstellung der nördlichen Verbreiterung

Die Fahrbahnbreite auf dem Resttragwerk "West" ist beim nördlichen Widerlager für die 4-spurige Verkehrsführung nicht ausreichend. Als Vorabmaßnahme muss daher das Bestandstragwerk auf der Westseite entsprechend verbreitert werden. Dies geschieht durch einen Teilabbruch der Fahrbahnplatte und durch Ergänzung des Querschnitts mit einer Verbundträgerkonstruktion und aufbetonierter Fahrbahnplatte.

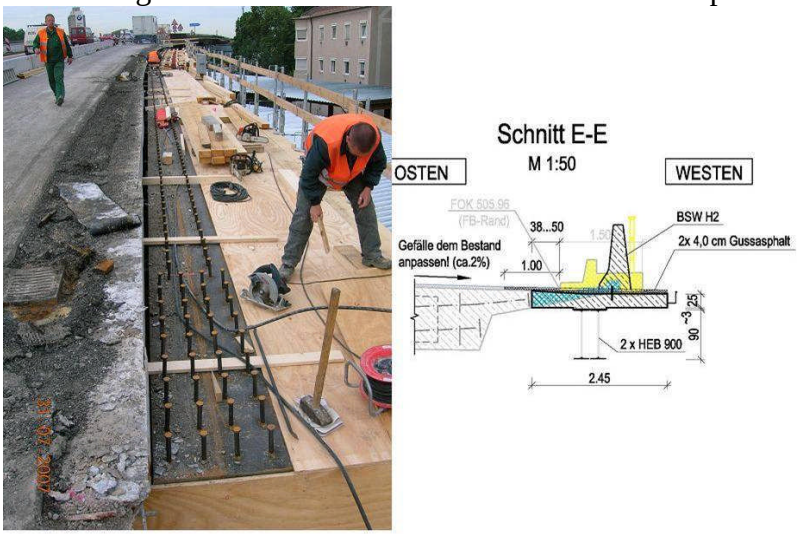


Bild 27. Nördliche Verbreiterung

5.4 Abtrag des Bestandstragwerkes Richtungsfahrbahn Nürnberg (Tragwerk Ost)

Der Abtrag des Bestandstragwerkes begann wie in Kapitel 3 beschrieben beim Widerlager Süd im November 2007. Dazu werden Abbruchgerüste vollflächig unter die abzubrechenden Felder eingebaut. Der Abbruch erfolgt mit Betonscheren und Abbruchmeißeln. Die Abbrucharbeiten für die Ostseite incl. der Rampen wurden im Juli 2008 abgeschlossen.

6 Neubau

Für den Neubau der Hochbrücke kommt ein Nebenangebot der Firma Dywidag als Spannbetonplattenbalken zur Ausführung, das in der äußeren Form der ausgeschriebenen Stahlverbundkonstruktion entspricht.
Der Bauentwurf sieht folgende Hauptelemente vor:

- Unterbauten als Stützenreihen mit runden Einzelstützen
- Kastenförmige Widerlager
- Zwei Überbauten als Spannbetonplattenbalken, die durch eine Fuge auf ganzer Länge getrennt ausgeführt werden
- Lärmschutzwände als transparente Stahl-Glaskonstruktion mit hochabsorbierenden Lamellen.

Die Länge und Gliederung der neuen Brücke lehnt sich an das bestehende Bauwerk an. Sie ist ebenfalls als 586 m langer Durchlaufträger über 20 Felder geplant.
Als wirtschaftlichste Gründung für die Stützen erwies sich aufgrund der Vielzahl der kreuzenden Verkehrswege und Sparten und der damit verbundenen beengten Platzverhältnisse eine Tiefgründung mit einem Ortbetonbohrpfahl ∅ 150 cm pro Stütze im Regelbereich. Die schlanken Stützen ∅ 120 bzw. 150 cm sind biegesteif mit der Gründung verbunden.
Während die Widerlager Süd, West und Ost flach gegründet werden können, muss das Widerlager Nord zur Vermeidung von zusätzlichen Belastungen auf einem unter dem Widerlager querenden Abwasserkanal mittels Bohrpfählen tief gegründet werden.

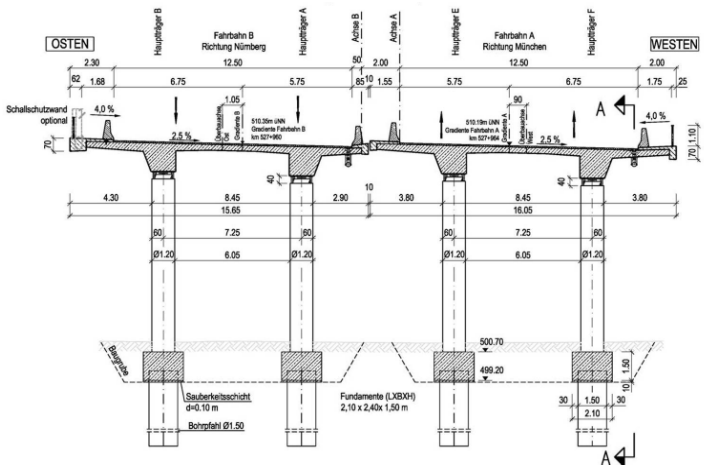


Bild 28. Neuer Regelquerschnitt

Die beiden Brückenüberbauten werden in den Regelbereichen als zweistegige Spannbetonplattenbalken ausgeführt, die sich im Bereich der Anschlussstellenäste auf einen drei- bzw. vierstegigen Plattenbalken aufweiten. Die Bauwerksbreite zwischen den Geländern variiert zwischen 29,48 m und 50,20 m. Bei einer Konstruktionshöhe von nur 1,50 m und einer maximalen Stützweite von 38,72 m ergibt sich eine leicht wirkende Gesamtkonstruktion. Die Auflagerung des Überbaus erfolgt über Kalottenlager auf den Unterbauten. Der Festpunkt liegt etwa in Brückenmitte. Die Fahrbahnübergänge werden als lärmmindernde Lamellenkonstruktionen ausgeführt.

An den beiden Außenrändern der nördlichen Brückenhälfte schützen 2,0 bis 8,0 m hohe Lärmschutzwände auf den Brückenkappen die Anwohner vor dem Verkehrslärm. Die Konstruktion besteht aus geschweißten Stahlpfosten im Abstand von 2,32 m und einer außen vorgehängten, transparenten, punktgehaltenen Acrylglasfassade. Zur Vermeidung von Mehrfachreflexionen sind auf der Wandinnenseite zusätzlich horizontal hochabsorbierende Lamellenflügel aus Stahlkästen vorgesehen.

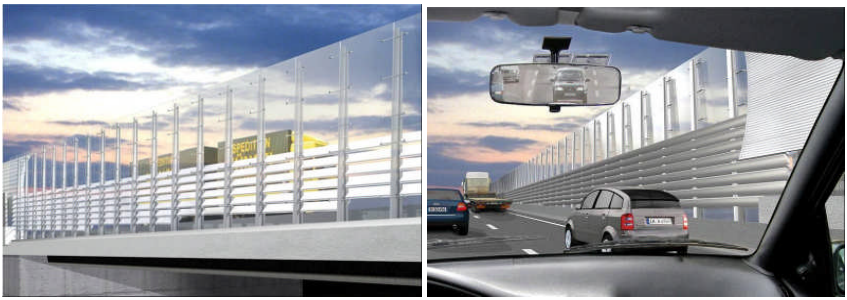


Bild 29. Lärmschutz

Herstellung der Hauptüberbauten erfolgt mit einer oben liegenden Vorschubrüstung.

Der Vorteil dieser Rüstung liegt darin, dass der Verkehrsraum unter der Brücke nicht beeinträchtigt wird. Nachteile dieser Rüstung sind die große Zahl von Abhängungen für die Schalung und die Abstützung der Vorschubrüstungen am Kopf, die durch den Überbau geführt werden müssen.

Bild 30. Vorschubrüstung

Der Aufbau der Vorschubrüstung erwies sich deutlich aufwändiger als geplant. Die Herstellung des Überbaues der Hauptfahrbahn Ost erfolgt von Süden nach Norden. Der ab dem 2. Feld von der Firma geplante Wochentakt pro Überbaufeld wurde leider nicht erreicht, da durch die Vielzahl der Abhängungen die Arbeiten (Bewehren, Verlegen der Vorspannung) erheblich erschwert werden.

Die Überbauten in den Rampenbereichen werden auf einem Lehrgerüst gebaut.

Im Mai 2009 konnte der östliche Überbau fertig gestellt und der Verkehr für die Bauphase 4/5 umgelegt werden.

Seit dem 17. August 2009 ist auch die westliche Abfahrtsrampe außer Betrieb und die Arbeiten für den neuen westlichen Überbau sollen bis zum Herbst 2010 abgeschlossen werden.

Der Fortschritt der Baumaßnahme kann im Internet unter **www.a9.hochbruecke.de** beobachtet werden.

Bild 31. Animation der neuen Hochbrücke Freimann

7 Literatur

[1] Schmerber, Luitpold, Winter Knut:
Hochbrücke im Zuge der Bundesautobahn Berlin – München in München Freimann. Die Bautechnik, Heft 5, Seite 168 - 178, Mai 1959

[2] Eröffnungsheft der Autobahneinführung München-Nord und der Staatsstraße Freimann - Unterföhring , Autobahnamt München, Straßenbauamt München, Juli 1960

Bauwerksdaten

Gesamtlänge 586 m
Gesamtfläche 22.950 m²
2 getrennte Brückenüberbauten
Anschlussstelle auf dem Bauwerk

Baustoffe

Bohrpfähle, Stahlbeton C 30/37
Widerlager, Stahlbeton C 30/37
Pfeiler, Stahlbeton C 45/55
Überbau, Spannbeton C 40/50
Betonstahl BSt 500 S
Spannstahl St 1570/1770
Baustahl S 235/S 355

Leistungen

Unterbauten

Bohrpfähle

Bautermine

Gesamtbauzeit

Mai 2007 bis Herbst 2010

Bauphasen

- Trennung des Überbaus: Mai 2007 bis Oktober 2007
- Fahrbahn Richtung Nürnberg: November 2007 bis Mai 2009
- Fahrbahn Richtung München: Juni 2009 bis Sommer 2010
- Fertigstellung Mittelstreifen: Herbst 2010

Baukosten

Gesamtkosten 37 Mio. €
davon Rückbau 7 Mio. €
davon Neubau

Entwurfsverfasser im Auftrag der

Autobahndirektion Südbayern

Planungsgemeinschaft Wisserodt / Baumann & Obholzer
Ridlerstraße 31 a, 80339 München

Bauausführung

Dywidag Bau GmbH - Niederlassung Nürnberg Brückenbau
Wörnitzstr. 115 a, 90027 Nürnberg

Tragwerksplaner

Tragwerkstrennung

Planungsgemeinschaft Wisserodt / Baumann & Obholzer

(L = 14 bis 22 m)	134 Stück
Pfeiler	100 Stück, 1.010 m³
Widerlager	4 Stück, 1.920 m³
Betonstahl	890 t

Überbauten

Spannbeton	14.500 m³
Kappenbeton	1.400 m³
Betonstahl	1.870 t
Spannstahl	410 t
Fahrbahnbelag	17.000 m²
Lärmschutzwand	2.650 m²

Rückbau

Provisorische Unterstützungen	755 t
Einhausungen	7.360 m²
Abbruchgerüste	20.200 m²
Abbruch	16.000 m³

28 Mio. €

Umleitungsstrecke

2 Mio. €

Beteiligte

Bauherr:

Bundesrepublik Deutschland
Der Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Auftragsverwaltung:

Freistaat Bayern,
Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern

Baubehörde:

Autobahndirektion Südbayern
Seidlstraße 7 - 11,
80335 München

Ridlerstraße 31 a,
80339 München

Neubau und Baubehelfe

Schneider & Partner Ingenieur-Consult GmbH
Ruppenweg 24,
96317 Kronach

Prüfingenieur

Prof. Dr. Konrad Zilch
Lindwurmstraße 129a,
80337 München

Bauüberwachung

Autobahndirektion Südbayern - Dienststelle München
Bahnhofstraße 23,
82216 Maisach

München, 2009. szeptember

Dr.-Ing. Uwe Willberg,
Autobahndirektion Südbayern, München
Dipl.-Ing. Dr. techn. Anton Obholzer,
Baumann & Obholzer, Ziviltechniker GmbH, Innsbruck
Dipl.-Ing. Stephan Geuder,
Autobahndirektion Südbayern, München
Dipl.-Ing. Kathrin Fiedler,
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin

A HÍDÉPÍTÉS ANYAGAI ÉS TECHNOLÓGIÁI AZ ELMÚLT 50 ÉVBEN

Dr. Balázs L. György – Dr. Lublóy Éva
tanszékvezető egyetemi tanár - adjunktus
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, tanszékvezető
1521 Budapest

1. TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

Akadályok áthidalása már régóta foglakoztatta őseinket miközben a természet maga is létrehozott átkelőket (1. ábra). Kezdetben csupán a vízbe vagy szakadékba dőlt fákat használták föl csupán. Új anyagok megjelenése újabb és újabb kihívásokat jelentett egyre nagyobb fesztávok áthidalására.

A régi rómaiak igyekeztek tartós anyagokból építkezni. Hídjaik és útjaik ezért jórészt kőből készültek. A kő kiváló építőanyag a nyomott ívek kialakításához. A követ egyes országokban az égetett agyag váltotta föl, amiből a kőhidakhoz hasonló, ívhidakat lehetett készíteni mind közúti, mind vasúti forgalom számára.

1. ábra Vulkanikus eredetű ív

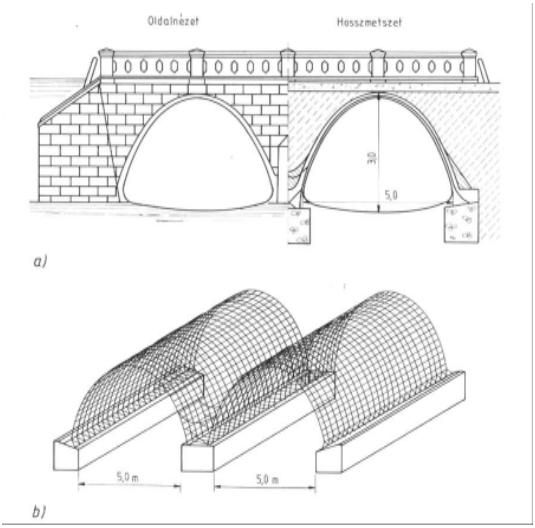
A fa mindig is a hídépítés kedvelt anyaga volt. főként hajlított-húzott elemként, azaz gerendaként egyre tudatosabban alkalmazták. A 2. ábra mutatja a világon legősibbnek feltételezett fa gerenda hidat Mexikóból. Mai alkalmazásban találhatunk rácsos fa tartókat is. Gyalogos forgalom lebonyolításán túl esetenként kis intenzitású közúti forgalom átbocsájtására is használják (pl. Ausztriában).

2. ábra: Legősibbnek tekintett fa gerendahíd Mexikóból

Az ipari forradalommal nagy lendületet kapott a vasútépítés és ezzel egyidejűleg a vas hidak építése is. Az öntöttvasat később felváltották kisebb széntartalmú acél. A Hídépítés történetében még az indák, azaz a nagy húzószilárdságú, hajlékony elemek töltöttek be fontos szerepet a kábelhidak legfontosabb elemek elődjeként. A 3. ábrán egy több száz évvel ezelőtt kialakult teljes mértékben növényi rostokból készült híd képét láthatjuk, amit hagyományőrzésként az indián közösség minden évben nagy ünnepségsorozat közepette újraépít (és lebont).

3. ábra Indákból épült függőhíd, Mexikó

A vasbeton megjelenése hídépítési szabadalmak sorát eredményezte világszerte és elkezdődött az egyre nagyobb fesztávolságú és egyre összetettebb vasbetonhidak építése a XIX. század végén. A 4. ábra a Solton 1889-ban megépült Monier rendszerű vasbeton híd rajzát mutatja. A XX. század során a hídépítés technológiája és anyagai folyamatosan fejlődtek.



4. ábra: Monier rendszerű vasbetonhíd Solton (épült 1889), (Balázs, 1995)

Jelen cikk keretein belül elsősorban, de nem kizárólagosan a beton hidak anyagainak fejlődésével tudunk foglalkozni.

2. ACÉL HIDAK ANYAGAINAK FEJLŐDÉSE

Az acélhidak korai fázisában felhasznált öntöttvasat követte az acél, aminek széntartalma jóval 2, 06 m% alatt van. Kapcsolatok készítéséhez szögecs helyett egyre inkább előtérbe került a hegesztés és az NF csavaros kötés.

Napjainkban az öntöttvas modern változata – amely már jóval kevesebb légzárványt tartalmaz – újraéledt, és felhasználják komplikált csomópontok kialakításához. Ilyen például a stuttgarti Kaltentahl-híd, ami egybe betonozott vasbeton pályalemezét acél oszlopokból elágazó ágak tartják, amelyek öntöttvas csomópontba futnak össze.

3. BETON HIDAK ANYAGAINAK FEJLŐDÉSE

3.1 Betonok a szabályzatokban

A) Az **1910. évi Szabályrendelet** a közúti hidak tervezéséről, forgalomba helyezéséről, próbaterheléséről és időszakos vizsgálatáról (Közúti hídszabályzat, kiadta a közlekedésügyi magyar kir. miniszter 1910-ben 33.043 sz. alatt) már szabályozta a minimális cement mennyiségét.

B) Az **1950 évi Ideiglenes Közúti Hídszabályzat** (kiadta a közlekedési és postaügyi miniszter 7685/8/1950-IX/2 sz. rendeletével) előírást tartalmazott a minimális (250 kg/m^3) és maximális (300 kg/m^3) cementadagolásra (előregyártott elemek maximum 400 kg/m^3). A halamzsűrűségre vonatkozóan az 1. táblázat szerinti értékeket tartalmazza. Vasbeton szerkezetekhez általában 220 vagy 300 kg/cm^2 megkívánt 28 napos kockaszilárdságú beton alkalmazandó. Ha a beton keverése géppel történt és bedolgozásának egyenletessége biztosítva van, továbbá a betonozás az építtető szakmegbízottjának állandó helyszíni irányítása és ellenőrzése alatt áll, akkor a beton határfeszültségei a következők szerint voltak számításba veendők.

1. táblázat: Beton határfeszültségek az 1950. évi Ideiglenes Közúti Hídszabályzatból

Igénybevételi eset	**B 220** kg/cm^2	**B 300** kg/cm^2	**B 400** kg/cm^2
1. *Központos nyomásra*	95	115	140
2. *Hajlításból vagy külpontos erőből származó nyomásra:* a) a **rugalmasságtan** elvein alapuló számítás esetén • négyszög szelvényekben	130	155	185
• T szelvényekben	105	130	155
b) a **képlékenységtan** elvén alapuló számítás esetén bármely szelvényben	95	115	140

C) Az **1956. évi Közúti Hídszabályzat** (alkalmazását a közlekedés és postaügyi miniszter 36/1956. (Közl. Ért. 12) KPM. sz. miniszteri utasítással szakmai szabványként - a „Feszített szerkezetek” és az „Előregyártott szerkezetek” c. fejezetek kivételével – kötelezően elrendelte) által megadott számításba vehető beton határfeszültségeket a beton 28 napos kockaszilárdságára vonatkozóan 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Beton határfeszültségek az 1956. évi Közúti Hídszabályzatból

Igénybevételi mód	Határfeszültség (kg/cm^2), ha a beton minősége			
	B 140	**B 200**	**B 280**	**B 400**
Bármilyen igénybevételből származó nyomásra	65	90	115	140
	(-)	(105)	(130)	(160)

Előrefeszített betonszerkezetekhez legalább 400 kg/cm^2, utófeszített szerkezetekhez pedig legalább 280 kg/cm^2 28 napos kockaszilárdságú betont kellett előírni.

A beton számításba vehető határfeszültségeit feszített betonszerkezetekben a 28 napos kockaszilárdságtól és a kivitel módjától függően a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Beton határfeszültségek feszített vasbetonszerkezetek esetén az 1956. évi Közúti Hídszabályzatból

Igénybevételi mód	Határfeszültség (kg/cm^2), ha a beton minősége		
	B 280	**B 400**	**B 560**
Bármilyen igénybevételből származó nyomásra: • helyszínen készült szerkezetek esetében • gyári úton előállított szerkezetek esetében	115	140	180

D) Az **1967. évi Közúti Hídszabályzat** (a Közúti Hídszabályzat kötelező alkalmazását a közlekedés- és postaügyi miniszter a 23./1967. (Közl. Ért. 23.) KPM sz. miniszteri utasítással rendelte el) A betonok határfeszültségeit a 4. és 5. táblázat tartalmazza. A

felszerkezet előregyártott vasbeton elemeihez legalább B 280, gyárilag előállított vasbeton elemeihez pedig legalább B 400 minőségű betont kell alkalmazni. Helyszínen előregyártott elemeknél B 400 vagy annál jobb, gyárilag előállított elemeknél pedig B 560, vagy annál jobb minőségű beton csak a KPM engedélyével volt előírható. Vasbeton szerkezetekben alkalmazható legkisebb cementadagolás kész beton köbméterenként:

- 600-as cementből 225 kg
- 500-as cementből 250 kg.

4. táblázat: Vasbetonszerkezetek betonosztályának határfeszültségei az 1967. évi Közúti Hídszabályzatból

Igénybevételi mód	Határfeszültség (kg/cm^2), ha a beton minősége			
	B 140	**B 200**	**B 280**	**B 400**
Bármilyen igénybevételből származó nyomásra (σ_{bH})	60	80	110	160

5. táblázat: Feszített vasbetonszerkezetek betonosztályának határfeszültségei az 1967. évi Közúti Hídszabályzatból

Vizsgálat	Igénybevétel módja	**Megengedett** feszültség ha a betonminőség		
		B 280	**B 400**	**B 560**
Feszítés	nyomás	120	175	240
Használat közben	nyomás	110	160	220

E) A Magyar Népköztársaság Közlekedési Ágazati Szabályzata **MSz 07-3709-87** számmal 1988. január 1-én lépett életbe „Beton, vasbeton és feszített vasbeton közúti tervezése” címmel.

6. táblázat: Az MSz 07-3709-87 határfeszültségei vasbeton szerkezetekhez

A beton nyomószilárdsági osztálya	**C10**	**C12**	**C16**	**C20**	**C25**	**C30**	**C35**
Minősítési értékek R_{bn} N/mm^2	10	12	16	20	25	30	35
Határfeszültség nyomásra σ_{bH} N/mm^2	7,5	9,0	12	15	17,5	20,5	23,5

7. táblázat: Az MSz 07-3709-87 határfeszültségei feszített vasbeton szerkezetekhez

A beton nyomószilárdsági osztálya	**C16**	**C20**	**C25**	**C30**	**C35**
Minősítési értékek R_{bn} N/mm^2	16	20	25	30	35
Feszítéskor nyomás	12,5	15,6	18,3	21,4	24,5
Használat közben nyomás	11,4	14,2	16,6	19,5	22,3

F) A **Magyar Útügyi Társaság** 2001-től Útügyi műszaki előírások formájában jelentette meg a Közúti hidak tervezési előírásait" Beton vasbeton és feszített vasbeton közúti hidak tervezése" címmel és az ÚT 2-3.4.14.2001 majd 2004 számot viselte.

A közúti hídszerkezetekben alkalmazható minimális betonosztályokat következőképpen adta meg:

- betonszerkezetek

  C 16/20

- vasbeton szerkezetek

  C 20/25

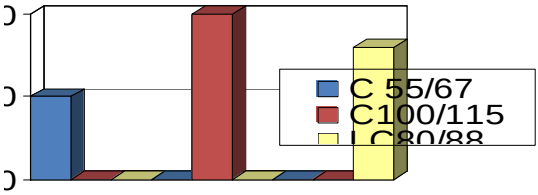
- feszített vasbeton szerkezetek

  C 35/45

Az előírás szerint betervezhető legmagasabb betonosztály

C 55/67.

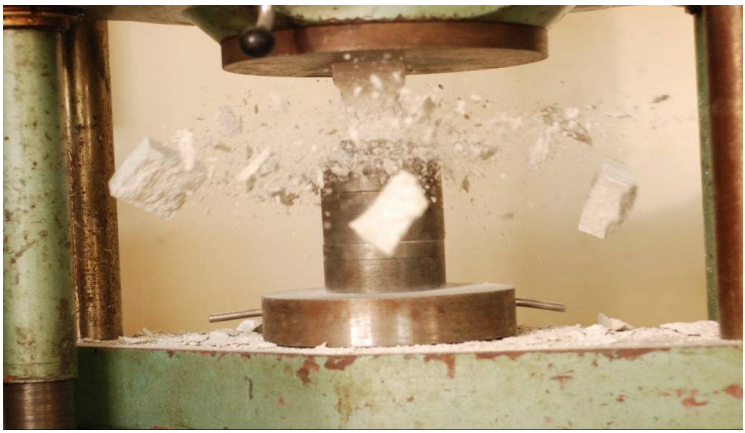
G) Az Európai szabványok megjelenése nagyon jelentős volt a vasbeton hídépítésre, hiszen gyakorlatilag megduplázták a betervezhető legnagyobb betonszilárdságot (5. ábra).



ÚT 2-3.414:2004 EN 206-1:2000

5. ábra: Legnagyobb szilárdsági osztályok

Míg az ÚT 2-3.414:2001 és 2004 C 55/67 szilárdsági osztályig érvényes, addig az EN 206-1:2002 (Concrete Part 1) valamint a pr EN 1992-2:2004 (EC2-Part 2:Concrete brigess, design and detailing rules) már C 100/115 szilárdsági osztályig érvényes betonra, és LC 80/88 szilárdsági osztályig könnyűbetonra. Ezzel a lehetőség megadatott nagyobb szilárdságok betervezésére, amihez természetesen szükséges a körültekintés is. Ki kell ugyanis hangsúlyozni, hogy a szilárdságnövelésével a betonok ridegebbé válnak, és csökken az alakváltozó képességük. Ennek szemléltetésére a 6. ábra nagyszilárdságú beton robbanásszerű tönkremenetelét mutatja



6. ábra: Nagyszilárdságú beton törése (Salem G. Nehme)

Most bemutatjuk a vonatkozó európai szabványok néhány jellemzőjét, ami felhasználásuk során nagyon fontos.

Az európai szabványokban a beton jele pl.: **C30/37-XC4-XF1-16-F3**

ahol

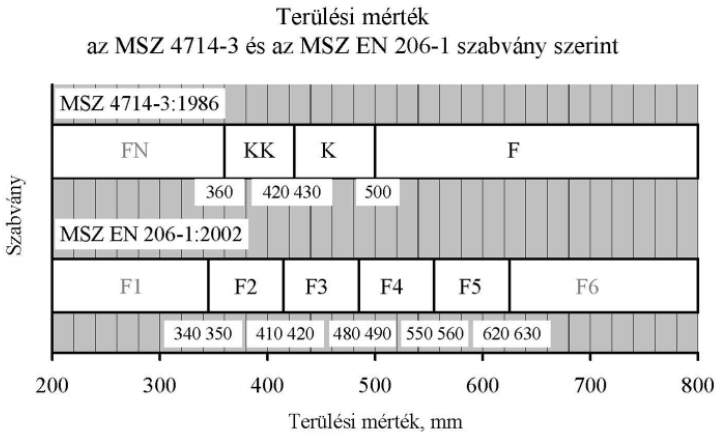
f_{ck} = 30 N/mm^2	30: a nyomószilárdság karakterisztikus értéke 28 napos korban, ∅150 mm átmérőjű és 300 mm magas henger alakú próbatesten mérve, N/mm^2-ben
$f_{ck,cube}$ = 37 N/mm^2	37: a nyomószilárdság karakterisztikus értéke 28 napos korban, 150 mm élhosszúságú kockán mérve, N/mm^2-ben

Környezeti osztályok (X)

X0	nincs korróziós kockázat
XC	karbonátosodás okozta korrózió
XD	klorid korrózió (nem tengervíz)
XS	klorid korrózió (tengervíz)
XF	fagyás-olvadási korrózió
XA	kémiai korrózió.

16 mm a beton legnagyobb szemnagysága.

A beton konzisztenciája például terüléssel értelmezve:



8. táblázat: Terülési mérték

Beton nyomószilárdsága:

$f_{ck}(t)=f_{cm}(t)-8$ (MPa) $3 < t < 28$ nap

$f_{ck}(t)=f_{ck}$ $t \geq 28$ nap

$f_{cm}(t)=\beta_{cc}(t)f_{cm}$

kortól függő tényező $\beta_{cc}(t)=\exp\{s[1-(28/t)^{1/2}]\}$

s=0,20 CEM 42,5 R, CEM 52,5 N, CEM 52,5 R

s=0,25 CEM 32,5 R, CEM 42,5 N

s=0,38 CEM 32,5 N

A beton húzószilárdsága és rugalmassági mdulusa:

$f_{ct}=0,9\ f_{ct,\ sp}$

$f_{ctm}(t)=[\beta_{cc}(t)]^{\alpha}f_{ctm}$

$\alpha=1\ t<28, \qquad \alpha=2/3\ t\geq 28$

$E_{cm}(t)=(f_{cm}(t)/f_{cm})^{0,3}E_{cm}$

$\alpha=10\cdot10^{-6}K^{-1}$

A beton kúszása:

$\sigma \leq 0,45f_{ck}(t_o)$ $\varepsilon(\infty,t_o)=\varphi(\infty,t_o)\ \sigma_c/E_c$

$\sigma > 0,45f_{ck}(t_o)$ $\varepsilon(\infty,t_o)=\varphi_k(\infty,t_o)\ \sigma_c/E_c$

$\varphi_k(\infty,t_o) = \varphi(\infty,t_o)\exp(1,5(k_\sigma-4,5))$

$\varphi_k(\infty,t_o)$ nem lineáris kúszási tényező

$k_\sigma = \sigma_c / f_{cm}(t_o)$

t_o beton kora a megterheléskor.

A beton zsugorodása:

$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$

ε_{cd} száradási zsugorodás

ε_{ca} autogén zsugorodás

A kiszáradási zsugorodás kifejezhető:

$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) k_h \varepsilon_{cd,0}$

$k = f(h_o)$, $h_o = 2A_C/u$ u kerület

$\beta_{ds}(t, t_s) = (t - t_s)/[(t - t_s) + 0{,}4\sqrt{h_o^3}$.

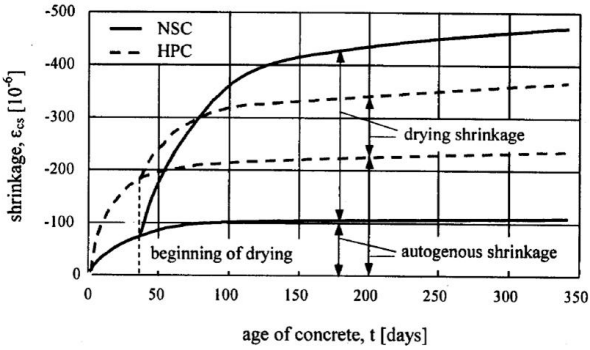
Az autogén zsugorodás pedig:

$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t)\varepsilon_{ca}(\infty)$

$\varepsilon_{ca}(\infty) \geq 2{,}5(f_{ck} - 10)10^{-6}$

$\beta_{as}(t) = 1 - exp(-0{,}2t^{0{,}5}$

Fontos kihangsúlyozni, hogy a betonszilárdság növekedésével jelentősen változik a kiszáradási és az autogén zsugorodás aránya. Míg viszonylag kis betonszilárdságok esetén a zsugorodás túlnyomó részét a kiszáradási zsugorodás alkotja, addig a nagy szilárdságok esetén az autogén zsugorodás válik jelentősebbé (7. ábra).



7. ábra: A kiszáradási és az autogén zsugorodás aránya szokványos ,ill. nagy szilárdságú betonok esetén (***fib*** bulletin 1)

A szilárdság tervezési értéke:

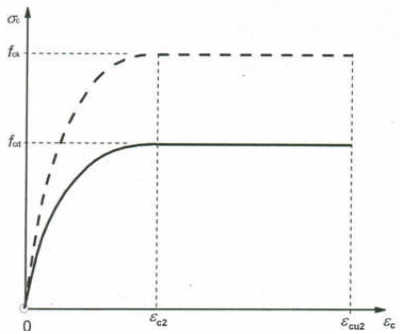
$f_{cd}=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$

α_{cc} tartós terhet veszi figyelembe nyomásra

$f_{ctd}=\alpha_{ct}f_{ctk,0,05}/\gamma_c$

α_{ct} tartós terhet veszi figyelembe húzásra.

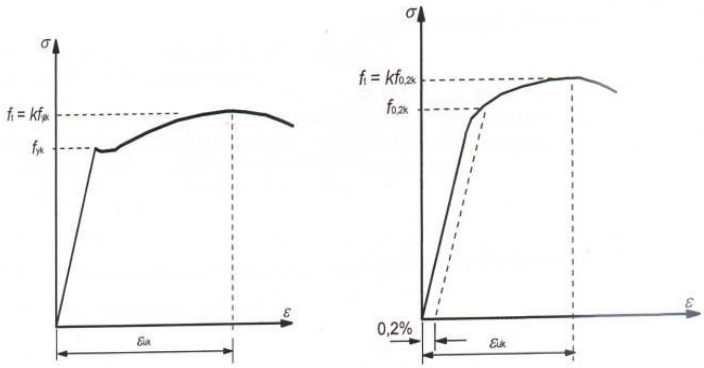
A számításokhoz parabola-téglalap feszültség-alakváltozás ábra használatát javasoljuk elsődlegesen, de nem kizárólagosan.



8. ábra: A betonszilárdság tervezési értéke, prEN 1992-2:2004

4. ACÉLBETÉTEK ÉS FESZÍTŐBETÉTEK VASBETON ELEMEKHEZ

A betonelemekhez használt acélbetétek és feszítőbetétek néhány fő jellemzőjét mutatjuk be az új előírások tükrében. A 9. ábra mutatja a melegen hengerelt és a hidegen alakított acélbetétek feszültség-alakváltozás ábráit és jelöléseit a prEN 1992-2:2004



a) melegen hengerelt b) hidegen alakított

9. ábra: Acélbetétes feszültség-ábrázolás ábrái a prEN 1992-2:2004 szerint

Fontos kihangsúlyozni a duktilitás definíciója szerint három duktilitási osztály A, B, C különböztetendő meg. A duktilitás mérőszámaként (9. táblázat) egyrészt

- húzószilárdság és a folyási hatás hányadosára van minimum érték előírva $(f_t/f_y)_k$ másrészt
- a szakadó nyúlás karakterisztikus értéke: ε_{uk}(%).

9. táblázat: Acélbetétek duktilitásának értelmezése a prEN 1992-2:2004 szerint

Product form	Bars and de-coiled rods			Wire Fabrics			Requirement or quantile value (%)
Class	A	B	C	A	B	C	-
Characteristic yield strength f_{yk} or $f_{0,2k}$ (MPa)	400 to 600						5,0
Minimum value of $k = (f_t/f_y)_k$	≥1,05	≥1,08	≥1,15 <1,35	≥1,05	≥1,08	≥1,15 <1,35	10,0
Characteristic strain at maximum force, ε_{uk} (%)	≥2,5	≥5,0	≥7,5	≥2,5	≥5,0	≥7,5	10,0
Bendability	Bend/Rebend test			-			
Shear strength	-			0,3 $A f_{yk}$ (A is area of wire)			Minimum
Maximum deviation from nominal mass (individual bar or wire) (%) — Nominal bar size (mm) ≤ 8	±6,0						5,0
Maximum deviation from nominal mass (individual bar or wire) (%) — Nominal bar size (mm) > 8	±4,5						

A relaxációs veszteség számításához a következő összefüggéseket javasolja a prEN 1992-2:2004:

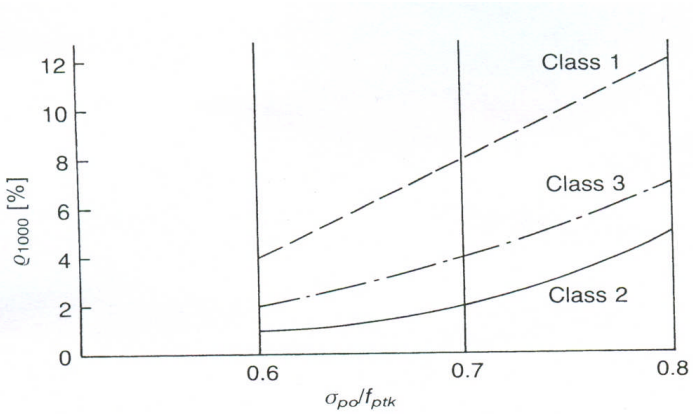
CLASS 1 feszítőhuzal vagy pászma normál relaxáció

$$\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 5{,}39\rho_{1000}e^{6{,}7\mu}\left(\frac{t}{1000}\right)^{0{,}75(1-\mu)} 10^{-5}$$

CLASS 2 feszítőhuzal vagy pászma kicsi relaxáció

$$\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 0{,}66\rho_{1000}e^{9{,}1\mu}\left(\frac{t}{1000}\right)^{0{,}75(1-\mu)} 10^{-5}$$

Az 1000 órás relaxáció megadását a feszítőbetét kihasználtságának függvényében az egyes feszítőbetét osztályokra vonatkozóan a 10. ábra mutatja.



10. ábra: 1000 órás relaxáció

5. KITEKINTÉS

A betonok és betétek világában megjelent újdonságok fokozatosan alkalmazást nyertek, ill. nyerni fognak a hidak világában is.

5.1 Könnyűbeton

A hidak önsúlyának csökkentése alapvető igény A 11. ábra mutat norvég példát olyan híd építésére, amelynek teljes tartószerkezetében könnyűbetont hazsnáltak.

11. ábra: Könnyűbeton híd épülése Norvégiában (***fib*** bulletin 7)

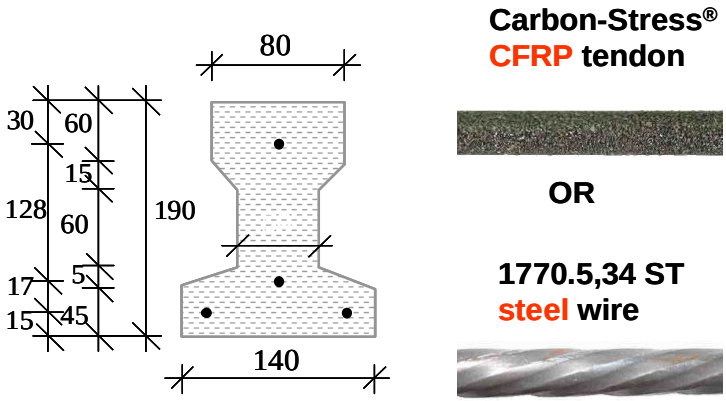
5. 2 Csúszóbetétes feszítés

A feszítőbetétek korrózióvédelmének biztosítása és az építési technológia egyes lépéseinek kedvezőbbé tétele céljából megjelent a csúszóbetétes feszítési rendszer. A csúszóbetétes pászmák hagyományos 7-eres pászmákat jelentenek, de ipari zsiradékkal vannak körülvéve és mindegyiket polietilén csőbe húzzák. Az alkalmazáshoz így bevont pászmákat egyesével, kettesével vagy négyes csoportban összefoglalva használják (12. ábra).

12. ábra: Csúszóbetétes pászmák

5. 3 Szénszálas betéttel feszített beton gerenda

A feszítőbetétek korróziójának teljes kiküszöbölésére megjelentek a nem acél anyagú feszítőbetétek. A nem acél anyagú betétek nagy szilárdságú, szálerősítésű polimert jelentenek, amelyben a szálak anyaga lehet szén, aramid vagy üveg általában epoxy gyantában ágyazva. Magyarországon végeztünk már ezekkel összehasonlító vizsgálatokat. A 13. ábra a vizsgált I alakú gerendák keresztmetszetét mutatja. A vizsgált gerendák egyik csoportjában csak acél feszítőhuzal volt, másik csoportjában csak szénszál erősítésű feszítőpászma. A kísérleti eredmények ígéretesek voltak. Keresnünk kellene a lehetséges alkalmazásokat.



13. ábra: Acél vagy szénszálas huzalokkal feszített kísérleti gerendák (Borosnyói, Balázs 2002)

5. 4 UHPC pályalemezű gyaloghíd

A 14. ábra egy Kasselban átadott nagy teljesítőképességű (UHPC) beton pályalemezzel készült gyaloghíd képét mutatja. A pályalemez betonja speciális szálerősítésű betonkeverék volt.

14. ábra: UHPC pályalemezű gyaloghíd Kasselban

5. 5 Textilhálós beton gyaloghíd

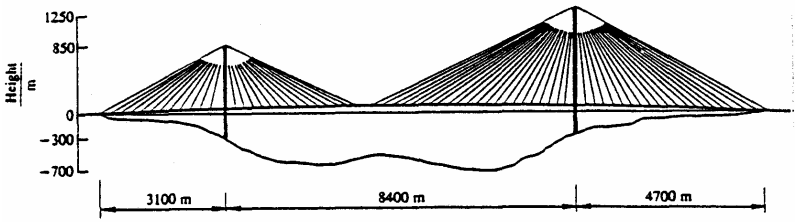
A 15. ábra textilhálós beton gyaloghíd képét mutatja Döllmitzben. Acélbetétek a hídban nem voltak. A híd előregyártva készült, és egyben a helyére tudták emelni. Ez a fejlesztés megkapta 2006. évben a Nemzetközi Betonszövetségtől (***fib***) az Exceptional Recognition díját.

15. ábra: Textil hálós beton gyaloghíd Döllmitzben

5. 6 Tanulmányterv a Giblartári-szoros áthidalása és annak anyagára

Befejezésként álljon itt példaként egy korai előremutató terv a Gibraltári-szoros áthidalására egyetlen ferdekábeles teljes kompozit (CFRP) híddal (Meier, 1987). A híd egy lehetséges megoldását a 16. ábrán láthatjuk. Meier cikkében bizonyítja, hogy hasonlóan nagy fesztávolságok áthidalása kizárólag

szálerősítésű polimer anyagokkal lehetséges, azonban megjegyzi, hogy közepes fesztávolságok esetén a hagyományos anyagok gazdaságosabb megoldást nyújtanak. Meier 30-40 éven belül érzi megvalósíthatónak egy Gibraltári-szoros
méretű teljes kompozit ferdekábeles híd megbízható megépítését.



16. ábra: Terv a Gibraltári-szoros áthidalására kompozit híddal (Meier, 1987)

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen cikk keretén belül igyekeztünk áttekinteni a hídépítés anyagainak és technológiáinak fejlődését az elmúlt 50 évben és azon kicsit túlnyúlva.

A 10. táblázat áttekintést nyújt a különböző igénybevételek egyensúlyozására felhasználható anyagokról és azok fejlődéséről.

Időszak	**Igénybevétel**		
	Elsősorban nyomás	**Hajlítás**	**Húzás**
Ókor Középkor	kő, tégla	fa, vas	indák
XX. század	beton vas-beton feszített vasbeton	fa acél	feszítőacél
Fejlesztési irányok	LWC HPC FRC	fa korrózió-álló acél	feszítőacél polimerek

10. táblázat: A hídépítéshez használt építőanyagok fejlődése az egyes korszakokban

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük Földváry Kálmánnak, hogy segítséget nyújtott a közúti hídépítési szabványok áttekintésében. Köszönjük dr. Tassi Gézának a hidak vizsgálatával kapcsolatos visszatekintés elősegítését.

8. HIVATKOZÁSOK

Balázs Gy (1995), „Beton és vasbeton II, mélyépítési beton és vasbeton szerkezetek története", Akadémiai Kiadó Budapest, pp. 115-420.

Borosnyói A.- Balázs L. Gy. (2001), „Új szerkezti anyagok a vasbetonhídépítésben", VASBETONÉPÍTÉS 2001/4 pp. 100-106

EN 206-1: 2000: „Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity", Brussels

fib (1999), „Structural Concrete - Textbook on behaviour, design and performance", ***fib*** bulletin 1, Lausanne

Tóth E. (1990), „A magyar közúti hidak", Autópálya Igazgatóság

Gáll I. (2005), „A budapesti Duna-hidak" Hídépítő Zrt

Ideiglenes Közúti Hídszabályzat (1950) kiadta a Közlekedési és Postaügyi miniszter 7685/8/1950-IX/2 sz. rendeletével

MSz 07-3709-87 „Beton, vasbeton és feszített vasbeton közúti tervezése", Magyar Szabványügyi Hivatal

prEN 1992-2: 2004: „Eurocode 2: Design of concrete structures,Part 2: Concrete bridges Design and detailing rules" Brussels

ÚT 2-3.4.14.2001 majd 2004: „Közúti hidak tervezési előírásait IV Beton vasbeton és feszített vasbeton közúti hidak tervezése", MAÚT

Farkas Gy.-Iványi M.-Tassi G.- Völgyi I. (2009) „A BME Hidak és Szerkezte Tanszéke és elődeink szerepe a hídépítésben", Tudományos Közlemények BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

Acélhidak tervezésének áttekintése 1945-től napjainkig

Mátyássy László
Pont-*TERV* Zrt vezérigazgató

I. Bevezetés

A magyarországi acélhíd építés már a XIX. Század első felétől elkezdődött. Az első jelentősebb acélhidakat Maderspach Károly vonórudas ívhídjai jelentették. Azután a század második felében a vasútépítési láz idején, idővel megszületett a felismerés, hogy az olcsó fahidak - sem teherbírási, sem tartóssági szempontból - nem elégítik ki a követelményeket. Ez megnyitotta az utat a vashidak építése előtt, amelyek ugyan nagyobb beruházási költséget igényelnek, azonban az alacsonyabb üzemeltetési költségek miatt mégis hatékonyabban működtethetők. Azóta a vas és acél állandó és a legfontosabb hídépítési anyaggá vált, és az is maradt egészen máig. A második világháború előtt már jelentős számú hídszerkezet épült szerte az országban.

A II. világháború azonban megtizedelte a hídállományt, különösen az acélszerkezetű nagyhidak nem kerülték el a pusztítást. A Duna és Tisza hídjaink túlnyomó része elpusztult vagy súlyosan megsérült.

II. „A hídcsata" a lerombolt hidak helyre állítása

A háború után az első feladat a lerombolt vagy megsérült hidak helyreállítása volt. Ez nem csak a polgári élet beindítása miatt volt fontos, hanem a szovjet hadsereg utánpótlása is ezt igényelte.

Így azután sok ideiglenes megoldás is született, ezekből mára többet lebontottak, mások viszont tartósan megmaradtak. Előbbiek legismertebb képviselője a budapesti Kossuth-híd és a szolnoki Kossuth-híd mederszerkezetének építése 1946-ban, utóbbiak közé tartozik az Újpesti vasúti-híd, mely 2008-ig szolgálta a vasúti közlekedést, és az Árpád-híd első ütemű kiépítése, mely 1984-ig működött változatlan állapotban.

A helyreállítási munkák java része 1955-ig elkészült, két jelentős Duna-hidunk kivételével, ugyanis a budapesti Erzsébet-híd újjáépítése 1964-ben, az esztergomi Mária Valéria-hídé azonban csak 2001-ben valósult meg, szép feladatot hagyva a késői utódokra is.

A hidak háború utáni helyreállítása a harcok elcsitultával azonnal megindult. A munkát azonban rengeteg körülmény nehezítette. Ezek között a legfontosabbak a pénz, az anyagok és a szakemberek hiánya volt. A hídépítő és tervező szakemberekre nagyon nagy teher hárult. A rendkívüli körülmények azonban rendkívüli teljesítményre tették képessé a mérnököket, akik a lehetetlennek látszó feladatokat is sikeresen megoldották.

A minisztérium Közúti és a Vasúti hídosztálya, élükön dr Széchy Károllyal és Kováts Alajossal, valamint a munkálatokban résztvevő külső és belső munkatársakkal rendkívüli munkát végeztek Ennek az időszaknak az említetteken kívül jelentős tervezői voltak dr Mihailich Győző, dr Korányi Imre, Mistéth Endre, Tantó Pál és mások.

1. ábra. A szegedi belvárosi Tisza-híd

Fordulatot jelentett a hídtervezés területén, amikor 1949-ban megszűnt a magántervezés és megalakult az ÁMTI (Állami Mélyépítéstudományi és Tervező Intézet) Palotás László vezetésével és minden tervezést ezentúl itt végeztek. 1951-ben e vállalat három részre oszlott, így jött létre a MÉLYÉPTERV, a KÖZÉPTERV és az UVATERV. A Sávoly Pál vezette Hídiroda 1953-ig a MÉLYÉPTERV-hez tartozott, ekkor került át az UVATERV-hez. Ettől kezdve egészen a 80-as évek végéig a magyar hídtervezés szinte kizárólag ennek az intézménynek a falai között történt. Az acélhidak tervezésében még részt vett két további vállalat is, az 1950-ben alapított fővárosi illetékességű FÖMTERV és a vasúti feladatokat ellátó és 1953-ban létre hozott MÁVTI. Előbbi profiljában az acélhíd tervezés nem volt számottevő, utóbbi vállalat a kisebb vasúti műtárgyak tervezésében vett részt.

Nagymértékben segítette a hídtervezők munkáját 1950-ben az ideiglenes közúti hídszabályzat megjelenése, majd az 1956-ban megjelent végleges. 1951-ben a vasúti hídszabályzatot adták ki. Az új szabályzatokat, melyek a hídépítés korszerű fejlődését voltak hivatva szolgálni, bizottságok hozták létre, a Közúti és a

Vasúti osztály vezetésével. A szabályzatok két fontos újdonságot tartalmaztak. Az egyik újdonság a határ- és mértékadó igénybevétel fogalmának bevezetése a feszültségek összehasonlítása helyett, a másik a tartószerkezet minden elemére egyenletes biztonsági tényező bevezetése.

A korszak kíváló mérnöki teljesítményeit nem csak a rendkívüli körülmények között végzett megfeszített munka elvégzése jelentette, hanem a korszak a magyar hídépítés jelentős fejlődését is hozta magával. Az újjáépített szerkezeteknél ugyanis sok újdonságot és egyedi megoldást is terveztek, a hegesztés, az anyagok és a szereléstechnológia területén.

Az akkor épült hidak közül meg kell említenünk az ideiglenes, de hegesztett szerkezetű budapesti és szolnoki két Kossuth-hidat, a Margit-híd, az Árpád-híd, a bajai-és a dunaföldvári Duna-hidakat, valamint a vásárosnaményi Tisza-híd tervezését és építését. Az utóbbiról meg kell jegyeznünk, hogy korukat megelőzve a tervezők teljesen hegesztett hidat terveztek, helyenként vastag (70 mm) lemezekből, szegecselt helyszíni kapcsolatokkal. A szerkezettel kapcsolatos problémákat nem a tervezők szaktudásának hiánya okozta, hanem az, hogy ebben a korban nem sikerült a megfelelő minőségű acélanyagokat beszerezni. A híd hatvan évig szolgált, azonban anyagának fokozott ridegtörési veszélye miatt napjainkban a bontása küszöbön áll.

2. ábra A vásárosnaményi Tisza-híd

A vasúti acélhidak közül jelentős volt tiszafüredi, szolnoki és tokaji Tisza-hidak építése, a budapesti Bartók Béla úti felüljáró, valamint a komáromi, újpesti és a déli összekötő vasúti hidak tervezése. Ezeken kívül az ország vasútvonalain számos vasúti hidat kellett helyre állítani, vagy az eredeti tervek szerint, vagy új szerkezet tervezésével.

III. Közúti és vasúti hidak tervezése a hatvanas évektől

A helyreállítási feladatok oroszlánrészének elvégzése után nyugalmasabb idők következtek a hídépítés területén. A konszolidáltabb idők beköszöntét a végleges közúti hídszabályzat 1956-os megjelenése is mutatta. 1955 után az acélhidak tervezői már nem kizárólag a háború okozta sebek begyógyításával voltak elfoglalva, lehetőség nyílt új feladatok megoldására is. A korszak tervezési munkái az acélhidak terén túlnyomó részt a UAVTERV-ben készültek, a HÍD-1, HÍD-2 később a HÍD-4 osztályokon. A tervezők közül ki kell emelnünk dr Darvas Endre, dr Kékedy Pál és dr Knébel Jenő munkásságát, de egyebek közt Kerényi György, Néveri Imre, Pozsonyi Iván és Strébl László is fontos részt vállalt a feladatokból. Kisebb számban készültek acél műtárgy tervek a FÖMTERV-nél, a kisebb vasúti hidak tervezésében a MÁVTI részvétele volt számot tevő.

A tervezők munkáját a hídszabályzatok fejlődése is segítette. 1967-ben megjelent az új Közúti Hídszabályzat, mely a 1956 évinek továbbfejlesztése nyomán készült. Az acélszerkezeteknél a megengedett feszültséges eljárást írta elő, a határigénybevételekkel való számítást csak a vasbeton szerkezeteknél vezette be. Ez a szabályzat egészen 1986-ig volt érvényben, amikor lényegében változatlan tartalommal MSz sorozatban jelent meg újra. Ez kisebb változtatásokkal az ezredfordulóig érvényben maradt. A vasúti hídszabályzat is

fejlődésen ment keresztül. Az 1951. évi Vasúti Hídsazbályzat felülvizsgálata nyomán megjelent az 1976. évi szabályzat, de jogi problémák miatt hivatalosan nem helyezték hatályba. Egyes fejezetei a VII. és a VIII. nem is készültek el. Ebben a szabályzatban jelent meg először az UIC által elfogadott U jelű teher is.

3. ábra A szolnoki Tisza-híd

Az új feladatok új megoldásokat követeltek, amivel a kor tervezői nem is maradtak adósak. Noha az 1959-ben épült tokaji közúti Tisza-hídat még szegecselt szerkezettel építették, a következő évben kísérleti jelleggel már elkészült a Laskó patak hegesztett gerendahídja. A tapasztalatok alapján tervezték meg a szolnoki közúti Tisza-híd acélszerkezetét, – az országban először – ortrotrop acél pályaszerkezettel. Ettől kezdve gyakorlatilag minden Magyarországon tervezett közúti híd a műhelyben hegesztett szerkezettel készült, a továbbiakban csak a helyszíni illesztésekhez használtak szegecseket. Az öszvér és ortrotrop szerkezeti megoldások a továbbiakban ugyancsak hozzátartoztak a tervezők mindennapi gyakorlatához.

A korszak kiemelkedő munkája volt a budapesti Erzsébet-híd újjáépítése, mely azóta is a magyar hídtervező mérnökök egyik csúcsteljesítménye maradt. A Sávoly Pál vezetésével dolgozó csapatban a kor legkiválóbb acélhíd tervezői dolgoztak, mint Habinyák Elemér, dr Kékedy Pál, dr Knébel Jenő, dr Petúr Alajos, Szánthó Pál. A híd tervei a külföldi, elsősorban német korszerű függőhidak mintájára, gondos tanulmányok és előkészületek után, a kor nemzetközi színvonalán készültek el. A hatvanas évek jelentős acélhíd munkái voltak a győri vasúti Rába-híd és a kisari Tisza-híd rácsos szerkezetei. Ez utóbbi jó példa az abban az időben a rácsos hidaknál elterjedten alkalmazott megoldásra, amely a vasbeton pályalemez és a kereszttartók együttdolgozó hatását vette figyelembe. A hatvanas években a hazai gyakorlatban is általánossá vált a hegesztett szerkezetek tervezése, egyes esetekben még szegecselt helyszíni kapcsolatokkal, de már megjelentek az NF csavaros, korszerű kapcsolatok is. A vasúti hidak közül az apavári Hortobágy-hid és a bősárkányi Rábca-hid hegesztett acélszerkezetét kell megemlíteni. Ettől kezdve a vasúti hidakat is hegesztett szerkezettel tervezték, a helyszíni illesztéseket azonban még egy-két esetben szegeccsel oldották meg.

4. ábra Az új Erzsébet-híd

Fontos megemlíteni, hogy ebben az időszakban az UVATERV hídmérnökei külföldi hidak tervezésében is részt vettek. Ilyen volt például a nemzetközi viszonylatban is jelentős Helwan-i Nílus-híd tervezése (1958) és az NDK-nak tervezett Jena-i és Eisenhüttenstadt-i híd tervezése (1970) is. Export feladat volt a pozsonyi ferdekábeles Új-híd tervezése is, mellyel az Erzsébet-híd referenciája alapján bízták mg az UVATERV-et. A tervek már szinte elkészültek, amikor a megbízást az 1968-as csehszlovákiai bevonulás miatt visszavonták, de a leszállított, csaknem kész anyagot a pozsonyi tervezők felhasználták a híd építéséhez.

Ide tartoznak a Jugoszlávia számára készült exporthidak, melyeknek műhelyterveit az UVATERV készítette. A Bácska-Palánka közötti Duna-híd 1972-73-ban, a szabácsi (Sabac) Száva-híd 1975-ben, a Smederevo-nál épült Duna-híd (1977) voltak állomásai ennek a sorozatnak. Az utolsó, egyben legjelentősebb híd az újvidéki Duna-híd gyártási terveinek készítése volt. A hidat Prof. Hajdin tervei alapján a Ganz-MÁVAG gyártotta 1980-ban, a gyártási tervek az UVATERV-ben készültek. Ezeknek a munkáknak jelentőségét nem csak a mintegy 20000 t acélszerkezet megtervezése okozta, hanem a korszerű tervek megvalósítása nyomán véglegesen megnyílt az út a kor színvonalán álló műszaki megoldások, mint a helyszíni NF csavaros kötések, vagy – az úvidéki Duna-híd nyomán –a trapéz bordák alkalmazása előtt. Említést érdemel még a Vietnam részére tervezett Duong-híd kiviteli terveinek készítése.

5. ábra A pozsonyi Új-híd

A hetvenes évek időszaka a magyar közúti acélhidak építésében meglehetősen szegény volt. Talán a legjelentősebb műtárgy az 1979-ben megépült szegedi Bertalan-híd, mely két nyitott főtartóval és otrotrop pályalemezzel készült. A helyszíni kötések itt is NF csavarokkal készültek, trapézbordák tervezésére azonban még nem volt lehetőség. Az 1976-ban épülő algyői ártéri Tisza-hidak rácsos szerkezeténél először alkalmaztak vasúti hídnál ortotrop pályalemezes megoldást.

A nyolcvanas években a legfontosabb feladat kétségtelenül az Árpád-híd bővítése volt. Az Árpád-híd tíz független nyitott főtartós felszerkezete a legkorszerűbb elvek alapján készült. A már említett trapézbordákon kívül itt terveztek először vastag (50 mm) övlemezeket a korábban alkalmazott kötegelt lemezek helyett. Erre a korszerű alapanyagok beépítése nyújtott

lehetőséget. Ebből a korból a polgári Tisza-híd tervezését kell még kiemelni, melyet szintén az előbb említett elvek alapján készítettek. Ennek az időszaknak vasúti-híd tervezéseiből a csongrádi Tisza-híd és a tunyogmatolcsi Szamos-híd rácsos szerkezetét kell megemlíteni, utóbbinál szintén ortotrop pályát terveztek.

Az autópályák építése ugyan már a hatvanas években elkezdődött, az ebben az időben épült szakaszon azonban csak kisebb nyílású szerkezetek tervezését igényelték, és ezeket vasbeton hidakkal oldották meg. Érdekesség azonban ennek a korszaknak a tervezéseiből a főként az M3 autópályán épülő un. kettős betonövű öszvér szerkezetű felüljárók építése, melyeknél az öszvér szerkezet gazgdaságosságának növelésével igyekeztek az acélszerkezetet a kisebb fesztávokon a feszítettbeton tartók versenytársává tenni. Ettől a kísérlettől eltekintve az autópályák építésben az acél, mint építőanyag alkalmazása a kilencvenes évek elején jelent meg, amikor az M0 déli szakszára került sor. Az M0 autópálya hárosi Duna-hídja, mely az Árpád-híd 1949. évi építése óta az első új átkelő létesítése volt a Dunán, három öszvér típusú szerkezettel hidalta át a folyót. Ugyancsak az ebben a szakaszban épült a Bp.-Hegyeshalom vasútvonal autópálya feletti acélhídja 1992-ben.

6. ábra A lágymányosi Duna-híd

A kilencvenes évek elején a meg kell említeni a bajai Duna- és a záhonyi Tisza-híd felújítását. Előbbinél a híd tervezésekor elképzelt konzolokat valósították meg, - vitatható módon csak 3,5 t gépkocsi teherre – a záhonyi Tisza-hídon teljes pályalemez cserét hajtottak végre. A korszak hídjai közül a gesztelyi Hernád-híd rácsos szerkezetét érdemes megemlíteni. Az új vasúti acélhidak közül a gyomaendrődi Kőrös-hídat és az M0 autópálya feletti vasúti hidat emelhetjük még ki. Ennek az időszaknak kétségtelenül legjelentősebb munkája a lágymányosi Duna-híd tervezése és építése. Ezzel a XX. század második felében példa nélkül álló módon, a városi Duna-híd építése után csak öt esztendővel, ismét új átkelést nyitottunk a Dunán. Az új kapcsolat Budapest fejlődésének új állomását jelentette. A híd szekrénytartós, ortrotrop pályalemezű acélszerkezet, a támaszok felett ferde acélrudakra függesztve.

IV. Új korszak: újra megjelennek a magán tervező irodák

A kilencvenes évek közepén újra megjelentek a hazai hídtervezésben is a magán tervező irodák. A korábbi, tervgazdálkodásos időszak tervező intézetei magán kézbe kerültek, a tapasztalt tervezők egy része pedig úgy gondolta, hogy saját alapítású vállalkozásokban a korábbinál jobban tudja megvalósítani elképzeléseit. A korábbi évtizedek acélhíd tervezésében főszereplő UVATERV, a feladatokban még résztvevő FÖMTERV és a vasút területén működő MÁVTI részvénytársasággá illetve Kft-vé alakult, majd 15 éve, 1994-ben piacon elsőként megjelent a Pont-TERV, először Kft, majd részvénytársasági formában. A következő esztendőben jelentkezett az MSC Kft, főként a vasúti tervezések területén.

Változások történtek ebben az időszakban a hídszabályzatok területén is. A közúti hídszabályzat helyett a 2000-es évek elején megjelentek annak Műszaki Előírás változatai, melyek egyre újabb kiadásaiban fokozatosan jelennek meg az Eurocode előírásaihoz és filozófiájához közelítő új fejezetek. Lényeges változás történt azzal, hogy bevezették az osztott biztonsági tényező elvét és a határigénybevétel szerinti vizsgálatok körét kiterjesztették. Fontos változás, hogy új vizsgálatok jelentek meg, mint például a nagyobb hidak földrengés vizsgálata, vagy a dinamikus vizsgálatok. Mindezzel együtt a közúti és vasúti hidak tervezési előírásai is közeledtek egymáshoz. Az utóbbi években ismét lépések történtek egy korszerűbb vasúti hídszabályzat megalkotására, egyes fejezetek már el is készültek.

Nem kedvezett az újonnan alakult tervező cégeknek, hogy a kilencvenes évek második felében viszonylag kevés acélhidat építettek. Így aztán fontos munkává emelkedett a Pont-TERV

számára a kairói rendező pályudvar feletti, 2*90 m nyílású rácsos közúti híd tervezése. Érdemes megemlíteni, hogy a feladatot a 2000 t kiírási súlynak csaknem a felére csökkentésével sikerült elnyerni. A Pont-TERV készítette a taksonyi Kis-Dunaág-híd terveit is. Ez volt az első híd, melyet úsztatás segítségével szereltek a helyére. A bajai Duna-hídnak az évtized elején épült konzoljai a megnövekedett közúti forgalom elviselésére nem voltak elegendők, az újabb erősítést dr Szatmári István ötlete alapján szintén a Pont-TERV tervezte, így lehetővé vált ezen a hídon is a közúti és a vasúti forgalom szétválasztása.

A kilencvenes évek végén, ami egyben a XX. század végét is jelentette, megélénkült az országban a hídépítési kedv, ez az acélhidak tervezésére és építésére is kiterjedt. A FÖMTERV, ahol a Baross téri felüljáró tervezése óta állandó acélhíd tervei nem készültek, két munkával is belépett az acélhíd építők közé. Elkészültek a kvassay úti Kis-Dunaág ortotrop acél pályalemezes hídjának, és az M7 autópálya budapesti bevezető szakaszán a budaörsi körhíd öszvér szerkezetének tervei is.

7. ábra Az eszergomi Mária Valéria-híd

Ebben az időben folyt a Pont-TERV-ben a tiszaugi Tisza-híd közúti-híd acélszerkezetének tervezése, a régi, a továbbiakban már csak a vasutat szolgáló híd felújítását az MSC Kft végezte. Az új acélszerkezet helyére tolását a taksonyihoz képest tovább fejlesztett úsztatási megoldással végezték. Ugyancsak a Pont-TERV készítette a dunaföldvári Duna-híd vasbeton pályalemezének cseréjét az elhasználódott vasbetonról ortrotrop keresztbordás acél szerkezetűre. Ez a megoldás ma a szakma számára mintául szolgál más régi, kisebb rácsos acélhidak felújításánál. A cég legjelentősebb munkája mégis az esztergomi Mária Valéria híd újjáépítése volt, mely késői lezárása lett a háborúban elpusztult dunai átkelések helyreállításának. A felújítási terveket a Pont-TERV és a pozsonyi DOPRAVOPROJEKT készítette, a régi acélszerkezetek felújításának és az új nyílások tervei magyar részről készültek. A híd mintává vált a későbbi műemlék híd felújításoknál, hiszen a régi és az új acélszerkezetek, noha teljesen eltérő anyagokból és technológiákkal készültek, külső megjelenésükkel a régi hangulatát idézik A tervező annak ellenére, hogy a legkorszerűbb anyagokat és technológiákat használta, mintegy eltüntette munkája eredményét, mellyel az eredeti mű megjelenésének és szépségének érvényesülését szolgálta. Fontos megjegyezni, hogy ennél a hídnál használták először, - a medernyílások szereléséhez – az úsztatással kombinált beemelési technológiát, mely napjainkig a folyami hidak építésének fontos kelléke lett. Az esztergomi Duna-híd megközelítő útján épült az árok utcai Kis-Dunaág befogott öszvér szerkezetű hídja, mely karcsú megjelenésével jól illeszkedik a város műemlék jellegű épületei közé.

A vasútépítés területén is új acélszerkezetű műtárgyak születtek. 1997-ban megépül a Nádor II. csatorna Pont-TERV által tervezett alsópályás, gerinclemezes, kavicságyas hídja,. 1997-ban pedig az MSC Gaja patak rácsos hídja, melynek alsó övét ortrotrop acél

pályaszerkezet helyettesíti. A vasúti pályát kavicságy vezeti át. A MSC 2004-ig ezután öt hasonló rendszerű hidat tervezett, a simontornyai és a szekszárdi hidakat edilonba ágyazott pályával, a kunszentmártoni Körös-hidon központosító léces hídfa szerkezettel. A legjelentősebb munka ebben a sorozatban a zalaegerszegi delta vágány három nyílású Zala-hídja, mely íves elrendezésével, edilonos pályaszerkezetével és egyedi megoldásaival kiválik a többi híd közül. 2007-ben Salgótarjánba a Pont-TERV tervezett rácsos, ortrotrop alsópályás kavicságyas vasúti hidat.

8. ábra A Gaja patak vasúti hídja

Az évtized fordulóján újra lendületet vett az autópálya építés. Az M3 autópálya oszlári hídját az UVATERV tervezte szekrénytartós öszvér szerkezettel, amelyet ugyancsak úsztatással emeltek a végleges helyére. Ennél a hídnál 100 mm vastag övlemezeket is alkalmaztak, helyszíni hegesztett illesztéssel. A szekszárdi Duna-híd, amely az M8 autópályát vezeti át a folyó felett az UVATERV és a Pont-TERV közös tervezésében készült. Az ártéri hidak öszvér szerkezetét az UVATERV, a mederhíd acélszerkezetét a PONT-TERV mérnökei tervezték.

2003-ban épült a Pont-TERV tervei alapján a dunaföldvári Duna-utcai híd, mely jó példa arra, hogy megfelelően alkalmazva a

rácsos szerkezettel is lehet magas esztétikai megjelenésű, igényes szerkezetet tervezni. 2004-ben adták át a FÖMTERV terevei alapján épült sárvári közúti Rába-hidat, acél ívszerkezete és a befüggesztett ortrotrop pályalemeze újszerű megoldás a Magyar hídépítésben. A közúti hidak közül meg kell említeni a Speciálterv által készített balatoni úti ívhíd és a 2008-ban készült döbröközi Kapos-híd terveit is. A Speciálterv több régi rácsos acélszerkezet felújításában is részt vett, melyeknél a régi pályalemezt ortrotrop acélszerkezetűre cserélték, a dunaföldvári megoldás mintájára. Ilyen például a remetei Körös-híd pályalemezének cseréje is.

Az új évezred első évtizedének kiemelkedő tervezési feladata az új Duna-hidak tervezése volt. A XIX. század vége óta nem fordult elő Magyarországon, hogy mindössze 18 esztendő alatt öt új dunai átkelő épüljön. A dunaújvárosi Pentele-híd és az újpesti Megyer-híd nagy kihívás elé állította a tervezőket. A Pentele-híd FÖMTERV által tervezett ívszerkezete a magyarországi legnagyobb nyílást hidalja át, és nem csak az ív acélszerkezete, hanem az úsztatás és szerelés is példa nélkül álló a hazai gyakorlatban. Az ártéri szerkezetek szintén új technológiai megoldással épültek, a vízen érkezett elemek egy járom szerkezet tetején kapcsolódtak a már elkészült hídhoz, majd hosszirányú mozgatással kerültek a végleges helyükre. Ennek terveit a Pont-TERV-nél készítették. A Megyeri-híd nagy-Dunaág nyílása az első magyarországi ferdekábeles közúti-híd, ortrotop acél felszerkezettel. A kábeleket vasbeton pilonok tartják, a főtartó szabad szereléssel épült. A híd a CÉH Zrt és MSC Kft tervei alapján készült el. A szentendrei Dunaág-híd acélszerkezete már hagyományosnak tekinthető szekrényes keresztmetszetű, ortrotrop pályás kialakítással, a szerelést a már jól bevált úsztatás-emelés technológiával oldották meg, A híd tervezése szintén a Pont-TERV munkája.

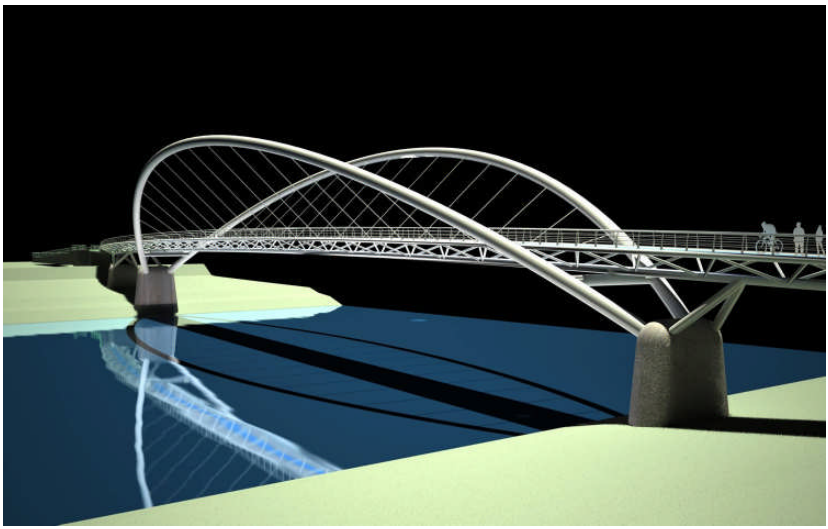
9. ábra az épülő szebényi völgyhíd

Az autópálya építések érintették a már működő vasútvonalakat is. Az M0 autópálya csömöri szakaszán három HÉV keresztezésre volt szükség, melyekre a Pont-TERV tervezett alsópályás kavicságyas acél gerendahidakat. Hasonló szerkezet vezeti át a Bp.-Miskolc vasútvonalat az autópálya felett, ugyancsak a Pont-TERV tervezésében.

A sorban a hatodik Duna-híd az újpesti régi vasúti provizóriumot váltotta fel 2008-ban. Az új vasúti híd korszerű gyárban és helyszínen hegesztett rácsos szerkezettel készült, ortortop pályalemezzel, EDILON rendszerű sínleerősítési rendszer alkalmazásával. A terve az MSC Kft munkája.

És végül a megvalósulás alatt lévő jelentősebb szerkezetekről. A szebényi völgyhíd 850 m-es acélszerkezete 100 m-es nyílásokkal hidalja át a völgyet. A Pont-TERV a szekrénytartós szerkezet szereléséhez árboccal hátra feszített 60 m hosszú rácsos csőrszerkezet tervezett, melynek segítségével a nyílásokon járom tolták végig a híd felszerkezetét. A híd már a helyén áll, a befejező munkák folynak. A Speciáterv tervei alapján folynak az endrődi Hármas-Kőrös 45 m-es ívhídjának építése is.

Szólni kell még a közúti és a vasúti hidakon kívül a gyalogosok számára épített acélhidakról is, noha a felhasznált acélmennyiség csak töredéke az előbbieknek. Acélszerkezetű gyalogfelüljárókat találhatunk a MÁV állomásain, ilyen a tatabányai és a lébényi felüljárók gerenda szerkezete, melyet az UVATERV és MÁVTI tervezett. Az utóbbi időben több felüljáró épült közutak vagy nyílt vonal felett is. Erre példa a Speciálterv által tervezett salgótarjáni TESCO-híd íves, vagy a ferihegyi gyalogos felüljáró kábeles szerkezete. Talán az ország legjelentősebb gyalogos hídja és egyben Szolnok város jelképe lehet a Szolnokon épülő gyalogos Tisza-híd. Meghökkentő, egyéni tiszavirágot idéző ívszerkezete 120 m-es nyílással hidalja át a Tiszát.



10. ábra Az épülő szolnoki gyalogos Tisza-híd

És végezetül egy érdekesség, mely azt mutatja, hogy lassan vége annak a korszaknak, mely a szerkezeteket a felhasznált anyagok szerint osztályozza. A korszerű számítástechnika és az anyagismeret lehetővé teszi szinte bármilyen anyagú és kialakítású szerkezet statikai vizsgálatát. Az acél és vasbeton

együttes felhasználásával újszerű, gazdaságos szerkezeteket hozhatunk létre. Erre példa az épülő M43 autópálya Tisza meder-hídja, melynek kívül feszített vasbeton pálya-és fenék lemezét hullámos gerinclemez és belső acél kereszttartó váz köti össze. A terveket a Pont-TERV készítette, a híd jövőre készül el.

V. 54 év a magyar hídtervezés történetéből

Megpróbáltam az elmúlt 54 esztendő magyar hídtervezését áttekinteni Ez alatt az idő alatt a magyar mérnökök 160-nál is több hidat terveztek, ebből legalább 16-ot külföldi megrendelésre. Minden igyekezetem ellenére azonban a lista nem teljes. Annak ellenére, hogy a feltárt hidaknak sem volt módom minden adatát beszerezni, a cikk után, a függelékben közlöm a tervezett hidak listáját. Remélem lesz idő és alkalom a listát tovább tökéletesíteni. A megtervezett hidak összes tömege meghaladja a 200 ezer tonnát. Figyelemre méltó azonban, hogy ebből 65 ezer tonna a 2000. év utáni időszakra esik. Ez a teljesítmény csak a II. világháború utáni helyreállítási munkák nagyságrendjéhez hasonlítható, akkor is 15 év kellett hozzá. A tervezők felkészültek, reméljük, hogy továbbra is hasonló szép feladatok megoldására lesz lehetőségük.

Felhasznált irodalom:

1. Zsámboki Gábor: Acélszerkezetű közúti hidak építése hazánkban 1945 és 1969 között 1969 május
2. Közúti hidász almanach 2004
3. Páll Gábor: Budapesti Duna-hidak története 1956
4. dr Mihailich Győző: A XIX. és XX. Századbeli magyar hídépítés története
5. Apáthi Árpád: közúti hidak a felszabadulás után Mélyépítéstudományi szemle 1973/9
6. Domanovszky Sándor: A vasúti acél-hídfelszerkezetek magyarországi építésének 140 éve Vasúthistória Évkönyv 1995
7. Domanovszky Sándor: A hazai hegesztett közúti hidak építésének története 39. hídmérnöki konferencia 1999
8. Domanovszky Sándor: A magyarországi közúti Duna-hidak felszerkezeteinek története 40. hídmérnöki konferencia 2000
9. Vörös József és társai: Vasúti hidak a Budapesti Igazgatóság területén 2006 Vasúti Hidak alapítvány
10. Tóth Ernő és társai: Hidak Magyarország megyéiben. Sorozat a Hídméröki konfrenciákra

Függelék:

Az 1945 és 2000 között Magyarországon tervezett acélhidak listája						
(Az öszvér szerkezeteket nem tartalmazza)						
Építés						
Éve	**fajtája**	**kialakítás**	**helye**		**Súly**	**Tervező**
1946	vegyes	rácsos	Tisza	Csongrádi közúti-vasúti Tisza-híd ideigl. szerkezetekkel	(+2000)	
1946	közúti	rácsos	Tisza	Kossuth-híd, Szolnoki fél-állandó Tisza-híd	520 t	dr Mistéth E
1946	vegyes	rácsos	Tisza	Tiszfüredi közös közúti-vasúti Tisza-híd	1260 t	MÁV

1946	közúti	rácsos	Duna	Szabadság-híd	(+2300t)	
1946	közúti	rácsos	Duna	Kossuth-híd 1957-ig	750 t	dr Mistéth E
1947	vasúti	rácsos	Tisza	Szolnoki vasúti Tisza-híd 3000 t	3000 t	dr Korányi I
1947	vasúti	rácsos	folyó	Szolnoki Zagyva-híd		MÁV H2 oszt.
1947	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Nagyszöllősi úti aluljáró		Szidarovszky J
1947	vasúti	rácsos	folyó	Kocsordi Kraszna-híd		Farkas F
1948	vasúti	rácsos	Duna	Déli Összekötő vasúti híd	2687t	Fekete I
1948	közúti	ívhíd	Duna	Margit-híd	4942 t	Ormós E
1948	közúti	ívhíd	Tisza	Szegedi-Tisza-híd	2482 t	dr Mihailich Gy
1949	közúti	lánchíd	Duna	Szechenyi Lánchíd	(+3000t)	Sávoly P
1949	vasúti	ívhíd	felüljáró	Bartók Béla úti felüljáró	857 t	Vasúti Hídoszt.
1949	vasúti	rácsos	Tisza	Tokaji vasúti Tisza-híd	1097 t	MÁV Hídoszt.
1949	közúti	ívhíd	Tisza	Vásárosnaményi Tisza- híd		Tantó P
1949	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Budafoki úti híd		H II. Hídosztály
1949	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Fehérvári úti híd		Sávoly P
1949	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Guibacsi úti aluljáró		Gábor I
1949	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Gubacsi úti aluljáró		MÁV Hídoszt
1949	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Kerpesi úti híd		
1949	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Tokaji Ladik-híd		MÁV Hídoszt.
1949	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Tokaji Hosszú-híd		MÁV Hídoszt.
1949	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Tokaji Görbe-híd		MÁV Hídoszt.
1949	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Tokaji Aranyos-híd		MÁV Hídoszt.
1950	vegyes	rácsos	Duna-ág	Taksonyi Kis-Duna-híd	168 t	
1950	közúti	gerinc-lemezes	Duna	Árpád-híd	4500 t	dr Széchy K
1950	vegyes	rácsos	Duna	Bajai Duna-híd	4000 t	dr Korányi I

1950	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Gubacsi úti aluljáró		Vajda P
1951	vasúti	rácsos	Duna-ág	Csepeli vasúti híd	720 t	
1951	közúti	rácsos	Duna	Petőfi-híd	(+2800t)	
1951	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Soroksári úti aluljáró		Vajda P
1951	vasúti	rácsos	folyó	Szobi Ipoly-híd		Sávoly P
1952	vasúti	rácsos	Duna-ág	Solti Duna-ág		
1952	vegyes	rácsos	Duna	Dunaföldvári Duna-híd	2680 t	Sávoly P
1953	vasúti	rácsos	Duna	Déli Összekötő vasúti híd	2687t	Korányi I
1953	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Apci Zagyva-híd		Keresztény J
1953	vasúti	rácsos	folyó	Boldogi Zagyva-híd		Keresztény J
1954	vasúti	rácsos	Duna	Komáromi vasúti Duna-híd	2900 t	UVATERV
1954	közúti	rácsos	Duna	Komáromi Erzsébet-híd Csehszovákia		
1954	vasúti	rácsos	Duna-ág	Újpest öböl-ág híd		Rudas V
1955	vasúti	rácsos	Duna	Újpesti vasúti-híd provizórium 2008-ig	4000 t	Schüller F
1955	vasúti	rácsos	felüljáró	Váci úti felüljáró		Hidas M
1955	vasúti	rácsos	Duna-ág	Újpesti öböl-ág híd		Hidas M
1955	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Újpesti vasúti-híd budai parti nyílás		Kádár J
1956	vasúti	rácsos	felüljáró	Kerepesi úti aluljáró		
1956	vasúti	ívhíd	folyó	Balmazújvárosi Keleti-főcsatorna híd		UVATERV
1957	vasúti	rácsos	folyó	Abdai Rábca-híd		Faltin I
1957	vegyes	rácsos	Tisza	Kiskörei közúti-vasúti híd	1175 t	UVATERV
1958	vegyes	rácsos	folyó	**Helwan-i Nílus-híd**	6700 t	Sávoly P
1959	közúti	gerinc-lemezes	Tisza	Tokaji Tisza-híd szegecselt, vasbeton pálya	950 t	dr Knébel J
1959	vasúti	rácsos	folyó	Hajdúszoboszlói és sápi Kelti-főcstorna híd		UVATERV
1960	közúti	gerinc-lemezes	folyó	Sarudi Laskó patak-híd	19 t	Szánthó P
1960	közúti	gerinc-lemezes	folyó	Tolnanémedi Sió-híd	42 t	Reiner E

1961	vasúti	rácsos	Tisza	Algyői vasúti Tisza-híd ártéri hidak 1976	560 t	
1961	közúti	rácsos	felüljáró	Komáromi felüljáró	155 t	dr Knébel J
1962	közúti	rácsos	folyó	Taktaharkányi Taktahíd rácsos híd	38 t	dr Kékedy P
1962	közúti	gerinc-lemezes	Tisza	Szolnoki Tisza-híd	800 t	dr Knébel J
1963	vasúti	rácsos	folyó	Püspökmolnári Rába-híd	297 t	
1964	közúti	kábel-híd	Duna	Új Erzsébet-híd orthotrop pályaszerkezetű kábelhíd	6300 t	Sávoly P
1964	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	M7 ap feletti híd		Balázs Z
1965	vasúti	rácsos	folyó	Győri Rába-híd	2*560 t	UATERV
1965	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Bősárkányi Rábca-híd	34,3 t	
1965	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Jászberényi Zagyva-híd		Hais Bertalan
1966	közúti	rácsos	Tisza	Tiszafüredi Tisza-híd	560 t	dr Kékedy P
1966	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Tököly úti híd		
1967	vasúti		felüljáró	Hejőcsabai vasúti-híd	224 t	
1967	vasúti	rácsos	folyó	Vasúti híd	122 t	dr Darvas E
1967	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Szolnok 25 m-es acélhíd		Kálócziné dr
1968	közúti	rácsos	folyó	**Pakisztáni közúti híd**	118 t	dr Darvas E
1968	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	**Breclav-Brno vv.**	420 t	id Bors E
1968	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	**Olomuc-Opava vv.**	42 t	Papp B
1969	vasúti	rácsos	folyó	Apavári Hortobágy-híd	2*234 t	dr Darvas E
1969	közúti	rácsos	Tisza	Kisari Tisza-híd	215t	dr Knébel J
1969	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	**Sterlice-Brno vv.**	360 t	Rosnyai E
1969	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	**Marianski Lazni-Karlovy Vary**	65 t	Bácskai E-né
1970	közúti	gerinc-lemezes	folyó	Győri 1.sz úti Rába-híd feszített acélszerkezet	370 t	dr Darvas E
1970	vasúti	rácsos	folyó	Vasúti híd	88 t	dr Darvas E

1970	közúti	gerinc-lemezes	folyó	**Noubari Canal forgóhíd**	67 t	dr Darvas E
1970	közúti	gerinc-lemezes	folyó	Ikervár-Sótony Műcsatorna-híd	44 t	Pozsonyi I
1970	közúti	gerinc-lemezes	felüljáró	**Jena közúti híd**	275 t	dr Kékedy P
1970	közúti	gerinc-lemezes	felüljáró	**Eisenhüttenstadt közúti híd**	1800 t	dr Kékedy P
1971	vasúti	rácsos	folyó	dombóvári Delta-vágány kapos-híd	237 t	
1972	közúti	kábel-híd	Duna	**Pozsonyi ferdekábeles Új-híd**		Sávoly P
1972	közúti	gerinc-lemezes	Duna	**Bácska-Palánka közötti Duna-híd**	2275 t	
1973	közúti	rácsos	Duna	Medvei Duna-híd	(+1700t)	
1973	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Hatvani Körvasútí - híd	2*222 t	UVATERV
1974	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Kőbánya keresztezési műtárgy		dr Darvas E
1975	közúti	gerinc-lemezes	Duna	**Sabáci Duna-híd**	2850 t	
1976	közúti	gerinc-lemezes	Duna	**Smedervo-i Duna-híd**	5110 t	
1976	vasúti	rácsos	Tisza	Algyői Tisza ártéri hidak	1336 t	dr Darvas E
1976	közúti	rácsos	folyó	**Vietnam-i Duong-híd**		Kerényi Gy
1978	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Eger patak ártéri hidak	305 t	
1978	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Kazincbarcikai Sajó-híd	232 t	
1979	közúti	gerinc-lemezes	Tisza	Szegedi Bertalan Tisza-híd	2740 t	Strébl L
1979	vasúti	rácsos	Duna-ág	Gubacsi úti vasúti híd		id Bors E
1980	közúti	kábel-híd	Duna	**Újvidéki Duna-híd**	9800 t	Pr Hajdin, Knébel J
1980	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Szarvasi Körös-híd ártéri nyílások	145 t	
1981	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Üllői úti vasúti hidak	544 t	Zöldréty I
1981	vasúti	rácsos	Tisza	Csongrádi vasúti Tisza-híd	2390 t	Néveri I
1984	vasúti	rácsos	folyó	Győri GYSEV Rába-híd	540 t	
1984	közúti	gerinc-lemezes	Duna	Árpád-híd bővítése	8400 t	dr Petúr A

1985	vasúti	rácsos	folyó	Tunyogmatolcsihíd vasúti Szamos-híd orthot lemez	594 t	Ehal ZS
1985	vasúti		folyó	Mezőtúri Hotobágy Berttyó-híd	102 t	
1988	vasúti	rácsos	folyó	Bánrévei Sajó-híd	355 t	
1988	vasúti	rácsos	felüljáró	Illatos úti felüljáró	145 t	MÁVTI
1989	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Siófoki Sió-híd	122 t	MÁVTI
1989	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Kőbányai úti felüljárók	655 t	Rosnyi A
1989	közúti	gerinc-lemezes	Tisza	Polgári Tisza-híd	1200 t	Pozsonyi I
1990	közúti	rácsos	Duna	Bajai Duna-híd konzol		Solymossy I
1990	vasúti	rácsos	folyó	Gyomaendrődi Kőrös-híd	920 t	
1990	közúti	gerinc-lemezes	Duna	M0 ap. Hárosi Duna-híd	4420 t	dr Sigrai T
1990	gyalog	gerinc-lemezes	felüljáró	tatabányai gyalogos felüljáró MÁV felett	144 t	Zsömböly S
1990	közúti	rácsos	folyó	Gesztelyi Hernád-híd	72 t	
1991	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Erzsébet Királyné úti felüljárók	172 t	Czvikovszky F
1992	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	M0 ap feletti vasúti híd	246 t	Néveri I
1992	vasúti	rácsos	folyó	Sárvári Rába-híd	73 t	MÁVTI
1993	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	6-os úti felüljáró	73 t	Néveri I
1993	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Budafok-Dunapart		
1994	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Nádor I. csatorna-híd	60 t	MÁVTI
1994	közúti	rácsos	Tisza	Polgári Tisza-híd Cigánd-ra szállítása		Szatmári I
1995	közúti	gerinc-lemezes	Duna	Lágymányosi Duna-híd	6500t	Sigray T
1996	gyalog	gerinc-lemezes	felüljáró	Lébényi gyalogos felüljáró	72 t	
1996	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Bakonyér-híd		Czvikovszky F
1996	közúti	rácsos	Tisza	Záhonyi Tisza-híd pályalemez csere	326 t	dr Knébel J
1997	közúti	rácsos	felüljáró	**Kairói közúti felüljáró**	1100 t	dr Knébel J

1997	vasúti	gerinc-lemezes	folyó	Nádor II. csatorna		Mátyássy L
1998	közúti	rácsos	Duna	Taksonyi Kis-Duna-híd	115 t	Pálossy M
1999	közúti	rácsos	Duna	Bajai Duna-híd erősítése	(+ 800 t)	Pozsonyi I
1999	vasúti	rácsos	folyó	Gaja patak-híd	120 t	MSC
2000	közúti	gerinc-lemezes	Duna-ág	Kvassai úti Kis Dunaág-híd		Nagy Zs
2000	vasúti	rácsos	folyó	Simontornyai Sió-híd edilon	400 t	MSC
2000	vasúti	rácsos	folyó	Szekszárd Sió-híd edilon + dil	230 t	Gál A
2001	közúti	gerinc-lemezes	Tisza	Tiszaugi Tisza-híd bővítése	1384 t	Mátyássy L
2001	közúti	rácsos	Duna	Dunaföldvári Duna-híd Átépítése		Pozsonyi I
2001	közúti	rácsos	Duna	Esztergomi Mária Valéria Duna-híd	27,5 t	dr Knébel J
2001	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	Érdi keresztezési műtárgy		Mohai K
2002	közúti	gerinc-lemezes	Duna	Szekszárdi Szent László Duna-híd	2800 t	dr Knébel J, Mátyássy L, Kováts Zs
2002	vasúti	rácsos	folyó	Kuszentmárton Körös vasúti híd közp léc		MSC
2003	közúti	rácsos	felüljáró	Dunaföldvári Duna utcai híd	74 t	Reiner G
2003	vasúti	rácsos	folyó	Sajóecsegi Sajó-híd		
2003	közúti	ívhíd	folyó	Sárvári Rába-híd	608 t	Horváth A
2003	vasúti	rácsos	felüljáró	Kaposvár elkerülő felett		MSC
2004	vasúti	rácsos	folyó	Zalaegerszegi delta vágány Zala -hídja edil, íves		Gál A
2004	gyalog	ívhíd	felüljáró	Salgótarjáni TESCO gyalogos híd		Pál G
2005	közúti	rácsos	folyó	Remetei Fekete-Kőrös-híd Pályalemez csere		Speciálterv
2006	közúti	ívhíd	felüljáró	70-es úti Közúti felüljáró		Speciálterv
2007	gyalog	kábel	felüljáró	Ferihegyi gyalogos felüljáró		Speciálterv

2007	vasúti	rácsos	felüljáró	Salgótarjáni MÁV híd		Pálossy M
2007	közúti	ívhíd	Duna	Dunaújvárosi Pentele-híd mederhíd	8700 t	Horváth A
2007	közúti	gerinc-lemezes	Duna	Dunaújvárosi Pentele-híd ártéri hidjai	16000 t	Mátyássy L
2008	közúti	gerinc-lemezes	folyó	Döbröközi Kapos-híd		Speciálterv
2008	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	M0 autópálya HÉV hídjai	552 t	Reiner G
2008	vasúti	gerinc-lemezes	felüljáró	M0 autópálya Vasúti hídja		Pálossy M
2008	vasúti	rácsos	Duna	Újpesti Északi vasúti híd		Solymossy I
2008	közúti	kábel-híd	Duna	Megyeri-híd nagy-Dunaág hídja	8500 t	Hunyadi M
2008	közúti	gerinc-lemezes	Duna	Megyeri-híd kis-Dunaág hídja	8000 t	Pozsonyi I
2008	gyalog	gerinc-lemezes	felüljáró	Budapest Lakatos utcai gyalogos felüljáró		Speciálterv
2009	közúti	gerinc-lemezes	völgyhíd	Szebényi völgyhíd	8700 t	Fornay Cs
2010	közúti	kábel-híd	Tisza	M43 autópálya Tisza-hídja	1700 t	Mátyássy L
2010	gyalog	ívhíd	Tisza	Szolnoki gyalogos Tisza-híd		Pálossy M
2010	közúti	ívhíd	folyó	Endrődi Hármas-Körös-híd középső nyílása		Speciálterv
megj.:folyó=folyó, vízfolyás						
vastag betű = export munka						

Budapest, 2009. szeptember

Mátyássy László
vezérigazgató
Pont-*TERV* Zrt

Vasbetonhidak tervezésének áttekintése 1945-től napjainkig

Wellner Péter
Európai Műszaki és Biztosítási Tanácsadó Kft.
ügyvezető

Akinek lehetősége van arra, hogy visszaemlékezzék a vasbeton hidak tervezésének az 50 évvel ezelőtti módjára és körülményeire, érdekes dolgokról tudhat beszámolni. Akik abban részt vettek, azoknak nosztalgia. Akik most hallanak róla először,….? Hm….! Akik most hallanak róla először, azok számára talán hihetetlen, esetleg nevetséges, vagy egyszerűen érdektelen. Reméljük azonban, hogy a Magyar Mérnöki Kamara hidász tagjai mégis veszik a fáradságot megismerni, hogy milyen utat, milyen módon tettünk meg. Hiszem, de inkább remélem, hogy ezután azt fogják mondani, NAHÁT! EZ IGEN. Vagy modernebben: EZ NEM PISKÓTA!
Nézzük tehát:

Honnan indultunk, és hová érkeztünk.

Kezdem tehát azzal, hogy megkísérlem elmondani, hogy az 1959. évben, tehát éppen 50 évvel ezelőtt, milyen eszközökkel, milyen emberi és szervezeti viszonyok között folyt a vasbeton hidak, de bizonyos szempontból az egyéb hidak tervezése. Biztosan nem lesz mindenre kiterjedő, aligha lesz laboratóriumi pontosságú, de remélem, jól tájékoztat arra vonatkozóan, hogy honnan indultunk.

1. Eszközök a kezdeti időben

A feladat a megrendelő – akkor még kis betűvel írták – kívánsága szerint ismert volt. A tervező mérnök – ezt azóta is kis betűvel írják – elővett egy asztalnyi rajzpapírt, és elkezdte az általános terv felrajzolását, a műtárgy tervezését.

Ez a **rajzlap** eleinte durva felületű, nehezen radírozható eszköz volt. Később jobb tervező intézetek simább felületű rajzlapot is tudtak szerezni. Ez volt a dipa. Vagy inkább a DIPA. Merthogy a diósgyőri papírgyár terméke. Nagy tekercsekben szállították. Szekrényben zárva tartották Takarékosan illett használni. Ezt már szerették a tervezők. Ezen már radírozni is lehetett.
Természetesen **ceruzával** rajzoltak. A szerkesztéshez 2H, H, esetleg még nagyobb keménységű béllel rendelkező fa ceruza volt használatos. A kontúrokat, a méreteket HB, vagy B keménységű ceruzákkal jelenítették meg. Ezek a ceruzák azonban állandó, kör vagy sokszög keresztmetszetű rudak voltak. Ezeket meg kellett hegyezni. Máskép a grafit hegyet nem lehetett működtetni Volt kis kézi hegyező. Azt hiszem ilyesmit használtak hölgyek sminkelésnél alkalmazott ceruzák hegyezésére. Volt tekerhető kis masina, amely dobozában gyűlt a forgács. Az igazi szakértők borotválkozásnál használt pengével hegyeztek. Később úgyis pengével kellett megfelelő vastagságú grafit hegyet képezni. Ez folyamatos tevékenység volt, hiszen a grafit csak kopott, csak kopott, és hegyezés nélkül már nem lehetett volna. kellő vékonyságú vonalat húzni. Azért a technika akkor is fejlődött. Megjelentek a fém hengeres eszközök, melynek belsejében tárolni lehetett a grafit hegyeket. Ez a közismert töltött ceruza. Akkor ez MOFÉM nevet viselt. Egy kicsit törte a hegyet, egy kicsit hamar tönkrement a rugó. Hamarosan modernebb ceruzák is megjelentek Ezek voltak a VERSATIL ceruzák. Nyugati gyártmány. Nem törte oly hamar a beleket, nem repült oly hamar ki a rugó. Különböző vastagságú ceruzabelekhez külön fémház tartozott. Jóval később megjelentek

a ROTRING ceruzák. Ezek még ritkábban törték el a ceruzabeleket, még ritkábban ment tönkre a rugó. ilyeneket ma is használnak.
A tervezés során a felrajzolt vonalakat sokszor meg kell változtatni. Akkor az előzőek egy részét kiradírozták. Eleinte **a radír** leginkább arra volt alkalmas, hogy az egész rajlap felületét ledörzsölje. Nem volt könnyű arra más vonalakat rajzolni. A világ azonban fejlődik. Megjelentek az „elefánt" néven forgalomba hozott magyar gyártmányú, jó radírok. Később, és manapság is ROTRING gyártmányú radírokat használunk. Ez nem hazai gyártmány.

A hídtervezésnél leginkább egyenes vonalakat húzunk. Ehhez természetesen **vonalzókat** használunk. Mégpedig egy 60, és egy 45 fokos szöget bezáró oldalakat tartalmazó vonalzót. Ez a tárgyalt időszakban faanyagú vonalzók voltak. Bizonyos idő után az egyenesek már nem voltak olyan egyenesek. A ceruzák az anyagot lassan elkoptatták. Már ha megélték ezt a kort, mert bizony a faanyagú vonalzókat sokszor sikerült eltörni. Hiába, ezek viszonylag vékony fa eszközök voltak. Egy idő után megjelentek a műanyag vonalzók. Ezek tartósabbak, ha nem is örökéletűek voltak.

Amikor az általános terv, legalábbis első változata elkészült, következik az erőtani számítás.
Amikor szorozni, vagy összeadni kellett, kitűnő eszközként állt rendelkezésre a **logarléc**. Egy kicsit időigényes volt. Hamarosan megjelentek a **számológépek** is. Elsőként a FACIT elnevezésű masina. Ennek billentyűzete és forgatásra alkalmas karja volt. Csúnyán zörgött. Nagy lépés volt, amikor a korszerűbb TRIMPHATOR számológéppel lehetett dolgozni. Itt a pénztárgépeknél ismert lehúzható bütyök segítségével lehetett a szükséges számot beállítani. Ennek is volt tekerésre alkalmas karja. Ez már sokkal halkabban volt üzemeltethető. Körülbelül 10-12 dolgozóra jutott egy ilyen számológép Rendeztünk is

versenyt, hogy ki tud egy adott idő alatt magasabb fordulatszámot tekerni.. Bocsánatot kérek. Ez nem tartozott a tervezési munkához. Közvetlenül. De nagyon szívesen szórakoztunk vele.

Hasonló eszközök használatával készültek el a részlettervek. Ezeket fiatal mérnökök és igen jó képességű szerkesztők, technikusok készítették. Ezek a rajzok tehát kemény rajzpapíron készültek. A kivitelezéshez természetesen több példányra van szükség. A rajzokat tehát olyan adathordozóra (akkor még ez a kifejezés nem volt ismert) kellett rögzíteni, amelyről több példányt lehetett előállítani. Ezért a rajzot alkalmas papírra kellett másolni. Ez a papír volt a pauszpapír. A ceruzával elkészült tervre pauszpapírt helyeztek el, és tussal átmásolták. Ezt a munkát olyan műszaki rajzolók végezték, akik a mérnökök és szerkesztők által rajzolt vonalakat, megfelelő vonalvastagságokat használva, műszaki szempontból jól felismerhetően állították elő. Ezek a műszaki rajzolók sokszor az előzőleg elkészült, némileg összekuszálódott rajzokból valóban műszaki rajzot állítottak elő.
De milyen eszközökkel is dolgoztak?
Először is a **pauszpapír**. Az első időben használt pauszt inkább zsírpapírnak minősíthetnénk. Némileg átlátszó, könnyen szakadó papír. Felületükön a vonalak nem meg mindig voltak folyamatosan rajzolhatók.
Idővel egyre jobb minőségű pauszpapírokat lehetett kapni. Hosszú ideig volt általában használatos, és ezeket a jobb minőségű papírokat, csak fontosabb terveknél lehetett használni.

Természetesen a másolt rajznak maradandónak kellett lenni. Ezért a rajzmásolás tussal történt.
Mondanom sem kell, hogy volt jobb, és kevésbé jó minőségű **tus**. Az utóbbit általában csak jelentősebb munkánál lehetett használni. Ilyen helyzetet már említettem más eszköznél is. Magát az anyagot nagyobb üvegben lehetett beszerezni. A műszaki rajzoló maguknak kisebb üvegekbe kiöntve használták.

A terven szereplő vonalakat valamilyen eszközzel kellett másolni. Amikor már egy kicsit kiemelkedtünk a legkezdetlegesebb eszközök használatának gyakorlatából **tuskihúzót** használtak. Ez minden körzőkészletben található. Jobb minőségben egyedi eszközként is létezett. Ez egymással szemben elhelyezkedő két fém lap, amelynek egymástól való távolságát keresztirányban csavarokkal lehetett szabályozni. Ezzel a vonalvastagságot lehetett meghatározni. A tust ezek közé a lapok közé kellett bejuttatni.
Óriási fejlődést jelentett, amikor megjelentek a patronokkal bíró eszközök. Itt a tus bejuttatására csak az űrtartalom elfogyása után, akkor is igen egyszerű módon van szükség.

A kezdetben, 1959 tájékán, a logarléc, tussal történő rajzmásolás, a számológép használata idején, a számítógép, a számítástechnikával segített tervezés nálunk még csak hírekben élt. Magasan kell értékelnünk, hogy nem akármilyen hidak tervezését végezték el ezekkel az ismertetett eszközökkel. Hivatkoznék az első nagyobb szabad nyílású, szabadszereléses technológiával tervezett, és épített feszített vasbeton hídra, a kunszentmártoni Hármaskőrös hídra. Meglehetősen bonyolult tervezési feladat volt. Sok építési fázist, sok nagysúlyú, helyüket állandóan változó segédszerkezet kellett figyelembe venni az imént bemutatott eszközpark felhasználásával
Néhány éven belül megtettük az első lépéseket a számítógépes tervezés területén. Nem volt mód számítógépre alkalmazott számítási programok beszerzésére. Rendelkeztünk azonban egy R11 típusú számítógéppel. Jó nagy térfogatú gép, melyet csak szabályozott hőmérsékletű teremben lehetett működtetni, ahová e miatt csak zsilipelve lehetett bemenni. De mégis megjelentek a programozással foglalkozni óhajtó első kollégák. Az első lépés egy igen egyszerű számítás programozása volt. Elnézést kérek, hogy számítási részletekről beszélek, de ez jól mutatja az akkori helyzetet. De mutatja vágyunkat is, ha másképp nem megy, saját erőnkből közeledjünk a fejlettebb világhoz. Egy konzolos

szakaszokkal is rendelkező, négyszögletes üreges keresztmetszetet vizsgáltak. Kézzel, sok tizedessel kiszámították a területet, a mindkét irányú súlyvonal helyét, inercianyomatékot, és a keresztmetszeti modulusokat. A számítás minden lépését betűvel jelölve képleteket alkottunk. Ezután a programozással foglalkozó kolléga a feladatot a számítógép nyelvére fordította. Sok egyeztetés után eljutottak oda, hogyha a bemenő adatokat megfelelő formában adjuk meg, a számítógép segítségével a számítás tökéletes pontossággal elkészíthető, és az eredmény rendelkezésre állt.
Egy másik tervező pár már konkrét, háromnyílású folytatólagos híd tervezésénél egyes részletek számítását dolgozta ki. Úgy néhány hónaponként sikerült egy-egy újabb rész számítását megoldani. Ilyen volt a feszítőkábelek geometriájának, a kábel veszteségeinek, majd a beton szélső szálában keletkező feszültsége számítása. Ezek programok nem voltak egymással összeköthetők, pedig az egyik eredményét, a másiknál használni kellett. Még csak itt tartottunk a gépi program készítésénél. Az erőtani számítás többi részét még „gyalog" módszerrel készítettük. De ezt óriási eredménynek tartottam, és tartom ma is. Megismertük, hogyan kell gondolkodni a számítógép nyelvén. Sokat azért még nem tudtunk, de már mégsem volt ez a világ elérhetetlen messzeségben.

2. A tervezés személyi és szervezeti felépítése a kezdeti időben

A szóban forgó időszak elején nagy tervező szervezetek működtek. Hídtervezés, legalábbis a nagyobb hidak tervezése területén nem voltak sokan. Mondjuk talán ketten. Ezek még a háború után jöttek létre összetett építéstervezési feladatok megoldására. A feladatokat nem elnyerték, hanem megkapták. Nem volt verseny. Legalábbis a tekintetből nézve nem, hogy melyik cég tervezne olcsóban.

Mint az előző szakaszból kiderült, a tervezésben tervezők, szerkesztők és rajzolók vettek részt. A tervezési feladatot megfelelő tapasztalattal rendelkező mérnökre bízták. Mellette dolgoztak beosztott mérnökök. Ezek itt tanulhatták meg a szakma részleteit. Kellő gyakorlattal érték el azt, hogy egy híd tervezésére kaptak lehetőséget. A szerkesztési munkákat szerkesztő technikusok, kezdő fiatal mérnökök, vagy nagyobb tervezési feladatok önálló végzésére nem még eléggé képzett mérnökök végezték. A szakmai munkát magam is így kezdtem Elsőként talán egy nem túl bonyolult vasbeton szegélyeket is tartalmazó vasbeton lemez vasalási tervének szerkesztési feladatát kaptam Siettem is a feladat végrehajtásával. Talán kapkodtam is. Sebaj, a tervet egy tapasztalt mérnök ellenőrizte. Bizony a betonacélok a tervben néha kilógtak a szerkezetből. Mondta is az ellenőrző mérnök kolléga, ha így maradna, akkor a kivitelezés során majd hozhatják a „Samut". Ez egy nagy-kalapács, amivel a betonacélt a helyére lehetne kényszeríteni. Talán féltem, hogy hozzák a samut. Később inkább többet gondolkozva igyekeztem pontosabb munkát végezni.
Az egész tervezői szervezet élén egy elismert szakember állt, aki a megfelelő hatáskörrel is rendelkezett. Ez irányított, magyarázott és ellenőriztetett. Érdeke volt, hogy minél képzettebb kollégákkal dolgozzon a továbbiakban. Más céghez nem lehetett könnyen elmenni. Egyrészt, mert nem is igen volt sok ilyen másik cég. Másrészt, mert ez jogilag is nehéz lett volna. Egy kicsit röghöz kötöttség is volt. Vagy nem is kicsit.

A tervezés során költségvetés is készült. A tervező vállaltoknál költségvetési egység is működött. Érvényben voltak költségvetés készítéséhez könyvek, amelyek a tételeket tartalmazták, a tételhez szorosan tartozó tevékenységet is felsorolva. Létezett. a tételekhez tartozó egységár-gyüjtemény. A tételekhez árelemzés is szükséges volt, mely minden főbb anyag szállítási távolságát és például a kézi földmunkánál szükséges karolás mennyiségét is figyelembe vette. Működött a bűvös háromszög. A beruházó, a

tervező és a kivitelező. A három résztvevő sokszor éles viták során állapították meg az építés árát. Azért jót lehetett veszekedni. A felek nem szerették egymást. Finoman szólva. Mai szemmel bizony erősen csodálkozhatunk. De mint tudjuk, nem volt verseny, nem volt piac, mindennek szabott ára, na jó, majdnem szabott ára volt.

A tervek hivatalos ellenőrzése csak vállalaton belül működött. Inkább részletekre figyelve. Az illetékes minisztérium azonban jelentős híd-osztállyal, nagy tapasztalatú, területi főmérnökökkel működött. Ezek a mérnökök, gyakorlatuk függvényében foglalkoztak a tervek ellenőrzésével.

3. Tervezés eszközei napjainkban, 50 évvel később

Az ötven évvel ezelőtti eszközök ma már csak múzeumi tárgyak. Olyan eszközöket fejlesztettek ki, amelyek segitségével sokkal gyorsabban, sokkal pontosabban készíthetjük el a terveket. Szerencsére kinyílt a világ. Mód volt olyan rajzokat készítő, erőtani számitásokat végző szoftvereket (programokat) vásárolni, és ezek működtetéséhez olyan hardvereket (számítógépeket, másoló gépeket) beszerezni, melyekkel sokkal magasabb szinten, sokkal gyorsabban lehet a tervezési munka végzése. Ma már a magyar számítástechnikai szakértelem is képes számítási, rajzoló szoftvereket és eszközöket készíteni. A különösen bonyolult hídszerkezetek erőtani számításánál, rajzok készítésénél azonban ma is külföldről vásárolt szoftvereket használunk.

Megelégedéssel állapíthatjuk meg, hogy rendelkezésre állnak azok a szakemberek, akik a szoftvereket, és a hardver parkot használni tudják. Hiába lenne ugyanis kiváló zongoránk, ha nem tudnánk rajta játszani.

A rajzolói és szerkesztői munka azonos időben, egyszerre valósul meg. Tulajdonképe már csak szerkesztést végzünk. Tudunk egyenes, görbe és mindenféle vonalakat helyes méretarányokkal rajzolni. Ha elrontottuk valamit, vagy más megoldást keresünk, könnyen módosítunk.
Az erőtani számítás azonban ennél bonyolultabb feladat. Nem hihetjük, hogy az erőtani számítás elkészülhet különösebb mérnöki gondolkodás nélkül. A számítógép a csatlakoztatott utasítás-rendszerrel együtt ugyanis igen buta alkotmány. Csak azt tudja végrehajtani, amire a szoftver készítője, egy utasítás rendszerben kötött sorrendben rendelkezett. A mérnök megadja a kiinduló adatokat, elindítja a program végrehajtását, majd megkapja az eredményt. A legkevesebb, hogy a mérnök a megkapott eredményt értékelje. Szükséges hozzá megfelelő tapasztalat. Nem okos dolog az eredményt vakon elfogadni.
Hasznos dolog, ha a mérnök minél részletesebben ismerni, hogy a program mit, milyen módon számol. Mennyiben felel meg a számítási mód a hazai előírásoknak, szokásoknak, a tervező mérnök elképzeléseinek. Sok esetben ez csak korlátozottan ismert. Jó lenne tudni, hogy az erőtani számítást végző mérnökök milyen mértékben ismerik a softver tartalmát. Az erőtani számítás sokkal több eredményt tartalmaz, mint amit sokszorosít a tervező. Tudása épen arra is szolgál, hogy a szükséges, egyben elégséges adathalmaz kerüljön dokumentálásra.
Amikor már mindent rendben találtunk, megkaptuk az eredményt, azt jól kezelhető formában kellene közölni. Itt lenne még javítani való. Ilyen összefoglaló, jól áttekinthető eredmény közlése nélkül, más földi halandónak ez a tervrész nem használható. Természetesen ellenőrzésnél is nehézséget jelent.

Nem kétséges, hogy a tervek hosszú ideig történő tárolási lehetősége, a megrendelő jogos igénye. Az elektronikus úton rögzített és szállított tervek őrzéséhez nem kellenek nagy területű tervtárak. Ezekhez sok év után is hozzá lehet férni. Valamiről azonban elfeledkezünk. Sok év után ugyanis nem biztos, hogy

azokkal a hardverekkel, amelyekkel akkor rendelkeznek, kezelni lehet a régi terveket. Erre még nem nagyon gondoltunk.

4. A tervezés személyi és szervezeti felépítése napjainkban

4.1 A tervezés személyi feltételei

A sok évvel ezelőtti tervezésben szereplő tevékenységek, azokat művelőinek sorsa alaposan megváltozott. A műszaki rajzolói szakma ma már nem létezik. A rajzok szerkesztése az előzőekben ismertetetteknek megfelelően számítógépekkel történik.
A tervező mérnök napjainkban is számítógép segítségével rajzi formában előállítja a híd általános tervét. Az erőtani számítást ugyancsak ilyen eszközzel végzi.
Alapvető gondot a szerkesztői munka jelenti. A technikusi képzés gyakorlatilag megszűnt. A részlettervek számítógépen történő szerkesztéséhez nincs középfokú képzettség megszerzésének lehetősége. A gyakorlatban ezt a munkát is okleveles, esetleg a diplomát még meg nem szerző mérnökök végzik.
A középfokú képzettségű szakemberek hiánya rendkívül káros. Káros azért, mert magasabb képzettséggel alacsonyabb képzettséget igénylő munkát végző mérnökök érthető módon nem éppen megelégedettek. Ugyanakkor egyszerűbb munkát is végezni tudó műszaki érdeklődésű emberek nem jutnak munkához. Ez a kérdéscsoport a túlképzett fiatalok és a munkához nem jutó, mert ilyen képzés nem folyik, középrétegek súlyos problémája. Alapvetően oktatási probléma. Mi csak szembesülünk vele.

4.2 A tervezés szervezeti formája

A tervező szervezetek alapvetően módosultak. A nagy állami tervező intézetek mellett, nem kis részben ezeknek a személyi állományából, több kis tervező szervezet alakult. Megszűnt az a régi gyakorlat, hogy a megrendelő egyenesen megbízta tervezési

feladatot szerinte jól elvégezni képes céget. Ez helyes dolognak látszik, hiszen versenyhelyzetet kívántak létrehozni. Ehhez természetesen több versenyző szükséges. Ezután értelemszerűen megtörténik a tervezési feladat kiírása, és valóban megvalósul a verseny.
Most tehát van több versenyző a tervezési piacon. Gondolhatnánk. A valóság egy kicsit másképpen néz ki. Lassan visszaállt a régi rend. Létrejöttek nagy létszámú, komplex tervező vállalatok. Ezek generáltervezőként szerepelnek, mintegy jogot szerezve arra, hogy akár több részre szabdalva kiadják a munkát kisebb szervezeteknek. Érdemes megnézni egy terv címlapját. Egy teljes formátum tele cégnevekkel, logókkal. Szerepel rajta a beruházó, a generáltervező számos igazgatójával, legtöbbször aláírás nélkül, a szakági tervező, végül a tervező. És ez minden tervlapon. Még a kiegyenlítő lemez terve is tájékoztat az érintett szervezetekről, és azok összes igazgatójáról. Ez jó sokba kerülhet. Mármint az a sok papír és a fénymásolása, amelyet ez a terjedelmes címlap elfoglal.

4.3 Verseny a tervezési feladat elnyeréséért

Most azonban álljunk csak meg egy pillanatra. Ki is nyeri el a munkát? Természetesen az a cég, amelyik a legalacsonyabb tervezői díjat ajánlja. Ezt a legtöbb tenderkiírás is tartalmazza.
Biztosan jó úton járunk? A tervezés egy kényes munka. Rossz tervből aligha épül jó műtárgy. A minőségnek minden felett, igen jónak kellene lenni. Bizony nem ártana a műszaki alkalmasságot figyelembe venni. Ilyen, csak árra koncentráló tenderkiírást nem is szabadna megengedni. A megrendelőnek legalább lehetőséget kell adni több szempont figyelembe vételére. Természetesen az ár is egy szempont lehet. De nem az egyetlen szempont. Hallott valaki arról, hogy nem adták a munkát olyan cégnek amelynek „referenciája” agyaglábakon állt? Vagy állt volna, ha ezt a kérdést megvizsgálják.
Azért ez nem valami rendkívüli újdonság. Gondoljunk csak bele. Egy halandó szükséges műtétje előtt vajon versenyezteti-e az

orvosokat, és minden mást figyelmen kívül hagyva, biztosan a műtétet legolcsóbb árat ajánló orvost bízná meg?

4.4 A tervek független ellenőrzése

Jogos az a kialakult igény, hogy legalább a jelentősebb műtárgyak terveit független ellenőrökkel ellenőriztetni kell. Az ilyen feladat végzésére külön jogosítványt kell szerezni. Ezeket a szakemberekről lista készült. Azóta az látszik, hogy ketten kaptak ilyen engedélyt. A boldog és a boldogtalan. Át kellene gondolni, hogy akik terveznek, végezhetnek e úgynevezett független ellenőrzési munkát? Hová lesz a függetlenség? Ma én tervezek, és te ellenőrzöl, jövő hónapban majd fordítva. Talán inkább néhány független céget kellene létrehozni, mint ahogy ez más országban jól működik. Egy ilyen céget igazán független mérnöknek kellene irányítani alkalmas állandó, ritkább esetben bevont mérnökökkel. Egy híd terveinek ellenőrzése legtöbbször nem egy emberes feladat. Már ha nem túl hosszú idő áll rendelkezésre. A Mérnöki Kamara lehetne gazdája ennek a működésnek a szabályozására, ellenőrzésére, egyszóval minden szempontot átgondoló létrehozására.

4.5 Az építési munka várható ára

Az 50 évvel ezelőtti időkben a tervező készített az építmény kivitelezésre költségvetést, amely akkor a beruházó képviselője és a kivitelező között vitaalapot képezett Elég erőltetett, irányított árak voltak. Ennek ma már nyoma sincs. A verseny, szabad verseny. A megrendelő választhat az árak között, de tulajdon képen, csak az ajánlati árakat egymáshoz viszonyítva.

Az utóbbi időben ismét előfordul árbecslés tervezői, vagy megrendelői közreműködéssel. Így alakulnak ki az úgynevezett mérnökárak. Ez aztán kiszivárog, oszt lehet versenyezni.

A kérdést más oldalról érdemes megvizsgálni.. Vajon a tervező, legjobb szándékával számolva is, vajon rendelkezik olyan eléggé időszerű adatokkal, amelyek alapján költséget tud becsülni? Bizton állíthatom hogy nem. Az összes adat, amelyből ki tudnak

indulni, csak az előző időszakból ismert ár lehet. Szabadjon megkockáztatni, ezek az árak nem piaci, csupán volt versenyárak. Más módszert kell keresni egy várható ár, - nevezzük mérnökárnak - kialakítására. Ezt azonban kevés embernek, nagy felelősséggel kellene előállítani.

4.6 A tervek fajtái és azok egyedi szerepe

Ötven évvel ezelőtt a döntést előkészítő tanulmányterv, vagy tanulmánytervek után, csak kiviteli terv készült. Ma ennél bonyolultabb igényeket kell kielégíteni a terveknek. Ezért ismerünk engedélyezési tervet, tender tervet és építési (kiviteli) tervet. Már az érvényes Útügyi Műszaki Előírások szerint. Mindegyiknek meg van funkciója, mely a nevükből világosan következik.

És milyen tervek készülnek, milyen feladatok ellátása céljából.

Elsőként az engedélyezési terv. Ennek egyetlen feladata olyan terv készítése, amely alapján minden érintett szerv, cég és magánszemély hozzászólhat a megvalósításhoz. Ez a terv feladatához képest ma túl részletes, tehát ilyen értelemben túl drága. A mindenre kiterjedő feladatát tekintve esetleg nem elég részletes, ezért túl olcsó. Már amennyiben a tervezőtől várunk különböző egyeztetéseket. Az igények összegyűjtése után azonban nem a tervező dönthet egyik igény el, másik nem elfogadásáról. Ez a hatóság feladata lenne. Amikor a tervezés egy következő fázisába lép, már nem lehetnek vitatott kérdések. Az illetékes hatóságnak dönteni kell. Az utólagos módosítási igények jogszerűségét ki kellene zárni. Az engedélyezési eljárásban az igények előterjeszthetők, de a hatóságnak dönteni kell. Minden más módszer nagyon drága, és felettébb időigényes.

Következő lépés a tenderterv. Ez a terv csak azt szolgálja, hogy az ajánlattevők megfelelő adatok alapján ajánlatot tudjanak tenni. Ilyen értelemben ez nem műszaki terv. Elég részletesnek kell lenni ahhoz, hogy hozzáértő kivitelező ajánlatot tudjon tenni. Amelyik ez alapján nem tud ajánlatot tenni, az talán ne is tegyen.

Az ajánlatot a kiadott tételrend és azok mennyisége alapján kell megadni. Ennek a tételrendnek egy kicsit jobban kellene szolgálni az ajánlattevő és az értékelő munkáját. Nem tűnik jónak, hogy van tétel a hídszegélyre, meg a pillért védő korlátra, majd egy tétel, amely a híd felszekezetének négyzetméterére vonatkozik. Nem indokolható, hogy kiviteli terv mélységű terv készül tendertervként. Újabban azt írjuk a tervre, hogy „kiviteli terv szintű ajánlati terv" Ez felesleges részletességű, tehát drága. Nem szólva arról, hogy utána a kivitelezőnek a saját technológiája alapján építési tervet kell készíttetni, Ez ugye ismét költség, miközben az értelmetlenül részletes tenderterv felesleges időt igényelt. Ezt a folyamatot át kellene gondolni.

5. Összefoglalva: Honnan indultunk, és hová jutottunk a vasbetonhidak a tervezése területén

Az elmúlt ötven évben sokat fejlődtünk. Talán közelebb kerültünk a nemzetközi színvonalhoz. A tervezés területén minden bizonnyal. A vasbetonépítés területén olyan terveket sikerült készíteni, amely a vasbetont, jelesül a feszített vasbetont, nagyobb támaszközi hidaknál is alkalmazhatóvá fejlesztette. A tervezés során minden esetben a kivitelezési techonológiát, az alkalmazni kívánt segédszerkezeteket, a szerkezeti tervek tervezésével egyidejűleg is megtervezték. Nagyobb támaszközű, hosszú hidaknál ez utóbbiak ismerete nélkül a terv nem lehetett volna teljes értékű. És akkor még finoman fogalmaztam.

A fejlődés állomásai a következők voltak:
A 60-70 méteres támaszköz tartományban az előregyártott elemek felhasználásával szabadszereléssel tervezett hidak a Kőrösök vidékén (Kunszentmárton, Kőröstarcsa, Kőrösladány) Budapesten a Nyugati téri,(lánykori nevén Marx téri) felüljáró.
A 90-120 méteres tartományban szabadbetonozásos technológiával megvalósult győri Kis-Duna híd, a csongrádi, majd a szolnoki Tisza híd.

E műtárgyak építése után került sor a szakaszos előretolással megvalósított, 45 – 50 méter támaszközű feszített vasbeton hidak tervezésére. Ezek a hidak bizonyították, hogy a feszített vasbeton hidak, mint monolit szerkezetek, olyan területét foglalja el a hídépítésnek, amelyeknél az előregyártott gerendák, -különösen a hosszabb tartók, a gyártás-szállítás-közbenső depóniák problémái miatt - már nem látszanak értelmesen használhatóknak.
Ezzel a technológiával időben számos híd épült. Első alkalmazása a beretttyóújfalui Berettyó hídnál történt. Számos műtárgyat terveztek M7, és napjainkban az M6 autópályára. Ilyen szerkezetként terveztük az M6 autópálya budapesti bevezető szakaszán, a ferencvárosi pályaudvar 9 vágánya felett is átvezető, kétpályás, egymással szemben, kétoldalról tolt szerkezet. Ilyen szerkezetként terveztük a budapesti soroksári út feletti három műtárgyat. Kimagasló siker volt a magyar szlovén vasútvonal 1400 méter hosszú hídja, amelyet igen rövid idő alatt lehetett megépíteni Jó egy évvel a kétoldalról tolt többszáz méteres szerkezet betolása előtt, napra pontosan tudtuk jelezni a szerkezetek találkozásának időpontját. bizonyította, hogy ezzel a technolgiával, a szerkezeti és technológiai tervezés egyidejűségét és a tervezés és kivitelezés szoros együttműködése esetén az építőiparban lehet „pontosan és szépen, mint csillag megy az égen” dolgozni.
A feszített vasbeton hidak tervezésének legutóbbi sikeres alkalmazása, a szabadbetonozásos és előregyártott szabadszereléses technológiával tervezett kőröshegyi völgyhíd volt. A tervezés és kivitelezés szoros együttműködése az itteni sikerhez is elengedhetetlen volt.

Hát ide jutottunk a tárgyalt időszak első szakaszának kisipari, de semmi képen le nem nézhető helyzetéből a mai, európai színvonalat megközelítő helyzetéig.
A helyzetünk azonban nem ad okot arra, hogy hátra dőljünk, mondván, hogy mi milyen fa…, na, ne, szóval fantasztikus hidászok vagyunk. Ezzel szemben okot ad arra vonatkozóan,

hogy gondoljuk át, vajon a jelenlegi helyzet, amely az 50 év távlatából fantasztikus előrelépést mutat, nem tartalmaz-e olyan részeket, amely javítása indokolt lehet. Gondolkozzunk erről.
Az itt előadott néhány kérdés is, talán érdemes lenne erre.

Budapest, 2009. szeptember

Wellner Péter
ügyvezető
E.M.B.T. Kft.

Öszvérhíd építés Magyarországon 1945-2009

Dr. Szatmári István
BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke, egyetemi magántanár

1. Bevezetés

Ha öszvérhidak építéséről kívánunk beszélni, célszerű először a fogalmat tisztázni. Az általánosan elfogadott meghatározás szerint öszvértartó az a hajlított gerenda, amely jellemzően az alábbi három elemet: az acél tartót, a vasbeton járófelületet (estünkben pályalemezt) és az ezeket összekapcsoló együttdolgoztató kapcsolatot tartalmazza. A hídépítés területén az öszvér tartó két formában, öszvérhídként és öszvér pályaszerkezetként jelenik meg. Öszvérhídnak azokat a szerkezeteket szoktuk nevezni, ahol a vasbeton pályalemez a gerendaként kialakított főtartó szerves része (általában annak felső öve), míg a főtartóktól elkülönülő, a pályatartókkal együttdolgozó vasbeton lemez szerkezetet öszvér pálya-szerkezetnek nevezzük.

Az alábbiakban csak a fenti értelmezés szerinti öszvérhidakkal foglalkozom.

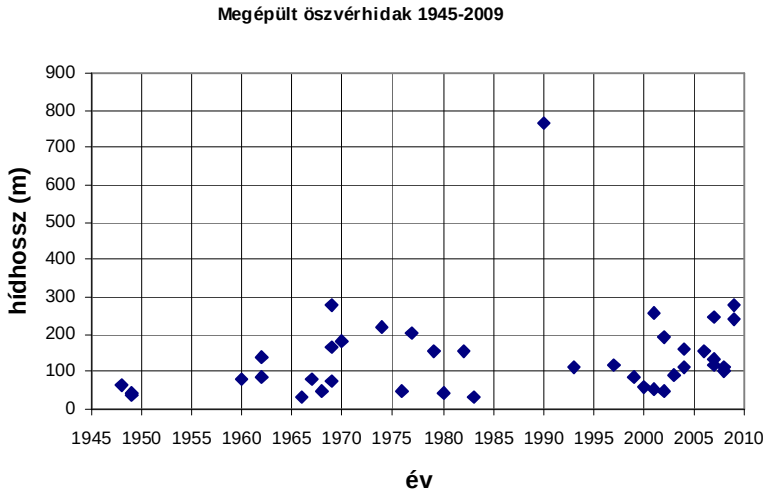
A több, mint 60 év tevékenységének áttekintése és hézag-mentes feltérképezése nem lehet egy ilyen előadás célkitűzése, mert messze meghaladja a lehetőségeket. Azonban – a teljesség igénye nélkül – igyekeztem feldolgozni az irodalomban hozzáférhető, leginkább érdeklődésre számot tartó eseteket. E munka eredményét táblázatban foglaltam össze. Ha a táblázat eredményeiből grafikusan kigyűjtjük a hidak megvalósulásának évszámát és a híd hosszát (1. ábra), érdekes kép tárul elénk.

átadás éve	a híd neve	tervező intézet	acélszerk gyártó	hossz m	szélesség m	tmk max	acél súly t	fajl a felh kg/m2
1948	Hosszúrévi Sajó híd			62,6	7,60	21,24	94	197,45
1949	Edelényi Bódva híd	ÁÉH		38,7	8,10	13,10	18	56,15
1949	Szalonnai Bódva híd	ÁÉH		40,2	8,10	13,40	18	56,20
1960	Várkeszői Rába híd	Uvaterv	Közúti Hídfennt	79,8	4,86	26,60		
1962	Letenyei Mura híd	Uvaterv	Ganz-MÁVAG	141,0	8,50	47,00	276	230,29
1962	Kesznyéteni Sajó híd	Uvaterv		86,1		28,70		
1966	Tiszafüred ártéri híd	Uvaterv	Ganz-MÁVAG	30,0	8,50	30,00	21	82,35
1967	Berettyószentmártoni Berettyó híd	Uvaterv		80,0	10,80	34,00	135	156,25
1968	Gyomaendrődi Hármas-Körös híd	Uvaterv	Közgép	49,0	9,30	49,00	63	138,25
1969	Bodonhelyi Rába híd	Uvaterv	Közgép	73,0	4,80	29,00	49	139,84
1969	Baross téri fj	Uvaterv	Ganz-MÁVAG	165,0	8,80	40,00	340	234,16
1969	Barcsi Dráva híd	Uvaterv	Ganz-MÁVAG	280,8	10,90	70,60	475	155,19
1970	Győri Rába híd	Uvaterv	Ganz-MÁVAG	181,0	13,20	67,00	377	157,79
1974	Algyői Tisza híd	Uvaterv	Ganz-MÁVAG	217,6	12,50	102,40	498	183,09
1976	M3 ap fj	Uvaterv	Ganz-MÁVAG	48,0	10,00	24,00	45	93,75
1977	Tahitótfalui Duna híd	Uvaterv	Ganz-MÁVAG	201,4	11,40	80,40	297	129,36
1979	Csengeri Szamos híd	Uvaterv	Ganz-MÁVAG	156,0	12,20	60,00	192	100,88

1980	Siófoki Sió híd I.	Uvaterv	Ganz-MÁVAG	44,4	20,60	44,40	174	190,24
1982	Tunyogmatolcsi Szamos híd	Uvaterv	Ganz-MÁVAG	156,0	12,20	60,60	267	140,29
1983	Siófoki Sió híd II.	Uvaterv	Ganz-MÁVAG	30,0	11,20	30,00	44	130,95
1990	M0 Hárosi Duna híd	Uvaterv	Ganz-MÁVAG	766,5	22,10	108,50	4420	260,93
1993	Sajóecsegi Sajó híd	MÁVTI	D+J	112,0	5,00	16,00	180	321,43
1997	37 út jobbpálya Hernád híd	Heed	Miskolci Vasipa	116,6	11,10	30,60	114	88,00
1999	Bakonszegi Berettyó híd	Pont Terv	Közgép	84,8	9,20	42,00	107	137,15
2000	M1-M7 körforgalmi fj	Főmterv	Közgép	110,0	18,00	19,30	275	138,89
2001	Sajókazai Sajó híd	Heed	Miskolci Vasipa	52,9	10,30	21,20	68	124,25
2001	M3 Oszlári Tisza híd	Uvaterv	Ganz Acél	256,0	28,00	112,00	2300	320,87
2002	M9 Szekszárdi Duna híd ártéri hídja	Uvaterv	Közgép	195,5	14,00	65,50	558	203,87
2002	Esztergom Árok utcai Kis-Duna híd	Pont Terv	Közgép	50,5	12,12	48,00	100	163,38
2003	Hosszúrévi Sajó híd	Heed	Miskolci Vasipa	89,0	12,10	44,48	98	91,04
2004	M30 Sajó híd	Céh	MCE	117,5	24,26	48,00	418	146,64
2004	M30 vcs fj	Speciálterv	Ganz Acél	163,0	25,60	45,00	700	167,75
2006	M35 Keleti Főcsatorna híd	Uvaterv	Közgép	154,0	28,26	66,00	740	170,04
2007	M3 Keleti Főcsatorna híd	MSC	Közgép	136,0	28,26	56,00	600	156,11
2007	37 út balpálya Hernád híd	Heed	MCE	116,6	11,30	30,60	116	87,74
2007	M6 ap 51+802 szelv fj	Pontterv		249,0	32,60	25,00	960	118,26
2008	M6-M0 csatl MÁV fj (147 j)	Speciálterv	MCE	111,7	33,38	50,61	828	222,07
2008	M6-M0 csatl Angeli úti fj(142 j)	Speciálterv	Molnár Zrt	101,2	13,88	40,00	183	130,28
2009	8 út Márkói völgyhíd	Heed	MCE	276,0	28,00	48,00	698	90,32
2009	M6 Sió híd	Főmterv	Közgép	239,3	30,00	89,70	1750	243,77

Megállapíthatjuk, hogy a tárgyalt időszak lényegében három részre tagolható:

- az 1945-55 közötti évek a helyreállítás időszaka, az öszvérhidak alkalmazásának kezdetei.
- a 60-as és 80-as években az alapos elméleti, szabályzati munka nyomán kialakuló nagy nyílású öszvérhidak építése, idesorolva még az 1990-ben elkészült hárosi Duna-hidat is;
- az 1995-től kezdődő időszak, amikor az öszvérhidak építése új lendületet kapott új anyagok és technológiák bevezetésével.



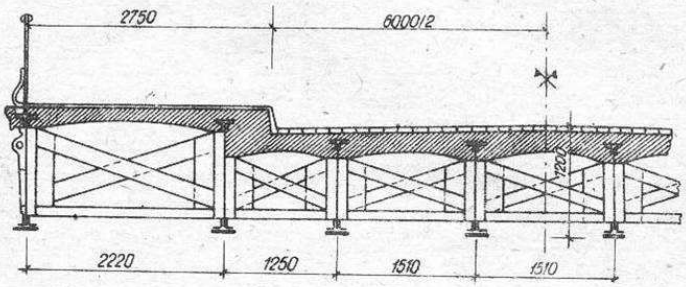
1.ábra A megépült öszvérhidak 1945-2009

A jövőt illetően nem célszerű jóslatokba bocsátkozni, azonban a tanulságokat érdemes megkeresni és néhány jól látható célról beszélni.

2. A kezdetek

Dr. Platthy Pál azt írja egy 1963-ban megjelent jegyzetében, hogy a vasbetonlemez és az acéltartó együttesének (mára elterjedt nevén az öszvértartónak) az alkalmazása már igen korán, a XX. század elején felmerült, és feltehetően az első ilyen alkalmazás a franciaországi Kanal du Midi egyik hídja volt (2.ábra). Korai, részben a világháborút megelőző hazai alkalmazásokról is megemlékezik Platthy professzor, azonban ezek még nyilvánvalóan nélkülözik az öszvérszerkezetek kialakításának fontos elemét, a tudatos és célirányos számítást.

A világ első két együttdolgozó szerkezetü hidja Chamberyben, illetve Toulouse mellett a Kanal du Midi felett épült. Az utóbbit L = 30,25 m jelentős támaszközzel 1907-ben adták át a forgalomnak, és amint azt az I. 4. ábrán látható keresztmetszet is mutatja,



I. 4. ábra

igen kis szerkezeti magassággal /L/27/. A számitásnál az együttdolgozást csak a hasznos teher egy részénél vették figyelembe, mert szerelésnél aláállványozást nem készitettek, tehát a betonlemez megszilárdulásáig minden terhet /önsuly, zsaluzat, szerelési terhek/ a vasszerkezetnek kellett viselnie.

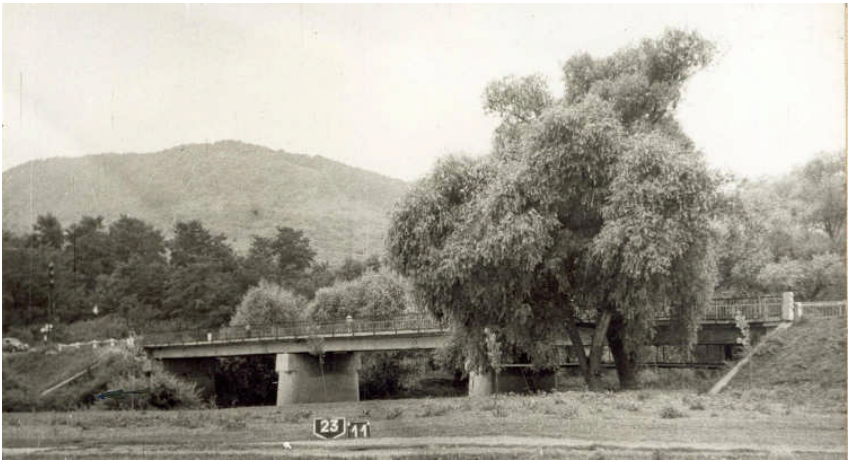
2.ábra A világ első öszvérhídja (Platthy)

A szó mai értelmében vett öszvérhidak hazánkban a II. világháborút követő óriási méretű helyreállítási munkában épültek először nagy számban, olyannyira, hogy e munkához

mintaterv is készült. A szerkezet-választást a háborút követő építőanyag hiány, mindenek előtt a hengerelt acél és az állványanyagként használható fa hiánya indokolta.

A jelentős számú (pl. Borsod-Abaúj-Zemplén megyében kb. 40 db), jellemzően 10-20 m támaszközű hídból jó néhány ma is szolgálja a forgalmat.

Példaként érdemes megemlíteni a Vadna közelében épült un. *hosszúrévi Sajó-hidat*, (3. ábra) amely katonai készletből származó 4 db I 800 melegen hengerelt tartókból épült, vasbeton pályalemezzel folytatólagos három-nyílású szerkezetként. A híd 2003-ig állt szolgálatban, ekkor vált esedékessé egy új híd építése elsősorban a rávezető út igen rossz, balesetveszélyes nyomvonala és a híd elégtelen teherbírása miatt.



3.ábra A hosszúrévi Sajó híd

Ma is szolgálatban áll az egymáshoz igen hasonló *szalonnai* és *edelényi Bódva híd* (4. és 5. ábra). Ezek érdekessége, hogy bontásból származó 6-6 db I 360 tartó képezi az acél tartó-vázat, amelyen elhelyezkedik a vasbeton pályalemez.

A hossztartók együttdolgozásának javítására a nyílás közepén vasbeton keresztgerendát készítettek. Mivel a 13,00 m támaszközhöz képest a 360 mm acél-tartó magasság (ℓ/h=40) viszonylag csekély, a szalonnai hídnál a vasbeton pályalemez erőteljes kiékelést kapott, így biztosítva a szükséges szerkezeti magasságot.

Mindkét hidat a közelmúltban a Pannon Freysinnet Kft. szabad-kábeles feszítéssel megerősítette.

4.ábra A szalonnai Bódva híd

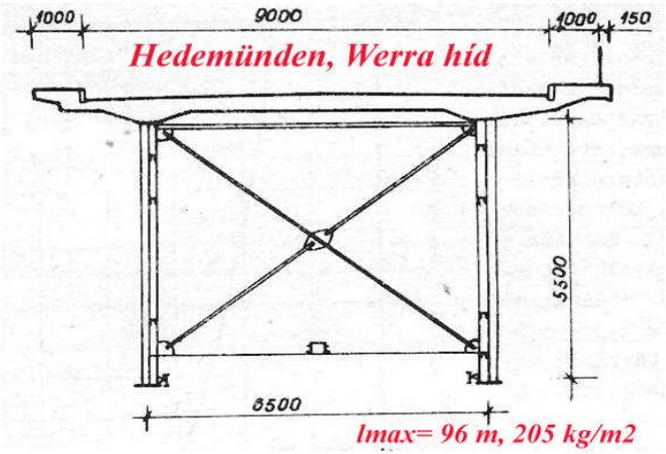
5.ábra Az edelényi Bódva híd

3. Elmélet, szabályozás, számítás

A háborús pusztítások zömének helyreállítása után az öszvérhidak építésében szünet állt be. Ennek nyilvánvaló oka az elméleti kérdések tisztázatlansága és a szabályozás hiánya volt. A háború után kiadott első állandó, 1956-ban megjelent Közúti Hídszabályzat egyáltalán nem tesz említést erről a szerkezeti rendszerről. Így a megépült öszvérszerkezeteknél (elsősorban közúti hídpályák) a tervezők nem támaszkodhattak biztos elméleti, szabályzati háttérre.

Az 1950-es évek végén – elsősorban a németországi példák nyomán indult meg a fejlesztő, tervező munka.

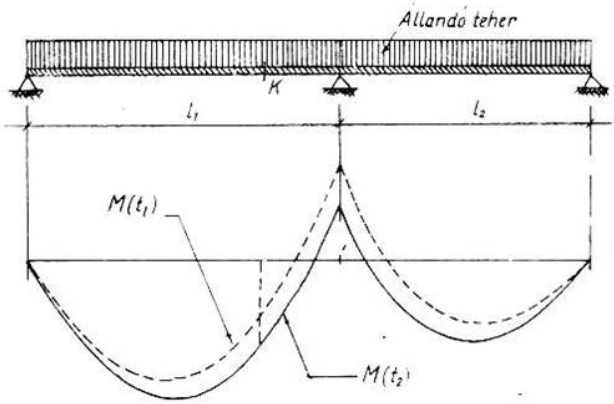
Az elméleti háttér felderítésében, magyar nyelvű megjelenítésében, a műegyetemi oktatási tananyagként való bevezetésében elévülhetetlen érdemei vannak Dr. Platthy Pálnak. Az első ízben 1963-ban megjelent, a mérnökképzés céljára írt jegyzete először ad átfogó ismeretet az öszvérhidak szerkezetéről, számítási és elméleti problémáiról, építési módszereiről és hívja fel a figyelmet a szerkezettípus gazdaságos építhetőségére (6. ábra).



6.ábra Részlet a Platthy jegyzetből

Részletesen taglalja a rugalmas számítás alapelveit, a méretezési módszer problémáit és megoldását. Foglalkozik a különböző anyagból összetett keresztmetszet rugalmas számításának lehetőségeivel, felvázolja a beton lassú alakváltozásából fakadó problémákat és ezek megoldási lehetőségeit.

Platthy professzor egy 1965-ben kiadott szakmérnök jegyzetben részletesen bemutatja az öszvértartók számításának elméleti hátterét a beton kúszásának és zsugorodásának figyelembevételével. Hozzáférhetővé és számpéldákon keresztül használhatóvá teszi a Fröhlich-féle differenciálegyenlet megoldását kéttámaszú, állandó keresztmetszetű öszvértartóra, majd ennek Sontagtól származó közelítését. Világossá teszi, hogy a gyakorlati munkára ezek az eljárások nem alkalmasak, azonban fontos ellenőrzési és kiindulási pontot jelentenek a közelítő eljárásokhoz. Bemutatja a beton „képzelt" rugalmassági tényezőjével dolgozó Fritz-féle megoldást annak elméleti hátterével együtt, megnyitva az utat a gyakorlati analóg számítás végrehajtásához (ebben az időben hatékonyan használható numerikus számítás még nem létezett!).



7.ábra Részlet a Platthy jegyzetből

Elkészíti az erőmódszeren alapuló algoritmust a többtámaszú öszvértartók beton-kúszás okozta igénybevétel-változásának (az un. parazíta-nyomatéknak) a meghatározására (7.ábra). Felvázolja a rugalmas kapcsolóelemekkel készülő öszvértartók számításának elveit és ennek alapvető egyenleteit. Módszert ad a kapcsolóelemek méretezésére.

A tervezési munka szabályozására a KPM Hídosztálya 1958-ban irányelveket („Irányelvek együttdolgozó szerkezetű közúti hidak tervezéséhez") adott ki, jórészt a német előírások és tapasztalatok figyelembevételével. Ekkor már 6 éve érvényben volt a vasúti hídszabályzat (VH) és 2 éve az 1956-ban kiadott közúti hídszabályzat (KH). Mind a kettő a méretezés alapjául a mértékadó és a határ-igénybevételek összevetését rendeli el, tehát osztott biztonsági tényezőkkel dolgozik. Mivel az öszvértartók rugalmas méretezésében nincs értelmezve a határ-igénybevétel fogalma (sőt az ezeket leíró keresztmetszeti jellemzők sem), az irányelvek készítésében visszaléptek a feszültségek kimutatásának szintjére, megtartva azonban a mértékadó és határfeszültség összehasonlítását (tehát az osztott biztonsági tényezőket). Az előírt határfeszültségeket látjuk a 8. ábrán.

Az 1967. évi Közúti Hídszabályzat az első állandó előírás, amely az öszvérhidak tervezésével foglalkozik (8. ábra). A legfontosabb máig érvényes változtatás, hogy visszatér a megengedett feszültségen alapuló (un. egységes biztonsági tényezős) méretezési eljárásra. A bevezetést kommentáló cikkében Apáthy Árpád, a közúti hídszabály vezetője így ír erről:

"Acéltartóval együttdolgozó vasbeton szerkezetek továbbá különböző időpontokban készült betonrészekből álló tartót nem lehet a mértékadó és a határ-igénybevétel összehasonlítása alapján méretezni, mivel az egyes igénybevételek más-más tartókeresztmetszet-részek (acél, beton) szélső széleiben keletkező feszültségeket kell kiszámítani, s ezeket összegezni. Ennél az eljárásnál az egyes feszültségek tanítása nem adna

megfelelő eredményt, különösen akkor nem ha ellentétes előjelű feszültség-összetevők fordulnak elő.”

E megfogalmazás a mai napig teljesen helytálló, nem igényel kiegészítést.

Határfeszültségek kg/cm^2 dimenzióban			
A vasbeton lemezben	B2ö0.	B.400	B.560
Nyomásra lemezhatás nélkül	135	160	210
Nyomásra lemezhatással együtt	145	175	225
Huzásra a felső szálban	30	35	43
Huzásra az alsó szálban	35	40	50
Huzásra átlagosan	15	18	22
Nyirásra az acélbetétek számításba vétele nélkül	15	18	22
Nyirásra, ha a huzást acélbetétek veszik fel	35	40	50
Palásnyomásra kengyelnél	160	195	250
Fognyomás alapértéke	115	140	180
A gerinclemezes acéltartóban		A.36.24	A.50.35
Huzásra vagy nyomásra		1950	2850
Nyirásra		1270	1850
Palásthyomásra		3900	5000

8.ábra Határfeszültségek az „Irányelvek” szerint

A szabályzat az akkori igényeknek megfelelően rendezi a főtartó és pályalemez-hatás vizsgálatát, a vasbetonlemez együttdolgozó szélességének számítását, a szóbajöhető együttdolgoztató kapcsolat fajták számítási módját. A megalkotott szabályozás színvonalát jelzi, hogy az egészen a 80-as évek végéig hatályban maradt.

A szakirodalmi, elméleti és szabályzat-készítési munka eredményeként megindul és rohamosan fejlődik az öszvérhidak

tervezése és építése az 1960-as évek elejétől mintegy 10 évig, majd csökkenő lendülettel folytatódik 1983-ig. E munka során – a kor adottságaiból következően – szinte kizárólag az UVATERV tervező csapatának alkotásait valósítják meg a kivitelezők. E tervező csapat olyan alkotásokat hoz létre, amelyek úttörők a magyar hídépítés történetében.

Az első nagyobb híd az 1962-ben épített *letenyei Mura-híd*, amely magyar-jugoszláv kooperációban jött létre UVATERV tervek alapján (9.ábra)

9.ábra A letenyei Mura híd

.

A folytatólagos gerendahíd teljes hossza 141 m, a nyílásbeosztása 46,50 + 47,0 + 46,50 m. Mint szinte minden hasonló, azonos nyílásokat tartalmazó híd – ez is a régi, kéttámaszú rácsos hidak helyén épült. A híd 4 db acél I keresztmetszetű főtartón támaszkodó monolit vasbeton lemezből áll. Noha az M7 autópályán a közelmúltban elkészült új Mura-híd leveszi a forgalom egy részét, a híd ma is szolgálatban áll.

Feltétlenül meg kell említeni az 1968-ban épült *endrődi Hármas Körös híd* mederszerkezetét. Az UVATERV tervei szerint a szerkezet kéttámaszú gerenda, 49 m támaszközzel, két szekrény keresztmetszetű főtartóval és 16 cm vastag pálya-lemezzel (10. ábra). Az akkori idők törekvéseinek és adottságainak megfelelően (rendelkezésre állt az Erzsébet-híd

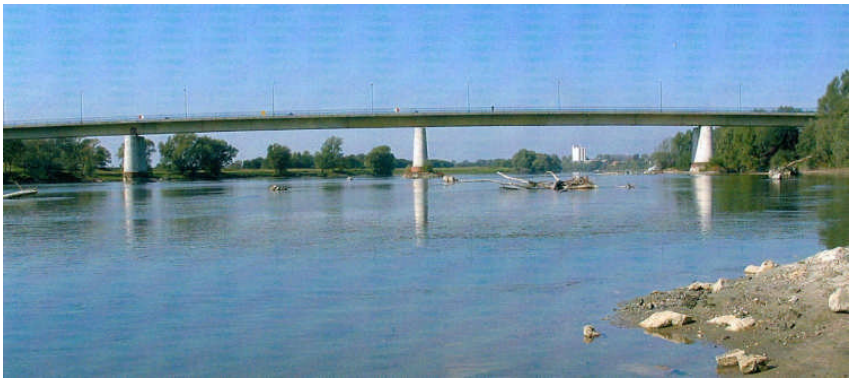
kábeleinek gyártásához beszerzett gépsor) a hidat szabad kábelekkel feszített acélszerkezetként tervezték és építették meg. A feszítés vártható pozitív hatásait –mai vélemény szerint – erősen túlbecsülve, az acélszerkezet magasságát és ezzel a teljes szerkezeti magasságot igen kicsire választották (ez utóbbi 1,55 m, a támaszköz 1/32-ed része), aminek következtében a híd lengésre igen hajlamos volt. Az acél szekrénytartók alsó övét is igen gyengére tervezték, mert az arra jutó húzóerő felvétele a kábelekre volt bízva. A tervezett összes feszítőerő 8x1540 = 12320 kN volt.

10.ábra Az endrődi Hármas Kőrös híd bontás közben

A szerkezetben a viszonylag csekély hajlító merevség következményeként jelentős és zavaró lengések jelentkezek a forgalom hatására. Egy 2005-ben végrehajtott ellenőrző számítás kimutatta, hogy sem a vasbeton-lemez, sem az acéltartó a jelenlegi A jelű teher viselésére nem alkalmas jelentős erősítés

nélkül. A kábeleken végzett lengésmérés valószínűsítette, hogy azok jelentős után húzásra szorulnának. Tovább rontotta a helyzetet, hogy kocsipálya burkolatát – ugyancsak a kor szellemének megfelelően – 1 cm vastag epoxigyanta rétegként tervezték, azonban a későbbi használat során 4-5 cm öntött aszfaltra cserélték. Mivel a tárgyalt erősítési munkák gazdaságos megvalósítása nem látszott reálisnak, a híd jelenleg zajló átépítése során a szerkezetet 2009 nyarán elbontották.

Az öszvérhidak magyarországi építésben fontos mérföldkő az 1969-ben átadott *barcsi Dráva-híd*. A híd az UVATERV tervei alapján, közös magyar-jugoszláv kivitelezésben épült négy-nyílású folytatólagos gerenda, 69,80 + 70,60 + 70,60 + 69,80 m támaszközzel, 280,8 m összhosszúsággal. Ez ma is az ország második leghosszabb öszvérhídja (11.ábra). A támaszköz által indokoltan egy cellás szekrénykeresztmetszet épült (a vasbeton pályalemez alkotja a felső övet), viszonylag nagy (ℓ/23) szerkezeti magassággal. A vasbeton lemez elkészítése két ütemben történt: a mezőben segédjármon feltámasztott állapotban, majd a támaszok felett a segédjármokat eltávolítva készült el a lemez. A lemezt a negatív nyomatékkal terhelt szakaszokon a repedések elkerülésére a lemezben vezetett injektált kábelekkel megfeszítették.



11.ábra A barcsi Dráva híd

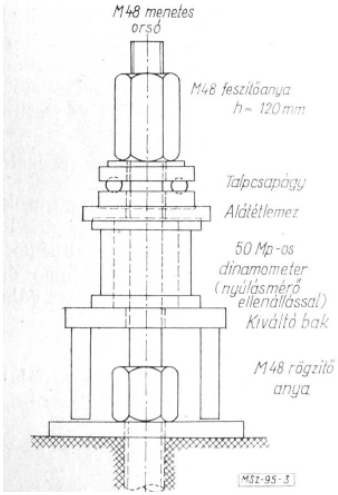
1970-ben készült el UVATERV tervek alapján a *győri Rába-híd*, amely szintén egy fontos, egyedi darabja a magyar öszvérhíd építésnek (12. ábra).

12.ábra A győri Rába híd

A tervező – kihasználva az elméleti háttér és a hazai ipar adta lehetőségeket – egy különleges hidat tervezett. A híd 57,00 + 67,00 + 57,00 m támaszközzel, 70^0-os ferdeséggel, 3 db hegesztett I keresztmetszetű főtartóval épült, teljes hosszúsága 181,00 m. Az acélszerkezetet a hídfő mögé szerelték, és hosszirányú behúzással jutatták a helyére. A vasbeton pályalemezt a nyílásokba elhelyezett 1-1 jármon fekvő acélszerkezeten készítették el, majd a beton megszilárdulása után a járműokat elbontották és a pályalemezt a támaszok felett hosszirányban megfeszítették. Ezen kívül e hídnál (a hazai hidak közül másodikként) szabad kábeles feszítést is alkalmaztak, első ízben tört vonalú kábelvezetéssel. A teljes feszítőerő a három főtartón 3x6x1035 kN = 18630 kN volt.

Az építésben a bonyolult építési manőverek eredményeinek ellenőrzésére helyszíni mérésekkel a BME Acélszerkezetek Tanszéke is részt vett, Dr. Szittner Antal vezetésével. E mérés során alkalmaztuk hazánkban először kiterjedten a beütött acélgolyókon mérő felrakható nyúlásmérőt, az un. Pfender-Setzdehnungsmesser-t. A 18 db kábelben a terv szerinti kábelerő mérése és beállítása ugyancsak a tanszék feladata volt, amelyet a

betervezett menetes száron futó, talpcsapágyon forgó anyával és nyomatékmérő kulccsal valósítottunk meg. (13. ábra)



13.ábra Feszítőberendezés

A próbaterhelés eredményei közül három megállapítást érdemes kiemelni:

- a kábelerők a járműteher változását csak nagyon lustán követik (azaz nem igazán vesznek részt annak viselésében);
- a mért lehajlás csak kb. 70%-a a számításnak (e megfigyelésnek később még lesz jelentősége);
- a vonathatásábrán jól látszik a két szélső főtartó eltérő viselkedése, amit a korabeli számítási módszerek nem tudtak követni.

A híd jelenleg is jól működik.

Az 1974-ben átadott Algyői Tisza-híd (14. ábra) volt az első olyan folyami híd a háború után, amelyet új nyomvonalon, új átkelési lehetőségként, nem egy régebbi híd kiváltására, pótlására építettek. Elsőként épült öszvérhíd szabad betonozással, vagyis az acélszerkezetet a pályalemez készítésekor segédjármok nem, csak a végleges megtámasztások támasztották alá. Az így készült

szerkezetben értelemszerűen a vasbeton pályalemez súlyát teljes egészében az acéltartók viselik, ami többlet acél-felhasználással jár, ugyanakkor elmarad a segédjármok építésének költsége. Az algyői híd acélszerkezetét is ennek megfelelően szintén szabad szereléssel, úszódaru segítségével építették.

14.ábra Az algyői Tisza híd

Előrelátó tervezéssel a hidat egy 2x2 sávos étkelés egyik felként építették meg.

A korát legalább két évtizeddel megelőző koncepció eredményeként született 1976-ban az UVATERV tervei alapján a 20-30 m nyílás áthidalására az un. *kettős betonövű öszvér gerenda*, melynek néhány példánya az M3 autópálya akkor épült szakaszán került beépítésre felüljáróként (15. ábra). (Fontos tudni, hogy a nemzetközi irodalomban és így a jelenlegi magyar irodalomban is a későbbi fejlesztések nyomán kettős betonövűnek azokat az öszvértartókat nevezik, ahol a felső és az alsó öv környezetében is van vasbeton lemez beépítve.)

A terv lényege, hogy az üzemben olyan légmentesen zárt acél szekrénytartókat készítenek, amelyek a helyszínen nem igényelnek vasszerkezeti szerelőmunkát. A gerenda felső, nyomott övét monolit beton, a pályalemezt előregyártott vasbeton panelek képezik. A panelek kialakítása olyan, hogy a helyszínei

kapcsolatokat zsaluzás-mentes betonozással lehessen létrehozni. (Megjegyzem: Németországban néhány évvel ezelőtt kezdték hasonló acéltartókat alkalmazni, de a pályalemezt ilyenkor az acéltartókon mozgó zsaluzó-kocsin készítik.)

15.ábra Az M3 autópálya felüljárója

Az M3 autópálya felüljáróin kívül ezzel a szerkezettel készült el később két siófoki Sió-híd is.

A *tahitótfalui Duna-híd* (16. ábra), amely az UVATERV tervei alapján 1977-ben készült el, mindmáig egyetlen folyami hídként, amelyen a pályalemez teljes egészében előregyártott, feszített beton elemekből áll. A szerkezet kialakításával kapcsolatban felmerült számos probléma megoldásában laboratóriumi kísérletekkel (az együttdolgoztató kapcsolat célszerű kialakítására), valamint építés közbeni mérésekkel a BME Acélszerkezetek Tanszéke is közreműködött.

Az acélszerkezetet segédjármokon szerelték össze, majd a teljes szélességű, kb. 3 m hosszú előregyártott pályatáblákat autódaru rakta le maga elé, a már elkészült szakaszon haladva előre. A pályatáblákban kihagyott lyukakban hozták létre a

kapcsolatot az acéltartóval egyedi, különleges kialakítású, dobozszerű fogakkal, helyszíni kibetonozással. A pályalemezeket a hossztengely irányában összefeszítették.

16.ábra A tahitótfalui Duna híd

Az építés befejezése után a BME Acélszerkezetek Tanszéke a szokásosnál lényegesen kiterjedtebb mérési programmal végezte el a híd próbaterhelését. Ebből két tényt érdemes kiemelni:

- a legnagyobb lehajlások szinte teljesen egyeztek a számítással (öszvérhidaknál a mért érték általában csak a 70-80%-a szokott lenni a számítottnak);
- a támaszok feletti görbület mintegy 5%-kal meghaladta a számított értékeket, jeléül a feszített pályalemez szakasz számítottól eltérő viselkedésének.

E két tény azt mutatta, hogy a híd merevsége kissé alacsonyabb a monolit pályalemezzel készült hidakénál.

Az 1980-as évek fordulóján épült két Szamos-híd (Csengeren és Tunyogmatolcson), majd hosszabb szünet következett.

A számítástechnika rohamos fejlődését és a rendelkezésünkre álló eszközpark ugrásszerű bővülését kihasználva 1983-84-től Dr. Halász Ottó irányításával, Dr. Dunai László és Dr. Tomka Pál kollégámmal gépi program kidolgozásába kezdtünk. Célunk egy olyan számítóprogram létrehozása volt, amely a lehető legteljesebben képes kezelni az öszvértartók sajátosságait: az időben egymás után épülő keresztmetszet-részek okozta problémák statikai kezelését, a beton időben változó tulajdonságainak és a lehetséges építési manővereknek a számításbavételét. A kidolgozott program speciális, 5 szabadságfokú síkbeli elemeket használ és síkbeli öszvér gerenda számítására alkalmas. A program fejlesztését a várható öszvér híd számítási feladatok ösztönözték.

17.ábra A hárosi Duna híd

A 80-as évek közepén született a döntés a máig leghosszabb öszvérhíd, az MO autóút *hárosi Duna-hídjának* megépítésére. A teljes híd három önálló felszerkezetből áll: a jobb és balparti ártéri szerkezetből, egyenként 3x73,5 m támaszközzel és a

mederhídból 3x108,5 m támaszközzel. Ez utóbbi önmagában is a leghosszabb egybefüggő öszvérhíd az országban. (17. ábra)

A hidat az UVATERV tervezte állandó magasságú folytatólagos gerendaként, egy cellás, ferde gerincű szekrényként (ilyen is először épült hazánkban). A vasbeton pályalemez teljes szélessége 28,00 m, a szélessége miatt kétirányban teherviselő lemezként kialakítva, kétoldalt konzolosan túlnyúló kereszttartókon támaszkodva. Elsősorban Dr. Medved Gábor feltáró irodalmi munkásságának köszönhetően először került sor ennél a hídnál csapos együttdolgozó kapcsolat alkalmazására. Mindhárom szerkezetnél segédjármokat és támaszmozgatást használtak, azonban a mederhíd középső nyílása a hajózás igényei miatt bonyolult építési manőverek mellett lényegében szabad betonozással készült, a két közbenső pillér felett a pályalemez erőteljes hosszirányú feszítésével. Az építési fázisterv az alábbi volt.

Az ártéri hidak viszonylag igen egyszerű technológiával épültek:

1. fázis: az acélszerkezet megépítése nyílásonként 1-1 járommal;
2. fázis a szélső nyílásokban a vasbeton lemez elkészítése;
3. fázis a vasbeton lemez elkészítése a középső mezőben;
4. fázis a jármok eltávolítása;
5. fázis a vb. lemez elkészítése a támaszok felett;
6. fázis: 100-100 cm süllyesztés a közbenső támaszokon.

A mederhíd építési technológiája – a hajózóút nyitvatartásának szükségessége miatt –lényegesen bonyolultabb, mert a középső nyílást járom nélkül kellett megépíteni:

1-2. fázis: az acélszerkezet megépítése a szélső nyílásokban 1-1 járommal;

3. fázis: a szélső támaszok és jármok süllyesztése, az acélszerkezet előfeszítése (30-30 ill. 20-20 cm);

4. fázis a vb. lemez elkészítése a szélső nyílásokban.

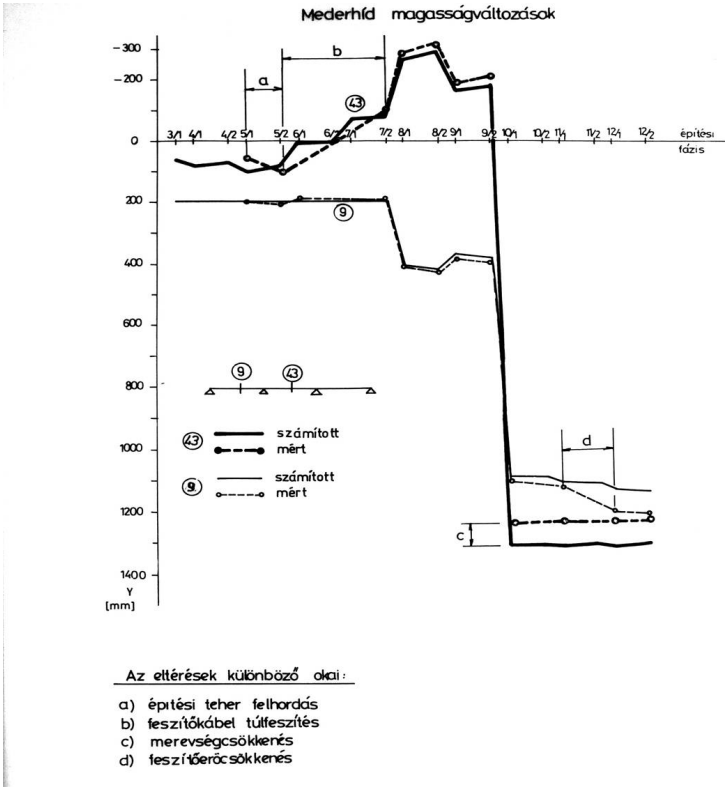
6-7. fázis: a közbenső támaszok feletti vasbeton pályalemez – rész megfeszítése 100-100 ezer kN feszítőerővel;

8. fázis: jármok eltávolítás a szélső nyílásokból;

9. fázis: a középső nyílásban a még hiányzó vb. lemez elkészítése;

10. fázis: támasz süllyesztés a közbenső támaszokon (125-125 cm);

11-12. fázis: a nem tartószerkezeti önsúly jellegű terhek felhordása.

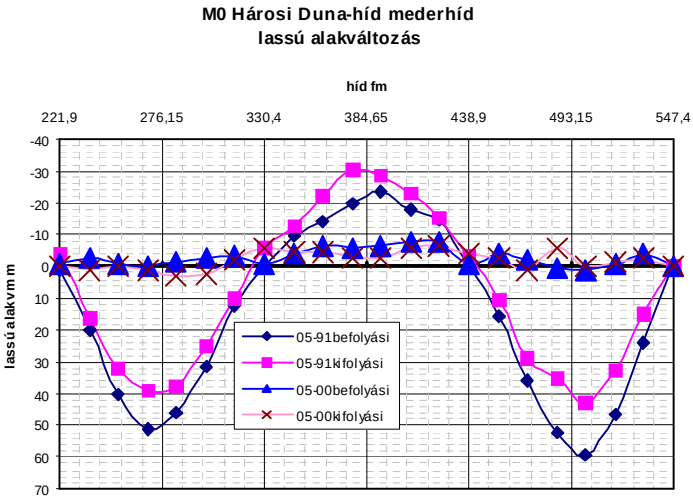


18.ábra A mederhíd alakváltozásai az építés közben

A BME Acélszerkezetek Tanszéke a fent vázolt számítóprogrammal ellenőrző számításokat végzett, majd

felkérésre folyamatos építés közbeni mérésekkel működött közre. Megállapítottuk, hogy az ártéri hidak tökéletesen (néhány mm eltéréssel) követik a számítást, azonban a mederhíd viselkedése eltér attól és az eltérés az építési manőverek (különösen a pályalemez hosszirányú feszítésének) hatására egyre inkább növekszik. (18. ábra). A tervezővel közösen kidolgozott támasz-mozgatással igyekeztünk javítani a helyzeten, azonban az eredmény nem lett lényegesen jobb. A hidat 1990. szeptemberében helyezték forgalomba.

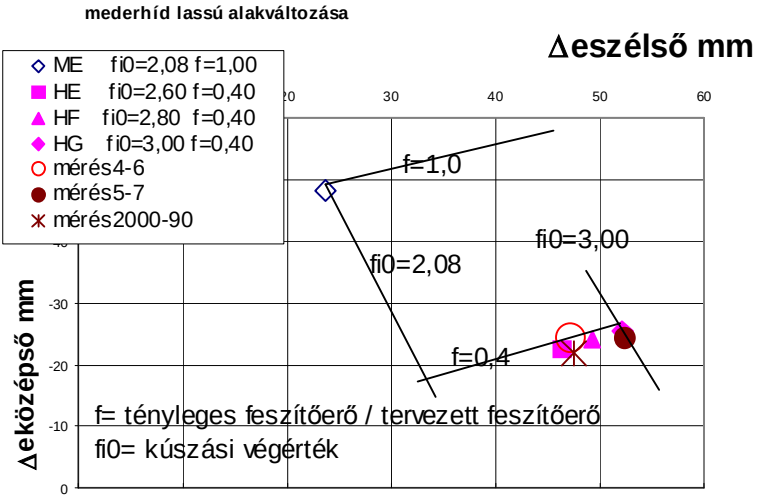
A 10 és 15 éves felülvizsgálat alkalmával részletes alakmérést végeztünk. Az alakmérésből kiszámítottuk a 10 ill. 15 év alatt bekövetkezett változásokat (19.ábra) majd egy indentifikációs számítással meghatároztuk az időközben jelentősen megváltozott alak kialakulásának valószínűsíthető okait (20.ábra).



19.ábra A mederhíd alakváltozása 15 év alatt

Jól látható, hogy a mederhíd esetében az eltervezett feszítőerőnek csak egy része (kb. 40%-a) működik, a beton kúszási végértéke $\varphi_o \cong 2{,}8$ körüli értékre tehető, a szabályzat

szerinti 2,08 érték helyett. A kúszási végérték hasonló nagyságú az ártéri hidakon is.



20. ábra Az alakváltozás valószínű okai

E problémák – amelyek kiküszöbölése a közeljövő feladata lesz – rámutattak a nagy támaszközű, szabadon betonozott öszvérhidak építésnek nehézségére, hogy a viszonylag igen hajlékony acélszerkezet nem tudja garantálni az elkerülhetetlen kisebb-nagyobb építési hibák mellett a szerkezet tervszerinti alakjának megvalósulását.

A városi Duna-híd megépültével lényegében egyidőben készült el Träger Herbert vezetésével ágazati szabványként MSz-07:3700-3711 szám alatt (később ME jelzettel, műszaki előírásként) az új közúti hídszabályzat, benne 3710 jelzettel az öszvérhidakra vonatkozó fejezet. A szabvány tükrözte az 1967-68 óta megtett utat, többek között megjelent benne a csapos kapcsolat méretezési előírása, meghatározza a trapézlemez bentmaradó zsaluzatként való felhasználásának feltételeit. Foglalkozik az előregyártott pályatáblák kapcsolataival és a korábbinál pontosabb és részletesebb a beton lassú

alakváltozásával, a számításba vehető együttdolgozó lemezszélességgel stb kapcsolatos szabályozás.

Fenti előrehaladás ellenére – talán a hárosi Duna-híd építésénél szerzett nem túl kedvező tapasztalatok miatt – az öszvérhíd építésben ismét néhány éves szünet állt be.

4. Techológia, anyagok

A 90-es évekre kialakult az elméleti és szabályzati háttér, amely az egyre fejlődő számítástechnikával kiegészítve, a korábbiakban reális munkával el nem érhető szerkezeti megoldásokat és technológiai módszereket tett hozzáférhetővé. Ezzel párhuzamosan az alkalmazott anyagok – elsősorban a beton – minőségi jellemzői javulnak és bővítik tovább a lehetőségeket.

21. ábra Az autópálya körhíd szerelése éjtszaka

A 2000. év kétségtelenül legérdekesebb feladata az elméleti számítás, a tervezés és a kivitelezés számára annak az első hallásra bizarr ötletnek a megvalósítása volt, hogy körforgalmat

építsenek az ország legforgalmasabb autópályája, az M1-M7 közös szakasza felett, lehetőleg úgy, hogy a forgalmat ne zavarják, mert annak az elterelése szinte lehetetlen. Az ötlet alapján a *körhidat* öszvérszerkezetként a FŐMTERV dolgozta ki műszaki tervvé, a BME Hidak és Szerkezetek Tanszék jelentős számítási támogatásával. A megvalósításból érdemes kiemelni az acélszerkezet helyszíni szerelését, amit a Közgép szakemberei példamutató és alapos előkészítés után néhány éjszakai óra alatt – a forgalom lehető legcsekélyebb zavarásával – valósítottak meg (21. ábra). Azt gondolom, hogy az üzemben álló autópályák feletti felüljáró építés nem könnyű műfajában sikerült azóta is példaértékűt alkotni.

A 90-es évek végén vált esedékessé az M3 autópálya átvezetése a Tiszán. Az UVATERV tervezte meg az *oszlári Tisza-hidat*, hazánk első folyami autópálya hídját, amely a két forgalmi irányt külön-külön szerkezeten vezeti át. A híd 72,0 + 112,0 + 72,0 m támaszközű, három nyílású öszvér gerenda, amelyen a pályalemez szabad betonozással több ütemben készült. Az egyenként 1100 t tömegű és 256 m hosszú acélszerkezet egy darabban, a parton összeszerelve úsztatták be és emelték fel a támaszaira az e sorok szerzője által két évvel korábban tervezett 1600 t kapacitású emelőmű segítségével (22. ábra).

A hidat 2001-ben adták át a forgalomnak. Érdemes megemlíteni, hogy ez a híd a legnagyobb nyílású öszvérhíd hazánkban. A híd alakja – elsőként a szabadon betonozott hidak közül – a terv szerintitől alig tér el, hála a korábban szerzett tapasztalatoknak és az építés közben többször aktualizált számításnak és az ennek alapján elhatározott korrekciónak.

22. ábra Az oszlári Tisza híd beúsztatás közben

Érdemes megemlékezni a Pont-Terv által tervezett *Esztergom Árok utcai Kis-Duna hídról*, amelyet 2002-ben adtak át a forgalomnak. A híd egy nyílású, befogott öszvér keret-híd (23. ábra), 4 db I keresztmetszetű főtartóval, 45,5 m szabad nyílással, 1574 mm legkisebb szerkezeti magassággal. A híd esztétikus kivitelével üde színfolt az öszvérhidak családjában.

23. ábra Az Esztergom, Árok utcai Kis-Duna híd

A 2001-ben sajókazán épült Sajó-hídnál szerzett tapasztalatok alapján e sorok szerzőjének volt lehetősége arra, hogy az új hosszúrévi Sajó-híd építésénél egy máshol még nem alkalmazott technológiát kipróbáljon. A három-nyílású, 89,0 m hosszú öszvérhíd teherviselő elemeit (acéltartók és vasbeton pályalemez) a Sajó jobb partján lévő szerelőtéren összeszerelték és bebetonozták. A beton megszilárdulása után a kész szerkezetet támasz mozgatással előfeszítették és hosszirányú mozgatással a helyére tolták (24. ábra).

24. ábra A hosszúrévi Sajó híd betolás közben

A tapasztalat szerint az előfeszítés elegendő mértékű volt ahhoz, hogy a vasbetonlemez berepedését a későbbiekben pozitív nyomatékkal terhelt szakaszon elkerüljük. A mozgatás un. Rövid pályás rendszerben, alátámasztási pontonként beiktatott tolóerővel történt, a szerkezetek csúszózsámolyokon támasztva. A szerkezet elejét kéttámaszú vendéghíd tartotta a nyílásokon való áthaladás közben.

A kész hidat 2003. őszén adták át a forgalomnak. 2007-ben ugyanezzel a technológiával építettük a 37 sz. úton a balpálya Hernád-hídját is.

Hasonló, bár lényeges elemeiben eltérő technológiával épült e sorok szerzőjének tervei szerint 2008-ban és 2009-ben a 8. főúton a márkói völgyhíd. Ez a híd két, irányonként elválasztott szerkezetből áll, autópálya keresztmetszettel, de viszonylag szűk, R=1100 m sugarú ívben, 0,5 %-os hosszirányú emelkedőben (szelv.szerint). A híd hat nyílású, a nyílásbeosztás 5x48+36=276 m, vagyis az ország harmadik leghosszabb öszvérhídja. A jobb pálya hídja 13,07 m, a bal pálya hídja 15,07 m széles.

25. ábra A márkói völgyhíd bal pályaszerkezet betolás közben

A korábban már kipróbált technológiát át kellett kissé alakítani, de az alap-elgondolás változatlan maradt: egy-egy híd teljes acélszerkezetét a hídon túl elhelyezkedő szerelőtéren készre szerelik és egy ütemű betonozással elkészítik a vasbeton pályalemezt is. A szerkezet helyretolása jelentősen túlemelt helyzetből indul és a végleges állapotnak megfelelő 0,5%-os esésben lévő egyenesbe egy felülről homorú íven át érkezik (25.

ábra). Ez utóbbi kettő biztosítja a nyílásokon való áthaladáskor a vasbeton lemez szükséges előfeszítését.

A korábbi technológiától eltérően a sok pontos alátámasztáshoz egy keresztmetszetben, a hídfőben elhelyezett mozgatás társult. A szerkezet alátámasztása speciális műanyag siklócsapágy betéteken történt, amelyeket az igények szerint megfelelő kenőanyaggal (grafitos zsír) kentek. A jobb pálya hídja kb. 2700 t, a bal pálya hídja kb. 3000 t tömegű volt. A mozgatáshoz szükséges vonóerő min. 550 kN, max. 1400 kN volt, amit a beépített 4000 kN kapacitású hidraulikus berendezés könnyedén teljesített.

A keresztirányú mozgások a későbbi tapasztalatok tükrében lényegesen nagyobbak voltak, mint amire számítottunk a pontos geometria alapján. Mivel az alátámasztások nem voltak felkészítve 20-30 mm-nél nagyobb keresztirányú elmozdulásra és ez az érték az adott, nem rendkívüli (max 80 mm) körívtől való eltérés esetén is 200-300 mm elmozdulást eredményezett egyes, a hibától viszonylag távol fekvő keresztmetszetekben. Emiatt a híd előre mozgatás közben az oldalvezetésekben (3 ponton támaszkodva) megfeszült, majd az egyik támasz a túlterhelés miatt eltört.

A következmények ismertek.

A hibák kijavítása és a károk helyreállítása után a teljes betoló rendszer szabályszerűen működött. Elsőként a jobb pálya hídját 2009. 01. 19 és 2009.03.02. között, 42 nap alatt, majd a bal pálya hídját – a tapasztalatokat kiértékelve és a szükséges intézkedéseket meghozva – 2009. 04. 21. és 2009. 05. 03. között 12 nap alatt toltuk a helyére.

A kész hidat próbaterhelve (26. ábra) megállapították, hogy az a szokásos módon kissé merevebb a számítottnál, a mért lehajlások a számított érték kb. 80%-át érik el.

26. ábra A márkói völgyhíd próbaterhelés közben

Érdemes néhány szót szólni a felhasznált anyagokról. Ennél a hídnál a felhasznált acélanyag túlnyomó többsége S460 N minőségű, azon a jelenlegi szabályozás szerint engedett legmagasabb szilárdsági kategóriába tartozik. Tapasztalat szerint ez a minőség az öszvérszerkezetben jól kihasználható, anyagtakarékos megoldást eredményez. Fel kell hívni azonban a figyelmet arra, hogy ilyenkor a fáradást a szokásosnál kiterjedtebben kell vizsgálni, mert a kisebb keresztmetszet növekvő fáradási veszélyt jelent. Esetünkben a 36 m-s nyílásban meg kellett szüntetni az un. „egérlyukat” az alsó nyakvarrat fáradási biztonságának növelésére.

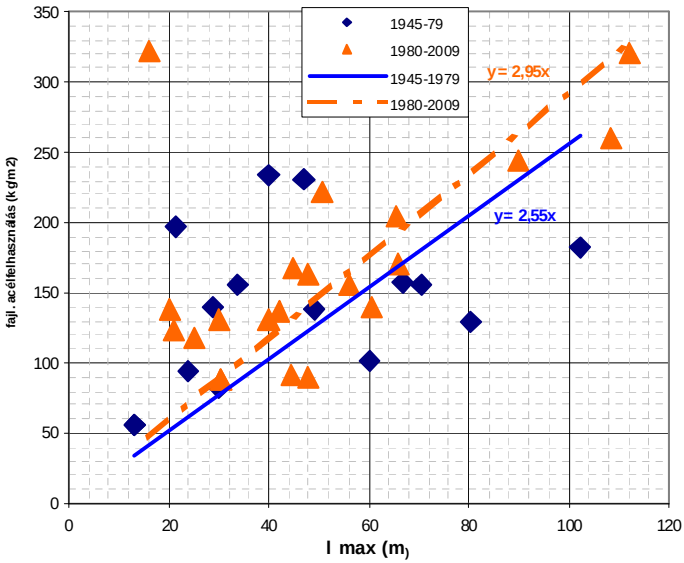
Ugyancsak célszerűnek és szükségesnek mutatkozott a C35/45 szilárdsági osztályú beton alkalmazása, amelynek helyszíni bedolgozása nem okozott különösebb nehézséget. A hidat a hozzá csatlakozó útszakasszal és csomópontokkal együtt 2009. júliusában forgalomba helyezték.

5. Összefoglalás

Áttekintve az elmúlt hat évtized magyar öszvérhíd-építés történetét, több fontos tanulságot vonhatunk le.

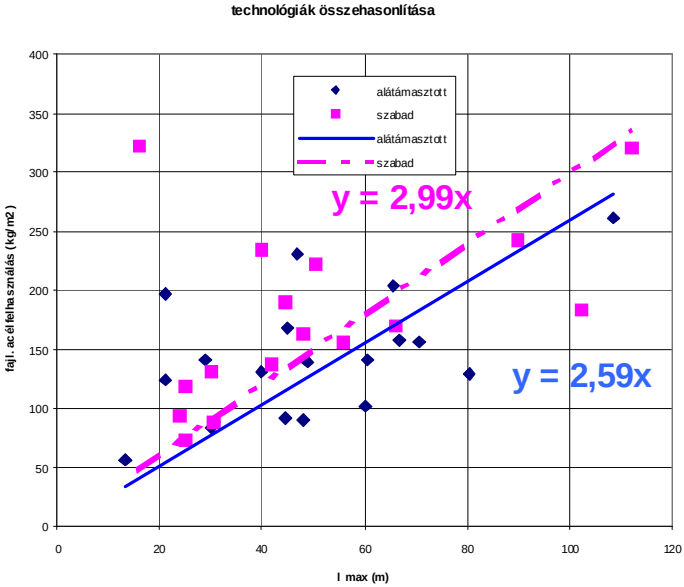
Mindenekelőtt a legfontosabb: a magyar mérnökökre mindig jellemző volt az újat akarás, az eddig még nem ismert megoldások, módszerek kipróbálása – akár a szűkösség teremtette kényszerből, akár pusztán szakmai kihívásból. Ez az útkeresés tág lehetőséget talál az öszvérhidak minden más megoldásnál változatosabb építési módszereiben, de az eredményeket sokszor csak átmeneti kudarcok, esetleg súlyos megpróbáltatások árán lehet elérni. Világosan látszik, hogy a magyar mérnökök ettől soha nem riadtak vissza.

Akadnak azonban elgondolkoztató tények. Érdemes egy pillantást vetni a 29. ábrára, ahol összehasonlítottam az 1945-1979 és az 1980-2009 közötti időszakban épült öszvérhidak fajlagos acél felhasználását.



27. ábra Öszvér hidak fajlagos acél felhasználása

Amellett, hogy megadunk minden tiszteletet az előttünk volt mérnökgenerációnak, fel kell magunknak tenni a kérdést, hogy a számítás, a tervezés és a kivitel hatalmas és soha nem látott ütemű modernizációja, az új anyagok és technológiák bevezetése miért nem látszik az eredményeken? Hogyan lehetséges mindezen vívmányok ellenére, hogy ma 15%-kal több anyagot használunk fel ugyanannak a hídnak a létrehozására? A kérdéseket véleményem szerint nem csak a tervezőknek, hanem elsősorban a különböző pályázatok kiíróinak lenne célszerű alaposan végiggondolni.



28. ábra Az építési technológiák összehasonlítása

Ha az alátámasztásokon épülő és a szabadon betonozott öszvérhíd építési technológiát összehasonlítjuk (28. ábra), láthatjuk, hogy – nem meglepő módon – az alátámasztáson épülő hídhoz kb. 14%-kal kevesebb acél szükséges, mint a szabadon

betonozotthoz. Így a betolással, vagy segédjármon épülő öszvérhidak az egyéb előnyök mellett akkor lehetnek gazdaságosak, ha a technológiára költött összeg nem több az acéltartó árának 10-15%-ánál. Ez a feltétel üzemszerű működtetés esetén teljesíthető.

Ha közúti öszvérhidak jövőbeli fejlesztéseit vizsgáljuk, véleményem szerint két területet érdemes szóba hozni.

A nagy nyílású öszvérhidak esetében célszerű lehet az un. kettős betonövű (a negatív nyomatékkal terhelt szakaszokon az alsó öv is vasbeton lemezzel erősített) szerkezetek kipróbálása.

Fontos alkalmazási területnek tekintem a jövőben a közbenső megtámasztás nélküli autópálya felüljárókat, amelyekre az igényelt kb. 40 m nyitva tartandó szélesség mellett az öszvérszerkezet az igazán jó megoldás, mint azt a nálunk fejlettebb országok már régen tudják és teszik. Ha sikerül megfelelő típust kialakítani, ami hatékonyan gyártható és építhető, bizonyára versenyképes megoldás születhet.

Köszönetnyilvánítás

Egy ilyen összefoglaló áttekintés nem nélkülözheti akorábbi irodalmi források igénybevételét és mások szíves segítségét. A munkában nagyban támaszkodtam Dr. Domanovszky Sándor és Dr. Tóth Ernő munkáira, köszönet érte. Az adatok felderítésében komoly segítséget kaptam Deák László, Dr. Dunai László, Gács Sándor, Gyurity Mátyás, Iványi Miklós, Kis Attila, Máttyássy László kollegáktól és Szarka Judit kolleginától, amit ezúton is szeretnék megköszönni.

Budapest, 2009. szeptember

Dr. Szatmári István
egyetemi magántanár
BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

A hídtervezés új koncepciója, a mérnökképzés új módja

Dr. Polónyi István
ny. egyetemi tanár

Referátumom öt fejezetbe tagozódik:
1. néhány szempont hidak tervezéséhez
2. kivitelezett példák
3. néhány terv
4. hídvíziók
5. Javaslat
   a hidak esztétikai minőségének a biztosítására,
   a mérnökök esztétikai kiképzésére.

1. Néhány szempont hidak tervezéséhez

Hidak művészeti tárgyak a természetben, a városban, tájékozódási objektumok, mint pl. a templomok.

A híd nem egy áteresz. A németországi hidaknál a szárnyfalas hídfőket a fesztáv csökkentése érdekében a szükséges nyílás határára tervezik. Ezáltal a hídnak egy „áteresz" jellege lesz. Ezzel azonban a híd nem olcsóbb, mert a hídfők költségesebbek. A magyar autópályák hídjai sokkal szebbek azáltal, hogy a szélső támaszok hátrább vannak tolva. Még szebb, ha ezek a támaszok eltűnnek a növényzetben.

A tartószerkezet tervezésének a menete nem az, hogy hidalom át a fesztávot, hanem hogy mi van adva, ebben az esetben a pálya, és mit kell hozzá tenni, a fesztáv áthidalásához.

A folyó fölötti híd és a felhajtóhidak egy esztétikai egység, amit úgy is kell tervezni.

A hidak tervezése nem a statikai rendszerek alkalmazásából áll. Hála a komputernek már nem azzal számolunk elsősorban, hogy a rendszer statikailag hányszorosan határozatlan. Az belső erők logikus vezetésével új kompozíciókat, eddig nem ismert formákat tervezhetünk.

Ne küldjük a közlekedőket magasabbra, mint éppen szükséges. A felhajtók rövidebbek lesznek és a járművek üzemanyag-fogyasztása kisebb.

Ha a híd alsó felülete egy megadott nyílást, űrszelvényt szabadon kell, hogy hagyjon, akkor a fö tartószerkezet a pálya felett van (süllyesztett pályaszerkezet, ív, felfüggesztés).

Keskeny gyalogjáró hídnak nem kell két ív, hanem csak egy ív egy ferde síkban.

A híd egy térbeli tárgy és nem sík elemek együttese.

Egy híd nem bástya, csak karcsú vonalak a természetben.

Ügyeljünk a hasznos teher és az önsúly értelmes arányára.

A hidat a lassabb eljegesedés céljából vastag vasbeton pályával kialakítani téves gondolat. Az eljegesedés ellen más metódusok hatásosabbak.

A Deutsche Bahn a könnyű kicserélhetőség érdekében a folytatólagos többtámaszú tartó helyett kéttámaszú tartókat részesített előnyben. Ez persze nem helyes: a tartók sokkal költségesebbek és több érzékeny részük van: pályacsatlakozások, saruk. Egy nyílás kicserélésének olyan kicsi a valószínűsége, hogy ezért a nagyobb költség nem indokolt.

A függesztő rudakat célszerű tömör vasból és nem kábellel (drótkötéllel) kiképezni:

- A tömör rudaknak jobb a korrózió-ellenállása.
- A csatlakozások egyszerűbbek.
- A kábelek magas szilárdságát az alakváltozás miatt általában nem lehet kihasználni.

Ez a megjegyzés nem vonatkozik függő (kábel) hidakra.

Húzott rudakat bebetonozni vagy előfeszített betonból készíteni nem célszerű.

Az önrezgésszám ne legyen a használati frekvencia közelében. (Függő hidak káros lengésre hajlamosak.)

Dilatáció hézagot csak a híd végein kell beiktatni. A pályacsatlakozási szerkezetek számát minimumra kell csökkenteni, mert ezek gyakori javításokat igényelnek. (Alaprajzban íves hidaknál a dilatáció a sugár változásában játszódik le.)

A híd peremére tett szegélyelemek, szükségtelenül megvastagítják híd képét.

Ha a híd fedett, akkor a tetőt be kell vonni a föltartó-szerkezetbe.

A korlátok, a világítás, zajvédelmi fal a mű fontos elemei, nem adalékok.

Vezetékeket, csatornákat a szerkezetben el kell rejteni.

Olyan szelvényeket kell választani, hogy galambok és egyéb madarak ne tudjanak befészkelni.

2. Kivitelezett példák

Pontokon támasztott üreges vasbeton lemez:
A B9 út hídja az A562-es Autobahn felett Bonn-Godesbergben Dani Karavan szobrásszal.

Régi tartószerkezet modern kiadásban:
A gelsenkircheni föderális Kertkiállítás 1997 vezetőségének, az volt az elképzelése, hogy ott a hajdani bánya telepén régi hídformákat jelenítsünk meg:

- Rácsostartó
- Rácstartó.

Mi adott, mit kell hozzátenni, hogy megfeleljen a teherbírási követelményeknek?

Egy kígyózó cső: Gyalogjáró híd a Cstrop-Rauxeli Erin parkban (építész LEG P. Freudental)

Egy acélcső-ív a híd tengelyétől eltérő síkban: Gyalogjáróhíd az Emscher folyó felett Gelsenkirchenben.
Felüljáró a Terneddenstraße fölött Gelsenkirchenben.

Két acélcső-ív.
A Rhein-Herne-Csatorna felett Gelsenkirchenben.
(A Gelsenkircheni hidak építésze: PSAD)

Íves pálya feletti ív függőleges síkban:
Gyalogjáró híd a Duisburger Straße felett a Technologie Zentrumnál Oberhausenben.

Íves pálya feletti ív ferde síkban:
Gyalogjáró és kerékpáros híd a Mulde folyó felett Dessában. Az íven függ a pálya, a pálya merevíti az ívet. (építész: KSG)

Két sinus cső, mint főtartó:
Két forgalmi sávos járműközlekedési híd Oberhausenben.

3. Néhány terv

A linzi gyalogjáró Dunahíd (építész PASD)

A spandaui híd a Havel fölött (építész Vasconi)

Gyalogjáró híd az EXPO 2000-nak Hannoverben
(építész Vasconi)

Autobahn viadukt az Alzette felett Luxemburgban (építész Dewey Müller)

Autópálya híd Leipzig-Süd.

4. Víziók: lakóhidak (living bridges)

4.1 Living bridge az Elba fölött Hamburgban
(építész BRT)

4.2 Living bridges Kölnben a Rajna felett
(építész Schneider-Wesling)

4.3 Living bridge Manhattan és New Yersey között a Hudson felett (építész Kapretz)

4.4 Living bridge Albertfalva és Csepel között a Duna felett (építész Zoboki Demeter)

5. Javaslat

A hidak nem csupán az infrastruktúra műszaki tárgyai, hanem kulturális értékek is. E műtárgyak művészi minőségének biztosítására a következő lépések szükségesek:

- A szerkezetépítő mérnökök képzésének súlypontja a tervezés az esztétikai szempontok figyelembe vételével.
- Egy hídépítési tanács alapítása szükséges, amely az ország összes hídtervét esztétikai szempontból véleményezi.
- Hídtervezési pályázatok kiírását szerkezetépítő mérnök, építész, város és tájépítész stb. részvételével végezzék.

Az oktatás reformjának fontos lépései:

- A tervezésnek jelentős helyet kell kapnia a tanmenetben.
- Ezért sűríteni kell az elméleti tantárgyrészeket.
  - A matematikát a számítógépes eljárásokhoz kell illeszteni.
  - A mechanikát be kell ágyazni a tartószerkezetek számításába, ahol is az építőanyagok tulajdonságait is figyelembe veszik.
  - Az építőmérnök és építészmérnök diákok több tárgyat közösen hallgatnak, és együtt működve, mint a praxisban, három tervet kidolgoznak.

Budapest, 2009. szeptember

Dr. Polónyi István
ny. egyetemi tanár

A hazai közúti hidak 50 éve
Előadás az 50., jubileumi hídmérnöki konferencián

Dr. Träger Herbert
Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ
Tanácsadó

A helyzet 1960 körül

Ekkorra a háborúban elpusztult hidak helyreállítása nagyjából befejeződött, kivéve a budapesti Erzsébet hidat és egyes határhidakat (esztergomi Mária Valéria híd, Mura- és Dráva-hidak).

1955-ben összesen kb. 5400 híd között még 900 fahíd és 800 boltozott híd állt az országos úthálózaton.

Apáthy Árpád kezdeményezése nyomán javában folyt a kishidak korszerűsítése. Kialakult a tömeges építésre alkalmas hídtípus: vert vasbeton cölöpök, fejgerendával, kitámasztott hídfők, néha a szükségesnél nagyobb hídnyílás rejtett hídfőkkel, előregyártott, állványozást nem igénylő felszerkezet (T-, ill. FT-gerendák).

Nagy útkorszerűsítési munkák folytak, pl. a 6. (azelőtt 63.), 21., 41., 80., 81. sz. főutakon, esetenként nagy hídépítésekkel (mecseknádasdi völgyhidak).

Folyt a Keleti főcsatorna építése, amelyen kb. egy évtized alatt 20 alsópályás ívhíd épült. Az első három híd elkészültének 50. évfordulójáról 2004-ben emlékeztünk meg.

Események 1960 után

Eldőltek az Erzsébet híddal kapcsolatos viták: folyt az ortotrop pályaszerkezetű kábelhíd tervezése. Az ortotrop szerkezet gyártásának előtanulmányaképpen elkészült az újlőrincfalvi Laskó-patak-híd és folyt a szolnoki végleges Tisza-híd építése. Ennek jelentős eseménye volt a félállandó szerkezet oldalirányú elhúzása, ami a 4. sz. út néhány napos teljes lezárásával járt.

Nagy lendülettel folytatódott a kishidak korszerűsítése, 1960-ban 140 híd épült. A lendület fokozatosan csökkent, és a hangsúly a közepes és nagyobb hidak építésére tolódott át.

Az építési feladatok a következők szerint csoportosíthatóak

A közös közúti és vasúti hidak forgalmának szétválasztása

Ez 40 év alatt hat esetben történt meg, négyszer új közúti híd építésével történt, ezután a vasúti hidat szükség szerint korszerűsítették, vagy átépítették:

33. sz. főút, tiszafüredi Tisza-híd meglevő pilléreken, közvetlenül a vasúti híd mellett,	1966
47. sz. főút, algyői Tisza-híd, a vasúti hídtól kb. 300 m-re	1974
451. sz. főút, Csongrád-Szentes közötti Tisza-híd, a vasúti hídtól kb. 300 m-re	1981
491. sz. főút, tunyogmatolcsi Szamos-híd, a vasúti hídtól kb. 1,5 km-re	1982
55. sz. főút, bajai Duna-híd, oldalpályák a könnyű forgalom számára	1990
55. sz. főút, bajai Duna-híd, oldalpályák a nehéz forgalomra	1999
52. sz. főút, dunaföldvári Duna-híd, a vasútvonal megszüntetése	2001

Szélesség és/vagy teherbírás miatt nem megfelelő hidak korszerűsítése, ill. új hidak építése

Számos forgalmas főúton és egyes alsóbbrendű utakon az itt felsorolt hidak átépítése halaszthatatlan volt. Mintegy 20 év alatt 13 nagy és több kisebb híd épült át.

5. sz. főút, Szeged-Rókus vasútállomás melletti, vasút feletti híd, útkorrekcióban	1976
8. sz. főút, több vasút feletti híd, részben útkorrekcióban	1985 – 1988
14. sz. főút, Mosoni-Duna-híd, a régi hídtól kb. 1 km-re	1979
33. sz. főút, Tisza-ártéri hidak, a régi alapokon, azok szélesítésével	1977 – 1978
38. sz. főút, Tisza-ártéri hidak, útkorrekcióban	1973
44.sz. főút, kunszentmártoni Hármas-Körös-híd, a régi hídtól kb. 1,5 km-re	1975
47.sz. főút, debreceni Homokkerti vasút felett híd, a korábbinál több vágány felett	1973
47. sz. főút, köröstarcsai Kettős-Körös-híd, útkorrekcióban	1977
47. sz. főút, körösladányi Sebes-Körös-híd, útkorrekcióban	1979
49. sz. főút, csengeri Szamos-híd, a régi hídtól kb. 2 km-re	1977
67. sz. főút, vasútállomás feletti híd	1988
Békési Kettős-Körös-híd, útkorrekcióban	1982
Dobozi Kettős-Körös-híd, útkorrekcióban	1985
Cigándi Tisza-híd, a dombrádi pontonhíd kiváltására	1994

Útkorrekció esetén a régi hidat általában elbontották, néha csak sok évvel később. Nagyobb távolság esetén a régi híd megmaradt,

önkormányzati kezelésben, kivéve a csengeri hidat, ahol a régi híd vízügyi okból nem maradhatott meg.
A kunszentmártoni, köröstarcsai, körösladányi, békési és dobozi hidak szabad szereléses technológiával, a győri és az előbbi pontban említett csongrádi híd szabad betonozással épült.

Közúti és vasúti szintbeli keresztezések kiküszöbölése

Főleg városokban, ill. állomások közelében, forgalombiztonsági okból, és a várakozási idők kiküszöbölés érdekében voltak fontosak ezek az építések. Egyes esetekben, több vágány, vagy a vasúttal párhuzamos utak áthidalása miatt, ill. a magas töltések elkerülése érdekében igen nagy felületű hidak épültek. 1991-ben 147 különszintű keresztezés volt, ebből 1970 után épült 78, azaz több, mint a fele.

3. sz. főút, miskolci, Gömöri pu. feletti híd	1977
4. sz. főút, szajoli vasút feletti híd	1967
4. sz. főút, Kisújszállás melletti, vasút feletti híd	1973
4. sz. főút, Püspökladány melletti vasút feletti híd	1971
4. sz. főút, Nyíregyházától délre, a vasúti fővonal feletti híd	1974
4. sz. főút, Nyíregyházán, a vásárosnaményi vasútvonal feletti híd	1979
4. sz. főút, Ajak mellett a vasúti fővonal feletti híd	1974
5. sz. főút, Kecskemét melletti vasút feletti híd	1974
32. sz. főút, szolnoki Rékasi úti, vasútállomás feletti híd	1970
32. sz. (azelőtt 4. sz.) főút, Kolozsvár utcai, vasútállomás feletti híd	1973
36. sz. főút, Nyíregyháza vasútállomás feletti híd	1977
46. sz. főút, törökszentmiklósi vasút feletti híd	1984
48. sz. főút, Debrecen, Faraktár úti vasút feletti híd	1980
58. sz. főút, pécsi vasút feletti híd	1974

76. sz. főút, balatonszentgyörgyi vasút feletti híd	1976
76. sz. főút, zalaegerszegi vasút feletti híd	1976
311. sz. főút, ceglédi vasút feletti híd	1969
541. (azelőtt 54.) sz. főút, kecskeméti vasút feletti híd	1982
Nyíregyháza, Sóstói vasút feletti híd	1977
Kiskunhalasi vasút feletti híd	1987

A forgalom növekedése miatt egyes helyeken később második híd építése vált szükségessé (Debrecen-Homokkert, Szajol, Nyíregyháza, Békéscsaba).

Határhidak újjáépítése, ill. korszerűsítése

A Jugoszláviával közös határhidak újjáépítése – a régi alépítmények felhasználásával - a következők szerint történt meg:

Letenyei Mura-híd	1961
Barcsi Dráva-híd	1969
Drávaszabolcsi Dráva-híd	1974

A Csehszlovákiával közös határhidak közül a balassagyarmati Ipoly-híd 1967-ben épült újjá, a folyó rendezésével kapcsolatban, új helyen.
A Vámosszabadi-Medve között határhíd végleges helyreállítására 1973-ban került sor.
Az esztergomi Duna-híd újjáépítése még sokáig váratott magára, ez csak 2001-ben történt meg. Itt a szélső nyílások állva maradtak, ezek új pályaszerkezetet kaptak, a középső három nyílásban pedig a régihez hasonló, de teljesen korszerű, hegesztett, feszített csavaros szerkezetek épültek. Vízügyi követelmények miatt az egész hidat a réginél magasabbra kellett építeni.

Az ukrán határon levő záhonyi Tisza-híd, melyet 1962-ben kaptunk a Szovjetuniótól, rendkívül rossz állapota miatt teljes

felújításra szorult. A határátkelés lassúsága miatt állandó torlódások voltak a hídon. A helyzetet a rácsos híd mellett oldalpályák építésével és ezután a rácsos híd pályaszerkezetnek teljes átépítésével sikerült megoldani.

Egyes új útszakaszok, városokat elkerülő utak hídjai

Számos jelentős, folyók vagy vasútvonalak feletti híd épült új útszakaszok létesítésével kapcsolatban. Ezek között kiemelkedőek:

- a Szent István Tisza-híd a 4. sz. út szolnoki elkerülő szakaszán (szabadon betonozott, ill. betolt szerkezetek összekapcsolása),
- a Nádasdy Ferenc Rába-híd a 84. sz. főút sárvári elkerülő szakaszán (acél ívhíd, különleges hídfőkön),
- három jelentős híd az 1. sz. főút győri átkelési szakaszán (feszített acélhíd a Rábán, továbbá monolit vasbeton hidak az Iparcsatorna és a teherpályaudvar felett),
- a hegyeshalmi bányató feletti híd első szerkezete a későbbi M1 autópályán,
- két jelentős híd Eger belterületén a 25. sz. főúton,
- két jelentős híd Győr belterületén a 821. sz. főúton,
- két-két vasút feletti híd Hajdúszoboszló, illetve Biharkeresztes mellett, a 4. ill. 42. sz. főúton,
- Duna-Tisza-csatorna-híd az 51. sz. főút dunaharaszti-taksonyi elkerülő szakaszán,
- továbbá számos vasút és út feletti híd.

Az itt felsorolt hidak többsége (ahol nem jelöltem meg a felszerkezet anyagát) előregyártott gerendákkal épült.

Az autópályák és autóutak hídjai

Az első autópályahidak 1963-ban készültek.1980-ban már 100 fölött volt e hidak száma, közel 100 000 m^2 pályafelülettel. A 2009. januári állapot szerint a gyorsforgalmi utakon levő hidak száma 1110, pályafelülete 747 583 m^2.

A gyorsforgalmi utakon – azok jellegéből következően – sokkal több, és többnyire nagyobb alapterületű híd szükséges, mint egyéb utakon. Egyes autópályák két ütemben épültek, itt a pálya feletti hidak már az első ütemben a végleges állapotnak megfelelően elkészültek, a pálya hídjai viszont – kevés kivétellel – két ütemben. A hidak túlnyomó többsége kis, vagy közepes nyílású, így elsősorban monolitikus, ill. előregyártott gerendás vasbeton hidak épültek, továbbá az M3 autópályán a kettős betonövű öszvérhidak, melyek különböző színe érdekes színfolt az autópályán.
A gyorsforgalmi utak eleinte sík-, illetve dombvidéken épültek, a nagyobb folyókat csak később érték el, pl. az M1 autópálya a Rábát. Kiemelkedő esemény volt a Hárosi Duna-híd (1990), az első félautópálya-híd a Dunán, egyúttal az első Duna-híd a II. világháború után, amely teljesen új helyen épült, új és egyúttal újszerű alépítményeken. Ezután már több nagyobb híd következett, így az M3 autópálya oszlári Tisza-hídja, a Szent László Duna-híd Szekszárd közelében az M9 autóúton, a Kőröshegyi völgyhíd az M7 autópályán, a dunaújvárosi Pentele híd az M8 autópályán és a Megyeri híd az M0 autópálya északi szakaszán. Az utóbbi három híd az óriások csoportjába tartozik, nemcsak méreteiknél fogva, hanem egyéb különlegességeik miatt is, amelyekre közismert voltuk miatt most nem térek ki.

Budapesti hidak

1964-ben korszerű kábelhídként elkészült az Erzsébet híd, utolsóként a felrobbantott hidak között. A két parton jelentős vasbeton hidak csatlakoznak hozzá, a budai volt az első különszintű keresztezést tartalmazó csomópont. A Metró Budára vezető szakaszának átadása után a hídon megszűnt a villamos közlekedés és ezzel a pályaszerkezet repedéseinek okozója. A villamos közlekedés visszaállítása a híd szempontjából megengedhetetlen.

A Metró építésével kapcsolatban 1963-ban megkezdődött a terjedelmesebb gyalogos aluljárók építése, melyek lényegében hídszerkezetek. Ugyanebben az időszakban a közút és a vasút szintbeni keresztezésének kiküszöbölésére számos közúti híd épült, esetenként a nagy töltés elkerülése érdekében sok nyílással. Két olyan helyen, ahol még nem volt a végleges híd megépítésére, RUB-rendszerű ideiglenes hidak épültek.. Nemcsak vasutak és HÉV-vonalak fölött, hanem útcsomópontokban is épültek különszintű átvezetések, melyek helyenként vitákat váltottak ki. Az Árpád szélesítésekor két nagy híd épült a Flórián téren. A Baross téri híd még családi problémát is okozott. A Nyugati téri híd nem öregbítette a szakma hírnevét. A Ferenciek terénél levő, Y-alakú aluljáró a renitens magas járművek miatt lett hírhedtté. A BAH-híd ama vélemények ellenére, melyek szerint négysávos híd kellett volna, sohasem okozott torlódást, legfeljebb a csatlakozó utak nem bírták a forgalmi terhelést.

A bécsi Reichsbrücke leszakadása (1976) után a Duna-hidakon tervszerű felújítási program kezdődött, dr. Dalmy Tibor miniszteri és fővárosi biztos sikeres irányításával. Ebbe a sorozatba illeszkedett az Árpád híd szélesítése 1981-84 között, amikor az eredetileg tervezettnél nagyobb szélesség elérése

érdekében a meglevő híd mellé két teljesen új, ortotrop pályalemezes acélszerkezet épült. Ezután folytatódott a Szabadság híd félbe maradt felújítása, aminek során szerencsés körülmények között, veszélyes korróziós károsodás került napfényre.
Sok vita után 1995-ben elkészült a Lágymányosi híd. A vasút mellett, mégis különállóan, igényes kialakítású pilléreken áll a ferde rudakkal merevített acéltartó, melyen a villamosnak sajnos csak a helye van meg. A különleges, közvilágítású híd a város felől nézve előnyösen takarja a vasúti hidat.

2001-ben átépült a Csepel-sziget északi csúcsánál levő Kvassay-híd. A régi keskeny, kis teherbírású, rácsos acélhíd helyén két ütemben, felsőpályás, négy forgalmi sávos acélhíd épült.

A hídépítés technológiájának fejlődése

A hidak leginkább látható és jellemző része a felszerkezet.

A tárgyalt időszak előtt már elterjedtek a fordított T-keresztmetszetű gerendák, 2-10 m támaszközzel, helyszíni rábetonozással. A keresztirányú együttdolgozást a tartó lyukain átdugott vasbetétek biztosították. Ilyen szerkezetből évtizedek alatt 1000-nél több híd épült.

1970-től megjelentek az EHG, majd az EHGE tartók 22 m nyílásig, 1974-től az EHGT tartók 30 m nyílásig. Az EHG tartóknál még keresztirányú feszítőrudak voltak, később azonban az együttdolgoztatás szerepét a vastagabb helyszíni vasbeton lemez vette át.

Az említett, üzemben gyártott gerendák mellett több helyen, nagyobb mennyiségű (esetenként több hídhoz elegendő) utófeszített tartó is készült. Ezeket néhány esetben, darabokban gyártották és a beépítés színhelyén feszítették össze a darabokat.

Kisebb nyílású hidakhoz az UH, nagyobbakhoz az UB jelű tartók terjedtek el, később pedig még további, nagy és még nagyobb gerendákat gyártottak, egészen 40 m-ig.

Nagyobb monolit vasbeton gerenda szerkezet csak kevés épült (sárospataki Bodrog-híd, simontornyai Sió-híd, az utóbbi kedvezőtlen nyílásbeosztással). Néhány híd – a későbbi támaszsüllyedéstől tartva – Gerber-csuklókkal épült, ami fenntartási szempontból igen hátrányos. Volt olyan eset, hogy a csuklókat később – mivel a süllyedés nem következett be – megszüntették.

A vasbeton ívhidak közül felsőpályásként csak a Varasdi völgyhíd épült (6. sz. út, 1953).
Néhány alsópályás, vonórudas ívhíd már állt a tárgyalt időszak előtt, de ilyenek tömegesen a Keleti főcsatorna végleges kiépítésével kapcsolatban épültek. A hídtípus egy évtized alatt jelentős változásokon esett át. Feszített pályaszerkezettel néhány további híd is épült, pl. háromnyílású kialakítással (Alsóberecki), ill. felső keresztkötés nélkül (Kecskéd).

A már röviden említett szabadon szerelt, illetve szabadon betonozott feszített vasbeton hidak mellett – új technológiaként – megjelent a szakaszosan előretolt feszített beton szerkezet, első ízben Berettyóújfalu közelében, a 42. sz. főúton (1990). Azóta a módszer nagyon elterjedt, első sorban többnyílású hidaknál, ahol a gyártó berendezés költségei jobban megtérülnek. Bizonyos esetekben, pl. vasút felett akkor is célszerű alkalmazni, ha rövidebb hídról van szó, mert a vágányok között nincs szükség állványra. A betolás fontos segédeszközei a betoló csőr és a tolást végző hidraulikus sajtók. A módszer elsősorban függőleges és vízszintes értelemben egyenes, vagy körívben fekvő hídhoz alkalmas, de egy kis „ügyeskedéssel” már átmeneti ívben fekvő hidat is sikerült építeni. A leghosszabb egy darabban betolt

szerkezetek a Megyeri híd Szentendrei-sziget fölötti szakaszán épültek, 2 x 560 m hosszban.

Az acél szerkezetek között az öszvér (vasbeton lemezzel együttdolgozó) szerkezetek mérete régebbi 10 – 20 m-ről fokozatos fejlődéssel elérte a 80 m-t (Tahitótfalu), majd a 108 m-t (Hárosi híd). A nagyobb öszvér szerkezeteknél a tervezett alak létrehozása az építés után és nagy távlatban is bizonyos nehézségekkel jár.

Az acél szerkezetek fejlődésével még egy előadás foglakozik, ezért ezt a témát itt csak röviden tárgyalom, az acél anyagok fejlődésével pedig itt nem foglalkozom.

Az acél szerkezetek kapcsolatainál a szegecselést fokozatosan kiszorította hegesztés és a nagyszilárdságú feszített csavar, de újabban a helyszíni hegesztés kezdi kiszorítani a feszített csavart is.

Rácsos acél szerkezet kevés épült (Taktaharkány, Tiszafüred, Kisar), a gerinclemezes és főleg a szekrény keresztmetszetű szerkezetek viszont óriási fejlődésen mentek át, különösen az ortotrop pályalemez bevezetésével. Az alul nyitott szerkezettel szemben a szekrény keresztmetszet a nagyobb csavaró merevség miatt, és korrózióvédelmi szempontból is előnyös. Az ortotrop pályalemez több acélt tartalmaz, mint a vasbeton lemez, de sokkal könnyebb annál. Ezért első sorban nagyobb nyílásoknál gazdaságos, de előnyös lehet kisebb hidak felújításánál is, a kisebb önsúly és a gyorsabb építhetőség miatt.

Az alépítmények, különösen az alapozás terén is nagy volt a fejlődés. Már esett szó kishidak vert cölöpalapozásáról, amivel a síkalapozású hidak korábban gyakori árvízkárait sikerült megelőzni. A későbbiekben előtérbe kerültek a különböző fúrt

cölöpalapozási módszerek, melyekkel a folyami hidaknál sikerült kiküszöbölni a légnyomásos alapozást. Az
élő vízfolyásban történő pillérépítést könnyíti meg az először a Hárosi hídnál alkalmazott kéregelemes-őrfalas módszer, amely azóta általánosan elterjedt.

A hídtartozékok közül kiemelkedő jelentőségű a szigetelés és a vízelvezetés. A tárgyalt időszak előtt a hidak általában szigetelés nélkül, a vasbeton pályalemezzel együtt betonozott kopóbetonnal készültek. A 60-as években kezdődött az utak téli sózása, és ez különösen a szigetelés nélküli, vagy a hibásan szigetelt hidakban okozott nagy károkat. Azóta a szabályzatok kötelezően előírják a szigetelést. Ennek anyagát és kialakítását tekintve, számos kísérlet után kialakult az, hogy a pálya teljes felületét szigeteljük, legtöbbször kétrétegű modifikált bitumenes lemezzel, értékesebb hidak esetében szórt-kent műanyag szigetelést alkalmazunk.

A hídépítések és felújítások finanszírozása

A hídépítések és felújítások finanszírozása többféle forrásból történt.
Teljesen elkülönült a többi feladattól az autópálya beruházás. Egyéb beruházásként kevés híd épült, meg kell említeni a szegedi Bertalan Lajos Tisza-hidat, mely tanácsi beruházásként valósult meg s megépítése után lett az országos úthálózat (43. sz. főút) része. (Cserébe a Belvárosi híd került önkormányzati kezelésbe.)

A nem megfelelő hidak átépítése általában egyedi hídkorszerűsítésként, az útépítéssel kapcsolatos hidak építése többnyire útkorszerűsítés keretében történt. E két forrás azonban nem volt élesen elválasztható.

Az útkorszerűsítésekkel általában nem járt együtt az érintett útszakaszon levő kishidak szélesítése vagy erősítése. Sok esetben

több aszfaltréteg felhordása miatt csökkent a híd teherbírása, és csökkent a kiemelt szegély magassága vagy az egészen eltűnt.

Az újabb útvonal-rehabilitációk keretében már sok kishíd rendbe tétele is megtörténik.

A hídkorszerűsítésekre általában nem jutott, ill. nem jut annyi pénzügyi lehetőség, amennyi az állomány szintben tartásához szükséges lenne.

Hídfenntartás

A hídfenntartás 1980-ig nem folyt a kívánatos mértékben. A fenntartásra fordított összegek a minisztérium erőfeszítései ellenére a hidak bruttó értékének alig 0,5 %-át tették ki, az irodalomban említett 1,0 -1,5 %-kal szemben, pedig a hídállomány felülete 1945-től napjainkig ötszörösére, a forgalom és a korróziós károsodás pedig ennél is nagyobb ütemben nőtt.

A végrehajtó szervek szerint megkülönböztetünk házilagos (a kezelő által végzett), illetve vállalati hídfenntartást. Az előbbi keretében folynak a kisebb javítások, továbbá – igen nagy költséggel –a pontonhidak üzemeltetése. Az időszak kezdetén a Tiszán négy, a Ferenc-csatornán három pontonhíd volt. Állandó hidak építése, ill. a tápéi pontonhíd komppal való helyettesítése révén napjainkban csak két tiszai pontonhíd van forgalomban az országos utakon (Csongrád, Tiszadob) és egy önkormányzati úton (Lónya).

Itt említem meg, hogy úszó hidakat ideiglenes jelleggel is használunk, pl. korábban Tahitótfalunál, jelenleg pedig Gyomaendrődön.

A vállalati hídfenntartás keretében a következő munkafajtákat végezték:

- nagyobb javítások,
- közös közúti és vasúti hidak fenntartása,
- acélhidak mázolása,
- nagyobb hidak fővizsgálata.

A nem kielégítő mértékű fenntartási munkák tervezésével kapcsolatban még nem lehetett a mai értelemben vett hídgazdálkodásról beszélni. Csak az acélhidak mázolásánál lehetett szó tervszerűségről, amennyiben a hidak nyilvántartásában szerepelt az utolsó mázolás éve és arra törekedtünk, hogy az újra mázolásra 10 év múlva sor kerüljön. Ez a rendelkezésre álló mázoló kapacitás nem kielégítő volta miatt sok esetben nem sikerült s a mázolás a szükségesnél később történt meg.

Hídgazdálkodás

A hídnyilvántartás és a hídvizsgálat minden hídfenntartási és hídkorszerűsítési munka alapja. Igen nagy feladat volt a vizsgált időszak elején a mintegy 5000 híd legfontosabb adatainak áttekinthető nyilvántartása, karban tartása. Ezért nagy jelentőségű, hogy Apáthy Árpád munkája nyomán már 1965-ben elkészült az első országos, számítógépes hídnyilvántartás. Ez kezdetben lyukkártyákkal működött, de 1982-re odáig fejlődött, hogy a kézi nyilvántartás vezetését meg lehetett szüntetni.
Ma már az Országos Közúti Adatbankban igen részletes hídnyilvántartásunk van, nyílásonként meg lehet tudni belőle a szükséges adatokat, sarukat, dilatációs szerkezeteket és sok egyebet. A nyilvántartás hidanként két fényképet is tartalmaz, és megtudható, hogy milyen tervek és egyéb dokumentációk találhatóak a központi, ill. a megyei tervtárakban.

A hídvizsgálatok rendszerének egyes elemei már az első, 1910-ben kiadott Hídszabályzatban megjelentek, a lényegében ma is érvényes előírásokat az 1956. évi Közúti Hídszabályzatban fogalmazták meg. (Az időszakos vizsgálatot újabban fővizsgálatnak nevezzük.)
Bevezettük a kiemelt hidak fogalmát. Kb. 600 híd tartozik ebbe a csoportba, ezek fokozott odafigyelést igényelnek.
Rendszeresítettük az éves hídvizsgálatok eredményeinek számszerű értékelését. Öt főszempont alapján, 22 részletkérdésre kell 1…5 osztályzatot adni.
Bevezettük a Pontis hídgazdálkodási programot.

Rendkívüli események

A megengedettnél magasabb, engedély nélkül közlekedő járművek igen sok kárt okoztak a hidakban. A pálya fölötti hidaknak való ütközés vasúti és közúti hidakat, továbbá a Keleti-főcsatorna-hidak keresztkötéseit rongálta meg. Ennél súlyosabb kár keletkezett, amikor acélhidak felső szélrácsának ütköztek magas járművek, és emiatt - 30 év alatt négyszer - a híd leszakadt. Az egyik ilyen eset színhelyén, Halásziban, napjainkban készül az ideiglenes híd helyett a végleges, új híd.

Szervezeti változások

A minisztérium közúti hídosztályának hajdan 50 körüli létszáma fokozatosan csökkent, majd 1983-ban egy személyre zsugorodott. Időközben a feladatok jelentős részét (műszaki ellenőrzés, hatósági tevékenység) máshová telepítették.
1988-tól rövid időre ismét osztályszinten történt a hídügyek irányítása, de a szervezet hamarosan az Országos Közúti Főigazgatóság, majd az UKIG, az ÁKMI keretébe került, jelenleg pedig a Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ (KKK) keretében működik.

Az 1958-ban létrehozott közúti igazgatóságok feladatköre és elnevezése is sokat változott az elmúlt mintegy 50 év alatt.

A tárgyalt időszak fejődésének jellemzésként álljon itt néhány adat: 1962 és 2007 között 3862 híd épült, kereken 116 000 m hosszban, 1,5 millió m^2 felülettel. A teljes állomány az országos közutakon 2009. január 1-jén 7149 híd, kereken 2 millió m^2 felülettel.

A jövőre nézve kívánok a fiatalabb nemzedékeknek hasonlóan sok szép mérnöki feladatot, a hozzá szükséges pénzzel, és kevesebb átszervezést.

Budapest, 2009. szeptember 10.

Dr. Träger Herbert
Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ
Tanácsadó

A hídmérnöki konferenciák szerepe, jelentősége

Dr. Tóth Ernő
Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ
Tanácsadó

Bevezetés

1962. április 26-27-én a KPM hídosztálya kétnapos értekezletet tartott a megyei tanácsok, megyei jogú városi tanácsok és a közúti igazgatóságok hídelőadói részére. Egy év kivételével (1965) minden évben, kezdetben „értekezlet és bemutató", 1980-tól „továbbképzés", 1984-től „hídmérnöki értekezlet", 1990-től „hídmérnöki konferencia" cím alatt találkoztak a hídügyekkel foglalkozók.

A 40. összejövetelre (1999. Baja) a korábbi értekezletek meghívóit, programját, néhány dokumentumát (jelenléti ívek stb.) kis füzetben (98 oldal) közkinccsé tettük.

A mostani 50., jubileumi konferenciára részletesebb ismertetést terveztünk. Nemcsak az értekezletekről, konferenciákról, hanem egy-egy év eseményeiről is egységes szerkezetben, tömör beszámolót készítettünk.

A 48 évről és a konferenciákról áttekintő ismertetés eddig nem készült, ezért a források kutatása volt az első feladat.

A konferenciákról a minisztériumi hídosztály (Apáthy Árpád, dr. Träger Herbert) adatait, 1988-tól pedig zömében saját gyűjteményemet használtam. Természetesen kiegészítő anyagokat kaptam az igazgatósági hídmérnököktől is, amit ezúton is köszönök. Írásos beszámoló az értekezletekről 1986 előtt nem készült, de a hídosztály vezetőinek kézzel írt jegyzeteinek jó hasznát vettem, elsősorban a programok pontosításában (változtak előadók és előadások is, elmaradtak vagy műsoron kívül elhangzottak).

Az elhangzott előadások közül néhány írásban is megjelent, ezekre utaltam ismertetőmben. 2000-ben (Szolnok) a résztvevők több előadás vázlatát már a konferencia kezdetén írásban megkapták, s 2002-től gyakorlattá vált az előadások szövegének megjelentetése a konferencia kezdetére. A 48. konferencián (Eger, Salgótarján) a résztvevők a Lánchíd Füzetek sorozatában lényegében az összes előadást megkapták.
Felmerült a kézzel írt jegyzetek alapján az 1986 előtti 26 konferencia előadásáról is ismertetés készítése, ez több okból nem készült el, az előadás címek némi tájékoztatást adnak arról, hogy mikor mi volt az aktuális téma.

A konferenciákhoz csatlakozóan az **egyes évek eseményeit több forrásból** igyekeztem összeállítani: 1989-től kezdve évente készítettem egy rövid összefoglalást, a korábbi évekről pedig a hídnyilvántartás, a Közutak Főbb Adatai, Útgazdálkodás éves beszámolói, a szakirodalom, rendeletgyűjtemények, 1979-től pedig saját jegyzeteim, archív anyagaim alapján.

Tudom, hogy mozaikszerűek, hiányosak ezek az „évismertetők", remélem, hogy mégis segítenek megítélni a körülményeket, melyek nagyban befolyásolták, hogy hány híd épült egy évben, a hídfenntartás mikor vált égetően fontossá stb.
Terveztünk az értekezletekhez, konferenciákhoz csatlakozó **szakmai bemutatókról rövid ismertetéseket,** végül ezek közül csak néhány készült el, remélem ez nem pótolhatatlan hiányosság, mert a megyei hídtörténetekben majdnem mindegyikről szó van.

Összeállítottam **50 áttekintő írás címjegyzékét,** ebből nem mind készült el, ezért rövid, **„szubjektív kislexikont" készítettem** érdekes és szerintem fontos témákról. Tapasztalataimat, véleményemet igyekeztem megfogalmazni nem tudományos igénnyel. Alig adtam meg forrásokat, gondolatébresztőnek

szánom ezeket a kis írásokat, buzdítom olvasóimat, hogy fogadják jó szándékú kezdeményezésnek írásomat.

A konferenciákról az **illusztráló anyag heterogén,** a koraiakról fényképfelvételeket alig sikerült találni, s a viszonylag kis létszámú értekezletek szervezése sem termelt sok dokumentumot. Az elmúlt közel 20 évről persze már igen sok anyag áll rendelkezésre, ám csak néhány jellemző illusztrációt válogattam ki, pedig igen sok anyagot gyűjtöttem és kategorizáltam. Talán lesz valamikor, aki kutatja, publikálja a most meg nem jelenő dokumentumokat, a CD mellékletben megtalálhatóak a dokumentumok forrásai.

Szerettem volna a **konferencia résztvevőiről ismertetést** (valamilyen életrajzi adatot is) adni. A jelenléti ívek nagy része rendelkezésre áll, ezek digitalizálva elérhetők. Külön szép feladat lesz egy hidász almanachot összeállítani. Már ma sem könnyű, hisz egy korosztály már hiányzik közülünk, de nem lehetetlen, ám ez még várat magára. A neveket, az aláírásokat azért érdemes lapozgatni…

Sok a mentegetőzés, pedig igyekeztem az anyaggyűjtést időben elkezdeni, s két konferencián is kértem minden résztvevőt, hogy segítse munkámat. Úgy látszik kevés a „műgyűjtő", kevés a hely régi papírok őrzésére, s legfőképpen kevés az idő. Nekem is ez volt a főbajom, mert a hazai Duna-hidak történetéhez egy útikalauzt is elkezdtem írni, két ilyen könyv írásához több év kellene…

Nem egyedül állítottam össze ezt a jubileumi kiadványt sokan segítettek, közülük Szecsei Istvánnak, Vértes Máriának és dr. Träger Herbertnek köszönöm az anyaggyűjtés mellett egy-egy összefoglaló megírását, dr. Träger Herbertnek pedig a kézirat lektorálását, a hibák kijavítását és az Összefoglaló fordítását.

Kézírásom formába öntését Hegyi Kálmánnénak köszönöm, nélküle ez a könyv nem születhetett volna meg.
A tördelés az illusztrálás Gyukics Péter munkája, aki a hídmérnöki konferenciák eseményeit 10 éve fotózza. Az összegyűjtött forrásanyag katalogizálását Kádár Annamária készítette rendkívüli gondossággal, a feldolgozásban Halász Lajos, Magyari László és Rasztik Róbert segített.

A hídmérnöki konferenciák az elmúlt 48 évben

A konferenciák szerepe, jelentősége 1962-83

1962 tavaszán az Apáthy Árpád megbízott osztályvezető kezdeményezte a hídelőadók értekezletét, elsősorban a hídtervek jóváhagyásával kapcsolatos új feladatok miatt. Az 1955-ben indult **kishíd korszerűsítési program tömeges tervjóváhagyást igényelt,** ezt a munkát a hídosztály nem tudta, nem kívánta végezni, ezért módosították úgy az előírásokat, hogy a 10 m-nél kisebb nyílású hidak tervellenőrzésével, jóváhagyásával (az igazgatóságok, a megyei tanácsok hatóságok is voltak) a hídmérnökök foglalkozzanak.
A Budapesten a minisztérium épületében tartott értekezleten (e sorok írója is részt vett) a kishídépítések építési kérdéseiről, külföldi tanulmányutak tapasztalatairól is szó volt.
Figyelemreméltó, hogy a hídosztály kezdettől a **tanácsi hidakkal foglalkozókat is meghívta** az értekezletekre, ez indokolt és hasznos volt. Nem fogalmazták meg, de kezdettől az egységes igazgatási, hatósági munka érdekében adott tájékoztatás mellett a **továbbképzést, a hídüggyel foglalkozók találkozását is** szolgálta a rendszeres találkozás.

A későbbiekben is több előadás szólt nyilvántartási, terveztetési, tervjóváhagyási témákról, ám emellett műszaki ellenőrzésről, hidak műemléki védelméről, technológiai kérdésekről (betonok, hegesztés stb.) is hallhattak a résztvevők színvonalas előadásokat. A részvétel nem volt kötelező, mégis **már kezdetben kb. 50 résztvevője** volt ezeknek az alkalmaknak.

Az indító értekezlet után 1962-ben még egy őszi értekezlet is volt Szolnokon, ahol akkor épült a 400 éves múltú Tisza-híd. A **helyszíni bemutató meghatározó része volt az összejövetelnek**, így a résztvevők megismerhették az M7 autópálya építését is (1967, 1969).

Minden alkalommal mód volt kérdések feltételére, s mindig érdemben választ is kaptak a kérdezők. A hídosztály mérnökei előadóként, s azon kívül is részt vettek a konferenciákon.

Voltak szervezeti módosítások 1983 előtt is, változtak az előírások, azonban a hídmérnökök státusa nem változott.
A hidak építésének technológiája, állapota azonban jelentősen változott: 1970-től a 10 m-nél nagyobb nyílású hidak építésében is általánossá vált az előregyártás, jelentősen nőtt a motorizáció, az útüzemeltetésben megjelent az utak sózása, ezzel a hidak korróziója egyre erősödött.
A hidak újjáépítése, majd a kishídépítés korszerűsítése – hálózati szemléletű program – mellett a hídfenntartás háttérbe szorult, bár történtek intézkedések (hídbrigádok szervezése stb.), ezért az értekezleteken **fenntartói kérdésekkel foglalkozó előadás is szerepelt,** pl. 1975-ben munkabizottsági ajánlás hangzott el a hídfenntartás szervezetéről. Csökkent a kishidak építésének üteme, ezzel változott a hídmérnökök feladata, ám bőven volt teendő, jó hogy egy év kivételével (1965) minden évben volt egy országos találkozó, melyen a résztvevők száma már 1968-ban meghaladta a százat.

1973-tól Apáthy Árpád nyugdíjazását kérte, helyettese, **dr. Träger Herbert lett az osztályvezető,** aki az addigi gyakorlatot folytatta, annyi módosítással, hogy város-, múzeumlátogatásokat is beiktatott a programba.
1981-ben a Közúti főosztály továbbképzési koncepciója keretében **Tengelicen, a** megyei tanácsi oktatóközpontban **háromnapos** (eddig kétnapos volt) értekezlet volt, ám szerencsére utána **ismét országjárás következett**, ahogy azt a folyó munkák igényelték.
A Kőszegen 1982-ben tartott értekezlet mérföldkő volt a tekintetben, hogy külföldi, burgenlandi előadók is részt vettek ezen, s bemutatót is tartottak.

1984-87

1983-ban mélyreható szervezeti és hatásköri változásokat szenvedett a közúti ágazat: az 1970-ben már végre megyénként működő igazgatóságokat két-három megyésekké alakították, a minisztériumban megszüntették a hídosztályt és „hatóságtalanították" az igazgatóságokat.
A minisztériumban dr. Träger Herbert egyszemélyben intézte a hídügyeket, a tervek jóváhagyását a megyék, illetve a Közlekedési Főfelügyelet intézte. Nagyon rosszkor jöttek ezek a változások, mert jelentősen **csökkent az utakra, hidakra fordítható pénzügyi keret, miközben romlott az utak, hidak állapota.**
Ilyen körülmények között még nagyobb szükség volt egy **találkozási, továbbképzési** alkalomra, s ez megmaradt.
Ekkorra elkészült a **Közúti Igazgatóságok Oktatási Központja Balatonföldváron,** s ez jó feltételeket teremtett a hídmérnöki konferenciákra. A Közlekedési Főfelügyelet (Szilágyi Géza) tevékenyen közreműködött az 1985-től három napra bővült hídmérnöki értekezletek szervezésében. A résztvevők száma 70 körüli volt, ami jelezte, hogy van igény ilyen rendezvényekre.
Változott, nőtt az előadások száma (13-18) és műfaja is: esettanulmányok, szigetelési ankét stb. Az ideális elhelyezés,

ellátás mellett egyetlen hátránya volt, hogy a közelben építési vagy jelentős fenntartási munkák nem folytak, ezért a helyszíni bemutatók elmaradtak, csak 1986-ban tekintettünk meg egy közeli autópálya hidat.
Változott az előadók személye is: az Uvaterv, Főmterv, BVM, Utiber és más intézmények munkatársai szerepeltek a Főfelügyelet és az igazgatóságok munkatársai mellett.
Apáthy Árpád, dr. Träger Herbert persze rendszeres résztvevője volt az inkább már konferenciának nevezhető összejöveteleknek.
Változás, hogy 1986-tól rendszeres beszámolók is megjelentek, s az értekezlet egy alkalommal ajánlást is felterjesztett.
A szigetelési ankét is fontos eredménnyel zárult, érdemben felgyorsult a műszaki szabályozás kidolgozása.
A Balatonföldváron megrendezett összejövetelek mind a továbbképzést szolgálták, **segítették egyben tartani a szakmát**, **és fontos lépéseket tenni a hídvédelemben, hídfenntartásban.**
Ehhez hozzájárult, hogy a Közúti főosztály érdemi lépéseket tett a hidak állapotjavítása érdekében.
Az előadások technikája is folyamatosan változott: diavetítések, majd a film is megjelent.

1988-2004

Dr. Träger Herbert nyugalomba vonulásakor (1988) a minisztérium vezetése, belátva a hídügyek vezetésének fontosságát **önálló hídcsoport, majd osztály** szervezését határozta el. Érződött ekkor már a rendszerváltás előszele is.
Az 1988-ban Békásmegyeren tartott értekezleten a **hídgazdálkodás, a hídvédelem** hangsúlyosan jelent meg és újból fontos szakmai bemutató is volt, az épülő Hárosi Duna-híd. Új helyen, új Duna-híd 40 éve nem épült.

A megváltozott helyzetet érzékeltette, hogy **1989-ben Győrött több külföldi** szakember is megjelent, előadást is tartott, s a résztvevők száma ismét 100 fölé emelkedett.

A hídmérnöki konferenciák történetében **mérföldkő volt a 31. konferencia Szolnokon** 1990-ben, nemcsak azért, mert ekkortól volt hivatalosan ez a neve, hanem azért is, mert az új vállalkozások bemutatkozási igénye miatt, a szervezők úgy döntöttek, hogy 18 bemutatkozó előadás lesz.

1991-ben Kecskeméten kevesebb reklámjellegű előadás hangzott el, a 2000-ig szóló hídfenntartási program, a BME három tanszékének előadása hasznos továbbképzést nyújtott, s itt hallhattak a résztvevők a Hídszabályzat bizottság munkájáról. Jelképes, hogy a pásztorbot és csengő ekkor került a konferenciák relikviái közé.
A résztvevők száma 1988 óta folyamatosan magas volt.

A 35. konferenciára 1994-ben Sárospatakon 266-an voltak kíváncsiak, az új Tisza-hídra, Az aktuális előadások, a város, az újszerű összejövetelek vonzóak voltak. Az Év hidásza díj átadása a hídszakma elismerését is jelezte.
1996-ban **Debrecenben** már külföldi előadók **szinkrontolmácsolással** szóltak a **hídgazdálkodásról** (Pontis) és a közbeszerzésről.
Az **1997-ben Budapesten tartott konferencia újdonsága a dunai hajóút volt,** melyen élénk, érdekes előadások hangzottak el Duna-hídjaink múltjáról, jelenéről, jövőjéről.
A 40. hídmérnöki konferencia Baján (1998) **nézőcsúcsot hozott** (350 fő), ez azt jelezte, hogy igény van a hídmérnökök találkozójára, az információ-szerzésre, a helyszíni bemutatókra. Az információs anyagok száma is fokozatosan bővült, ezen a konferencián minden eddiginél több kiadványt vehettek kézbe a résztvevők.
A **42. konferencia Esztergomban** (2001) azért is emlékezetes, mert a vár lovagtermében hangzottak el az előadások és a vár teraszáról láthattuk az új hídszerkezet beúsztatását.

A **43. konferencia Szekszárdon** (2002) az épülő új Duna-híd hajóval történt megtekintése miatt a hasznos információk mellett maradandó élményt is nyújtott.
A külön nem említett konferenciák (1995. Gyula, 1998. Eger, 2000. Szolnok, 2003. Szeged, 2004. Zalaegerszeg) is értékesek, jól szervezettek voltak, sok érdeklődőt vonzottak.

2005-től napjainkig
A konferenciák szervezője 2004-ig az UKIG hídosztálya és a házigazda közúti igazgatóság volt. Átszervezések nyomán a hídosztály vezetését Sitku László vette át, aki a konferenciák szervezését új pénzügyi konstrukcióban átvállalta (a jelentkezéstől, a kiadványok biztosításáig).
A **46. hídmérnöki konferencia 2005-ben Siófokon** volt a Hotel Azúrban, ahol Somogy megye mutatkozott be, a Kőröshegyi völgyhíd bemutatásával, neves külföldi előadókkal. Az információban a Hidász Almanach (2004) megjelenése is korszakos jelentőségű volt.
A **47. konferencia** színhelye – kényszerű okokból – 2006-ban ismét Siófokon volt, a helyszíni bemutató természetesen Dunaújvárosnál a Pentele híd építése volt. **A 464 résztvevő óriási érdeklődést jelzett**, a kiválóan szervezett konferencia különlegessége abban is volt, hogy a Kőröshegyi völgyhidat is megtekinthették az érdeklődők.
A **48. konferencia 2007-ben Eger-Salgótarjában** volt, itt újabb résztvevőcsúcs született, közel 500 fő, minden eddiginél több: **49 előadás volt**, a résztvevők az előadások vaskos gyűjteményét a Lánchíd Füzetek sorozatban vehették kézbe és Apáthy-, Feketeházy- Massányi díjat vehetett át a legkiválóbb hídgazda, tervező és kivitelező.
A konferencia egyedülállóan, fakultatív programmal módot adott az M0 Megyeri híd megtekintésére is. Ez a „ráadás” méltó befejezés volt.
A **49. konferencia 2008-ban Balatonfüreden volt.** Veszprém megye bemutatkozására hihetetlenül sokan, 570-en voltak

kíváncsiak. Két szekcióban **48 előadás** hangzott el, újdonság volt a négy kategóriában meghirdetett **fotópályázat**.

A hídmérnöki konferenciák eddigi történetének vázlatos összefoglaló áttekintését az egyes konferenciákról írt összefoglalók, a szakfolyóiratokban megjelent ismertetések és a személyes emlékek egészíthetik ki.
Talán érdekes, hasznos lehet néhány részkérdésre is visszatekinteni.

A hídmérnöki konferenciát kiegészítő összejövetelek

1988-ig csak egy-két alkalommal szervezett a KTE vagy a minisztérium ankétot, melyen hídfenntartási kérdésekről hangzottak el előadások (1981, 1985).
A minisztériumi hídosztályi szervezet visszaállítása után, a jogutód UKIG is, **évente legalább egyszer ankét, vagy értekezlet jellegű összejövetelt tartott,** elsősorban azért, mert az országos konferenciákon csak kevés idő jutott a „belső ügyek" megbeszélésére.
1989-ben Solton az igazgatóságok és a **hídterveket jóváhagyók részére** volt igen hasznos megbeszélés a közös ügyekről, **1990-ben Pécsett** hasonló összetételű körben elsősorban **technológiai kérdéseket** vitattak meg a résztvevők.
1991-ben Debrecenben többnapos munkaértekezleten a 2000-ig tervezett hídfenntartási program készítése volt az összejövetel célja.
Néhány évben az igazgatósági hídmérnökök a konferencia zárása után is együtt maradtak, s munkaértekezleten beszélték meg a feladatokat.
A **konferencia utáni megbeszéléseknek** előre meghatározott tematikája volt, néhány esetben **munkabizottságok számoltak be** munkájukról pl. 1995-ben a Berger hídvizsgáló célszerű alkalmazásáról.

1996-tól a hídmérnöki munkaértekezletek Budapesten (UKIG székház, KTI, Makadám klub) és évente egyszer általában Balatonföldváron voltak, az őszi összejöveteleken tervzsűrizés is folyt, ennek módja később változott.
Részletekbe nem bocsátkozva, annyi megállapítható, hogy a **hídmérnöki konferenciák szerepe 1988 után változott,** az igazgatósági hídmérnökök továbbképzését, a kapcsolatok építését a konferenciák, a feladatok megbeszélését az értekezletek, szűk körű ankétok vették át, pl. Pontis hídértékelés, hídnyilvántartás fejlesztése stb. témájában.

A továbbképzést, a kapcsolatok építését szolgáló egyéb programok

1965-ben Nemzetközi Feszítettbeton konferencia volt, mely fontos ismereteket nyújtott a hídmérnököknek. **1967-ben szakmérnöki képzés indult** a BME-n. **1968-ban az MTA és a KTE ankétot szervezett** az új Közúti Hídszabályzat megismertetésére.
A KTE előadásain rendszeresen voltak és vannak hídszakági témájúak. 1973-ban az **Előregyártás a mélyépítésben** konferencia különösen fontos volt, ekkor kezdődött a tömeges előregyártás a hídépítésben.
1980-ban indult az Acélszerkezeti Ankét sorozat, mely napjainkig tart, színvonalas, fontos ez az egynapos rendezvény.
Az 1971-től tartott Útügyi Napokon több alkalommal hídszekció volt pl. 1986, 1987-ben, hidakról hangzottak el előadások, így például az önkormányzati hidakról Harkányban és Kecskeméten.
1992-ben dr. Iványi Miklós professzor kezdeményezésére Hidak a Dunán címmel nemzetközi konferencia sorozat indult. 2007-ben a hatodik konferencia házigazdája Magyarország volt, s jövőre folytatódik ez a fontos rendezvénysorozat.
A **vasúti hidászok 1993 óta** rendeznek országos konferenciát, ezévben volt a hetedik találkozójuk, melyen természetesen a közúti hidászok is részt vesznek.

Az **IVBH** (Nemzetközi Híd-és Szerkezetépítési Egyesület) és a **FIB/*fip*** (Nemzetközi Feszítettbeton Egyesület) nemzetközi munkájában is részt vesz Magyarország, a ***fib*** magyar tagozata (dr. Balázs L. György vezetésével) igen jó továbbképzési lehetőséget nyújt a hidászmérnököknek is előadásokkal, a Vasbetonépítés c. folyóirattal stb.
A **nemzetközi kapcsolatok** különösen Németországgal és Ausztriával élénkek, az Ausztriában évente kétszer megtartott, viszonylag kis létszámú konferenciákon 1988 óta vesznek részt a magyar hidászok.
A **Ráckevén 1992 óta évente megrendezett** konferenciák az építmények korrózió elleni védelméről szólnak, akárcsak a VEKOR rendezvényei jól szolgálják a tájékoztatást, kapcsolatok ápolását.

Külföldi tanulmányutak, a rendszerváltás előtt, ha nem is gyakran és rendszeresen, de voltak.

A hídmérnöki konferenciák kisebb létszámú változata az 2004-ben először Sárospatakon megrendezett **I. Hídműhely** összejövetel, melyet az óta már négy követett Esztergom-Párkányban, Visegrádon, Budapesten és ez évben Szekszárdon.

Ez a rendkívül vázlatos áttekintés a hídszakágat érintő továbbképzést, kapcsolatot teremtő alkalmakról csak példákat említ, nem törekszik a teljességre. Célom csak az volt, hogy jelezzem azt a **rendkívüli változást,** fejlődést, ami a **rendezvények, konferenciák terén bekövetkezett.**

A megváltozott körülmények, a hatalmas kínálat mellett kellett és kell úgy szervezni a konferenciákat, hogy azok vonzóak legyenek.

A változatos helyszínek, a jó feltételek, az érdekes, aktuális témák, a jó előadók és a **helyszíni bemutatók** külön-külön és

együtt is fontosak. A hídmérnöki konferenciák egyedülállóak – már 48 éve – abban, hogy **fontos hídépítések** bemutatása a szervezés kiemelten fontos része.

A konferenciák helyszíne

Az ország minden megyéjét érintette klasszikus konferencia, legtöbbször Pest megye 8 alkalommal, ezen belül Budapest 7,5 alkalommal volt házigazda (1976-ban Visegrádon voltak az előadások, a munkahelyi bemutató Tahitótfaluban volt, de Budapestet is meglátogatták a résztvevők).
Somogy megyében, az 50., jubileumi konferenciát is beleszámítva kilenc alkalommal volt, illetve lesz konferencia, ebből Balatonföldváron (oktatóház) négy alkalommal, a megye vendéglátásában három alkalommal, Fejér megye és az 50. konferencia rendezésében pedig 2 alkalommal.
Szolnokon és Győrött 4-4 alkalommal, Békésben 3, Bács-Kiskun, Csongrád, Heves, Tolna, Vas, Veszprém, Zala megyében 2-2 alkalommal, a többi megyében egyszer volt a hídmérnökök országos találkozója.
Érdekes, hogy több megyeszékhelyen nem volt egy alkalommal sem konferencia (Kaposvár, Miskolc, Salgótarján (kihelyezett Egerben), Székesfehérvár (kihelyezett Siófokon) Veszprém (kihelyezett Balatonfüreden).
Hazánk megismerését jól szolgálta a konferenciák többszöri országjárása.

A konferenciának helyet adó épületek áttekintése a teljesség igénye nélkül is érdekes lehet.
Kezdetben a **KPM épülete** (4 alkalommal), vidéken megyei, illetve városi tanácsok épületei (2 alkalom), **Technika háza** (4 alkalom), **Edzőtábor** (Tatán), a **Közlekedési Távközlési Műszaki Főiskola** (2 alkalommal), **Vár** (Kőszeg, Esztergom), O**ktatóközpont** (Tengelic, Balatonföldvár összesen 5 alkalommal) a létszám növekedésével **művelődési központok** (4

alkalommal), **Színház** (Eger, Zalaegerszeg) **szállodák**, hotelek pedig 10 alkalommal adtak helyet a hídmérnöki összejöveteleknek.

Ideális a szállodán belüli jó előadóterem, ám kis sétát több alkalommal zokszó nélkül vállaltak a résztvevők, mert eddig, bármily hihetetlen, késő ősszel is **mindig szép idő volt**.

A konferenciaterem mellett ma már igény van szekcióülések tartására, ez igen kevés helyen oldható meg jól.

A **szállodai elhelyezés** ma is gond, négy-ötszáz főt elhelyezni, jelentős részben egy ágyas szobákban csak kevés helyen lehetséges. Általában egy évvel előbb célszerű a szállodai igényt bejelenteni, figyelve a szezonra is, szóval nem egyszerű ma sem a konferencia helyének, időpontjának meghatározása.

Helyszíni bemutatók

A helyszíni bemutató csak a balatonföldvári évek alatt (1984-87) négyszer, és Siófokon egy alkalommal maradt el, ezt filmvetítés pótolta.

A konferenciánkénti ismertetőben feltüntettem, hogy mi volt a bemutató tárgya, ezért teljes körű statisztikai beszámolót nem adok, csak egy-két tényt emelek ki. **Autópálya építések hídjait 10 alkalommal** láthatták a konferenciák résztvevői, ebből 1988-ban egy Duna-hidat. **Duna-hidat** a Hárosival együtt **hét alkalommal** (1963, 1988, 1999, 2001, 2002, 2006, 2007). A bemutatottak közül egy Duna-híd kapacitásbővítése kimaradt, az Árpád hídé (1981-84 között). Egy alkalommal **árvízkáros hidak voltak** a látnivalók (1966), két alkalommal pedig **hídfenntartási munkák**.

1970-ben Szolnokon Apáthy Árpád értékelte az addigi „értekezleteket" s kiemelte, hogy **egyre nagyobb hangsúly helyeződik a bemutatókra,** ez kezdeti félnap helyett, egy nap, sőt akár több is.
Az utóbbi években könnyű volt a helyszíneket a bemutatók szempontjából kiválasztani, mert egyidejűleg sok nagy építés folyt. Volt, amikor **sikerült a legalkalmasabb időpontot kiválasztani** (Esztergom, beúsztatás), más esetekben kevésbé volt szerencsés a konferencia időpontja (Kőröshegy, Pentele), ám így is emlékezetesek maradtak ezek az alkalmak.

Kulturális programok

Dr. Träger Herbert osztályvezetősége alatt (11 alkalom) mindig volt legalább városnézés, várak, fürdők, múzeumok is színesítették a konferenciákat. Magam is igyekeztem folytatni ezt a jó hagyományt, nem mindig sikerült. A **városnézésnél** a nagyobb és szétszéledő csoportok nem vagy alig hallják az idegenvezetést, pedig érdemes odafigyelni.

Művelődési házak, színházak jó alkalmat adtak **zenés, táncos** műsorokra. Egerben (1998) az operett részletek, Szolnokon (2000) a táncprogram, Kalocsán (1999), Szegeden (2003) és Zalaegerszegen (2004) **orgonaversenyek,** a Hortobágyi program (1996-ban), a **néptánc bemutatók** Siófok (2005). Mennyi minden kimaradt a felsorolásból, a Gyulai vár, Pannonhalma, Veszprém vára és a völgyhíd, Sárospatak vára, de nem folytatom, mert remélem, hogy sokunk emlékezetében élnek a helyszínek, az emberek.

Kiállítások

1988 után mindig, ám előtte is több alkalommal a **Közlekedési Múzeum** (Szabó László), a **Kiskőrösi Közúti Szakgyűjtemény** (Tóth László, Szászi András) értékes képeiből, dokumentumaiból

alkalmi kiállítást rendeztek. **Gyulán** (1995) Utak, hidak a művészetben kiállítást láthattunk, s a **vállalatok, intézmények, anyagszállítók bemutatkozásai** rengeteg információt nyújtottak. Nem feledhető **dr. Domanovszky Sándor** sok remek, hatalmas fotója pl. Esztergom várában, vagy Baján, **Gyukics Péter** fotói, **dr. Imre Lajos ecsetrajzai,** s a legutóbbi konferencia fotópályázatának képei Balatonfüreden.

A konferenciák imázsához tartozik a **táskák, „szatyrok", mappák, tollak, a köszöntő feliratok, zászlók** (vállalkozóké is pl. Baján és máshol) s nem utolsó sorban 1997-től a **logók.** A Budapesten tartott 38. konferenciára grafikusnő készítette a Lánchíd remek rajzát, s a 40. konferenciáét (Baján). Egernek (1998), Esztergomnak (2001) és Szegednek (2003) a hídmérnökök, azóta pedig dr. Imre Lajos alkotta meg a konferencia „jelét".

Vendéglátás, a konferenciák pénzügyei

Kezdetben semmi vendéglátás nem volt, a szállást is a résztvevőknek kellett megoldani (1962-ben Szolnokon egy ebéd 7,60 Ft volt, 1967-ben Budapesten a vasutas vendégházban 50 Ft/nap költséggel lehetett megszállni).

1970-ben (Szolnokon) volt első alkalommal ünnepi hangulatú közös vacsora. 1972-ben Tokajban emlékezetes vacsora volt a Rákóczi-pincében. Az egyes konferenciákról adott rövid beszámolókon nyomon követhető, hogy **fokozatosan színvonalasabb lett a vendéglátás,** külön részvételi díjat azonban 1988 előtt nem kellett fizetni.

1981-ben (Tengelic), illetve 1984-től (Balatonföldvár) az oktatóbázisokban teljes ellátás volt, ezt a résztvevők munkahelyének számlázták.

1988 után a növekvő létszámú rendezvények költsége nőtt (fizetni kellett a terembérletért, az információs anyagok előállítása is „pénzbe került"), ezért 1990-től, amikor 20 vállalati bemutatkozó előadása hangzott el, az előadásokért a

vállalatoknak, intézményeknek fizetni kellett. A rendező mindig úgy hirdette meg a konferenciát, hogy **közérdekű előadásért nem kellett fizetni.**

A konferenciák költsége azért is nőtt, mert 1992-től évente külön füzetet kaptak a résztvevők az előző **rendezvényről szóló beszámolóról,** 1993-tól pedig a **megye hídtörténetét** is megtalálták a gyakran kisebb ajándékot is rejtő táskában, szatyorban.
A kiállítóknak is fizetni kellett pl. 2002-ben egy 9 m^2-es kiállító box, 18 m^2 felülettel 100 ezer Ft + áfa költségű volt.

A **szponzorálásra** is szükség volt, hogy a részvételi díjak ne rettentsék el a résztvevőket, 2002-ben 37 500 Ft volt (szálláson kívül) a részvételi díj.

Gazdaságilag a **rendező igazgatóság érdekelt volt** a gazdaságos lebonyolításban, a szerény mértékű maradvány a rendezőnél maradt. Ez nem volt jelentős összeg, mivel mindig legalább 10 díszvendéget (határainkon túlról meghívottak, néhány idős tiszteletbeli tag) hívtunk meg a konferenciára.

A pénzügyek összefüggnek a **konferenciák látogatottságával,** egyrészt többe kerül egy nagyobb létszámú rendezvény, másrészt az állandó költségek (kiadványok, könyvek, terembérlet, kulturális műsor) egy főre vetített összege kedvezőbb, ha többen jelennek meg. A részvételi díj meghatározásának nehézsége az, hogy biztosan nem lehet tudni, hogy ténylegesen hányan fizetnek be. A tervezésnél kezdetben (1989-től) 100-150 fővel, 1994-től 200-250 fővel számoltunk, az utóbbi évek csúcs létszámai kellemes meglepetések voltak.

Az előadások

Szándékosan utoljára szólok a konferenciák leglényegesebb kérdéséről; jól tudva, hogy a találkozások lehetősége, a bemutatók, a kiadványok, a szervezés színvonala is rendkívül lényegesek.
1984 előtt elsősorban a hídosztály mérnökei tartottak olyan témájú **előadásokat**, melyek fontosak voltak a hídmérnöki munkában. Jó, hogy kezdettől külföldi tanulmányutakról is szóltak beszámolók.

1984-től (a hídosztály leépítése után) a felmerült igények bekérése alapján a korábbinál jóval **több előadás, beszámoló hangzott el tervező és kivitelező vállalatok, oktatási intézmények** és a **hatósági feladatokat,** a **gyakorlati hídkezelést** végzők (főleg igazgatósági hídmérnök) részéről.

1988 után főleg az **új vállalkozások igényelték** a megszólalás lehetőségét és tájékoztatást a szakágazat terveiről, lehetőségeiről. Fontos volt, hogy **minisztériumi vezetők** részt vettek a konferenciákon, vázolták a feladatokat.

Az előadások számának növekedése és a **„fizető előadók”** (1990-től) a program időbeli tartásának fontosságát hozták előtérbe. Különösen több előadó közreműködésével és a tolmácsolást igénylő előadásoknál volt fontos, hogy a levezető elnök kellő szigorral figyelmeztette az előadót a számára adott időkeret betartására. Elvben mindig volt idő kérdések feltételére, erre azonban nem mindig volt mód. A technikai feltételek, főleg a diavetítő nem mindig volt jó, nagy előrelépés volt a videofilmek, számítógépes prezentáció (PowerPoint) megjelenése a konferenciákon.

Újszerű előadási formációk is gyakorlattá váltak: kerekasztal beszélgetések egy nagyobb hídépítésről, több előadó megszólaltatása kérdések feltevésével…. Kolozsi Gyula szívesen és jól bonyolította le az ilyen műfajú előadásokat, dr. Träger Herbert pedig a német előadásokat tolmácsolta levezető elnökként és fülbesúgással fordította számos alkalommal a magyar nyelvű előadásokat az osztrák és német kollégáknak. Szinkrontolmácsolás eddig csak két alkalommal volt.

Az előadások színvonala örvendetesen javult, ez részben a gyakorlásnak, részben a számítógépes segítségnek, részben az előadók fiatalodásának köszönhető.

Fórum jellegű blokk is mindig volt, ezen előre írásban és spontán jelentkezéssel is szót lehetett kérni. Az előadók és a résztvevők gyakran egymást kiegészítve vagy egymással vitázva adtak választ egy-egy kérdésre.

Néhány alkalommal **véleménykérő lapot** is kézhez kaptak a résztvevők, melyben az előadásokkal és a szervezéssel kapcsolatos véleményüket is elmondhatták. Az észrevételeket a szerzők igyekeztek figyelembe venni, már a konferenciák **fő témáinak kiválasztásánál** és a beérkezett előadási javaslatok elbírálásánál.

Felkért előadók is több ízben szerepeltek, köztük külföldiek is.

Az első 25 konferencián 74 előadó 129 előadása hangzott el. dr. Träger Herbert 17, Ámon Tibor 11, Apáthy Árpád 8, Szilágyi Géza és Zsámboki Gábor 5-5 előadást tartott.

Az eddigi 49 konferencián **360 előadó** szerepelt 725 előadásban. dr. Träger Herbert 31, Ámon Tibor 18, Kolozsi Gyula 17, dr. Domanovszky Sándor 13, Apáthy Árpád 12 alkalommal.

Hídmérnöki konferenciák néhány adata

	Időpont	Hely	lét-szám	Elő-adás	Bemutató	Egyéb
1.	1962. ápr. 26-27.	Budapest, KPM	57	7	BVM előregyártás	
2.	1962. okt. 25-26.	Szolnok, Megyei T.	51	3	Tisza-híd	
3.	1963. máj. 9-10.	Budapest, KPM	45	3	Erzsébet híd	
4.	1963. aug. 28-29.	Békéscsaba KISZ-tábor	54	3	Több híd	
5.	1964. jún. 24-25.	Zalaegerszeg Művelődési Ház	77	3	Zala-hidak	
6.	1966. máj. 5.	Szombathely, Hotel	48	-	Árvízkárok és Rába-híd	
7.	1967. máj. 17-18.	Budapest, KPM	77	4	M7 hídjai	
8.	1968. máj. 14-15.	Győr, Építők Székháza	120	3	Győr, Marcaltő környéke	
9.	1969. szept. 23-24.	Siófok, Városi Tanács	114	3	M7 hídjai	
10.	1970. okt. 8-9.	Szolnok, Mozi	85	3	út, híd, vasút, vízügy	tíz konfe-rencia értékelése
11.	1971. okt. 14-15.	Budapest, MTESz	86	5	Gödöllő, Bp-i hidak	
12.	1972. okt. 11-12.	Nyíregyháza MTESz	90	5	Tisza-ártéri hidak	
13.	1973. szept. 5-6.	Szeged, Technika Háza	91	5	Algyői Tisza-híd	
14.	1974. máj. 15-16.	Pécs, Technika Háza	104	4	Dráva-szabolcs Pécsi felüljáró	
15.	1975. máj. 6-7.	Tata, Edzőtábor	132	4	M1 hidak	
16.	1976. okt. 5-6.	Visegrád, Hotel	122	7	Tahitótfalu, budapesti hidak	Nemzeti Galéria meg-tekintése

17.	1977. máj. 25-26.	Eger	88	3	Feladatterv, Tisza-ártéri	
18.	1978. szept. 19-20.	Győr, MTESz	112	5	Mosoni-Duna	
19.	1979. szept. 25-26.	Debrecen, MTESz	92	4	KFCs hidak	
20.	1980. márc. 26-27.	Siófok, Építők Üdülője	80	11	Filmvetítés	
21.	1981. ápr. 7-9.	Tengelic, Oktatóbázis	73	11	Sió, Sárvíz-hidak	Három napos program
22.	1982. máj. 11-13.	Kőszeg, vár	120	10	Rába-hidak, hídvédelem	külföldi előadók
23.	1983. máj. 10-12.	Gyula, Szálloda	95	6	több híd	
24.	1984. máj. 8-9.	Balatonföldvár, oktatóbázis	60	13		új körül-mények
25.	1984. okt. 21-22	Budapest	37	5		
26.	1985. okt. 22-24.	Balatonföldvár, oktatóbázis	75	18		
27.	1986. okt. 7-9.	Balatonföldvár, oktatóbázis	70	14	M7 90 km híd	Első írásos beszámoló
28.	1987. nov. 9-11	Balatonföldvár, oktatóbázis	70	13		szigetelési ankét
29.	1988. okt. 18-20.	Budapest, üdülő	90	19	Hárosi Duna-híd	
30.	1989. júl. 28-30.	Győr, KTMF	120			82-83.úti hidak, külföldi előadók
31.	1990. okt. 9-11.	Szolnok, Tiszaliget	160	20	Új Tisza-híd	vállalatok bemutat-kozói
32.	1991. aug. 28-30.	Kecskemét	142	30	Hídfenntartási munka	csengő és pásztorbot

33.	1992. szept. 2-4.	Balatonfüred, Hotel	162	35	Veszprémi völgyhíd	első alkalommal beszámoló füzet készült
34.	1993. máj. 26-27.	Győr, Széchenyi István Főiskola	166	30	M1 hidak	első alkalommal megyei hídtörténet készült
35.	1994. jún. 8-9.	Sárospatak, Művelődési Ház	266	18	Cigánd Tisza-híd	az Év hidásza cím első alkalommal
36.	1995. júl. 7-8.	Gyula, Szálloda	262	19	több híd	Hidak és művészet kiállítás
37.	1996. jún. 3-5.	Debrecen, Szálloda	201	22	Keleti főcsat. és egyéb	külföldi előadók, szinkron-tolmácsolás
38.	1997. okt. 8-10	Budapest, Hotel	212	31	Duna-hidak hajóúttal	logo első ízben
39.	1998. jún. 29-júl. 1.	Eger, Szálloda	280	25	M3 hídjai	színházi program
40.	1999. máj. 17-19.	Baja, Művelődési Ház	350	32	Duna-híd korszerűsítése	(1962-99) kiadvány, orgona-hangverseny
41.	2000. okt. 11-13.	Szolnok, Művelődési Ház	300	22	Tiszaugi Tisza-híd	Előadási anyagok tömörít-vényei
42.	2001. jún. 27-29.	Esztergom, Vár	254	21	Duna-híd beúsztatása	Fotó-kiállítások

43.	2002. okt. 16-18.	Szekszárd, Művelődési Ház	349	21	Duna-híd hajóúton	Előadások gyűjteménye első ízben a konferenciára elkészült
44.	2003. júl. 2-4.	Szeged, Szálloda	270	19	Tisza-híd korszerűsítése orgonahangverseny, Ópusztaszer	Orgonahangverseny Ópusztaszer
45.	2004. máj. 25-27.	Zalaegerszeg, Színház	350	19	M7 hídjai	Kiemelt előadás blokk, gazdag kulturális program
46.	2005. szept. 21-23.	Siófok, Szálloda	368	26	Kőröshegyi völgyhíd	külföldi előadók, gazdag információs anyag
47.	2006. máj. 24-26.	Siófok-Dunaújváros Szálloda	464	29	Pentele Duna-híd	különösen az új Duna-híd bemutatása volt emlékezetes
48.	2007. okt. 8-11.	Eger-Salgótarján Szálloda	497	49	Salgótarján hídjai, M0 Megyeri	Négy napos (fakultatív) szekciók új díjak
49.	2008. okt. 8-10	Balatonfüred, Szálloda	570	48	Márkó	Fotókiállítás, szekciók
50.	2009. szept.29.-okt.1.	Siófok, szálloda	Kb. 400	22		Jubileumi program
			8158	725		

Az első 49 konferencia 121 napja alatt átlag 166 fő, 15 előadást hallgatott meg. 34 munkahely látogatáson vett részt, 16 megyei hídtörténetet vehetett kézbe.

A résztvevők és az előadások száma az alábbiak szerint változott:

évek	napok	résztvevők	előadások
1962-70. 1-10.	19	728	32
1971-80. 11-20.	20	997	53
1981-89. 21-30.	27	810	125
1990-99. 31-40.	27	2201	262
2000-08. 41-49.	28	3422	253

Budapest, 2009. szeptember 12.

Dr. Tóth Ernő
Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ
Tanácsadó

Hídgazdálkodási eredményeink

Dr. Lublóy László
Széchenyi István Egyetem, Győr
docens
Molnár István
Magyar Közút NZRt Fejér Megyei Igazgatósága
megyei igazgató

1. A HÍDGAZDÁLKODÁS SZÜKSÉGESSÉGE, SZEREPE, FEJLŐDÉSE

1.1. A gazdálkodási rendszerek szerepe

A hidak összetett szerkezetük, a környezeti hatásokra (légszennyezés, olvasztósózás, stb.) érzékeny anyagaik, a forgalom növekedésével járműszámban és tengelyterhelésben egyaránt egyre növekvő terhelésük miatt az úthálózat legveszélyeztetettebb elemei, ugyanakkor meghibásodásuk az úthasználók számára komoly gazdasági hátrányokkal jár, javításuk, esetleges cseréjük pedig nagy társadalmi ráfordítást igényel. E társadalmi ráfordítások minimalizálása, és ezzel egyidejűleg az adott társadalmi-gazdasági körülmények mellett elvárható szolgáltatási szint biztosítása műszaki oldalról a hídállomány megfelelő fenntartását, szükség szerinti korszerűsítését és rendszeres pótlását, gazdasági oldalról pedig a (sajnos szinte mindig szűkös) pénzügyi források tervezését, optimális elosztását és a felhasználás hatékonyságának elemzését kívánja meg. A fenti komplex műszaki-gazdasági optimalizációs feladat megoldására, ill. a lehetséges alternatívák hatásainak elemzésére egyre több országban hídgazdálkodási rendszereket alkalmaznak.

A fentiek alapján a hídgazdálkodási rendszernek kettős feladata van:

- egyrészt a „felhasználók”, az úthasználók, vagy legalábbis azok képviselői, a politikai és pénzügyi döntéshozók számára be kell mutatni a hídállomány mai helyzetét, a szükséges fenntartásokat, fejlesztéseket, fel kell hívni a figyelmüket az elmaradó felújításokból származó hibahalmozódásra, és ezáltal elérni, hogy a társadalmi ráfordítás a társadalmi igényekkel arányban legyen;
- másrészt az üzemeltetők, a fenntartók számára az információk interaktív, rugalmas feldolgozásával tisztázni a feladatok sorrendjét, hogy a mindenkori társadalmi ráfordítást optimálisan tudjuk felhasználni.

1.2. A magyar hídgazdálkodás előzményei

Az elmúlt fél évszázad a hazai hídgazdálkodás szempontjából az alábbi időszakokra osztható fel:

- A hidak újjáépítésétől a tudatos hídkorszerűsítési programig (1945-1955).
  A hídgazdálkodás jó példáját szolgáltatta ez az időszak, gazdaságosan, ötletesen, nagy szakmai hozzáértéssel, gyakran rendkívül rövid idő alatt építettek ma is üzemelő korszerű hidakat, igen szűkös körülmények közepette.

- Kishidak hálózati szempontú korszerűsítése (1955-1970).
  A hidak nyilvántartására pontos eljárást dolgoztak ki. Egy-egy útvonalon a kishidak teljes körű korszerűsítésére sor került. 1956-ban jelent meg az új Közúti Hídszabályzat.

- Hidak korszerűsítése, a hídfenntartás előtérbe helyezése (1970 után).
  Jellegzetes feladatokká váltak az elégtelen szélesség és/vagy teherbírás miatt nem megfelelő hidak

korszerűsítése, közös vasúti és közúti hidak forgalmának szétválasztása, közúti és vasúti szintbeli kereszteződések kiküszöbölése, határhidak újjáépítése és korszerűsítése, új utak, köztük autópályák és autóutak hídjainak építése korszerű technológiával. Ezen időszak második felét a fokozatosan szűkülő fenntartási források jellemezték

– Nagyhidak építése (2000 után).
Ekkor kezdődött a nagyszabású folyamhidak és völgyhidak építése. Ezen időszakot a tovább csökkenő fenntartási források jellemzik.

A számítógépes hídnyilvántartást 1965-ben vezették be Magyarországon. A 80-as években létrejött az Országos Közúti Adatbank (OKA), amely a hídállomány adatait is rögzítette. A hídadatbankban tárolt adatok (7000 híd, hidanként kb. 300 adat, összesen több, mint 2 millió adat) feldolgozása, elemzése is számítógépes megoldást kívánt.

Az adatok feldolgozása, értékelése terén Magyarországon a korábbi évtizedben (1975-1995) számos sikeres fejlesztés történt. Ennek keretében a magyar szakemberek kidolgozták a hidak teherbírási és szélességi megfelelőségére vonatkozó normákat, a hídállapot-értékelés egységes nyilvántartásának rendszerét, a hídfelújítások hatékonyságának számítási módját, a hidak nettó-bruttó értékszámítását, a közúthálózat és benne a hídállomány közép, ill. hosszú távú felújítási- fejlesztési stratégiai tervét, egy létesítményi szintű hídüzemeltetési és -fenntartási programot, valamint egy hálózati szintű középtávú hídfelújítási és -korszerűsítési programot. Ezen feladatok megoldása a műszaki és a gazdasági adatok komplex elemzése révén mind a kezelők, mind a felső vezetés körében megteremtette egy átfogó, valódi hídgazdálkodási rendszer kifejlesztésének és alkalmazásának lehetőségét, a rész-információk integrált elemzésének és értékelésének igényét.

A mai nemzetközi gyakorlatnak is megfelelő hídgazdálkodási rendszer kialakítása-kiválasztása 1995-ben kezdődött. A lehetséges alternatívák elemzése és értékelése után a választás az USA-ban már bevezetett – matematikai optimalizációval dolgozó – PONTIS rendszer adaptálására esett. A PONTIS honosítása, a hazai viszonyokra történő átdolgozása 1996-ban készült el.

A honosítás során elkészült a hazai hídállományt leképző hídelem rendszer, a hídelemek definíciói, hídelemeként és azon belül veszélyeztetettségi fokozatonként az állapotszintek és az átmeneti valószínűségek (leromlási mátrix-elemek) meghatározása és az első próbaállomány tesztfuttatása. Ezt követően kezdődhetett meg az első adatfeltöltés előkészítése, megszervezése és végrehajtása.

A magyar hídgazdálkodási rendszer tényleges kialakításában, bevezetésében a 90-es években tettük meg a döntő lépéseket, amely az alábbi konkrét programokban fogalmazódott meg:

- A szolnoki HGR szoftver
- A hídállomány értékének számítása
- az 1992-2000 évekre szóló középtávú hídfenntartási és -korszerűsítési program, ill.
- a PONTIS-H hídgazdálkodási rendszer kimunkálása, bevezetése.

Az alábbiakban ezen programok kidolgozása, alkalmazása, értékelése során összegyűlt tapasztalatainkat mutatjuk be.

2. A SZOLNOKI HGR SZOFTVER

1992-93-ban szolnoki szakemberek „szolnoki HGR-nek” nevezett hídgazdálkodási rendszert fejlesztettek ki. Az akkor működő TKA (Területi Közúti Adatbank) 110 féle hídadatát átvette, és ezenkívül 300 saját hídadatot volt képes kezelni. A

„hídtörzs és hídszakasz” adatbázisából származtatták a leltár- és állapotadatokat, valamint a hídkezelői költség – és forrásigény számítások objektív, az éves hídvizsgálatok alkalmával felmért alapadatait. „Tapasztalati adatbázis”-ból nyerték az olyan normatív adatokat, mint az egységár katalógus, munkafajták jegyzéke.

Ezen program összegezte és dolgozta fel először az összegyűjtött hídadatokat, de mivel a fenntartási feladatokat egyszerűen rangsorolta, ezért a feladatok ütemezésére korlátozottan volt használható.

3. A HÍDÁLLOMÁNY ÉRTÉKÉNEK SZÁMÍTÁSA

A közlekedési infrastruktúra – azon belül az utak és hidak – fenntartására és fejlesztésére fordított összegeknek a reális igényekhez viszonyított szintjét a hálózati érték idő függvényében történő változásának nyomon követésével is el lehet bírálni.

1980-ban becsülték meg először az országos közúthálózat – benne a közúti hidak – bruttó és nettó értékét. 1985-86-ban, majd 1989-90-ben gyakorlatilag változatlan módszerrel a számítást megismételték. 1992-ben a Közlekedéstudományi Intézet a korábbinál reálisabb differenciáltabb hídérték számítási eljárást alakított ki.

A hídfelszerkezet-típusokat a létesítmény felülete alapján a korábbinál több csoportra osztották (összesen 43 csoportot hoztak létre), és azok fajlagos előállítási költségeit nagyszámú híd tényleges építési adatait figyelembe véve átlagosították. A hídállomány bruttó értéke a fajlagos költségértékek és a csoportonkénti összes felület szorzatösszegeként adódik. A hídtípusokhoz egységesen feltételezett átlagos élettartamokat és viselkedési modelleket vettek fel.

A nettó érték (az üzemeltetés közbeni elhasználódással és erkölcsi avulással csökkentett bruttó érték) meghatározásakor a forgalom nagyságától, az olvasztósó hatásától, az előzetesen várttól lényegesen eltérő állapottól és erkölcsi-gazdasági avulástól függő módosító tényezőket vettek figyelembe.

4. A KÖZÉPTÁVÚ HÍDFENNTARTÁSI ÉS -KORSZERŰSÍTÉSI PROGRAM (1992-2000) TAPASZTALATAI

A középtávú hídfenntartási és -korszerűsítési program célkitűzései a következők voltak:

- az állapotrögzítés legyen egységes és lehetőség szerint objektív;
- a kialakított adatbázis tartalmazzon kellő részletességű adatokat a műszaki-gazdasági elemzések elvégzéséhez (minősítés, költségigény);
- a program korlátozott anyagi erőforrások esetén is szolgáltasson konkrét eredményeket a döntéshozók számára.

A részletesen megvizsgált (állapotosztályzat, szükséges beavatkozás mennyiséggel) állomány 1272 db hidat tartalmazott. A vizsgálat darab szerint az országos hídállomány csak mintegy ötödével foglalkozott, de hídfelületben elérte az országos állomány 60 %-át, s magába foglalt minden nagyforgalmú, nagynyílású, korróziósan veszélyeztetett (sózott, nem szigetelt), teherbírás és/vagy szélesség szerinti nem megfelelő hidat, amelyen várhatóan jelentős fenntartási vagy korszerűsítési munkát kellett végezni.

A felvett és rögzített hídadatok elemzése több irányban folyt:

- a hídállomány állapotelemzése,
- a hídállomány költségelemzése.

4.1. Az állapotelemzés

Az állapotminősítések feldolgozása során a következő tapasztalatokat születtek:

- a szerkezeti részek és legfontosabb szerkezeti elemek veszélyes állapota a főutakon a nagyobb forgalmi igénybevétel ellenére is kb. 2/3 gyakoriságú a mellékutakhoz viszonyítva, ami a fenntartási színvonal különbségét mutatja;
- a főutak vizsgálat hídjainak 45 %-án, az alsóbbrendű utakon 60%-on kell valamelyik fontos szerkezeti elemet veszélyes állapota miatt gyors beavatkozással javítani, ami szintén a főúti hidak fokozott igényű fenntartását mutatja;
- az állapotminősítések és a híd korának összevetéséből az állapítható meg, hogy az elmúlt évek üzemeltetési gyakorlatának megfelelően az alépítmény és felszerkezet leromlása 40-50 év, hídpálya és tartozékoké 20-25 év, a hídkörnyezeté 10-15 év alatt következik be, majd e felett egy, a jelenlegi fenntartási ráfordításokból adódó állapotszinten stagnál (1. ábra. Hidak fő szerkezeti elemeinek leromlása). A minősítési értékek „beállítása” műszaki oldalról igazolja a PONTIS hídgazdálkodási rendszer Steady State (állandó állapotszint) fogalmának jogosságát;
- a nagyobb forgalmú utakon a szerkezet fokozott leromlása – a fokozottabb fenntartási tevékenységnek köszönhetően – nem mutatható ki;
- a fajlagos költségek a nem sózott hidakon – meglepő módon – általában nagyobbak, mint a sózottakon, tehát nagyobb forgalmú utakon levő szerkezeteken, ami a sózott utakon levő hidak eddigi folyamatosabb fenntartásával magyarázható.

4.2. A költségelemzés

Az adatbázis költségelemzése alapján a következő főbb megállapításokat tehetők:

- a hídállomány fenntartási költségigénye a hidak bruttó értékének 2 %-a;
- a hídállomány korszerűsítésére a hidak bruttó értékének 1,33 %-át kell évente előirányozni;
- a fenti megállapításokból látható, a hidakra fordítandó költségek 60 %-át fenntartásra, 40 % korszerűsítésre-átépítésre kell fordítani;
- az összköltségek közel egyenletesen csökkennek, ami jól mutatja a fenntartási elmaradás (backlog) értékét. A költségigény „beállása" gazdasági oldalról igazolja a valószínűségi alapon működő PONTIS hídgazdálkodási rendszer Steady State (állandó állapotszint) fogalmának jogosságát;
- a költségigények szerint a négy legnagyobb költséghányadú munkanem: a szigeteléscsere, az acélfelület mázolása, aszfaltburkolat készítése, betonfelület javítása; ezekre a teljes költségek több mint felét kell fordítani (2. ábra. Legnagyobb költséghányadú munkanemek);
- a költségigények alapján a legveszélyeztetettebb szerkezeti elemek: a főtartók, a szigetelés, a pályaburkolat és a járdák-szegélyek; ezekre a teljes költségek kb. 2/3 jut (3. ábra Legnagyobb költséghányadú munkanemek szerkezeti elemenként);
- a fentiek alapján a fenntartási összegek jelentős része állagmegóvásra szükséges (mázolás, burkolatcsere, szigeteléscsere), azonban a főtartók jelentős költségigénye – ideértve a lemezhidak pályalemezeit is – már mutatják, hogy ezen állagmegóvó munkák elmaradása esetén a tartószerkezet károsodik, ennek helyreállítása már súlyosabb költségkihatásokkal fenyeget.

4.3. A középtávú hídfenntartási és -korszerűsítési program eredményei

A középtávú hídfenntartási és -korszerűsítési program mind a döntéselőkészítés számára szolgáltatott konkrét eredményeiben, mind a döntéselőkészítő folyamatok fejlesztésére gyakorolt hatásában pozitív, előremutató és meghatározó jelentőségű volt:

- ez volt az első fenntartási program, amely a magyar országos hídállományon komplex, műszaki és gazdasági adatokat tartalmazó adatbázist állított elő;
- ugyancsak e program keretében készült először komplex műszaki-gazdasági elemzés a fenntartandó és korszerűsítendő hidakra, segítve ezzel a döntéselőkészítés folyamatát;
- ebben a programban tettük meg az első lépéseket a fenntartás-korszerűsítés-fejlesztés gazdasági egymásra hatásának kezelése irányába;
- e munka során sikerült először egy tényleges állomány valós adatain (kvázi-idősoronként értelmezve) a leromlási folyamat jellegét feltárni: a jelenlegi fenntartási ráfordításokkal az alépítmény és felszerkezet leromlása 40-50 évig, a hídpálya és a tartozékoké 20-25 évig tart, majd beáll egy közel állandó értékre (a PONTIS állandó állapotszintjének műszaki igazolása);
- e program adatai alapján sikerül először objektív elemzéssel igazolni az eddig csak szakirodalomból idézett fenntartási költséghányad értékét;
- a munkában kimutattuk a költségigények alapján legveszélyeztetettebb, legdöntőbb hatású – s ezért a legnagyobb figyelmet és pontosságot igénylő – szerkezeti elemeket: főtartók (acél, beton), pályaszigetelés, pályaburkolat és járdák-szegélyek;

– a fenntartási hátralékok nagyságának kimutatása mellett az is beigazolódott, hogy azok ledolgozása után a költségigények közel állandósulnak (a PONTIS állandó állapotszintjének gazdasági igazolása).

Mindezek nyomán úgy véljük, hogy az 1991-ben elkészült „Középtávú hídfenntartási és -korszerűsítési program (1992-2000)" a maga idejében sok újat hozott, mind szemléletében, mind gyakorlatában; és ezzel fontos lépést jelentett a döntéselőkészítést segítő, átfogó magyar hídgazdálkodási rendszer kialakításának folyamatában.

5. A PONTIS-H HÍDGAZDÁLKODÁSI RENDSZER TAPASZTALATAI

Magyarországon a KHVM Közúti Főosztály irányításával működő BMS Bizottság dolgozott a hídgazdálkodási rendszer kialakításán. A Bizottság több külföldi rendszer (angol, dán, francia, finn, amerikai stb.) és a hazai fejlesztés lehetőségének részletes tanulmányozása után az amerikai PONTIS rendszer bevezetése mellett döntött. Amerikában a rendszer fejlesztése a Szövetségi Útügyi Minisztérium felügyelete mellett 1989 óta folyamatosan folyik. A program az AASHTOware bejegyzett szoftvere.

Ez a rendszer műszaki szemléletében, széleskörű fejlesztési tapasztalataiban, a hazai körülmények rugalmasabb figyelembevételi lehetőségében, a feldolgozás optimalizációs matematikai apparátusában és a felújítási-korszerűsítési eredmények integrált kezelésében egyértelműen jobbnak bizonyult a többi lehetőségnél.

5.1. A PONTIS lényege

A PONTIS alapvetően hálózati szintű hídgazdálkodási rendszer, amely a leromlásokat és az ezzel kapcsolatos felújítási költségeket valószínűségi modellek segítségével, a szolgáltatási szint hiányosságait (teherbírás, szélesség, híd alatti és feletti űrszelvény) kritériumrendszeren alapuló normatív modellekkel kezeli. A rendszer felújítási és a korszerűsítési feladatok egységes figyelembevételére is képes, ennek során a ráfordítási megtakarítások (hasznok) maximalizálásával állítja elő a hidak beavatkozási rangsor-listáját.

5.1.1. A PONTIS főbb jellemzői

- A hidakat rögzített tulajdonságú hídelemek összességeként definiálja, ezzel még nagyon heterogén hídállomány esetén is a statisztikai értékelés szempontjából előnyös, viszonylag magas elemszámmal dolgozik.
- A hídelemek állapotát (a korábbi magyar gyakorlattal megegyezően) 1-5 osztályzatokkal méri, lehetővé téve hídelemenként az eltérő állapotú részek mennyiségeinek differenciált rögzítését.
- A leromlásból és a felújítási beavatkozásokból származó állapotváltozások kezelésére átmeneti valószínűségi mátrixokat alkalmaz, ezáltal matematikailag modellezi az állapotváltozások véletlenszerű folyamatait.
- A rendszer bevezetésekor az átmeneti valószínűségi mátrixelemek felvételénél elfogadja a szakértői becslést is, később, az idősorok kialakulásával, támogatja a mátrixelemek önjavító korrekcióját.
- A leromlás sebességét befolyásoló tényezőket négyfokozatú veszélyeztetettségi tényezőben veszi figyelembe.

- A hibás-leromlott hídelemek feljavítására állapotszintenként 3-3 lehetséges beavatkozást definiál, amelyek közül matematikai optimalizációval választja ki a leggazdaságosabb, minimális felújítási költségű javítási eljárást, állapoteloszlást (hosszú távú állandó állapoteloszlás).
- A ráfordítási megtakarítások összevetésével lehetővé teszi a felújítási-korszerűsítési feladatok integrált kezelését.
- A „Mi lenne, ha" típusú elemzések futtatása, vizsgálati lehetőségei.
- Rugalmas adaptálási lehetőség: a szoftvert a felhasználó saját igényei szerint igazíthatja.

5.1.2. A PONTIS alapelemei

A PONTIS a hidakat hídelemekből építi fel (Magyarországon a lehetséges 160-ból 85 elem definiálására volt szükség). A magyar hídelemek rendszere szorosan igazodik a 80-as évek végétől alkalmazottakhoz, de a szerkezeti funkción kívül, anyaguk szerint (kő-tégla, beton, vasbeton-feszített vasbeton, acél, egyéb-fa) is megkülönbözteti azokat. Egy híd 15-20 hídelemre bontható, amelyből 5-10 hídelem költséghatása meghatározó a hídgazdálkodási programban. A közúthálózat közel 6000 hídja mintegy 100.000 hídelemből áll össze.

Megegyezően a korábbi magyar gyakorlattal minden hídelemnek öt állapotszintje lehetséges, de a PONTIS-ban a hídelem-részek eltérő állapotszintűek is lehetnek: pl. egy vasbeton gerenda főtartó felületének

- 70 %-a 3-as állapotú (csekély mértékű betonacél-korrózió, keresztmetszet csökkenés nélkül)
- 30 %-a 4-es állapotú (előrehaladott betonacél-korrózió, jelentős keresztmetszet-csökkenéssel).

A magyar rendszer fent említett közel 100.000 hídeleme állapotszint szerinti bontásban kb. 400.000 adatot tartalmaz. *(4. ábra. Hídelemekre bontás)*

A hídelemek leromlását befolyásoló tényezőket (környezeti hatások, a híd sózott volta, forgalmi terhelés, a szerkezet kora, az együttműködő szerkezeti elemek egymásra hatása, az üzemeltetés színvonala, a védőrendszerek hatékonysága stb.) a PONTIS úgy veszi figyelembe, hogy minden híd minden elemét a négy veszélyeztetettségi kategória valamelyikébe engedi besorolni.

A program minden hídelem minden állapotszintjéhez három-három beavatkozást rendel. Külön mátrix tartalmazza a hídelemek egyes állapotszintjeihez tartozó beavatkozási költségeket (a program mintegy 2000 egységárral dolgozik).

A hídelemek mind a négy veszélyeztetettségi szintjéhez tartozik egy-egy állapotváltozási (átmeneti valószínűségi) mátrix. A honosítás során számszerűen kb. 2500 ilyen állapotváltozási mátrixot kellett meghatározni.

5.1.3 A PONTIS négy fő modulja

Az adatbázis, amely tartalmazza a leltáradatokat, az állapotjelzők adatait, a költségadatokat (fenntartási, korszerűsítési és úthasználói), a lehetséges fenntartási és korszerűsítési munkákat, az állapotváltozási valószínűségi mátrixokat. Az adatok sok forrásból származnak, beleértve a hídleltárat, forgalmi és baleseti rendszereket, statisztikai regressziós adatokat, szakértői becsléseket és a hídmérnökök helyszínen, nyomtatványokon felvett hídvizsgálati adatait.

A fenntartási optimalizációs modul, amelyik az állapotváltozásból (fizikai leromlásokból) indul ki, és az

állapotváltozási előrejelző modult és a fenntartási költségmodult használja ahhoz, hogy a minimumköltségű fenntartási stratégiát meghatározza.
A fenntartási optimalizáció folyamatában a rendszer a vizsgált állomány állapotát dinamikusan egy „állandó állapot" eléréséhez közelítik. Egyes hídelemek leromlásuk miatt rosszabb állapotosztályzatba kerülnek az idők folyamán, míg egyes hídelemeken beavatkozás történik, ami állapotjavulást eredményez. Az állandó állapot fogalma azt jelenti, hogy a bármely állapotba került elemek összege egyenlő lesz az ebből az állapotból kikerülő elemek összegével. Ehhez a dinamikus állapothoz tartozik a legkisebb hídfenntartási költségösszeg, amelynek meghatározása matematikai optimalizációval történik.
A kezelő (fenntartó) hasznát úgy értelmezi, mint elmaradt költség, amelyet akkor takarítanak meg, ha a szükséges időpontba beavatkoznak, s nem várnak (hogy további leromlások is fellépjenek).

A korszerűsítési modul, amely kiindulva a funkcionális elégtelenségekből (szolgáltatási szint kritériumok, tervezési előírások) az úthasználói költségmegtakarítás maximalizálásával meghatározza és rangsorolja a potenciális korszerűsítéseket, beleértve a hídszélesítést, az elégtelen űrszelvény miatti hídemelést, az erősítést és a hídcserét. A hídcsere esetén megvizsgálja gazdaságosabb-e a fenntartás és korszerűsítés vagy a felszerkezetcsere.

Az integráló modul, amelyik kombinálja a hídelemek fenntartási eredményeit a korszerűsítési igényekkel, költség-haszon elemzés alapján rangsorol. Az eredmény a forráskorlátos (vagy korlátozás nélküli) hídszintű program, amely jelzi a pillanatnyi, ill. a jövőbeli igényeket és hátralékokat.

5.2. A hídállapotok alakulása

A PONTIS az állapoteloszlás alakulását hídelemenként határozza meg (azaz nincs definiálva az egész hídra vonatkozó integrált állapoteloszlás). A rendszer az állapoteloszlás meghatározására kétfajta optimalizációs eljárást alkalmaz. Először (költségkorlát nélkül) meghatározza a minimális felújítási költséggel fenntartható optimális állapoteloszlást. Ezután a költségkorlát figyelembevételével arra törekszik, hogy a rendelkezésre álló forrásokat költség-haszon elemzés alapján a maximális hasznot hozóan költse el úgy, hogy eközben folyamatosan közelítsen az optimális állapoteloszláshoz *(5. ábra . Állapotszintek és ráfordítások alakulása).*

Az elemzések során a program meghatározza minden hídelemre az optimális állapoteloszlást, és ezzel összevetve értékelhető a hídelemek jelenlegi állapoteloszlása, ill. a beavatkozások hatására bekövetkező állapoteloszlás-változás.

Az állapoteloszlások alakulásából az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- az állapotjavító (hátralékot ledolgozó) hídfenntartás esetén a hídelemek jelenlegi állapoteloszlása egyes esetekben javul, egyes esetekben romlik, de többnyire a hosszú távú állandó állapoteloszlás által megkívánt irányba mozdul el. A javulás vagy romlás abszolút mértéke nem mutatható ki, általánosságban megállapíthatjuk, hogy a hátralék ledolgozása az átlagos állapotszintet alig változtatja (az egyes hídelemek esetén jelentős szórást takarva);
- a szintentartó hídfenntartási költségigények ráfordítása esetén a hídelemek állapoteloszlása közelít a hosszú távú állandó állapot optimális állapoteloszlásához, de ezen kívánatos szintet a vizsgált 7 éves időszakban még nem éri el (csak kb. 40 %-os arányban megközelíti). A minimális

költségigényű hosszú távú állandó állapot elérése 20-25 év alatt lehetséges, ha az igényelt fenntartási ráfordításokat a hídállományra ténylegesen elköltjük.

5.3. A szerkezeti elemek költségigénye

Forráskorlátos esetben megvizsgálhatjuk, hogy a korlátozott forrást a program hogyan osztja meg az egyes hídelemek között. A harmincéves időtávú elemzés azt mutatja, hogy a minimális felújítási költségű optimális állapoteloszlás elérése érdekében a legtöbb költséget a program – megegyezően a középtávú hídfenntartási és -korszerűsítési programmal – a szigetelésre, a főtartókra, a járdákra-szegélyekre és a pályaburkolatra irányozza elő. Ez a négy hídelem emészti fel a költségek közel 2/3-át, ami szintén azonos a középtávú hídfenntartási és -korszerűsítési programban tapasztaltakkal.

Érdekes megvizsgálni, hogy a forrásmegoszlás az egymást követő elemzési időszakokban hogyan változik a fontos, legköltségesebb szerkezeti elemek esetén:

- a 30 éves vizsgált időtartamon belül a legegyenletesebb a járdák-szegélyek költségigénye;
- a szigetelés és pályaburkolat nagyon hasonlóan viselkedik, az első periódusban a többi periódushoz viszonyítva kb. felét igényli, majd ezt követően közel állandó a tervezett ráfordítás;
- az acél rácsos főtartó a szigeteléshez és a burkolathoz hasonlóan viselkedik, csak az első periódushoz viszonyítva a növekedés nem kétszeres, hanem kb. 1,5-szeres;
- az előfeszített vasbeton gerendákra az első periódusban kiugróan sokat irányoz elő, majd a felére visszaesett érték a 30 év vége felé visszaáll eredeti szintjére.

5.4. A hálózati szintű stratégiák hatáselemzése

A PONTIS program lehetővé teszi a „Mi lenne, ha" típusú elemzések futtatását, különböző hálózati szintű stratégiák vizsgálatát, elemzését.

2007-2009 között került kidolgozásra a Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ szakmai irányításával a „Nemzeti Út-hídfelújítási program 2009-2020" című tanulmány, mely a 7000 milliárd forint értékű nemzeti út- hídvagyon állapotának megóvását, javítását célzó nemzetgazdasági döntések előkészítő anyagául szolgált. Ezen program kidolgozása során a PONTIS elemzéseinek a felhasználásával készültek a hídállományra vonatkozó elemzések. Az alábbiakban ennek a vizsgálatnak a főbb eredményeit ismertetjük:

5.4.1. Fenntartási költségigények

Ebben a programban hálózati szinten öt stratégiát vizsgáltunk, amely a fenntartási igényeket különböző költségszinteken elégíti ki, ezek hatása az állomány jövőbeni állapotát jól jellemző fenntartási hátralékra is eltérő *(6. ábra. Fenntartási hátralék alakulása különböző stratégiák esetén).*

A PONTIS-H futtatások eredményei alapján az egész vizsgált hídállomány költségkorlát nélküli fenntartási igénye a következő 12 évre (2009-2020 közötti időszakra) 63,9 Mrd Ft. Ebből a hálózat jelenleg érvényes fenntartási hátraléka 19,4 Mrd Ft. A minimális költséggel fenntartható optimális állapotszint – a dinamikusan állandó, az ún. hosszú távú állapotszint – költsége 3,7 Mrd Ft/év.

5.4.1.1. Költségkorlát nélküli stratégia

Ezen stratégia a felmerülő igényeket azonnal, korlátozás nélkül kielégíti. Így a jelenlegi 19,4 Mrd Ft fenntartási hátralékot rögtön az első évben előirányozza, és minden évben biztosítja az optimális állapotszinthez tartozó 3,7 Mrd Ft fenntartási költséget, azaz összesen 63,9 Mrd Ft-ot költ 12 év alatt a hídállomány fenntartására. Ebben az esetben fenntartási hátralék értelemszerűen nem keletkezik.

5.4.1.2. EU szintre javító stratégia

A fenntartási igényeket úgy elégíti ki, hogy a vizsgált 12. év végére ne legyen 3-nál rosszabb állapotszintű fő szerkezeti elem. Ennek érdekében az első két évben kb 2-2 Mrd Ft-ot, majd a további években 4,1 – 2,9 Mrd Ft-ot költ fenntartásra, a 12 év alatt összesen 38,3 Mrd Ft-ot fordít a hídállományra. Ez a stratégia a fenntartási hátralékot lassan számolja fel, amely a kezdeti 19,4 Mrd-ról 17,1 Mrd-ra mérséklődik a vizsgált 12 éves időszak végére.

5.4.1.3. Költségkorlátos stratégia

A jelenlegi és a jövőben is reálisan remélhető ráfordítási szintből kiindulva évente 1,6 – 2,0 Mrd Ft-ot, 12 év alatt összesen 22,0 Mrd Ft-ot irányoz elő fenntartásra. A költségkorlát-értékek nem érik el az optimális állapotszinthez tartozó évi 3,7 Mrd Ft-ot, így a fenntartási hátralék növekedni fog (a források csak a hátralék növekedésének mérséklésére elegendőek): a kezdeti 19,4 Mrd-os értékről 45,9 Mrd Ft-ra nő 12 év alatt a hátralék.

5.4.1.4. Szintentartó stratégia

Ezen stratégia az állomány integrált műszaki állapotjellemzőjeként a fenntartási hátralék állandóságát tűzte ki célul. Ennek érdekében az első két évben kb. 1,9 – 1,9 Mrd Ft-ot, majd a további években 4,0 – 2,7 Mrd Ft-ot költ fenntartásra, 12 év alatt összesen 36,9 Mrd Ft-ot fordít a hidakra. A fenntartási hátralék a 12 éves vizsgált időszakban végig állandó, 19,4 Mrd Ft.

5.4.1.5. Sorsára hagyó stratégia

Amennyiben az állomány fenntartására semmit sem fordítanak, úgy a hátralék 12 év alatt 19,4 Mrd Ft-ról 78,5 Mrd Ft-ra fog növekedni.

(7. ábra. Fenntartási munkaprogram alakulása különböző stratégiák esetén).

5.4.2. Korszerűsítési költségigények

A PONTIS-H Korszerűsítési moduljának futtatási eredményei alapján a vizsgált hídállomány jelen időpontbeli korszerűsítési igénye 122,9 Mrd Ft, amely a sorsára hagyó stratégia esetén évente 7,0 Mrd Ft-tal nő.

A korszerűsítési igényeket a különböző stratégiák eltérő költségszinten elégítik ki, így az állomány jövőbeni megfelelőségére jellemző korszerűsítési hátralék is eltérően alakul *(8. ábra. Korszerűsítési hátralék alakulása különböző stratégiák esetén).*

5.4.2.1. Költségkorlát nélküli stratégia

Ezen stratégia a felmerülő teherbírási és szélességi igényeket is azonnal kielégíti, így a korszerűsítési igényt már az első 2 éves ciklusban ledolgozza, 122,9 Mrd Ft-ot költve hídkorszerűsítésekre. Ekkor korszerűsítési hátralék értelemszerűen nem keletkezik.

5.4.2.2. EU szintre javító stratégia

A teherbírási és szélességi megfelelőségi hiányt 12 év alatt egyenletesen dolgozza le, évente 12,2 Mrd Ft-ot költve a hidakra, így a jelenlegi 122,9 Mrd Ft korszerűsítési hátralék a vizsgált időszak végére teljesen elfogy.

5.4.2.3. Költségkorlátos stratégia

A jelenlegi ráfordítási szintnek megfelelően évente 2,4 – 2,8 Mrd Ft-ot költ hídkorszerűsítésre, 12 év alatt összesen 31,6 Mrd Ft-ot. Ennek hatására a korszerűsítési hátralék 122,9 Mrd Ft-ról 91,3 Mrd Ft-ra csökken.

5.4.2.4. Szintentartó stratégia

Ebben a stratégiában a korszerűsítésre nem költünk semmit – a teherbírási és szélességi megfelelőség állandó marad – így a korszerűsítési hátralék is végig azonos az egész ciklusban, 122,9 Mrd Ft.

5.4.2.5. Sorsára hagyó stratégia

Sem a fenntartásra, sem a korszerűsítésre nem fordítunk semmit sem, de az állapotromlás miatt 12 év alatt a korszerűsítési hátralék 122,9 Mrd Ft-ról 206,9 Mrd Ft-ra nő.

A PONTIS-H két moduljának költségkorlát nélküli fenntartási és korszerűsítési teljes igénye a 2009-2020 közötti időszakra 186,8 Mrd Ft, amelyből 19,4 Mrd Ft a fenntartási, ill. 122,9 Mrd Ft a korszerűsítési hátralék és 44,5 Mrd Ft az optimális állapotszint folyamatos fenntartásának költségigénye. A teljes hátralék a sorsára hagyó stratégia esetén 12 év alatt 143,1 Mrd Ft-tal nő. *(9. ábra. Korszerűsítési munkaprogram alakulása különböző stratégiák esetén)*

5.4.3. Teljes költségigények

A teljes igényeket a különböző stratégiák más-más feltételek szerint, eltérő költségszinten elégítik ki, így a jövőbeni állapotra és megfelelőségre jellemző teljes hátralék is különbözőképpen alakul *(10. ábra. Teljes hátralék alakulása különböző stratégiák esetén).*

5.4.3.1. Költségkorlát nélküli stratégia

Ezen stratégia a felmerülő igényeket azonnal és korlátozás nélkül kielégíti, így az első évben rögtön felszámolja a 142,3 Mrd-os fenntartási és korszerűsítési hátralékot, továbbá minden évben biztosítja az optimális állapotszinthez tartozó további 3,7 Mrd Ft-ot. Összesen 186,8 Mrd Ft-ot költ 12 év alatt a vizsgált hídállományra, hátralék értelemszerűen nem keletkezik.

5.4.3.2. EU szintre javító stratégia

A stratégia célkitűzése, hogy a vizsgált 12 éves ciklus végére a fő szerkezeti elemek állapotszintje 3-nál rosszabb minősítésű ne legyen, és a korszerűsítési hátralékot a ciklus végére felszámolja. Ennek érdekében évente 12,2…14,3 Mrd-ot, a teljes időszakban 161,2 Mrd Ft-ot irányoz elő. Ennek következtében a korszerűsítési hátralék a ciklus végére megszűnik, a fenntartási hátralék lassan csökken, a teljes hátralék erőteljesen, 142,3 Mrd Ft-ról 17,0 Mrd Ft-ra esik vissza.

5.4.3.3. Költségkorlátos stratégia

A jelenlegi és a jövőben is reálisan remélhető ráfordítási szintből kiindulva évente 4,0 – 4,8 Mrd Ft-ot, 12 év alatt 53,6 Mrd Ft-ot irányoz elő a hídállomány fenntartására és korszerűsítésére. Ennek következtében a fenntartási hátralék 19,4 Mrd Ft-ról 45,9 Mrd Ft-ra nő, a korszerűsítési hátralék 122,9 Mrd Ft-ról 91,3 Mrd Ft-ra csökken, a teljes hátralék kissé csökken, 142,3 Mrd Ft-ról 137,2 Mrd Ft-ra.

5.4.3.4. Szintentartó stratégia

Ezen stratégia az állapot- és megfelelőségi szintek állandóságát, szintentartását tűzte ki célul. A ráfordítások csak a fenntartási hátralék változatlan értéken való tartására elegendőek, korszerűsítési hátralék – mivel a korszerűsítésre semmit sem költünk – végig állandó marad. Ennek érdekében (fenntartásra) évente változóan 1,9 – 4,0 Mrd Ft-ot, 12 év alatt összesen 36,9 Mrd Ft-ot irányoz elő a program. Ekkor a teljes hátralék a vizsgált időszakban állandó, 142,3 Mrd Ft marad.

5.4.3.5. Sorsára hagyó stratégia

Ebben az esetben sem fenntartásra, sem korszerűsítésre semmit sem költünk. A hátralékok meredek növekedése jól jelzi a hídállomány fokozódó leromlását. A vizsgált 12 év alatt a fenntartási hátralék 19,4 Mrd Ft-ról 78,5 Mrd Ft-ra, a korszerűsítési hátralék 122,9 Mrd Ft-ról 206,9 Mrd Ft-ra, a teljes hátralék 142,3 Mrd Ft-ról 285,4 Mrd Ft-ra nő.
(11. ábra. Teljes munkaprogram alakulása különböző stratégiák esetén).

5.5. A PONTIS hídgazdálkodási rendszer eredményei

A PONTIS hídgazdálkodási rendszer rugalmasan változtatható, a hazai feltételeknek megfelelően formálható mérnöki algoritmusai és a beavatkozásokat matematikai optimalizációval kezelő programjának eredményei alapján az elmúlt tíz évben az országos döntéshozatal szerves részévé vált. A PONTIS futtatásai alapján a teljes állományról vagy annak kisebb csoportjairól hálózati szintű és létesítményi jellegű eredményeket szolgáltat;

- az állapoteloszlás változása a ráfordítási forgatókönyvek függvényében; a szintentartó hídfenntartási költségigények ráfordításakor a minimális költségigényű hosszú távú állandó állapot elérése 20-25 év alatt következik be (az eredmény összhangban van a középtávú hídfenntartási és -korszerűsítési programmal);
- a minimális költségű optimális állapoteloszlás érdekében a legtöbb költséget a program a szigetelése, a főtartókra, a járdákra-szegélyekre és a pályaburkolatra fordítja (megegyezően a középtávú hídfenntartási és -korszerűsítési programmal);

- a legköltségesebb szerkezeti elemek forrásmegoszlását hosszú távon vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a járdák-szegélyek hosszú távú leromlása egyenletes és összhangban jelenlegi állapotával; a szigetelés, a pályaburkolat és az acél főtartó jelenlegi állapota jobb, mint amit hosszú távú leromlása indokolna; a vasbeton gerenda főtartó jelenlegi állapota a hosszú távú leromlás szempontjából veszélyes;
- optimális felújítási beavatkozások kiválasztása;
- hálózati szintű stratégiák hatáselemzése alapján kimutatható az állomány költségigénye, hátralékának alakulása: költségkorlát és hátralék nélkül évi 5,3 Mrd-ot kell a hídállományra költeni; a jelenlegi 19,4 Mrd Ft-os hátralék szintentartása 3,1 Mrd Ft/év költségigényű; amennyiben az állományra nem költünk semmit, akkor 12 év alatt a 19,4 Mrd Ft-os hátralék 78,5 Mrd Ft nő;
- a hidak felújítási és korszerűsítési sorrendjének felállítása.

6. JÖVŐBELI FEJLESZTÉSI IRÁNYOK

Magyar hídügyi szakemberek új, magyar fejlesztésű hídgazdálkodási program megalkotását tűzték ki célul, amelynek az elnevezése HÍD-ÁSZ Hídgazdálkodási Rendszer. Az elmúlt 50 év, különösen pedig az elmúlt 20 év fejlesztései során összegyűjtött szakmai tapasztal alapján született ez az ambíciózus célkitűzés, mely a fejlesztési források rendelkezésre állása esetén 3 éven belül megvalósítható lenne.

Az új hídgazdálkodási rendszer kifejlesztésének célja a PONTIS-H lehetőségeinek kibővítése, saját forráskód révén a későbbi változtatások-fejlesztések lehetőségének megteremtése. Ugyanakkor a Felhasználó jogos elvárása, hogy az adatfelvételi rendszer igazodjék a PONTIS-H hídvizsgálati rendszeréhez, tehát a hídelemek, az állapotszintek, a vizsgálati metódus csak kis mértékben változzék. Az adatok feldolgozásában már lehet eltérés, hiszen az az adatfelvételi munkát már nem érinti. A

magyar hídgazdálkodási program célja a hazai viszonyoknak legjobban megfelelő, mérnöki-matematikai megoldásokat pontosan leíró és megoldó hálózati szintű, de –amennyire lehetséges és minél kevesebb többletmunkával megvalósítandó – létesítményi szintű kimeneteket is tartalmazó, felhasználóbarát, az OKA 2000 programmal kompatíbilis program szülessen. A programnak a döntéshozók számára egyszerűen is világosan be kell mutatni az ok-okozati összefüggéseket.

Ezen munka során szükséges lesz a hídelemek rendszerének felülvizsgálata és ahhoz kapcsolódóan az adatfelvételi rendszer célszerű módosítása, a beavatkozás szempontjából túlzottan összevont hídelemek szétválasztása (pl az acélszerkezeti elemek szétválasztása - acélszerkezeti elemek korrózióvédelmére és az acélszerkezeti elemek anyagára). Megfontolandó a hídelemek csoportosítása fontosságuk és költségigényük szerint optimálandó és nem optimálandó hídelemekre.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A középtávú hídfenntartási és -korszerűsítési program (1992-2000) és a PONTIS-H hídgazdálkodási rendszer (1996 óta) legfontosabb eredményei:

- a magyar országos közút hídállomány komplex műszaki és gazdasági adatokat tartalmazó adatbázisának előállítása;
- a fenntartandó és korszerűsítendő hidak komplex műszaki-gazdasági elemzése;
- a leromlási folyamat jellegének feltárása a tényleges állomány valós adatain (kvázi-idősorként);
- a jelenlegi ráfordításokkal az alépítmény és a felszerkezet leromlása 40-50 évig, a hídpálya és hídtartozékoké 20-25 évig tart;
- a szintentartó költségigények ráfordításakor a minimális költségigényű hosszú távú állapot elérése 20-25 év alatt következik be;
- a többoldalú elemzés egybehangzóan kimutatta a költséghatékonyság szempontjából alapvető hídszerkezeti elemeket, fenntartási beavatkozásokat:
- a legköltségigényesebb hídszerkezeti elemek (főtartó, hídszigetelés, pályaburkolat, hídszegély-járda) a várható költségek közel 2/3-át emésztik fel;
- a legköltségigényesebb négy beavatkozás (szigeteléscsere, acélfelület mázolása, aszfaltozás, betonfelület javítása-védelme) a várható költségek több mint felét elviszi;
- a hálózati szintű stratégiák hatáselemzése alapján kimutatható az állomány költségigénye, hátralékának alakulása, az elmaradó ráfordítások jövőbeni hatása: az állomány szintentartása 3,1 Mrd Ft/év költségigényű, ha az állományra semmit sem költünk a hátralékok exponenciálisan emelkednek (12 év alatt 19,4 Mrd Ft-ról 78,5 Mrd Ft-ra).

Ezek az eredmények mind országos, mind területi szinten az igények objektív bemutatásával és a ráfordítások hatáselemzésével segítik a szükséges források megszerzését és a megszerzett források leghatékonyabb elosztását, felhasználását, előmozdítva a szakterület elmaradásának felszámolását és hatékonyabb érdekérvényesítését a gazdasági-politikai döntéshozatali szférában.

IRODALOMJEGYZÉK

Újságcikk

Csorba, Á., A szolnoki Hídgazdálkodási Rendszer (HGR szoftver) (1996) Közúti Közlekedési- és Mélyépítéstudományi Szemle, 1996/2.

Gáspár, L, Tóth, E., Hidak bruttó és nettó értékének számítása (1996) Közúti Közlekedési- és Mélyépítéstudományi Szemle, 1996/2.

Lublóy, L., Agárdy, Gy., Molnár, I. (1996) A PONTIS hídgazdálkodási rendszer alkalmazhatósága Magyarországon. Közúti Közlekedési- és Mélyépítéstudományi Szemle, XLVI. évf. 1996. 2. p. 83-90.

Lublóy L., Agárdy, Gy. (1996) Középtávú hídfenntartási és -korszerűsítési program (1992-2000). Közúti Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle, XLVI. évf. 1996. 7. p. 284-289.

Lublóy L., Agárdy, Gy., Kolozsi Gy., Molnár I. (2008) Stratégiai szintű hídfelújítási javaslatok a Nemzeti Út-, Hídfelújítási Programban. Közúti és Mélyépítési Szemle, 58. évf. 2008. 11. p. 21-26.

Előadás
Lublóy, L. (1997) A magyar hídgazdálkodási rendszer fejlődése, felépítése, eredményei. Osztrák hídmérnöki konferencia, Leoben, Ausztria

Tanulmány
Gáspár, L., Útgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, 2003

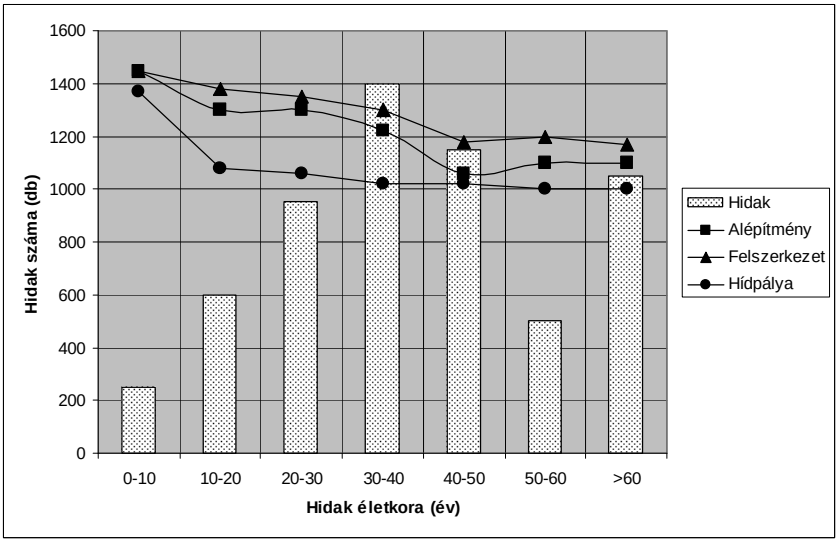
Lublóy, L., Agárdy, Gy., Molnár, I. (2002) A PONTIS hídgazdálkodási rendszer bemutatása. KHVM Közúti Főosztály

Székesfehérvár, 2009. szeptember 17

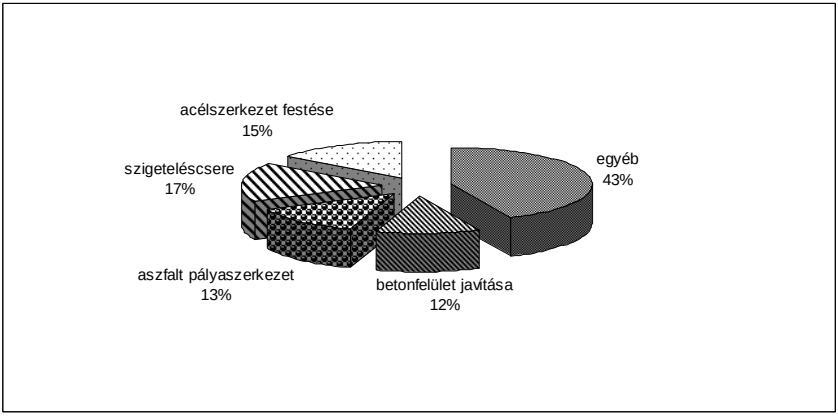
Molnár István
megyei igazgató
Magyar Közút NZRt Fejér Megyei Igazgatósága

Dr. Lublóy László
docens
Széchenyi István Egyetem, Győr

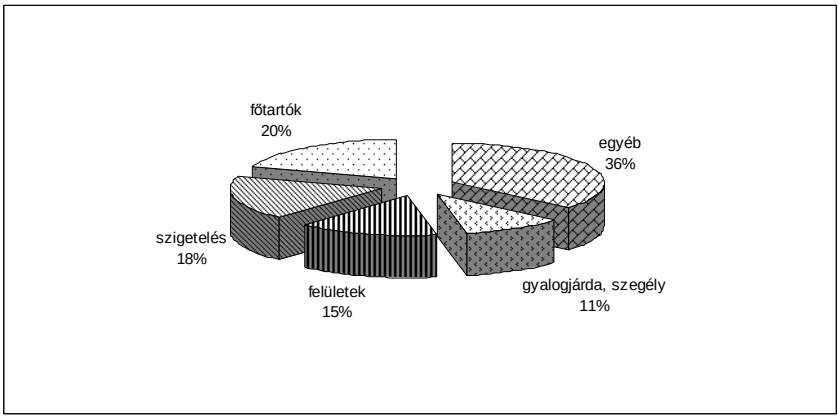
ÁBRÁK



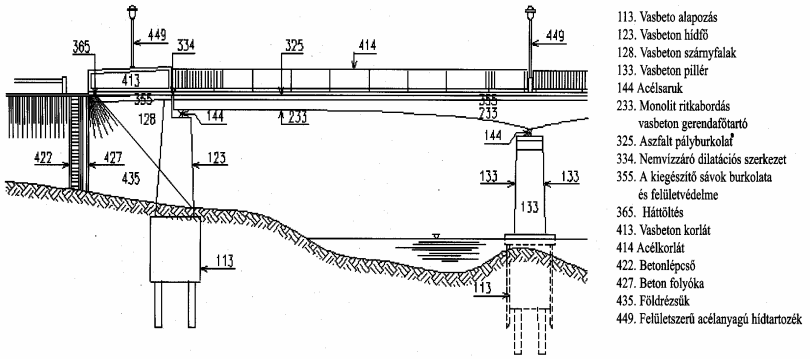
1. ábra. Hidak fő szerkezeti elemeinek leromlása



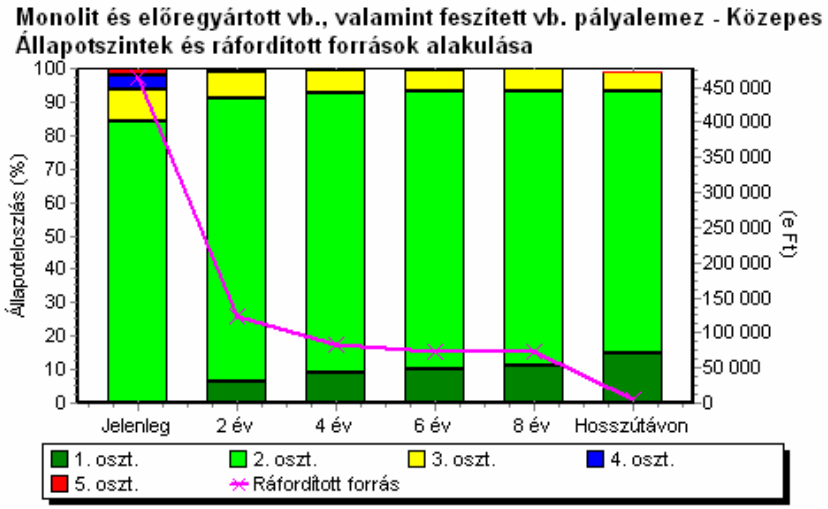
2. ábra. Legnagyobb költséghányadú munkanemek



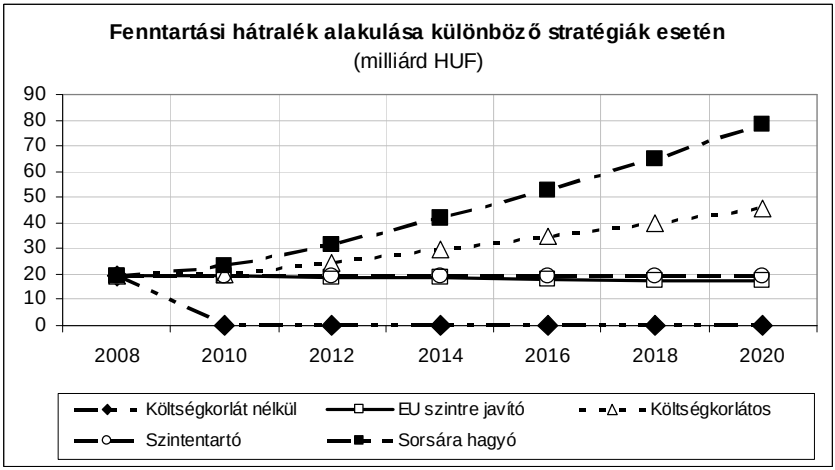
3. ábra. Legnagyobb költséghányadú munkanemek szerkezeti elemenként



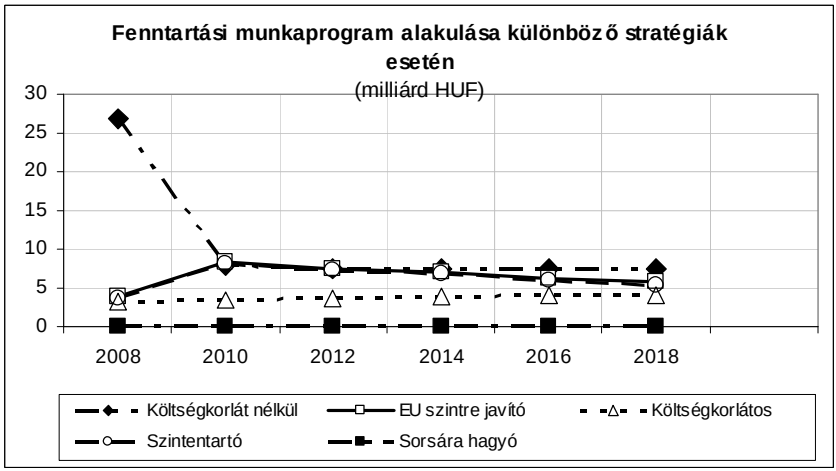
4. ábra. Hídelemekre bontás



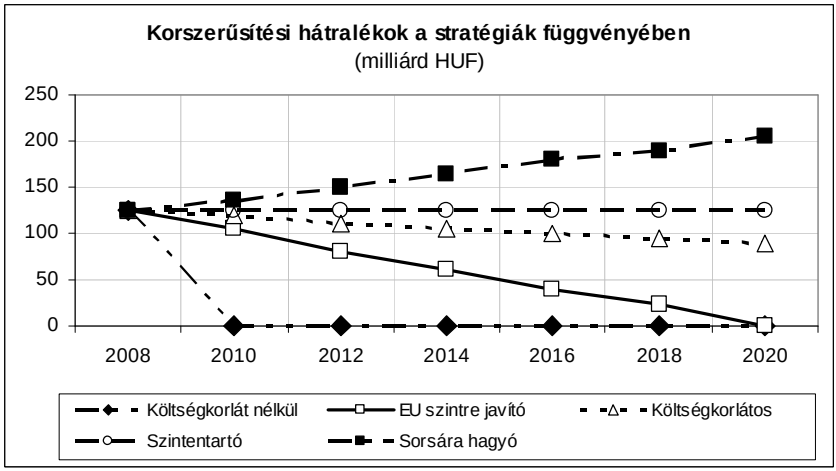
5. ábra. Állapotszintek és ráfordítások alakulása



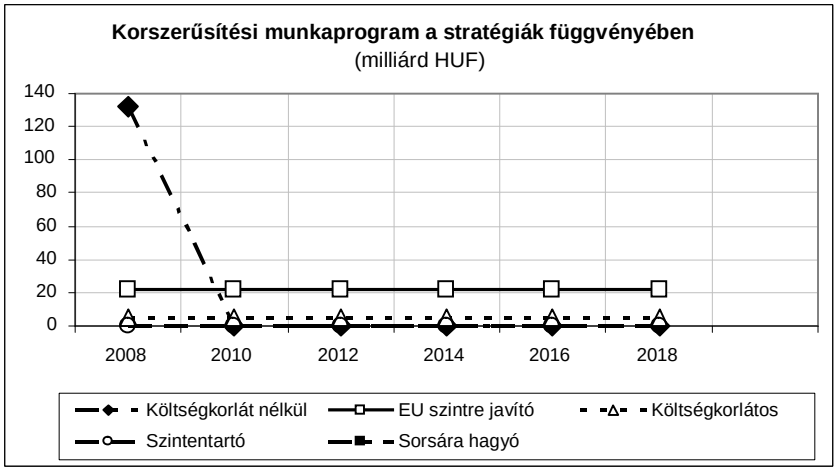
6. ábra. Fenntartási hátralék alakulása különböző stratégiák esetén



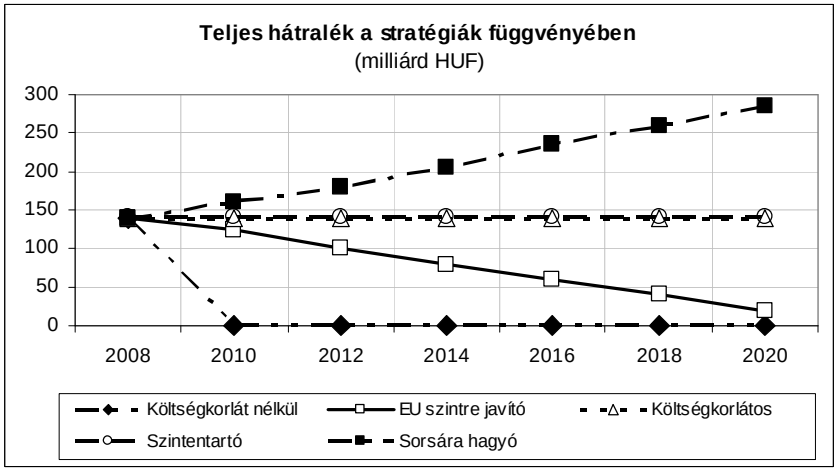
7. ábra. Fenntartási munkaprogram alakulása különböző stratégiák esetén



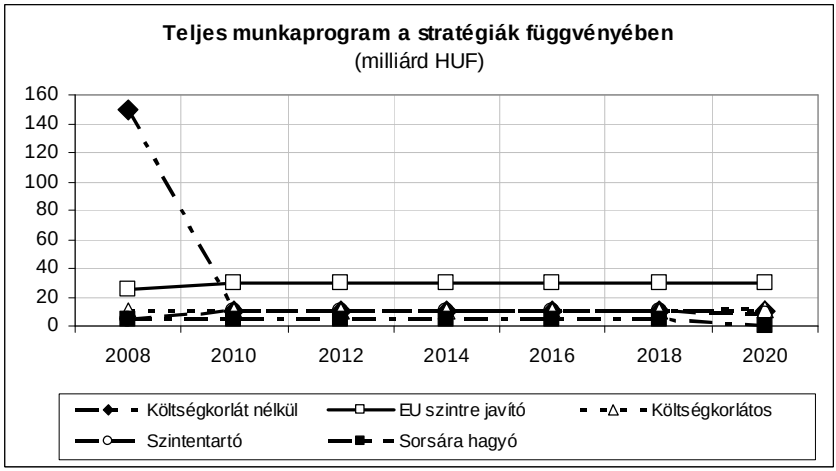
8. ábra. Korszerűsítési hátralék alakulása különböző stratégiák esetén



9. ábra. Korszerűsítési munkaprogram alakulása különböző stratégiák esetén



10. ábra. Teljes hátralék alakulása különböző stratégiák esetén



11. ábra. Teljes munkaprogram alakulása különböző stratégiák esetén

Székesfehérvár, 2009. szeptember 17.

Molnár István
megyei igazgató
Magyar Közút NZRt Fejér Megyei Igazgatósága

Dr. Lublóy László
docens
Széchenyi István Egyetem, Győr

A hídszakág oktatása a Műegyetemen a kezdetektől napjainkig

Dr. Farkas György
BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke
egyetemi tanár, tanszékvezető

1. Bevezetés

Magyarország iparosodása 1867 és 1914 között igényelte a vasút- és úthálózat fejlesztését. Ennek mérnökeink úgy tudtak eleget tenni, hogy sokat és kiválót alkottak a hídépítés területén is. Hídjaink tervezői és építői nemzetközi tapasztalatokat is felhasználva a hazai felsőoktatás mind jobban fejlődő intézményeiben szerezték szaktudásukat. Ennek gyümölcsei voltak a XIX/XX. századforduló világszínvonalat jelentő acél és vasbeton hídszerkezetei. A két világháború közötti nehéz időkben is meg tudták mutatni a budapesti Műegyetemen oklevelet szerzett szakembereink, hogy tudásukat sok akadályt legyőzve a hídépítés szolgálatába tudják állítani.

Gazdaságunk talán a hidak esztelen háborús lerombolása miatt szenvedte a legsúlyosabb anyagi kárt. Hídépítő mérnökeinknek elsősorban az Alma Maternek köszönhető felkészültsége azonban úrrá tudott lenni a súlyos gondokon, s hatalmas léptekben járult hozzá az ország vérkeringésének újraélesztéséhez. Az erőltetett iparosítás korszakában a hídépítőknek mondhatjuk, szerencséjük volt, hiszen az ő alkotásaik évszázados hasznosságú létesítmények, amelyeket így a tervezőket-építőket követő nemzedékek is élvezhetnek. A hazai hídépítések eredményein kívül a magyar hídépítés külföldi sikereire is büszkék lehetünk. Az utóbbi két évtizedben Európa-szerte elismerést nyertek kimagasló értékű hidak. A fejlett módszerekkel tömegesen épült kis és közepes szerkezetek is gazdaságunk megbecsült értékei. Mindez szakembereink tudását dicséri.

E cikk ridegnek tűnő műszaki történeti adatokat közöl. Bízom azonban abban, hogy több mint két évszázad sokszor rögös útjának áttekintése érzékelteti az oktató munka szépségeit és nehézségeit. Gondolom, látni lehet az állandó haladásra való törekvést, a számtalan követelmény teljesítéséért való vívódást, az elméleti és gyakorlati ismeretek közlése jó arányainak keresését, az építési gyakorlattal való állandó, tartalmas együttműködésre. tapasztalatok szerzésére és jó pedagógiai módszerekkel végzett oktató munkára való törekvést.

Palotás László professzor, tudós mérnök tanítómesterünk e szavakkal dedikálta egy könyvét: Scientiam tradere suprema opera. = A tudás átadása a legmagasabb (szintű) tevékenység.

Nagy elődeink lelkesen tanították hallgatóikat a jó mérnökségre. Mi, szerény utódaik igyekszünk követni példájukat. A múlt oktató munkájának áttekintése ehhez nyújthat segítséget.

2. A hídépítés oktatásának egyetemi szintű intézményei a kezdetektől napjainkig

Kisebb, főként boltozott, ill. faszerkezetű hidak már a középkori Magyarországon is épültek. Feljegyzések mellett erről tanúskodnak a „híd” szót tartalmazó helységnevek. E hidakat évszázados tapasztalatok nyomán kőművesek, ácsok, építőmesterek építették. A XVIII. század második felére az anyagismeret, a statika és a szilárdságtan fejlődése lehetővé tette a szerkezetek tervezésének-építésének tudományos alapra helyezését. A fejlődés úttörői a hidászok voltak. Az építési ismeretek legtöbb ága hidak révén fejlődött ki, és terjedt el az építőipar más területein. Szükségessé vált a hídépítési tevékenység mérnöki rangra emelése.

Az 1782-ben alapított, világviszonylatban is úttörő magyarországi Institutum Geometricum már foglalkozott hidakkal a közlekedési-vízépítési témák keretében. A mai Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kara nem véletlenül viselte a Mérnöki Osztály majd 1967-ig egyszerűen a Mérnöki Kar nevet. Kezdetben ugyanis más műszaki szakterület felsőfokú oktatását még nem vezették be, az Institutum Geometricum lényegében a mi karunk mai témáit fogta át. Az intézmény különféle átalakulások mentén fejlődött, így 1846-tól a József Ipartanoda képzett műszaki szakembereket. 1856-tól a József Politechnikum néven működő intézmény nevelt mai szóval műszaki értelmiségieket.

Az 1871/72-es tanévben – először a világon – hazánkban szerzett egyetemi rangot a műszaki felsőoktatás Királyi József Műegyetem néven. Az egyetemen a többiek mellett Mérnöki Szakosztály működött.

Az egyetem 1901-ben nyerte el a műszaki doktori cím adományozásának jogát. Kifejezetten doktori képzés nem folyt, de témánk tekintetében jellemzőnek mondhatjuk, hogy az első műszaki doktor már abban az évben Zielinski Szilárd lett, aki a magyar vasbeton hídépítés első tudósa és mestere volt.

1934-ben a Magyar királyi József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem elnevezést vezették be, ugyanakkor az osztályok karokká alakultak, ezeken belül jött létre a Mérnöki és Építészmérnöki Kar. Az egyetem nevéből 1946-ban törölték a „magyar királyi” előtagot, 1948-tól a csak a műszaki karokat magába foglaló intézmény neve József Nádor Műszaki Egyetem lett, és 1949-től volt az intézmény neve Budapesti Műszaki Egyetem (BME). Ugyanakkor lett önálló a Mérnöki Kar. 1952-ben vált ki a Mérnöki és az Építészmérnöki Kar Építőipari Műszaki Egyetem (ÉME) néven, majd a közlekedésmérnöki szakterület csatlakozásával 1955-ben az Építőipari és

Közlekedési Műszaki Egyetem (ÉKME) elnevezést vezették be. 1967-ben ennek megszűntével a Mérnöki Kar ismét a Budapesti Műszaki Egyetem szervezeti egysége lett, és megnevezése Építőmérnöki Karrá változott. 2001-ben műszaki gazdasági és társadalomtudományi szakterületek létrehozása révén az egyetem felvette mai nevét, vagyis azóta a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (változatlan rövidítéssel BME) része a mi karunk.

3. A mérnöki, építőmérnöki osztály illetve kar hídépítést oktató tanszékei és a hídépítés oktatása a jelentős reformokig

A József Ipartanodának már voltak tanszékei, de akkor még kifejezetten hidakkal foglalkozó egysége nem volt. A József Politechnikum technikai osztályának tantervében már szerepelt a „vaspályák és hidak" témakör. A Királyi József Műegyetem Mérnöki Szakosztálya 1882. évi tantervében már szerepel két féléves Hídépítéstan c. tantárgy. Ugyanezt találjuk az 1908. évi tantervben. Tartalmi különbségek természetesen jelentkeztek, mivel Kherndl Antal 1867-től az elméleti alapok mellett a fa-, kő és vasszerkezetű hidakat oktatta. Az ő munkatársai, Zielinski Szilárd, ill. tartósan Mihailich Győző már 1903-ban előadásokat tartott vasbeton szerkezetekről, ennek során vasbeton hidakról is. Az 1916. évi tantervben is szerepel a két féléves Hídépítéstan. Ezt a statika tárgy előzte meg, amely tartalmában sok jellegzetesen hídvonatkozású fejezetet tartalmazott. Ugyanilyen képet mutatott az 1924/25 évi tanterv. Meg kell azonban jegyezni, hogy 1920-ban a korábbi egységes Hídépítéstani Tanszék kettévált. Az I. sz. Hídépítéstani tanszék – amelynek vezetését időközben Kherndl Antaltól Kossalka János vette át - a statika több fejezete mellett oktatta a vashidakat, a II. sz. Hídépítéstani Tanszék Mihailich Győző vezetésével a vasbeton-, fa- és kőszerkezeteket, ugyancsak a Tartók statikája néhány fejezete mellett. Önálló tárgyként vagy a szerkezetekkel kapcsolva e tanszék feladata volt az

építőanyagok oktatása is. Az 1934/35 évben kiadott tanterv hasonló adatokat tartalmazott. Addigra a Mérnöki osztályon kialakult a négy tagozat, amelyek közül a B jelű a hídépítéstani tagozat volt.

B tagozatos tantárgyak között szerepelt „Válogatott fejezetek a vasbetonépítés köréből (híd- és magasépítés)". Volt erősen hídvonatkozású „Válogatott fejezetek a tartószerkezetek köréből" c. tárgy valamint „Szilárdsági kísérletek". Ez utóbbiak színhelye az F és KK épület között felépített folytatólagos vasbeton gerenda és acélszerkezetű tartó volt, amelyen a hallgatók deformáció mérést végeztek. 1931 után laboratóriumi kísérletek is szerepeltek, az építőanyagok tárgykörbe a hídépítésben jelentős szerepet betöltő anyagok vizsgálata is bekerült. Az I. sz. Hídépítéstani tanszék vezetését egy időszakra Álgyay Pál vette át.

Az 1947/48-as tanévben a tanterv az 5. félévben tartalmazza a Vasbetonépítés tárgyat, a 6. félévben szereplő Hídépítéstan I. vasbeton hidakról szólt. A tanszék vezetője és a tárgyak előadója változatlanul Mihailich Győző volt. A Hídépítéstan II. c. tárgy két féléves volt. Az első félév lényegében az acélszerkezetek alapjait tartalmazta. A másodikban volt szó részletesebben acélszerkezetű hidakról. A tanszéket Korányi Imre vezette, és ő adta elő a tantárgyakat.

A négy tagozatnak megfelelően voltak B (híd) tagozatos tárgyak is, amelyek jelentős részben valóban hidakkal foglalkoztak.

A két hídépítéstani tanszék időszakában a tartók statikája önálló tárgyként vagy a szerkezeti tárgyakba beágyazva e tanszékek oktatási feladata volt. Hallgatói iróniával az I. sz. Hídépítéstani tanszéket, vasbeton szerkezeteket mozgásmódszerrel megoldó tanszéknek nevezték, a II. számút pedig vasszerkezeteket erőmódszerrel megoldónak.

Az előadások képezték az ismeretátadás forrását. 1950-ig elméleti és a szerkezetek alapismereteit tartalmazó könyvek jegyzetek mai kifejezéssel élve csak „szamizdat" módon láttak napvilágot.

Valamennyi említett tantárgyat félévvégi aláírás, gyakorlati jegy (szerkesztésnek nevezték) és vizsga zárta. A vizsgának lehetett írásbeli része, de szóbeli mindig volt. Alig volt olyan hallgató, aki bármely tárgyból ne a tárgy előadójánál vizsgázott volna.

A gyakorlati (szerkesztési) jegyet a zárthelyik és – megfelelő súlyozással - a tervezési gyakorlatok érdemjegyei alapján kapták a hallgatók

Tanulókör, tanulócsoport-rendszer 1950-ig nem volt. A hallgatók nagy termekben készítették rajzaikat, amelyeket az asztalok között körben járó két-három tanársegéd, esetleg az egyetlen adjunktus korrigált. Az első vasbeton rajz magasépítésű tárgyú volt. A második feladat keretében kétbordás egynyílású vasbeton közúti híd terve készült el. Ez volt tulajdonképpen az általános hídépítés iskolája is, hiszen a hídfőkkel, a pályacsatlakozásokkal is meg kellett ismerkedni. A híd működésmódjának, a terheknek, azok redukálásának is ez volt az első példája. Az I. sz. Hídépítéstani tanszéken mindkét feladat tárgya híd volt. A vasszerkezeti oktatás első félévében kéttámaszú felsőpályás, szegecselt, gerinclemezes vasúti híd tervét kellett elkészíteni. A második félévi feladat ugyancsak kéttámaszú, szegecselt, általában alsópályás vasúti vagy közúti, rácsos főtartós híd terve volt. Ezeket a terveket mind a négy tagozat hallgatói elkészítették.

A diplomaterv tárgya függött a tagozattól. A híd tagozatos hallgatók zöme hidat tervezett, kisebb részük magasépítési, főként ipari szerkezetet.

A végszigorlat (funkciójában a mai záróvizsgának felelt meg),

minden hallgató számára háromtárgyas volt. Az egyik tárgy a Hídépítéstan volt (a másik kettő az Út- és vasútépítéstan valamint Vízépítéstan). Hídépítéstan címén azonban tudni kellett az építőanyagokat, a tartók statikáját, a vasbeton és acélszerkezetek valamennyi oktatott fejezetét. Az oklevél minősítését a szigorlatok (1. Matematika, Mechanika, 2. Geodézia, Magasépítéstan. 3. Hídépítéstan, Út- és Vasútépítéstan, Vízépítéstan) érdemjegyeinek átlagából számították ki. A diplomaterv osztályzatát az adott szaktárgy érdemjegyébe számították be.

4. A hídépítés oktatása az 1950. évi és az azt követő reformok során

Az I. sz. Hídépítéstani Tanszéket 1959/60-ig Korányi Imre vezette, e megbízatásban Szépe Ferenc volt az utóda 1966/67-ig. Közben 1963/64-től a szervezeti egység neve Acélszerkezetek Tanszék lett. A tanszék vezetését 1967/68-ban vette át Halász Ottó.

A II. sz. Hídépítéstani Tanszék vezetője az 1956/57 tanévig volt Mihailich Győző. Utána 1962/63-ban Palotás László lett a tanszékvezető. A tanszékből 1963/64-től két intézmény alakult. Palotás László vezetésével alakult meg az Építőanyagok Tanszék, s létrejött a Vasbetonszerkezetek Tanszéke, amelynek vezetésére Bölcskei Elemér kapott megbízást.

Az Acélszerkezetek Tanszéket 1986-ban bekövetkezett haláláig vezette Halász Ottó. Utána Iványi Miklós volt a tanszékvezető, aki ezt a feladatot az 1998/99 tanévig látta el.

A Vasbetonszerkezetek Tanszéke vezetőjeként 1977-ben hunyt el Bölcskei Elemér. Orosz Árpád ezt követően 1990/91-ig volt a tanszék vezetője. A következő tanévben Szalai Kálmán, majd

1992-től Hegedűs István vezette a tanszéket 1994/95-ig. Ekkor e sorok írója lett a tanszékvezető. Az Acélszerkezetek Tanszék és a Vasbetonszerkezetek Tanszéke 2000/2001 tanévi egyesítése óta töltöm be a Hidak és Szerkezetek Tanszéke vezetői tisztségét.

1950-től a korábbi tagozatoknál bővebb szakosodás jött létre a karon. Kialakult a híd- és szerkezetépítő, az út-, vasút- és alagútépítő valamint vízépítő, továbbá a város- és községgazdálkodási szak.

A hídépítés oktatása természetesen a híd- és szerkezetépítő szakon volt a legátfogóbb. Ott szerepelt a vasbeton-építési alapismeretek után a Vasbeton- és kőhidak c. tárgy. Hasonlóan alakult a Vashidak c. tantárgy. Ezek a tárgyak a szakon nagy óraszámmal és súllyal szerepeltek. A diplomaterv-feladatok jelentős hányada volt acél- vagy vasbeton szerkezetű híd. A diplomaterv megvédésekor a szerkezetépítő szakhoz kapcsolódó tárgyakra kellett felkészülni.

Az út-, vasút- alagútépítő szakon szerepelt a Hídszerkezetek c. tárgy, amely a hídépítés ágairól átfogó stúdiumot nyújtott. Hasonló tárgyuk volt a város- és községgazdálkodási szak hallgatóinak. A vízépítő szak számára sajnos nem volt kifejezetten híd témájú tárgy, a szakterület legfontosabb ismereteit a tanszékek a Vasbeton szerkezetek építése, ill. a Vasszerkezetek c. tárgyba sűrítették be.

1958-tól elindult egy tantervi reform. Ebben négy szak számára közös volt az első hat félév, hidakról ezek során még nem esett szó.

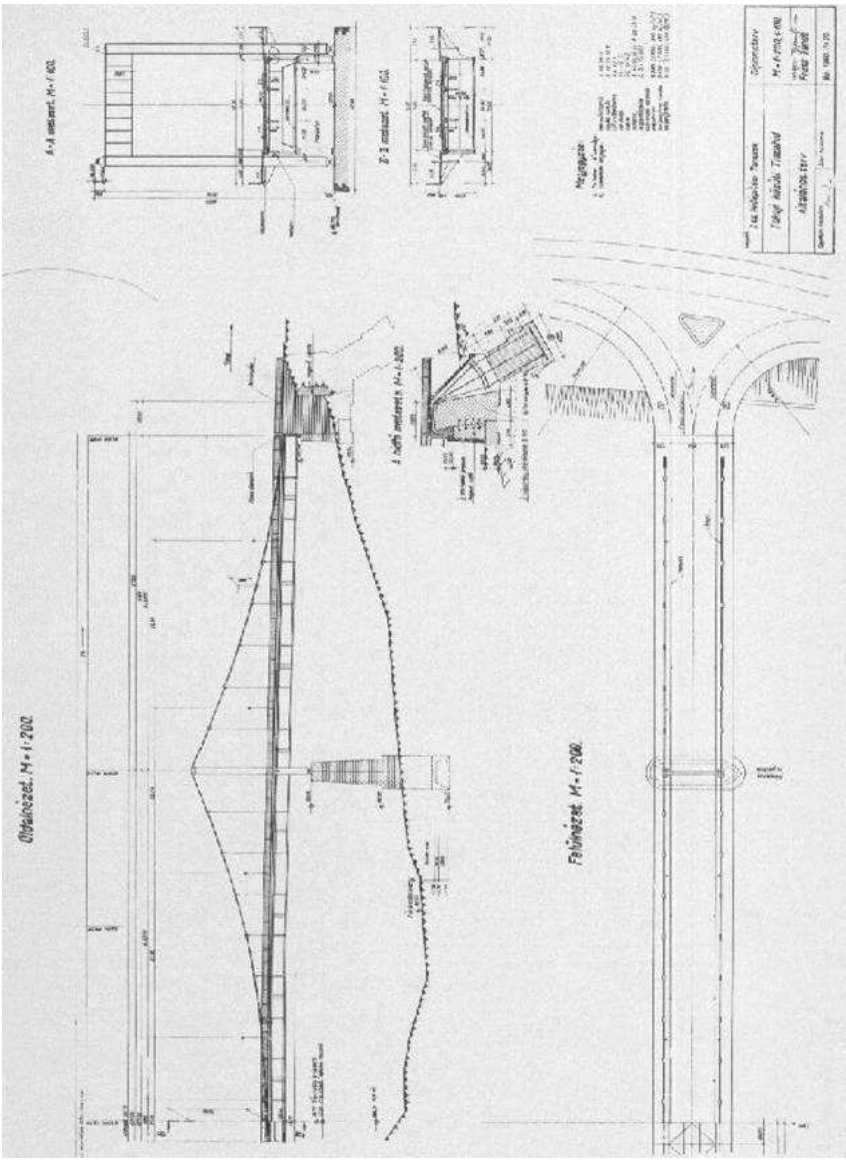
A 7. félévtől a szerkezetépítő szakon a Vasbeton- és kőhidak c. tárgy a 7. félévben szerepel, a 8.-9. félévben kapott helyet a Vashidak c. tárgy. A Faszerkezetek tárgynak is volt némi hídépítési vonatkozása. Az Út-, vasút-, alagútépítő szakon volt

egy Hídszerkezetek c. tárgy a 7, félévben 2-2 órában. Ezt a város- és községgazdálkodási szak is megkapta. A vízépítő szakon hiányt jelentett, hogy hídépítésről nem esett szó.

Az 1964. évi tantervben már szerepelnek ágazatok is. A szerkezetépítő szak magasépítő és mélyépítő ágazatán megnevezés szerint a 8. és 9. félévben egyaránt szerepel a Vasbetonszerkezetek, Acélszerkezetek és Faszerkezetek c. tárgy, némileg eltérő óraszámban az ágazatok szerint. A tárgyak címe hidat nem tartalmaz, a hídépítés a szerkezeti tárgyakba volt beépítve. Ez a vasbetonszerkezeteknél a gyakorlatban a következőképpen alakult. Mindkét ágazat hallgatói elkészítették az őszi félévben egy híd és egy magasépítési szerkezet vázlattervét. A tavaszi félévben a mélyépítő ágazat hallgatói részletesen kidolgozták egy szekrényes utófeszített híd tervét, a magasépítő ágazaton a feladat egy csarnok vagy több szintes ipari épület volt. Egyes időszakokban mindkét ágazaton szerepelt előregyártott feszített vasbeton gerendákból épülő híd terve is. Az előadások elméleti-szerkezeti anyaga az ágazatokon belül más-más volt.

A többi szakon annyi volt a változás, hogy valamivel később az Építőanyagok és szerkezetek c. tárgyban szó volt hidakról is.

Mélyépítő ágazaton a diplomázó hallgatók jelentős számban készítették diplomatervüket hídépítési témából. Ezek a munkák változatos típusú és szerkezeti rendszerű hidak számítását, részben kiviteli terveit tartalmazták.



Egy diplomaterv lap 1964-ből

1985-ben újabb reformtanterv készült. A szerkezetépítő szakon belül az ágazatok megszűntek. A tantárgyak közé bekerült az Acél híd- és szerkezetépítés valamint a Vasbeton híd- és szerkezetépítés c. tárgy. A tematika annyiban változott, amennyiben megjelentek új szerkezeti formák és számítási eljárások.

Ekkor már tíz évvel vagyunk az Építőipari Laboratórium felépülése után. Szerkezetvizsgálati gyakorlatok a régi laboratóriumokban is voltak. Az új épület lehetővé tette a szerkezetvizsgálati tárgy tantervbe iktatását. E gyakorlatoknak voltak híd témájú elemei is. Így pl. a hallgatók elvégezték egy sokbordás vasbeton híd modellkísérleti vizsgálatát, hídpályára is utalt a vasbeton lemez koncentrált erő alatti vizsgálata, az utófeszítés elvégzése is elsősorban hídgerendára vonatkozott. Acélszerkezeti témakörben a hegesztési, fáradási vizsgálatok és speciális tartók kísérleti vizsgálata utalt a hídépítés szempontjaira. Volt választható szerkezetvizsgálati tárgy is, ennek kapcsán pl. szekrényes vasbeton gerendahíd modellkísérletébe kapcsolódtak be a hallgatók.

Ebben az időszakban az út-vasút- alagút témához kötődő hallgatók szakterületét már közlekedésépítő szaknak nevezték, s számukra szerepelt Acél híd-és szerkezetépítés valamint Vasbeton híd- és szerkezetépítés c. tárgy is.

Ebben az időszakban a szerkezetépítő szakos hallgatók mintegy harmada tervezett hidat diplomatervként. Az államvizsga három tárgyat tartalmazott szakterülettől függően, de hosszú időn át az Acélszerkezetek, a Tartók statikája, a Vasbetonszerkezetek és a diplomaterv osztályzata, valamint a matematika-mechanika alapszigorlat eredménye határozta meg az oklevél minősítését.

Míg az 1950-es évekig kevés tankönyv, jegyzet, oktatási segédlet állt a hallgatóság rendelkezésére. Napjainkban kisebb könyvtárat

lehetne megtölteni csak a tanszékünk és elődei nyomtatott munkáival. Ezek közül tucatnyi vonatkozik közvetlenül hidakra. Hosszan szólhatnánk arról, hogy a tanszék állandó kapcsolatban volt az építőiparral, így a hídépítéssel is. Hídszerkezetekkel kapcsolatos munkáinkba sokszor vontunk be hallgatókat, ez is az oktató munkához kapcsolódott. Ehhez járult a tudományos tevékenység, aminek gyümölcsei voltak a tudományos diákkörök, közöttük nem kevés foglalkozott hidak kérdéseivel.

Nem szóltunk az esti és levelező oktatásról, amelynek céljaként a nappali tagozaton végzettekkel azonos felkészültségű mérnököket kívántunk adni az iparnak. E kollegáink sokszor az átlagosnál jobb gyakorlati érzékkel és ismeretekkel rendelkeztek. A hídépítés is hasznát látta mindennek. Hasonlóan szólhatnánk a szakmérnöki tanfolyamainkról és a BME Továbbképző Intézetében tartott előadásokról, az idegen nyelvű szakmai oktatásról, a doktoranduszképzésről, és sok minden másról, ami az egyetemi oktatással és a hidakkal összefügg. Hiszen a hidak fejlesztése adott sokat a tudománynak, és számos tudományos eredmény hasznosítása elsőként a hídépítésben valósult meg.

5. A hídépítés oktatása az 1990-es évektől

Az 1990-es évektől kezdve a rendszerváltás után megkezdődött a felsőoktatás átalakítása is. Az első lépés a hagyományos poroszos, kötött tanulmányi rendről a kredit rendszerű képzésre való átállás volt. Ez azt jelentette, hogy minden tantárgyhoz egy kredit értéket rendeltek hozzá, amely méri a tárgy teljesítéséhez szükséges munkamennyiséget. Ez tartalmazza az egyetemi, úgynevezett kontaktórák számát, valamint az otthoni felkészüléshez, feladatok elvégzéséhez szükséges munkamennyiséget is. Az ötéves tanulmányi idő alatt az Európai Kredit Transzfer (ECTS ajánlásainak megfelelően összesen 300 kreditet kellett teljesíteni.

A tantervhez előtanulmányi rend tartozik, amely biztosítja, a tantárgyak egymásra épülését, azt, hogy az egyes tárgyakat ne lehessen tetszőleges sorrendben felvenni. Ugyanakkor, ha valakinek nem sikerül teljesíteni egy adott félévben egy bizonyos tantárgyat, ez nem vonja maga után azt, hogy félévet kelljen ismételnie, mert az arra nem épülő tárgyakat a következő félévben felveheti.

A kreditrendszer előnye a nagyobb tanszabadság, ami egyben nagyobb lehetőséget is jelent az újra egységesülő Európa különböző egyetemein részképzésben való részvételre, vagy féléváthallgatásra. Elvben lehetőséget teremt arra is, hogy a kiváló hallgatók a képzési időnél rövidebb idő alatt is befejezhessék tanulmányaikat. Megjegyzem, hogy ilyennel a karunkon eddig csak egyetlen esetben találkoztam. Sokkal gyakoribb, hogy a hallgatók a képzési időnél jóval tovább koptatják az egyetem padjait, amire a kreditrendszer, bizonyos korlátok között ugyancsak lehetőséget biztosít. A rendszer másik hátránya a tanulócsoportok felbomlása, az ilyen közösségek megszűnése.

A kreditrendszerű képzést a Műegyetemen, és talán az Országban is elsőként az Építőmérnöki Karon vezettük be 1992-ben. Ezt hamarosan követte egy újabb tantervi reform, melynek során, az építőmérnöki területen megszűntek a szakok. A szakmai orientációt a mindenki számára egységesen kötelező törzsanyag mellett felvehető kötelezően, illetve szabadon választható tantárgyak teljesítésével lehetett biztosítani. Ehhez elvileg a hallgatókhoz rendelt segítő tanárok, tutorok nyújtottak segítséget. A mindenki számára kötelező törzsanyagban elsősorban matematikai és mechanikai alaptárgyak, illetve a szakmai orientációt megalapozó alapfokú szaktárgyak szerepeltek. A hídépítés területén ilyen volt a Hídépítés című tantárgy heti 2+2 óra, illetve 4 kredit kiméretben, amely az acél és vasbeton

hídépítéssel kapcsolatos alapfogalmakat foglalta össze. A gyakorlatok során két egyszerű vázlattervi szintű hídtervet is el kellett készíteni. A hídépítés területén mélyebb ismereteket további, választható tantárgyak felvételével és teljesítésével lehetett elsajátítani. Ezek az Acél Híd és Szerkezetépítés, valamint a Vasbeton Híd és Szerkezetépítés című tantárgyak voltak egy – egy félévben, heti 6 órában. E tárgyak keretében a hallgatók mélyebb ismereteket szerezhettek az acél, az öszvér, a vasbeton és a feszített vasbeton hídtervezés területén, és egy általános tervhez hasonló tervet, és néhány részletet is ki kellett dolgozniuk.

Az 1990-es évek végére nyilvánvalóvá vált, hogy ez a rendszer nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket, mert a hallgatók a választható tantárgyaikat esetlegesen vették fel, ezért gyakorlatilag nem volt egy évfolyamon két olyan hallgató, aki ugyanazt tanulta az öt évesre tervezett tanulmányi idő alatt. Így a végzett hallgatók szakirányú orientáltságát sem lehetett a diplomából egyértelműen megállapítani, ami a különböző szakmagyakorlási jogosultságok és a friss diplomásokat alkalmazók szempontjából is problémát jelentett.

Az előzőek kiküszöbölésére dolgoztuk ki, és vezettük be 2000-től az Építőmérnöki Karon a még jelenleg is működő modul rendszerű, szakirányos tantervet. Ennek lényege, hogy bár szakok továbbra sincsenek, de a választható tantárgyakat nem lehet tetszőlegesen felvenni. A hallgatóknak az alaptárgyak elvégzése után ágazatot, és azon belül szakirányt kell választaniuk. Minden szakirányban 30 kreditnyi választható tantárgy van, és annak főszakirányként való teljesítéséhez ebből legalább 25 kreditet kell eredményesen elvégezni. Ezen kívül a hagyományos ötéves képzésben a hallgatóknak mellék szakirányt is kell választaniuk, ami az abban szereplő tantárgyakból minimum 15 kreditnyi tananyag teljesítését jelenti. Ezzel biztosítható volt, hogy a végzett hallgatók szakirányú orientáltsága egyértelmű legyen.

A hídépítés iránt érdeklődő hallgatóknak fő szakirányként a Híd Műtárgy szakirányt kell teljesíteniük. Ebben kötelező tantárgyként szerepelnek az Acél és Öszvérszerkezetű Hidak, valamint a Vasbeton Hidak és Műtárgyak című tantárgyak, egyaránt 7 – 7 kontaktórában hetenként, és 8 – 8 kreditnyi értékben. Ezekben sajátítják el a hallgatók a vasbeton, feszített beton, acél és öszvérhidak tervezésének, kivitelezésének részleteit. A gyakorlati órákon pedig ezeknek megfelelő témájú tervfeladatokat dolgoznak ki. A Hidak mechanikája című tantárgy hat kreditben elsősorban a hidak tervezésénél alkalmazott számítógépi módszereket és a dinamikai kérdéseket tárgyalja. Az előzőeket a szakirányon belül két – két kreditnyi kiméretben acél- és vasbeton technológia tárgyak egészítik ki, amelyeknek ugyancsak vannak a hídépítéshez kapcsolódó fejezetei.

Azok a hallgatók, akik a Híd Műtárgy szakirányt választják fő szakirányuknak általában hídtervezés témakörében készítik diplomatervüket is. Ezeknek a hallgatóknak a száma évről évre örvendetesen növekszik.

Az élet azonban ezután sem állt meg. Az európai országok oktatási miniszterei még az 1990-es években elhatározták a felsőoktatás átalakítását az angolszász típusú többlépcsős képzésnek megfelelően. Ehhez az úgynevezett bolognai döntéshez Magyarország az EU tagjaként ugyancsak csatlakozott, és az új évezredben megkezdődött az ennek megfelelő tanterv kialakítása az építőmérnöki szakterületen is. Ennek lényege, hogy a képzés gyakorlatilag három szinten folyik. Az első a mérnöki alapképzés (BSc), ezt követi a mesterképzés (MSc), majd erre épül a szervezett doktori képzés (PhD). A végzettek mindhárom szakasz végén a végzettségnek megfelelően, BSc, MSc majd PhD diplomát kapnak. A három szakaszt természetesen nem szükséges mindenkinek végigjárnia, azonban mindegyik diploma feljogosít az annak a szintnek megfelelő szakmai tevékenység végzésére.

Az eredeti elképzelés szerint az alapképzés időtartama 3 év, 180 kredit, a mesterképzés 2 év, 120 kredit, míg a doktori képzés 3 év időtartamú lett volna. A doktori képzéssel itt a továbbiakban nem foglalkozom, mert ez speciálisan a tudományos tevékenységre, kutatások végzésére készít fel.

Az előzőekhez képest a hazai Bologna Bizottság javaslatára általában a műszaki szakterületen az alapképzés időtartamát 3,5 évben, 210 kreditnyi tananyagban, a mesterképzését pedig 2 évben, 180 kreditben határozták meg. Így a jelenlegi ötéves, 300 kredites képzéshez képest az elvileg azzal egyenértékű mesterdiploma megszerzéséhez 5,5 év tanulmányi idő és 330 kreditnyi tananyag elsajátítása szükséges.

Az építőmérnöki szakterületen fontosnak tartottuk, hogy a szakmagyakorláshoz szükséges jogosultságok jelentős része a mérnöki alapdiploma után megszerezhető legyen. Ezért az építőmérnöki szakmával együtt járó nagyobb felelősséget is figyelembe véve, az Európai Építőmérnökök Tanácsával (ECCE), a Magyar Mérnöki Kamarával, valamint számos európai műszaki egyetemmel egyetértésben úgy döntöttünk, hogy az építő és építészmérnöki alapdiploma megszerzéséhez szükséges tanulmányi idő 4 év, a kreditmennyiség pedig 240 kredit legyen. Ezt végül az oktatási kormányzat is elfogadta azzal, hogy a mesterdiploma megszerzéséhez szükséges idő nem lehet 5,5 évnél hosszabb, így a mesterképzésre fordítható idő az építőmérnöki szakterületen 1,5 év és 90 kreditnyi tananyag. A Karon 2005-ben bevezetett BSc-MSc tantervünket ennek megfelelően állítottuk össze.

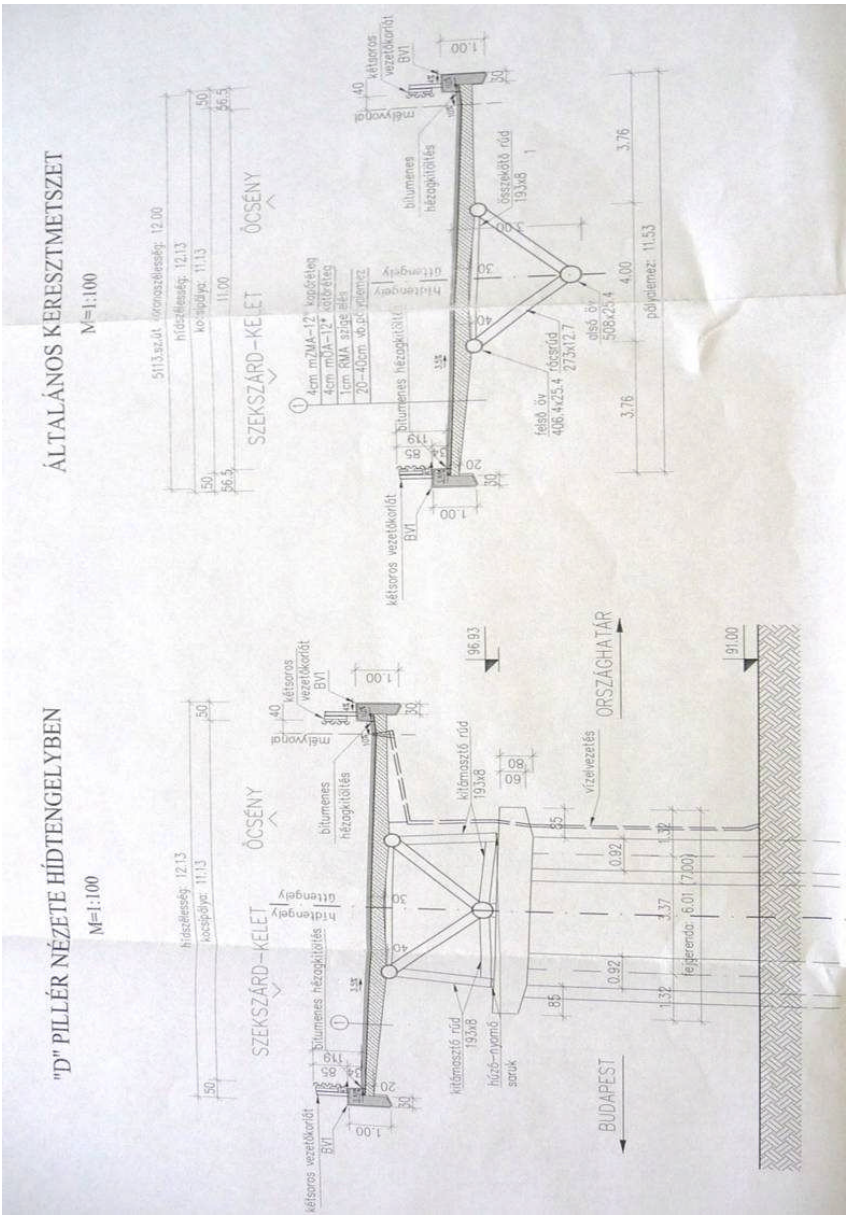
Az új tantervben az egységes építőmérnöki alapképzésben, amely most már a földmérőmérnöki képzést is magában foglalja, megtartottuk az előzőekben bemutatott modul rendszerű szakirányos rendszert. A hallgatóknak az alaptárgyak teljesítése

után itt is ágazatot és szakirányt kell választani. A 240 kredites alapképzésben azonban csak egy szakirány kötelező teljesítésére van lehetőség. Ez természetesen nem zárja ki azt, hogy a teljesen szabadon választható tantárgyak terhére valaki egy második szakirányt is teljesítsen.

Az alapképzésben a hídépítés iránt érdeklődő hallgatóknak a szerkezetépítő ágazatot, és ezen belül a Híd Műtárgy szakirányt kell teljesíteniük. Az ágazaton a többi szakirány számára is kötelező ágazati alaptantárgy a Hídépítés, amely az előző, hagyományos tantervhez hasonlóan, az acél és vasbeton hídépítéshez kapcsolódó alapfogalmakat foglalja össze heti 3 órában és 4 kreditben. Az összesen 20 kreditnyi kötelező tananyagot tartalmazó Híd Műtárgy modulban több, a hídépítéssel szorosan foglalkozó tantárgy szerepel. Ezek az Acélhidak, az Öszvér hidak és a Vasbeton hidak című tárgyak egyenként heti 4 óra illetve 4 kredit kiméretben. Új tantárgy a Fahidak, heti két órában és két kreditben. Az e szakirányban végzett hallgatók jelentős része hídépítési témájú diplomatervet készít. A diplomatervezés félévében lehetőség van tervezővállalatnál tervezési gyakorlatot is szerezni, ami a szabadon választható tantárgyak terhére, ugyancsak beleszámít az alapképzés 240 kreditjébe.

Az építőmérnöki diplomához tartozó oklevél melléletben fel van tűntetve a végzettség szakiránya is.

A 4 éves alapképzés tantervét igyekeztünk úgy összeállítani, hogy a rövidebb tanulmányi idő ellenére az egyes szakirányokban végzett hallgatók a szaktárgyakból lehetőleg ne tanuljanak kevesebbet, mint a hagyományos ötéves képzésben. A BSc diplomatervekre is azonos követelmények vonatkoznak. Az első BSc-re felvett hallgatók ebben az évben védték meg diplomájukat. A tapasztalatok azt mutatják, hogy ezt a célt sikerült elérni.



Egy BSc hallgató diplomaterv részlete 2009

A mesterképzés ez év szeptemberében indult el az Építőmérnöki Karon. Mivel ebben az évben az első alapképzési évfolyamnak csak a legjobb hallgatói végeztek, így gyakorlatilag valamennyien itt folytathatják tanulmányaikat. Az alapképzésben Híd Műtárgy szakirányon végzettek az MSc képzésben a Szerkezetépítő szakra iratkoztak be. Ezen a szakon a Tartószerkezetek és Geotechnika szakirányon bővíthetik ismereteiket a szerkezetépítés, ezen belül a hídépítés témakörében is. Erről képzésről még nincsenek tapasztalataink, legkorábban másfél év múlva tudunk beszámolni arról, hogy az MSc képzés mennyiben váltotta be hozzá fűzött reményeinket.

Az oktatásban mindig fontosnak tartottuk a hallgatók gyakorlati érzékének fejlesztését, azt, hogy ne csak a statikai számítással foglalkozzanak, hanem lehetőleg minél jobban sajátítsák el a szerkezet konstruálás rejtelmeit is. Ennek elősegítése érdekében már több mint 15-éve szervezünk számukra minden évben ősszel hídépítő modellversenyt. Ezen meghatározott súlyú, valamint előírt geometriai és teherbírási feltételeknek megfelelő hídmodelleket kell készíteni tetszőleges anyagok felhasználásával. A modelleket szerkezeti, esztétikai és teherbírási szempontok figyelembevételével értékeljük. A legjobbakat jelentős elismerésben részesülnek, de minden modellépítő kap valamilyen jutalmat. Az értékelésben részt vesznek a hídépítésben érdekelt vállalatok képviselői is, akik anyagilag is támogatják a rendezvényt.

A modellversenynek évről évre jelentős sikere van, volt olyan év, amikor több mint harminc modell is készült. Ha figyelembe vesszük azt, hogy egy - egy modellt általában több hallgató készít, akkor látható, hogy a hídépítés iránt érdeklődő hallgatók száma jelentős. A feledtkiírásban és az értékelésben egyébként a hallgatók is aktívan közreműködnek, és az előző tapasztalatok figyelembevételével velük együtt igyekszünk a verseny feltételeit évről évre tökéletesíteni.

Egy nyertes hídmodell

A hídépítés témakörében, is mint miden tudományágban nagyon fontosnak tartjuk az egyetem elvégzése után a folyamatos továbbképzést, az egy életen át tartó tanulást. Az újabb technológiák elsajátítása csak úgy lehetséges, ha az ember folyamatosan képzi magát.

A műszaki szakterületeken az egyetemi továbbképzés hagyományosan leghatékonyabb szervezett módja a szakmérnökképzés. A szakmérnökképzésnek a Karon és a Tanszéken is nagy hagyományai vannak. Gyakorlatilag az 1950-es évektől kezdődően folyamatosan indultak diplomával záródó szakmérnöki tanfolyamok. Ennek különleges jelentősége van a szerkezetépítésben, ahol a folyamatos továbbképzést a szabványok gyakori változása is indokolja. Ez manapság különösen fontos az egységes európai tartószerkezeti szabványok,

az Eurocode-ok megjelenésével.

Az elmúlt évekig a Műegyetemen nem volt kifejezetten a hídépítésre specializálódott szakmérnökképzés. A hidak tervezésével kapcsolatos ismeretek a szerkezetépítő szakmérnöki tanfolyamokba, az acélszerkezetekkel és a vasbeton szerkezetekkel foglalkozó szakmérnöki kurzusokba voltak beépítve. A 2000-es évektől kezdődően, az Eurocode-ok bevezetésével indult az Eurotervezési szakmérnöki tanfolyam a szerkezetépítő szakon. Ennek voltak a hídépítéssel kapcsolatos tantárgyai is.

A szakma kifejezett kérésére 2008-ban indítottuk el a hidászat iránt érdeklődő mérnökök részére a Hidász szakmérnöki tanfolyamot. A két éves tanfolyam kifejezetten a hídszerkezetek tervezésével és építésével kapcsolatos legújabb szakmai ismereteket tartalmazza, és szakdolgozat készítése után záróvizsgával fejeződik be. A sikeresen vizsgázók hidász szakmérnöki oklevelet kapnak. Az első évfolyam ez év decemberében fejezi be tanulmányait.

6. Összefoglalás

A hidász mérnökök képzése a Műegyetemen a kezdetektől nagy hagyományokra tekint vissza. A hídszakág oktatásban a Műegyetem több mint 225 éves történetében számos nagyhírű professzor működött közre. Ők nem csak oktatóként, hanem számos jelentős létesítmény alkotójaként is kiemelkedő szerepet töltöttek be nem csak a hazai, de a nemzetközi szakmai közéletben is.

A hídépítés jelentősége messze túlmutat az építőipar egészében betöltött százalékos arányán. Hallgatóink is leginkább a hidak kapcsán érzik át a tartószerkezet viselkedését, s ezt az érzést

hasznosítják minden más tartószerkezet esetén.

Mindezért fontos a hidakkal foglalkozó egyetemi oktatás, és ezért örvendetes, hogy a 2009. évi hídmérnöki konferencia ezt a témát is napirendjére tűzte.

A cikk bemutatja az oktatás rendszer fejlődését, különös tekintettel a hídépítéssel kapcsolatos oktatás fejlődésére a Műegyetemen.

7. Irodalom

Balázs Gy: Beton és vasbeton IV. Az oktatás története. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2001.

Csáki F. (szerk.): A BME Évkönyve 1967/68.

Farkas Gy. Iványi M., Tassi G., Völgyi I.: A BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke és elődei szerepe a hídépítésben. A BME Építőmérnöki Kar Hidak és Szerkezetek Tanszéke tudományos közleményei, 2009. pp. 11-52.

Fonó I.-né, (szerk.): A BME Évkönyve 2002/2003. BME Orz. Műszaki Információs Központ és Könyvtár.

Kiss M. (szerk.): Millenniumi évkönyv. BME 2000.
Mihailich Gy: A XIX. és XX. századbeli magyar hídépítés története. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1960.

Moldoványi Gy. (szerk.): Az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Évkönyve 1962/63

Moldoványi Gy. (szerk.): Az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Évkönyve 1964/65

Pávó E. (szerk.): A budapesti M. Kir. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Évkönyve 1934/35, a Mech. Techn. Intézet nyomdája. (és az évkönyvsorozat több más kötete.)

Rojkó E. (szerk.): Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Mérnöki Kar, Kossuth nyomda, 1964.

Vásárhelyi P. (szerk.): A BME Évkönyve 1992/93. A BME Központi Könyvtára

Budapest, 2009. szeptember

Dr. Farkas György
egyetemi tanár, tanszékvezető
BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

VÁLTOZÁSOK A HÍDSZABÁLYZATBAN

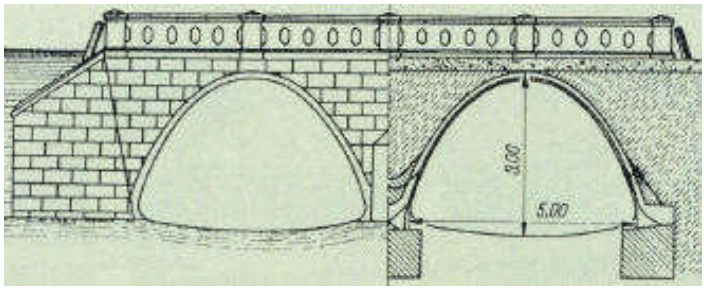
Kolozsi Gyula
VIA-PONTIS Kft ügyvezető
MAÚT Híd tagozat vezetője

A folyamatosan fejlődő hídépítési technológiák, az egységes európai szabályozáshoz való igazodás kényszer szükségessé tette, a hazai útügyi műszaki előírások átalakítását, korszerűsítését.

A kilencvenes évek végén még abban reménykedtünk, hogy a hidak létesítésére, tervezésére vonatkozó előírásokat két szinten fogjuk használni az új évezredben:

- Hídszabályzat 2000 (ÚT 2-3.401 amely az önkormányzatokra is kötelező)
- Egyéb tervezési előírások (ÚT 2-3.411-415 sorozat irányelv az önkormányzatok részére).

A jó reményű terv részeként szétválogatásra kerültek az egyes pontok a régi előírásban, így a szabályzatnak szánt részek mint „kőbe vésett” direktívák kerültek az ÚT 2-3.401 szövegébe, míg a „puhább” passzusok az ÚT 2-3.411-415 sorozat részeként tervezési előírásokat tartalmaztak.



A solti hidat 1889-ben még nem az EUROCOD szerint tervezték...

Nos, a szabályzattá való előléptetés nemes szándéka akkor (a kilencvenes évek végén) az önkormányzatokat felügyelő tárca ellenállásán elvérzett, de a „szétszedett” előírás időközben több más előírással harmonizálásra került, (gondoljunk csak a hivatkozásokra…) így bár a tartalom már nem indokolta, a forma maradt. Ezért, 2000 után mind a mai napig, ha valaki a létesítés, vagy teherbírás vizsgálat bármely szegmensét akarta áttekinteni, két előírást is meg kellett néznie, először a 401-est, majd ajánlott volt a hozzá tartozó független kötetbe szerkesztett másik előírást is előkeresnie a 411-415 sorozatból.

13 évvel az első hídszabályzat előtt épült a Ferenc József híd

Ezt a kettősséget akarja megszüntetni a most befejezés előtt álló munka, mely nem csupán a jelzett formai hibát fogja megszüntetni, hanem egyben az EUROCODE egyes már érvénybe lépett, vagy közeljövőben érvénybe lépő előírásaira figyelve tartalmi frissítéseket is életbe léptet.

A fentiek értelmében a régi jó megszokott 401-es megszűnik, helyette egységes szöveggel kerül kiadásra a „Közúti hidak tervezése 1. Általános előírások” megnevezésű, ÚT 2-3.41. A tervezetet már két alkalommal véleményezték tervezőirodás, beruházók, kezelők, az ízekre szedett előírás várhatóan hamarosan megjelenik.

Az 1910-es előírás szerint tervezték…

Ami szándékaink szerint változni fog:

- A felmentéseket ezen túl a szakminisztérium és az általa nevesített intézmény is megadhatja;
- A tervezés megindításához a Megrendelőnek részletes tervezési diszpozíciót kell kiadni;
- a létesítendő híd terhelési osztályát az előírás rögzíteni fogja, kiemelve a gyorsforgalmi és főutakat, valamint a nagy forgalmú utakat.
- új definícióként kerül az előírásba a geotechnikai tervezés fogalma, amely az eddig is kötelező talajfeltárásokon túl az alapozás teljes tervezését is magába foglalja;

- A meglevő alépítmények esetében nem lesz minden esetben szükséges az alaptest feltárása;
- A tervezési diszpozíciónak tartalmaznia kell a korlátra vonatkozó rendelkezést;
- A diszpozícióban a Megrendelő elrendelhet az érvényben levő előírásokat kiegészítő, vagy azok hiányát pótló egyéb előírásokat;
- Szándékaink szerint változik az engedélyezési terv kötelező munkarészeinek listája, összhangban a 15/2000 KöVíM rendelet folyó módosításával;
- Több helyen új nemrég megjelent MSz-EN-re történik utalás;
- Pontosításra kerül a megvalósulási terv tartalma;

…azok az ötvenes évek…

- Szigorodik az előírás a nagyhidak ferdeségére vonatkozóan;
- Meghatározza az előírás az autópályák felett átvezetett hidak szélességét, (7,0 m-nél kisebb szélesség nem tervezhető)
- Növeli az új előírás a hidak alatti űrszelvény magasságát, (általában 5,0 m, melyet könnyű gyalogos-kerékpáros

hidak esetében további 0,5 m-rel növelni kell;
- Pontosításra kerül a háttöltés anyagára vonatkozó előírás;
- Városi környezetben nem lesz kötelező minden esetben kiegyenlítő lemez építése;
- Pontosításra kerül a saru alkalmazásának feltétele;

A ma érvényben levő előírás alapján készült híd

- Több pontban változik a kiemelt szegély kialakítására vonatkozó előírás;
- A kerékpáros korlát magassága ismét 1,4 m;
- Pontosításra kerül a hídpálya esésére vonatkozó előírás;

Fentiekkel egy időben hasonló formai és tartalmi átalakuláson megy át a következő néhány előírás:

- ÚT 2-3.412 Közúti hidak tervezési előírásai II. Erőtani számítás
- ÚT 2-3.413 Közúti hidak tervezési előírásai III. Közúti acélhidak tervezése
- ÚT 2-3.414 Közúti hidak tervezési előírásai IV. Beton, vasbeton és feszített vasbeton közúti hidak tervezése
- ÚT 2-3.415 Közúti hidak tervezési előírásai V. Öszvérhidak tervezése

- ÚT 2-3.402 Közúti hidak építése
  Vasbeton hidak
- ÚT 2-1.403 Közúti visszatartó rendszerek II.
  Hídkorlátok

Talán már az új előírás szerint tervezi meg a tervező ezt a hidat…

A fenti előírások az egymásra hivatkozások halmazával csak együtt jelentethetők meg. Az évek óta tartó gigászi munkában több munkabizottságban, felkért opponensi relációban mintegy 50 mérnök vett részt.

Budapest, 2009. szeptember 16.

Kolozsi Gyula
ügyvezető
VIA-PONTIS Kft

Az acél híd felszerkezetek hazai építési technológiájának fejlődése az elmúlt fél évszázadban

Dr. Domanovszky Sándor
Széchenyi Díjas mérnök

Bevezetés

A hazai hídépítési tevékenységet több szempont szerint is lehet vizsgálni. Ha az aktivitás csúcsait vesszük alapul, akkor **három**, egyenként mintegy tíz éves **korszak emelkedik ki: a XIX-XX. század fordulója, a II. világháború utáni újjáépítés**, végül az **1998-2008 közötti évtized**. Egy másik – tanulmányunk tárgyát képező szempont – **a szögecselt szerkezetek hegesztettekre történő átalakulása** hosszan elhúzódó, többlépcsős folyamatának nyomon követése. Indokolttá teszti ezt az is, hogy az első, minden illesztésében hegesztett, korszerű, ortotróp pályaszerkezetű híd, a Laskó-patak híd gyártása 1959-ben, tehát éppen 50 esztendeje történt. Ennek alapján megalapozottnak véljük, hogy az 50. Hídmérnöki Konferencián a hazai hídépítés elmúlt fél évszázadával külön foglalkozzunk.

Jelen tömörítvényben csupán a fejlődési folyamat főbb állomásainak bemutatására szorítkozunk. Ismertetjük az alapanyagok, a kötések és a szereléstechnológia területén bekövetkezett legfontosabb változásokat. Ehhez a vizsgált időszakban – a fejlődést meghatározó, a Dunán és a Tiszán – épült hidakat vesszük alapul. **(A teljes – 42 oldal terjedelmű, 147 képet tartalmazó anyag a MAGÉSZ ACÉLSZERKEZETEK című folyóirat 2009/3. számában jelent meg. Ezt a résztvevők a Konferencián kézhez kapják.)**

A fejlődés meghatározó tényezői

Alapanyagok

A hegesztés bevezetését követően, a ’30-as évek második felében előfordult **ridegtörési esetek** felhívták a figyelmet az új kötésmód (előnyei melletti) veszélyforrásaira. Ezek egyrészt az alapanyag mechanikai tulajdonságainak a hegesztési hőfolyamatban történő kedvezőtlen változásai, másrészt a (gátolt) hegesztési zsugorodások esetében fellépő saját feszültség. Húszéves kutatómunka eredményeként rájöttek arra, hogy a védekezés ellenük edződésre nem hajlamos, továbbá kellően szívós anyag alkalmazása. Emellett fontos szerepe van a helyes – bemetszésektől, térbeli feszültségállapottól kímélt – szerkezeti kialakításnak, valamint a szakszerű kivitelezési technológiának.

Az alapanyag esetében a megfelelőség záloga a kedvező vegyi összetétel – azaz alacsony karbon (C %), illetőleg karbon egyenérték (CE %) – és a finomszemcsés szövetszerkezet. Minőségének mérőszámaként a Charpy (ISO) V próbatesttel szavatolt – szívósból rideg állapotba történő – átmeneti hőmérsékletet választották. Ezen az alapon tette közzé 1961-ben a német Bierett professzor anyag-kiválasztási korrelációs rendszerét, mely – elsősorban – a konstrukcióból adódó feszültségállapot, az üzemi hőmérséklet és az anyag falvastagsága szerint írja elő a kellő biztonságot nyújtó (szavatolt átmeneti hőmérséklettel meghatározott) minőséget. Empirikus módszerének helyességét az elmúlt közel 50 év tapasztalatai igazolják. Hazánkban a Közúti Hídszabályzat 1968-ban vezette be (kötelező jelleggel) ennek alkalmazását. Az Eurocode előírásai 2005 óta vannak érvényben. Ezek a problémát törésmechanikai úton közelítik meg, de a lényeg gyakorlatilag nem változott. Szükségesnek tartjuk azonban megjegyezni, hogy az új rendszer – egy adott esetre – a korábbinál valamivel nagyobb falvastagságokat enged meg, de ez – véleményünk szerint – csak

a napjainkban gyártott, tehát az 50 évvel ezelőttinél lényegesen jobb minőségű anyagokra alkalmazható!

A vizsgált időszak első hegesztett hídjainál:
- az MNOSZ 6289-55 „Különleges acélok hegesztett híd és járműszerkezeti célokra" című, továbbá
- az MSZ 6280-57 „Nagyszilárdságú acél hegesztett híd és járműszerkezeti célra MN TI acél"

anyagokat alkalmazták.

Az Erzsébet híd gyártásánál bekövetkezett ridegtörési esetek (is!) rávilágítottak arra, hogy hídépítési célra egyik sem felel meg (a Bierett-féle előírások szerint sem), mivel ezeknek az acéloknak a gyártása során sem csillapítást, sem normalizálást nem alkalmaztak, továbbá az átvételi vizsgálatokból az ütőmunka hiányzott. Szerencsére az addig épült néhány hegesztett szerkezet (főként a szolnoki közúti Tisza-híd) viszonylag vékony (8-14 mm) lemezekből készült, így ezeknél – feltehetően – nincs veszély.

Az Erzsébet hídnál tapasztalt jelenségek következtében megalkották az MSZ 6280-65 szabványt, mely már bevezeti az ütőmunka vizsgálatokkal szavatolt minőségi szinteket („B", „C", „D"). Ezeket a fentebb említett előírás szerint a további hidak tervezésénél már figyelembe vették, azaz a ridegtöréssel szemben kellő biztonságot nyújtó, megfelelő minőségeket alkalmaztak.

A hazai hídépítésben 40 esztendőn át a 37-es (S235) és az 52-es (S355) anyagokat használták. Nagyobb szilárdságút első alkalommal a dunaújvárosi Pentele híd mederszerkezetébe építettek be. Az MSZ EN 10113-3:1995 szabvány szerinti **S460M/ML minőségű, termomechanikusan hengerelt** – maximum 70 mm falvastagságban alkalmazott, import – **anyag minden tekintetben kitűnőre vizsgázott**.

Kötésmódok

A bevezetésben már említettük, hogy az **első korszerű, ortotróp** pályaszerkezetű, 20 m fesztávú – kísérleti jelleggel 1960-ban épült – **Laskó-patak híd minden kötése hegesztett volt** (tervezője: UVATERV, Szánthó Pál, kivitelezője: Ganz-MÁVAG). A másik kísérleti hidat a **Takta-patak** fölé két évvel később szerelték fel. Ez egy öszvér szerkezetű, 30 m fesztávú, rácsos híd, melynek gyári kapcsolatai hegesztett, a helyszíniek azonban **– hazánkban első ízben – NF-csavarosak** (tervezője: UVATERV, Kékedy Pál, kivitelezője: KÖZGÉP). **Mindkettő csupán néhány évvel maradt el a külföldi élvonaltól, a továbbiakra nagy hatást gyakorló, bölcs döntés alapján született, értékes, úttörő munka volt.**

A fent említett két korai példa csak fokozatosan – mintegy 30 év alatt lezajló, hosszú folyamat során – **került átültetésre a hazai nagyobb hidaknál.** Eleinte csupán a gyári illesztések voltak hegesztettek, a helyszínieket szögecselték, majd később NF-csavarokkal kapcsolták. A vízi szállítás nagy szerelési egységeket tett lehetővé, ezeknél már csak a helyszínen és a főtartók esetében részesítették előnyben az NF-csavart. **A dunaújvárosi Pentele híd volt az első nagyfolyami hidunk, melynek minden kapcsolatát a helyszínen is hegesztették (2007).**

A **hegesztéstechnológiát** tekintve, először a **bevontelektródás kézi ívhegesztést** (111) alkalmazták. Az Erzsébet hídnál már – kiugró módon – a varratok mintegy 70 %-a **fedettívű eljárással** (121) készült. A **védőgázas eljárás** (135) kezdetben – főként a korai 52-es acélok feledződési hajlama miatt – alárendelt szerepet kapott. Ennek **önvédő porbeles változatát** (136) a Lágymányosi hídnál már jelentősebb arányban alkalmazták. **Az elmúlt évtizedekben a védőgázas hegesztés a gyártásban fokozatosan kiszorította a kézi ívhegesztést,** mely a helyszínen azonban még

mindig fontos szerepet játszik. Például a Pentele híd mederszerkezeténél nagyrészt azt alkalmazták. Ennek oka főként a nemrég kifejlesztett kisméretű, kézzel bárhova könnyen eljuttatható, nagyteljesítményű inverteres áramforrásokban keresendő. (Meg kell azonban jegyezni, hogy az egyes kivitelezők álláspontja, illetve gyakorlata e téren eltérő: a Pentele híd parti szerkezeteinél csak a Ganz Zrt. preferálta a kézi ívhegesztést, az MCE Kft. tömörhuzalos, míg a KÖZGÉP Zrt. porbeles fogyóelektródás eljárást alkalmazott.)

Szereléstechnológia

A tárgyalt időszak legmarkánsabb változásai, innovatív fejlesztései kétségtelenül a szerelési technológia területén figyelhetők meg. A két nagy folyón eltérő módszereket alkalmaztak, ezért célszerűnek látjuk az azokon megvalósított műtárgyak építését (a fejlődés tömör bemutatásánál) külön-külön vizsgálni. Elöljáróban megjegyezzük, hogy az acélszerkezet gyártását, szerelését zömében a Ganz-MÁVAG (illetőleg jogutódjai), kisebb hányadban a KÖZGÉP Rt. egy esetben az MCE Nyíregyháza Kft., míg a vízi munkálatokat mindenkor a Hídépítő V., illetőleg a HSP Speciál Kft. végezte.

Tisza-hidak

A Tiszán épült hidak gyártási egységeit vasúton, vagy közúton szállították a helyszínre, tehát csak viszonylag kis méretekben jutottak az – ott mindenkor kiépített – előszerelő területre. Itt a kezdeti időkben még a hagyományos eszközöket alkalmazták.

Az algyői közúti (1974), majd a szegedi északi (1978), a csongrádi vasúti (1985) hidakhoz már a Dunáról áttelepítettek egy 100/50 tonnás úszódarut. Ez segédkezett a tiszaugi híd (2001) – egyedülálló, tengelyirányú – beúsztatásához készített bárka állványzatának megépítésében is. A parti előszerelés, illetőleg a

hidak ártéri szakaszainak szerelése részben bakdarukkal, később autódarukkal, illetőleg a kettő összedolgozásával történt. A mederhidak szerelését esetenként két oldalról a hídközép felé haladva végezték (algyői közúti, szegedi), más esetekben tengely irányú betolást alkalmaztak (tiszafüredi közúti, csongrádi vasúti, tiszaugi közúti). Különleges emelő-szállító darut létesítettek a polgári hídhoz (1990). Az **úszó-emelőmű első** (meglehetősen kockázatos, de végül is sikeres) változatát **a régi polgári híd** egy-egy 106 m hosszú, 410 tonna tömegű nyílásának leemelése és a Tiszán 120 km-re fekvő **Cigándig** történő felvontatása, majd beemelése volt (1994). **Az esztergomi híd építéséhez készült ún. úszó-emelőművet,** az ottani feladatok elvégzése után átvitték a Tiszára és azzal (2001 végén, három héten belül) a helyére tették a két, egyenként 257 m hosszú, 1.050 tonna tömegű, készre szerelt acélszerkezetet. Ez volt eddig ennek a berendezésnek a maximális teljesítménye (hossz és tömeg tekintetében egyaránt).

Duna-hidak

A Dunán az újjáépítéshez biztosított **két 100/50 tonna kapacitású úszódaru** (József Attila és Ady Endre) lehetővé tette, hogy 1963-tól (Erzsébet híd) **100 tonnás egységeket emeljenek be. Az Árpád híd bővítéséhez 1980-ban készített, 120 tonna teherbírású Clark Ádám úszódaru** már egyedül tett helyére ilyen tömegű egységeket. Természetesen ennek előfeltétele a gyártó üzemek, illetőleg előszerelő telepek emelőkapacitása volt. **A Ganz-MÁVAG 1980-ban két 50 tonnás daruval ellátott üzemcsarnokot létesített és egyidejűleg a Lágymányosi előszerelő telepen a Duna fölé nyúló, 100 tonna teherbírású futódaruval ellátott, 200 m hosszú pályát épített.**

Az esztergomi Mária Valéria híd újjáépítéséhez készült, **1.600 tonna emelőkapacitású, 18 m emelőmagasságú úszó-emelőmű** ugrásszerű előrelépést jelentett. 2001-ben ezzel tették helyére az

átkelő két 102 m és a 119 m támaszközű, 610 tonna tömegű középső nyílását.

A szekszárdi híd medernyílásának öt egységét, köztük a két 120 m hosszú, 700 tonna tömegű szerelési szakaszt – 140 km vízi út megtétele után – néhány óra alatt emelték a pillérekre. Hasonló technológiával épült az M0 autópálya gyűrű Megyeri átkelőjének Szentendrei Duna-ág hídja is (max. 800 tonna tömegű szakasszal).

A vízi mozgatás hazai legnagyobb – feltehetően világviszonylatban is egyedülálló – **teljesítménye volt a dunaújvárosi Pentele híd** esete. A 310 m hosszú, 41 m széles, 51 m magas, 8.650 tonna tömegű medernyílást, további 2.000 tonnát kitevő, 14 m magas állványszerkezettel együtt, juttatták helyére. Ezt a manővert oly módon hajtották végre, hogy egy erre a célra létesített, négy-négy darab 80 m hosszú TS uszályból összeállított, két bárkacsoport öt nap alatt „átvette" a parti szerelőállványról, a pillérekhez úsztatta, majd – a fogadó szerkezet elkészülte után – azokra „tette". Az ívhidat a bal parti pilléren 4,5 m-rel, a jobb partin pedig (mivel a pálya 1,5 %-os emelkedőben van) két lépcsőben, összesen 9,0 m-rel megemelték.

Két úszódaru – a Clark Ádám (200 t) és az ATLAS (300 t) – tökéletes együttműködésével, páros emeléssel tettek helyére a Megyeri hídnál 110 t, az Északi vasútinál pedig **max. 500 t tömegű egységeket**.

Összefoglalás

A tanulmányban megkíséreltük az elmúlt fél évszázadban acél felszerkezettel létesült új kilenc Tisza- és nyolc Duna-híd legfontosabb jellemzőinek bemutatásával felvázolni a hídszerkezetek alapanyagainak, gyári és helyszíni illesztési módszereinek, végezetül, főként, a szerelés technológiájának fejlődését, a szinte minden esetben újat hozó, innovatív jellegű megoldásokat. **Reméljük, hogy némileg sikerült érzékeltetni azt a hosszú, de töretlenül felfelé ívelő utat, melyet e – gyönyörű – szakterület művelői 50 esztendő alatt bejártak.**

Budapest, 2009. szeptember 18.

Dr. Domanovszky Sándor
Széchenyi Díjas mérnök

„A NAGYHIDAK ÉPÍTÉSÉNEK TANULSÁGAI” avagy JELENTŐS MEDERHÍD ÚSZTATÁSOK MAGYARORSZÁGON - 1994-2008

Kovács Rezső
Hídépítő Speciál Kft
műszaki igazgató

A magyarországi hídépítési gyakorlatban 1994-2008 között – mint ahogy világviszonylatban is tendenciaként jelentkezett – egyre több folyami híd építésénél került alkalmazásra a nagy méretekben és tömegben történő hídbeúsztatás, a híd úsztatások és vízi szállítások valamely változata.

A magyarországi Tiszán és a Duna folyamon eddig 10 esetben történt új, jelentős vízi szállítás, beúsztatási technológiával tervezett és végrehajtott hídépítés. Az úsztatásokat a HÍDÉPÍTŐ SPECIÁL KFT, a kapcsolódó szerelési feladatok többségét a GANZ ACÉLSZERKEZET (Ganzacél) Zrt. illetve a KÖZGÉP Zrt. végezte.

A hidak eddig végrehajtott mozgatásait elsősorban a folyóra merőlegesen kiépített pályán való behúzás, az ugyanilyen módon két emelőállványos bárkára történő húzás és teherátvétel, majd a vízi szállítás, helyszíni beúsztatás jellemzi.

A vízi szállítások 3 és 140 km–es távolság közöttiek voltak (pld. Cigánd, Esztergom, ill. Szekszárd, M0 Északi Duna-híd, Északi vasúti Duna-híd) a többi esetben helyszíni úsztatásról vagy beforgatásról volt szó.

1994 Polgár – Cigánd (Tisza folyó)
(Kiúsztatás, vízi szállítás, beúsztatás)

2 db 106 m-es, kb. 430 tonna tömegű hídrész elbontása, bárkára emelése Polgáron, 120 km-en történő vízi szállítása a Tisza folyón felfelé. A vízi szállítás közben áthajózás a tiszalöki zsilipen és a tokaji vasúti és közúti hidak alatt.

A Cigándi építési helyszínen a két hídrész beúsztatása, ill. hídtengely irányú kihúzása, elhelyezése az elkészített pilléreken. Az első magyarországi, de máig is igen jelentős műszaki teljesítménynek tekintett hídúsztatás volt. A teljes leemelési, vízi szállítási és beemelési munkálatok – beleértve mindkét szállított hídnyílást - 1994. március- július hónapok között zajlottak le.

1. ábra A helyszíni beúsztatás

2. ábra A hidakat vízbe is kellett süllyeszteni

3. ábra Átzsilipelés Tiszalökön

1997-1998 Taksonyi Soroksári Dunaági-híd
(a hídszerkezet tengelyirányú behúzása)

A rácsos szerkezetű régi acélhíd egy részben történő hídtengely irányú kihúzása, ill. az új híd tengelyirányú behúzása a bárkán elhelyezett fix nehézállvánnyal.

4. ábra Tengelyirányban kell elindulni

5. ábra Tengelyben is kell maradni

2000-2001 Kvassay Soroksári Dunaági-híd
(tengelyirányú betolás, úszó állvánnyal)

A két új hídrész úsztatási műveletei egy 80 m-es bárkán elhelyezett fix nehézállvány segítségével történtek, több ütemben.

2000-2001 Tiszaugi Tisza-híd
(tengelyirányú húzás)

Hídtengely irányú behúzás volt, a parton megépített teljes szerkezetet illetően, két ütemben. Első hídrész – 9 úsztatási ütem, második hídrész – 1 úsztatási ütem. Max. reakció az úsztató bárkán: kb. 460 tonna

6. ábra Már nem sok van hátra

7. ábra A bárka merüléséből szintén

2000-2001 Esztergomi-Párkányi (Szlovákia) „Mária Valéria Duna-híd
(a rácsos acélszerkezetű híd összeszerelése bárkán, 3 km vízi szállítás a Dunán folyásirányban lefelé, majd beúsztatás és elhelyezés a mederpillérekre)

Három igen látványos és sikeres hídbeúsztatás volt, melynél teljes hídnyílások kerültek elhelyezésre a bárkákon elhelyezett hidraulikus emelőállvány segítségével. A látványt tekintve – is - lenyűgöző volt.

A III. nyílás kb. 520 tonna, IV. nyílás kb. 610 tonna, az V. nyílás kb. 520 tonna tömegű volt.

8. ábra A teljes hídnyílás egy bárkán!

9. ábra És beúsztatva a helyére

2001–2002 M3 Autópálya Oszlári Tisza-híd

(2 db teljes hídrész partra merőleges összeszerelése, kiúsztatás bárkákkal a Tiszára, majd két emelőállványos bárkával, 60 m mozgatással hídtengelybe úsztatás)

Az I. sz. északi hídrész 2001. november 28-án, a II. déli hídrész 2001. december 17-én került a helyére, (2 db teljes híd lett beúsztatva)

A hidak tömege egyenként 1050 tonna/db, hossza 257 m volt, a helyszíni beúsztatás – a két hidat tekintve 2,5 hónap alatt történt.

10. ábra A látvány sem utolsó

11. ábra Persze télen is dolgoztunk

2002 **Szekszárdi Duna-híd**

(Hídrészek előszerelése Budapest-Csepelen 66-120 m hosszú egységekké, az 5 db hídrész 139 km-es vízi szállítása a Dunán lefelé, majd a mederhíd részek helyszíni beúsztatása)

A helyszínre úsztatás során igazán szokatlan módszer került végrehajtásra. A teljes szállítmányokkal két közbenső Duna-híd alatti áthajózás volt szükséges, a közbenső megállásokkal és fordulásokkal. A hajózási műveletek hibátlanul előkészített végrehajtások voltak.

12. ábra Na mi ez ? Csurma !

13. ábra Záróelem Szekszárdon

2006 Dunaújvárosi Duna-híd

A 307,9 m fesztávú, 41 m széles és kb. 50 m magas „kosárfül" ívhíd 8650 tonna tömegű volt, mely egyben (!!) került beúsztatásra.

A mederhíd a bal parton kiépített szerelőtéren került összeépítésre. Félig víz felett, félig a parton, majd úsztatóöblök alákotrásával, 8 db nagy hordképességű bárka és fix állványzatok segítségével történt a teher átvétele a parti állványzatról.

A beúsztatási művelet az úsztatóöblökből való kiúsztatásból, 90 fokos befordításból, majd a hídtengellyel párhuzamos állapotba hozásból és a hídtengelybe való manőverezésből állt, végül a hídteher elhelyezésre került a mederpilléreken.

A parti teherfelvételt és a végleges hídtengelyben a mederpillérekre való elhelyezést komplex számítógépes vezérlő rendszer segítette.

A Dunaújvárosi Duna-híd tömege gyakorlatilag annyi volt, mint az addigi összes hídbeúsztatás együttes tömege!!

A híd és a szükséges állvány együttes tömege (összesen kb. 10350 tonna) alapján elmondható, hogy a teherátvétel, az öblökből való kiúsztatás, a befordítás és a tényleges hídtengelybe úsztatás és mederpillérekre helyezés minden bizonnyal a jelenkori magyarországi hídépítési szakma kimagaslóan legnagyobb kihívása és teljesítménye volt.

A bárkacsoportokat az úsztatóöblökben való teherátvétel és az úsztatási műveletek során minden időjárási körülményre felkészülve kellett biztosítani.

A folyamon világrekordot jelentő úsztatott hídtömeg, az esetleges szél hatása, a Duna adott napokban tanúsított vízjárása és vízsebessége minősült a legkomolyabb kockázati elemnek, a kapcsolatos feladatokat e körülmények egész biztosan kiemelték a „korábbi rutinszerű úsztatások” sorából.

14. ábra Az indulás nehezén már túl vagyunk !

15. ábra A fordítás sem volt egyszerű

16. ábra Hát nem gyönyörű ?

17. ábra Már meg is szelidítettük ! ....gondoltam.

18. ábra Holnap folytatjuk !

2007 **M0 Autóút Északi Duna-híd, Szentendrei Dunaág-híd**
(6 db hídrész előszerelése Csepelen, 20 km vízi szállítás - folyásiránnyal szemben - a budapesti hidak alatt, majd a 6 db hídrész helyszíni beúsztatása)

A Szentendrei Dunaág-híd acél felszerkezetének helyszínre szállítása és beemelése a mederpillérekre. Az egyes hídrészek 600-650 tonna körülitömegűek, 90-126 m hosszúak voltak.

A feladat ez esetben a Budapest-Csepeli szerelőtelepen a Duna folyásirányára merőlegesen kitolt szerkezet 2 db TS 40-es bárkára való teherátvétele, vízi szállítása folyásiránnyal szemben és a helyszíni pilléreken való elhelyezése volt.

Az érdekességet az jelentette, hogy a 40 m hosszú bárkákkal – a hídterhet két hidraulikus emelőállvány segítségével átvéve – a budapesti összes híd alatt át kellett hajózni. Az áthajózás ez esetben úgy történt, hogy a 40 m-es bárkák a folyásirányra merőlegesen, vagyis keresztben úsztak felfelé, mivel a híd így hosszában átfért a hidak alatti nyílásokban.

19. ábra Az első híd, meghajózni nehéz volt !

20. ábra A helyszínen, nyugalomban

2007-2009 Északi Vasúti Duna-híd
(8 db 170-500 tonna tömegű hídrész úsztatása Csepelről a helyszínre, majd a régi híd leemelése és az új hídrészek beemelése két úszódaruval)

A bárkákra helyezett max. 31 m-es hídrészek toldása 77,5+31+5*93+77,5 m-es hídszakaszokká a bárkákon történt. Hajós manőverek voltak szükségesek a csepeli kikötő vízterületén az egyes előszerelési műveletek lehetséges sorrendjének kiszolgálása érdekében.

Az új szerkezeti szakaszok vízi szállítása 8 úgynevezett „úsztatási egység”-ben valósult meg Csepel és a vasúti híd helyszíne között (összesen 7 hídnyílás, egyenként 180-500 tonna),

A helyszínen két úszódaru együttes emelései lettek betervezve és végrehajtva a max. 500 tonna emelőkapacitás figyelembe vételével.

Az Északi vasúti Duna-híd folyamatban lévő rekonstrukcióján belül a nagy Duna-ági rész acél felszerkezet elbontása és az új felszerkezet megépítése 2008. július-augusztus hónapokban lezajlott. A munkák a vágányzár 2008. június 21-i kezdését követően 2008. augusztus 30-ára kerültek abba az állapotba, hogy a meglévő pillérekről a régi kéttámaszú szerkezetek lekerültek és az új, folytatólagos rácsos alsópályás szerkezet - a szintén ez alatt az időtartam alatt fogadó kész állapotba hozott mederpillérekre - elhelyezésre került.

A maga nemében ez is kiemelkedő teljesítménynek számított!

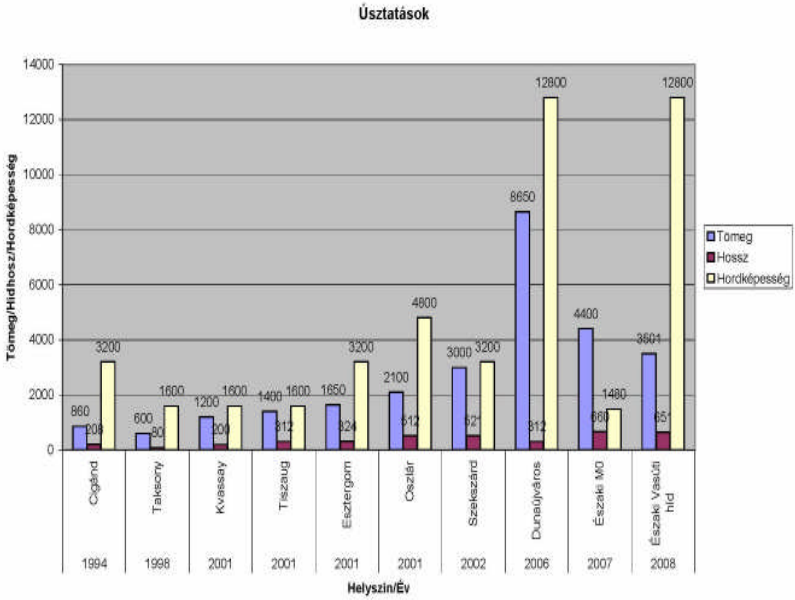
21. ábra A régi híd sorakozik

22. ábra A két úszódarunak testhez álló feladat volt a beemelés is

A BEÚSZTATOTT HIDAK ÖSSZESÍTETT ADATAI

Egy kis összefoglaló néhány fontosnak vagy érdekesnek tűnő adat figyelembe vételével, csak statisztikai érdekességként:

- A hidak össztömege: 27360 to
- Az úsztatott hidak hossza: 3780 m
- A bárkák hordképessége: 46280 to



ELŐFORDULT „ESETEK”

- 2 * 400 to leemelés, 120 km vízi szállítás, 2*100 to beemelés
- 300 to tengelyirányú mozgatás
- 2 * 600 to tengelyirányú mozgatás
- 1400 t tengelyirányú mozgatás
- 520+610+520 to 3 km-es vízi szállítása, majd beúsztatása

- 2 * 1050 to kereszthúzása, majd 60 m-rel feljebb történő beúsztatása
- 5 db, összesen 3000 to acélhíd 139 km-es vízi szállítása, helyszíni beúsztatása
- 1 db 8650 t-s ívhíd befordítása és beúsztatása
- 6 db, összesen 4400 to acél hídrész 20 km-es vízi szállítása és beúsztatása
- 8 db, összesen 3500 to acél hídrész 15 km-es vízi szállítása és beemelése

AMIKRE GONDOLNI KELLETT …

- Az alaptechnológia elve - igen változatosra sikerült
- Bárkák mennyisége, alakzata – már meg sem ijedünk tőlük
- Bárkacsoport előkészítése, állvány beépítés – mindig rendkívül fontos része az előkészületeknek
- Alátámasztási rendszer – a kapcsolatok mindig fontosak …
- Bárkák összekötése, kiegészítő úszóeszközök - segédeszközök, horgonyzó dereglyék (MUCI-k) „párnabárkák" nélkül nincs siker
- Mederfelmérés, kotrás – a terhelések miatti nagyobb merülések anyagi áldozatokat is követeltek …
- Bárkák aláúsztatása – semmi különös 1: „Ballaszt be"
- Teherátvétel (Ballasztolás és hidraulikák) – semmi különös 2: „Ballaszt ki"
- Hajós manőverek kézi és gépi csörlőkkel, géphajókkal – ez az igazi hajós szakma. Ezeket a műveleteket tanulni nem lehet. (Kis szerénytelenséggel: … hacsak nem Tőlünk..)
- Határidő – úgy gondolom rajtunk nem múlt

FONTOS, ELENGEDHETETLEN INTÉZKEDÉSEK

- Vízi szállítási terv - Úsztatási terv
- Különleges szállítási engedély

- Vízi Munkavégzési engedély és Hajósoknak Szóló Hirdetmény
- Hajózási zárlat – ha tényleg kell
- URH rádiós irányítás és biztosítás, operatív kommunikációs rendszer
- Vízirendőrségi biztosítás – a helyzettől függően

SZÜKSÉGES ERŐFORRÁSOK

- mérnöki szintű felkészültség
  (s a nagy csapat.)
- hajómérnöki szintű felkészültség
  (legalább 1 db Székely László)
- az eddigi úsztatások tapasztalatai
  (fussunk neki, s valahogy majd csak lesz…)
- rendelkezésre álló és megfelelő úszóeszközök
  (ha még az eddiginél is jobban átalakítjuk,
  jó lesz!)

23. ábra Székely László ? !

„MELLÉKTERMÉKEK”

Az egyes munkák során többször előfordult, hogy olyan feladatot is el kellett végezni, melyre a fő módszer megoldása mellett kevesebben gondoltak, mivel nem volt olyan látványos része a technológiának.
A tapasztalat azonban – többször időhiányból és egyéb kényszerből – olyan megoldásokat is felszínre hozott, melyek alapötlete, megvalósításának gyorsasága és zökkenőmentes kivitelezése ugyancsak siker volt.
E megoldásokra mutatnak példát az alábbi képek.

24. ábra Az első zsilipelés

25. ábra Ha kell, akkor többet egyszerre !

26. ábra Járom bontás - gyorsan

LÉNYEGES MEGÁLLAPÍTÁSOK

- a technológia nem marad el, csak átalakul …
- az úsztatandó tömeg nem minden
- a beúsztatások komoly előkészítéseket igényelnek
- az időjárás (szél, víz, jég) előrejelzése, folyamatos nyomon követése nélkül reménytelen a vállalkozás
- a munkára koncentrálás és koordinált munkavégzés mellett jó, ha az ember tudja, mit csinál …

ÉS SZUBJEKTÍVEN…

- Igencsak „kihívó” feladatok voltak, a maguk idejében mindenképpen
- A megfeszített munkavégzéseket egyértelmű sikerek követték, bár ünneplésre, pihenésre nem mindig jutott idő…
- Remek, összeszokott munkacsoportok nélkül nem ment volna
- A „szerencsés időjárás”-sal mindig meg kellett és meg is tudtunk küzdeni
- Az erkölcsi elismerést legtöbbször megkapták a tervezők, végrehajtók

Egy kis utószóként:

Nagy és sikeres korszak van mögöttünk, de mint ahogy mindegyik feladat után, úgy manapság is azt reméljük, hogy lehet ezt még fokozni. Készen állunk rá, bár a csapatból sokan kiöregedtek, lemorzsolódtak, a nyugdíjat választották...

A lényeg azonban biztos nem fog változni, melyet a hídépítési szakma e majd’ 15 éves periódusa fényesen igazolt: Lehet erre a

technológiára alapozni, sőt, komoly tartalékokkal is rendelkezik. Az esetleg leköszönő szakembereknek az a dolguk, hogy adják át a tapasztalatokat – vagyis „passzoljanak”, a tovább üzemelő, kíváncsi fiatalok pedig „kezeljék le” azokat.

Kicsi ez a szakterület, de mégis lehetetlen felsorolni azokat a személyeket, akik e munkák nagy részében komoly szerepet vállaltak. Talán nem is fontos, mivel Ők tudják, s számukra az igazi erkölcsi elismerés az, ha a következőben is részt vehetnek. Egész biztosan megérdemelnék ….

A Hídépítő Speciál Kft., a Ganzacél Zrt., a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Hidak és Szerkezetek Tanszéke, a Barabás Mérnökiroda Kft.

által megvalósított

„Dunaújvárosi Duna-híd”

nyerte a 2006. évi
Ipari Innovációs Díjat.

2007. április 4.

MAGÉSZ
Magyar Acélszerkezeti Szövetség

AZ ÉV ACÉLSZERKEZETE NÍVÓDÍJ
2007. évi díjazottja

FŐMTERV ZRT.

GANZACÉL ZRT.

HÍDÉPÍTŐ SPECIÁL KFT.

Budapest, 2009. szeptember 18.

Kovács Rezső
műszaki igazgató
Hídépítő Speciál Kft

A híddiagnosztika fejlődése, buktatói

Agárdy Gyula
Széchenyi István Egyetem, egyetemi adjunktus

A kerek évforduló mindig számvetésre késztet: honnan indultunk, hová jutottunk és merre tartunk. Az elmúlt évtizedekben a hídkezelői munkában talán a legnagyobb változást az informatikai lehetőségek nagyarányú bővülése jelentette. Talán az első lépés volt a legnagyobb: amikor a 80-as évektől, évente aktualizálva, néhány példányban kinyomtatásra került az Országos Híd Adatbázis, amelyben a hidak legfontosabb geometriai-szerkezeti-teherbírási adatai és a fő szerkezeti elemcsoportok minősítése szerepelt. Ennek alapján nyílt először lehetőség a hidak, szerkezettípusok összehasonlító elemzésére. Ez a munka (mai szemmel nézve különösen) kezdetleges volt: a sornyomtató kicsit táncoló karaktereinek silabizálásával indult, és kézzel, papíron összeállított táblázatok értékelésével fejeződött be.

Aztán néhányunknál megjelent a számítógép, a táblázatkezelő, és az adatelemzésnek-adatfeldolgozásnak új, tágabb lehetőségei nyíltak meg. Ma pedig, amiről annyit álmodtunk, aminek a megvalósításán olyan sokat dolgoztunk, az interneten a *hidadatok.hu* címen a hazai hídállomány adatai naprakészen lekérhetők, elemezhetők, csoportosíthatók, és térképszerűen ábrázolhatók is. Az informatikai keret, az információk tárolásának, hozzáférhetőségének, feldolgozhatóságának, értékelésének lehetősége tehát megteremtődött. A kérdés: milyen adatokkal tápláljuk ezt az informatikai rendszert?

A hidak időben gyakorlatilag állandó geometriai, szerkezeti, teherbírási adatai mellett az **állapotjellemző** adatok teszik

lehetővé a gazdálkodási jellegű elemzéseket, a döntés-előkészítő vizsgálatokat és a stratégiai döntések nyomán kialakuló forgatókönyvek hatásának összehasonlítását. Az állapot felmérését, változásának követését és az ebből levonható következtetések meghozatalát nevezhetjük diagnosztikának.

A (híd)diagnosztika fogalma, értelmezése

A diagnózis (διαγνωζισ) görög szó, jelentése: **felismerés**.

Az értelmező szótár szerint a diagnosztika orvosi szakszó, alapjelentésében **kórmegállapítás**, azaz a már beteg egyedeken a betegség **létének**, **hatásának**, ill. **okának** meghatározása. Eredetileg a diagnózis (kórisme) a betegség **mibenlétének** a felismerését jelentette. A megelőzés jelentőségének felismerése és elterjedése nyomán azonban a diagnosztika jelentéstartalma a baj **létének** megállapítására vonatkozó eljárásokra, módszerekre is kiterjedt. Ma a diagnosztikát e kettős jelentéstartalommal használja az orvostársadalom mellett a műszaki gyakorlat is, és mi, hidászok is.

A hidak vizsgálatában is célszerű megkülönböztetnünk a **hibamegállapító** (állapotjelző) és a **hibafeltáró** (állapotelemző) diagnosztikát, hiszen más a funkciójuk, más a felhasználó-alkalmazói körük és más az eszköztáruk is.

Az állományi diagnosztika

A hídállomány kezelője számára alapvető fontosságú a kezelésében lévő hidak (sőt: e hidak legfontosabb szerkezeti elemei) **állapotának**, **állapotváltozásának** ismerete, hogy a használók által elvárt szolgáltatási szint megtartásához, ill. eléréséhez szükséges optimális műszaki-gazdasági stratégiát meghatározhassa és alkalmazhassa. Az ehhez szükséges információgyűjtés felöleli a teljes állományt, de a hibák konkrét

elemzésére nem tér ki, megelégszik a hiba **létének** (az előre definiált **állapotkategóriának**) a rögzítésével, és ezzel lehetővé teszi a beavatkozást (különböző súlyú beavatkozás-csomagokat) igénylő egyedek halmazainak leválogatását, ill. a beavatkozási stratégiák kiválasztását, összehasonlítását.

Az egyedi (szerkezet) diagnosztika

A javításra, felújításra már kiválasztott szerkezet esetében a helyes (konkrét) beavatkozás kiválasztására a hibák léte mellett a hibák **mibenlétének** ismerete is elengedhetetlen, azaz a hibák részletes feltárását, elemzését és értékelését is el kell végezni.
A híddiagnosztika e két ága (ha nem is párhuzamosan, de) egymásra hatva, egyik a másik eredményeit egyszerre felhasználva és továbbfejlődésre ösztönözve alakul és változik.

A diagnosztikai eljárások jellemzői

A diagnosztikai eredményekkel szemben (konkrét céljuktól-felhasználásuktól függetlenül) a következő általános elvárások fogalmazhatók meg:

egyértelműség (standardizáltság)

A diagnosztikai eljárás, az alkalmazott eszközök-módszerek, az eredményadatok-kategóriák minden használó számára egyértelműen meghatározottak legyenek (szabványosítás, rögzített vizsgálati technikák, lehetőség szerint egyértelmű hibakategorizálás).

kellő részletezettség (differenciáltság-integráltság)

A diagnosztikai eljárástól elvárható, hogy a hidat, mint sok összetevőjű komplex rendszert **kellő** részletezettséggel vizsgálja, azaz válassza szét azokat a szerkezeti elemeket, amelyekről

célszerű és lehetséges önálló információt szerezni, és kezelje együtt azokat az elemeket, amik szerkezeti szerepükben, viselkedésükben, lehetséges beavatkozásaikban nagyon hasonlóak. A kellő részletezettség a vizsgálat céljának függvényében is változhat: egy állományi stratégiai elemzéshez elegendő lehet akár a fő szerkezeti elemcsoportok megkülönböztetése, míg egy célvizsgálat esetében az ugyanazon a szerkezeti elemen végzett eltérő vizsgálatok eredményeit is külön kell értékelni. A kellő részletezett meghatározásában fontos szempont, hogy szolgáltasson elegendő adatot, de sem az adatfelvevő, sem az adatfeldolgozó ne vesszen el a túldifferenciált adathalmazban

felbontás-lépcsőzöttség (gradáció)

Az egy-egy szerkezet-szerkezeti elem állapotának meghatározására használt kategóriák száma tegye lehetővé a lényeges állapoteltérések számszerű megkülönböztetését, de ne kívánjon indokolatlan (és a helyszíni munka miatt sok esetben megbízhatatlan információtartalmú) munkát a vizsgáló-értékelő személyzettől

objektivitás

A diagnosztikai eredmények részben az állomány térbeli (hálózati) állapoteloszlását, részben időbeli állapotváltozását tükrözik. Az összehasonlíthatóság érdekében az adatfelvételben az elérhető legnagyobb objektivitásra kell törekedni, azaz a lehetséges mértékben csökkenteni kell a vizsgáló szubjektív megítéléséből adódó adateltéréseket.

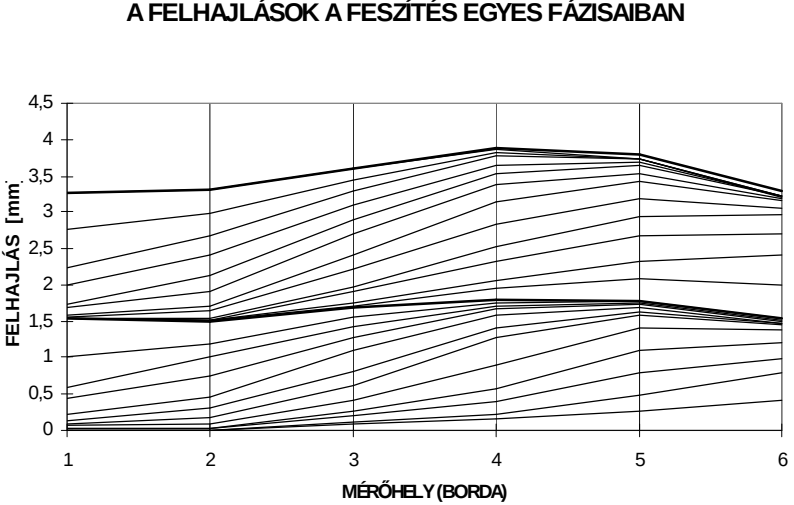
A fenti jellemzők (bár némileg eltérő súlyokkal, de) minden diagnosztikai módszernek-eljárásnak szükséges kritériumai.

Az alkalmazható diagnosztikai módszerek-eljárások

Az **állományi szintű** elemzések alapadataiként állományi szintű, állományi részletezettségű állapotadatokra van szükségünk. Az adatfelvételi módszerek tárgyalása során mindig irigységgel vegyes vágyakozással gondoltunk útüzemeltető-vasútüzemeltető kollégáinkra, akik néhány (a hidak vizsgálati lehetőségeihez képest mindenképpen) egzakt módon mérhető geometriai-műszaki paraméter alapján minősíthetnek egy-egy pályaszakaszt. Sajnos, a hidak esetében erre nincs lehetőség. A hidak igen erős heterogenitása (nagyon különböző geometriai méretek, anyagok, szerkezeti megoldások; sok eltérő funkciójú, de egymásra is ható szerkezeti elem) még ma sem teszi lehetővé a rendszeres, nagy tömegű hídállapot-felvételben (az egyébként nagyon kívánatos) objektív műszeres eljárások alkalmazását. Az állományi vizsgálatokban a meghatározó szerkezeti elemek éves rendszeres minősítésére (hibáit tudomásul véve) nincs más költséghatékony megoldásunk, mint a retinaérzékelők adatait feldolgozó-integráló, öntanuló, intelligens neuroncomputer, a **szemrevételezés** érzékelő-adatfeldolgozó rendszere.

Az **egyedi szerkezetdiagnosztikában** is az első (és alighanem legfontosabb feladat) a szemrevételezéses vizsgálat, amit azonban ma már sokféle műszeres, objektív mérési eljárással egészíthetünk ki.

A szerkezet egészének vizsgálatában igen nagy szerepe lehet a (ma kissé háttérbe szorult) **próbaterhelésnek**, amellyel akár célzott kérdésekre is megkaphatjuk a szerkezet válaszát (megfelelően hatékony-e az alkalmazott megerősítés; együttdolgozik-e a szerkezet régi és új eleme, stb.) Az alábbi példa egy hengerelt acélgerendás-vasbeton pályalemezes kishíd aláfeszítéses során kialakuló felhajlásokat ábrázolja, jelezve a szerkezet keresztirányban kissé változó merevségét.



Aláfeszítéssel megerősített acélgerendás-vb. lemezes kishíd alakváltozásai az egyes feszítési fázisokban

Az egyes szerkezeti elemek állapotának, az észlelt hiba súlyosságának meghatározására a hiba veszélyességének, ill. műszaki-gazdasági lehetőségeinknek a függvényében a roncsolásmentes tájékoztató betonszilárdság-ellenőrzéstől (SCHMIDT-kalapácsos vizsgálat) a hőfénykép-készítésen, az üregrezonátoros szigetelésellenőrzésen keresztül a szerkezet röntgenátvilágításáig vagy lézerszkenneléséig sok lehetőségünk van. Az alkalmazandó módszert-vizsgálati eszközt és technológiát a megszerzendő információ fontossága és (nem utolsósorban) a rendelkezésünkre álló eszközpark ismeretében kell kiválasztanunk.

Szemrevételezéses diagnosztika

A magyar hídállomány **állapotadatainak** felvétele a mai napig a szemrevételezéses vizsgálatra épül. Az adatfelvétel módszereinek, technikájának, egész rendszerének az elmúlt évtizedekben végzett fejlesztése arra irányult, hogy az adatfelvételi munkában a mennyiségi-minőségi összhangot megtaláljuk, és a vizsgálati eljárás buktatóit lehetőség szerint elkerüljük. Ennek a munkának a rövid összefoglalását és értékelését olvashatják az alábbiakban.

Az összeállításban a **közúti** hidakra vonatkozó állományi diagnosztikára vonatkozó megállapítások szerepelnek, nem térünk ki sem a vasúti híddiagnosztika fejlődésére, sem a hidak egyedi vizsgálatánál alkalmazható szerkezetdiagnosztika lehetőségeire, megoldásaira, tapasztalataira.

A hidak rendszeres felülvizsgálatára vonatkozó előírás már az 1910-es Hídszabályzatban megjelent, és a 60-as évektől kezdve alkalmazása rendszeressé vált, de a tízévenként esedékes fővizsgálatok szöveges megállapításai, ill. a 80-as évektől rendszeresített éves hídkezelői bejárások eredményei nem voltak alkalmasak informatikai összehasonlító elemzésekre.

A szemrevételezéses vizsgálatokban a vizsgáló **személyes** tapasztalatait, szaktudását használjuk fel, ezért a vizsgálat kis ráfordítás mellett is nagyon hatékony lehet. Ugyanakkor az eltérő tapasztalatrendszer miatt sok esetben a kapott eredmények szórása elfogadhatatlanul nagy. A vizsgálói szemlélet egységesítése érdekében tett lépéseink:

- a szerkezetfüggő állapotszintek részletes definiálása;
- fényképekkel illusztrált hibakatalógus összeállítása;
- vizsgálói elméleti és terepi tréningek,
- időszakosan közös vizsgálatok,
- szúrópróba-szerű, külön ellenőrző vizsgálatok végzése.

Az állományi diagnosztika adattartalmának bővülése

Az ötfokú főosztályzati értékelés

A hidak állapotjellemzői közül első lépésként (a fő adatbázisban ma is ez szerepel) öt fő szerkezeti elemcsoportra a csoport elemeinek integrált állapotosztályzatát rögzítettük. A hídadatbázis kialakításakor az elsődleges cél a hidak alapadatainak (állandó, vagy „leltári" adatainak) rögzítése volt, az állapotadatok mintegy kiegészítésképpen kerültek ide. Az öt főosztályzat

- az alépítmény
- a felszerkezet
- a hídpálya
- a hídtartozékok és
- a hídkörnyezet

integrált minősítését tette lehetővé. Az osztályozást ötfokú skálán végeztük, amelyben a hibák kiterjedtségét és súlyosságát együttesen minősítettük. Ennek megfelelően az egyes osztályzatok szöveges értelmezése a következő volt:

- 1: hibátlan
- 2: enyhe, lokális hibák
- 3: enyhe, kiterjedt hibák
- 4: súlyos, lokális hibák
- 5: súlyos, kiterjedt hibák

Ez az osztályba sorolás az adatbázisban igen kis helyet igényelt, a helyszíni tapasztalatok alapján egyszerűen elvégezhető volt, és a későbbiekben, az adatbázis használója számára tájékoztatást adott a hídállomány általános állapotáról. Ezekkel az állapotadatokkal már lehetett az állomány egészére kiterjedő döntés-előkészítő elemzéseket végezni, a teljes, vagy valamilyen műszaki paraméter alapján szűrt (rész)állomány megfelelőségi statisztikáit elkészíteni, de a hibák lokalizálásra, szerkezeti elemekhez kötésére az adatok a nagyfokú integráltság miatt nem voltak alkalmasak.

A „22" pontos értékelés

A központi adatbázis elemzési lehetőségei a területi hídmérnökökben is felébresztette az igényt, hogy a kezelésükben lévő hidak adatait egységes rendszerben használhassák. Természetesen a hídmérnöki munka az öt főosztályzatnál lényegesen differenciáltabb, szerkezeti elemekre lebontott adatfelvételt igényelt. A 80-as évek vége felé a helyi adattárolásban-adatfeldolgozásban számítógépekre még nem lehetett számítani, így az adatrögzítést papíralapon valósítottuk meg. A kívánt célnak megfelelően egy-egy útvonal összes hídjára készült egy-egy Állapotfelvételi Lap, amelyen a híd (helyszíni mérésekkel) ellenőrzött geometriai fő méreteit, a szerkezeti kialakítást, az alkalmazott anyagokat rögzítettük. A lapon minden hídról egy pályanézeti és egy oldalnézeti fotót is elhelyeztünk. Ha az észlelt hibák jellege-súlyossága megkívánta, további fényképekkel dokumentáltuk a szerkezeti elemeken észlelt károsodásokat. Végül az A3 méretű lap hátoldalán a fő szerkezeti elemcsoportokat először 19, majd az átdolgozás után 22 rész-egységre bontva számszerű osztályzatokkal értékeltük az egyes szerkezeti elemeket. Ez a komplex (ma talán azt mondhatnánk: hálózati szemléletű) adatgyűjtés ugyan nem lett országosan rendszerbe állítva, de sok megyében alkalmazták a hídkezelői munka támogatására. A szerkezeti elemek adatait részletesen rögzítő „22" pontos állapotfelvételi rendszer a 90-es évektől országosan is elterjedt a főosztályzatok kiegészítéseként, és a fővizsgálati szakvéleményekben a megrendelők ma is megkívánják alkalmazását.

Ma, amikor adatbázisunkat folyamatosan töltjük fel a hidak digitalizált általános terveivel, a *hidadatok.hu* honlapon minden hídhoz elérhetők a pályanézeti és oldalnézeti fényképek, és a belső használatú adatbázisban a jellemző hibákat rögzítő fényképek is hozzáférhetők, érdekes emlékezetünkbe idézni,

hogy ezeket a megoldások (egyszerűsített formában) már 20 éve jelen voltak a hazai hídfelülvizsgálati gyakorlatban.

A ma használatos 22 pontos állapotminősítő rendszer
(az eredeti 19 pontos felosztás kis módosításával alakult ki)

1.Alépítmény

1.1 Alapok
1.2. Hídfők
1.3. Pillérek
1.4. Saru, dilatációs szerkezet

2. Felszerkezet

2.1. Főtartók
2.2. Pályatartó
2.3. Pályalemez
2.4.Kiegészítő sávok

3. Hídpályaszerkezet

3.1. Szigetelés
3.2. Pályaburkolat
3.3. Dilatációk
3.4. Vízelvezetés
3.5. Mellékburkolat
3.6. Pályacsatlakozás

4. Hídtartozékok

4.1. Korlátok
4.2. Lépcsők-folyókák
4.3. Töltéslezárás
4.4. Egyéb tartozékok

5. A híd környezete

5.1. Forgalombiztonsági berendezések
5.2. Átvezetett közmű
5.3. Híd alatti tér
5.4. Tisztaság

A 22 pontos értékelés már kellő részletezettségű adathalmazt szolgáltat a hídszerkezet elemeinek állapotáról, de az érzékelt

hibák súlyosságát-kiterjedtségét csak három-három kategóriába sorolja:

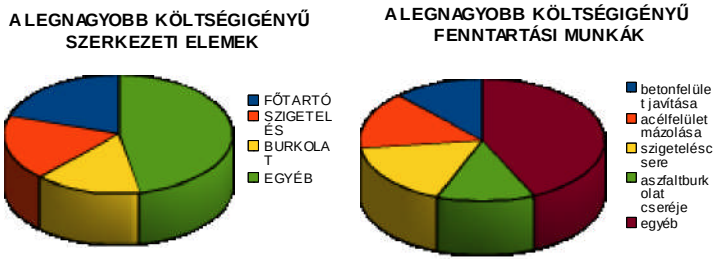
A HIBA	SÚLYOSSÁGA	KITERJEDTSÉGE
1	nincs	nincs
2	enyhe	lokális
3	enyhe	kiterjedt
4	súlyos	lokális
5	súlyos	kiterjedt

Ez a felbontás, a szerkezeti elemek hibáinak ilyen minőségi és (legalábbis állományi szinten) mennyiségi értékelése már lehetőséget teremthetett volna akár egy komplex, műszaki-gazdasági elemzések elvégzésére is alkalmas rendszer kialakítására, a rendelkezésre nem álló számítógépi háttér miatt ilyen komplex adatkezelő rendszer működtetésére nem gondolhattunk.

A „2000-es" program

A „22" pontos osztályozás részletezett minősítési adatai nyomán 1990-ben felmerült az igény és a lehetőség egy tíz évre előretekintő, az állapotadatok mellett költségelemzésre is alkalmas vizsgálat elvégzésére. A program a méret-szerkezet-hálózati szerep szerinti legfontosabb hidakkal foglalkozott. A vizsgált állományba ~1200 híd került bele, amelyek azonban az akkori hídállomány összfelületének ~60%-át fedték le. A programhoz tartozó adatfelvétel részint a hídelemek 22 pontos állapotminősítését jelentette, részint pedig a szükségesnek tartott beavatkozásoknak, azok mennyiségének, ill. a javasolt fenntartási munka várható évének megállapítását. A lehetséges beavatkozásokat egy előre meghatározott beavatkozáslistáról választhatták ki a vizsgálók.

A program végrehajtása és az eredmények értékelése sok (esetenként máig ható) tapasztalattal járt. Ma, idestova 20 év távlatából visszatekintve sem kell szégyenkeznünk: ez volt az első olyan vizsgálatsorozat, amelyben a hidak műszaki-gazdasági adatait együttesen kezelte, és ez akkoriban még Európában is újdonságnak számított. A program nem tekinthető gazdálkodási rendszernek, hiszen csak egyszeri adatfelvétel készült, az állapot- és a gazdasági adatok kapcsolata nem volt megoldva, és az elvégzett javítási-beavatkozási munkák hatásának visszacsatolására nem volt lehetőség. Ugyanakkor a szerkezeti elemekhez, a minősítési osztályzatokhoz először lehetett forrásigényeket társítani, és ezzel a fenntartási forrásigények szerkezetfüggő eloszlását meghatározni. Valójában ennek a programnak a hatására, az itt nyert adatok feldolgozása, értékelése nyomán (épp az érzékelt, és ebben a rendszerben nem kielégíthető feltételek miatt) fogalmazódott meg az igény egy országos hídgazdálkodási rendszer megteremtésére.



A 2000-es hídfenntartási program költségelemzése

Az ötfokozatú százalékos állapoteloszlás

A hazai hídgazdálkodási rendszer bevezetésénél korábban összegyűlt tapasztalataink nagy segítséget jelentettek: meg tudtuk fogalmazni a konkrét igényeket, amelyeket a gazdálkodási rendszernek ki kell elégítenie. 1993-ban egy angliai

hídgazdálkodási konferencián találkoztunk a PONTIS hídgazdálkodási rendszerrel, és annak paraméterei (adaptálható hídelem-felosztás, állapotszintenként rögzített hídelem-mennyiségek, aktualizálható beavatkozások és egységköltségek, optimalizáció a fenntartási költségekre, stb.) az akkor elérhető egyéb rendszerekhez képest lényegesen kedvezőbb lehetőségeket nyújtottak a bevezetésre. A program beindítása viszont egyszeri részletes adatfelvételt és az addigiaknál lényegesen finomabb ciklusonként megismétlendő állapotfelvételt kívánt. Ez az új, és ma is használatos állapotfelvételi rendszer a híd valamennyi hídelemén rögzíti az egyes állapotszintekhez sorolható mennyiséget, vagy abszolút, vagy százalékos értékben. Az adatfelvétel lényegesen több munkát jelent, mint a korábbiakban alkalmazott állapotfelvételi eljárások (5 főosztályzat, 22 pontos értékelés), viszont hídelemenként részletesen rögzíti az egyes állapotszintekhez sorolható mennyiségeket.

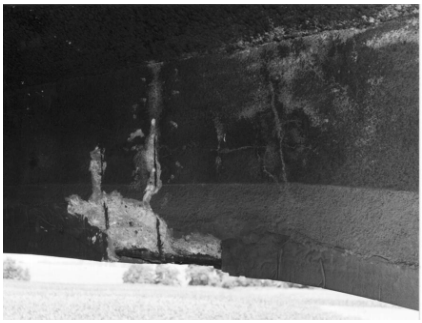
Az állományi híddiagnosztika buktatói

Valójában az állományi híddiagnosztika itt tart ma Magyarországon. És most, a sikerek után következzenek a buktatók. Volt belőlük bőven, de mindegyik segített egy kicsit a következő lépés jobbá, sikeresebbé tételében.

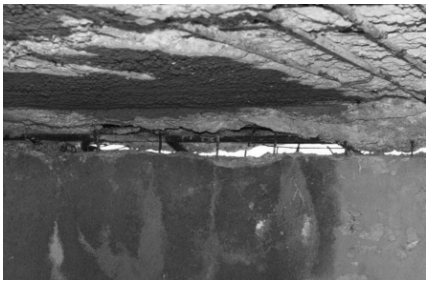
Az eltérő szemlélet

A szemrevételezéses vizsgálatokban (bármennyi is igyekszünk a paramétereket standardizálni) megjelenik a vizsgáló szemlélete. Van, aki a tökéletességet tartja szem előtt, és már kis hibáknál is sürgős beavatkozást tart szükségesnek, más (talán épp hosszú évek tapasztalatai alapján) a komolyabb(nak látszó) lokális hiba elhárítását is halaszthatónak ítéli.

Egy példa, amikor a valóság rosszabb a látszatnál:



A főtartó állapota elégtelen takarásra, gyenge betonra utal...



...és a valóság: a borda-lemez között nincs teherbíró beton!

A híd egyébként a forgalmi terhelésre túlterhelési repedésképet nem mutatott, és helyreállítva tovább szolgált.

...és egy példa, amikor a valóság kedvezőbb, mint a látszat:

Az ütközés a szélső tartót eltörte, de az igénybevétel-átrendeződés miatt a szerkezet egésze teherbíró maradt.

Rész-érdekek

A diagnosztikai eredmények felhasználási célja bizony motiválhatja a vizsgálót, hogy vastagabban vagy vékonyabban fogjon a ceruzája. Ha a területi forráselosztás alapja kizárólag a diagnosztizált általános állapoteloszlás, akkor a rosszabbra minősített (rész)állomány nagyobb forrást, egyszerűbb fenntartási-üzemeltetési szervezést tesz lehetővé. Ez a szemlélet már első „alkalmazása" során meghiúsítja a korrekt területi forráselosztást, ismételt alkalmazása pedig fokozódó kontraszelekciós hátrányt jelent az állományát sikeresen karbantartó kezelők számára.

A kengyelek az elégtelen takarás miatt korrodáltak.
Mit kell tennünk? Mikor kell tennünk?
és forráshiány esetén: EZT kell tennünk?

A fenntartói szervezet hiányosságainak hatása

Egy kisebb hibát gyakran akár üzemeltetői körben lehetne hatékonyan javítani, de sok esetben erre nincs pénz, **nincs szervezet**. A helyzetet ismerő vizsgáló az állapotosztályozásnál, a hiba kiterjedésének megállapításánál felfelé kerekít, hogy extrapoláltja a hibát a várható beavatkozás idejére.
Az állapotdefiníciók alternatív megfogalmazása

A szerkezetileg fontos hídelemeken többféle hibajelenség is előfordulhat: pl. a vasbetonlemez lehet repedezett túlterhelés miatt, kialakulhat a felületén elégtelen takarásból származó betonacél-korrózió és megjelenhetnek rajta átázási foltok. Az elem minősítésére azonban egy-egy területen csak egyféle osztályzatot adhatunk, így az osztályzatokban többféle hibajelenség együttesen értékelődik, ami a későbbiekben az állapothoz rendelendő beavatkozási munka, végső soron a fenntartási költség helyes meghatározását bizonytalanítja el.

A csatlakozó út burkolatrepedéseiért nagyobb részben a háttöltés-süllyedés felelős.

Az egymással összefüggő elemek osztályozása

A PONTIS rendszere a hídelemeket teljesen függetlenül kezeli, még akkor is, ha azok javítástechnológiai szempontból szigorúan összefüggők (burkolat-szigetelés-pályalemez). Így a szigetelés rossz állapota esetén a burkolatcserét csak akkor tekinti hatékony beavatkozásnak, ha az önmagában is rossz állapotú.

Az acélgerenda korróziója a szegély-szigetelés hibás működése miatt alakult ki, a megoldás is csak az együttműködő elemek együttes javítása lehet

Konklúzió - kitekintés

A hídgazdálkodáshoz csatlakozó, ahhoz megfelelő alapadatokat szolgáltató állományi híddiagnosztika alakulása a továbbiakban a gazdálkodási rendszerrel szimbiózisban fog alakulni. Ma már ebben a fejlesztésben nem az informatikai háttér a szűk keresztmetszet, hanem a felhasználói-mérnöki munka. Az itt (is) jelenlévő fiatalok feladata lesz, hogy a sokrétű informatikai lehetőségek közül kiválasszák és helyes, megbízható műszaki tartalommal töltsék meg azokat a megoldási alternatívákat, amelyek a hídgazdálkodás új fejezetét nyitják meg, és amelyhez majd a diagnosztika is illeszkedni fog. Ilyen lehetőségként körvonalazódik a soft-computing eljárások beépítése a

hídgazdálkodási rendszer adatfeldolgozásába, a döntés-előkészítésben a fuzzy szemlélet megjelenése, az optimalizáció genetikus algoritmusokon alapuló megvalósítása. Ezek az új lehetőségek persze új megoldandó problémákat is szülnek, amelyekről, ill. azok megoldásairól majd a következő (évfordulós) hídmérnöki konferencián fogunk beszámolni.
És végül. egy eset, amikor már nem diagnosztára, hanem patológusra van szükség:

És a szerkezet még így is MŰKÖDIK.

Győr, 2009. szeptember 09.

Agárdy Gyula
egyetemi adjunktus
Széchenyi István Egyetem

Vegyészet a korrózió elleni védelemben és a hídjavításban

Dr. Seidl Ágoston
MAHID 2000 ZRt., főmérnök, c. egy. docens

1. Bevezetés

Körülbelül a múlt század közepéig az építkezések többé-kevésbé klasszikusnak számító anyagokat használtak: követ, téglát, vasat, acélt, betont, faanyagot, kátrányt, bitument, jutaszövetet stb. A második világháború után a vegyipar dinamikus fejlődése révén a kémia más, hagyományos iparágakban is elkezdett tért hódítani, így az építőiparban is. A mesterséges úton előállított új anyagok, a műanyagok, számos alkalmazási területet hódítottak meg új iparágakat hozva létre: a cementkémiát, a festék- és műgyantagyártást, a gumigyártást, a betonadalékszerek gyártását, a műszálas szövetgyártást stb.

A korszerű hídépítés és hídfelújítás nem nélkülözheti a magas műszaki tartalmat hordozó építéskémiai termékeket, mert ezekkel a hagyományos anyagok teljesítménye fokozható, illetve a szerkezeti anyagok védelme megoldható. A közlekedés fejlődése okozta egyre nagyobb igénybevételek (a sebesség fokozódása, a terhelések növekedése), és a környezet szennyezettsége (pl. az utak sózása, a légszennyezettség növekedése) mindig újabb és újabb feladatokat ad az építéskémiát művelőknek.

Az alábbi áttekintés rápillantást kíván adni az építéskémia szerteágazó tevékenységi területeire – a teljesség igénye nélkül, hiszen naponta gazdagítják új kutatási eredmények, új termékek az építéskémia lehetőségeit.

2. Beton

- cementek: a hagyományos cementeket cementhelyettesítő hidraulikus anyagokkal keverve (ilyenek a pernye, a kohósalak, a szilikapor stb.), illetve cement additívekkel feljavítva (ezek szerves adalékanyagok, melyek részint a cement őrlését segítik elő, részben egyéb tulajdonságok, mint pl. kötésgyorsítás-lassítás kialakításában vesznek részt) az építőmérnököknek a cementtípusok széles skálája áll rendelkezésére
- betonadalékszerek: a plasztifikátorok, folyósítók és szuperplasztifikátorok, kötéslassítók, az öntömörödést biztosító adalékszerek a betonok jobb bedolgozhatóságát, különleges beépítési technológiák alkalmazását segítik elő. A fagyásgátlók, a légpórusképzők, a kötésgyorsítók különleges körülmények vagy igénybevételek esetén biztosítanak tág teret a betontervezőknek céljaik elérésére
- inhibitorok: a betonba kevert, a betonacélok korrózióját kémiai/elektrokémiai úton lassító szerek a veszélyeztetett szerkezetek védelmének lehetséges eszközei

3. Betonvédelem

- bitumenes szigetelések: az egyszerű talajpára elleni szigeteléstől (melyek lehetnek pl. oldószeres vagy emulziós bitumenmázak) a közvetlenül aszfaltburkolattal ellátható egy- vagy kétrétegű, nem korhadó betétes, műanyaggal modifikált szigetelőrendszerekig széles választék áll ma már rendelkezésre. E kategóriában a legkorszerűbbeknek a műgyanta alapozású, egyrétegű bitumenes vastaglemezzel kialakított hídpályalemez szigetelések tekinthetők.
- műanyag szigetelések: ide tartoznak egyrészt a különféle műanyagokból előállítható lemezes szigetelések (ezek általában forró levegővel vagy forró ékkel homogénen

hegeszthető lágy PVC, poliolefin, HDPE lemezek), főleg műtárgyak külső szigetelésére. Hídpályalemezek korszerű szigetelőanyagai a kent vagy szórt reaktív műgyanta szigetelések – a legelterjedtebb a forrón szórt poliuretán elasztomer, mely közvetlenül aszfaltozható szigetelés.

- bevonatok
  - *hidrofóbizálás*: a különleges, általában szilikon műgyantát tartalmazó anyagok az építőanyagok felületét vízlepergetővé teszik, ezáltal a károsító anyagok (melyeket általában a víz hord magával) nem tudnak behatolni a szerkezetekbe
  - *betonfestékek*: a vékony, esztétikai bevonatoktól kezdve (melyek ma már legtöbbször diszperziós akrilgyanta festékek, ritkán kétkomponenses emulziós epoxigyanták) a repedésálló, vegyszerálló vastagbevonatokig (melyek általában modifikált epoxigyanták vagy poliuretángyanták) széles skálája adott a betonvédő anyagoknak.
  - *járható, repedésáthidaló műgyanta vastagbevonatok*: a hídszegélyek, gyalogjárók, kerékpárutak biztonságos, kopásálló, csúszásmentes bevonatai. Ezek a bevonatrendszerek már több mm vastagságúak, s általában egy alapozórétegből, egy rugalmas és repedésáthidaló úsztató rétegből és egy kopásálló, csúszásgátló fedőrétegből állnak.
  - *nem járható, repedésáthidaló diszperziós vastagbevonatok*: a szennyeződésnek erősen kitett szerkezeti elemek (padkák, szegélyek, pillérek) szén-dioxiddal és sókkal szemben ellenálló bevonatai. Ezeknek a vastagbevonatoknak a kötőanyaga részben cement, részben a diszperziós műgyanta, ezért kellően rugalmasak.
  - *inhibitorok*: a korróziós szempontból veszélyeztetett, védetlen betonfelületek utólagos inhibitoros

átitatása az acélbetétek elektrokémiai védelmét biztosítja, így a beton tartósságát fokozza
- *antigraffiti bevonatok*: hídfők, aluljárók, pillérek vandál összefestése esetén ezen bevonatok segítségével viszonylag csekély munkával újra esztétikussá tehető a felület. Az antigraffiti bevonatok lehetnek időlegesek (ezek viasz-szerű bevonatok, a falfirkákkal együtt le lehet őket mosni a felületről), lehetnek fél-állandóak (néhány tisztítási ciklus után a bevonatot fel kell újítani). A legtartósabbak az állandó bevonatok, melyek erősen vegyszerálló bevonatok, melyekről megfelelő oldószerrel tíz-húsz alkalommal is el lehet távolítani az építményt elcsúfító firkákat.

4. Betonjavítás, helyreállítás

- különleges betonok: a növekvő szilárdsági igények, a költségcsökkentés szorítása speciális betonanyagok kifejlesztését tette szükségessé
  - a szálerősítésű betonok (üvegszállal, műanyag-szállal, fémszállal, szénszállal erősítve) kisebb korai repedésérzékenységet, eloszló terheket eredményeznek
  - az öntömörödő betonok különleges zsaluformákba, nagy homogenitású betonszerkezetek előállítását teszik lehetővé. Különleges betonozási technológia alkalmazható ilyen betonokkal: a megépített zsalut megfelelő betöltő nyílásokon keresztül alulról töltik fel a mézszerűen folyó, szétosztályozódásra nem hajlamos betonnal
  - a nagyteljesítményű betonok a szokásos szilárdságokat ma már messze meghaladva új lehetőségeket tárnak fel a tervezők előtt és a beton tartósságát is jelentősen megnövelik. Ma már 70 –

120 N/mm2 nyomószilárdságú betonokat is alkalmaznak szerkezeti anyagként. Nem könnyű ezekkel a betonokkal dolgozni, mert más a reológiájuk, s más betonozási technológiát igényelnek, de kiugrónak magas szilárdságuk és kiváló korrózióállóságuk miatt elterjedésük várható.

- acélbetétek védőanyagai: különleges esetekben a betonba kerülő acélbetéteket műgyantabevonattal lehet ellátni, illetve javítások esetén a szabaddá vált acélbetéteket célzottan lehet védeni a várható korrozív hatásokkal szemben. Ezek a védőanyagok vagy aktív pigmentet is tartalmazó kétkomponenses epoxigyanták, vagy diszperziós műgyanta és cement kombinációjából álló, kenhető iszapok.
- javítóhabarcsok: a sérült, korrodált betonszerkezetek javításához az igénybevételeknek megfelelő, de hatékonyan, termelékenyen felhordható javítórendszerekre van szükség.
    - A betonjavításban korábban használt műgyantahabarcsokat (epoxi habarcsokat) mára már az ún. PCC javítóanyagok (műanyaggal javított, cementkötésű habarcsok) váltották fel, mert ezek dolgoznak a legjobban együtt a régi, vagy javítandó betonnal.
    - A PC-ket, azaz a műgyantakötésű javítóanyagokat, a műgyantabetonokat ma már csak különleges esetekben használják nagyobb felületeken, pl. ha fokozott vegyszerállósági igény áll fenn, vagy nagyon gyors javításara van szükség (nem lehet hosszasan lezárni a területet). Ilyen esetekben leggyakrabban epoxi- vagy metakrilát habarcsokat használnak.
- lövellt betonok: a nedves vagy száraz lövellt technológiával felhordható betonok nagy termelékenységet és igen

jó betonminőséget biztosítanak. A nagy kinetikai energiával a felületre csapódó lövellt beton igen jó tömörséget eredményez. A gyorsan kötő változatokkal durva javításokat, nagyobb rétegvastagságokat lehet elérni, a lassan kötő lövellt betont pedig el lehet simítani, s így esztétikus felületet lehet létrehozni. Diszperziós műanyaggal javított lőttbetonokkal (az ún. SPCC-kel) különleges feladatok is megoldhatók, pl. erősítendő szerkezetekbe vágott hornyokba pótvasak rögzítése.

5. Acélszerkezetek védelme

- acélszerkezetek védelme korrózióvédelmi rendszerekkel: a hagyományos festékek helyett ma már nagy hatékonyságú vastagbevonatokat alkalmazunk az acélszerkezetek védelmére. Az eleink által használt klasszikus bevonat-rendszer, a míniumos alapozó és a levegőn száradó olajos fedőfesték sok helyen a mai napig is ellátja feladatát. Ólomtartalma miatt ma már nem használható ez a kiváló rendszer. A hidakon használt mai bevonatrendszerek nagyon gondos és költséges felületelőkészítést igényelnek (szemcsefúvás), alapozójuk leggyakrabban alumínium vagy cink tartalmú, közbenső rétegük vascsillám tartalmú epoxigyanta, fedőbevonatuk UV álló poliuretán vagy polisziloxán bevonat – így 15-20 éves élettartamot lehet elérni.
- acél pályalemez szigetelés műgyanta vastagbevonattal: ortotróp pályalemezű hidakon az acéllemez korrózióvédelmét és az aszfaltburkolat fogadását egyaránt ellátja a speciális szemcsékkel behintett műgyanta vastagbevonat. A vastag (2-3 mm-es) műgyantabevonat aktív pigment tartalmú alapozóra felhordott kissé rugalmasított, durva zúzalékkal behintett epoxigyanta réteget tartalmaz, erre kerül egy ugyancsak zúzalékkal

behintett modifikált masztix réteg, mely közvetlenül aszfaltozható.

6. Gumik, elasztomerek, plasztoelasztomerek

- hézagtömítések: a fúgák, hézagok, dilatációk kitöltésére a gumibitumentől kezdve a nagy rugalmasságú poliuretán vagy poliszulfid kaucsuk hézagtömítő anyagokig számos termék használható. A hézagok alakjának, méretének, kitöltőanyagának tervezésekor figyelembe kell venni a várható mozgást és a kitöltőanyag nyúlóképességét. A leggyakoribb hibák az alulméretezettségből adódnak.
- saruk: a hídsaruk egy tekintélyes része fémlemezekkel erősített gumitömb, ehhez a szerkezethez teherbíró, időtálló, pontosan megadott deformációképességű gumianyag szükséges.
- dilatációs szerkezetek: a szőnyegdilatációk vagy a guminyelves dilatációs szerkezetek gumialkatrészei komoly időjárási, forgalmi, vegyi és nedves igénybevételt kapnak.

7. Utólagos erősítések

- ragasztott lamellák: alultervezett vagy időközben megnövekedett terhelésű, esetleg megsérült szerkezetek megerősíthetők a kritikus helyre felragasztott fém- vagy műanyag lemezek segítségével. Az itt alkalmazott ragasztóknak, melyek legtöbbször epoxigyanták, teljes felületen és biztonságosan rögzíteni kell az erősítő anyagot. Ma már gyakran használunk fémlemez helyett műgyantakötésű szénszálas lamellát vagy szövetet.
- beágyazott, beragasztott acélbetétek: betonszerkezetekbe mart hornyokba, lyukakba utólagos vasalás helyezhető el, az acélbetéteket erőátadó módon kell a régi szerkezethez hozzáragasztani. A ragasztóanyag itt vagy műgyanta-

habarcs (pl. epoxibeton), vagy PCC (diszperziós műgyantával erősített cementhabarcs).

8. Injektálások

- szerkezetragasztás: ütközés, süllyedés vagy túlterhelés hatására eltörött, megrepedt szerkezeteket különleges, besajtolható műgyanta, vagy cement/mikrocement anyaggal lehet erőátadó módon összeragasztani
- repedéstömítés: elrepedt, nedvességet vezető szerkezetei elemek vízzáróságát rugalmas vagy duzzadó injektáló anyagokkal lehet biztosítani, ilyen tömítőanyagok a PUR és akrilát gyanták, gélek

9. Két konkrét példa

Két példán bemutatom, hogy milyen finomságokon múlik egy jó rendszer:

- betonvédő festék működése: egy, a megfogalmazott követelmények közül: a festékréteg legyen lélegzőképes, azaz a vízpárát (háromatomos H_2O molekula) engedje át, de ugyanakkor védjen a karbonátosodás ellen, azaz a széndioxidot (háromatomos CO_2 molekula) ne engedje át. Tekintettel arra, hogy a két molekula mérete alig tér el egymástól, a követelmény teljesítése komoly feladat elé állította a vegyészeket.
- gumik viselkedése: lehetnek tisztán nagyrugalmas tulajdonságúak, de lehetnek részben plasztikusak is (azaz plasztoelasztikusak). A rugalmas gumiknak a szokásostól eltérő a feszültség-megnyúlás diagramjuk, ráadásul ez bizonyos esetekben erősen hőmérséklet- és deformációsebesség függő is, mely a gumi óriásmolekulák szerkezeti tulajdonságaival függ össze. Éppen ezért a tervezett alkalmazási terület alapvetően befolyásolja a megkívánt

műszaki jellemzőket, ezek meghatározása részletes anyagismeretet igényel.

10. Összefoglalás

A kémiától még a mérnökök nagy része is idegenkedik, pedig tele vagyunk mesterséges anyagokkal. Csak ha ismerjük belső szerkezetüket, működési mechanizmusukat, akkor tudjuk őket helyesen betervezni, jól felhasználni és a bennük rejlő teljesítményt a legjobban kiaknázni szerkezeteink tartóssága vagy megbízható védelme érdekében.

Budapest, 2009. szeptember 10.

Dr. Seidl Ágoston
főmérnök, c. egy. docens
MAHID 2000 ZRt.

Hídmérnöki Konferenciák

Dr. Koller Ida
UVATERV Zrt., irányító tervező

Mindig **nagy öröm részt venni** az évenként, különböző megyékben tartott Hídmérnöki Konferenciákon, mert:

- újdonságokról, fontos szakmai hírekről lehet értesülni értékes ismertetések formájában is
- az egész ország szakmai képviselőivel lehet találkozni
- mód van a már meglévő szakmai és emberi kapcsolatok továbbfejlesztésére
- nagyon szépek és értékesek a különböző megyék hídjairól kiosztott könyvek.

Visszatekintve az elmúlt konferenciákra igen érdekesek voltak az általában a második nap délutánjára szervezett **szakmai kirándulások** a Konferencia idején aktuális hídépítkezésekhez.

Ezek megközelítése általában busszal történt, de néhányszor hajóról sikerült megtekinteni az építéseket. [Pl. a budapesti hidakat 1997-ben, a szekszárdi Duna-hidat 2002-ben, és részben hajóval a Dunaújvárosi Duna-híd (2006), valamint az M0 Északi Duna-híd (2007) építését]
Ezek az utazások általában jól szervezettek voltak.

Érdekesek voltak a városnézések és a kulturális programok is.
(Pl. Orgonakoncertek Kalocsán, Esztergomban, Zalaegerszegen; lovasbemutatók)

Buszos kirándulás a salgótarjáni hidakhoz 2007-ben

Mivel az UVATERV Hídirodájának szabványfelelőse vagyok, számomra különösen fontosak és hasznosak a **műszaki szabályozásokkal, új előírásokkal** kapcsolatos előadások, ismertetések.

1995 és 1998 között a "Közúti hidak korszerűsítése" c. tanulmány készítésénél is nagy segítséget jelentettek ezek az évenkénti szakmai találkozók, mert ezeken az alkalmakon pár nap alatt szinte minden megye Hídmérnökével meg lehetett beszélni az aktuális problémákat, kérdéseket.

Érdekesek voltak a KHVT Kht évenkénti előadásai az éppen rendelkezésre álló hídépítési **provizórium-készletekről**.

Hasznosak voltak az éves eseményekről kiosztott - általában két oldalas – „**Információk hídügyekről**”, vagy, ahogy a későbbi utólagosan kiadott kiadványokban szerepelt: „Tájékoztató aktuális kérdésekről” .

Nagyon jó és hasznos, hogy az utóbbi években már a Konferencia kezdetekor megkapjuk az **előadások** anyagát nyomtatott formában.

Ugyanekkor lenne célszerű „**Résztvevők listá**”-ját is kiosztani, mint ahogy az 1995-ben Gyulán történt, ahol a „Program”-hoz fűzték a résztvevők listáját a munkahely és telefonszám kíséretében, valamint az „Alkalmazási engedélyek nyilvántartás”-át is.
(Az 1995-2000 években az utólag kiadott füzetekben a résztvevők listája még szerepelt a Konferencia főbb eseményeinek ismertetésével együtt.)

A legelőnyösebb és a legkellemesebb, ha a **Konferencia színhelye** és a résztvevők szállása ugyanabban a szállodában van. (1995: Gyula; 2005: Siófok)
A 2001. évi esztergomi Hídkonferencia színhelye a Vármúzeum volt. Érdekes volt onnan a híd építését látni, valamint a Várat és a Bazilikát megtekinteni a kulturális program keretében, bár a dobogókői szállás viszonylag messze volt.

Budapest, 2009. szeptember

Dr. Koller Ida
irányító tervező
UVATERV Zrt.

MEVA zsaluzatok a hídépítésben

Lachmann Botond
Főmérnök - Meva Zsalurendszerek Zrt.

Mintegy 150 éve a kő- és fahidak mellett a vas, az acél, majd a vasbeton megjelenésével hihetetlen lehetőségek nyíltak meg a hídépítők előtt. Az egyre intenzívebbé váló közlekedés nagyobb igénybevétele miatt a manapság jellemző vasbeton vagy öszvér szerkezetű hidak hosszabb élettartamot biztosítanak, A XXI. században a közlekedés már elképzelhetetlen hidak nélkül.

A MEVA innovatív rendszerzsaluzata a szerkezetépítés számos területén, a magasépítéstől a mélyépítésig, ipari létesítményektől a hidakon át az irodaházakig, világszerte az Ön segítségére van!

A MEVA választékában található alumínium keretes zsaluzattól az acél keretes, nagy teherbírású falzsaluig, a pillérzsaluzatok különböző formáin át, az alátámasztó illetve munkaállványokon keresztül, a födémrendszerekig minden rendelkezésre áll.

Ügyfeleink az általunk kínált megoldásokkal látványos szerkezeteket valósítanak meg, magas színvonalú zsaluzataink önmagukban is garanciát jelentenek a gazdaságos és jó minőségű szerkezetépítésre.

A következő oldalakon bemutatott hidak építéshelyi képei önmagukért beszélnek.

Dunaújváros melletti Pentele-híd

Ártéri pillérek kettős szilvamag keresztmetszetű, változó magasságú pillérei

A már elkészült ártéri pillérek fogadják a meder felől betolt acél felszerkezetet

*A **Megyeri-híd** szigeti ártéri pilléreinek magassága a változó terepszinthez igazodott, keresztmetszetük azonban azonos („lóversenypálya-alakú”)*

A teljes magasságig egy ütemben betonozott szerkezeteknél a Mammut keretes falzsaluzatot és a Circo körpillérzsalut használták

Az 1,75 m magas, alul ékesen ferde kialakítású pillérfejgerenda alátámasztása a MEP keretes állvánnyal történt

A Megyeri-híd 22 ártéri pillérének folyamatos építését csupán két zsalukészlet biztosította, hiszen a betonozást követő harmadik napon bontani lehetett a zsaluzatot

Az egyedi fatartós falzsaluzattal készült 2 ütemben a mederpillér, ezt követően Mammut acélkeretes falzsaluzattal zsaluzták a szerkezeti gerendát KLK230 konzolos állványról.

M7 autópálya hídjai

S67-es vadátjáró hídnál az útépítési forgalmat a híd zsaluzásának idejére is biztosítani kellett

S67-es híd bonyolult geometriájú pályalemezének zsaluképe vasszerelés előtt

S67 - Szegélyépítés a már elkészült és kizsaluzott felszerkezeten

A nagytömegű, 1000 m^3 térfogatú felszerkezetet alátámasztó MEP állvány talpai ideiglenesen vasbeton sávalapokra kerültek.

Az M7 autópálya S7, S14, S16, S27 jelű hidak pillérei a MEVA KLK kúszózsaluzatával készültek.
A legnagyobb, S14 jelű híd pilléreinek építése - 4 komplett készlettel - közel 1 évig tartott

Balatonkeresztúr közelében, az M7 autópályán épült a hétnyílású, 300 fm hosszú S70 jelű völgyhíd

Az összesen 24 karcsú, egyedi pillér „trombita" formájú oszlopfőihez több irányban íves egyedi zsaluzatot kellett gyártani. E különleges „galambdúcot"12 mm vastag műanyag zsaluhéjjal borítottuk.
Az egyedi zsaluzat tartóvázát a Mammut acélkeretes falzsaluzat biztosította

Az íves háromszög keresztmetszetű pillérekre a 4m magas, 3 darabból álló zsaluzatot a helyszínen csak össze kellett kapcsolni, és máris kész volt a kívánt forma.

A S70 jelű híd kétpályás feszített vasbeton szekrénytartós hídpálya szerkezetének betolása az elkészült alátámasztó pillérsorra nem mindennapi látvány

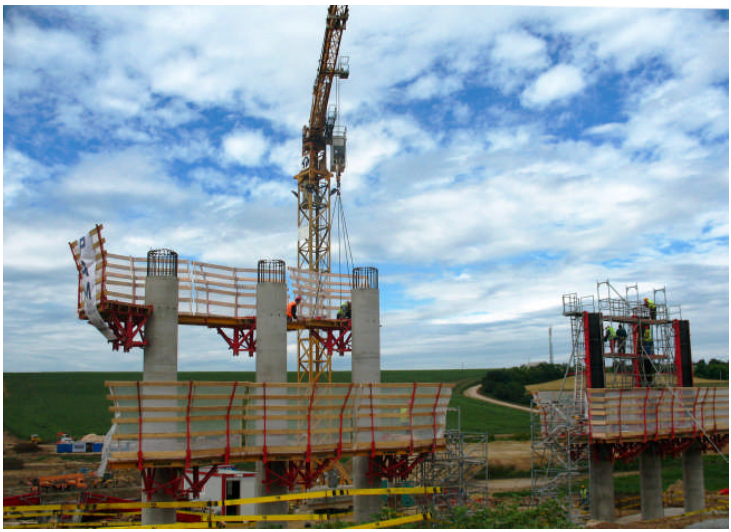
4-es autóút, Vecsést elkerülő szakasz

Vecsés elkerülő 240-es híd útépítési átjárója

Vecsés elkerülő 240-es híd is MEP állványzattal épült

M6 autópálya 1727 jelű völgyhídja

A 28 m magas ϕ120 cm átmérőjű körpilléreket 6 m magas kúszási egységekben zsaluzták, a MEVA által üzemi körülmények között összeszerelt KLK 230 kúszóállványról



A cég szolgáltatásai közé tartozik az értékesítésen túl a szaktanácsadás, a helyszíni betanítás, a zsaluzási terv készítése és

igény esetén a kivitelezővel közösen ütemterv összeállítása.

Egyedi gyártású, saját igényekre „szabható” zsaluzatainkat a kivitelezésben jártas zsalutechnológus mérnökeink tervezik, s ha igény van rá, telephelyünkön össze is szereljük ezeket.

A MEVA Zsalurendszerek Zrt. másfél évtizedes tapasztalata alapján büszkén mondhatom, hogy a legösszetettebb műszaki feladatokat is sikeresen megoldjuk, hisz az új építésű hídszerkezetek kivitelezése során a közelmúltban a legkülönbözőbb formákkal és műszaki elképzelésekkel találkoztunk.

Hangulatkép az M6 autópálya építéséről

Budapest, 2009. szeptember 11.

Lachmann Botond
Főmérnök – Meva Zsalurendszerek Zrt.

Megemlékezés

Pintyőke Károly
építőmérnök

Ezen írással (előadással) szeretnék emléket állítani annak a cégnek, mely utolsó neve Ganz Híd-, Daru-és Acélszerkezetgyártó Zrt. és 1874-ben született, 135 évet élt és 2009-ben nem éppen csendben várhatóan csendben befejezi földi pályafutását. A rövidség érdekében továbbiakban „Ganz"-nak, vagy „Hídgyár"-nak fogom nevezni. A Ganznak több mint 42 éven át voltam alkalmazottja, utoljára projektvezetői beosztásban.

1. kép: Az utolsó embléma

A Hídgyár önéletrajza

1868. Egy belga származású gépgyáros megalapította a „Magyar-Belga Gép és Hajóépítő Társaság"-ot, mely két év alatt a kíméletlen versenyben tönkre ment.

1870. Az állam, mint új tulajdonos egyesítette a hasonló sorsra jutott „Magyar-Svájci Vagongyár"-ral és az Államvasutak igazgatósága alá rendelte „Magyar Királyi Államvasutak Gépgyára" néven.

1874. Állami elhatározásra a gyár berendezkedett acélszerkezetek gyártására és szerelésére, létrehozva a „Hídépítési osztály"t.

1902. Kormányzati intézkedésre több gyár, bánya, nehézipari üzem céghez való csatolása jelentős növekedést eredményezett, ami névváltozással járt. „Magyar Királyi Állami Vasgyárak"

1925. Az első világháború után az üzemek egy része az új határainkon kívülre került, így kivált a vállalatból. Ebből adódott az új név. **M**agyar Királyi **Á**llami- **V**as-, **A**cél-és **G**épgyárak", röviden „**MÁVAG**.

2. kép: Gőzmozdony

A gyár fő terméke a vasúti járműgyártás volt.

- 1873-ban az első gőzmozdony
- 1896-ban elkészül az ezredik vasparipa
- 1959-ig (megszűnésig) a 7578-ig gőzmozdony is kifut
- 1920-as évek végétől dieselmozdonyok is készültek

1959. Állami döntésre a „Ganz-Mávag Mozdony-, Vagon-és Gépgyár" megalakulása, Ganz és MÁVAG gyárak összevonásával.

Ganz gyárak története:
1842. Ganz Ábrahám svájci vasöntő-iparos legény vándorútja során Pestre érkezik.

3. kép: Ganz Ábrahám (1814-1867)

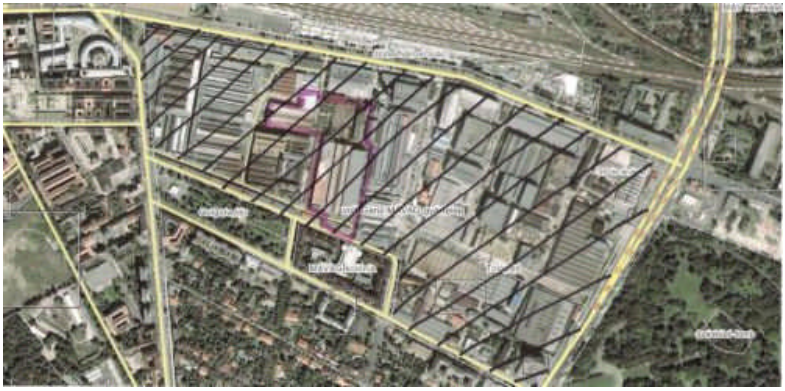
4. kép: Budai öntöde, ma múzeum a Ganz utcában

1844. Vasöntő műhelyt létesít a később róla elnevezett utcában. Ganz figyelme a rohamosan fejlődő vasút felé fordult. Kéregöntéssel készült kerekek hírnevet hoztak külföldön is.
1867. A túlfeszített munka öngyilkosságot eredményezett. Halála után az örökösök megalapították a „Ganz és társa" céget melynek vezetője, volt közvetlen munkatársa Mechwart András lett 40 éven keresztül.
1869. Szükségessé vált több tőkés csoport bevonása és a cég a „Ganz és Társa Vasöntő és Gépgyár Rt" nevet vette fel. A század fordulón hazánk egyik legnagyobb vállalata.
1929. Hatalmas fejlődés, felduzzadt cég neve „Ganz és Társa Danubius Villamossági-, Gép-, Waggon és Hajógyár Rt"-re változott.
1946. Állami tulajdonba kerül.
1949. Leválasztották róla Ganz Villamossági Gyárat és a Ganz Hajógyárat. A fő profilt a Ganz Vagongyár vitte tovább. Meg kell jegyezni, hogy jelenleg is mintegy 40 kisebb-nagyobb vállalkozás viseli jogosan a Ganz nevet. Ezen nem lehet csodálkozni ha Ganz Ábrahám, Mechwart András Bánki Donát, Zipernowsky Károly, Déri Miksa, Bláthy Ottó, Kandó Kálmán és Jendrassik György nevét említjük, akik naggyá tették a Ganz-gyárat.

Ganz-Mávag

5. kép: Ganz-Mávag embléma

1959. „Ganz-Mávag” megalakulása az egymás melletti Budapest VIII. kerületi Ganz és MÁVAG összevonásával, melyet a két vállalat közötti szoros együttműködés is indokolt.



6. kép: Ganz-Mávag központi területe

A több mint 20000 főt foglalkoztató óriáscég egyik gyáregysége, majd gyára a „Hídgyár”, melynek feladata volt acélszerkezetek gyártása, szerelése, beleértve az acél hidakat. Mindig fokozott figyelmet igényelt a Ganz-Mávag fő profiljához szükséges mennyiségű és igényes alvázak, forgóvázak határidőre való gyártása.

7. kép: Ganz-Mávag mozdony

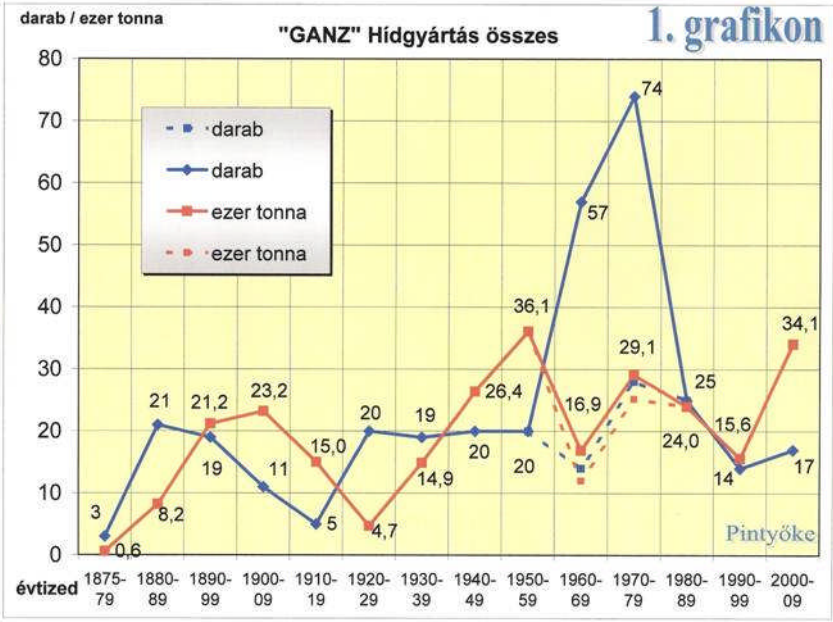
1988. A Ganz-Mávag gyáróriás sorsát az új idők szelei megpecsételték és 14 kisebb cégre esett szét állami elhatározással.

Ganz-Mávag után
1988. „Ganz Acélszerkezet Leányvállalat” mely a Járműgyár cégeként működött.

8. kép: „Hídgyár központi területe (fehér keretben)

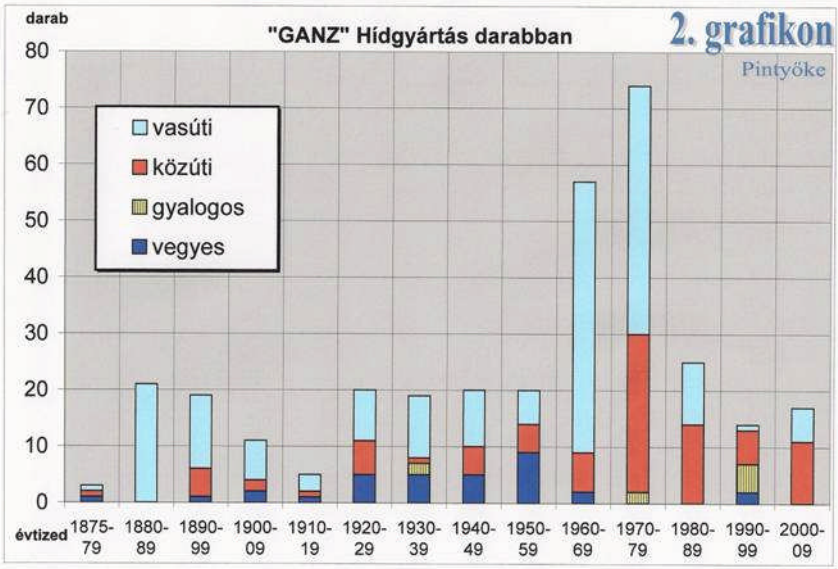
1988. „Ganz Acélszerkezeti Vállalat” (Hídgyár) néven önálló cég lett.
1993. A cég új elnevezése „Ganz Híd-, Daru- és Acélszerkezetgyártó Rt”, illetve „Ganz Acélszerkezet Rt”.
1998. A céget privatizálják, a Steelstar tulajdona lett.
2003. Új tulajdonos a Hídtechnika Kft és a Vegyépszer Zrt 50-50%-os tulajdonhányad.
2006. Új név „GANZACÉL Zrt. Az 1996-ban a szerelésből létrehozott Ganz-Pillér Kft. (későbbi nevén Ganz-BVG Kft) visszaolvad az anyacégbe.
2007. Új neve „Ganz Híd-, Daru-és Acélszerkezetgyártó Zrt lett a cégnek.
2008. Gyakorlatilag év végén a cég tevékenységét beszüntette.
2009. A gyártó terület eladása, kiürítése, gépek felszedése, haláltusa.

Ganz hídgyártás grafikonokban

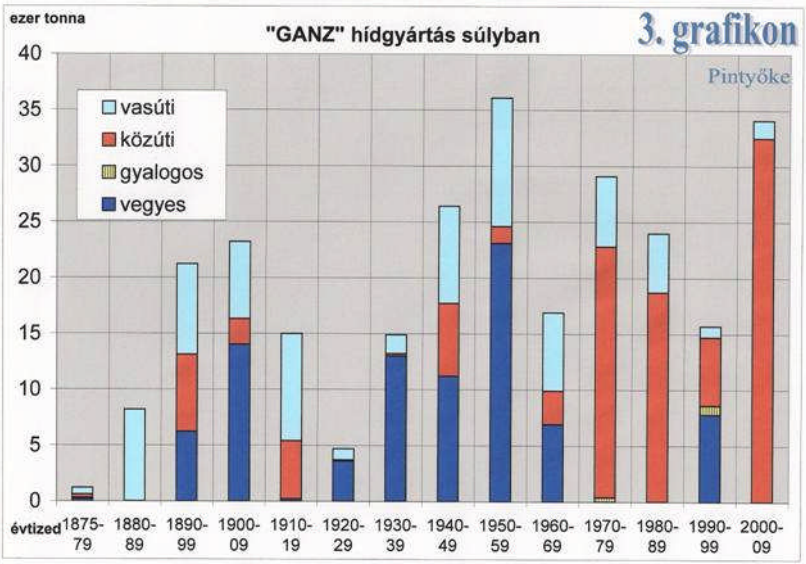


1. grafikon

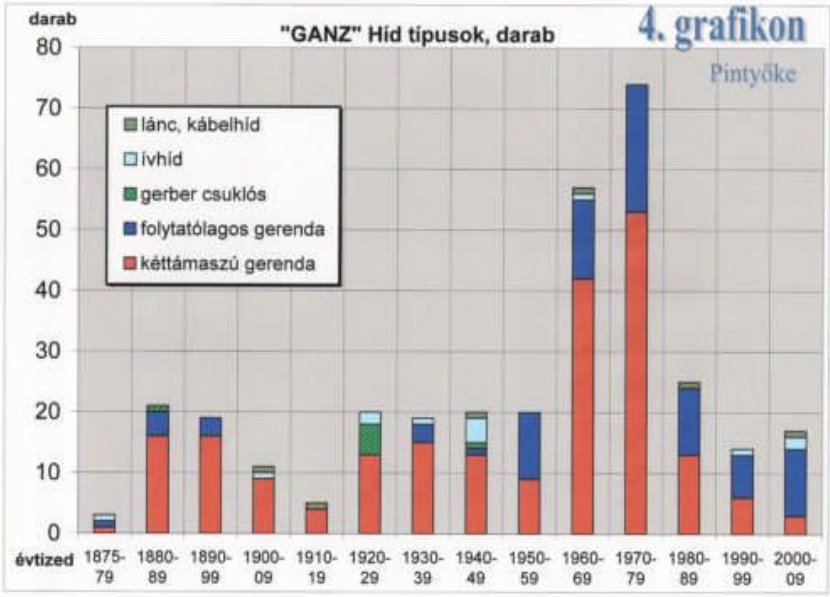
Az 1. grafikonhoz magyarázat:
1960-69 közötti időszakban a hidak nagy darabszáma abból adódik, hogy 35 db kis vasúti hidat szállított a Ganz Indiának és 8 darabot Csehszlovákiának.
1970-79 közötti időszakban 36 db kis vasúti híd lett Csehszlovákiának szállítva, 10 db betonövű híd az M3-as autópálya híd készült.
Mindegyik híd kis súlyú volt, 100 t. alatti, amit jól mutat a gyártott ezer tonna vonala. Szaggatott vonallal van jelezve ezen kishidak nélküli állapot.
Meg kell jegyezni, hogy 1910-19 közötti időszakban jelzett mennyiség gyakorlatilag az I. világháború előtti években készült, 1940-49 közötti időszakban pedig 1945 után.



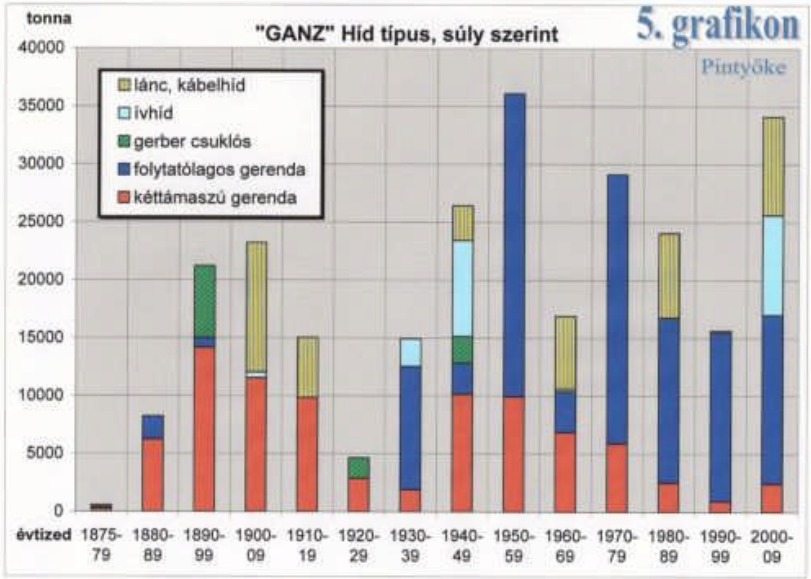
2. grafikon



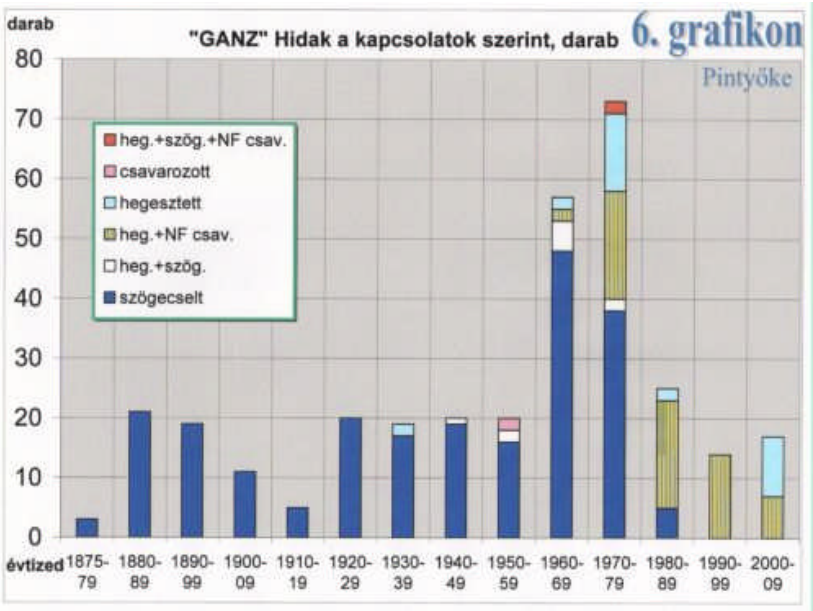
3. grafikon



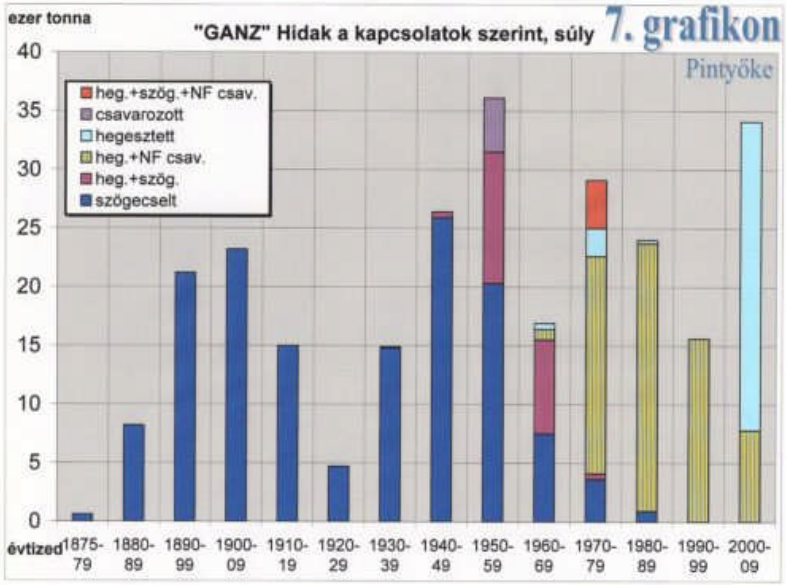
4. grafikon



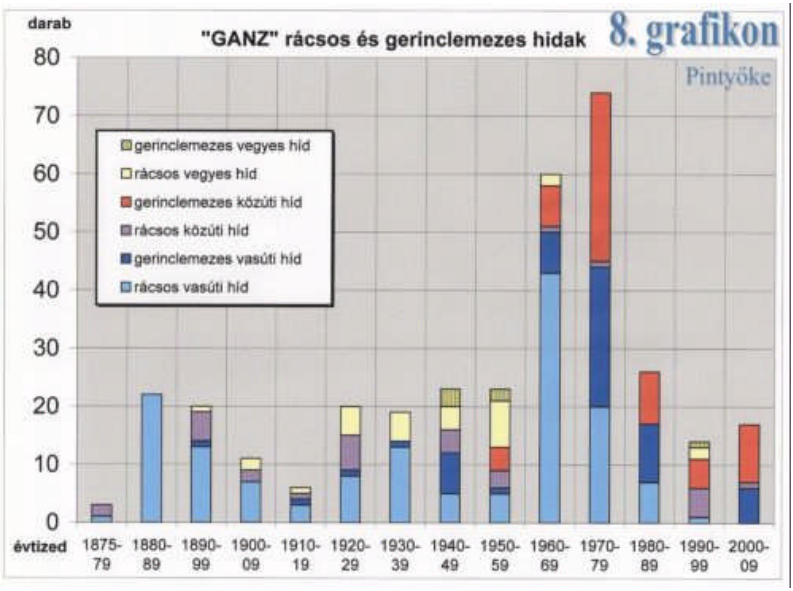
5. grafikon



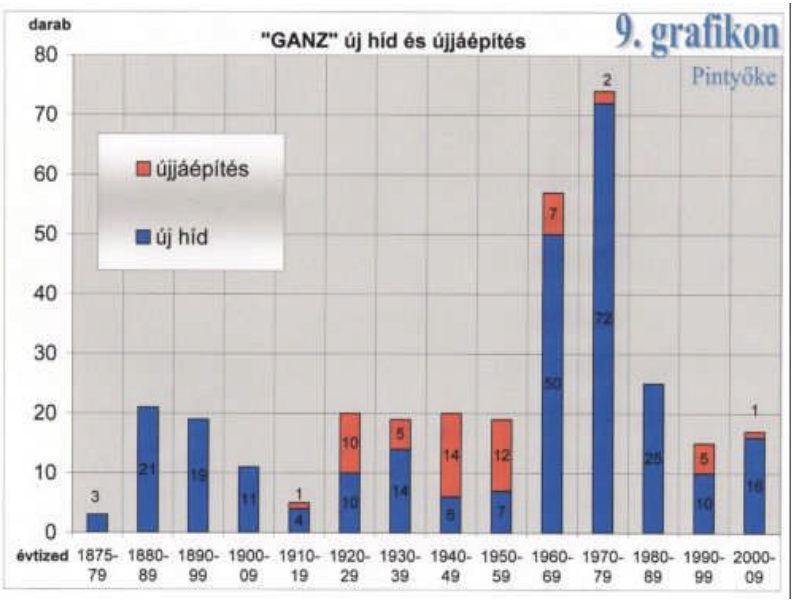
6. grafikon



7. grafikon

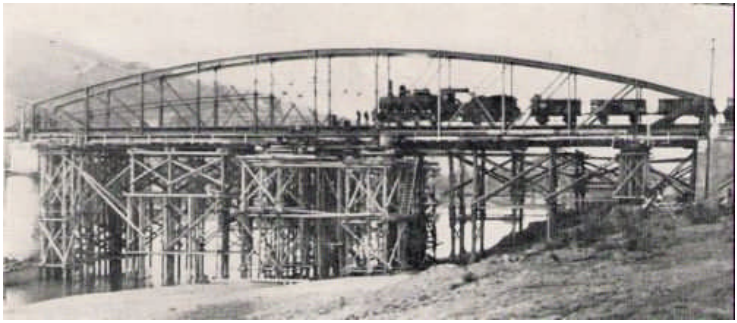


8. grafikon



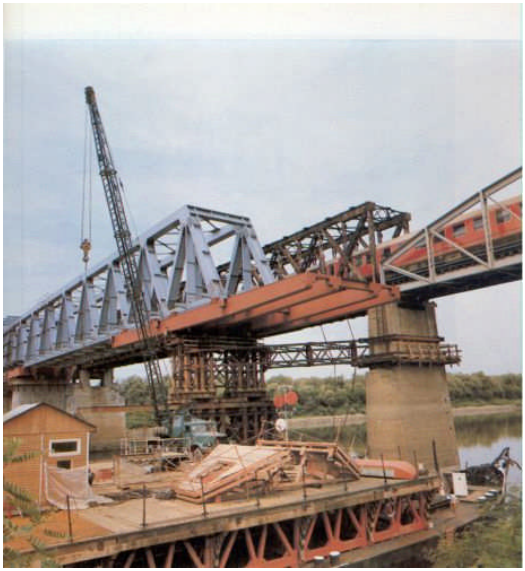
9. grafikon

Híd szerelési módok



9. kép: teljes beállványozás (Tokaji Tisza-híd 1890)

10. kép: szerelés Derrick daruval (Árpád-híd 1948)



11. kép: Hosszirányú behúzás (Csongrádi-híd 1986)

12. kép: Hosszirányú behúzás (Sárvári Rába-híd 2003)

13. kép: Szabadszerelés (Árpád-híd 1984)

14. kép: Szabadszerelés (Polgári Tisza-híd 1989)

15. kép: Szabadszerelés (Lágymányosi-híd 1995)

16. kép: Szabadszerelés (Megyeri-híd 2008)

17. kép: Úsztatás (Esztergomi Duna-híd 2001)

18. kép: Úsztatás (M3 oszlári Tisza-híd 2001)

19. kép: Úsztatás (Pentele-híd 2007)

Gyártó területek

A produktív munka két gyárban, két telephelyen folyt.

A Budapesti gyár 19.000 m² fedett, daruzott (maximális teherbírás 100 t.) üzemi és raktárcsarnokokkal, továbbá 4.000 m² szabadtéri területtel rendelkezett.

A Mátranováki gyár 20.000 m² daruzott (maximális teherbírás 40 t.) és 100.000 m² szabad területen működött.

Jelentős Csepelen a Duna parton bérelt terület, mely a szerelés keretén belül működik, biztosítva acélszerkezetek előszerelését, lehetővé téve nagy méretű és tömegű szerkezetek vízen szállítását is.

A gyártó területek teljes körűen fel voltak készülve a korszerű hegesztett, adott esetben forgácsolással megmunkált acélszerkezetek komplett kivitelezésére.

A fentiekben tömörören bemutatott „Hídgyár” nemcsak Magyarország legrégebbi, hanem mindennemű, a szakterületéhez tartozó feladat elvégzésére alkalmas cég volt. A múlt idő

használata ma már sajnos jogos. Termékei a hazai piacon kívül négy kontinens 40 országában egyedülálló referenciát nyújtanak, nyújtottak.

Terjedelmi okokból lehetetlenség ezen cikk keretein belül bemutatni a cég rendkívül színes gyártmány palettáját. Hidak mellett, anyagmozgató berendezések, épületszerkezetek, vízi műtárgyak acélszerkezetei, tartályok, toronyszerkezetek, sínjárművek forgóvázai, alvázai, speciális acélszerkezetek gyártása, szerelése és kivitelezése.

A 20. képen az általunk készregyártott kipróbált darut (66 m magas, 100 m gémhossz, 1300 t.) NEI (megrendelőnk) egyben tengeren szállította Port Talbot-i (Anglia) helyszínre

20. kép: Készreszerelt tengeri kirakó daru Rijekai hajógyárban

Az utolsó 10 év

Addig, míg ezen időszak a magyar hídépítés kimagasló korszaka volt, melyben a „Hídgyár" is elévülhetetlen érdemeket szerzett, megkezdődött a cég haláltusája.

Csodálatos hidak épültek, új szerkezetek, technológiák. (Esztergomi-híd, M3 oszlári Tisza-híd, Szekszárdi Duna-híd, Sárvári Rába-híd, Pentele-híd, Megyeri-ferdekábeles híd)

2003.11.11-től új tulajdonosok kezébe került a cég. (Hídtechnika Kft. és Vegyépszer Zrt.) Már a korábbi tulajdonosok áldásos tevékenységét mutatja, hogy állítólag szerződésileg 70 millió forintért adták el a céget, amiből csak 20 mFt. került kifizetésre, mivel a tartozások mértéke növekedett.

Sokan azt vártuk, hogy az új tulajdonosoknak nem lehet célja a cég leépítése, majd megszüntetése. Ezzel szemben a gyár festő részlegét (Pannonkorr Kft.) gyakorlatilag azonnal megszüntették, a legértékesebb rész a Mátranováki gyár szőröstöl-böröstöl eladásra került.

Végül bekövetkezett a Budapesti gyár területének csarnokainak Kinaiak (Józsefvárosi piac) részére eladása, gépek felszedése.

21. kép: Így fog kinézni a hajdani „Hídgyár” területe

22. kép: a volt „Léber” csarnok kínai átalakítás után

Sajnos a Megyeri hídról sok ember részészére nem az első ferdekábeles híd ugrik be, hanem, hogy „megolvadt a GANZ ACÉL”.
Kiderül-e valaha, hogy miért került a 135 éves cég ebbe a helyzetbe? Nekem vannak ötleteim…

Budapest, 2009. szeptember

Pintyőke Károly
építőmérnök

Megyeri Híd, Kőröshegyi Völgyhíd vízelvezetése öntöttvas csővel

Szabó Miklós
Purator Hungaria Kft. épületgépészet üzletágvezető

Magyarországi hidak vízelvezetésére két féle öntöttvas csőrendszerre vannak referenciáink:
I. PaM Integral tokos, gömbgrafitos öntöttvas rendszer. Megyeri Híd 2008
II. PaM-Global B „BML" toknélküli, lemezgrafitos anyagú, mandzsettás kötésű öv. rendszer. Károly Király útja, M1-M7 körhíd a közös szakaszon 2000, és a Kőröshegyi Völgyhíd 2007.

I. Megyeri híd, PaM Integral tokos öntöttvas rendszer. Franciaországból elterjedt megoldás.

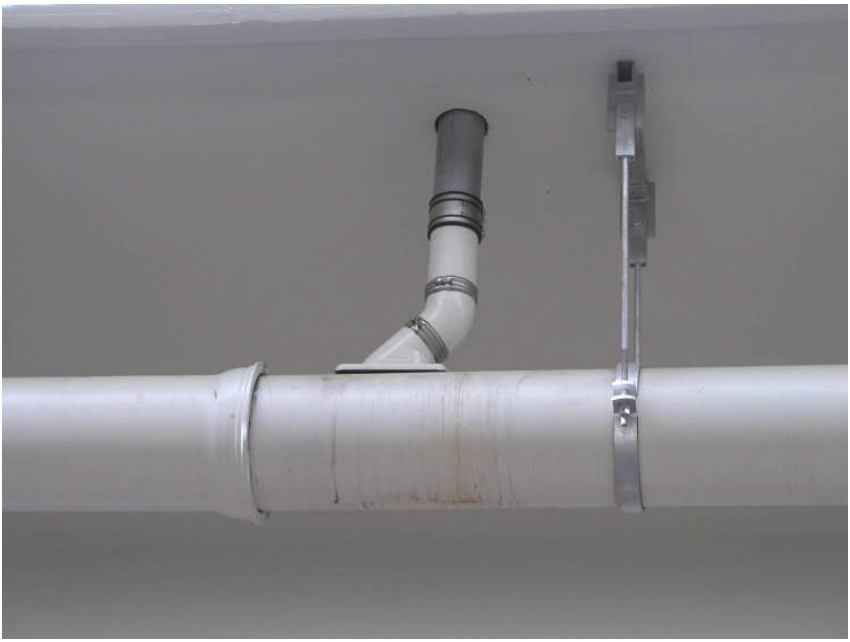
Gyűjtővezetékek DN300-400-500-600 méretekben járatosak. Nagyobb méretek (DN800) a Kőröshegyi Völgyhídról levezető részen valósult meg.

A csövek tokkal csatlakoznak egymáshoz és a beépített idomokhoz. A tömítés víztömör zárást, és rugalmasságot is biztosít. A hidak nyomvonalára jellemző, nagysugarú ívek kialakítása külön idom nélkül lehetséges.

Megyeri híd budai oldal, az átadás napján.

A tömítés rugalmassága építi le mindenegyes toknál, a híd és a cső eltérő felmelegedési, lehűlési sebességéből adódó differenciál hőtágulást. Ezért a csőrendszerben is csak ott kell kompenzátor, ahol a híd dilatációja is van.

Fixpont a pesti hídfő dilatáció előtt, a DN400-as tokos gyűjtőcsövön Megyeri híd 2008.



Megyeri hídon a tokos gyűjtőcsövekre a DN150-es bekötések BML rendszer elemeivel készültek.

II. PaM-Global B „BML" toknélküli rendszer

Csapadékvíz elvezetésére DIN EN 877, DIN 19522 szabványnak és a DIN ISO 9001 előírásainak megfelelő, BML cső, sópárás külső térre is alkalmas.
A BML lefolyó rendszer minden szokásos beépítési esetre szabványosított elemeket tartalmaz, cső, csőkötés, idomok, nyereg ágidom, függesztés. Az I. tokos rendszertől a rövidebb 3m-es csőhosszakban, és tokos toldásokat helyettesítő gumibetétes, rozsdamentes, csavarszorítású kötéseiben tér el. Németországból elterjedt rendszer.

BML DN500-as cső a Kőröshegyi Völgyhídban.

Mindkét csőrendszerre vonatkozó előnyök:

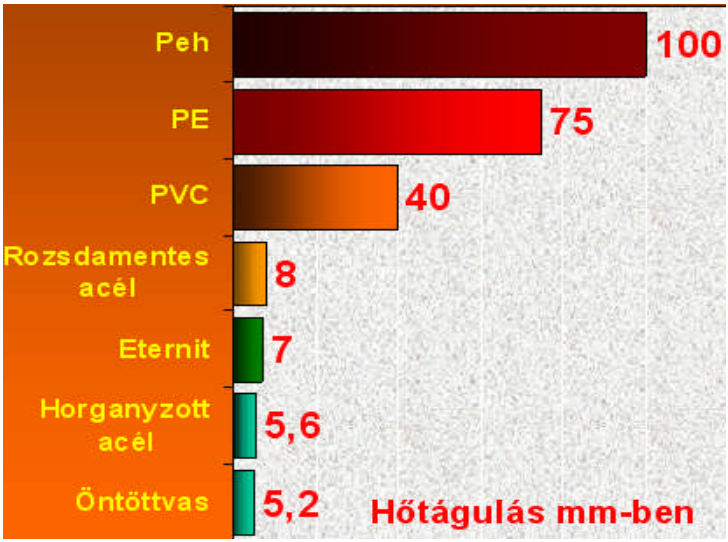
Kiforrott megoldás, Nyugat-Európában több száz hídon évtizedek óta kifogástalanul működik.

Külső, belső bevonatok a sópárának ill. a sótartalmú csapadékvíznek jól ellen áll.

A hídvíznyelők bekötéséhez nem kell a gyűjtőcsőbe nagyméretű, költséges ágidomokat beépíteni. A kisméretű, rátét nyereg-ágak a kiépített gyűjtővezetékre, a kiadódó helyekre, 300x150mm méretű „ablakkivágásokra” kerülnek. A 45°-os ágak ideálisan az áramlás irányában terelik a becsatlakozó vizeket.

Nyereg ág bekötés, Kőröshegy 2007

Az öntöttvas csőrendszerek mindkét fajtája teljesen együtt mozog a híddal. Az összes felhasználható vízelvezető csőanyag közül, az öntöttvas hőtágulási tényezője áll legközelebb az acéléhoz, és a vasbetonéhoz.



***Integrál csőhossz: 6m**, T=**20K** λ = 0,0105 m/mmK*
L = 0,0105 x 6 x 20= ***1,26mm hőtágulás leépül a toknál.***

***BML csőhossz: 3m**, T=**20K** λ = 0,0105 m/mmK*
L = 0,0105 x 3 x 20= ***0,63mm hőtágulás leépül a 3m-enkénti csőkötésnél***

Tűz esetén a műanyag csövek égésekor keletkező gázok okozta veszély miatt, az öntvénycsövek használata egyedülálló előnyt jelent.

Budapest, 2009. szeptember 18.

Szabó Miklós
Purator Hungaria Kft.
épületgépészet üzletágvezető

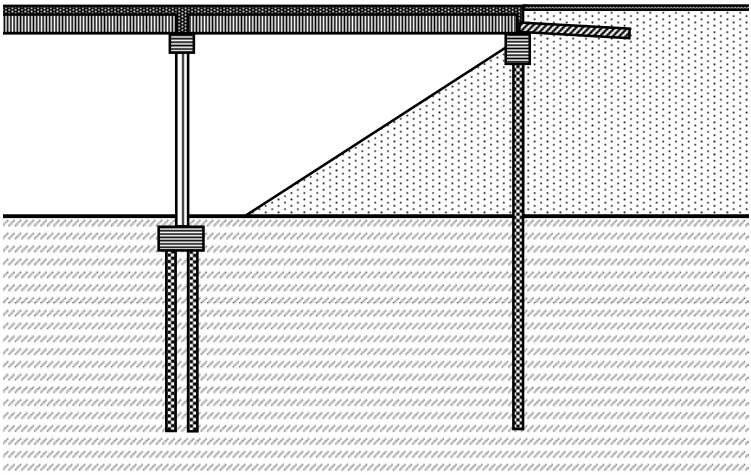
Hídalapozások fejlesztése

Szepesházi Róbert

Széchenyi István Egyetem, főiskolai docens

1. Bevezető

A közúti hidak nagy többsége – a folyami és a völgyhidakat kivéve – manapság az 1. ábrán vázolt kialakítással épül: 10-20 m hosszú cölöpökre alapozott pillérekkel és rejtett, áttört hídfővel, 15-25 m hosszú előregyártott gerendák alkotta főtartókkal, melyeket vasbeton pályalemez dolgoztat együtt, amivel a 3-5 nyílású felszerkezet statikailag határozatlanná válik. A csatlakozó töltések magassága általában 5-6 m, de néhol a 15-öt is eléri, s ezek gyakran – különösen a vízfolyásokat átívelő hidak esetében – gyenge altalajra kerülnek. A kivitelezésükre a politika diktálta határidők miatt általában legfeljebb másfél év van.



1. ábra. Tipikus közúti hídszerkezet

Ilyen körülmények között a háttöltés okozta, időben kifejlődő talajdeformációk lényegében a híd valamennyi tartószerkezetét veszélyeztethetik, ennek elhárítása a tervezés és projektirányítás egyik legfontosabb feladata lehet. Az időbeli ütemezést nehezíti az is, hogy a mai gyakorlat a terveket csak cölöppróbaterhelés alapján kívánja véglegesíteni. Így az alapozó szakcégnek előbb a próbaterheléshez kell felvonulnia, majd többnyire hónapokkal később a végleges munkához, ill. ahhoz gyakran kétszer is, s az alapozásra kötött szerződés tartalma is a próbaterhelés eredményétől függ.

Ezek a körülmények, feladatok a hídászok és a geotechnikusok szorosabb kooperációját követelik meg. Ez a mindennapi gyakorlatban változó hatékonysággal, de valamiképpen működik, de egy-egy feladat nehézségei és/vagy a legkülönfélébb érdekekből fakadó konfliktusok érzékelhetően szétfeszítik a hagyományos tervdokumentumokban megtestesülő tartalmi és felelősségi kereteket. Egyre nyilvánvalóbbá válik az is, hogy a hídszerkezetek, a cölöpalapok és az altalaj komplex kölcsönhatását nem elegendő a hagyományos eszközökkel modellezni, használnunk kell az erre alkalmas végeselemes, geotechnikai szempontból is újat adó programokat.

Az Eurocode-ok közelgő kizárólagos alkalmazási kötelezettsége sok tekintetben egyébként is új helyzetet teremt. Egyrészt, mert az nem ismeri a talajmechanikai szakvélemény műfaját, az EC7 szerint a talajadottságok bemutatására a „talajvizsgálati jelentés” hivatott, de annak nem feladata a tervezési feladatok részbeni megoldása, de még a javaslatadás sem (Szepesházi, 2008). A geotechnikai tervezést ettől elhatárolva, a geotechnikai tervre”, annak szöveges részére a „geotechnikai tervezési beszámolóra” hárítja, s annak tartalmi követelményeit – mint az 1. táblázat mutatja – nagyon magasra emeli. Hogy ennek önálló dokumentumként kell-e megjelennie, vagy a teljes (híd)terv egy fejezeteként, arra nincs egyértelmű előírás, magunknak kell kialakítanunk az ésszerű együttműködési és dokumentálási formákat.

1. táblázat

A geotechnikai tervezési beszámoló elvárt tartalma	
1	az építési helyszín és környezetének ismertetése
2	a talajviszonyok leírása
3	a tervezett építmény leírása, beleértve a hatásokat
4	a talaj- és kőzetjellemzők tervezési értékei, szükség szerinti indoklással
5	az alkalmazott szabványok és előírások jegyzéke
6	a hely alkalmasságáról szóló nyilatkozat tekintettel az elfogadható kockázatra
7	a geotechnikai tervezési számítások és rajzok
8	az alapozási szerkezet tervezésére vonatkozó ajánlások
9	az építés közben ellenőrizendő, fenntartást, megfigyelést igénylő tételek jegyzéke

Az Eurocode-ok bevezetése más vonatkozásokban is új követelményeket támaszt. A geotechnikai előkészítés, a talajfeltárásokat és a talajvizsgálatokat alaposabban, körültekintőbben kell szerveznünk és végrehajtanunk, előtérbe kell helyeznünk az olyan hagyományos és véges-elemes számításokat, melyek a talajok nem-lineáris viselkedését is jól modellezik, s meg kell tanulnunk az EC7 biztonsági rendszerének ésszerű alkalmazását, hogy szerkezeteink ne legyenek drágábbak az eddiginél.

A felvázolt szakmai- és kompetenciakérdések, valamint az Eurocode-ok bevezetéséből következő új követelmények régóta indokolnák, hogy a hídászok és a geotechnikusok perspektivikusan áttekintsék közös ügyeiket, s egyeztessék stratégiájukat. Erre azonban a konkrét feladatok egyébként örömteli terhei mellett sajnálatosan kevés energiánk maradt. A Széchenyi István Egyetem Szerkezetépítési Tanszékének geotechnikai szakcsoportja a SZE Kooperációs Kutatási Központjának égisze alatt elsősorban a HBM Soletanche Bachy innovációs alapból nyújtott támogatásával élve 5 éve foglalkozik ezekkel a kérdésekkel a „Hídalépítmények tervezésének fejlesztése” című kutatási téma keretében. Az ennek során elért eredményeink, az EC7 honosításában teljesített munka és az autópályákon végzett szakértői tevékenységek

tapasztalatai késztetnek és bátorítanak fel arra, hogy a jubileumi hídmérnöki konferencián e kérdéskörrel foglalkozzak, bemutatva a közelmúltban felmerült problémákat, a továbbfejleszthető sikereket és az előttünk álló új feladatok lehetséges megoldásait, elindítva talán a valójában már odázhatatlan egyeztetést.

A dolgozat a fejezetenként a következő kérdésköröket tárgyalja:

- a hídszerkezetek fejlesztésének geotechnikai vonzatai, a felmerülő technológiai és méretezési problémák,
- a cölöpök függőleges teherbírása (a próbaterhelés szükségessége és a méretezési biztonság és a negatív köpenysúrlódás),
- a hídszerkezet és a talajkörnyezet kölcsönhatásának komplex modellezése, különös tekintettel a korszerű szoftverek alkalmazhatóságára.

2. A típusszerkezet kialakításának geotechnikai vonatkozásai

2.1 A szokásos hídszerkezetek alkalmazásának indokai

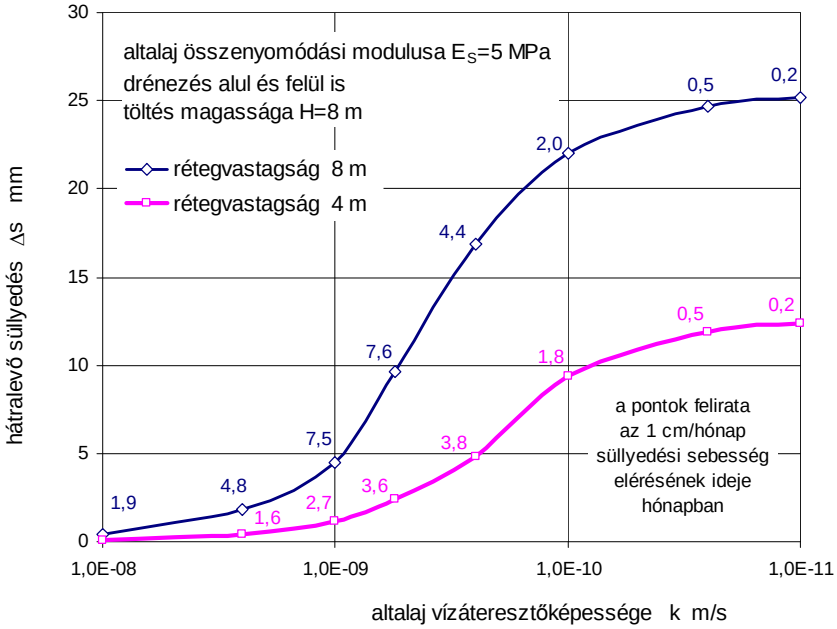
A bevezetőben vázolt hídszerkezet az elmúlt 10 évben fejlődött ki, ismereteim szerint elsősorban különböző szerkezetváltozatok számítógépes analízisének összehasonlító értékelése alapján. A különböző statikai programokkal (AXIS, FLAC) végzett futtatások azt mutatták, hogy az alépítmény és a felszerkezet igénybevételei előnyösebben alakulnak, ha a támaszokat, esetleg csak a hídfőket egyetlen cölöpsor támasztja alá. (A hídfők egysorsos alátámasztását egyébként elvileg a kisebb függőleges terheik is indokolják.) Az egysoros alátámasztásnak köszönhetően ugyanis a cölöpösszefogó gerenda szabadabban elfordul, mint a kétsoros cölöpalátámasztás esetén, az a felmenő szerkezetek számára nem befogásszerűen viselkedik. További nyilvánvaló előnyöket hoz, ha hídfő cölöpjeit a háttöltésről, a lehető legmagasabbról mélyítik le, így a cölöpösszefogó gerenda és a szerkezeti gerenda lényegében egyesülhet, s az egy sorban levő cölöpök miatt keskenyebb is lesz. E szerkezeti kialakítás ugyanakkor nyilvánvalóan új elvárásokat támaszt a cölöpalapokkal és tervezőikkel szemben.

2.2 Süllyedési kérdések

A vázolt szerkezet esetében, különösen a ma jellemző erőltetett ütemű kivitelezés esetén a cölöpök és a háttöltések süllyedésére és ezek időbeli alakulására meglehetősen pontos becsléseket kell(ene) adnunk, hogy megóvhassuk a szerkezetépítés végére statikailag határozatlanná váló felszerkezetet a többletigénybevételektől, illetve hogy elkerüljük a cölöpökre a felszerkezetről érkező terhek és a talajról ható negatív köpenysúrlódás veszélyes mértékű szuperponálódását. Ez idő tájt a méretezéskor a támaszok 1 cm-es süllyedéskülönbségét terhelik rá a felszerkezetre, és azt várják el a geotechnikustól, hogy olyan cölöpalapozást tervezzen, melyről kimutatható, hogy ennél több a süllyedéskülönbség nem lesz. A talajmechanikai számítások megbízhatóságát tekintve azonban az ilyen csekély értékek tartományában nehéz vitathatatlan számításos bizonyítást produkálni, ezért azt gyakran csak „nyilatkozat" helyettesíti. Ezt a geotechnikus inkább azért meri kiadni, mert tudja, a felszerkezet többet is kibír, illetve mert a süllyedések nagyobb része a pályalemez építésig lezajlik. Voltak ugyanis esetek, amikor 5-10 centiméteres támaszmozgásokat mértek, s ekkor a szerkezettervező „utánaszámolva" azt is megengedhetőnek ítélte. Egyébként a „rendes" tervezésben ritka, hogy a felszerkezetet süllyedő alátámasztással modellezzék, s így a szerkezeti tervbe eleve bekerüljön a mozgások hatása. Még ritkább, hogy a híd modelljébe a cölöpöket egyenként is bevennék, s talajjal való kapcsolatukat is modelleznék.

A süllyedésszámítás bizonytalansága és a konszolidáció kivárásának gyakori akadályoztatása miatt sok tervező nagymértékű negatív köpenysúrlódással is megterheli a cölöpöket, ami nyilván gazdaságtalan. Többen vannak azonban azok, akik, hogy ezt ne kelljen tenni – ha van elég idő – azt kívánják meg, hogy a cölöpöket akkor készítsék el a háttöltésről, amikor a töltés hátralevő süllyedése már megengedhetőnek gondolható. Ennek ma alkalmazott ökölszabálya úgy szól, hogy 1 cm/hó süllyedési sebesség elérése után szabad megkezdeni a cölöpözést. E szabály általános

érvényessége azonban valójában megalapozatlan. A 2. ábra próbaszámítások eredményeivel azt mutatja, hogy e süllyedési sebesség kisebb áteresztőképességű és vastagabb konszolidálódó réteg esetén még messze nem jelenti a süllyedés befejeződését.



2. ábra. Egy töltés hátralevő süllyedése az 1 cm/hó süllyedési sebesség elérésekor

Nagyon magas töltés és rétegzett kötött altalaj esetén különösen nehéz az előrejelzés. A kőröshegyi völgyhidat pl. a munkábaadás idején azért kellett egy-egy nyílással bővíteni, mert a tenderterv olyan méretű csatlakozó töltést tartalmazott, melyből kb. 100 m határmélységgel 100 cm körüli süllyedést kellett becsülni, s ennek időbeli lefolyását nem lehetett az építésütemezés által igényelt pontossággal prognosztizálni.

A szokásos feladatok és kevésbé kiélezett ütemezés esetében viszont elsősorban a változásokat jól felmérő CPT-vizsgálatokkal és gondos, célirányos ödométeres vizsgálatokkal, valamint a ha-

gyományos elméleteken alapuló vagy a véges elemes geotechnikai programokkal (pl. GGU vagy PLAXIS) már elég jó előrejelzéseket lehet adni, s lehet dönteni az építésütemezésről, s – ha indokolt – a konszolidációgyorsításról.

Ennek hatékony (viszonylag olcsó, gyorsan kivitelezhető és markáns eredményt adó) eszközévé váltak az utóbbi években a függőleges szalagdrének. Ezek lehajtásra több hazai cég is képes, de általában csak 15 m-ig, ami néha kevés. Ha nagyon gyenge a talaj, s ezért nem csak a konszolidáció gyorsítása, hanem a süllyedések csökkentése is kívánatos, akkor a kavicscölöpözés indokolt. A drénezés számításában nagy segítséget nyújtanak azok hagyományos elméleteken nyugvó programok, melyek rétegzett talajok egyidejű horizontális és radiális konszolidációját is képesek számítani, s amelyekre még visszatérünk.

E munkákban nagyon fontos az elsősorban a süllyedésmérésre alapozott monitoring,. Erre több hazai cég is képes, de az eredmények sokatmondó dokumentálása, értékelése és a teendők meghatározása gyakran késedelmet szenved. Az ÚT 2-1.222 útügyi előírás ehhez világos útmutatást ad, a monitoring azonban sokszor mégis öncélú, haszontalan marad.

2.3 A vízszintes nyomások és mozgások problematikája

A hídfők hát- és előtöltéséről, valamint a felszerkezetekről a cölöpökre átadódó vízszintes nyomások és elmozdulások számítása még problematikusabb, mint a süllyedéseké, különösen, ha nem tudjuk meghaladni a geotechnika hagyományos eszköztárát. Valójában nincsen hagyományos geotechnikai elveken nyugvó és a gyakorlat számára kidolgozott számítási módszerünk a hídfőben levő, egyik oldalról rézsűvel határolt földtömeg által megtámasztott cölöpökre jutó földnyomások számítására. Ilyenek pedig, különösen ha az altalaj gyenge, a rézsű pedig ehhez képest meredek (egy puha agyag esetén az 1:1,5 már az!), biztosan fellépnek, s nem csak az töltésben, hanem az altalajban is. Minél kisebb az előtöltés rézsűjének biztonsága egy alámetsző csúszólapon bekö-

vetkező alaptöréssel szemben, annál nagyobb lehet a cölöpökre ható, a híd közepe felé irányuló terhelés. Valószínűsíthető az is, hogy az előtöltés lábánál levő támasz cölöpjeire még nagyobb terhek hatnak, s ennek számítására sincs kidolgozott eljárásunk.

A vízszintes hatások miatt, különösen az egysoros alátámasztás esetén a cölöpökben számottevő nyomatéki igénybevételek keletkeznek, mert az ezekből származó nyomatékokat nem cölöppárok hárítják át függőleges erőkkel a talajra, hanem az egyedi cölöpök és a talaj közötti vízszintes reakciók egyenlítik ki őket.

A közelmúltban néhány szerkezet vízszintes elmozdulása figyelmeztetett e kérdés jelentőségére. Egy autópályán épülő híd közbenső támaszait az előtöltés a puha talajon keresztül annyira eltolta, hogy a szerkezeti gerenda kb. 20 cm-t elmozdult. Kérdésessé vált, rátehetők-e a főtartók, s félő volt, hogy az elmozdulás miatt a cölöpök valahol már tönkrementek. Hagyományos modellezéssel e kérdéseket nem lehetett megválaszolni, a végeselemes analízis viszont segített: megállapítható volt, hogy különleges beavatkozás nélkül is befejezhető a munka, s ez igazolódott is.

Más projektek esetében e hatások úgy kerültek előtérbe, hogy nem lehetett a nagyobb átmérőjű, fúrt cölöpöket kisebb, talajkiszorításos cölöpökkel kiváltani, mert a nyomatéki teherbírásuk megfelelősége a hagyományos módszerekkel nem volt kimutatható. Hasonló okok miatt súlyos árkonfliktusok is voltak már, mert az alapozó cégeknek a tervek véglegesítése után több vasalást kellett a cölöpökbe helyezni, mint amennyire eredetileg szerződtek. Ezekben az esetekben is sokkal kedvezőbb eredményekre jutottunk a végeselemes számításokkal.

A mozgásoktól, a nyomatéki igénybevételektől a hagyományos számítások eredményeiből kiindulva sokszor tehát túlzottan is tartanak, de egy túl óvatos végeselemes számítás is kelthet indokolatlan félelmeket. Egy most folyó munka során a híd alatt levő csővezetékeknek a vízszintes hatásokkal szembeni védelmére olyan óvintézkedéseket hoztak, melyek hatalmas többletköltségeket igényelnek, alighanem indokolatlanul.

A ma használatos méretezés keretében általában csak a cölöpfejen terhelt egyedi cölöpöket vizsgálnak rugalmas ágyazású tartóként. Többnyire csak az igazán teherbíró talajban tételeznek fel befogást, csak ennek felszínétől lefelé haladva vesznek föl többnyire lineárisan növekvő rugóállandójú megtámasztást. Nem veszik figyelembe a töltésbeli befogást, sőt a töltés altalajjavító, feszültségnövelő hatását sem, igaz a töltés okozta előbb vázolt terheket sem. Nem ellenőrzik, hogy a rugómodell szerint kiadódó földnyomások nem haladják-e meg a talaj földellenállást, igaz a rugóállandók óvatos felvétele miatt ezzel valószínűleg nem is kell foglalkozni. E nagyon konzervatív modellezés természetesen a nyomatéki igénybevételek túlbecsléséhez vezet, a modellből kiadódó mozgásoknak pedig a valósághoz alig van köze.

A rugómodell is feljavítható akár az AXIS programban is, ha a rugóállandókat a tényleges geometriai viszonyokat és a valós talajadottságokat modellezve változó értékekkel visszük be számításba, s beépítjük a földnyomások határértékeit is. Ez természetesen komolyabb előkészületeket és geotechnikai szakismeretet igényel. Vannak azután olyan hagyományos elveken nyugvó geotechnikai programok is, melyek ezeket az alapszámításokat maguktól megteszik, pl. a GGU, az IDAT vagy a GEO5. A valóság hívebb követése azonban e tekintetben is inkább a véges elemes programoktól várható, illetve ha azokkal dolgozunk, nem kell elkülönítetten vizsgálni a függőleges és a vízszintes teherviselést. Erre még visszatérünk.

2.4 A cölöptípusok alkalmazhatósága

10 évvel ezelőtt az alapozó cégek és a geotechnikus tervezők a CFA-cölöpök hídépítési alkalmazhatóságáért küzdöttek, mára domináns lett e cölöptípus alkalmazása. Ez pedig nem feltétlenül indokolt, egy 2004-es felmérés szerint a világban csak kb. egynegyed az arányuk. A cölöpök kb. fele ma is talajkiszorítással készül, ezek betontérfogatra vetített függőleges teherbírása ugyanis azonos talajban közel kétszerese lehet a fúrt cölöpökének. A híd-

alapozásokban az előregyártott vert cölöpök szerepe nagyobb maradt, mert a lehajtásuk környezetzavaró hatásai e projekteken kevésbé számítanak, ill. a modern hidraulikus verőkalapácsok alkalmazásával e hatások egyébként is csökkennek. A teljes kiküszöbölésükre, ám a talajkiszorításos technológiában rejlő nagyobb fajlagos teherbírás érvényesítésére irányuló törekvések a különböző csavart cölöpök kifejlesztésében, évtizedünk talán legfontosabb geotechnikai innovációjában manifesztálódnak.

Az előregyártott vert cölöpök alkalmazásának fejlesztésében idehaza az EMAB tett fontos lépéseket. A legkorszerűbb hidraulikus verőeszközzel képesek 50 cm átmérőjű, pörgetéssel előállított, üreges, hengeres vagy kúpos vasbeton cölöpök lehajtására. A csavart cölöpök alkalmazásban is követjük a világtrendet: a CFA-cölöphöz hasonló módon, de talajkiszorítással készíti a Jägerbau és a Folyami Hídalapozó az ún. Omega-cölöpöket, a Bohn az ún. TSDa-cölöpöket, a HBM Soletanche Bachy pedig a végső formájában a spirális alakot öltő ún. Screwsol-cölöpöket (1. kép)

1. kép. A HBM Soletanche Bachy talajkiszorításos Screw-cölöpje

A talajkiszorítás okán e cölöpök átmérője a 60 cm-t csak gyenge talajokban érheti el, a Screw-cölöp esetében a spirál külső átmérője 73 cm lehet (Kaltenbacher, Havas, 2008). A függőleges teherbírás szempontjából e talaj-kiszorításos cölöpök e méretekkel is nagyon gazdaságosak lennének. A nyomatéki teherbírásuk megfelelőségét viszont a hagyományos és óvatos számítási modellekkel gyakran nem tudjuk kimutatni, s emiatt ezek nem tudják elnyerni méltó helyüket a hídalapozásban. Korlátozza alkalmazásukat az is, hogy a hídfők tömör szemcsés anyagú töltésén nehéz áthajtani őket, s nehéz teljesíteni az egysoros kialakítás miatti nagyobb terhek és a töltés tetejéről való indítás igényelte nagy hosszakat. Ezek is gyakran a túlzottan óvatos tervezés következményei: a negatív köpenysúrlódás konzervatív figyelembevétele, a (nehezen áttörhető) töltésben fellépő palástellenállás negligálása és a fajlagos cölöpellenállások alulbecslése.

A ma leggyakoribb, a jelen dolgozatban vizsgált hídszerkezetek esetén azonban az uralkodó CFA-cölöpökkel is vannak nehézségeink, különösen a hídfőkben. Ezek hossza is behatárolt, a legtöbb gép 22 m-nél mélyebbre már „nem kívánkozik”. Korlátozni kell az utólagos behelyezés miatt a vasalás mennyiségét is, amint arra a vonatkozó MSZ EN 1536:2001 is rámutat. A CFA-cölöpök átmérőjének növelése is gondokat vet fel. Ma már készítenek ugyan 1,0 m átmérőjűeket is, de ezek esetében a furatfal stabilitása puha kötött és nagyon laza szemcsés talajokban kritikussá válhat. Ezért gyakran béléscső alkalmazásra kényszerülünk, ami persze nagyban csökkenti a CFA-cölöp eredendő előnyeit. A nagyobb átmérő egyébként általában a függőleges teherbírás szempontjából sem optimális, mert a hazai talajviszonyok közepette és a vázolt okok miatt szükséges hosszak esetén a cölöpök – különösen az üzemi állapotban – inkább a palástellenállásukkal dolgoznak, ami inkább több kisebb átmérőjű cölöpöt indokolna. Az átmérő csökkentése viszont megint ütközik a nyomatéki teherbírás igényével, s fokozottan felmerül a betontakarás, sőt a betonkeresztmetszet bizonytalansága. Valljuk meg, van abban ellentmondás, hogy a mm-pontossággal zsaluzott, ellenőrzött vasszereléssel

készülő, gondosan betonozott szerkezetek nyomatéki igénybevételeinek csökkentését azon az áron kívánjuk elérni, hogy egy talajba fúrt, részlegesen megtámasztott, omlékony üregben készülő, utólag benyomott vasalással bíró betonoszlopra hárítunk nagyobb nyomatékokat.

E cölöpözési problémák is kevésbé éleződnének ki, ha a statikai méretezés pontosabb lenne. Bizonyosra vehető, hogy a kölcsönhatások modellezésére épülő korszerű számításokból kisebb függőleges erők és nyomatéki igénybevételek adódnának, melyeket a kisebb átmérőjű cölöpökkel is fel lehetne venni. Ha ilyenekkel dolgoznánk, akkor talán nem kellene szembeállítani a kifejlesztett hídszerkezeteket az alapozási szempontokkal, hanem annak nyilvánvaló előnyeit és a cölöpözés fejlődési lehetőségeit egyaránt hasznosítani lehetne.

3. A függőleges teherbírás néhány kérdése

3.1 A teherbírás meghatározásának módszerei

Az Eurocode 7 három módszert ismer el a teherbírás, terminológiája szerint a nyomási ellenállás (az eddigi fogalmaink szerint a törőerő) meghatározására, s lényegében megfelel ennek a mai hazai gyakorlat is.

A statikus próbaterhelést tartja természetesen a legmegbízhatóbbnak, s annak végrehajtására adott utasításait is alapvetően teljesítjük. Kötelezően lényegében csak akkor kell szerinte előírni, ha

– olyan cölöptípust vagy készítési módszert alkalmaznak, melyre nincs összehasonlítható tapasztalat,
– a tervezett cölöpöt hasonló talaj- és terhelési viszonyok közt próbaterheléssel még nem vizsgálták.

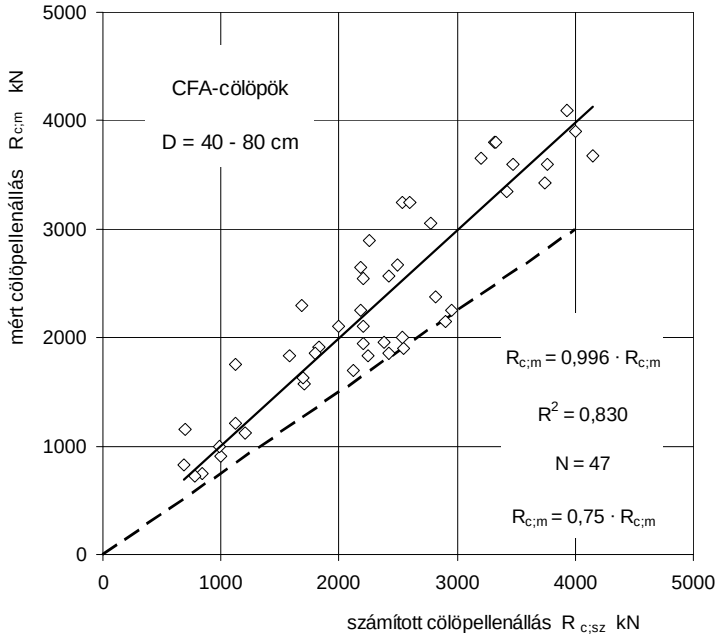
Ezek a megfogalmazások mindenképpen kevesebb próbaterhelést indokolnak a mainál, amikor is rutinszerűen minden hídhoz legalább és általában egy próbaterhelést beterveznek. Nem teljesen egyértelmű e kritériumok értelmezése, célszerű lenne maguknak

pontosítani, de ennek alapján mindenképpen törekedhetünk a próbaterhelések számának csökkentésére. Ilyen akciók az elmúlt 3 évben már idehaza is voltak, ezekre még visszatérek.

A statikus próbaterhelések EC7 szerinti szabályozásából egy elemet kell kiemelni, mely szerint ha egyetlen próbaterhelést végzünk, akkor azt a legkedvezőtlenebb geotechnikai adottságú helyen kell végrehajtani, s azt alapos talajfeltárások alapján lehet/kell kijelölni. Ebben a hazai gyakorlat nem volt elég szigorú, bár az utóbbi időkben már törekedtünk e követelmény teljesítésre. Ha praktikus okok miatt (pl. megközelíthetőség) erre nem volt mód, akkor a vizsgálati hely és a legkedvezőtlenebb hely viszonyát igyekeztünk CPT-vizsgálatok alapján megítélni, s a próbaterhelések értékelésekor figyelembe venni. Azt mindenképpen szem előtt kell tartanunk, hogy az EC7 cölöpmértezésének biztonsági rendszere e követelmény teljesítéséből indul ki.

Az EC7 elfogadja a talajvizsgálaton alapuló számítást is, és nem definiálja pontosabban ennek módszerét. Európa nagy részében egyre inkább kikristályosodik, s nálunk is az válik dominánssá, hogy CPT-vizsgálatok alapján állapítjuk meg a fajlagos cölöpellenállásokat. Ennek alapját az EC7 második részének D6 mellékletében megjelent holland eredetű eljárás adja. Ezt azonban a különböző külföldi szerzők és programok, de hazai műhelyek (is) finomították, s ma már több mérnökiroda egészen megbízható teherbírásszámításokat produkál. (Imre és tsai, 2006; Mahler, 2007; Radványi, 2006; Szepesházi, 2001, 2007/b; Tóth, 2007), A 4. ábra 47 db számított és ténylegesen mért cölöpellenállást (törőerőt) hasonlít össze. (A próbaterheléseket a Széchenyi István Egyetem 1998 és 2008 között végezte, a számított értékeket különböző irodák CPT alapján előzetesen szolgáltatták.) A pontokra rajzolt kiegyenlítő vonal hajlása majdnem 1,0, azaz „átlagosan" nagy jók a számítások. Látható azonban, hogy vannak esetek, amikor a számítás túlbecsüli a teherbírást. A berajzolt alsó határvonal viszont olyannak tekinthető, mellyel nagyon biztonságosan becsülhető a CPT alapján a teherbírás. Az utóbbi egy-két év ta-

pasztalata alapján bátran állítható, hogy vannak akik ma már még jobb prognózist tudnak adni, igaz olyanok is akik sokkal rosszabbat. Az EC7 nem tilt egyébként más módszereket sem, csak azt köti ki, hogy olyan képletekkel szabad dolgozni, melyek megbízhatóságát hasonló cölöpökön hasonló talajban végzett statikus próbaterheléssel igazolták. Ez utóbbi követelmény egységes értelmezése is nagyon fontos lenne, az eligazodásban a következő fejezet majd segít. A tisztázáshoz itt a 4. ábra kapcsán a következőket fogalmazzuk meg. Tegyük fel, hogy az ábrázolt számított ellenállásokat mind azonos és ismert képlettel számították, s lényegében minden talajféleség előfordult. Ekkor az alkalmazott számítási képletet (eljárást) a 0,75 szorzóval még ellátva, egy olyan CPT-alapú képletként ismerhetnénk el, melyet a 40-80 cm átmérőjű, bármilyen talajba lehajtott CFA-cölöpökre vonatkozón a próbaterhelések igazoltak.



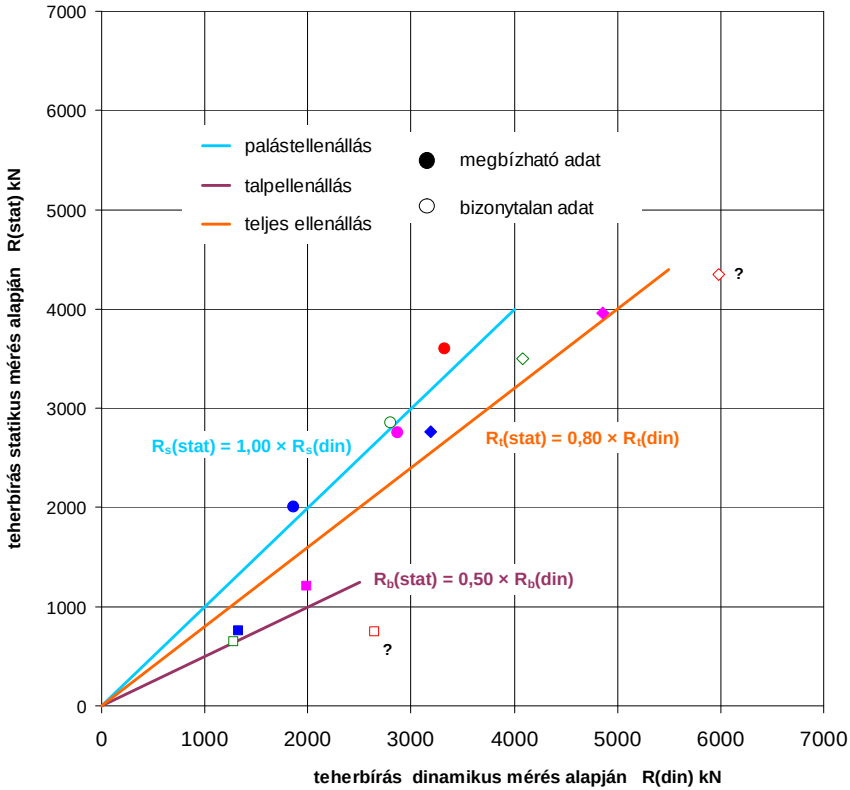
4. ábra. CPT alapján számított és próbaterheléssel megállapított cölöpellenállások viszonya

AZ EC7 által elismert harmadik módszer a dinamikus próbaterhelés, s ennek különböző színvonalú feldolgozásait definiálja. Idehaza a Dynatest végez ilyen vizsgálatokat, s azokat a legmagasabb rendű, ún. jelillesztéses módszerrel dolgozza fel (Berzi, 2008). (Említsük meg, hogy az EC7 „legprimitívebb" változatként a verési képleteket is elfogadja, de ahhoz nagyfokú bizonytalansága miatt kellően nagy „osztót" rendel.) Az EC7 a dinamikus próbaterhelésre nézve is kiköti, hogy abból a statikus nyomási ellenállást (törőerőt) csak olyan módszerrel szabad megállapítani, melynek alkalmasságát hasonló talajban, hasonló cölöpökön statikus próbaterheléssel igazolták.

Az M6 autópályán 2008-ban és 2009-ben voltak olyan programok, melyekkel a statikus próbaterhelések egy részét dinamikus próbaterheléssel, illetve CPT-alapú számításokkal váltottuk ki (Schell, Sánta, 2009). A hidakat a talajjellemzők hasonlósága és a cölöpök mérete alapján csoportosítottuk, s egy-egy csoportra párhuzamosan legalább 3-3 statikus és dinamikus próbaterhelést, illetve statikus próbaterhelést és CPT-alapú számítást végeztünk. Ezekből előállítottuk a kalibrációs összefüggéseket, melyekre egy példát az 5. ábra mutat. (Érzékelhető, hogy a kalibrációs egyeneseket ezen is óvatosan, úgy rajzoltuk be, hogy dinamikus próbaterheléssel megállapított cölöpellenállással mindig a biztonság oldalán maradjunk.) A dinamikus próbaterhelést illetően arra jutottunk, hogy az a CFA-cölöpök palástellenállását mindenféle talajra elég jól megadja, a talpellenállásban viszont téved: kötött talajban kb. kétszeres értéket ad, szemcsés talajban feleakkorát. A másik program a CPT-alapú számítások a tervező óvatos megközelítése miatt nem voltak elég sikeres, minden esetben jócskán alábecsülte a teherbírást. Így az ő módszerükről csak annyit lehetett megállapítani, hogy mindig kisebb nyomási ellenállást ad, mint a próbaterhelés. A konkrét projektben azonban még így is elég sok próbaterhelést meg lehetett takarítani.

E próbálkozásokat mindenképpen érdemes folytatni, mert a próbaterhelések ára 5-10 millió Ft, s látjuk, az EC7 is ezt sugallja.

Tudvalevő továbbá, hogy a nem állami projektek piacán alig van már statikus próbaterhelés, mert a CPT-alapú számításokra támaszkodva a próbaterhelés árának egy részéből többletcölöpöket készítve kompenzálni lehet a statikus próbaterhelés és a CPT-alapú számítás megbízhatóságának különbségét, lényegében azt a 0,75 szorzót, melyet a 4. ábrán megállapítottunk. Tegyük hozzá, egyetlen talajcsoportra (pl. homok) egyféle átmérőre az időközben javított képletekkel egy hasonló összevetésből a 0,75 szorzónál bizonyosan kisebb adódna. Ilyen ellenőrizhető képletkalibrációkat akár még a cölöpkészítő céget is megkülönböztetve szükséges és érdemes is lesz előállítni, s közzétenni.



5. ábra. Statikus és dinamikus próbaterheléssel megállapított cölöpellenállások összehasonlítása

3.2 A Eurocode szerinti tervezés biztonsági kérdései

Az EC7 szerint a cölöp nyomási ellenállásának $R_{c;d}$ tervezési értékét vagy az

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_t$$

vagy az

$$R_{c;d} = R_{b;k} / \gamma_b + R_{c;k} / \gamma_s$$

képlettel kell számolni. Az első szerint a teljes nyomási ellenállás $R_{c;k}$ karakterisztikus értékét kell osztani a megfelelő parciális tényezővel, a második szerint külön kell parciális tényezőt rendelni a palástellenállás $R_{c;k}$ és a talpellenállás $R_{b;k}$ karakterisztikus értékéhez. A parciális tényezőket a nemzeti melléklet adja meg, s itt a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat

Az ellenállások (γ_R) parciális tényezői alapozások esetében				
Geotechnikai szerkezet		Az ellenállás típusa	Jel	Érték-csoport
				R2
Síkalap		Talajtörési ellenállás	$\gamma_{R;v}$	1,4
		Elcsúszási ellenállás	$\gamma_{R;h}$	1,1
Cölöp	vert	Talpellenállás	γ_b	1,1
		Nyomott cölöp palástellenállása	γ_s	1,1
		Nyomott cölöp teljes/kombinált ellenállása	γ_t	1,1
		Húzott cölöp palástellenállása	$\gamma_{s;t}$	1,25
	fúrt	Talpellenállás	γ_b	1,25
		Nyomott cölöp palástellenállása	γ_s	1,1
		Nyomott cölöp teljes/kombinált ellenállása	γ_t	1,2
		Húzott cölöp palástellenállása	$\gamma_{s;t}$	1,25
	CFA	Talpellenállás	γ_b	1,2
		Nyomott cölöp palástellenállása	γ_s	1,1
		Nyomott cölöp teljes/kombinált ellenállása	γ_t	1,15
		Húzott cölöp palástellenállása	$\gamma_{s;t}$	1,25

Említésre érdemes, hogy a magyar nemzeti melléklet elkészítésekor az ún. DA-2* tervezési módszert választottuk, mert ez a legegyszerűbb, ez áll a legközelebb a korábbi gyakorlathoz, és német sugallatra ezt alkalmazza a legtöbb ország. Az általunk előírt parciális tényezők ugyanakkor kissé különböznek az EC7 e módszerre adott alapajánlatától, abban ugyanis nem különböztették meg a cölöpözési technológiákat. Más tervezési módszerekhez ugyanakkor „technológiafüggő" parciális tényezőket javasoltak, ami egy részletes kockázatelemzés szerint (Szepesházi, 2006, 2007/a) indokolt is. Ezeket megfontolva javasoltuk a 2. táblázatban látható parciális tényezőket.

Az ellenállás oldalán azonban van még egy biztonsági elem, hiszen az 1,1-1,2 kevés lenne. A karakterisztikus értéket a próbaterheléssel mért vagy a talajvizsgálat alapján számított értékből az

$$R_{c;k} = \mathrm{Min}\left\{ \frac{(R_{c;m})_{mean}}{\xi_{mean}} ; \frac{(R_{c;m})_{min}}{\xi_{min}} \right\}$$

elvi képlet alapján kell meghatározni, ahol

- $(R_{c;m})_{mean}$, $(R_{c;m})_{min}$ a tervezéshez kiválasztott (vizsgált) cölöpök nyomási ellenállásának átlaga, ill. minimuma, mely ellenállásokat a három eljárás egyikével lehet meghatározni,
- ξ_{mean}, ξ_{min} az átlaghoz, ill. a minimumhoz tartozó korrelációs tényező, melyeket az ellenállás meghatározási eljárásától és a vizsgálatszámtól függően lehet a 3. táblázatból felvenni.

A kiszemelt típushidaknál többnyire egyetlen statikus próbaterhelés van, így a leggyakrabban alkalmazott CFA-cölöp esetében az összegzett ellenállásoldali biztonság

$$FR = \xi \cdot \gamma_t = 1{,}40 \cdot 1{,}15 = 1{,}61$$

A igénybevétel oldalát illetően – a részleteket itt mellőzve – most azt látszik, hogy az állandó hatások parciális tényezőjét a

$$0{,}85 \cdot \gamma_G = 0{,}85 \cdot 1{,}35 = 1{,}1475 \approx 1{,}15$$

csökkentett értékkel fogjuk figyelembe.

3. táblázat

a ξ korrelációs tényező a cölöpellenállás karakterisztikus értékének meghatározásához

az ellenállás meghatározási eljárása	a próbaterhelések ill. a talajszelvények száma	az átlagra vonatkozóan	a minimumra vonatkozóan
	n	ξ_{mean}	ξ_{min}
statikus[1,4] próbaterhelés	1	1,40	1,40
	2	1,30	1,20
	3	1,20	1,05
	4	1,10	1,00
	≥ 5	1,00	1,00
számítás talajvizsgálat[2,3,4] alapján	1	1,40	1,40
	2	1,35	1,27
	3	1,33	1,23
	4	1,31	1,20
	5	1,29	1,15
	7	1,27	1,12
	10	1,25	1,08
dinamikus[2,5] próbaterhelés	≥ 2	1,60	1,50
	≥ 5	1,50	1,35
	≥ 10	1,45	1,30
	≥ 15	1,42	1,25
	≥ 20	1,40	1,25

Megjegyzések

1. ha egyetlen terhelést végeznek, akkor az a legrosszabb altalajú helyen legyen, ha többet, akkor azok reprezentálják az altalaj változásait, s egyet mindenképpen a legrosszabb helyen kell végrehajtani;
2. csak statikus próbaterheléssel kellő számú esetben igazolt számítási módszerek alkalmazhatók, szükség esetén a biztonságot növelő modell-tényező bevezetésével;
3. a vizsgálati helyeknek jellemezniük kell az altalaj változásait, a szélsőségesen kedvezőtlen helyeket is;
4. ha a cölöpösszefogás képes kiegyenlíteni a teherbírás cölöpcsoporton belüli különbségeit, akkor a fenti értékek 1,1-gyel oszthatók, de a módosított érték is maradjon 1,0-nél kisebb;
5. a megadott értékek a következők szerint módosíthatók:
   0,85 szorzóval, ha a vizsgálat a mért jelekre illesztett modell alapján állapítja meg teherbírást;
   1,10 szorzóval, ha verési képletet használnak a mért kvázi-rugalmas behatolásból számolva;
   1,20 szorzóval, ha verési képletet használnak a kvázi-rugalmas behatolás mérése nélkül;

A járműterhek parciális tényezője

$$\gamma_Q = 1{,}35$$

Az egyéb hatások szerepe a most vizsgált hidak esetében kisebb, így az állandó és a járműterhek e szerkezetek esetében általában jellemző 2:1 arányából az adódik, hogy az igénybevételek oldalán

$$FE \approx 1{,}22$$

lesz az összegzett biztonság.

A kétoldali biztonságból a globális biztonság

$$FOS = FR \cdot FE \approx 1{,}61 \cdot 1{,}22 \approx 1{,}96 \approx 2{,}0$$

értékre adódik, ami az ilyen hidak esetén elfogadható, kb. azonos az eddigi méretezési biztonsággal.

Említendő azért, hogy az Eurocode-dal foglalkozó geotechnikai szakirodalomban sehol sem jelenik meg a hatásoldali 0,85-ös csökkentés. Ez nem is tartozik a geotechnikusok kompetenciájába, annyiban viszont figyelemre méltó, hogy az ellenállás-oldali parciális tényezőket ennek tudatában ajánlották az EC7 készítői. A cölöpök esetében – mint láttuk – ezzel talán nem is lenne gond, ám a síkalapok esetében mindenképpen kevésnek tűnik az $1{,}4 \cdot 1{,}22 \approx 1{,}71$ globális biztonság, ezért az 1,4 parciális tényezőt a 0,85 szorzó „térnyerése” után alighanem növelnünk kell.

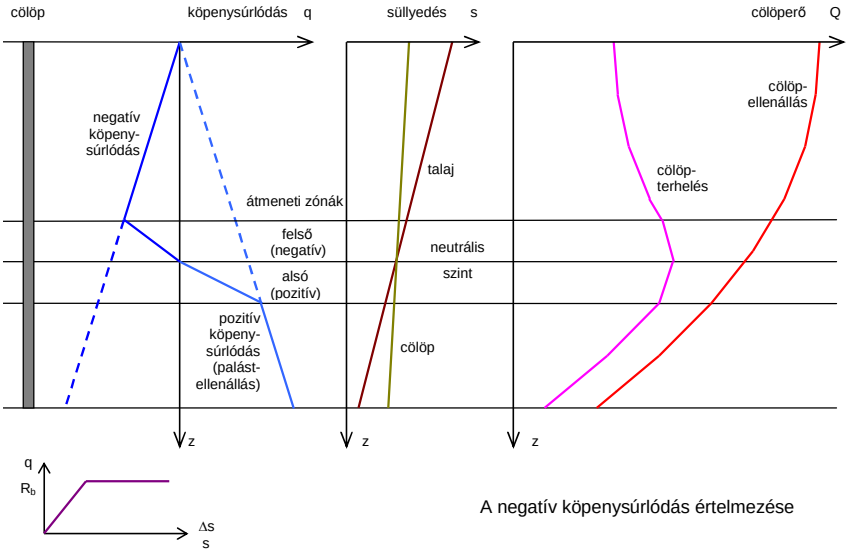
Felhívjuk a figyelmet még arra, hogy a 3. táblázat szerint egyetlen CPT-alapú számításhoz is 1,40 korrelációs tényező tartozik. Erről felületes értelmezéssel azt gondolhatja valaki, hogy a CPT-alapú számítás értéke azonos a statikus próbaterhelésével. Mint láttuk azonban, csak olyan CPT-alapú képlet alkalmazható, mely minden esetre biztonságos ellenállást ad, vagyis pl. a 4. ábrával bevezetett példánk szerint ez a követelmény egy 0,75-ös szorzóval csökkenti a karakterisztikus érték megállapításához figyelembe vehető $R_{c;m}$ értéket. Mint láttuk, a CPT „átlagosan” ugyanazt az értéket adta, mint a próbaterhelés, tehát az a legvalószínűbb, hogy egy CPT-alapján számított nyomási ellenállás helyes, de a

módszer szórása miatt be kell vezetni a 0,75 szorzót. Ez olybá vehető, mintha a legvalószínűbb számított ellenállást még egy 1/0,75=1,33 biztonsági tényezővel csökkentenénk. Másként tekintve egyharmaddal több cölöpöt kell készíteni, ha egyetlen CPT-alapján terveznénk, ahhoz képest, hogy egyetlen statikus próbaterhelés alapján tennénk. Kevés cölöp esetén ez mégis gazdaságosabb lehet, hisz elmarad a próbaterhelés.

Az optimális tervezési stratégia kialakításához még további lehetőségeket is mérlegelhetünk. Valószínűleg ésszerű minden (pl. 5) támasznál CPT-vizsgálatot végezni, mindegyikből cölöpellenállást számítani. Ezután mérlegelhető, hogy érdemes-e ezeket összevonni, s így öt CPT-alapú $R_{c;m}$ érték átlagával és minimumával, s a hozzájuk rendelhető 1,29 és 1,15 korrelációs tényezőkkel dolgozni, vagy minden egyes támaszt külön tervezési egységnek tekintve az egyes egyedi $R_{c;m}$ értékek és a hozzájuk rendelhető 1,40 korrelációs tényező alapján külön megtervezni az egyes támaszok alapozását. És a két lehetőség között persze még továbbiak is vizsgálhatók.

3.3 A negatív köpenysúrlódás értelmezése és kezelése

A negatív köpenysúrlódás jelenségét, melynek értelmezése, hatásának kezelése az előbbiek szerint a problémakör egyik kulcseleme, a 6. ábra érzékelteti (Fellenius, 2006; Tóth, 2007). Ahol és ameddig a felszíni terhelés, így a hídfő körüli töltés hatására bekövetkező talajösszenyomódásból származó süllyedés nagyobb a cölöpnek a felszerkezetről jövő hatás miatt bekövetkező süllyedésénél, ott és addig a cölöpre a köpenyén keresztül a lefelé irányuló súrlódásból terhelés hat a felfelé irányuló ellenállás helyett. Attól a szinttől kezdve, ahol a cölöp süllyedése nagyobb a környező talajénál, már ellenállás lép fel a paláston (köpenyen) is. A cölöpben a d) ábrarészen vázolt módon alakul a normálerő: a negatív köpenysúrlódás hozzáadódik a felszerkezeti terheléshez, majd a palástellenállás csökkenti azt és egy bizonyos erő marad a talpellenállásra.



6. ábra. A negatív köpenysúrlódás összefüggésrendszere

Amikor a felső talajzóna konszolidációja lezajlik, a negatív köpenysúrlódás megszűnik, amíg azonban van valamekkora talajösszenyomódás, legyen az bármilyen csekély is, addig a negatív köpenysúrlódás működik, általában persze egyre kisebb köpenyhosszon. Ha a negatív köpenysúrlódással valamennyire (még) terhelt cölöpre a felszerkezetről rövid ideig szélsőségesen nagy teher (a járműteher tervezési értéke) adódna, akkor a cölöp az addigi süllyedését meghaladva a felső talajzónához képest is lefelé mozdulna el, így a negatív köpenysúrlódás helyett ott is palástellenállás lépne fel. Így az ilyen szélsőséges terhekkel szemben a cölöp körüli és alatti talaj teljes ellenállása működésbe léphet, s a cölöperő a d/ ábrarész jobb oldali (piros) vonaláig növekedhet. Ha hosszabb ideig működne az ilyen szélsőséges teher, akkor kellene azzal számolni, hogy ehhez újra hozzáadódhatna a még süllyedő altalajból származó negatív köpenysúrlódás. Ám ennek hatása az lenne, hogy a cölöpnek mélyebbre kellene fúródnia, ami viszont ismét kioltaná a negatív köpenysúrlódást és palástellenállást ébresztene. Így kritikus állapot csak akkor állhatna elő, ha a

szélsőséges teher működése alatt a cölöp befúródási sebességét tartósa meghaladná a felső talajzóna összenyomódási sebessége. Ha figyelembe vesszük, hogy a cölöppróbaterhelések során a terheket kb. 0,3 mm/óra befúródási sebesség elérésig konszolidáltatjuk, tehát a megállapított nyomási ellenállásnál valamivel is kisebb erő ennél lassúbb befúródást kelt, ugyanakkor a töltés pl. 1 cm/hónap süllyedési sebessége 0,3 mm/nap értéket jelent, akkor belátható, hogy ilyen állapottól nem kell tartani.

Azt a régi megközelítést tehát, hogy a negatív köpenysúrlódást hozzáadjuk a felszerkezeti terheléshez, konzervatívnak, indokolatlanul óvatosnak kell minősítenünk. A negatív köpenysúrlódás nagyságát egyébként a hídfők esetében a talaj- és a cölöpfajtától függő, lehetséges maximális fajlagos palástellenállásból számíthatjuk. Ez a negatív köpenysúrlódás lehetséges maximumát adja, s ezzel számolva újabb lépést teszünk a gazdaságtalan tervezés irányába. Valamelyest javíthatjuk a számítást azzal, hogy a neutrális szint körüli zónára a köpenysúrlódás (palástellenállás) részleges mobilizálódását vesszük figyelembe (lásd a 6. ábrát).

A negatív köpenysúrlódás beszámítása a gyakorlatban sokszor úgy valósul meg, hogy a teherbírásból vonjuk le a negatív köpenysúrlódást. Ekkor külön figyelmet kell fordítani a biztonsági tényezők helyes alkalmazására, mert a negatív köpenysúrlódást illik ekkor is teherként értelmezni (az EC7 ezt különösen hangsúlyozza). Ha a teherbírást próbaterheléssel állapítjuk meg, akkor a negatív köpenysúrlódással való ilyen korrekció kétszeres levonást kell jelentsen, mivel az önmagában álló próbacölöp esetében még a talaj azon felső zónájában is ellenállás ébred, ahol a szerkezeti cölöpre majd a negatív köpenysúrlódásból teher hat.

A negatív köpenysúrlódással így számolva a lehetséges legkedvezőtlenebb esetre tervezünk, a cölöpök terhét az elképzelhető legnagyobbra vesszük, miközben a dolgozó hosszukat (a neutrális szint alatti részüket) a legkisebbre. Szélső esetben (magas és széles töltés, illetve vastag puha altalaj) a neutrális szint olyan mélyre is kerülhet, hogy azt a cölöphosszal nem is lehet pótolni.

E számítással figyelmen kívül hagyjuk, hogy a cölöpök a felszerkezetről származó terhük maximumát általában nem kapják meg még akkor, amikor a cölöpre a környező talajról negatív köpenysúrlódás adódhat át. A vázoltak szerint viszont a cölöp és a körülötte levő talaj kapcsolata a konszolidáció előrehaladtával a teherviselés szempontjából egyre kedvezőbbé válik. Az időbeli változásokat azonban nem könnyű számításba venni, mert még a teljes konszolidációhoz tartozó neutrális szint megállapítása sem egyszerű. A hagyományos eszköztár gyakorlatilag alkalmatlanná válik, ha rétegzett talaj esetén az időbeliséget is vizsgálni kívánjuk. Az egyes rétegek konszolidációja áteresztőképességüktől függően változóan halad, a neutrális szint is folyton változik.

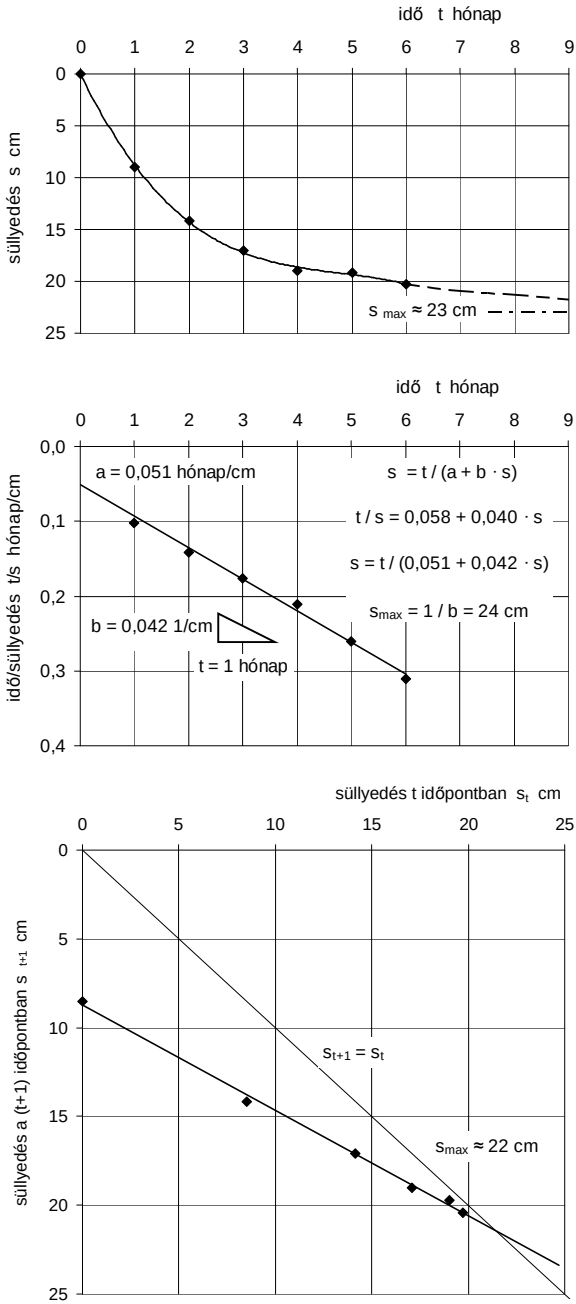
E nehézségek miatt uralkodott el az utóbbi évtizedben az a megközelítésmód, mely a negatív köpenysúrlódás (csaknem) teljes kiiktatását célozta meg. Eszerint megépítik a töltést, mérik a süllyedését, s csak akkor kezdenek cölöpözni, amikor a süllyedési sebesség 1 cm/hónap alá csökken. Azt vélelmezik, hogy így, mire a cölöpökre felszerkezeti teher is kerül, a konszolidáció gyakorlatilag befejeződik, a negatív köpenysúrlódás megszűnik. Eltekintve attól, hogy helyes-e a számszerű kritérium, az bizonyos, hogy ez módszer a probléma kezelésének másik végletet jelenti. Míg a negatív köpenysúrlódásnak a felszerkezeti terhekre való szuperponálása a cölöpök számának, méretének és ezzel költségeinek maximalizálásához vezet, viszont a cölöpözésnek nincs időkényszere, addig ez a „kivárásos" módszer a maximális építési időt igényli, viszont a cölöpök mennyiségét és költségeit minimalizálja. (Valójában persze az első esetben is megjelenik az időkérdés, hiszen a konszolidáció elhúzódása más okból sem közömbös, illetve a második esetben a cölöpözés költségeit növeli a többszöri felvonulás már említett igénye.)

A munka közben a süllyedést mérve az 1cm/hó kritérium mechanikus ellenőrzése helyett sokkal finomabb elemzés alapján segíthetjük az időtakarékos ütemezést. A mért süllyedések extrapolációjának három lehetőségét egy számpéldával a 7. ábra mutatja

(Szepesházi, 1994). A felső ábrarészen a mért pontokra szerkesztett görbét egyszerűen csak „jó érzékkel” folytattuk, a középsőn a hiperbolikus közelítést, az alsón Asaoka „autokorrelációs” eljárását alkalmaztuk. Még úgy is eljárhatunk, hogy valamilyen szoftver bemenő talajparamétereit javítgatjuk oly módon, hogy egyre jobban közelítsük a mért adatokat, s ezzel aztán egyre pontosabb prognózis adható, feltéve, hogy adequat talajmodellt választottunk. Ha a mérések alapján a süllyedéseket már eléggé megbízhatóan előre tudjuk vetíteni, akkor a cölöpözést és a szerkezetépítést a lehető legkorábban a következők szerint végezhetjük.

Mikor 10-15 cm-nél több süllyedés már nem várható, s az ennek lezajlásához szükséges idő sem látszik többnek 2-3 hónapnál, elkészíthetjük a cölöpöket a részlegesen visszabontott töltésről, éspedig 10-15 cm-rel magasabb helyzetben. (A cölöpök végleges helyzete a talajrétegződéshez viszonyítva ennél általában sem pontosabb.) A cölöpök megszilárdulása, visszavésése után következhet a szerkezeti gerenda vasszerelése, zsaluzása. Mindezek egy hónapnyi időt bizonyosan igénybe vesznek, ami alatt a süllyedés folytatódik, az mérhető, és az előrejelzés pontosítható.

A süllyedések végértékét a szerkezeti gerenda betonozására kell elég pontosan ismerni, mert annak elkészültével a híd geometriája már kialakul. Van ugyan lehetőség arra, hogy a szerkezeti gerenda felső síkját rábetonozással korrigálják, de ezzel talán nem érdemes élni. A következő és a leglényegesebb ellenőrzési pont a a a pályalemez betonozása, mert azzal a szerkezet statikailag határozatlanná, s ezzel a süllyedéskülönbségekre érzékennyé válik. Eddig azonban még újra eltelik 1-2 hónap, így a közbenső süllyedésmérésekből a végső süllyedés még pontosabban megadható. Ha az előző előrejelzéshez képest nagyobbat kell prognosztizálni, akkor a betonozás előtt még van mód a felszerkezet statikai ellenőrzésére, esetleges erősítésére vagy időkivárásra. A süllyedésmérés extrapolálásával megállapított töltéssüllyedésekhez hozzá kell adni a cölöpök várható süllyedését, amiről a következőkben még lesz szó.



7. ábra. Mért süllyedések extrapolációjának lehetőségei

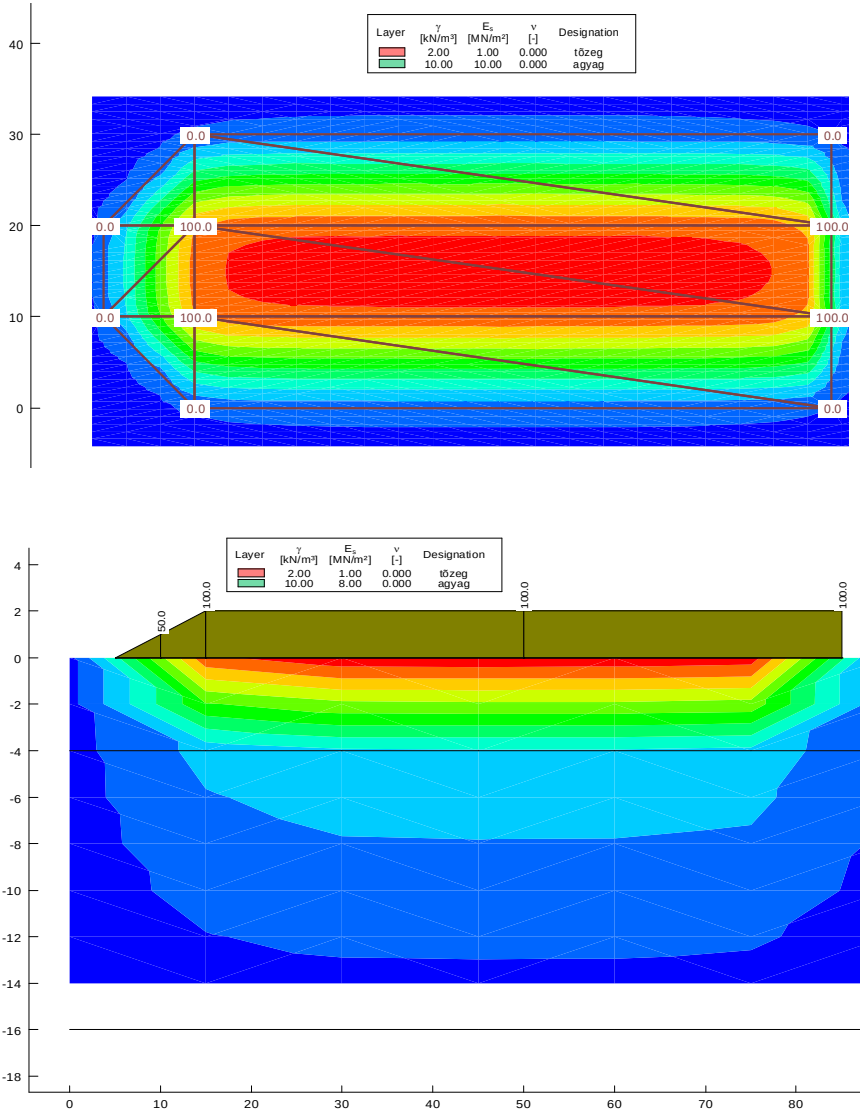
Ez az eljárásrend egyrészt helyesebb, biztonságosabb, mint az 1 cm/hónap kritérium mechanikus alkalmazása, másrészt csekély kockázatvállalással hónapokat lehet vele nyerni. Elérhető általa, hogy mire a cölöpök megkapják a felszerkezetről az állandó terhüket, már csak egy-két cm töltéssüllyedés maradjon vissza. Ennek megfelelően a negatív köpenysúrlódás még e terhekkel összegződhet, ám mire a hasznos terhek is működnek, addigra a töltéssüllyedés már mm-rendűre csökkenhet. Még ez is kelthet negatív köpenysúrlódást, de már csak egészen rövid szakaszon, s e kis süllyedéshez képest fúródik be még valamelyest a cölöp.

Ha ezt a stratégiát már a munka kezdetére ki akarjuk dolgozni, valamilyen süllyedés- és konszolidációszámító programmal dolgozhatunk. A 8. és 9. ábra egy hídfő körüli töltésnek a GGU-programokkal végzett analízisébe ad betekintést.

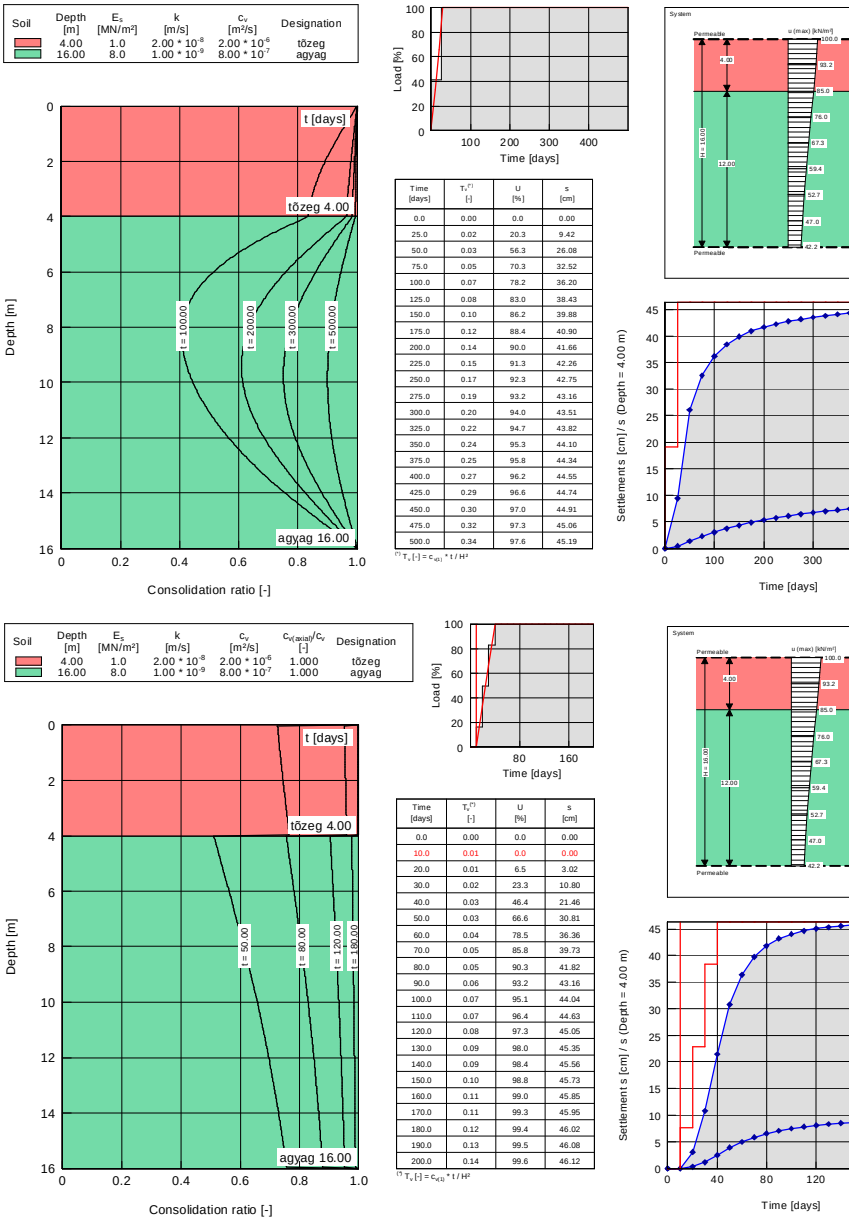
Figyelemre méltó a 8. ábra alsó felén, hogy a hídfő táján sokkal kisebbek a süllyedések, mint a folyópálya alatt. Túlbecsüljük tehát a süllyedést, ha túlzottan leegyszerűsítve a dolgot az utóbbit számítjuk. Az ábra azt is megmutatja, hogy az egyes rétegek milyen mértékben okozzák a süllyedéseket.

A konszolidációszámítás bemenő adata a hídfő függélyében keletkező, a jobb felső sarokban látható feszültségeloszlás, azt a süllyedésszámító programból vehetjük ki. Ez a program egydimenziós modellel dolgozik, a hídfő körüli oldalirányú vízmozgásokat nem tudja figyelembe nem tudja figyelembe venni, ezért a számítottnál a hídfő táján gyorsabb lehet a konszolidáció. A bal oldali ábrák megmutatják a pórusvíznyomás növekményeinek időbeli változását, a rétegek eltérő sebességű konszolidációját. A két ábra összevetéséből érzékelhető a drénezés hatékonysága. A számítások végeredményét, a süllyedések időbeli alakulását a jobb alsó sarokban levő ábrák mutatják.

A program a másodlagos összenyomódást nem számítja, tőzeg esetén azt külön kell megállapítani, s szuperponálni.



8 ábra. Egy hídfőhöz csatlakozó töltés modellezése a GGU-SETTLE programmal és süllyedések hosszmetszete



Time [days]	T_v (*) [-]	U [%]	s [cm]
0.0	0.00	0.0	0.00
25.0	0.02	20.3	9.42
50.0	0.03	56.3	26.08
75.0	0.05	70.3	32.52
100.0	0.07	78.2	36.20
125.0	0.08	83.0	38.43
150.0	0.10	86.2	39.88
175.0	0.12	88.4	40.90
200.0	0.14	90.0	41.66
225.0	0.15	91.3	42.26
250.0	0.17	92.3	42.75
275.0	0.19	93.2	43.16
300.0	0.20	94.0	43.51
325.0	0.22	94.7	43.82
350.0	0.24	95.3	44.10
375.0	0.25	95.8	44.34
400.0	0.27	96.2	44.55
425.0	0.29	96.6	44.74
450.0	0.30	97.0	44.91
475.0	0.32	97.3	45.06
500.0	0.34	97.6	45.19

(*) T_v [-] = $c_{v(z)}$ * t / H²

Time [days]	T_v (*) [-]	U [%]	s [cm]
0.0	0.00	0.0	0.00
10.0	0.01	0.0	0.00
20.0	0.01	6.5	3.02
30.0	0.02	23.3	10.80
40.0	0.03	46.4	21.46
50.0	0.03	66.6	30.81
60.0	0.04	78.5	36.36
70.0	0.05	85.8	39.73
80.0	0.05	90.3	41.82
90.0	0.06	93.2	43.16
100.0	0.07	95.1	44.04
110.0	0.07	96.4	44.63
120.0	0.08	97.3	45.05
130.0	0.09	98.0	45.35
140.0	0.09	98.4	45.56
150.0	0.10	98.8	45.73
160.0	0.11	99.0	45.85
170.0	0.11	99.3	45.95
180.0	0.12	99.4	46.02
190.0	0.13	99.5	46.08
200.0	0.14	99.6	46.12

(*) T_v [-] = $c_{v(z)}$ * t / H²

9. ábra. A süllyedések időbeli alakulás a hídfő táján drénezés nélkül és szalagdrénnel a GGU-CONSOLIDATE program szerint

4. Komplex modellezés végeselemes programokkal

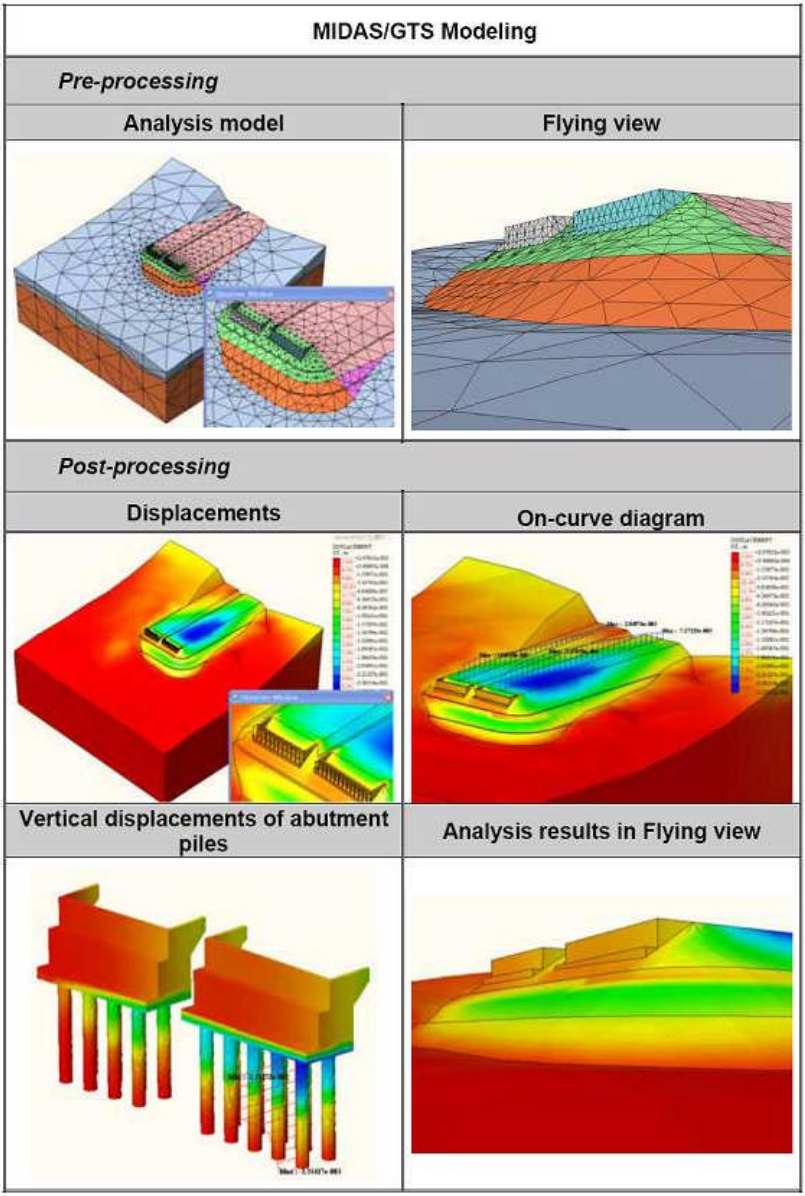
4.1 A 3D programokról

Már rámutattunk arra, hogy a hídfők építése és terhelése olyan komplex folyamat, melyet valójában csak térbeli végeselemes programokkal lehet valósághűen modellezni. Az utóbbi években több ismert szerkezetmodellező programot (Sofistik, FLAC, MIDAS) a legfejlettebb geotechnikai programelemekkel is kiegészítettek, így valóban képesek lehetnek a talaj és a szerkezet hídfőknél jelentkező bonyolult kölcsönhatásának leírására.

Tanszékünk a MIDAS program kutatási változatát szerezte be, melynek katalógusában a hídfők modellezése egy olyan feladatként van megjelölve, melyre megoldására különösen indokolt és jól lehet ezt alkalmazni (10. ábra).

A MIDAS és a hasonló programok egyik előnye a háromdimenziós modellezés lehetősége, mely esetünkben reálisabb képet adhat a cölöpsorok viselkedéséről és a hídfők előtöltése körüli térbeli feszültségi, alakváltozási állapotról. A másik előnye az, hogy a teljes hídszerkezet is bevihető, s így annak merevítő hatása is megjelenik, s az sokat segíthet abban, hogy kisebb mozgásokat mutathassunk ki. A mostani programgeneráció előnye pedig abban rejlik, hogy a talajokat már nem csak rugókkal vagy egyszerű, lineárisa rugalmas anyagú „szolid” elemekkel modellezi, hanem képes a nem-lineáris talajviselkedést jól leíró fejlett talajmodellek, pl. a CamClay, a Hardening Soil és a Soft Soil modellek alkalmazására is.

E programban egy ilyen modell felépítése azonban nagyon sok időt vesz igénybe, s a futtatása is időigényes. Ezért erre a feladatra vele még nem vállalkoztunk, csak egyszerűbbek modellezéséig jutottunk. A legtovább a cölöppel gyámolított lemezalap analízisében értünk, s ez már olyan feladat, amelyet síkbeli geotechnikai programokkal vagy pl. a talajt rugóval modellező térbeli programokkal már nem lehet igazán jól vizsgálni.



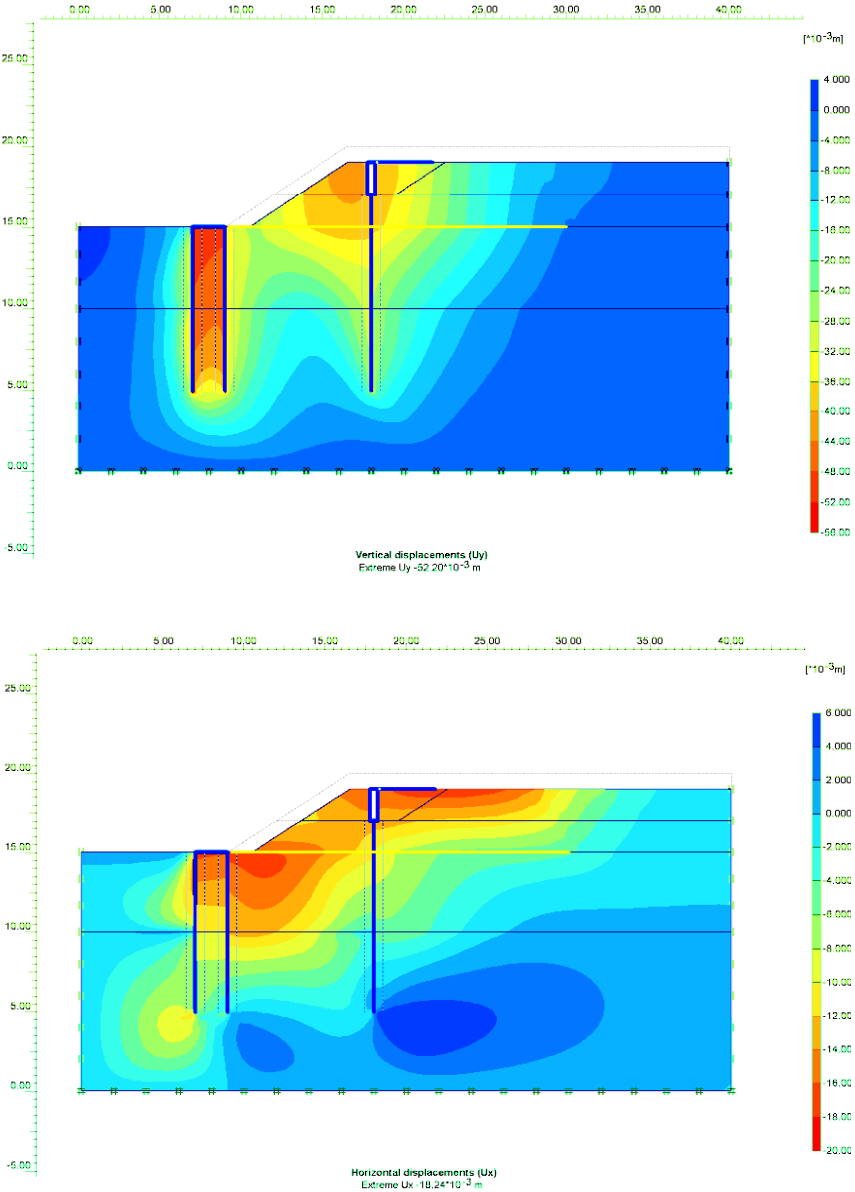
10. ábra. Hídfők modellezése a MIDAS katalógusa szerint.

4.2 A PLAXIS 2D program alkalmazásának sikerei

A közelmúltban többeknek (GeoPannon, Geoplan, GeoTerra és jómagunk) is sikerült kritikus hídfőproblémákat a PLAXIS 2D programmal megoldani. Az ezzel végzett számítások realitásáról olyan eredmények ellenőrzésével tudunk meggyőződni, melyek elméleti megfontolások alapján egyértelműnek gondolhatók, vagy a mérési adatokkal összevethetők. Ilyenek lehetnek az igénybevételi ábrák, a főfeszültségek változása, a pórusvíznyomások növekményeinek térbeli változása, bizonyos elmozdulások stb. Ha ezek alapján adequatnak látunk egy futtatást, akkor talán joggal bízhatunk abban, hogy a könnyen nem ellenőrizhető eredmények is reálisak. Nem tartom viszont a „jóság" kritériumának azt, hogy egyeznek-e az eredmények az egyszerűbb számításokkal nyert lényegesebb eredményekkel, pl. a cölöpök nyomatéki igénybevételeivel. E programoktól ugyanis éppen azt reméljük, hogy e meghatározó paraméterekre adnak kedvezőbb eredményeket.

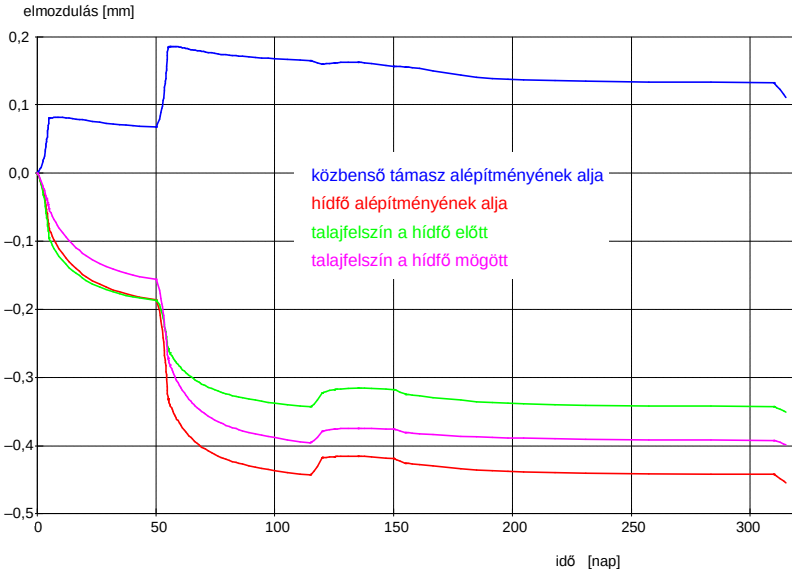
Egy 5 m vastag szerves agyagon épült töltés és az alatta fekvő kemény agyagba lehajtott CFA-cölöpökön álló, az 1. ábrán láthatóhoz hasonló szerkezet építésének és terhelésének valamennyi lépését vizsgáltuk egy próbaszámítás keretében a PLAXIS 2D programmal, beleértve lépcsős építést, a „pihentetés" alatti konszolidációt, az előtöltésnek a cölöpözéshez végzett részbeni visszaszedését és újraépítését, a felszerkezetek és a járművek okozta terhelést, az állékonyságvesztéssel szembeni biztonságot stb. Felkeményedő talajmodellt alkalmaztunk a lépcsős építés, a részleges tehermentesülés és az újraterhelés helyes leírása céljából. A következő néhány ábra az eredményekből ad ízelítőt, a teljes anyagot Szepesházi (2007/c) ismerteti.

A 11. ábra az alépítmény (pillérek, szerkezeti gerenda) elkészülte utáni összes függőleges és vízsszintes mozgásokat mutatja, ezek azok, melyek a híd geometriájának már ártanak, illetve veszélyeztetik a pályalemezt. Figyelemre méltó, hogy a közbenső támasznál nagyobbak a mozgások, a hagyományos eszközökkel végzett számításokból ez nem jöhet ki.



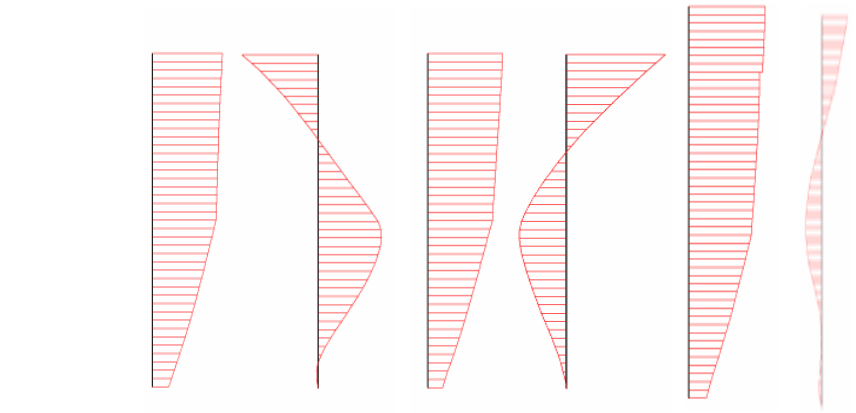
11. ábra. Az alépítmény elkészülte után bekövetkező összes függőleges és vízszintes mozgás

A 12. ábra néhány fontos hely függőleges mozgásának időbeli változását érzékelteti. A mozgáskülönbségek alakulásának értékelése szükséges és hasznos a szerkezettervezéshez és az építésütemezéshez. Jól látható a két lépcsőben épített töltés által a hídfőnél okozott azonnali és konszolidációs süllyedések kifejlődése és a közbenső támasznál keltett emelkedés. A töltés visszaszedése is emelkedést okozott a hídfőnél, s utána a visszatöltés nyomán az előterhelt talaj már alig süllyedt. Az üzemelés 150 napja alatt folytatódó konszolidáció már alig növelte a süllyedést, a különbségeket már egyáltalán nem, s nem okozott túl nagy mozgást a hídfőn járműteher sem, a közbenső támaszon valamivel többet.



12. ábra. A függőleges elmozdulások időbeli alakulása

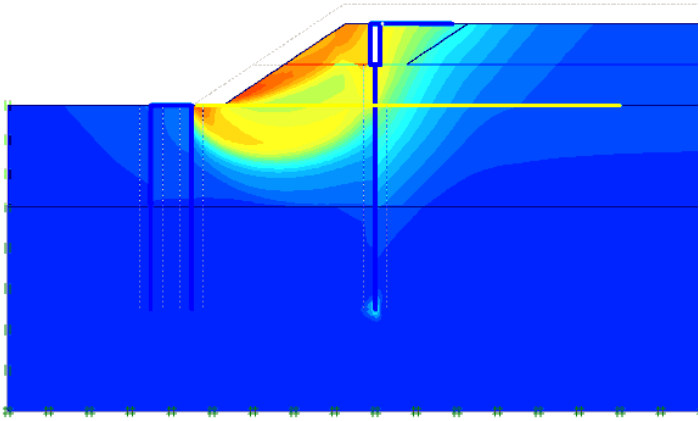
A 13. ábrára a cölöpök üzemi állapotában a fellépő extrém igénybevételeit gyűjtöttük ki. (A cölöpöket természetesen egy velük azonos hajlítási merevségű fal modellezte.) A legszembetűnőbb, hogy a nyomatékok rendkívül kicsik, s megfigyelhető, hogy a járműteher működésekor a teljes cölöpön palástellenállás működik a hídfőben is, nincs negatív köpenysúrlódás.



támasz	közbenső				hídfő	
cölöpsor	bal oldali		jobb oldali		egyetlen	
igénybevétel	normálerő	nyomaték	normálerő	nyomaték	normálerő	nyomaték
max. érték	406 kN/m	67 kNm/m	428 kN/m	89 kNm/m	457 kN/m	19 kNm/m

13. ábra. A cölöpökben üzemi állapotban keletkező igénybevételek mélység szerinti változása és a maximumai

A 14. ábra a végső állapot állékonyságának vizsgálatát mutatja, s jól látható, hogy leginkább az előtöltés lecsúszása fenyeget, a rendszer egésze a cölöpöknek is köszönhetően stabil.



14. ábra. A végső állapot állékonyságának vizsgálata az ún. phi-c redukcióval. A kiadódott biztonság 2,4.

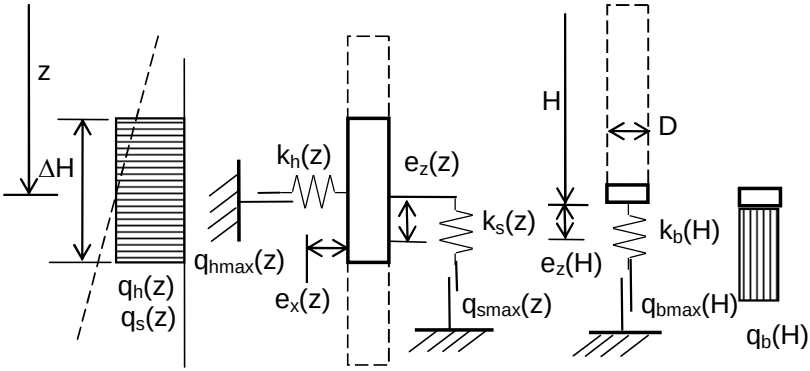
Összegezve kimondható, hogy a PLAXIS 2D programmal a probléma jól kezelhető, és a modellezés és a futatás időigénye egyáltalán nem nagy. Minden olyan esetben, amelyben a korábban felvázolt jellegzetes hídfőproblémák felmerülnek, érdemes ezzel vizsgálódni. Mivel e programot valószínűleg inkább a geotechnikusok fogják gyakorlottan használni, a híd tervezésébe őket felelős tervezőként célszerű bevonni.

4.3 Az AXIS program alkalmazásának geotechnikai javítása

Az AXIS-programnak kiemelt szerepe van a hazai hídtervezésben is. Mint említettük, a legtöbb esetben nem használják ki azt a lehetőségét, hogy a felszerkezet vizsgálatakor a támaszokat rugóként modellezik, hanem fix alátámasztással dolgoznak, s egyik támasznál a süllyedéskülönbségek szimulálására bevisznek 1 cm elmozdulást. Az újabb verzióval pedig egy cölöpöt már nemcsak egy rugóval lehet modellezni, hanem be lehet vinni a cölöpöket rúdelemként, és melléjük vonalmenti támaszként három irányú, szakaszosan változó paraméterű, rugó-csuszka modellt lehet definiálni, míg a talp alá egy ilyen függőleges elem tehető.

Ezekkel elég jól le lehet írni talaj-cölöp kapcsolatot (15. ábra):

- vízszintes értelemben a rugóállandót a talaj összenyomódási modulusából lehet felvenni, míg a rugóállandóval számolódó vízszintes nyomásokat lekorlátozó csuszka határerejét a passzív és az aktív földnyomások különbségeként lehet előzetesen számítani, s a mélységtől függően beadni
- függőleges értelemben a határerő a mélységgel változtatható palástellenállás folyóméterre eső értéke, a rugóállandó pedig ennek és a mobilizálódásához szükséges, az átmérő 1-2 %-ának megfelelő elmozdulásnak a hányadosaként vihető be,
- talphoz illesztett modell paramétereit a talpellenállás végértékéből és a mobilizálódásához szükséges befúródásból kaphatjuk, melyet az átmérő tizedére vehetünk.



$k_h(z)=C_h(z)\times D=E_s(z)/D\times D=$
$=E_s(z)=E_{s0}+z\times(E_{sH}-E_{s0})/H$

$q_h(z;e_x)=k_h(z)\times e_x(z)$

$q_{hmax}(z)=(K_p-K_a)\times(p+z\times\gamma)\times D$

$q_h(z)=q_h(z;e_x)$
ha $q_h(z;e_x)<q_{hmax}(z)$

$q_h(z)=q_{hmax}(z)$
ha $q_h(z;e_x)>q_{hmax}(z)$

$k_s(z)=q_{smax}(z)/e_{smax}=$
$=q_{smax}(z)/(0{,}02\times D)$

$q_s(z;e_z)=k_s(z)\times e_z(z)$

$q_{smax}(z)=\pi\times D\times q_s(z)$

$q_s(z)=q_s(z;e_z)$
ha $q_s(z;e_z)<q_{smax}(z)$

$q_s(z)=q_{smax}(z)$
ha $q_s(z;e_z)>q_{smax}(z)$

$k_b(H)=q_{bmax}(H)/e_{bmax}=$
$=q_{bmax}(H)/(0{,}10\times D)$

$q_b(H;e_z)=k_b(H)\times e_z(H)$

$q_{bmax}(H)=\pi\times D^2/4\times q_b(H)$

$q_b(H)=q_b(H;e_z)$
ha $q_b(H;e_z)<q_{bmax}(H)$

$q_b(H)=q_{bmax}(H)$
ha $q_b(H;e_z)>q_{bmax}(H)$

15. ábra. Cölöp-talaj kapcsolat modellezése az AXIS programban

Néhány gondolattal érdemes az előbbieket kiegészíteni. A töltésbe kerülő cölöpszakasz vízszintes rugó-csuszka modelljének paraméterfelvételekor figyelembe lehet venni a előtöltés rézsűjének kedvezőtlen hatását, egyrészt a passzív földnyomási szorzóban, másrészt esetleg a modulus csökkentésével. Így az itteni megtámasztás „ereje” csökken, de nem negligálódik. A csuszka beléptetésével a program a cölöp mentén mindenhol ellenőrzi a rugómodellből kiadódó földnyomások megengedhetőségét, ami eddig általában elmaradt. A talpmodellben az egyedi cölöp talpellenállásának mobilizálódását biztosító elmozdulást az átmérő 5 %-ára lehetne venni, a 10 %-kal a cölöpök csoporthatását szimulálandó kicsit „puhítjuk” a rugót. Az így modellezett talaj-cölöp kapcsolattal érdemes előszámításként egy erő-süllyedés kapcsolati görbét előállítani, hogy a teljes hídszerkezet vizsgálata előtt ellen-

őrizhessük a modell helyességét. A számítással előállított görbe tulajdonképpen egy szimulált próbaterhelési görbének felel meg, s ha van igazi próbaterhelési görbénk, akkor annak segítségével a modellparamétereket javítgatni is lehet.

Egy tipikus hídszerkezetet ilyen feljavított AXIS modellezéssel vizsgáltunk egy diplomaterv keretében (Murinko, 2009), és reálisnak tetsző eredményekre jutottunk. Még munkálkodni kell azon, hogy a töltésben levő cölöpökre a háttöltés felől mekkora földnyomásokat hárítsunk, a PLAXIS- és a MIDAS-futtatásoktól várunk ehhez útmutatást. Említést érdemel, hogy az AXIS-modell ugyan nyilván egyszerűbb az utóbbiaknál, de tudni kell, hogy a MIDAS-programba is beépítettek egy olyanféle talaj-cölöp kapcsolatot, mint amilyent itt használtunk, mert ha nem ezzel modellezik ezt a kapcsolatot, akkor futásidő megsokszorozódik.

5. Összefoglalás

Tanulmányomban áttekintettem a hídalapozás közelmúltban felmerült geotechnikai vonatkozású kérdéseit, a cölöptervezésben az Eurocode-ok bevezetésével járó változásokat és a talaj-szerkezet kölcsönhatás modellezésnek új lehetőségeit. Gondolatiamat, megállapításaimat, javaslataimat a következőkben foglalhatom össze.

a) Az újabban, főleg a hídfőkkel kapcsolatosan felmerülő feladatok jellege, valamint az Eurocode 7 dokumentálási rendje és igényei a hídászok és a geotechnikusok kooperációjának módosítását indokolják. Célszerűnek látszik a geotechnikusok felelős tervezőként való bevonása a hídtervezésbe, s a felvázolt geotechnikai szakismeretek, számítógépes modellezési lehetőségek talán bizonyítják, hogy ezzel a hídtervezés ügye nyerhet.

b) A kifejlesztett tipikus hídszerkezetek számára előnyös egysoros, a töltés tetejéből indított cölöpalapozás geotechnikai szempontból – különösen mert az építési idők beszűkültek – hátrányokkal is jár. Korlátozza az újabb, egyébként gazdaságos talajkiszorításos cölöpök alkalmazását, s nehézségeket okoz a CFA-

cölöpök készítésében is. A hagyományos méretezési eszköztárral nehezen teljesíthető pontosságot vár el a süllyedések és időbeli alakulásuk prognózisában, valamint a vízszintes mozgások és a cölöpökben keletkező nyomatékok meghatározásában. A cölöptervezés ezért többnyire túlzottan óvatos és ezért gazdaságtalan. Érdemes lenne felülvizsgálni, hogy hol van a teljes műtárgyak műszaki-gazdasági optimuma, illetve az elvárásokhoz igazodóan korszerűsíteni a geotechnikai tervezés eszköztárát.

c) A süllyedések időbeli alakulására hagyományos elméleteken alapuló programokkal is lehet jó előrejelzést adni, ha a bemenő paraméterek igényes vizsgálatokból származnak. A munka közben a monitoring alapján az ismertetett módszerekkel az előrejelzés pontosítható, s ez segítheti a munka ütemezését. Meg kell haladnunk azt a szemléletet, mely szerint a sűrű süllyedésmérések célja (csak) annak felismerése, hogy a süllyedési sebesség az egyébként teljesen megalapozatlan 1 cm/hó értékre csökkent.

d) Az Eurocode 7 nem sugallja a statikus próbaterhelések olyan gyakoriságát, mint az a hazai hídprojektekben szokásos, s a hazai nem állami finanszírozású piacon is már régóta sokkal kevesebb a próbaterhelés. A próbaterhelések tanúsága szerint CPT-n alapuló számításokat a hazai geotechnikai irodák is egyre megbízhatóbban használják. A statikusnál sokkal olcsóbb dinamikus próbaterhelések egy összehasonlító vizsgálatsorozat szerint a palástellenállásra reális közelítést adnak, a talpellenállást illetően viszont homokra kb. feleakkora, agyagra kétszeres értéket jeleznek. Az Eurocode 7 szellemében szükséges, hogy a két módszer számítási képleteit, eljárásait vagy feldolgozó programjait közzétegyék és alkalmasságukat ellenőrizhető módon bizonyítsák. AZ Eurocode 7 nemzeti melléklete a kissé bizonytalanabb képletekből fakadó kockázatok kezelésére egy 1,1 modelltényező bevezetését ajánlja.

e) Az Eurocode-ok parciális tényezőivel a CFA-cölöpalapok globális biztonsága egyetlen próbaterhelés vagy bizonyítottan biztonságos CPT-képlet alapján végzett méretezés esetén a 2,0-t akkor is majdnem eléri, ha az állandó terhekhez rendelt 1,35 par-

ciális tényezőt a közelmúltban végzett számítások nyomán most megfogalmazódó javaslat szerint 0,85 szorzóval 1,15-re csökkentik. Ez lényegében azonos a tipikus közúti műtárgyak alapozásakor ma elvárt biztonságnak. A nagyobb hidak esetében eddig ennél kicsit többet tartottunk szükségesnek, ezt a biztonsági igényünket gondosabb előkészítéssel lehet majd kielégíteni.

f) A negatív köpenysúrlódást – az azt okozó jelenség alaposabb értelmezéséből következtetve – kevéssé konzervatív módon illene kezelni. Terhelő hatásként való számbavétele csak akkor indokolt, ha egyáltalán nincs idő kivárni a háttöltés okozta süllyedéseket. A süllyedések és a konszolidáció a korszerű programokkal pontosabban prognosztizálható, az a mérések alapján javítható, s ennek hatásait értékelve az építés a teljes konszolidáció kivárása nélkül, a süllyedések beszámításával kevesebb késedelemmel lefolytatható. Az elmúlt évek tapasztalatai szerint a konszolidáció gyorsításra a szalagdrénezés hatékony eszköz.

g) A hídfők komplex építési és terhelési folyamatai a legújabb, a talajok nem-lineáris viselkedésének modellezésére is képes végeselemes programokkal jól modellezhető és valójában csak ezek adhatnak választ minden kérdésre. A 3D programok használata rendkívül időigényes, vélhetően csak a nagyobb hidak esetében lesz érdemes bevetni őket. A szokványos szerkezeteket illetően inkább arra lehetnek jók, hogy a velük végzett futtatások tapasztalatai alapján javítsuk más számításainkat. A PLAXIS 2D programmal többek is jó eredményeket produkáltak, alkalmazásuk a mindennapi tervezésben is indokolt. A hídtervezésben is népszerű AXIS programot érdemes az új lehetőségek kihasználásával javítani, a vizsgálódások szerint a talaj-cölöp kapcsolatot a rugó-csuszka modellel és annak megfelelően számított paramétereivel elég jól le lehet írni, s célszerű azt a felszerkezet alá beépíteni.

Mindezen (és más) gondolatok indokolják, hogy a hídász és geotechnikus szakma szervezzen egyeztető fórumokat, s keresse közösen a közös feladatok közös megoldásait. Ez a tanulmány ennek elindítását kívánta szolgálni.

5. Felhasznált irodalom

Berzi, P., Dinamikus cölöppróbaterhelések az M6 autópálya új szakaszán. Geotechnika 2008 Konferencia, Ráckeve, 2008.

Fellenius, B. H., Basic of Foundation design. Electronic Edition. www.Fellenius.net, 2006.

Frank, R., Bauduin, C., Driscoll, R., Kavvadas, M., Krebs Ovesen, N., Orr, T., Schuppener, B. Designer's Guide to EN 1997-1 Eurocode 7: Geotechnical rules. Thomas Telford, Ltd. 2004.

Imre, E., Szabó, V., Szalay, E., Pusztai, J., Mahler, A., Evaluation of CFA pile bahaviour using CPT data. XIII. Proc. of Danube-European Conference on Geotechncal Engineering, Ljubljana, 2006.

Kaltenbacher, T., Havas, P. J., Experiences of designing and executing of Screwsol Piles. Proc. of the 19th European Young Geotechnical Engineers' Conference, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2008

Mahler, A., Statikus szondázási eredmények hasznosítása. Doktori értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2007.

MSZ EN 1536:2001 Speciális mélyépítési munkák. Fúrt cölöpök. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2001.

MSZ EN 1997-1:2006 Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 1. rész: Általános szabályok. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2006.

MSZ EN 1997-1:2006 Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 1.rész: Általános szabályok. Nemzeti melléklet.
Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2006.

MSZ EN 1997-2:2008 Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 2.rész: Geotechnikai vizsgálatok. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2008.

Murinkó, G., Hídalépítmény méretezése AXIS-programmal. Szakdolgozat, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2009.

Poulos, H. G., Pile behaviour – Theory and applications.
29th Rankine Lecture. Getechnique 39, No. 3.

Radványi, L., A Bohn Kft. cölöpméretezési gyakorlata.
Szóbeli közlés, Budapest, 2006.

Schell, P., Sánta, L., Próbacölöpözési tapasztalatok az M6 és M60 autópálya épülő déli szakaszán. XV. Széchy Károly Emlékülés, Magyar Tudományos Akadémia, 2009.

Szepesházi, R., Altalaj eredetű építménymozgások elemzésének módszerei. Közlekedési és Mélyépítéstudományi Szemle, 44. évf. 1-2. szám, Budapest, 1994.

Szepesházi, R., A CFA-cölöpök hazai bevezetésének módszerei és tapasztalatai. Közlekedési és Mélyépítési Szemle, 51. évf. 5. szám, Budapest, 2001.

Szepesházi, R., Hidak cölöpalapozásának biztonsága. 1. rész. Közlekedési és Mélyépítési Szemle, 56. évf. 12. szám, Budapest, 2006.

Szepesházi, R., Hidak cölöpalapozásának biztonsága. 2. rész. Közlekedési és Mélyépítési Szemle, 57. évf. 1. szám, Budapest, 2007/a.

Szepesházi, R., A cölöpök törőerejének számítási lehetőségei. Kutatási jelentés. Széchenyi István Egyetem, Győr, www.sze.hu/~szepesr, 2007/b.

Szepesházi, R., Hídalépítmények geotechnikai tervezésének fejlesztése különös tekintettel a korszerű geotechnikai számítógépes programok alkalmazásának lehetőségére. Kutatási jelentés. Széchenyi István Egyetem, Győr, www.sze.hu/~szepesr, 2007/c

Szepesházi, R., Geotechnikai tervezés. Tervezés az Eurocode 7 és a kapcsolódó európai geotechnikai szabványok alapján. Média Business. Budapest, 2008.

Tóth, R., „Új" méretezési eljárás a cölöptervezésben a negatív köpeny-súrlódás hatásának figyelembe vételével. XIII. Széchy Károly Emlékülés, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 2007.

Út 2-1.222-2006 Utak és autópályák létesítésének általános geotechnikai szabályai. Útügyi Előírás. Magyar Útügyi Társaság, 2006.

Vogt, N., Schuppener, B., Weißenbach, A., Az Eurocode 7-1 Németországban használatos tervezési módszerei a geotechnikai vizsgálatokban. Mélyépítés, 2006/3, Budapest, 2006.

Jelentés a vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd átépítés fejleményeiről

Hajós Bence
Magyar Közút Nonprofit Zrt. Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Igazgatóság, hidászmérnök

1. Bevezető

A vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd története rendkívül zaklatott, kevés hídszerkezetet találunk, amelyet ilyen sok alkalommal kellett átépíteni, felújítani, megerősíteni. A híd alépítményei három korszakban épültek (1885, 1933, 1982), a felszerkezet különböző részei szintén három, de különböző nagyobb építési, erősítési szakaszban készültek (1948, 1970, 1982).

A Tisza-híd építéstörténetéről és a jelenlegi felújítás előkészítéséről részletes tanulmány jelent meg a 49. Hídmérnöki konferencia alkalmából. [1]

Jelen beszámoló az azóta eltelt időszak, azaz egy esztendő eseményeiről, fejleményeiről kíván beszámolni.

A beruházó Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. 2008. október 27-én, közbeszerzési eljárást követően szerződést kötött a KK-2008 konzorciummal az átépítési munkák elvégzésére. A konzorcium vezető tagja a Közgép Zrt, társ tag pedig a Kelet-Út Kft. A szerződés szerinti ár nettó 1 234 051 592 Ft, a vállalt határidő 2009. október 30. A beruházó a műszaki ellenőri, lebonylítói feladatokra közbeszerzés útján a Főber Zrt – MSc Kft. – Transinvest Kft. alkotta konzorciummal kötött szerződést.

Az átépítési munka a Tisza-híd pályaszerkezet cseréjén kívül tartamlazza a csatlakozó három vasbeton híd teljes felújítását is (Kraszna-híd 86 fm, Fok híd 131 fm és Száraz híd 96 fm), valamint a köztes útszakaszok megerősítését is, mintegy 1,5 km hosszban.

A tenderterv szerinti pályalemez-csere elvégzése előtt szükséges és rendkívül fontos a megmaradó hídszerkezet részletes megítélése az alapanyag megfelelőssége szempontjából is. Mivel a szükséges hegeszthetőségi és megkívánt szívóssági vizsgálatok elvégzésére a tervezési időszakban nem adódott lehetőség, a hídkezelői hozzájárulás az anyagvizsgálatokat tételesen előírta a hídszerkezet legvastagabb, meder feletti övszakaszok 70 mm-es szelvényire vonatkozóan. Ezen vizsgálatok elvégzését az építési engedély a kiviteli tervek benyújtásának feltételéül szabta. [2]

Időközben a hídkezelő saját hatáskörben elvégezte az alapanyag vizsgálatokat a könnyen hozzáférhető és vizsgálható vékony lemezeken. Ennek eredménye minden szempontból kedvező volt, azonban ez semmit sem jelent a vastag lemezekre vonatkozóan, csupán annyit, hogy legalább a vékony lemezekkel nincs probléma. [3]

A felújítás részeként a hídépítés nyertes kivitelezője dr. Domanovszky Sándor szakértő bevonásával elkészítette a tenderben előírt acélanyag vizsgálati tervet [5]. Az első próbadarab kivágása 2009. március 2-án rendben, probléma nélkül megtörtént. A további fejlemények végezetül a Tisza-híd átépítésének leállításához és új hídszerkezet tervezéséhez vezettek. Az alábbiakban ennek az útnak fő állomásairól adunk tájékoztatást.

A híd látképe (dr. Domanovszky Sándor felvétele)

2. Események az első mintavételhez kapcsolódóan

Az első próbadarab kivágása 2009. március 2-án, annak visszapótlása másnap, március 3-án, visszavágása és készre köszörülése pedig március 4-én volt.

A próbadarab visszapótlása során az akkor még teljesen ismeretlen tulajdonságú alapanyagon ismeretlen mélységű repedések keletkeztek a köszörülés során, ami miatt szükségessé vált a híd teljes lezárása 2009. március 4-én. A hídzár alatt elvégzett alapanyag vegyelemzések, a repedés műszeres vizsgálata és a repedés sikeres kimunkálása után a hídon a forgalom 2009. március 5-én ismét megindulhatott. [4] A teljes hídzár az akkor rendelkezésre álló rendkívülkevés információ birtokában jogos és szükséges döntés volt, ugyanis akkor nem volt még vegyelemzés sem az alapanyagról, s különös aggodalmat okozott ennek fényében a kivágás során tapasztalt anomáliák (lángvágási problémák). A forgalomra való megnyitáskor már elkészült a vegyelemzés, ami az alapanyag összetételéről a várakozásnál kedvezőbb képet, félig csillapítottságot mutatott.

Indul a próbadarab kivágása a 400 mm széles övből (2009. március 2.)

Pótlás és hegesztő (Fejes Tamás)

Még a részletes ütőmunka, Charpy-próba eredményeinek ismerete előtt a mintavétel közvetlen tapasztalataira alapozva ekkor döntés született az eredeti tervnek megfelelő, a merevítőtartó felső öveihez hegesztett konzolú szerkezet módosításáról. Ennek megfelelően a tervező (Pont-TERV Zrt.) azonnal megkezdte a kiviteli tervek átdolgozását oly módon, hogy a merevítőtartóhoz ne kelljen hegesztéssel kapcsolódni. A kidolgozott változat szerint a járdakonzolok a merevítőtartó felső öve fölött haladnak el, s a konzolvégek egy ferde rúddal kitámasztást kapnak a merevítőtartó gerincének közép részéről, a meglévő gerincmerevítések felhasználásával.

3. Fejlemények az első Charpy-próba után

Dr. Domanovszky Sándor előírásainak megfelelően az Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Zrt. (AGMI) a szükséges laborvizsgálatokat a kivett próbadarabon elvégezte, a vizsgálati jegyzőkönyvet 2009. március 23-án összeállította. Dr. Domanovszky Sándor szakvéleménye határozottan rámutatott a meglévő vastag lemezek alkalmatlanságára, kockázatosnak, indokolatlannak és megengedhetetlennek tartva a tervezett beavatkozást. [5]

Az első anyagvizsgálati szakvélemény ismeretében a Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ (KKK) felkérte a Műegyetem Hidak és Szerkezetek Tanszékét az elkészült munka független szakmai véleményezésére. Ennek részeként a Műegyetemen egyeztető tárgyalásra került sor az addig elkészült szakvéleményekről 2009. április 17-én. [6] Itt ismertetésre került a műszaki ellenőri feladatokat végző konzorcium állásfoglalása is az anyagvizsgálati szakvéleménnyel kapcsolatosan.[7]

A tárgyaláson a kivitelező felkérést kapott a lehetséges műszaki megoldások teljes körű vizsgálatára tanulmány szinten, a gazdaságosság elemzésével együtt. [12] Ennek részeként külön felkérést történt a kritikus korróziós fészkek helyszíni feltárására is, abból a célból, hogy az időközben felmerült feszültségátrendezéssel járó műszaki megoldások megvalósíthatóak-e, nem ütköznek-e súlyos akadályokba a szerkezet korróziós állapota miatt (erő-bevezetési helyek). [10]

A KKK tájékoztatást adott arról, hogy időközben saját megbízást adott a Főmterv Zrt. részére az első szakvéleményben elsődlegesen kifogásolt vastag (60 és 70 mm-es) övlemezek kiválthatóságának vizsgálatára. [9]

Acélanyag vizsgálati szakvélemény (Dr. Domanovszky Sándor)

Dr. Domanovszky Sándor szakvéleménye részletes, átfogó szemlét ad az alapanyagra vonatkozó műszaki előírások fejlődé-

séről és rendszeréről, az alapanyag gyártás és szabvány fejlődéséről, valamint a rideg-töréssel kapcsolatos alapvető ismeretekről.

A szakvélemény mellékletében többek között tartalmazza a teljes AGMI vizsgálati jegyzőkönyvet és az acélkiválasztási táblázatokat.

Az alapanyag szívósságának vizsgálata az előzetes várakozáshoz képest lényegesen rosszabb eredményeket adott. Megállapítható, hogy az alapanyag lényegében folyamatosan rideg állapotban van. A varrat szavatolt átmeneti hőmérséklete +20°C.

A rideg-törési kockázat elemzése során kijelenthető, hogy a konstrukció igen kedvező (nincsenek kereszt irányú varratok), az alapanyag vegyi összetétele is igen kedvező (félig csillapított, edződésre nem hajlamos), a kivitelezés a korabeli állapotokhoz képest igen gondosan és szakszerűen készült, jelentősebb varrathibák, bemetsződéseket nem ismerünk.

Mindezek ellenére a rideg-törési kockázat jelentős, azzal komolyan számolni kell!

A szakvélemény a tervezett pályaszerkezet-cserét megengedhetetlennek minősíti.

Az ismeretek tükrében felmerül a kérdés, az elmúlt 60 évben miért nem következett be rideg-törés. A szakvélemény igen alapos elemzést követően „nagy szerencsének" minősíti, hogy nem következett be katasztrófa. Megjegyzendő, hogy a rideg-törés folyamata előre kiszámíthatatlan, lefolyása gyors és hirtelen, minden előjel nélkül bármikor bekövetkezhet.

Szakértői vélemény a rideg-törésre hajlamos övlemezek cserélhetőségéről (Főmterv)

A közelítő statikai vizsgálat a 60-70 mm-es övlemezek cseréjére vonatkozó elemzést tartalmazza. A műszaki megoldás alállványozás nélkül, több ütemben, ideiglenes feszítéses tehermentesítéssel tervezi az övlemez szakaszok kivágását és visszapótlását megfelelő alapanyagból. [9]

Minthogy a későbbi szakvélemények mind a hegesztést, mind a csavarozást teljesen kizárták, valamint a 60 mm-nél vékonyabb

lemezek sem megfelelőek, a vázolt műszaki megoldás nem kivitelezhető. A tanulmány csak az 1910. évi Közúti Hídszabályrendeletre hivatkozik. A szakvélemény későbbi kiegészítése [17] a lemezcserét végül teljesen elvetette.

Műszaki ellenőr (Főber – Transinvest – MSc) véleménye

A műszaki ellenőr szervezet Dr. Domanovszky Sándor szakvéleményéről készített állásfoglalásában a szakértői anyagot elfogadja. [7] A négy oldalas vélemény több pontja az előállt helyzet jogi következményeire vonatkozik. A Mérnök konzorcium javaslatot adott a 40 mm-es vastagságú lemezek vizsgálatára, ami a későbbiek során meg is valósult.

A Mérnök szervezet **további vizsgálatokat és tanulmányokat tart szükségesnek** az átépítés módjának eldöntéséhez.

A szükségszerű új koncepció miatt a 290/2007. Korm. rendeletben előírt **független tervellenőrzés** elvégzését az állásfoglalás elkerülhetetlennek tartja.

Szakvélemény a korróziós károsodás mértékéről (Földes Árpád)

A 2009. április 17-i egyeztetésen [6] elhangzottak alapján történt a medernyílás támasz keresztmetszeteiben a merevítőtartó zárt doboz-szerkezeteinek felnyitása az alsó öv környezetében és korróziós vizsgálata, valamint az ív-merevítőtartó kapcsolat vizsgálata is. [10]

A támaszkörnyezetben közvetlenül a saruk fölött a gerinclemez korróziós szelvénycsökkenése meghaladja 15 %-t (40 mm helyett 33,8mm). Az alsó öv műszeres vizsgálatára az alatta lévő saru miatt nem volt lehetőség, de a sarulekötő csavarok csavarfejéből következtethetőleg a szelvénycsökkenés több mm nagyságrendű.

Az ív és a merevítőtartó találkozási pontjában a legkritikusabb helyeken vastagságot mérni a meglévő vasbeton járdalemez miatt nem lehetett. A hozzáférhető helyen végzett, szúrópróba szerű eredmény **34 %-os szelvénycsökkenést** jelzett (23 mm helyett 15,2 mm).

Korróziós vizsgálat kivágott ablakai

Elfogyott szelvények a saru fölötti erőbevezetés helyén

Szakértői vélemény az acélanyagról (Műegyetem)

A KKK megbízásából a Hidak és Szerkezetek tanszéke Dr. Dunai László vezetésével, a Gépészmérnök Kar Anyagtudomány és Technológia Tanszékének bevonásával három kérdést vizsgált meg. [8]

A független kontroll szakvélemény az elvégzett vizsgálatokat megfelelőnek, **szakszerűnek tartja**.

Dr. Domanovszky Sándor szakvéleményével, annak részletezettségével és következtetéseivel **egyetértenek**, jónak tartják. Az Eurocode vonatkozásában egy pontosítást közölnek, nevezetesen a feszültségkihasználtság függvényében megengedett interpolációt, amely azonban a tárgyi probléma körre érdemi kihatással véleményük szerint nem bír.

A tervezők által kidolgozott felújítási módok vonatkozásában a szakértők nem javasolják a vastag szelvények **hegesztését és NF csavaros kapcsolatát sem,** továbbá azok eltávolítása esetén a megmaradó gerincek hegesztését is kérdésesnek ítélik.

A szakvélemény részeként sor került a 40 mm-es gerinclemez kiegészítő vizsgálatára [11], amely a korábbi 70 mm-es lemez eredményének interpolációjához képest kedvezőtlenebb eredményt adott.

A szakértői véleményt megelőző műegyetemi egyeztetésen Dr. Dévényi László határozottan kijelentette továbbá [6], hogy a meglévő hídszerkezet rideg-törési kockázata a teherforgalom letiltása és városi jellegű hídüzemeltetés során semmit sem csökken.

A tárgyaláson jelen lévő szakértők teljes mértékig egyetértettek abban, hogy jelen formájában a hídszerkezeten a forgalom legfeljebb a téli hideg időszakig (0 fok) maradhat. A végleges megoldás elkészítése tehát halaszthatatlan, illetve **a téli üzemeltetés felelős megítéléséhez további vizsgálatok és tanulmányok szükségesek.**

Tanulmány a feltárt problémák lehetséges megoldásáról (Pont-TERV Zrt.)

A kivitelező Közgép Zrt. megbízásából a Pont-Terv Zrt. elkészítette a többváltozatos tanulmánytervét a lehetséges műszaki megoldások bemutatásával [12]. A tanulmány nem ad teljes körű áttekintést a lehetséges megoldásokról a „nem teszünk semmit" álláspontól a „teljes, végleges, tartós, drága" megoldásig bezárólag. A tervezők az alábbi megoldási javaslatokat vizsgálták meg.

Vonórúd hatás kiváltása feszítéssel a meglévő vasbeton pálya esetén

A meglévő szerkezet rideg-törési kockázata megmarad. A rossz állapotú pálya megmarad. A keskeny útpálya és járda megmarad. Nehezen kivitelezhető. A korróziós eredmények ismeretében a feszítés erőbevezetése kérdéses, szinte megoldhatatlan. A beavatkozás csupán a rideg-törés hatását mérsékli. A megoldás a 40 mm-es lemez elégtelensége miatt további kérdéseket vet fel.

Nem javasolható műszaki megoldás, nem fogadható el.

Vonórúd hatás kiváltása feszítéssel acél pálya esetén

Az előző esethez hasonló az értékelése, csupán a pályaállapot, a keresztmetszet és a kivitelezhetőség kedvezőbb. Ennek ellenére nem javasolható műszaki megoldás, nem fogadható el.

Vastaglemezek cseréje

Nem valósítható meg.

Vastaglemezek kiváltása

Nem valósítható meg.

Új híd építése meglévő alépítményeken

Három felszerkezeti változatot ad a tanulmány. Jelen vizsgálati szinten a változatok közötti különbségeket nem érdemes elemezni. Az 1200 t össztömegű új szerkezet beépítési költségét mindösszesen 2,5-3,0 milliárd forintra, építési idejét pedig 18 hónapra becsülik. A megoldás hátránya, hogy az építés idejére a forgalmat más nyomvonalon (pl. pontonhíd) fenn kell tartani.

Új híd építése új nyomvonalon

A nyomvonalvizsgálatok, kisajátítás, hosszas előkészítés miatt a változatot érdemben nem vizsgálják, költségvonzata miatt (4,0 milliárd) elvetették.

4. Fennáll valójában rideg-törési kockázat?

Az alapkérdés a meglévő alapanyag rideg-törési biztonsága, a rideg-törés reális kockázata.

A szakvélemények az alapanyagot ridegnek és veszélyesnek minősítik, ami a hídszerkezet leszakadását okozhatja lényegében bármikor. Azonban az elmúlt 60 évben a hídon mégsem következett be rideg-törés. Az alap szakvélemény [5] igen alapos elemzést követően ezt „nagy szerencsének" minősíti (a kedvező konstrukció és vegyi összetétel mellett), és ezzel a Műegyetem is egyetért. [8]

Lehetőségként felmerül hasonló esetek tüzetes vizsgálata, amely azonban messze túlmutat a hazai tapasztalatokon, így jelentős időt igényel.

A klasszikus rideg-töréses híd balesetek jellemzően nem sokkal az átadás után történtek, szemben esetünkkel.

Egy hazai példa a Lánchíd láncszemeinek rideg-törése az 1947. évi roncskiemeléskor, azaz 33 éves korban. Nyilván valóan a lemezek a tervezettől igen eltérő terhelést kaptak a kiemelés során, ami mint térbeli feszültségállapot a törés kiindulásául szolgálhattak. Az eseményről részletes beszámoló nem ismeretes.

A rideg-töréssel kapcsolatosan kevés szakirodalmunk jelent meg [21] [22] [23]. Az ismert szakirodalom java régebbi készítésű, így felmerül a kérdés, az elmúlt évtizedekben nem történt-e olyan fejlődés a kutatás területén, ami hasznosítható a Tisza-híd esetében.

A tárgyi kérdés súlya jelentős. A rideg-törési kockázat megítélésétől függ lényegében a Tisza-híd felszerkezetének fennmaradása, megtarthatósága. Éppen ezért indokolt és szükséges alapos vizsgálódás a korábbi rideg-törési esetekkel kapcsolatosan,

különös tekintettel az esetünkben kizárható és figyelembe veendő rideg-töréshez vezető szempontok csoportosítására.

Megtörtént rideg-törések egy része fáradt vagy egyéb repedésből indult ki. Esetünkben a fáradt repedés kockázatát a híd kora miatt lényegében kizárhatjuk, így fáradt repedésből kiinduló rideg-töréssel sem kell számolnunk, azonban a rideg-törés kiinduló pontja a fáradt repedésen kívül számos ok és hely lehet, amelyek előre nem vizsgálhatóak, elemezhetőek. Hasonlóan kizárhatjuk az egyéb repedéseket is, mert ilyenről a Tisza-hídon nincs tudomásunk.

Szükséges volt további külső szakértő bevonása, aki lehetőség szerint rendelkezik a rideg-töréssel kapcsolatos szakmai tapasztalattal. Ezen vizsgálatok jelenleg is folyamatban vannak.

5. Lehetséges megoldások vizsgálata

Mivel az alapanyag rideg-törési biztonsága elégtelen – s a jelenleg rendelkezésre álló adatok és szakvélemények alapján ezt kell megállapítanunk – szükséges a lehetséges műszaki megoldások elemzése annak érdekében, hogy a rideg-törés szempontjából kritikus téli időjárás beállta előtt érdemi intézkedést lehessen tenni a forgalombiztonság érdekében.

A lehetséges megoldások elemzését dr. Domanovszky Sándor szakvéleményére, és az azzal egyetértő műegyetemi szakvéleményre támaszkodva végeztük el, azaz a vastag lemezek a szerkezetben nem maradhatnak, továbbá a vastag lemezek nem hegeszthetőek és nem csavarozhatóak.

Tenderterv szerinti átépítés végrehajtása

Megépítése nem lehetséges, az alapanyag nem megfelelő, a hídszerkezetben nem maradhat. A tenderterv szerinti műszaki tartalom becsült mérnökára 1500 millió forint volt. (A nyertes vállalkozói szerződéses ár Tisza-hídra vonatkozó része 904 millió forint.)

A híd eredeti állapotában marad

Teljes hídzár, közlekedés kerülővel

Híd lezárásra kerül, közlekedés kerülővel a ma is meglévő alternatív, jelentős többlet távolságot jelentő utakon (Tivadar – Kisar közötti hídon, illetve kompokon, és a lónyai pontonhídon). Költség a híd lezárásán kívül nincs. Közlekedés szempontjából a változat nem fogadható el. A meglévő híd Vásárosnamény várost is ketté szakítaná, a határ és a Tisza által közrezárt települések minden szempontból Vásárosnamény irányába orientáltak (oktatás, munkahely, alapellátás). **Közlekedéspolitikailag felvállalhatatlan eset.**

Becsült költsége 20 millió forint.

Teljes hídzár, közlekedés időszakosan pontonhídon

Az előző változatnál annyian kedvezőbb, hogy a híd mellett létesített pontonhídon az év nagyobbik részében a közlekedés biztosítható, **de télen, és nagy árvíz alkalmával nem**.

Becsült költsége 250 millió forint. Közlekedéspolitikailag legfeljebb egy év időszakra vállalható az eset, azaz a végleges híd megépítéséig, átadásáig.

Teljes hídzár, közlekedés félállandó hídon

Az előző változatnál annyival kedvezőbb, hogy a forgalom részére félállandó hídszerkezet épül, amely egész évben alkalmas a közlekedés céljaira.

Becsült költsége 2 milliárd forint. Ennek telepítésével 4-6 évre halasztható a híd végleges kiváltásának, átépítésének megvalósítása.

Rideg-törésre érzékeny elemek teher-mentesítése

Kritikus elemek cseréje

A vastag övlemezek cseréjére (60-70 mm) tanulmány készült. [9] Az újabb vizsgálati eredmények alapján azonban a közepes lemezek cseréje is szükséges. A Műegyetem szakvéleménye [8] azonban a hegesztést is kockázatosnak ítélte, így ezen megoldás

nem valósítható meg, illetve nyilvánvalóan a főtartó acélanyagának többségi cseréjével nem is gazdaságos. Nem valósítható meg.

Kritikus elemek kiváltása rátett erősítéssel

A műszaki megoldás a meglévő kritikus elemek meghagyása mellett a kiváltó elemeket a meglévőre rögzíteni. A Műegyetem szakvéleménye [8] az NF csavarozást sem javasolja, így ezen műszaki megoldás is kivitelezhetetlen.

Feszítés

A megoldási javaslat a rideg-törésre érzékeny elemekben lévő feszültség minimalizálására törekszik. Ez elvben megoldható feszítéssel (lásd Pont-TERV tanulmányát [12]) azonban az újabb lemezvizsgálatok (40 mm-es), valamint a korróziós vizsgálatok a koncentrált erő bevezetést nagyban nehezítenék. A fenti okok miatt a megoldás nem valósítható meg.

Hídszerkezet alátámasztása

Elvi megoldást jelenthet a hídszerkezet aládúcolása, amelyhez azonban legalább 4-5 ideiglenes jármot kellene építeni a Tisza medrében, ami költségében, a jég és a víz levezetésében jelentős hátrányokkal járna, továbbá nem minősülne csak ideiglenes beavatkozásnak, így érdemben nem vizsgálandó.

<u>Rideg-törést követő híd-összeomlás megakadályozása</u>

Elvi lehetősége van annak, hogy ne a rideg-törést akadályozzuk meg, hanem rideg-törés esetén a híd összeomlását olyan segédszerkezettel, ami csak akkor kap terhelést, miután a rideg-törés bekövetkezett.

Hídszerkezet alátámasztása leesés ellen

Az előző (0) változattal jellegét tekintve lényegében azonos, azzal a különbséggel, hogy a jármok a híd teherviselésében nem vennének részt, csak rideg-törés esetén a szerkezet nem a mederbe, hanem a közvetlenül alá helyezett járomra „esne” le. Hátrányai az előbb írtakkal azonos, érdemben nem vizsgálandó.

Hídszerkezet kihorgonyzása gyámolító segédszerkezettel

A medernyílásnak készíthető egy gyámolító kihorgonyzása (függesztése, ferdekábeles kihorgonyzása a mederpilléreknél épített ideiglenes pilonokra, etc.), ami a merevítőtartót oly módon öleli körbe, hogy az csak abban az esetben viseljen terhet, ha a rideg-törés bekövetkezett, így annak előtte a szerkezet erőjátékát ne változtassa meg.

A megoldás csupán a végleges megoldás elhalasztására alkalmas, számos műszaki és szabályozási kérdést felvet, de néhány évig (4-6) a hídszerkezetet életben tarthatja. Költségét megbecsülni nehéz, várhatóan a félállandó hídnál olcsóbb.

Hídszerkezet cseréje

A fentiek alapján tartós műszaki megoldást új hídszerkezet építése jelenthet.

Felszerkezetcsere a meglévő alépítményeken

A Pont-TERV tanulmányában [12] erre az esetre található javaslattétel.

Becsült felszerkezet tömege 1200 tonna, szemben a tenderterv pályalemezcseréjének 500+50 tonnájával. Előnye: a kritikus acélanyag kikerül a hídból, korszerű teherbírás és szélesség építhető. Hátránya: az építés idejére a forgalmat alternatív módon (pontonhíd) fenn kell tartani, a régi alépítmények megerősítését is el kell végezni.

Becsült költsége 2 250 millió forint (lásd 0).

Felszerkezetcsere új alépítményeken

Becsült felszerkezet tömege 1200 tonna, az előző esettel azonos. Előnye (az előző esetnél írtakon túl): új nagy teherbírású alépítmények építhetőek, nincs szükség forgalomterelésre az építés miatt, így a kivitelezés organizációja rugalmasabb. Hátránya: kis mértékben drágább.

Közvetlen szomszédos elhelyezés esetén mindkét oldalon a csatlakozó létesítményekhez (Száraz híd, körforgalom) rövid töltésépítéssel, útkorrekcióval előnyösen csatlakozni lehet. A szük-

séges új terület lényegében közúti kezelésben van. Területigény egyedül a jobb parton egy lakóházat érinthet, ahol lehetséges kisajátítási vagy támfalépítési igény – későbbi részletesebb vizsgálat alapján.

Becsült költsége 2 500 millió forint (lásd 0).

Új híd építése új nyomvonalon

Új korszerű híd és út építése teljesen új nyomvonalon („elkerülő") csak hosszú távon valósítható meg. Jelenleg nincs előrehaladott stádiumban ilyen elkerülő tervezése. Az M3 autópályának csak nyomvonal vázlata áll rendelkezésre.

Új nyomvonalú híd és út építése esetén a város közlekedési igényei szempontjából **nem fogadható el** a meglévő hídszerkezet megszüntetése. A meglévő híd rideg-törési kockázata pedig városi jellegű hídüzemeltetés esetén is változatlanul fennáll. [6]

Becsült költsége bizonyosan meghaladja a jelentős útépítési, kisajátítási, közmű kiváltási feladatok miatt a 6 milliárd forintot.

Becsült költségek számítása

A fentebb felvázolt eseteknél megadott becsült költségeket az alábbi sarokszámok felhasználásával adtuk meg.

Munkaterület (dr. Domanovszky Sándor felvétele)

Ssz.	Megnevezés	Becsült nettó költség [millió forint]
1.	Új acél hídszerkezet 213 m hosszú, (56+101+56), felülete 2900m^2, acélanyag szükséglete 1200 tonna. Betolva szerelve a 2. pont szerinti közbenső járom segítségével *(fajlagos ár: 648 eFt/m^2; 1567 Ft/kg)*	1 880
2.	Ideiglenes szerelőjárom a meder közepén 12 m mély cölöpalapozással és 18 m magas felmenő járomszerkezettel építve-elbontva	60
3.	Meglévő acélhíd teljes elbontása a 2. pont szerinti középső járom segítségével partra húzva (eredetileg így épült)	60
4.	Négy darab új alépítmény alapozása nagyátmérőjű fúrt cölöppel cca. 20 fm mélységig egy Tisza-hídnyi cölöpszámmal	220
5.	Vasbeton alépítmény felmenő szerkezetek építése az új cölöpökre 1500 m^3 vasbetonszerkezet felhasználásával *(fajlagos ár: 120 eFt/m^3)*	180
6.	Cca. 200+200 fm útkorrekció, töltésépítéssel, érintett közművek áthelyezésével, 8 m burkolatszélességgel, elsőrendű főút pályaszerkezettel, kerékpárúttal teljesen készre	100
7.	Pontonhíd (TS bárka) létesítése és üzemeltetése egy évre, lejáró utak, hídfők kialakításával együtt	250

A megadott költségek nettó, Áfa nélkül értendőek.

Változat	Megnevezés	Becsült költség [millió Ft]	Előny (+)	Hátrány (-)	Megjegyzés
5.1.	**TENDERTERV SZERINTI ÁTÉPÍTÉS VÉGREHAJTÁSA**				
	Tenderterv szerinti kivitelezés	1500			Műszaki okokból kizárva
5.2.	**A HÍD EREDETI ÁLLAPOTÁBAN MARAD**				
5.2.1.	Teljes hídzár, közlekedés kerülővel	20	Olcsó	Nincs híd	Nem vállalható fel
5.2.2.	Teljes hídzár, közlekedés időszakosan pontonhídon	250	Olcsó	Nincs híd	Télen, árvízkor nincs
5.2.3.	Teljes hídzár, közlekedés féláll.ó hídon	2000	Van híd, van átkelés	Gazdaságtalan	
5.3.	**RIDEG-TÖRÉSRE ÉRZÉKENY ELEMEK TEHER-MENTESÍTÉSE**				
5.3.1.	Kritikus elemek cseréje				Műszaki okokból kizárva
5.3.2.	Kritikus elemek kiváltása rátett erősítéssel				Műszaki okokból kizárva
5.3.3.	Feszítés				Műszaki okokból kizárva
5.3.4.	Hídszerkezet alátámasztása				Műszaki okokból kizárva
5.4.	**RIDEG-TÖRÉST KÖVETŐ HÍD-ÖSSZEOMLÁS MEGAKADÁLYOZÁSA**				
5.4.1.	Hídszerkezet alátámasztása leesés ellen				Műszaki okokból kizárva
5.4.2.	Kihorgonyzás gyámolító segédszerkezettel				Műszaki okokból kizárva
5.5.	**HÍDSZERKEZET CSERÉJE**				
5.5.1.	Felszerkezetcsere a meglévő alépítményeken	2250	Korszerű felszerkezet	Pontonhíd kell	
5.5.2.	Felszerkezetcsere új alépítményeken	2500	Új alépítmények is	5.5.1-nél drágább	**JAVASOLT**
5.5.3.	Új híd építése új nyomvonalon	6000	Városi is elkerülhető	Költséges, nincs terv, régi hidat nem váltja ki	

6. Újabb szakértői vizsgálatok

Időközben elkészült a Műegyetemen tartott egyeztetésen szorgalmazott, 40 mm-es gerinclemez roncsolásos vizsgálata [11], amely azonban a 70 mm-es anyagból képzett lineáris interpolációhoz képest lényegesen rosszabb eredményeket adott.

A közútkezelő 2009. június 10-én összeállított egy összefoglaló anyagot [13] a lehetséges megoldásokról, hogy ezzel a döntéshozási folyamatot segítse. Ebbe már beépítésre került a 3. fejezet végén ismertetett Pont-TERV több változatos tanulmány is. [12] Ennek rövidített és szerkesztett változatát tartalmazta az előző, 5. fejezet.

2009. június 12-én dr. Szatmári István saját állásfoglalást adott ki [14] többek között arra tekintettel, hogy az elmúlt időszakban több alkalommal foglalkozott e hídszerkezettel, irányítva annak vizsgálatát, teherbírásának meghatározását, erősítésének tervezését. Írásában több kérdést is felvet az elkészült szakvéleménnyel kapcsolatosan, kifogásolva annak vizsgálati körét és tartalmát, továbbá az AGMI laborvizsgálatait is megismétlendőnek tartja. Javaslatot ad a meglévő szerkezet megmentésére. A biztonság érdekében a téli hidegben egy nehéz tehergépkocsis durva dinamikus terhelési kísérletet javasol, a feltételezéseinek igazolására („puding próba"). Övlemezcsere szükségessége esetén annak végrehajtását 10-14méteres szakaszokban, állványozás és kiváltás nélkül javasolja.

2009. június 23-án dr. Tóth Ernő kezdeményezésére szélesebb körben volt egyeztetés Budapesten a KKK székházában [15]. Itt a már elkészült vizsgálatok és szakvélemények tárgyalása mellett döntés született törésmechanikai vizsgálatok készítésére, dr. Szatmári István által javasolt [14] hossztartó-összekötések részletes tervezői vizsgálatára, valamint további korróziós vizsgálatok végzésére.

A rideg törési alapprobléma megfelelő szakmai megítélése érdekében a KKK bevonta Dr. Karol Kálna professzort is (Pozsony), az International Institute of Welding rideg törésekre spe-

cializálódott neves szakértőjét, aki a meghozott szakmai döntéseket, a mielőbbi új szerkezet építésének szükségességét alátámasztotta [16].

A törésmechanikai vizsgálatok elvégzésére megbízást kapott a pozsonyi Hegesztési Intézet (VUZ), valamint kontrol vizsgálat készítésére a BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke. Az ehhez szükséges további próbadarabok kivágása a szükséges előkészítő munkák után 2009. július 31 és augusztus 4 között volt. A törésmechanikai vizsgálatok jelenleg is folyamatban vannak. Ezek kedvező eredménye alapvetően szükséges a téli üzemeltetés megítéléséhez. A VUZ vizsgálatához szükséges erőtani számításokat a Főmterv végzi [20]. E mintavételezés során is több előre nem várt esemény történt, illetve további kedvezőtlen alapanyag tulajdonságokra és gyártási hibára derült fény [24].

Próbadarab kivágása (2009. augusztus 2.)

A Főmterv kiegészítő szakvéleményében [17] a 40 mm-es gerinclemez roncsolásos vizsgálatának ismeretében már elkerülhe-

tetlennek ítéli új szerkezet építését, mint végleges és tartós megoldást.

Beillesztett pótlás (2009. augusztus 2.)

Korróziós vizsgálatok előkészítése

Augusztusban végzett további, igen részletes korróziós vizsgálatok [18] a kedvezőtlen várakozásoknál is rosszabb eredményeket adtak. A precíz mérések szerint a kalap szelvényű ív és a merevítőtartó találkozásánál az ívgerinc keresztmetszetének csökkenése több mint 50 %, az egyes mérési értékek pedig ennél is lényegesen kisebbek (22,9 mm helyett 6,7 mm máshol 6,6 mm). Az eredmények további kérdéseket indukáltak, amelyeknek vizsgálata folyamatban van.

A Pont-TERV elkészítette a hossztartók összekötésének ellenőrző számítását [19]. A vizsgálat alapján a hossztartók összekötését nem tervezzük.

7. Meghozott döntések, folyamatban lévő munkák

A részletes szakmai előkészítő egyeztetések és tárgyalások eredményeként 2009. július 10-én minisztériumi döntés született, hogy mielőbb új híd építése szükséges, s ennek előkészítését, tervezését haladéktalanul meg kell kezdeni, valamint a régi híd forgalomban tartását a lehetőségekhez képest biztosítani kell.

A döntés jegyében a közútkezelő 2009. július 24-én összeállította az ideiglenes téli üzemeltetéshez való felkészüléshez szükséges teendők jegyzékét és eljuttatta a beruházóhoz, hogy az abban foglaltak a tél beállta előtt, illetve a munkaterület 2009. október 30-i visszavétele előtt teljesülhessenek. Mindez jelenleg folyamatban van.

A beruházó, a vagyonkezelő és a közútkezelő augusztusban közösen összeállította az új hídszerkezet tervezésének diszpozícióját, és közbeszerzés útján szeptemberben a Pont-TERV megbízást kapott az új hídszerkezet engedélyes és kiviteli terveinek elkészítésére valamennyi járulékos engedélyezési és egyeztetési munkákkal együtt.

A tervezési munka megkezdődött, amelynek lezárulta után indulhat az új hídszerkezet kivitelezésének versenyeztetése.

Összefoglalás

A vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd jelenleg folyamatban lévő átépítésének részeként elvégzett acél alapanyag vizsgálatok a vártnál lényegesen kedvezőtlenebb eredményeket adtak. Az eredmények szerint a híd acél alapanyagának vastagabb szelvényei lényegében folyamatosan rideg állapotban vannak.

Az acél alapanyag vizsgálata alapján a rideg-törési kockázat jelentős, a vastag szelvények a hídban nem maradhatnak. A fenti vizsgálat alapján egyedül a hídszerkezet kiváltásával készíthető tartós megoldás. Az erre vonatkozó vezető döntések alapján az új híd terveinek készítése megkezdődött.

Ezzel párhuzamosan megkezdődött a régi hídszerkezet forgalomban tartásának biztosítása is, a szükséges vizsgálatok és beavatkozások elkészítése, amelyek jelenleg is folyamatban vannak.

Célunk, hogy mielőbb megépülhessen az új hídszerkezet tartós és biztonságos megoldást eredményezve úgy, hogy annak átadásáig a lehető legkisebb további közlekedőkorlátozásokkal a közlekedők a régi szerkezetet használhassák.

E rövid összefoglaló koránt sem teljes, azonban mégis adhat talán egy átfogó képet a vásárosnaményi hídépítés kálváriájáról, a döntési folyamatról és a jövőbeli kilátásokról.

Hivatkozások

[1] Hajós Bence: Bevezető a vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd pályaszerkezetének átépítéséhez In. 49. Hídmérnöki konferencia előadásainak gyűjteménye (Lánchíd füzetek 10.) Biri, 2008 p. 83-95
[2] A pályalemez-csere építési engedélye
[3] Vékony lemezek vizsgálata (AGMI)
[4] Hajós Bence: A hídzárás története (összefoglaló jelentés)
[5] Dr. – tech. Domanovszky Sándor: Acélanyag vizsgálati szakvélemény a 41 sz. főút 53+474 km szelvényében lévő vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd főtartóin alkalmazott vastag övlemezek tárgyában. 2009. március
[6] Hajós Bence: Emlékeztető a vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd pályaszerkezet-cseréjét megelőző anyagszerkezeti vizsgálatokról tartott egyeztető tárgyalásról 2009. április 17. (BME)
[7] Duma György, Hargitai József, Tímár József: Mérnökszervezet állásfoglalása a vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd vállalkozó által készí-

tett acélanyag vizsgálati szakvéleménnyel kapcsolatosan. 2009. április 8. (Főber – Transinvest – MSc)
[8] Dr. Dévényi László, Dr. Dunai László, Dr. Horváth László, Dr. Palotás Béla: Előzetes szakértői vélemény a vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd acélanyagáról. 2009. május 15. (BME)
[9] Horváth Adrián, Obreczán Mátyás, Tóth Dominika: Szakértői vélemény a vásárosnaményi Tisza-híd rideg-törésre hajlamos övlemezeinek kicserélhetőségéről. 2009. május (Főmterv Zrt.)
[10] Földes Árpád: Szakvélemény a 41-es sz. főút 53+474 km szelvényében lévő vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd korróziós károsodásának mértékéről. 2009. május (Földes-Hídkorr Kft.)
[11] A 40 mm-es gerinclemez roncsolásos vizsgálata (AGMI) 2009. május 29.
[12] Tanulmány a vásárosnaményi Tisza-híd felújításának kivitelezése során feltárt problémák lehetséges megoldásáról. 2009. június (Pont-Terv Zrt.) munkaközi változat
[13] Hajós Bence: Néhány gondolat a vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd átépítése közben felmerült alapanyag rideg-törési kockázat miatt szükséges lehetséges megoldásokról. (Magyar Közút NZrt.) 2009. június 10.
[14] Dr. Szatmári István: Állásfoglalás a vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd átépítésével kapcsolatosan. 2009. június 12.
[15] Dr. Träger Herbert: Emlékeztető a 2009. június 23-án, Budapesten, a KKK székházában tartott megbeszélésről.
[16] Dr. Kálna Károly: Szakértői nyilatkozat (VUZ) 2009. július 10.
[17] Horváth Adrián, Nagy Zsolt: Kiegészítő szakvélemény a 41 sz. főút 52+474 km szelvényében lévő II. Rákóczi Ferenc vásárosnaményi Tisza-hídról (Főmterv) 2009. július 16.
[18] Földes Árpád: Szakvélemény a vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd íves tartói korróziós károsodásának mértékéről. 2009. augusztus (Földes-Hídkorr Kft.)
[19] Pálossy Miklós: Pályahossztartó összekötések vizsgálata (Pont-TERV Zrt. tsz: 109625) 2009. augusztus
[20] Dr. Vigh Attila: Vásárosnaményi közúti acélhíd statikai modellezése (Főmterv) 2009. szeptember 1.
[21] Dr. Gállik István: Hegesztett hídszerkezetek ridegtörése és az új acélanyagok. Útügyi Kutató Intézet, Budapest, 1970
[22] Bardócz Árpád: Ötvözött szerkezeti acélok hegeszthetőségéről. In Rimogil Közlemények, 1941. május
[23] Karel V.: Havárie mostnych konstrukcii (Hídszerkezetek katasztrófái) Inz. Stavby, 1979. 3. p. 138-143
[24] Halász Krisztián: Vásárosnaményi híd mintavételezéseinek tapasztalatai. (Közgép Zrt.) 2009. szeptember 15.

Langer-ív alatt (dr. Domanovszky Sándor felvétele)

A híd látképe (dr. Domanovszky Sándor felvétele)

Mintavétel a hídon (dr. Domanovszky Sándor felvétele)

www.elsolanchid.hu