

~ 1 ~

HÍDMÉRNÖKI KONFERENCIA
2016

Tartalomjegyzék

1. A STATIKAI CÉLVIZSGÁLATOK FELADATA	3
2. A DUPLÁN ILLESZTETT HENGERELT TARTÓK EREDETE.....	4
3. A „KETTŐS” TELJES ILLESZTÉS KIALAKÍTÁSA ÉS ENNEK HEGESZTÉSTECHNOLÓGIAI OKAI.....	5
4. KORÁBBI ELLENŐRZŐ STATIKAI SZÁMÍTÁSOK	7
5. VARRATVIZSGÁLATOK.....	7
5.1. AZ ANYAG VEGYVIZSGÁLATÁNAK MELLŐZÉSE	7
5.2. AZ ILLESZTÉSEK KIALAKÍTÁSA.....	7
5.3. A VARRAT REPEDÉSVIZSGÁLAT VÉGREHAJTÁSA	8
6. A KORRÓZIÓS KÁROSODÁSOK.....	10
6.1. AZ ACÉLTARTÓKON.....	10
6.2. A VASBETON SZERKEZETI ELEMENKEN.....	13
6.3. FÜGGŐLEGES REPEDÉSEK A VASALTBETON PILLÉRFALBAN.....	16
7. AZ ÖSZVÉRTARTÓK MARADÓ LEHAJLÁSA	17
8. A HOSSZTARTÓK KARDOSSÁGA.....	18
9. A TEHERBÍRÁST NÖVELŐ HATÁSOK FIGYELEMBEVÉTELE.....	20
9.1. KEDVEZŐBB KERESZTELOSZTÁS.....	20
9.2. EGYÜTTDOLGOZTATÓ KAMPÓZÁS	21
9.3. NAGYSZILÁRDSÁGÚ ALAPANYAG.....	21
10. A FÁRADÁSI TEHERBÍRÁS MEGHATÁROZÁSA.....	21
11. A TEHERBÍRÁS ÉS AZ ÜZEMI TEHERBÍRÁS MEGHATÁROZÁSA.....	22
11.1. TEHERBÍRÁS	22
11.2. ÜZEMI TEHERBÍRÁS.....	22
12. ÖSSZEFOGLALÁS	22

NÉMETH ISTVÁN:
CSAVAROSZOTT AMERIKAI HADIHIDAK ANYAGÁBÓL HEGESZTETT
TOLDÁSOKKAL ÉPÜLT HÍDJAINK STATIKAI CÉLVIZSGÁLATÁNAK
TAPASZTALATAI

(A statikai célvizsgálatokat a Roden Mérnöki Iroda Kft. – Poligon-TETA Mérnöki Iroda konzorcium végezte. Alvállalkozó: Hunyadi Mérnöki Tervező Iroda Kft.)

Szívesen mondanám, hogy merítsünk gazdag hídvizsgálati tapasztalataink kincsesbányájából, de tekintettel éltesebb hídjaink elszomorító állapotára, féltő, hogy a beavatott hallgatóságnak előbb jutna eszébe a bánya, mint a kincs.

1. A STATIKAI CÉLVIZSGÁLATOK FELADATA

A statikai célvizsgálatoknak az a célja, hogy az egyes hidakra a Hídnyilvántartási lapon megadott, nemegyszer megalapozatlan, találmányra fölvetett teherbírást és üzemi teherbírást alapos hídszakértői vizsgálat alapján, az e-UT 08.01.61 (a korábbi ÚT 2-1.406) Útügyi Műszaki Előírás (Megépült közúti hidak teherbírás-vizsgálata) szerinti „használati tapasztalatok”, továbbá a felmért károsodások figyelembevételével pontos statikai számítás elvégzésével kimutassa a jelenlegi tényleges teherbírást és üzemi teherbírást.

A statikai célvizsgálati szakvélemény alapján a szükséges „súlykorlátozás” közúti jelzőtáblák kihelyezésével, esetleg sebességkorlátozással óvjuk hídjainkat a nemkívánatos túlterhelésektől. Nagyobb támaszközü hidakra követési távolságot lehet előírni.

A teherbírást a Közúti Hídszabályzatban (ma: e-UT 07.01.12, korábban: ÚT 2-3.412 Útügyi Műszaki Előírás), azaz Közúti hidak tervezési előírásai II. Közúti hidak erőtanai számításában megadott robusztus, A, B, C osztályú terhekre kell kimutatni. Az üzemi teherbírást viszont a gyakori, valóságos járműterhekhez közelebb álló, csökkentett tengelysúlyú terhekre, és a 4 kN/m^2 helyett csak 1 kN/m^2 egyidejű megoszló teherre kell meghatározni. A kamionterhet reprezentáló 40/2006 jelű üzemi teher mellett léteznek kisebb összsúlyú 32; 22 és 16/2006 jelű üzemi terhek is. Ezekkel a kisebb terhekkal a híd egyes forgalmi sávjait külön-külön és egyszerre is le kell terhelni.

2. A HEGESZTETT KÖTÉSEKKEL DUPLÁN ILLESZTETT HENGERELT TARTÓK EREDETE

Az utóbbi évtized néhány hidvizsgálata során már találkoztunk tompavarrattal + hevederlemezes hegesztett kötésekkel toldott hossztartókkal, melyek szelvénymérete eltért a nálunk szokásos MNOSZ, MSZ, vagy DIN szerinti részméretektől (pl. övszélesség, gerincvastagság), s némelyik hengerelt gerenda gerincébe angol nyelvű behengerlések voltak találhatóak. Ezek alapján már gyanakodni lehetett világháborús hadihídanyag felhasználására. 2015-ben a hévízgyörki és a turai Galga-híd statikai célvizsgálata felszínre hozta az UVATERV által 1958-ban készült ellenőrző statikai számításokat, melyek a hossztartókat „14x8”-os amerikai tartónak” nevezik. Az apci Zagyva-híd I-300-as tartóinak gerincében pedig „Normannlong & Co Middlesbourg England” behengerlés található. Ezek alapján tehát jogos az a feltételezés, hogy a tárgyalt hossztartók az USA Angliában hengereltetett hadihíd anyagából a háború után – a „Truman” tehervonati mozdonyhoz hasonlóan – ócskavas áron értékesített acélanyag. A hadihidak csavározott jellegére utalnak a csavarlyuk-gyengítések, amiért a szakmai köznyelv az újrafelhasznált lyukgyengített övlemezeket egyszerűen csak lyukasacélnak hívta. A kereszttartóknak a hossztartókban való bekötéséhez sok helyen még a szögacélokat és a négylapfejú csavarokat is megtarthatták.

Teljesen érthető, hogy a csavározott katonai provizórium teherbírását az amerikai hadsereg az acél alapanyag szilárdságának növelésével kívánta fokozni, hiszen a hegeszthetőségi követelmények ezzel kapcsolatban fel sem merülhettek. Az más, hogy erről a későbbi magyar felhasználó nem vett tudomást, s a „garantáltan nem hegeszthető” nagyszilárdságú anyagot hegesztéssel toldotta. Nem véletlenül rögzít a MÁVAG röntgenlaboratóriumának helyszíni vizsgálata számos tompavarrat-repedést. A Poldi-kalapácsos acélszilárdság-vizsgálat eredménye szerint az I-gerendák anyaga nem az MSZ 500-1981 szerinti A 38-as lágyacél, hanem többnyire az a szerinti A 50-es, ill. az apci I-300-as tartó esetében A 70-es nagyszilárdságú acél. Az számunkra csak azért nem volt teljes meglepetés, mert már 2008-ban, a tiszacsermelyi Tiszakarádi-főcsatorna-híd statikai célvizsgálatakor – amelyen igen jelentős kamionforgalom halad át – szembesültünk azzal, hogy a minimálisan elvárható üzemi teherbírás, a 16/993 jelű, csak az A-50-es, azaz S355N (MSZ EN 10025) szilárdságú I-tartó-szilárdsággal teljesül. (A nagyobb alapanyag-szilárdság nem jár nagyobb fáradási szilárdsággal, mert a szilárdság csak a statikus teherbírást növeli, a fáradási teherbírást nem.)

Az 1958-as röntgenvizsgálatok azt mutatták, hogy a hegeszthetőség szempontjából minősíthetetlenül rossz alapanyag ellenére sem repedt meg minden tompavarrat, mert a repedés keletkezése nemcsak az anyag vegyi összetételétől függ, hanem más tényezőktől is. Ilyen pl. a varrathúzáskor érvényes pillanatnyi hőmérséklet, a hegesztő szaktudása (ami pl. a varratrétegek számát vagy készítésük sorrendjét befolyásolhatta), vagy a hiánygazdálkodás korában éppen kézhez kapott elektróda minősége, vagy éppen a hengerelt alapanyag egyenetlensége.

3. A „KETTŐS” TELJES ILLESZTÉS KIALAKÍTÁSA ÉS ENNEK HEGESZTÉSTECHNOLÓGIAI OKAI

Az apci Zagyva-híd medernyílásában I-500/185 mm-es, 18 mm gerincvastagságú, szélső nyílásaiban pedig I-300/150 mm-es (8 mm gerincvastagságú) lejtőstalpú hengerelt gerendák képezték a hossztartókat, míg mindkét Galga-hídban a párhuzamos övű hengerelt hossztartók keresztmetszeti méretei I-350/203 mm (gerincvastagság 8 mm, övvastagság 16 mm).

Valamennyi I-gerenda hosszanti toldásához szükséges teljes illesztést egy mind a gerincre, mind az övekre kiterjedő V- vagy X-tompavarrattal + kétoldali gerinchevederrel + alsó-felső övhevederrel oldották meg. Az övek belső oldalára nem mindig került hevederlemez, s ha volt alul végigmenő erősítő övlemez, akkor azzal pótolni vélték az alsó öv külső oldali övhevederét. Ekkor minden esetben volt belső oldali övheveder. (Lásd: 1. sz. fénykép)



Az 500/185 mm-es hengerelt hossztartó teljes illesztése: merőleges tompavarrat, alul- felül 80-20 mm-es övheveder, kétoldali 10 mm-es gerincheveder, az alsó övön 230-14 mm-es „lyukasacél” erősítő övlemez. A varratok egyenetlen felületűek, de repedésmentesek. (Apc, medernyílás, a 0,75xL-ben levő illesztés az 1. hossztartón)

1. fénykép

A hevederlemezeket a gerinchez, ill. az övekhez folytonos, körbevezetett oldal sarokvarratokkal kapcsolták. Egy ilyen „kettős” illesztést mutat a 2. fénykép.



I-350/203 mm-es hossztartó illesztése tompavarrattal + 2x200-8-as gerinchevederrel és 2x178-8-as övhevederrel.
(Hévízgyörk 1. hossztartó)

2. fénykép

Ne felejtjük el, hogy ezek a ma már kiáltóan szakszerűtlen illesztések 1948-ban, a hegesztéstechnika hőskorában készültek, amit a varratok egyenetlen felülete és a túl nagy varratdudor is jól mutat. Az övek illesztő tompavarrata néhol nem is merőleges, hanem ferde (45°-os) kialakítású, mert azt hitték, hogy a nem egyetlen tartókeresztmetszetbe eső varrat kevésbé gyengíti az illesztést. A legnagyobb baj azonban az volt, hogy korhű tudatlanságukban nagyszilárdságú, nem hegeszthető acélanyagot hegesztettek, melynek hatására a tompavarratokban zsugorodási hajszálrepedések keletkeztek. A repedés keletkezését alapvetően a hegeszthetőség szempontjából gyalázatosan rossz anyagminőség határozta meg. Így nem csoda, hogy a saját („magyar”) lágyacél alapanyagból készült hevederlemezeket kapcsoló oldal sarokvarratokban a MÁVAG nem talált repedést, hiszen a varratoknak csak egyik felülete érintkezett a nagyszilárdságú alapanyaggal, és itt a hegesztési sorrend is kisebb fontosságú, kevesebbet ronthat, mint egy vastag övet illesztő tompavarrat

készítése során. A hegesztett illesztések – feltehetően – szabadban (tehát nem műhelyben), a helyszínen készültek. Az I-gerendák forgatása valószínűsíthető.

Mivel abban a korban a tompavarratokban nem bíztak meg teljesen (erre mutatnak a 45°-os, ma már megmosolyogtató övillesztések is), a hevederlemezekkel egy második (pót) illesztést kívántak megvalósítani.

4. KORÁBBI ELLENŐRZŐ STATIKAI SZÁMÍTÁSOK

Az UVATERV 1958-ban végzett ellenőrző statikai számítása a tompavarratokat – a repedések miatt – csak csökkentett mértékben vette figyelembe, viszont teljes mértékben beszámította a hevederlemezeket, de ezeket is, meg az I-tartókat is lágyacélként, mert sejtelmük sem volt a hossztartók nagyszilárdságú voltáról. Pedig a rossz hegeszthetőségük okán gyanakodhattak volna, így a meglepetés nem minket érintett volna először. Az UVATERV erőtani számítása a 15 t-ás és a 20 t-ás C geometriájú járműterhekre mind a három hídban jelentős feszültségtúllépéseket mutatott ki. Konkrét intézkedéseket nem javasolt, így a híd kezelője a nyilvántartott teherbíráson nem változtatott, vagyis a feszültségtúllépéseket nagyvonalúan tudomásul vette.

Az ellenőrző számítások következetesen a tompavarratokat vagy egyáltalán nem számolták be, vagy csak részlegesen, bizonyos %-ban. Fáradásvizsgálat szóba sem került.

5. VARRATVIZSGÁLATOK

5.1. AZ ANYAG VEGYVIZSGÁLATÁNAK MELLŐZÉSE

Mindenfajta varratvizsgálatot az acél alapanyag vegyvizsgálatának kellett volna megelőznie, melyet a tartók kevésbé igénybe vett részeiből kivágott acéldarabokon lehetett volna elvégezni. Ezt azonban tudatosan mellőztük, mert a szilárdságvizsgálat alapján bizonyosra vehető volt, hogy az acélanyag a nagy C-tartalma és egyéb szennyezőanyag (S, P) tartalma miatt nemhogy a nem hegeszthető, hanem - ha létezne ilyen - a „garantáltan nem hegeszthető” kategóriába lenne sorolható. Ezt hídszakértői felelősségünk alapján csak azért tehettük meg, mert az e-UT 08.01.61 UME által elismert „használati tapasztalatok” figyelembevételével állítható, hogy a hossztartók acélszerkezete 66 év baj nélküli üzemeltetési tapasztalata alapján, a „dupla illesztésnek” köszönhetően gyakorlatilag valamelyest mégiscsak hegeszthető. Pusztán a vegyvizsgálat számszerű eredménye alapján a hidat megtarthatatlannak, lebontandónak kellene minősíteni.

5.2. AZ ILLESZTÉSEK KIALAKÍTÁSA

Az illesztések elsődleges eleme a tompavarrat. Ez a nagy vastagságú öveken bizonyára két oldalról készített többrétegű X-varrat, a kevésbé vastag gerinceken esetleg V-varrat. Valószínűsíthető, hogy a varratok vályúhelyzetben készültek, kihasználva az I-tartók könnyű forgatásának lehetőségét. A salak- és

légzárványok eltávolításával, gyökutánvéssel feltehetően nem törődtek. Beolvadási hiányok sok helyen láthatók.

A hevederlemezeket kétoldali folytonos oldal sarokvarrattal az övekhez, ill. a gerincekhez, a hatszögletű hevedereken, a homlokoldalon, ferdén körbevezetve kapcsolták. A nagy gyökméretű sarokvarratok is több rétegben, vízszintes helyzetbe forgatva készültek. Felületük kevésbé egyenetlen, mint a tompavarraté.

A tompavarratok és az oldal sarokvarratok keresztezési pontjaiban a varrathalmozódás a fáradás szempontjából kedvezőtlen többtengelyű, térbeli feszültségállapotot hoz létre, ami drasztikusan csökkenti a fáradási szilárdságot.

5.3. A VARRAT REPEDÉSVIZSGÁLAT VÉGREHAJTÁSA

A repedésvizsgálatot a varratfelület és a közrefogó alapanyagsáv megtisztítása előzte meg a szennyeződéstől, a mázolás föllazult szemcséitől és az esetleges oxidoktól, drótkéfével, gyökérkéfével, portalanító ecsettel.

Először szabad szemmel, majd nagyítóval minden varrat összes szakaszát végigvizsgáltuk. Figyelmünk csak a festékrétegen áthatoló esetleges tompa-, ill. sarokvarratrepedésekre irányult, de figyeltük a tompavarratban kialakult, később meg nem nyíló, a védőmáz által lefedett repedéseket is.

Ha kétes, gyanús helyeket találtunk, ott penetrációs varratvizsgálatot is végeztünk: az illesztés minden varratát bekentük a Pfinder 890 Aerosol jelzőfolyadékkal, amely száradása után a hajszáltrepedésekbe beszívódva jelzi a folytonossági hiányokat, azaz a varratrepedéseket. Ilyen vizsgálatot mutat a 3. fénykép a turai Galga-híd szélső hossztartóján.



Tura: A 6. hossztartó 0,6xL illesztésének varratain a penetrációs vizsgálat sem mutatott ki repedést. A felső öv szélén 2 mm-es korróziós anyagveszteség.

3. fénykép

Nagy megnyugtatósunkra szolgált, hogy a végrehajtott vizsgálati módszerek egyikével sem találtunk a festékrétegen áthatoló repedést, egyik tárgyalt hídon sem. Nem jelentkeztek a MÁVAG röntgenvizsgálatában feltárt tompavarrat repedések sem, mert ezek a hevederek fölhegesztése után a hasznos teher alatt sem növelik tágasságukat oly mértékben, hogy azt a festékréteg ne tudná áthidalni. Megállapítható volt az is, hogy a tompavarratokban rejtve meglevő repedések sem a hevedereket kapcsoló sarokvarratokba, sem a hevederlemezekbe nem hatoltak be.

A repedéskeresés „nullás” eredménye tette lehetővé, hogy a használati tapasztalatok figyelembevételével a híd gyakorlati üzemeltetési kívánalmainak megfelelő, a statikai számítással is alátámasztható üzemi teherbírást tudtunk meghatározni.

6. A KORRÓZIÓS KÁROSODÁSOK

6.1. AZ ACÉLTARTÓKON

Az eredetileg szigetetlen vasbeton pályalemezek és a primitív vízelvezetési rendszerek következtében mindhárom híd acél hossztartóin (főleg a kiemelt szegélyek alatti szélső hossztartókon) jelentős mértékű korróziós károsodások (tényleges keresztmetszeti acélanyag-hiányok) keletkeztek.

Az acélkorrózió az apci Zagyva-hídon még viszonylag mérsékeltnek mondható: a hossz- és kereszttartókon, továbbá a bekötő szögacélokon általában csak itt-ott, pontszerűen, kis mértékben jelenik meg, így a teherbírást nem csökkenti. A hossztartóknak a lezáratlan dilatációs hézagok alatti végein és a sarulemezekben már durva mértékű (Lásd: 4. fénykép).



8 mm vastag oxidréteg a hossztartó alsó övének szélén, a mozgásképtelen, összerozsdásodott csúszólemez saru fölött.
(Apci 2-3 nyílás, 1. hossztartó, 2. pillér)

4. fénykép

Szerencsére a hossztartók itt hajlításra nincsenek kihasználva. A sarulemezek mozgásképtelensége a kéttámaszú tartó erőjátékát zavarja, a térdfalak közé befeszülő hossztartó többlet nyomóerő-igénybevételt kap. Az acélszerkezet mázolója – hála az eredeti miniumos alaplátnak – tűrhető állapotban van.

A Galga-hidakon az acéltartók korróziós állapota sokkal rosszabb. A hévízgyörki Galga-hídon a csapnivaló vízelvezetés megengedte, hogy a szél a víznyelőlől kifolyó vizet a szélső hossztartók alsó övére

verhesse. Eredmény: az alsó öv mindkét szélén 0,5-1 mm, alsó felületén 1 mm mély korróziós bemaródás. A felső öv a pályalemezen keresztül is ázik: nyílásközépen az öv belső szélén 2,5 mm, külső oldalán 2 mm széles korróziós anyagihiány. Az 5. fénykép a kereszttartó felső övének szélén keletkezett 1,5 mm mély bemaródást mutatja és a gerinceken mutatkozó sajátos, pontszerű korróziót, továbbá a bekötő szögacél korrodálódó oldal sarokvarratát.



A hídközépi víznyelő közelében, a 6. hossztartó felső övének belső szélén a korróziós anyagihiány 2 mm. A pályalemez itt erősen átázik, s a szegélyborda acélbetétei elvesztették keresztmetszetük felét. (Hévízgyörk)

5. fénykép

A mázolás felújításának elmaradása nagyban hozzájárult a szelvényeken bekövetkezett korróziós keresztmetszet-csökkenéshez.

A hévízgyörkivel azonos szerkezetű turai Galga-híd korróziós állapota példátlanul rossz. A nyílásközépi víznyelő alatt a maximális korróziós anyagihiány a hossztartó felső övének belső szélén 4, külső szélén 2 mm, az alsó öv mindkét szélén 1-1 mm. (Lásd: 6. fénykép)



A vasbeton szegélyborda víznyelő által áztatott szakasza 2-3 cm mélyen kifagyott, vasalása korrodálódott. A középben látható kengyel megmaradt átmérője 1 mm. A 6. hossztartó felső övének szélén a maximális 3-3,5 mm mély korróziós anyagvesztesség. (Tura: 0,5xL, kifolyási oldal)

6. fénykép

A 7. fénykép mutatja, hogy itt az alsó övek alsó felületén is fellépett 1-1,5 mm mély korrózió, de a keresztartó gerincének mindkét oldalán is előállt 1,5 mm mély korróziós anyaghiány. A híd legalább 30 éve nem látott mázolt.



A keresztartó alsó övén egymásba érő, 1,5 mm mély korróziós kráterek; gerincén 1,5 mm anyagvesztés. (Tura: Bekötés a 6. hosszartóba, a jobb part felől.)

7. fénykép

A szelvények ilyen mértékű gyengítését az erőtani számításban már figyelembe kellett venni.

6.2. A VASBETON SZERKEZETI ELEMÉKEN

Az eredeti bitumenes csupaszlemez szigetelés-hordozójának elkorhadása miatt a Galga-hidakon a vasbeton pályalemez totálisan átázik. A tartósan nedves állapot a pályalemez alsó vashálójának egyes betéteit teljes keresztmetszetükben elkorrodálta. (Lásd: 8. fénykép.)



Hévízgyörk: A pályalemez és a szegélyborda 8 mm-es acélbetéteinek nagyfokú korróziója.

Egyes hosszvasak keresztmetszete 0-ra csökkent.

Az 1. hossztartó felső övének szélén 1-1,5 mm anyaghiány. (0,65xL)

8. fénykép

Ilyen helyeken váratlan keréksúly túlterhelés esetén a pályalemez átlukadhat. A vasbeton szegélyborda belülről, a hídpálya felől, a kiemelt szegély homlokfelületén keresztül rendszeresen ázik. A borda alsó hosszbetétén, kengyelein és fölhegesztett kampós horgonyvasain a korrózió körös-körül akár 2 mm mély. (Lásd: 9. fénykép.)



Tura: A szegélyborda fészkes részén az átázás intenzívebb, így az acélbetétekben 2x2 mm, a felső öv belső szélén 2,5 mm mély korróziós bemaródás. (1. hossztartó; 0,45xL, belső oldal)

9. fénykép

Ez már kihat a hossztartóval együttműködő szegélyborda teherbírására is.

Az apci Zagya-híd eredetileg kopóbetonnal, szigetelés nélkül épült, később azonban kapott kétrétegű lemezszigetelést. Ezért ezen a hídon az átázás okozta acélbetét-korrózió csak jóval kisebb mértékű, s lényegében a bal parti nyílás egyes pályalemez-mezőire szorítkozik. (Lásd: 10. fénykép.)



0,1-0,2 mm tágasságú keresztirányú
hajszálrepedések a 20 cm vastag egy irányban
teherhordó vasbeton pályalemez alsó felületén.
Enyhe átázás. (3-4 nyílás, 1.-2. hossztartóköz/2.-3.
bordaköz)

10. fénykép

Probléma viszont a keresztirányú hajszálrepedések sorozata, ami nyilvánvalóan a hosszvasalás elégtelenségére mutat.

6.3. FÜGGŐLEGES REPEDÉSEK A VASALTBETON PILLÉRFALBAN

Mindkét apci parti pillér 60 cm vastag, gyengén vasalt falában a hídtengely közelében függőleges átmenő repedések keletkeztek. Ennek okát abban feltételeztük, hogy a pillér szélső (a kiemelt szegélysáv alatti) rövid facölöpjei az önsúlyból jóval nagyobb terhelést kaptak, mint a hídtengelyhez közelebb levők. Az ebből származó süllyedéskülönbségek a pillérfalban – mint faltartóban – vízszintes húzóerőket ébresztettek, melyek az elégtelen vízszintes vasalás miatt a repedéseket okozták. A pillér-faltartók teherbírási biztonságát a szélső cölöpök önsúlyból származó nagyobb süllyedéséből eredő hajlítási túlterhelésre történő ellenőrzésével mutattuk ki.

7. AZ ÖSZVÉRTARTÓK MARADÓ LEHAJLÁSA

A vasbeton pályalemez a ma is fellelhető, a felső övre fölhegesztett erős kampózás következtében a hossztartókkal együtt dolgozik. Ezért a hossztartók mérhető, jelentős maradó lehajlásának az acéltartó maradó lehajlása csak egy része, ami legtöbbször nyilvánvaló építéstechnológiai hibákra (aláállványozási hiányosságokra) vezethető vissza, s lényegében a pályalemez friss beton önsúlyából keletkezett. Egy másik része azonban már az öszvértartó maradó lehajlása, amelyben a pályalemez betonjának zsugorodása és kúszása a meghatározó terhelő mozgás, s amelyben már benne van a pályaburkolat és a kiemelt szegélyszáv önsúlyának hatása is.

Az apci Zagyva-híd mindhárom nyílásában nagy az alulról történő színtezéssel pontosan mérhető maradó lehajlás. A 16,50 m támaszközü medernyílásban nyílásközépen pl. az egyes hossztartók alatt 59, 46, 33 és 38 mm. A 14,37 m támaszközü Galga-hidakon ugyanezek: Hévízgyörk 28, 19, 28, 22, 15 és 17 mm; Tura 5, 2, 2, 2 és 9 mm. A másodszorra épült turai hídon már nyilvánvalóan figyelembe vették az I-tartó nyílásközép aláállványozása elmaradásából származó hátrányos következményeket.

Az acéltartók valamelyes (akárcsak részlegesen működő) aláállványozását figyelembe véve is, az ilyen jelentős maradó lehajlások az öszvértartó mindkét elemében igen nagy meglevő (bennmaradó) feszültségeket jelentenek, a hossztartók alsó szálában éppen a leginkább kihasznált húzófeszültséget.

Ezért mindhárom híd statikai számításában, az öszvértartó erőjátékát követve ki kellett számítanunk az acéltartóban bennlevő (maradó) feszültségeket, s az üzemi teherbírás „fedezetére” csak a megengedett feszültségig terjedő feszültségintervallumot lehetett számításba venni, ami bizony számottevő korlátozást jelent.

Az ilyen mértékű maradó lehajlást a szakértő már szabad szemmel is tudja érzékelni. (Lásd: 11. fénykép.)



A 6. hossztartóban mért 9 mm maradó lehajlást már szemmel is lehet érzékelni. Látható, hogy az I-tartó felső övének jelentős korróziós károsodása a víznyelők alatti szakaszra koncentrálódik. Varratvizsgálat támasztólétrával
(Tura, kifolyási oldal)

11. fénykép

8. A HOSSZTARTÓK KARDOSSÁGA

A hengerelt acél I-tartókban a hegesztési sajátfeszültségek egyenlőtlen elosztásából kifolyólag is maradhat vízszintes síkú görbület. A 2-3 darabból hegesztett illesztésekkel toldott hossztartóban minden egyes illesztési hely koncentrált vízszintes iránytörést visz a tartótengelybe, amely döntő mértékben származhat a hegesztés okozta vetemedésekből, amit könnyen okozhat a tartó két oldalán kialakítandó varratok nem megfelelő készítési sorrendje. Bizonyosra vehető, hogy a hegesztéstechnikai sorrend fontossága, - gondolva a káros vetemedési következményekre -, akkor az adott helyszíni körülmények között, nem tudatosodott. Az I-tartókat gyártás közben forgathatták, így a gerinc egy-egy oldalán levő oldal sarokvarratok egyszerre, de két különböző forgatási ütemben készültek. Ezért a toldott tartók vízszintes síkú kardossága iránytörései nem meglepőek.

A kardosság a függőleges síkú terhelő erők külpontosságát idézi elő, ami csavarónyomatéki igénybevétel-többletet okoz. Ahol a mérhető külpontosság jelentős mértékű volt, ott ezt a statikai számításban figyelembe vettük. Ilyen pl. az apci medernyílás 1. hossztartója, ahol a szabad szemmel is

érzékelhető iránytörés vízszintes húrmagassága 50 mm (lásd: 12. fénykép) és 6. hossztartója, ahol ez 40 mm (lásd: 13. fénykép).



12. fénykép

50 mm vízszintes húrmagasságú iránytörés a kereszttartótól 3,03 m-re levő teljes illesztésnél változó lyukgyönggítésű 230-14 mm alsó erősítő övlemez. A pályalemez 25 cm széles keresztbordái. (2-3 nyílás, 1. hossztartó; 0,68xL illesztés)



13. fénykép

40 mm vízszintes húrmagasságú vízszintes iránytörés a tartótengelyben az Apc 2-3 nyílás 4. hossztartóján a 16,44 m támaszköz 0,72xL teljes illesztésénél, feltehetően a nem szimmetrikus varratzsugorodásból eredő szögtörésből.

A hévízgyörki Galga-híd hossztartóinak kardossága folyásirányban rendre 30, 20, 20, 0, 0 és 15 mm, s néha nem a teljes, hanem a fél tartóhosszon mutatkozik. Ugyanezek a turai Galga-hídon: 15, 25, 5, 15, 0, és 10 mm, itt is, akárcsak a hévízgyörkin, hol folyásirányban, hol ellentétesen mutatnak.

Az ilyen értékű külpontosságokat az erőtanai számítás járulékos csavarónyomatékokkal veszi figyelembe.

9. A TEHERBÍRÁST NÖVELŐ HATÁSOK FIGYELEMBEVÉTELE

Szerencsére vannak az egykori egyszerű statikai számításban figyelembe nem vett kedvező hatások, melyek beszámítása - a későbbi évtizedekben kifinomult méretezési elméletek alapján - teljesen jogos a jelenlegi tényleges teherbírás meghatározásához.

9.1. KEDVEZŐBB KERESZTELOSZTÁS

Ilyen a kereszttartók együttdolgoztató hatásának (a jobb keresztelosztásnak), vagyis a tartórácshatásnak pontosabb figyelembevételre az akkoriban előszeretettel alkalmazott „kéttámaszú átvitel” helyett.

9.2. EGYÜTTDOLGOZTATÓ KAMPÓZÁS

Ilyen – de még jelentősebb – a hossztartók és a keresztartók felső övére fölhegesztett betonacél kampók együttdolgoztató hatásának figyelembevétele. Ezeknek meglétét más hidakon már korábban is mertük feltételezni, ha a helyszíni vizsgálat nem mutatott elcsúszási nyomokat az acéltartó felső öve és a vasbeton pályalemez vagy annak kiékelése között. A kampózás és ennek beszámítása a Sávoly Pál tervezőirodájából fennmaradt 1947. évi mintaszámítás alapján volt feltételelezhető.

Az apci Zagya-híd eredeti terveiből fennmaradt rajzok Ø 20 mm –es betonacélokból kialakított sűrű kampózást mutatnak, a Galga-hidakon pedig az acélbetétek (s köztük a kampók) korróziója által ledobott betonfedés fedi fel az erőteljes kampózást. Így mindhárom hídon az öszvértartók erőjátékának korszerű elmélete alapján az együttdolgozás az üzemi teherbírás meghatározásához figyelembe volt vehető.

9.3. NAGYSZILÁRDSÁGÚ ALAPANYAG

Mindennél nagyobb mértékű teherbírás-növekedés köszönhető az I-tartók anyaga nagyobb szilárdságának. Ez a húzásra megengedett feszültség kb. 29%-os növekedését jelenti a lágyacéléhoz képest. Közismert, hogy ez a szilárdságnövekedés a többmilliószoros teherismétlődés esetén érvényes fáradási szilárdságban már nem következik be. Így tehát az alapanyag nagyszilárdságú volta a fáradási teherbírást nem befolyásolja.

10. A FÁRADÁSI TEHERBÍRÁS MEGHATÁROZÁSA

A fáradási teherbírást az Eurocode 3-al harmonizált e-UT 07.01.13:2011 Útügyi Műszaki Előírás alapján határoztuk meg.

Ehhez a fáradási osztályt a hossztartóillesztésekben meglevő varrathalmazódás miatt az ÚME 6.3. táblázatában szereplő legalacsonyabb értékkel $\Delta\sigma_c = 36 \text{ N/mm}^2$ -el vettük fel, ami a legkedvezőtlenebb kötésekre alkalmazandó. A feszültségek szélső értékeit az FLM 3 fárasztó teherből (150 kN összsúlyú, üzemi tehergépkocsi) számítottuk; kiszámoltuk a feszültségflingéseket, meghatároztuk a káregyenértékűségű tényezőt 50 éves tervezési élettartamra, a káregyenértékű feszültségflingést, a parciális biztonsági tényezőket, a 2 millió ismétlési számhoz tartozó káregyenértékű feszültségflingést, s végül a kihasználtságot. Ez mindhárom híd esetében $< 1,00$ volt, tehát a hegesztett toldás (tompavarrat + hevederlemez-es illesztés) fáradásvizsgálatra megfelelt.

11. A TEHERBÍRÁS ÉS AZ ÜZEMI TEHERBÍRÁS MEGHATÁROZÁSA

11.1. TEHERBÍRÁS

A teherbírás meghatározása – ha figyelembe vesszük az észlelt tényleges károsodásokat és kedvezőtlen alakváltozásokat (maradó lehajlás, kardosság) az erőtani számításra, a közúti acélhidakra, vasbetonhidakra és öszvérhidakra vonatkozó Útügyi Műszaki Előírások alapján egyértelmű.

Az apci Zagyva-hídra fontos követelménynek tartottuk a „20 t súlykorlátozás” közúti jelzőtáblával megoldható C osztályú teherbírás kimutatását. Ez azonban kizárólag a nagyszilárdságú acélanyagnak volt köszönhető, de ugyanez elmondható a Galga-hidakra is. Az A-50-es acélanyag szakítószilárdsága mintegy 29%-kal nagyobb, mint az A 38-as kategóriájúé. Ez nagy vonalakban ugyanilyen arányú teherbírás-növekedést jelent.

11.2. ÜZEMI TEHERBÍRÁS

Az üzemi teherbírást mind a három hídra a 16/993 jelű üzemi teherre tudtuk kimutatni, ami pontosan megegyezik az ÚT 2-3. 412/2004 módosításában adott 16/2006 jelű, 16 t-s, kéttengelyű tehergépkocsi teherrel.

Az üzemi teherbírás ezen értéke mellett a híd előtt és után a KRESZ szerinti „15 t súlykorlátozás” jelzőtáblát kell kihelyezni.

A teherbírást és az üzemi teherbírást, továbbá a fáradásvizsgálatot az Axis VM 13 R1f végeselemes program használatával határoztuk meg, ill. végeztük el.

12. ÖSSZEFOGLALÁS

A gondos hídvizsgálat során összegyűjtött kedvező irányú használati tapasztalatoknak és a meglepő módon nagyszilárdságúnak bizonyult hossztartó-acélanyagnak köszönhető, hogy a szóban forgó bekötőút szerepű összekötő úton, ill. vasútállomáshoz vezető utakon levő hidak teherbírását csak elfogadható mértékben kellett csökkenteni: teherbírás C osztályú, üzemi teherbírás 16/993 jelű. Tanulságos megjegyezni, hogy lágyacél hossztartókkal csak 15 t-s teherbírás és 12/993 jelű üzemi teherbírás lenne elérhető. Kétségtelen, hogy a teherbírás-meghatározást kizárólag hagyományos (analitikus) erőtani számításokon alapuló módszer lehetőségeit a használati tapasztalatok jelentős megállapításai erősen behatárolják.

Az acéltartók szilárdságvizsgálatának eredménye azért kimondottan meglepő, mert a nagyszilárdságú acél hegesztése egyértelmű gyakorlati paradoxon. Így a hegesztve toldott hossztartókkal épített hídszerkezetekben csak azért nem léptek föl fáradási repedések, mert a „kettős illesztés” (tompavarrat + hevederlemezek) fölös biztonságot jelentenek, és mert a tompavarratokban meglevő repedések nem terjedtek

tovább az oldal sarokvarratokra, s a hevederlemezekre. A hidak élettartamának hátra levő szakaszán a teherismétlődési szám (a feszültséglengések száma) növekedésével a repedésképződés veszélye nő.

Ezért a hasonló szerkezetű hidak fokozott figyelmet, felügyeletet követelnek meg.

Köszönjük megtisztelő figyelmüket!