

Hídszerkezetek károsodása az alépitmény stabilitásának függvényében

Dr. Mihalik András

Nagyvárad egyetem

A szerző a tanulmányában gyakorlati példákra támaszkodva bemutatja azokat a sokszor katasztrófális következményeket, amelyeket az alapépitmény nem megfelelő tervezése és kivitelezése okoz, levonva a tervező mérnökök számára a megfelelő következményeket. A bemutatott károsodások kiemelik a karbantartás és a folytonos megfigyelés fontosságát is.

„A tapasztalat lassan tanít, hibáinknak az árán.”

Frood

1. Bevezetés

Az építés az egyik legrégebb emberi tevékenység. Fejlődése, technológiája és méretezési módszereinek kialakulása, mindig sokat köszönhető az épitmények viselkedésének megfigyeléséből fakadó ismereteknek. Ezek a megfigyelések alkalmasak az elméleti úton levezetett tételek igazolására és ellenőrzésére, ugyanakkor arra is, hogy figyelmünket azokra a problémákra irányítsa, amelyek gyakorlati vonatkozásban meghatározó jelentőségűek.

Babilónia nagy királya, Hammurabi már időszámításunk előtt mintegy 2200 évvel szükségesnek látta, hogy az építés megfelelő minőségét, rendkívül szigorú törvényekkel biztosítsa. A régészeti feltárások is bizonyítják, hogy egy-egy épitmény összeomlása nem ment ritkaságszámba, ehhez hasonló intézkedésekre valóban szükség volt. Ugyanakkor bizonyosra vehetjük, hogy a katasztrófális károkból levonják a tanulságokat is, hiszen a szerkezeti megoldások az évszázadok során egyre merészebbek és biztonságosabbak lettek.

A XIX. században, épitőmérnöki vonalon is megindul a kész épitmények rendszeres megfigyelése, a károsodások szakszerű elemzése. Az adatok számának fokozatos növekedése lassan lehetővé teszi a tapasztalatok átfogó értékelését, amit számos kiadvány és szakkönyv (Hammond 1956, Champion 1962, Mall 1963, S. M. Johnson 1965, Feld 1968) tesz közzé.

Romániában az épitmények megfigyelésének, viselkedésének az intézményesítése 1964-ben kezdődik az I. N. C. E. R. C. (Központi Kutatóintézet) kezdeményezésére, amikor is egy országos előírásnak a tervezetét közlik, minden létező épitményre.

1976-ban egy Nagyváradon rendezett „Épitmények viselkedése in situ” országos találkozó eredményeképpen, 1977-ben megjelenik az első hivatalos előírás, amely tükrözi a 8/1977 törvény épitményekre érvényes előírásait.

A rendszer 10 éves tapasztalatai alapján, 1988-ban jelenik meg az egységes, országos előírás, mint P130/1988.

Jelenleg a 2/1994 Kormányhatározat, valamint a 10/1995 törvény határozza meg ezen a téren, a fent említett tevékenységet.

2. Rácsos fémszerkezeti, városi híd pillérének az alámosása

A Sebes-Körös két partját összekötő híd 1913-ban épült Nagyváradon. Ez a híd nagyon sok hasonlóságot mutatott a budapesti Ferenc József híddal.

A 74 m hosszú, 3 nyílású (21,20 + 31,60 + 21,20) fémszerkezeti, rácsos híd, 9 m-es közlekedési útszélességgel, 2 m-es konzolos járdákkal és egy 1435 mm villamos vágánnyal rendelkezett.

A károsodás, forgalom alatt, 1981 márciusában következett be, amikor is a Sebes-Körösön egy nagyvizekre jellemző árhullám volt levonulóban.

A híd jobb parti pillére az alámosások következtében, a folyásirány felőli oldalon valósággal a „levegőben” maradt, mint egy konzol, majd a saját súlyától és a forgalomból adódó terhelés hatására, a pillér egész magasságában megrepedt, elvesztette stabilitását, és elfordulva oldalra dőlt.



1. ábra

Az alakváltoztatást szenvedett rácsos fémszerkezeti híd

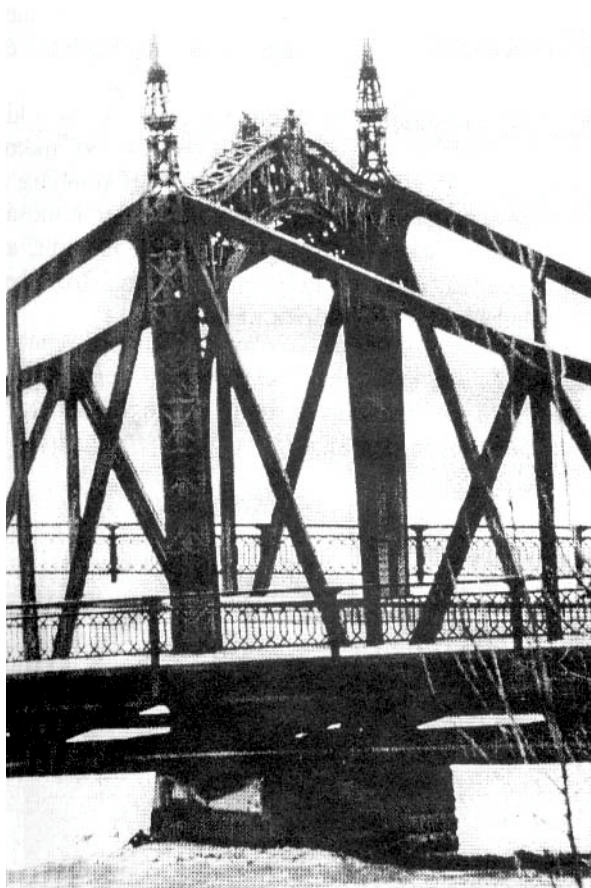
A beton-alapozású sík alatti sárga agyagtalajból, a helyi kimosásnak, a tölcser mélysége több mint 50 cm volt.

A katasztrófa következtében több mint két évig szünetelt a forgalom, amíg föl nem épült az új utófesztített vasbeton hídszerkezet.



2. ábra

Az alakváltoztatást szenvedett hídszerkezet



3. ábra

A híd pillére a stabilitás elvesztése után

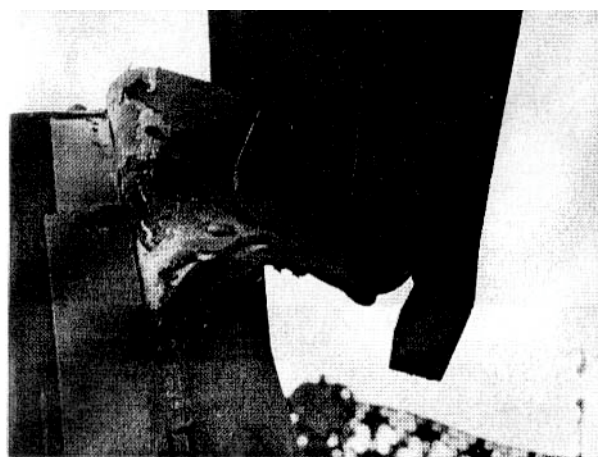
3. Tanulságok, levont következtetések

A vízfolyások hidrológiája-hidraulikája egy komplex jelenség, változó paraméterekkel a műtárgyak tengelyében, valamint a szabadfolyás keresztmetszetében. A fentiekből kötelezően adódik a mederfenék keresztmetszetének méréssel történő ellenőrzése a híd tengelyében.

A periodikus mérések összehasonlításából megállapíthatók az alakváltozások irányai és nagyságai, a helyi kimosások értékére vonatkozóan. A pilléreknél ez annál is inkább szükséges lett volna, mivel az alapozás abszolút magassági pontja a 114,78, a mederfenék 116,05 magassági pontjához viszonyítva egy felületes tervezési alapozásra utal. A híd műszaki életrajza hiányában nem lehet tudni, hogy nézett ki a mederfenék keresztmetszete 1913-ban, az átadásnál, és mit mértek utána (ha egyáltalán mértek!). Az első világháború, a háromszoros rezsimváltozás biztosan rányomta bélyegét ezekre a technikai kérdésekre is.

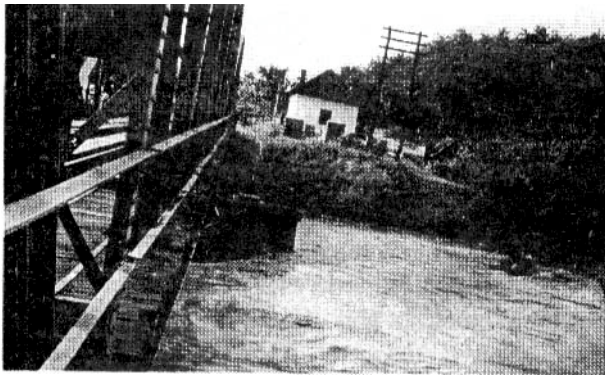
Mivel a helyi, lokális kimosások az áramlás szerkezeti változásaiból adódnak (a víztömeg és a pillér hegy felőli oldalának érintkezéséből), tehát áramlási paraméterekből állapítható meg kimosás nagysága. A helyi kimosásokat mindig függetlenül kell megállapítani a medermosás általános nagyságától.

A víztömeg nekiütközve a pillérnek a hegy felőli oldalon, egy vertikálisan változó V_0 közepességgel, a folyadék mozgási energiája átalakul nyomási energiává. Mivel a frontális találkozás nyomásvesztéssel jár, a pillér mellett tovaflowó áramláshoz viszonyítva, a nyomási energia visszaalakul mozgási energiává a keresztmetszeti áramlásban.



4. ábra

A nagy húzó-igénybevételek következtében a fém-szerkezet egyes elemei meghaladták a fém folyási határát, és így deformálódtak a csomópont tönkremenetelei



5. ábra.

A víztömeg nekiütközve a pillérnek egy vasúti hídnál. Az áramlás hidraulikáját klasszikusan szemlélteti az ábra.



6. ábra.

A pillér hidraulikája. A víznyomás átalakulása mozgási energiává a pillér alamosását eredményezi.

Ez az áramlás a pillér két hosszanti oldalán, felületén, a mederfenék irányába orientálódik. Az így orientált áramlás nekiütődve a mederfenéknek magával ragadja a talaj részecskéit. Ennek a keresztmetszeti áramlásnak a következtében (lásd az

ábrákat) megjelenik egy sajátságos tölcsér, ami jellemzi a helyi kimosásokat.

A tölcsér növekedésének függvényében a kimosás értéke csökkenő tendenciát mutat, majd teljesen megszűnik, amikor is az áramlás energiája képtelen szállítani a talajrészecskéket.

A kimosás mértéke, mélysége, tehát összefüggésben van a talajszemcsék nagyságával $f(d)$. Minél durvább a talaj, annál hamarabb szűnik meg a helyi kimosás. A kimosás maximális értékének, a katasztrófa utáni megállapítása a következő képlettel történik:

$$h_a = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot V_0^2 - 30d \quad (1)$$

ahol:

h_a = a helyi kimosás maximális értéke

K_1 = egy táblázati együttható, függ a pillér alakjától

K_2 = egy táblázati együttható, a pillér szélességének és a V_0 függvényében

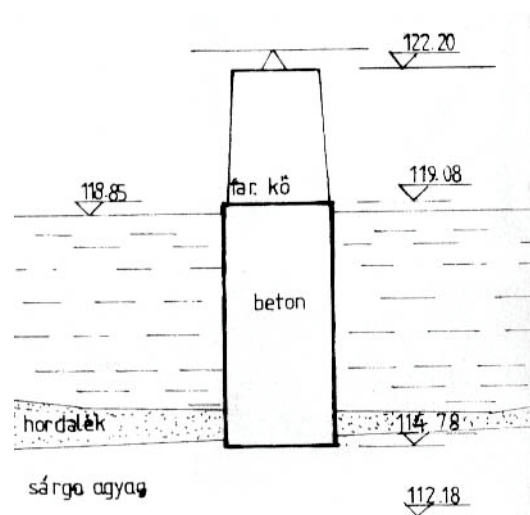
K_3 = egy táblázati együttható az áramlás mélységének a függvényében

V_0 = a középsebesség az áramlás magasságában m/s

d = a talajszemcsék átmérője a kimosás zónájában

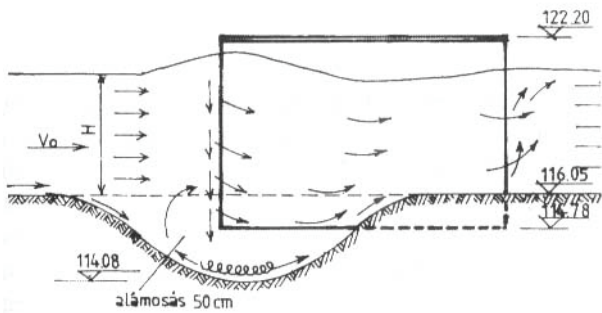
A fenti képlet (1) a mederben lejátszódó mechanizmusokra támaszkodik, a megfigyelések és kísérletek alapján.

A fenti képlettel ellenőrzött, maximális kimosás (a katasztrófa okozója) $h_a = 1,40$ m, akkor amikor az alapozás abszolút magassági pontjáig a talaj vastagsága csak kb. 1 m volt. Így a kimosás tölcsérének a mélysége meghaladta az 50 cm-t, az alapozás alatt. Ebben a helyzetben a katasztrófa bekövetkezése nyilvánvalónak mutatkozik.



7. ábra.

A pillér befogásának keresztmetszete – feltüntetve a talajrétegződést is.



8. ábra.

*Az alámosás mechanizmusa a tárgyalt pilléernél.
A konzol a katasztrófa pillanatában.*

A helyi kimosás maximális értékét (a számításából is következik) az áramlás energiájának a nagyságát, aktivitását egyszerű kötömbök bedobásával is meg lehetett volna akadályozni, a pillér hegy felőli oldalán. Utólagosan pedig, az árhullám levonulása után, szádfalazással a végleges megerősítés is megtörténhetett volna. Sajnos a helyi illetékesek nem tettek semmit ennek érdekében, és Nagyvárad elvesztette egyedüli, műemléknek is beillő fém szerkezetes rácsos közúti hidját, csorbítva ezáltal a város építészeti értékét.

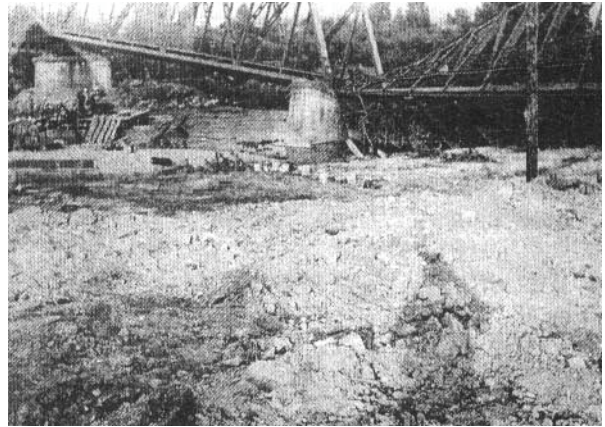
4. Fém szerkezetű, vasúti híd pillérének alámosása

A nagyvárad városi híd katasztrófája után 1985-ben a Nagyvárad-Vaskoh vonalon, Belényes állomás közelében a Fekete Köröst áthidaló vasúti híd katasztrófája következett be, szintén forgalom alatt, és szerencsére ez sem követelt emberáldozatokat.

A katasztrófa, valóságos tükörképe a nagyvárad városi híd katasztrófájának, szintén a pillér helyi kimosása jelenik meg, mint tervezési hiba. A különbség talán csak annyi, hogy a vas szerkezet itt a mederbe zuhant, amely a vasúti hidak alépitményének a kar-



9. ábra



10. ábra.

Nagyvárad-Vaskoh vonalon, egy vasúti híd katasztrófája.

csúságára vezethető vissza. Ennek a hídnak is a helyreállítása több mint másfél évet vett igénybe, egy új pillér és egy új hídszerkezet kivitelezése következtében.

5. Egy közúti vasbeton híd katasztrófája

A hidak mederhez viszonyított elhelyezésének és nyílásának a meghatározása történelmi szempontból is egy komplex jelenségre utal.

A XIX. század közepéig (1840-1845) a hidak nyílásának számítása, meghatározása a helyzeti kötődöttségekhez igazolódott, hidrológiai számításokkal nem foglalkoztak. Lehet, hogy léteztek más elképzelések is, de sajnos ezekről nincs tudomásunk.

Ezt a periódust követte egy olyan történelmi szakasz, amikor próbálkoztak a maximális vízhozamok számításával, vízgyűjtő medencék felületeiről, úgy empirikus, mint elméleti alapon.

Az első matematikai képlete a maximális vízhozamnak, empirikusan kifejezve 1857-ben, míg az elméleti képlet 1882-ben jelenik meg.



11. ábra.

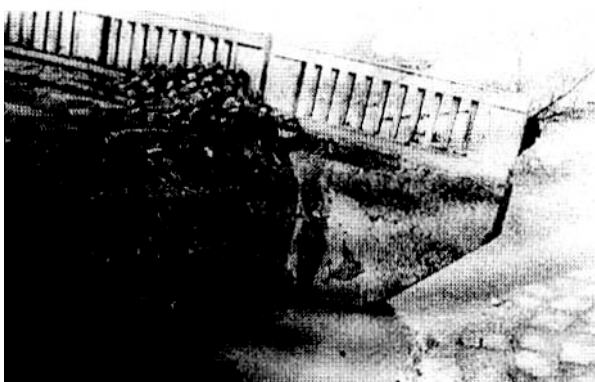
A károsodott híd hegy felőli része. Jól kivehető a csatlakozó töltés, amely egy gátnak a szerepét játszotta a műtárgynál egy árvíz alkalmával.

Jelenleg ismerünk 41 empirikus képletet (az utolsót 1953-ból) és több mint 39 elméleti képletet (az utolsót 1955-ből). Mindezeket a képleteket különböző szerzők és intézetek használati ajánlásaikban szerepeltetik.



12. ábra.
A károsodott híd, az út tengelyében.

Ennek alapján az a véleményünk, hogy a létező elméleti és empirikus képletek a maximális vízhozam számításánál, elég biztonságot jelentenek a hidak és átvezetők nyílásainak meghatározásánál.



13. ábra.
Az alámosott és eldőlt jobboldali hídfő.

A jelenlegi gyakorlat azonban mégis figyelmeztet – több mint 100 év után is – hogy ezeknek az empirikus és elméleti képleteknek a használatánál nem lehet szem elől téveszteni a terepi elhelyezést és vonalvezetést, valamint azokat a megváltozott körülményeket, amelyek a vízgyűjtő medence területén létrejöttek. A vízgyűjtők klimatológiájában és hidrológiájában ellentétes jelenségeket találunk, amelyek pontosan a maximális vízhozam mennyiségében tükröződnek.

Az ábrákon feltüntetett közúti, vasbeton híd katasztrófája is megerősíti a fent elmondottakat.

A Nagyvárad-Belényes útszakasz modernizálása alkalmával, a Hollód patak áthidalásánál, a részletes hosszelvény megváltoztatása maga után vonta a magassági vonalvezetés korrekcióját is. Ennek következtében a töltés csatlakozása az új vasbetonhídhöz (ismert fesztávolság), a vízfolyás árterületének hosszában kb. 250 m távolságon – a régi szubmerszibilis töltéshez viszonyítva – megemelkedett.

Két hónappal a híd átadása után, egy nagy árhullám vonult le a vízgyűjtő medencén, hosszantartó esőzések után. A helyzetet súlyosbította a hirtelen felmelegedés is, február hónap folyamán, amikor is a hegyvidék hótakarója hirtelen olvadásnak indult.

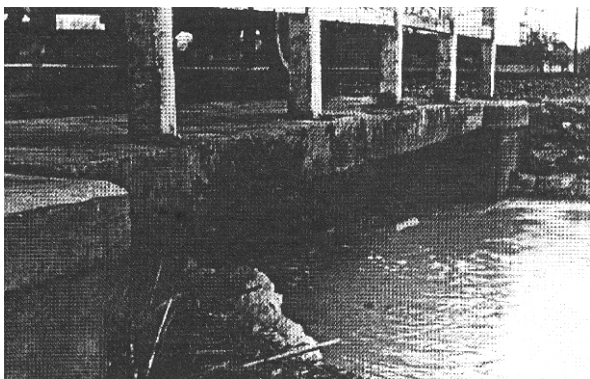
A legyező formájú vízgyűjtő medencéről alázúduló vízhozam, oldalról is a híd felé irányította az áramlást a töltés hosszában, mindamelllett, hogy nagy nyomás nehezedett magukra a töltésekre is. A híd nyílása úgy dolgozott, mint egy nyomás alatt álló vezeték, és egy pár órán belül alámosott és elmozdította a jobboldali hídfőt, amelye eldőlt, majd utána az ár átszakította a hídfő közelében az út töltését is.



14. ábra.
Az átszakított közúti töltés, a hídfő ellenfala közelében.

6. Tanulságok, levont következtetések a közúti vasbeton híd károsodásáról

A híd síkbeli elhelyezése, a völgy irányának a függvényében egy kb. 35°-os szög alatt történt, úgy hogy az áramlás iránya a jobb hídfőre esett. Az így keletkezett örvénylés órák alatt elmosta a jobb hídfőt. Ez szintén egy tervezési hiba, de csak másodlagosan járult hozzá a híd katasztrófájához.



15. ábra.

Egy klasszikus példa: a vasúti hídnek nem megfelelő a nyílása. Az árvíz csak ezután tetőzik, elmosván a vasúti vonalat is.

Az út magassági vonalvezetése hozzájárult, egy hatalmas vízmennyiség felhalmozódásához, amely a meglévő hídnyíláson úgy hatolt át, mint egy nyomás alatt álló vezeték, a híd után több méterre kimosva a medret a töltés átszakadásáig. A tervezés ezt a lehetséges felhalmozódást se vette figyelembe, ugyanis a vonalvezetés sajátos helyzetében az árterületen levonuló vízmennyiséget a híd két oldalán elhelyezett átereszekkel kellett volna biztosítani, a vízhozam arányos eloszlásával. Sajnos erre nem is gondoltak.

A katasztrófa fő okozója a híd nyílásának a megállapítása a vízhozam függvényében. egyszerűen a régi fahíd fesztávolságát vették alapul, figyelmen kívül hagyva az esetleg megváltozott vagy megváltoztatott körülményeket.

A tervezés nem vette megfelelően figyelembe a vízgyűjtő terület által szolgáltatott vízmennyiséget. A vízgyűjtő medencében a klimatológiai, hidrológiai körülmények (felmelegedés, eső-hó kombináció, erdőirtások, bányászati tevékenység, a vízgyűjtő medence legyezőszerű formája, ami a vízhozam gyors felhalmozódásához vezet a műtárgy előtt) megváltozása kizárja azt, hogy felveszük a régi híd fesztávolságát, még akkor is, ha nem nagy műtárgyról van szó. Annál is inkább elítélendő a tervezés, mert a hidrológiai megfigyelés az illető vízfolyás völgyében már 1903-ban létezett.

A meghatározott vízhozam Iskovski, Korbély és Bogdánfy képleteivel, a hídnyílás megduplázását

vonta maga után, és a vízhozam arányos elosztása érdekében két szimmetrikus csőáteresz is megépült, a vízfolyás árterületén.

Máskülönben az árvíz, mint egy jó "műszaki ellenőr" világosan utalt a hídnyílás megduplázásának szükségességére.

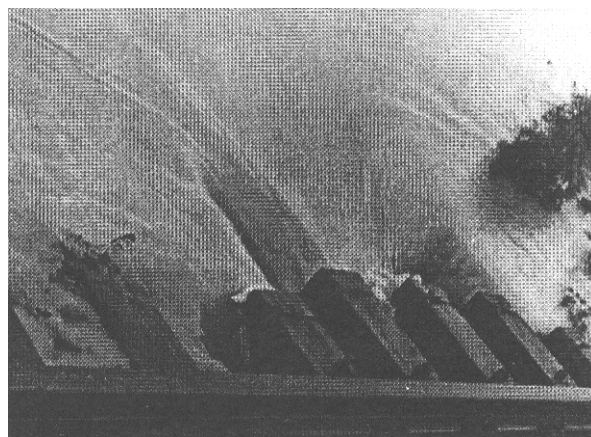
7. Gyakorlati következtetések és hasznosítás

A fenti példákban és megállapításokban hasznos tanulságokat vonhatunk le, az új létesítmények tervezésével, karbantartásával szemben támasztandó követelményeket illetően. Elengedhetetlen követelmény az üzemeltetés alatti építmények viselkedésének a megfigyelése. Minél több károsodással találkozunk ismerkedünk meg a diagnosztikájával, a számszerű katasztrófák, károsodások csökkenő tendenciát fognak mutatni, a megfelelő műszaki területeken.

Az építmények történetében a hidak károsodása, stabilitásuk elvesztése, egyike a legkatasztrófálisabb jelenségeknek. Éppen ezért a károsodások okainak a megállapítása, a tanulságok levonása, a jövő tervezése, a kivitelezés és a karbantartás szempontjából nagyon fontosak és megszívlelendők a mérnökök részéről.

A bemutatott károsodások példái (habár nem nagy műtárgyról van szó, de mennyiségileg uralják a nemzetgazdaságot) különösen kiemelik a karbantartás fontosságát, amelyek az építmények viselkedésének megfigyeléséből adódnak.

A bemutatott hidak több mint 50-70 évig megfeleltek az üzemeltetés alatti követelményeknek és csak a nem megfelelő karbantartás hiánya, az üzemeltetés alatti viselkedés megfigyelésének az elhanyagolása vezetett a katasztrófa következményeihez, szerencsére emberi áldozatok nélkül.



16. ábra.

A pályatest elmosása, a nem megfelelő hídnyílás következtében.

A pillérek folyammederbeli megerősítése, időben történő kivitelezése, a megfelelő megfigyelések alapján, biztosan kiküszöbölhette volna a hatalmas anyagi károkat, nem is beszélve a forgalom megszakításának a hátrányairól. egy város vérkeringésében, vagy lakótelepek normális működésének befolyásolásában.

Találón jegyezte meg, több mint 130 éve Robert Stephenson, akkor, mint egy mérnöki intézet elnöke:

„Fiatal mérnökök részére nincs nagyobb tanulság, mint megismerkedni az építmények katasztrófáinak a leírásával, az okok kiküszöbölésével. Sokkal többet nyer így a mérnök, mintha megismerkedne egy jól sikerült nagy építmény leírásával.”

Szakirodalom:

1. Andrejev O. V.: Projektirovania mosztovih perehodov, Autotranszizdat, 1953 Moszkva
2. Lehr H.: Fundații II., Editura Tehnică, București 1957.
3. Szechy K.: Alapozás I.-II., Budapest, 1954.
4. Mihalik A.: Determinarea debitilor de apă la podurile de cale ferată, Revista Căilor Ferate Nr. 6, București 1966.
5. Mihalik A.: Transformarea podețelor de cale ferată în ramblee filtrante, Revista Căilor Ferate Nr. 2, București 1970.
6. Hammond R.: Engineering Structural Failures, London 1956.