



Lublóy Éva, Hlavička Viktor, Czoboly Olivér, Biró András, Cimer Zsolt

HIDAK TŰZESET UTÁN – TAPASZTALATOK ÉS VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Absztrakt

Napjainkig a különböző hatások miatt mindösszesen 1746 híd összeomlását regisztrálták, melyből 1001 hidraulikai (súrlódás, kimosódás) okokra, 520 ütközésre, túlterhelésre, 52 tüzesetre és csak 19 földrengés okozta károsodásra vezethető vissza. A hidak tűzzel szembeni viselkedésére vonatkozóan jelenleg nincs külön kifejlesztett előírás, így a tervező saját belátása szerint dönthet, hogy a tervezés során milyen metodikát alkalmaz. Magyarországon az elmúlt három évben két hidat érintő tüzeset is történt. A szerzők e cikkben a tűzvizsgálat tapasztalatait, valamint a helyreállításra vonatkozó javaslatokat mutatják be.

Kulcsszavak: tűz, hidak, javítás

BRIDGES AFTER THE FIRE – EXPERIENCES AND TESTS METHODS

Abstract

To date, only 1 746 bridges have been reported to collapse due to various effects. Of these accidents, 1 001 are due to hydraulic causes (friction, leaching), 520 collisions or overloads, 52 fires and only 19 times an earthquake caused the damage. Currently, there is no standard specifically developed for the fire behaviour of bridges. Therefore the designer can decide what methodology he wants to use during the design process. Two bridge fires have occurred in Hungary over the past three years. In this paper, the authors present the experiences of the fire investigation and the suggestions for the restoration.

Keywords: fire, bridges, reconstruction



1. BEVEZETÉS

A hídépítés az emberiség történetével egyidőre tehető. Kezdetben a természetes úton kialakult képződményeket használta az emberiség, majd azok megfigyelésével tudatosan kezdte el létrehozni. A beton 18. század második felében való újrafelfedezése után a 19. század elején jelent meg a hídépítésben, kezdetben nagy tömegű alapozásoknál, pilléreknél, de a század közepétől már egész ívhidakat építettek belőle. Bár már kezdetektől kísérleteztek a beton vassal való megerősítésével, a vasbeton feltalálására az 1870-es évekig várni kellett. Az 1880-as években a kavartvasat acél váltotta fel a vasbetonban, és megkezdődhetett a vasbetonszerkezetek máig tartó fejlődése [1].

A hidak a gazdasági fejlődésben komoly szerepet töltenek be, építésük jelentős politikai, társadalmi, gazdasági eseménynek minősül. A hidak élettartama – megfelelő felújításokkal – akár több száz év is lehet. Ugyanakkor napjainkig a különböző hatások miatt mindösszesen 1746 híd összeomlását regisztrálták. Ebből 1001 hidraulikai okok miatt (súrlódás, kimosódás), 520 ütközés vagy túlterhelés miatt, 52 tüzesetből adódó károk miatt és csak 19 híd földrengés okozta károsodás miatt dőlt össze.

A hidak társadalmi, gazdasági, politikai jelentősége miatt lényeges az összeomlás kockázatának minimalizálása, a kialakuláshoz vezető okok gyakoriságának már tervezési fázisban való csökkentése. A tüzesetre, mint egyik lehetséges okra, Naser, Kodur [2] dolgoztak ki tűz kockázatelemzési módszert. A kockázat elemzés alapja a híd kialakítása és a híd fontossága közlekedési szempontból. A módszer segítségével a hidakat kockázati osztályokba lehet sorolni, és ezek alapján alacsony, közepes, magas és kritikus kockázatokat különböztethetünk meg. Az alacsony és a közepes kockázat esetén nem kell kiegészítő tűzvédelem. Viszont a magas, illetve a kritikus kockázati osztályba tartozó szerkezetek esetén kiegészítő tűzvédelemről kell gondoskodni.

A tűzkockázat végrehajtásához elemezni kell a lehetséges tüzek következményeit, meg kell vizsgálni a vasbetonszerkezetben lejátszódó folyamatokat.



2. A TŰZ JELLEGE HIDAK ESETÉN

A tűzterhelés számítására (különösen igaz ez a hidakra) vonatkozóan jelenleg nincs külön kifejlesztett modell. A tervező, ebből adódóan saját belátása szerint dönthet, hogy a tervezés során milyen modellt alkalmaz, amihez azonban szükséges ismerni a tűz jellegét.

A hidakat veszélyeztető tüzek jellemzően gyors és nagyon intenzív lefolyásúak voltak. A tapasztalatok alapján a legtöbb esetben nyílt téri folyadék tűz alakult ki, ahol az esetek többségében az éghető folyadék üzemanyag, jellemzően benzin vagy gázolaj volt. A tűz következményei, a maximális hőmérséklet, valamint a hősugárzás mértéke többek között függ:

- az éghető folyadék anyagi jellemzőitől,
- az éghető folyadék mennyiségétől,
- meteorológiai körülményektől (elsősorban környezeti hőmérséklet és a szél sebessége),
- valamint attól, hogy korlátlan vagy korlátolt felületű tócsa alakul ki.

Számos esetben a hidakat veszélyeztető tüzek jellemzésére sok esetben az alagutaknál már jól ismert hidro-carbon tüzet alkalmazták. [3]

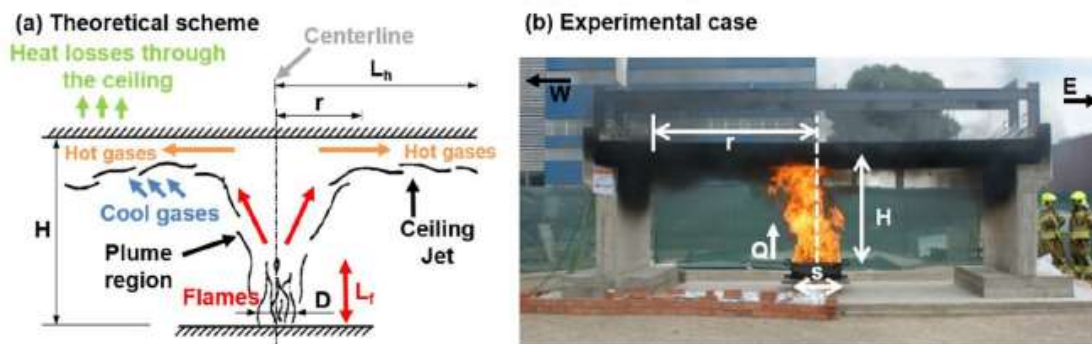
A hidro-carbon tűzgörbe mellett megjelennek más intenzívebb tűzgörbék is, többek között a francia módosított tűzgörbe, a német RABT-ZVT görbe, vagy a holland RWS [4]. Ezeket a tűzgörbéket azonban alagút tüzekre fejlesztették ki, a tapasztalatok alapján a hidak esetében a tűz jellege ettől eltér [4].

A hidakat érő hőhatást Alos-Moya és mtsai [5] vizsgálták. Négy eltérő tűz kísérlet alapján írták fel a végleges tűzmodellt. A tűz tapasztalatuk szerint lokálisan hatott, ezért az úgynevezett lángcsóva modelleket használtak.

Heskestad [6] a lángcsóva modelljében a pontszerű forrás helyett bevezeti a látszólagos pontszerű forrást, mely a tűz keletkezési síkjában már a valódi kiterjedést adja. Bevezeti a konvektív lángteljesítményt. Adott magasságban az állandó hőmérséklet és sebesség profil helyett az adottsíkban Gauss féle normáeloszlást tételezett fel, mely jobban közelíti a valódi csóva hőmérséklet és sebességprofilját. Elhagyta a Boussinesq által használt sűrűségre



vonatkozó egyszerűsítő feltételt. Alos-Moya és mtsai. [5] kimutatták, hogy Heskestad [6] módszer (1. ábra) jól alkalmazható a hidak alatt égő járművek esetén.



1. ábra: A valós teszt alapján a Heskestad módszer adaptálása [5]

3. SAJÁT TŰZESETI TAPASZTALATAINK

3.1. A károk típusa és a tűz jellege

A tűz jellege jellemezhető kibocsájtott hő, illetve hősugárzás függvényében.

Az anyagi károk számításánál két különböző károsodási szintet adható meg [7]:

- **Első károsodási szint:** A hősugárzásnak kitett felületek meggyulladás, majd törések, vagy a szerkezeti elemek más típusú sérülései keletkeznek.

- **Második károsodási szint:** Olyan károsodások, mint bizonyos felszíni anyagok elszíneződése, festék lehámlása és/vagy szerkezeti elemek lényegi deformálódása.

Az 1. táblázat értékeit általános iránymutatásként kell értelmezni, amelyek nem túl rövid sugárzási időtartam esetén állnak fenn, pl. több mint 30 perc. A rövidebb ideig tartó tüzek esetén finomabb megközelítés szükséges, amelyben a szerkezeti elem geometriáját és a sugárzáshoz viszonyított elhelyezkedését is figyelembe kell venni. Ez különösen az acélszerkezeteket érő második szintű károsodás értékelésénél lehet jelentős.

A különböző anyagok kritikus sugárzási intenzitás értékét az 1. táblázatban adjuk meg. Tekintettel, arra, hogy a két vizsgált híd esetén a festékréteg és a beton felület (réteges leválás) károsodott, ezért itt a hősugárzás mértékét is kiszámoltuk. A modellezéshez mind a később



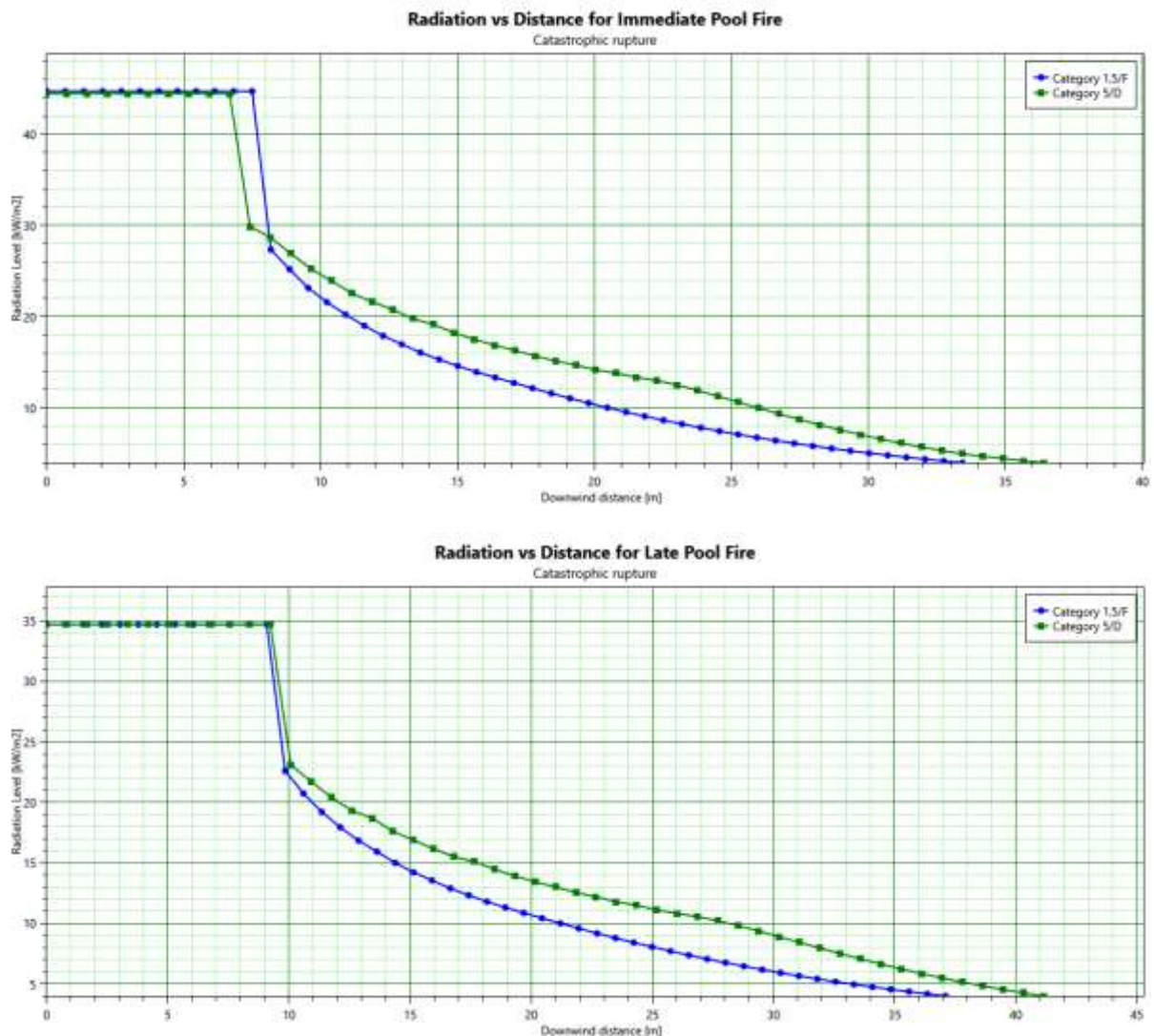
ismeretett két esetben 1200 liter üzemanyaggal (a modellezéshez n-nonánt választunk referenciaanyagként) telt kamiontankot tételezünk fel. A modellezés eredményét a 2. ábrán adjuk meg. A modellezés alapján kialakulhat második károsodási szint, azaz festék lehámlása bekövetkezhet, első károsodási szinttel azonban nem kell számolni.

1. táblázat: A figyelembe vett anyagok kritikus sugárzási intenzitásának általános értékei

Anyag	Kritikus sugárzási intenzitás [kW/m ²]	
	1. károsodási szint	2. károsodási szint
fa	15	2
szintetikus anyag	15	2
üveg	4	-
acél	100	25
beton		

3.2. M1 autópálya feletti híd tüzesete

2017. január 27-én, 17 óra 9 perc körül az M1 autópálya 71+794 km szelvénye feletti Miklóstanyai földúti híd bal pályáján egy gumigyártási alapanyagot/segédanyagot szállító nyergesvontatós kamion ütközött a leállósáv melletti pillérnek. A baleseti helyszínélők szerint kb. 80 km/h sebességgel csapódott a jármű a pillér országhatár felőli felületének. A vontató rágyűrődött a pillérre és kigyulladt. A kiegészítő vontató miatt a pilléroszlop, pillér fejgerenda, a szomszédos nyílások előregyártott hídgerendái, a támasz keresztartó, valamint az országhatár felőli hídszegély érintett szakaszai tartós hőterhelésnek voltak kitéve.



2. ábra: A hőszugárzás a távolság függvényében

3.2.1 A híd adatai

A híd 1975-ben épült. A felszerkezet EHGE tartó együttdolgozó vasbeton pályalemezzel. A legnagyobb szerkezeti nyíláshossz 15,0 m volt. A híd eredeti tervei alapján a pillér és a fejgerenda B280 (C16/20) 350 kg/m³ cement adagolású betonnal készült. A hídgerendák (Hoyer tartók) betonminősége B400 (C25/30). A pillér és a fejgerenda betonacélminősége 6 mm átmérőre B 38.24, a többi acél szilárdsága B 50.36.



2003-ban a hidat felújították. A korrózióvédelem érintette a fő tartószerkezeti elemeket is, a hídfő és a fejgerendák esetén műanyagbázisú sóvédőbevonatot alkalmaztak.

3.2.2 Szemrevételezés a tűzkár után

A hídpillérek szemrevételezése során megállapítottuk, hogy a hőterhelés a pillér rézsű felőli oldalát erőteljesebben érte, mint az útpálya felőli részt. A beton-felület egy jól látható részen kifehéredett, ezen a részen érte a legnagyobb lánghatás (3. ábra). A pillér rézsű felőli oldalán a magas hőmérséklet hatására a beton sarkai leváltak (4. ábra). A beton felülete a külső pár mm-en elszíneződött, rózsaszín lett, ami arra enged következtetni, hogy itt a hőmérséklet meghaladta az 500 °C-ot (4. ábra). A hídpillér rézsű felőli oldalán számos helyen leégett a sóvédő bevonat. A sóvédő bevonat alatt található cementes réteg azonban csak kis mértékben károsodott a hőterhelés hatására. A hídpillér útpálya felőli oldalán a műanyag bevonat nem égett le teljesen. Egyes helyeken megrepedezett, levált. Ez arra enged következtetni, hogy itt a hőterhelés maximális hőmérséklete mintegy 200 °C volt.



Az oszlop rézsű felőli része (2017.03.31)



A levált és elszíneződött beton (2017. 30. 31)

3. ábra: A hídpillér károsodása a tűz után

A fejgerenda tűz felőli oldalán a beton felület helyenként, főként az elem sarkainál levált (4. ábra). A főtartók felülete kormos lett. A rézsű felőli nyílásban (1-2, nyílás) a gerendák betonfedése egy-két helyen levált. Az útpálya felőli oldalon a bent maradó zsaluzat lánggra kapott, itt a gerendák felülete elfehéredett, a gerendák hőterhelése valószínűleg itt volt a legnagyobb.



4. ábra: A fejtárcsa és a főtartók a tűzhatás után (2017. 03.31)

3.2.3 Tűzkár utáni vizsgálati módszerek

A tűz, illetve a magas hőmérséklet hatására a betonban lévő $\text{Ca}(\text{OH})_2$ elbomlik, ezáltal a beton pH értéke csökken, ezért a felület vizsgálatát egy pH méréssel oldottuk meg. A pH mérést fenolftaleines oldattal végeztük el. A fenolftalein átcsapási pontja 9-es pH értéknél van, e felett az érték felett az acélbetétek korrózió védelme megoldott. A mérés során a frissen lepattintott betonfelületet vizsgáltunk. A fejtárcsa és az oszlop esetén csak a külső pár mm –ben tapasztaltunk pH értékcsökkenést, de ez a réteg sehol nem érte el az acélbetéteket. Ez arra utal, hogy a hőmérséklet az acélbetétek környezetében nem érte el az 500 °C -t, és az acélbetétek felületén a beton lúgossága megfelelő.



Az egyes szerkezeti elemek tájékoztató betonszilárdságát Schmidt-kalapácsos vizsgálattal határoztuk meg. A Schmidt-kalapáccsal történő vizsgálatnál az ütés iránya a fejgerenda és az oszlop esetén vízszintes, a főtartók esetén függőleges (felfelé) volt. Mindezek alapján megállapítható, hogy a Schmidt-kalapácsos szilárdságbecslés szerint a beton tűzhatás utáni szilárdsága a fejgerendán, a hídpilléren és a főtartókon B500 (C35/45) szilárdsági osztályú, ami jelentősen meghaladja a tervezett B280, ill. az EHGE gerendákon B400 betonminőséget. A beton karbonátosodása miatt a szilárdsági osztályt B500 (C35/45) helyett B400 (C25/30) értékűre javasoljuk felvenni, azaz a tűzhatás utáni betonszilárdság (a karbonátosodás szilárdságcsökkentő hatását is figyelembe véve) jelentősen meghaladja (ill. az EHGE tartókon eléri) a tervezett betonszilárdságot.

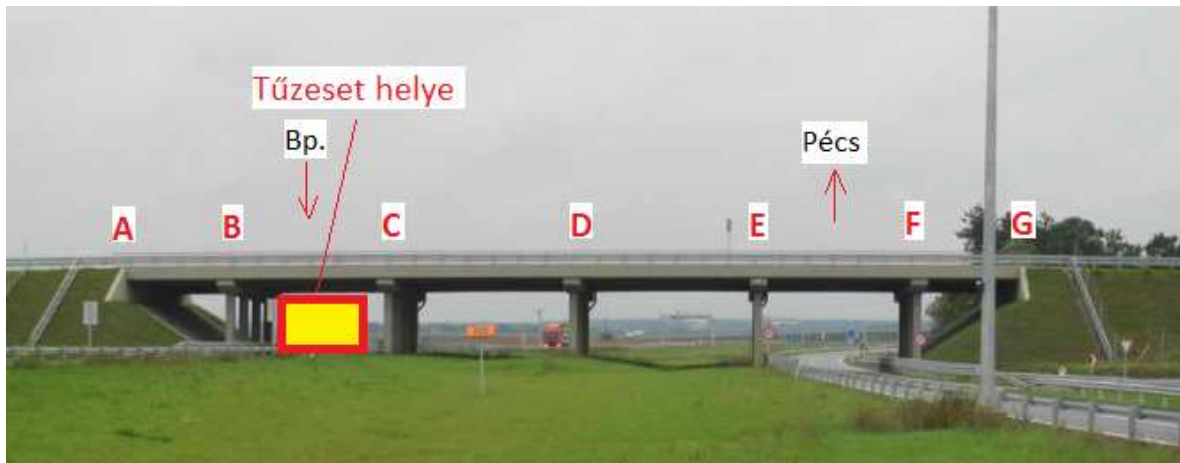
A fémfelületek csiszolása után az acél szilárdság becslését Polti-kalapáccsal mértük meg. Az eredmények alapján a betonacél minőség megfelel a B 50.36 betonacélnak, még a tűzterhelés után is. A mérések alapján az acélbetétek szilárdságcsökkenésével sem a hidegen alakított (feszítőbetétek) sem a melegen hengerelt betonacélok esetén nem kell számolni.

3.3. M6 feletti híd tüzesete

2017. május 29-én délelőtt 8:29 órakor, az M6 autópályán egy kamion vezetőfülkéje ismeretlen okok miatt kigyulladt. A nyerges vonatónak a vezetőfülkéje teljesen kiégett, a gázolaj tartály nem sérült. A lángok a pótkocsi első harmadában könnyebb károkat okoztak, de a rakomány nem sérült. A tűz közel fél órán keresztül égett. A tűzben a híd alépítményei és felszerkezete, továbbá a leállósáv melletti vezetőkoriát és pillérvédő szegély lokálisan sérültek.

3.3.1 A híd adatai

A híd az M6-M60 autópálya feletti híd 2010-ben épült. A híd oldalnézetét az 5. ábrán adjuk meg. A tűz során érintett szakasz támaszköze 12,41 m volt, ami 25 darab FPT-45/11,80 gerendát érintett.



5. ábra: Oldalnézet és a tűzeset helye (Budapest felől)

A hídszerkezeti elemek C35/45 betonból készültek az oszlop és a fejgerenda B500 B betonacéllal. A feszített tartók C50/60 betonminőséggel és Fp93/1860 feszítőbetétekkel kerültek kivitelezésre. A híd szerkezeti rendszere: hatnyílású, folytatólagos, többtámaszú gerenda híd. Felszerkezete FPT-45 előregyártott hídgerendákkal együttműködő helyszíni vasbeton lemez. A híd alatti autópálya ágak ürszelvénye 4,70 m + 0,51 m (tartalék). A hídon átvezetett közmű nincs. A híd használatbavételét követően nem tűzveszélyes („E”) osztályba sorolható.

3.3.2 Szemrevételezés a tűzkár után

A tűztől távolabb lévő szerkezeti elemek felülete jellemzően bekormozódott, azonban a tűz közvetlen környezetében, a magasabb hőmérséklet hatására a felületen látható korom mennyisége kisebb mértékű, amit a magasabb hőmérséklettel magyarázhatunk.

A hőterhelés közvetlenül az egyik pillért, az egyik fejgerendát és 9 darab előregyártott feszített vasbetonhíd gerendákat ért (6. ábra).



6. ábra: Tűzzel érintett szerkezeti elemek jelölése, B támasz Mohács felőli nézete (2017.06.01.)

A hídpilléren és a fejgerendán a tűz hatására felpikkelyesedett a sóvédő bevonat (B-4 szint műanyaggal javított cementbázisú). A helyszíni vizsgálatok alapján a sóvédő bevonat alatt található betonrétegek a hőterhelés hatására kis mértékben károsodtak. Az elkormozódott bevonat egyes helyeken megrepedezett, levált, a műanyag bevonat azonban nem égett le teljesen (7. ábra).

3.3.3 Tűzkár utáni vizsgálati módszerek

A Schmidt-kalapácsos vizsgálat (a fejgerendán és pilléren becsült felületi betonszilárdság C16/20), továbbá bevonatok állapota alapján következtethető, hogy a B-2 pillér és B jelű fejgerenda tűzzel leginkább érintett részein a hőterhelés maximális hőmérséklete 500 °C körüli volt, amely alapján, ezen szerkezeti elemeknél a szilárdságcsökkenéssel érintett keresztmetszeti zónák mérete elhanyagolható (kb. 4-5 cm).



7. ábra: Felpikkelyesedett B-4 sóvédelmi bevonat és az alatta lévő csiszolt betonfelület (2017.06.01)

A pillér és fejgerenda statikai ellenőrzése során a biztonság javára történő közelítésként a tűzhatással terhelt keresztmetszetek méretét a statikai ellenőrző számításban 5-5 cm-el csökkentjük. A csökkentett keresztmetszetben az eredeti betonszilárdsági értékeket vesszük figyelembe.

A tűzzel közvetlenül érintett hídgerendák közül a 4 gerenda a fejgerendától 3-5 m-es távolságban a betonfelület a gerendák gerinceinek alsó sarkain levált (8. ábra).



8. ábra: A hídgerendák károsodása és mintavétel (2017.06.01)



A leválások gerendánként eltérő hosszon, jellemzően kb. 12-15 cm befogó hosszúságú derékszögű háromszög keresztmetszetekben történtek, amelyek határán egyértelmű, hosszirányú repesések figyelhetők meg, amelyek a még nem levált, kézi kalapáccsal könnyen leválasztható betonsarkok határvonalait jelölik (9. ábra).

A hídgerendák alsó sarkainak leválását a nagy betonszilárdsággal (C50/60) és az azzal összefüggő tömör betonstruktúra miatt hirtelen kialakuló magas gőznyomással lehet magyarázni. Tapasztalat és a tüzeselet tanulmányozása alapján a betonsarkok leválása a tűz kiindulásától számított 10. perc környékén következhetett be.



9. ábra: A levált betonfelületek és az adalékanyag áthatadt felületei (2017.07.12)

A legnagyobb mértékben sérült hídgerendák esetén a betonfedés a tartó alsó övének sarkain jelentős hosszban levált, a tartó hossz tengelye mentén hosszirányú repedések keletkeztek. Ezen gerendák roncsolásmentes szilárdságbecslése, hőtechnikai modellezése és statikai ellenőrzése szükséges. A középső gerendák esetén a leválás mértéke nagyobb volt, a leválásnál az adalékanyag szemcsék áthatadtak, ez arra enged következtetni, hogy ezen gerendák esetén a beton szilárdság magasabb volt. További három gerenda esetén a keresztmetszet kismértékben károsodott, a betonfedés csak a tartó tűz felőli sarkán vált le a tartó alsó övének közepén egy hosszirányú repedés volt megfigyelhető. A fenorftaleines mérés során a frissen lepattintott és szakszerűen leportalanított betonfelületekre permeteztük a fenolftaleines oldatot. A két mintavételi helyen a permetezett oldat a pattintott cementkő felületeken azonnal rózsaszínűvé vált. Az FPT gerendák karbonátosodott betonrétegeinek vastagsága elhanyagolható ($< 1\text{mm}$), az acélbetéteket egyik vizsgálati helyen sem érte el.



A tűz során égő műanyagokból keletkező füstgázok és azok szennyező hatása miatt a hídgerendák klorid tartalmát és karbonátosodási mélységét is meghatároztuk. A vizsgált mérési helyeken a betonfelülettől számított (1) 0-2, (2) 2-4, (3) 4-6 cm betonzónákból furatpor mintát vettünk, amelyeket hermetikusan lezárható műanyag zacskókban tároltunk. A porminta pH értékét TESTO 206 típusú pH mérő készülékkel desztillált vizes szuszpenzióban végeztük el. A klorid-ion tartalmat Mohr-féle argentometriás módszerrel határoztuk meg. A betonban a kloridion tartalom a megengedett határérték alatt van, annak mértéke sem az acélbetétekre, sem a betonra nem veszélyes.

A betonszilárdság becslésére roncsolásmentes vizsgálatot végeztünk. A Schmidt-kalapáccsal mért visszapattanási értékek alapján a közepesen károsodott hídgerendák mérőpontjaiban a szilárdságcsökkenés 30-47% közötti, az átlag szilárdságcsökkenés 40 % körüli. Ennek ismeretében és alábbi táblázat alapján arra következtethetünk, hogy a mérési pontokban a hőterhelés hőmérséklete 500-700 °C körül volt.

A tűz után visszahűlt állapotban vizsgált fémfelületek csiszolását és lehülését követően az acél (lágymasítás és feszítőbetétek) szilárdság becslését Poldi-kalapáccsal mértük meg.

A mérések alapján a közvetlenül hőterhelésnek kitett acélbetétek (melegen alakított) és feszítőpásmák (hidegen húzott) esetében is mintegy 20-30%-os szilárdságcsökkenéssel kell számolnunk. A rugalmassági modulus esetén 20 % körüli csökkenéssel számolunk.

Tárgyi híd esetén a külső tűzgörbét alkalmazzuk, amelynél jól látszik, hogy a hőterhelés maximális hőmérséklete 700 °C körül van.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkig a különböző hatások miatt mindösszesen 1746 híd összeomlását regisztrálták, melyből 52 tüzetre vezethető vissza. A hidak tűzzel szembeni viselkedésére vonatkozóan jelenleg nincs külön kifejlesztett előírás, így a tervező saját belátása szerint dönthet, hogy a tervezés során milyen metodikát alkalmaz.



A vasbetonszerkezetben a tűz hatására kémiai folyamatok játszódhatnak le, a vasbetonszerkezet tönkremenetelét egyrészt a kialakuló maximális hőmérséklet nagysága, a hőszigetelés mértéke, valamint a kitettségi-idő határozza meg.

Magyarországon az elmúlt három évben két hidat érintő tüzeset is történt. A tüzet mindkét esetben gépjármű (kamion) okozta. A tűzvizsgálati módszerek, valamint a tűzmodellezés egyértelműen igazolta, hogy a híd szerkezeti elemei visszafordíthatatlan módon nem sérültek, azok javíthatók voltak. A hídszerkezet vizsgálatára alkalmazott módszereket, a mérési eredményeket, valamint a helyreállításra vonatkozó javaslatot foglalták össze a szerzők.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezen kutatás a Bolyai János és Bolyai+ Felsőoktatási Fiatal Oktatói, Kutatói (ÚNKP-19-4) Ösztöndíj támogatásával készült. A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a BME FIKP-VÍZ tématerületi programja keretében.

HIVATKOZÁSOK

- [1] D. J. Brown, *Bridges: Three Thousand Years of Defying Nature*. 2001.
- [2] M. Z. Naser and V. K. R. Kodur, "A probabilistic assessment for classification of bridges against fire hazard," *Fire Saf. J.*, vol. 76, pp. 65–73, 2015, doi: 10.1016/j.firesaf.2015.06.001.
- [3] S. Fehérvári and S. G. Nehme, "A tűzteher utáni hűtés sebességének és módjának hatása a beton maradé nyomászilárdságára," *Építőanyag folyóirat*, vol. 61, no. 4, pp. 118–123, 2009, doi: 10.14382/epitoanyag-jsbcm.2009.22.
- [4] EN 1991-1-2, "Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions - Actions on structures exposed to fire," 2009.
- [5] J. Alos-Moya, I. Paya-Zaforteza, A. Hospitaler, and E. Loma-Ossorio, "Valencia bridge fire tests: Validation of simplified and advanced numerical approaches to model bridge



- fire scenarios,” *Adv. Eng. Softw.*, vol. 128, no. October 2018, pp. 55–68, 2019, doi: 10.1016/j.advengsoft.2018.11.003.
- [6] G. Heskestad, “Physical Modeling of Fire,” *J. Fire Flammabl.*, vol. 6, no. July, p. 253, 1975.
- [7] A. J. Roos, „Method for the determination of possible damage”, Voorburg, 1989.

Dr. Lublós Éva PhD

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék,
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3

Budapest University of Technology and Economics, Department of Construction Materials and
Technologies, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp 3.

lubloy.eva@epito.bme.hu

ORCID: 0000-0001-9628-1318

Dr. Hlavička Viktor PhD

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék,
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3

Budapest University of Technology and Economics, Department of Construction Materials and
Technologies, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp 3.

hlavicka.viktor@epito.bme.hu

ORCID: 0000-0001-5435-4400

Dr. Czoboly Olivér PhD

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék,
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3

Budapest University of Technology and Economics, Department of Construction Materials and
Technologies, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp 3.

czoboly.oliver@epito.bme.hu

ORCID: 0000-0001-6862-3851

Biro András



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék,
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3

Budapest University of Technology and Economics, Department of Construction Materials and
Technologies, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp 3.

biro.andras@epito.bme.hu

ORCID: 0000-0001-8373-7291

Dr. Cimer Zsolt, PhD

6500 Baja, Bajcsy-Zsilinszky utca 12-14.

ORCID: 0000-0001-6244-0077