

Építőanyag-választás hatása az épületek tűzállóságára

IMPACT OF BUILDING MATERIALS ON FIRE RESISTANCE

CZOBOLY Olivér Attila, építőmérnök, tanszéki mérnök,
MAJOROSNÉ Dr. LUBLÓY Éva, adjunktus,
Dr. BALÁZS L. György, egyetemi tanár, tanszékvezető

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Mérnökgeológia
Tanszék, H-1111 Budapest Műegyetem rkp. 3., K. ép. 185, Tel.: 463-4068 (titkárság), Fax: 463-3450,
balazs@vbt.bme.hu, czobolyoli@gmail.com, lubeva@web.de

ABSTRACT

Due to the large number of fire cases the design of structures against fire has become more and more important. Our experience shows that building materials behave differently in case of fire. Some materials have a tendency to auto-ignition or may drop aflame, while other materials suffer minor deterioration with a limited temperature. In the recent paper behaviour of building materials in case of fire is reviewed.

ÖSSZEFOGLALÓ

Az elmúlt évtizedekben a sok tüzeset miatt egyre nagyobb hangsúlyt kap a szerkezetek tűzterherre való méretezése, tervezése. Tüzesetek során azt tapasztalhatjuk, hogy az építőanyagaink eltérően viselkednek tűz hatására. Vannak olyan anyagok, melyek egy adott hőmérsékleten öngyulladásra hajlamosak, esetleg égve csepegnek, míg más anyagoknak elhanyagolható károsodása következik be a korlátozott mértékű tüzeset alatt. Jelen publikációban ismertetjük az egyes építőanyagok tűzhatás során tapasztalható jellemző viselkedését.

Kulcsszó: anyagválasztás, tűz, tűzállóság, hőteher, maradó szilárdság

1. BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedekben a sok tüzeset miatt egyre nagyobb hangsúlyt kap a szerkezetek tűzállósága. A elmúlt években több tüzeset is bekerült a köztudatba. Elég csak a New York-i World Trade Center 2001. szeptember 11-i katasztrófájára gondolni, ahol a repülőgép becsapódását még elviselte a tartószerkezet, de a nagy mennyiségben kiömlő éghető anyag táplálta tüzet már nem.

A 2013-as év elején Braziliában (Santa Maria városában) történt egy sajnálatos tüzeset. A diszkótűzben összesen 245 ember vesztette életét. „Rendőrségi és tűzoltósági szakértők elmondták, hogy a Kiss klubban bekövetkezett tűz az elmúlt 13 év legtöbb áldozatot követelő tüze volt, miközben a szórakozóhelyen nem volt spinkler (oltóberendezés), burkolatként éghető hangszigetelő habot használtak, és csak egy kijárat volt.” [1]

A hasonló tüzesetek elkerülése végett világszerte törekednek a minél szigorúbb tűzvédelmi szabályozások előírására és azok betartatására. Ezt példázza az Európai Unióban, hogy az EUROCODE bevezetésével kötelezővé vált az épületek tűzállósági méretezése. Magyarországon emellett az Országos Tűzvédelmi Szabályzat, azaz a 28/2011. BM rendelet (általános rövidítése: OTSZ) is többször módosult az elmúlt években, folyamatosan szigorítva a tűzvédelmi előírásokat.

Ahhoz hogy a szerkezetek megfelelően viselkedjenek tűzterherre, kiemelten fontos ismernünk az alkotóelemeinek tűz hatására végbemenő átalakulásait.

Jelen publikációnkban esettanulmányokon keresztül bemutatjuk a főbb építőanyagaink tűz során tapasztalt viselkedését.

2. ÉPÍTŐANYAGOK VISELKEDESE TŰZTEHERRE

Tüzesetek során azt tapasztalhatjuk, hogy az egyes anyagok, köztük az építőanyagaink is eltérően viselkednek tűz hatására. Vannak olyan anyagok, melyek egy adott hőmérsékleten öngyulladásra hajlamosak, vagy égve csepegnek, míg más anyagoknak szinte semmilyen károsodásuk sem lesz (1. táblázat).

Tűz utáni szakértéseknél is gyakran vizsgáljuk az egyes használati tárgyak (megolvadt szék, elégett fa bútor), szerkezeti elemek (meggörbült acéltartó, vakolatlehullás, leszakadt álmennyezet) állapotát, hogy abból következtethessünk a tartószerkezeteket ért hőhatásra.

1. táblázat. Különböző anyagok gyulladási, illetve olvadási hőmérséklete [2]

Anyag	Gyulladási vagy olvadási hőmérséklet
ólom	327°C
papír	100°C
fa	300°C
alumínium	658°C
üveg	800°C
beton	1300°C
bazalt	1426°C
kerámia	1500°C
acél	1535°C
samott	1700°C

Külön figyelmet kell fordítani az építőanyagok tűz során tapasztalható eltérő viselkedésére, hiszen azok ismerete nélkül nem lehet kiválasztani a követelményeknek megfelelő építőanyagot.

3. BETONSZERKEZETEK VISELKEDÉSE TÚZTEHERRE

A vasbeton szerkezetekben a tűz hatására a következő változások következnek be [3]:

- anyagszerkezeti változások, amelynek okai lehetnek:
- a cement és az adalékanyag eltérő hőtágulása,
- belső vízgőznyomás, vagy annak hirtelen növekedése,
- a keresztmetszeten belüli, illetve az elem menti eltérő hőmérsékletek,
- túlzott lehajlások (beleértve a hő hatására bekövetkező kúszás és fajlagos alakváltozás okozta növekményt),
- túlzott repedezettség,
- a beton és a betonacél közötti tapadás és lehorgonyozóképesség leromlása,
- betonfedés réteges leválása,
- teherbírásvesztés (beleértve a stabilitásvesztést és az átszúródást).

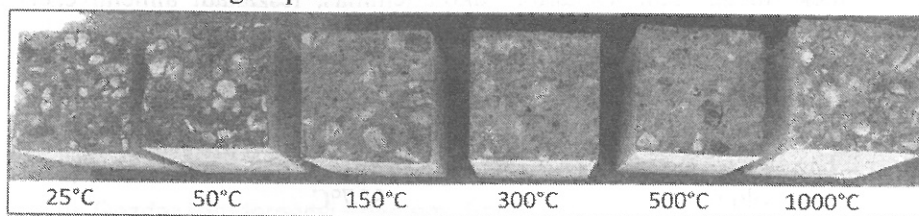
A vasbeton szerkezetek tűzállósági méretezését nehezíti, hogy a hőmérséklet emelkedésével a beton szilárdsági jellemzői megváltoznak. Sőt a beton lehűlése után sem nyeri vissza eredeti tulajdonságait, mivel a hőterhelés hatására a beton szerkezetében visszafordíthatatlan folyamatok játszódnak le (2. táblázat).

2. táblázat. A betonban lejátszódó folyamatok a hőmérséklet függvényében [4]

Beton hőmérséklete	Folyamat
1200°C	az olvadás kezdete
800°C	kerámiai kötés bomlása
700°C	kalcium-szilikát-hidrátok
600°C	a kúszás erőteljes növekedése
500°C	kalcium-hidroxid bomlása
100–400°C	a betonfelületek réteges leválása szempontjából kritikus tartomány
300°C	a kvarckavics adalékanyagú betonok szilárdságvesztésének kezdete, néhány adalékanyag dehidratációja
100°C	hidro-termikus reakciók, a kémiailag kötött víz távozásának kezdete

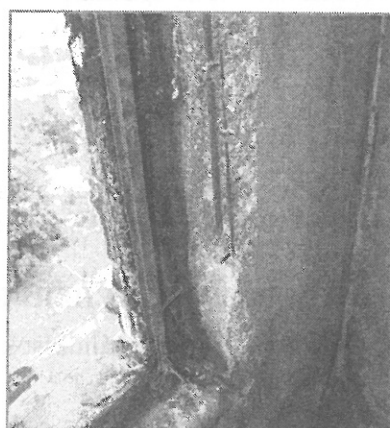
A hőterhelés nagyságától függően a beton színe is megváltozik a különböző kémiai reakciók miatt. A beton normál hőmérsékleten szürkés színe kezdetben rózsaszínesre (500 °C körül), fakó szürkére (700 °C

körül), majd barnásszürkére (900 °C körül) változik (1. ábra). Ez a színváltozás jelentősen megkönnyíti a betonszerkezeteket ért hőteher megállapítását.



1. ábra: Beton színe az egyes hőterhelési értékeket követően

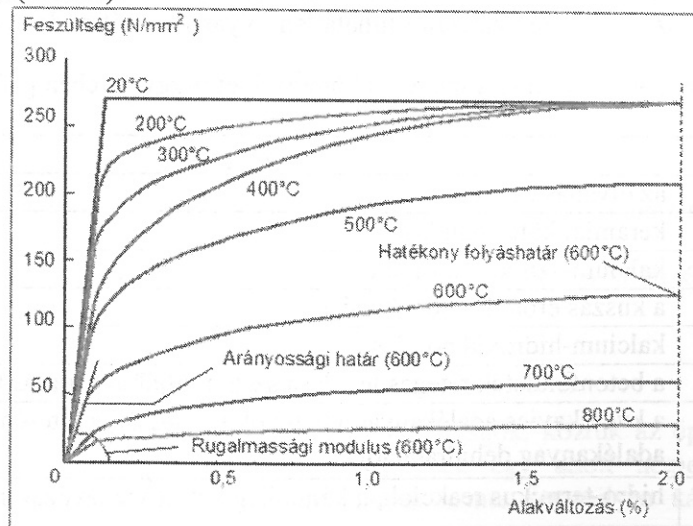
A betonfelület réteges leválása (ún. spalling) miatt a betonacélok tűzhatás elleni védelme megszűnik (2. ábra), a betonacélok gyors felmelegedése és szilárdságcsökkenése pedig a szerkezet statikai rendszerének átalakulását is eredményezheti, ezért lehetőség szerint megfelelő betontervezéssel el kell kerülni. A betonszerkezetben ébredő feszültség függvényében változik a felület réteges leválásának veszélye. Kisebb nyomóerő esetén kisebb keresztmetszeti méret előírása is elegendő a betonfelület réteges leválásának elkerülésére.



2. ábra: Betonfedés sajátos leválása az ablak mentén, sarokban, a Miskolc, középster u. 20 sz. alatti paneles lakóépület 2009. augusztus 15-i tüzeseténél [5]

4. ACÉLSZERKEZETEK VISELKEDÉSE TŰZTEHERRE

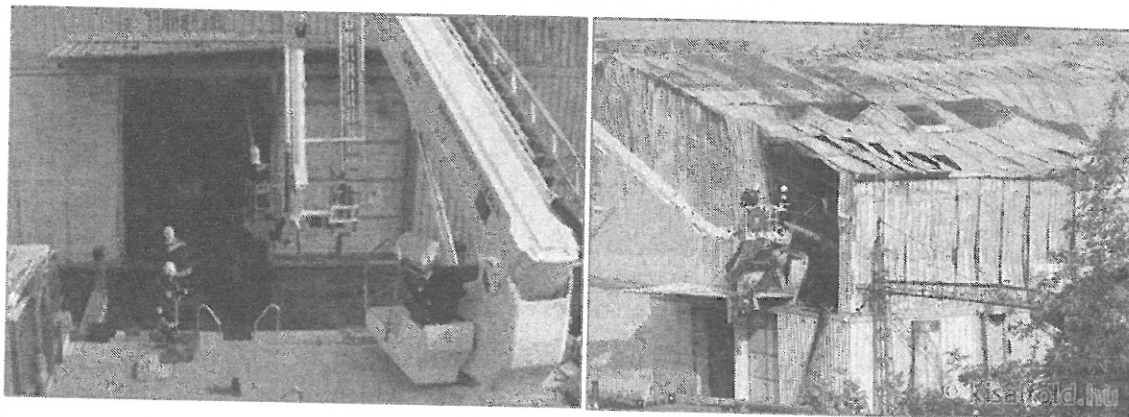
Noha az acél nem éghető, tűzzel szemben a betonhoz viszonyítva kedvezőtlenebbül viselkedik. Hőmérséklet emelkedésével az acél szilárdsági és merevségi jellemzői jelentős változásokon mennek át. Az egyik legfontosabb változás, hogy a hőmérséklet emelkedésével a szilárdsági és merevségi jellemzői folyamatosan csökkennek. Ugyan ahhoz a feszültség-szinhez magasabb hőmérsékleten nagyobb alakváltozások tartoznak (3. ábra).



3. ábra: S275-ös acélminőség esetén a feszültség-alakváltozás diagram különböző hőmérsékleteken [4]

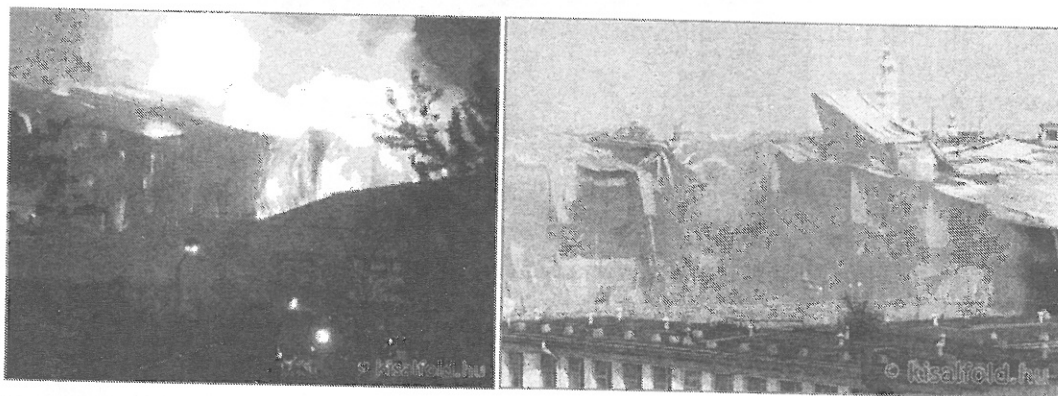
A szerkezeti acélok szilárdsága 400°C fölött elkezdi csökkenni, míg a hidegen alakított betonacéloknál már 300°C fölött megfigyelhető ez a jelenség. 1200°C hőmérsékleten az acélok minden teherbírásukat elveszítik.

Az acél szerkezetek tűzzel szembeni viselkedésének legnagyobb hibája, hogy a hőmérséklet emelkedésével (előjel nélkül) nagy alakváltozásokat szenvednek, illetve szilárdságuk olyan mértékben lecsökken, hogy a szerkezet összeomlik. Ez a viselkedés magyarázza azt, hogy a tűzoltók egy acél szerkezetű épületben keletkezett tűz oltásához nem mennek be az épületbe, hanem csak kívülről kezdik menteni az épületet (4. ábra).



4. ábra: Acél csarnokban levő tűz oltása az épületen kívülről (bal oldali ábrán a bejáraton keresztül [6], jobb oldali ábrán a megbontott burkolatnál [7])

Az 5. ábrán látható a győri gyapjúgyár épülete a tűz alatt, illetve a tűz eloltását követően. Az épületben nagy mennyiségű éghető anyagot tároltak, melynek eloltása nehézkes. A tűzoltók egyik fő feladata a tűz kordában tartása volt, hogy ne terjedjen tovább a többi épületre. Azonban a legtöbb acél szerkezetet érintő tüzeset után az acél szerkezeteket el kell bontani a túlzott mértékű alakváltozások miatt.



5. ábra: A győri gyapjúgyár (bal oldali kép: tűz közben, jobb oldali kép: az eloltást követően) [7]

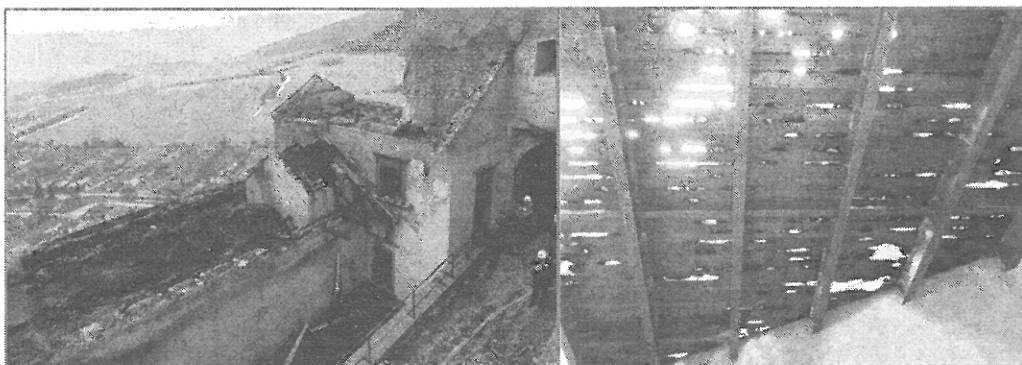
5. FASZERKEZETEK VISELKEDÉSE TŰZTEHERRE

Tűzhatás során a faanyag magas hőmérsékleten jelentős kémiai átalakulásokon megy át. A faanyag égése hőtermelésben és az elszenesedésben egyaránt megmutatkozik. A hőbomlás (pirolízis) során éghető gázok fejlődnek, melyek a fa felületéhez közel kaphatnak lángra, míg a parázslás felületi izzást jelent. A fa kémia átalakulását a hőmérséklet függvényében az 3. táblázat tartalmazza [8].

3. táblázat. A fa kémiai átalakulásai a hőmérséklet függvényében [8], [9]

Hőmérséklet	Jelenség
$600-700^{\circ}\text{C}$	A fafelület parázssal ég
330°C	Fa öngyulladás
$250-300^{\circ}\text{C}$	Eltávozott gázok folytonos égése
$200-250^{\circ}\text{C}$	Fa lobbanáspontja
$100-200^{\circ}\text{C}$	Felületi elszenesedés
100°C	A faanyag nedvességtartalma eltávozik

A Krasznahorka vár 2012 márciusában gyulladt ki. A 6. ábra bal oldalán jól látható, hogy a tetőszerkezet teljesen megsemmisült, míg az alatta levő falak szintes semmilyen károsodást nem szenvedtek. A 6. ábra jobb oldalán a vár egyik fafödémje látható. A födém, a rá hulló, égő anyagok hatására több helyen átégett.



6. ábra: Krasznahorka várának tüzesete (bal oldali kép: teljesen megsemmisült fedélszék [10])

A faszerkezeteknél problémát jelent, hogy maga a tartószerkezet is éghető anyagból van. Az acélszerkezeteknél a tűz hatására az anyag szilárdsága csökken, viszont a keresztmetszet mérete nem változik, míg a faszerkezeteknél az anyag szilárdságcsökkenése jóval kisebb mértékű és inkább a keresztmetszet csökkenés jelenti a nagy problémát.



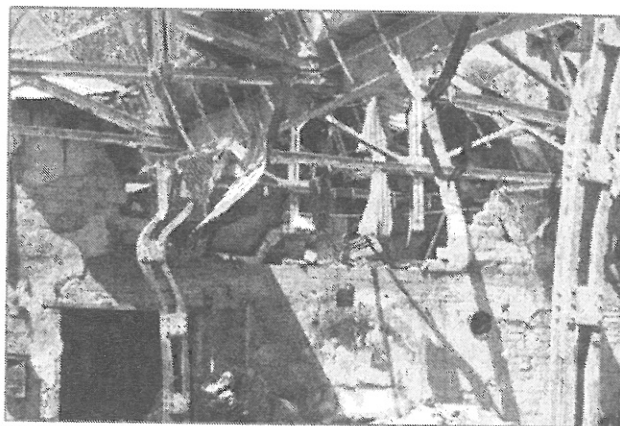
7. ábra: A budapesti Kemény Henrik Bábszínház egyik fakapcsolata a tűz után (fotót készítette: Czoboly Olivér, Harman Béla)

A faszerkezetek égése során egy elszenesedett réteg alakul ki a faszerkezet felületén, mely lelassítja a faanyag hőbomlását. Az elszenesedő réteg alatt van a fa parázslási zónája (ez a hőbomlási zóna), míg ez alatt teljesen ép faanyag található. A 7. ábrán egy elszenesedett réteggel rendelkező tűzkárosult fatartó látható. Megfigyelhető, hogy az elszenesedés közben a külső méretei megváltoznak (a keresztmetszet sarkai lekerekednek), míg a fa belső részei (melyek a tüztől védve voltak) teljesen épek maradtak.

6. FALAZOTT SZERKEZETEK VISELKEDÉSE TŰZTEHERRE

Az építési kerámia termékeket hőállóság szerint három kategóriába sorolják:

- közönséges (1350°C-nál kisebb hőmérsékleten lágyuló),
- hőálló (1350-1580°C közötti hőmérsékleten lágyuló),
- tűzálló (1580°C fölötti hőmérsékleten lágyuló, tűzálló finomkerámia termék a samott, amelyet kályhák tűzterének bélelésére, és ipari kemencék belső hőálló burkolatának készítésére egyaránt felhasználnak).



8. ábra: Tűzkárosult épület, melynél az acélszerkezet tűzeseti alakváltozása miatt leomlott a téglafal egy része [11]

A falazott szerkezetek tűzvédelmi jellemzőit a téglá és a kötőanyag eltérő tűzvédelmi jellemzői határozzák meg. A téglá anyaga – égetéssel történő előállítás miatt – a magas hőmérsékletnek (1350 °C-ig) ellenáll, viszont a habarcsok mésztartalmuk miatt már 500 °C körül jelentősen károsodnak. A falazott szerkezetek tönkremenetele tehát elsősorban a habarcs tönkremenetele miatt következik be.

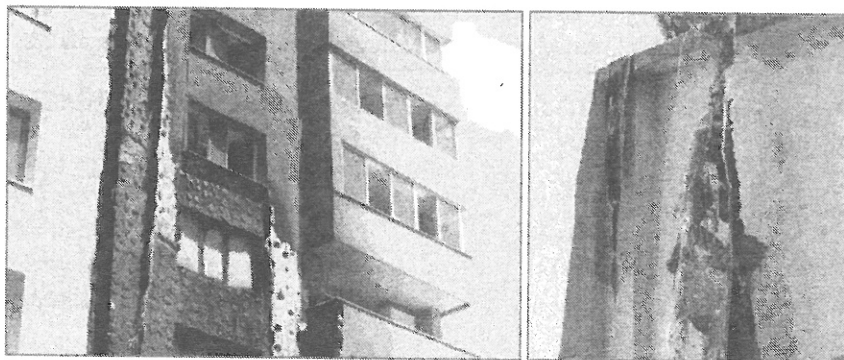
A 8. ábrán jól látható, hogy a tűzkárosodott épület acél elemei, vasbeton gerendája jelentős alakváltozásokat szenvedtek, így a falazat egy része a túlzott alakváltozás miatt leomlott. Azonban a falazott szerkezet anyaga nem szenvedett jelentős károsodást a tűz hatására [9].

7. MŰANYAGOK VISELKEDÉSE TŰZTEHERRE

A műanyagoknak viszonylag sok fajtája van, melyek a tűz, illetve magas hőmérséklet hatására eltérően viselkednek. Az épületekben beépített műanyagok közül némelyik égés közben mérgező gázt fejleszt, illetve égve csepeg. Az égve csepegő műanyag könnyen lángra lobbantja a környezetében lévő gyúlékony anyagokat, illetve a menekülő embereknek is komoly égési sérüléseket okozhat.

A műanyagok tűzben tapasztalható viselkedését jól megvilágítja a 2009. augusztus 15-én történt miskolci paneltűzről készült szakértői jelentés: „... A tűz kezdeti szakaszában a hőszigetelő rendszer szerepet játszott, ezért a polisztirol lapokat vegyszér szakértő (Dr. Raisz Iván professzor) is vizsgálta. Vizsgálata szerint a polisztirol lap önmagában 64°C-os hőmérsékleten (pl. forró füstgázok feláramlása során) meggyullad, és égve csepeg. Az elolvadó, és melegedő polisztirol (zárt, kéreg alatti állapotban) zárttéri lobbanáspontja 135°C, ami olyan alacsony, hogy az alulról felcsapó lángok hatására gyulladásképes gőzök fejlődnek. Ha a külső rétegsort (vakolat) nem a szabvány szerint, tartós igénybevételre készítették el, akkor annak repedésén, az alulról feltörő lángnyelvek a gőzöket belobbanthatták, mely a gyúlékony anyaggal szennyezett fedő rétegek lángolva leesését, valamint a fal felületén lévő polisztirol hab teljes leégését eredményezték abban a környezetben, mely alulról nagy tűzterhelést kapott. ...” [12].

A 9. ábrán Marosvásárhelyen, 2012. júliusban bekövetkezett tüzeset képei láthatók. A panelház melletti egyemeletes üzletnek a lerakata gyulladt ki, mely áterjedt a polisztirol utólagos hőszigeteléssel rendelkező panelházra. A tűz negyvenkét lakásban okozott kárt. A 9. ábra jobb oldalán a hőszigetelésen elhelyezett vakolat háló erősítése látható, mely darabokban lepotyogott a környező épületre és az utcára.



9. ábra: Marosvásárhelyen, 2012. július elején bekövetkezett tüzeset, ahol homlokzati hőszigetelés játszott közre a tűz terjedésében (fotót készítette: Czoboly Olivér)

Emellett a sűrű, nehezen átlátható égéstermék (mely mellesleg mérgező is) nagymértékben nehezíti az épületből való kimenekülést. A bevezetésben említett Brazíliai (2013-as év elején) bekövetkezett diszkó tüznél is a mérgező gázok okozták a halálesetek túlnyomó részét.

A szigorodó tűzvédelmi előírások miatt egyre több anyaggyártó törekszik önkioltó, illetve égés közben mérgező gázt nem termelő műanyagok használatát. Ezért a műanyagok építőipari alkalmazása előtt mindenképpen tanulmányozni kell az adott anyag tűzzel szembeni tulajdonságát.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elmúlt évtizedekben a sok tüzeset miatt egyre nagyobb hangsúlyt kap a szerkezetek tűzállósága. Az oltási, illetve megerősítési tapasztalatok felhívják a figyelmet arra, hogy mennyire fontos a megfelelő anyagválasztás.

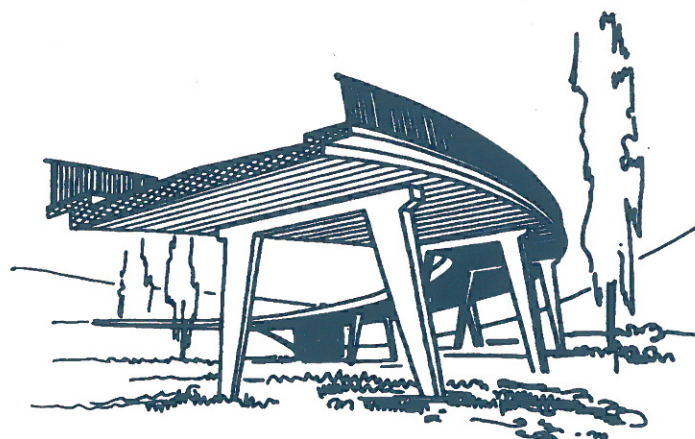
Jelen cikkben ismertettük a főbb építőanyagaink tűz hatására tapasztalható viselkedésüket. Bemutattuk, hogy azonos hőterhelés hatására egyes építőanyagaink jelentős károsodást (pl.: műanyag) szenvednek, míg más anyagainkon (pl.: betonon) még semmilyen szilárdságcsökkenés, vagy károsodás nem tapasztalható. Azonban megállapítható volt, hogy a túlzott alakváltozások miatt olyan szerkezeteink is sérülhetnek, melyek a tűznek ellenállnának, vagy amelyeket nem is ért tűzhatás. Ezért az anyagmegválasztásnál az egész épületet kell vizsgálni, hogy a szerkezet ellen álljon mind a közvetlen tűztehernek, mind a tűz hatására bekövetkező alakváltozásoknak. Azonban az anyagválasztásnál a legfontosabb, hogy olyan anyagokat alkalmazzunk, melyek kellő ellenállással rendelkeznek, amíg az épületben tartózkodók kimenekülnek az épületből, illetve a keletkező égéstermékük a lehető legkisebb mértékben nehezíti meg a menekülést, vagy kimentést.

9. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] „Tűzvédelmi hiányosságok a brazil diszkótüznél”, <http://gyujtoforras.hu/tuzvedelmi-hianyossagok-a-brazil-diszkotuznel/> (letöltve: 2013. 02. 12.)
- [2] Dr. Majorosné Dr. Lublóy Éva Eszter: „Vasbetonszerkezetek tűz utáni roncsolásmentes anyagvizsgálati lehetőségei”, szakdolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építészmérnöki Kar, Budapest, 2013.
- [3] Balázs L. Gy., Lublóy É. (2009), „Magas hőmérséklet hatása a vasbeton szerkezetek anyagaira” VASBETONÉPÍTÉS 2009/2, pp. 48-54
- [4] Balázs L. Gy., Horváth L., Kulcsár B., Lublóy É., Maros J., Mészöly T., Sas V., Takács L., Víg L. G. (2010): „Szerkezetek tervezése tűzteherre az MSZ EN szerint (beton, vasbeton, acél, fa)” Oktatási segédlet, ISBN 978-615-5093-02-9
- [5] Szikra Cs., Takács L. (2010): Specialities of a Fire Case in a Residential Building at Miskolc, Középszer str. 20. A Miskolc, Középszer u. 20 sz. alatti lakóépület tüzesetének sajátosságai. Proceedings of ÉPKO, International Conference of Civil Engineering and Architecture 2010, Csíksomlyó, Romania
- [6] RTL Klub videó riport: „LÁNGOK: Ég a győri gyapjúgyár (01:41)” [http://www.rtlklub.hu/hirek/belfold/video/170843_\(letoltve:2013.04.21.\)](http://www.rtlklub.hu/hirek/belfold/video/170843_(letoltve:2013.04.21.))
- [7] Kisalföld.hu: „Tűz ütött ki az egykori Richards gyár területén Győrben III” http://www.kisalfold.hu/kepek/tuz_utott_ki_az_egykori_richards_gyar_teruleten_gyorben_iii_-_fotok_tudositok/2026570/ (letöltve: 2013. 04. 24.)
- [8] Németh K., (1998) Faanyagdegradációja, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 1998 ISBN 963 356 226 0
- [9] Balázs L. Gy., Lublóy É., Tóth B. (2012) „Falazott- és faszerkezetek tűzállósága”, Vasbetonépítés, ISSN 1419-6441, 2012/2 szám, pp. 45-53
- [10] hradkrasnahorka.sk: „Krásna Hôrka po ničivom požari” <https://www.facebook.com/media/set/?set=a.345066795536482.89245.172541149455715&type=3> (letöltve: 2013. 04. 26.)
- [11] Takács L. G.: „Tűzfalak megfelelő kialakítása”, <http://tuzfal.com/index.php?cont=cikk&cikk=26&rov=2#top> (letöltve: 2013. 04. 26.)
- [12] Ronkay F. Gy.: „Csepegő tűz”, 2013.02.03., http://megegyesely.blog.hu/2013/02/03/csepego_tuz, (letöltve: 2013. 04. 26.)

**XVII. NEMZETKÖZI
ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI
KONFERENCIA**

**17th INTERNATIONAL CONFERENCE
ON CIVIL ENGINEERING AND
ARCHITECTURE**



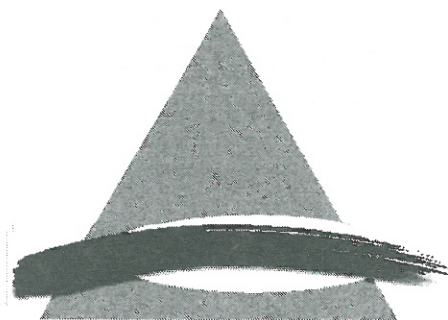
ÉPKO 2013

**ERDÉLYI MAGYAR MŰSZAKI
TUDOMÁNYOS TÁRSASÁG**

**HUNGARIAN TECHNICAL
SCIENTIFIC SOCIETY
OF TRANSYLVANIA**



Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság
Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania



ÉPKO 2013

**XVII. NEMZETKÖZI ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI
KONFERENCIA**

**17th INTERNATIONAL CONFERENCE
ON CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE**

Csíksomlyó, 2013. június 13-16.
Șumuleu Ciuc, 13-16 June 2013

Kiadó / Publisher

Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság
Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania

Szerkesztő / Editor

Dr. Köllő Gábor

Nyomdai előkészítés / Desktop publishing

Prokop Zoltán

Nyomtatás / Print

Incitato nyomda – Kolozsvár

Támogató / Sponsor

Magyar Tudományos Akadémia – Domus Kuratórium

Szervezők / Organizers

Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság
Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania

Hargita Megye Tanácsa
Harghita County Council

Társszervezők / Co-organizers

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar
Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Civil Engineering

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Infrastruktúra Tanszék
Technical University of Cluj-Napoca, Department of Infrastructures

MTA, Kolozsvári Akadémiai Bizottság
Hungarian Academy of Sciences, Cluj Branch

Konferencia elnök / Chairman

Dr. Köllő Gábor

Tudományos bizottság / Scientific Committee

Dr. Köllő Gábor – Kolozsvár, RO

Dr. Balázs L. György – Budapest, HU

Balogh Balázs DLA – Budapest, HU

Dr. Farkas György – Budapest, HU

Dr. Gobesz Ferdinánd Zsongor – Kolozsvár, RO

Dr. Guțiu Ștefan – Kolozsvár, RO

Dr. Herman Sándor – Temesvár, RO

Dr. Horvát Ferenc – Győr, HU

Holló Csaba – Budapest, HU

Dr. Karvaly Elemér – Budapest, HU

Dr. Kazinczy László – Budapest, HU

Dr. Kiss Zoltán – Kolozsvár, RO

Dr. Kontra Jenő – Budapest, HU

Dr. Mecsi József – Pécs, HU

Dr. Moga Petru – Kolozsvár, RO

Dr. Szalay György – Pozsony, SK

Dr. Takács János – Pozsony, SK

Tartalomjegyzék – Content

Az evangélikus templomépítészet centrális alaprajzi típusai a két világháború közötti Magyarországon Typology of Evangelical Lutheran Churches with Centralising Plan in the Inter-war Period in Hungary BAKU Eszter	7
A budapesti 4-es metró TBM-es alagútépítési technológia és vágánykapcsolati műtárgy Metro 4 Line of Budapest – Tunnel Boring with TBM Technology and Cross-over Structure BALÁZSY Béla	14
Betonburkolatú ívekben közlekedő gépjárművek okozta felületi leromlások modellezése The Deterioration Model of Vehicle in Curve on Cement Concrete Pavement BENCZE Zsolt	18
A zajmérési eredmények pontosságát befolyásoló meteorológiai tényezők figyelembe vétele Considering the Meteorological Factors Affecting the Accuracy of Noise Measurement Results BITE Pálné, BITE Pál, DOMBI István, FÁY Endre	26
Öt öszvértartóból kialakított közúti hídszerkezet Composite Steel-concrete Decks, with Five Beams, for Two Lanes BOLDOR Iulia Raluca, KÖLLŐ Gábor	29
Az épületek légtömörségéhez kapcsolódó komfort tényezők Comfort Aspects of Air-tightness of Buildings BUDULSKI László, FÜLÖP László, MAGYAR Zoltán	34
Csíkszereda, befektetési lehetőségek Csíkszereda, Investment Opportunities BULBUK Márton István	40
Természetes légcseré mérése nyomjelző gázzal és 4Pa BlowerDoor méréssel Measuring Spontaneous Air-Change-Rate by Tracer Gas and by 4Pa BlowerDoor Test CAKÓ Balázs, FÜLÖP László	47
Nagy oldalellenállású keresztaljak Frame Sleepers with High Lateral Resistance CIOTLAUŞ Mădălina, KÖLLŐ Gábor, HERMAN Sándor	54
Legújabb tervezési feladataim Latest Engineering Design Works CSANÁD Bálint	59
Hővisszanyerős szellőzés – teljesen másként, avagy a majdnem mindentudó téglá A Totally Different Heat Recovery Ventilation, or the Nearly Omniscient Brick CSIHA András	66
Építőanyag-választás hatása az épületek tűzállóságára Impact of Building Materials on Fire Resistance CZOBOLY Olivér Attila, MAJOROSNÉ LUBLÓY Éva, BALÁZS L. György	74
Útburkolatok zajkibocsátás-vizsgálata Noise Analysis of Pavements DOMBI István, BITE Pálné, BITE Pál	81
FZKA-k vasúti alternatívái – SZK keverékek Unbound Base Layers for Railways – SZK Mixtures ÉZSIÁS László	85
Az acéltartó előfeszítésével kivitelezett öszvértartó számítása Mixed Beams with Initial Efforts in Steel Beam FENEŞAN Crina, KÖLLŐ Gábor	92
Kis és közepes méretű feshatások áthidalására alkalmas szerkezeti megoldások hidegen hajlított, vékonyfalú acélidomok használatával Structural Solutions for Small and Medium Spans Using Cold-formed Steel Profiles FODOR Róbert, BALLOK Róbert, NAGY Zsolt	101
Panelházak energetikai elemzése és hőállapota felújítás előtt és után Energy Performance and Thermal Conditions of Apartment Houses Before and After Reconstruction FÖLDVÁRY Veronika, PETRÁŠ Dušan	108
Szimmetria a 18. századi magyarországi vidéki templomok építészetében Symmetry in the 18 Century Provincial Church Architecture of Hungary FREY György Péter	114



RO - 400750 Cluj, O.P. 1, C.P. 140

Tel./fax: +40-(0)264-590825; (0)264-594042

+40-(0)744-783237

E-mail: emt@emt.ro

<http://www.emt.ro>

ISSN 1843-2123