

Könnyű adalékanyagos betonok maradó nyomószilárdsága tűzterhelés után

Majorosné Lublőy Éva – Nemes Rita – Balázs L. György – Józsa Zsuzsanna

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke

lubeva@web.de – rnames@freemail.hu

Residual compressive strength of lightweight aggregate concrete due to fire

An experimental study was carried out to test the residual compressive strength of various types of concretes after high temperatures. Main parameters of our tests were the type of aggregate: (1) conventional quartz gravel (2) expanded clay and (3) expanded glass. One of the following aspects of mix design was to reach the same concrete

strength with all three types of aggregates at room temperature. General characteristic of concretes with the studied aggregates was a local minimum around 150 °C. This minimum was followed by a compressive strength increase up to 200 °C in case of gravel aggregate, up to 400 °C in case of expanded glass and up to 500 °C in case of expanded clay. From 500 °C continuous decrease of compressive strength was observed for all of the three types of lightweight and normal weight concrete mixtures.

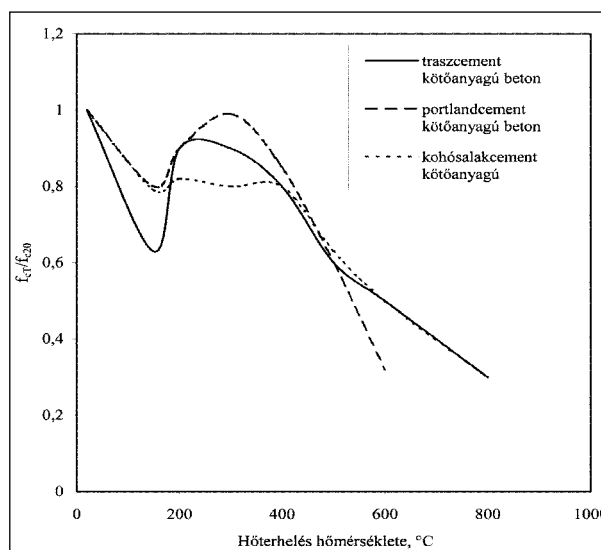
1. Bevezetés

Tűz esetén szükséges, hogy ismerjük a különböző építőanyagok magas hőmérséklet hatására való viselkedését, illetve szilárdságuk alakulását. A hőterhelés után végzett vizsgálatok ezért nagyon fontosak. A betonok magas hőmérséklettel szembeni viselkedését jelentős mértékben befolyásolja a cement típusa és a víz-cement tényező mellett az adalékanyagok fajtája is. Jelen kísérletsorozat során az adalékanyag típusának hatását vizsgáltuk. Három adalékanyag-fajtát választottunk, a kvarckavics mellett a könnyűbetonoknál a legelterjedtebben és a legnagyobb mennyiségben alkalmazott duzzasztott agyagkavicsot és a még újdonságnak számító, környezetvédelmi szempontból jelentős habüveget (duzzasztott üvegkavicsot) [1]. A magas hőmérséklet hatását 2 órás hőterhelést követően vizsgáltuk szobahőmérsékletre lehűlt állapotban szabványos próbatesteken. A vizsgálati program jelen fázisában elsősorban a nyomószilárdság változására koncentráltunk.

2. Magas hőmérséklet hatása a betonra és a könnyűbetonra

2.1. Magas hőmérséklet hatása a betonra

A hőmérséklet növekedésével a legtöbb építőanyag szilárdsági és merevségi jellemzői változnak, rendszerint csökkennek. A tűz hatására a betonban mind fizikai, mind kémiai változások mennek végbe, ami a jellemző paramétereinek csökkenését indokolja. A beton a lehűlés után sem nyeri vissza teljesen eredeti tulajdonságait. A hőmérséklet növekedésével a beton szilárdsági jellemzői romlanak (1. ábra).



1. ábra. A beton nyomószilárdsága a hőterhelés, majd szobahőmérsékletre való lehűlés után [3]

f_{cr} a beton nyomószilárdsága hőterhelés, majd lehűlés után; f_{c20} a beton nyomószilárdsága 20 °C-on

Residual compressive strength of concrete after the high temperature [3]
 f_{cr} compressive strength of concrete after high temperature; f_{c20} compressive strength of concrete at room temperature (20 °C)

A beton magasabb hőmérsékleten való viselkedését nagyban befolyásolják a felhasznált adalékanyagok [2].

A fizikai változások alapvetően két okra vezethetők vissza: a beton szerkezetének átalakulására és a magas hőmérsékletnek kitett betonfelület réteges leválására. A beton szerkezetének átalakulását a beton adalékanyagainak jelentős térfogat-növekedése okozza, amelyből a legjelentősebb a kvarc 573 °C-on való átkristályosodása, ami 5,7%-os térfogat-növekedéssel jár [4].

A betonfelületek réteges leválásának két oka lehet: vagy a betonból távozó pára lefeszíti a felületi rétegeket, vagy a beton már nem tudja a hőtágulásból származó újabb terheket felvenni, és lemorzsolódik, leválik [5].

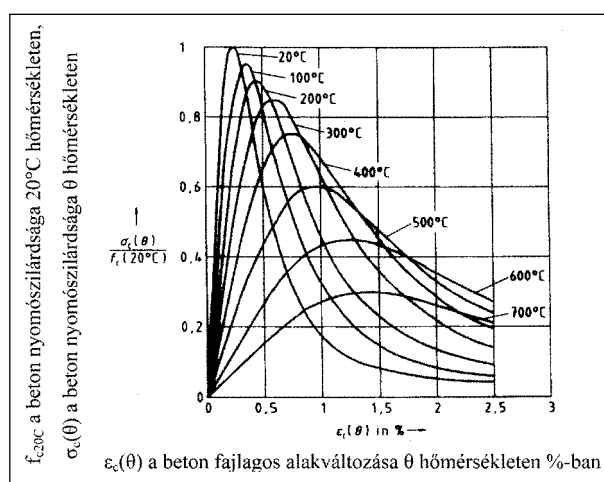
A beton kémiai átalakulása elsősorban a cementkőben játszódik le, a kalcium-hidrát dehidratálása, valamint a kalcium-karbonát felbomlása révén. A cementkő kémiai változásának szilárdságsökkentő hatása önmagában nem szokott a beton tönkremenetelében meghatározó szerepet játszani [6]. Erre utal, hogy eruptív, illetve könnyű adalékanyagok alkalmazása esetén a beton szilárdságsökkenése jóval magasabb hőmérsékleten következik be, mint a kvarckavics adalékanyagú betonok esetén.

A beton magas hőmérsékleten való viselkedése szempontjából fontos a beton hőtágulása is, mert tűz esetén a beton hőtágulása miatt nagy feszültségek vagy alakváltozások keletkezhetnek a szerkezeteinkben. A kvarckavics adalékanyagú betonok esetén a beton hőtágulása nagyjából 500 °C-ig azonos a betonacélaléval, de 573 °C felett a kvarc átkristályosodása miatt az alakváltozás nagyobb lesz. A mészkő adalékanyagú betonoknak kisebb a hőtágulása, a duzzasztott agyagkavics adalékanyagú betonoké még ennél is kisebb [7]. A beton hőtágulási együtthatója, pl. kvarckavics adalékanyag esetén $11,9 \cdot 10^{-6}$ 1/K-t, duzzasztott agyagkavics esetén $4,7 \cdot 10^{-6}$ 1/K-t, habüveg esetén $6,4 \cdot 10^{-6}$ 1/K-t mértünk [8]. Nemcsak a hővezetési tényező eltérő egyéb, nem kvarckavics adalékanyagok alkalmazásakor, hanem a könnyűbetonok hőszigetelő képessége is nagyobb [9], ami a szerkezet átmelegedését késlelteti, és így szintén kedvező tűzállóság szempontjából. A könnyűbetonok esetén további előny, hogy az adalékanyag porózus szerkezetű, és ezért a hőmérséklet emelkedése során a távozó pára számára van hely.

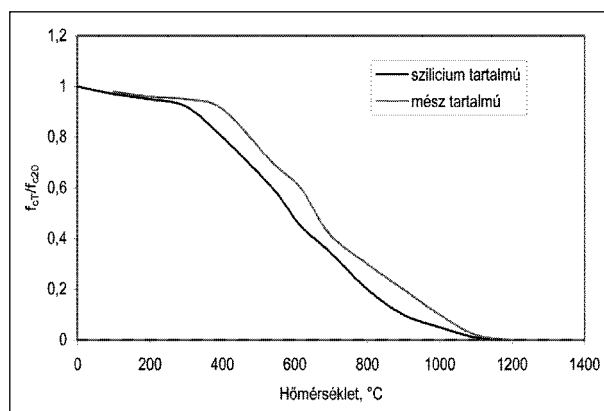
2.2. Magas hőmérséklet hatásának figyelembevétele a szabványokban

1995-ig volt érvényben az MSZ 595/86 [10], amely előírásokat tartalmazott az építmények tűzvédelmére vonatkozólag. Ez a szabvány előírta, hogy egy adott szerkezeti elem alkalmazása esetén milyen tűzállósági határértékeket kell teljesíteni; pl. 10 cm vastag, melegen hengerelt betonacélaléval készített, C10-C30-as vasbeton fal tűzállósági határértéke 2 óra. Ez a szabvány nem foglalkozott az épületek, építőanyagok tűzhatás utáni maradó szilárdságsökkenésével, csupán egy adott tűzterherhez tűzvédelmi osztályokat és minimális szerkezeti vastagságokat írt elő. Véleményünk szerint lényeges kérdés lehet az építőanyagok tűzhatás utáni maradó szilárdsága. Az építmények tűzhatás utáni használhatóságát, alkalmazhatóságát jelentősen befolyásolja, ezért a kísérleteink során ezt vizsgáltuk.

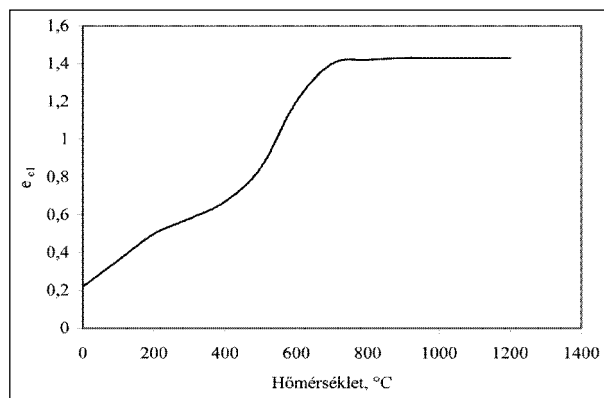
A magyar szabvány után 1995-ben jelent meg az európai előszabvány ENV 1992/1-2 (1995). Az ENV 1992/1-2 ábrái az adott hőmérsékletre vonatkozó szilárdságot és alakváltozást jellemzik (vagyis a tűzterhelés alatti vizsgál-



2. ábra. Egytengelyű nyomással terhelt szilíciumtartalmú adalékanyaggal készült beton feszültség-alak változásának összefüggései magas hőmérséklet esetén (ENV 1992/1-2:1995)
Stress-strain diagram of concrete made of silicium aggregate at high temperature



3a ábra. A nyomószilárdság szobahőmérsékletéhez viszonyított értékei magas hőmérséklet esetén (ENV 1992/1-2:1995); $f_{c,\theta}$ a beton nyomószilárdsága θ hőmérsékleten; $f_{c,20}$ a beton nyomószilárdsága 20 °C-on
Ratio of high temperature and room temperature compressive strength of concrete (ENV 1992/1-2:1995); $f_{c,\theta}$ compressive strength of concrete at θ °C; $f_{c,20}$ compressive strength of concrete at 20 °C



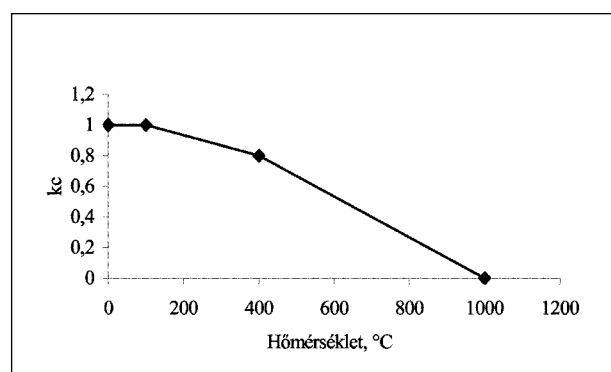
3b ábra. Az alakváltozás szobahőmérsékletéhez viszonyított értékei magas hőmérséklet estén (ENV 1992/1-2:1995); $\epsilon_c(\theta)$ a beton alakváltozása θ hőmérsékleten %-ban
Strain vs. temperature in case of high temperature (ENV 1992/1-2:1995); $\epsilon_c(\theta)$: strain of concrete at θ °C in percent

latra szolgálnak). Az ENV 1992/1-2 szabályozása szerint a beton feszültség-alakváltozás görbéi tartalmaznak egy olyan legnagyobb nyomószilárdságot (2. ábra), amely a hőmérséklet növekedésével folyamatosan növekvő alakváltozási értéknél következik be, és amelyet aztán egy leszálló ág követ. 600 °C felett jelentős szilárdságsökkenés figyelhető meg. A beton rugalmassági modulusa már 200 °C felett jelentősen lecsökken [11].

A 3a ábra a beton nyomószilárdságának relatív csökkenését mutatja a hőmérséklet függvényében. A 3b ábra a beton alakváltozásának növekedését mutatja.

A beton nyomószilárdságának karakterisztikus értékét a Θ hőmérséklet függvényében a $k_c(\Theta)$ tényezőjével kell csökkenteni (szilíciumtartalmú adalékanyagok esetén):

$$f_{ck}(\Theta) = k_c(\Theta) \cdot f_{ck}(20\text{ °C}) \quad (4. \text{ ábra}).$$



4. ábra. A szilíciumtartalmú adalékanyaggal készült beton nyomószilárdságának (f_{ck}) magas hőmérsékleten való csökkentéséhez alkalmazott k_c tényező (ENV 1992/1-2:1995) szerint
Reduction factor of compressive strength of normal weight concrete (k_c) according to ENV 1992/1-2:1995

3. Kísérleti program

A laboratóriumi vizsgálatainkat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén végeztük. A nyomószilárdság értékét szabványos 150 mm élhosszúságú kockákon határoztuk meg. A próbatesteket 1 napos korig sablonban, azt követően 7 napos korig víz alatt, majd a vizsgálatig laborlevegőn tároltuk. A próbatestek a hőterhelés időpontjában legalább 28, legfeljebb 40 naposak voltak. A nyomószilárdság-vizsgálat előtt a próbakockáinkat 2 órán át különböző hőmérsékletekre melegítettük fel: 50 °C, 150 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, ill. 800 °C-ra. A próbatesteket előmelegített kemencébe helyeztük, 2 órán át a megadott hőmérsékleten tartottuk, majd a szobahőmérsékletre való visszahűlésüket követően vizsgáltuk. Az azonos összetételű próbatesteket – a hőterhelés időpontjától függetlenül – azonos korban (pl. 33 naposan) vizsgáltuk. Etalonként minden összetételből vizsgáltunk laborhőmérsékleten (20 °C-on) tárolt próbatesteket is azonos korban. A betonkockák nyomószilárdság-vizsgálatát erővezérelten működő „Amsler” típusú

törőgépen végeztük. A könnyűbetonhoz három különböző adalékanyagot alkalmaztunk, melyeknek jellemzőit az 1. táblázatban tüntettük fel.

A betonösszetételeket 2-4. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

A könnyűbetonhoz alkalmazott adalékanyagok jellemzői Properties of aggregates for lightweight concrete

	Égetési hőmérséklet, °C	Szemcsetestsűrűség, ρ_s , kg/m ³	Szemcseméret, mm	Vízfelvétel, m%
Duzzasztott agyagkavics	1200	830	4/8	36
Habüveg 4/6	810	1152	4/6	0,9
Habüveg 8/10	810	800	8/10	1

2. táblázat

Habüveg adalékanyagú könnyűbeton összetétele Mixture of lightweight concrete made of expanded glass aggregate

Cement	700 kg/m ³
Víz	243 kg/m ³
Természetes folyami homok (0/4 mm)	823 kg/m ³
Habüveg 4/6 mm	83 kg/m ³
Habüveg 8/10 mm	120 kg/m ³

3. táblázat

Duzzasztott agyagkavics adalékanyagú könnyűbeton összetétele Mixture of lightweight concrete made of expanded clay aggregate

Cement	700 kg/m ³
Víz	245 kg/m ³
Természetes folyami homok (0/4 mm)	823 kg/m ³
Duzzasztott agyagkavics 4/8 mm	173 kg/m ³

4. táblázat

Kvarckavics adalékanyagú beton összetétele Mixture of normal weight concrete (made of quartz gravel)

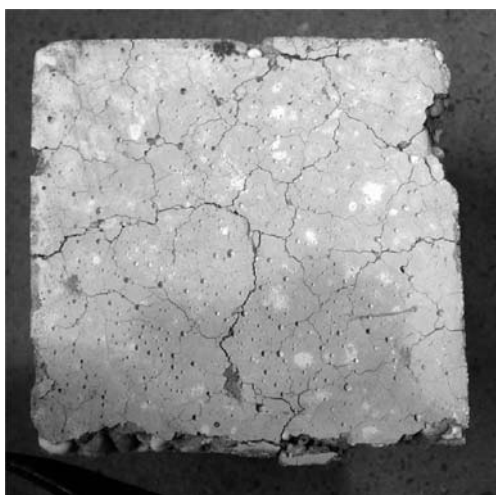
Cement	350 kg/m ³
Víz	150 kg/m ³
Természetes folyami homok (0/4 mm)	895 kg/m ³
Kavics 4/8 mm	475 kg/m ³
Kavics 8/16 mm	533 kg/m ³

A könnyűbetonok esetén a relatív nagy cementtartalom alkalmazását a kívánt szilárdság elérése indokolta. A magas hőmérsékleten az eltérő cementtartalomnak is lehet hatása, ezért ez majd további részletes vizsgálatokat igényel. További kísérleteink során vizsgálni szeretnénk, hogy a cementtartalom milyen mértékben befolyásolja a kvarckavics adalékanyagú, illetve könnyű adalékanyagú

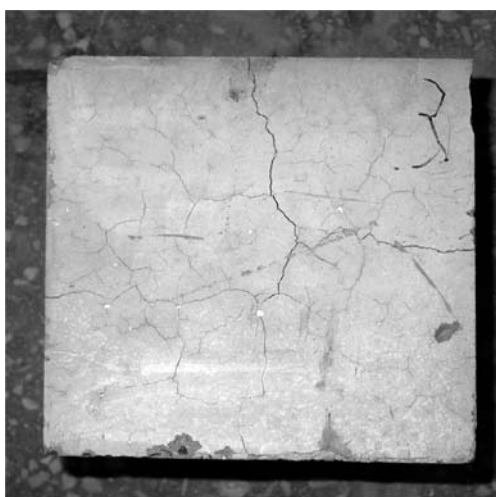
betonok magas hőmérsékleten való viselkedést. A cement minden esetben tiszta portlandcement (CEM I 42,5 N) volt, ami nem kifejezetten tűzálló betonokhoz ajánlott cementtípus. A kísérlet során alkalmazott adalékanyagok egyike sem kifejezetten tűzálló betonokhoz ajánlott adalékanyag.

4. Kísérleti eredményeink

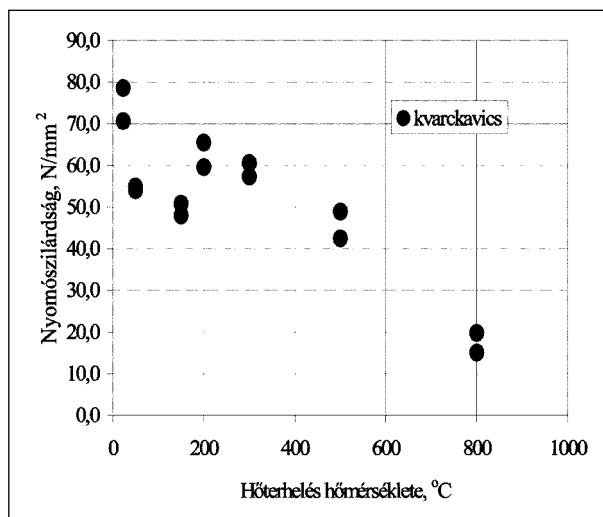
A hőterhelést követően szemrevételezéssel is számottevő különbséget lehetett megállapítani a különböző adalékanyagú betonok felületén. A közönséges beton felületén lényegesen több repedés keletkezett, mint a duzzasztott agyagkavics adalékanyagú betonén (5. és 6. ábra). A duzzasztott agyagkavics előnye a szilárdsági vizsgálatok



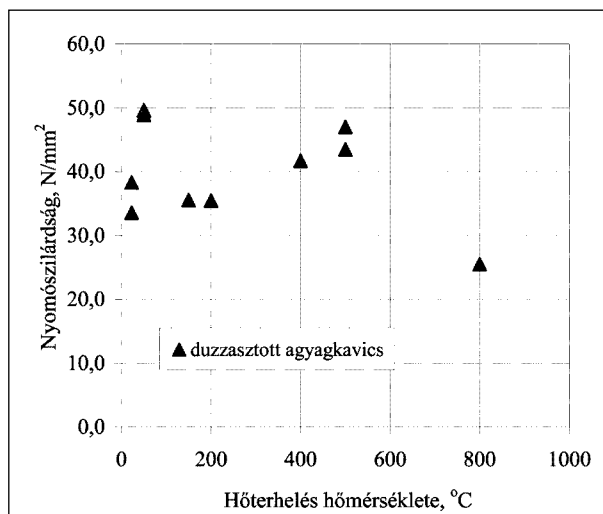
5. ábra. Közönséges beton felülete 2 órán tartó 800 °C-os hőterhelést követően
Surface of normal weight concrete after two hours heating at 800 °C



6. ábra. Duzzasztott agyagkavics adalékanyagú beton felülete 2 órán át tartó 800 °C-os hőterhelést követően
Surface of lightweight concrete with exp. clay aggregate after two hours heating at 800 °C



7. ábra. A hőterhelés után szobahőmérsékleten mért nyomószilárdság alakulása kvarckavics adalékanyagú beton esetén (egyedi értékek)
Residual compressive strength of normal weight concrete after heating (individual values)



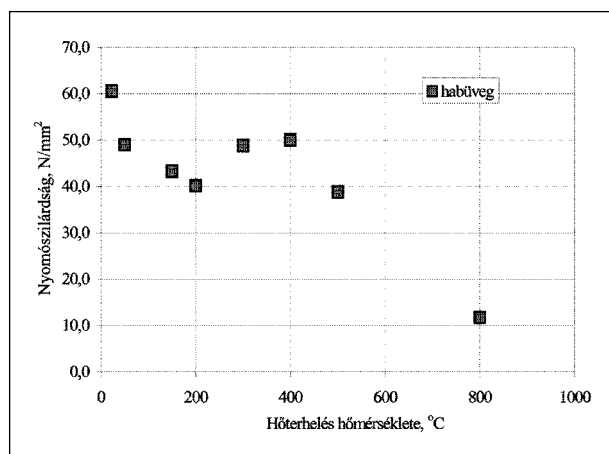
8. ábra. A hőterhelés után szobahőmérsékleten mért nyomószilárdság alakulása duzzasztott agyagkavics adalékanyagú könnyűbeton esetén (egyedi értékek)
Residual compressive strength of lightweight concrete with expanded clay aggregate after heating (individual values)

során is megmutatkozott. A beton szilárdsága kvarckavics adalékanyag alkalmazása esetén a hőterhelés következtében (50–150 °C) közötti tartományban a hőmérséklet növekedésével egyértelműen csökkent. 200 °C-on volt egy lokális maximuma, ami az adalékanyag és a cementkő különböző hőtágulási együtthatójával magyarázható [12]. Ha a hőmérséklet 200 °C fölött volt, akkor a beton szilárdsága csökkent (7. ábra).

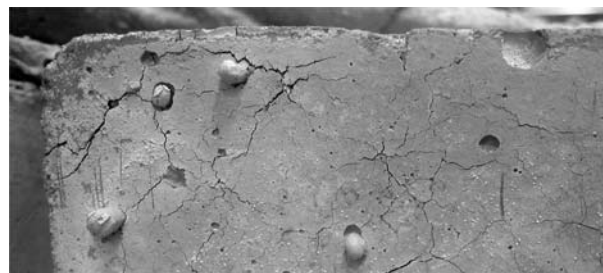
Duzzasztott agyagkavics adalékanyagot alkalmazva eltért a közönséges betonétól a nyomószilárdság alakulása a hőmérséklet függvényében (8. ábra). A szobahőmérsékleten mért szilárdsághoz képest nagyobb szilárdságot mértünk az 50 °C-os hőterhelést követően. Ez az adalék-

anyag nagy vízfelvévő képességével magyarázható. 50 °C-on az adalékanyagban tárolt víz elpárolgása a beton nyomószilárdságát növelte. Ez a különbség „öregebb” betonok esetén kisebb, hiszen a szerkezetnek volt ideje kiszáradni. 200 °C-on egy lokális minimum van, majd ezt követően 500 °C-ig figyelhető meg kismértékű szilárdságnövekedés. Ez megközelíti az 50 °C-on mért szilárdságot. A 600 °C feletti jelentős szilárdságsökkenés a habarcs kvarchomoktartalmával magyarázható. A kezdeti, illetve a maximális szilárdság és a 800 °C-ig mért szilárdság aránya lényegesen kedvezőbb a közönséges betonhoz képest. Ezt elsősorban az adalékanyag nagy porozitásával (67%) és nyitott pórusszerkezetével indokolhatjuk. A beton jelentős szilárdságsökkenése az 500 °C feletti tartományban figyelhető meg, ami részben a kvarc átkristályosodásával magyarázható, mivel a homokfrakció (< 4 mm) minden összetétel esetén kvarchomok volt.

A habüveg adalékanyagú beton, hasonlóan a kvarckavics adalékanyagoshoz, kezdeti szilárdságsökkenést mutatott 200 °C-ig, a hőterhelést majd a lehűtést követően egy átmeneti szilárdságnövekedést figyelhattunk meg kb. 400 °C-ig. Ez kedvezőbb volt, mint a közönséges betoné, ahol már 200 °C-ot követően csökkent a szilárdság. A vizsgálataink során azt észleltük, hogy 800 °C-on az habüveg tovább duzzadt, és a beton felületén kifolyt (9. ábra). Ezt a habüveg gyártástechnológiája okozza, amely során nem a maximális, lehetséges méretre duzzasztották az adalékanyagot, és a 800 °C pedig nagyjából megegyezik a gyártás során alkalmazott duzzasztási hőmérséklettel (lásd 4. táblázat). Az alkalmazott habüveg adalékanyag vízfelvétele 1 tömegszázalék alatti, ezért a kiszáradást követően (50 °C) nem következett be a duzzasztott agyagkavics esetén észlelt szilárdságnövekedés. Az adalékanyag zárt pórus szerkezete miatt itt az adalékanyag nagy porozitása nem játszott szerepet a távozó vízgőz szempontjából. A kvarckavics adalékanyagú beton szilárdságsökkenését 800 °C-on csak 10%-kal haladta meg (10. ábra).

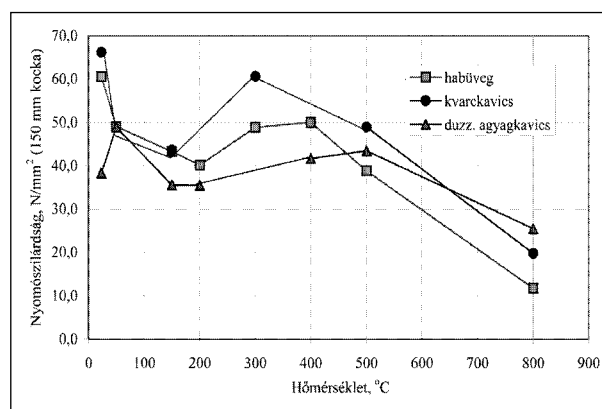


9. ábra. A hőterhelés után szobahőmérsékleten mért nyomószilárdság alakulása habüveg adalékanyagú könnyűbeton esetén (egyedi értékek)
Residual compressive strength of lightweight concrete with expanded glass aggregate after heating (individual values)

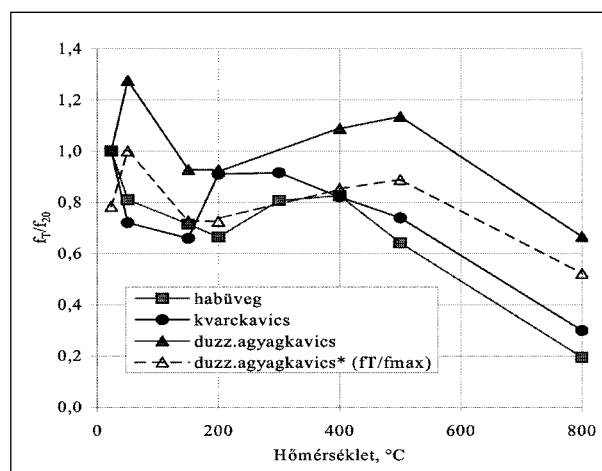


10. ábra. Habüveg adalékanyagos beton 2 órán át tartó 800 °C-os hőterhelést követően
Surface of lightweight concrete with expanded glass aggregate after two hours heating at 800 °C

Az előbb elemzett betonösszetételek nyomószilárdság-értékeit a 11. ábrán is feltüntettük. Az ábrán jól látszik, hogy a betonok szilárdsága 50 °C-on azonos volt, majd az adalékanyagtól függően eltérő tendenciát mutattak.



11. ábra. A nyomószilárdság alakulása a különböző összetételű betonok esetén hőmérséklet hatására a laborhőmérsékleten (20 °C) mérve
Change of compressive strength after heating at room temperature (20 °C) measured in case of concrete with different aggregates



12. ábra. A kvarckavics, a habüveg és a duzzasztott agyagkavics adalékanyagú betonok nyomószilárdságának változása hőmérséklet hatására a laborhőmérsékleten (20 °C) mért nyomószilárdsághoz képest (átlag értékek), illetve a *-gal jelölt helyen a maximális szilárdság függvényeként
Change of ratio of residual compressive strength after heating at room temperature (20 °C) measured in case of concrete with different aggregates

A jobb összehasonlíthatóság érdekében az eredményeket megadjuk a szobahőmérsékletre vonatkoztatott szilárdsággal (minden betonösszetételre) egy diagramban ábrázolva (12. ábra). A duzzasztott agyagkavics esetén nem a szobahőmérsékletre tartozik a maximális szilárdság, ezért itt a maximális szilárdsághoz (50 °C) tartozóan is meghatároztuk az arányokat, és ezt szaggatott vonallal jelöltük.

5. Kísérleti eredmények összefoglalása

Laboratóriumi kísérleteket végeztünk a könnyűbetonok hőterhelés utáni nyomószilárdságának meghatározására. A nyomószilárdság vizsgálata során a közönséges betonok kavicsfrakcióját (> 4 mm átmérőjű szemcsék) helyettesítettük könnyű adalékanyaggal (duzzasztott agyagkavics, habüveg) a tűzállóság fokozásának érdekében. A vizsgált összetételek a könnyű adalékanyagok esetén (habüveg, duzzasztott agyagkavics) gyakorlatilag csak az adalékanyag anyagában tértek el egymástól. A betonkeverék összetételének megtervezésekor fő célunk a közel azonos szilárdság elérése volt. A könnyű adalékanyagokon kívül semmilyen tűzállóságot fokozó összetevőt nem alkalmaztunk.

A kvarckavics adalékanyag alkalmazása esetén a nyomószilárdság 50–150 °C közötti tartományban csökkent, 200 °C-on lokális maximum adódott. 300 °C fölött a beton szilárdsága csökkent. 800 °C-os hőterhelést követően a szobahőmérsékleten mért maradé nyomószilárdság csak mintegy 30% volt.

A duzzasztott agyagkavics szobahőmérsékleten mért szilárdságához képest nagyobb szilárdságot mértünk az 50 °C-os hőterhelést követően. Ezt a beton kiszáradása magyarázhatja, hiszen a beton szobahőmérsékleten mért víztartalma 4% volt. 50 °C-on az adalékanyagban tárolt víz párolgása a beton nyomószilárdságát növelte. 200 °C-on szintén lokális minimum adódott, majd ezt követően 500 °C-ig figyelhető meg egy kismértékű szilárdságnövekedés, ami megközelíti az 50 °C-on mért szilárdságot. 600 °C feletti szilárdságsökkenés szintén a habarcs kvarchomoktartalmával magyarázható. A kezdeti, illetve a maximális szilárdság és a 800 °C-ig mért szilárdság aránya lényegesen kedvezőbb, mint a közönséges betoné. A duzzasztott agyagkavics nyitott pórusszerkezetének és nagy porozitásának köszönhetően a beton 800 °C-on mért nyomószilárdsága 65%-a volt a maximális szilárdságnak (50 °C), ami kedvező.

A habüveg adalékanyagú beton, hasonlóan a kvarckavics adalékanyagoshoz, kezdeti szilárdságsökkenést mutat 200 °C-ig, a hőterhelést, majd a lehűtést követően kb. 400 °C-ig egy átmeneti szilárdságnövekedést figyelhetünk meg. Ez kedvezőbb, mint a közönséges betoné, ahol már 200 °C-ot követően csökkent a szilárdság. A vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy 800 °C-on a habüveg tovább duzzadt, és a beton felületén kifolyt. 800 °C-on a kvarckavics adalékanyagú beton szilárdságsökkenését mintegy 10%-kal haladta meg.

Az adalékanyag típusától függetlenül a hőterhelést követően szobahőmérsékletre visszahűtött állapotban, 150 °C körül lokális minimumérték figyelhető meg, amit kvarckavicsnál 200 °C-ig, habüvegnél 400 °C-ig, duzzasztott agyagkavicsnál 500 °C-ig szilárdságnövekedés követett. 500 °C felett minden esetben szilárdságsökkenést tapasztalunk, amit a kvarchomok használata magyaráz, és a későbbiekben további vizsgálatot igényel.

A kísérleteink alapján új kutatási irányok is kijelölhetők, ahol a cementtartalom, az adalékanyag vízfelvétele és mennyisége is változóként szerepel, és ezzel kiegészíthetők jelen eredmények.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a Geofil Kft.-nek a kísérletekhez szükséges habüveg adalékanyag, a Liabau Kft.-nek a duzzasztott agyagkavics adalékanyag és a Duna-Dráva Cement Kft.-nek a cement biztosításáért.

Irodalom

- [1] Hoffmann L. – Józsa Zs. – Nemes R.: Üveghulladékból könnyűbeton adalékanyag – Geofil-Bubbles – felhasználási lehetőségei. Építőanyagok, Budapest, 2003/1.
- [2] Schneider U. – Lebeda Ch.: Baulicher Brandschutz. Verlag von Kohlhammer, 2000.
- [3] Schneider U.: Properties of Materials at High Temperatures – Concrete RILEM Publ., 2nd Edition, Gesamthochschule Kassel – Universität Kassel, 1986.
- [4] Schneider U. – Diederichs U. – Weiß R.: Hochtemperaturverhalten vom Festbeton. SBF 148 Brandverhalten von Bauteilen, Teilprojekt B 3, Arbeitsbericht 1975-77, Teil 2 Braunschweig.
- [5] Hoj, N. P.: Keep concrete attractive – Fire design of concrete structures, Proceeding of fib Symposium Keep Concrete Attractive, Eds.: Balázs, L. Gy., Borosnyói, A., 23–25 May 2005, Budapest, Hungary.
- [6] Mészáros Gy.: Tartószerkezetek tűzállósági méretezése, 1990. Szakterületi tájékoztató adatgyűjtemény (ÉMI), Budapest.
- [7] Schneider U.: Verhalten vom Beton bei hohen Temperaturen. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 337, Verlag W, Ernst & Sohn, Berlin, 1982.
- [8] Nemes R.: Hulladékok felhasználásával készült könnyűbetonok zsugorodása. Anyagvizsgálók Lapja, 2004/1.
- [9] Nemes R.: Habüveg adalékanyagok könnyűbetonok, PhD-értekezés, BME, Budapest, 2006.
- [10] MSZ 595/1-7/86 Építmények tűzvédelme (1986).
- [11] ENV 1992 –1-2 Betonszerkezetek tervezése (1995).
- [12] Hinrichsmeyer, K.: Strukturorientierte Analyse und Modellbeschreibung der thermischen Schädigung von Beton, IBMB, Braunschweig, 1989.

A BME Építőmérnöki Kar Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke,
az MTA Építészettudományi Bizottsága,
a KTE Mérnöki Szerkezetek Szakosztálya,
az SZTE Beton Szakosztálya szervezésében
ünnepi ülést tartanak
Dr. Balázs György ny. egyetemi tanár
80. születésnapja tiszteletére
június 26-án 14 órakor
a Műegyetem dísztermében.

Az érdeklődőket szeretettel várják a szervezők.
Telefon: 1/463-3454, e-mail: zsjozsa@epito.bme.hu.