

Hőmérséklet hatása a polimerbeton mechanikai tulajdonságaira

NÉMETH ORSOLYA ILONA ■ BME Hidak és Szerkezetek Tanszék ■ nemethorsolyailona@gmail.com
MAJOROSNÉ LUBLÓY ÉVA ■ BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék ■ lubeva@web.de
FARKAS GYÖRGY ■ BME Hidak és Szerkezetek Tanszék ■ farkas@vbt.bme.hu

Érkezett: 2012. 02. 13. ■ Received: 13. 02. 2012. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2012.11>

The effect of thermal load in mechanical properties of a polymer concrete

The polymer concrete is defined as a concrete in which the binding material is some kind of polymer. Consequently, the mechanical properties and the possible applications are essentially influenced by the change of temperature and the load caused by fire. In our study we introduce the changes caused by thermal load in mechanical properties of a polymer concrete having given composition. During the tests, we subjected the polymer concrete specimen of given composition to load in four stages (20 °C, 100 °C, 200 °C, 300 °C), then we determined the residual flexural strength, compression strength and modulus of elasticity. The changes occurring as a result of thermal load were compared to the measured strength values of the traditional concrete.

Keywords: polymer concrete, thermal load, fire-resisting

Kulcsszavak: polimerbeton, hőterhelés, tűzállóság

1. Bevezetés

A polimerbeton olyan kompozit anyag, melynek fő összetevői a polimer, mint kötőanyag (hőre lágyuló vagy hőre keményedő) és az adalékanyag (általában kvarckavics). A kompozit vizet és hidrátált cementet nem tartalmaz.

A polimerbetonok a receptúrától függően egyedülálló tulajdonságokkal rendelkeznek. Szerkezeti alkalmazás esetében a polimerbetonok a szilárdságuk, merevségük, tartósságuk miatt jelentős előnnyel rendelkeznek az egyéb alternatívákkal szemben. További előnye lehet a gyors szilárdulás, a kis vízáteresztő képesség és a nagyfokú kémiai ellenálló képesség.

Az alkalmazási lehetőségek és a teljesítőképesség függ az adott kötőanyagtól és az adalékanyagtól, valamint annak szemeloszlásától. Felhasználási területe nagyon széles, például:

1. Hagyományos cementbeton felületek javítóanyaga;
2. Csúszásálló védőburkolat és kopófelület kialakítása betonon;
3. Szerkezeti és dekorációs panelek;
4. Szennyvízcövek, földalatti szerelvények, aknák és folyókák anyaga.

Mindezek miatt a különböző szilárdsági tulajdonságok megismerése nagyon fontos. A kutatás célja a polimerbetonok magas hőmérsékleten való viselkedésének vizsgálata.

2. Polimerbeton tűzállósága

A polimerbeton kötőanyaga szerves anyagokból áll össze, melyek hővel szembeni ellenállása jóval kisebb, mint a szervesetlen anyagoké (pl. kő, cement és fém). Magas hőmérséklet hatására a polimerbetonok szilárdságuk nagy részét gyorsan elvesztik, mivel a hőmérséklet hatására a gyanta degradálódása és végső soron szilárdságvesztése következik be [1].

A polimer betonek fizikai tulajdonságai már kis hőmérséklet-emelkedés hatására is hirtelen változást mutatnak. Azt a hőmérsékletet, ahol a polimer a rideg, üvegszerű állapotból egy sokkal rugalmasabb, plasztikus állapotba megy át, üvegesedési

hőmérsékletnek nevezik (T_g). Az üvegesedési hőmérséklet széles skálán mozoghat és végleges állapotban a polimer molekuláris struktúrájától függ. A polimerbetonokban általában felhasznált polimer üvegesedési hőmérséklete 10–200°C-ig terjed. Az üzemi hőmérsékletnek való ellenállást a használt polimer biztosítja [2].

Néhány gyanta tulajdonságai drámaian megváltoznak, ha a hőmérséklet eléri, megközelíti vagy meghaladja a gyanta lágyulási hőmérsékletét (HDT – heat distortion temperature). Ezen a hőmérsékleten a gyanta puhulni, teher hatására deformálódni, esetleg folyni kezd. A polimerbeton előállításakor a várható szilárdsági értékeket a várt üzemi hőmérsékletnél alacsonyabb és magasabb hőmérsékletre is meg kell adni. Szerkezeti alkalmazás esetén a várható legmagasabb külső hőmérsékletnek a lágyulási hőmérséklet alatt kell lennie. Amennyiben a teljesítmény magasabb hőmérséklet mellett is elvárható, akkor a várható hőmérsékletet is magába foglaló hőmérséklet-tartományban való részletes vizsgálat javasolt [2]. Ezért fontosnak érezzük a polimerbetonok emelkedett és magas hőmérsékleten való vizsgálatát.

A polimerbeton keverékek nem ellenállóak a tűzzel szemben, amennyiben gyantatartalmuk 10% vagy annál nagyobb. A legtöbb 10%-nál nagyobb gyantatartalmú polimerbeton tűz gátló adalékot igényel, amennyiben a gyúlékonyság megakadályozása elvárásként merül fel [2]. Ettől természetesen a tűzzel szemben még nem lesz ellenálló az adott polimerbeton.

3. Alkalmazott anyagok

A polimerbetonok tulajdonságait elsősorban a receptúra összetétele, a kötőanyag típusa és mennyisége befolyásolja. A vizsgálatok során használt polimerbeton összetételét, illetve a referenciaként bemutatott cement kötőanyagú betonok összetételét [3] az 1. táblázat tartalmazza. A továbbiakban „polimerbeton” alatt a táblázatban megadott összetételű kompozit anyag értendő.

NÉMETH Orsolya

Okl. építőmérnök (BME Építőmérnöki Kar 2010), BME Hidak és Szerkezetek Tanszék doktorandusza. Fő érdeklődési területei: polimerbeton tulajdonságai és felhasználása. A *fib* Magyar Tagozat tagja.

Dr. LUBLÓY Éva

(1976) okl. építőmérnök (BME Építőmérnöki kar 2002), adjunktus a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén (2002). Fő érdeklődési területei: vasbetonszerkezetek viselkedése tűz hatására, tűzkárok mérnöki tanulságai. A *fib* Magyar Tagozat tagja.

Dr. FARKAS György

Okl. építőmérnök (1971), egyetemi tanár a BME Hidak és Szerkezetek Tanszékén (2000). A *fib* Magyar Tagozat tanácsadó testület elnöke, MMK elnökség tagja, Magyar Mérnökakadémia tagja. Fő érdeklődési területei: vasbetonszerkezetek, feszített vasbetonszerkezetek.

„UP” polimerbeton		Cement beton	
		Mix 1 (kg/m ³)	Mix 2 (kg/m ³)
Kötőanyag	16% POLIMAL 144-01 telítetlen poliészter	350 cement	445 cement
Víz	0	151	144
Adalékanyag 0–2 mm	38% osztályozott szárított kvarc kavics	912	818
Adalékanyag 2–4 mm	38% osztályozott kvarc homok		
Adalékanyag 4–8 mm	0	485	363
Adalékanyag 8–16 mm	0	544	636
Egyéb összetevők	3% Trigonox 44 B katalizátor	1,4 képlékenyítő	8,9 képlékenyítő
	CO-1 Cobalt iniciátor		
	5% Calcium-Carbonate		

1. táblázat Az alkalmazott betonösszetétel
Table 1. The components of the concretes

4. Kísérleti módszerek és eredmények

4.1 Derivatográfias mérés

A derivatográfus mérés egy szimultán termoanalitikai módszer, mely egyidejűleg hoz létre TG (termogravimetriás), DTA (differenciál termoanalízis) és DTG (derivatív termogravimetriás) jelet. A minta kis mennyiségét megporítva, inert anyagú (korund vagy platina) tégelybe helyeztük, kemencetérben egyenletes felfűtési sebességgel (ún. dinamikus üzemmódban) kiizzítottuk. Eközben analitikai mérleg mérte a minta tömegében bekövetkező változásokat (TG-görbe), valamint termoelemek mérték a mintában bekövetkező entalpiaváltozásokat egy inert anyag kemencetérbeli hőmérsékletéhez képest (DTA-görbe). A TG-görbe első deriváltját, a DTG-görbét analóg módon állítja elő a készülék, mely a tömegváltozással járó folyamatok helyét és mértékét határozza meg a hőmérséklet skálán. A fenti három görbét, valamint a hőmérséklet (T °C) jelet is tartalmazó, mérési idő (t min) függvényében felvett vizsgálati eredményt derivatogramnak nevezünk. A derivatogram megjeleníthető a hőmérséklet (T °C) függvényében is [4].

A mérésekhez a Derivatograph Q-1500 D készüléket használtuk (1. ábra). A derivatográfias mérés paraméterei a következők voltak:

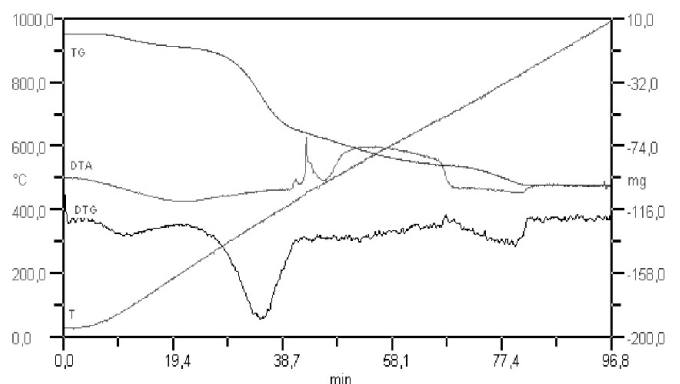
- referencia anyag: alumíniumoxid,
- felfűtési sebesség: 10 °C/perc,
- hőmérsékleti tartomány: 20–1000 °C,
- bemért mintatömeg: 200 mg,
- TG-érzékenység: 50 mg,
- korund tégely.

A derivatográfus vizsgálat eredményei a 2. ábrán láthatók. A DTA-és DTG-görbékről leolvasható, hogy a polimerbeton kötőanyaga 200 °C és 450 °C között lágyulási folyamaton

meg keresztül, részben hőbomlást (pirolízist) szenved, illetve ég. A jelenség tömegváltozással zajlik le. A folyamatokat a polimerbeton kis mennyiségű kalcium-karbonát tartalmának hőbomlása zárja le, mely 680 °C és 860 °C megy végbe.



1. ábra A derivatográf
Fig. 1. The Derivatograph



2. ábra A polimerbetonról készült derivatogram
Fig. 2. The derivatogram about the polymer concrete

4.2 Tűzállósági vizsgálat

A magas hőmérsékleten történő, illetve a hőhatás utáni vizsgálatoknál lényeges kérdés a hőterhelés sebessége és módja. Irodalmi, illetve szabványban rögzített adatok alapján többféle tűzgörbét alkalmaznak a kísérletek során. Jelen esetben a magasépítési épületekre, csarnokokra alkalmazható tűzgörbéhez közeli felfűtési görbét használtunk. A vizsgálatokat közvetlen



3. ábra A próbatetek égése
Fig. 3. The burning of the test pieces

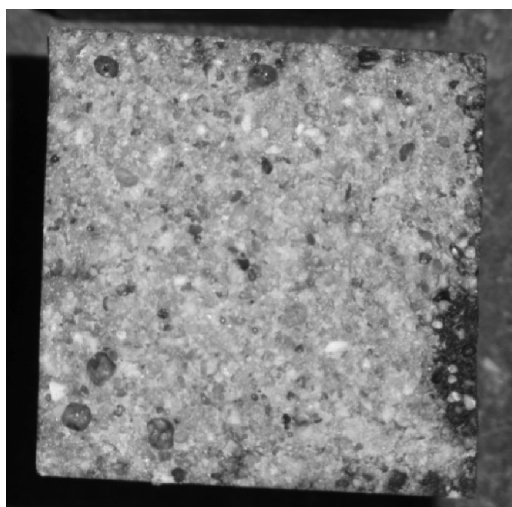
lángthatás alkalmazása nélkül végeztük el. A próbatetek szilárdságát lehűlés után szobahőmérsékleten vizsgáltuk.

4.2.1 Szemrevételezés

A hőterhelés után a próbateteket szemrevételeztük.

400 °C-os hőterhelés alatt a próbatetek gyújtóhatás nélkül meggyulladtak és a szabadban tovább égtek (3. ábra), amíg el nem szenesedtek. Ez a viselkedés hasonlít a fához, azonban, ha a fát a kemencéből kivesszük, akkor a szabadban egy idő után magától elalszik. Ezt a viselkedést a kialakuló elszenesedett rétegnek köszönhetjük. A műanyag kötőanyagú beton esetén a műanyag égése elegendő energiát biztosít az égés fennmaradásához.

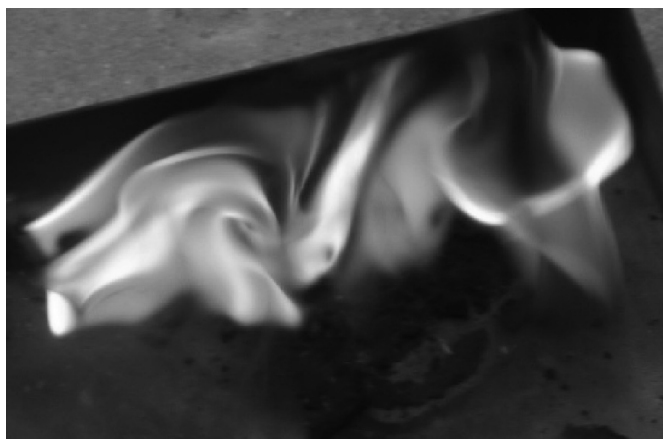
200 °C, illetve 300 °C-os hőterhelés hatására a külső réteg elszíneződött a fához hasonlóan. A belső réteg elszíneződése a két órás hőterhelés során nem következett be (4. ábra).



4. ábra A külső réteg elszíneződése
Fig. 4. The discoloration of the coat

4.2.2 Nyomószilárdság vizsgálat

A próbakockák él hosszúsága – figyelembe véve az adalékanyag maximális szemnagyságát és a szabvány előírásait – 150 mm volt. A próbakockákat hőterhelés, majd lehűlés után ALPHA 3-3000S típusú törőgépen törtük el. Az alkalmazott

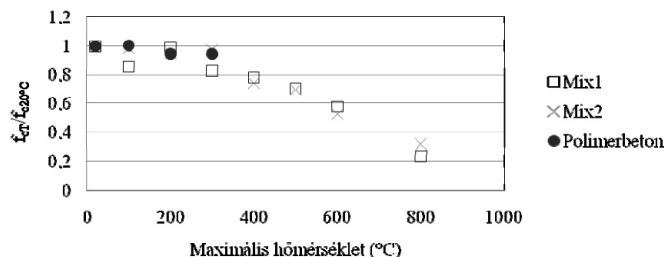


hőlépcsők 20 °C, 100 °C, 200 °C és 300 °C voltak. A törőgép terhelési sebessége 11,4 kN/s volt.

20 °C-on a következő nyomószilárdságokat mértük: Mix1 64 N/mm², Mix2 89 N/mm², Polimerbeton: 98,7 N/mm².

A nyomószilárdság relatív maradó értékeit az 5. ábrán adjuk meg. Az 5. ábra alapján megállapíthatjuk, hogy:

- a polimerbeton szilárdságcsökkenésének mértéke nem haladja meg 300 °C-os hőterhelésig a vele megegyező szilárdságú beton szilárdságcsökkenését;
- 300 °C-nál a szilárdságcsökkenés mértéke az alacsonyabb szilárdságú beton (Mix1) esetén nagyobb volt, mint a polimerbeton esetén;
- 300 °C felett a polimerbeton nagy lánggal égett egészen addig, míg el nem szenesedett, gyakorlatilag a szilárdsága 0 N/mm²-nek tekinthető.



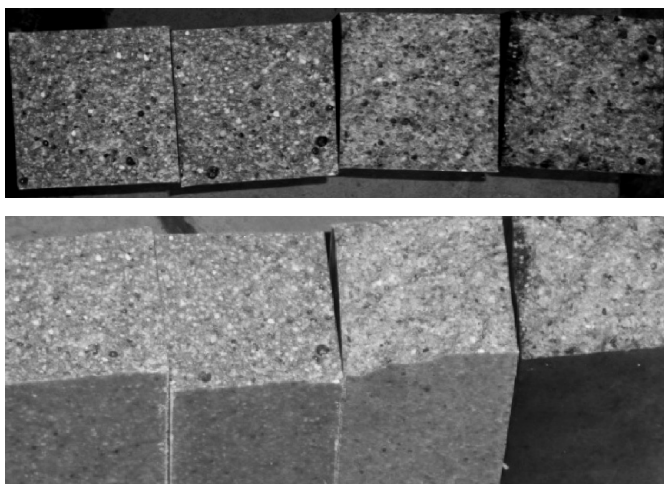
5. ábra A relatív maradó nyomószilárdság alakulása a hőmérséklet függvényében [3] (minden pont 3 mérési eredmény átlaga)

Fig. 5. The relative residual values of the compressive strength depend on temperature [3] (all point is an average of three measurement results)

4.2.3 Hajlító-húzószilárdság vizsgálat

A hajlító-húzószilárdságot 70×70×250 mm-es hasábokon mértük. A hasábokat hőterhelés, majd lehűlés után hárompontos hajlító-húzószilárdság vizsgálat során a szabványos VPM géppel 11,4 kN/s sebességgel tönkremenetelig terheltek. A támaszok távolsága 200 mm volt. A polimerbeton hajlító-húzószilárdságának értéke szobahőmérsékleten 28,5 N/mm². A törési felületről fényképet készítettünk minden eltört próbatest esetén.

A 6. ábrán a próbateteket láthatjuk a hőterhelés és törés után. Jól látszik, hogy a 200 °C, illetve 300 °C-os hőterhelés hatására a próbatetek elszíneződtek. A hőmérséklet emelke-

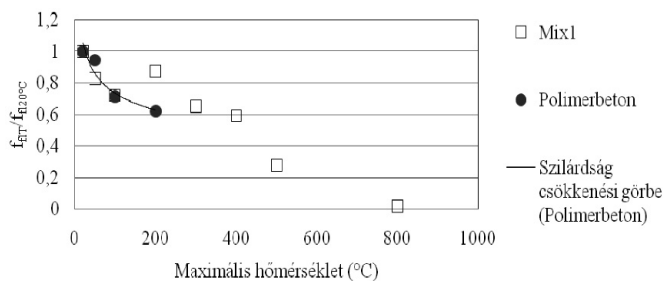


6. ábra A polimerbeton próbatetek hajlításra való tönkremenetele
Fig. 6. The test pieces after the flexural strength test

désének hatására a próbatetek elszíneződésének mértéke is változott, egyre sötétebbek lettek, ami a polimer kémiai átalakulására utal.

A hajlító-húzó szilárdság relatív maradó értékeit a 7. ábrán adjuk meg. A 7. ábra alapján megállapíthatjuk, hogy:

- a polimerbeton hajlító-húzószilárdság-csökkenésének mértéke nagyobb mint a nyomószilárdság-csökkenés mértéke, hasonlóan a betonéhoz;
- a polimerbeton hajlító-húzószilárdság-csökkenésének mértéke meghaladja 300 °C-os hőterhelésig a beton szilárdságcsökkenését.



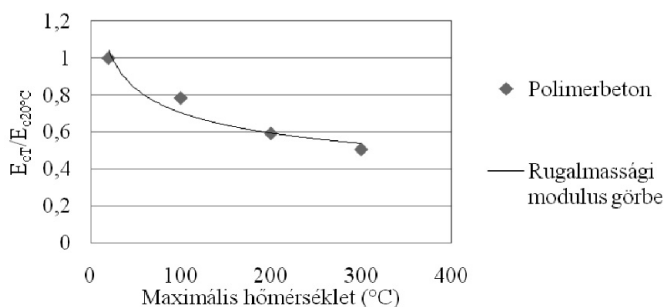
7. ábra A relatív maradó hajlító-húzószilárdság a hőmérséklet függvényében
Fig. 7. The relative residual values of the flexural strength depend on temperature

4.2.4 Rugalmassági modulus vizsgálata

70×70×350 mm-es hasábokon végeztük a rugalmassági modulus értékének meghatározását. A hasábokat a korábban már ismertett lépcsők szerint hőterheltük, majd lehűlés után a várható törőerő harmadáig terheltük és rögzítettük az erőelmozdulás értékpárokkal. Az ezekből számított relatív maradó rugalmassági modulus értékeit a 8. ábrán mutatjuk be. A rugalmassági modulus értéke szobahőmérsékleten 19400 N/mm².

A 8. ábra alapján megállapíthatjuk, hogy:

- a polimerbeton rugalmassági modulus csökkenésének mértéke nagyobb, mint a nyomószilárdság csökkenés mértéke, hasonlóan a betonéhoz;
- a polimerbeton hajlító-húzószilárdság-csökkenésének és a rugalmassági modulus csökkenésnek tendenciája hasonló.



8. ábra A relatív maradó rugalmassági modulus a hőmérséklet függvényében
Fig. 8. The relative residual values of the modulus of elasticity depend on temperature

5. Összefoglalás

A jelen cikkben a polimerbetonok magas hőmérsékleten való viselkedésével foglalkoztunk. A polimerbetonok magas hőmérsékleten való viselkedésének megismerésére kísérleteket végeztünk. A vizsgálatok eredményei alapján levonható következtetések az alábbiak:

- A polimerbeton szilárdságcsökkenésének mértéke nem haladja meg 300 °C-os hőterhelésig a vele megegyező szilárdságú beton szilárdságcsökkenését.
- A rugalmassági modulus és a hajlító-húzószilárdság polimerbetonok esetén viszont már 300 °C-ig jelentős csökkenést mutat.
- A beton rugalmassági modulusa és a hajlító-húzószilárdság ezen a hőmérsékleti tartományon kisebb mértékben csökken.

A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy a polimerbeton tűzállósága még nem megoldott, kutatásainkat ebben az irányban folytatjuk.

Köszönetnyilvánítás

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a „Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását a TÁMOP-4.2.2.B-10/1--2010-0009 program támogatja.

Felhasznált irodalom

- [1] A. Balaga - J.J. Beaudoin: *CBD-242. Polymer Concrete*, Division of Building Research, National Research Council Canada, Canadian Building Digest, 1985
- [2] *ACI 548.6R-96: Polymer Concrete – Structural Applications State-of-the Art Report*, 1996
- [3] Balázs, Gy. L.- Lublőy, É.: *Concrete at high temperature*, The Third International fib Congress incorporating the PCI Annual Convention and Bridge Conference, Washington D.C., United States, May 29-June 2, 2010
- [4] Kopecskó K.: *Gőzölés hatása a cement kilinkerásványainak kloridion megkötő képességére*. PhD értekezés, 2006, Budapest

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2012.11>

Németh Orsolya Ilona – Majorosné Lublőy Éva – Farkas György:
Hőmérséklet hatása a polimerbeton mechanikai tulajdonságaira.
Építőanyag, 64. évf. 3–4. szám (2012), 60–63. p.