

Hulladék felhasználásával készült könnyűbetonok zsugorodása

Nemes Rita¹

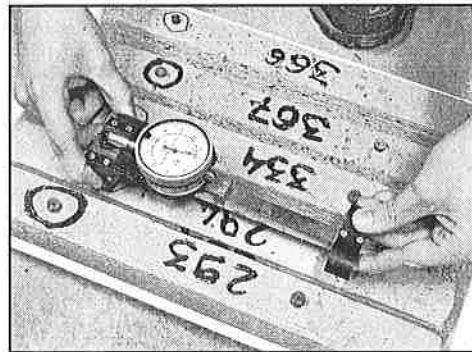
Bevezetés

A könnyűbeton alkalmazása egyre nagyobb jelentőségű, mivel mind magasabb épületeket, nagyobb fesztávú hidakat építünk. Használata felújítások esetén is előnyös, kisebb többletterhet jelent vagy megnövekedett terhelés esetén önsúlycsökkentésre is alkalmas. Könnyűbeton széles szilárdsági tartományban készíthető, szerkezeti betonként is alkalmazható, akár a nagy szilárdság igénye esetén is. Előnyös tulajdonságai ellenére Magyarországon napjainkban gyakorlatilag nem használják. Ennek egyik oka, hogy kevéssé szabályozott alkalmazása, illetve, hogy egyes szerkezetek esetén – a külföldi gyakorlattal ellentétben – nem engedélyezett az alkalmazása. Szerkezeti és nagy szilárdságú könnyűbetonokat az Egyesült Államokban, Észak- és Nyugat-Európában illetve Japánban elterjedten alkalmaznak [1]. Az új igényeknek megfelelő hazai kutatás kismértékű, ezen hiányosságokat igyekszik pótolni a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke jelenlegi kutatásaiban. A másik jelentős visszatartó erő a könnyűbetonok magyarországi alkalmazásának elterjedésében a könnyűbetonok és könnyű adalékanyagok ára. Bár rendkívül sokféle könnyű adalékanyag ismert [2], jelenleg Magyarországon megfelelő műszaki adatbázissal rendelkező, folyamatosan forgalmazott adalékanyagok többsége külföldről importált agyagkavics, aminek alkalmazása másfélszeresére növelheti a beton árát.

Az adalékanyagok olcsóbbak lehetnek, ha ezeket hulladékokból állítják elő. Ilyen lehet a téglazúzalék (bontási és gyártási hulladék), ami nagy mennyiségben állhat az építő vagy az építető rendelkezésére. E mellett magyar szabadalom alapján gyártanak duzzasztott habüveget (habkavicsot) építőipari célra, aminek alapanyaga lehet mindenféle vegyes, nagy szilikáttartalmú hulladék (elsősorban üveg) [3]. Kísérleteink során elsősorban ezzel a kétfajta könnyű adalékanyaggal foglalkoztunk. Ezek alkalmazása ugyanis nem csak gazdasági, hanem környezetvédelmi szempontból is nagy jelentőségű.



1. ábra Leitz-Weztlar-készülék



2. ábra Demec típusú mérőeszköz

Könnyűbetonok zsugorodása

A megszilárdult cementhabarcs háromféle módon tartalmazhat vizet: a kémiai kötött vizet (normál körülmények között megtartja), fizikailag kötött vizet (ennek elvesztése kismértékű méretváltozást okoz, ez az időben lassan lejátszódó folyamat az adott betonra jellemző érték) és kapilláris vizet (ami a környezet relatív nedvességtartalmának vagy vízfelszívásának függvényében élettartama folyamán folyamatosan változik és alakváltozást okoz).

A gátolt zsugorodás repedéseket okoz, ami alkalmatlanná teszi a betont egyes alkalmazásokra (pl. vízzáró beton). Ismert, hogy a könnyűbetonok zsugorodása nagyobb, mint a hagyományos, kavics adalékanyagoké. Ez két okra vezethető vissza. Az adalékanyag gyakorlatilag nem zsugorodik, tehát a zsugorodás a cementkö zsugorodásából adódik, így elsősorban ennek mértéke a meghatározó. Mivel a normál adalékanyagok betonoknál rendszerint a telített beton az optimális, addig a könnyűbetonoknál túltelített betonra van szükségünk az eltérő teherviselési mód miatt. Az adalékanyag akadályozza a cement-

kőváz zsugorodását. Ennek mértéke az adalékanyag merevségétől függ. A könnyű adalékanyagok szilárdsága és merevsége jelentősen kisebb, mint a kvarckavicsé. [4]

A kis zsugorodás elérése betontervezési kérdés, ehhez azonban ismerni kell, hogy milyen különbségekre lehet számítani könnyűbeton esetén.

Kísérletek

A kísérletek során kis méretű próbatesteket készítettünk, mert ezen gyorsabban játszódik le a zsugorodás, így az könnyebben vizsgálható. A zsugorodás a kezdeti szakaszban a legnagyobb, ezért nagyon fontos, hogy már frissbeton korban is vizsgálni tudjuk. 40x40x400 mm-es hasábokat készítettünk, amiket 1 napos korrig műanyag fóliával bélelt fa sablonban tároltunk. A frissen bedolgozott próbatest felületére 0,1 mm osztású skálával ellátott üveglapokat helyeztünk és mikroszkóp alatt (Leitz-Weztlar készülék – 1. ábra) vizsgáltuk az alakváltozást. 315,5 mm-es alaphosszon végeztük a leolvasást, századmilliméter pontossággal. A beton megszilárdulása után a próbatesteket eltávolítottuk a sablonból és a fóliát lehúztuk róla. A megszilárdult beton további zsugorodását Huggenberger-féle módszerrel vizsgáltuk azzal a különbséggel, hogy az alaphossz 200 mm volt (Demec típusú mérőeszköz – 2. ábra) Mérőcsúcsokat ragasztottunk a próbatestre és ezek távolságát kezdetben naponta, később folyamatosan ritkítva hetente mértük. A próbatest-

teket a laboratóriumban állandó hőmérsékleten tároltuk, nem utókezeltek, így a maximális zsugorodást kaptuk.

A különböző adalékanyagok hatása

Az első kísérletsorozat során a különböző típusú adalékanyagok hatását vizsgáltuk. A minél nagyobb mértékű zsugorodás elérése érdekében nagy cementadagolást választottunk. A habarcsot 866 kg/m³ cementadagolással, 1,25 homok-cement és 0,35 víz-cement tényezővel készítettük. A bedolgozhatóságot folyósító szerrel biztosítottuk. Ez a habarcsösszetétel mindegyik adalékanyag esetén azonos volt és mindhárom típusú adalékanyagból 47 %-ot alkalmaztunk. (Így a betonok esetén a tényleges cementadagolása 866 x 0,53 = 459 kg/m³ –re adódott.) Minden alkalmazott adalékanyagból 4/8 frakciót választottunk a próbatest kis mérete miatt. Ezek fő jellemzői az 1. táblázatban láthatók. A habüveg adalékanyagok közül többféle, lényegesen eltérő tulajdonságú termék is rendelkezésünkre állt, melyek közül két szerkezeti beton készítéséhez alkalmasat választottunk ki [5]. Az „F” jelű nagyobb szilárdságú és kisebb vízfelvételű, mint a „20” jelű. Az 3. ábrán látható, hogy mindkét esetben hasonló mértékű a zsugorodás.

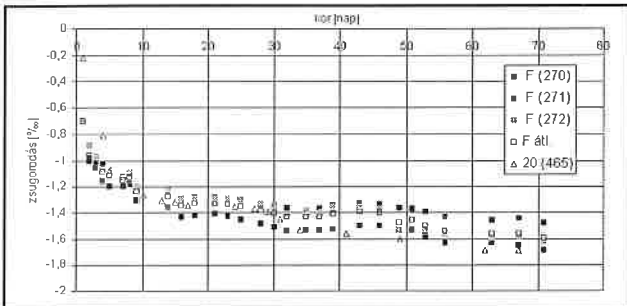
A kísérleti arányokat a 4. ábra mutatja. Jól látható, hogy mind a habüveg, mind a téglazúzalék adalékkal közel azonos zsugorodás játszódott

¹ okl. építőmérnök, doktorandusz (Témavezető: Dr. Józsa Zsuzsanna) BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

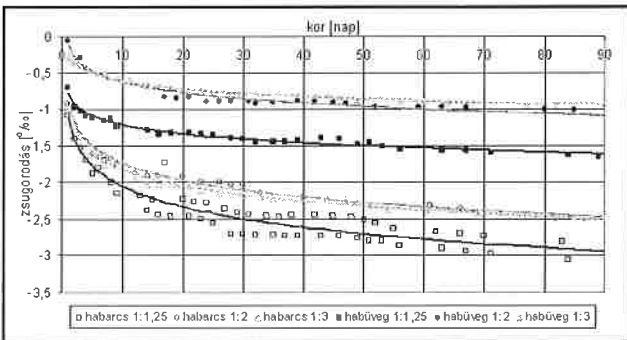
le, és ez kb. kétszerese annak, mint amikor kvarckavicsot alkalmaztunk. Mivel ebben az esetben a pértartalom azonos volt, ez a különbség az adalékanyagok merevségkülönbségére vezethető vissza. A téglazúzalék és a habkavics esetén jól látható, hogy a kezdeti zsugorodás jelentősen eltér. Ennek feltételezhetően az adalékanyag nagy vízfelvétele az oka, amelynek következtében a téglazúzalék a keverés során a cementpép víztartalmának egy részét elszívja és azt a szilárdulás során folyamatosan adja le. A habüveg esetén a zsugorodás időbeli lefolyása (a görbe alakja) hasonló a normál betonéhoz, csak a mértéke nagyobb. Összehasonlításképpen a grafikonon feltüntetjük az adalékanyag nélküli habarcs zsugorodását is, ami kb. a könnyűbeton kétszeresére adódott, ez nagyjából megfelel az adalékanyag / cementkő aránynak.

1. táblázat Az alkalmazott adalékanyagok jellemzői

	Testsűrűség [kg/m ³]	halmaz-önszilárdság (MSZ EN 13055 szerint, a kavics arányában) [%]	vízfelvétel [m%]
Kavics	2630	100	0
Habkavics „F”	1580	31	1,9
Habkavics „20”	635	4	4,5
Téglazúzalék	1535	9	15,4



3. ábra. Különböző habüveg adalékanyagok könnyűbetonok zsugorodása



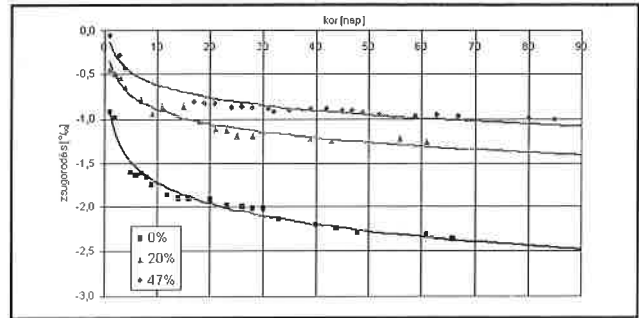
4. ábra. A különböző adalékanyagok hatása a zsugorodásra

Adalékanyag adagolás mértékének hatása

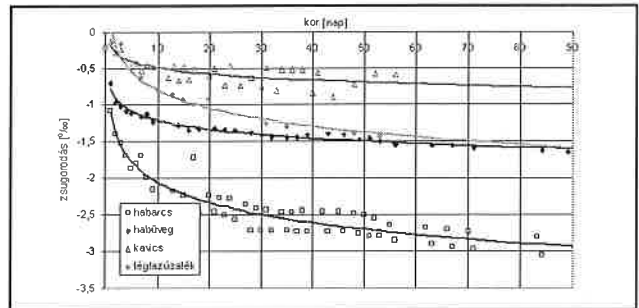
A második sorozatban megvizsgáltuk, hogy a könnyű adalékanyag („F” jelű) mennyiségének változtatása milyen hatással van a zsugorodásra. Itt már kisebb cementadagolást (770 kg/m³) választottunk és h/c = 2 v/c = 0,43 homok- és víz-cement tényezőt. Kisebb adalékanyag adagolás mellett természetesen nagyobb zsugorodást kaptunk, de a növekedés nem volt arányos az adalékanyag mennyiségének csökkenésével (5. ábra).

A habarcs összetételének hatása

A kísérletsorozat harmadik szakaszában a különböző összetételű habarcsvázak hatását vizsgáltuk. Három különböző összetételű habarcs alkalmazásával készítettünk próbatesteket adalékanyag nélkül, illetve habüveg adalékanyaggal („F” jelű habkavics, 47 V%-os adagolással). Az 1. és 2. kísérletben alkalmazott habarcsösszetétel mellett harmadikként 550 kg/m³ cementadagolást h/c = 3 és v/c = 0,55 választottunk (6. ábra). Összehasonlítva a 2. és 3. keveréket megfigyelhető, hogy a cement és a víz adagolás mennyiségének ellentétes irányban történő



5. ábra. Az adalékanyag adagolt mennyiségének hatása a zsugorodásra



6. ábra. A habarcs összetételének hatása a zsugorodásra

változtatásával hasonló zsugorodás értéket kaptunk. (A cement és a víz adagolásának növelése egyaránt növeli a zsugorodást.) Ez a jelenség ugyanígy jelent meg könnyű adalékanyagok adagolása esetén is. A legnagyobb cementtartalmú keveréken ~0,5%₉₀-el nagyobb zsugorodást mérünk a másik kettőhöz képest. Ez a különbség ugyanekkora könnyűbeton esetén is. Tehát könnyűbeton esetén ez arányaiban jobban megnövelte a zsugorodást. Ez kedvezőtlen, ezért további kiegészítő vizsgálatok végzésére van szükség.

Összegzés

A könnyűbetonok zsugorodása nagyobb a hagyományos betonoknál megszokottnál. A zsugorodás lefolyása folyamatának és mértékének ismerete a könnyűbeton helyes alkalmazás szempontjából fontos. A hulladék alapú adalékanyagok alkalmazásának gazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt egyre nagyobb a jelentősége, ezért vizsgálataink során elsődlegesen ezekre koncentráltunk. Kísérleteink alapján megállapítottuk, hogy mind a duzzasztott habüveg, mind a téglazúzalék adalékanyagként való alkalmazása esetén a könnyűbeton zsugorodásának nagy része a 90 napos korra lejátszódik, és zsugorodásának mértéke kb. kétszerese a hagyományos kavics adalékanyagos betonhoz képest. A habkavicsos beton zsugorodási viselkedése hasonló a kvarckavicsoséhoz. Téglazúzalék alkalmazása esetén a zsugorodás lassabban játszódott le, ami több gyakorlati alkalmazás esetén is kedvező lehet. A zsugorodás végértékét főként a habarcs összetétele befolyásolja, tehát erre kell elsősorban figyelni a betonrecept készítése során. Az adalékanyag mennyiségének csökkentése ugyan növeli a zsugorodást, de ez a hatás kismértékű.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani a Geofil Kft-nek, hogy biztosította számunkra a kísérletekhez szükséges habüveg adalékanyagokat.

Felhasznált irodalom

[1] fib bulletin 8 [2000] Lightweight Aggregate Concrete, Case studies, Sprint-Druck Stuttgart
 [2] Kausay T. [2002]: Könnyű-adalékanyag, Beton X. évf. 11. szám, 2002. november
 [3] Hoffman L. – Józsa Zs. – Nemes R. [2003]: Az üveg – egy kicsit másképpen, Építési Piac XXXVII. évf. 5. szám 2003. június
 [4] Balázs Gy. [1994]: Építőanyagok és kémia, Műegyetemi kiadó 1994
 [5] Hoffman L. – Józsa Zs. – Nemes R. [2003]: Üveghulladékból könnyűbeton adalékanyag, Építőanyag 55. évf. 2003. 1.szám