

Üveghulladékból könnyűbeton adalékanyag „Geofil-Bubbles” – felhasználási lehetőségek

Hoffmann László* – Józsa Zsuzsanna** – Nemes Rita**

* Geofil Kft., Tatabánya

**BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Bevezetés

Hulladék üvegből előállított habüveg szemcsék kísérleti gyártása kezdődött meg néhány évvel ezelőtt Tatabányán „Geofil-Bubbles” néven. Az új termék építőipari felhasználási lehetőségeit kerestük, és laboratóriumi anyagvizsgálatait végeztük el. Elsősorban azokra a tulajdonságaira koncentráltunk, amelyek beton és habarcs könnyű adalékanyagaként való alkalmazás esetén fontosak.

A könnyűbeton jelentősége az egyre magasodó épületek és növekvő fesztávú hidak esetén folyamatosan növekszik, mivel ezeknél a szerkezeteknél a terhelés jelentős része az önsúly. Használata felújításoknál, megerősítésekénél is előnyös, mert kisebb többletterhet jelent, vagy a megnövekedett terhelésnél önsúlycsökkentésre alkalmas. Előre gyártott szerkezeteknél a szerelési technológiát is egyszerűsítheti, nagyobb elemméret alkalmazását teszi lehetővé, vagy kisebb teherbírású daru szükséges.

A könnyűbeton alkalmazása környezetvédelmi és gazdasági szempontból egyaránt jelentős, ennek ellenére Magyarországon egyelőre alig terjedt el, nagy szilárdságú könnyűbetonból szerkezet még nem épült. A hulladékból előállított adalékanyagok gyártása elkezdődött, de még nem ipari méretű. A külföldi könnyű adalékanyag termékek megjelentek ugyan a magyar piacon, de felhasználásuk kismértékű.

A gazdaság fejlődésével egyre több terméket állítanak elő a fejlett országok, és ezzel egyre növekszik a hulladék mennyisége is. A mesterségesen előállított anyagok a természetben nem bomlanak le, ezért a környezetvédelem egyik központi feladata a hulladékhasznosítás. Jelenleg a hulladékok felhasználása összességében is kismértékű, de az építőiparban különösen csekély. Fontos cél az ipari hulladékok keletkezésének csökkentése a meglévő gyártási technológia módosításával, de még fontosabb a már keletkezett hulladékok minél nagyobb mértékű hasznosítása. A hulladékok közvetlen építőipari felhasználása napjainkban elsősorban az útépítésben, betonokban, hőszigetelésben, feltöltésekben jelenik meg, de hulladékból előállított anyagokat még ritkán alkalmaznak. A hulladék üvegből gyártott Geofil habkavics a könnyűbeton adalékanyagaként használható.

1. Könnyűbetonok, könnyű adalékanyagok

A könnyűbeton nem újdonság, már a rómaiak is használták például a kupolák építésénél. A Pantheon négy kü-

lönöző testsűrűségű betonból készült, többek között téglazúzalékot is felhasználtak adalékanyagként [1]. Különböző könnyűbetonfajtákat ma már szinte minden területen alkalmaznak, elsősorban Észak-Amerikában, Nyugat-Európában és Japánban kedvelt építőanyag.

A különböző szabványok némi eltéréssel definiálják a könnyűbeton és a könnyű adalékanyag fogalmát, ezért ezeket érdemes röviden összefoglalni. A könnyűbeton nagy pórustartalmú beton, *pórusképzésének módszere* szerint három csoportot különböztetünk meg [2]:

- *Egyszemcsés könnyűbeton (szemcsehézagos könnyűbeton)*, ahol a tömör vagy porózus, kb. azonos méretű (10-20 mm átmérőjű) durva adalékanyag-szemcséket felületükön cementpéppel vonják be, a szemcsék között hézag marad. A péphiányos beton csak a szemek érintkezési pontjánál van összeragasztva. Elsősorban a betonfalnál előnyös a nagyobb hőszigetelő képessége miatt, de hátránya, hogy csak nyomásra vehető igénybe.
- *Adalékanyagos könnyűbeton*, ahol az adalékanyag-szemcsék pórustartalma határozza meg a jellemzőket, mivel a könnyű adalékanyag teszi könnyűvé a betont. Készíthető kvarchomokot vagy könnyű pórusos homokot és cementet tartalmazó habarcsvázsal, adalékszerrel (pl. légpórusképző célzattal) vagy kovaliszttel, azaz mikroszilikával (szilárdságnövelő célzattal) stb.
- *Sejtesített könnyűbeton, pórusbeton*, amikor a méz, illetve cement kötőanyaggal készített habarcsban a pórusképzésre gázfejlesztő anyagot vagy habot alkalmaznak, és nyomás alatti gőzreléléssel (pórusbeton) vagy természetes úton (habbeton) szilárdítják.

Az MSZ 4719 *Betonok* c. szabvány az MSZ 4715-4 *Megszilárdult beton vizsgálata. Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata* c. előírás szerint vizsgált, kiszáritott állapotban 600-2000 kg/m³ testsűrűségű betont tekinti könnyűbetonnak, jele LC.

A MÉÁSZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 14. fejezete idézi a RILEM-munkabizottság felhasználási terület szerinti csoportosítását, amely szerint a 600 kg/m³ testsűrűség alatti beton megnevezése *hőszigetelő könnyűbeton*. Ezek teherbírása viszonylag kicsi (nyomószilárdsága 0,1-3,5 N/mm²), vázkitöltő falaknál, kis lejtésű tetők és födémek hőszigetelésénél, előre gyártott hőszigetelő elemekként, apró szemcsék (pl. polisztirolgyöngy vagy duzzasztott perlit) alkalmazása esetén pedig hőszigetelő vakoló- és falazóhabarcsként van jelentőségük.

A 601-1600 kg/m³ testsűrűség tartományban *hőszigetelő és teherbíró könnyűbeton* a megnevezés. Az alkalmazási területnek megfelelő optimum keresésével előre gyártott falazóelemek, nagy blokkok, monolit öntött falak és födémekek, akusztikai zajárnyékoló falak stb. lehetnek, szilárdságuk a 10-20 N/mm²-es tartományba esik.

Az 1601-2000 kg/m³ testsűrűségű tartományban *teherbíró könnyűbetonról* beszélünk. Vasalt és feszített szerkezetekben is használható, szilárdsága 20 N/mm²-től ma már akár 90-100 N/mm²-ig is terjedhet. Használata elsősorban ott előnyös, ahol a teljes tehernek legnagyobb része az önsúly (pl. hidak), de a magasépítésben (pl. külső falak, homlokzatok, födémekek), illetve az öszvérszerkezetekben is alkalmazható. Egyes esetekben gazdasági előnyt jelent az alkalmazása, de előfordul, hogy a megvalósíthatóságnak feltétele a lehető legkönnyebb szerkezet kialakítása.

Az új európai *EN 206-1 szabvány 1. része* könnyűbetonnak azt a 800 kg/m³-nél nem kisebb és 2000 kg/m³-nél nem nagyobb testsűrűségű betont nevezi, amit részben vagy teljes egészében könnyű adalékanyaggal készítenek. Ez a szabvány nem vonatkozik az egyszemcsés betonra és a sejt-, hab-, illetve pórusbetonra és a 800 kg/m³-nél kisebb testsűrűségű könnyűbetonokra. Könnyű adalékanyagnak azt az ásványi eredetű adalékanyagot tekintik, amelynek kiszáritott állapotában a *prEN 1097-6:2000 szabvány 6. része* szerint megállapított szemcse testsűrűsége ≤ 2000 kg/m³, vagy kiszáritott állapotában az *MSZ EN 1097-3 szabvány 3. része* szerint meghatározott laza halmazsűrűsége ≤ 1200 kg/m³.

Rendkívül sokféle anyagot alkalmaztak és alkalmaznak jelenleg is a betonban a kavics és a homok részben vagy teljes egészében való helyettesítésére. Ma környezetvédelmi szempontok miatt egyre elterjedtebb a hulladék anyagok felhasználása. A természetes tufa, lávakő és agyagszármazékok (duzzasztott agyagkavics, agyagpala) mellett könnyű adalékanyagként jelen van a pernye, a kazánhomok, a duzzasztott perlit, a habüveg és a visszaforgatott könnyűbeton is, hőszigetelő célzattal pedig műanyagszármazékok (pl. polisztirolgyöngy) [3].

A könnyű adalékanyagok származás szerinti csoportosítása:

- természetes eredetű anyagok,
- vulkáni eredetű anyagok (pl. tufa, tufakő, lávakő),
- ásványi eredetű anyagok (pl. perlit, duzzasztott agyagkavics, agyagpala, vermikulit),
- ipari előállítású anyagok,
- ipari melléktermékek (pl. kohósalak, kazánsalak, pernyekavics, téglazúzalék),
- hulladékok (műanyagok, üvegek),
- újrafelhasznált könnyűbeton.

A természetes porózus adalékanyagok földrajzilag helyhez kötöttek, korlátozott mennyiségben állnak rendelkezésre, és egyes országokban teljesen hiányoznak. Ezért a XX. század elején a természetes anyagok mellett fokozatosan megjelentek a mesterséges úton előállított

könnyű adalékanyagok is. Ma a speciális célnak vagy a helyi adottságoknak megfelelően választható ki kívánt tulajdonságú könnyű adalékanyag. Általánosságban elmondható, hogy a következő tulajdonságok várhatók el egy könnyű adalékanyagtól:

- kis halmaz- és testsűrűség,
- nyomásállóság,
- hőszigetelő képesség,
- mechanikai és vegyi ellenálló képesség,
- tűzállóság,
- fagyállóság,
- formatartóság.

2. „Geofil-Bubbles”

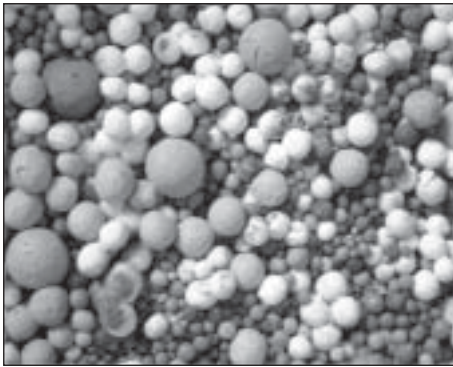
„*Geofil-Bubbles*” néven habüveg granulátumok készülnek magas üvegtartalmú ipari és kommunális (csomagolási hulladék gyűjtéséből származó) hulladékokból. (Feltaláló: Hoffmann L. és társai, Geofil Kft. Tatabánya. A találmány regisztrációs száma: PCT (HU99) 00017.) A hulladék üveg különböző szerves és szervesetlen szennyező anyagokat (pl. élelmiszer-maradékot, papírcímkét, kupakot stb.) is tartalmazhat. A magas üvegtartalmú hulladékot megfelelő szemcseméretűre őrlik, és az alapanyag összetételétől függően különböző mennyiségű gázképző hulladékkal homogenizálják. A granulálás olvadáspont-csökkentő és viszkozitásbeállító adalékok használatával történik. A granulátumok külső felületének vízáteresztő képességét különböző fajlagos felületű hulladék anyagokkal szabályozzák. Szárítás után forgókemencében 800–1000 °C közötti hőmérsékleten hőkezelik (*1. ábra*).



1. ábra. A Geofil habüveg szemcsék duzzasztása és hőkezelése forgókemencében

Az így kapott habüveg granulátumok kis testsűrűségűek, jó hőszigetelő képességűek, jól tapadnak az ágyazóanyagként használt gipszhez, cementhez vagy szilikátyantárhoz. A gyártás során a szemcseméret szabályozható, 1 és 25 mm közötti átmérőjű szemcsék állíthatók elő (*2. ábra*).

A terméknek három fő típusa van: a *Geofil A, B*, illetve *C*. Az *A* típus kis szilárdságú, nagy vízfelvételű (>10 m%), hőszigetelő könnyűbetonokhoz alkalmazható; a *C* típus kis vízfelvételű, legalább 4,5 N/mm² önszilárdságú, első-



2. ábra. Különböző típusú Geofil habüveg szemcsék

sorban szerkezeti könnyűbetonokhoz használható. A B pedig a kettő közötti átmeneti típus.

3. Laboratóriumi vizsgálatok

3.1. A vizsgált könnyű adalékanyagok

A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén végzett laboratóriumi vizsgálatok célja az volt, hogy ellenőrizzük a Geofil habkavics könnyű adalékanyagként való alkalmazhatóságát, és összehasonlítsuk főbb fizikai és kémiai tulajdonságait a nemzetközi piacon már elterjedt, nálunk is beszerezhető Liaver (habüveg) és Liapor (duzzasztott agyagkavics) termékekkel. A vizsgálatot a prEN 13055-1 *Lightweight aggregates – Part 1: Lightweight aggregates for concrete and mortar (Könnyű adalékanyagok 1. rész: Könnyű adalékanyagok betonhoz és habarcshoz)* c. szabvány szerint végeztük, amennyiben az tartalmazott vonatkozó előírást. A vizsgálatok során 53 különféle Geofil adalékanyagot vizsgáltunk közel 70 mintán (eltérő szemcsemérettel, ill. felületi bevonattal). Összehasonlítással a Liaver legnagyobb szemcseméretű frakcióját (Liaver-B 2/4) és három különböző szilárdságú Liapor terméket (Liapor 3 4/8, Liapor 4 4/8, Liapor 6.5 4/8) vizsgáltunk azonos módon.



3. ábra. Szemcsetestsűrűség vizsgálata a prEN 13055 szerint

3.2. Tömegeloszlási jellemzők

A halmazsűrűség minden esetben a prEN 13055 által előírt 1200 kg/m³-es határon belül volt.

A könnyű adalékanyagok szemcséinek testsűrűségét a prEN 13055 szabványban hivatkozott EN 1097-6 előírás szerint speciális piknométerrel kell mérni (3. ábra). Az adalékanyagok jelentős részének nagy kezdeti vízfelvétele meghamisítaná a mérési eredményeket, ezért a tömeget száraz és víztelített állapotban, a térfogatot pedig víztelített állapotban (1 napon) mértük.

3.3. A szemcsék önszilárdsága

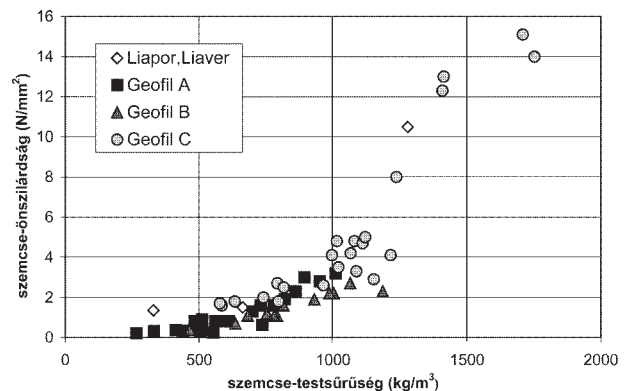
A könnyű adalékanyagok önszilárdságát fajtanként 2-3 mintán határoztuk meg a prEN 13055 szabvány előírását figyelembe véve, de a 113 mm-es belső átmérőjű mozsár és dugattyú helyett a Hummel-vizsgálatnál előírt 170 mm átmérőjűt használtuk, mivel ez állt rendelkezésünkre. Két liter adalékanyagot helyeztünk a mozsárba, és a szabályos időközönként leolvasott erő és összenyomódás értékekből számítottuk a törési ellenállást, a pillanatnyi feszültség és a dugattyú önsúlyának figyelembevételével:

$$C = (L+F)/A \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

ahol: C önszilárdság 20 mm-es összenyomódáshoz,
 L dugattyú súlya [N],
 F nyomóerő [N],
 A nyomott felület [mm²].

A szabványos 20 mm-es összenyomódáshoz tartozó értéket a feszültség-összenyomódás diagramról olvastuk le.

Jól meghatározható összefüggés áll fenn a szemcsetestsűrűség és az önszilárdság között (4. ábra). A különböző adalékanyagok nem térnek el jelentősen egymástól, a vizsgálati eredményekre görbe jól illeszthető. Az önszilárdság várható értékére a tömegeloszlási jellemzőkből következtetni lehet. Figyelembe kell venni azonban, hogy az itt meghatározott szilárdság nem egy szemcsére,

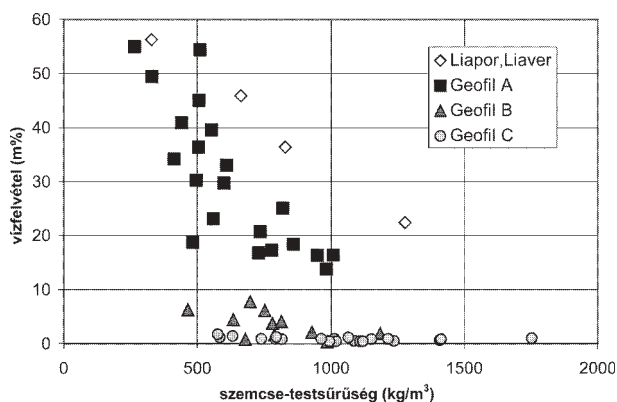


4. ábra. A szemcseönszilárdság változása a szemcsetestsűrűség függvényében

hanem a szemcsehalmazra vonatkozik, tehát a szemcsék egyedi szilárdságán kívül a szemmegoszlás folytonossága és a szemcseátmérő is jelentősen befolyásolja a mért értékét. Azonos testsűrűségű kis szemcsékből álló halmaz önszilárdsága nagyobb, a nagyoké kisebb, a hézagosság függvényében. A folyamatos szemmegoszlás azonos anyag esetén is lényegesen nagyobb önszilárdsági eredményt ad, mint az egyszemcsés anyag. Ez a különbség bebetonozott állapotban már nem jelentkezik, mert a hézagokat cementpép tölti ki, és biztosítja az erőátvitelt.

3.4. Vízfelvétel

A különböző típusú adalékanyagok vízfelvételét az 5. ábra mutatja a szemcsetestsűrűség függvényében. A *Geofil A* típusú szemcsék vízfelvétele nagy, de nem éri el az azonos testsűrűségű Liapor (duzzasztott agyagkavics), ill. Liaver (habüveg) szemcsék vízfelvételét. A *Geofil C* típusú szemcséknek csak a felületére tapad víz.



5. ábra. A vízfelvétel a szemcsetestsűrűség függvényében a különböző termékcsoportok esetén

Az apró szemcsék nagy fajlagos felülettel rendelkeznek, felületükről a víz nehezen távolítható el, ezért a 4 mm alatti szemcsék esetében a valóságban a mértnél kisebb lehet a szemcsék tényleges vízfelvétele. Megjegyezzük, hogy többhetes víz alatti tárolás hatására a kezdetben úszó szemcsék egy része lesüllyedt, mert a kezdetben zártnak tűnő pórusok részben telítődtek vízzel.

Az adalékanyag vízfelvétele betontechnológiai szempontból rendkívül fontos. A könnyű adalékanyagoknak általában nagy a vízfelvételük, ezért a beton keverésekor az adalék-

anyag elszívja a vizet a cementpépből. Ez elkerülhető, ha a keverés előtt az adalékanyagot vízzel előkeverjük vagy beáztatjuk. Így a keverés bonyolultabb és időigényesebb, de előnye, hogy a fölvert vizet az adalékanyag folyamatosan adja le, és ezzel a cementpép „belső utókezelését” biztosítja. Beáztatásnál a felület szárítására, előkeverésnél pedig a megfelelő vízmennyiség adagolására és a szükséges keverési idő biztosítására figyelemmel kell lenni, különben a tervezettnél nagyobb víz-cement tényezőt és ennek következtében kisebb szilárdságot kapunk. A porózus vízfelszívó felület is kedvező általában, mert nem képződik rajta vízfilm, és így jobban tapad a cementkő a szemcsék felületéhez.

Az adalékanyag nagy vízfelvevő képessége viszont egyes technológiai alkalmazását akadályozhatja, tipikus probléma ez szivattyúzható könnyűbeton igénye esetén. Ekkor az adalékanyag vízfelvételének minimalizálása szükséges, ez zárt felülettel érhető el. A *Geofil C* típusú adalékanyagok ilyenek: a vízfelvételük kisebb mint 2 m%, és annak mértéke független a szemcse testsűrűségétől. Nyitott pórusú adalékanyagok esetén (anyagtól függetlenül) elmondható, hogy a szemcsetestsűrűség csökkenésével arányosan növekszik a vízfelvétel, igaz a növekedés mértéke típusonként eltérő.

3.5. Alkáliállóság

A prEN 13055 szabvány nem írja elő a könnyű adalékanyagok alkáliérzékenységének vizsgálatát, de cementkötésű rendszerekben csak alkáliálló adalékanyag alkalmazható, ezért üvegtérmekek esetében ezt a vizsgálatot is fontosnak tartottuk. A *Geofil* habkavicsminták és az összehasonlító minták alkáli érzékenységének jellemzésére a Német Vasbeton Egyesület módszerét alkalmaztuk (*Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Richtlinie Alkalireaktion im Beton. 12/86*). Az alkáliérzékenység vizsgálatához a felmelegített szemcséket 90 °C-on főztük 1 órán át, a 4 mm-nél kisebb szemcsék esetében 4%-os, a 4 mm-es vagy nagyobb szemcsék esetében pedig 10%-os NaOH oldatban. A vizsgált termék akkor alkalmazható beton adalékanyagaként, ha nem puhul fel, nem deformálódik, és nem szenved tömegvesztést. A *Geofil* termékek minden esetben megfelelőek voltak.

3.6. Vizsgálati eredmények összefoglalása

Az összehasonlító adalékanyag-vizsgálatok során mért eredményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat

A vizsgált könnyű adalékanyagok tulajdonságainak összefoglalása

Adalékanyag-típus		Geofil A	Geofil B	Geofil C	Liapor	Liaver
Halmazsűrűség	kg/m ³	150-500	260-750	600-1100	340-685	185
Testsűrűség	kg/m ³	260-1000	460-1200	1000-1850	660-1280	329
Porozitás	%	55-80	40-80	14-50	49-74	86
Vízfelvétel	m%	10-55	0,4-25	0,1-2	22-46	56
Önszilárdság	N/mm ²	0,2-1	0,4-4,7	4,5-15	1,5-10,5	1,35

4. A lehetséges alkalmazási területek

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a különböző *Geofil* habkavicsok építőipari felhasználásra alkalmasak. Használhatók önállóan vagy különböző kötőanyagokkal (cementtel, mészhabarcossal, gipsszel, bitumennel stb.) összekötve. Irodalmi adatok [4], [5] alapján mezőgazdasági hasznosítás is feltételezhető. Alkalmazási területek például:

- könnyűbetonhoz adalékanyagként,
- könnyű, hőszigetelő feltöltésnek,
- falazóelem adalékanyagként (cement, gipsz kötőanyaggal),
- zajvédő falakhoz,
- a kisebb szemcsék hőszigetelő vakolathoz,
- zöldtetőfeltöltésnek,
- kertészeti, szőlészeti víz és tápoldat tárolójának.

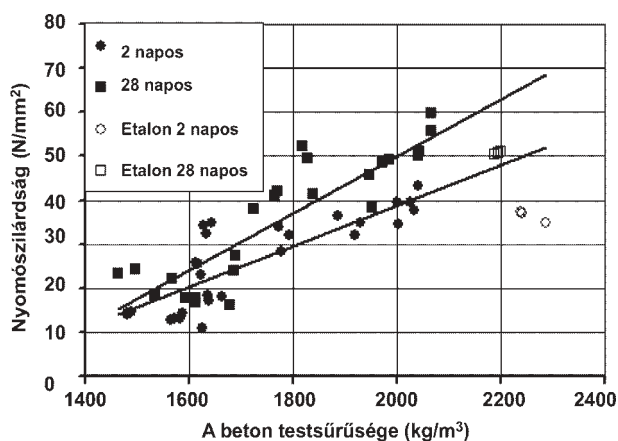
5. Betonkísérletek

Az adalékanyagok tulajdonságainak vizsgálatával párhuzamosan a könnyű adalékanyagokat cementhabarc-sba ágyazva is vizsgáltuk. Általánosságban elmondható, hogy az adalékanyag-szemcsék önszilárdsága jelentősen befolyásolja a beton nyomószilárdságát, de a húzószilárdságra kevésbé van hatása. Azonos szilárdsági osztály esetén a *Geofil* könnyűbeton 15-20%-kal kisebb testsűrűségű lehet, mint a normálbeton. Ennek következtében akár kisebb szerkezeti méretek is elegendők, kevesebb beton, ill. vasbeton esetén kevesebb vasalás szükséges.

A 6. ábrán egy olyan kísérletsorozat eredményei láthatók, amelyeknél minden esetben ugyanolyan összetételű „etalon” cementhabarcot használtunk különböző fajtájú és mennyiségű *Geofil* adalékanyaggal. A kísérlet során mért nyomószilárdsági értékeket ábrázoltuk a beton testsűrűségének függvényében. Jól látható, hogy tág határok között változtatható a testsűrűség (1400 – 2100 kg/m³) és a nyomószilárdság (LC 8/9 – LC 40/44). A nyomószilárdságot 2 és 28 napos korban vizsgáltuk. A szilárdulás üteme annál gyorsabb volt, minél kisebb volt a testsűrűség. 2 napos korban általában viszonylag nagy nyomószilárdságot mértünk, ez átlagosan 75%-a volt a 28 naposénak. Ez az érték nagyobb, mint normálbetonok esetében. A szilárdulás sebessége természetesen függ az alkalmazott cementtől is, a 6. ábrán bemutatott vizsgálat során a cement fajtáját nem változtattuk.

Összefoglalás

Egyes vasbeton szerkezetek (hidak, magas épületek stb.) esetén az önsúly nagy igénybevételt jelent a hasznos terhekhez (forgalmi és szélterhelés stb.) képest. A beton testsűrűségét főként az adalékanyag testsűrűsége befolyá-



6. ábra

solja. A normálbeton testsűrűsége 2200-2600 kg/m³. Alacsonyabb testsűrűségű (1500-2000 kg/m³-es), de azonos teherbírású könnyűbeton alkalmazásakor kisebb lemezvastagságra és kevesebb vasalásra van szükség, mint normálbeton használata esetén. Az alacsonyabb testsűrűségű beton hőszigetelő képessége is kedvezőbb.

A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén végzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a hulladék üvegből készülő „*Geofil-Bubbles*” habüveg szemcsék különböző típusai alkalmazhatók hőszigetelő, ill. szerkezeti könnyűbeton adalékanyagként.

A *Geofil* adalékanyagok környezetvédelmi szempontból is jelentősek, mivel hulladékok felhasználásával készülnek, valamint hazai termékek. A *Geofil* habüveg szemcsék választéka igen nagy, igény szerint kiválasztható a szemcseméret, a vízfelvétel és a szemcse önszilárdsága is.

Irodalom

- [1] Kollár László: Vasbeton szerkezetek I. Műegyetemi Kiadó, 1997.
- [2] Balázs György: Építőanyagok és kémia. Műegyetemi Kiadó, 1994.
- [3] Kausay Tibor: Könnyű-adalékanyag. Beton. X, 11. sz. 3-5. (2002).
- [4] Kocsis Géza: A habüveg granulátum gyártási módszere. Építőanyag. 46, 2. sz. 41-47. (1994).
- [5] Liapor – Planung, Konstruktion, Anwendung 04/2000.

Vonatkozó szabványok, irányelvek

- MSZ 4719 Betonok.
- MSZ 4715-4 Megszilárdult beton vizsgálata. Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata.
- MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 14. fejezete.
- EN 206-1 szabvány 1. rész.
- prEN 1097-6:2000 szabvány 6. része.
- MSZ EN 1097-3 szabvány 3. része.
- prEN 13055-1 Lightweight aggregates – Part 1: Lightweight aggregates for concrete and mortar
- Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Richtlinie Alkalireaktion im Beton (12/86).