

PhD tézisek

HABÜVEG ADALÉKANYAGOS KÖNNYŰBETONOK

Nemes Rita
okl. építőmérnök

Tudományos vezető:
Dr. Józsa Zsuzsanna
PhD, egyetemi docens

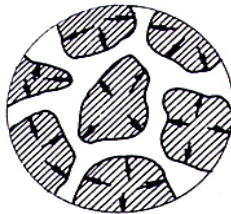
Budapest, 2006

1. A KUTATÁSI FELADAT RÖVID ÖSSZEFOGLALÁSA ÉS TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEI

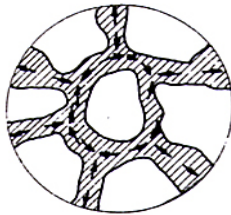
A beton széles körben elterjedt, nagy mennyiségben felhasznált építőanyag. Előnye, hogy – a többi szerkezeti anyagtól eltérően – tetszőleges méretben és formában alakítható és helyszínen is elkészíthető. Hátránya viszont a szilárdságához képest nagy testsűrűsége, amely a betonok testsűrűségének csökkentésével, illetve szilárdságának növelésével jelentősen javítható. Ennek egy módja a könnyű adalékanyagos betonok használata. A könnyűbeton alkalmazásának egyre nagyobb a jelentősége, mivel mind magasabb épületeket, nagyobb fesztávú hidakat építünk.

A könnyűbeton fajták közül szerkezeti célra elsősorban az adalékanyagos könnyűbeton alkalmazható. Az adalékanyagos könnyűbetont az adalékanyag szemcsék nagy pórustartalma teszi könnyűvé. A kis szemcsefrakció lehet kvarchomok vagy ritkábban porózus könnyűhomok.

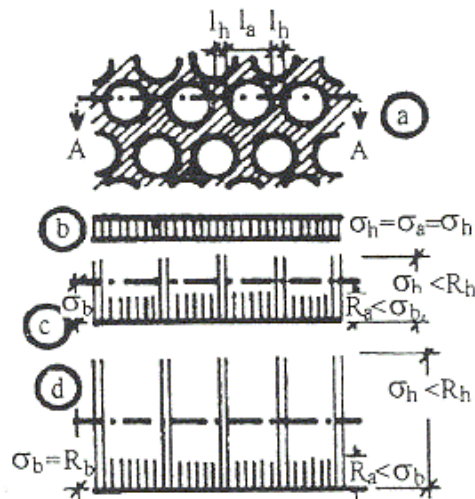
A teherviselés módja a közönséges- és könnyűbetonok esetén alapvetően különbözik. A közönséges betonnál az adalékanyag szemcsék (kavicsok) merevsége nagy, és ezek a merev szemcsék kisebb rugalmasságú habarcsba vannak ágyazva. A terhelés nagy részét az adalékanyag szemcsék veszik fel, de az összekötő habarcsrétegnek kell az erőt közvetítenie az adalékanyag szemcsék között (1. ábra). A könnyűbetonnál az adalékanyag a kisebb rugalmasságú, a teherviselés a habarcsváz feladata (2. és 3. ábra). Az adalékanyag szemcsék csak kis mértékben vesznek részt a teherviselésben [Faust, 2000].



1. ábra Teherviselési mód kvarckavics adalékanyagos betonok esetén [Romić, Lazić, 1985]



2. ábra Teherviselési mód hagyományos könnyű-adalékanyagos betonok esetén [Romić, Lazić, 1985]

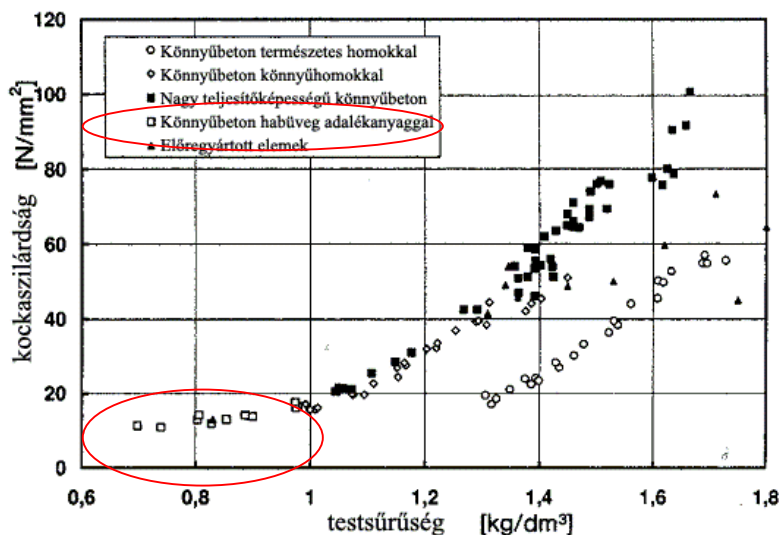


3. ábra A könnyűbeton idealizált szövetszerkezete és a feszültségek eloszlása [Ujhelyi, 1960]

A könnyűbeton a megszokottnál körültekintőbb tervezést és kivitelezést igényel. Ennek elmulasztása kedvezőtlen eredménnyel jár, ezért van számos rossz tapasztalat a szerkezeti könnyűbetonokkal kapcsolatban. A legtöbb szabvány és ajánlás csak nagy általánosságokban beszél

a könnyűbetonról, mivel az alkalmazott könnyű-adalékanyagtól függően nagyon különbözők lehetnek a tulajdonságok.

Számos könnyű adalékanyag-fajta létezik, ezek között környezetvédelmi szempontból különösen fontosak a hulladék és melléktermék alapúak. Ilyen a duzzasztott üvegkavics vagy más néven habüveg. A habüveg adalékanyag betont a szakirodalomban alig említik. Ahol részletesen foglalkoznak a tulajdonságaival, ott is csak a nagyon kis testsűrűségű és kis szilárdságú változat viselkedését ismertetik (2. és 4. ábra).



4. ábra Szerkezeti és nagyszilárdságú könnyűbetonok nyomószilárdsága a testsűrűség függvényében [Bergmeister, Wörner, 2005]

2. AZ ÉRTEKEZÉS CÉLKITŰZÉSEI

A habüvegnek korábban csak kis szilárdságú, kis testsűrűségű, nagy vízfellevő képességű fajtája létezett. Ezekkel az elérhető kockaszilárdság 20 N/mm² alatt maradt (4. ábra). Ma már gyártanak olyan habüveget, amely szerkezeti könnyűbeton készítését teszi lehetővé. Teherhordó szerkezetekben (híd- és magasépítés) napjainkban szinte kizárólag a duzzasztott agyagkavicsot alkalmazzák [fib, 2000], így erre vannak kísérleti eredmények és tapasztalat, ezért az új könnyűbetonokra vonatkozó ajánlások és szabványok előírt és ajánlott értékei többnyire a duzzasztott agyagkavicsra érvényesek. A habüveg adalékanyagok szerkezeti és nagy szilárdságú betonokban való alkalmazásához és szélesebb körű elterjedéséhez az adalékanyag jellemzőinek és a cementhabarcsban való viselkedésének részletes ismeretére van szükségünk.

Az értekezés célja

- a habüveg adalékanyagok mechanikai jellemzőinek kísérleti meghatározása: a halmaz-önszilárdság a szemcse-testsűrűség és a vízfellevő képesség függvényében;
- a habüveg adalékanyagok mechanikai jellemzőinek kísérleti meghatározása: a nyomószilárdság a könnyű adalékanyag tartalom és a szemcse-testsűrűség függvényében; a

nyomószilárdság a habarcs szilárdságának függvényében; a hajlító-húzó és a nyomószilárdság aránya; a tönkremeneteli módok

- a habüveg adalékanyagok könnyűbetonok alakváltozással összefüggő jellemzői: a rugalmassági modulus; a zsugorodás; a hőtágulási együttható.

A könnyűbetonok esetében mindig két ellentétes szempontot kell egyidejűleg teljesíteni: minél kisebb testsűrűségű, ugyanakkor kellő szilárdságú legyen. Ezek optimumát olyan módon adom meg, ami közvetlenül felhasználható a betontervezés során. A vizsgált jellemzőket annak alapján választottam ki, hogy miket adnak meg módosító tényezőként a szabványok és irányelvek. A szilárdsági tulajdonságokon kívül a legfontosabb alakváltozással összefüggő jellemzőket is meghatároztam (rugalmassági modulus, zsugorodás, hőtágulási együttható).

3. A KUTATÁS MÓDSZERE

Kutatásaim során több gyártótól származó különböző habüveg adalékanyag típusokat vizsgáltam meg, majd csoportosítottam azokat főbb jellemzőik szerint és összehasonlítottam a leggyakrabban alkalmazott duzzasztott agyagkavicsal és építési hulladékból származó könnyű adalékanyagokkal (1. táblázat). A habüvegeket három gyártótól választottam ki a lehető legszélesebb tartományban. Az adalékanyag jellemzőket az EN 13055-1:2002 ill. előszabványai alapján határoztam meg. A könnyű adalékanyagokat a terméknevek vagy a gyártó által használt jelölések alapján azonosítottam.

adalékanyag megnevezése	szemcse-testsűrűség [kg/m ³]
habüveg	220-2160
duzzasztott agyagkavics	660-1280
téglazúzalék	1630-1640
bontott téglatörmelék	1810-1850
bontott vegyes építési törmelék	1840-1930

1. táblázat A kísérletek során alkalmazott adalékanyagok és vizsgált testsűrűségi tartományuk

A kísérleti könnyűbetonokat minden esetben 0/4-es frakciójú természetes kvarchomokkal készítettem, a könnyű adalékanyaggal a „kavics frakciót” (> 4 mm) helyettesítettem. Az alkalmazott cement minden esetben azonos gyártótól származó 42,5-es szilárdsági osztályú tiszta portlandcement (CEM I 42,5 N) volt. Az általam vizsgált betonok a szerkezeti könnyűbetonok csoportjába tartoznak, szilárdsági osztályuk LC 8/9 - LC 50/55, testsűrűségi osztályuk D 1,4 - D 2,0 közötti (MSZ 4798-1:2004).

Az összetétel megtervezésekor az volt az alapelvelem, hogy a habarcs minden esetben azonos legyen és ehhez az „etalon habarcs”-hoz adagoltam a könnyű adalékanyagot. (Ebből következik,

hogyan különböző adalékanyag mennyiség mellett a betonra vonatkoztatott cementtartalom változott.) Ez a könnyűbetonra jellemző a közönséges betonoktól eltérő teherhordási mód (lásd 2. ábra) miatt volt célszerű, mert így az azonos habarcsösszetétel miatt különböző adalékanyag tartalom mellett is azonos teherbírásúnak feltételezhettem a habarcsvázat.

A betonkísérletekhez az adalékanyag vizsgálatok során kiválasztott 18 fajta habkavics és 2 fajta duzzasztott agyagkavics könnyű adalékanyagot és természetes kvarckavicsot alkalmaztam. Az **adalékanyag szilárdságának és mennyiségének a könnyűbeton szilárdságára gyakorolt hatását** vizsgálva szabványos 150 mm élhosszúságú kockákat (nyomószilárdság vizsgálat) és 70,7 x 70,7 x 250 mm-es hasábokat (hajlító-húzó vizsgálat, tönkrementeli mód) készítettem. Minden esetben az 1. jelű habarcsösszetételt (lásd 2. táblázat) alkalmaztam, a könnyű adalékanyag tartalmat 36-56 V% között változtattam. A vizsgálatokat az EN 206-1 / MSZ 4798-1 szabvány illetve előszabványai szerint végeztem.

A **habarcs szilárdságának hatását** 47 V%-os könnyű adalékanyag tartalmú három különböző összetételű habarcs (2. táblázat) esetén vizsgáltam, a három összetétel esetén a víztartalom azonos volt. A kísérletek ezen szakaszában 70,7 mm oldalhosszúságú kocka (nyomószilárdság) és 40 x 40 x 160 mm-es hasáb (tönkrementeli mód) próbatesteket készítettem. Ezeken a próbatesteken mért szilárdságokkal értékelhető a habarcs saját szilárdságváltozásának hatása, de nem becsülhető belőle közvetlenül a beton szilárdsági osztálya.

	homok/cement tömegaránya	víz/cement tömegaránya	cementtartalom a habarcsban [kg/m ³]	cementtartalom a betonban (47 V% adalékanyag adagolás esetén) [kg/m ³]
1. jelű összetétel	1,25	0,35	868	460
2. jelű összetétel	2,0	0,43	638	338
3. jelű összetétel	3,0	0,55	494	262

2. táblázat A három alkalmazott habarcsösszetétel főbb jellemzői

A **rugalmasági modulust** 120 x 120 x 360 mm-es álló hasábokon vizsgáltam a becsült törőerő 1/3-áig terhelve, a terhelést-tehermentesítést háromszor ismételve. A **zsugorodás** meghatározásához 40 x 40 x 400 mm-es hasábokat készítettem; ezeket 1 napos korrig sablonban, fóliázva tároltam és mértem Leitz-Wetzlar mikroszkóp alatt (képlékeny zsugorodás), majd utókezelés nélkül Huggenberger-féle deforméterrel vizsgáltam 200 mm-es alaphosszon (száradási zsugorodás). A **hőtágulási együtthatót** a zsugorodáshoz használt próbatesteken mértem legalább fél éves korban -20 és +95 °C közötti hőmérsékleti tartományban.

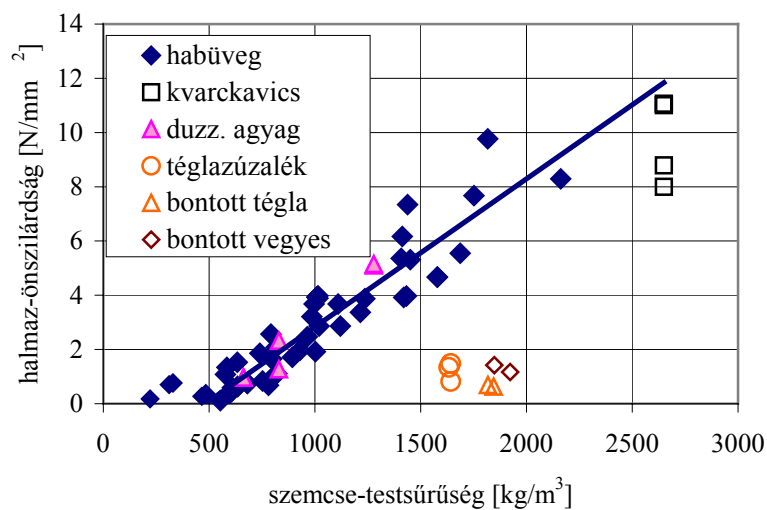
4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

A vastagon szedett szövegrészek ismertetik az új megállapításokat, a nem vastagon szedettek azok bevezetését és értelmezését adják.

1. téziscsoport: A habüveg adalékanyagok önszilárdsága

1.1. tézis

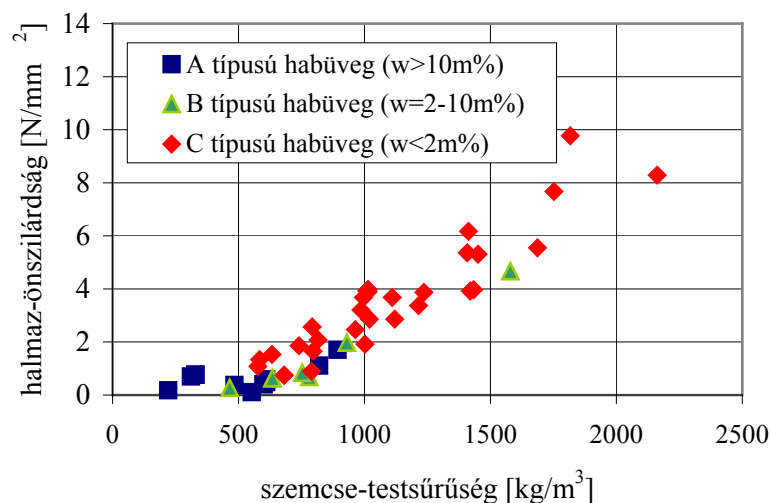
A habüveg adalékanyagok halmaz-önszilárdsága a szemcse-testsűrűség növekedésével növekszik. A szerkezeti beton készítéséhez alkalmas, 500 kg/m^3 -nél nagyobb szemcse-testsűrűségű habüveg adalékanyagok esetén a halmaz-önszilárdság és a szemcse-testsűrűség összefüggése gyakorlatilag lineárisnak tekinthető (5. ábra). Az így felvett egyenesre a kvarckavics is megközelítőleg illeszkedik, így ennek százalékában adható meg a habüveg szilárdsága. Az egyenesre a duzzasztott agyagkavicson mért értékek szintén jól illeszkednek.



5. ábra Adalékanyagok halmaz-önszilárdságának és testsűrűségének összefüggése

1.2. tézis

Kísérletileg igazoltam, hogy a habüveg adalékanyagok szemcse-testsűrűség és halmaz-önszilárdság összefüggése független az adalékanyag vízfelvevő képességétől (6. ábra).

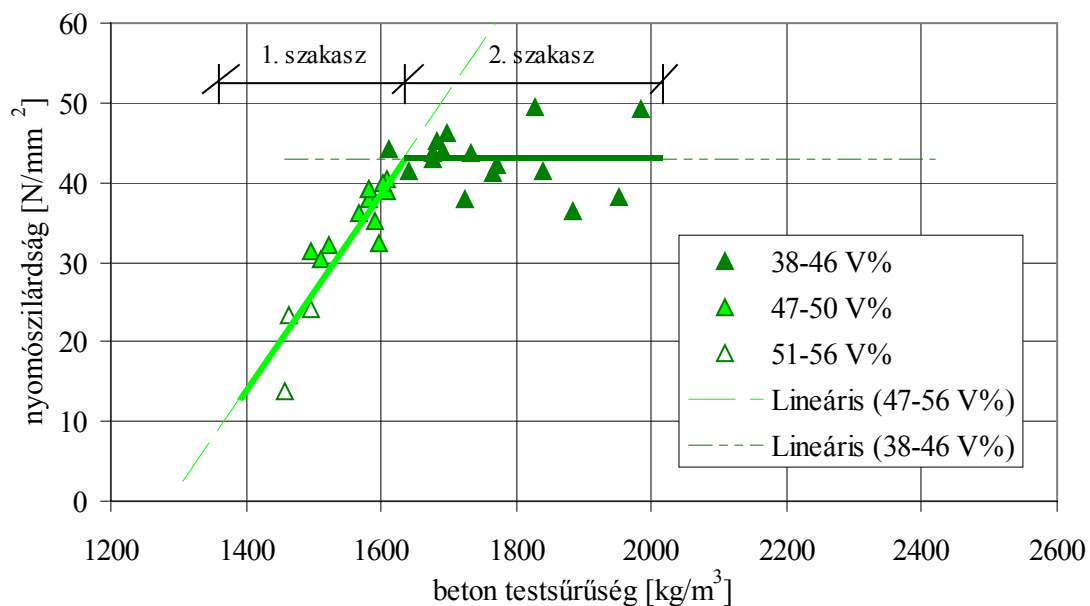


6. ábra A halmaz-önszilárdság – testsűrűség összefüggés különböző vízfelvételi csoportba tartozó habüveg adalékanyagok esetén

2. téziscsoport: A habüveg adalékanyagos könnyűbetonok szilárdsága

2.1. tézis

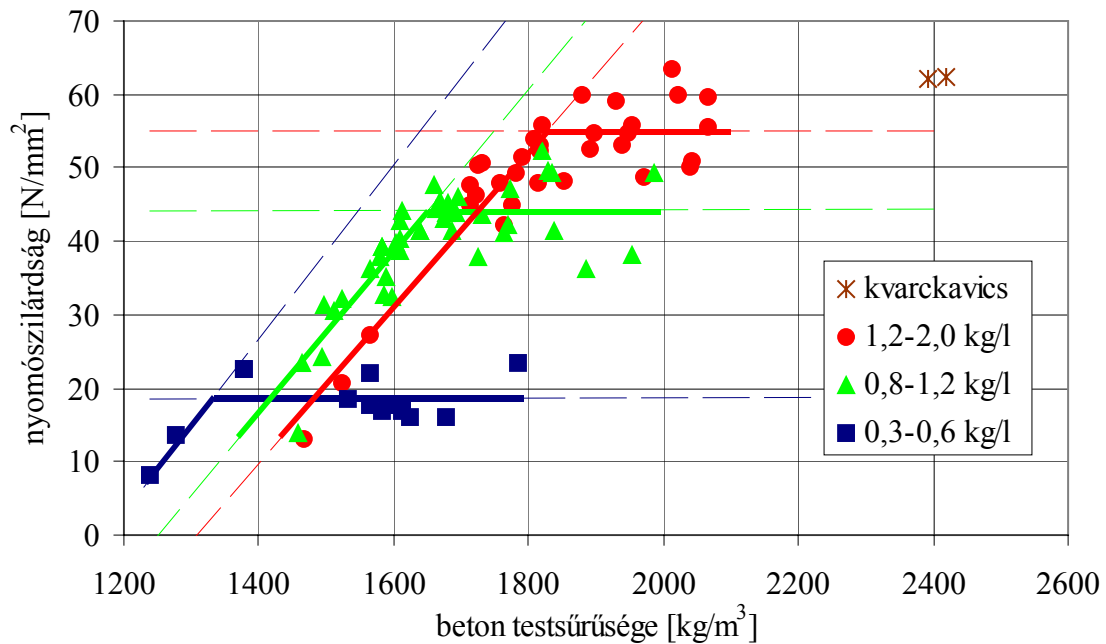
Ismeretes, hogy ha a könnyű adalékanyag mennyiségét (térfogatát) csökkentjük a betonban, az a testsűrűség és a szilárdság együttes növekedését eredményezi, mert a nagyobb testsűrűségű teherviselő habarcsváz aránya növekszik. Ez az összefüggés viszont nem érvényes az adott könnyű adalékanyaggal elérhető beton teljes testsűrűségi tartományban. Kísérletileg igazoltam, hogy ha **azonos összetételű cementhabarcs alkalmazásakor a habüveg mennyiségét a lehetséges legnagyobb adagolásról fokozatosan csökkentjük, akkor kezdetben a könnyűbeton nyomószilárdsága a testsűrűség növekedésével lineárisan növekszik (7. ábra 1. szakasz). Ha a könnyű adalékanyag mennyiségének csökkentése elér egy kísérletileg meghatározható, az adalékanyag szilárdságára jellemző értéket, akkor az adalékanyag mennyiségének további csökkentése reális határon belül (a legnagyobb adagolás feléig) csupán a beton testsűrűség növekedését okozza, gyakorlatilag változatlan nyomószilárdság mellett (7. ábra 2. szakasz).** A két egyenes metszéspontja adja az adott adalékanyagra az optimumot, azaz az adott könnyű adalékanyaggal elérhető legnagyobb betonszilárdság mellett elérhető legkisebb beton testűrséget.



7. ábra A nyomószilárdság (150 mm-es kockán, 28 napos korban, egyedi értékkel megadva) és a beton testsűrűség összefüggése a 24-es jelű habüveg adalékanyag különböző adagolása és azonos cementhabarcs alkalmazása esetén

2.2. tézis

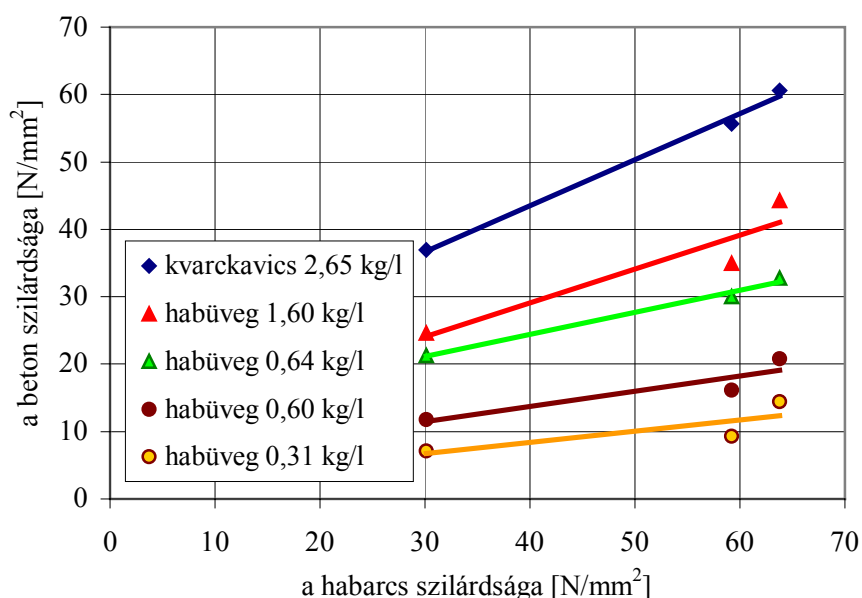
A könnyű adalékanyag szemcse-testsűrűségének növekedésével az optimumhoz tartozó betonszilárdság nő (8. ábra), az optimumhoz tartozó adalékanyag tartalom csökken.



8. ábra A nyomószilárdság (150 mm-es kockán, 28 napos korban, egyedi értékkel megadva) és a beton testsűrűsége különböző testsűrűségű osztályba tartozó könnyű adalékanyagok és kvarckavics esetén

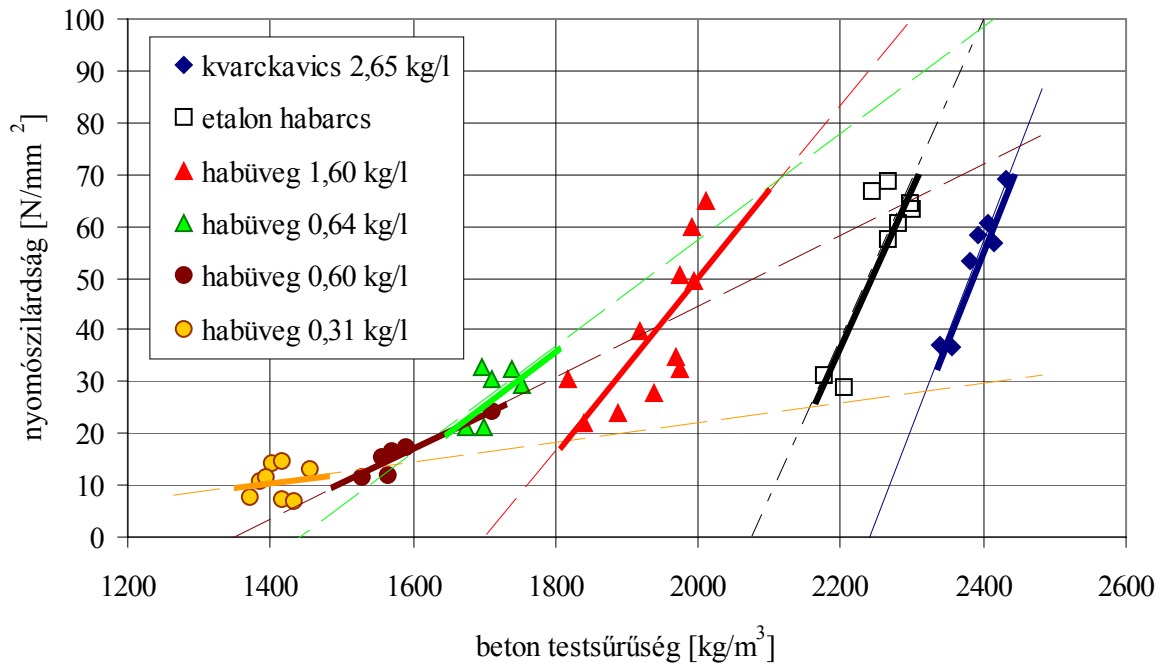
2.3. tézis

Adalékanyagos könnyűbetonok esetén az elérhető betonszilárdságot az adalékanyag jellemzői és a cementhabarcs összetétele határozzák meg. Kísérletileg igazoltam, hogy **optimális adalékanyag tartalmú, habüveg adalékanyagos betonok esetén a habarcs szilárdságának a növelésével arányosan nő a könnyűbeton szilárdsága (9. ábra).**



9. ábra A beton szilárdsága a habarcs szilárdságának függvényében különböző testsűrűségű habüveg adalékanyagos és kvarckavics betonok esetén (47 V% adalékanyag tartalom mellett, 70,7 mm-es kockán, 28 napos korban, átlagérték)

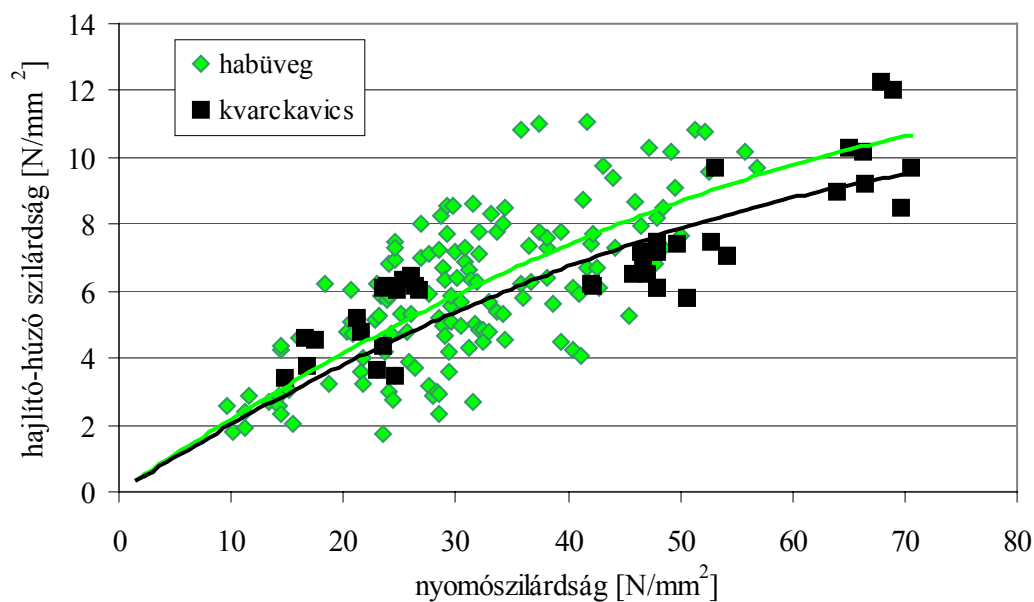
Ez megegyezik a kvarckavics adalékanyagos beton viselkedésével, de különböző testsűrűségű habüvegek esetén más-más szilárdsági tartomány érhető el (10. ábra).



10. ábra A beton szilárdsága a beton testsűrűségének függvényében különböző szemcse-testsűrűségű habüveg és kvarckavics adalékanyagos betonok esetén (47 V% adalékanyag tartalom, 70,7 mm-es kockán, 28 napos korban, átlagérték)

2.4. tézis

Kíséretileg igazoltam, hogy a **habüveg adalékanyagos könnyűbetonok hajlító-húzó szilárdsága nem kisebb a kvarckavics adalékanyagos betonok hajlító-húzó szilárdságánál a szerkezeti betonok tartományában** (nyomószilárdság: 10-60 N/mm²) (11. ábra).

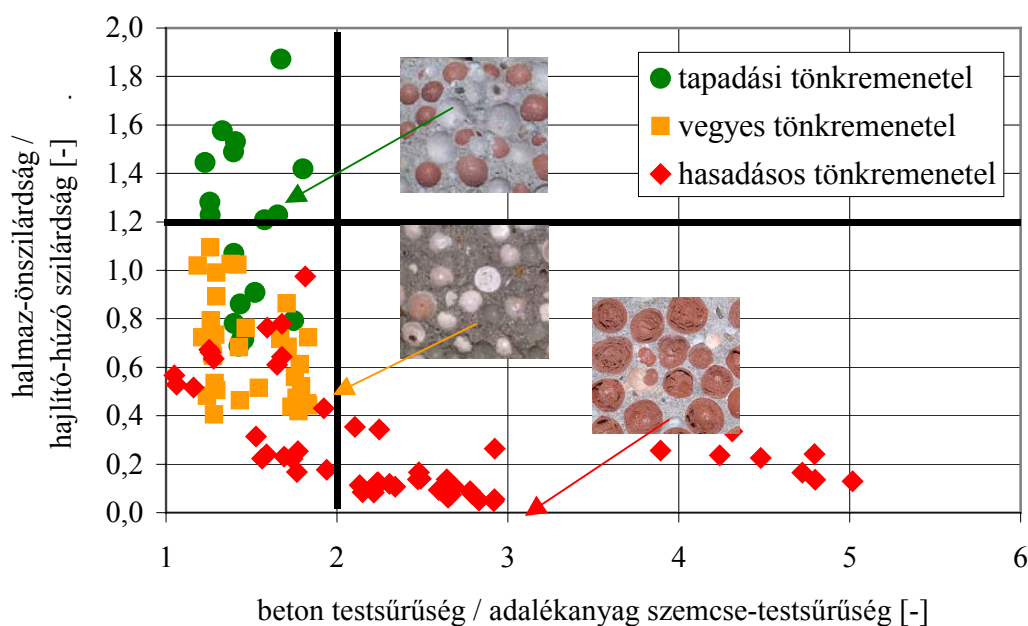


11. ábra A nyomószilárdság és a hajlító-húzó szilárdság összefüggése különböző habüveg és kvarckavics adalékanyagos betonok esetén (28 napos korban, 70x70x250 mm-es hasábokon)

2.5. tézis

A könnyű adalékanyagos betonok tönkremenetelét a szakirodalom szerint az adalékanyag tönkremenetele okozza (lásd 2. ábra). Kísérletileg igazoltam, hogy a **habüveg adalékanyagos könnyűbetonok** esetén a tönkremeneteli mód az adalékanyag szemcse-testsűrűség és a könnyűbeton testsűrűség hányadosának, továbbá az adalékanyag halmaz-önszilárdság és beton hajlító-húzó szilárdság hányadosának függvényében a következőképpen alakul (12. ábra):

- ha a beton testsűrűsége legalább kétszerese az adalékanyag szemcse-testsűrűségének, akkor a hajlítási törés az adalékanyag tönkremenetelével (hasadásával) következik be;
- ha az adalékanyag halmaz-önszilárdságának és a könnyűbeton hajlító-húzó szilárdságának hányadosa legalább 1,2, akkor az adalékanyag törés nélkül fordul ki a habarcsvázból (tapadási tönkremenetel);
- a műszakilag legkedvezőbbnek tekinthető vegyes tönkremenetel – ahol a habarcs és a könnyű adalékanyag szilárdságát kihasználhatjuk – csak a köztes esetekben jöhet létre.



12. ábra A töréskép összefüggése a testsűrűségek és szilárdságok arányával habüveg adalékanyagok esetén

3. téziscsoport: A habüveg adalékanyagos könnyűbetonok alakváltozással összefüggő jellemzői

3.1. tézis

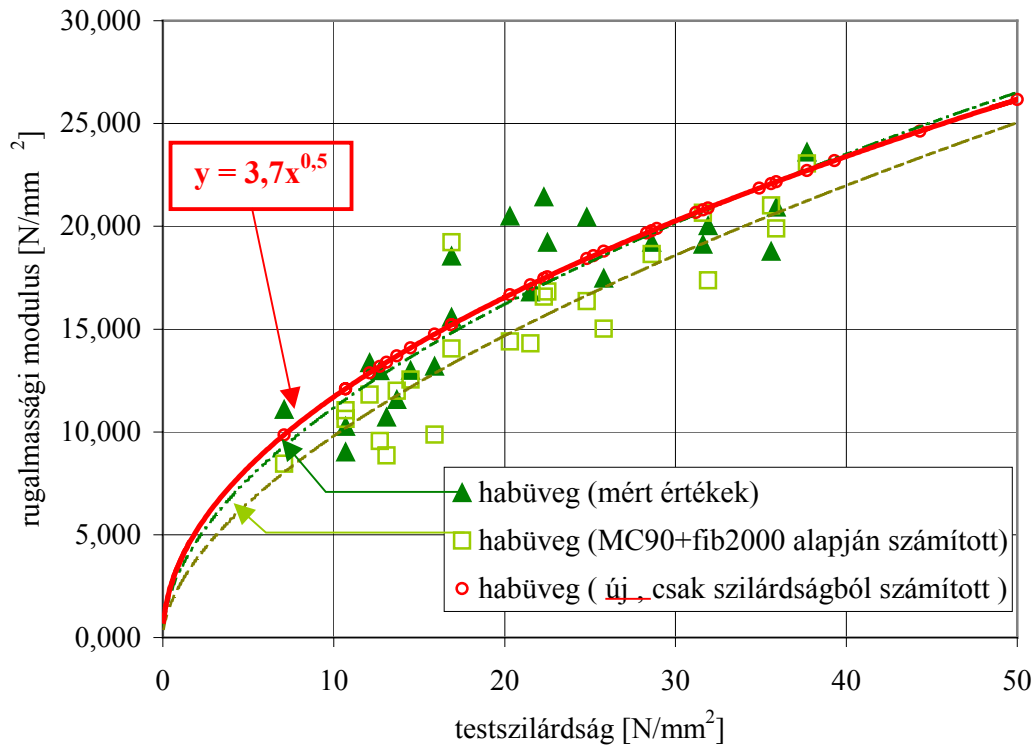
A szabványok lehetővé teszik a rugalmassági modulusnak a nyomószilárdságból való számítását (CEB-FIP MODEL CODE 1990). Könnyűbetonoknál a közönséges betonnál alkalmazott számítással kapott rugalmassági modulus értékét még egy, a testsűrűség alapján – országonként/szabványonként eltérő értékben meghatározott – csökkentő tényezővel kell beszorozni. A könnyűbetonok

nyomószilárdsága jelentős mértékben függ a beton testsűrűségétől, ezért ebből közvetlenül is becsülhető a rugalmassági modulus (13. ábra). Kísérleti eredményeim alapján **új képletet javaslak a habüveges szerkezeti könnyűbetonok rugalmassági modulusának nyomószilárdságból történő számítására az alábbiak szerint:**

$$E_m = 3,7\sqrt{f_{cm}^*}$$

ahol: E_m : a rugalmassági modulus átlagértéke [N/mm²]

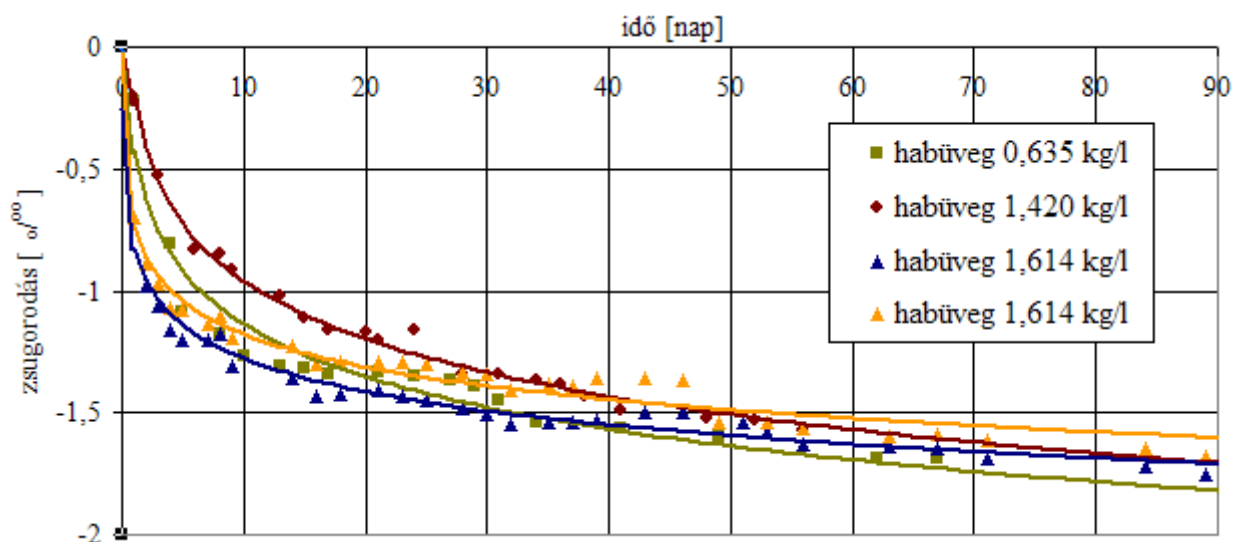
f_{cm}^* : a 120x120x360 mm-es álló hasábon mért nyomószilárdság átlagértéke [N/mm²]



13. ábra Habüveg adalékanyagos betonok rugalmassági modulusa a nyomószilárdság függvényében (mért és számított értékek)

3.2. tézis

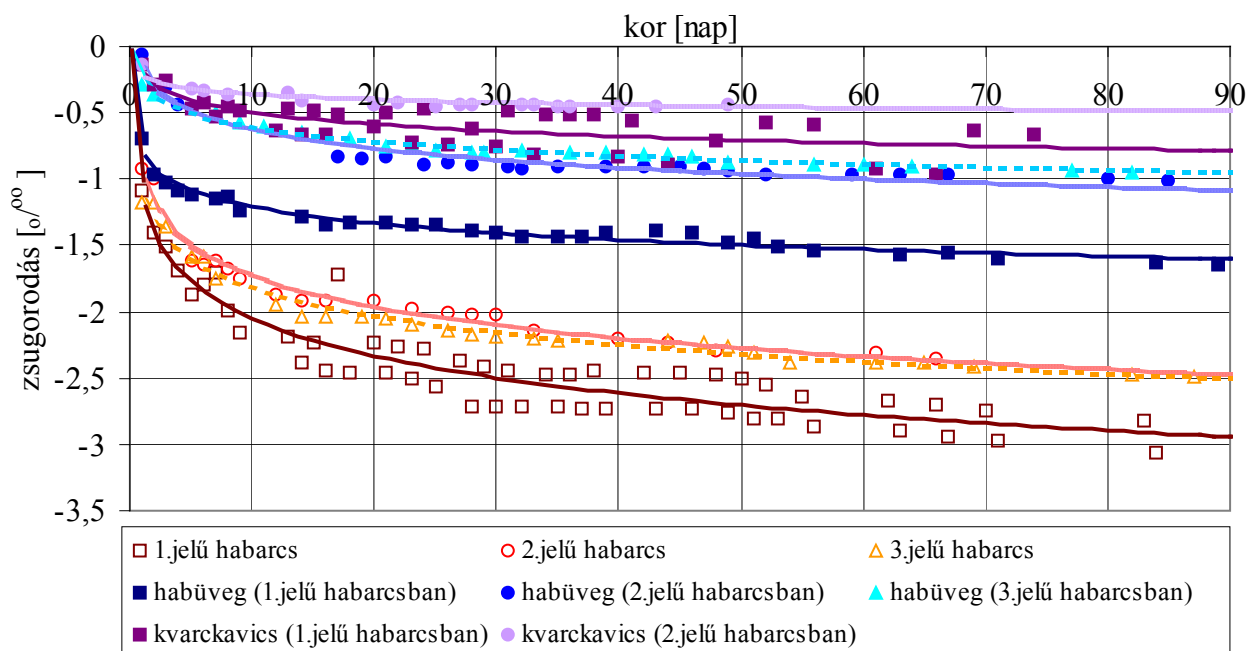
Kísérletileg igazoltam, hogy különböző szemcse-testsűrűségű habüveg adalékanyagokkal készített azonos habarcs összetételű és azonos könnyű adalékanyag tartalmú betonok zsugorodása közel azonos, tehát **a habüveg adalékanyagos könnyűbetonok zsugorodása független az adalékanyag szemcse-testsűrűségétől (14. ábra).**



14. ábra 1. jelű habarcsban 47 V% könnyű adalékanyag tartalmú betonok zsugorodása különböző szemcse-
testsűrűségű habüveg adalékanyagok esetén

3.3. tézis

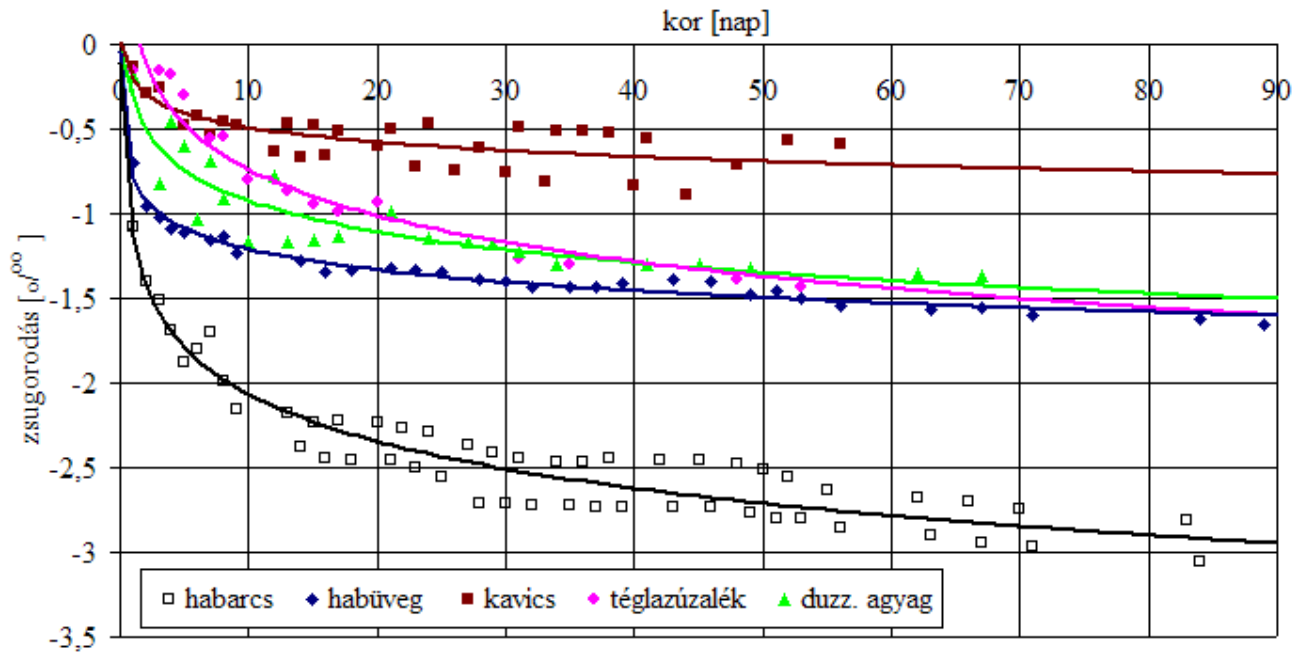
Kísérletileg igazoltam, hogy a **habüveg adalékanyagos könnyűbetonok zsugorodása** – hasonlóan a közönséges betonokhoz – **elsősorban a habarcs összetételétől függ, de a zsugorodás végértéke azonos habarcs alkalmazása esetén mintegy kétszerese a kvarckavics adalékanyagos betonénak (15. ábra).**



15. ábra Habüveg és kvarckavics adalékanyagos betonok zsugorodása különböző zsugorodású (1-3. jelű) habarcsokban
47 V% adalékanyag tartalom mellett

3.4. tézis

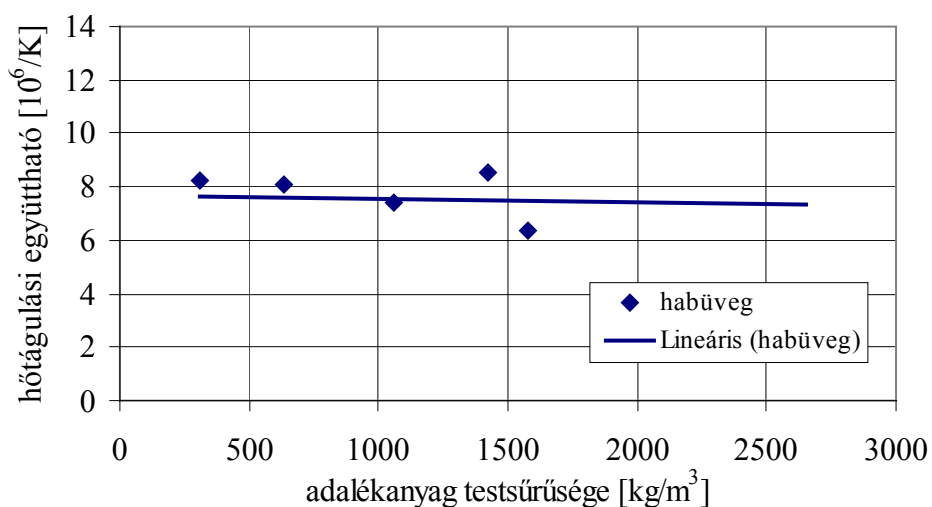
Kísérletileg igazoltam, hogy azonos habarcs alkalmazása esetén a **habüveg adalékanyagok könnyűbetonok zsugorodása azonos a többi általam vizsgált könnyű adalékanyagos (duzzasztott agyagkavics, téglazúzalék) betonok zsugorodásával (16. ábra).**



16. ábra Különböző adalékanyagokkal készült betonok zsugorodása (1. jelű habarcs, 47 V% adalékanyag tartalom)

3.5. tézis

Kísérletileg igazoltam, hogy **habüveg adalékanyag alkalmazása esetén a könnyűbeton lineáris hőtágulási együtthatója független az adalékanyag szemcse-testsűrűségétől (17. ábra).**



17. ábra A hőtágulási együttható változása különböző habüveg adalékanyagok esetén a szemcse-testsűrűség függvényében azonos adalékanyag adagolás és azonos habarcsösszetétel mellett

5. AZ ÉRTEKEZÉS EREDMÉNYEINEK HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI

Kísérleti eredményeim alapján az adott fajta habüveg adalékanyaggal készített könnyűbetonok optimális adalékanyag-tartalma és a könnyű adalékanyag - habarcsváz szilárdságaránya meghatározható, illetve adott betonszilárdság - testsűrűség igényhez az ideális szemcse-testsűrűség megválasztható. A könnyű adalékanyag okozta eltérő alakváltozási jellemzőket (rugalmassági modulus, zsugorodás, hőtágulás) pontosítottam, illetve számszerűsítettem a habüveg adalékanyag esetére.

Eredményeim hasznos információkat nyújtanak mind a kutatás, mind a gyakorlati alkalmazás területén. Kis számú további kísérlettel hasonló összefüggések állíthatók föl más cement vagy homok alkalmazása esetén is. További kutatási területek jelölhetők ki, és a megállapítások egy része adaptálható más könnyű adalékanyag fajtákra is.

6. HIVATKOZÁSOK A TÉZISFÜZETBEN

Bergmeister, K. – Wörner, J.-D. (2005) „BetonKalender 2005 Fertigteile-Tunnelbauwerke“, *Erst & Sohn*

Faust, T. (2000) „Herstellung, Tragverhalten und Bemessung von konstruktivem Leichtbeton – Dissertation“, *Universität Leipzig 2000*

fib (2000) bulletin 8 “Lightweight Aggregate Concrete - Recommended extensions to Model Code 90 -Case studies”, *Sprint-Druck Stuttgart*

Romić, S – Lazić M. (1985) „Armirani lakoagregatni beton“, *IRO Gradevinska knjiga, Beograd*

Ujhelyi J. (1960) „A könnyűadalékos beton fajtái összetételének tervezése és a beton készítése“, (Mérnöki Továbbképző Intézet 3797), *Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat, Budapest, 1960*

Szabványok:

CEB-FIP (1993) CEB-FIP MODEL CODE 1990, Thomas Telford Services Ltd. 1993

EN 206-1 Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity, 2000

EN 13055-1:2002 Lightweight aggregates – Part 1: Lightweight aggregates for concrete and mortar
Brussels 2002

MSZ 4798-1 Beton 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon 2004

7. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

- 2001 Nemes R.** – Gyömbér Cs. „Könnýűbeton adalékanyagok összehasonlító vizsgálata”, BME Tudományos Diákköri Konferencia, Budapest, 2001. november 14., OTDK Műszaki Tudományi Szekció, Debrecen, 2003. április 15-17. 28 p. – Kivonat: *XXVI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Műszaki Tudományi Szekció Tartalmi kivonatok* Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar, Debrecen 2003 p. 134 ISBN 963 472 731 X
- 2002 Nemes R.** „Hulladékfelhasználás könnyűbetonokban”, IV. Határon Túli Műszakis Magyar Diákok Tudományos Diákkonferenciája, Temesvár (Románia), 2002. május 17-19. 19 p. – Kivonat: p. 15
- Józsa, Zs.– **Nemes, R.** „Recycled Glass Aggregate for Lightweight Concrete”, *Journal of Concrete Structures*, 2002, pp. 41-46. ISSN 1419 6441
- Józsa, Zs. – **Nemes, R.** “Bond of a New Recycling Glass Lightweight Aggregate”, *Proceeding of 3rd International Symposium on Bond in Concrete – From Research to Standards*, Eds.: Balázs – Bartos – Cairns - Borosnyói, 20-22 November 2002, Budapest, pp. 420-427. ISBN 963 420 714 6
- 2003 Hoffmann L.** – Józsa Zs. – **Nemes R.** „Üveghulladékból könnyűbeton adalékanyag”, *Építőanyag 55. évf. 2003. 1. szám*, pp. 13-17. ISSN 00 13-970x
- Erdélyi A. – **Nemes R.** „A beton tartóssága, új szilárdsági és konzisztencia osztályok az MSZ EN 206-1:2002 szerint”, *Építési Piac XXXVII. évf. 2003/3. szám*, pp. 20-25 ISSN 1218-0084
- Hoffmann L. – Józsa Zs. – **Nemes R.** „Üveg egy kicsit másképp”, *Építési Piac XXVII. évf. 2003/5. pp. 51-52.* ISSN 1218-0084
- 2004 Nemes R.** „Hulladékok felhasználásával készült könnyűbetonok zsugorodása” *Anyagvizsgálók Lapja* 2004. 1. szám pp. 6-7. ISBN 1215-8410
- Fenyvesi, O. – Gyömbér, Cs. – **Nemes, R.** – Józsa, Zs. “Adalékanyagok könnyűbeton roncsolásmentes vizsgálata”, *Konferencia kiadvány ÉPKO 2004 – Nemzetközi Építéstudományi Konferencia*, Szerk.: Köllő G., 2004. június 3-6., Csíksomlyó, (Románia) pp. 106-112. ISBN 973-86852-1-4
- Józsa, Zs. – **Nemes, R.** “An Innovative Material from Recycled Glass to Lightweight Concrete”, *Proceeding of 1st International Symposium Innovative Materials and Technologies for Construction and Restoration*, Eds.: La Tegola, A. – Nanni, A., 6-9 June 2004, Lecce, (Olaszország) pp. 229-240. ISBN 88-207-36780

- Nemes, R.** “Expanded glass pellets as an aggregate for lightweight concrete”, *Proceeding of 5th International PhD Symposium in Civil Engineering*, Eds.: Walraven – Blaauwendraad – Scarpas – Snijder, 16-19 June 2004, Delft, (Hollandia) pp. 679-685. ISBN 9058096769
- Nemes, R.** – Józsa, Zs. “Betonul ușor – însemnătate și scurt istoric” – „The History and Significance of Lightweight Concrete” – „A könnyűbeton története és öröksége”, *Konferencia kiadvány Történeti Tartószerkezetek 8. Tudományos Ülésszak – Történeti Tartószerkezetek Öröksége*, Szerk.: Kirizsán I. – Szabó B., 2004. október 27-30., Kolozsvár (Románia), pp. 134-141 ISBN 973-9377-38-6
- 2005** Kollegger, J – **Nemes, R.** – Preisinger, C. – Kratochvill, A. – Torghele, H. „Reinforced concrete shells without formwork - a new approach to the construction of RC – shells” *Proceeding of fib Symposium Keep Concrete Attractive* Eds.: Balázs, L.Gy. – Borosnyói, A., 23-25 May 2005, Budapest, Hungary pp. 217-222. ISBN 963 420 838 X
- BV-MI 01:2005 (H)”Beton- és Vasbetonépítési Műszaki Irányelv, Betonkészítés bontási, építési és építőanyag-gyártási hulladék újrahasznosításával” Kidolgozta és kiadta a *fib* Magyar Tagozatának Műszaki Irányelv Bizottsága (A Szakértői Bizottság elnöke: Kausay T., tagjai: Alvincz A., Boromissza T., Deres Sz., Dubrovsky G., Erdélyi A., Fejes I., Hikisch L., Karsainé L. K., Kiss P. B., Liptay A., **Nemes R.**, Pankhardt K., Rác K., Somogyi G., Tápai A., Vadász E., Várkonyi E., Várkonyi G.) 120p ISBN 963 420 846 0
- 2006** **Nemes, R.** – Józsa, Zs. „Strenght of Lightweight Glass Aggregate Concrete”, *ASCE Journal of Materials in Civil Engineering (USA)* (megjelenés alatt)

Az értekezés témakörében elhangzott előadásaim (kiadvány nélkül)

- Nemes R.** „Eigenschaften von Leichtbetonzuschlag aus rezykliertem Altglas”, Hochschullkolloquium Werkstoffe im Bauwesen, Budapest, 2002. március 20-22.
- Nemes R.** „Recycled Glass Aggregate for Lightweight Concrete” *fib* TG 9.3 Meeting 22-23 November 2002, Budapest
- Nemes R.** – Paláncz B. “Csiszolati minták morfológiai elemzése” BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, Tanszéki szeminárium 2003. május 14.
- Nemes R.** „Könnyű-adalékanyagok tervezési kérdései” Tudományos ülészak Palotás László születésének 100. évfordulójára, Budapest, 2005. január 26-27.
- Nemes R.** „Könnyű-adalékanyagok tervezése” Szilikátipari Tudományos Egyesület, Beton Szakosztályi Ülés, Budapest, 2005. május 12.