

Beton

újrahasznosíthatósága

Dr. Czoboly Olivér

Magyar Cement, Beton- és Mészipari Szövetség

Budapest

2019. 10. 31.

Dr. Czoboly Olivér,
Beton Technológia Centrum Kft.,
Termék portfólió vezető,
czobolyo@btclabor.hu

PhD, Betontechnológus szakmérnök, okl. szerkezet építőmérnök,
Tűzvédelmi tervezési szakmérnök

Kutatás / oktatás:	2009-2017	BME Építőmérnöki Kar
Laborvezető:	2017-2018	BTC Kft.
Termék portfólió vezető:	2018 -	BTC Kft.
Igazságügyi szakértő:	2014 -	

Bontási törmelék, mint érték

45/2004. (VII. 26.) BM-KvVM együttes rendelet
az építési és bontási hulladék kezelésének részletes szabályairól

Sorszám	A hulladék anyagi minősége szerinti csoportok	Hulladék EWC kódja	Mennyiségi küszöb (tonna)
1.	Kitermelt talaj	17 05 04 17 05 06	20,0
2.	Betontörmelék	17 01 01	20,0
3.	Aszfalttörmelék	17 03 02	5,0
4.	Fahulladék	17 02 01	5,0
5.	Fémhulladék	...	2,0

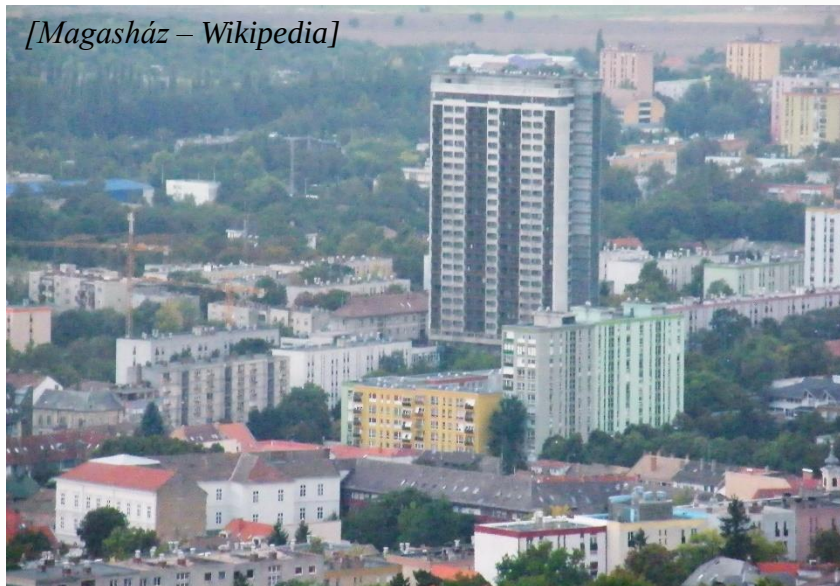
Felhasználási lehetőségek?

- feltöltés,
- útépítés,
- **beton adalékanyag.**

Bontási törmelék, mint érték

Pécsi magasház

[Magasház – Wikipedia]



[maeponline.hu]



Pécsi magasház bontásából 22 549 tonna betontörmelék keletkezett [Jakab, 2018]

Újrahasznosított adalékanyag előállítása - 2017

Ország	2017-ben előállított adalékanyag becsült mennyisége [millió tonna]							Újrahasznosított / Összes
	Homok és kavics	Zúzottkő	Tengeri	Újrahasz- nosított	Helyszínen újrahasznált	Gyártott	Összesen	
Anglia	52	135	14	65	0	11	276	23,5%
Ausztria	63	33	0	4	0	3	103	3,9%
Belgium	13	46	6	15	0	1	82	18,3%
Hollandia	44	0	16	18	0	0	78	23,1%
Horváthország	4	13	0	0	0	0	17	0,0%
Magyarország	41	17	0	1	0	0	59	1,7%
Németország	256	223	10	72	0	30	591	12,2%
Románia	60	30	0	0	1	0	91	0,0%
Szlovákia	10	18	0	0	1	0	29	1,0%
Szlovénia	2	9	0	0	0	0	11	0,0%

[UEPG statisztikája alapján]

Újrahasznosítás - szabvány /előírás / irányelv

- **MSZ 4798:2004** még nem foglalkozott a témával
- **Műszaki Irányelv: Betonkészítés bontási, építési és építőanyag-gyártási hulladék újrahasznosításával (2005)**
- **e-ÚT 05.02.31 (ÚT 2-3.710) Útbeton betonhulladék újrahasznosításával (2008)**
- **MSZ 4798:2016 új témakörei:**
 - szálerősítésű betonok,
 - **újrahasznosított betonok,**
 - öntömörödő betonok...



MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 alapján

**Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés
és megfelelőség, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei
Magyarországon**

Főbb fogalmak MSZ 4798:2016 alapján

3.1.4.7. újrahasznosított beton

Újrahasznosított a beton, ha újrahasznosított adalékanyagot (3.1.2.16.) vagy az adalékanyag-mennyiségre vonatkoztatva több, mint 5 tömegszázalék visszanyert adalékanyagot (3.1.2.14. és 3.1.2.15.) tartalmaz.

3.1.2.16. újrahasznosított adalékanyag

Adalékanyag, amelyet építési folyamatban már előzőleg felhasznált szervesetlen anyagok feldolgozásával nyernek ki.



Főbb fogalmak MSZ 4798:2016 alapján

3.1.2.14. visszanyert, mosott adalékanyag

Adalékanyag, amit a friss betonból mosás révén nyernek ki.



3.1.2.15. visszanyert, tört adalékanyag

Adalékanyag, amelyet építési folyamatban még fel nem használt megszilárdult beton törése révén kapnak.

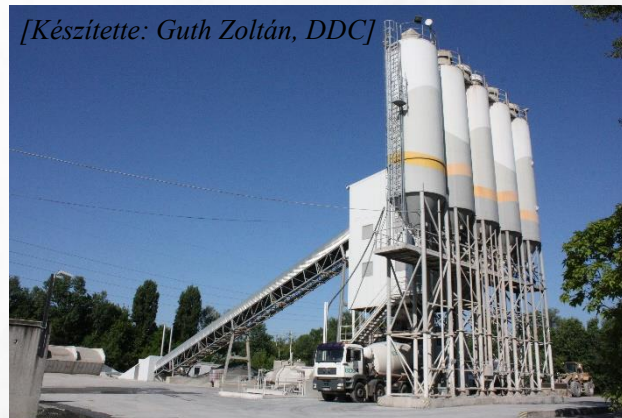
MEGJEGYZÉS: A visszanyert tört adalékanyagot még be nem épített előregyártott elemekből nyerik, és keletkezhet építés közben az építéshelyen is.



Jellemző keletkezési helyük

Visszanyert, mosott adalékanyag:

- transzportbeton üzemek,
- előregyártó üzemek.



Visszanyert, tört adalékanyag:

- előregyártó üzemek.



Újrahasznosított adalékanyag:

- régi épületek, építmények bontásából.



Visszamosás folyamata – transzportbeton üzem



(Kép a DDC Kft. Bp. Basa u-i telephelyén készült a cég jóváhagyásával.)

Visszamosás folyamata – transzportbeton üzem



(Kép a DDC Kft. Bp. Basa u-i telephelyén készült a cég jóváhagyásával.)

- 1) Mixer autók mosása, visszahozott beton szétmosása
- 2) Keverő mosása
- 3) Adalékanyag felhordó szalagjáról származó anyag

Visszanyert mosott adalékanyag



(Kép a DDC Kft. Bp. Basa u-i telephelyén készült a cég jóváhagyásával.)

Visszanyert mosott adalékanyag

THK 0/24

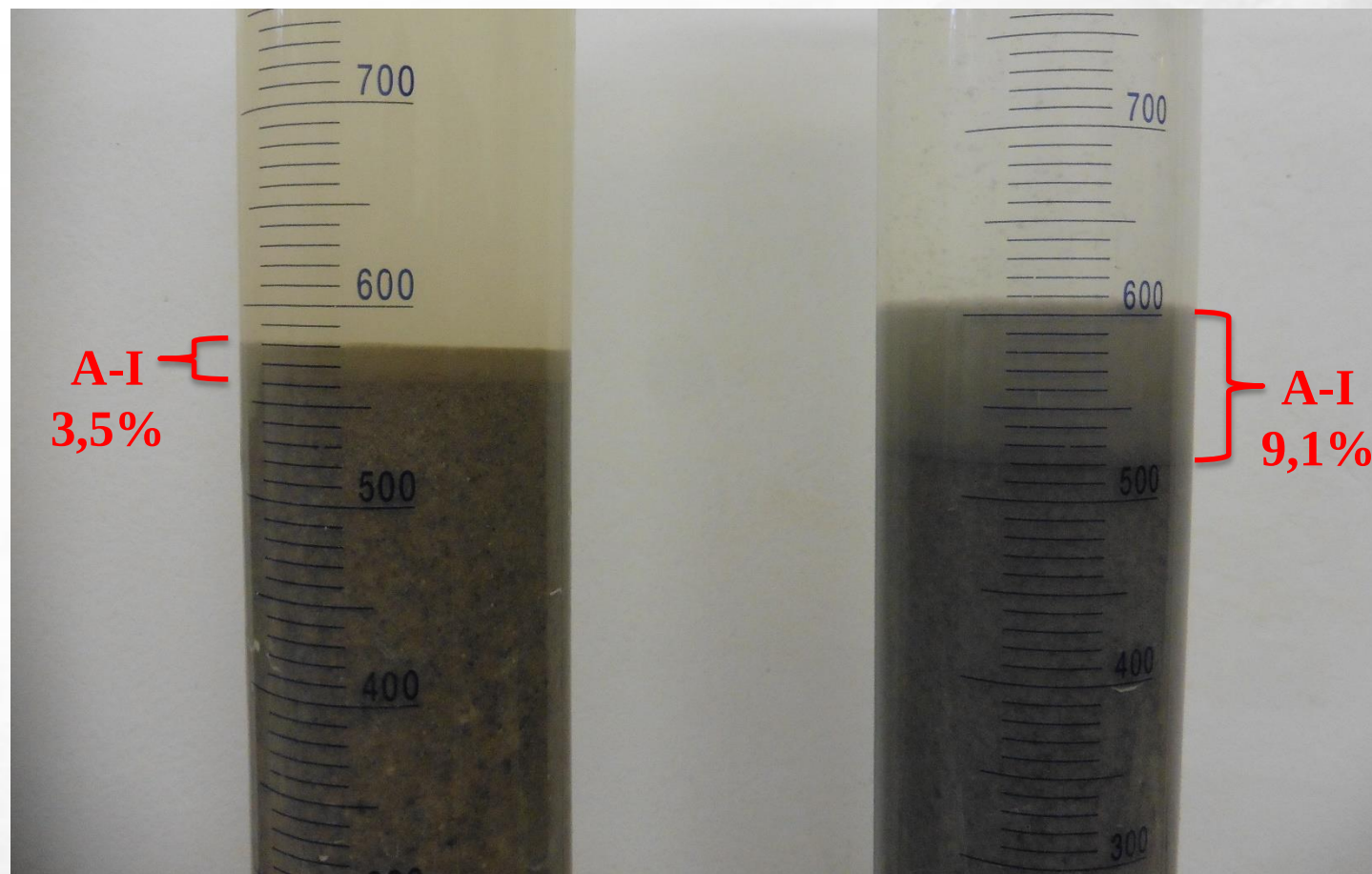
**Visszanyert mosott
adalékanyag**



Visszanyert mosott adalékanyag

THK 0/24

**Visszanyert mosott
adalékanyag**



Kitekintés – Agyag-iszap tartalom határértékek

A homok, illetve a homokos kavics frakcióra:

..., a 4 mm alatti szemek térfogatára vonatkoztatott – meghatározott agyag-iszap tartalma (névleges 0,02 mm-nél kisebb szemek mennyisége) 24 órás ülepités után:

- legfeljebb **C16/20 nyomószilárdsági osztályú beton**-adalékanyag esetén **legfeljebb 10** térfogatszázalék;
- **C20/25 és C45/50 közötti nyomószilárdsági osztályú beton és vasbeton** (kivéve az útpályaszerkezeti betont) adalékanyaga esetén **legfeljebb 6** térfogatszázalék;
- **feszített vasbeton és útpályaszerkezeti beton, valamint C50/60** vagy annál nagyobb nyomószilárdsági osztályú beton és vasbeton adalékanyaga esetén **legfeljebb 3** térfogatszázalék

legyen, függetlenül attól, hogy a vizsgálat során elkülönülő szemek duzzadó agyagásványok-e vagy sem.

5.2. A betonösszetételre vonatkozó alapkövetelmények

5.2.3.3. Visszanyert adalékanyag

- (2) Visszanyert adalékanyagot **osztályozatlanul** az összes adalékanyag mennyiségének **5 tömegszázalékánál nagyobb mennyiségben nem szabad felhasználni.**
- (3) Ha a **visszanyert mosott** adalékanyag mennyisége az összes adalékanyag-mennyiség **több, mint 5 tömegszázaléka**, akkor **osztályozni kell** durva és finom frakciókra, és meg kell felelnie az MSZ EN 12620 szabványnak.
- (4) Ha a **visszanyert tört** adalékanyag mennyisége az összes adalékanyag-mennyiség **több, mint 5 tömegszázaléka**, akkor ezt **osztályozni** kell, és **újrahasznosított adalékanyagként** kell kezelni.

Újrahasznosított adalékanyag



Újrahasznosított adalékanyag csoportosításánál használt jelölések

Alkotóelem	Leírás
Rc	Beton, beton termékek, habarcs beton falazóelem
Ru	Kötőanyag nélküli adalékanyag, természetes kő, hidraulikusan kötött adalékanyag
Rb	Agyag falazóelem (azaz téglá, cserép) kalcium-szilikát falazóelem Nem úszó habosított beton
Ra	Bitumenes anyagok
FL	Úszó anyagok térfogatban
X	Egyéb: Kohéziós (azaz agyag, talaj), Vegyes: fémek (vastartalmú és színesfém), nem úszó fa, műanyag, gumi, Gipszvakolat
Rg	Üveg

Ajánlások újrahasznosított adalékanyagok felhasználására

E2. táblázat: A durva adalékanyag újrahasznosított, illetve visszanyert adalékanyaggal való helyettesítésének legnagyobb százalékos értékei (tömegszázalék)

Az újrahasznosított adalékanyag típusa	Környezeti osztály			
	X0	XC1, XC2	XC3, XC4, XF1, XA1, XD1	Minden más környezeti osztály ^{a)}
A típus: (Rc ₉₀ , Rcu ₉₅ , Rb ₁₀₋ , Ra ₁₋ , FL ₂₋ , XRg ₁₋)	50 %	30 %	30 %	0 %
B típus^{b)}: (Rc ₅₀ , Rcu ₇₀ , Rb ₃₀₋ , Ra ₅₋ , FL ₂₋ , XRg ₂₋)	50 %	20 %	0 %	0 %

- a) **Ismert eredetű, újrahasznosított és visszanyert A típusú adalékanyag használható azokban a környezeti osztályokban, amelyekre az eredeti betont tervezték, legfeljebb 30%-os helyettesítéssel. ...**
- b) **Újrahasznosított és visszanyert B típusú adalékanyagot nem ajánlatos felhasználni olyan betonban, amelynek nyomószilárdsági osztálya > C30/37.**

Újrahasznosított adalékanyagra vonatkozó kiegészítő követelmények

- Szemhalmaz testsűrűség,
- Szemmegoszlás,
- Los Angeles-aprózódási ellenállás,
- Mikro-Deval-féle kopásállóság,
- Vízoldható kloridtartalom
- Vízoldható szulfáttartalom,
- Cementpép kötéskezdetére gyakorolt hatás
- ...

[MSZ 4798:2016/2M:2018]

Példa:

Tulajdonság és a vizsgálati szabvány azonosító jelzete	Környezeti osztály							
	XN(H)	X0b(H)	X0v(H)	XC1	XC2 XC3 XC4	XD1 XS1	XD2 XD3 XS2 XS3	XF1
	Követelmény							
A szemhalmaz testsűrűsége, MSZ EN 1097-6	Megadott érték ± 1,5%							
Szemmegoszlás $D \leq 4$ mm, MSZ EN 933-1	G _{F85} az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 C1. táblázata szerint							
Szemmegoszlás, $D/d \leq 2$ és $4 < D \leq 11,2$ mm, MSZ EN 933-1	G _{C80/20}			G _{C85/20}				
Szemmegoszlás, $D/d > 2$ és $D > 11,2$ mm, MSZ EN 933-1	G _{C90/15}							
Szemmegoszlás, $D \leq 45$ mm és $d = 0$ mm ^{a)} , MSZ EN 933-1	G _{A85}			G _{A90}				
Szemalak (szemalakító), > 4 mm ^{b)} , MSZ EN 933-3	F _{I50}			F _{I35}				
Kagylóhéjtartalom, MSZ EN 933-7	–			SC ₁₀				
Finomszem-tartalom a finom frakcióban ($D \leq 4$ mm), MSZ EN 933-1	f ₁₆			f ₁₀				
Finomszem-tartalom a durva frakcióban ($D/d > 2$ és $D > 4$ mm), MSZ EN 933-1	–			f ₄				
Finomszem-tartalom a kevert adalékanyag-frakcióban ($D \leq 45$ mm és $d = 0$), MSZ EN 933-1	–			f ₁₁				
Los Angeles-aprózódási ellenállás ^{c) d)} , MSZ EN 1097-2	LA ₅₀	LA ₄₀	LA ₃₅	LA ₃₀	LA ₂₅			
Mikro-Deval-féle kopásállóság ^{c) d)} , MSZ EN 1097-1	M _{DE35}		M _{DE30}	M _{DE25}	M _{DE20}			

Újrahasznosított adalékanyag

MEGJEGYZÉS: E szabvány E és F melléklete korlátozza a finom újrahasznosított és visszanyert adalékanyag felhasználását.



3.1.2.21. finom adalékanyag

Az olyan finomabb frakciók megnevezése, amelyeknek a D szemnagysága legfeljebb 4 mm [MSZ EN 12620].

Korlátozott felhasználhatóság

5.5.5. Fagyállóság

MSZ 4798:2016 alapján:

(13) Légbuborékos fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló betont újrahasznosított adalékanyaggal vagy visszanyert adalékanyaggal készíteni általában csak akkor célszerű, ha az újrahasznosított adalékanyagot vagy a visszanyert adalékanyagot légbuborékos betonból állították elő.

Módosítás MSZ 4798:2016/2M:2018 alapján:

(14) Az XF2, XF3 XF4 XF2(H), XF3(H) és XF4(H) környezeti osztályú betonok készítéséhez 4 mm alatti újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyagot használni nem szabad.

MSZ 4798:2016 alapján:

(15) Az újrahasznosított, 4 mm alatti adalékanyagot tartalmazó adalékanyaggal a betonba a cementtartalomra vonatkoztatott legfeljebb 0,01 tömegszázalék kloridiont (Cl-) szabad bevinni.

(16) Fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló feszített vasbeton készítéséhez újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyagot nem szabad használni.

Korlátozott felhasználhatóság

XD környezeti osztályú beton

Módosítás MSZ 4798:2016/2M:2018 alapján:

(2) **XD2 és XD3** környezeti osztályú betonokat **újrahasznosított, vagy visszanyert adalékanyaggal készíteni nem szabad**.

XA környezeti osztályú beton

Módosítás MSZ 4798:2016/2M:2018 alapján:

Az **XA4(H), XA5(H) és XA6(H)** környezeti osztályú betonokat **újrahasznosított, vagy visszanyert adalékanyaggal készíteni nem szabad**.



Korlátozott felhasználhatóság

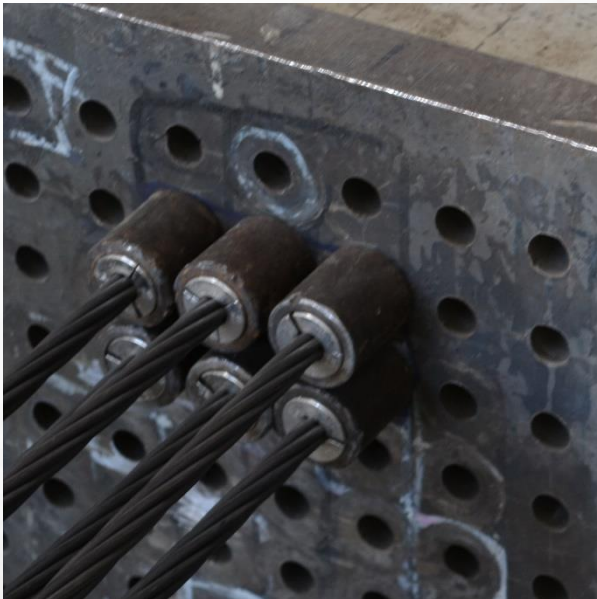
Feszített vasbeton elemek

Módosítás MSZ 4798:2016/2M:2018 alapján:

(3) Feszített vasbeton elemek gyártásához újrahasznosított adalékanyagot nem szabad használni, csak az előregyártó üzem saját visszanyert mosott vagy tört adalékanyagának felhasználása megengedett.

Emlékeztetésképp: (MSZ 4798:2016 alapján)

(16) Fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló feszített vasbeton készítéséhez újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyagot nem szabad használni.



2017-ben közzétéve: e-ÚT 05.02.31 (2008-ban kiadva: ÚT 2-3.710)

Útbeton betonhulladék újrahasznosításával

A 4 mm feletti betonhulladék alkalmazásának aránya

A 4 mm feletti szemnagyságú bontási és építési betonhulladék adalékanyag megengedett részaránya a teljes 4 mm feletti szemnagyságú adalékanyagban [m%]

A közönséges beton nyomószilárdsági osztálya víz alatti tárolás esetén, az MSZ 4798-1 szerint $f_{ck,gyf}/f_{ak,gye}$	A bontási és építési betonhulladék adalékanyag mértékadó közetfizikai csoportja						
	$Kf_{gr}-A$	$Kf_{gr}-B$	$Kf_{gr}-C1$	$Kf_{gr}-C2$	$Kf_{gr}-D1$	$Kf_{gr}-D2$	
$\leq C8/10$	100	100	100	100	100	100	
C12/15						70	
C16/20					70	30	
C20/25			70	70	30	x	
C25/30				30			
C30/37			30				
C35/45			x	x	x		
C40/50		70					
C45/55		30					
C50/60		x					

Jelmagyarázat:

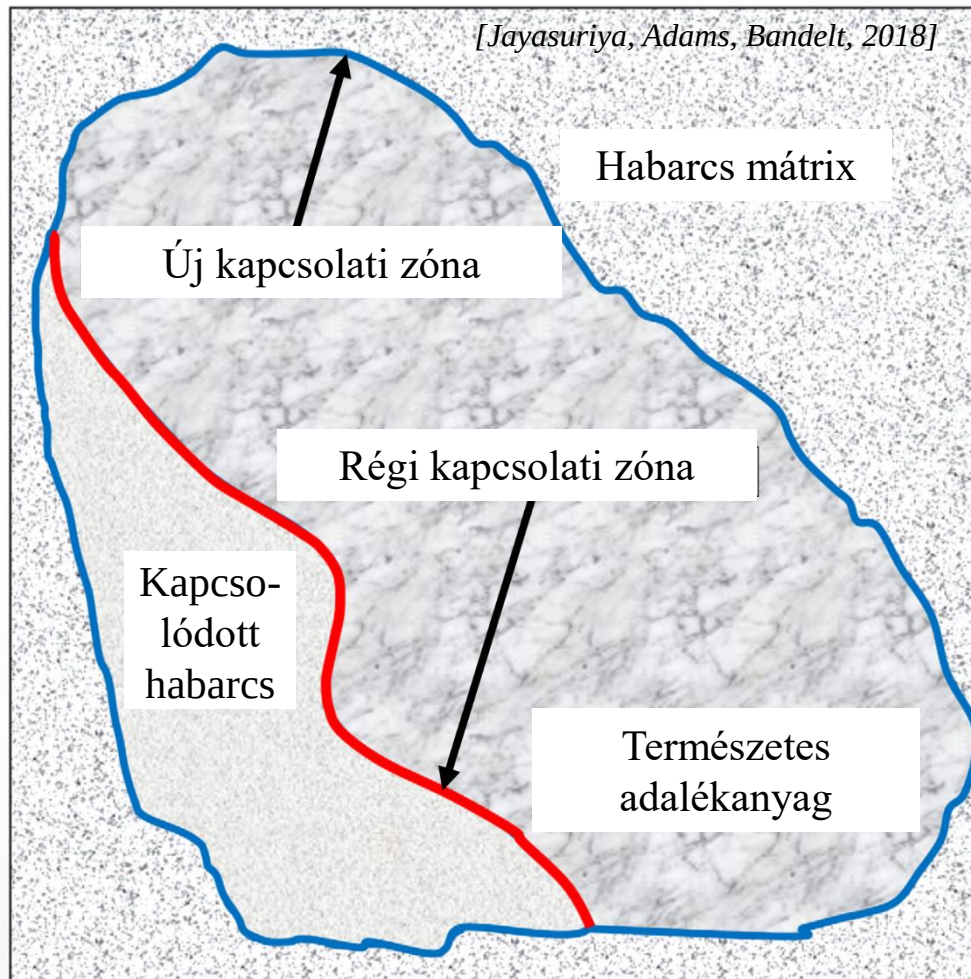
x Bontási és építési hulladék alkalmazása nem ajánlott

[e-ÚT 05.02.31]

Újrahasznosított beton főbb jellemzői

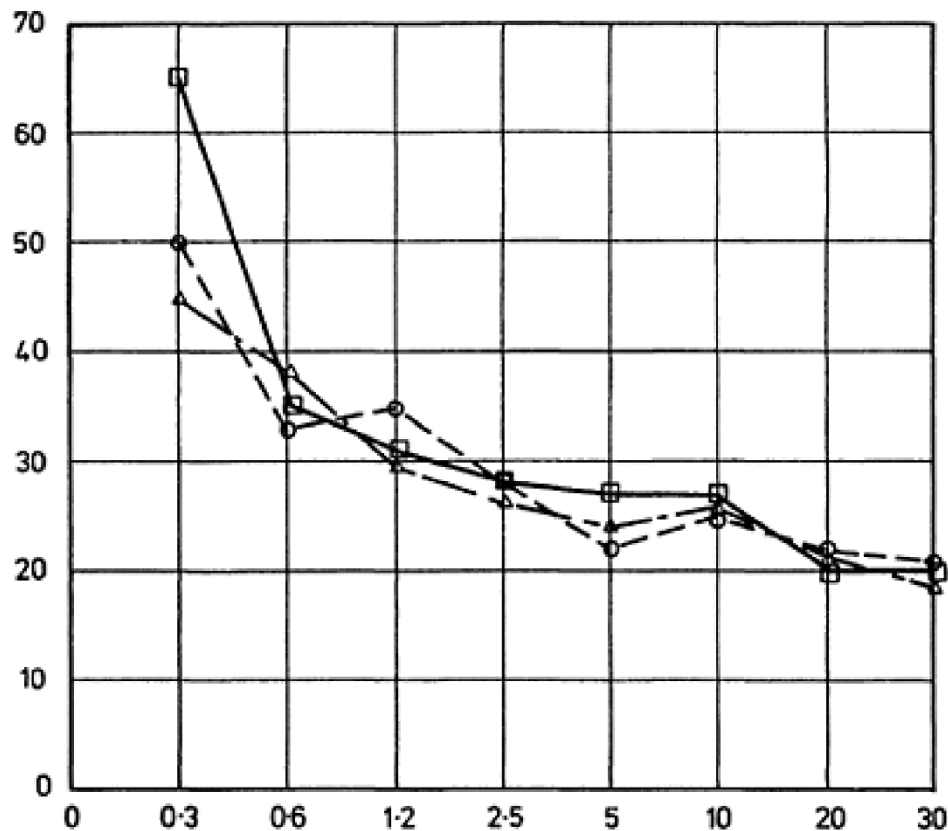


Újrahasznosított beton határfelületei



Cementkő tartalma az újrahasznosított adalékanyagoknak

Az eredeti adalékanyag szemekhez
kapcsolódó cementkő aránya [m%]



Sósav híg oldatával
meghatározva 20 °C-on

$$\square \frac{w}{c} = 0.68$$

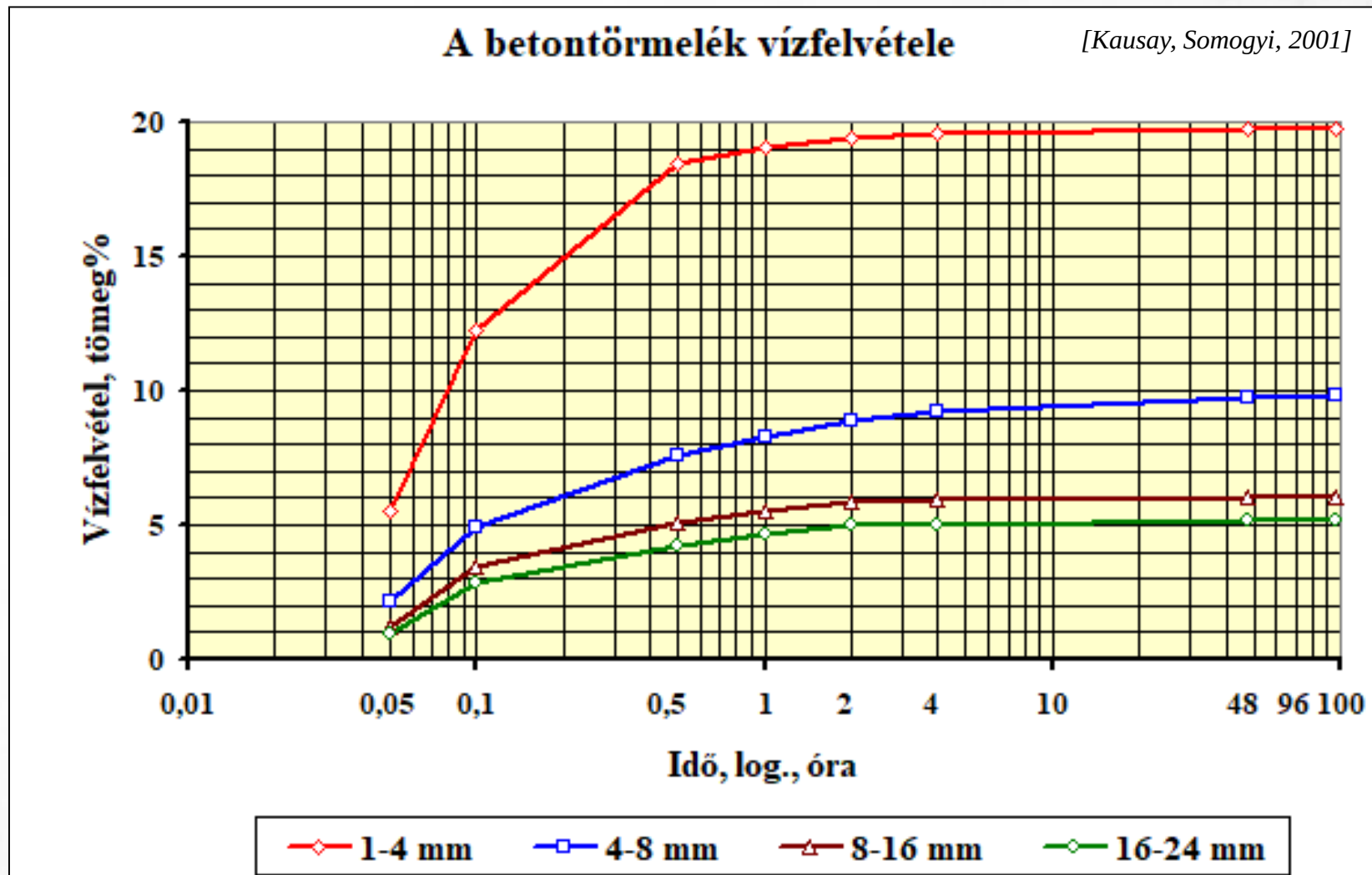
$$\triangle \frac{w}{c} = 0.55$$

$$\circ \frac{w}{c} = 0.45$$

Újrahasznosított adalékanyag szemcsemérete [mm]

[B.C.S.J., 1978]

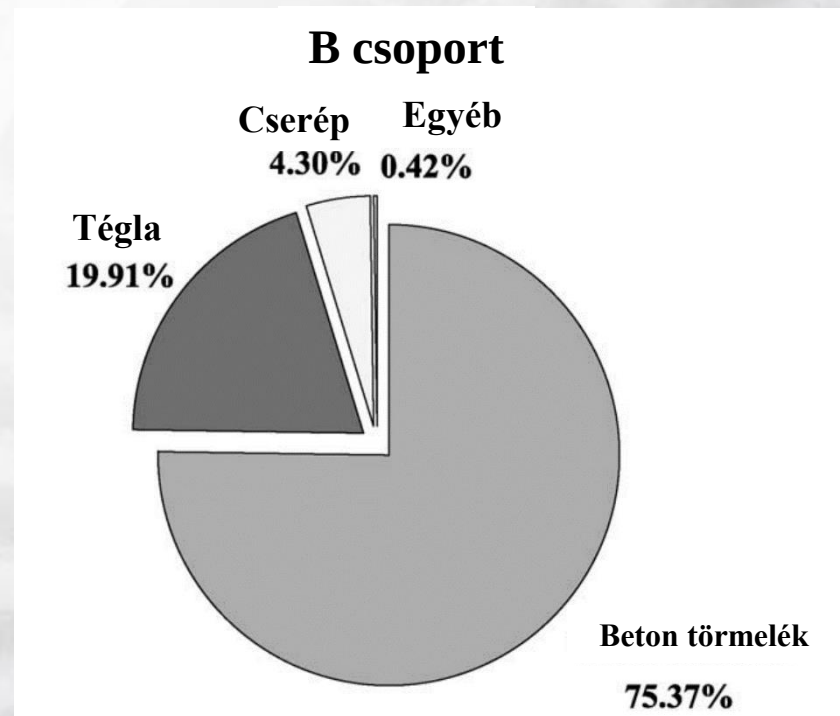
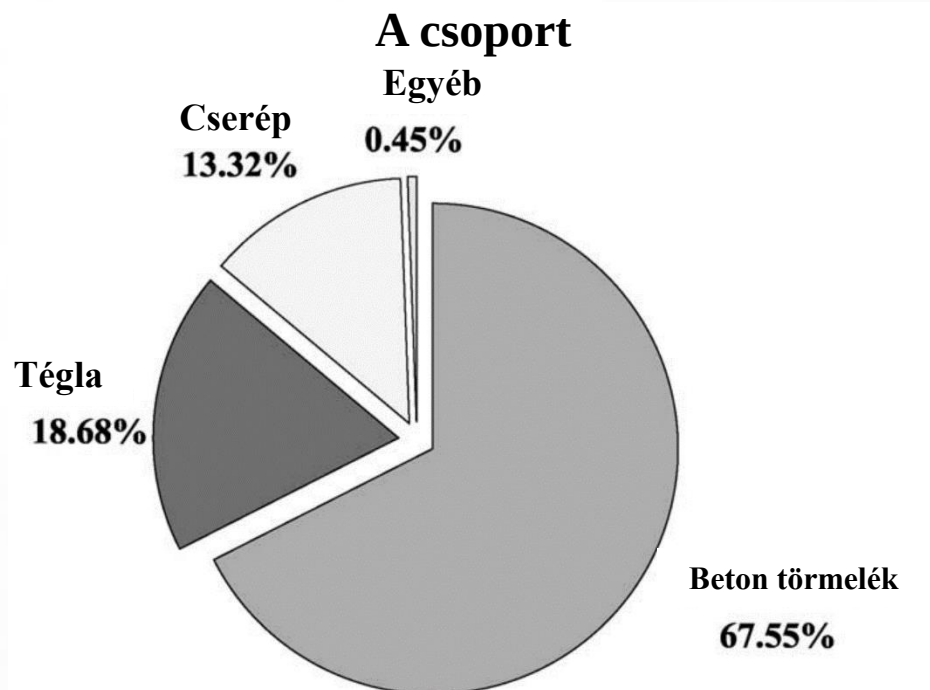
Betontörmelék vízfelvétele



Újrahasznosított adalékanyag jellemzők – Tajvan

2 eltérő származási helyű újrahasznosított adalékanyag (A és B) [Chen, Yen, Chen, 2003]

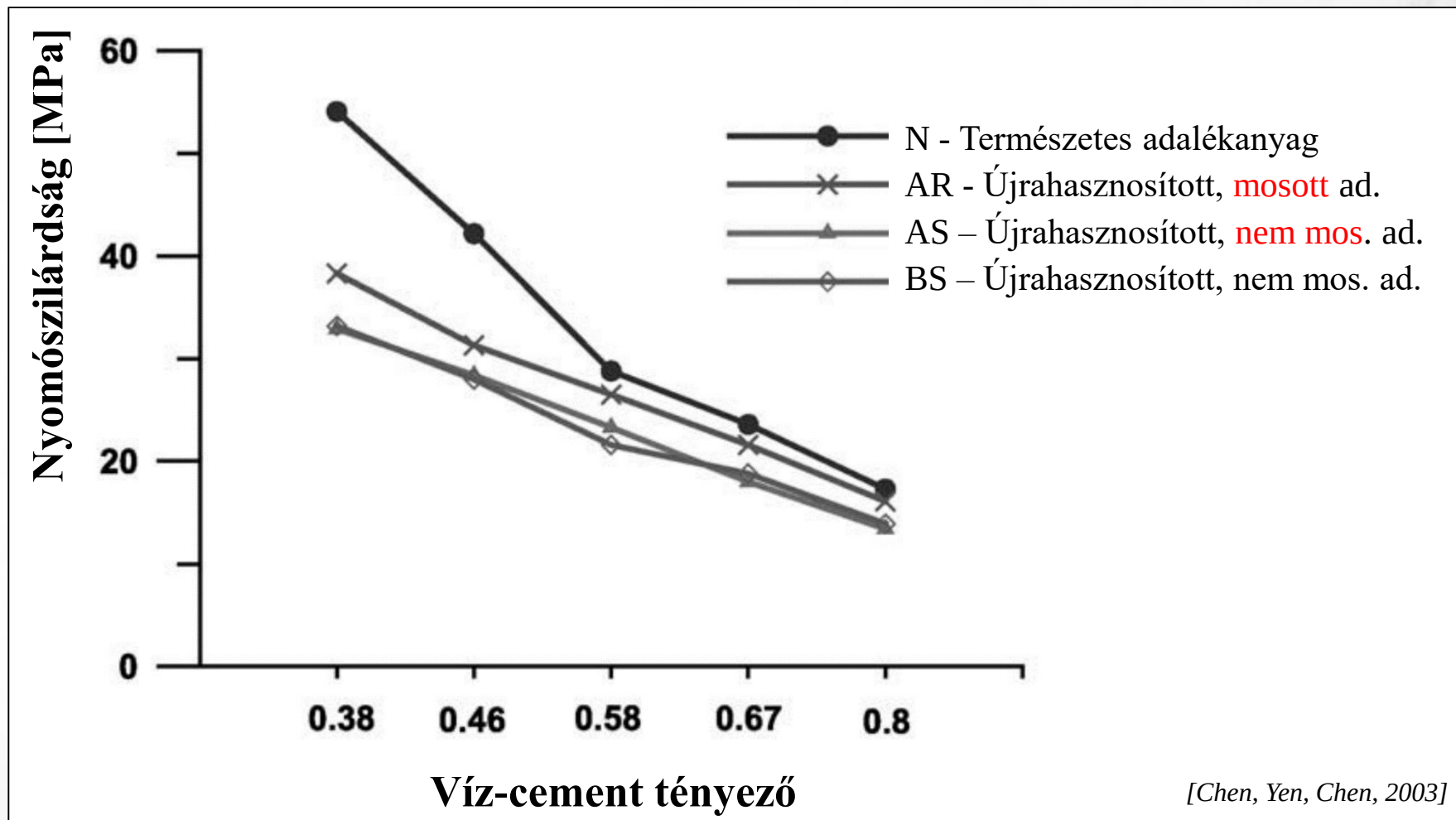
Tömeg szerinti megoszlás az egyes alkotóknak



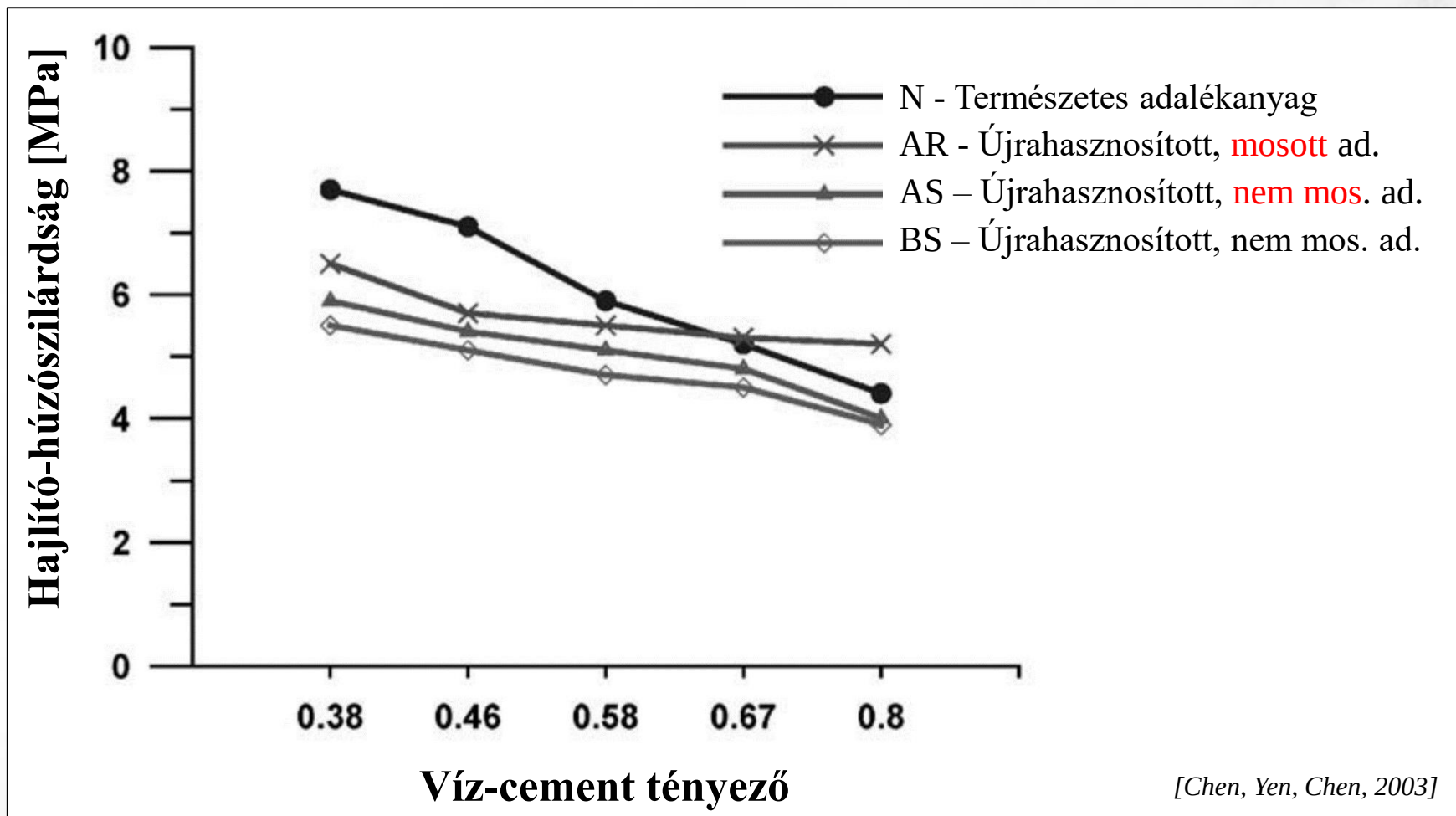
Nem felel meg az MSZ 4798 szerinti
adalékanyag típusnak

MSZ 4798 alapján **esetleg B típus**

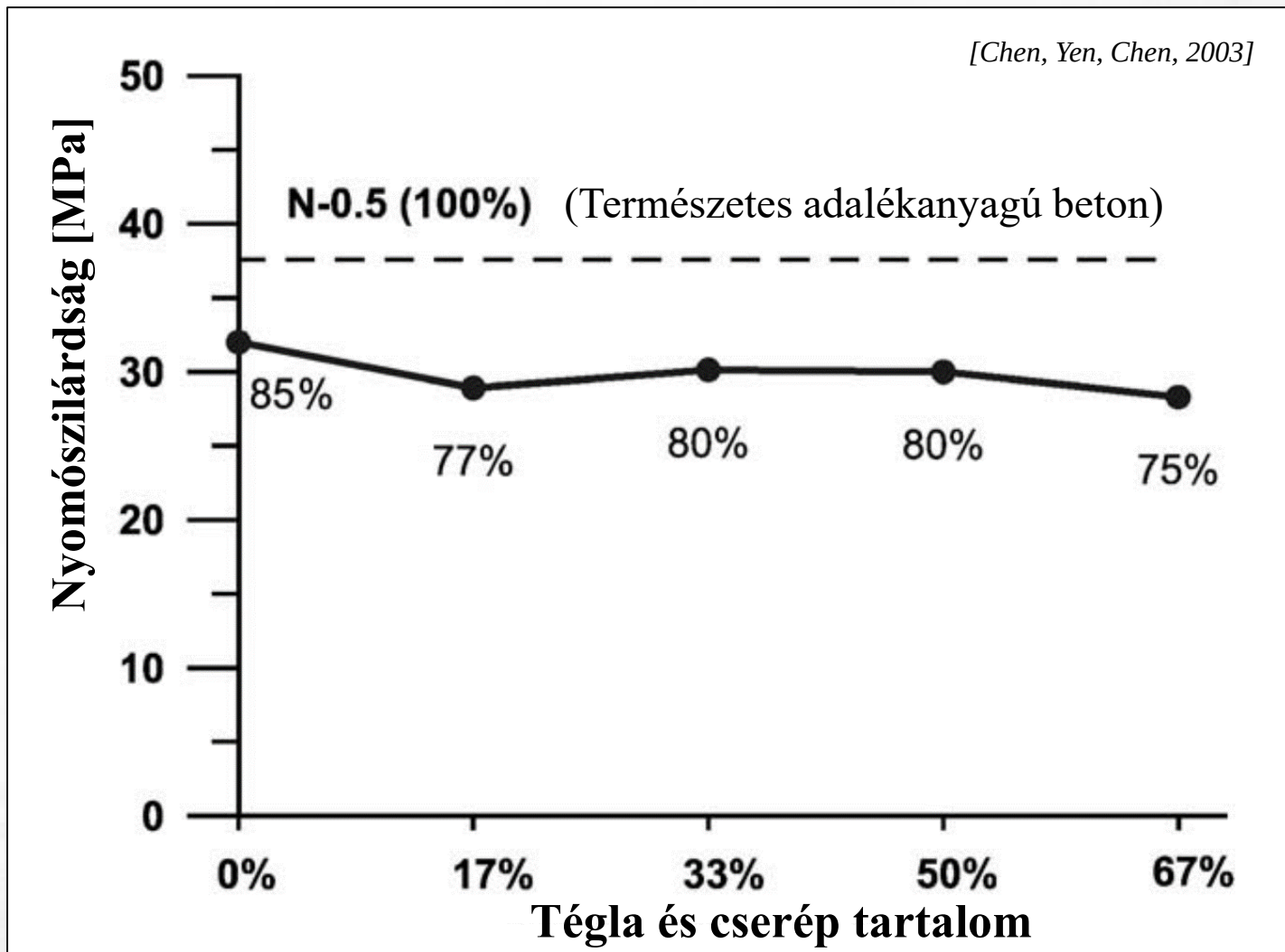
Mosás hatása a nyomószilárdságra



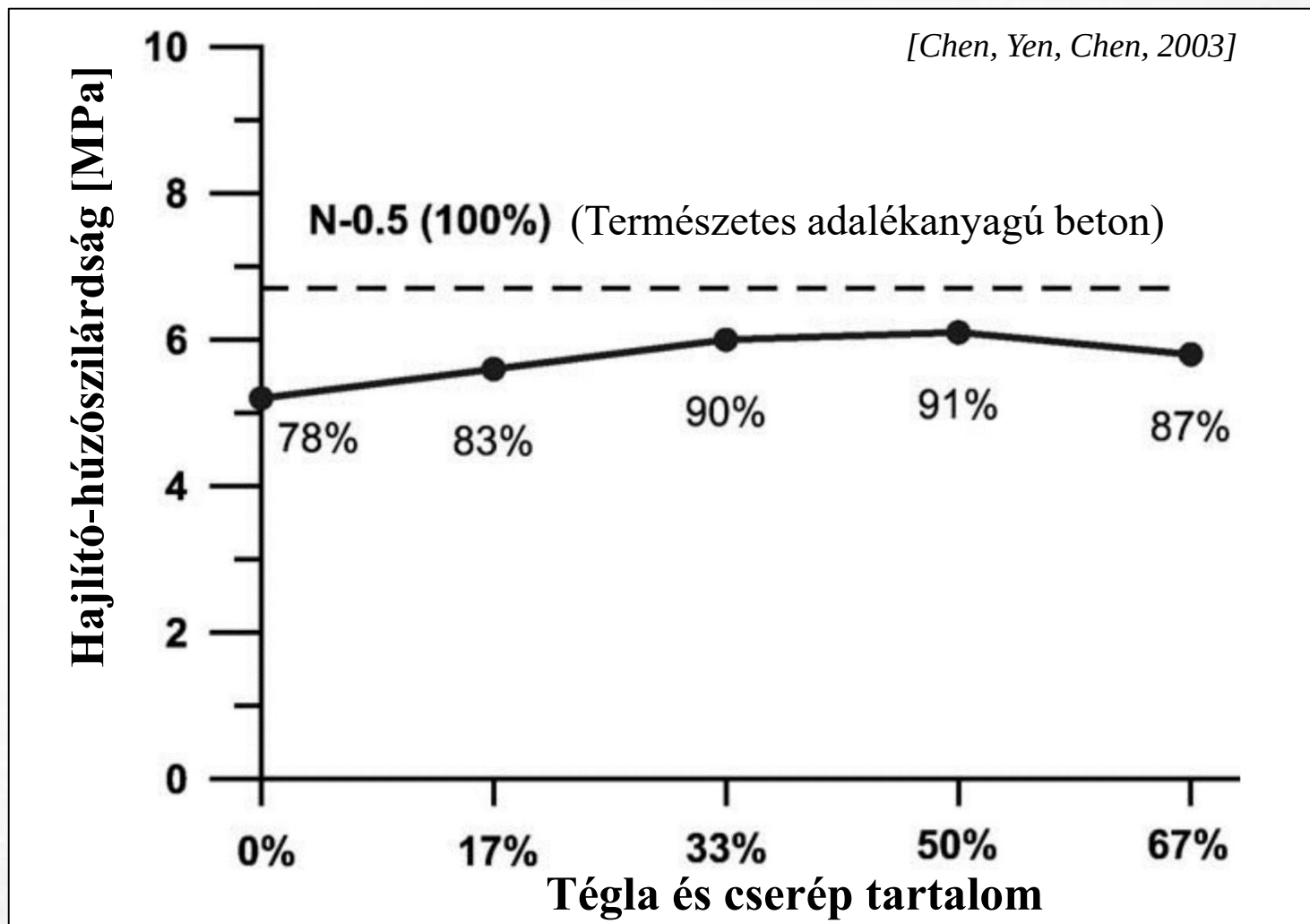
Újrahasznosított adalékanyag hatása a hajlító-húzószilárdságra



Tégla és cserép tartalom hatása a nyomószilárdságra

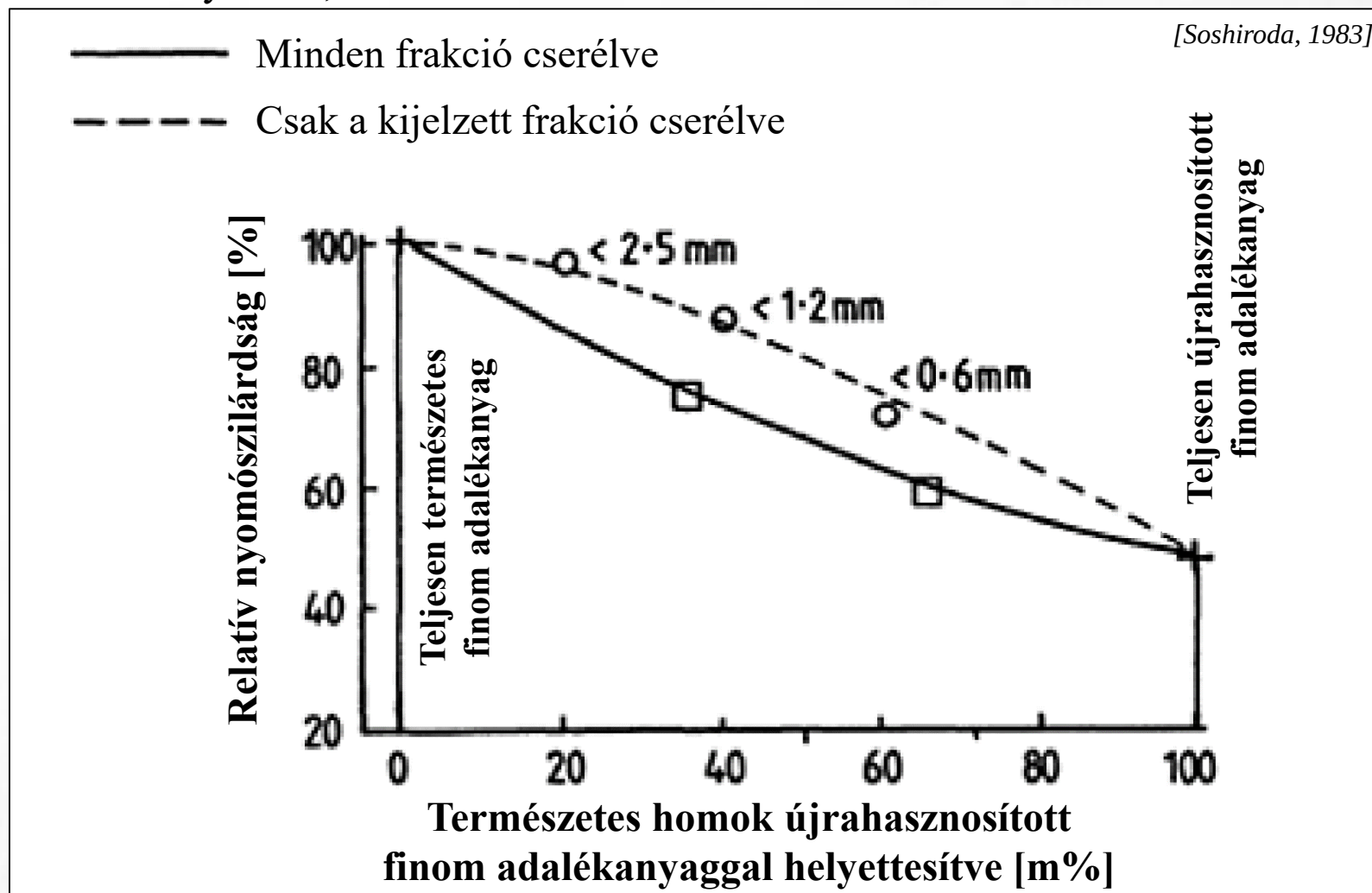


Tégla és cserép tartalom hatása a hajlító-húzószilárdságra

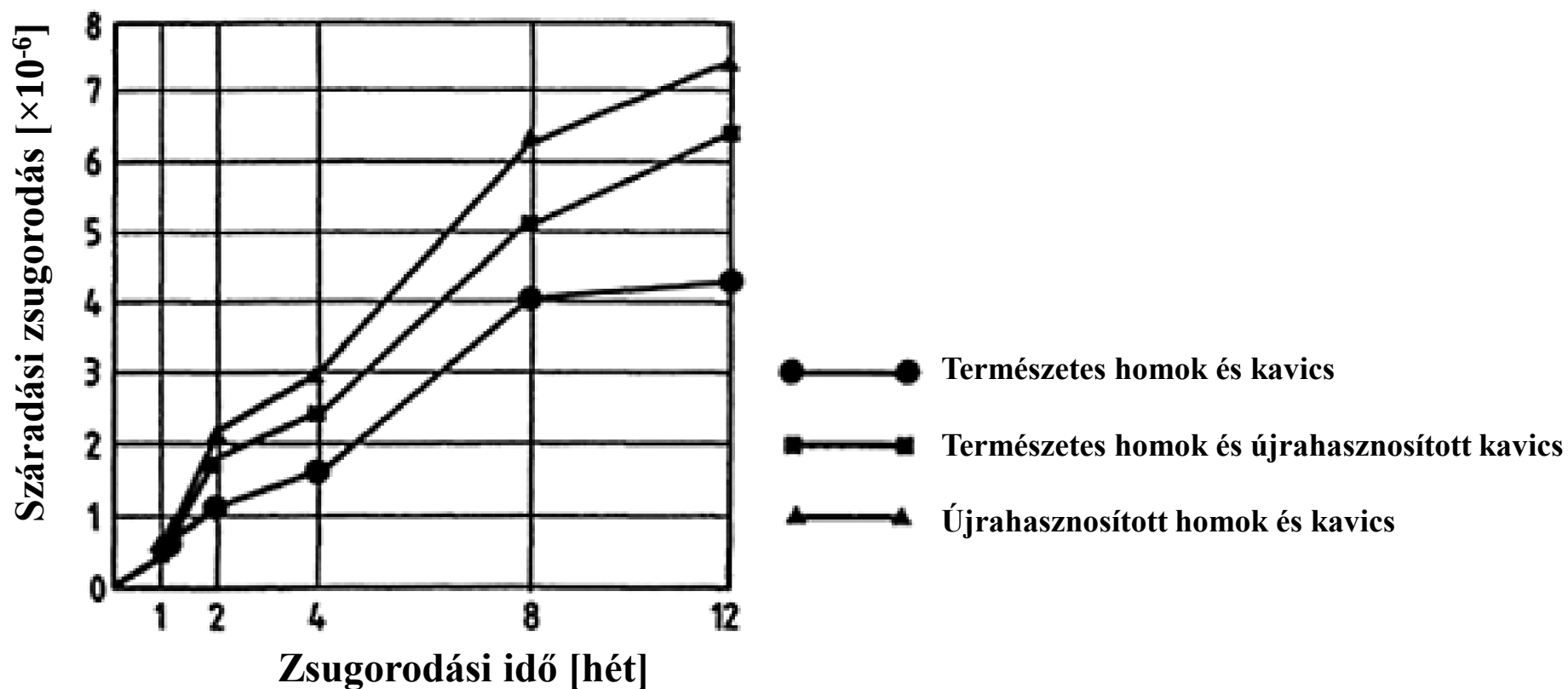


Természetes finom frakció helyettesítésének hatása

víz-cement tényező: 0,65



Száradási zsugorodás



[Hasaba et al., 1981]

Kedvezőtlen tulajdonságok orvosolhatók

Hong Kong Wetland Parknál használt beton összetételek [Fong et al., 2004]

Szilárdsági osztály	Típus	Tervezett roskadás (mm)	Újrahasznosított ad. (%)	Cement tartalom (kg/m ³)	v/c tényező
C35	Újrahasznosított	100	20	395	0,466
C35	Szokványos	100	0	380	0,473
C35	Újrahasznosított	75	20	380	0,468
C35	Szokványos	75	0	365	0,479
C30	Újrahasznosított	75	20	360	0,486
C30	Szokványos	75	0	345	0,507
C20	Újrahasznosított	75	100	300	0,607
C20	Szokványos	75	0	290	0,603

Kísérlet újrahasznosított betonnal



Anyag	Típus	Tömeg [kg/m ³]
Adalékanyag	0/4 mm frakció (45%): természetes homok	824
	4/16 mm frakció (55%): természetes kavics, vagy visszanyert, tört beton	1008
	Összesen (100%)	1832
Cement	CEM I 42,5 N (Duna-Dráva Cement)	380
Víz	$m_w/m_c=0,43$	163
Adalékszer	polikarboxilát-éter hatóanyagú folyósító	max 0,7 mc%
Szál	acélszál, illetve polimer makroszál	0,5 V%

Kísérleti eredmények

Minta jele	Nyomószilárdság [N/mm ²]	Testsűrűség [kg/m ³]
HK-szál nélküli	91,34	2382,02
REC-szál nélküli	99,13	2357,61
HK-acélszál-0,5V%	74,19	2286,14
REC-acélszál-0,5V%	100,56	2297,27
HK-polimer makro szál-0,5V%	88,88	2355,69
REC-polimer makro szál-0,5V%	101,57	2283,48

- megfelelő, ellenőrzött tört visszanyert adalékanyaggal,
- megfelelő betonösszetétellel,

**AZONOS, VAGY AKÁR KEDVEZŐBB
NYOMÓSZILÁRDSÁG**

Újrahasznosított adalékanyagok beton a valóságban

Felvetődő kérdések:

- Adalékanyag minőség egyenletessége?
- Pumpálhatóság biztosítása?
- Aktív és passzív tárolók bővítése?
- Gépek fokozott kopása?
- Jogi háttér?

Mégis miért éri meg:

- Természetes eredetű adalékanyag hiány.
- Környezettudatosság.



Felhasznált irodalom

- B.C.S.J. (1978), Study on recycled aggregate and recycled aggregate concrete, Building Contractors Society of Japan. Committee on Disposal and Reuse of Concrete Construction Waste. Summary in Concrete Journal , Japan, 16, No. 7, pp. 18–31 (in Japanese).
- camelway.com: <https://www.camelway.com/wiki/147.html>
- Chen H-J, Yen T., Chen K-H (2003): Use of building rubbles as recycled aggregates, Cement and Concrete Research 33, pp.125–132
- Európai Adalékanyagok Szövetsége (UEPG): <http://www.uepg.eu/statistics/estimates-of-production-data/data-2015>
- Fong, W.F.K., Yeung, J.S.K., Poon, C.S., 2004. Hong Kong experience of using recycled aggregates from construction and demolition materials in ready mixed concrete. In: Proceedings of International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology, Beijing, May 2004, pp. 267–276.
- Hasaba, S., Kawamura, M., Toriik, K. et al. (1981), Drying shrinkage and durability of concrete made of recycled concrete aggregates. Translation of the Japan Concrete Institute , 3, pp. 55–60 (Additional information obtained from background report in Japanese).
- Jakab R. (2018): A pécsi magasház bontásából származó hulladékok kezelése, utóhasznosítása, Beton szakmai lap, XXVI. évfolyam III. szám, p. 13.
- Jayasuriya A., Adams M. P., Bandelt M. J. (2018): Understanding variability in recycled aggregate concrete mechanical properties through numerical simulation and statistical evaluation, Construction and Building Materials 178, pp. 301–312
- Kausay T., Somogyi G. (2001): „KISS ÉS TÁRSA KFT BESZÁMOLÓJA a 2001. évi kutatás-fejlesztési munkáról Környezetkímélő technológiák kifejlesztése építési törmelék újrahasznosítására új termékkel (projekt-ismertető előadás)
www.nih.gov.hu/letolt/kutat/kisstsa.doc
- Kreijger, P.C. (1983), Hergebruik van Bouw- en Sloopafval als Toeslagmateriaal in Beton. TH-Eindhoven, Afdeling Bouwkunde, Rapport M83–1.
- Kunieda M et al. (2014), Ability of recycling on fiber reinforced concrete. Constr Build Mater, <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.01.060>
- Magasház Wikipedia: https://hu.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9csi_magash%C3%A1z
- maeponline.hu: <http://www.maeponline.hu/hirek/csak-neveben-el-tovabb-a-pecsi-magashaz/>
- Rasheeduzzafar, and Khan, A. (1984), Recycled concrete—a source of new aggregate. Cement, Concrete, and Aggregates (ASTM) , 6, No. 1, pp. 17–27.
- Soshiroda, T. (1983), Recycled concrete. Proceedings 9th Congress of CIB , Stockholm
- Wesche, K., Schulz, R. (1982), Beton aus aufbereitetem Altbeton. Technologie und Eigenschaften, Beton , 32, Nos. 2 and 3.

**Köszönöm
a megtisztelő figyelmet!**

czobolyo@btclabor.hu

