CeMBeton
az építés alapja

Különleges betonok

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 -	

Nagyszilárdságú, és nagy teljesítőképességű betonok





Nagy szilárdság fogalmának változása

Balázs (2009) alapján:

Időszak	Nagy szilárdság alsó határa
1950	34 N/mm^2
1960	41-53 N/mm^2
1970	62 N/mm^2

d_{max} = 16 mm

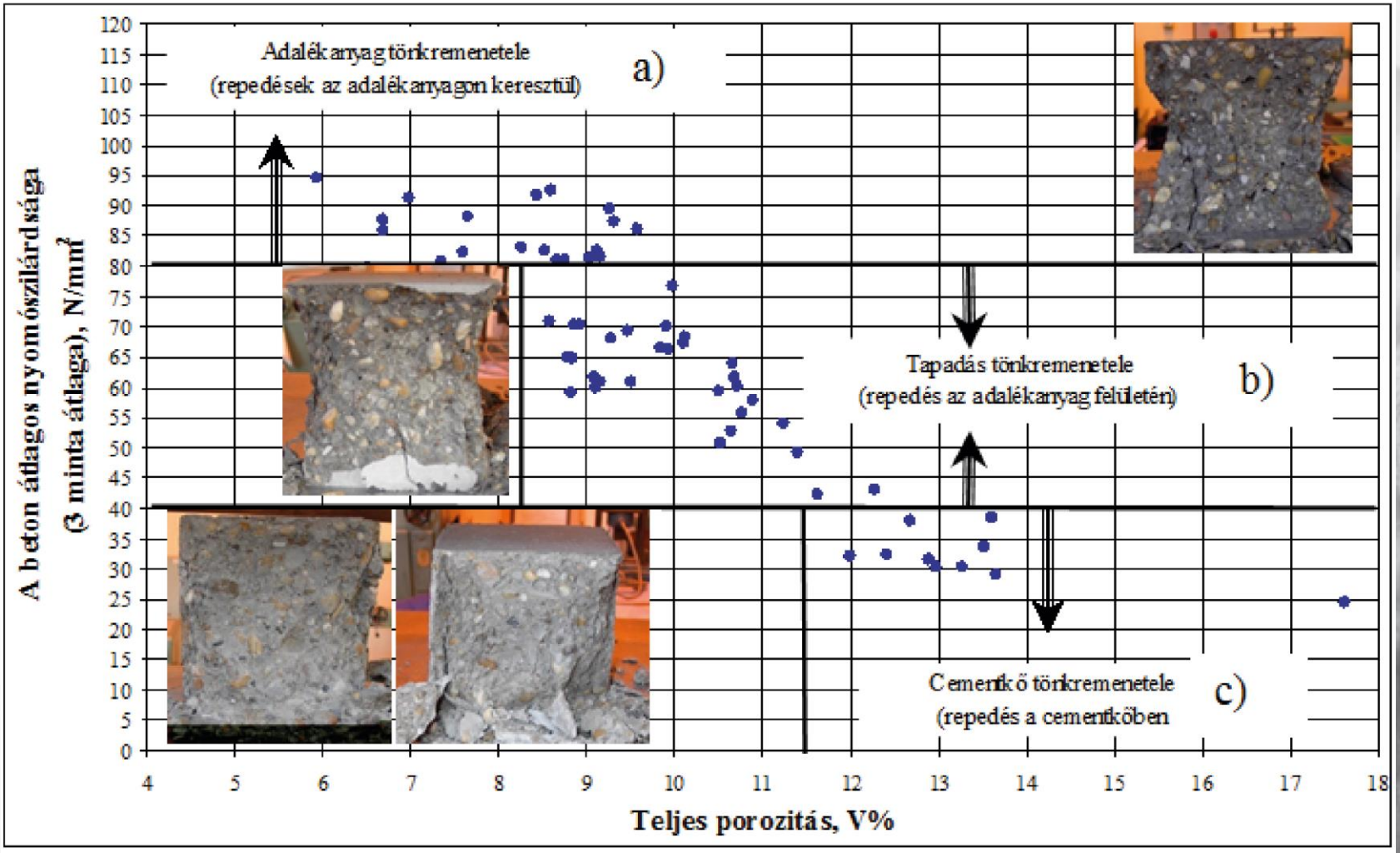


RPC
($d_{max} \leq 1$ mm)



„Leggyengébb” alkotóelem – szilárdság függvényében

[CemBeton Útmutató, 2017]



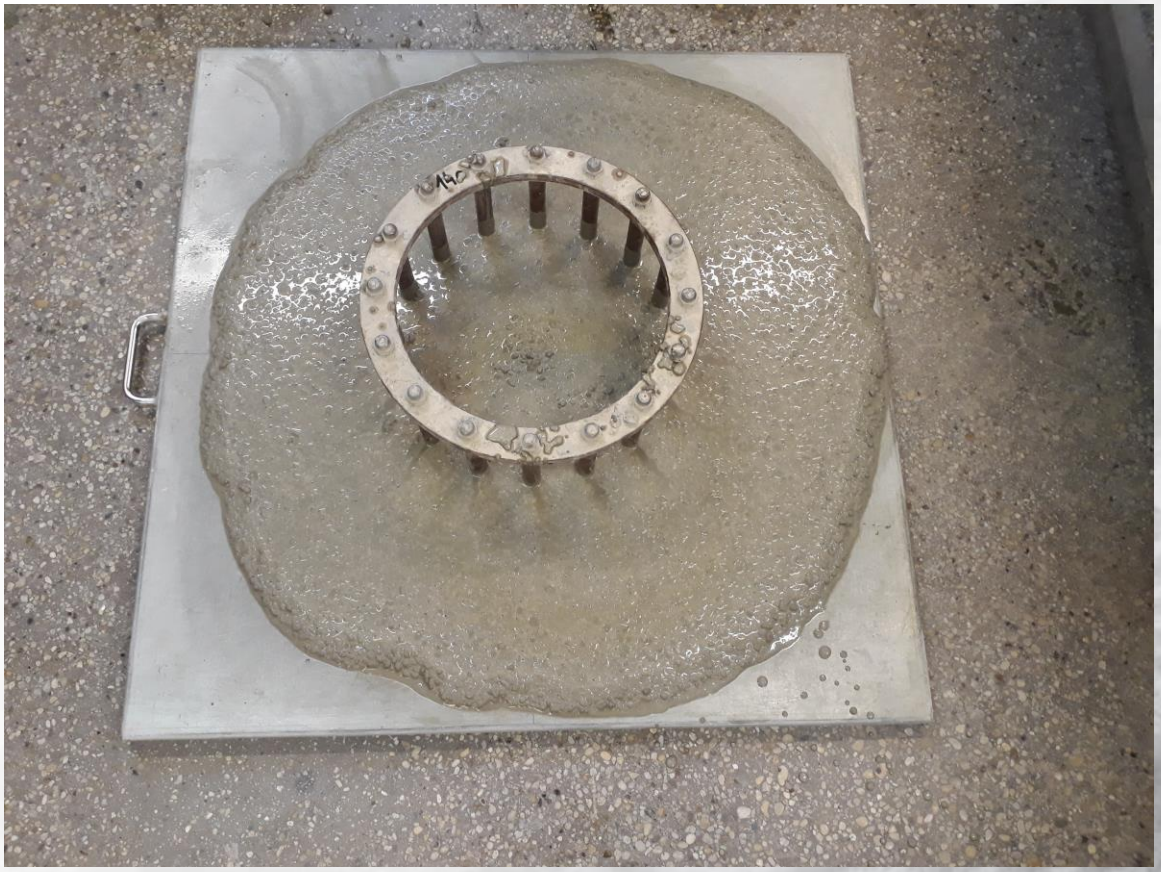
Nagyszilárdságú beton - betonösszetétel

Details	TOWER					
Submittal	BD07-00099(00045)					
Mix Code	T_C80A_20 (BD Mix-3)	T_C80_14 (BD Mix-4)	T_C80_10 (BD Mix-16)	T_C60_10 (BD Mix-5)	T_C50_20 (BD Mix-6)	T_C50_14 (BD Mix-9)
Grade	C 80	C 80	C 80	C 60	C 50	C 50
Design Strength	80• (@56D)	80• (@56D)	80• (@56D)	60• (@28D)	50• (@28D)	50• (@28D)
Max. Agg. Size	20mm	14mm	10mm	10mm	20mm	14mm
W/C Ratio	0.30	0.32	0.32	0.36	0.38	0.38
Cement(RAK Cement,OPC)	380	384	400	376	328	338
PFA (Ashresource)	60	96	100	94	82	112
GGBS(Falcon)	-	-	-	-	-	-
M. Silica (Fusil)	44	48	50	25	25	25
Water (DEWA)	132	155	160	169	155	171
20mm(Fujairah)	581	-	-	-	599	-
14mm(Fujairah)	-	562	-	-	-	554
10mm(Fujairah)	327	303	847	838	309	298
W.Sand(RAK)	573	525	498	524	549	511
D.Sand(Alain)	337	322	332	350	339	341
Admixture Type	Glenium Sky 504 (Degussa)	Glenium Sky 504 (Degussa)	Glenium Sky 504 (Degussa)	Glenium Sky 504 (Degussa)	Glenium 110UM (Degussa)	SP- 491+ SP- 430 (Fosroc)
Admixture Dosage(• /•)	4.2~5.0	3.0~3.5	3.0~3.5	2.5~3.0	2.5~3.0	6.13 + 3.25
MCI-2005(• /•)	-	-	-	-	-	-
Required Flow(•)	550 ± 75	600 ± 75	650 ± 50	650 ± 50	500 ± 75	600 ± 50
Required Slump(•)	-	-	-	-	-	-
Required E-modulus(•)	43,800(@90D)	41,000(@56D)	41,000(@56D)	37,600(@28D)	-	-
Members	Column & Wall	Column & Wall	Column & Wall	Column & Wall	Beams & Slabs	Beams & Slabs
Level	B2~L40	L41~L108	L109~L126	L127~L154	B2~L108	L109~L154
Remark	-	Need to relax initial setting time	Need to relax initial setting time	Need to relax initial setting time	Need to relax initial setting time	To be modified later

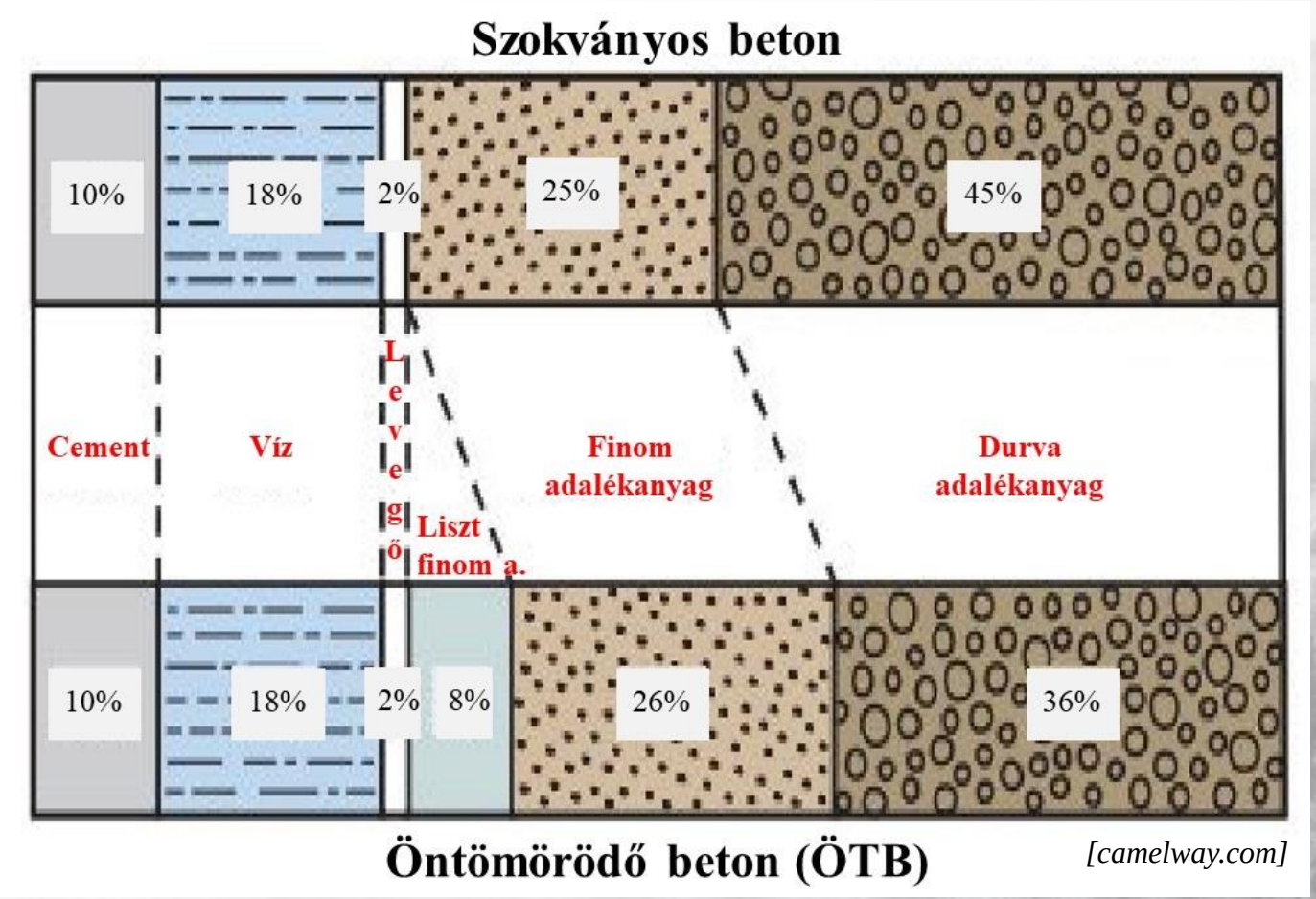


[Nehme, 2012]

Öntömörödő betonok



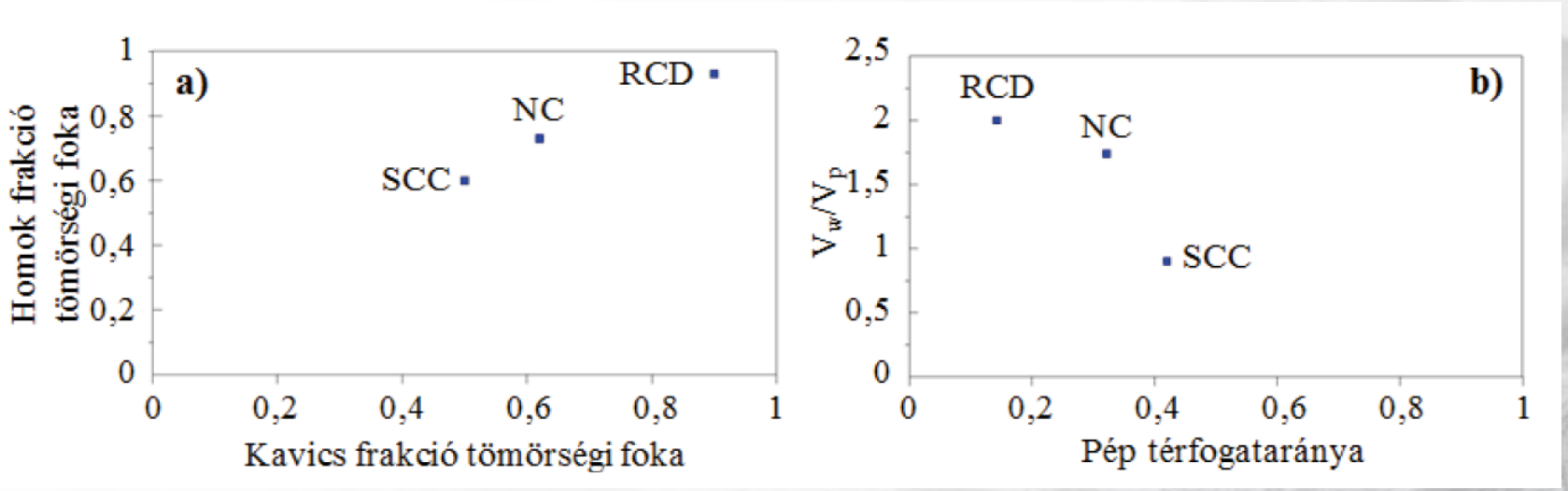
Öntömörödő beton elmélete



[camelway.com]

Öntömörödő beton elmélete

[CemBeton Útmutató, 2017]



SCC: Öntömörödő beton
NC: Szokványos beton
RCD: Hengerelt beton

Látszóbetonok / látványbetonok

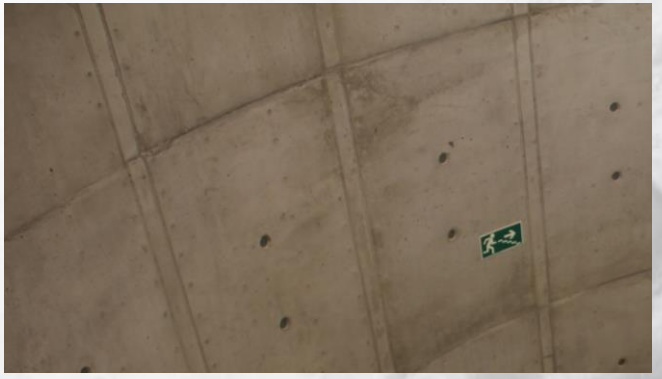


Látszóbeton / látványbeton osztályozása

A felület megmunkálása alapján:

- Natúr beton felület
- Csiszolt beton felület
- Savazott beton felület
- Matricázott beton felület
- Struktúrált beton felület
- Mart beton felület

Készítés helye alapján
Zsaluzat alapján
Felhasználásának helye alapján
…







Utcabútorok / használati eszközök







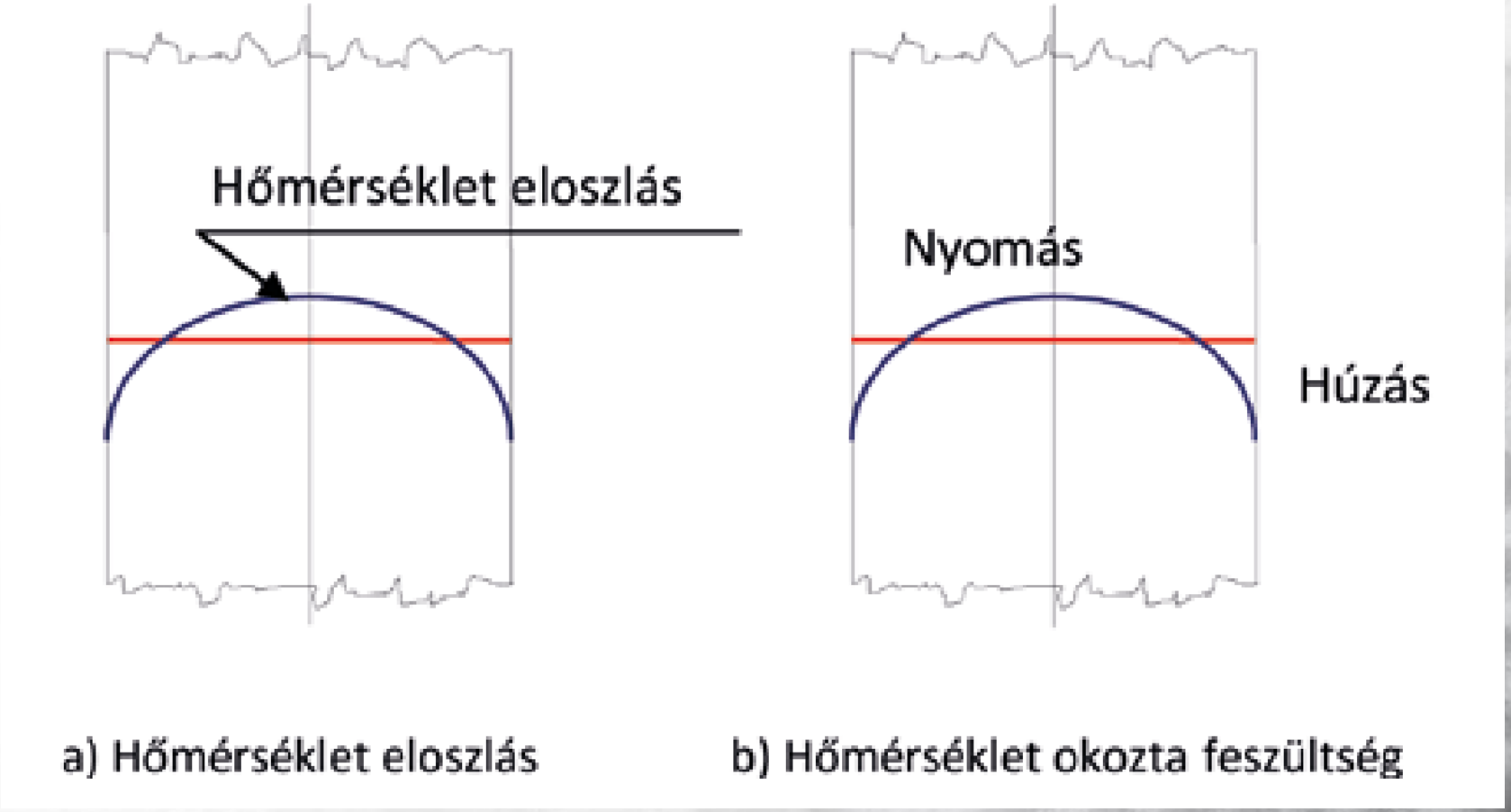
Nagytömegű betonok



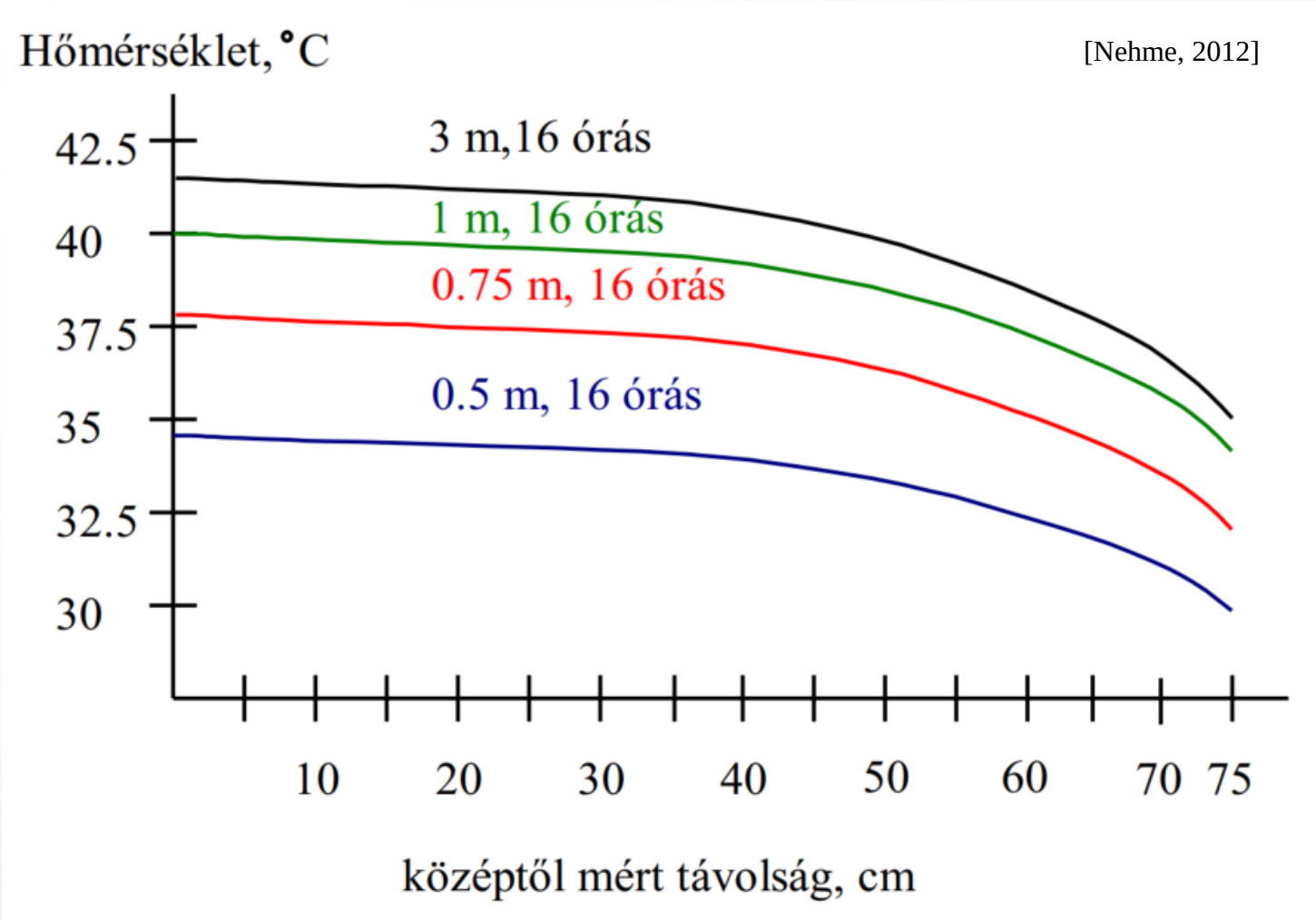


Hőmérséklet alakulása a betonban

[CemBeton Útmutató, 2017]

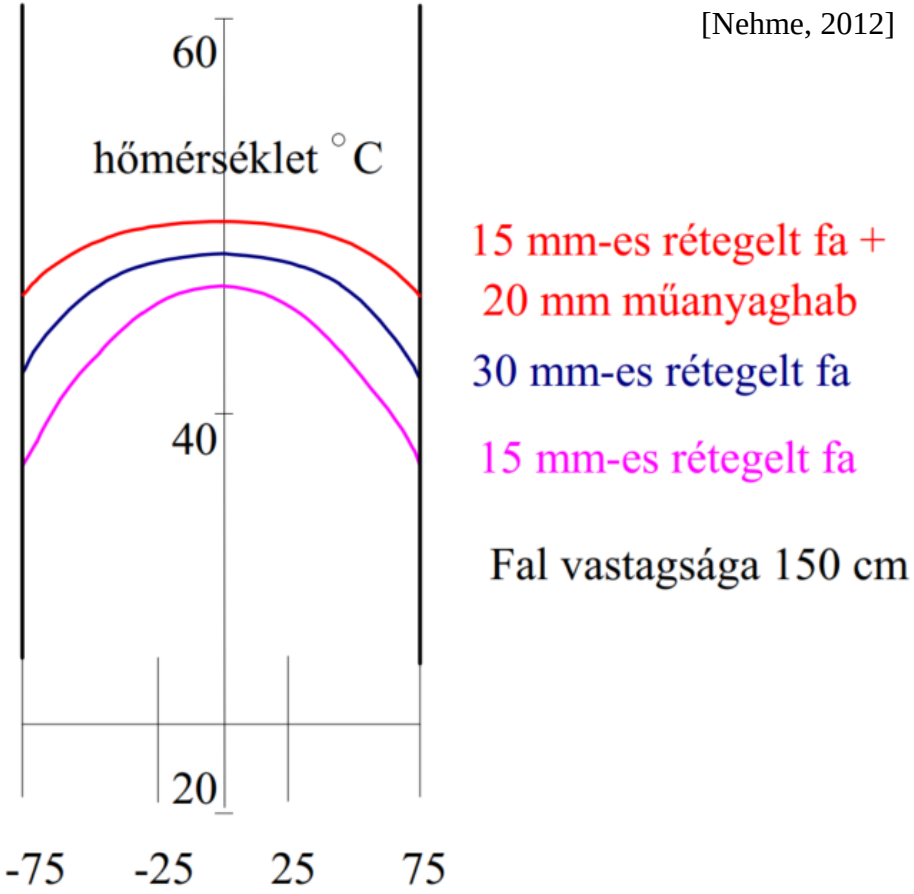


Falvastagság hatása

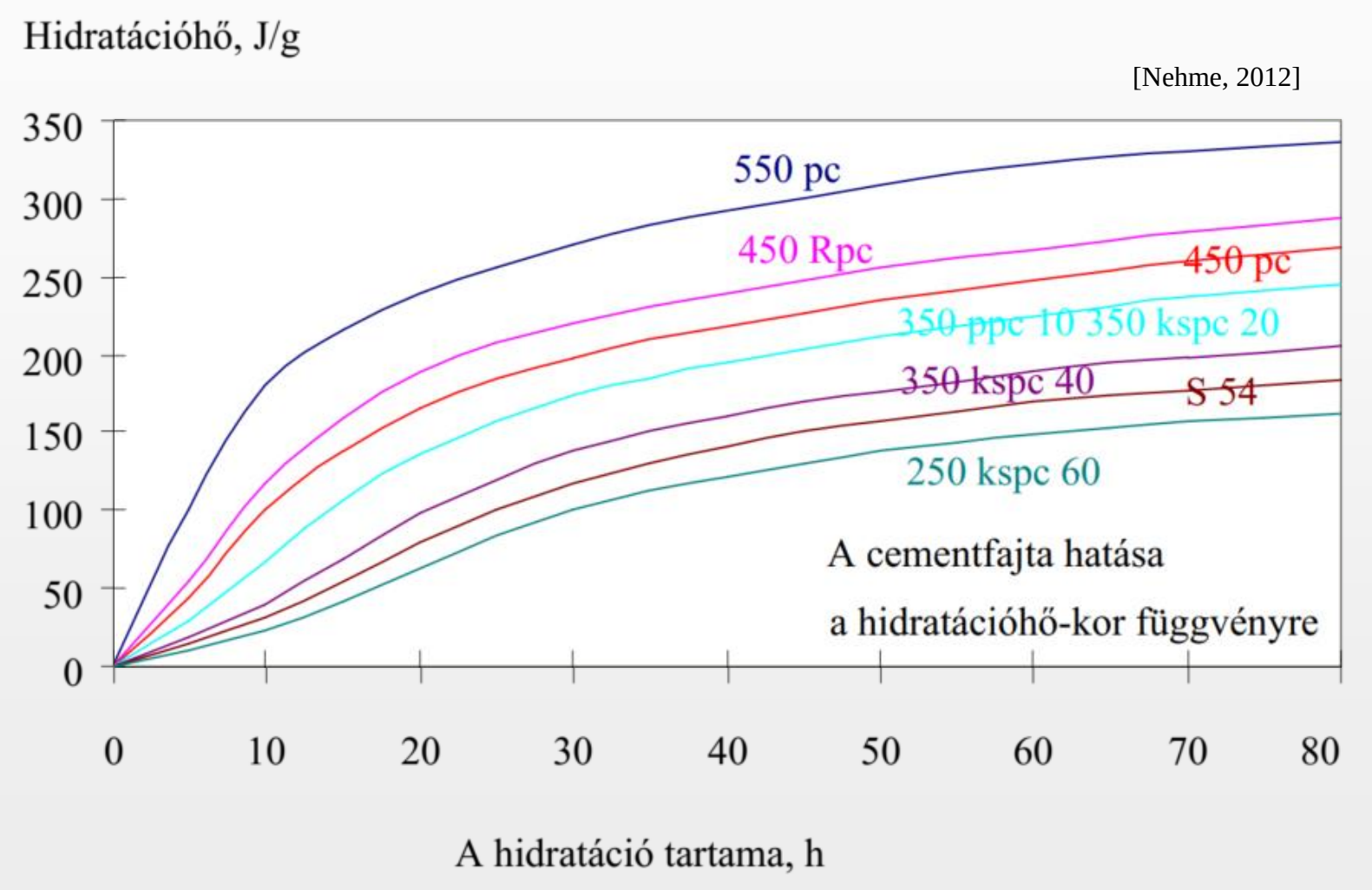


Zsaluzat hatása a beton hőmérsékletére

[Nehme, 2012]



Cementtípus hatása



Kis hőfejlődésű cementek

[CemBeton Útmutató, 2017]

Az európai cement szabványok szerint megkülönböztetünk

- **kis főfejlesztésű általános felhasználású cementet (MSZ EN 197-1)**, amelynek maximális szabványos hőfejlesztése **270 J/g**,
- **nagyon kis hőfejlesztésű különleges cementet (MSZ EN 14216)**, amelynek maximális szabványos hőfejlesztése **220 J/g**.

Az **MSZ EN 197-1** szabvány szerint bármely összetételű és szilárdsági osztályú cement lehet kis hőfejlesztésű, amelynek megfelelő a hidratációs hője (≤ 270 J/g).
Ebben az esetben a cement szabványos jelölését **LH** (**L**ow **H**eat of Hydratation) jelzéssel kell kiegészíteni

Pl: CEM III/B 32,5 N-LH/SR

Könnyűbetonok



Könnyűbeton

Könnyűbeton [MSZ 4798:2016]

A beton testsűrűsége alapján könnyűbetonnak nevezzük a kiszárított állapotában legalább 800 kg/m^3 és legfeljebb 2000 kg/m^3 testsűrűségű betont. *Ezt teljesen vagy részben könnyű adalékanyag felhasználásával készítik.*

MEGJEGYZÉS: Ha nincs külön megadva, akkor a könnyűbeton testsűrűsége a beton 28 napos korára értendő, egyéb esetben pedig a kort megadják. A testsűrűséget a könnyűbeton (60±5) °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárított állapotában határozzák meg.

Könnyűbeton testsűrűségi osztályok [MSZ 4798:2016]

Testsűrűségi osztály	D1,0	D1,2	D1,4	D1,6	D1,8	D2,0
A testsűrűség tartománya az *MSZ* EN 12390-7 szerint vizsgálva kg/m^3	≥ 800 és ≤ 1000	>1000 és ≤ 1200	> 1200 és ≤ 1400	>1400 és ≤ 1600	> 1600 és ≤ 1800	> 1800 és ≤ 2000

Könnyű adalékanyag [MSZ 4798:2016]

Ásványi eredetű adalékanyag, amelynek kiszárított állapotában az *MSZ* EN 1097-6 szerint meghatározott szemcsetestsűrűsége ≤ 2000 kg/m^3, vagy kiszárított állapotában az *MSZ* EN 1097-3 szerint meghatározott laza halmazsűrűsége ≤ 1200 kg/m^3.





Szűrőbetonok – egyszemcsés betonok





Pórusbeton (/ gázbeton)



Nehézbetonok, sugárvédő betonok



[Nehme, 2012]

Nehézbeton [MSZ 4798:2016]

A beton testsűrűsége alapján nehézbetonnak nevezzük a kiszárított állapotában **2600 kg/m^3-nél nagyobb** testsűrűségű betont.

Nehéz adalékanyag [MSZ 4798:2016]

Adalékanyag, amelynek kiszárított állapotában az *MSZ* EN 1097-6 szerint meghatározott **szemcsetestsűrűsége ≥ 3000 kg/m^3**.

Nehéz adalékanyagok

[Nehme, 2012]

Anyag	**Jele**	**Testsűrűség, kg/m^3**
Barit (sulypát)	$BaSO_4$	3700-4200
Magnetit	Fe_3O_4	4300-5200
Hematit	Fe_2O_3	3500-4500
Bauxit (hidrát betonhoz)	$Al_2O_3.2H_2O$	2700-3000
Limonit (hidrát betonhoz)	$2Fe_2O_3.3H_2O$	3200-3800
limonit vasérc, leggyakrabban hematittal és magnetittel keveredve fordul elő		3200-3800
Szerpentin (hidrát betonhoz)		3500
Vas		7400-7800
Ólom		11400

Sugárvédő betonok

[Nehme, 2012]

- **Nehézbeton** $\rho_t > 2600$ kg/m^3
- Hidrátbeton: Védőképességét a kémiailag kötött víztartalmának (hidrátvíz) köszönheti. A hidrátbeton készítéséhez hidrátvíz tartalmú adalékanyagot kell használni, pl.: limonit, götit, hidrohetit, haidit, szerpentin, bauxit.
- Sugárvédő közönséges tömegbeton

Hidrátvíztartalom és szilárdság

• **Szerpentin**	11-14 %,	kb 60 N/mm^2
• **Limonit**	10-15 %,	10-60 N/mm^2
• **Bauxit**	20-25 %,	3-25 N/mm^2

Fagy- és olvasztósóálló betonok



CeMBeton
az építés alapja

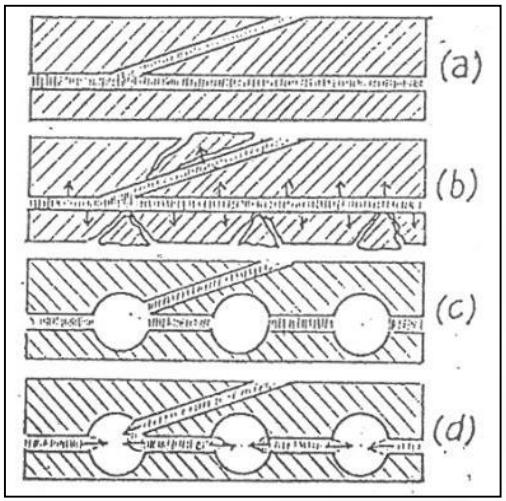
Betonösszetétel követelményei

[MSZ 4798:2016/2M:2018]

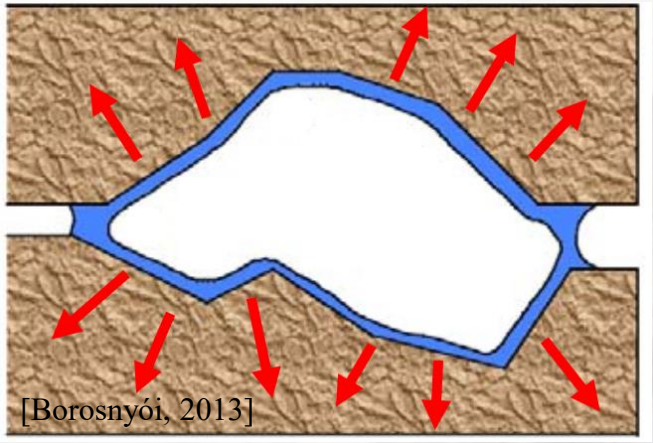
	Fagyás-olvadás okozta korrózió h)				*Fagyás-olvadás okozta korrózió h)*		
	XF1 a)	XF2 i)	XF3 i)	XF4 i)	*XF2(H)*	*XF3(H)*	*XF4(H)*
		Légbuborékképző szerrel			*Légbuborékképző adalékszer nélkül*		
Legnagyobb v/c c) d)	0,55	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
Legkisebb *nyomó-szilárdsági osztály* e)	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C35/45	C40/50	C40/50
Legkisebb cementtar-talom c), kg/m³	300	300	320	340	320	340	360
Friss beton levegő-tartalma, térfogatszázalék		*A friss beton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborék) a NAD F3. táblázat szerinti határértékek közé essék*					
Egyéb követelmények	*MSZ* EN 12620 szerinti kielégítő fagyás/olvadás állóságú adalékanyag *(lásd a NAD E1. és NAD 2. táblázatot)*				*Alkalmazása út- és repülőtéri pályaburkolatok esetén tilos!* *Az adalékanyag fagyálló, illetve fagy- és olvasztósóálló legyen (lásd a NAD E1. és NAD E2. táblázatot)*		

Fagyás hatásmechanizmusa pórusokban

[Ujhelyi, 2005]

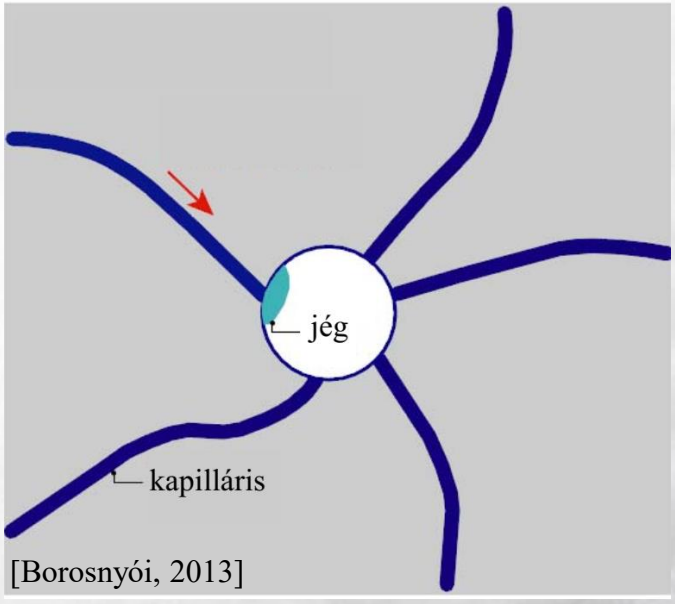


Légbuborék képző adalékszer nélkül

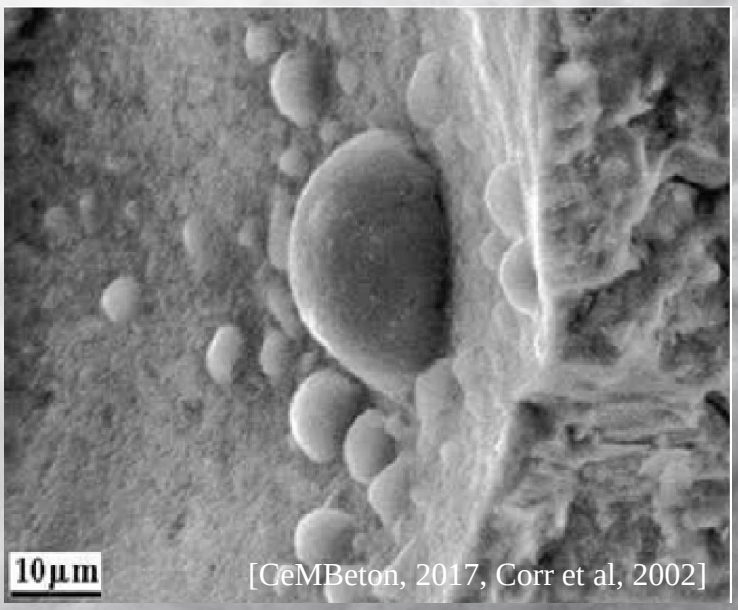


[Borosnyói, 2013]

Légbuborék képző adalékszerrel



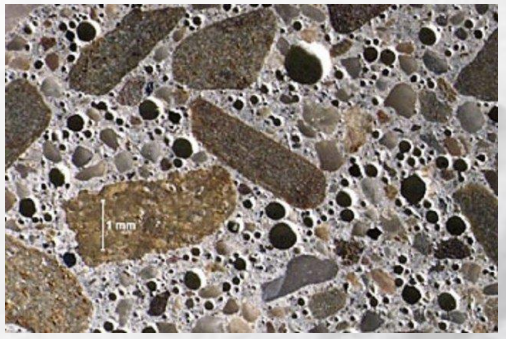
[Borosnyói, 2013]



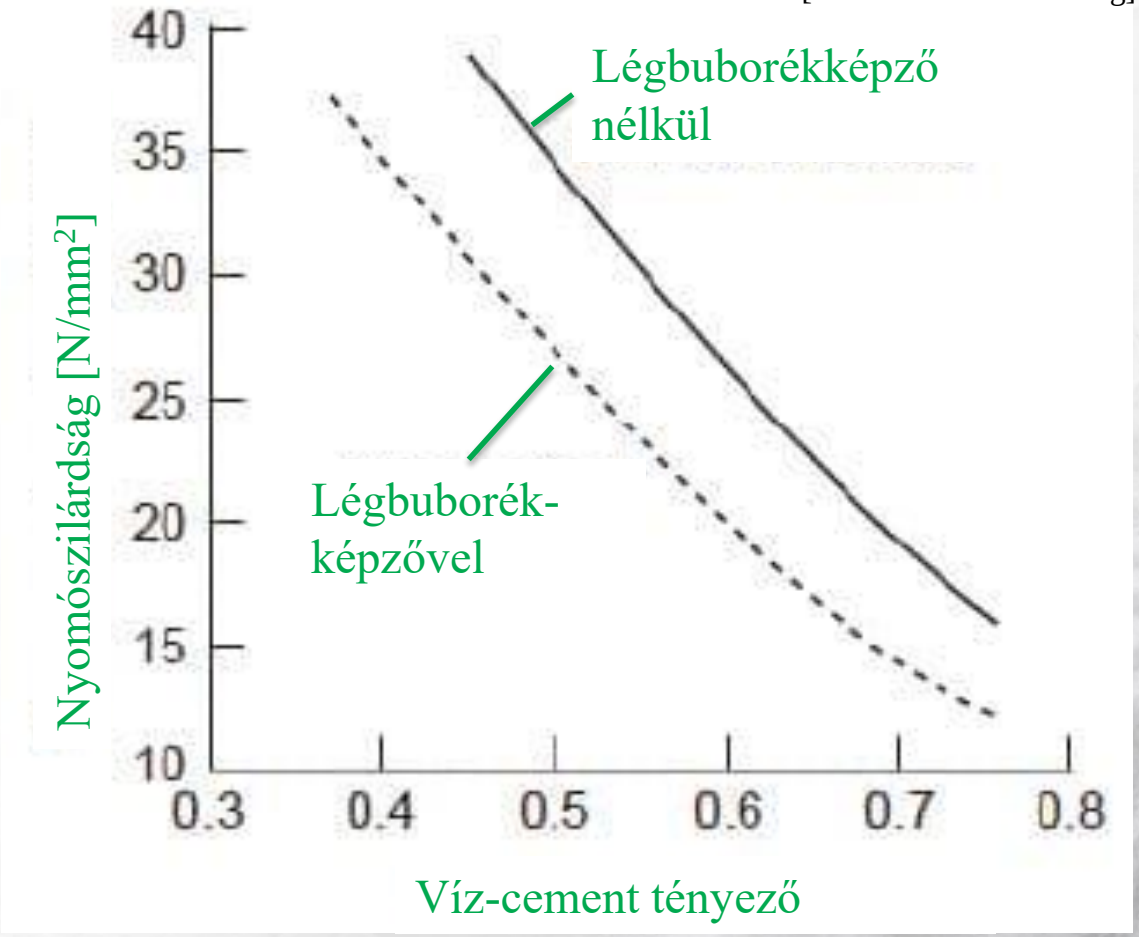
[CeMBeton, 2017, Corr et al, 2002]

Légbuborékképző adalékszer hatása a nyomószilárdságra

[www. theconstructor.org]



[www. theconstructor.org]



CeMBeton
az építés alapja

Betonösszetétel követelményei - ismétlés

[MSZ 4798:2016/2M:2018]

	Fagyás-olvadás okozta korrózió h)				Fagyás-olvadás okozta korrózió h)		
	XF1 a)	XF2 i)	XF3 i)	XF4 i)	XF2(H)	XF3(H)	XF4(H)
		Légbuborékképző szerrel			Légbuborékképző adalékszer nélkül		
Legnagyobb v/c c) d)	0,55	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
Legkisebb *nyomó-szilárdsági osztály* e)	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C35/45	C40/50	C40/50
Legkisebb cementtar-talom c), kg/m³	300	300	320	340	320	340	360
Friss beton levegő-tartalma, térfogatszázalék		*A friss beton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborék) a NAD F3. táblázat szerinti határértékek közé essék*					
Egyéb követelmények	*MSZ* EN 12620 szerinti kielégítő fagyás/olvadás állóságú adalékanyag *(lásd a NAD E1. és NAD 2. táblázatot)*				*Alkalmazása út- és repülőtéri pályaburkolatok esetén tilos!* *Az adalékanyag fagyálló, illetve fagy- és olvasztósóálló legyen (lásd a NAD E1. és NAD E2. táblázatot)*		

CeMBeton
az építés alapja

Pórusrendszer felépítése

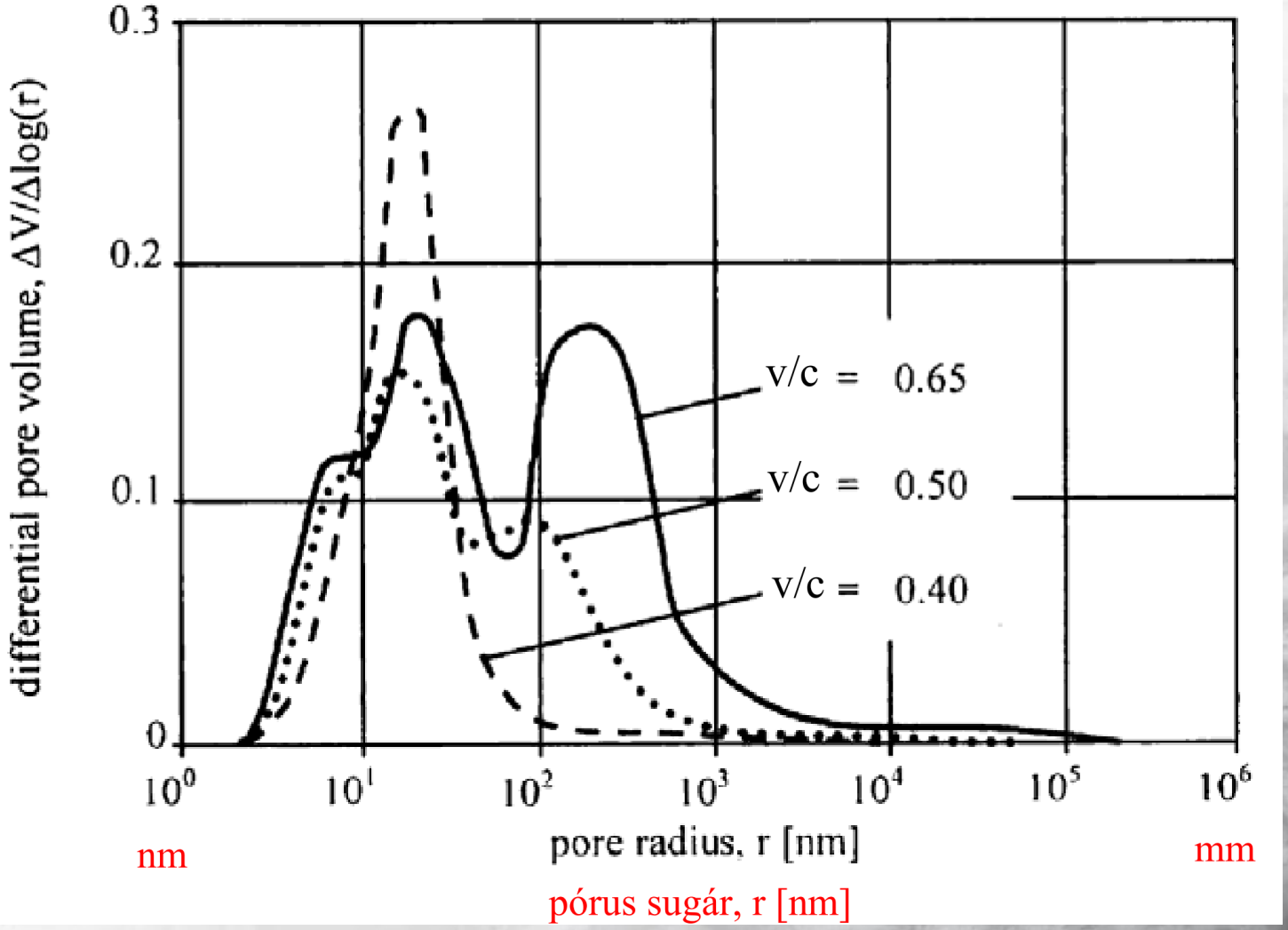
[Salem G. N., 2004] [Setzer, 1987]

	Powers és Brownyard (1946-1947)	Wesche (1974)	Setzer (1987)		Nehme			Víz fagyáspont
Teljes porozitás	Kapilláris pórusok	Légpórusok	Durva pórusok	> 1 mm	Légzárványok	Porozitás	> 4 mm	0-(-3) °C
			Makro-kapillárisok	0,3 – 1 mm	Légbuborékok		0,3 – 4 mm	
			Kapillárisok	1 µm – 0,3 mm	Hatékony légbuborékok		20–300 µm	
					Nyitott légpórusok		10–300 µm	
					Zárt légpórusok			
		Kapilláris pórusok	Mikro-kapillárisok	< 1 µm	Kapilláris Pórusok		1 nm – 10 µm	(-15)- (-43) °C
			Mezopórusok	0,1 µm – 1 nm				
	Gélpórusok	Gélpórusok	Mikropórusok	< 1 nm	Gélpórusok		< 1 nm	(-160) °C

Pórusméret eloszlás alakulása

(Hilsdorf, Reinhardt, 1999)

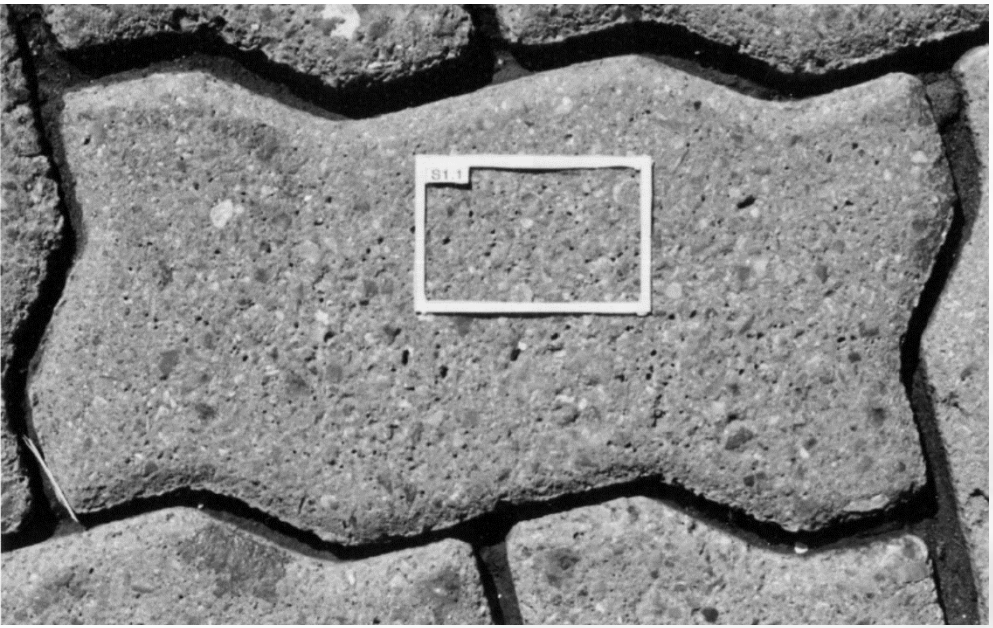
[Borosnyói, 2013]

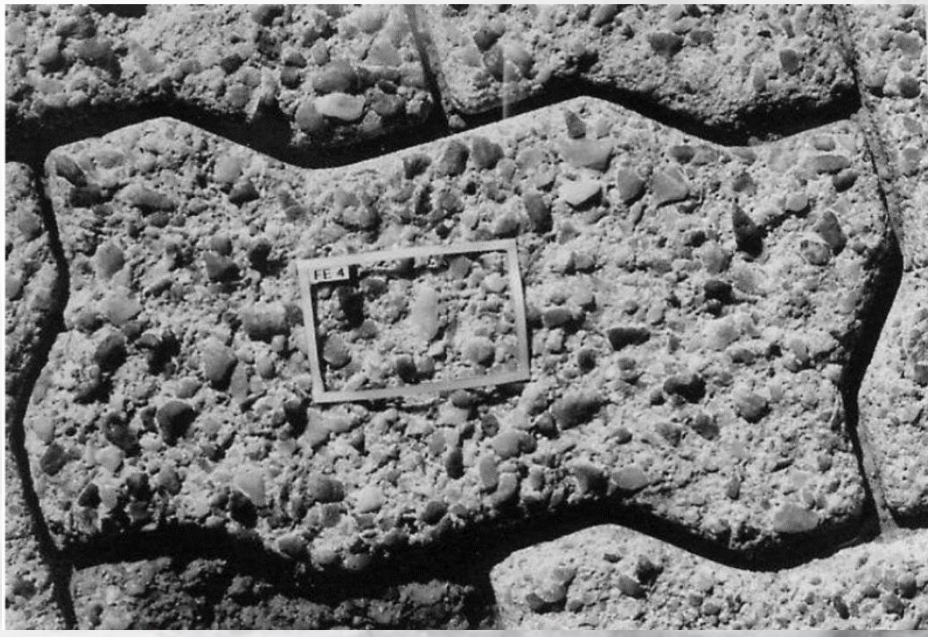


-160 °C **(-43)-(-15) °C** **0-(-3) °C**

[Setzer, 1987]

Kopásálló betonok





[Borosnyói, 2013]

CeMBeton
az építés alapja

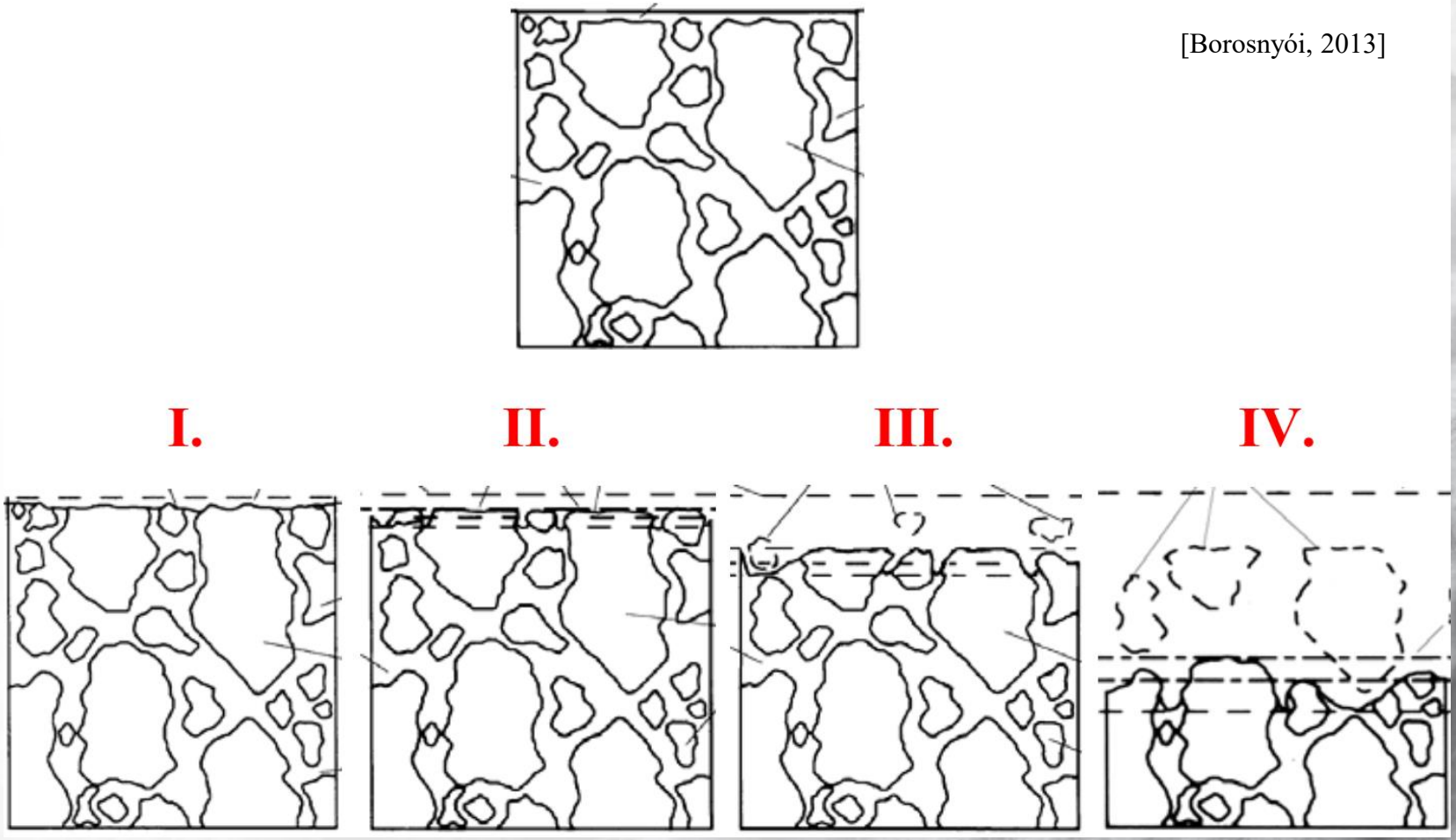
Környezeti osztályok – koptató hatáshoz

Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a környezeti osztályok előfordulására
Koptató hatás okozta korrózió		
Amikor a beton csiszoló, csúszó, gördülő, súrlódó igénybevétel, ütés vagy vízáramlás alatt mozgatott gördülő hordalék koptató hatása éri, akkor az ezekből származó igénybevételt a következők szerint kell osztályozni:		
XK1(H)	Könnyű szemcsés anyagok koptató igénybevétele. Gyalogos forgalom, fúvott kerekes járművek koptató igénybevétele	Könnyű adalékanyagok, termények stb. tárolására alkalmas silók, bunkerek, tartályok; járdák, lépcsők, garázspadozatok.
XK2(H)	Gördülő igénybevétel okozta koptató hatás nehéz terhek alatt, tömör gumi kerekes járművek.	Betonút, durva, nehéz szemcsés anyagok tárolói, görgetett hordalékkal érintkező betonfelületek, villás-targonca forgalom.
XK3(H)	Csúsztató-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt, acél kerekes targonca forgalom.	Repülőtéri le- és felszálló pályák valamint gurulóutak, nehézipari szerelőcsarnokok, konténerátrakó állomások.
XK4(H)	Csúsztató-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt, nagy felületi pontosság és pormentesség igénye esetén.	Nehéz terheknek, hernyótalpas járműnek kitett térburkolatok, csarnokok és raktárak betonja. Kemény felületű, pormentes ipari padlóburkolatok.

[CemBeton Útmutató, 2017]

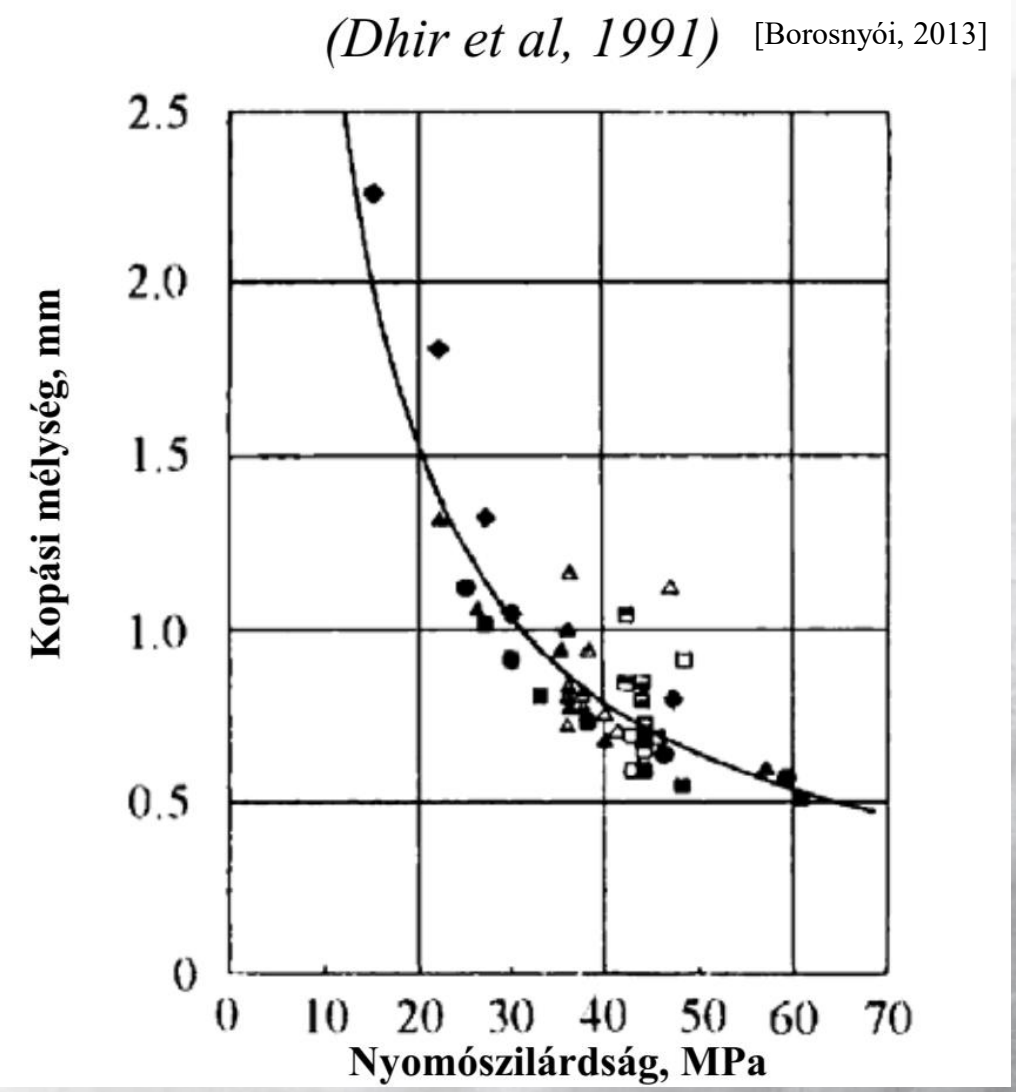
Beton kopásának mechanizmusa

[Borosnyói, 2013]



Beton kopási mélysége nyomószilárdság függvényében

(Dhir et al, 1991) [Borosnyói, 2013]



Kopásálló beton tervezési követelményei

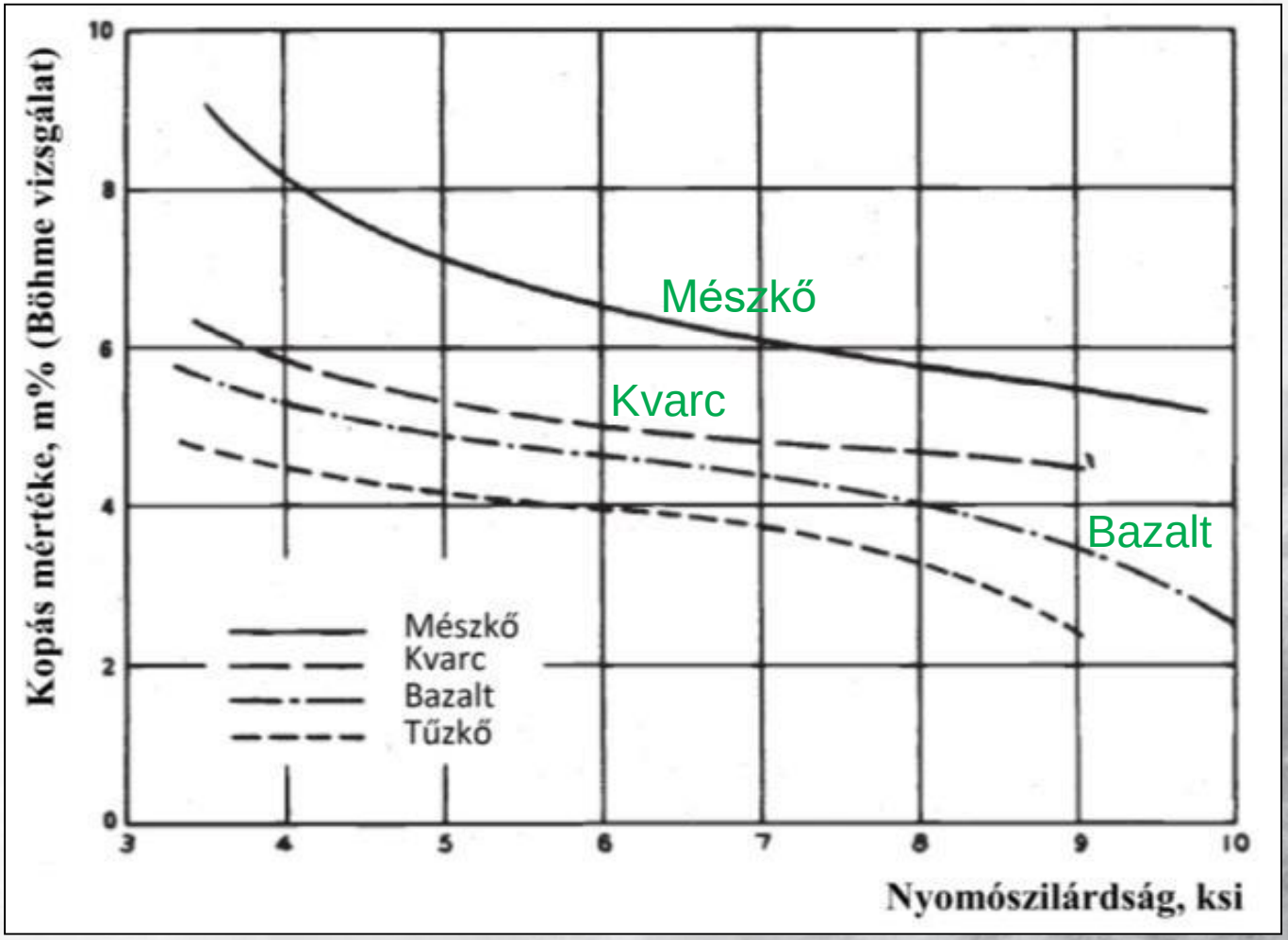
[CemBeton Útmutató, 2017]

Környezeti osztály jele	XK1(H)	XK2(H)	XK3(H)	XK4(H)
Legnagyobb v/c tényező	0,5	0,45	0,4	0,38
Legkisebb nyomószilárdsági osztály	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
Legkisebb cementtartalom, kg/m^3	310	330	350	370

XK3(H) – XK4(H) környezeti osztály esetén javasolt zúzott adalékanyag használata!!!

Kőzetek kopása

[Lamond - Pielert, 2006]



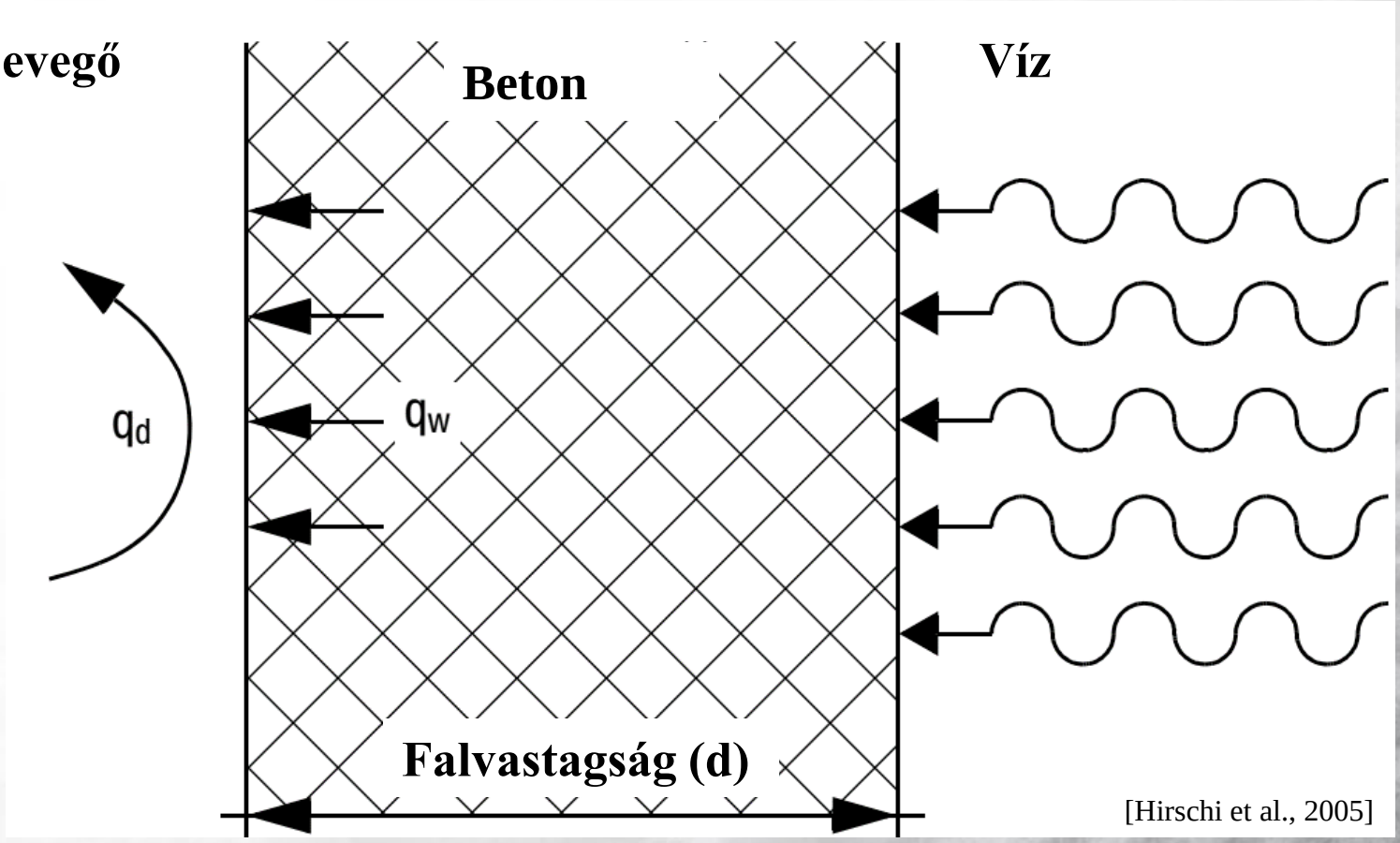
ksi, azaz kilopound per square inch-ben van megadva, 1ksi = 6,894757 N/mm2

Vízzáró betonok



Vízzárás ≠ nincs vízáteresztés

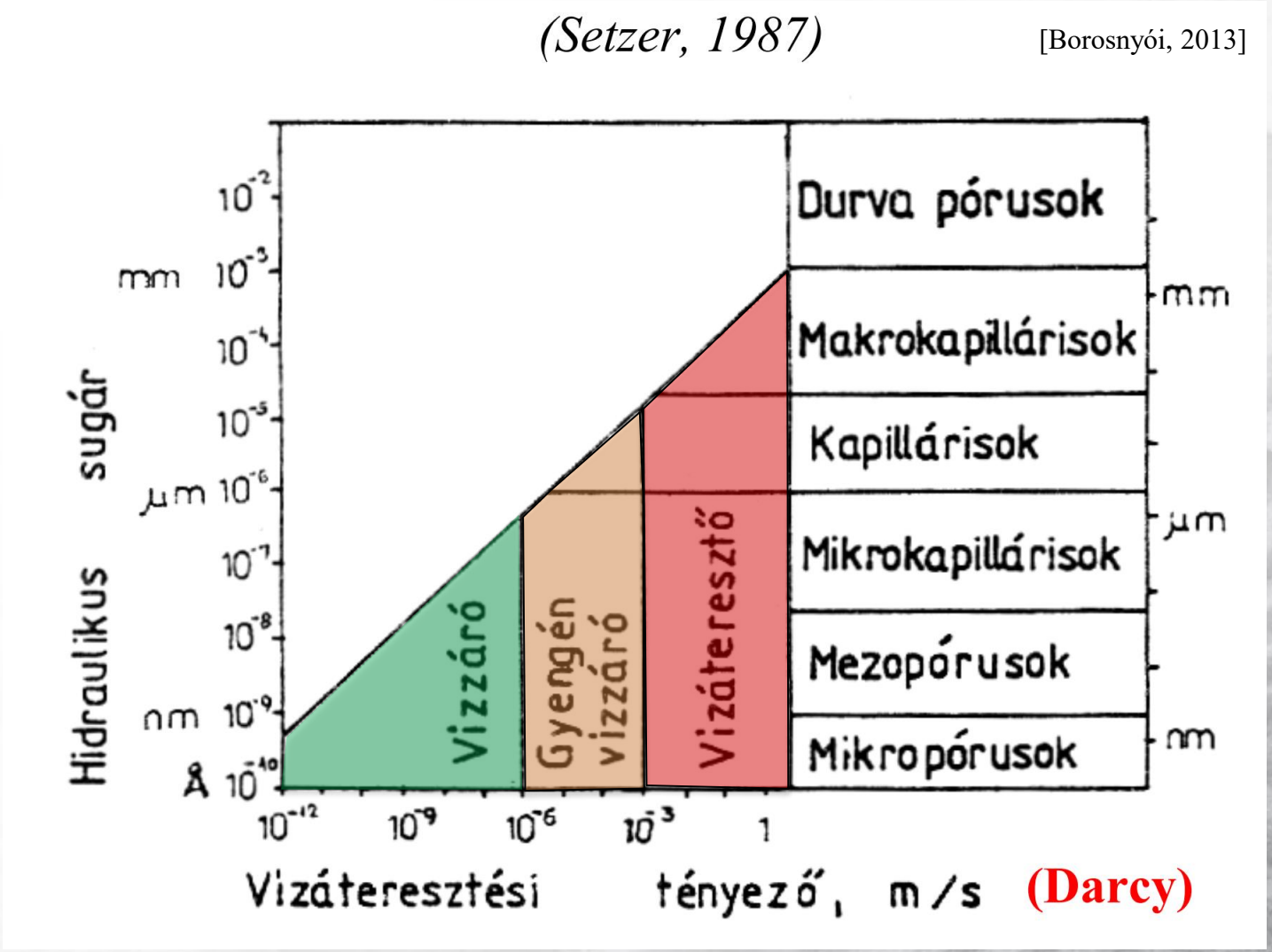
$$q_w < q_d$$



Kedvező a minél nagyobb falvastagság (d)

Pórusrendszer hatása a vízzáróságra

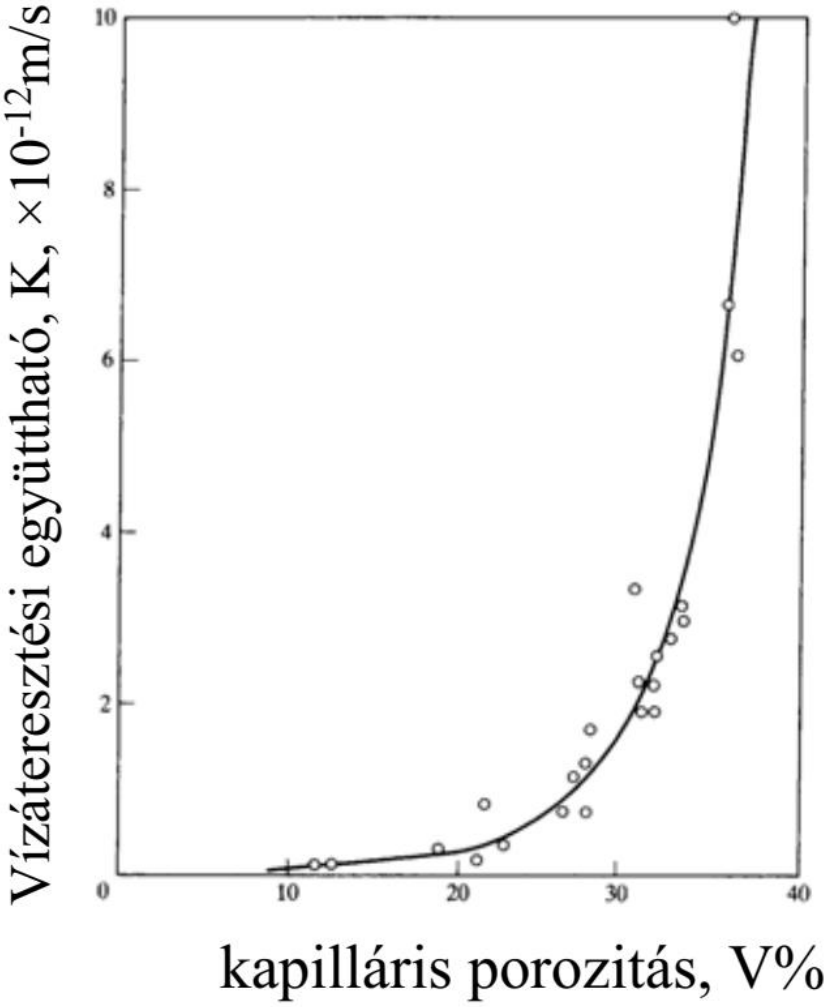
(Setzer, 1987) [Borosnyói, 2013]



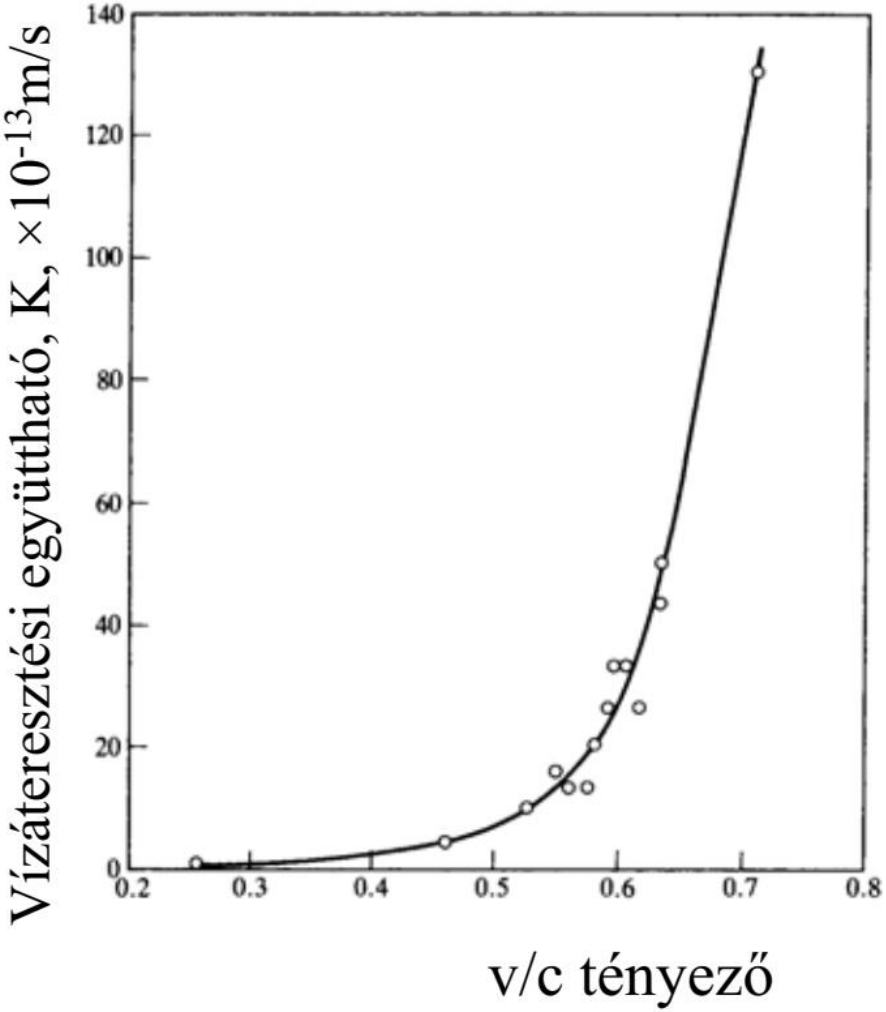
v/c tényező és porozitás hatása

[Borosnyói, 2013]

(Powers, 1958)

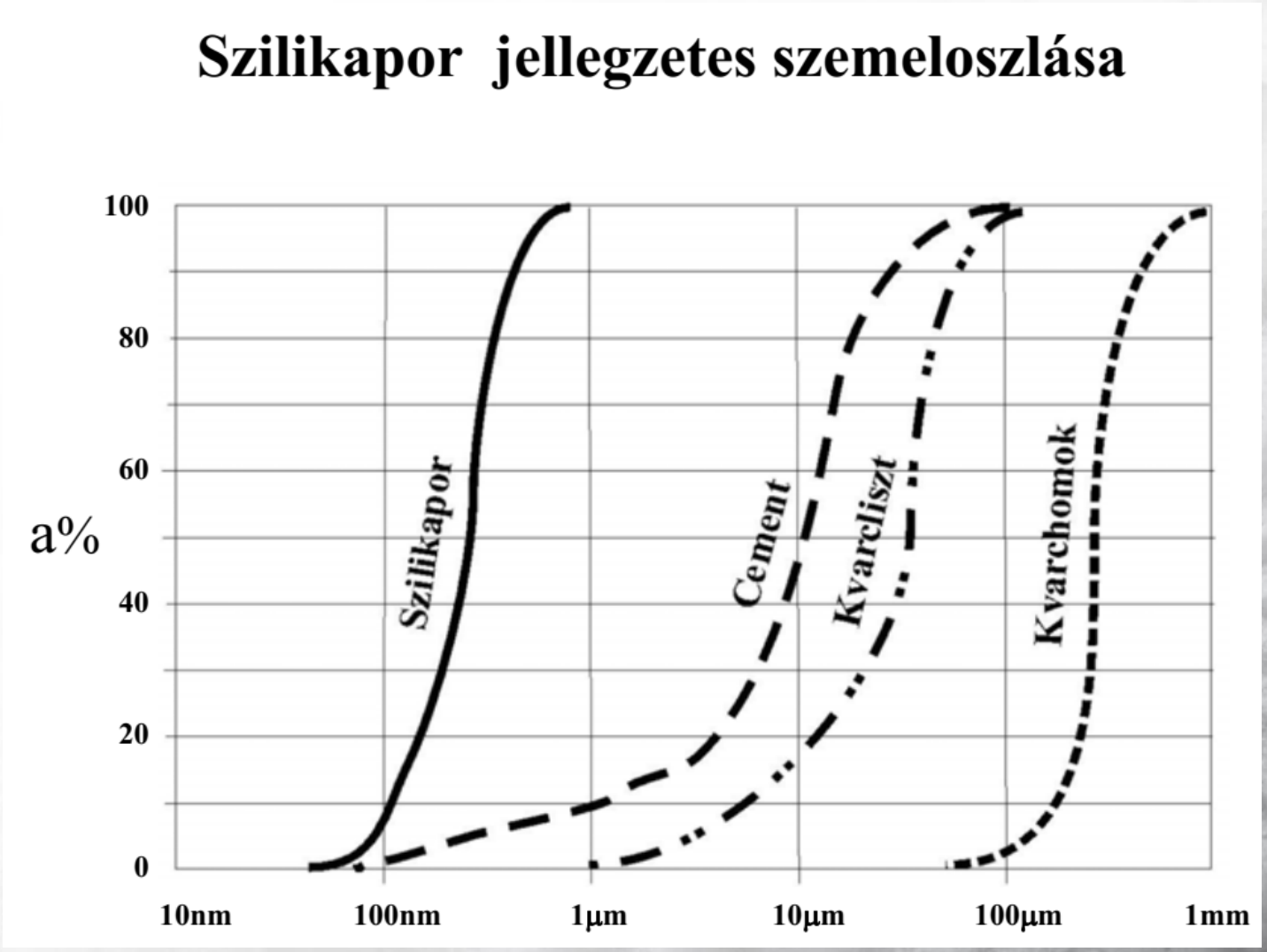


(Powers, 1954)



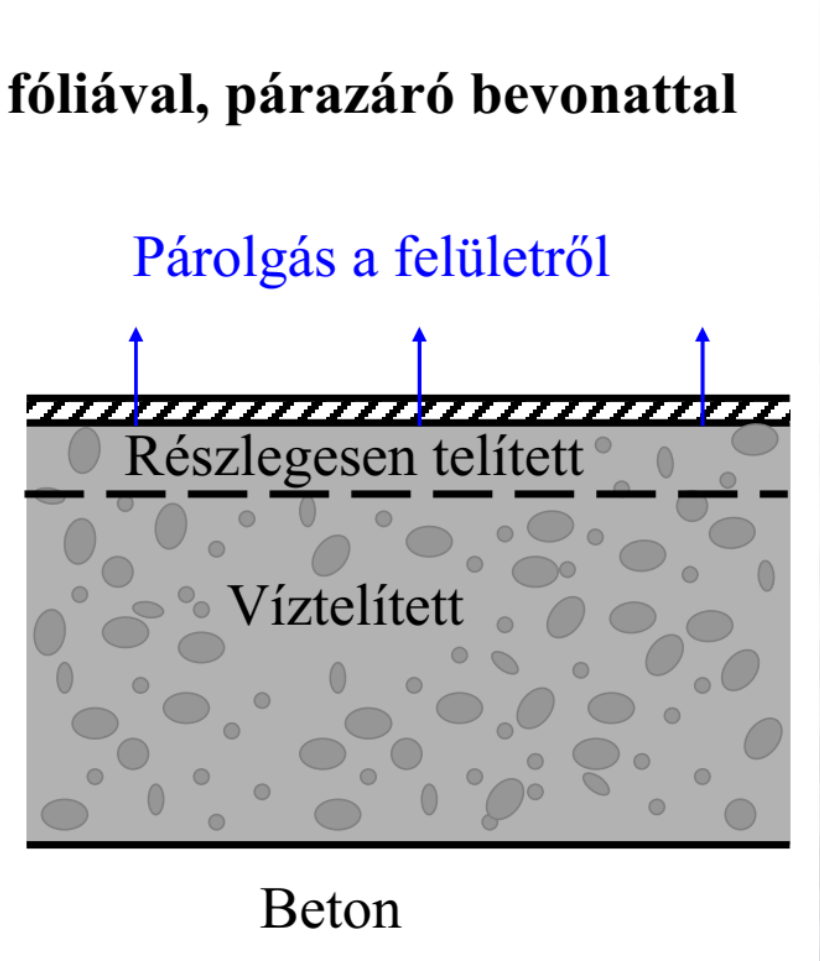
Pórusrendszer tömítése

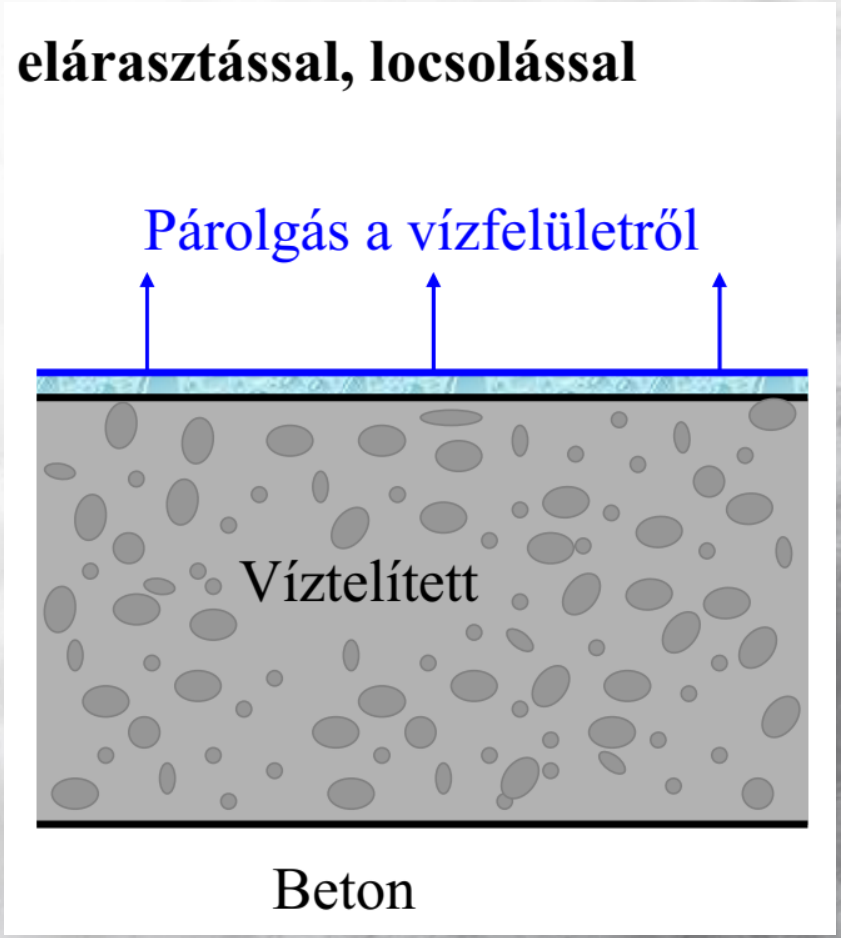
[Borosnyói, 2013]



Utókezelés fontossága

[Borosnyói, 2013]





Szálerősítésű betonok



Szálak széleskörű alkalmazása

Acélszál

1874. A. Bernard – 1965. J. P. Romualdi – hazánkban 1972. óta SIOME





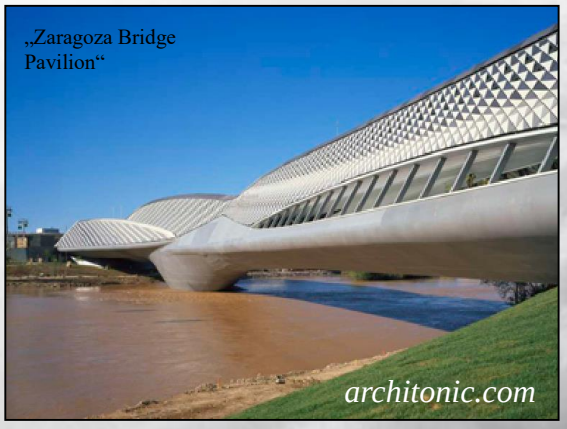
Makro műanyag szál



Mikro műanyag szál



Üvegszál



Bazalt szál



Szálak típusai (ACI 544.1R-96 alapján)

- **SFRC:** acélszál erősítésű beton (steel fibre reinforced concrete)




- **GFRC:** üvegszál erősítésű beton (glass fibre reinforced concrete)



- **SNFRC:** szintetikus szál erősítésű betonok (synthetic fibre reinforced concrete)
  poliészter, polietilén, polipropilén, nejlon, aramid és szén






- **NFRC: természetes szál erősítésű betonok (natural fibre reinforced concrete)**



Polimer szálak csoportosítása (MSZ EN 14889-2:2007 alapján)

- **I. osztály: mikro szál ($Ø_f$ < 0,3 mm):**
  - **I.a. osztály: elemi szál (mono-filamented fibres)**



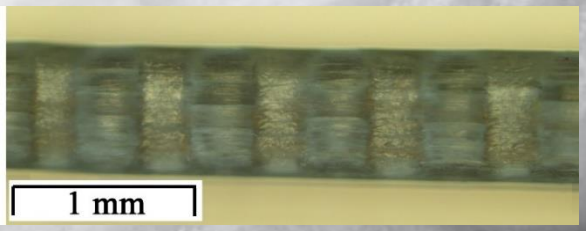

  - **I.b. osztály: fibrillált szál / szálköteg (fibrillated fibres)**



http://www.avers.hu

- **II. osztály: makro szál ($Ø_f$ > 0,3 mm)**





Milyen hatása van a szálaknak a betonban?

Szálak szerepe a betonban



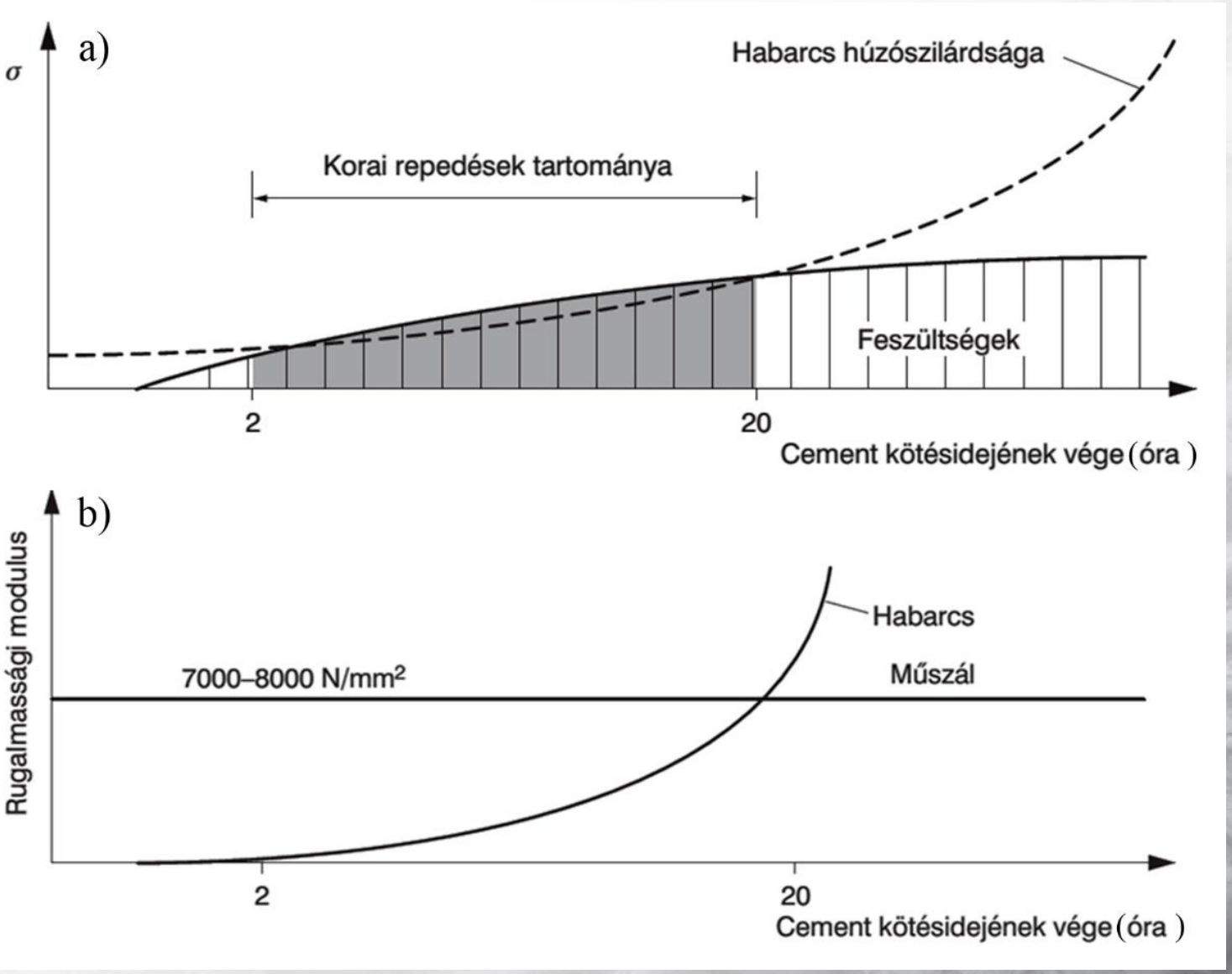
Frissbeton jellemzők

- **Zsugorodási repedés korlátozása**
- **Vízmegtartó szerep (kisebb kapilláris porozitás)**
- **Visszahullási veszteség csökkentése**

Megszilárdult beton jellemzők

- **Szívósság,**
- **Szakadónyúlás,**
- **Berepedést követő maradó húzó / maradó hajlító-húzószilárdság,**
- **Fáradási szilárdság,**
- **Lökésszerű terhekkel szembeni ellenállás,**
- **…**
- **Tűzállóság (spalling kockázat csökkentése)**

Zsugorodási repedések korlátozása



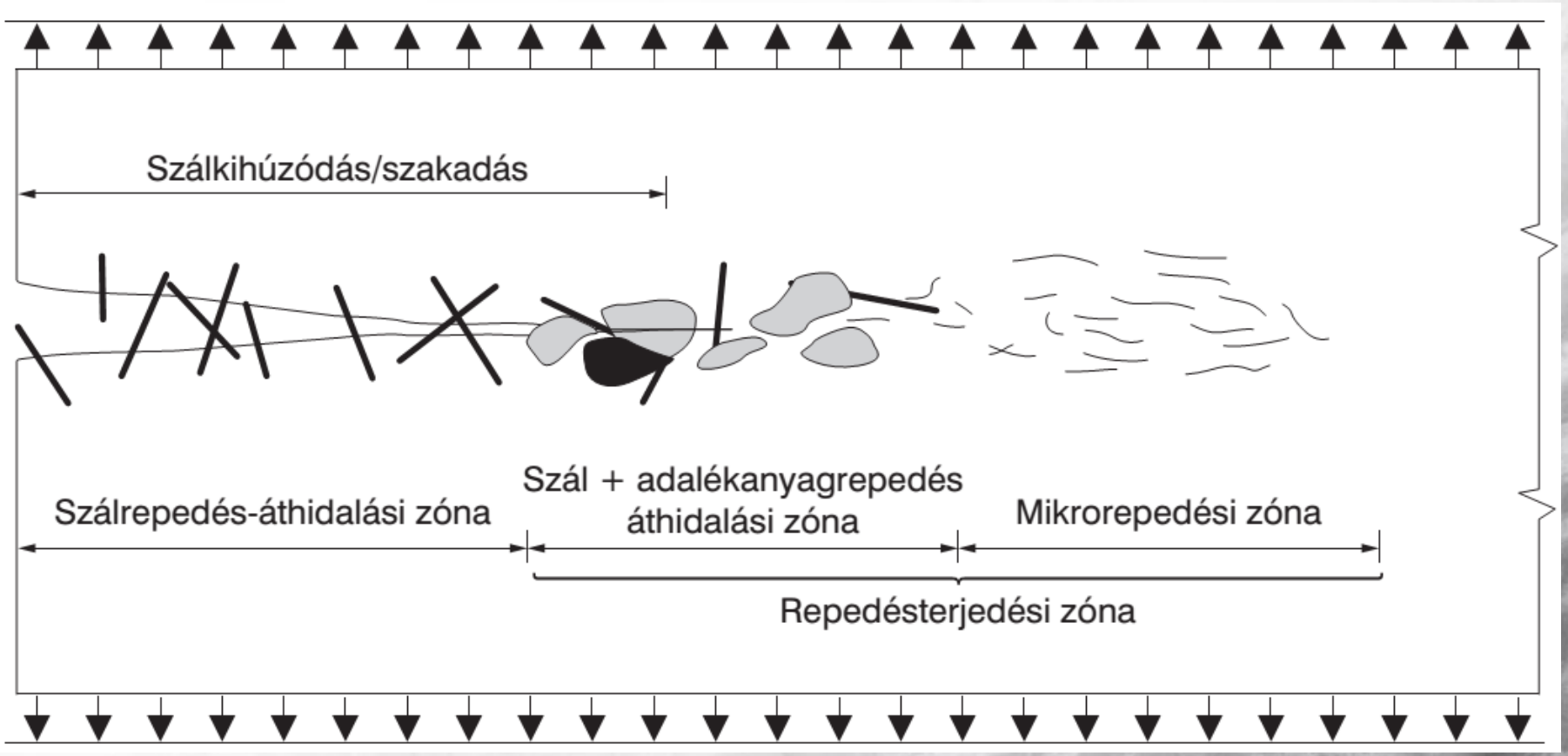
(Köneke (1978): Ausbessern von Beton mit Zementgebundenen Stoffen. Beton 1978, 450–453.,
Kovács T.–Nehme S. G. (1999): Műanyag szálerősítés hatása a frissbetonra. Beton, 7/9, 8–9.)

Főbb anyagjellemzők

Száltípus	$Ø_f$ Átmérő [μm]	ℓ_f Hossz [mm]	γ_f Térf.-súly [kN/m^3]	E_f Rug. modulus [N/mm^2]	ν_f Poisson tényező	f_{tf} Húzó-szilárdság [N/mm^2]	ε_{uf} Szakadó-nyúlás [%]
acél	100 - 600	10 - 60	78,5	200 000	0,28	700 - 2000	3,5
polipropilén	100 - 2000	5 - 75	9,0	< 5 000	0,29 - 0,46	400	8-18
nylon	> 4	5 - 50	11,4	< 4 000	0,40	750 - 900	13,5
E-üveg	8 - 10	10 - 50	25,4	72 000	0,25	3 500	4,8
AR-üveg	8 - 10	10 - 50	27,4	78 000	-	2 500	2,5
aramid	10 - 12	10 - 20	14,4	50 000 - 150 000	-	3 500	
szén	8 - 10	10 - 20	18,0	150 000 - 300 000	0,35	1 800 - 3 500	0,8-1,6
azbeszt	0,1 - 30	5 - 40	25,5	164 000	0,30	200 - 1 800	2,3

(Balázs L. Gy., Polgár L. (1999): „A szálerősítésű betonok múltja, jelene és jövője”, Vasbetonépítés 1. évf., 1. szám, pp. 3-10.)

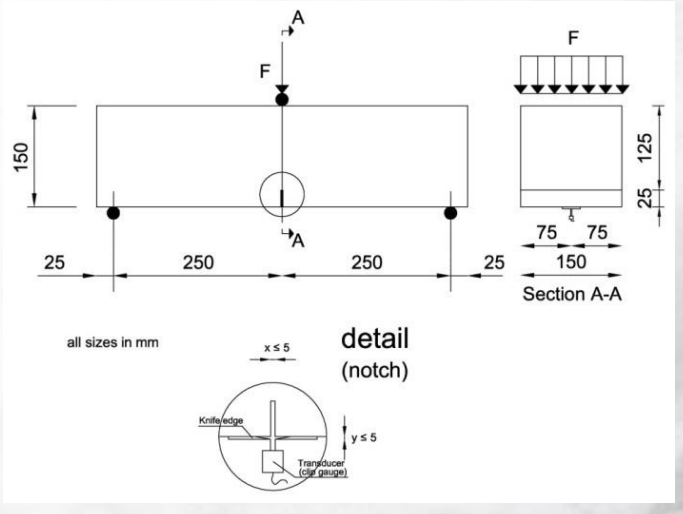
Repedésterjedés szálerősítésű betonban

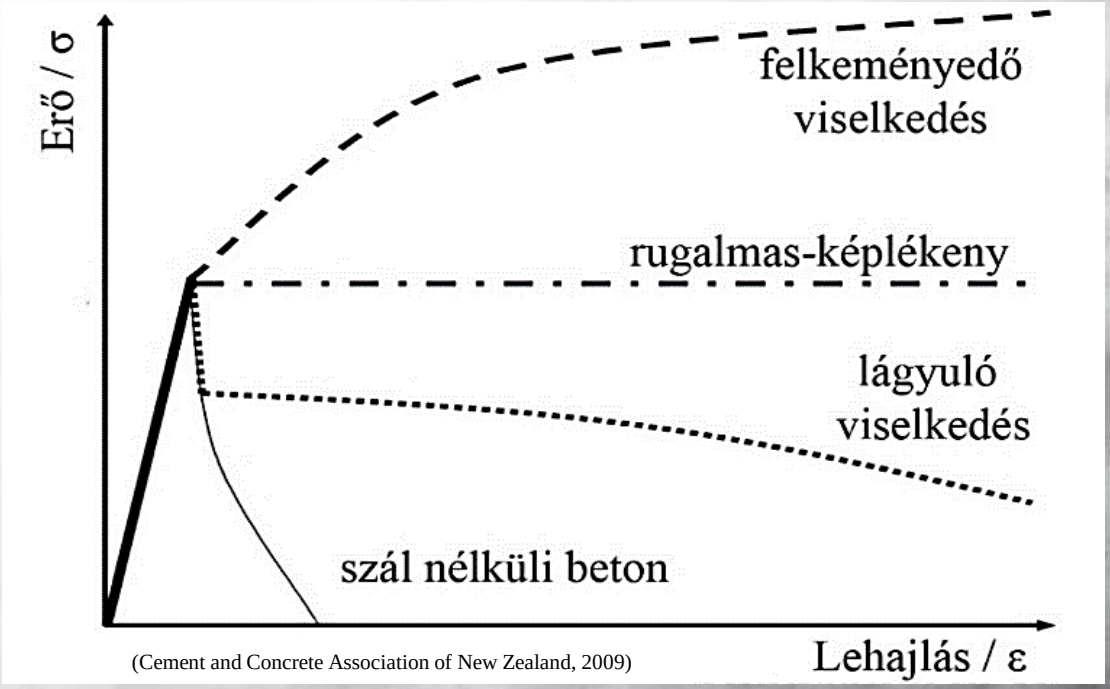


Li V. C., Maalei M. (1996): „Toughening in Cement Based Composites, Part II: Fiber Reinforced Cementitious Composites", Journal of Cement and Concrete Composites, Vol. 18., No. 44., pp. 239-249.

Mi az a maradó hajlító-húzószilárdság?







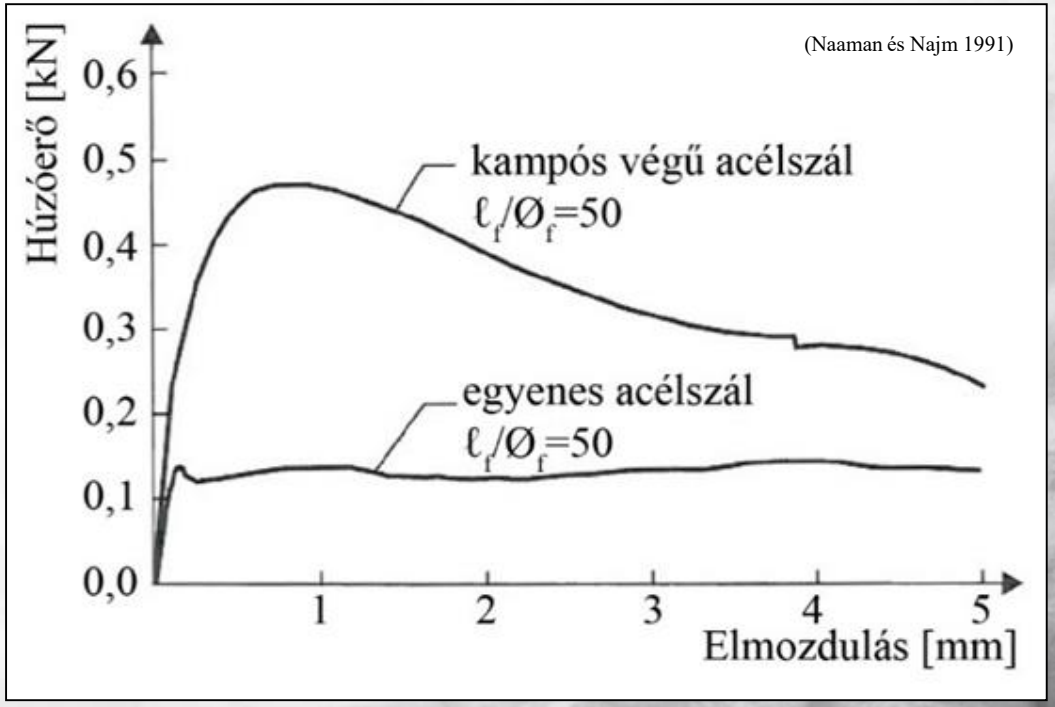
(Cement and Concrete Association of New Zealand, 2009)

Szálak hatékonyságát befolyásoló tényezők

Acélszálak alakjai

Sorszám	Megnevezés	Alaki jellemző
1.	huzal	
2.	gombozott huzal	
3.	kampós végű huzal és lemezszál	
4.	hullámos huzal és lemezszál	
5.	golyónyomott lemezszál	
6.	forgácsolt lemez	
7.	öntött szál	

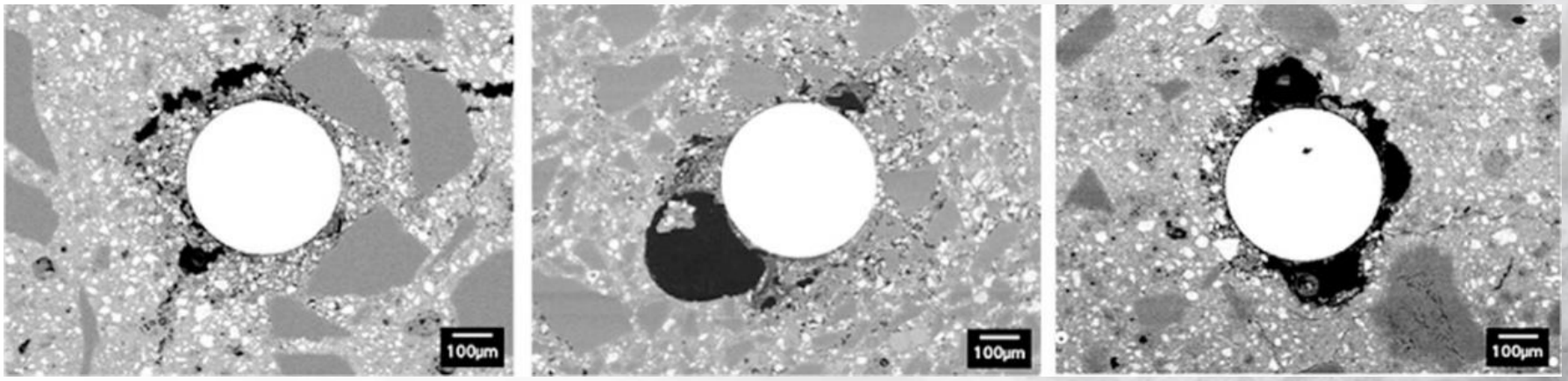
(Kovács, 1999)



Szálak hatékonyságát befolyásoló tényezők

Szálakkal bevitt levegő

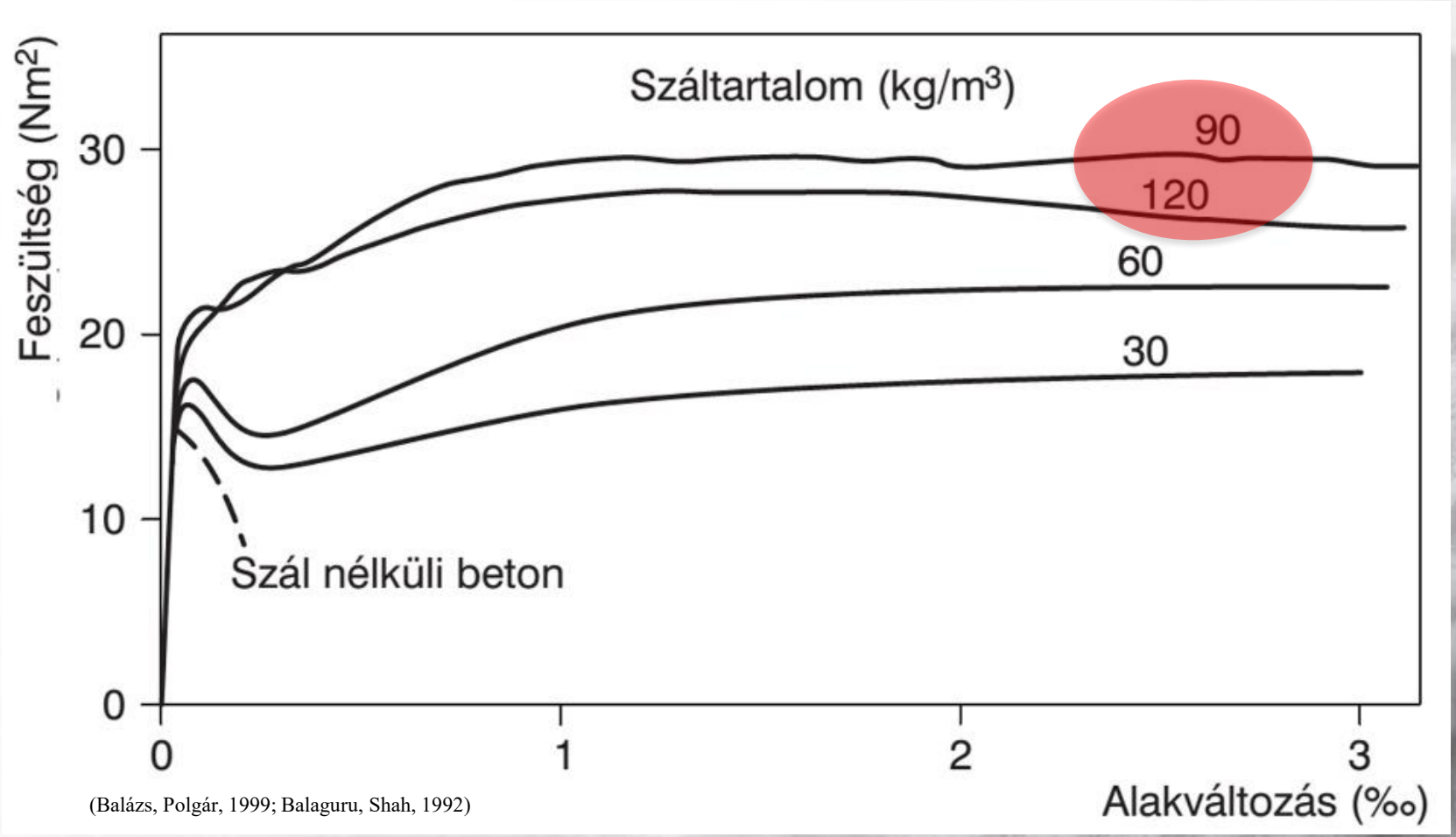
Acélszál környezetében kialakuló pórusok képe
(BSE - backscattered electron image)



(Hwang, Kim és Ann, 2015)

Szálak hatékonyságát befolyásoló tényezők

Száltartalom hatása - hajlításra



(Balázs, Polgár, 1999; Balaguru, Shah, 1992)

Szálak hatékonyságát befolyásoló tényezők

Csomósodott szálak

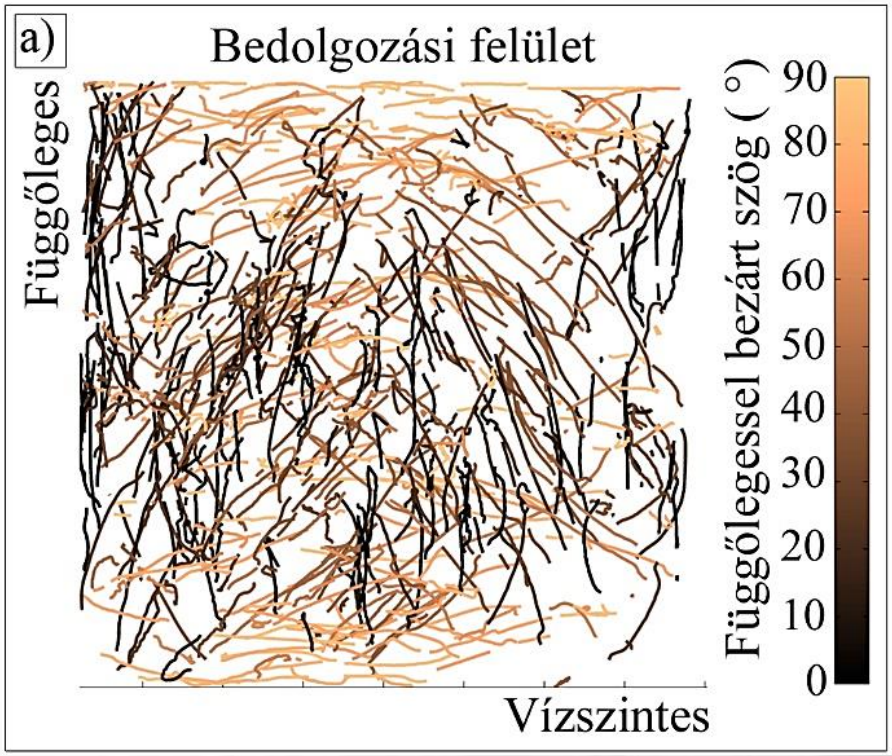




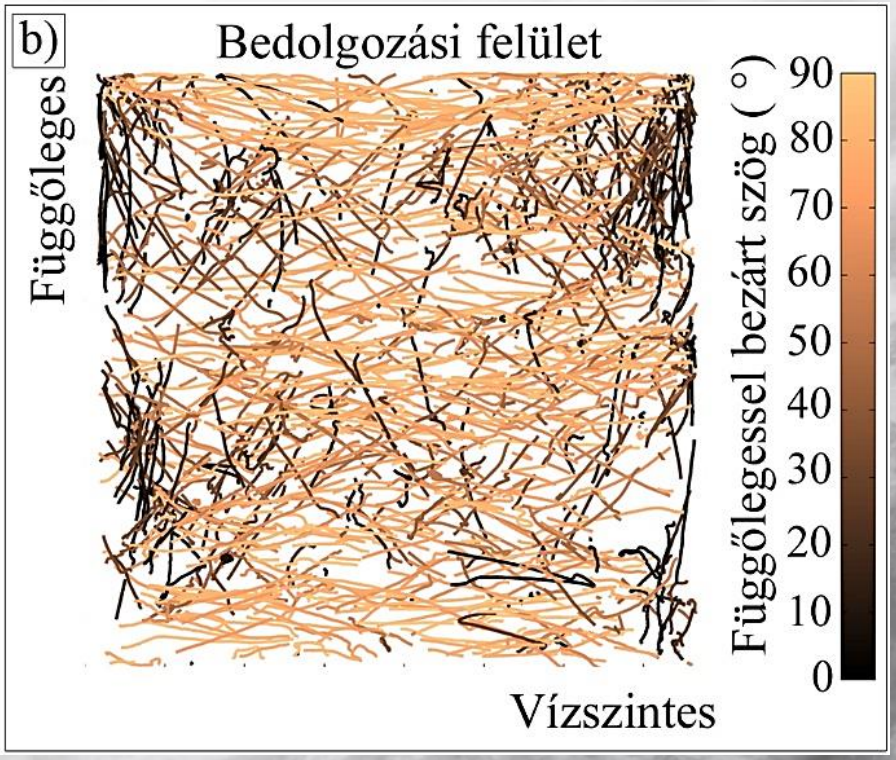
Szálak hatékonyságát befolyásoló tényezők

Acélszálak elhelyezkedése a betonban – CT

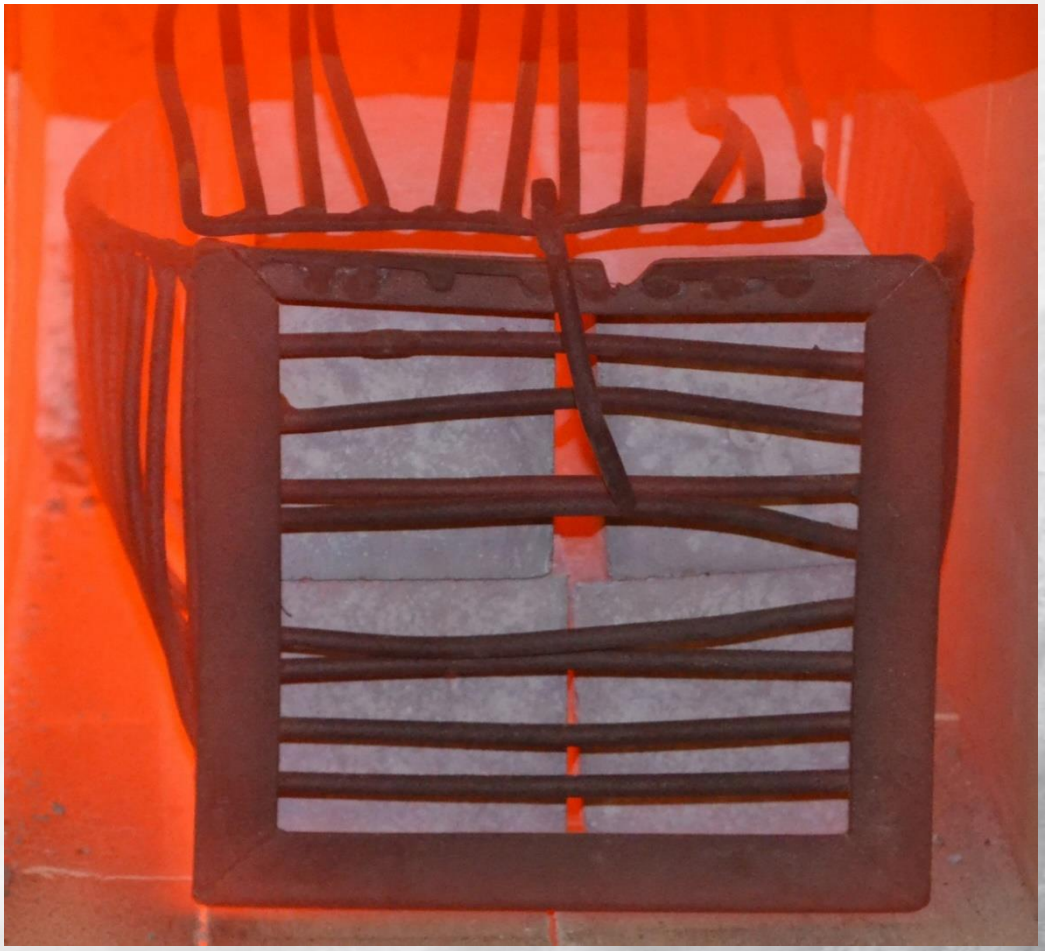
0,3V% száltartalom



0,5V% száltartalom



Hő- és tűzálló betonok



Betonban a hőterhelés hatására lejátszódó fizikai és kémiai folyamatok

A beton megolvad 1400 °C

Megkezdődik a beton olvadása

Kerámia kötés felbomlása

Kálcium karbonát hőbomlása 800 °C

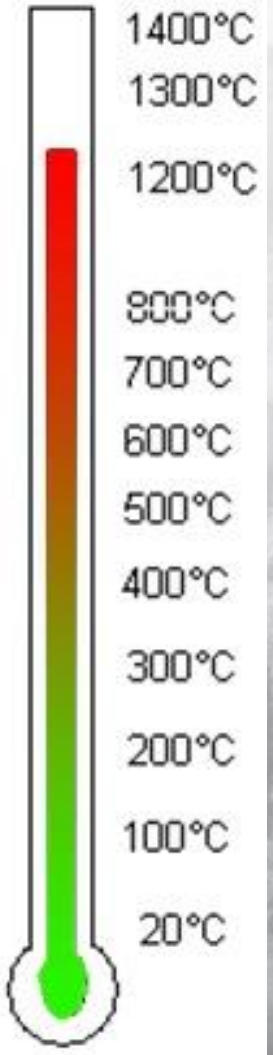
Kúszás erőteljes növekedése

Kvarc térfogat növekedéssel járó átkristályosodása 573°C

Kalcium-hidroxid dehidratálódása

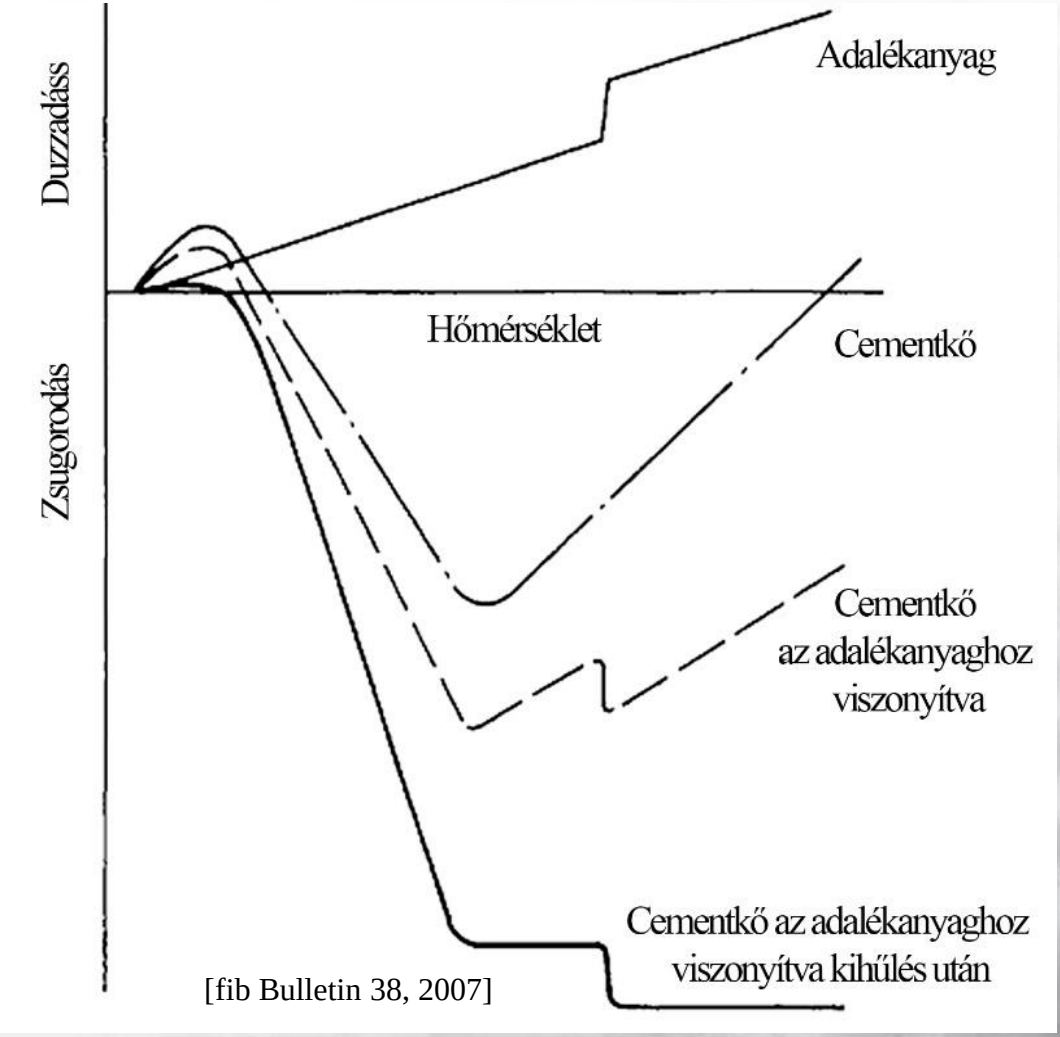
A beton szilárdságvesztésének kezdete 400°C

Kémiailag kötött víz távozásának kezdete ~100°C



[Niels, 2005]

Cementkő és az adalékanyag eltérő viselkedésére magas hőmérsékleten az első felmelegedés alkalmával

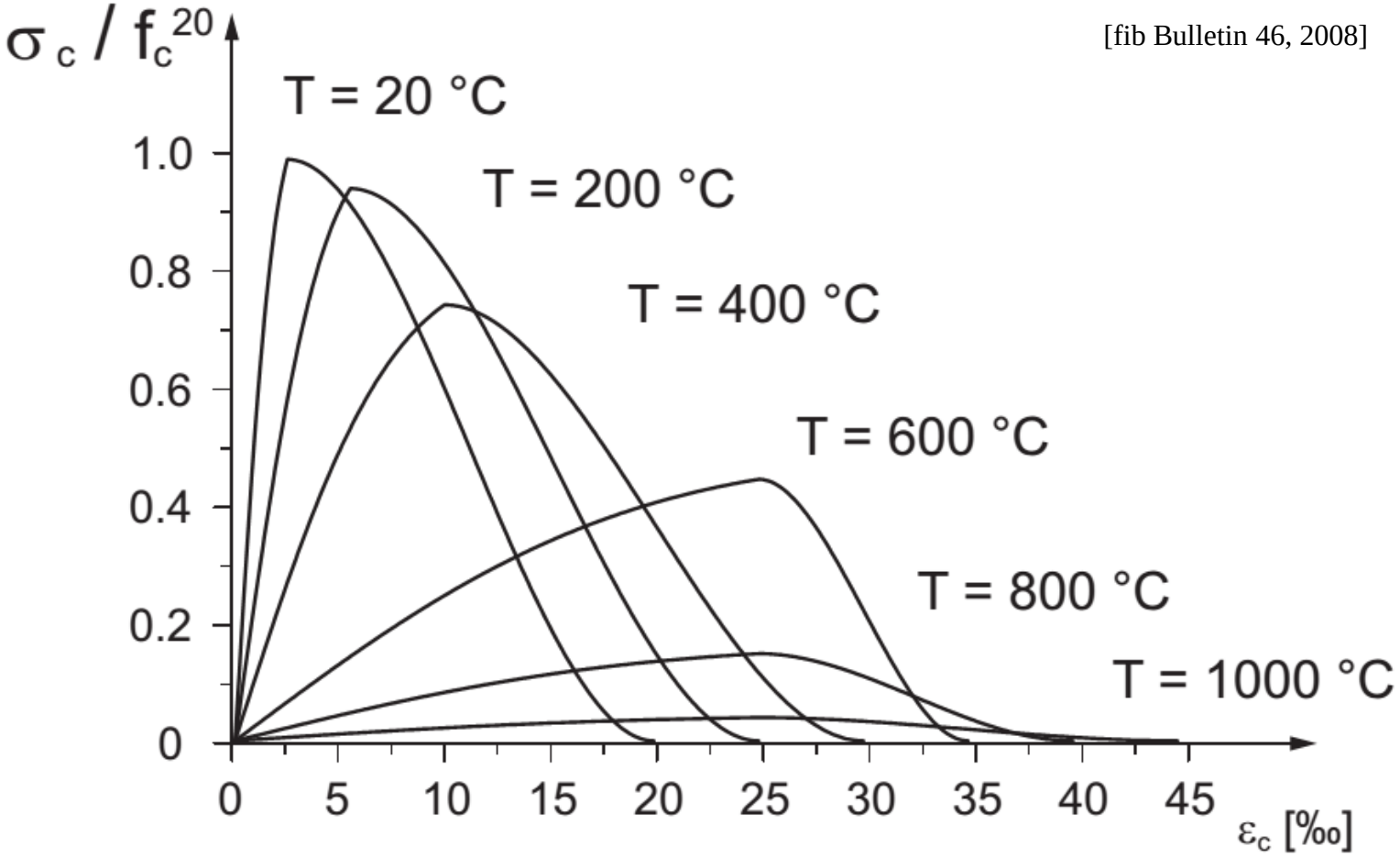


[fib Bulletin 38, 2007]



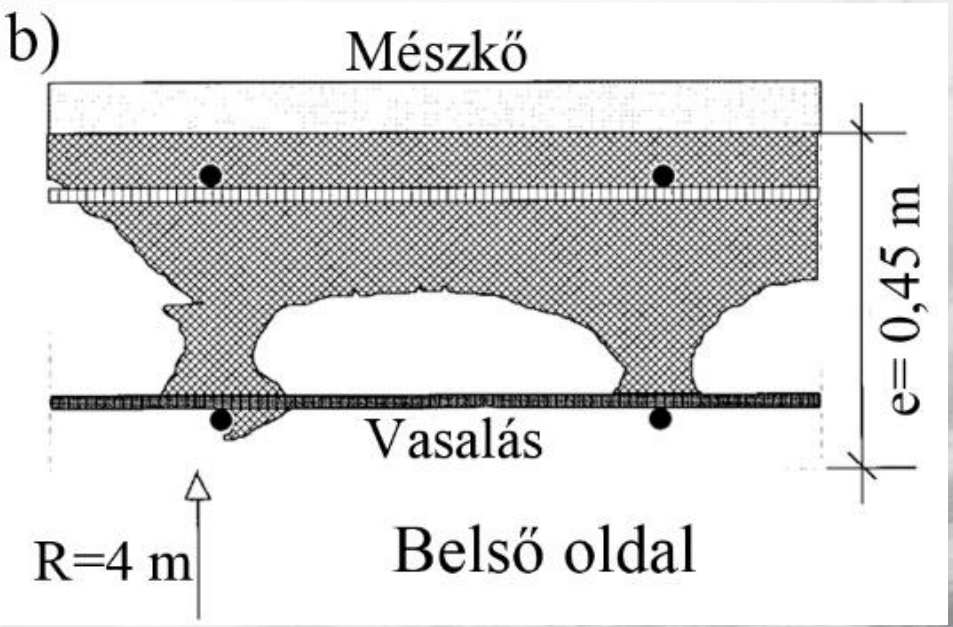
Beton magas hőmérsékleti relatív nyomófeszültség-alakváltozás görbéje (EN 1992-1-2 – Tűzre való méretezés alapján), a relatív feszültség a normál hőmérsékleten (20 °C) mért szilárdság értékhez arányosítva kerül megadásra

[fib Bulletin 46, 2008]



Betonfedés leválása tűz hatására - Spalling



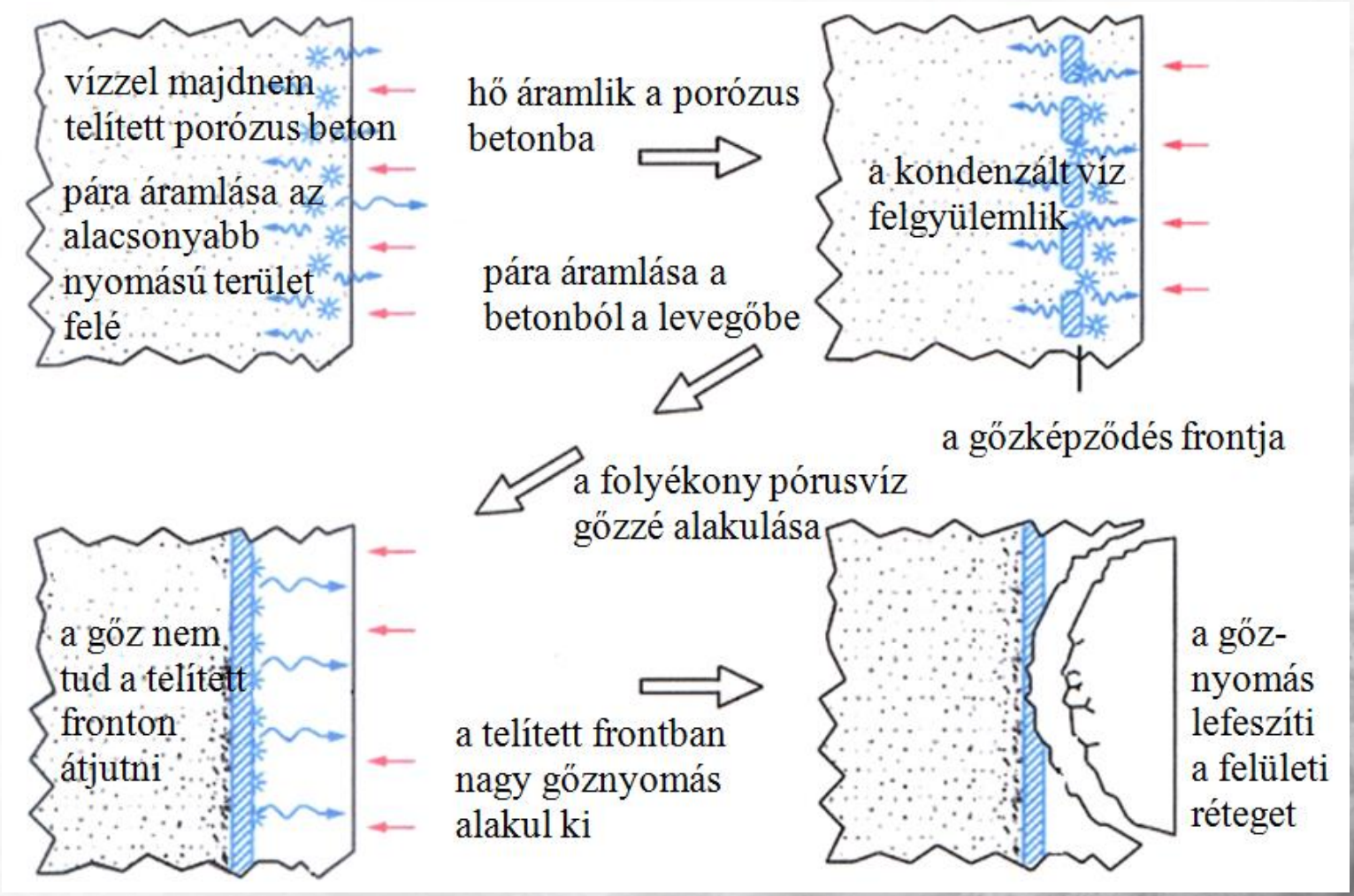


Csalagút tűzesete 1996-ban

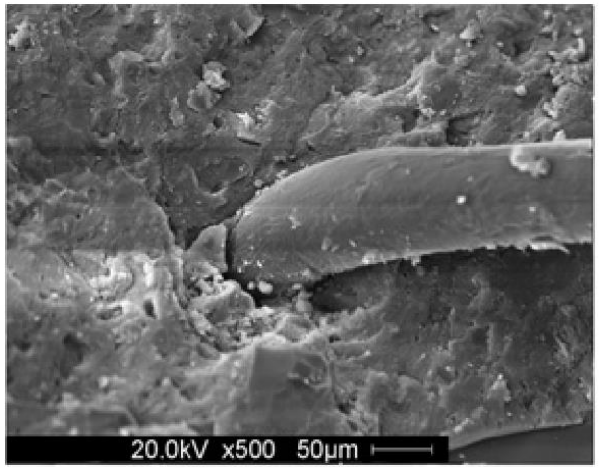
a) tübing felülete a tűz után (Phys.tue.nl, 2011),
b) tübing megmaradt keresztmetszete a tűz után (Ulm, Acker, Lévy, 1999)

Spalling folyamat

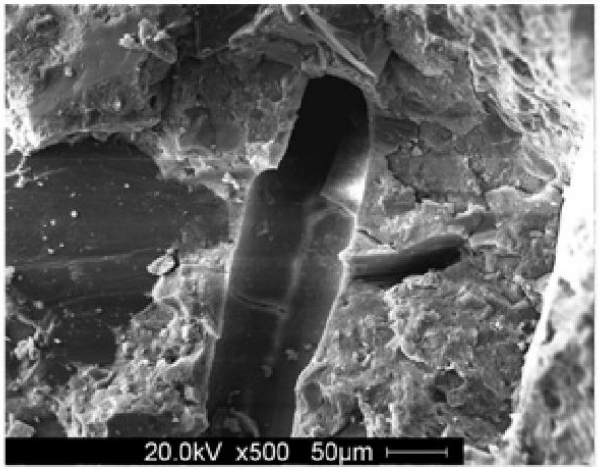
[Winterberg, Dietze, 2004]



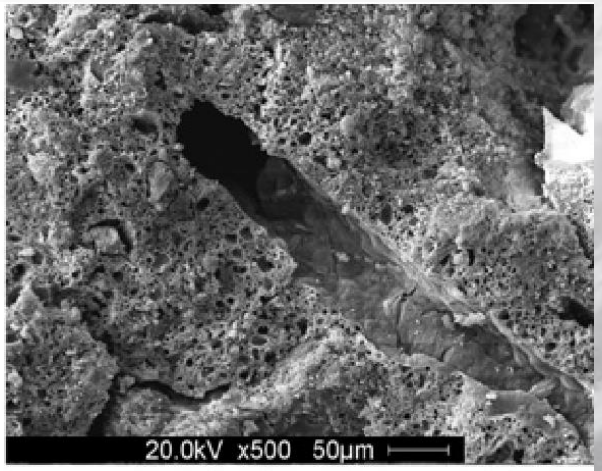
Mikro műanyagszál – hőmérséklet függvényében



20℃



400℃

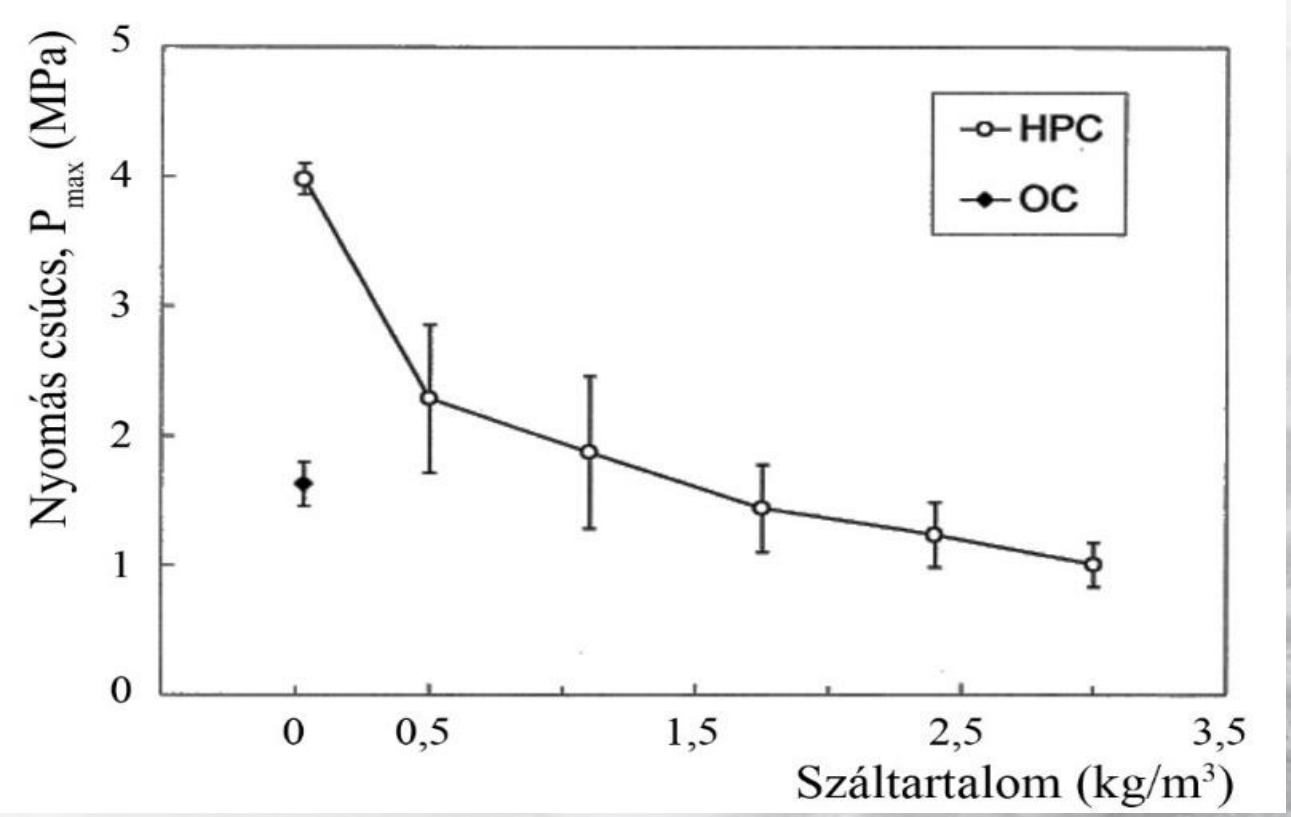


800℃

[Zheng, Li, Wang 2012]

Beton pórusnyomás csúcsa a száltartalom függvényében

[Kalifaa, Chéné, Galle, 2001]

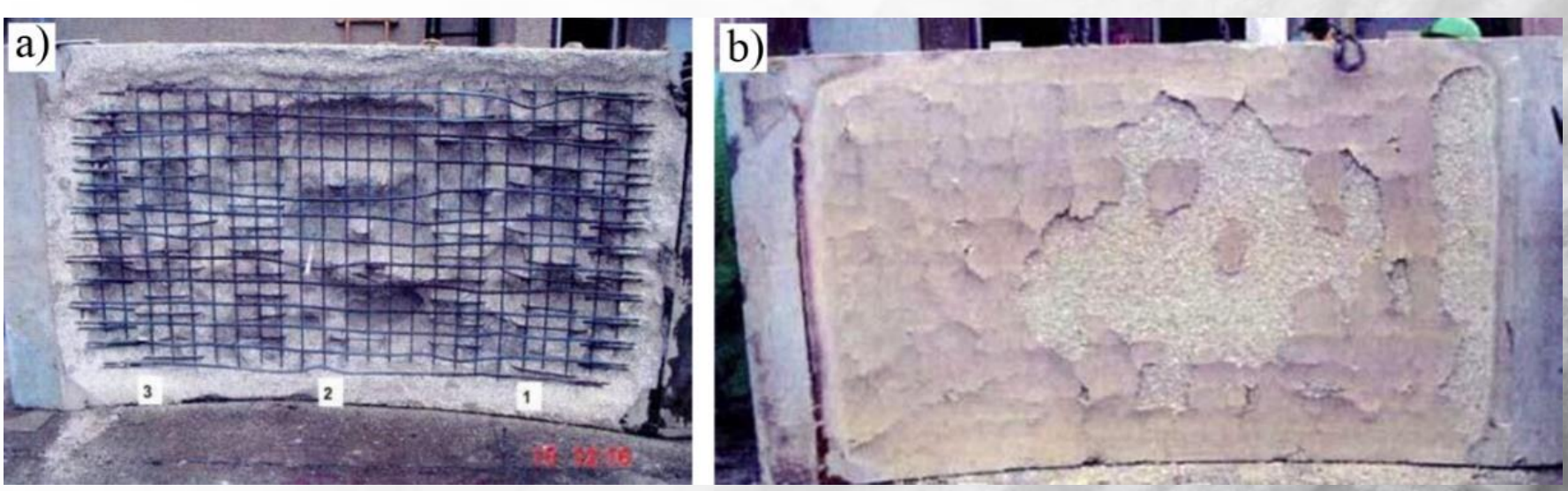


OC – közönséges beton, HPC – nagy teljesítőképességű beton

Betonelemek közvetlen tűzterhelés után

a) száladagolás nélkül

b) 2 kg/m^3 mikro műanyag szál



[MFPA, 2005]

Felhasznált irodalom

Balázs Gy. (1995): Beton és Vasbeton II., Mélyépítési beton- és vasbeton szerkezetek története, ISBN 963 05 6884 5, 751 p.

Balazs Gy., Borosnyói A., Kausay T., Kopecskó K., Lublóy É. (2011): Építőanyagok – MSc. Oktatási segédlet, 153 p.

Borosnyói A. (2013): Építőanyagok – MSc előadásdia, Tartósság, teljesítőképesség, fenntarthatóság

Csókás E. (2018): Beton útburkolatok előadásdia, 89 p.

e-ÚT 06.03.31 [ÚT 2-3.201] (2006): Útügyi Műszaki Előírás, Beton pályaburkolatok építése. Építési előírások, követelmények, 49 p.

http://germann.org: http://germann.org/products-by-application/air-void-system-parameters/rapidair

Kausay T. (2008): http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/58-legbuborek.pdf

Kausay T. (2008-2): http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/56-levegotartalom.pdf

Keleti I. et al. (2012): Betonburkolatok, ISBN 978-963-08-4585-4, 427 p.

Salem G. N. (2004): A beton porozitása, PhD értekezés, 113 p.

Setzer M. J. (1987): Einwirkung von Kohlenoxid, Fachtagung 10/11, pp. 2-9

Tóth E. (1987): Újtechnológiai és szervezési módszere a hidak állagának megtartására, KMSZ 423-426 pp.

Török Zs. (2017): Hídépítési betonok, Cembeton Útmutató, ISBN 978-963-12-8133-0, pp. 145-153

Ujhelyi J. (2005): „Beton-ismeretek”, Egyetemi tankönyv, ISBN 963 420 833 9, Műegyetemi Nyomda, Budapest, 346. p.

www.eagt.bme.hu: http://www.eagt.bme.hu/tananyagok/BSC_kepzes/BMEKOEAA118_Kozlekedesi_palyak/Meszaros_K%C3%B6zleked%C3%A9si%20p%C3%A1ly%C3%A1k.3.pdf

www. theconstructor.org: https://theconstructor.org/concrete/effect-air-entrainment-concrete-strength/8427/

Zement Taschenbuch: Verein Deutscher Zementwerke e. V. 2002. Düsseldorf

Felhasznált irodalom

Balázs Gy., Tóth E. (szerk.)(1997):" Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája. I. kötet. Általános diagnosztikai vizsgálatok.",ISBN 9634205445, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 396 p.

Balázs Gy. (2009): „Különleges betonok és betontechnológiák II." Akadémia Kiadó, ISBN 9789630586733, Magyarország, 408 p.

Balázs L. Gy., Borosnyói, A., Kausay T., Kopecskó K., Lublóy É. (2011): „Oktatási segédlet, Építőanyagok – MSc.", BMEEOEMMST7, 152 p., http://www.epito.bme.hu/eat/htdocs/oktatas/tantargy.php?tantargy_azon=BMEEOEMMST7 (letöltve: 2013. 04. 07.)

Borosnyói A. (2013): Építőanyagok – MSc előadásdia, Tartósság, teljesítőképesség, fenntarthatóság

CemBeton Útmutató (2017), ISBN 978-963-12-8133-0, 323 p.

Czoboly O. (2017): Szálak és szálkoktélok hatása a beton hőterhelést követő tulajdonságaira, 85 p.

Fenyvesi O. (2012): „Betonok korai zsugorodási repedésérzékenysége", PhD-értekezés, BME Építőmérnöki Kar, (Tudományos vezető: Józsa Zs.), Budapest, 103 p.

fib bulletin 38 (2007): „Fire design of concrete structures- materials, structures and modelling", Working Party 4.3-1, ISBN: 978-2-88394-078-9, 97 p.

fib bulletin 46 (2008): „Fire design of concrete structures-structural behaviour and assessment", ISBN: 978-2-88394-086-4, Task Group 4.3, 209 p.

Hirschi T., Knauber H., Lanz M., Schlumpf J., Schrabback J., Spirig C., Waeber U. (2005): Sika Concrete Handbook, 151 p.

http://www.hasznalttargonca.hu: http://www.hasznalttargonca.hu/hasznalt_targonca.php, letöltve: 2019. 02. 05.

Ingham J. (2009): „Forensic engineering of fire-damaged structures", Proceedings of ICE Civil Engineering 162, doi: 10.1680/cien.2009.162.5.12, pp. 12-17.

Józsa Zs. (2012): Könnyűbetonok régi-új anyagok, BME előadás jegyzet, 74 dia.

Felhasznált irodalom

Kalifaa P., Chéné G., Galle C. (2001): „High-temperature behaviour of HPC with polypropylene fibres From spalling to microstructure”, Cement and Concrete Research 31, pp. 1487–1499.

Kausay T. (2013): „Beton, a betonszabvány néhány fejezetének értelmezése”, Oktatási és továbbképzési kiadvány, Mérnöki Kamara Nonprofit Kft., ISBN 978-963-88358-4-0, Budapest, 334. p.

Kazimir, Julius (1978): „Karbonátos betonadalékanyag kémiai állandóságának vizsgálata”, Építőanyag, XXX. évfolyam. 1978. 8. szám. pp. 304-306. 1978.

Kodur V. K. R., Sultan M. A. (1998): “Structural Behaviour of High Strength Concrete Columns Exposed to Fire”, Proceedings, International Symposium on High Performance and Reactive Powder Concrete, Sherbrooke, Canada, pp. 217-232.

Kovács T.–Nehme S. G. (1999): Műanyag szálerősítés hatása a frissbetonra. Beton, 7/9, 8–9.

Köneke (1978): Ausbessern von Beton mit Zementgebundenen Stoffen. Beton 1978, 450–453.,

Lamond Joseph F., Pielert J. H. (2006): Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-making Materials, 664 p.

Makelainen P., Miller K. (1983): „Mechanical Properties of Cold-Formed Galvanized Sheet Steel Z32 at Elevated Temperatures”, Helsinki University of Technology, Finland.

MÉASZ ME-04.19:1995: „Beton és vasbeton készítése. Műszaki előírás.” 11. fejezet. Alkálikovasav és alkáli-karbonát reakciónak ellenálló betonok.

MFPA (2005): „Abschlussbericht zum BMVBS / BASt Forschungsvorhaben 15.0391/2003/ERB: Brandschutzverhalten von selbstverdichtendem Beton (SVB) im Straßentunnelbau” MFPA (Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig, Németország.

Nehme, S. G. (2012): Betonstruktúra-tartósság, Víz-cement tényező, finomszemtartalom, tömörítés, utókezelés, konzisztencia, MSc Előadás dia – 380 p.

Niels, H. P. (2005): „Fire Design of Concrete Stuctures, proceedings of fib symposium on Keep concrete attractive”, edited by Gy. L. Balázs, A. Borosnyói, 23-25 May 2005, Budapest, pp. 1097-1105.

Felhasznált irodalom

PHYS.TUE.NL (2011): „Moisture transport and clogging of concrete under fire conditions”, Eindhoven University of Technology, Transport in Permeable Media, Centre for Material Research with Magnetic Resonance, http://www.phys.tue.nl/nfcmr/ Restop30.html (feltöltve: 2011. 08. 12.; letöltve: 2013. 02. 23.).

Puskásné Hőgyes I. (1978): „A dunántúli dolomitok alkalmassága építési célra”, Építőanyag, XXX. évfolyam. 1978. 8. szám. pp. 307-314.

Szikra Cs., Takács L. (2010): A Miskolc, Középszer u. 20 sz. alatti lakóépület tűzesetének sajátosságai, XIV. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, ÉPKO 2010, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Csíksomlyó, Románia.

Ulm F.-J., Acker P., Lévy M. (1999): „The “Chunnel” fire. II: analysis of concrete damage”, Journal of Engineering Mechanics, March, pp. 283-289.

Winterberg, R., Dietze, R., (2004): Efficient passive fire protection systems for high performance shotcrete, Proceeding for the Second International Conference on Engineering Developments in Shotcrete, Cairnis, Australia, October, 2004 ISBN: 0415358981 pp. 154-159.

Woods H. (1968):” Durability of Concrete Construction. ACI Monograph, No. 4., 187 p.

www.inteszt.hu: https://www.inteszt.hu/adatlap/epitoipari-vizsgalat/betonvizsgalok/megszilardult-beton-vizsgalok/bohme-fele-koptatogep-c129, letöltve: 2019. 02. 05.

Zheng W., Li H., Wang Y. (2012): „Compressive behaviour of hybrid fiber-reinforced reactive powder concrete after high temperature”, Materials and Design, No. 41, pp. 403–409.

CeMBeton
az építés alapja

Köszönöm
a megtisztelő figyelmet!



czobolyo@btclabor.hu