

SZILIKÁTTUDOMÁNY

A heterogén cementek diszperzitásának optimalizálása

Révay Miklós, CEMKUT Kft.

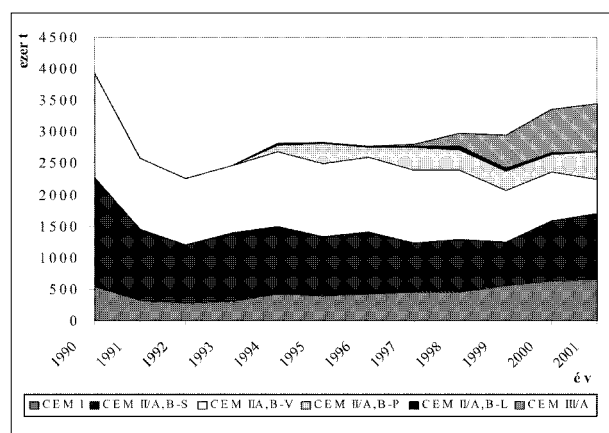
Bevezetés

Az európai cementszabványok honosításával párhuzamosan és részben ennek hatására jelentősen megváltozott a hazai cementválaszték (1. ábra), és különösebb kockázat nélkül megjósolható ennek további bővülése. Fő iránya a kisebb klinkertartalmú és több alkotót tartalmazó kompozit portlandcementek megjelenése lehet. E folyamatokban az önköltségcsökkentés és a széleskörűen értelmezett környezetvédelem (hulladékhasznosítás, emissziócsökkentés, tájvédelem) továbbra is meghatározó szerepe mellett egyre nagyobb tere lesz a cementtulajdonságok tudatos befolyásolásának, ami óhatatlanul hatást gyakorol a gyártástechnológiára is. A klinkermennyiség csökkenésének tendenciáját figyelembe véve például máshová kerülhetnek a hangsúlyok az alkalmazandó őrlési és homogenizálási technológiánál. Míg a fő tömegében klinkerből álló cementeknél logikus a klinker, a másik főalkotó és a gipsz együttőrlése, a kiegészítő anyagok túlsúlya esetén ezek egyedi tulajdonságai oly mértékben meghatározóvá válhatnak, hogy megfontolandó lehet az őrlési és homogenizálási technológia gyökeres megváltoztatása is. Ugyanis, hogy egy szemléletes példával éljünk, nem mindegy, hogy mondjuk egy 50% kohósalakot és klinkert tartalmazó cement 4000 cm²/g fajlagos felülete úgy jön létre, hogy a klinkeré

5000 cm²/g és a salaké pedig 3000 cm²/g, vagy éppen fordítva. E kérdések tisztázása volt az egyik célkitűzése a mintegy hároméves kutatómunkánknak. (A másik megválaszolandó kérdés a heterogén cementek használati élettartamának becslésére irányult, ezzel kapcsolatos eredményeinkről egy későbbi közleményben számolunk be.)

Előzmények

A szakirodalom áttekintését, kísérleti programunk megtervezését és végrehajtását jelentősen megkönnyítette számunkra, hogy a heterogén cementek s főleg ezek őrléstechnológiájával kapcsolatos kutatások társaságunknál, illetve annak jogelődjénél a múlt század ötvenes éveitől, kezdetben Beke Béla, majd Opoczky Ludmilla irányításával évtizedek óta, így napjainkban is folynak. Elég, ha az utóbbi hetekben, hónapokban elhangzott előadásokra, megjelent publikációkra utalunk. Nem véletlen tehát, ha e közlemény szerzője a nagy kiegészítőanyag-tartalmú cementek optimális gyártástechnológiájának kérdéseit vizsgálva különös jelentőséget tulajdonított a felmerülő őrléstechnológiai kérdések tanulmányozásának, hisz az ebben a környezetben eltöltött évtizedek nem múlhattak el nyomtalanul, és óhatatlanul hatást gyakoroltak gondolkodásmódjára, tudományos érdeklődésére. Ezért tekintsek e dolgozatot az említettek munkássága előtti tiszteletadásnak, egyes eredményeik logikus folytatásának, továbbgondolásának.

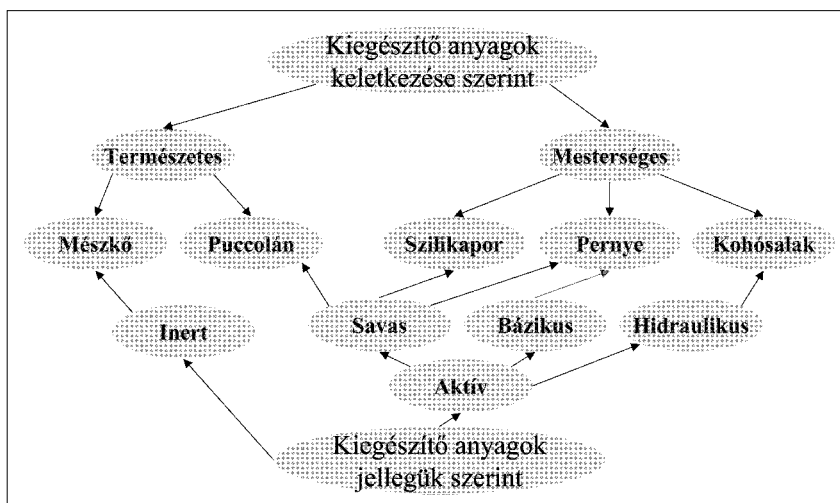


1. ábra. A hazai cementválaszték alakulása, 1990-2001

Irodalom

A cement kiegészítő anyagai

Az európai cementszabványban engedélyezett kilenc kiegészítő anyag közül a hazai cementipari gyakorlatban négyet használnak, és ezek a leggyakoribb anyagok világszerte is (talán a szilikapor sorolható még ide). Keletkezésük szerint lehetnek természetes és mesterséges eredetűek, a szilárdulási folyamatban betöltött szerepük szerint pedig inert és aktív anyagok. Ez utóbbiak kémiai tulajdonságuk szerint lehetnek bázikus, hidraulikus és savas (puccolános) jellegűek (2. ábra).



2. ábra. A fontosabb cementkiegészítő anyagok felosztása

A cementek diszperzitása

A cement szilárdulása bonyolult heterogén reakciók következménye, melyekben a klasszikus reakciókinetika törvényszerűségei szerint döntő szerepe van szilárd fázis fajlagos felületének. Ezért a cementalkotók finomörlésre vonatkozó elméleti és gyakorlati kutatások meghatározó jelentőségűek. A következőkben ezekről elsősorban Opoczky és szerzőtársai munkái alapján adunk rövid áttekintést.

Mint legutóbbi publikációikban is leszögezték, a cementek diszperzitásának jellemzésére helyesebb a fajlagos felület mellett a szemcseméret-eloszlást, illetve az ennek leírására legjobban elterjedt Rosin-Ramler-Sperling-Benett (RRSB) egyenlet állandóit is figyelembe venni. Az egyenlet szerint az őrleményekben egy adott méretnél (x) nagyobb szemcserészarány az (1) képlettel számítható, melynek gyakran alkalmazzák logaritmizált alakját is [(2) képlet].

$$R_{(x)} = e^{-\left(\frac{x}{x_0}\right)^n} \quad (1)$$

$$\ln \ln \frac{1}{R} = n \cdot \ln \frac{x}{x_0} \quad (2)$$

Ahol

R_x – az x -nél nagyobb méretű szemcsék mennyisége (%);

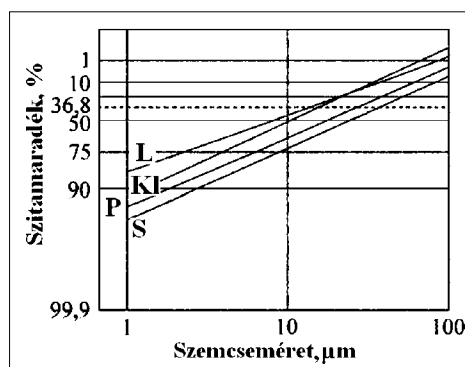
x_0 – a jellemző szemcseméret, melynél a nagyobb méretű szemcsék részaránya: $100/e \sim 36,8\%$

n – egyenletességi tényező.

A szemcseméret-eloszlást a (2) egyenletnek megfelelő koordináta-rendszerben ábrázolva egyenest kapunk, melynek meredeksége az n egyenletességi tényező, ami a szemszerkezet szórásáról ad felvilágosítást.

A tapasztalatok szerint összefüggés van az anyagok őrlhetősége, valamint jellemző szemcsemérete és egyen-

letességi tényezője között. A cementgyártásban használt anyagok közül külön őrlésnél azonos ideig tartó őrlés után a legnehezebben őrlhető kohósalak jellemző szemcsemérete (x_0) és egyenletességi tényezője (n) a legnagyobb, a legkönnyebben őrlhető mészkő pedig legkisebb (3. ábra).

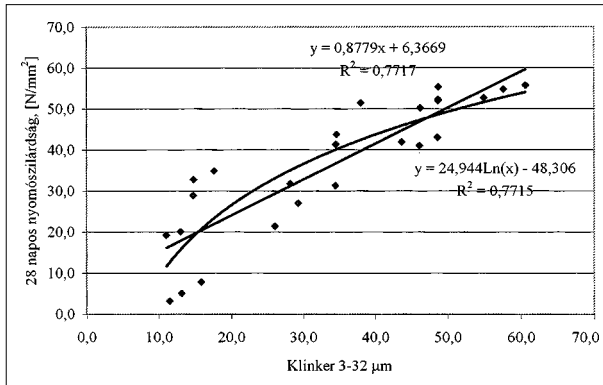


3. ábra. Azonos ideig őrlött cementalkotók szemcseméret-eloszlása
KI-klinker; S-kohósalak; P-puccolan; L-mészkő

A diszperzitásnak a cement számos tulajdonságára gyakorolt sokrétű befolyása közül a szilárdsággal és a vízigénnyel kissé részletesebben foglalkozunk.

Diszperzitás – szilárdság

Egyébként azonos összetételű cementeknél a szilárdságot alapvetően a diszperzitásjellemzők határozzák meg. Ebben kitüntetett, de nem kizárólagos a fajlagos felület szerepe. Ugyanis, mint erre már utaltunk, a cementhidratáció sebessége arányos a szilárd fázis fajlagos felületével, de azonos mértékű hidratációhoz nem feltétlenül tartozik azonos szilárdság. Régi megfigyelés például, hogy minden olyan beavatkozás, ami gyorsítja a hidratációt (fajlagosfelület-növelés, gőzkezelés stb.), csökkenti az



4. ábra. A 3–32 μm -es klinkertartalom és a 28 napos nyomószilárdság összefüggése a heterogén cementeknél

utószilárdulást és a maximális szilárdságot. (A jelenség a keletkező hidratvegyületek morfológiájával van összefüggésben.) Ennek figyelembevételével tehát nem meglepő Beke Bélának az a megállapítása, hogy homogén portlandcementek szabványos (28 napos) szilárdsága szorosabb korrelációt mutat a közepes méretű szemcsék (3–30 μm) rézsarányával, mint a fajlagos felülettel. Természetesen, heterogén cementek esetén az összefüggés jóval árnyaltabb, ugyanis itt az egyes komponensek diszperzitásának is jelentős szerepe van. E szempontból döntőek Opoczky megfigyelései, melyek szerint az aktív kiegészítő anyagok (kohósalak, pernye stb.) esetén nemcsak a klinkert, hanem a kiegészítő anyagot is célszerű finomra őrlni. Rámutat arra is, hogy különösen a kohósalak-tartalmú heterogén cementeknél a szilárdság szempontjából optimális salakfinomság – a salak nehezebb őrlhetőségét figyelembe véve – csak külön őrléssel biztosítható. A kohósalak-tartalmú cementeknél több más kutató is hangsúlyozza a kiegészítő anyag finomabbra és „szórtabb” (kisebb egyenletességi tényezőjű) szemszerkezetűre való őrlésének előnyeit. Évekkel ezelőtt mi is igazoltuk, hogy a külön őrléssel előállított aktív kiegészítő anyagoknál (kohósalak, pernye) kedvezőbb, ha ezeket a klinkernél nagyobb finomságúra őrljük. Arra is rámutattunk, hogy a külön őrléssel előállított heterogén cementeknél Bekének a közepes szemcsefrakciók szerepére vonatkozó megfigyelése annyiban módosul, hogy nem a 3–30 μm -es frakció összmenyisége, hanem a bennük lévő klinkerhányad ad szoros korrelációt a szabványos szilárdsággal (nevezzük ezt módosított Beke-szabálynak) (4. ábra). Ez a megfigyelésünk egyébként összhangban van Ehrengbergnek és szerzőtársainak azzal a javaslatával, hogy gyártsanak olyan cementet, amelyben a salak „bimodális” szemszerkezetű. Ennek a lényege az, hogy a cementben lévő salak elsősorban a 2 μm körüli finom és a 20 μm körüli durva frakcióban, a klinker pedig a közepes frakciókban legyen gazdagabb.

(E technológia hazai előfutárának tekinthető a Gottlieb István javaslatára a múlt század 40-es, 50-es éveiben meg-

valósított „Sigmacement”-gyártás, melynek lényege az volt, hogy a cement 60 μm fölötti frakcióját inert mészkőliszttel helyettesítve minőségromlás nélkül jelentős klinkermegtakarítást lehetett realizálni.)

Diszperzitás – vízigény

Közismert, hogy a betonszilárdság növelésben alapvető fontosságú víz-cement tényező csökkentésnek határt szab a bedolgozhatóság, illetve az ezzel szoros összefüggésben lévő konzisztencia. Ez viszont összefügg a cementpor térkitöltésével (a nemrég elhunyt Juhász Zoltán megfogalmazása szerint hézagosságával). Ugyanis minél kevesebb a szemcsék közötti hézag, annál kevesebb víz szükséges egy bizonyos folyósság biztosításához.

A diszperz rendszerek térkitöltésével foglalkozó tanulmányok, attól függően, hogy milyen modellt választanak a legkisebb hézagosságot adó szemcseméret-eloszlás leírására, számszerűleg kissé eltérő értékeket adnak meg. Így Andreasen és Andrensen szerint a „tömörödési sűrűség” („packing density”) akkor maximális, ha az RRSB formula egyenletességi tényezője: $n = 1/3$, Dilinger és Funk számítógépes szimulációt alkalmazva ugyanerre $n = 0,37$ értéket kapott. Mindkét érték lényegesen kisebb, mint a klinker, illetve a cementkiegészítő anyagok őrlése során keletkező őrleményeké ($n \sim 0,7-1,2$). Mivel, mint erre utaltunk, adott őrléstechnológia esetén a szemszerkezeti szórás annál kisebb, minél nehezebben őrlhető az anyag, azonos őrléstechnológia esetén a nehezebben őrlhető anyagok nagyobb hézagterefogatát némileg csökkenteni lehet könnyebben őrlhető anyagokkal történő együttőrléssel, vagy a külön őrlött anyag hozzákeverésével. Ezért, mint Opoczky rámutat, a nehezebben őrlhető kohósalak-őrlemény nagyobb egyenletességi tényezője ($n \sim 1$) által okozott nagyobb hézagterefogat kedvezőtlen hatása némileg kompenzálható könnyebben őrlhető, szórtabb szemszerkezetű mészkővel ($n \sim 0,6-0,8$). Így csökkenteni lehet egy adott konzisten-

1. táblázat

Az egyedi, parciális és összes fajlagos felület alakulásának illusztrálása egy CEM II/A-M (V, L) 32, 5 N cement példáján

Egyedi fajlagos felület:		
Az egyes komponensek fajlagos felülete.		
$F_{ke} = 3000 \text{ cm}^2/\text{g}$	$F_{ve} = 6000 \text{ cm}^2/\text{g}$	$F_{le} = 9000 \text{ cm}^2/\text{g}$
Parciális fajlagos felület:		
Az összes fajlagos felületnek a komponensre jutó hányada.		
$a_k = 80\%$	$a_v = 10\%$	$a_l = 10\%$
$F_{kp} =$	$a_k \cdot F_{ke} = 0,8 \cdot 3000 =$	2400 cm^2/g
$F_{vp} =$	$a_v \cdot F_{ve} = 0,1 \cdot 6000 =$	600 cm^2/g
$F_{lp} =$	$a_l \cdot F_{le} = 0,1 \cdot 9000 =$	900 cm^2/g
$F_0 =$		3900 cm^2/g

A cementalkotók egyedi szemcseméret-eloszlásának jellemzői különböző típusú cementeknél

	Cement (C)			Klinker (K)			Puccolán (P)			Salak (S)			Mészke (L)		
	x_o	n	Ff.	x_o	n	Ff.	x_o	n	Ff.	x_o	n	Ff.	x_o	n	Ff.
	μm	-	cm^2/g	μm	-	cm^2/g	μm	-	cm^2/g	μm	-	cm^2/g	μm	-	cm^2/g
CEM II 42,5 N	22	0,85	3250	25	0,95	2559	7	0,61	17655	-	-	-	12	0,91	6389
CEM II/A-P 42,5 N	25	0,94	3700	23	0,99	2759	11	0,76	9321	-	-	-	9	0,67	6610
CEM II/A-P 32,5 R	21	0,96	3320	23	1,01	2402	9	0,95	10145	-	-	-	15	0,86	5489
CEM II/A-S 32,5 R	25	0,85	3750	27	0,93	3105	9	0,64	16783	58	1,24	1180	12	0,78	9516
CEM II/B-S 32,5 N	26	0,95	3770	25	0,88	3424	9	0,83	11171	48	1,22	1219	10	0,98	5706
CEM II/A-M (S-P) 32,5 N	21	0,82	3390	18	0,96	2537	9	0,83	7276	48	1,22	813	10	0,98	5137

ciához szükséges víz-, illetve adalékszer-mennyiséget. Ugyanilyen hatást lehet elérni az Ehrenberg által javasolt bimodális salak szemszerkezettel is, és nyilván ezt a hatást használják ki a nagy mézsköliszt-tartalmú öntömörödő betonok készítésénél.

Néhány fogalom meghatározása

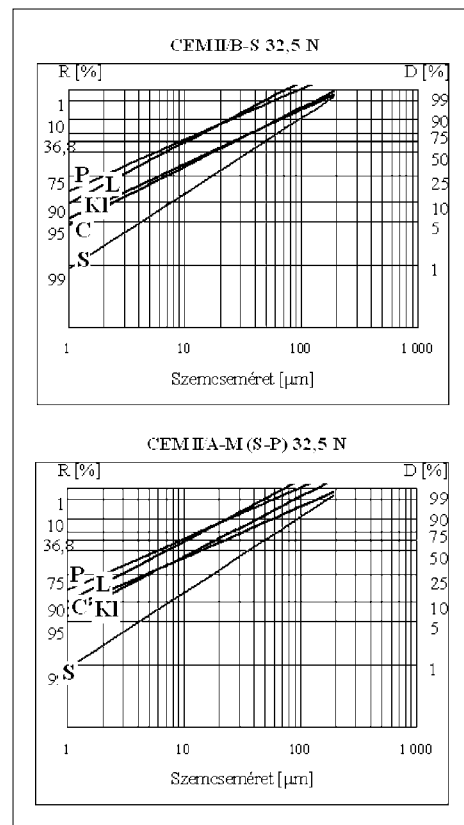
Kísérleti eredményeink ismertetése előtt definiáltuk a heterogén cementek különböző diszperzitásjellemzőit. Így a továbbiakban megkülönböztetünk *egyedi*, *parciális* és *összes diszperzitást*. Ezek értékeit egy CEM II/A-M (V, L) cement fajlagos felület jellemzőinek példáján az 1. táblázatban szemléltetjük. (Hasonló logikával megkülönböztethetünk egyedi, parciális és összes szemcseméret-eloszlást, jellemző szemcseméretet vagy egyenletességi tényezőt is.)

Kísérletek

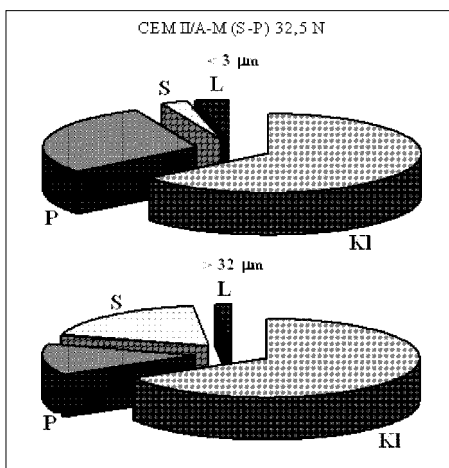
Az alkotók egyedi diszperzitásjellemzői együttörélnél

Kísérleteink során a jelenlegi helyzet felmérése érdekében először néhány együttörélnél gyártott hazai cement diszperzitásjellemzőit vizsgáltuk. Mindenekelőtt szelektív oldásos módszerrel meghatároztuk az egyes komponensek mennyiségét valamennyi cementben, majd légáram-osztályzóval elválasztottuk a 10 μm feletti és ez alatti frakciókat, és ezekben is megmértük a cementalkotók mennyiségét. Az adatokat az RRSB egyenletbe helyettesítve meghatároztuk valamennyi komponens egyedi szemcseméret-eloszlását, beleértve az Anzelm szerinti fajlagos felületek arányainak megfelelő Blaine-számokat is. Mint a 2. táblázatban és az 5. ábrán megfigyelhető, a cementalkotók diszperzitása és szemszerkezeti szórása ($1/n$) az irodalmi adatokkal összhangban növekvő őrlhetőségük sorrendjében nő. Ennek következménye, hogy a „puhább” komponensek a finom, a „keményebb” összetevők pedig a durva frakcióban dúsulnak fel. Ezt szemléltetjük a 6. ábrán, amelyen egy kompozit portlandcement 3 μm alatti és 32 μm feletti frakcióinak összetételét mutatjuk be. Jól látható a „puhább” anyag dúsulása a finom frakcióban, a „keményebb” anyagoké pedig a durva részben. A fentiek következménye, hogy a heterogén cemen-

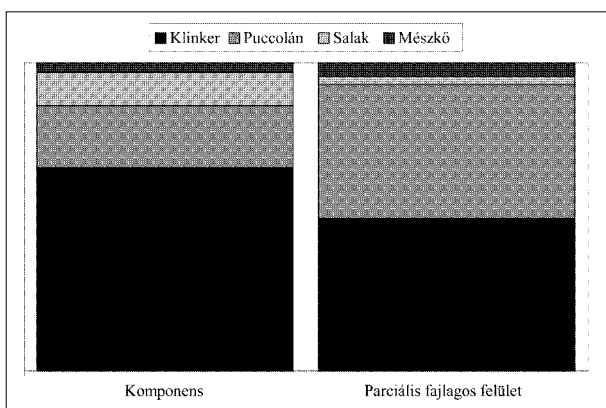
vők pedig a durva frakcióban dúsulnak fel. Ezt szemléltetjük a 6. ábrán, amelyen egy kompozit portlandcement 3 μm alatti és 32 μm feletti frakcióinak összetételét mutatjuk be. Jól látható a „puhább” anyag dúsulása a finom frakcióban, a „keményebb” anyagoké pedig a durva részben. A fentiek következménye, hogy a heterogén cemen-



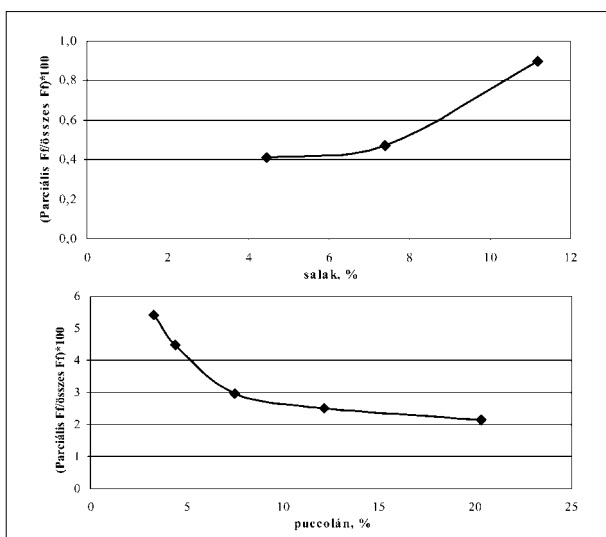
5. ábra. Egy kohósalak-portlandcement (CEM II/B-S 32,5 N) és egy kompozit portlandcement (CEM II/A-M (S,P) cementalkotóinak egyedi szemcseméret-eloszlás jellemzői
C-cement; K-klinker; S-kohósalak; P-puccolán; L-mészke



6. ábra. Az egyes komponensek mennyisége egy kompozit portlandcement jellemző frakcióiban (CEM II/A-M (S,P) 32,5 N) KI-klinker; S-kohósalak; P-puccolán; L-mészke



7. ábra. A komponensek és a parciális fajlagos felületek részaránya egy kompozit portlandcementben



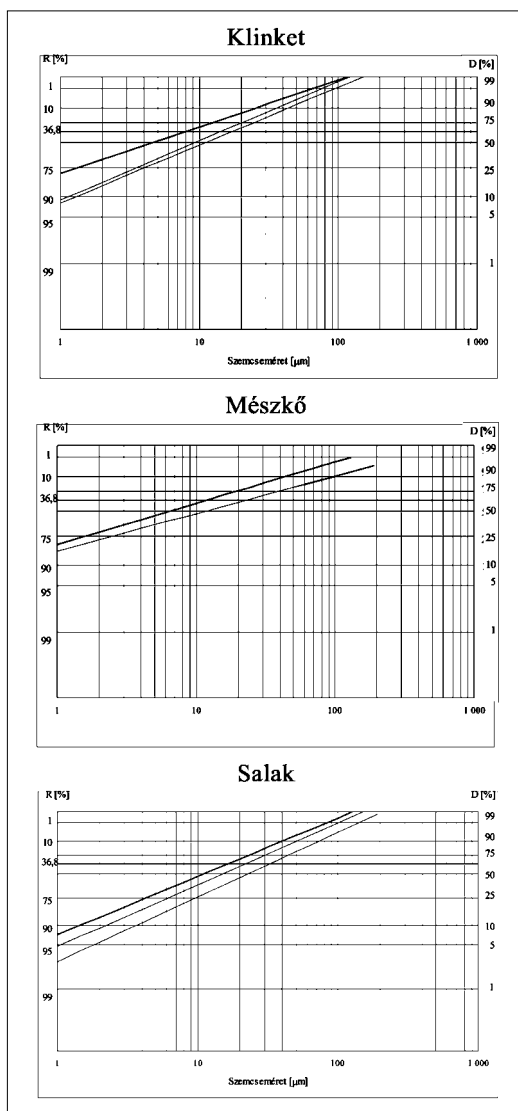
8. ábra. A parciális fajlagos felület részarány (parciális Ff / összes Ff)·100 és a mennyiségi részarány hányadosának változása a kiegészítőanyag-mennyiség függvényében a puccolán és a kohósalak esetében

tekben a parciális fajlagos felületek részaránya jelentősen eltérhet a komponensek részarányától (7. ábra).

Ez utóbbit a komponens anyagi minőségén kívül annak a cementben lévő mennyisége is befolyásolja. A 8. ábrán például látható, hogy a parciális fajlagos felület részarányának (parciális Ff / összes Ff) és az adott komponens mennyiségi részarányának a hányadosa a puccolán esetében annak mennyiségével növekszik, a kohósalak mennyiségével pedig csökken. (Talán úgy lehetne szemléletesen magyarázni, hogy a könnyen őrlhető anyaghoz képest a „keményebb” szemcsék „miniőrölttestként” viselkedve tovább őrlik a puhább anyagot.)

A komponensek külön őrlésével készített cementek vizsgálata

Ahhoz, hogy a cementalkotók egyedi és parciális diszperzitásának a cement tulajdonságaira gyakorolt hatását



9. ábra. Külön őrléssel előállított cementalkotók szemcseméret-eloszlása (finom-közepes-durva)

3. táblázat

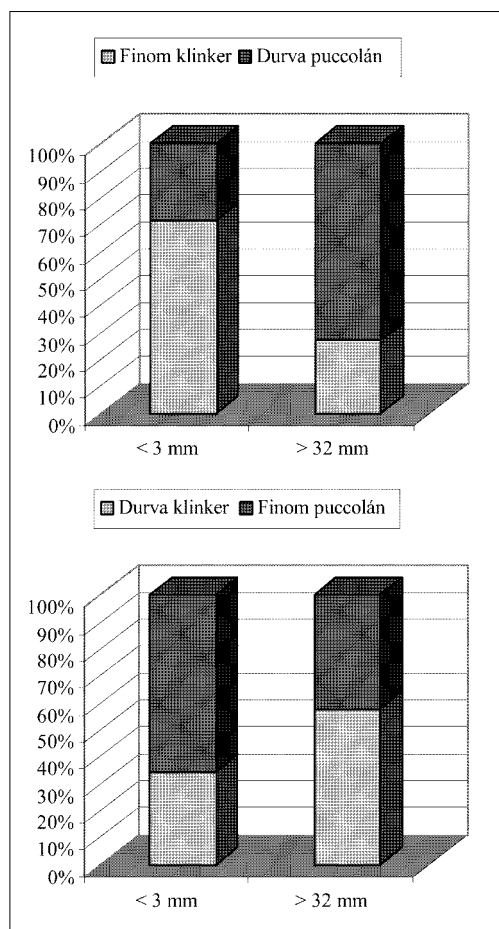
Külön őrölt komponensek egyedi diszperzítási jellemzői

		Jelölés	Fajlagos felület Blaine cm ² /g	RRSB állandók	
				n	x _p
Klinker	Finom	Kf	4500(7500)	0,78	16
	Közepes	Kk	3500	0,85	18
	Durva	Kd	2500	1,03	30
Mészke	Finom	Lf	4500	0,67	26
	Közepes	Lk	3500	0,6	61
	Durva	Ld	2500	0,89	218
Puccolán	Finom	Pf	3000	1,01	22
	Durva	Pd	5000	0,99	39
Kohósalak	Finom	Sf	4500	0,94	16
	Közepes	Sk	3500	0,99	22
	Durva	Sd	2500	1,03	32

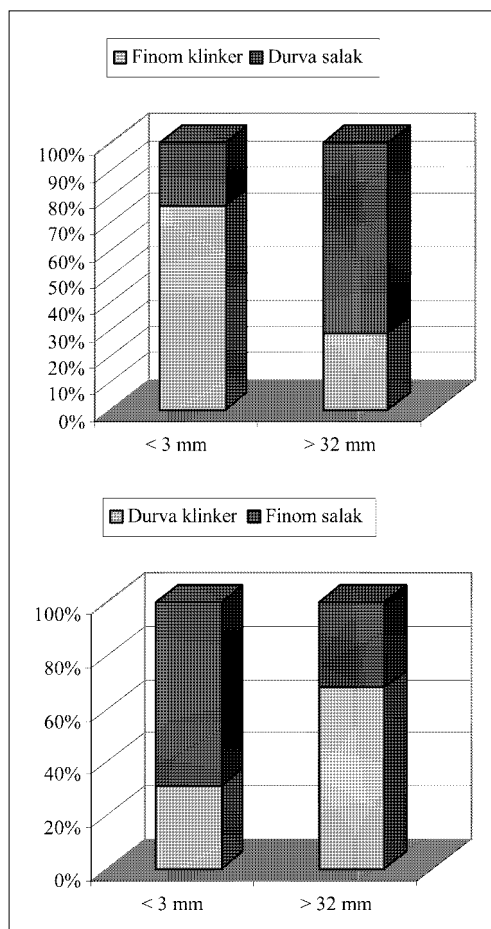
vizsgáljuk, laboratóriumi körülmények között a hazai gyakorlatban alkalmazott kiegészítő anyagokból olyan azonos összes fajlagos felületű (Ff ~ 4000 cm²/g) heterogén cementeket készítettünk, amelyekben váltakozva egyszer a klinker, egyszer pedig a kiegészítő anyagok diszperzitása volt az átlagértéknél nagyobb. A laboratóriumi golyósmalomban őrölt különböző diszperzitású őr-

lemények szemcseméret-eloszlását a 3. táblázatban és a 9. ábrán mutatjuk be. Az alapanyagokból megfelelő gipszadagolással laboratóriumi keverőben készített homogén keverékek (összesen mintegy ötvenféle) összetételének és az ezekkel elvégzett kb. 250 szilárdságvizsgálat eredményeinek közlésétől hely hiányában eltekintünk, de a tendenciák érzékeltetésére a 10-11. ábrán bemutatjuk két-két 50% klinkert tartalmazó kohósalak- és puccoláncement keverék összetételét a jellemző szemcsetartományokban (< 3 μm; > 30 μm). Különösen figyelemre méltóak a kohósalakcementeknél kialakuló viszonyok. Itt a bal oldali oszlopdiagram szerinti parciális diszperzítási viszonyok közelítőleg olyanok, mint amilyenek a nagyüzemileg együttőrléssel gyártott cementnél kialakulnak, ugyanis a 3 μm alatti frakcióban a klinker parciális részaránya jóval nagyobb, a kohósalaké viszont lényegesen kisebb 50%-nál. A jobb oldali oszlopdiagramnál – amit a szakirodalom szerint „ideális közeli”-nek tekinthetünk – a 3 μm alatti részben mintegy 80% a kohósalak részaránya.

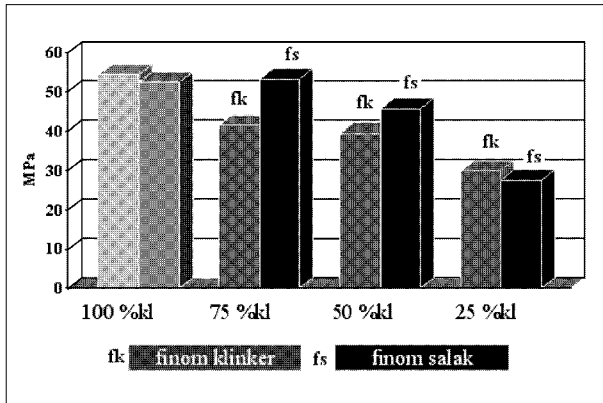
A komponensek parciális diszperzítésének a 28 napos szilárdságra gyakorolt hatását a 12. ábrán szemléltetjük. Ezen a 25, 50 és 75% salaktartalmú cementek szilárdságát egy kiegészítő anyag nélküli cementével hasonlítot-



10. ábra. Külön őrléssel előállított puccoláncement jellemző frakcióinak összetétele (50% klinker, 50% puccolán)



11. ábra. Külön őrléssel előállított kohósalakcement jellemző frakcióinak összetétele (50% klinker, 50% kohósalak)



12. ábra. A különböző parciális diszperzitású klinkert és kohósalakot tartalmazó azonos összes diszperzitású kohósalaktartalmú cementek 28 napos szilárdsága

tuk össze. Megállapítható, hogy a 25% finom salakot tartalmazó cement nagyobb szilárdságú, mint a „tisztá” portlandcement, és mintegy 30%-kal nagyobb szilárdságú, mint az együttőrléses technológiát modellező „durva” salakot tartalmazó párja.

A különböző mennyiségű kohósalak és mészkő kiegészítő anyaggal készült azonos összes fajlagos felületű cementek nyomószilárdságának alakulását egyéves korig olyan ábrázolásban láthatjuk a 12. ábrán, amelynél az ugyanolyan összetételű és összes fajlagos felületű cementek szilárdsági adatai egymás mellett helyezkednek el. Az egyik esetben a klinker (világosszürke), a másik esetben a kiegészítő anyag (sötétszürke) egyedi fajlagos felülete nagyobb ugyanolyan összes fajlagos felület mellett. Az ábra alapján is megállapítható, hogy a kohósalak-tartalmú cementeknél a szilárdságra a kohósalak egyedi fajlagos felületének növelése előnyösebb.

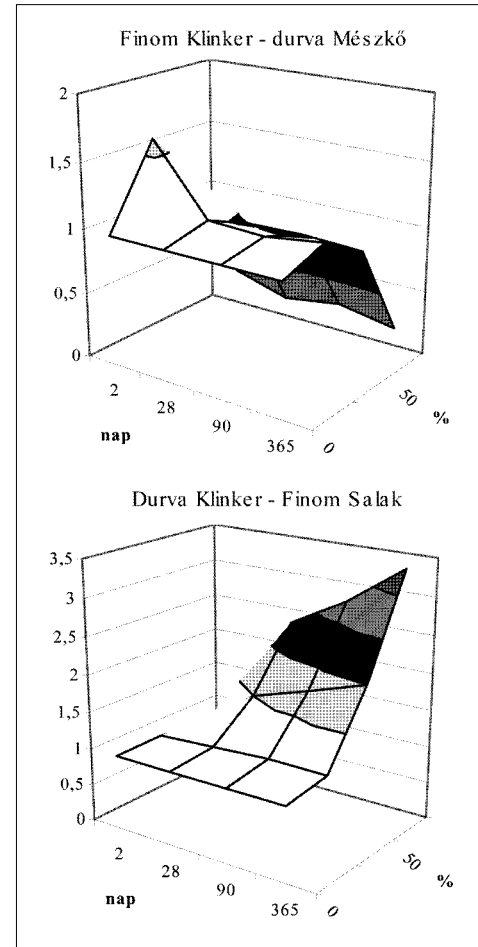
A kiegészítő anyagok „klinkerhelyettesítő” hatásának szemléltetésére bevezettük a klinkeregyenérték fogalmát, ami a heterogén és a homogén portlandcement szilárdságának hányadosa osztva a heterogén cement klinkertartalmának részarányával:

$$K_e = \frac{\left(\frac{R_c}{R_k}\right)}{\left(\frac{a_k}{100}\right)} \quad (3)$$

Ahol

- K_e – a kiegészítő anyag klinkeregyenértéke;
- R_c – a heterogén cement szilárdsága, MPa;
- R_k – a homogén portlandcement szilárdsága, MPa;
- a_k – a klinker mennyisége a heterogén cementben, (%).

(A klinkeregyenérték fogalmát legegyszerűbben a következő gondolati kísérlettel szemléltethetjük: egy homogén portlandcementből „kiveszünk” 100-($a_k/100$) % mennyiségű klinkert, és azt olyan anyaggal helyettesítjük, amelynek hatására a szilárdság nem változik, pl.



13. ábra. A kohósalak- és mészkő-tartalmú cementek klinkeregyenértékének („ K_e ”) változása a kiegészítőanyag-tartalom és a szilárdulási idő függvényében

„visszatesszük” a kivett klinkert. Ekkor $K_e = 1$; ha a helyettesítés után a szilárdság nagyobb lesz, $K_e > 1$; ha pedig kisebb a szilárdság, $K_e < 1$.)

Ennek mészkőre és a kohósalakra kiszámított értékeit mutatjuk be a 13. ábrán közölt felületdiagramokon. Szembetűnő, hogy az inaktív mészkőnél a kiegészítő anyag mennyiségével és a szilárdulási idővel csökken a klinkeregyenérték, az aktív kohósalaknál pedig növekszik. Általánosságban is kimondható, hogy a kisebb aktivitású anyagoknál (pl. mészkő, egyes puccolánok) azonos összes diszperzitás esetén a klinker egyedi diszperzitásának nö-

4. táblázat

Néhány klinkeregyenérték („ K_e ”) 28 napos korban együtt és külön őrlött cementeknél

	Együttőrlés	Különőrlés
CEM II/A-P 42,5 N	1,11	1,05
CEM II/A-S 32,5 R	1,18	1,36
CEM II/B-S 32,5 N	1,09	1,36
CEM II/B-M(S-P) 32,5 N	0,94	1,77

velése előnyösebb, nagyobb aktivitású anyagoknál (pl. kohósalak, pernye) pedig ezeknek az őrlési finomságát célszerű növelni.

Ilyen számításokat együttőrléssel készült üzemi cementekkel is végeztünk. Néhány ilyen eredményt mutatunk be a 4. táblázatban, összehasonlítva a közel azonos összetételű és összes diszperzitású cementek eredményeivel. Mint látható, a könnyen őrlhető puccolánnal készült portlandcementeknél a külön őrlés nem eredményez kedvezőbb értékeket. A kohósalak-tartalmú cementeknél viszont jelentős előnyökkel jár a salak finomra őrlése külön őrléssel, vagy amennyiben ez műszakilag egyáltalán lehetséges, olyan speciális őrléstechnológia kiválasztásával, amellyel biztosítható a salakkomponens nagyobb egyedi diszperzitása.

Összefoglalás

Együttőrléssel gyártott nagyüzemi heterogén cementek összetevőinek spontán kialakuló diszperzitásjellemzőit és szilárdulását összehasonlítottuk olyan közel azonos összetételű cementek jellemzőivel, amelyeket külön őrléssel előállított különböző egyedi diszperzitású komponensekből szintetizáltunk. Megállapítottuk,

hogy aktív cementkiegészítő anyagok (kohósalak, pernye, természetes puccolán) esetén előnyösebb, ha azok egyedi diszperzitása nagyobb, mint a klinkeré, inaktív kiegészítő anyagoknál (mészke, kis aktivitású puccolán) viszont kedvezőbb, ha a klinker egyedi diszperzitása nagyobb. A megfelelő őrlési és homogenizálási technológia megválasztásánál célszerű e tapasztalatokat figyelembe venni.

Irodalom

- Feige, F.*: Építőanyag. 54, 1. 7. (2002).
Feige, F.: Zement-Kalk-Gips. 51, 11. (1998).
Révay M.: Építőanyag. 54, 2. 54. (2002).
Révay M.: Építőanyag. 54, 1. 15. (2002).
Révay M.: Beton. 9, 7-8. 7. (2001).
Ujhelyi J.: Beton. 9, 1. 3. (2002).
Beke B.: Principles of Communion. Hung. Acad. of Sc. Bp. (1964).
Opoczky L.– Gável V.: 10 th Europ. Symp. on Communion. Heidelberg (2002).
Opoczky L.– Gável V.: Építőanyag. 55, 1. 2. (2003).
Opoczky L.: Optimális összetételű és minőségű kompozitcementek. T 014872. (OTKA) Zárójelentés (1998).
Révay M.– Opoczky L.: Beton. 7, 1. 3. (1999).
Ehrenberg, A.– Lang, E.: Cement International. 1, 2. 89. (2003).
Opoczky L.: Építőanyag. 48, 2. 55. (1996).
Révay M.: Beton. 3, 9. 4.; 10. 3; 11. 3. (1996).
Révay M.: Beton. 3, 12. 3.

* * *

RENDEZVÉNY

Nemzetközi Betonút Szimpózium Budapest, 2004. március 11.

A hazai gyorsforgalmú utak építési programjának előtérbe kerülésével nálunk is felvetődtek az útépités aktuális kérdései. A gyorsan növekvő forgalom és a nagyobb terhelést okozó közlekedési eszközök fokozott követelményeket támasztanak az útburkolatokkal szemben. Megnőtt az igény a nagy terhelést és igénybevételt bíró, megbízható és tartós, gazdaságosan megépíthető burkolatok iránt.

A nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy nagy forgalmú és igénybevételű utak burkolataként növekvő mértékben alkalmaznak betont. A gyorsközlekedési utak, a repülőtéri kifutópályák mellett egyre többször betonburkolattal látják el a lakott területeken kívüli utakat vagy az autóbusz-megálló területét. A betont teherbíró képessége, alaktartó tulajdonságai mellett a tapadóképeség, a világos szín, a tűzállóság teszik alkalmassá közlekedési utak burkolására. A külföldi közlések hosszú távon gazdaságos betonburkolatokról szólnak.

A betonburkolatokkal szemben külföldön is találkozunk idegenkedéssel. Az első és második generációs utakon tapasztalható ritmikus döccenések sokakban tartózkodást váltanak ki. A korábbi hazai kedvezőtlen tapasztalatok sem

növelik a beton iránti érdeklődést. A nemzetközi trend alakulása arra készítette a Magyar Cementipari Szövetséget, hogy a Magyar Útügyi Társasággal és a Magyar Betonszövetséggel összefogva betonburkolatokkal foglalkozó szimpóziumot rendezzen.

A szervezők célja, hogy a hazai, útépitésben és üzemeltetésben érdekelt szakemberek minél szélesebb köre számára tegye lehetővé az egyes európai országokban fennálló helyzet megismerését, valamint tájékozódjanak a hazai tapasztalatokról. A rendezőknek sikerült több országból (Ausztria, Németország, Svájc) kiváló szakembereket megnyerni előadás tartására, akik hatósági, tervezési-építési vagy műszaki szabályozási munkakörben dolgoznak, és így a szakma teljes keresztmetszetét képviselik.

Ugyancsak elismert hazai szakemberek fogják a résztvevőket tájékoztatni a korszerű betonburkolatokkal szembeni üzemeltetési elvárásokról, a műszaki megoldásokról, a próbaszakaszokkal és az építéssel kapcsolatban az elmúlt 25 évben szerzett tapasztalatokról.

A Nemzetközi Betonút Szimpóziumra 2004. március 11-én kerül sor a Magyar Tudományos Akadémia dísztermében.

A részvétel díjtalan. A belépéshez szükséges meghívót előzetes jelentkezés alapján küldi a Magyar Cementipari Szövetség (1037 Budapest, Pf. 230. Tel.: 1 250 1629, fax: 1 368 7628, e-mail: mcsz@mcsz.hu