

Performanțele betoanelor preparate cu cimenturi cu adaosuri

Performance of concrete prepared with cements with additives

Dan Paul Georgescu¹, Adelina Apostu¹,
Radu Gavrilescu², Tudor Seba³

¹Universitatea Tehnică de Construcții București,
B-dul Lacul Tei nr.124, Sector 2, București, România
e-mail: dgeorgescu@utcb.ro

²Carpatcement Holding S.A.,
Sos. București-Ploiești nr.1^a, București, România
e-mail: carpatcement@carpatcement.ro

³A.A.S. Construct S.R.L., Alexandria, România
www.aasconstruct.ro

Rezumat: *Articolul prezintă rezultatele unor cercetări experimentale privind caracteristicile de rezistență și durabilitate (absorbție, porozitate, permeabilitate, rezistența la îngheț-dezghet, carbonatare) a betoanelor preparate cu diferite tipuri de cimenturi. Extinderea domeniilor de utilizare a cimenturilor având mai mult de 21% adaosuri a devenit o necesitate în toată lumea deoarece aduce avantaje importante prin reducerea emisiei de CO₂ și a consumului de energie, în industria cimentului. În trecut, în România au fost utilizate, în puține cazuri, aceste tipuri de cimenturi și, în general, numai pentru betoane de rezistență scăzută. Astfel, utilizarea cimenturilor cu adaosuri în betoane având rapoarte A/C ridicate conduce la o comportare necorespunzătoare în timp și nu poate oferi o imagine reală a potențialului acestor tipuri de cimenturi. Cercetările efectuate prezintă valorile experimentale ale parametrilor care caracterizează rezistența și durabilitatea betoanelor preparate cu anumite cimenturi cu adaosuri.*

Cuvinte cheie: ciment, adaos, betoane

Abstract: *The paper presents results of experimental research on the characteristics of strength and durability (absorption, porosity, permeability, resistance to freeze-thaw, carbonation) of concrete prepared with different types of cements. Expanding the field of use of cements with more than 21% additives has become a necessity because everyone brings important benefits in reducing CO₂ emissions and energy consumption in cement industry. Back in Romania were used, in many cases, these types of cements and, in general, only low strength concrete. Thus, use of cement with additives in concrete reports with A / C high lead to inappropriate behavior in time and can not provide a true potential of these types of cements. Research conducted shows the experimental parameters that characterize strength and durability concrete prepared with some cements with additives.*

Keywords: cement, addition, concrete

1. INTRODUCERE

Utilizarea cimenturilor cu adaosuri a reprezentat subiectul unor importante cercetări realizate în cadrul programului european ECOSERVE (1).

Investigarea unor parametrii relevanți pentru durabilitatea betonului preparat cu cimenturi de tip CEM II/B-M (S-LL) 32,5R, având până la 35% zgură de furnal și calcar a constituit obiectul unor cercetări efectuate în Germania (2).

România, spre deosebire de alte țări europene, a utilizat numai în rare cazuri cimenturi cu mai mult de 21% adaosuri și, în general, pentru prepararea unor betoane de rezistență scăzută.

Din acest motiv cercetările efectuate caută să stabilească influența adaosurilor din ciment (zgură și calcar) în cazul cimenturilor CEM II/B-M (S-LL) 32,5R asupra proprietăților (rezistență și durabilitate) ale betonului. De asemenea, s-a efectuat o comparație cu betonul preparat cu cimentul CEM II/A-S 32,5R, ciment cu zgură utilizat pe scară largă în România.

2. MATERIALE ȘI CONDIȚII EXPERIMENTALE

Prepararea betoanelor s-a efectuat în conformitate cu SR EN 206-1(3) și SR 13510(4); cercetările experimentale au fost efectuate în vederea stabilirii unor caracteristici ale betonului proaspăt și întărit preparat cu cimentul CEM II/B-M (S-LL) 32,5R.

2.1. Cimenturi

În cadrul cercetărilor au fost utilizate patru tipuri de cimenturi produse de Carpatciment Holding S.A., în conformitate cu SR EN 197-1 (5).

- CEM II/B-M(S-LL) 32,5R – având 17% zgură și 8,4% calcar denumit CEM 1;
- CEM II/B-M(S-LL) 32,5R – având 20% zgură și 10,4% calcar denumit CEM 2;
- CEM II/B-M(S-LL) 32,5R – având 21% zgură și 13,8% calcar denumit CEM 3;
- CEM II/A-S 32,5 R – având 17% zgură și 3,2% calcar denumit CEM 4.

2.2. Betoane

Obiectivul cercetărilor a fost evaluarea performanțelor betonului preparat cu CEM II /B-M (S-LL) 32,5R conținând adaosuri între 25% și 35% în clasele de expunere XC și XF1. Betonul “etalon” a fost preparat cu ciment CEM II/A-S 32,5 R.

Cerințele privind clasele minime de rezistență și rapoartele maxime A/C, în funcție de clasele de expunere, sunt prezentate în tabelul 1 în conformitate cu SR 13510.

Tabelul 1

Cerințele pentru betoanele preparate cu CEM II/B-M (S-LL) 32,5 R în funcție de potențialele aplicații

Condițiile de expunere ale elementelor	Clasele de expunere	Descrierea mediului	Clasa minimă de rezistență	Raport maxim A/C
Interiorul locuințelor	XC1	Uscat	C16/20	0,65
	XC2	Rar uscat	C16/20	0,60
	XC3	Umiditate moderată	C20/25	0,60
	XC4	Alternanță umiditate uscare	C25/30	0,50
Exteriorul locuințelor	XC	Alternanță umiditate-uscare	C25/30	0,50
	XF1	Suprafețe moderat saturate cu apa fără agenți de dezghețare	C25/30	0,50

Betoanele au fost preparate cu agregate naturale de râu (0-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm, 16-32 mm) zona 3 de granulozitate, utilizând aditivi mari reducători de apă.

S-au utilizat diferite dozaje de ciment în scopul obținerii unei rezistențe ale betonelor corespunzătoare claselor de rezistență C16/20, C25/30 și C35/45 (Tabelul 2).

Tabelul 2

Caracteristicile amestecurilor de beton proaspăt preparate cu cimenturi cu adaosuri

Dozaj ciment (Kg/m ³)	CEM 4		CEM 1		CEM 2		CEM 3	
	A/C	Tasare	A/C	Tasare	A/C	Tasare	A/C	Tasare
280	0,59	105	0,57	105	0,60	105	0,55	105
320	0,53	110	0,47	110	0,50	100	0,53	105
340	0,50	105	0,42	120	-	-	-	-
370	0,48	120	0,40	115	0,42	120	0,43	115
400	0,45	120	0,36	100	0,40	100	0,40	100
470	0,40	105	0,33	120	0,34	115	0,34	115

2.3. Caracteristici determinate. Metode și condiții de testare

Determinările experimentale au fost efectuate în conformitate cu standardele naționale în vigoare și/sau utilizând metode de testare în conformitate cu experiența națională și internațională.

Determinările experimentale au fost efectuate în conformitate cu următoarele standarde:

- Beton proaspăt: tasarea în conformitate cu SR EN 12350-2 (6);
- Rezistența betonului: rezistența la compresiune în conformitate cu SR EN 12390-3 (7) determinată la 2 și 28 zile, probele fiind menținute în apă la temperatură de 20°C;
- Durabilitatea betonului:

○ Absorbția de apă la 28 de zile, în conformitate cu STAS 2414 (8) a fost determinată menținând probele în laborator până la data testării și, de asemenea, pe probe uscate până la masă constantă;

○ Permeabilitatea la apă, în conformitate cu SR EN 12390-8 (9);

○ Adâncimea de carbonatare în conformitate cu SR EN 14630 (10) în mediu natural (probele au fost menținute 7 zile în apă și apoi în mediu “de laborator” la o temperatură de 20°C și 65% umiditate a aerului până la data încercării) și în condiții accelerate (probele au fost menținute 7 zile în apă în condiții de laborator până la 28 de zile și apoi 72 de ore într-o concentrație ridicată de CO₂ la o presiune de 0,2MPa);

○ Rezistența la îngheț-dezghet pentru clasa C25/30 (la 50 de cicluri) în conformitate cu SR 3518 (11).

Rezistența la îngheț-dezghet a fost evaluată prin reducerea rezistenței la compresiune a unor probe saturate în apă, după 50 de cicluri, menținute 4 ore la -17°C și imersate 4 ore în apă la 20 °C. Rezultatele au fost exprimate prin reducerea rezistenței la compresiune față de cea a unor probe martor menținute în apă la +20°C.

3. DESCRIEREA ȘI COMENTAREA REZULTATELOR

3.1. Rezistența la compresiune

Figurile 1 și 2 indică valorile rezistenței la compresiune la vârstele de 2 și respectiv 28 de zile în funcție de dozajul de ciment.

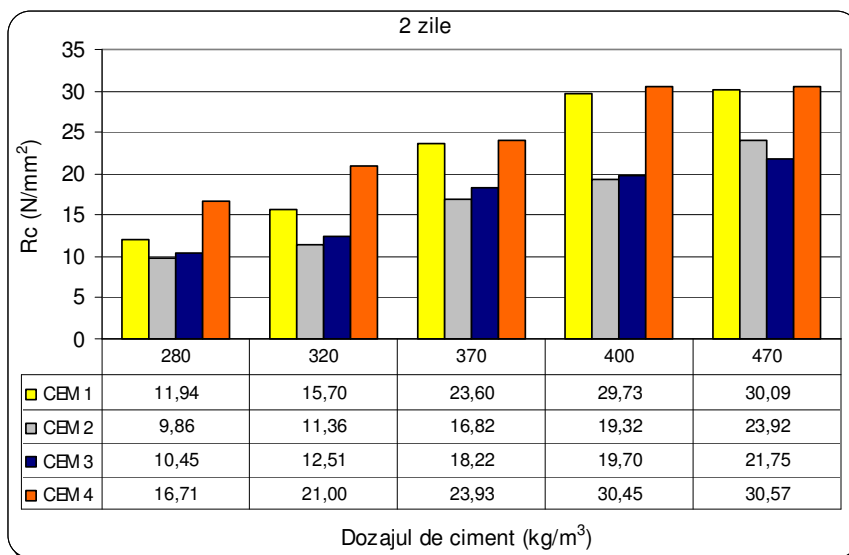


Fig.1. Relația între rezistența la compresiune la 2 zile și dozajul de ciment

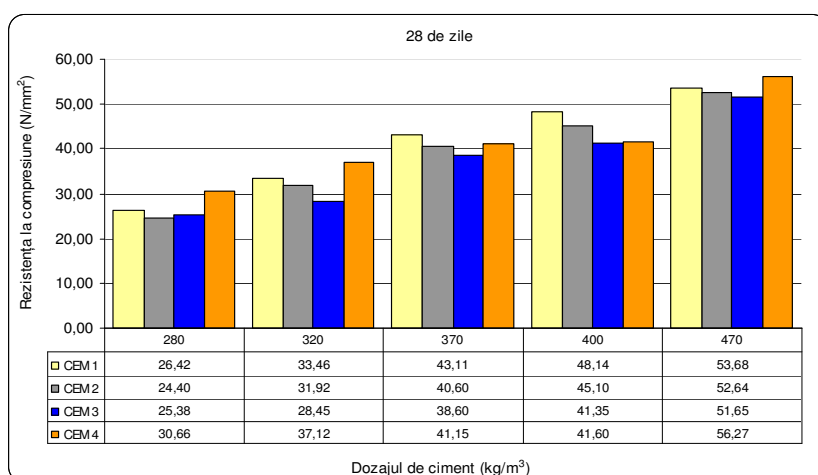


Fig. 2. Relația între rezistența la compresiune la 28 de zile și dozajul de ciment

Se observă că la vârsta de 2 zile rezistențele betoanelor preparate cu CEM 4 și CEM 1 sunt mai mari decât cele preparate cu cimenturile CEM 2 și CEM 3. La 28 de zile, chiar dacă diferențele s-au mai redus, ordinea valorilor a rămas aceeași. Aceasta ar indica faptul că betoanele preparate cu cimenturile CEM 2 și CEM 3 ar necesita o perioadă mai lungă de tratare. S-au obținut valori mai ridicate ale rezistențelor pentru dozaje mari și rapoarte A/C scăzute. S-au obținut betoane de clasă C16/20 pentru un dozaj de 280 kg/m³ și respectiv de clasa C 35/45 pentru dozaj de 470 kg/m³, pentru toate tipurile de cimenturi.

În general, betoanele conținând adaosuri de zgură prezintă o creștere în timp a rezistențelor mult mai accentuată decât a betoanelor cu cimenturi fără adaosuri.

3.2. Durabilitatea

3.2.1. Absorbția și permeabilitatea la apă

Rezultatele pentru testul de absorbție sunt prezentate în figurile 3 și 4, iar în figurile 5 și 6 se prezintă rezultatele pentru permeabilitatea la apă.

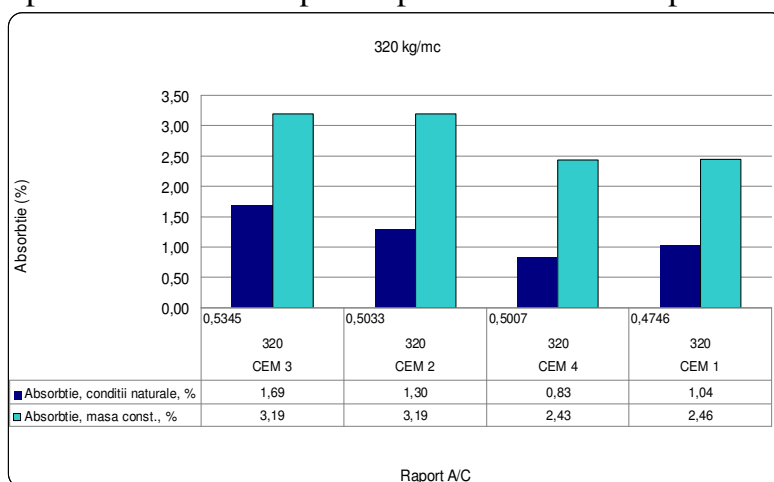


Fig. 3. Relația dintre absorbția de apă la 28 de zile și tipul de ciment la un dozaj de 320 kg/m³

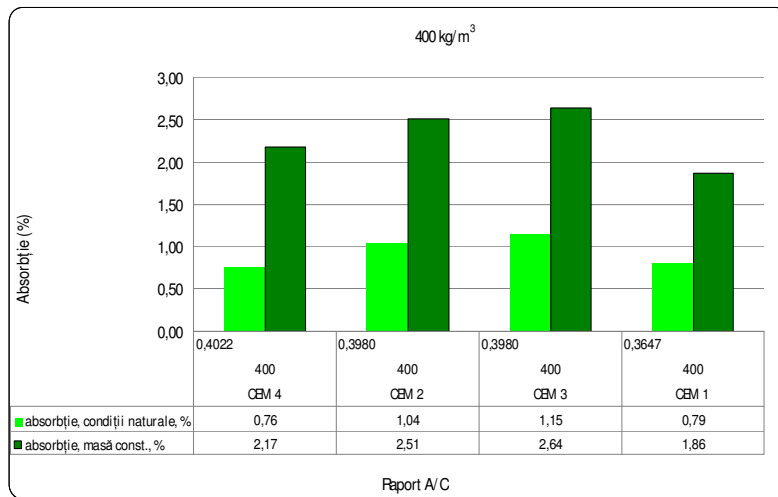


Fig. 4. Relația dintre absorbția de apă la 28 de zile și tipul de ciment la un dozaj de 400 kg/m^3

Metoda absorbției utilizând probe cu umiditate naturală poate conduce la o evacuare incompletă a apei, iar uscarea la temperaturi ridicate poate produce eliminarea apei combinate chimic (12).

În cadrul cercetărilor experimentale au fost utilizate ambele metode.

Valorile absorbțiilor depind de raportul A/C, dar și de tipul de ciment. Rezultatele obținute indică diferite valori ale absorbțiilor pentru diferitele tipuri de ciment (probe uscate). La 28 de zile betoanele preparate cu CEM 4 și CEM 1 prezintă cele mai scăzute valori, sub 2,5% (figura 3), iar absorbția scade cu raportul A/C. Pentru betoanele preparate cu CEM 2 și CEM 3 au fost obținute valori în jur de 2,5% pentru rapoarte A/C de aprox. 0,5 (figura 4).

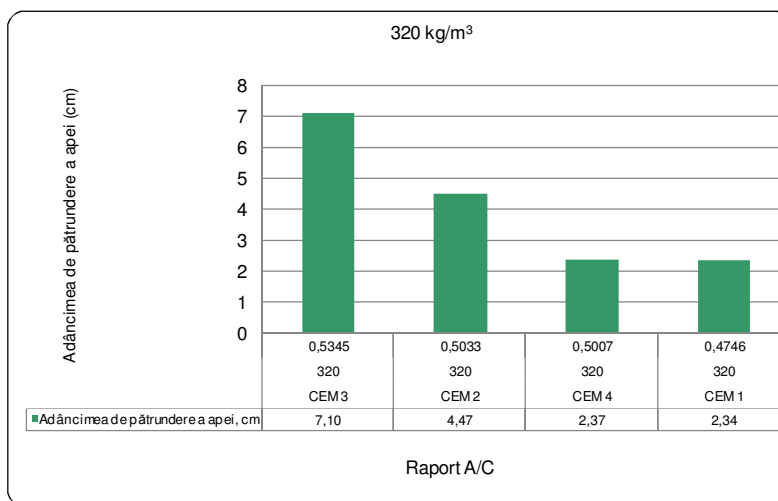


Fig. 5. Relația dintre permeabilitatea la apă a betonului și tipul de ciment, pentru un dozaj de 320 kg/m^3 , la vârsta de 28 de zile

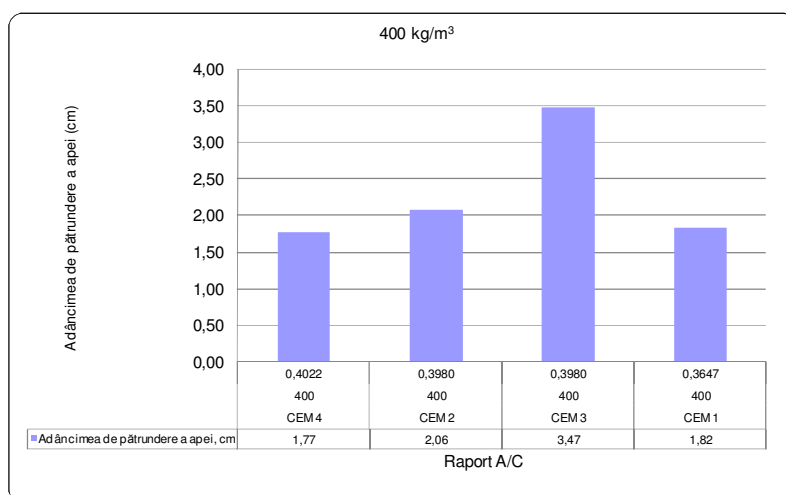


Fig. 6. Relația dintre permeabilitatea la apă a betonului și tipul de ciment, pentru un dozaj de 400 kg/m³, la vârsta de 28 de zile

Permeabilitatea la apă este foarte importantă pentru durabilitatea betoanelor indicând penetrarea și circulația fluidelor în beton. Rezultatele obținute pot fi utilizate ca și criterii de evaluare a calității betonului.

Standardul european SR EN 12390-8 indică o presiune P5, dar nu specifică criteriile de evaluare.

Permeabilitatea betonului este influențată, în principal, de raportul A/C și de durata tratării. Rezultatele obținute indică faptul că betoanele preparate cu cimenturile CEM 4 și CEM 1 au valori ale adâncimii de pătrundere a apei mai reduse decât ale betoanelor preparate cu cimenturile CEM 2 și CEM 3. Pentru valori reduse ale raportului A/C, diferența obținută pentru permeabilitatea celor patru tipuri de cimenturi se reduce.

3.2.2. Rezistența la îngheț-dezghet

Principalul factor de influență a rezistenței la îngheț-dezghet este porozitatea betonului care este depedentă de raportul A/C și de tipul de ciment. În România, cea mai utilizată metodă este aceea a determinării reducerii rezistenței la compresiune a betonului, după un anumit număr de cicluri. În CEN/TS 12390-9 (13) rezistența la îngheț-dezghet se evaluează calculând cantitatea de material exfoliat, metoda indicând în primul rând degradările la suprafața betonului.

În opinia multor specialiști cea mai bună metodă este aceea a reducerii modulului de elasticitate dinamic care dă indicații asupra degradărilor interne la nivel structural.

Betoanele de clasa C25/30 au fost testate la îngheț-dezghet în conformitate cu SR 3518. După 50 de cicluri, rezistența a scăzut cu mai puțin de 7% pentru betoanele preparate cu cimenturile CEM 2 și CEM 3 și cu mai puțin de 5% pentru betoanele preparate cu cimenturile CEM 4 și CEM 1 (figura 7).

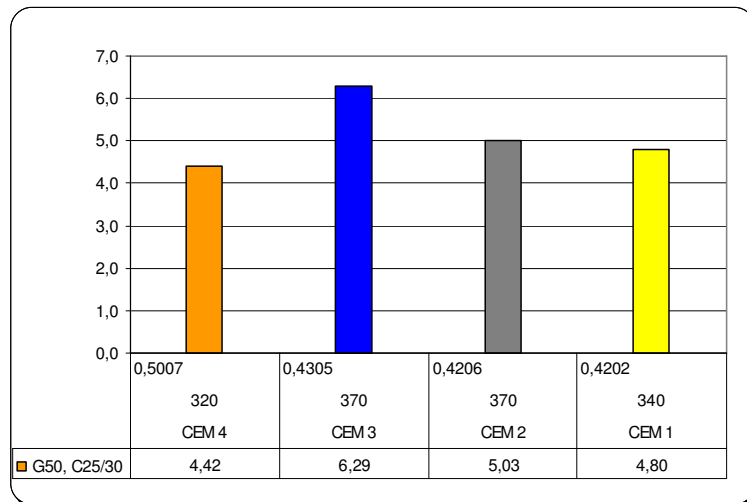


Fig. 7. Relația dintre reducerea rezistenței la compresiune a betonului datorată acțiunii de îngheț-dezghet și tipul de ciment pentru betoanele de clasa C25/30.

3.2.3. Carbonatarea

În figurile 8 și 9 se prezintă relațiile dintre adâncimea de carbonatare la diferite vârste ale betonului (beton tratat 7 zile) și tipul de ciment, la un dozaj de 320 kg/m^3 și respectiv 470 kg/m^3 .

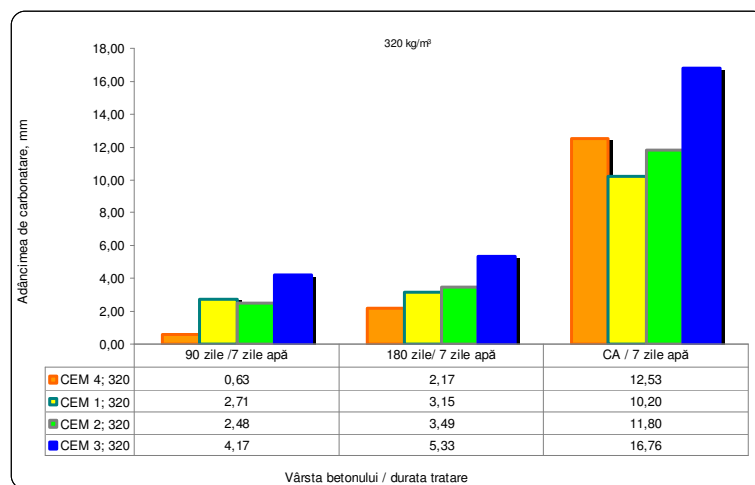


Fig. 8. Relația dintre adâncimea de carbonatare la diferite vârste ale betonului (tratată 7 zile) și tipul de ciment, la un dozaj de 320 kg/m^3

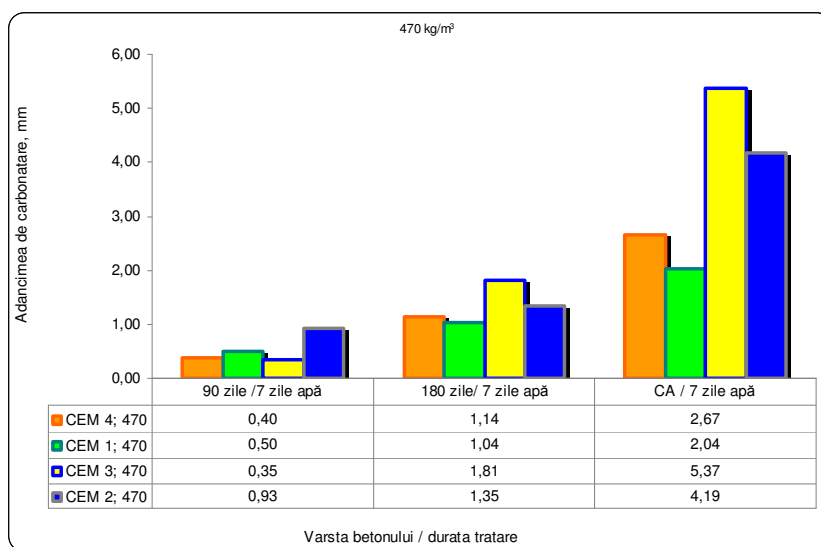


Fig. 9. Relația dintre adâncimea de carbonatare la diferite vârste și tipul de ciment, la un dozaj de 470 kg/m³

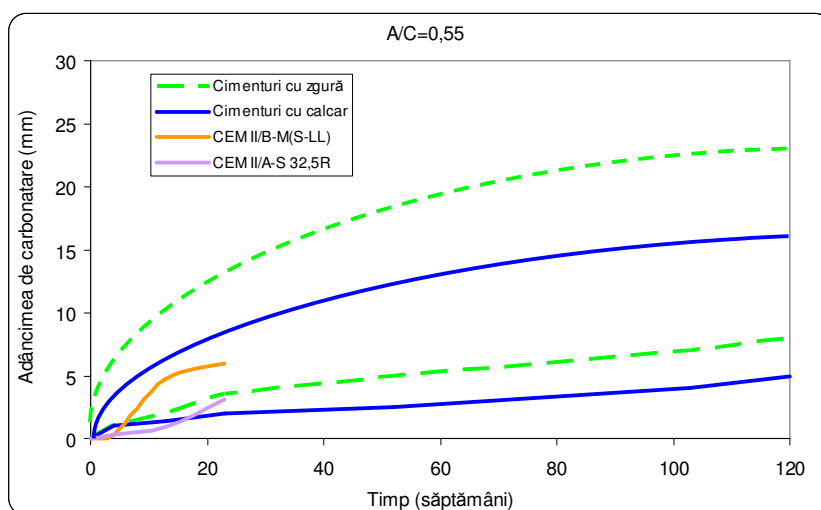


Fig. 10. Relația dintre adâncimea de carbonatare și diferite tipuri de cimenturi

Determinarea adâncimii de carbonatare a betonului a indicat principalii factori care influențează acest fenomen (raportul A/C, tipul de ciment, durata tratării).

Adâncimile de carbonatare sunt în general mai mari la betoanele preparate cu cimenturile CEM 2 și CEM 3 (figura 8). Chiar dacă este evidentă o relație între proporția de adaosuri din cimenturi și adâncimea de carbonatare, efectul poate fi redus prin micșorarea raportului A/C. Valorile obținute în cadrul programului experimental au fost comparabile cu cele obținute în cadrul programului ECOSERVE pentru betoane preparate cu un raport A/C de 0,55, trei zile de tratare și menținere în condiții de laborator (20% temperatură și 65% umiditate) până la data încercării (figura 10).

4. CONCLUZII

Rezultatele cercetărilor experimentale efectuate asupra betoanelor preparate cu cimenturi tip II B-M(S-LL) 32,5 R și II/A-S 32,5 R au scos în evidență următoarele aspecte:

4.1. Stabilirea domeniilor de utilizare a cimenturilor cu adaosuri nu se poate efectua decât pe baza rezultatelor unor cercetări experimentale.

4.2. O metodă utilă poate consta în compararea comportării betoanelor preparate cu cimenturi “experimentale” cu betoanele preparate cu un ciment pentru care există o largă și pozitivă experiență în utilizare (ciment “etalon” sau de “referință”).

4.3. Există diferențe între caracteristicile betoanelor preparate cu același tip de ciment (CEM II B-M (S-LL)32,5R), dar care au procente diferite de adaosuri. Pentru stabilirea domeniilor de utilizare a acestor tipuri este necesară efectuarea unor cercetări experimentale pentru fiecare tip de ciment în parte.

4.4. Betoanele preparate cu cimentul tip CEM 1 “experimental” au prezentat caracteristici foarte apropiate cu ale betoanelor preparate cu CEM 4 “de referință”, fiind posibilă utilizarea lor în aceleași medii de expunere.

Bibliografie:

1. ECOSERVE; CLUSTER 2: Producerea și utilizarea cimenturilor cu adaosuri
2. Müller, C.; Lang, E.: *Dauerhaftigkeit von Beton mit Portlandkalkstein- und Portlandkompositzementen CEM II-M (S-LL)*. In: Beton 55 (2005), Nr. 3, S. 131-138; Nr. 4, S. 197-202; Nr. 5, p. 266-269.
3. ASRO, SR EN 206-1 - Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate.
4. ASRO, SR 13510 - Document național de aplicare a SR EN 206-1
5. ASRO, SR EN 197 - 1 - Ciment: Compoziție, specificații și criteriile de conformitate pentru cimenturile obișnuite
6. ASRO, SR EN 12350-2 - Încercări pe betonul proaspăt – Determinarea tasării
7. ASRO, SR EN 12390-3 - Încercări pe beton întărit. Rezistența la compresiune a probelor;
8. ASRO, STAS 2414 - Determinarea densității, compactității, absorbției de apă și porozității betonului;
9. ASRO, SR EN 12390 - 8 - Încercări pe beton întărit. Adâncimea de penetrare a apei sub presiune
10. ASRO, SR EN 14630/ 2007 - Determinarea adâncimii de carbonatare a betonului întărit. Metoda cu fenoftaleină;
11. ASRO, SR 3518 - Încercări pe beton. Determinarea rezistenței la îngheț-dezghet;
12. Neville, A, 2002 - Proprietățile betonului, București, Editura Tehnică
13. ASRO, CEN/TS 12390-9 - Încercări pe betonul întărit. Partea 9 – rezistența la îngheț-dezghet – Exfolierea