

COMPORTAREA ÎN TIMP A BETOANELOR PREPARATE CU DIFERITE TIPURI DE CIMENTURI

Dan GEORGESCU¹, Adelina APOSTU¹

REZUMAT

În acest articol se prezintă rezultatele unor cercetări experimentale desfășurate la INCERC pentru determinarea unor caracteristici ale betoanelor preparate cu diferite tipuri de cimenturi și aditivi. S-a urmărit determinarea unor caracteristici fundamentale pentru caracterizarea durabilității betoanelor. Pentru beton proaspăt s-au determinat raportul A/C și tasarea, iar pentru betonul întărit rezistențele la 28 și 360 de zile, permeabilitatea, absorbția, carbonatarea, rezistența la îngheț-dezghet etc. S-a urmărit determinarea influenței tipului și dozajului de ciment, raportului A/C asupra unor caracteristici importante ale betonului întărit care influențează comportarea în timp a acestuia. S-au preparat betoane cu cimenturi de tip II A-S 32,5R, II A-M 32,5R, II B-M 32,5R, II B-S 32,5R și I 42,5 R.

Cuvinte cheie: ciment, aditivi, carbonatare, durabilitatea betonului

ABSTRACT

The paper presents the results of experimental research performed at INCERC for the determination of certain characteristics of concrete prepared using various types of cements and additives. The determination of some fundamental parameters for the characterization of concrete durability was planned. For fresh concrete, the water-cement ratio and the settlement of the concrete were determined. For hardened concrete, parameters as the 28-day and the 360-day strength, the permeability, the absorption, the carbonation, the freeze-thaw strength etc. were determined. The influence of cement type and dosage and of water-cement ratio to some important characteristics of hardened concrete, which control the time-dependent behavior of this material, was studied. Concrete samples were prepared with cements of types II A-S 32,5R, II A-M 32,5R, II B-M 32,5R, II B-S 32,5R and I 42,5 R.

Keywords: cement, additives, carbonation, concrete durability

Nivelele de performanță la 28 de zile ale betoanelor preparate cu diferite tipuri de cimenturi

Betoanele aditivat turnate cu cimentul I 42,5R la un dozaj de 450 kg/m³ și un raport A/C de 0,418 (rezistența cimentului la 28 de zile a fost de 53,90 N / mm²), au o rezistență de cca. 40 N/mm², (deci clasa C 28/35) (tab.1)

Interpretarea rezultatelor pentru încadrarea în clase de beton s-a efectuat conform NE 012-99, cap.17.

Pentru betonul aditivat turnat cu cimentul II A-M 32,5 R la un dozaj de 530 kg/m³ și un raport A/C de 0,363 s-a obținut o rezistență la 28 de zile de 41,77 N/mm², corespunzătoare clasei C 28/35 (rezistența lotului de ciment la 28 zile a fost de 40,44 N/mm²) (tab.1).

Pentru betonul aditivat turnat cu cimentul II A-S 32,5 R la un dozaj de 530 kg/m³ și un raport A/C de 0,340 s-a obținut o rezistență la compresiune la 28 de zile de 49,48 N/mm², corespunzătoare clasei C35/45 N/mm² (rezistența lotului de ciment la 28 zile a fost de 43,36 N/mm²) (tab.1).

Tabel 1.

Tip ciment	Dozaj ciment (kg/m ³)	Aditiv	Densitatea (kg/m ³)	Tasare (cm)	Raport A/C	R _c (N/mm ²) 7 zile	R _c (N/mm ²) 28 zile	Adâncimea de pătrundere a apei (cm)
I 42,5 R	450	0,5% A1	2440	15	0,418	30.17	39.58	2.05
II A-M 32,5R	530	0,5% A1	2440	11	0,363	34.00	41.77	1.05
II A-S 32,5R	530	0,5% A1	2430	11	0,340	38,63	49,48	1.60

Pentru betonul aditivat cu cimentul II B-M 32,5R la un dozaj de 420 kg/m^3 și un raport A/C de 0,398 s-a obținut o rezistență la compresiune de $51,35 \text{ N/mm}^2$, corespunzătoare clasei de beton de C 35/45 (tab. 2). Rezistența lotului de ciment a fost de $44,86 \text{ N/mm}^2$ la 28 de zile.

Pentru betonul aditivat turnat cu cimentul I 42,5 R la un dozaj de 420 kg/m^3 și un raport A/C de 0,404 s-a obținut o rezistență la

compresiune de $50,65 \text{ N/mm}^2$, corespunzător clasei C35/45 (tab. 2). Rezistența lotului de ciment a fost de $46,67 \text{ N/mm}^2$.

Pentru betonul aditivat turnat cu cimentul de tip II B-S 32,5R la un dozaj de 530 N/mm^2 și un raport A/C de 0,346 s-a obținut o rezistență la compresiune la 28 de zile de $50,31 \text{ N/mm}^2$, corespunzătoare clasei C 35/45 (tab. 3).

Tabelul 2.

Tip ciment	Dozaj ciment (kg/m^3)	Aditiv	Densitatea (kg/m^3)	Tasare (cm)	Raport A/C	R_c (N/mm^2) 7 zile	R_c (N/mm^2) 28 zile	Adâncimea de pătrundere a apei (cm)
II B-M 32,5R	420	0,5% A1	2440	11	0.398	35.34	51.35	1.4
I 42,5	420	0,5% A2	2420	9	0.404	32.46	50.65	1.5

Tabelul 3.

Tip ciment	Dozaj ciment (kg/m^3)	Aditiv	Densitatea (kg/m^3)	Tasare (cm)	Raport A/C	R_c (N/mm^2) 7 zile	R_c (N/mm^2) 28 zile	Adâncimea de pătrundere a apei (cm)
II B-S 32,5R	530	0.5 % A2	2430	10.5	0.346	39.20	50.31	1.15

Rezistența lotului de ciment la 28 de zile a fost de $40,13 \text{ N/mm}^2$.

În fig. 1, 2, 3, 4 și 5 s-au reprezentat grafic nivelele de performanță ale betoanelor în ceea ce privește rezistența la compresiune funcție de tipurile și dozajele de ciment, precum și de rapoartele A/C.

Astfel, în fig. 1 s-a reprezentat grafic evoluția rezistenței la compresiune a betonului pentru cimenturile tip I 42,5R și II A-M 32,5R la dozaje de ciment de 450 kg/m^3 , respectiv 530 kg/m^3 .

Se observă performanțele ambelor tipuri de betoane și faptul ca rezistențele obținute pentru betonul preparat cu cimentul tip I 42,5R sunt aproape egale cu cele obținute cu cele pentru cimentul II A-M 32,5R, chiar la dozaje mai mici, datorită rezistențelor superioare ale cimentului I 42,5R.

În fig. 2 s-au reprezentat grafic rezistențele la 7 și respectiv 28 zile ale diferitelor tipuri de cimenturi funcție de rapoarte A/C.

Se observă că în general, rezistența betonului crește odată cu scăderea raportului A/C, indiferent de tipul de ciment.

În fig. 3 și 4 s-au reprezentat valorile rezistențelor la 7 și 28 zile pentru diferite tipuri de cimenturi și la aceleași dozaje de ciment. Se observă că betoanele obținute au valori diferite ale rezistențelor care depind în mod evident și de rezistența cimenturilor și a rapoartelor A/C. Din graficul prezentat în fig. 5, se observă că la valori apropiate ale rapoartelor A/C se obțin rezistențe asemănătoare ale betoanelor, fie că acestea se prepară cu cimenturi tip I sau II B.

Comportarea în timp a betoanelor preparate cu diferite tipuri de cimenturi

Studiile și cercetările experimentale au urmărit în primul rând să determine influența diferiților parametri ai compoziției betonului asupra caracteristicilor betonului și a comportării lor în timp.

Unul din factorii urmăriți în mod special a fost influența tipurilor de cimenturi în ceea ce privește evoluția rezistențelor și în mod deosebit asupra carbonatării betonului. Cercetările au

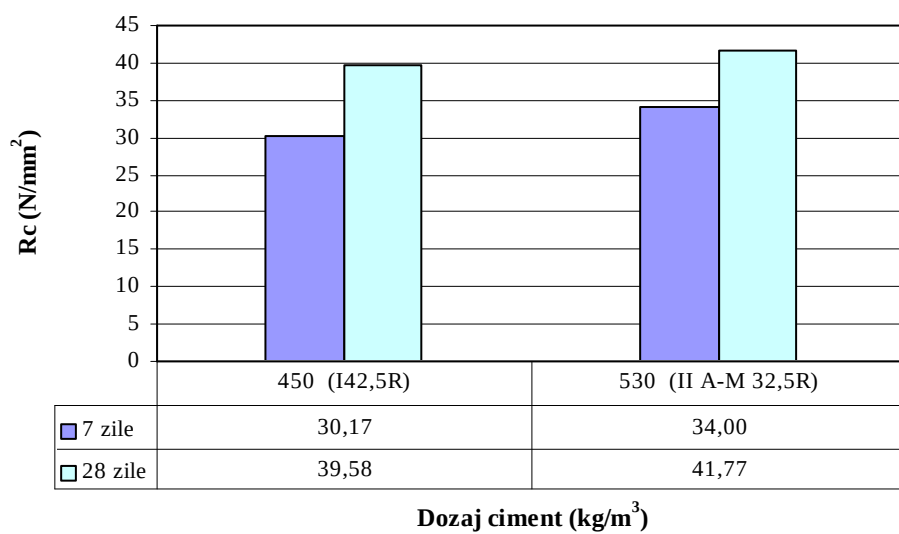


Figura 1.

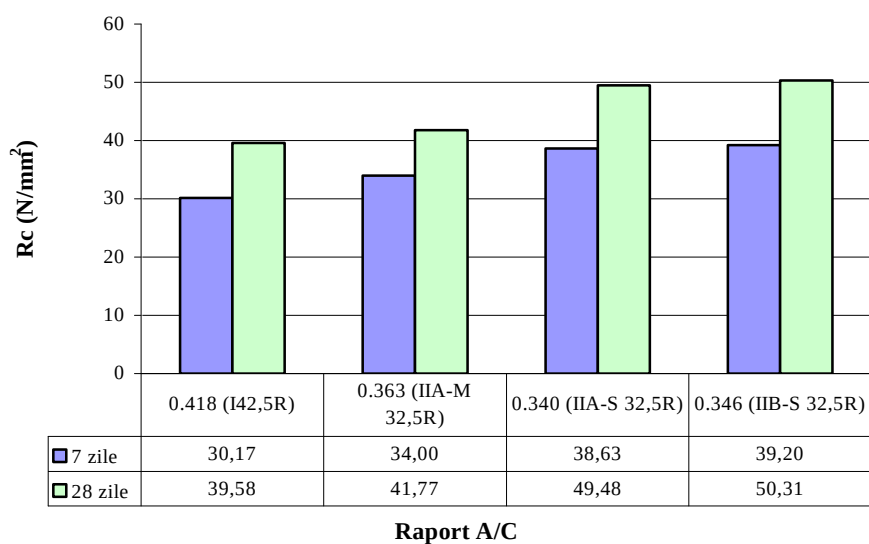


Figura 2.

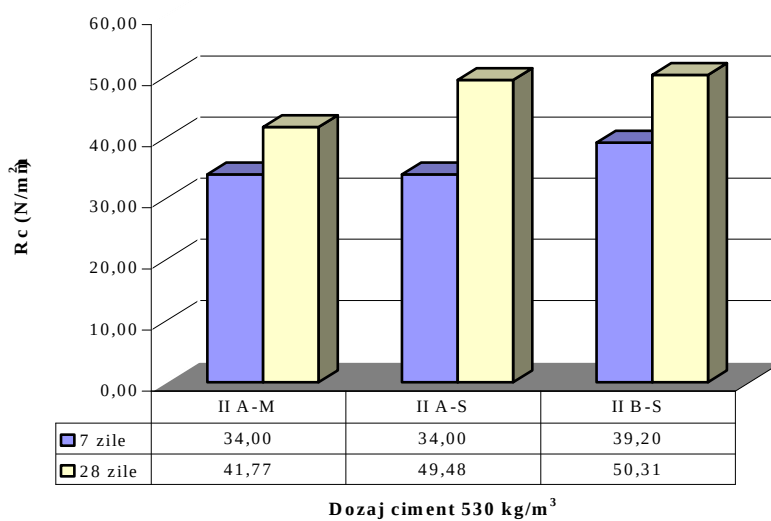


Figura 3.

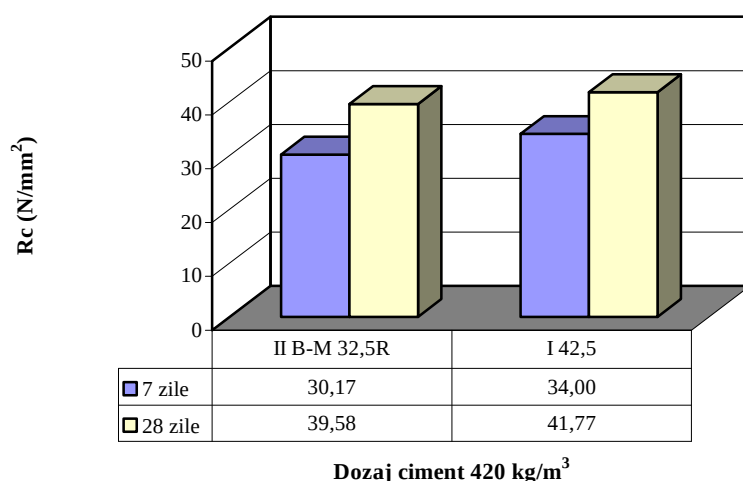


Figura 4.

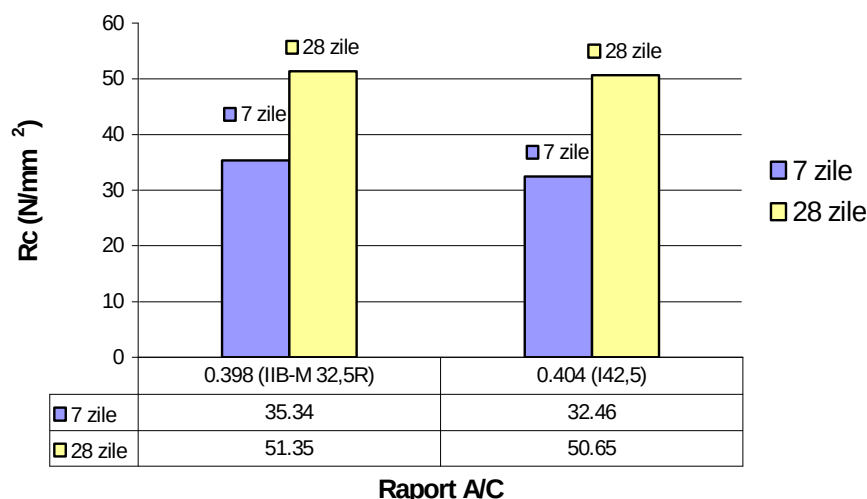


Figura 5.

urmărit comportarea betoanelor pe o perioadă mai mare de un an.

S-au urmărit, de asemenea, în cadrul aceluiași tip de ciment, posibilele variații ale diferitelor loturi.

Cercetările experimentale au scos în evidență aspecte interesante privind în special carbonatarea betoanelor preparate cu diferite tipuri de cimenturi: I 42,5 R, II A-S 32,5R, II A-M 32,5 R și II B-M 32,5 R.

Există variații importante ale rezultatelor pe betoane, atât de la un tip de ciment la altul, cât și la loturi diferite. Aceste variații se datorează în special compoziției inițiale a betonului.

Rezultatele obținute au scos în evidență parametrii importanți ai compoziției betonului

de care depinde durabilitatea și, implicit, carbonatarea acestuia.

În condițiile desfășurării și duratei cercetărilor experimentale se poate concluziona că cel mai important factor de care depinde carbonatarea betonului este raportul A/C. Cu cât acest raport este mai mic, cu atât adâncimea de carbonatare este mai redusă. Nu s-au sesizat diferențe importante între diferite tipuri de cimenturi.

La rapoarte A/C mai mari de 0,6 adâncimea de carbonatare este relativ mare (7-7,5 mm după circa un an și jumătate de păstrare).

La rapoarte A/C mai reduse, în special la cimentul tip I 42, 5 R, s-au înregistrat valori mici ale adâncimii de carbonatare de cca. 3,5-4mm.

La cimentul de tip I 42,5 R s-au obținut, în general, adâncimi de carbonatare sub 5 mm la rapoarte A/C mai mici de 0,55, și anume: 5 mm pentru 0,55; 4,5-5 mm pentru A/C cuprins între 0,42...0,48 și 3...4,5 mm pentru rapoarte A/C 0,38...0,39.

Pentru cimentul II A-S 32,5 se poate observa în general o scădere a adâncimii de carbonatare funcție de raportul A/C. Valorile medii de cca. 6 mm pentru rapoarte A/C cuprinse între 0,576...0,64; 5,5 mm pentru rapoarte A/C 0,52...0,55; 5 mm pentru rapoarte A/C 0,46-0,52, respectiv 4,5 mm pentru rapoarte 0,42...0,48.

Pentru cimentul II A-M 32,5 variabilitatea rezultatelor a fost mai mare obținându-se valori ale carbonatării între 5,5 și 7 mm pentru raportul A/C de 0,5.

Aceeași variabilitate a rezultatelor apare și la cimentul de tip II B-M 32,5 R la care pentru aceleași rapoarte A/C adâncimile de carbonatare diferă destul de mult, de exemplu între 4,5 și 7 mm la rapoarte A/C de 0,6.

De altfel, aceste variații de rezultatelor apar și la celelalte tipuri de cimenturi dar, în general, regula variației adâncimii de carbonatare funcție de raportul A/C se păstrează.

Trebuie subliniat că, în general, cimenturile de tip II B se utilizează la prepararea unor betoane de clase inferioare și din acest punct de vedere sunt mai sensibile inclusiv la acțiunea carbonatării.

Evident, o concluzie asupra influenței diferitelor tipuri de cimenturi asupra carbonatării betoanelor se poate face pe baza unor studii de durată.

În orice caz, rezultatele obținute confirmă concluziile unor studii efectuate în străinătate.

În figurile 6...27 se prezintă rezultatele obținute. S-a studiat, în special, adâncimea de carbonatare și evoluția rezistențelor betoanelor preparate cu diferite cimenturi.

În figurile 6, 7 și 10 se prezintă variația adâncimii de carbonatare pentru diferite rapoarte A/C și dozaje de ciment tip II A-S 32,5R. Se observă că, în general, adâncimea de carbonatare scade cu reducerea raportului A/C.

În fig. 9 se prezintă, în cazul aceluiași ciment, variabilitatea adâncimii de carbonatare pentru aproximativ aceleași valori ale raportului A/C.

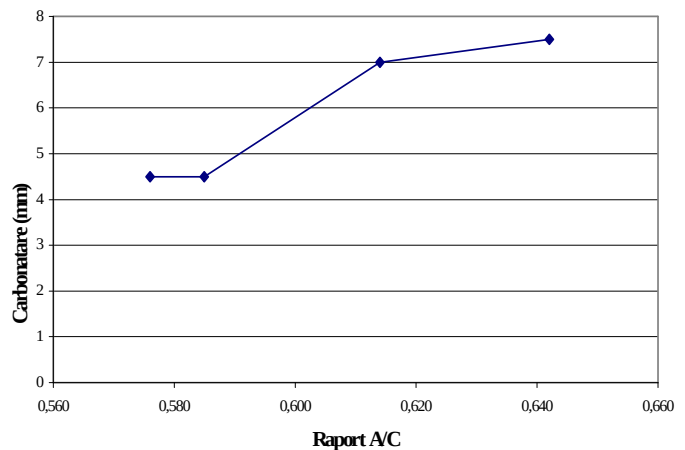


Figura 6. Variația adâncimii de carbonatare funcție de raportul A/C

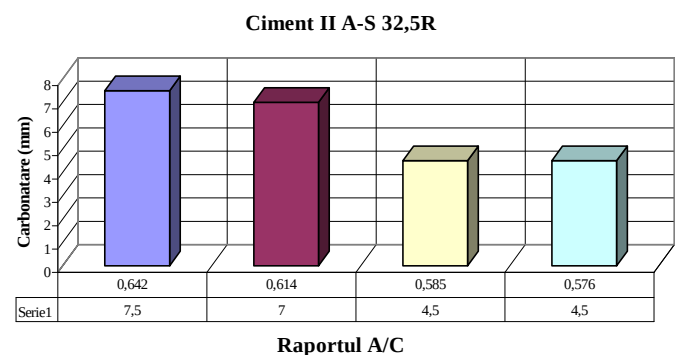


Figura 7.

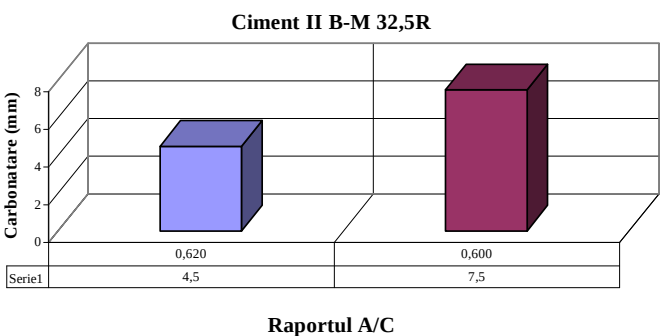


Figura 8. Variația rezultatelor privind adâncimea de carbonatare pentru aproximativ aceleași valori ale raportului A/C

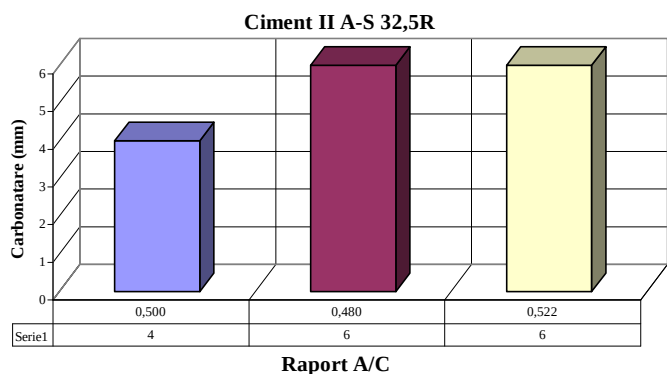


Figura 9. Variația rezultatelor privind adâncimea de carbonatare pentru aproximativ aceleași valori ale raportului A/C

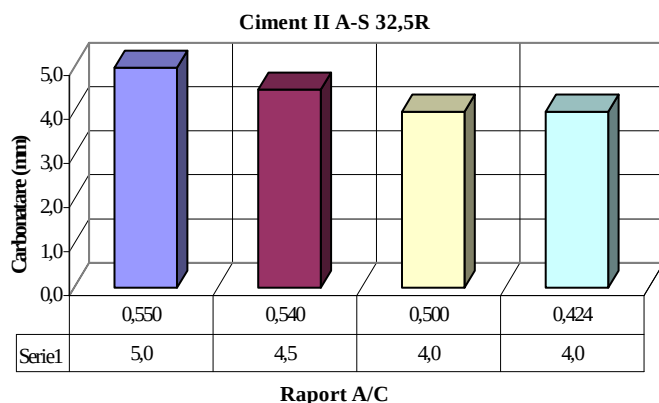


Figura 10. Variația adâncimii de carbonatare funcție de raportul A/C

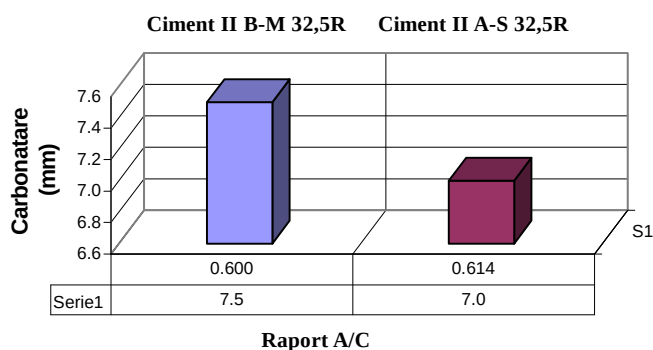


Figura 11. Variația adâncimii de carbonatare funcție de tipul de ciment la aproximativ același raport A/C

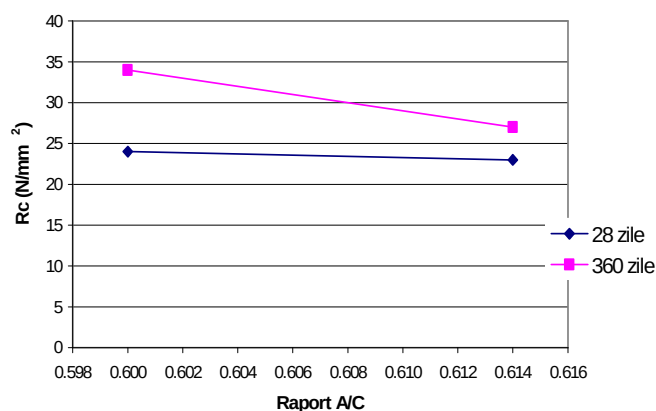


Figura 12. Evoluția rezistențelor betoanelor preparate cu cimenturi II/B-M 32.5 R și II/A-S 32.5R la aproximativ aceleași rapoarte A/C

În figura 11 se prezintă valorile adâncimii de carbonatare pentru cimenturile II A-S 32,5 R și II B-M 32,5 R, pentru aceleași dozaje și rapoarte A/C. Se observă că valorile adâncimii de carbonatare sunt apropiate. În figurile 12 și 13 se prezintă evoluțiile acelorasi betoane în ceea ce privește rezistența la compresiune. Se observă că dacă la 28 de zile valorile sunt apropiate, rezistența la compresiune pentru cimentul II B-M 32,5 R crește mai mult după 360 de zile.

În figurile 14 și 15 se reprezintă același aspect al valorii adâncimii de carbonatare pentru cimenturile II A-S 32,5 R și II B-M 32,5 R, dar pentru rapoarte A/C mai mici.

Și în acest caz valorile sunt apropiate între cele două tipuri de cimente și mai mici datorită raportului A/C mai scăzut.

Același aspect, dar pentru cimenturile IIA-S 32,5R și IIA-M 32,5 R este prezentat în figurile 16 și 17.

Se observă valori apropiate de adâncimi de carbonatare între cele două betoane și relativ mici datorită raportului A/C scăzut.

În figurile 18 și 19 se prezintă variația adâncimii de carbonatare cu raportul A/C în cazul betoanelor preparate cu ciment I 42,5 R.

Se observă valori reduse ale adâncimii de carbonatare datorită rapoartelor A/C reduse.

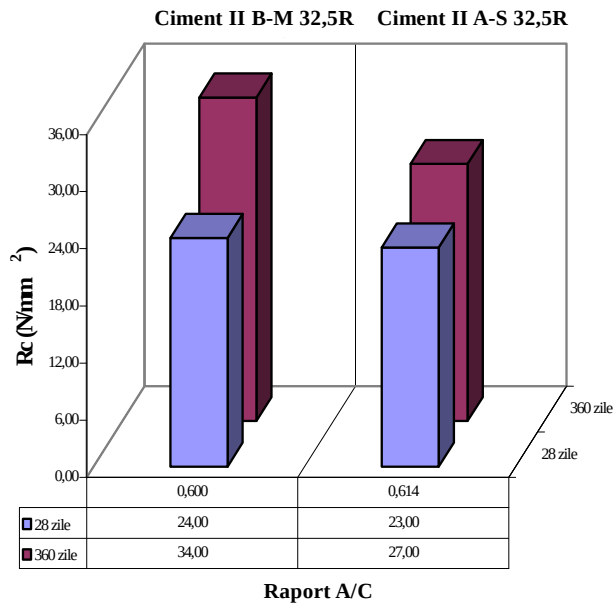
În figurile 20 și 21 se prezintă evoluția în timp a caracteristicilor de rezistență ale betoanelor preparate cu cimentul IIA-S 32,5 la diferite rapoarte A/C.

Valorile obținute la 28 de zile pentru betoanele preparate cu cimentul I 42,5, funcție de raportul A/C sunt prezentate în figurile 22 și 23.

În figurile 24 și 25 se prezintă evoluția în timp a rezistenței la compresiune a betoanelor preparate cu ciment II B-M 32,5 R la diferite valori ale rapoartelor A/C.

Se observă că de la 28 de zile la cca. un an rezistențele au crescut cu cca. 10 N/mm².

Același aspect legat de evoluția în timp a rezistențelor la compresiune este ilustrat și în figurile 26 și 27 pentru betonul preparat cu ciment de tip II A-M 32,5 R. Și în acest caz se înregistrează o creștere a rezistențelor de la 28 de zile la 360 de zile, dar mai puțin accentuată ca la cimentul tip II B-M 32,5 R.



Raport A/C	Rc (28 zile)	Rc (1 an)	Tip ciment
0.600	24.00	34.00	II B-M 32,5R
0.614	23.00	27.00	II A-S 32,5R

Figura 13.

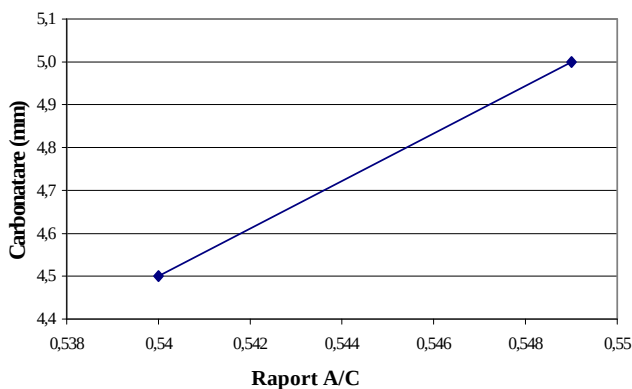
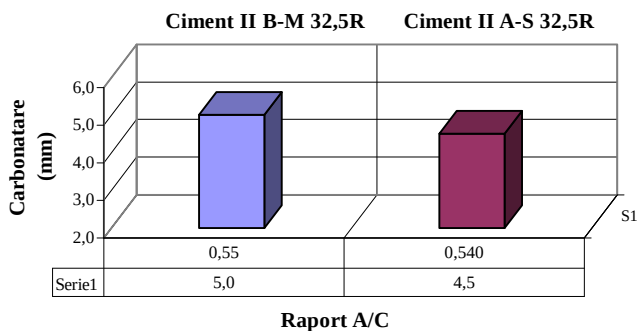


Figura 14. Variația adâncimii de carbonatare funcție de tipul de ciment la aproximativ același raport A/C



Raport A/C	Carbonatare (mm)	Tip ciment
0.549	5.0	Ciment II B - M 32.5 R
0.540	4.5	Ciment II A - S 32.5 R

Figura 15.

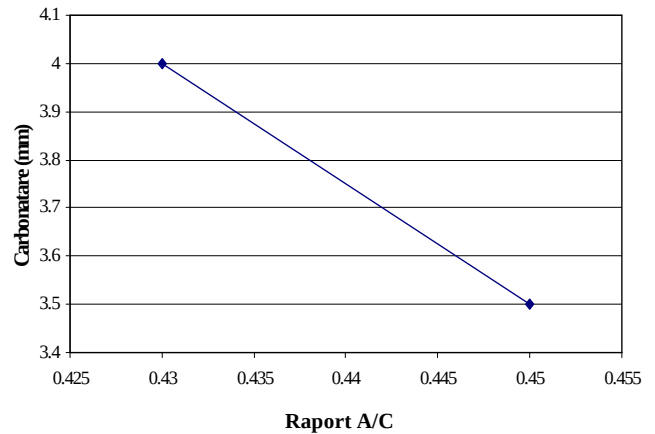
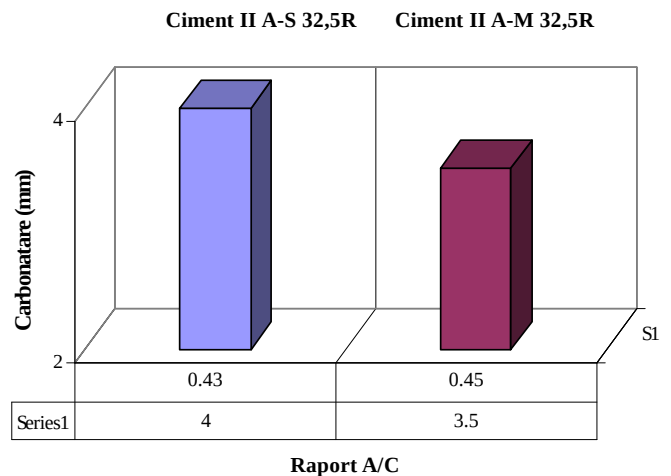


Figura 16. Variația adâncimii de carbonatare funcție de tipul de ciment la aproximativ același raport A/C



Raport A/C	Carbonatare (mm)	Tip ciment
0.43	4.0	II A-S 32,5R
0.45	3.5	II A-M 32,5R

Figura 17.

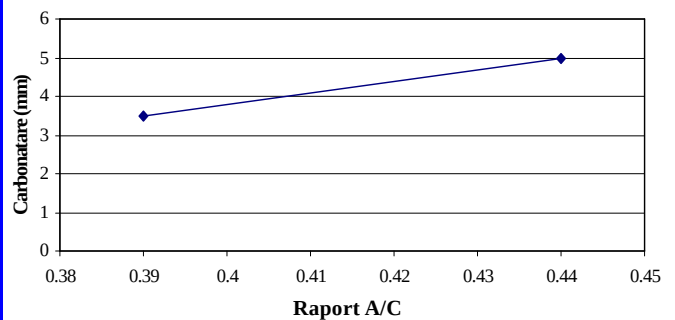


Figura 18. Variația adâncimii de carbonatare funcție de raportul A/C

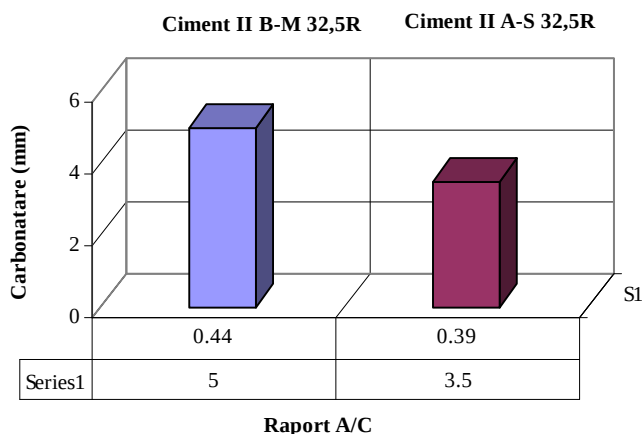


Figura 19.

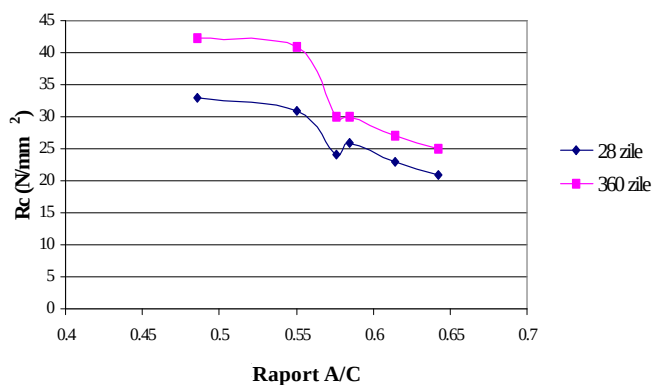
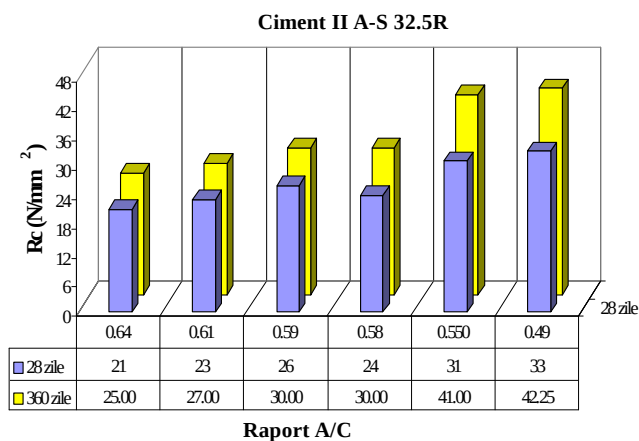


Figura 20. Evoluția rezistențelor betoanelor preparate cu cimentul II A-S 32.5R la diferite rapoarte A/C



Raport A/C	Rc (28 zile)	Rc (360 zile)
0.642	21	25.00
0.614	23	27.00
0.585	26	30.00
0.576	24	30.00
0.550	31	41.00
0.486	33	42.25

Figura 21.

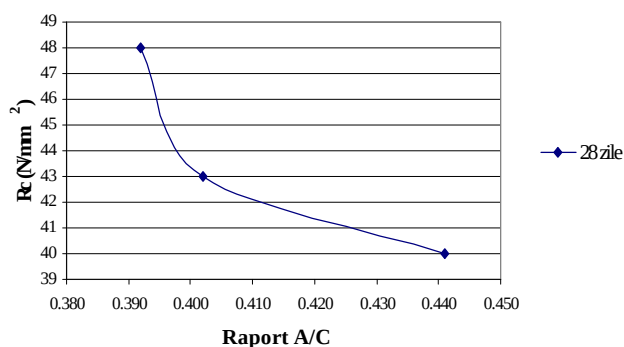


Figura 22. Rezistențele la 28 zile ale betoanelor preparate cu cimentul I 42.5R la diferite rapoarte A/C

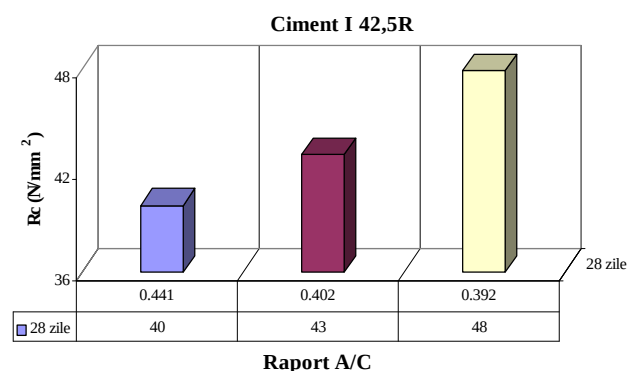


Figura 23.

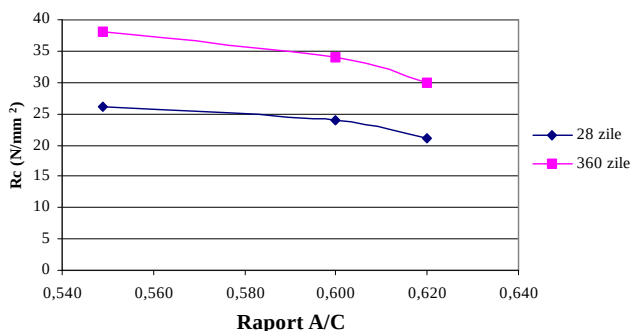


Figura 24. Evoluția rezistențelor betoanelor preparate cu cimentul II B-M 32.5R la diferite rapoarte A/C

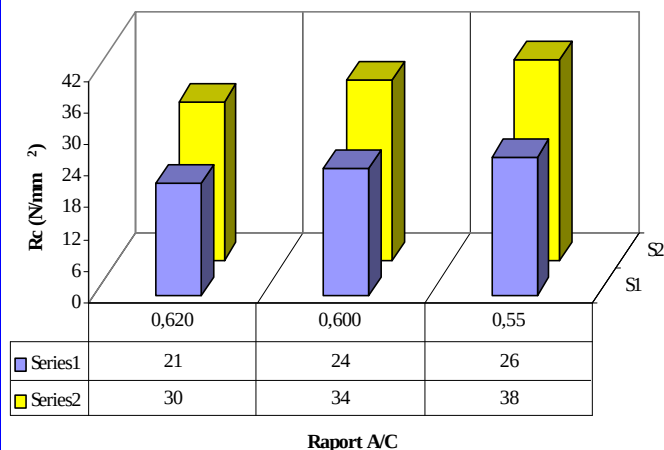


Figura 25.

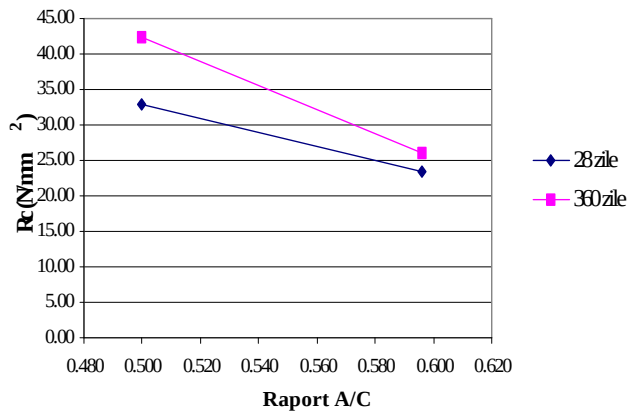


Figura 26.

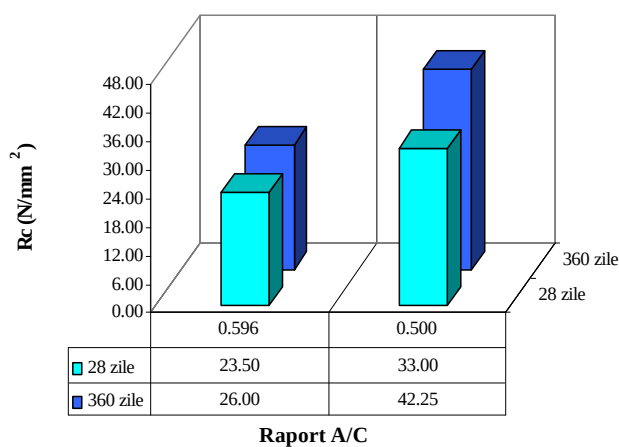


Figura 27.

Ce este interesant de subliniat este că pentru toate tipurile de ciment (II A și II B) analizate creșterea de rezistență de la 28 de zile la cca. 360 de zile a fost mult mai accentuată în cazul rapoartelor A/C mici (fig. 28, 29 și 30).

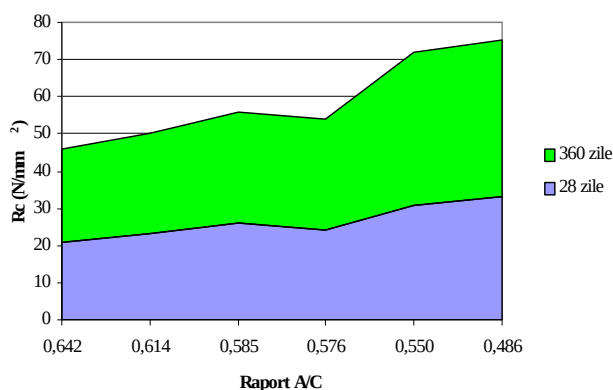


Figura 28.

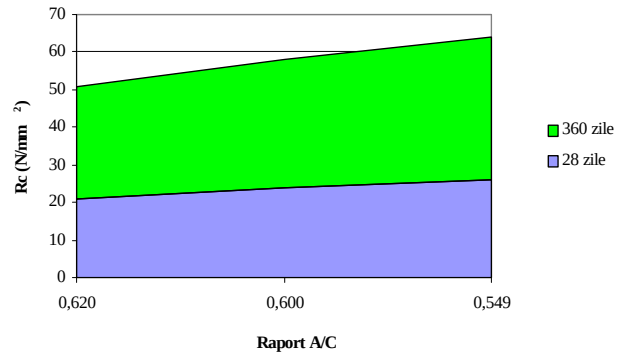


Figura 29.

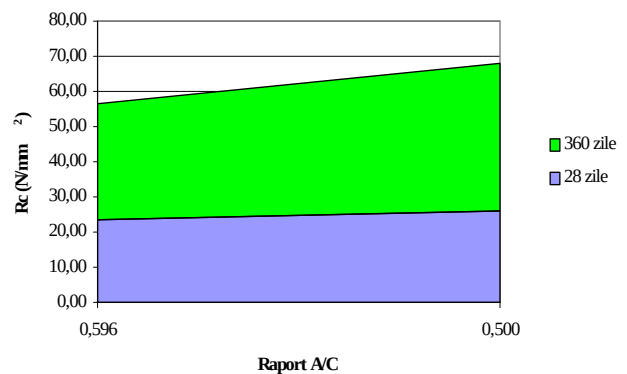


Figura 30.

Concluzii

Studiile și cercetările experimentale au urmărit, în primul rând, să determine influența diferiților parametri ai compoziției betonului asupra caracteristicilor betonului și a comportării lor în timp.

Unul din factorii urmăriți în mod special a fost influența tipurilor de cimenturi în ceea ce privește evoluția rezistențelor și, în mod deosebit, asupra carbonatării betonului.

Cercetările experimentale au scos în evidență aspecte interesante privind, în special, carbonatarea betoanelor preparate cu diferite tipuri de cimenturi I 42,5 R, II A-S 32,5R, II A-M 32,5 R și II B-M 32,5 R.

Există variații importante ale rezultatelor pe betoane, atât de la un tip de ciment la altul, cât și pentru același tip, la loturi diferite. Aceste variații se datorează, în special, compoziției inițiale a betonului.

În condițiile desfășurării duratei cercetărilor experimentale se poate concluziona că cel mai important factor de care depinde carbonatarea

betonului este raportul A/C. Cu cât acest raport este mai mic cu atât adâncimea de carbonatare este mai redusă.

La rapoarte A/C mai mari de 0,6, adâncimea de carbonatare este relativ mare – 7-7,5 mm după circa un an și jumătate de păstrare.

La rapoarte A/C reduse (mai mici de 0,45), în special la cimentul tip I 42,5 R, s-au înregistrat valori mici ale adâncimii de carbonatare de cca. 3,5-4mm.

Nu s-au sesizat diferențe importante între diferite tipuri de cimenturi.

Trebuie subliniat că, în general, cimenturile de tip II B se utilizează la prepararea unor betoane de clase inferioare și din acest punct de vedere sunt mai sensibile inclusiv la acțiunea carbonatării.

Evident o concluzie asupra influenței diferitelor tipuri de cimenturi asupra carbonatării betoanelor se poate face pe baza unor studii de durată. În orice caz, rezultatele obținute confirmă concluziile unor studii efectuate în străinătate.

În ceea ce privește evoluția în timp a rezistențelor la compresiune, este interesant de subliniat că pentru toate tipurile de ciment (IIA și II B) analizate, creșterea de rezistență de la 28 de zile la 360 de zile a fost mult mai accentuată în cazul rapoartelor A/C mici.

De asemenea, s-au observat creșteri semnificative de rezistență (între 28 de zile și 360 de zile) pentru betoanele preparate cu cimenturile tip II A-S 32.5 R, II A-M 32.5 R și, în special, cu II B-M 32.5 R.

BIBLIOGRAFIE

- A.M. Neville, *Proprietățile betonului*, ediția IV, București 2003
- V. Sirivivatnanon, *Durability of Blended Cement Concrete*
- NE 012-99 – *Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton și beton armat*