

# **Raport de Cercetare**

## **BETOANE CU CONTRACȚII REDUSE REALIZATE CU ADITIVI SPECIALI**

**Grant: CNCSIS TIP AT nr. 32940/20.06.2004**

**Tema nr. 5 Cod CNCSIS 203**

**Autor: Asist. Drd. Ing. Liana IUREȘ**

**Universitatea: "Politehnica" Timișoara**

## 1. Constrația betonului – scurte noțiuni teoretice

Constrația betonului la uscare se datorează mai multor cauze, existând trei teorii principale care explică acest fenomen:

Prima teorie prezintă fenomenul de constrație a betonului ca fiind caracterizat printr-o micșorare a volumului de beton, păstrat în aer, provocat de modificarea conținutului de apă din structura pietrei de ciment. Micșorarea volumului datorită legării apei prin adsorbție și folosirii ei la hidratare, are loc și în stare proaspătă (constrație plastică) și este mai puternică în primele zile de întărire a betonului.

Teoria sorbției superficiale (teoria coloidală) explică fenomenul de constrație al betonului prin migrarea apei în gelurile fazei hidratate a cimentului. Evaporarea spre exterior a apei din geluri este însoțită și de o adsorbție spre nucleul nehidratat al granulei de ciment, rezultând micșorarea volumului masei gelice = constrație.

Teoria tensiunilor capilare (E. Freyssinet) se bazează pe constrația betonului prin efectul tensiunii superficiale a apei din porii capilari. În porii mijlocii apa formează meniscuri care conduc la apariția unor tensiuni superficiale ce solicită pereții porilor; dacă umiditatea aerului scade, presiunea pe pori crește rezultând o micșorare a volumului, deci are loc constrația betonului.

Factorii care influențează constrația betonului sunt:

1. Cimentul:

- prin natura mineralogică (componentul C<sub>3</sub>A prezintă cea mai mare constrație);
- prin dozaj – creșterea cantității de ciment duce la creșterea constrației pastei de ciment;
- prin finețea de măcinare- creșterea componentei gelice implică o creștere a constrației pastei de ciment.

2. Apa: Creșterea raportului A/C conduce la creșterea constrației betonului, deoarece crește și numărul porilor din beton.

3. Agregatele:

- creșterea cantității de agregate duce la reducerea constrației;
- prin natura și rigiditatea lor;
- prin granulozitate.

4. Umiditatea și temperatura mediului ambiant.

5. Modul de punere în operă.

6. Dimensiunile elementului.

O caracteristică negativă a utilizării betonului ca și material de construcție o reprezintă instabilitatea volumică de-a lungul timpului, cu alte cuvinte proprietatea betonului de a se contracta și de a fisura în timpul uscării sale.

## 2. Caracteristici tehnice ale aditivilor superplastifianți utilizați

La prepararea betoanelor s-au utilizat trei aditivi reducători ai constrației: Eclipse, FM 40 și SR - 2.

Firma italiană Grace, producătoare de produse pentru betoane, a realizat de curând un aditiv care reduce constrația la uscare a betonului cu până la 50 -80% la 28 de zile, cu o reducere a constrației finale a betonului de 25-50%; acest aditiv poartă denumirea **Eclipse**. Aditivul Eclipse acționează asupra mecanismului de constrație a betonului fără să adauge nici un material expansiv în beton.

ECLIPSE este un aditiv lichid pentru reducerea fisurilor provocate de constrațiile hidraulice și a fenomenului de curbare a suprafeței turnate la betoane și mortare. Dozajul recomandat este de

(1,0 – 2,5) % soluție din cantitatea de ciment (2,5 – 10 l/m<sup>3</sup>).

Tabelul 1

Caracteristici tehnice	ECLIPSE
Aspect	lichid de culoare galben
Densitate la 20°C, g/cm <sup>3</sup>	0,93
Conținut de substanță uscată, %	30,0
pH	7
Conținut de cloruri, %	fără

FM 40 este un aditiv superfluidizant pe bază de eteri policarboxilici, folosit pentru prepararea betoanelor fluide și a betoanelor cu rezistențe superioare, produs de către firma SIKA. Aditivul are și un efect întârziator de priză. Dozajul recomandat este de (0,2 – 2,6) % soluție din cantitatea de ciment.

Tabelul 2

Caracteristici tehnice	FM 40
Aspect	lichid de culoare maro
Densitate la 20°C, g/cm <sup>3</sup>	1,044
Conținut de substanță uscată, %	30,0
pH	7
Conținut de cloruri, %	≤ 0,1%

SR - 2 este un aditiv pe bază alcool superior, folosit pentru prepararea betoanelor și mortarelor la care se dorește o creștere a durabilității și a impermeabilității, prin prevenirea contracțiilor la uscarea și implicit a fisurilor de contracție produs de către firma SIKA. Efectul produs de SR – 2: creșterea coeziunii. Dozajul recomandat este de (0,5 – 3,0) % soluție din cantitatea de ciment.

Tabelul 3

Caracteristici tehnice	SR - 2
Aspect	solzi albi
Densitate la 20°C, g/cm <sup>3</sup>	0,54
Conținut de substanță uscată, %	100,0
pH	7
Conținut de cloruri, %	≤ 0,1%

### 3. Optimizarea compozițiilor de beton martor și cu superplastifianți

Prin tema proiectului s-au propus efectuarea unor determinări experimentale asupra proprietăților betoanelor realizate cu diferite procente de aditiv reducător al contracției.

Compozițiile s-au stabilit în conformitate cu prevederile Codului de practică NE – 012 – 99/3/. La realizarea lor s-au utilizat:

- ciment portland cu zgură, II/A – S32,5 R;
- agregate de balastieră cu  $d_{max} = 16$  mm. (Sorturi 0/3; 3/7 și 7/16 mm);
- apă de la rețeaua de alimentare a municipiului Timișoara.

Procentele de aditiv utilizate s-au situat în intervalul recomandat de agrementele lor tehnice/1/.

Prepararea compozițiilor s-a realizat manual. Materialele componente s-au amestecat 3 minute la betoanele martor și 5 minute la cele cu aditiv, astfel: 2 minute agregatele, cimentul și 60% din apa de preparare și apoi 3 minute după adăugarea restului de 40% apă împreună cu cantitatea calculată de aditiv. Compozițiile corespunzătoare fiecărei clase de beton (martor și cu aditiv), s-au realizat la același raport A/C pentru a compara efectul superplastifianților asupra proprietăților betoanelor proaspete și întărite. Pentru a avea același raport A/C, cantitatea de apă de preparare a betoanelor cu aditiv s-a stabilit astfel ca apa utilizată plus apa adusă de aditiv să fie egală cu cea a betonului martor corespunzător, la 1m<sup>3</sup> de beton. Pentru încercări s - au turnat cuburi cu l = 14,1cm pe care s-a determinat rezistența la compresiune ( $R_b$ ) și densitatea aparentă ( $\rho_b$ ), precum și prisme cu dimensiunile 10x10x55 cm pentru determinarea rezistenței la întindere ( $R_t$ ) și a contracției. Epruvetele au fost decofrate la 1 zi iar apoi au fost păstrate în laborator la temperatura mediului ambiant.

#### 4. Caracteristicile betoanelor în stare proaspătă

Tabelul 4

Proprietăți ale betoanelor proaspete			
Clasa betonului	Tipul betonului	Caracteristici ale betonului proaspăt	
		Densitatea aparentă	Consistența
		$\rho_{bp}$ , kg/m <sup>3</sup>	Tasare, cm
			Clasa, T
C20/25	Beton martor	2461	$\frac{14,0}{T4}$
	Beton cu Eclipse 1,5%	2474	$\frac{13,5}{T4}$
	Beton cu Eclipse 2,0%	2461,4	$\frac{13,5}{T4}$
	Beton cu Eclipse 2,3%	2461	$\frac{14,5}{T4}$
	Beton cu FM 40 1,5%	2474	$\frac{13,5}{T4}$
	Beton cu FM 40 2,0%	2461,4	$\frac{13,5}{T4}$
	Beton cu FM 40 2,3%	2461	$\frac{14,5}{T4}$
	Beton martor	2336,6	$\frac{5,0}{T3}$
	Beton cu SR - 2 1,5%	2366,9	$\frac{6,5}{T3}$
	Beton cu SR - 2 2,0%	2360,1	$\frac{7,2}{T3}$
	Beton cu SR - 2 2,3%	2356,2	$\frac{8,0}{T3}$

Se constată următoarele:

- densitățile aparente ale betoanelor cu superplastifianți au valori asemănătoare cu cele ale betoanelor martor;
- tasarea betoanelor proaspete este slab influențată de superplastifiant.

## 5. Caracteristicile betoanelor în stare întărită

Contrația betoanelor în stare întărită a fost măsurată cu ajutorul unor microcomparatoare 1/1000 mm, ținându-se cont și de influența variației de temperatură și umiditate cu ajutorul unui termohigrometru. Probele utilizate pentru măsurarea contracției au fost prisme cu dimensiunile 10x10x550 cm (fig.1).



Fig. 1. Măsurarea contracției

### Proprietăți ale betoanelor întărite realizate cu ECLIPSE

Tabelul 5

Clasa beton	Tipul betonului	Caracteristici ale betonului întărit, la 28 zile		
		Rezistența la compresiune		Rezistența la întindere
		$R_b$ , N/mm <sup>2</sup>	$\pm\Delta R_b$ , %	$R_t$ , N/mm <sup>2</sup>
C20/25	Beton martor	31,16	-	2,38
	Beton cu Eclipse 1,5%	36,02	+13,5	2,57
	Beton cu Eclipse 2,0%	37,24	+16,3	2,54
	Beton cu Eclipse 2,3%	39,22	+20,55	2,57

Din analiza rezultatelor obținute până în prezent, rezultă că aditivul Eclipse este mai eficient decât aditivul FM 40, în cazul utilizării pentru obținerea unor betoane cu contracții reduse.

Tabelul 6

**Proprietăți ale betoanelor întărite realizate cu aditivul FM 40**

Clasa beton	Tipul betonului	Caracteristici ale betonului întărit, la 28 zile		
		Rezistența la compresiune		Rezistența la întindere
		$R_b$ , N/mm <sup>2</sup>	$\pm\Delta R_b$ , %	$R_t$ , N/mm <sup>2</sup>
C20/25	Beton martor	31,16	-	2,38
	Beton cu FM 40 1,5%	36,02	+13,5	2,57
	Beton cu FM 40 2,0%	37,24	+16,3	2,54
	Beton cu FM 40 2,3%	39,22	+20,55	2,57

Tabelul 7

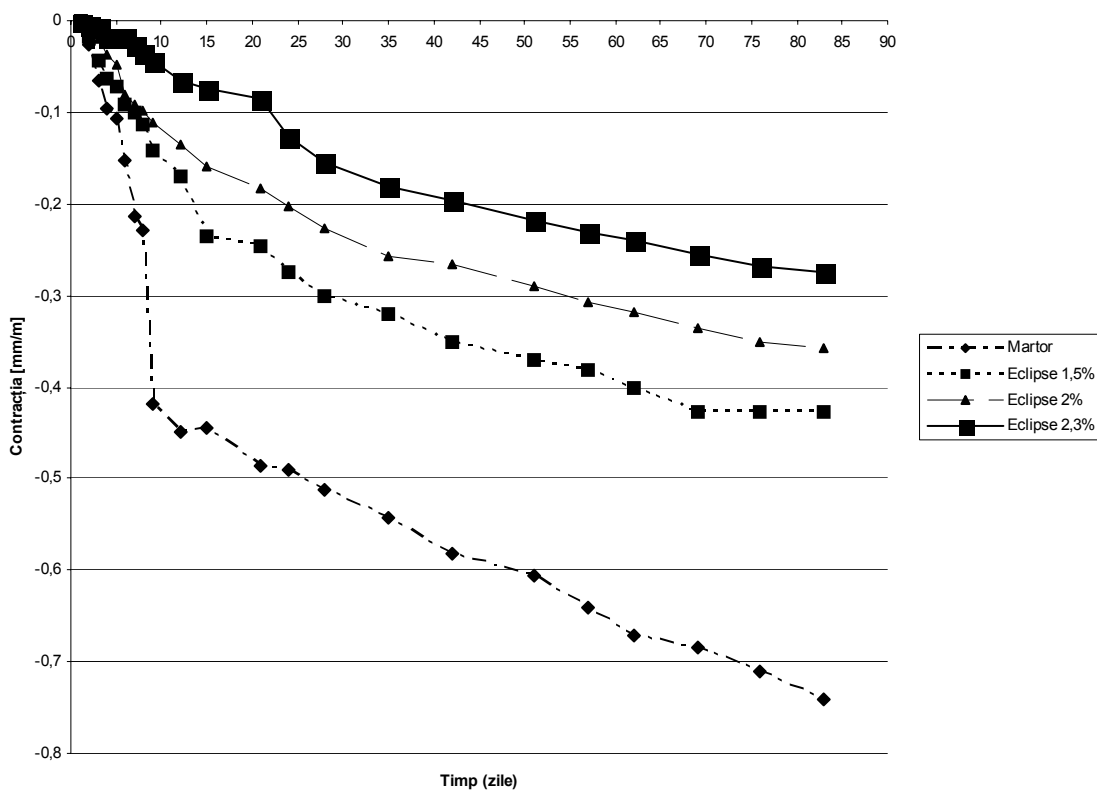
**Proprietăți ale betoanelor întărite realizate cu aditivul SR - 2**

Clasa beton	Tipul betonului	Caracteristici ale betonului întărit, la 28 zile		
		Rezistența la compresiune		Rezistența la întindere
		$R_b$ , N/mm <sup>2</sup>	$\pm\Delta R_b$ , %	$R_t$ , N/mm <sup>2</sup>
C20/25	Beton martor	26,66	-	2,38
	Beton cu SR - 2 1,5%	23,98	-10,05	1,88
	Beton cu SR - 2 2,0%	24,5	-8,10	2,09
	Beton cu SR - 2 2,3%	21,5	-19,35	1,61

Se desprind următoarele concluzii:

- Utilizarea aditivului superfluidizant FM 40 la prepararea betoanelor conduce la sporuri semnificative ale rezistenței la compresiune la betoanele întărite;
- Aditivul FM 40, utilizat la prepararea betoanelor cu contracții reduse, duce la micșorarea contracțiilor, față de betonul martor, cu până la 30%;
- Superfluidizantul FM 40 nu influențează semnificativ densitatea betoanelor în stare proaspătă precum și rezistențele la întindere la 28 de zile obținute pe probele întărite;
- Aditivul Eclipse utilizat în aceleași procente, ca și aditivul FM 40, conduce la obținerea unor betoane cu contracții mai reduse decât cele la prepararea cărora s-a utilizat aditivul FM 40, cu până la 15%, în primele 28 de zile;
- Aditivul SR – 2 utilizat la prepararea betoanelor cu contracții reduse duce la o micșorare a rezistențelor betoanelor destul de semnificativă ( cu până la 20% în cazul utilizării unei compoziții cu 2% aditiv SR - 2);
- Rezultatele experimentale obținute pe cele două tipuri de betoane cu superplastifianți sunt comparabile cu cele prezentate în lucrări de specialitate din țară și străinătate.

Măsurătorile contracției pe care le prezintă probele realizate cu aditivul Eclipse, sunt conform graficului de mai jos:



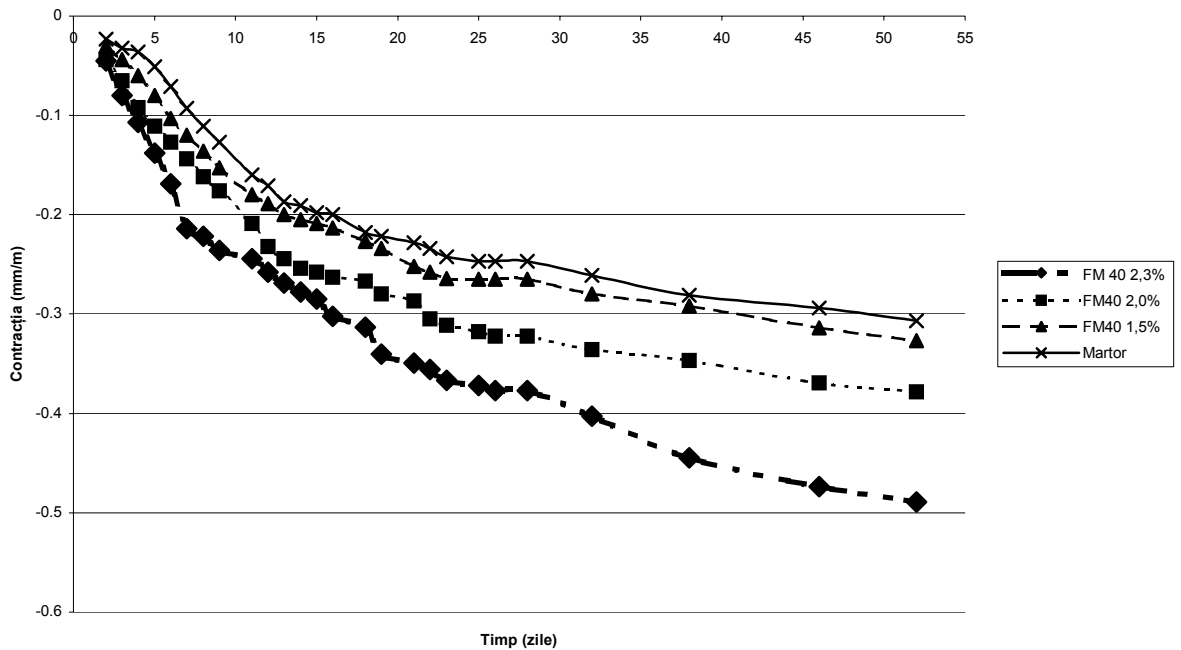
La toate probele turnate s-au efectuat determinări asupra densității aparente în stare proaspătă a mortarului și a betonului, precum și asupra consistenței.

Fisurarea betonului în timpul contracției este o problemă complexă care depinde de nivelul contracției, de condițiile prevăzute pentru a împiedica contracția, de proprietățile materialului cum ar fi: modulul de elasticitate, rezistența la întindere a betonului etc. Pentru stabilirea rezistenței la fisurare, nivelul maxim al contracției, deși nu este suficient, poate fi totuși un indiciu cheie.

Aditivul pentru reducerea contracțiilor la uscare ale betonului se poate recomanda pentru a fi utilizat la toate proiectele de construcții în care apar probleme datorită contracției, respectiv a fisurării betonului, afectând durabilitatea, funcționalitatea sau estetica elementelor, de exemplu:

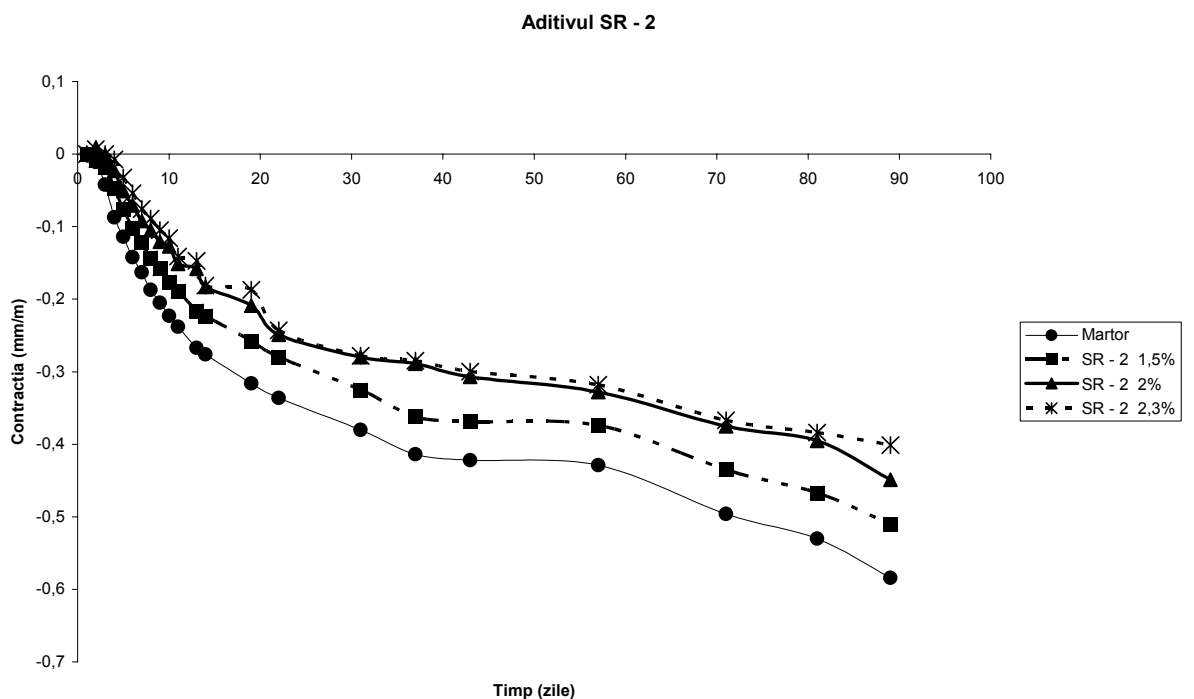
- Planșee industriale de înaltă performanță;
- Poduri;
- Garaje pentru parcare;
- Structuri maritime;
- Structuri hidraulice;
- Facilități pentru tratarea apelor evacuate.

Măsurătorile contracției pe care le prezintă probele realizate cu aditivul FM40 sunt conform graficului de mai jos:



Din analiza rezultatelor obținute până în prezent, rezultă că aditivul Eclipse este mai eficient decât aditivul FM 40, în cazul utilizării pentru obținerea unor betoane cu contracții reduse.

Măsurătorile contracției pe care le prezintă probele realizate cu aditivul SR - 2 sunt conform graficului de mai jos:



Definind  $v = \frac{\epsilon_c}{R_c}$  ca fiind contracția caracteristică, rezultă din tabelul 4 că aditivul Eclipse, cu

toate că nu are sporuri din punctul de vedere al rezistenței la compresiune la fel de semnificative ca și cele obținute cu aditivul FM 40, prezintă o contracție caracteristică mai importantă:



Tabelul 8

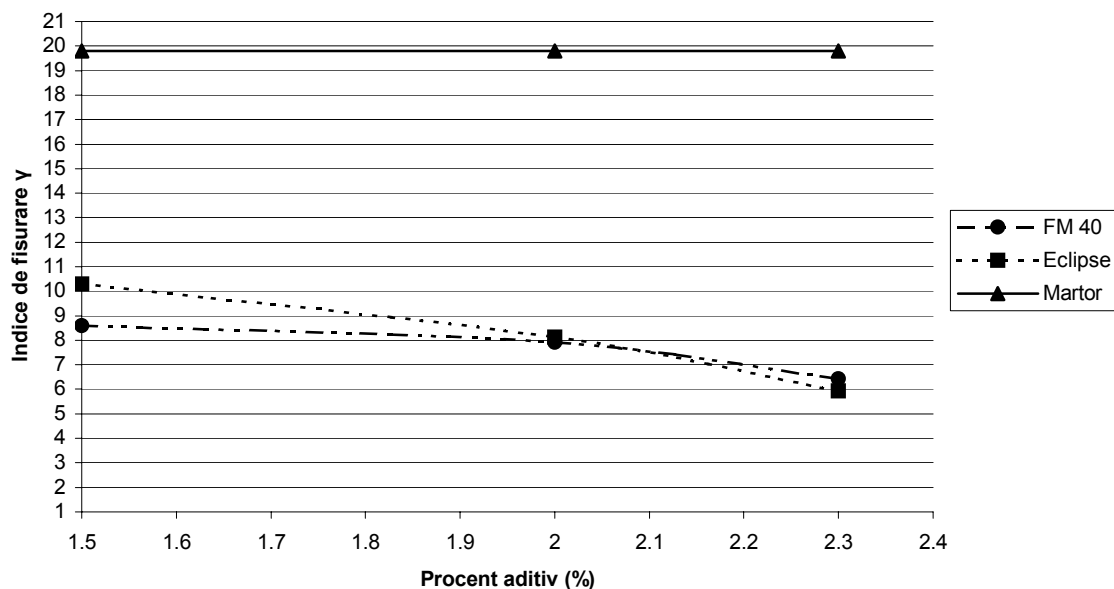
Proba	Martor	Eclipse			FM 40			SR 2		
		1,5%	2,0%	2,3%	1,5%	2,0%	2,3%	1,5%	2,0%	2,3%
v	$1,19 \times 10^{-5}$	$0,85 \times 10^{-5}$	$0,66 \times 10^{-5}$	$0,47 \times 10^{-5}$	$0,88 \times 10^{-5}$	$0,75 \times 10^{-5}$	$0,64 \times 10^{-5}$	$1,16 \times 10^{-5}$	$1,13 \times 10^{-5}$	$1,14 \times 10^{-5}$

Se desprind următoarele concluzii:

- 1) Utilizarea aditivului superfluidizant FM 40 la prepararea betoanelor conduce la sporuri semnificative ale rezistenței la compresiune la betoanele întărite;
- 2) Utilizarea aditivului SR - 2 la prepararea betoanelor conduce la o micșorare a rezistențelor betonului față de betonul martor, de aceea se recomandă ca la utilizarea lui în betoane să se adauge și un alt aditiv ce are ca și efect sporirea rezistențelor betonului întărit. Acest lucru conduce desigur la un cost mai ridicat al produsului finit;
- 3) Din analiza rezultatelor obținute până în prezent, rezultă că aditivul Eclipse este cel mai eficient în cazul utilizării pentru obținerea unor betoane cu contracții reduse. Raportul preț/efect reducător de contracție fiind deasemenea în favoarea produsului de la firma Grace;
- 4) Aditivele FM 40 și SR - 2 utilizate la prepararea betoanelor cu contracții reduse, duc la micșorarea contracțiilor, față de betonul martor, cu până la 30%;
- 5) Superfluidizantul FM 40 nu influențează semnificativ densitatea betoanelor în stare proaspătă precum și rezistențele la întindere la 28 de zile obținute pe probele întărite;
- 6) Aditivul Eclipse utilizat în aceleași procente, ca și aditivele FM 40 și SR - 2, conduce la obținerea unor betoane cu contracții mai reduse decât cele la prepararea cărora s-a utilizat aditivul FM 40 sau SR - 2 cu până la 15%, în primele 28 de zile;
- 7) Tendința de fisurare scade cu creșterea procentului de aditiv.
- 8) Rezultatele experimentale obținute pe cele trei tipuri de betoane cu superplastifianți sunt comparabile cu cele prezentate în lucrări de specialitate din țară și străinătate.

Dacă se notează cu  $\gamma$  – indice de fisurare, ca fiind raportul  $\frac{\sigma}{R_t} \Rightarrow \gamma = \frac{E \cdot \varepsilon_c}{R_t}$ .

Elementul de beton fisurează dacă  $\gamma \geq 1$ .



Se desprind următoarele concluzii:

- 1) Utilizarea aditivului superfluidizant FM 40 la prepararea betoanelor conduce la sporuri semnificative ale rezistenței la compresiune la betoanele întărite;

- 2) Aditivul FM 40, utilizat la prepararea betoanelor cu contracții reduse, duce la micșorarea contracțiilor, față de betonul martor, cu până la 30%;
- 3) Superfluidizantul FM 40 nu influențează semnificativ densitatea betoanelor în stare proaspătă precum și rezistențele la întindere la 28 de zile obținute pe probele întărite;
- 4) Aditivul SR - 2 nu influențează semnificativ densitatea betoanelor în stare proaspătă, dar influențează negativ rezistențele mecanice ale betoanelor întărite;
- 5) Aditivul Eclipse utilizat în aceleași procente, ca și aditivul FM 40, conduce la obținerea unor betoane cu contracții mai reduse decât cele la prepararea cărora s-a utilizat aditivul FM 40, cu până la 15%, în primele 28 de zile;
- 6) Aditivul Eclipse utilizat în aceleași procente, ca și aditivele FM 40 și SR - 2, conduce la obținerea unor betoane cu contracții mai reduse decât cele la prepararea cărora s-a utilizat aditivul FM 40 sau SR - 2 cu până la 15%, în primele 28 de zile;
- 7) Tendința de fisurare scade cu creșterea procentului de aditiv.
- 8) Rezultatele experimentale obținute pe cele două tipuri de betoane cu superplastifianți sunt comparabile cu cele prezentate în lucrări de specialitate din țară și străinătate.

### **Bibliografie:**

- 1 - C. Avram, C. Bob, *Noi tipuri de betoane speciale*, Editura tehnică București, 1980
- 2 - I. Ionescu, T. Ispas, A. Popaescu, *Betoane de înaltă performanță*, Editura Tehnică, București, 1999
- 3 - I. Buchman, *Betoane de ultra înalte performanțe*, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 1999
- 4 - Agreement tehnic 015 – 07/0061 – 2002, Influența aditivului superplastifiant FM 40 asupra betoanelor în stare proaspătă și întărită, produs de HEIDELBERGER BAUCHEMIE GmbH – Germania;
- 5 - Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat, Indicativ NE 012 – 99, Buletinul Construcțiilor, vol. 8 – 9, București, 1999;
- 6 - Grant ANSTI tip S NR.6153/2000, tema B19 , *Betoane speciale pentru reabilitarea construcțiilor*, director de proiect prep. drd. ing. L. Iureș.
- 10 - Conference organized by the Hungarian Group of fib, *Fiber Reinforced Concrete – from research to practic*, Budapest, 1999
- 11 - Proceedings of the International Conference held at the University of Dundee, *Concrete in the Service of Mankind, Appropriate Concrete Technology*, Scotland, UK, 1996
- 12 - Proceedings of the International Conference held at the University of Dundee, *Concrete in the Service of Mankind, Concrete Repair, Rehabilitation and Protection*, Scotland, UK, 1996
- 13 - Proceedings of the International Conference held at the University of Dundee, *Concrete in the Service of Mankind, Concrete for Environment Enhancement and Protection*, Scotland, UK, 1996
- 14 – Incorporating Advanced Cement Based Materials, *Cement and Concrete Research, An International Journal*, Vol. 29, No.1, 1999
- 15 - Zilele Academice Timișene, Ediția a VIII-a, simpozion, *Materiale, elemente și structuri compozite pentru construcții – prezent și perspective*, Timișoara, 2003
- 16- Agreement tehnic 015 – 07/0061 – 2002, Influența aditivului superplastifiant FM 40 asupra betoanelor în stare proaspătă și întărită, produs de HEIDELBERGER BAUCHEMIE GmbH – Germania.
- 17- Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat, Indicativ NE 012 – 99, Buletinul Construcțiilor, vol. 8 – 9, București, 1999.
- 18- Grant ANSTI tip S NR.6153/2000, tema B19 , *Betoane speciale pentru reabilitarea construcțiilor*, director de proiect prep. drd. ing. L. Iureș.