

SOCIETATEA PENTRU BETON
ȘI PREFABRICATE DIN ROMÂNIA

SIMPOZION
**STRUCTURI PREFABRICATE
DIN BETON**

PREZENT ȘI PERSPECTIVE

Cluj-Napoca, 4 noiembrie 2005



editor: **Zoltan KISS**

U.T.PRES

PROPRIETĂȚILE BETONULUI AUTOCOMPACTANT ÎNAINTE ȘI DUPĂ ÎNTĂRIRE

FRESH AND HARDENED PROPERTIES OF SELF- CONSOLIDATING CONCRETE (SELF-COMPACTED)

Petru RĂPIȘCĂ¹, Ioan TUNS², Florin TĂMAȘ³,
¹Conf. dr. ing. ²Conf. dr. ing. ³Asist. drd. ing. UNIVERSITATEA
„TRANSILVANIA” BRAȘOV, Fac. de Construcții

SUMMARY

The aim of this paper is to present some of the self-consolidating (self-compacted) concrete properties. This kind of concrete is not a new material but a new application, which derives from rapid development of concrete production technologies and is related to compositions, plasticizer, etc. The main words used are: self-consolidating concrete (SCC), rheology, silica fume, viscosity-modifying concrete admixture (polycarboxylic superplasticizer VMA).

1. CONSIDERAȚII GENERALE

Betonul auto-consolidat (SCC) reprezintă o tehnologie nouă, apărută pe piața mondială a betoanelor în anii '90. SCC este un sistem complex, realizat dintr-un amestec de minerale, pe de o parte și un amestec de substanțe chimice (superplastifianți, SUF, etc.), pe de altă parte. Cheia unei formule de succes o reprezintă înțelegerea deplină a rolului pe care îl conferă fiecare dintre constituenți în amestec, precum și efectul acestora asupra proprietăților din stare proaspătă și întărită.

Proprietățile reologice fundamentale ale SCC sunt bazate pe tensiunile de curgere lentă, vâscozitate moderată și menținerea energiei cinetice a amestecului care curge, prin reducerea din volum a fracțiunii grosiere de agregat. Aceste condiționări sunt impuse pentru a realiza o anumită fluiditate a amestecului, care să-i confere o segregare cât mai mică sau să o elimine în totalitate (și pentru a se elimina defectele de turnare ale betonului întărit – aer, microfisuri, pori, etc.).

Prin încorporare în rețeta betonului a unor cantități adecvate de superplastifianți se elimină tensiunile de curgere lentă, iar caracteristicile de curgere ale betoanelor sunt modificate ulterior prin schimbarea volumetrică a fracțiunilor de agregat de la grosier la fin și prin folosirea SUF-ului. Proprietatea de vâscozitate este controlată prin conținutul de apă, superplastifianți și volumul fracțiunii solide din amestec. Una dintre principalele provocări este aceea de a distribui (împărți) proprietățile

reologice dorite, care să asigure curgerea cerută și de a întregi capacitățile caracteristice, odată cu menținerea stabilității statice și dinamice.

Acestea fiind respectate, densitatea matricei și dimensiunea maximă a agregatelor nu pot fi trecute cu vederea, deoarece în limitele de obținere practică a unei vâscozități care să permită curgerea liberă, efectul lor asupra rezistenței la segregare este la fel de mare sau chiar mai mare decât efectul vâscozității.

2. ISTORIC

Betonistul japonez Okamura și colaboratorii săi au început cercetarea SCC la mijlocul anilor '80, pornind de la considerații de durabilitate a betonului. **Definiția auto-consolidării este legată de proprietățile în stare proaspătă a betonului și în special de caracteristicile reologice ale acestuia: deformabilitate ridicată, capacități sporite de curgere, rezistență la segregare, proprietăți de „trecere” – abilitatea de a curge pe lângă barele de armătură și alte zone confinate.**

Au fost date, în literatura de specialitate, numeroase definiții pentru SCC și cu toate că acestea diferă, sensul este același:

- **amestecul trebuie să fie suficient de fluid pentru a curge și umple forma cofrajului sub propria greutate, fără ajutorul nici unei energii exterioare (ex. vibrare);**

- **amestecul trebuie să rămână omogen, indiferent de distanța pe care curge sau de înălțimea de la care este descărcat (vertical);**

- **amestecul trebuie să curgă pe lângă (prin) aglomerarea de armături și alte zone confinate, fără a-și pierde caracteristica de umplere a formelor.**

3. CATEGORII DE SCC

Betonul auto-consolidat (SCC) poate fi realizat adoptând două metodologii de bază și combinații.

Prima categorie se referă la pulberea pentru SCC și este bazată pe introducerea de superplastifianți, raport scăzut apă:liant și agregat:liant. Necesitatea pentru un raport scăzut apă:liant și o cantitate absolută, ridicată, în liant, derivă din condiția de a crește vâscozitatea plastică și rezistența la segregare a amestecului.

Cea de-a doua categorie este bazată pe adăugarea de superplastifianți și agenți de modificare a vâscozității (VMA) și este legată de tipul VMA pentru SCC. În astfel de amestecuri, tensiunea de curgere este controlată prin superplastifiant și prin vâscozitatea plastică și rezistența de segregare dată de VMA. De fapt, în prezența VMA, vâscozitatea poate crește până când nu mai este nevoie reducerea conținutului de apă. Descoperirea acestor tipuri de pulberi este datorată

cercetărilor japoneze care au fost purtate în scopul îmbunătățirii durabilității betonului.

Okamura și colegii săi au sugerat un amestec în care volumul agregatelor groșiere să fie de circa 50 % din volumul total, nisipul (agregatul 0-7,1 mm) să fie în proporție de circa 40 % din volumul de mortar, iar raportul apă:liant să varieze între 0,1 și 1, în funcție de aplicațiile specifice. În mod similar, conținutul de superplastifiant este ajustat în funcție de gradul de lucrabilitate dorit. În conformitate cu Societatea Japoneză de Inginerie Civilă, conținutul de parte grosieră de agregat descrește până la 30 % din volumul solidului, pe măsură ce spațiul dintre armături devine din ce în ce mai mic. Liantul pentru SCC are numeroase asemănări cu cel din situația betoanelor de înaltă performanță, cum ar fi raport scăzut apă:ciment, adăugarea de adaosuri minerale, silice ultra fină, zgură de furnal, calcar, cenușă.

Prin scăderea raportului apă:ciment, vor crește caracteristicile de performanță ale acestor amestecuri, cum ar fi: rezistență sporită, permeabilitate scăzută, rezistență sporită la îngheț-dezghet, rezistență sporită la difuzia ionilor de clor și rezistență la uzură ridicată.

Cele prezentate anterior vor fi sugerate și în figura 1:



Fig. 1 Frațiuni volumice specifice componentelor principali ai betonului obișnuit și a betonului SCC cu VMA și ciment, având aproximativ aceeași rezistență la compresiune.

4. PROPRIETĂȚI ALE SCC ÎN STARE PROASPĂTĂ

Rețeta în cazul SCC este diferită de cea din situația betoanelor obișnuite. Deformabilitatea ridicată este legată de tensiunile de curgere, „ τ ”. Pentru începerea curgerii amestecului (punerea în operă – în cofraj – pentru elemente structurale armate) este necesară o tensiune minimă, în acest sens. Betonul obișnuit are valori ale tensiunii de curgere mai ridicate, în jur de 500 Pa, în timp ce valorile corespondente pentru SCC variază de la câțiva Pa până la mai puțin de 60 Pa. Abilitatea de curgere și de reținere a energiei cinetice a amestecului depinde de tensiunea de curgere și de vâscozitatea plastică. Valorile mici ale acestor proprietăți duc la creșterea fluidității, această relație de proporționalitate menținându-se și în sens

invers. În plus, media distanței dintre particulele din amestec joacă un rol important în menținerea energiei cinetice a amestecului care curge. Analiza inițială a caracteristicilor unui beton care curge într-un cofraj a arătat că pentru a preveni blocajele trebuie eliminate două dintre cauzele ce le produc: curgere împiedicată de către agregatele grosiere și coliziunea agregatelor grosiere urmată de pierderea energiei cinetice. Aceasta presupune o creștere a distanței medii dintre particule, prin micșorarea cantității de agregate din rețetă. Prin urmare, pentru a asigura o curgere lină a betonului printre obstacole, tensiunile de forfecare ale amestecului au trebuit scăzute concomitent cu menținerea unei vâscozități moderate. Cerințele ulterioare derivă din raportul mare de segregare, urmat de blocarea la vâscozități scăzute.

Figura 2 ilustrează aceste proprietăți reologice, precum și relația de inversă proporționalitate dintre vâscozitate și tensiunea de curgere, precum și rata de sedimentare, atât la betonul obișnuit cât și la SCC.

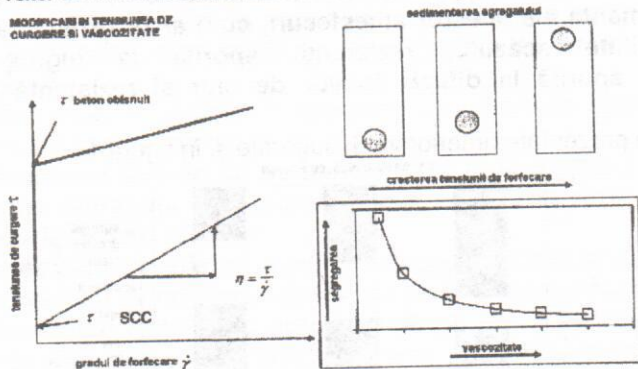


Fig. 2

Notățiile ce intervin reprezintă:

- „ τ ” = tensiunea de curgere;
- „ η ” = vâscozitatea plastică;
- „ $\dot{\gamma}$ ” = gradul de forfecare.

Într-un model de beton având un anumit număr de agregate sferice „ m ”, fiecare având „ n ” particule, presupunem că densitatea minimă a pastei din jurul fiecărei particule este „ t ”. Dacă $t \ll d$, unde „ d ” este diametrul particulei, atunci volumul de pastă necesar caracteristicilor de auto-consolidare va fi:

$$V_p = K_a - V_a + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \pi \cdot n_j \cdot d_{ij}^2 \cdot t, \quad (1)$$

- unde: K_a – volumul total al agregatelor, la compactitate maximă;
 V_a – volumul real al agregatelor;
 n_j – numărul de particule din fiecare clasă „ j ”;
 d_{ij} – diametrul particulei.

Presupunând că toate particulele dintr-o clasă „j” din model sunt la fel, numărul „i” al particulelor din clasa „j” poate fi calculat din proiectarea amestecului și analiza granulometrică, conform relației:

$$n_i = \frac{6 \cdot G_j}{\pi \cdot \rho_j \cdot d_j^3}, \quad (2)$$

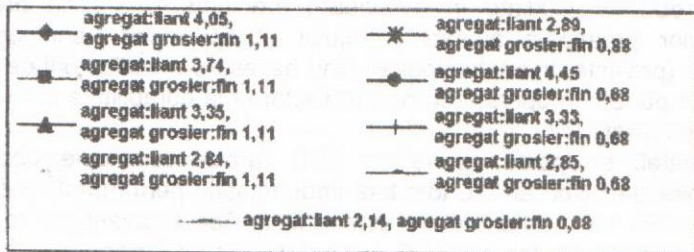
unde: G_j – greutatea agregatelor din aceeași clasă, pe unitatea de volum de beton;

ρ_j – densitatea agregatelor;

d_j – diametrul mediu al particulelor din clasa „j”.

Cercetătorul Surendra P Shah, de la Northwestern University, Evanston, IL, USA, a prezentat relațiile dintre media distanțelor dintre agregate și vâscozitatea și plasticitatea pastei.

Bazându-se pe aceleași date de plecare, în continuare se arată efectul proiectării rețetei asupra curgerii diferitelor amestecuri de beton. Toate amestecurile au fost realizate din ciment Portland, tip I, clasa C, cenușă, agregate cu grosimea maximă sub 15,6 mm, agregate de râu (parte fină) și superplastifiant policarboxilic. Figura 3 arată un set de curbe de curgere, ca funcție de raportul superplastifiant-liant (SP:liant, prin liant înțelegând suma dintre cimentul Portland, cenușă și alte adaosuri minerale). Toate amestecurile prezentate au fost confecționate la un raport apă:liant de 0,39.



Legendă figura 3

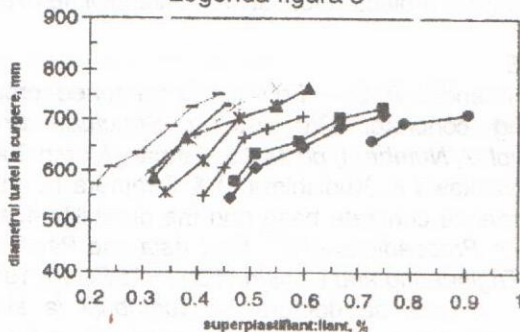


Fig.3 Efectul raportului superplastifiant:liant asupra diametrului turtei la curgere a betonului, cu un raport apă:liant de 0,39.

5. CONCLUZII

Din cele prezentate se deduce importanța folosirii acestui material tehnologic nou, care elimină, la punerea lui în operă, vibrarea și alte procedee asemănătoare, cu rezultate economice deosebite. Costul materiilor prime a SCC este mai mare cu circa (13-30) % decât cel al amestecurilor obișnuite, cu proprietăți mecanice similare. Cu toate acestea, analiza costului relevă că, deși prețul de vânzare a SCC este redus cu câteva procente, din cauza scăderii necesarului de forță de muncă și a timpului de construire, profitabilitatea este crescută cu aproximativ 15 %.

Alte proprietăți ale SCC, cum ar fi rezistența la segregare, rezistența la compresiune, modulul de elasticitate și contracție, fac obiectul unor analize și studii ale autorilor, care vor fi prezentate după ce vor fi trase concluzii certe. Betonul auto-consolidat nu este un material nou, ci mai degrabă o aplicație nouă, care derivă din dezvoltarea rapidă a tehnologiilor de fabricație ale betoanelor, vizând compoziții (rețete), superplastifianți, etc. Deoarece SCC reprezintă o tehnologie complexă și în continuă evoluție, este necesar să înțelegem relațiile de legătură dintre reologie, rețete și proprietăți în stare proaspătă. Trebuie să menționăm ca SCC este vulnerabil la segregare, iar pentru rezistențe egale cu a betonului obișnuit (conform rețetelor prescrise), contracțiile SCC sunt mai mari.

Trebuie studiate în continuare probleme legate de presiunea betoanelor proaspete asupra cofrajelor și sprijinirilor, tehnologiile de execuție (proiecte, fișe tehnologice) fiind necesare și obligatorii de realizat la nivelul punerii în operă, sau prin proiectarea la durabilitate a structurilor de beton armat.

Astfel, se poate spune ca SCC furnizează ample oportunități structurilor de beton armat, totodată îmbunătățind performanțele acestora și depoluând fonic zonele unde este aplicat. Aceste avantaje, combinate cu cele economice, fac din SCC un material ce va fi necesar a se însuși atât prin prescripții de proiectare cât și prin tehnologii de execuție.

BIBLIOGRAFIE

1. David B, Surendra P S. - Fresh and hardened properties of self-consolidating concrete. *Progress in Structural Engineering and Materials*, vol. 7, Number 1, pp 14-25, January-March 2005
2. Ozawa k, Naekawa K, Kunishima M & Okamura H. - Development of high-performance concrete base don the durability design of concrete structures. In *Proceedings of 2nd East Asia and Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-2)*, 1989: 445-450.
3. Răpișcă P. - Teză de doctorat – *Contribuții la studiul degradării structurilor de beton armat din sectorul de celuloză și hârtie*. Universitatea Tehnică Gh. Asachi Iași, Facultatea de Construcții și Arhitectură, februarie 2003.