

BETON AUTOCOMPACTANT (BAC) PENTRU INDUSTRIA DE PREFABRICATE ÎN CONSTRUCȚII

Liana TERC ¹, Henriette SZILÁGYI ²

INCĐ URBAN-INCERC, Sucursala Cluj-Napoca

1 – Dr. ing., liana.terec@incerc-cluj.ro, 2 – Dr. ing., henriette.szilagyi@incerc-cluj.ro

Abstract. The paper presents the results synthesis of the AMTRANS research program (period - years: 2004-2006), in which worked together the National Institute of Research and Development in Construction and Economy of Construction (INCERC) Cluj-Napoca Branch, the Technical University of Cluj Napoca and SC ASA CONS ROMANIA SRL Turda, a precast concrete producing company in order to implement self compacting concrete (SCC) in prefabricate concrete production of our country. The main objectives of the research program were to identify the appropriate materials for self compacting concrete realization (especially the choice of mineral additives and admixtures), composition design, self compacting concrete achievement and evaluation in fresh and hardened state, the optimal technology setting for achieving SCC, its transfer from laboratory to the prefabricate unit and the study of self compacting concrete prefabricate elements subjected to different loads.

Keywords: self compacting concrete (SCC), mix design, concrete prefabricate elements

1. Introducere

Betonul autocompactant (BAC), una dintre cele mai revolutionare descoperiri în domeniul betonului din ultimii 50 de ani, a fost produs pentru prima dată în Japonia, în 1988, beneficiind de rezultatele înregistrate în domeniul betonului de înaltă rezistență (BIR). Dacă betonul autocompactant întărit prezintă proprietăți similare cu cele ale BIR, calitatea superioară a elementelor de construcții realizate din BAC se datorează proprietăților deosebite ale betonului în stare proaspătă: lucrabilitate, capacitate de umplere și trecere, rezistență la segregare.

Betonul autocompactant (BAC) are proprietatea să curgă sub greutatea proprie, să umple complet cofrajul, inclusiv în cazul elementelor puternic armate și să rămână omogen, fără a necesita niciun fel de operații de compactare. Precizări legate de betoanele autocompactante, performanțele, producția și conformitatea lor, sunt date de "Ghidul european pentru beton autocompactant" (BIBM, CEMBUREAU, ERMCO, EFCA, EFNARC, 2005).

Proprietățile care conferă betonului calitatea de autocompactant sunt:

- capacitatea de răspândire: aptitudinea de a umple complet suprafețele, colțurile și volumele cofrajului în care este turnat;
- capacitatea de trecere: aptitudinea de a trece

printre armături chiar și în zonele de armare congestionată fără a se produce separarea constituenților sau blocarea acestora;

- rezistența la segregare: aptitudinea de a reține componentele grosiere ale amestecului în suspensie, pentru a se menține caracterul omogen al materialului.

Aceste proprietăți trebuie satisfăcute împreună cu alte cerințe specifice betonului întărit. În general proprietățile betonului autocompactant în stare întărită sunt similare sau superioare, în raport cu cele ale unui beton convențional echivalent. Se poate spune că gradul de compactare al betonului și în consecință și durabilitatea sa sunt asigurate în mai mare măsură dacă se utilizează un beton autocompactant, pentru că se reduce riscul potențial al erorilor umane ce apar în cazul unei vibrări incorecte și neuniforme (Okamura și Ouchi, 2003).

În cadrul INCERC Sucursala Cluj-Napoca în colaborare cu Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca s-a desfășurat, ca proiect al programului național AMTRANS, un program de cercetare, în întâmpinarea cerințelor de piață și a producătorilor români de elemente prefabricate din beton armat și precomprimat, al căror exponent în cadrul proiectului AMTRANS este SC ASA CONS SRL Turda. Programul de cercetare a avut ca principale

obiective: proiectarea compozițiilor BAC, determinarea caracteristicilor în stare proaspătă și întărită, stabilirea tehnologiei optime de preparare și transport în fabrică, determinarea caracteristicilor reologice și studiul comportării la diferite tipuri de solicitări a elementelor de suprafață realizate la scară naturală din beton autocompactant (Te rec *et al.*, 2007).

2. Materiale utilizate. Proiectarea compozițiilor

Constituenții selectați pentru amestecurile de beton autocompactant (BAC) sunt materiale autohtone: ciment Portland CEM I 52, 5 R, filer de calcar de proveniență Aleșd (adaosul mineral selectat pe post de aportor de parte fină), agregat de râu de proveniență balastiera Luna, jud. Cluj: nisip (0-4 mm), agregat grosier (4-8 mm, 8-16 mm) și aditiv superplastifiant puternic reducător de apă, tip policarboxilic, ViscoCrete 20 HE.

Curbele granulometrice pentru agregatele utilizate sunt prezentate în Fig. 1 (Te rec *et al.*, 2005).

La proiectarea compoziției BAC s-au ținut cont de următoarele recomandări din ghidul european (BIBM, CEMBUREAU, ERMCO, EFA, EFNARC, 2005), privind proporțiile materialelor componente:

- conținutul în masă de parte fină: 380–600kg/ m³;
- conținutul în volum de pastă (parte fină și apă): 300 – 380 l / m³;
- conținutul de apă: 150 - 210 l / m³;
- conținutul în volum de agregat grosier, în masă: 750 – 1000kg / m³, respectiv în volum: 270 – 360 l / m³;
- conținutul de nisip: 48 – 55% din masa totală a agregatului;
- raportul apă / parte fină în volum: 0, 85 – 1, 10.

Dozajul de aditiv superplastifiant s-a stabilit din condiția ca proprietățile în stare proaspătă ale BAC să poată fi menținute timp de minim 20 minute.

3. Metode de încercare a betonului autocompactant în stare proaspătă

Proprietățile betonului autocompactant proaspăt trebuie testate concomitent prin mai multe metode experimentale, pentru diferiți parametri ai lucrabilității. Lucrabilitatea și stabilitatea betonului autocompactant definite prin caracteristicile din tabelul 1, au fost determinate prin metodele de testare aferente proprietății urmărite (Szilágyi *et al.*, 2005).

3. 1. Răspândirea din tasare și T₅₀₀

Încercarea de determinare a răspândirii din tasare este utilizată pentru evaluarea capacității de curgere liberă a betonului autocompactant, în absența oricăror obstrucții. Diametrul masei de beton tasat este o măsură a capacității de umplere a betonului autocompactant.

Încercarea pentru determinarea răspândirii din tasare este cea mai frecvent utilizată, întrucât permite o evaluare corectă a capacității de umplere și poate oferi indicații referitoare la tendința de segregare. Timpul T₅₀₀ reprezintă o a doua indicație privind curgerea. Un timp mai mic indică o capacitate mai mare de curgere. Se consideră ca acceptabil un timp de 3-7 secunde pentru beton la structuri de construcții civile și industriale, respectiv un timp de 2-5 secunde pentru beton la structuri de clădiri de locuit.

În cazul unei segregări severe, majoritatea agregatului grosier rămâne în centrul masei de beton, în timp ce mortarul și pasta de ciment se află pe circumferința masei de beton. În cazul unei tendințe minore de segregare, pot să apară mortar și pasta de ciment fără agregat grosier pe circumferința masei de beton. Echipamentul aferent acestei determinării timpul T₅₀₀ se prezintă în Fig. 2.

3. 2. Testul cu pâlnia V

Testul este utilizat pentru determinarea capacității de umplere (curgerea) a betonului realizat cu agregate cu diametrul granulei de maxim 20 mm. Timpul mare de curgere poate fi asociat cu o deformabilitate scăzută, datorată vâscozității mari a pastei și frecării dintre particule. Dimensiunile pâlniei V sunt prezentate mai jos.

3. 3. Testul cu inelul J respectiv cutia L

Încercarea cu inel J este utilizată pentru determinarea capacității de trecere a betonului autocompactant. Această încercare poate fi utilizată în combinație cu încercarea de tasare, cu încercarea Orimet sau cu încercarea cu pâlnia V. Aceste încercări servesc la evaluarea capacității de curgere și a capacității de trecere a betonului.

Barele inelului J (Fig. 4) pot fi, în principiu, dispuse în orice mod, pentru a modela obstrucționarea mai mult sau mai puțin severă a trecerii BAC de către barele de armătură.

Tabelul 1

Caracteristica	Metode de testare
Curgerea	Răspândirea din tasare
Vâscozitate	T ₅₀₀ ; Pâlnia V
Abilitatea de trecere	Cutia L; Inelul J
Segregarea	Rezistența la segregare (cu sita)

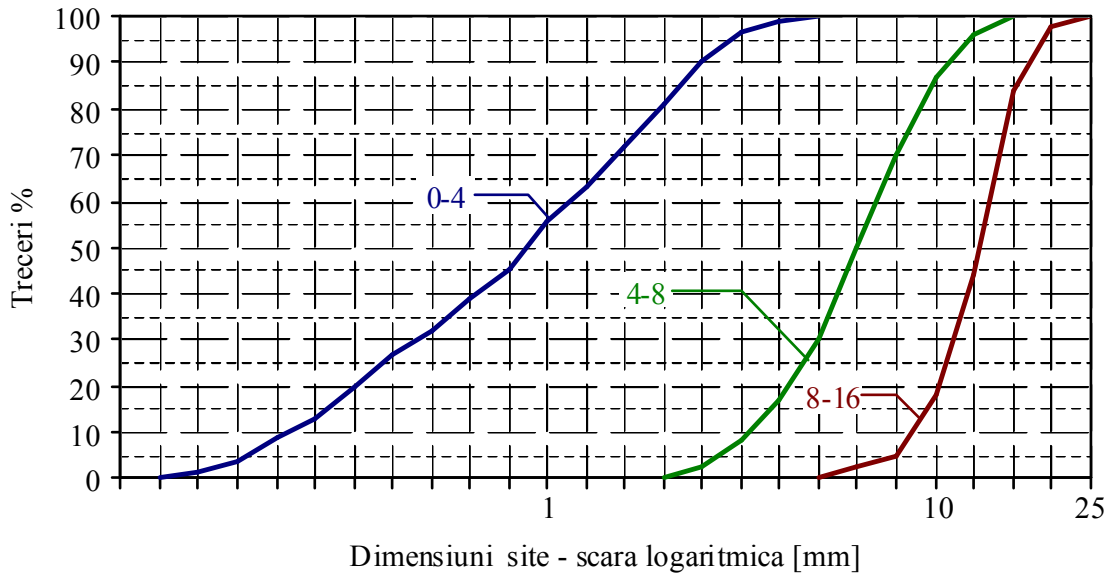


Fig. 1.

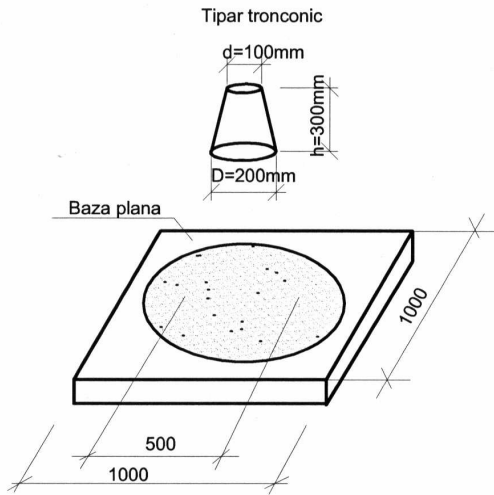


Fig. 2.

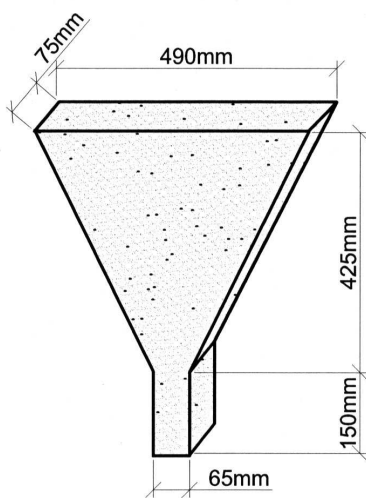


Fig. 3.

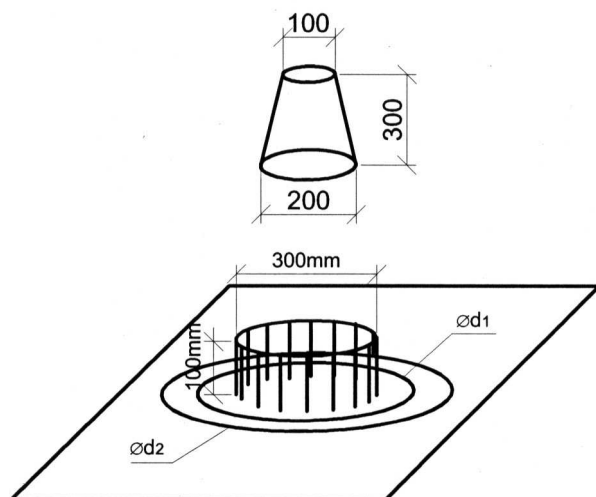


Fig. 4.

Încercarea cu cutia L (Fig. 5) este frecvent utilizată în laborator, pentru a evalua capacitatea de curgere și cea de trecere, ca și pentru detectarea vizuală a tendinței de segregare, blocarea agregatului grosier de către barele de armătură putând fi detectate cu ușurință vizual.

3. 4. Metoda sitei GTM

Această încercare este utilizată pentru a evalua rezistența la segregare a betonului autocompactant. Se consideră că valori ale procentului de trecere (prin sita cu ochiuri de 5 mm) a betonului cuprinse între 5 și 15% indică o rezistență la segregare satisfăcătoare. Valori ale

procentului de trecere prin sită sub 5% indică o rezistență excesivă, care poate afecta aspectul suprafeței betonului autocompactant. Valori ale procentului de trecere prin sită peste 15% și în special peste 30% indică o tendință severă de segregare.

Clasificarea în clase de consistență a betonului autocompactant se face în funcție de proprietatea specifică testată (Scordaliu *et al.*, nepublicat), nominalizându-se 3 clase de răspândire din tasare, 2 clase de vâscozitate, 2 clase privind capacitatea de trecere, 2 clase privind rezistența la segregare, (tabelele 2 – 5):

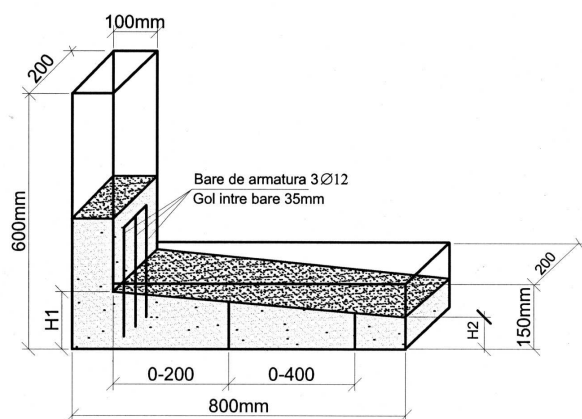


Fig. 5.

Tabelul 2. Clasificare conform claselor de răspândire din tasare

Clasa de răspândire din tasare	Tasarea (mm)
SF1	550... 650
SF2	660... 750
SF3	760... 850

Tabelul 3. Clasificare conform claselor de vâscozitate

Clasa	T ₅₀₀ (sec)
VS1	≤ 2
VS2	> 2

Clasa	Timp de curgere cu pâlnia V (sec)
VF1	≤ 8
VF2	9... . 25

Tabelul 4. Clasificare conform claselor de trecere (cutia L):

Clasa	Capacitatea de trecere
PA1	≥ 0, 80 cu 2 bare
PA2	≥ 0, 80 cu 3 bare

Tabelul 5. Clasificarea conform claselor privind rezistența la segregare

Clasa	Rezistența la segregare în %
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15

4. Program experimental privind comportarea elementelor prefabricate realizate din beton autocompactant

4.1 Elemente experimentale

Programul experimental a fost realizat în scopul cunoașterii comportării elementelor prefabricate din beton autocompactant, la sarcini verticale uniforme distribuite. În acest scop, la stația de betoane din cadrul bazei de producție a societății ASA CONS ROMANIA Turda au fost realizate la scară naturală predale prefabricate precomprimate din beton autocompactant, care au fost proiectate pentru structura supermarketului SELGROS CASH & CARRY România.

Valoarea medie a tasării betonului autocompactant a fost 760 mm, determinată în fabrică. Valoarea medie a rezistenței la compresiune a betonului autocompactant, determinată la 28 de zile pe cuburi cu latura de 150 mm, a fost 65.93 N/mm².

Dimensiunile și detaliile de armare pentru predale (PP-BAC-1 și PP-BAC-2) sunt indicate în Fig. 6. Principalele caracteristici ale armăturilor utilizate la realizarea elementelor prefabricate sunt prezentate în tabelul 6. Standul de încercare și schema de echipare a predalelor precomprimate sunt prezentate în Fig. 7.

Predalele prefabricate au fost încărcate cu un sistem de sarcini concentrate echivalente cu sarcina uniform distribuită și au fost încercate în regim ciclic, și anume: două cicluri sub forța de fisurare și un ciclu sub forța de calcul. Principalii parametri studiați în cadrul programului experimental au fost evoluția fisurilor (distribuție și deschideri), evoluția săgeții maxime în funcție de încărcare, respectiv încărcarea ultimă a tinsă.

4.2 Rezultate experimentale

Au fost efectuate două cicluri până la încărcarea de fisurare, determinată prin calcul, și un ciclu de

încărcare până la încărcarea de calcul. Comportarea celor două predale precomprimate a fost foarte asemănătoare, așa cum rezultă din relevele de fisuri (Fig. 8 și Fig. 9) și din variația săgeții maxime în funcție de încărcare (Fig. 10). Primele fisuri au apărut sub încărcarea p=3, 87 kN/m² pentru elementul PP-BAC-1, respectiv sub încărcarea p=4, 31 kN/m² pentru elementul PP-BAC-2, ambele valori fiind mai mari decât încărcarea de fisurare calculată, și anume 3, 056 kN/m². La sarcina de exploatare calculată p=5, 37 kN/m², deschiderea maximă a fisurilor a fost 0, 05 mm la predala PP-BAC-1, respectiv 0, 02 mm la predala PP-BAC-2. La aceeași încărcare, săgeata maximă a fost 50, 8 mm la predala PP-BAC-1, respectiv 75, 2 mm la predala PP-BAC-2.

La sarcina de calcul p=8, 066 kN/m², deschiderea maximă a fisurilor a fost 0, 12 mm la predala PP-BAC-1, respectiv 0, 10 mm la predala PP-BAC-2. La aceeași încărcare, săgeata maximă a fost 112, 5 mm la predala PP-BAC-1, respectiv 110 mm la predala PP-BAC-2.

La sarcina de rupere calculată p=11, 5 kN/m², deschiderea maximă a fisurilor a fost 0, 50 mm la predala PP-BAC-1, respectiv 0, 30 mm la predala PP-BAC-2. La aceeași încărcare, săgeata maximă a fost 207, 1 mm la predala PP-BAC-1, respectiv 201, 2 mm la predala PP-BAC-2. Principale rezultate obținute sunt sintetizate în tabelul 7.

Predalele precomprimate au cedat la încovoire, așa cum era de așteptat, întrucât aceste elemente au fost încercate, fără suprabetonarea ce se realizează in situ. Săgeata maximă a reprezentat o valoare de aproximativ L/20 (L= deschiderea predalei). Aceste rezultate demonstrează că predalele din beton autocompactant au o comportare similară sau mai bună decât cea a elementelor de referință din beton vibrat. Un aspect din timpul încercării predalelor din beton autocompactant este prezentat în Fig. 11.

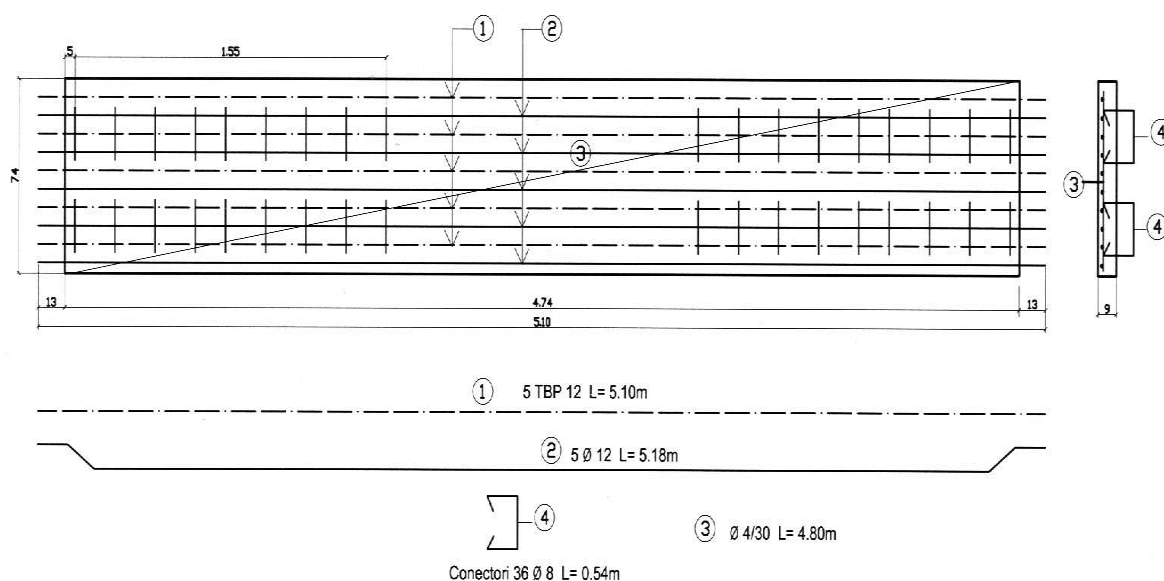


Fig. 6. Dimensiuni și detalii de armare predale precomprimate

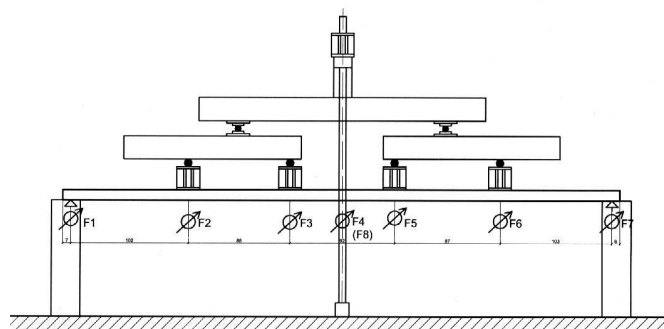


Fig. 7. Stand de încercare și schema de echipare

Tabelul 6

Tip și diametru armătură	Rezistența de curgere $F_{p,0.1} / R_{eh}$ (N/mm ²)	Rezistența de calcul (N/mm ²)	Modulul de elasticitate E (kN/mm ²)
TBP 12	1660	1360	180
PC 52	345	300	210

Tabelul 7

Încărcarea (kN/m ²)	$\alpha_{f,max}$ (mm)		Săgeata maximă (mm)	
	PP-BAC-1	PP-BAC-2	PP-BAC-1	PP-BAC-2
Încărcarea de fisurare 5. 37	0.05	0.02	50, 8	75, 2
Încărcarea de calcul 8. 066	0.12	0.10	112, 5	110
Încărcarea ultimă 11. 500	0.50	0.30	207, 1	201, 2

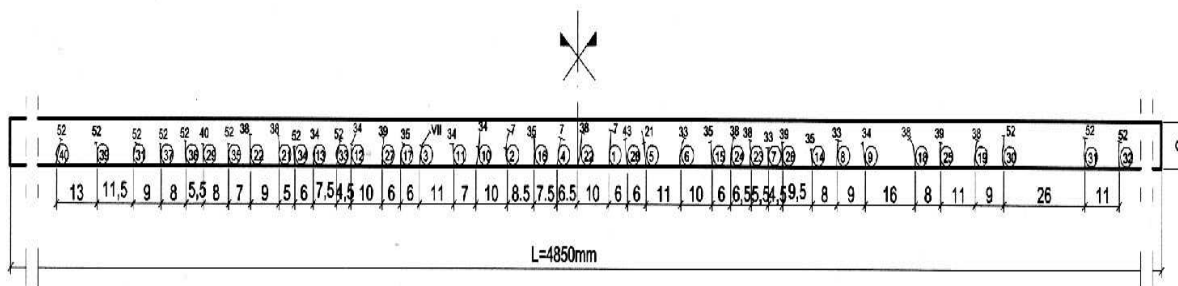


Fig. 8. Relevu fisuri. Element PP-BAC-1

BIBLIOGRAFIE

BIBM, CEMBUREAU, ERMCO, EFCA, EFNARC (2005), *The European Guidelines for Self Compacting Concrete. Specification, Production and Use.*

Okamura H., Ouchi M. (2003), *Self-Compacting Concrete*, Journal of Advanced Concrete Technology **2 (1)**.

Szilágyi H., Terec L., Oneț T., Domșa J. (2005), *Metode specifice de încercări ale betonului autocompactant în stare proaspătă*, SELC, ediția a XVII-a, Neptun.

Terec L., Szilágyi H., Domșa J., Mircea A. (2005), *Beton autocompactant pentru industria de prefabricate în construcții*, Simpozionul Internațional Materiale, Elemente și Structuri Compozite pentru Construcții.

Terec L., Szilágyi H., Domșa J., Mircea A. (2007), *Beton autocompactant de înaltă rezistență. Materiale, performanțe și tehnologie*, Simpozionul Internațional: Betoane de înaltă și foarte înaltă rezistență (materiale, tehnologii, proprietăți, structuri), București.