

ARMAREA DISPERSĂ A BETOANELOR CU FIBRE METALICE. PROPRIETĂȚI ȘI APLICAȚII

***Dr. Ing. Aurora CIOC, ICECON S.A. - București
Dr. Ing. Marian BADIU, ICECON S.A. - Brăila
Conf. Dr. Ing. Doina IOFCEA, Fac. Utilaj Tehnologic pentru Construcții***

Abstract

In the present paper, the strengthening techniques of existing reinforced concrete structures are described with emphasis on column's jacketing with steel fiber reinforced concrete. Structural researchers have demonstrated that steel fiber reinforced concrete can be used as strengthening material. It is characterized by high ductility, low cracks' opening and improved bond with parent surface compare to conventional reinforced concrete. Moreover, practice showed that the addition of steel fibers is highly needed for rapid setting strengthening concrete, which may be required for some structures.

1. Introducere

Cercetări și construcții existente atestă faptul că betonul era materialul folosit de romani încă din sec. II î.e.n. Spre sfârșitul sec. I romanii utilizează pe scară mare betonul în construcția de drumuri și la construcții hidrotehnice. Din sec. II, betonul devine materialul de construcție cel mai mult folosit pentru fundații, pereți și bolți.

Betonul armat a fost inventat în anul 1849 de grădinarul francez Joseph Monier, ce obține un brevet (1867) pentru confecționarea vaselor de flori, fiind, astfel, cel dintâi care a folosit acest material.

În anul 1888 inginerul român Anghel Saligny utilizează, pentru prima dată betonul armat la construcția silozurilor din portul Brăila.

În cadrul expoziției de la Paris din anul 1900 este prezentat un studiu privind stadiul betonului armat în lume, arătând totodată largile posibilități de utilizare a noului material.

Betonul, sub diferitele variante pe care le cunoaștem astăzi, continuă să fie unul din principalele materiale, preponderent folosite în construcții.

Comparativ cu betonul de ciment, simplu (nearmat) care prezintă rezistență mare numai la compresiune, utilizarea betonului armat, ce cuprinde în masa lui o serie de bare de oțel, netede sau cu nervuri ce îi conferă rezistență, prezintă numeroase și însemnate avantaje tehnico-economice, cum ar fi:

- rezistență mecanică și stabilitate ridicată;
- comportare bună la acțiunea temperaturilor ridicate și, mai ales, la incendii de durată și intensitate moderată;
- durabilitate mare, datorită rezistenței deosebite pe care o prezintă betonul și armătura înglobată, la acțiunea distructivă a diversilor agenți chimici și fizici;
- preț relativ mai scăzut;
- posibilitatea realizării unor forme structurale deosebite, capabile să satisfacă diverse cerințe estetice, constructive sau tehnologice;
- lucrări de întreținere reduse și, în general, puțin costisitoare.

Dintre dezavantajele betonului armat, cele mai importante sunt:

- rezistență redusă la întindere;
- greutate proprie apreciabilă, comparativ cu posibilitatea de a prelua tensiuni;
- capacitate redusă de izolare termică, fonică și hidrofugă;
- coroziune avansată în condiții de mediu și exploatare deosebit de agresive.

În prezent, pe plan mondial se înregistrează o tendință de creare a noi tipuri de betoane, care să le conjuge calitățile. Astfel, betonul armat dispers cu fibre (de diferite tipuri și dimensiuni) reprezintă un exemplu în domeniul materialelor de construcții.

2. Armarea dispersă a betonului cu fibre metalice

Primul patent care se referă la element din beton armat dispers cu fibre metalice există din 1874 și a fost brevetat în SUA (California) de A. Bernard care a probat îmbunătățirea rezistenței betonului prin adăugarea unor resturi de oțel inegale. În 1927, tot în California, G.C. Martin brevetează realizarea de conducte din beton armat cu fibre de oțel.

Meischke – Smith în 1920 și Etheridge în 1933 au pus în evidență corelația între forma fibrei și mărirea aderenței. Primul a folosit sârme plate și sârme răsucite cu fețe plane, în timp ce al doilea a utilizat fibre inelare cu diferite mărimi și diametre pentru a ameliora rezistența la fisurarea și rupere a betonului.

Fibrele metalice au fost create pentru a îmbunătăți durabilitatea și flexibilitatea betonului sub sarcini mari, pe perioade îndelungate. Fibrele metalice asigură armarea tridimensională a betonului, asemenea altor micro sisteme.

Betonul armat dispers cu fibre nu poate înlocui în totalitate betonul armat obișnuit. Există însă domenii de utilizare în care betonul armat cu fibre poate fi folosit alternativ sau în completare la cel armat clasic, oferind avantaje constructive și economice.

S-a constatat că fibrele, de orice natură ar fi, îmbunătățesc proprietățile betonului simplu.

Betonul armat dispers cu fibre metalice este definit ca „*material obținut prin amestecul cimentului, agregatelor, fibrelor metalice, aditivilor, adaosurilor minerale și apei la preparare, în proporțiile prestabilite, ale cărui proprietăți se dezvoltă prin hidratarea și întărirea cimentului și interacțiunea dintre fibrele metalice și matrice*”.

Betoanele armate dispers rezultă prin înglobarea în masa betonului a unei cantități variabile de fibre discontinuie.

Majoritatea aplicațiilor din beton armat dispers cu fibre sunt bazate pe principiul îmbunătățirii proprietăților și caracteristicilor mecanice (de rezistență) ale materialului. Totuși, rolul armării cu fibre a betoanelor simple sau armate clasic nu trebuie redus numai la acest principiu al îmbunătățirii rezistențelor, ci mai ales la controlul procesului de fisurare și prin aceasta a îmbunătățirii rezistențelor, a proprietăților de absorbție a energiei și a rezistenței la impact, șoc, variații de temperatură, gradient de temperatură, rezistență la foc.

Cerințele de bază ale fibrelor, când este necesară îmbunătățirea rezistențelor mecanice și întârzierea procesului de fisurare, sunt: rezistență ridicată la alungire și modul de elasticitate adecvat, aderență sporită la matrice, stabilitate chimică; mai mult, fibrele ar trebui să aibă calitatea de a suporta eforturile o perioadă mai mare de timp. Proprietățile fibrelor folosite la armarea dispersă a betoanelor sunt acum, în marea lor majoritate, cunoscute.

Majoritatea aplicațiilor din beton armat dispers cu fibre sunt bazate pe ideea îmbunătățirii proprietăților de rezistență. Totuși, rolul armării cu fibre nu constă, atât în îmbunătățirea rezistențelor statice, cât în controlul procesului de fisurare, și prin aceasta, în îmbunătățirea ductilității, a proprietăților de absorbție a energiei și a rezistenței la impact, șoc și variații de temperatură.

Fibrele s-au produs prin tăierea sârmelor de oțel cu secțiunea transversală rotundă și uniformă.

Pentru mărirea productivității la fabricație, fibrele de oțel se pot grupa în fascicule, tăiate cu cuțite ghilolină sau alte dispozitive speciale.

Fibrele cu suprafață netedă au rezistența la smulgere scăzută datorită slabei aderențe la beton. În vederea îmbunătățirii caracteristicii de rezistență la smulgere, au fost omologate și utilizate tipuri de fibre cu suprafețe deformate. Fibrele ondulate, cu forma continuă pe toată lungimea, au îmbunătățit rezistența la smulgere.

Mai recent, fibrele au fost produse într-o mare varietate de forme, ondulate sau drepte, cu suprafața neprelucrată, cu sau fără capete îngroșate. Acest gen de fibre este utilizat în principal în betoane și, mai rar, în mortare sau paste de ciment, unde, spre deosebire de multe alte fibre, nu sunt afectate de alcalinitatea amestecului.

Fabricarea unor fibre unite la un loc cu ajutorul unei soluții de lipire speciale, solubilă în apă, facilitează utilizarea fibrelor de lungimi mai mari decât în cazul în care acestea ar fi separate, eliminându-se astfel problemele ce apar datorită formării unor gheame (aglomerări de fibre).

Îmbunătățirea proprietăților fibrelor din oțel influențează creșterile de rezistență la întindere ale betonului armat cu astfel de fibre.

În practică, se constată creșterea rezistenței la încovoiere a elementului din beton armat cu fibre din oțel, datorită faptului că distribuția eforturilor în zona întinsă este aproape constantă.

Fibrele metalice pentru armarea dispersă a betoanelor pot fi:

- lise (drepte) tip FML (fig.1, a);
- cu ciocuri la capete tip FMC (fig.1, b);
- ondulate tip FMO (fig.1, c);
- frezate tip FMF (fig.1, d).

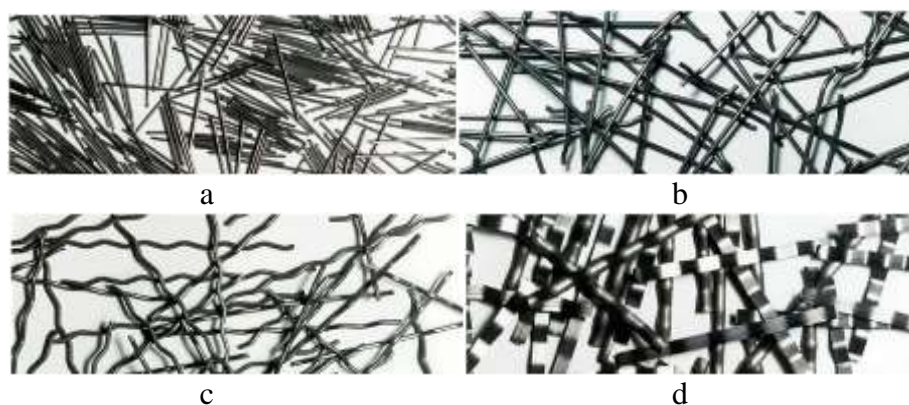


Fig.1

Principalele caracteristici tehnice ale fibrelor metalice sunt prezentate în tabelele 1 și 2.

Tabel 1

Tip fibre metalice	Tip secțiune transversală	Diametru (mm)	Lungime (mm)	Rezistență la tracțiune (N/mm ²)
Lise (drepte) FML	rotundă	0,175 – 0,42	6; 12,5; 16; 25	min. 1000
Cu ciocuri FMC		0,5 – 1,05	25; 30; 50; 60	
Ondulate FMO		0,5 – 1,05	25; 50	
		0,8	30	

Tabel 2

Tip fibre metalice	Lungime (mm)	Lățime (mm)	Rezistență la tracțiune (N/mm ²)
Frezate FMF	32 ± 2	3,80 ± 0,50	min. 800

Fibrele metalice pentru armarea dispersă a betoanelor sunt fabricate din sârma din oțel trasă la rece, cu conținut scăzut de carbon (ex: SAE1008 similar cu OL37) sau din oțel inox (ex: SS302/SS304).

Fibrele frezate din oțel pentru armarea dispersă a betoanelor sunt fabricate din brame de oțel carbon (ex: S355 similar cu OL52).

Punerea în operă a betoanelor armate dispers cu fibre metalice, din oțel cu $\sigma_t \geq 1000$ N/mm² se realizează fără dificultăți într-o tehnologie de execuție normală astfel:

- în cazul lucrărilor din beton armat dispers monolit și în cazul realizării de elemente prefabricate din beton armat dispers, se aplică prevederile din reglementarea tehnică „Normativ pentru producerea și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat - Partea 2: Executarea lucrărilor din beton”, indicativ NE 012/2:2010, precum și din standardul SR EN 206-1:2002 cu amendamentele SR EN 206-1:2005/A1 și SR EN 206-1:2006/A2 și erata SR EN 206-1/C91:2008, cu completările necesare legate de dozarea fibrelor metalice, prepararea, compactarea și finisarea betoanelor armate dispers;
- proiectarea compozițiilor betoanelor armate dispers cu fibre metalice se face conform “Ghidului pentru stabilirea criteriilor de performanță și a compozițiilor, pentru betoanele armate dispers cu fibre metalice” - GP 075-02, având în vedere următoarele aspecte:
 - Compoziția betoanelor armate dispers se stabilește pe bază de încercări inițiale, conform SR EN 206-1:2002 cu amendamentele SR EN 206-1:2005/A1 și SR EN 206-1:2006/A2 și erata SR EN 206-1/C91:2008 și GP 075-02;
 - Dozajele de ciment, fibre metalice și agregate fine din beton se vor încadra în limitele indicate de proiectant (dozaje mai mari sau mai reduse de fibre metalice sau ciment, fiind admise în situațiile în care acestea sunt justificate la proiectare pe criterii tehnice economice și se asigură respectarea cerințelor privind clasele de durabilitate conform SR EN 206-1:2002 cu amendamentele SR EN 206-1:2005/A1 și SR EN 206-1:2006/A2 și erata SR EN 206-1/C91:2008 și prin alte norme aflate în valabilitate la proiectarea lucrărilor);
 - Armarea dispersă a betoanelor cu fibre frezate din oțel, cu rezistență de rupere la tracțiune $\sigma_t \geq 800$ N/mm², presupune introducerea fibrelor în beton în dozajele prevăzute prin proiectul lucrărilor ce se execută, fără dificultăți, într-o tehnologie normală de preparare a betonului;
 - Dozajul minim recomandat este de 20 kg fibre/m³ beton, dozajul maxim fiind de 100 kg fibre/m³ beton. Dozaje mai mari pot să fie utilizate atunci când sunt justificate de proiectant pe bază de calcule și rezultate ale unor încercări de laborator concludente.
 - Compoziția betoanelor armate dispers se stabilește în funcție de cerințele de performanță, pentru elementele și structurile ce se execută, având în vedere prevederile SR EN 206-1:2002 cu amendamentele SR EN 206-1:2005/A1 și SR EN 206-1:2006/A2 și erata SR EN 206-1/C91:2008 și GP 075-02 și documentelor naționale de aplicare a normelor europene.
 - Dozarea fibrelor de oțel, se face ori în stația de betoane (amestecând cu agregate în malaxor), ori direct în autobetonieră tot în stația de betoane sau pe șantier.
 - Dozarea fibrelor în amestecul proaspăt de beton trebuie efectuat relativ cât mai uniform și timp de 8-10 minute energic amestecat (în cazul autobetonierei minim 10 minute cu turație maximă). După aceasta, betonul astfel obținut se pune în operă prin metode clasice cu o compactare intensivă.
 - Utilizarea betoanelor întărite cu fibre de oțel este recomandată datorită avantajelor lor tehnice și economice, cum ar fi: costuri mai mici de materiale, scăderea substanțială a timpului de execuție, turnarea betonului nu trebuie executată obligatoriu cu pompa, amestecul însă este pompabil. Nu este neapărat necesar beton de montaj (beton de egalizare) și armătură, betonul fiind preamestecat și întărit cu fibre, suprafața se prelucrează mai ușor și se adaptează deosebit de bine la sisteme moderne de prelucrare a suprafețelor.

- Betonul cu fibre de oțel este capabil de preluare de sarcini, a cărei valoare depinde: de rezistența fibrelor de oțel ($600 - 1200 \text{ N/mm}^2$), de forma lor, de capacitatea lor de ancorare, de dimensiunea lor ($\varnothing 0,5-1,2 \text{ mm}$; $L = 25-60 \text{ mm}$) și de cantitatea lor ($20-100 \text{ kg/m}^3$).

3. Aplicații ale betonului armat dispers cu fibre

Betonul armat dispers cu fibre metalice, sub formă de elemente monolite, este folosit în diverse aplicații, cum ar fi:

- construcția, ranforsarea și repararea îmbrăcăminților rutiere, pistelor de aerodromuri și tablierelor de poduri:

- lucrări în mine și tuneluri;
- acoperișuri industriale;
- elemente refractare;
- repararea deversoarelor la baraje;
- stabilizarea taluzurilor.

În construcția de tuneluri, betonul armat cu fibre poate fi folosit sub formă torcretată, extrudată sau sub formă de elemente prefabricate. Avantajele principale ale torcretului armat cu fibre sunt: îmbunătățește rezistența la fisurare, rezistența la întindere a betonului, etc.

Din punctul de vedere economic, utilizarea acestui beton reduce considerabil timpul de execuție. O arie largă de utilizare este și consolidarea pereților din zidării sau beton a tunelurilor existente parțial avariate.

Utilizarea betonului armat cu fibre este și o soluție pentru întreținerea construcțiilor în cazul necesității unei acoperiri optime a armăturii din oțel, ceea ce conduce la mărirea durabilității și siguranței prin protecția la coroziune a armăturii.

Betonul armat cu fibre, pus în operă prin pompare, poate fi utilizat în tehnologia de extrudare împreună cu scuturile de tunel, obținându-se un sistem închis de susținere între suprafața scutului de tunel până la grosimea definitivă a construcției, un sistem care are pe tot conturul contact direct cu suprafața săpăturii, reducând la minim umplutura.

Exploatarea miniere folosesc betonul armat cu fibre, atât pentru realizarea noilor galerii, cât și pentru repararea galeriilor existente.

Acest material s-a folosit și se folosește la realizarea pardoselilor, a pistelor pentru aeroporturi, la construcția unor depozite și garaje subterane, la realizare stâlpilor pentru instalațiile electrice etc.

Betonul armat cu fibre este avantajos pentru realizarea fundațiilor de mașini cu solicitări dinamice, datorită rezistenței sporite la șoc, a comportării favorabile la amortizare și la deformare.

În Marea Britanie, Belgia, Austria și Olanda conductele din beton armat cu fibre se folosesc în mod curent.

Consolidarea versanților stâncoși, a taluzurilor, realizată cu beton torcretat cu fibre, are avantaje tehnico-economice datorită unei bune adaptări a legăturii la structura terenului și micșorarea timpului în procesele de armare.

Rezistența la foc este mărită prin utilizarea la armare a fibrelor ce protejează armătura longitudinală și transversală formată din bare.

La întreținerea și consolidarea construcțiilor hidrotehnice, supuse eroziunii, poate fi folosit eficient betonul armat cu fibre. Betonul armat cu fibre oferă o alternativă la armătura convențională, având ca avantaj timpul și costurile reduse de execuție a lucrărilor.

În tabelul 3 prezentăm câteva caracteristici tehnice ale diferitelor tipuri de elemente de construcții armate cu fibre de oțel.

Tabel 3

Caracteristici	Tunel	Baraj	Drum	Platformă de pod	Pantă	Pavaje industriale	Construcții	Armare secundară
Rezistența la fisurare	E	E	E	E	E	E	E	E
Rezistența la impact	B	E	E	E	S	S	B	S
Rezistența la abraziune	B	E	E	E	-	S	B	B
Rezistența la îngheț-dezghet	E	E	E	E	E	E	E	E
Rezistența la uzură	-	-	S	E	-	E	-	S
Rezistența la foc	S	-	-	B	-	S	S	S
Rezistența la forfecare	E	-	S	E	E	S	S	S
Reducerea greutateii și grosimii	E	B	S	S	S	B	E	E
Cost economic	S	S	B	E	S	E	B	B

E - excelent; B - bine; S - satisfăcător

Prezentăm pe scurt avantajele performanței fibrelor de metal în pavajele de beton:

Forța de încovoiere - În timpul comportamentului critic post-fisurare a matricei de beton, poate fi demonstrată superioritatea fibrelor de oțel, fibrele metalice cu ciocuri necesită un aport de energie sporit pentru extragerea din matrice. Pentru un conținut al fibrelor ce variază de la 20 kg/m³ al 45 kg/m³ ordinul de creștere al rezultatului la încovoiere reziduală este de aproximativ de 60%.

Rezistența la oboseală prin încovoiere a betonului cu fibre de oțel este mai mare decât a betonului simplu. Fibrele metalice previn dezvoltarea unor fisuri majore în betonul supus sarcinilor ciclice. Rezistența la oboseală îmbunătățită permite fibrelor de metal să fie folosite eficient în pavaje, straturi de acoperire și a acoperirilor propriu-zise.

Rezistența la impact - Fibrele de oțel sporesc rezistența la impact a betonului prin abilitatea inerentă de a crește forța matricii și de a absorbi energia.

Rezistența la abraziune - Fibrele de oțel sunt orientate aleatoriu și dispersate uniform în masa betonului. Rezultatul este că suprafața betonului este mai bine armată astfel încât se mărește rezistența la abraziune a betonului.

Durabilitatea - Fibrele de oțel au fost folosite în diferite aplicații ce implică o gamă largă de condiții de mediu. Fibrele metalice s-au comportat bine pentru că sunt scurte și discontinue. Aceste trăsături îmbunătățesc rezistența la coroziune cauzată de efectele oxidării.

Avantaj economic - Fibrele de oțel introduse în beton aduc o gamă de avantaje economice:

- Pregătire rapidă și așternerea stratului de beton;
- Substituirea formelor convenționale de armare unde este cazul;
- Reducerea costului de muncă ce este în mod normal asociat cu fixarea metalului;
- Reducerea posibilă a grosimii dalelor;
- O mai ușoară turnare a betonului;
- Fiabilitatea crescută a rosturilor pe durata de viață a plăcii;
- Potențiale reduceri ale costului de întreținere.

În Laboratorul **ICECON TEST** din cadrul **ICECON S.A.**, s-au preparat 4 compoziții de betoane, din care 2 compoziții betoane martor și 2 compoziții betoane armate dispers cu fibre din oțel (tabelul 4, Raport de încercare nr. **RI – 13.10.405**), diferențiate prin :

- dozajul de ciment: 332-580 kg/m³;

- dozajul de fibre metalice: 31 ... 82 kg/m³;
 - raport A/C 0,58... 0,33.
- Analiza rezultatelor obținute indică în principal următoarele :

Tabel 4

Compoziția și caracteristicile betonului	C ₁ martor	C ₁ cu fibre	C ₂ martor	C ₂ cu fibre	
					Rezultate obținute
Betonul proaspăt					
• gradul de compactare	1,10	1,11	1,11	1,12	
• densitate, kg/m ³	2388	2397	2396	2407	
Betonul întărit					
R _c 2 zile, N/mm ²	14,4	14,6	28,2	29,1	
R _c 7 zile, N/mm ²	19,2	19,5	66,3	68,5	
R _c 28 zile, N/mm ²	30,1	31,8	76,8	80,6	
R _t 28 zile, N/mm ²	3,8	4,7	4,6	9,8	
• contracții la 28 zile, mm/m	0,21	0,23	0,25	0,25	
Reacția la foc	A ₁ (C ₀)	A ₁ (C ₀)	A ₁ (C ₀)	A ₁ (C ₀)	

• La compoziții și la lucrabilități (exprimate prin grad de compactare), aproximativ egale, betoanele armate dispers asigură în raport cu betoanele simple (martori), următoarele:

- creșterea ușoară a rezistenței a compresiune la 28 de zile și o creștere importantă a rezistenței la întindere la 28 de zile în funcție de compoziție;

- contracții egale sau ușor inferioare betoanelor martor, însă în cazul betoanelor armate dispers datorită unei rezistențe mai mari la întindere, se reduce sau elimină tendința de finisare a betonului;

- o comportare ductilă și capacitatea de a prelua solicitări și deformații post vârful de sarcină. (a se vedea figura 2).

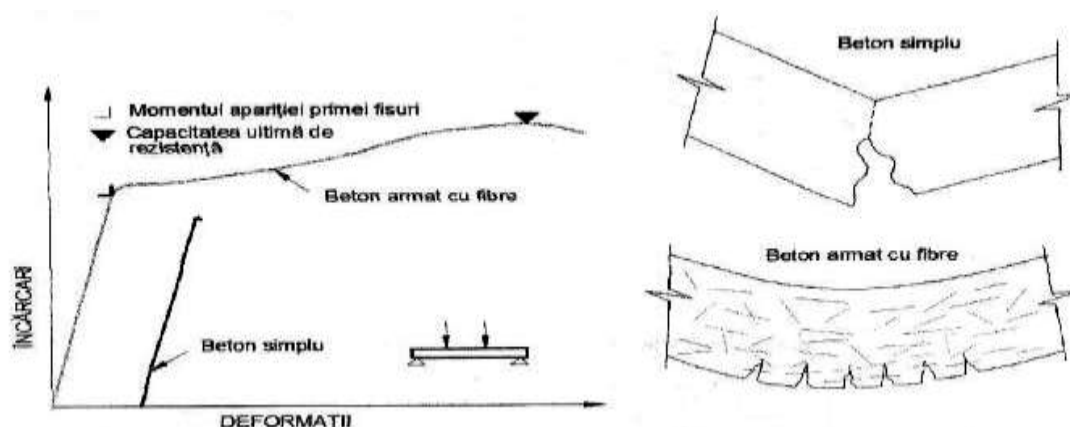


Fig. 2

Fibrele metalice din beton utilizate ca armatură dispersă permit preluarea eforturilor de întindere induse de solicitările la care este supus elementul de construcție din beton. Forma ondulată a fibrelor permite atât o bună ancorare în beton cât și a fibrelor între ele, realizându-se o rețea uniformă, în întreg volumul elementului de construcție din beton.

4. Controlul producției de beton armat dispers și realizarea performanțelor elementelor și lucrărilor realizate

Controlul producției de beton armat cu fibre din oțel și realizarea performanțelor elementelor și lucrărilor realizate se face conform:

- codului de practică pentru lucrările din beton, beton armat și beton precomprimat pentru lucrările executate monolit;

- codului de practică pentru realizarea elementelor prefabricate din beton, beton armat și beton precomprimat pentru elementele prefabricate, cu următoarele precizări:

- fibrele metalice se controlează pentru fiecare lot pe baza documentului de calitate emis de producător;

- pentru lucrări importante și în caz de dubiu, fibrele sunt controlate la un laborator de specialitate cu determinarea rezistenței la tracțiune pe cel puțin trei probe din sârma din care sunt fabricate fibrele sau cel puțin 10 fibre. Se verifică și toleranțele dimensionale și aspectul suprafeței, procedându-se conform normelor în vigoare pentru fibrele neconforme;

- lucrabilitatea betonului armat cu fibre este indicat să fie determinată prin metoda VE-BE sau a gradului de compactare și în mod informativ prin metoda răspândirii și a tasării.

5. Concluzii

- Datorită caracteristicilor sale (rezistența la încovoiere, mai mare de trei ori decât a betonului convențional, rezistență la oboseală, rezistență la deteriorare în caz de impact – capacitate ridicată de a absorbi și disipa energia - permeabilitate mare, rezistență la abraziune și exfoliere, eliminarea fisurilor), betonul armat cu fibre este un material ideal pentru diferitele aplicații menționate.
- Folosirea tehnicilor adecvate de preparare și punere în operă a betonului armat dispers cu fibre metalice (chiar dacă acestea sunt scumpe), asigură realizarea calitativă a lucrărilor, durate de execuție reduse, cu consecințe economice favorabile.
- De asemenea, un aspect fundamental în utilizarea betonului armat dispers cu fibre metalice îl reprezintă autorizarea proceselor de fabricație a fibrelor și a calității betonului ce urmează a fi pus în operă, acestea trebuind să primească confirmarea că îndeplinesc caracteristicile și cerințele calitative prevăzute în norme.
- Proprietățile betonului armat cu fibre din oțel sunt mai critice decât proprietățile fibrelor considerate în mod independent. Din acest motiv, standardul european SR EN 14889-1 "Fibre pentru beton. Partea 1: Fibre de oțel. Definiții, specificații și conformitate" este o "specificație de performanță", în măsura în care se impune producătorilor să declare un dozaj de fibre pentru a atinge un nivel minim de performanță (rezistență la încovoiere reziduală post-fisurare) într-un beton de referință. Acest lucru permite utilizatorului să compare echitabil performanțele așteptate pe tipuri de fibre diferite. Aceste informații, împreună cu descrierea fibrei, rezistența la tracțiune, modulul de elasticitate și modul în care dozajul minim influențează consistența (lucrabilitatea) sunt cuprinse pe eticheta atașată la fiecare sac cu fibre din oțel.

Bibliografie

- Decizia: 99/469/EC, Familia de produse, produsul / utilizarea preconizată: Produse aferente betonului, mortarului și pastei de ciment (1/2): – Fibre (pentru utilizări structurale în beton, mortar și pasta de ciment);
- SR EN 14889-1:2007 "Fibre pentru oțel. Partea 1: Fibre de oțel. Definiții, specificații și conformitate".
- SR EN 206-1:2002 cu amendamentele SR EN 206-1:2005/A1 și SR EN 206-1:2006/A2 și erata SR EN 206-1/C91:2008. „Beton. Partea 1: Specificație, performanță, producție și conformitate”
- GP-075-02 „Ghid pentru stabilirea criteriilor de performanță și a compozițiilor pentru betoanele armate dispers cu fibre metalice”.
- CP 012-1: 2007 „Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat partea 1: producerea betonului”.
- NE 012/2-2010 „Normativ pentru producerea betonului și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat, Partea 2: Executarea lucrărilor din beton”.

- CIOC, Aurora, BADIU, Marian, - „Fibre din oțel pentru armarea betonului în conformitate cu standardul european armonizat SR EN 14889/1:2007, ”, Al XVII-lea Simpozion național de utilaje pentru construcții SINUC 2011. UTC București, decembrie 2011.
- CIOC, Aurora, BADIU, Marian, - “Cerințe din standardul european armonizat SR EN 14889-1 care trebuie îndeplinite de fibrele din oțel pentru armarea betonului”- Revista Construcțiilor nr. 84 iunie 2012
- IOFCEA, Doina, BADIU, Marian, - „Certificarea produselor de construcții - obligativitate și necesitate”, Conferința tehnico-științifică internațională” Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului”: 15-16 noiembrie 2012, Chișinău.
- Prospecte produse SC CHIRCU PROD IMPEX COMPANY SRL București.
- Prospecte produse SC NEOTEHNIC MACON SRL București.