



Departamentul C.C.I.A.



Filiața Timișoara



Grupul Român IABSE

ZILELE ACADEMICE TIMIȘENE
Ediția a IX-a, 26-27 mai 2005

**Lucrările Simpozionului Internațional
MATERIALE, ELEMENTE ȘI STRUCTURI
COMPOZITE PENTRU CONSTRUCȚII**



Editori: Corneliu BOB și Valeriu STOIAN

Publicat de Editura MIRTON
TIMIȘOARA - 2005

ARMAREA BETOANELOR CU FIBRE DIN MASE PLASTICE, DE TIPUL „POLITON” ȘI „FIBRIN”, REALIZATĂ DISPERS

Petru Răpișcă¹, Ioan Tuns², Florin Tămaș³

¹Conf. dr. ing. Univ. „Transilvania” Brașov, Fac. de Construcții,

²Conf. dr. ing. Univ. „Transilvania” Brașov, Fac. de Construcții,

³Asist. ing. Univ. Tehnică din Cluj-Napoca, Fac. de Construcții

Summary

Here we present assessments related to reinforced concrete research area, mainly disperse or independent bars reinforced concrete or FRP reinforced concrete, detailing positive and negative aspects of the subject, as well as presenting the use of „POLITON” and „FIBRIN” fibre in disperse reinforcement of reinforced concrete sections.

1. DESPRE FOLOSIREA FRP-ULUI LA ARMĂRI STRUCTURALE

Aplicabilitatea armării cu FRP (fibre polimerice îmbunătățite) a structurilor de beton, ca substitut al barelor de oțel sau toroanelor pretensionate a fost studiată intens în numeroase laboratoare de cercetare și de organizații profesionale din întreaga lume.

Armarea cu FRP oferă numeroase avantaje, cum ar fi rezistență la coroziune, proprietăți non-magnetice, rezistență mare la întindere, greutate mică și ușurință în manipulare.

Totuși, prezintă un răspuns liniar elastic la întindere până la rupere (caracterizat printr-o rupere casantă) și rezistențe relativ scăzute la solicitări transversale sau forță tăietoare.

De asemenea prezintă rezistențe scăzute la foc sau când sunt expuse la temperaturi ridicate.

Pierd o cantitate importantă din rezistența la încovoiere și sunt sensibile (e vorba de elementele obținute cu armarea cu FRP) la efectul tensiunilor de rupere.

De asemenea, costul lor, raportat în funcție de unitatea de masă sau de capacitatea portantă, este mare comparativ cu armarea convențională cu bare de oțel sau armături pretensionate.

Din punctul de vedere al unui inginer de structuri, cea mai importantă problemă a armării cu FRP este lipsa comportării plastice și rezistența scăzută la forță tăietoare la solicitări transversale.

Aceste caracteristici pot conduce la ruperi premature, mai ales în cazul suprapunerilor de efecte, cum ar fi în cazul planurile de forfecare la grinzile de beton armat, când este prezentă și solicitarea de compresiune.

Solicitarea de compresiune reduce tensiunile reziduale și rezistența la forfecare a armăturii.

S-au oferit soluții și restricții în utilizarea acestei armări, așteptându-se, totodată, inovații continue, în perspectivă.

Prețul de cost al armării cu FRP este așteptat să scadă semnificativ, odată cu creșterea cererii și ofertei de piață. Oricum, există chiar și astăzi, utilizări eficiente (preț de cost justificabil) ale armării cu FRP.

Asemenea situații includ folosirea foilor sau plăcilor întărite cu FRP la reabilitarea și consolidarea structurilor de beton și folosirea plaselor și țesăturilor din FRP la elementele (produsele) subțiri din ciment.

Fără satisfacerea condițiilor de ductilitate, FRP nu pot fi utilizate în siguranță în aplicațiile structurale ingineresti. S-au întreprins vaste studii (cercetări) experimentale și teoretice legate de ductilitatea grinzilor de beton precomprimat sau parțial precomprimat, armate cu fascicule de FRP.

Principalul obiectiv al acestor studii a fost de a evalua ductilitatea grinzilor de tipul amintit anterior, prin diverse măsurători și de a sugera măsuri de îmbunătățire a ductilității pentru aplicațiile structurale.

Conform cercetărilor efectuate de profesorul A.E. Naaman, șef de departament inginerie civilă și a mediului, de la Universitatea Michigan, se prezintă comparația între indicele de ductilitate ale grinzilor armate cu FRP și a celor cu bare de oțel, în graficul alăturat.

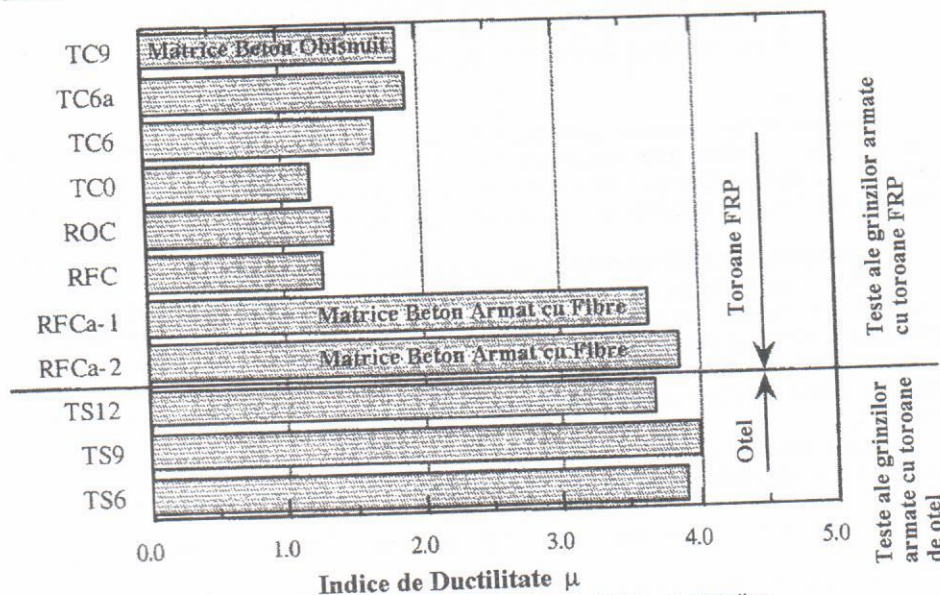


Fig. 1 Comparație între indicele de ductilitate al grinzilor cu FRP și cele cu bare (fascicule) de oțel

Ductilitatea structurală poate fi îmbunătățită pe mai multe căi, cea mai evidentă fiind cea a folosirii de materiale ductile.

Totodată, mai poate fi realizată și prin următoarele măsuri: confinare prin armătură fibrată (dispersă), confinare prin spiralare și bride, toroane dispuse în straturi la precomprimare efectivă, fascicule disperse, etc.

Proiectarea secțiunilor și dispunerea rațională a armăturii pentru a beneficia de întreaga capacitate de deformare a betonului coroborată cu cea a armăturii este un obiectiv esențial al proiectării unor astfel de structuri, în scopul folosirii FRP-ului atât ca armare dispersă cât și ca armare cu bare de FRP, ca armarea tradițională.

2. PARTICULARITĂȚI ALE BETOANELOR ARMATE CU FIBRE DIN MASE PLASTICE

Existența fibrelor într-o matrice (pasta de ciment, mortar sau beton) prezintă, în general, două efecte importante:

- pentru început, acestea tind să întărească amestecul sub toate formele de încărcare ce induc efort de întindere, încovoiere și forfecare;
- ulterior, cresc ductilitatea și duritatea unei matrici, altfel inerent sfărâmicioasă.

Pentru obținerea unor betoane de calitate, la alegerea tipului de fibre trebuie să se aibă în vedere:

- lungimea minimă a fibrelor;
- aderența suprafeței fibrei la matrice;
- distribuția și orientarea fibrelor în matrice;
- intervalul dintre fibre;
- raportul sau aspectul geometric al fibrelor.

Cea mai importantă proprietate a fibrelor din compoziția betoanelor cu armare dispersă este aceea de împiedicare și control a procesului de fisurare.

Acest lucru duce la imediată îmbunătățire a tuturor celorlalte proprietăți dependente de procesul de fisurare (rezistență, tenacitate, ductilitate, rezistență la impact, oboseală, variații termice, etc.).

Nu întotdeauna se realizează faptul că rezistența este de cele mai multe ori singurul criteriu avut în vedere la proiectare.

Deseori se trece cu vederea faptul că este destul de important în executarea elementelor de construcție controlul apariției și dezvoltării fisurilor, fenomen care reduce capacitatea de rezistență a elementelor de construcție, în evitarea căruia fibrele joacă un rol foarte important.

3. DESPRE BETOANE ARMATE CU FIBRE „POLITON” ȘI „FIBRIN”

Fibrele POLITON și FIBRIN sunt produse, realizate și distribuite de KAPOSPLAST Ltd. din Ungaria și ADFIL UK Ltd. din Anglia.

Tipurile de fibre, dimensiunea lor, forma, materia primă, dozajul de beton și mortar precum și indicația de folosire a acestor fibre din mase plastice sunt prezentate în tabelul 1, respectiv tabelul 2.

Tabelul 1

Fibră POLITON	Materie primă	Folosința generală	Dimensiunile fibrei	Forma fibrei	Dozaj informativ [kg/m ³] beton
BVD – 5	polipropilena	mortare	Ø 0,18 x 5 mm	împletitură	2 – 3
BVS – 15	- // -	mortare/betoane	Ø 0,18 x 15 mm	monofilament	1
BVS – 20	- // -	betoane	Ø 0,18 x 20 mm	- // -	1
BVS – 25	- // -	- // -	Ø 0,18 x 25 mm	- // -	1
BVS – 40	- // -	- // -	Ø 0,18 x 40 mm	- // -	1
BVD – 60	- // -	- // -	Ø 0,18 x 60 mm	- // -	2
V – 40	- // -	- // -	Ø 1,1 x 40 mm	macro-fibră	8

Tabelul 2

Fibră FIBRIN	Materie primă	Folosința generală	Dimensiunile fibrei	Forma fibrei	Dozaj informativ [kg/m ³] beton
FIBRIN XT	polipropilena	betoane	Ø 22µm x 12-18 mm	monofilament	0,90
FIBRIN XT SPECIAL	- // -	- // -	Ø 22µm x 12-18 mm	- // -	0,90
FIBRIN 23D	- // -	mortare/betoane	Ø 22µm x 12-18 mm	- // -	0,90
FIBRIN 323	- // -	- // -	Ø 18µm x 3 mm	- // -	0,90
FIBRIN 623	- // -	- // -	Ø 18µm x 6 mm	- // -	0,90
FIBRIN 660F	- // -	- // -	Ø 60µm x 6 mm	fibră fibrilată	0,90
FIBRIN 1260F	- // -	- // -	Ø 60µm x 12 mm	- // -	0,90
FIBRIN 650	- // -	betoane	Ø 50µm x 6 mm	- // -	0,90
FIBRIN 1950	- // -	- // -	Ø 50µm x 19 mm	- // -	0,90
FIBRIN 1832	- // -	- // -	Ø 32µm x 18 mm	monofilament	0,90
FIBRIN DURUS	- // -	- // -	Ø 0,1mm x 40 mm	macro-fibră	8
IGNIS	- // -	mortare/betoane	Ø 18µm x 12 mm	monofilament	1 – 3
FIBRIN CRACKSTOP-50	- // -	- // -	Ø 22µm x 6,12 mm	- // -	0,5% din dozajul de ciment

3.1. FACTORI CARE INFLUENȚEAZĂ COMPORTAREA BETONULUI CU ARMARE DISPERSĂ CU FIBRE DE PLASTIC

Conținutul de fibre. Pentru îmbunătățirea proprietăților betonului obișnuit, este necesară o cantitate de fibre de oțel de minim 25 Kg/m^3 , corespunzător la circa 1 % din greutatea amestecului și 0,33 % din volumul total al amestecului. Eficiența adaosului de fibre sporește odată cu creșterea conținutului său.

Orientarea fibrelor. Orientarea unei fibre față de planul fisurii influențează puternic capacitatea ei de a transmite sarcina prin fisură.

O fibră care are o orientare paralelă cu fisura nu exercită nici un efect favorabil, în timp ce una perpendiculară pe fisură are un efect maxim.

Aspectul geometric. Este unul din factorii care influențează compactibilitatea betoanelor microarmate și, odată cu aceasta, rezistența și modul de comportare.

Textura, forma și natura suprafeței fibrei. Orice tehnică de creștere a rezistenței la forfecare a legăturii dintre suprafața fibrei și matrice mărește valoarea rezistenței în fibră și îi îmbunătățește eficiența. Astfel de tehnici includ procese de producere a unor fibre cu suprafețe deformate sau cu asperități, cu capete deformate sau profilate în lungul lor.

Agregatele. În afara factorilor menționați anterior, mărimea, forma și volumul fracțiunii agregatelor exercită, de asemenea, o anumită influență asupra proprietăților betonului cu armare dispersă. Cu cât dimensiunile agregatelor sunt mai mari, cu atât mai mari sunt și problemele de asigurare a aderenței dintre fibre și matrice.

Cimentul influențează comportarea betoanelor cu armare dispersă prin cantitatea adăugată. Astfel, o cantitate mai mare de ciment asigură o aderență mai bună între fibre și matrice, ceea ce determină o comportare mai bună a materialului în procesul de apariție a fisurilor, de comportare la acțiuni exterioare și la deformații.

Evaluarea dozajului la betoane armate cu fibre de plastic:

Evaluarea dozajului de materiale componente este indicat a se face pe baza unor încercări preliminare. Stabilirea dozajului inițial de materiale necesită următoarele faze:

- pentru cantitatea de apă A_1 se folosește relația:

$$A_1 = C_1 \cdot C_2 \cdot A_0, \text{ [l/m}^3\text{]};$$

- cantitatea de ciment se evaluează cu relația:

$$C_1 = \frac{A_1}{\left(\frac{A}{C}\right)_{\min}}, \text{ [kg/m}^3\text{]};$$

- pentru evaluarea cantității totale de agregate se are în vedere relația:

$$1000 \text{ dm}^3 = \frac{G_{ag}}{\rho_{ag}} + \frac{C}{\rho_c} + \frac{A}{\rho_a} + a;$$

- dozajul de fibre de plastic este cel din tabelele 1 și 2;

- aditivii - în cazul betoanelor armate cu fibre de plastic se folosesc aditivi plastifianți care au un efect favorabil privind îmbunătățirea lucrabilității acestor betoane, știut fiind faptul că adaosul de fibre înrăutățește această caracteristică a betonului proaspăt.

Raportul Comitetului ACI - 544 a stabilit anumite limite a dozajelor materialelor componente pentru un beton obișnuit, armat cu fibre de plastic, date ce sunt cuprinse în tabelul 3.

Tabelul 3

Materiale componente	U.M.	Rețeta normală	Rețeta cu cenușă
Dozaj de ciment	Kg/m ³	325 – 600	290
Cenușă de termocentrală	Kg/m ³	-	130
Raportul A/C	-	0,4 – 0,6	0,54
Agregate – dimensiune max.	mm	10	10
Agregate – parte fină	%	50 – 100	50
Conținut de aer	%	6 – 9	-
Proc. de armare volumetric	%	vezi tabelul 1 și 2	

3.2. REZISTENȚELE MECANICE ALE BETOANELOR ARMATE CU FIBRE DE PLASTIC

Rezistența la întindere. Comportarea la întindere a betoanelor armate cu fibre de plastic, în cazul general, depinde de procentul de armare cu fibre și de alte caracteristici ale fibrelor cum ar fi: rezistența la întindere, elongația la rupere, modulul de elasticitate, rezistența legăturii dintre fibre și matrice, coeficientul lui Poisson, raportul geometric, textura, forma și suprafața fibrelor.

Rezistența la compresiune. Creșterile maxime ale eforturilor de compresiune în cazul betoanelor armate cu fibre de oțel, sunt de aproximativ 30 % față de rezistența la compresiune a betoanelor obișnuite.

Pentru volume de fibre de (1 – 2) % din volumul total al betonului, efectul lor asupra rezistenței la compresiune este în general minim, dar capacitatea de preluare a eforturilor de întindere este în mod semnificativ îmbunătățită (îmbunătățire ce depinde de tipul fibrei și raportul geometric).

Rezistența la încovoiere. În standardul ASTM rezistența la încovoiere este definită ca fiind rezistența la apariția primei fisuri pe proba testată.

Este de asemenea recunoscut că domeniul eforturilor directe sunt cele care apar mai rar în exploatarea construcțiilor și că mult mai importante din punct de vedere al proiectării este comportarea la încovoiere.

S-a descoperit că în timp ce betonul simplu are deformații la rupere de aproximativ 100×10^{-6} m/m, betoanele armate cu fibre sunt capabile să preia eforturi mai mari și să prezinte deformații înainte de rupere cuprinse între 2000×10^{-6} m/m și 5000×10^{-6} m/m.

3.3. BENEFICIILE ALE ARMĂRII BETOANELOR CU FIBRE DE PLASTIC

Folosirea recomandată a fibrelor duce la:

- mărirea consistenței și a stabilității betonului proaspăt ceea ce conduce la o micșorare a pierderilor (material căzut) atunci când betonul este folosit pentru torcretări;
- micșorarea segregării și a separării betonului proaspăt, lucru benefic pentru manipularea și transportul betonului;
- reducerea fisurilor din contracția betonului deoarece fibrele preiau întinderile din beton;
- creșterea durtății și a rezistenței la impact a betonului (cu până la 163%);
- creșterea rezistenței la compresiune și încovoiere (cu până la 138%);
- creșterea rezistenței la întindere (cu până la 147%);
- o absorbție mai bună a sunetelor (fonoizolație);
- îmbunătățirea permeabilității prin scăderea capacității de absorbție a apei, ceea ce conduce la o îmbunătățire a rezistenței la îngheț;
- creșterea valorii construcțiilor prin reducerea nevoii de întreținere periodică și creșterea duratei de viață.

Bibliografie:

1. A.E. Naaman – FRP Reinforcement in structural concrete: assessments, progress and prospects, vol. 2, Conferința Internațională Singapore, 2004
2. Petru Răpișcă, Ioan Tuns, Gavril Munteanu, Radu Munteanu – Betoane armat dispers cu fibre de plastic, CIB 2004, Facultatea de Construcții, 18-19 noiembrie Brașov.
3. Lușa Tulească - Contribuții la realizarea structurilor de rezistență cu ajutorul betoanelor fibratate - Teză de doctorat, Universitatea Tehnică "Gh.Asachi" Iași, 2000
4. ACI Committee 544 - State -of-the-Art - Report on Fiber Reinforced Concrete, ACI Journal No 11, 1973, pp. 729-744
5. ACI Committee 544 - State -of-the-Art - Report on Fiber Reinforced Concrete, Detroit, Journal of the American Concrete Institute, vol. 40, November 1973
6. ACI Committee 544 - Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete. Report ACI 544.2R-78, USA 1978