



A IV –a Sesiune Științifică

CIB 2008

21 - 22 Noiembrie 2008, Brașov

STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII BETOANELOR ARMATE CU FIBRE POLIMERICE CU AVANTAJELE ȘI DEZAVANTAJELE FOLOSIRII LOR

Christiana CAZACU

UNITBV, Facultatea de Construcții, Brașov, cazacu_christiana@yahoo.com

Abstract: The applicability of Fibre Reinforced Polymer reinforcements to concrete structures as substitute for steel bars or prestressing tendons has been actively studied in numerous research laboratories and professional organization around the world.[1]. In this article I wish to present the use of fibre reinforced polymer in concrete structures. In our country this field is at the beginning, but worldwide they are already used as reinforcement structures, as well as for their consolidation.

Key words: Structures, innovative materials, fibre reinforced polymer(FRP), consolidation, carbon fibre reinforced polymer(CFRP),glass fibre reinforced polymer(GFRP),aramid fibre reinforced polymer(AFRP)

1. INTRODUCERE

Armarea dispersă a materialelor de construcții, cu scopul îmbunătățirii caracteristicilor fizico-mecanice și a durabilității acestora, este cunoscută din cele mai vechi timpuri.În trecut paiele tocate au fost folosite la armarea cărămiziiilor nearse și a pereților din pământ, iar părul de cal și fibrele de sisal erau folosite pentru obținerea de ipsos armat.

În vremurile noastre,până nu de mult ,azbocimentul era foarte folosit atât în domeniul construcțiilor cât și al instalațiilor .El este un material obținut dintr-un amestec de ciment, apă și fibre de azbest.Recent s-a constatat că azbestul prezintă un risc pentru sănătatea persoanelor care lucrează în fabricile de defibrare sau de prelucrare a produselor de azbociment,astfel s-a pus problema găsirii altor fibre pentru armarea dispersă a betonului sau a folosirii unor măsuri eficiente de protecția muncii . [4].

Din aceste cauze armarea betonului dispers nu s-a limitat numai la utilizarea fibrelor de azbest sau de oțel, și s-a încercat și folosirea unor fibre noi,inovatoare, de altă natură. Astfel, cercetările privind rezistența și durabilitatea armăturilor pe bază de polimeri au început încă din anii 1970 în S.U.A., Anglia , U.R.S.S. și Japonia.La început cele mai studiate și utilizate au fost fibrele de sticlă,urmând să apară și cele pe bază de carbon,aramid sau diferiți polimeri.

2. GENERALITĂȚI,AVANTAJE SI DEZAVANTAJE

Foarte multe structuri din beton armat,afectate de ioni clorhidrici ,au fost deteriorate în mod

impresionant datorită coroziunii puternice a armăturii de oțel .Acesta situație s-a produs la o mulțime de construcții din întreaga lume.O mare problemă o prezintă sarea ,pentru construcțiile din beton aflate în apropierea mărilor sau chiar în apa sărată a acestora(poduri).

Pentru rezolvarea acestei mari probleme de-a lungul timpului s-au efectuat diferite încercări și experimente de laborator.S-a încercat realizarea de învelișuri pentru protecția betonului de natură catodică,învelișuri epoxi pentru armătura de oțel și multe alte metode.În timpul încercărilor s-a observat ca folosirea armăturilor FRP (fibre polimerice plastice) este foarte bună deoarece aceste armături nu corodează într-un astfel de mediu [6].Acele armături pot avea diferite forme și dimensiuni,bare rotunde,pătrate,plate,împletite (toroane),sub formă de plase,dar și tridimensionale,și pot fi realizate pe bază de fibră de sticlă,fibră de carbon,de aramid sau diverși polimeri.

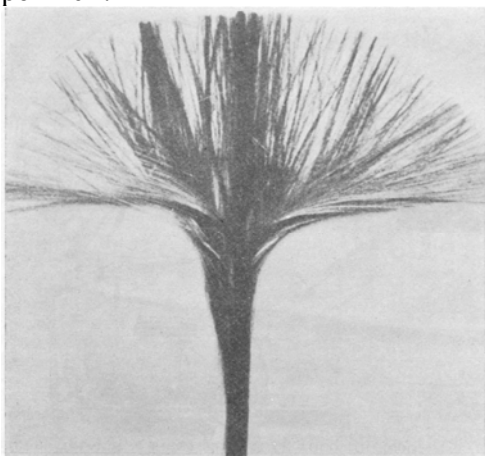


Fig.1-fascicul din fibre de carbon [4].

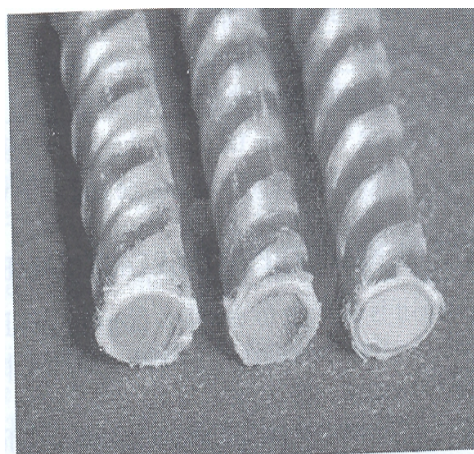


Fig.2-armături striate din fibre de aramid,[1].

Aplicarea armăturilor din fibre polimerice,în structurile de beton ca și substituent al armăturilor de oțel este o problemă larg studiată de cercetatori în laboratoare peste tot în lume. Armăturile realizate pe baza de polimeri ne aduc o serie de avantaje dar și o serie de dezavantaje.

Printre avantaje ar fi rezistența mare la coroziune ,având bune proprietati non-magnetice,sunt foarte ușoare și se pun în operă fără aparatură specială ,manevrându-se cu ușurință la locul de folosire al lor.Fiind foarte ușoare transportul lor nu pune mari probleme,mai ales că nici nu ocupă mult spațiu.Din studiile de până acum putem spune că prezintă o comportare elastică până în momentul cedării iar ruperea se produce casant.Prezintă o rezistență la forța tăietoare și la încărcări transversale nesatisfăcătoare.

Principalele caracteristici tehnice ale betoanelor armate cu fibre de polipropilenă sunt:

- limitarea propagării fisurilor în beton și o capacitate mare de deformație sub acțiunea încărcărilor;
- creșterea importantă a rezistenței la șoc;
- rezistență potențială după fisurare;
- abilitatea unui element de a rămâne într-o singură bucată după rupere. [4].

Fibrele din polimeri se caracterizează prin valori mici ale rezistenței la întindere și ale modulului de elasticitate, în schimb alungirea la rupere are valori mult mai mari decât la celelalte fibre, iar densitatea este relativ scăzută.Dintre fibrele polimerice cele mai utilizate sunt cele de polipropilenă și poliesteri, deoarece au un modul de elasticitate mai ridicat.

Din punct de vedere al rezistenței la foc sau la temperaturi ridicate,analizând literatura de specialitate ,putem spune că există puține studii care au realizat evaluări,în legătură cu comportamentul la temperaturi ridicate ,și sub foc direct ,sau comportarea după expunerea la foc a elementelor din beton armat cu fibre polimerice.Nu putem spune că în astfel de cazuri,betonul poate proteja armatura,(fibrele sau oțelul),dar nici în cazul cedării elementului,nu putem da vina pe armatura ,sau pe rășinile din compoziția acestora deoarece betonul și armatura sunt create să lucreze împreună. Realizarea de fibre polimerice cu o rezistență la foc și temperaturi ridicate ,mai bune,poate duce la creșterea costurilor acestor materiale ,fapt care le-ar face nerentabile pe piața

construcțiilor. De regulă, rezistența la foc trebuie să asigure timpul necesar evacuării ocupanților, în mod curent 0,5 ... 2 ore, cerință îndeplinită de aceste tipuri de armături.

Durabilitatea unei construcții reprezintă capacitatea ei de a-și menține, pe toată durata de viață, caracteristicile de rezistență pentru care a fost proiectată și executată, fără să necesite cheltuieli suplimentare de întreținere altele decât cele uzuale [1].

În cazul structurilor armate cu bare de oțel, se estimează să se atingă cel puțin următoarele durate de viață: -10 ani, pentru construcții de importanță redusă;

-50 de ani, pentru construcțiile obișnuite;

-50, . . 100 de ani, pentru construcții importante (spitale, clădiri publice)

- 100 ... 120 de ani, pentru poduri.

Prin condiții de mediu se înțeleg toate acțiunile chimice, fizice și biochimice la care construcțiile sunt expuse și care în general nu sunt luate în considerare ca încărcări sau acțiuni în proiectare.

Elementele din beton armat, cu armatură din polimeri sunt estimate ca și durată de viață

- la 50-100 ani pentru construcții obișnuite,

- 100-150 pentru cele importante,

în general cu 50 de ani mai mult decât cele armate cu bare de oțel.[1].

Armăturile din materiale compozite, au în compoziție milioane de fibre și de rășini diferite. Diametrul acestor fibre ce intră în compoziția acestor armături variază de la 6 micrometri pentru armăturile pe bază de carbon și poate ajunge la 15 micrometri în cazul armăturilor din fibre de sticlă sau de aramid.[1].

În momentul în care asupra unui element din beton, aplicăm o încărcare, fibrele încep să preia din forța aplicată, și cu ajutorul compoziției din rășini acesta ajunge și la fibrele învecinate.

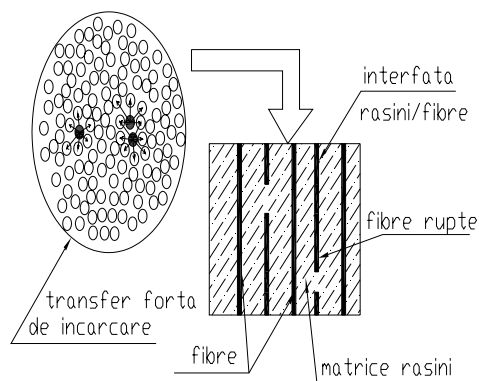


Fig.3 - Secțiune fibră polimerică [1].

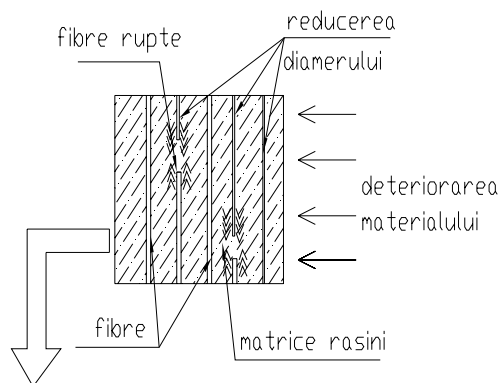


Fig.4 - modul de distrugere al fibrelor.[1].

Rășinile au și rolul de a proteja fibrele, de mediile agresive. Faptul pentru care elementele din beton armat cu fibre sunt mai rezistente, este reprezentat de faptul că deteriorarea simultană atât a rășinilor cât și a fibrelor din armăturile polimerice este dificil de atins în cazul mediilor normale de exploatare. Iar dacă armăturile din interiorul unui element nu sunt afectate, atunci și elementul din beton rezistă mult mai mult. Dar în momentul în care rășinile din compoziția armăturilor sunt afectate și cedează, fibrele pur și simplu se desprind și cad, fapt care se observa și din figura numărul 4.[1].

Structurile din beton, armate cu fibre, pot fi sever afectate în momentul în care atât rășinile cât și fibrele polimerice din compoziția acestor armături, sunt afectate și deteriorate de diferitele medii în care se află. Acest caz este unul dintre cele mai grave posibilități, ce pot duce la distrugerea elementului structural de beton.

Ținând cont de proprietățile dar și de modul în care sunt folosite, literatura de specialitate prezintă câteva din cauzele ce duc la distrugerea fibrelor polimerice:

- a. pentru bare independente

- încărcări statice ,ce pot duce la ruperea secțiunii de beton,
 - încărcări ciclice de scurtă durată ce duc la oboseală,
 - ciclurile de îngheț – dezgheț,
- b. pentru plasele din fibre polimerice ,folosite la camasierea elementelor
- mediile alcaline,
 - mediile puternic acide,
 - contactul direct cu razele ultraviolete ,
 - cicluride de îngheț-dezgheț.

Cele mai rezistente armături polimerice sunt reprezentate de cele obținute din combinarea cu carbon.Se obțin astfel fibrele pe bază de carbon și ele pot fi folosite cu succes în aproape toate mediile.Fibrele de carbon ,care pot fi folosite atât ca armatură independentă dar și pentru cămășuirea și consolidarea unor elemente deteriorate,se comportă foarte bine în aproape orice medii,exceptie făcând mediile cu expunere directă la soare ,la raze ultraviolete ,care pot deteriora rașinile din compozitia fibrelor.Characteristicile foarte bune ale fibrelor de carbon ,au dus la o atenție deosebită din partea cercetătorilor pentru folosirea acestora în lucrările de construcții.Aceste fibre se caracterizează prin caracteristici tehnice foarte bune cum ar fi :

- rezistență la întindere mare (comparabilă cu cea a fibrelor de oțel sau de sticlă),
- un modul de elasticitate mai mare decât al oțelului dar o alungire la rupere foarte mică,
- la acțiunea acizilor și a alcaliilor betoanele armate dispers cu fibre de carbon au o comportare foarte bună,
- au o bună comportare sub acțiunea de durată a unor condiții de mediu cum ar fi îngheț/dezgheț.

La temperaturi ridicate, betoanele armate cu fibre de carbon se comportă astfel: în absența oxigenului, rezistențele sînt păstrate pînă la 1500°C, iar în mediu oxidant numai pînă la 400°C.[4].

O problemă întâlnită în cazul tendoanelor din fibre pe bază de carbon ,este fragilitatea inerentă care necesită măsuri severe de protejare, în timpul manipulării lor,dar și în momentul încărcării.

Un alt tip de fibre polimerice sunt ,fibrele polimerice pe baza de aramid ,(AFRP),au o foarte bună comportare în exploatare,dar au și câteva probleme cum ar fi rezistența slabă la oboseală statică,razele soarelui (utraviolete),dar și medii puternic acide.Când sunt folosite în interiorul elementelor de beton ,sub forma de bare independente ,trebuie avut grijă la încărcările ce pot provoca oboseala materialelor.

O altă problemă a lor,o întâlnim în cazul tendoanelor din fibre pe bază de aramid (AFRP),problemele ce apar sunt legate de relaxarea acestora în condiții de umiditate ,relaxare ce poate ajunge și pînă la 20%.[1].

Din punctul de vedere al fibrelor de sticlă ,(GFRP),se poate spune că au o slabă rezistență la medii acide și la cicluri de îngheț-dezgheț.Fibrele polimerice pe bază de fibră de sticlă,nu sunt recomandate să se foloseasca sub forma de bare independente .

Problema fibrelor de sticlă este că își pierde stabilitatea în mediul bazic (alcalin), creat prin hidratarea cimentului portland. Se știe că sticla obișnuită ,aflată într-un mediu puternic alcalin, este atacată chimic și i se diminuează repede rezistența Pentru înlăturarea acestui dezavantaj s-au studiat și continuă să se studieze, în numeroase țări, fibre de sticlă cu compozitii speciale, rezistente în mediu alcalin. Astfel de fibre se produc astăzi în S.U.A., Anglia, Japonia.

La noi în țară, în cadrul MIU-ICPISCF - București, s-a realizat rețeta unei sticle zirconice,ce are în compoziție bioxid de zirconiu, rezistentă la mediul alcalin.[4].

Principalele avantaje ale utilizării unor astfel de produse din beton armat cu fibre de sticlă, în locul produselor clasice, au fost subliniate în literatură ,prin: reducerea substanțială a greutății elementelor, conducând la construcții mai ușoare, cu manipulare și transport mai economic,obținerea unor dimensiuni geometrice exacte,posibilități de proiectare în diverse forme și cu suprafețe în texturi și desene variate, obținerea de rezistențe mecanice ridicate,o foarte bună comportare la efectul coroziunii,la foc și la atacul insectelor și microorganismelor .

Un alt mod de utilizare a betoanelor armate dispers cu fibre de sticlă ,a fost subliniat prin faptul că ele pot fi utilizate și ca mortare pentru tencuieli exterioare .Avantajul este de reducerea timpului

de executie ,o impermeabilitate mai ridicată,și o reducere a apariției și propagării fisurilor datorate diferitelor solicitări.

Astfel de betoane se pot folosi cu succes și la refacerea și reabilitarea fațadelor construcțiilor vechi, care nu pot suporta o încărcare foarte mare în urma renovării lor.

În tabelul următor sunt prezentate câteva dintre caracteristicile fizico-mecanice ale fibrelor folosite pentru armarea dispersă a betonului.

Tab1- caracteristi fizico-mecanice ale fibrelor[4].

Felul fibrei	Diametrul (d)	Densitatea	Rezistența la întindere Rt (Kg/m³)	Modulul de elasticitate (kN/mm²)	Alungirea la rupere (%)
1	2	3	4	5	6
Azbest	0.02 - 20	~3200	0.5 - 3.0	80 - 150	0.5-2.0
Vata minerala	~10	2700	0.5 - 0.8	70 - 120	~0.6
Carbon	8-9	1900	1.8 - 2.6	200 - 380	0.5-1.0
Oțel	5-800	7850	1.0 - 3.0	210	3 - 4
Sticlă	9-15	~2500	1.0 - 4.0	70 - 80	1.5 - 3.5
Alumină policristalina	500-770	~3900	0.65	245	-
Bumbac	-	1500	0.4 - 0.7	5	3.0-10
Sisal	10-50	1500	0.8	-	~3
Polietilenă	20 - 200	950	0.7	0.14 - 0.42	~10
Polipropilenă	20 - 200	900	0.5 - 0.8	3.5 - 5.0	20 - 25
Poliesteri	20 - 200	950	0.7 - 0.9	8.4	11 - 13

Din tabel putem observa că fibrele de natură anorganică au valori mai ridicate din punctul de vedere al rezistenței la întindere, în rest valorile sunt aproximativ aceleasi, excepție făcând vata minerală.

Modulul de elasticitate al fibrelor de natură anorganică este ridicat, în schimb cel al fibrelor organice este foarte scăzut, ceea ce poate duce la dezvoltarea unor deformații mari. [4].

Cea mai mare densitate o are oțelul, în timp ce fibrele din polimeri cât și cele din carbon au densități reduse.

O caracteristică tehnică importantă a fibrelor utilizate la armarea betoanelor o reprezintă natura suprafeței. La fibrele de azbest, carbon și sticlă se realizează o bună aderență între fibră și matrice, rezultând o rezistență la alunecare mare.

În S.U.A. s-au produs noi fibre din polimeri cu caracteristici mecanice superioare .Acești polimeri sînt alcătuiți din lanțuri de hidrocarburi aromatice, legate prin grupuri neflexibile, așa cum este CO-NH. Modulul de elasticitate al acestor substanțe este de 133 kN/mm² , și 69 kN/mm² ,iar rezistența la întindere este de 2,9 kN/mm² la ambele sortimente. Obținem astfel o creștere de aproximativ 4 ori a rezistenței la întindere și de peste 10 ori a modulului de elasticitate, comparativ cu polimerii obișnuiți. [4].

Domeniile de utilizare a betonului armat cu fibre au o arie extinsă, din care putem aminti: aplicații marine (pontoane, balize ,pasarele), panouri pentru taluzuri, elemente subțiri de fatadă, trepte prefabricate, piste pentru aeroporturi, cofraje refofolosite și pierdute, lucrări de consolidare la tuneluri cu beton torcretat, profile subțiri pentru planșee, plăci subțiri cu simplă sau

dublă curbură pentru diverse structuri ș.a.

Foarte multe din rezultatele tehnice, cu privire la armăturile din materiale compozite, sunt prezentate în normativul ACI 440, și cu toate acestea mai sunt foarte multe de studiat și de învățat. Se doresc mult mai multe experimente ce privesc aplicarea lor în structuri reale, până să privim această problemă cu ușurința și familiaritatea cu care tratăm armătura tradițională din oțel.

În cazul betonului armat cu fibre problema principală o reprezintă costurile, deoarece costul armăturilor polimerice este de 3 până la 6 ori mai mare decât cel al celor din oțel, iar armăturile de oțel nu mai prezintă probleme pentru constructori în ziua de azi.

În cazul folosirii lor pentru realizarea unor lucrări de autostrăzi, viitorul este promițător atât pentru fibrele polimerice pe bază de carbon dar și pentru cele pe bază de fibră de sticlă, acest lucru fiind posibil și datorită costurilor ridicate oricum pentru astfel de lucrări.[1].

3. CONCLUZII

Din anii 1970 și până acum, s-a realizat un progres considerabil pentru dezvoltarea armăturilor pe bază de materiale compozite (în special cu fibre de sticlă și de carbon), cu privire la folosirea lor în structurile de beton armat, având în vedere că până în anii 1980 nu a existat nici o astfel de armătură viabilă. Progrese mai puține s-au realizat în cazul grinzilor de rezistență din beton armat, din cauza forței tăietoare și a transmiterii de eforturi. Până în momentul de față nu s-au obținut progrese nici pentru elementele solicitate axial (coloane), armate cu fibre polimerice.

În viitor sunt așteptate mari creșteri, din punctul de vedere al aplicării lor, în primul rând datorită creșterii cunoștințelor dar și a încrederii în aceste materiale pe care proiectanții le vor căpăta cu trecerea timpului. Cu excepția armării coloanelor din beton armat, unde aceste armături nu pot fi folosite, din cauza slabei comportări la forțe axiale, ele se pot folosi cu succes în oricare altă structură sau element component (placi, grinzi, pasarele).

4. BIBLIOGRAFIE

- [1]. "Fibre-Reinforced Polymer"-Reinforcement for Concrete Structures, ("Armături din fibre polimerice"- Armături pentru structuri din beton), autor Kiang Hwee Tan, din cadrul celui de al VI-lea simpozion cu privire la armarea structurilor de beton din Singapore, 2003 (FRPRCS-6, Singapore 2003), volumul I
- [2]. "Fibre-Reinforced Polymer"-Reinforcement for Concrete Structures, ("Armături din fibre polimerice"- Armături pentru structuri din beton), autor Kiang Hwee Tan, din cadrul celui de al VI-lea simpozion cu privire la armarea structurilor de beton din Singapore, 2003 (FRPRCS-6, Singapore 2003), volumul II
- [3]. "Betonul armat cu fibre"- articol internet, Facultatea de Construcții Iași
prof. univ. dr. ing. Al. Ciornei
drd. ing. Liviu Gherman
- [4]. "Noi tipuri de betoane speciale" – Buc. 1980, Ed. Tehnica.
prof. emerit ing. Constantin Avram
Conf. dr. ing. Corneliu Bob
Facultatea de Construcții Timisoara
- [5]. "Fibre-Reinforced Polymer, vol. 1"-Reinforcement for Concrete Structures, -Durability design of GFRP rods for concrete reinforcement", T.UOMOTO, Tokzo, Japan
- [6]. "Fibre-Reinforced Polymer-Reinforcement for Concrete Structures, vol. 2"-Research on strength and durability of GFRP rods for prestressed concrete tendons", T.UOMOTO, Tokzo, Japan and M.SUGIYAMA, Shiga, Japan.