

CONSOLIDAREA STÎLPILOR DIN BETON ARMAT

Dumitru LOZOVAN, Viorica ȚIBICHI, Olessea BERDAGA, Igor MUNCESCU

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: Avantajele și dezavantajele conținării stâlpilor din beton armat,utilizând materiale compozite cu matrice polimerice armate cu fibre în raport cu metodele tradiționale.

Cuvinte cheie: consolidare, cămășuire, materiale compozite, compozite cu matrice polimerice armate cu fibre.

Prevederi generale și ipoteze simplificatorii:

1. Fibrele din sticlă se comportă liniar elastic până la rupere.
2. Caracteristicile unidimensionale ale fibrelor, armăturii contribuie la creșterea rezistențelor și a constantelor elastice în principal după direcția fibrelor, deși unele contribuții "laterale" nu sunt excluse.
3. Creșterea valorilor constantelor elastice și a rezistențelor compozitului este proporțională cu fracțiunea volumetrică de fibră dispusă paralel cu direcția efortului aplicat, atâta vreme cât matricea polimerică asigură învelirea corectă a fibrelor și transferul eforturilor între componente.

Reabilitarea unei construcții se referă la readucerea în stare activă, prin refacere, a anumitor funcțiuni ale acesteia care au fost deteriorate în procesul de exploatare din diverse cauze. Cauzele apariției degradărilor la staturile din beton armat sunt multiple. Astfel, o primă categorie de degradări și chiar cele mai frecvente sunt datorate execuției defectuoase, iar dintre acestea se menționează:

- lucrări efectuate la temperaturi joase sau la temperaturi ridicate fără luarea unor măsuri corespunzătoare care să asigure obținerea unor betoane de calitate,
- dispunerea incorectă a armăturilor în beton în conformitate cu proiectul de execuție,
- decofrarea sau solicitarea elementelor structurale înainte termenului necesar atingerii rezistențelor betonului,
- utilizarea unor materiale de calitate inferioară,
- nerespectarea tehnologiilor privind punerea în operă a betonului.

Uneori cauzele degradărilor structurilor din beton armat, ca și în cazul altor tipuri de structuri, se regăsesc încă din faza de proiectare prin:

- subevaluarea încărcărilor în raport cu destinația construcției sau schimbarea de destinație,
- modelări analitice incorecte și erori de calcul,
- greșeli în alcătuirea structurală, cum ar fi lipsa capacității de deformare plastică (secțiuni neductile) pentru construcții situate în zone seismice,
- greșeli conceptuale privind izolațiile termice și sistemele de încălzire,
- acceptarea unor sisteme structurale improprii ca urmare a produsului creației de arhitectură.

Reabilitarea structurilor din beton armat se poate realiza prin mai multe procedee, respectându-se careva criterii cum ar fi:

- I. compatibilitatea dintre deformabilitatea sistemului vechi și a celui cu care se realizează consolidarea la nivelul fiecărui element structural;
- II. realizarea unei conectări cât mai bune între cele două elemente (cel nou și cel vechi) astfel încât să se asigure un bun transfer al încărcărilor;
- III. modelarea corectă a noului sistem creat;
- IV. dezvoltarea unor procedee de evaluare a performanțelor și comportării noului sistem creat.

Cel mai frecvent procedeu întâlnit în practica consolidării structurilor din beton armat este cel bazat pe utilizarea cămășuierilor din beton armat, care are o arie largă de aplicabilitate la stâlpi, grinzi, diafragme, piloți ai infrastructurilor, fundații etc.

Cămășuirea constă în creșterea secțiunii unui element de construcție prin care se încorsetează cu o cămașă din beton armat, întin legată de elementul inițial. Introducerea de cămășuieli este valabilă atât pentru a împiedica deteriorarea în continuare a unui element de construcție cât și pentru creșterea capacității portante inițiale.

Cele mai practicate sisteme de consolidare locală pentru stâlpi sunt:

- cămășuieli din beton armat, fig.1.a,
- carcasse din tablă, la care se injectează cu mortar pe bază de ciment interspațiului dintre element și carcasă, fig.1.b,
- carcasse din profile metalice fig.1.c,
- fretări cu platbande fig.1.d,
- fretări cu cabluri fig.1.e,
- tole din tablă lipite cu rășini epoxi fig.1.f.

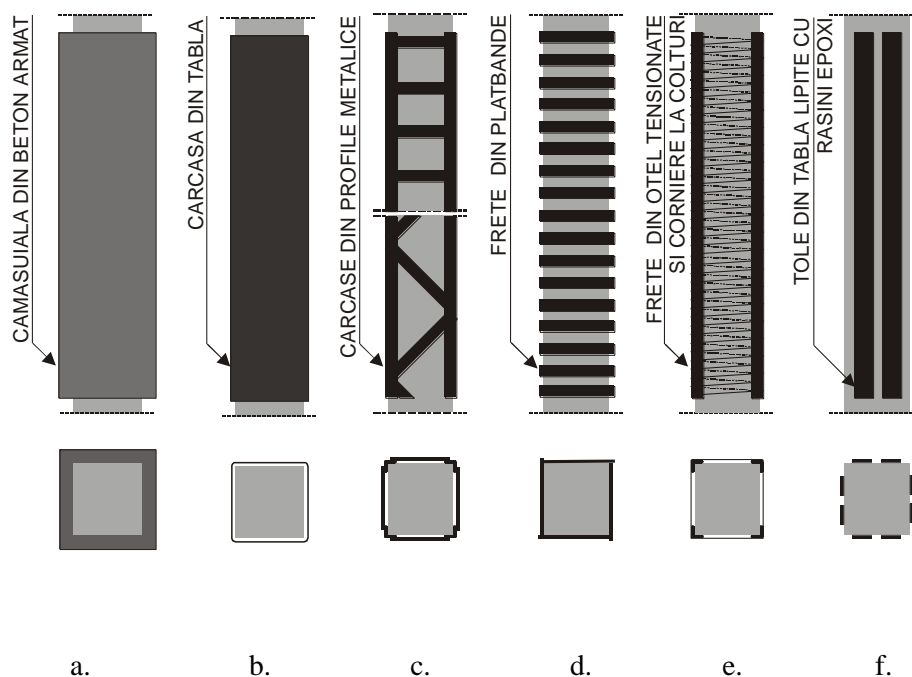


Figura 1. Procedee utilizate la consolidarea stâlpilor din beton armat.

Pe lângă aceste sisteme de consolidare, în momentul de față sunt din ce în ce mai utilizate diferite alte procedee dintre care fac parte și cele cu materiale compozite care au pe lângă avantajul introducerii rapide în operă și posibilitatea evitării creșterii greutatei construcției.

Materialele compozite sunt sisteme multifazice obținute pe cale artificială, prin asocierea a cel puțin două materiale chimic distincte, cu interfață de separare clară între componente, fig.2, iar materialul compus rezultat este creat în scopul obținerii unor proprietăți care nu pot fi obținute de oricare dintre componenți lucrând individual.

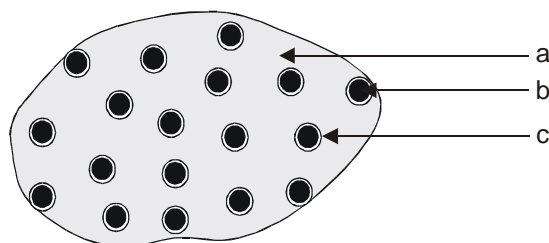


Figura 2. Fazele sistemului compozit.

- a. faza continuă (matricea), b. faza dispersă (armătura), c. interfața

Compozitele cu matrice polimerice armate cu fibre (CPAF) au început să fie utilizate la reabilitarea structurilor din beton armat în situațiile în care soluțiile convenționale de consolidare s-au dovedit deficitare sub anumite aspecte.

CPAF oferă o gamă de proprietăți convenabile: rezistență la coroziune, densitate redusă, modulul de elasticitate ridicat, caracteristici mecanice “dirijate” în raport cu cerințele de rezistență și rigiditate, deformabilitate acceptabilă și posibilitatea fabricării unor produse adecvate soluțiilor de consolidare.

Fibrele din sticlă se utilizează extensiv la armarea matricilor polimerice, având ca principale avantaje costul relativ redus și rezistențe mecanice convenabile. Principalele dezavantaje constau în valoarea mai redusă a modulului de elasticitate, rezistența nesatisfăcătoare la abraziune, precum și aderența necorespunzătoare la matricea polimerică în prezența apei. Aderența redusă necesită folosirea unor agenți de cuplare pentru tratarea suprafeței fibrelor.

Fibrele din carbon folosite la armarea compozitelor cu matrice polimerice sunt compatibile cu multe matrice polimerice și au stabilitate bună la temperaturi ridicate. Aceste fibre au caracteristici mecanice avantajoase; în general, pe măsura creșterii modulului de elasticitate se reduce rezistența la tracțiune și alungirea specifică la rupere. Fibrele din carbon se comportă liniar elastic până la rupere, iar ruperea este fragilă. Atât fibrele din grafit cât și cele din carbon sunt rezistente la acțiuni agresive ale mediului înconjurător dar trebuie tratate pentru a fi “udate” corespunzător de matricele polimerice. Principalul dezavantaj al acestor tipuri de fibre îl reprezintă costul încă relativ ridicat (de până la 10 ori mai mare decât al fibrelor din sticlă *E*).

Fibrele aramidice sunt materiale organice la care lanțurile moleculare sunt aliniat și rigidizate cu ajutorul inelelor aromatice legate prin punți de hidrogen. În prezent se utilizează pentru armare mai multe tipuri de fibre aramidice (*Kevlar 29, Kevlar 49, Kevlar 129, Kevlar 149, Kevlar 69 și Kevlar 100*). Fibrele aramidice sunt rezistente la acțiunea focului și se comportă bine la temperaturi ridicate.

Tabelul 1. Proprietăți fizico-mecanice ale betonului, oțelului și a unor tipuri de fibre pentru armarea compozitelor cu matrice polimerice.

Tipul fibrei	Densitatea	Rezistența la întindere	Modulul de elasticitate	Alungirea la rupere	Coeficientul de dilatare termică liniară	Coeficientul lui Poisson
	(kg/m ³)	(MPa)	(GPa)	(%)	(10 ⁻⁶ /°C)	
Beton C15	2500	1,15	23	-	7.....14	0,20
Oțel C245	7850	240	210	15	12	0,3
Sticlă E	2500	3450	72,4	3,5	5	0,20
Sticlă S	2500	4580	85,5	2,6	2,9	0,22
Carbon cu modul elastic ridicat	1950	2100	380	0,5	-0,6...-1,3	0,20
Carbon cu rezistență ridicată	1750	2800	240	1,1	-0,2...-0,6	0,20
Kevlar 29	1440	2760	62	4,4	-2,0 longitudinal 30 radial	0,35
Kevlar 49	1440	3620	124	2,9	-2,0 longitudinal 30 radial	0,35

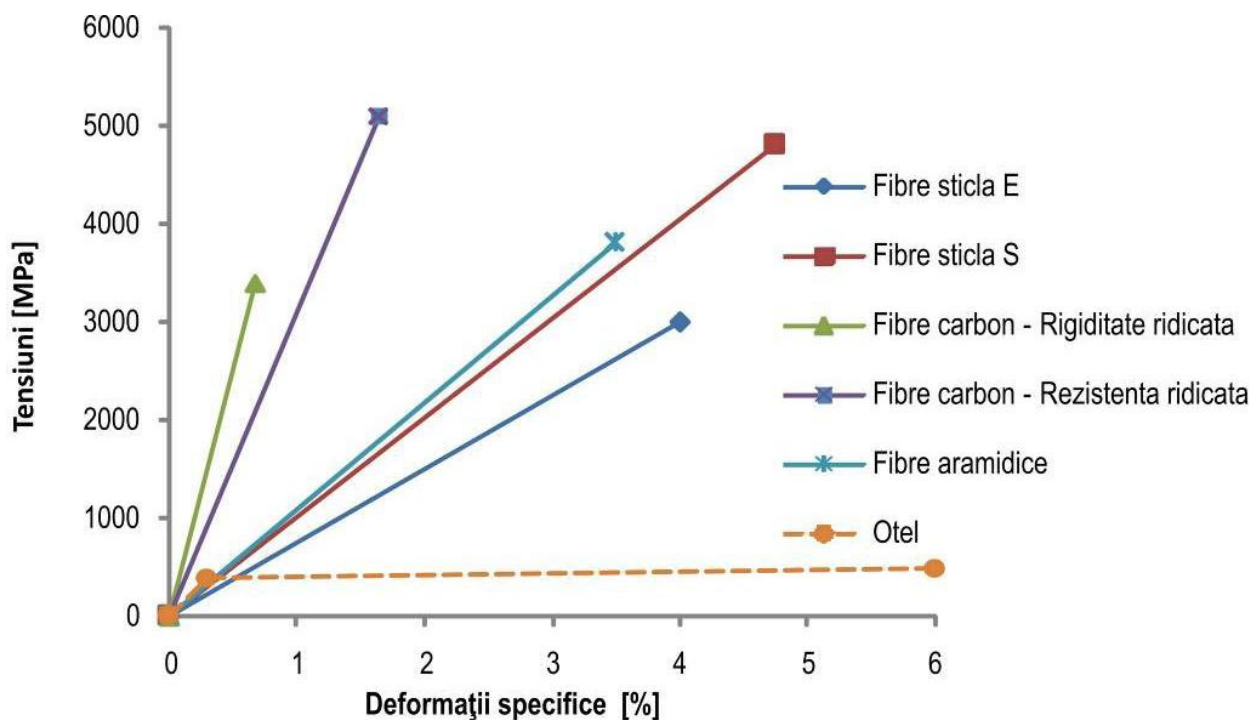
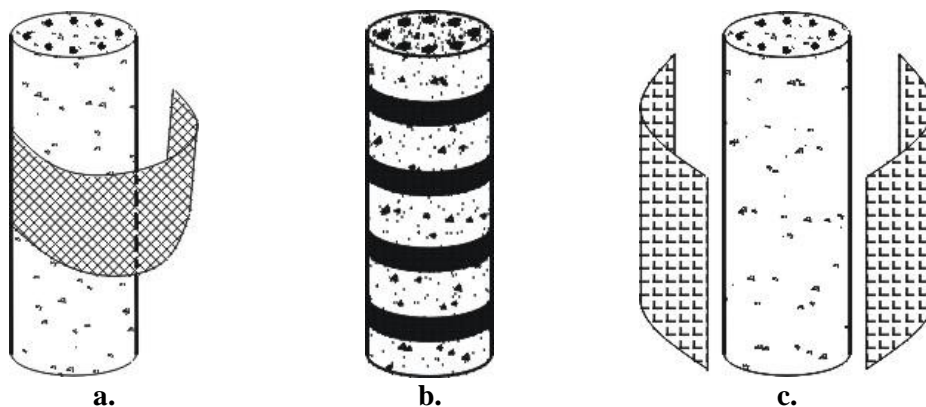


Figura 3. Curbe caracteristice ale principalelor tipuri de fibre utilizate și a oțelului

Proprietățile fizico-mecanice ale materialelor compozite în comparație cu ale betonului și armăturii sunt foarte mari, deoarece ele sunt mai avantajoase.

Consolidarea stâlpilor din beton armat cu ajutorul CPAF se realizează ușor, deoarece aplicarea straturilor compozite se poate face de către lucrători cu o calificare medie, nu sunt necesare dispozitive complicate, iar rășinile polimerice utilizate se pot întări la temperaturi obișnuite. În fig.5 se prezintă schemele de înfășurare (cămășuire) a stâlpilor cu secțiune circulară, iar în fig.6 soluțiile uzuale de cămășuire a stâlpilor cu secțiune pătrată.

Încercările experimentale au evidențiat că, în toate cazurile, prin înfășurarea stâlpilor cu secțiune circulară și dreptunghiulară (pătrată) ductilitatea elementelor din beton armat crește de până la 7 ori în raport cu elementele necămășuite. Creșterea efortului axial capabil a fost de până la 50% în cazul înfășurărilor din compozite armate cu fibre din sticlă și până la 70% în cazul înfășurărilor din compozite armate cu fibre de carbon.



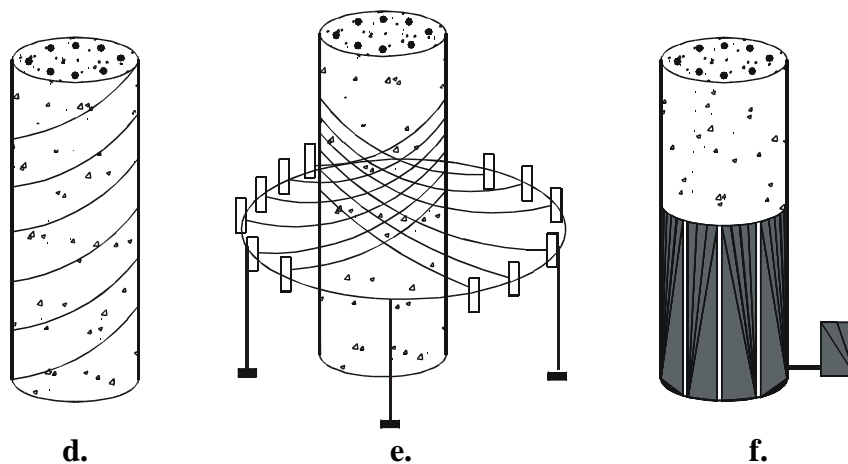


Figura 5. Variante de aplicare a armăturii exterioare din CPAF :

a. înfășurarea țesăturii preimpregnate, b. fâșii preimpregnate sau lipite cu adezivi, c. cămășuieli prefabricate aplicate prin lipire, d. Înfășurarea cablurilor compozite preimpregnate, e. sistem automat de înfășurare, f. injectarea rășinilor sub presiune

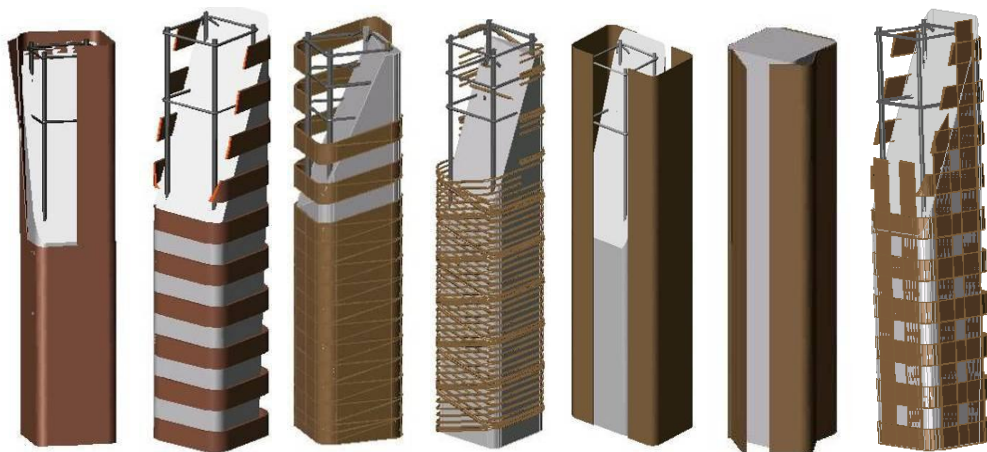


Figura 6. Variante de realizare a cămășuielii compozite în cazul stâlpilor cu secțiune rectangulară (cămășuieli realizate prin contact, prin înfășurare automată și cu elemente prefabricate)

Eficiența mai redusă a cămășuielii compozite la confinarea stâlpilor cu secțiune pătrată se explică prin distribuția diferită a presiunii de confinare. La secțiunile circulare presiunea de confinare este uniformă, în timp ce la secțiunile pătrate presiunea de confinare variază de la o valoare maximă la colțuri către o valoare minimă la mijlocul laturilor. Prin prevederea unor conectori se îmbunătățește modul de lucru al secțiunii consolidate a stâlpilor și implicit performanțele structurale ale acestora. Eficiența confinării stâlpilor cu secțiune pătrată (dreptunghiulară) se îmbunătățește prin rotunjirea colțurilor. De altfel colțurile ascuțite trebuie evitate în aplicațiile practice în care se folosesc înfășurări sau cămășuieli din CPAF.

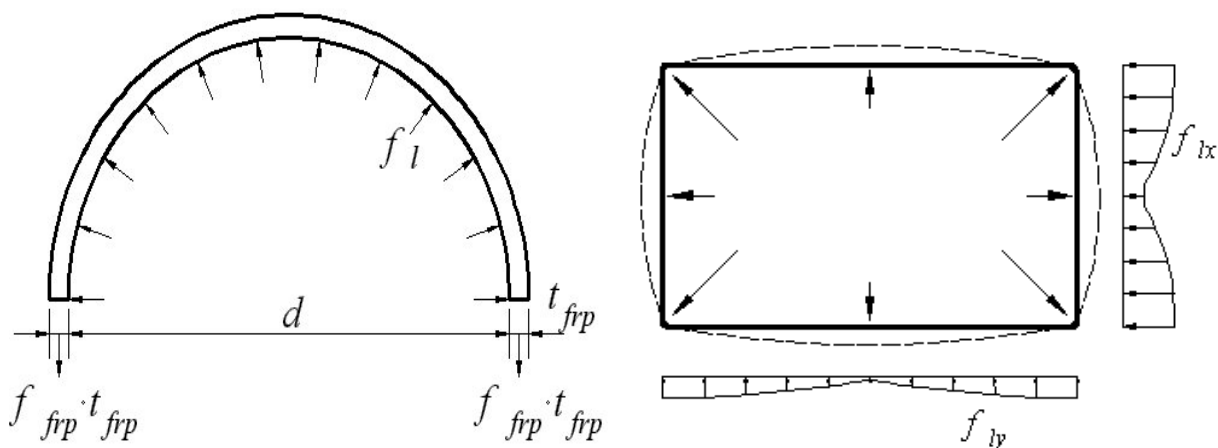


Figura 7. Distribuțiile presiunii de confinare în cazul secțiunii circulare și a secțiunii rectangulare

f_{frp} - rezistența la tracțiune longitudinală a materialului compozit;

t_{frp} - grosimea membranei compozite;

d - diametrul secțiunii de beton;

f_l - presiunea de confinare;

$f_{lx,y}$ - presiunile de confinare ce se dezvoltă după direcțiile x , respectiv y ;

Concluzie: Metoda clasică și anume cămășuirea elementelor care trebuie consolidate s-a dovedit eficientă în privința creșterii rezistenței și asigurării ductilității, dar costisitoare în privința consumului de manoperă, sporirea uneori nedorită a rigidității și întreruperea inerentă a exploatații, pe o anumită durată a construcției, aceste dezavantaje au condus la introducerea în construcții a CPAF, soluție cu avantaje evidente.

Bibliografie

1. Nistor, C., Troia, L., Teodoru, M., Minialov, H. Consolidarea și întreținerea construcțiilor, Editura Tehnică, București, 1991.
2. Triantafillou T.C. – Composites as Strengthening Materials of Concrete Structures. Ch. 9 from „Failure Analysis of Industrial Composite Materials”, Ed. E. Gdoutos, K. Pilakoutas, C.A. Rodopoulos, McGraw – Hill, New York, 2000.
3. Karbhari V.M., Seible F. – Design Considerations for Use of Fiber Reinforced Polymeric Composites in the Rehabilitation of Concrete Structures. In: Proceedings of NIST Workshop on Standards Development for the Use of FRP for the Rehabilitation of Concrete and Masonry Structures, Tucson, 1999.
4. Ing. Vlad Munteanu, Teză de doctorat, Îmbunătățirea performanțelor structurale ale stâlpilor din beton armat prin utilizarea sistemelor compozite
5. Nicolae Țăranu, Liliana Bejan, Mecanica mediilor compozite armate cu fibre, Editura Cerami, Iași 2005.
6. Institutul național de cercetare-dezvoltare în construcții și economia construcțiilor INCERC-București, Normativ privind consolidarea cu fibre a elementelor structurale de beton.