

CERCETAREA METODEI DE CONSOLIDARE A CONSTRUCȚIILOR CU LAMELE ȘI ȚESUTURI DIN FIBRE DE CARBON

Autor : Gheorghe STEGARI

Conducător științific: conf. univ.dr. Vasile COTOROBAI

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În acest articol se examinează metoda de consolidare cu ajutorul fibrelor de carbon, dar și influența negativă sau pozitivă asupra construcțiilor deja consolidate. Pe plan național, este bine cunoscută necesitatea consolidării structurilor, atât a celor vechi afectate de ultimele cutremure majore, dar și a celor noi care prezintă diverse riscuri în eventualitatea înregistrării unui posibil viitor seism major. Metodele tradiționale sunt puțin învechite și nefavorabile pentru că au nevoie de o durată de execuție foarte mare, supraîncărcarea elementului consolidat, mărirea secțiunii considerabil, corodează armătura, mai ales în cazul podurilor, conlucrarea elementului consolidat la acțiunile seismice și post-seism.

Cuvinte cheie: Consolidarea Construcțiilor, Fibre de Carbon, Adeziv, Lianți, Consolidarea la Încovoiere, Consolidarea la forfecare și torsiune, Confinarea Stîlpilor, FRP Analysis.

Motivul:

Pentru a cerceta metoda dată și de a vedea punctele ei forte și cele slabe.

Pentru a implementa metode și materiale noi de consolidare a construcțiilor (de a îmbunătăți sistemele de consolidare la ziua de față și în dependență de elementul fisurat să alegem ce-a mai rațională metodă de consolidare).

1. Introducere

Consolidarea pe șantier a elementelor de beton armat (grinzi, diafragme, stâlpi, etc) prin folosirea plăcilor de oțel lipite la exterior cu rășini epoxidice este cunoscută ca fiind o metodă eficientă și convenabilă pentru îmbunătățirea rezistenței. Această tehnică a fost mult utilizată atât la poduri și clădiri, cât și la suprafețe de beton supuse la solicitări din compresiune. Cu toate acestea, consolidarea prin această tehnică are următoarele dezavantaje:

- Dificultatea de manipulare a plăcilor grele de oțel pe șantier.
- Degradarea lipirii în interfața oțel-beton datorită oxidării oțelului.
- Necesitatea existenței eșafodajului și sprijinirilor temporare.
- Aranjarea corespunzătoare a lipirilor datorită lungimilor de livrare limitate ale plăcilor de oțel.

Tabelul 1.1. Comparația proprietăților mecanice ale unor materiale.

Fibre	Rezistența la tracțiune (GPa)	Modulul de elasticitate E (GPa)	Densitatea P (kg/m ³)	Rezistență specifică $k\sigma$ (103 m)	Modulul specific kE (103 m)	Diametrul fibrelor (μ m)
Oțel	0,77-2,2	180-210	7800-7850	27,5-28,8	2750	5-800
Sticlă	3,1-5,0	72-95	2400-2600	200	3960	3,0-19,0
Carbon	2,5-7	240-300	1750-1900	134,1-400	17100	5,0-11,0

O altă tehnică convențională uzuală pentru consolidarea structurilor de beton armat presupune construirea unor înveliți de beton armat (fie monolit, fie torcretat) în jurul elementelor existente. Cămășuirea este foarte eficientă în ceea ce privește rezistența, rigiditatea și ductilitatea, dar:

- necesită o muncă intensă și utilaje speciale.
- adeseori determină întreruperea activității
- în multe cazuri furnizează elementelor de beton armat o greutate nedorită și o rigiditate ridicată.

Printre materialele ne-convenționale care s-au impus tot mai mult în ultimul timp se numără și fibrele de carbon. Acestea și-au găsit de mult o paletă largă de utilizări, printre altele în construcția de mașini și de avioane. Materialul folosit preponderent pentru consolidarea materialelor plastice nu încetează să ofere surprize: un exemplu recent îl constituie construcția de poduri din Asturia în nordul Spaniei. Este o metodă nouă dar tot mai des întâlnită în țările europene, America și Japonia ar fi metoda consolidării cu fibre de carbon.

2. Fibre de carbon.

Dificultățile de construcție și problemele de oxidare menționate mai sus au dus la înlocuirea plăcilor de oțel sau altor tehnici convenționale cu o soluție alternativă, compoziții din polimeri armați cu fibre (CFRP). Aceștia oferă o soluție care s-a dovedit a fi sigură, deoarece multe tipuri de astfel de materiale au fost deja utilizate cu succes în alte industrii (cum ar fi industria constructoare de avioane) și mai recent în construcțiile civile.

FRP-urile constau într-un număr ridicat de fibre continue, direcționate, non-metalice (de obicei alcătuite din carbon, sticlă, sau aramid) cu caracteristici avansate și care sunt unite printr-un amestec de rășini. Principalii constituenți supuși încărcării sunt fibrele, în timp ce rășina transferă încărcarea tuturor fibrelor, protejându-le astfel. Pentru a facilita utilizarea lor în construcții, materialele FRP sunt produse sub diferite forme (Fig. 1.1), după cum urmează: benzi prefabricate subțiri unidirecționale, cu o grosime de aproximativ 1mm materiale compacte sau nu, flexibile, alcătuite din fibre disoase pe una sau pe două direcții.



Fig. 2.1. Forme fabricate din materiale FRP.

2.2. Materiale compozite FRP

2.2.1. Fibre

În general materia primă pentru fibrele de carbon este fie gudronul, fie PAN. Fibrele de gudron se obțin prin prelucrarea petrolului rafinat sau a gudronului de ulei care este trecut printr-o duză îngustă și apoi întărit prin încălzire. Alternative, fibrele PAN sunt alcătuite din poli-acrilonitril care este carbonizat prin ardere. Fibrele de carbon sunt universale, au o rezistență ridicată și sunt materiale elastice. Ele sunt rezistente la substanțe alcaline, oxizi și UV, sunt rezistente la oboseală și au un coeficient redus de dilatare termică.

Avantajele și dezavantajele FRP

În general, materialele FRP, în comparație cu oțelul, au următoarele caracteristici:

- | | |
|---|--|
| - excelentă rezistență la coroziune | - greutate redusă (1/4 până la 1/5 din cea a oțelului) |
| - ofera o rigidizare a materialului în funcție de necesități | - rezistență chimică satisfăcătoare |
| - pot fi livrate în forme și dimensiuni diferite | - capacitate sporită de deformare |
| - rezistență la oboseală excelentă și posibilitate de cedare/relaxare | |

Cu toate acestea, compoziții pot avea unele dezavantaje, cum ar fi:

- fragilitate, adică elasticitatea liniară cedează, fără o elasticitate evidentă (fără punct de cedare) sau deformare plastică
- cost ridicat al materiilor prime (dacă se compară rezistența devin mai puțin avantajoase)
- coeficienți de dilatare termică incompatibili cu cei ai betonului

2.2.2. Adezivi

Scopul adezivilor este de a realiza o zona de transmitere a eforturilor către materialele compozite, printr-o solicitare la forfecare. Cel mai comun tip de adezivi structurali este cel pe bază de epoxid, care rezultă din amestecul unei rășini epoxidice (polimer) cu un întăritor.

3. Metode de calcul pentru stabilirea necesarului fibrelor de carbon

Metodele date au fost dezvoltate pentru dimensionarea fibrelor de carbon folosite la consolidarea elementelor structurale la :

- încovoiere, - la rupere și la forfecare, - pentru confinarea acestora.

3.1. Rezistența la încovoiere

Elementele din beton armat, cum ar fi grinzi, diaframele și stâlpi, pot fi consolidate la încovoiere prin utilizarea materialelor pe baza de fibre de carbon, aplicate cu substanțe epoxidice pe suprafețele elementelor de consolidat, fibrele fiind dispuse paralel cu direcția eforturilor care solicita respectivele elemente (cu axa elementelor de consolidat). Calculele se execută baza stării limite ultime (SLE), cât și stării limite de exploatare (SLE).

Betonul cedează în zona comprimată, datorită intrării armaturii în zona de curgere.

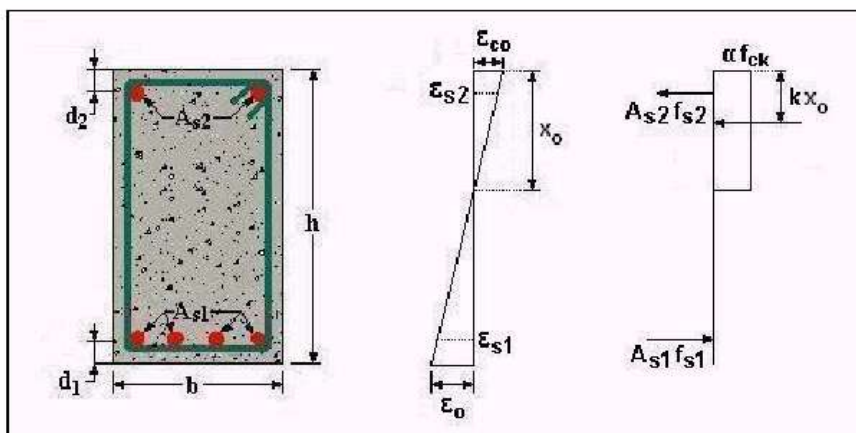


Fig.3.1 Situația inițială – abordarea în bloc a încărcării echivalente: acțiunea momentului M_0 în timpul consolidării rezultă în dezvoltarea unei deformări inițiale ϵ_0 la fibra de beton întinsă la maximum.

Ecuatii de echilibru forțe (situație inițială):

$$\alpha \cdot f_{ck} \cdot b \cdot x_0 + A_{S2} f_{S2} = A_{S1} f_{S1}$$

(1)

Ecuatii de echilibrul momente (situație inițială):

$$M_0 = A_{S1} f_{S1} (h - d_1 - k \cdot x_0) + A_{S2} f_{S2} (k \cdot x_0 - d_2)$$

(2)

3.2. Rezistența la forfecare

Cresterea rezistenței la forfecare a diferitelor elemente din beton poate fi obținută prin aplicarea materialelor pe baza de fibre de carbon la exteriorul respectivelor elemente, fiind aplicate în așa fel încât direcția fibrelor de carbon să corespundă cu direcția eforturilor de întindere. De regulă forța tăietoare acționează în cadrul elementelor sub un unghi de 45° . Cu toate acestea materiale pe baza de fibra de carbon, se vor dispune paralel cu direcția axelor principale, ale respectivelor elemente de consolidat. Armătura externă cu FRP poate fi tratată în analogie cu oțelul intern dacă presupunem că în SLE la forfecare FRP dezvoltă o deformare efectivă în direcția principală a materialului, $\epsilon_{f,e}$ care în general este mai mică decât

deformarea la rupere prin întindere, ε_{fu} . Deformarea efectivă depinde de gradul de dezlipire a FRP când se atinge capacitatea de forfecare a betonului armat, mai exact de tipul de ancorare Așadar, capacitatea de forfecare a unui element consolidat poate fi calculată după cum urmează (de exemplu în format Eurocode 2):

$$V_{Rd} = \min(V_{cd} + V_{wd} + V_{fd}, V_{Rd2}) \quad (3)$$

unde V_{fd} , contribuția FRP la capacitatea de forfecare a elementelor este dată de următoare expresie:

$$V_{fd} = 0.9 \cdot \varepsilon_{fd,e} \cdot E_f \rho_f \cdot bd(1 + \cos \alpha) \sin \alpha \quad (4)$$

3.3. Confinarea

Obiectivele principale ale confinării sunt:

- (a) să sporească rezistența betonului și posibilitatea deformării,
- (b) să furnizeze suportul lateral pentru armătura longitudinală,
- (c) să împiedice exfolierea suprafeței betonului.

Pentru secțiunile transversale dreptunghiulare cu dimensiunile b și h ($b \geq h$), efectul confinării cu FRP poate fi calculat pe baza următoarei expresii pentru rezistența betonului confinat f_{cc} și deformarea corespunzătoare ε_{cu} :

$$k_e = 1 - \frac{(b - 2R)^2 + (h - 2R)^2}{3A_g} \quad (5)$$

Pentru secțiunile transversale circulare de diametru D confinate cu benzi de o lățime b_f la o distanță s_f , se dă k_e după cum urmează:

$$k_e = \left[1 - \frac{(s_f - b_f)}{2D} \right]^2 \quad (6)$$

Concluzie:

Fibrele de carbon se evidențiază ca material de construcție prin două însușiri esențiale: el este ușor, iar construcția are loc cu costuri reduse. Se execută în timp foarte scurt și fără utilaj special însă ca materie primă costul fibrelor de carbon este destul de ridicat. Aplicarea materialelor compozite armate cu fibre (fibre de carbon) reprezintă cea mai nouă soluție tehnologică pentru realizarea intervențiilor de consolidare statică, reabilitare structurală, îmbunătățire și consolidare seismică. Atîta timp cît avem plusuri și o rezistență mare putem folosi orice metoda existentă, însă metoda trebuie aleasă rațional și favorabilă pentru tipul elementului consolidat.

Bibliografie

1. INCERC și Universitatea Tehnică București. Normativul Românesc de proiectare, NP117-04. Materiale compozite (fibre de carbon aplicate cu ajutorul adezivilor pe baza de rășini epoxidice), [Exemple de calcul ale fibrelor de carbon],[Metode de consolidare și tehnologii de execuție]. 11.02.2005.
3. INCERC, ST.050-2006, Specificație tehnică privind utilizarea adezivilor polimerici on Construcții.
4. NTC în DM 14.01.2008, Reglementări tehnice în Construcții. GP 033-1998, Ghid de proiectare și execuție pentru realizarea intervențiilor cu betoane polimerice armate la elemente din beton armat degradate prin coroziune.
5. C. Poggi, G. Fava, "Il controllo di accettazione di materiali fibrorinforzati per il rinforzo strutturale - COKIT: un sistema per la caratterizzazione di materiali composite per le costruzioni", I quaderni tecnici di Assocompositi, Milano, 2006;