

Fibre di carbonio: accettabilità del materiale e delle procedure

DI MICHELE PAGANO

Ingegnere

Discussione sull'articolo "Rinforzo di una trave lesionata in c.a. mediante FRP secondo CNR-DT 200/2004" di F. M. MAZZOLANI e A. FORMISANO pubblicato sul n° 3/2006 di questa rivista.

Ho ricevuto nel mese di agosto il bimestrale e l'articolo in oggetto, che ho letto con interesse in quanto vorrei utilizzare le fibre di carbonio per rinforzo del c.a. ma nutro ancor molte perplessità.

L'articolo si occupa del recupero di una trave lesionata e sotto l'aspetto diagnostico, ritengo che sarebbe interessante discutere il caso solo per quanto attiene i problemi di carattere generale, essendo invece meno interessanti le particolarità specifiche per i colleghi lettori. Ad esempio, sarebbe interessante sapere l'epoca di costruzione, commentare la eventuale inopportunità dell'adozione di mensolature di estremità che credo siano ossequienti alla moda degli anni '30 e non alle esigenze del comportamento della struttura, capire se si è adottato il procedimento semplificato noto come la ipotesi (comportamentale) del *semincastro* per sfuggire ad una calcolazione complessa che a quel tempo era molto gravosa (teoremi del lavoro virtuale) che conduceva a sistemi di equazioni, se è giusto giudicare la qualità del calcestruzzo con i criteri sopravvenuti negli anni '70 invece che con la normativa di quell'epoca. Saperne di più sul quadro fessurativo e sulla sua interpretazione.

Ritengo che una discussione di questi aspetti sia interessante ma che riguarda il compito professionale specifico del professionista incaricato e le sue responsabilità. E che non sia opportuno approfondire questa sfera di considerazioni.

Non ritengo neppure opportuno e conveniente discutere delle for-

mule adottate e delle ipotesi che sono a monte.

La Commissione che ha operato probabilmente non ha ricevuto le osservazioni da me formulate, altrimenti mi avrebbe risposto.

Preferisco quindi discutere la accettabilità del materiale e delle procedure di applicazione.

Si tratta di un problema di fondo che più volte si è posto nella mia attività di ingegnere.

La prima volta che si è posto questo problema fu poco prima che mi laureassi. L'Italia era sotto il fascismo e si parlava di autarchia. Non avevamo acciaio e ricordo di una memoria che sosteneva di rinforzare le travi con le canne di bamboo.

Una seconda volta si è parlato di coerenza per le iniezioni di resine all'interno della muratura.

Una terza volta la introduzione al libro di tecnologie di materiali del corso del prof. Mazzoleni iniziava col dire che il materiale più resistente conosciuto è il vetro che però non è accettabile come materiale strutturale di lunga durata per la sua fragilità.

Le fibre di carbonio sono una recente innovazione che ha trovato e trova applicazioni prestigiose nella Rossa di Schumacher, nelle calotte trasparenti degli apparecchi, recentemente nella intera struttura di grandi aerei, sci, racchette e simili; esistono coloro che le sostengono con entusiasmo ma anche chi è ancora perplesso.

Quando ho iniziato il corso sul cemento armato (1945) mi è stato detto che la coerenza tra i due ma-

teriali dipende dalla fortuna che essi hanno lo stesso coefficiente di dilatazione termica. Orbene per concretezza ho cercato qui di seguito di articolare in 8 punti le mie perplessità e spero che una discussione le possa far svanire:

- 1) ritengo che i *materiali strutturali* (utilizzabili nelle strutture) non devono essere fragili ma in grado di superare la prova di *resilienza*. Nel dossier del CNR questa prova non è presa in considerazione mentre lo è per gli acciai destinati al c.a. (v. anche il COLOMBO), le fibre di carbonio sono *fragili* e si rompono senza deformarsi prima della rottura,
- 2) come dice la sua stessa denominazione (*carbonio*) è materiale che *brucia*;
- 3) qualsiasi trattato sul c.a. premette la circostanza (favorevole al connubio tra acciaio e cls) che i coefficienti di dilatazione termica sono dello stesso ordine di grandezza; invece il coefficiente di dilatazione termica delle fibre di carbonio è sei volte maggiore di quello del calcestruzzo;
- 4) le bandelle di fibre di carbonio si *incollano all'esterno* delle pareti dell'elemento in c.a. da rinforzare con resina epossidica, che a 90° scompare (per rottura molecolare);
- 5) in proposito la letteratura osserva che nelle gran parte dei casi è impensabile che il collante pervenga ad una temperatura di 90° e che comunque basta proteggerle con uno strato isolante; si rammenta

che invece il REI per l'acciaio da c.a. ammette che la temperatura di riferimento per la resistenza al fuoco sia di 500° e che nella tradizione edilizia i rivestimenti sono stati considerati materiali sacrificali da sostituire con la manutenzione ordinaria quando per qualsiasi motivo accidentale perdano la integrità ma è difficile che una manutenzione ordinaria vigili sulla sicurezza;

- 6) nella pratica professionale nel settore della patologia mi sono imbattuto in valenti colleghi che nel dimensionamento a taglio del c.a. (non è assolutamente il caso di Mazzolani ma occorre tenerne conto) non avevano ancora chiara la ambiguità sviante del linguaggio strutturale che può indurre nell'errore di associare in modo indissolubile il termine *staffa* alla caratteristica della sollecitazione di *taglio*; il che è vero per le *travi*, ma non è vero per i *pilastr*i e per le *pareti* in cemento armato, che sono soggetti prevalentemente a compressione, in esse il *taglio* può trovarsi associato alla compressione ma è senz'altro di secondaria importanza; tuttavia nei pilastri e nelle pareti le staffe sono importantissime e obbligatorie, perché il loro compito principale è quello di *fasciare* e di contrastare gli effetti della *dilatazione trasversale (Poisson)* che conduce alla rottura per schiacciamento attraverso una fase intermedia di fitte lesioni verticali; orbene per i pilastri quadrati o a contorno

chiuso poligonale la *fasciatura* con fibre di carbonio è in grado di espletare gli stessi compiti delle staffe di acciaio; ma per le pareti non è assolutamente possibile sostituire i compiti delle staffe trasversali in acciaio con le fibre di carbonio; peraltro nessuno consiglia di inserire all'interno delle pareti le fibre di carbonio;

- 7) infine, per il caso di taglio agente in una trave si comprende come si fronteggia il fatto che la parete della trave e, quindi, lo strato di fibre sopporti la compressione agente in direzione ortogonale a quella della trazione principale e di eguale valore senza ingobbirsi; si fa affidamento sulla colla di resina epossidica? Per le anime dei profilati a doppio T si considera il rischio di imbozzamento!;
- 8) desiderando applicare questo nuovo materiale ho contattato i dirigenti chimici del laboratorio della Ruhredil, i consulenti della facoltà di ingegneria di Bologna ai quali fanno riferimento, il dirigente chimico in pensione di una multinazionale, i rappresentanti che sono venuti al mio studio e che quindi si occupano di questo materiale; ma, finora, non sono riuscito a dissipare tali perplessità; ho cercato di trovare risposta, senza riuscirci, nella memoria in oggetto e spero che dalla discussione possa emergere la chiarezza utile per i tecnici militanti desiderosi di applicare un materiale innovativo ma nel rispetto della sicurezza che implica quello della durabilità.

INFORMAZIONI INARCASSA

Il delegato Inarcassa Ing. Marco Senese riceve, presso la sede dell'Ordine, tutti i mercoledì dalle ore 16,00 alle 18,00. Per informazioni di carattere generale occorre invece rivolgersi al sig. Massa nei giorni ed orari di apertura degli uffici dell'Ordine.