
Recenti evoluzioni del Calcestruzzo Fibrorinforzato

di Lorena Gamberini* e
Mariano Salvatore**

Recentemente, si susseguono numerosi gli interventi e i contributi in merito al Calcestruzzo Fibrorinforzato (FRC), ovvero circa il materiale che scaturisce dalla miscelazione di fibre di varia natura con una matrice di calcestruzzo.

Si tratta di un'idea antica e collaudata (chi non conosce i materiali in fibra di carbonio, di ampio utilizzo nelle costruzioni aerospaziali e meccaniche?) che trova nuova giovinezza nell'applicazione ad una matrice tradizionale: il calcestruzzo. Come per tutti i fibrorinforzati, il materiale che si origina possiede proprietà che si distinguono da quelle delle fibre e della matrice considerati singolarmente, proprietà che rendono, già oggi, il FRC un sicuro protagonista delle Costruzioni internazionali.

Tuttavia, come spesso accade per gli argomenti in voga, i punti di vista si distinguono per varietà e le opinioni non sempre si fondano sulle solide basi del metodo scientifico. In questo articolo, saranno brevemente esposti i risultati scientifici, tecnici e normativi che le recenti evoluzioni nel campo dei FRC hanno introdotto, con particolare riferimento alle fibre polimeriche (PFRC) impiegate nelle pavimentazioni.

La resistenza a trazione e la duttilità

Come ben noto, il calcestruzzo è uno straordinario materiale da costruzione, i cui innumerevoli pregi raramente trovano, insieme, riscontro in altri materiali da costruzione. Nondimeno, il calcestruzzo presenta due difetti evidenti, assai noti ai Progettisti di ieri e di oggi: il carattere fragile e la scarsa resistenza a trazione. Il Calcestruzzo è un materiale fragile, la sua rottura avviene in maniera improvvisa e con scarsi assorbimenti di energia (scarsa duttilità). Se l'azione del Progettista da sempre è volta a porre rimedio a questo difetto, nondimeno fattori esogeni quali semplici sovraccarichi, eventi sismici ed esplosioni, ma anche fattori endogeni come l'invecchiamento ed il danneggiamento, possono riportarlo alla luce con drammatica evidenza. A ciò si deve aggiungere l'insoddisfacente comportamento a trazione del Calcestruzzo, che già a bassi livelli di tensione presenta notevoli fessurazioni antesignane della imminente rottura fragile.

Le fibre rinforzanti pongono rimedio a questi difetti, conferendo al calcestruzzo una significativa resistenza a trazione ed un comportamento post-fessurativo, denominato tenacità. Il materiale fibrorinforzato,

* AD di Fili&Forme Srl,
via del Lavoro, 10
41018 S. Cesario sul Panaro (MO)
Tel. 059 921462
Email: info@fibreistrice.com
** Responsabile
Ricerca e Sviluppo
della Soc. Fili&Forme srl

pertanto, diviene duttile e possiede una importante riserva di energia plastica che consente di fronteggiare eventi inattesi prevenendo il collasso improvviso e drammatico della struttura.

La Normativa

Quanto sin qui esposto in teoria è ora sancito in pratica dal Documento Tecnico CNR-DT 204/2006 [1], testimone dei recenti orientamenti Normativi volti a recepire e codificare i significativi vantaggi che i FRC offrono al Progettista, seguendo una tendenza in atto in tutti i paesi industrializzati.

Le fibre polimeriche e le fibre metalliche

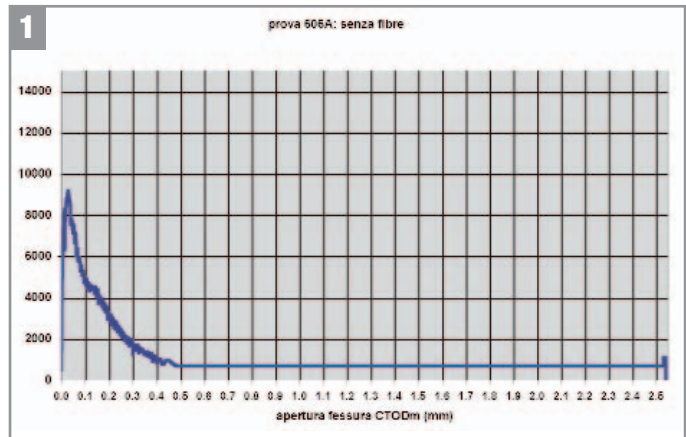
È interessante osservare che la pratica di additivare il calcestruzzo con fibre metalliche sia già in voga da più di 30 anni ed oggi, anche in ragione della comparsa sul mercato di fibre innovative a matrice polimerica, i FRC si propongono come una soluzione interessante ai problemi della Progettazione moderna, come testimonia l'interesse dimostrato dalla Normativa e dalla Letteratura Tecnica.

In particolare, le fibre metalliche si inseriscono nella tecnica consolidata di armare una struttura in calcestruzzo con elementi metallici, in ciò confortati dalla buona aderenza di calcestruzzo e metallo e dalla loro affinità in termini di coefficienti di espansione termica.

Per contro, le fibre polimeriche rappresentano un approccio innovativo al problema della duttilità del calcestruzzo. Esse conferiscono leggerezza al manufatto, con un peso specifico pari a 1000 kg/mc rispetto ai 7900 kg/mc del ferro. Le fibre polimeriche sono pertanto assai meno soggette al fenomeno della segregazione, ovvero della separazione gravimetrica. Al più esse hanno una debole tendenza a galleggiare nell'impasto, piuttosto che ad affondare, ovvero si collocano negli strati ove maggiore è la necessità di duttilità. Basti pensare ad una pavimentazione industriale, in cui le fessure da ritiro e l'usura riguardano i primi centimetri di spessore.

Le fibre polimeriche non danno origine a fenomeni di usura delle attrezzature di cantiere, delle pompe e degli ugelli, nonché, se impiegate nelle pavimentazioni e affioranti a seguito di rotture o sbrecciature, non arrecano danno ai pneumatici dei muletti ed ai

1 - Calcestruzzo non fibrorinforzato



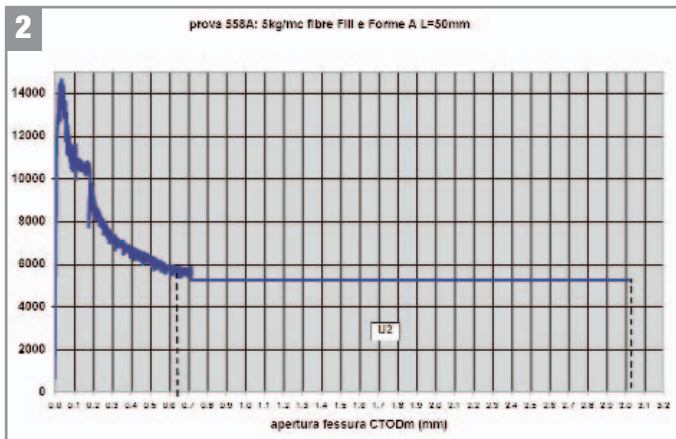
manufatti. Peraltro, le fibre polimeriche non costituiscono elemento di disturbo per le onde elettromagnetiche, consentendo la collocazione di guide magnetiche e la ricezione dei segnali radio.

Soprattutto, le fibre polimeriche sono pressoché inerti chimicamente e non subiscono alcun degrado anche quando poste in ambienti fortemente aggressivi. La stessa normativa prevede, in presenza di fibre polimeriche, la forte riduzione dello spessore netto copriferro per le sezioni armate, come conseguenza della inalterabilità chimica e della resistenza alla fessurazione indotta dalle fibre [1, pag.27, punto 9]. Infatti, come evidenziato nel Documento Tecnico CNR [1, pag.27, punto 10] “L’utilizzo di fibre di polietilene o di polivinilalcol con frazione volumetrica superiore al 2% assicura valori ridotti dell’ampiezza delle fessure (≤ 60 m) anche per valori elevati di deformazione ($\approx 1\%$). Per tali ampiezze di fessurazione, ai fini della durabilità, il calcestruzzo può essere considerato non fessurato.” ovvero le fibre polimeriche riducono drasticamente la formazione di fessure, che sono il principale veicolo di ossidazione delle armature interne, e con ciò contribuiscono decisamente all’incremento della durabilità.

Infine, tra i diversi pregi che le fibre polimeriche presentano e che sono illustrati nel Documento Tecnico [1, par. 2.3), si evidenzia la possibilità che esse siano impiegate con successo nella tecnica dello spritz-beton (ad es. spruzzate con malte cementate per realizzare le coperture delle gallerie) e il loro ruolo anti-spalling, ovvero la loro dissociazione termica oltre i 170°C che crea dei piccoli vuoti all’interno della matrice consentendole di espandersi senza provocare distacchi [1, pag. 21, punto 2]. La stessa normativa sottolinea come calcestruzzi aerei e fibrorinforzati con fibre polimeriche posseggano un elevato grado di protezione antincendio.

Proprietà meccaniche e fibre innovative

Ci si potrebbe dunque chiedere perché le fibre metalliche abbiano così a lungo dominato il campo dei FRC, stanti gli indubbi pregi delle fibre polimeriche. La risposta può essere che non tutte le fibre polimeriche sono uguali e che fino a ieri il ferro possedeva un certo



2 - Calcestruzzo fibrorinforzato

vantaggio in termini di prestazione meccanica, vantaggio ottenuto mediante una migliore aderenza.

Oggi la Ricerca nel campo della meccanica delle fratture e della affinità chimica consente di realizzare fibre polimeriche dallo straordinario carico di rottura di 700 Mpa [1, pag.13] dotate di un elevato potere di ingranamento nella matrice.

In fig.1 si mostra il comportamento a flessione di un travetto sottoposto ad una prova di flessione a quattro punti (secondo UNI 11039, cfr. [1, pag.44]). In fig. 2 si mostra il medesimo travetto additivato con fibre polimeriche nella misura di 5 kg/mc. Si possono osservare due risultati molto importanti. Da un lato, si evidenzia un tratto di curva carico-CTODm (carico-apertura dell'intaglio) oltre il carico di prima fessurazione f_{1f} , ovvero si nota il comportamento post-fessurativo già previsto dal Documento Tecnico CNR. Si osservi come il tratto post-fessurativo sia assai più esteso del tratto pre-fessurativo, ovvero l'energia dissipata dal secondo è di gran lunga preponderante rispetto all'energia dissipata dal primo.

D'altro canto si osserva un inatteso e importante incremento della resistenza alla prima fessurazione, che passa da 2.44 MPa a 3.92 MPa, con un beneficio del 61% circa. Questo risultato, non contemplato dal Documento Tecnico, è probabilmente dovuto alla azione che la fibra svolge in seno alla matrice anche in uno stato pre-fessurato e nonostante il suo modulo elastico sia inferiore al modulo elastico della matrice, allorché le naturali imperfezioni della matrice tendono a condizionare l'innescarsi della fessurazione.

Pavimenti industriali

Alla luce di quanto esposto, le fibre polimeriche si presentano come un candidato ideale per contrastare efficacemente le fessurazioni indotte da ritiro della matrice nelle fasi iniziali di stagionatura. Infatti, come noto, il processo di presa è fortemente esotermo e provoca un innalzamento della temperatura del getto, con conseguente evaporazione dell'acqua di impasto, particolarmente a carico delle superfici libere. Tale evaporazione si accompagna ad un ritiro delle zone

superficiali del getto, ritiro che è contrastato dalle zone interne ancora umide. Come risultato, le tensioni indotte eccedono facilmente la resistenza a trazione del getto ancora giovane e compaiono le tradizionali e indesiderate fessure da ritiro. Le fibre polimeriche, conferendo resistenza a trazione già dalle prime fasi di presa del getto, contrastano efficacemente la formazione di fessure da ritiro. Le fibre di nuova generazione ottengono questo risultato mediante un duplice effetto: fornendo un contributo al getto ancora giovane ed incrementando la resistenza a trazione del getto stagionato. Inoltre, un importante incremento della durabilità della pavimentazione si accompagna alle proprietà di inerzia chimica delle fibre polimeriche, come confermato dal Documento CNR.

Conclusioni

I materiali fibrorinforzati di nuova generazione presentano proprietà di duttilità e resistenza a trazione impensabili per un calcestruzzo tradizionale. In particolare, si prestano assai vantaggiosamente alla realizzazione di ampie pavimentazioni industriali, riducendo le necessità di giunti di espansione, incrementando la durabilità e la resistenza agli aggressivi chimici e meccanici. Per questo, si può senza dubbio affermare che le recenti evoluzioni di carattere normativo recepiscono le moderne tendenze, di respiro internazionale, nella evoluzione dei materiali da Costruzione e si collocano solo all'inizio di un lungo processo di ricerca e sviluppo nei settori fino a ieri più tradizionali dell'Edilizia. ●

BIBLIOGRAFIA

1. Documento Tecnico CNR-DT 204/2006.
2. RILEM, 2001, "Test and design methods for steel fibre reinforced concrete: uniaxial tension test for steel fibre reinforced concrete", RILEM TC 162-TDF Recommendations, Materials and Structures, 34: 3-6.
3. I grafici che trovate riportati nella presentazione sono estratti dalla relazione di caratterizzazione commissionata al laboratorio "ENCO srl" di Ponzano Veneto (TV) a firma di: Ing. S. Collepari ed Ing. R. Troli

