

Con il Codice Modello il FRC entra a pieno titolo tra i materiali da costruzione

Marco di Prisco ⁽¹⁾ e Giovanni Plizzari ⁽²⁾

⁽¹⁾ Professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni, Dipartimento di Ingegneria Strutturale (DIS), Politecnico di Milano, marco.diprisco@polimi.it

⁽²⁾ Professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni, Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente (DICATA), Università di Brescia, plizzari@ing.unibs.it

La tecnologia del calcestruzzo ha messo a disposizione negli ultimi anni materiali sempre più performanti dal punto di vista della resistenza (anche alle brevi stagionature), della lavorabilità (come il calcestruzzo autocompattante), della durabilità e, ora, anche della tenacità (capacità di resistere all'avanzamento di una fessura), con il calcestruzzo fibrorinforzato (FRC, FiberReinforced Concrete). Quest'ultimo è un materiale composito con matrice cementizia (calcestruzzo o malta) additivata con fibre di varia geometria realizzate con materiali diversi. Infatti, l'aggiunta delle fibre conferisce al calcestruzzo, dopo la microfessurazione, una significativa resistenza residua a trazione (denominata nel seguito tenacità; Fig. 1); quest'ultima dipende da molteplici fattori, tra i quali il rapporto di aspetto (ovvero il rapporto lunghezza/diametro equivalente), la percentuale volumetrica e le caratteristiche fisico-meccaniche delle fibre, in aggiunta alle caratteristiche della matrice.

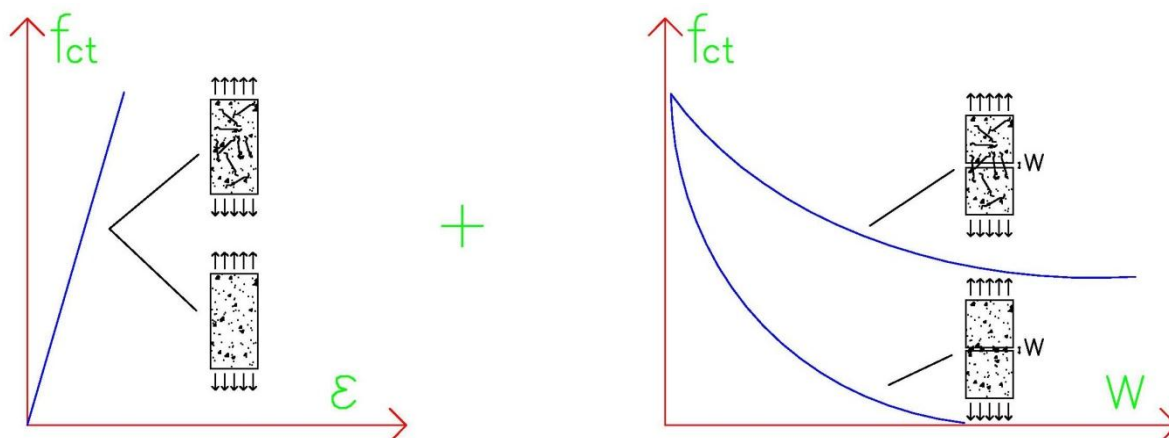


Figura 1. Confronto tra la resistenza post-fessurazione di un calcestruzzo ordinario e fibrorinforzato.

Le conoscenze sulle potenziali applicazioni strutturali del FRC si sono progressivamente diffuse negli ultimi anni in tutto il mondo, facendo sorgere la necessità di disporre di Linee Guida o Istruzioni tecniche in grado di orientare e disciplinare l'impiego strutturale di tali materiali. Dopo la pubblicazione di alcuni documenti da parte del CEN [1], UNI [2, 3], RILEM [4, 5], ACI [6-8] e JCI [9], il Codice Modello del fib [10, 11] ha recentemente introdotto il FRC tra i materiali da costruzione, fornendo indicazioni per la sua classificazione, in aggiunta alle principali regole di progettazione.

Il Codice Modello del fib classifica il materiale in base alle prestazioni del composito, come succede ormai da anni per i materiali strutturali. Nel caso specifico, per la caratteristica peculiare del FRC, cioè la tenacità, si basa sulla resistenza residua che il materiale è in grado di offrire durante una prova di flessione su una travetta intagliata, in accordo con la UNI EN 14651 [11]. Ciò rende indipendente la caratteristica prestazionale dal tipo e dosaggio di fibra, in quanto la prestazione è richiesta è una caratteristica specifica del composito, e facilita l'utilizzo del materiale

da parte dei Progettisti. Infatti, un materiale per impieghi strutturali può essere preso in considerazione da un Progettista nella misura in cui può essere prescritto in forma prestazionale all'Impresa che dovrà poi garantirla sotto la sorveglianza della Direzione Lavori. Ciò non è possibile quando ci si limita a prescrivere il solo dosaggio di fibra in quanto questo non rappresenta alcuna garanzia sul raggiungimento delle prestazioni del materiale in fase di calcolo, in quanto queste non dipendono solo dalla fibra ma anche dalla matrice cementizia.

Per i motivi sopraelencati, serviva quindi classificare il materiale, oltre che per la resistenza, la consistenza e la classe di esposizione, anche per la tenacità. La classificazione ha poi maggior valore se consente al Progettista di determinare i valori di progetto utili per il dimensionamento, come succede per la prova di compressione (si raggiungono così due obiettivi con una sola prova). Questo è stato il principio che ha ispirato il Model Code 2010 nel proporre la classificazione del FRC.

In attesa di una normativa specifica, in Italia il calcestruzzo fibrorinforzato si è diffuso utilizzato per la realizzazione di pavimentazioni industriali, di rivestimenti di galleria in calcestruzzo proiettato, di pannelli di tamponamento prefabbricati, di elementi prefabbricati non strutturali. La pubblicazione del nuovo Codice Modello del fib favorirà certamente l'introduzione del FRC nelle principali normative europee e consentirà quindi un notevole sviluppo dei campi di applicazione strutturali.

Tra le applicazioni strutturali nelle quali il FRC consentirà probabilmente risparmi significativi di materiale, spazi di stoccaggio dell'armatura e manodopera, si può citare:

- le strutture destinate ad assorbire urti e/o per resistere alla fatica;
- i conci prefabbricati e i rivestimenti finali di tunnel;
- le travi, con specifico riferimento alla resistenza a taglio (con notevoli potenzialità nelle travi in spessore di solaio);
- i giunti o nodi strutturali, per il vantaggio offerto di ridurre le usuali elevate percentuali di armatura ivi presenti;
- gli elementi di copertura prefabbricati, per la possibilità di realizzare spessori sottili il cui spessore è condizionato dal valore minimo del copriferro.

Le applicazioni elencate in precedenza sono già state studiate sperimentalmente nei centri di ricerca, almeno in una fase iniziale, e i risultati hanno evidenziato tutte le potenzialità del FRC di ridurre i costi di costruzione, grazie ad un risparmio di armatura che può raggiungere il 20-30%. A questo si aggiungono tutti i vantaggi offerti dalla presenza delle fibre in termini di ampiezza della microfessure, che risultano particolarmente importanti per la durabilità strutturale, ora imposta obbligatoriamente dalla normativa (attraverso la vita nominale minima). Infatti, la riduzione della porosità nel calcestruzzo, garantita dalla riduzione del rapporto acqua/cemento, rende più impermeabile il calcestruzzo ma non impedisce alle sostanze aggressive di penetrare nella struttura attraverso le "autostrade" rappresentate dalle fessure.

In conclusione si vuole sottolineare che non tutte le fibre sono in grado di garantire al composito i valori minimi che il Codice Modelle del fib richiede per gli impieghi strutturali del FRC, requisito necessario affinché il FRC possa sostituire, anche parzialmente, l'armatura convenzionale.

Referenze bibliografiche

- [1] UNI EN 14651, “Test method for metallic fibre concrete - Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual)”, European Committee for Standardization, 18 pp (2005).
- [2] UNI U73041440, 2004: Progettazione, esecuzione e controllo degli elementi strutturali in calcestruzzo rinforzato con fibre d'acciaio.
- [3] UNI 11039, 2003: Calcestruzzo rinforzato con fibre d'acciaio; (1a) Parte I: Definizioni, classificazione e designazione; (1b) Parte II: Metodo di prova per la determinazione della resistenza di prima fessurazione e degli indici di duttilità.
- [4] 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;
- [5] RILEM, 2000, “Test and design methods for steel fibre reinforced concrete: beam test”, RILEM TC 162-TDF Recommendations, Materials and Structures, 33: 3-5;
- [6] ACI Committee 544, 1999, “Measurement of properties of Fiber Reinforced Concrete”, ACI 544.2R-98, American Concrete Institute, ACI Farmington Hills, MI;
- [7] ACI Committee 544, 1996, “Design considerations for steel Fiber Reinforced Concrete”, ACI 544.4R-88, American Concrete Institute, ACI Farmington Hills, MI;
- [8] ACI Committee 544, 1996, “State of the art Report on Fiber Reinforced Concrete”, ACI 544.1R-96, American Concrete Institute, ACI Farmington Hills, MI;
- [9] JCI, 1984, “Method of tests for flexural strength and flexural toughness of fiber reinforced concrete”, JCI Standard SF-4, JCI Standards for test methods of fiber reinforced concrete, Japan Concrete Institute.
- [10] fib Bulletin 55, Model Code 2010 – First complete draft, Volume 1 (Chapters 1-6), 318 pages, 2010, ISBN 978-2-88394-95-6.
- [11] fib Bulletin 56, Model Code 2010 – First complete draft, Volume 2 (Chapters 7-10), 312 pages, 2010, ISBN 978-2-88394-096-3.