

MATERIALI INNOVATIVI PER IL RINFORZO STRUTTURALE: UNA PANORAMICA DELLE NOVITÀ

Gli interventi sul patrimonio edilizio esistente fanno già da tempo ricorso a materiali fibrorinforzati: le Linee Guida di fine luglio sugli FRMC, quelle del 2016 ora in revisione sugli FRP e quelle attese su CRM e FRC, daranno indicazioni precise sui materiali e sulle tecniche, regolarizzando il mercato, a favore della crescita di questo specifico segmento e della sicurezza.

Nelle NTC 2018, capitolo 8 dedicato agli “interventi strutturali sui fabbricati esistenti”, al paragrafo 6, riguardante i materiali, si specifica che è d’obbligo l’uso di quelli previsti dalle norme stesse, ma è consentito anche l’uso di **materiali non tradizionali**, “pur-

ché nel rispetto di normative e documenti di comprovata validità di cui al Capitolo 12”.

Nel caso di edifici in muratura è possibile effettuare riparazioni locali o integrazioni con materiale analogo a quello impiegato originariamente nella costruzione, purché durevole e di idonee caratteristiche meccaniche».

Nell’universo degli acronimi, per lo più anglosassoni, dei materiali che stanno ampliando la gamma a disposizione del nostro comparto, i nostri addetti stanno imparando a conoscere i nuovi prodotti per gli interventi di raf-

forzamento delle prestazioni dei materiali strutturali e per il consolidamento di quelli del patrimonio esistente, vincolato e non.

Con l’intento di comprendere lo stato dell’arte e di fornire un quadro riassuntivo di facile consultazione, passiamo in rassegna le famiglie dei suddetti materiali (si veda la tabella in chiusura d’articolo).

I *Fiber Reinforced Polymer* (**FRP**) costituiscono un “sistema di rinforzo” realizzato mediante fibre continue

- di carbonio
- di poliammidi aromatiche



I FABBRICANTI
DI QUESTI
PRODOTTI DEVONO
DOTARSI DELLE
CERTIFICAZIONI
DI VALUTAZIONE
TECNICA (CVT)

dette arammidi (la più nota in commercio è il Kevlar® di DuPont): anch'esse con resistenze a trazione elevate, paragonabili al carbonio e a più di cinque volte rispetto all'acciaio a parità di massa

- di vetro, in forma di **lamine o nastri**,



preformati o impregnati ed incollati all'elemento da rinforzare direttamente in cantiere, con **resine epossidiche**, soprattutto su strutture

esistenti per lo più in muratura e legno che in calcestruzzo armato.

Oltre alle Istruzioni emanate dal CNR nel 2004 e 2013, nel luglio 2016 sono state pubblicate dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) delle Linee Guida, attualmente in fase di revisione, per l'identificazione, la qualificazione e il controllo di accettazione in cantiere dei compositi FRP per l'uso nel consolidamento di strutture esistenti: a tale scopo risultano fondamentali, in primo luogo per i Fabbricanti e poi in cantiere per i Direttori dei Lavori, le **Certificazioni di Valutazione Tecnica (CVT)**, che hanno preso il posto dei Certificati di Idoneità Tecnica (CIT), che devono essere richiesti al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

I FRP sono inoltre disponibili in **barre** fino a 12 metri di lunghezza, immerse in **resine**

termoindurenti, anche intrecciate per una migliore aderenza al cls, come armatura non in tensione: già impiegate all'estero come armatura di solette da ponte, le NTC italiane non ne consentono l'uso per strutture in conglomerato cementizio armato, ma di recente è stata istituita una Commissione di studio per la redazione di Linee Guida per la loro Qualificazione ed un progetto per il loro impiego nelle strutture in c.c.a. anche in Italia.

Le barre a base di fibre vetro (GFRP) risultano molto utili in quanto isolanti termiche ed elettriche (non soggette a corrosione dalle cosiddette correnti vaganti), nonché consigliabili in ambienti medici perché non creano interferenza magnetica con gli strumenti diagnostici.

Le **griglie di barre a maglie ampie**, disponibili in rotoli, sono utili per rinforzo, per contenere le fessurazioni del cls e richiedono spessori di copertura molto contenuti rispetto ad un copriferro tradizionale.

I sistemi FRP vanno adeguatamente protetti o spesso associati con altre tipologie di fibre per la loro sensibilità alle variazioni di PH, alle radiazioni ultraviolette e all'assorbimento d'acqua.

Ad eccezione dei sistemi in carbonio, l'elevata resistenza a taglio permette loro di essere applicate anche a superfici irregolari.

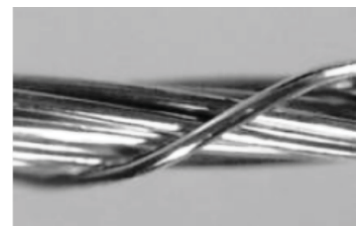
Il 27 luglio scorso, unitamente alla Circolare esplicativa delle NTC 2018, già menzionata nell'edizione 8/9 del Notiziario e in fase di approvazione definitiva, sono state pubblicate anche le Linee Guida per un'altra famiglia di compositi:

I Fiber Reinforced Concrete Matrix (FRCM)

Disponibili in **reti di FRP o di materiali più recenti**, spesso chiamate "tessuti", con interspazi di 2/3 cm, hanno la caratteristica di essere **applicate mediante malte cementizie, di calce o bastarda** in spessori tra i 5 e 15 mm, per una rete, o fino a 30 mm per più reti: la natura non organica della malta rende questo sistema di rinforzo preferibile ai FRP perché più simile ai supporti murari su cui viene applicata, perché può essere posata in ambienti umidi, perché resiste in modo migliore al calore e al fuoco e, non ultimo, in quanto non tossiche come le resine epossidiche.

Tra le fibre di più recente concezione, annoveriamo quelle di:

- **Acciaio ultrasensibile (UHTSS)** in reti costituite da trefoli del diametro dell'ordine di un millimetro



- **Basalto**, già ampiamente impiegate in ambito militare-aerospaziale dalle grandi Potenze, presentano una resistenza meccanica e fisica paragonabile a quella del



OLTRE AI RINFORZI A BASE DI RESINE, PER LO PIÙ EPOSSIDICHE, SI SONO DIFFUSE NUOVE TECNICHE A BASE DI CEMENTO O CALCE UNITE A FIBRE

carbonio, ma un costo nettamente inferiore, nonché proprietà di isolamento termoacustico elevate e con diametri molto superiori ai limiti di respirabilità, tanto da renderle il sostituto ideale all'amianto in varie applicazioni

- **PBO Zylon®**, polimero brevettato da un'azienda giapponese, anch'esso di derivazione milita-



re, disponibile in reti (rotoli) molto leggero, stabile, resistente agli urti e ad assorbimento molto basso, ma in origine molto costoso. I FRCM, a differenza dei sistemi FRP, hanno diversi meccanismi di crisi (distacco dal supporto, scorrimento del tessuto nella malta di allettamento, con possibile fessurazione dello strato esterno, rottura a trazione del tessuto) e pertanto necessita di prove di accettazione aggiuntive a quella di trazione.

I *Composite Reinforced Mortar (CRM)*

Simili solo in apparenza alle FRMC, usate per lo più per il rinforzo di strutture in muratura, sono



costituite da reti preformate in FRP (con maglia da 30 mm a massimo 4 volte lo spessore della matrice di



allettamento) in strato di malta cementizia o a base di calce, dai 30 ai 50 mm, oltre il livellamento della superficie a cui sono applicate. Non sono pertanto considerati tecnicamente Compositi.

Sono in fase di approvazione le Linee guida per l'identificazione, la qualificazione ed il controllo delle RETI in materiali compositi fibrorinforzati a matrice polimerica per l'"intonaco armato" CRM.

I *Fiber Reinforced Concrete (FRC)*

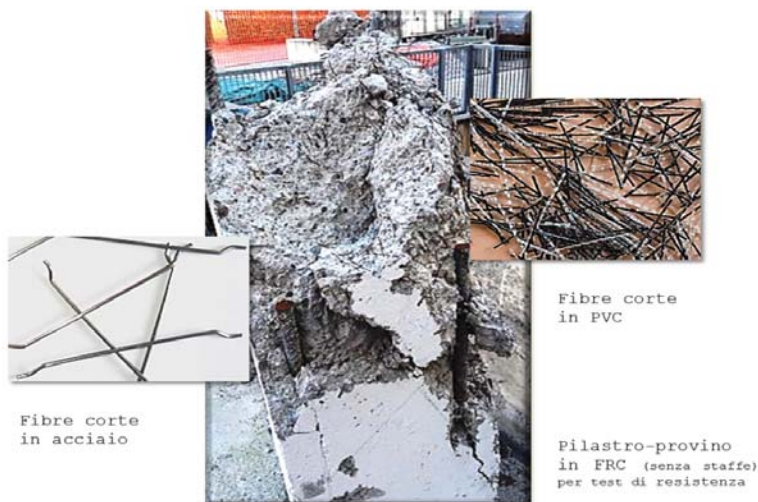
Nel capitolo 11 delle NTC 2018, relativo a Materiali e prodotti per uso strutturale, al paragrafo

11.2.12 si introduce il nuovo articolo del *Calcestruzzo fibrorinforzato (FRC)* caratterizzato dalla presenza di **fibre discontinue** nella matrice cementizia; tali fibre possono essere realizzate in **acciaio o materiale polimerico**, e devono essere marcate CE in accordo alle norme europee armonizzate, quali la UNI EN 14889-1 ed UNI EN 14889-2 per le fibre realizzate in acciaio o materiale polimerico.

La miscela del calcestruzzo fibrorinforzato deve essere sottoposta a **valutazione preliminare** secondo le indicazioni riportate nel precedente § 11.2.3 con determinazione dei valori di resistenza a trazione residua **FR1k** per lo Stato limite di esercizio e **FR3k** per lo Stato limite Ultimo determinati secondo UNI EN 14651:2007.

Per la qualificazione del calcestruzzo fibrorinforzato e la progettazione delle strutture in FRC si dovrà fare esclusivo riferimento a specifiche disposizioni emanate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Le fibre per FRC consentono di ridurre la formazione di microfessure, con conseguenze



Fibre corte in acciaio

Fibre corte in PVC

Pilastro-provino in FRC (senza staffe) per test di resistenza

LA PUNTUALITÀ
DELLA CIRCOLARE
ESPLICATIVA DI
FINE LUGLIO, È
AUSPICABILE ANCHE
PER L'APPROVAZIONE
DEL SUO TESTO
DEFINITIVO

benefiche sulla durabilità dei manufatti, di avere una consistente resistenza a trazione post-fessurativa e di sostituire almeno parzialmente l'armatura convenzionale.

Il produttore del calcestruzzo di tipo FRC dovrà fornire il materiale "a prestazione garantita" con caratteristiche riportabili dai progettisti nelle prescrizioni

sull'opera da realizzare.

Le Linee Guida per l'identificazione, la qualificazione ed il Controllo di accettazione di tutte queste "nuove" famiglie di prodotti, già pubblicate o in attesa di approvazione, sono fondamentali per garantire la qualificazione dei materiali presenti sul mercato.

Si attendono, pertanto, sia

per le menzionate Linee Guida ma anche per la Circolare Esplicativa delle NTC 2018, nonché del cosiddetto Decreto Genova, le firme del Presidente del CSLP, il cui posto è vacante dal 3 settembre scorso.

(ESEB)

Arch. Aldo Palladini

FAMIGLIE DI MATERIALI INNOVATIVI PER IL RINFORZO STRUTTURALE						
Sigla	Acronimo di	Traduzione italiana	componenti	Aspetto	Applicazioni	Prestazioni principali
FRP	Fiber Reinforced Polymer	Polimero rinforzato con fibre	Fibre di Arammide (AFRP), Carbonio (CFRP) o Vetro (GFRP) <i>inserirte in</i> matrice polimerica termoindurente ("resina")	Lamine, Nastri	Costruzioni esistenti	<ul style="list-style-type: none"> Elevata Resistenza meccanica/peso specifico
				Preformati o impregnati in situ		
				Barre L= 12 m a sezione rettangolare tonda, piena o cava	Costruzioni esistenti, nuovi getti	<ul style="list-style-type: none"> Ottima Resistenza ambienti aggressivi
FRCM	Fiber Reinforced Cementitious Matrix	Matrice cementizia rinforzata con fibre o compositi fibrorinforzati	FRP (Carbonio o vetro), Fibre di acciaio ultrasensibile (UHTSS), di basalto, di PBO <i>inserirte in</i> matrice inorganica a base di cemento, di calce o bastarda	Reti accoppiate o "tessuti" di FRP, UHTSS, basalto o PBO con interspazi di dimensioni nette (20/30 mm) Note anche come: TRC (cls) TRM (malta) o IMG (reti a matrice inorganica)	Costruzioni esistenti	<ul style="list-style-type: none"> Maggiore affinità con i supporti murari Posabile in ambienti umidi Migliore resistenza delle FRP al calore e al fuoco Apprezzate su costruzioni di pregio storico e monumentale Fibre di basalto più performanti e molto più economiche VS carbonio Richiedono però prove di distacco dal supporto
				Reti preformate di FRP		
CRM	Composite Reinforced Mortar	Malta composita rinforzata	<i>inserirte in</i> malte cementizie e/o di calce	Reti preformate di FRP applicate in malta cementizia da 30-50mm	Costruzioni esistenti in muratura	<ul style="list-style-type: none"> Non propriamente classificabile come materiale composito Sembra presentare affinità con FRCM
FRC	Fiber Reinforced Concrete	Calcestruzzo fibro-rinforzato	Fibre corte di acciaio o di materiale polimerico <i>inserirte in</i> malta cementizia o calcestruzzo	Fibre corte (12-60mm) disperse nella matrice cementizia	Nuovi getti Costruzioni esistenti per riparazione ripristino e rinforzo	<ul style="list-style-type: none"> Riduzione microfessure Significativa Resistenza a trazione residua post-fessurativa Durabilità Possibilità di sostituzione almeno parziale dell'armatura convenzionale