

RINFORZI STRUTTURALI CON FRP

IL CERTIFICATO DI IDONEITA' TECNICA (CIT) ALL'IMPIEGO

Il 24 Luglio 2017 Fibre Net ha ottenuto il Certificato di Idoneità Tecnica dal Servizio Tecnico Centrale (STC) del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLL.PP.) Il CIT, in accordo alle Linea Guida di cui al DPCS LL.PP. n. 220 del 9.7.2015, qualifica i materiali compositi FRP per il loro utilizzo nel consolidamento di costruzioni esistenti.

I sistemi certificati sono tessuti unidirezionali in carbonio ad alta tenacità ed alto modulo, reti e tessuti multiassiali, impregnati con resine epossidiche ad elevate caratteristiche chimico-fisiche e meccaniche. I sistemi dell'azienda Fibre Net sono stati qualificati alle più severe temperature di esercizio (-15 +58°) per il rinforzo di strutture in muratura e c.a.

Denominazione commerciale del sistema	Composizione del sistema	Peso g/m ²	Classe	Numero di strati oggetto di CIT	Temperatura di esercizio
Betontex FB-GV330U-HT - RC02	Tessuto unidirezionale in fibra di carbonio alta tenacità + resina epoxy di impregnazione	300	210C	1 / 2 / 3 / 4 / 5	-15° C +58° C
Betontex FB-GV420U-HT - RC02	Tessuto unidirezionale in fibra di carbonio alta tenacità + resina epoxy di impregnazione	400	210C	1 / 2 / 3	-15° C +58° C
Betontex FB-GV620U-HT - RC02	Tessuto unidirezionale in fibra di carbonio alta tenacità + resina epoxy di impregnazione	600	210C	1 / 2 / 3	-15° C +58° C
Betontex FB-GV320U-HM - RC02	Tessuto unidirezionale in fibra di carbonio alto modulo + resina epoxy di impregnazione	300	350C 2800	1 / 2 / 3	-15° C +58° C
Betontex FB-GV420U-HM - RC02	Tessuto unidirezionale in fibra di carbonio alto modulo + resina epoxy di impregnazione	400	350C 2800	1 / 2 / 3	-15° C +58° C
Betontex FB-Multiax400 - RC02	Tessuto quadriassiale in fibra di carbonio alta tenacità + resina epoxy di impregnazione	400	210C	1 / 3	-15° C +58° C
Betontex FB-RC225-TH12 - RC02	Rete bilanciata in fibra di carbonio alta tenacità + resina epoxy di impregnazione	200	210C	1 / 2 / 3	-15° C +58° C

Normativa vigente

I materiali compositi fibrorinforzati vengono introdotti per la prima volta in edilizia nei primi anni novanta, tutte le principali università italiane ed estere iniziano prove e sperimentazioni sui materiali compositi impiegati come rinforzi strutturali su diverse tipologie di strutture. Dopo anni di applicazioni e studi, nel 2004 la commissione CNR pubblica il documento CNR DT 200/2004: **"Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati"**. Il documento, oggetto di revisione nel 2013 (CNR-DT200R1/2013) oggi è utilizzato come riferimento a livello internazionale.

Caratteristiche degli FRP

I materiali compositi vengono identificati dall'acronimo **FRP**, **Fiber Reinforced Polymer**, sono costituiti da due fasi, la matrice e la fibra di rinforzo. La matrice solitamente è di natura organica, resine termoindurenti e il rinforzo costituito da fibre lunghe di carbonio identificati con diversi acronimi: **CFRP** (**Carbon**), di vetro **GFRP** (**Glass**) e di aramide **AFRP** (**Aramid**). **Gli FRP vengono impiegati per accrescere la capacità degli elementi strutturali nei confronti di sollecitazioni di natura statica e/o sismica.** I materiali compositi possono essere utilizzati per rafforzare strutture danneggiate al fine di ripristinare le condizioni di sicurezza precedenti al danno.



Fig. a: ponte inagibile per evidente degrado del calcestruzzo strutturale

Fig. b: rinforzi per ripristinare la capacità portante e delle armature

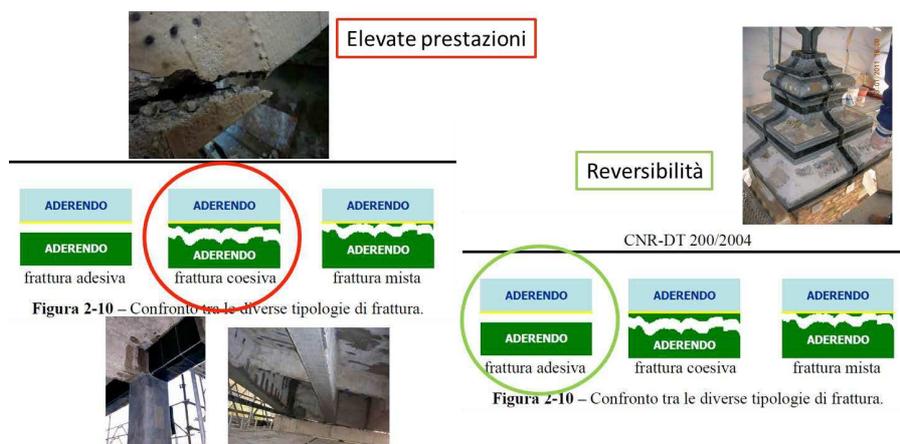
In generale, possono essere impiegati in tutti quei casi in cui situazioni non previste dal progetto originale generano incrementi di sollecitazioni sugli elementi strutturali. I compositi fibrorinforzati in presenza di determinate condizioni strutturali rappresentano indubbiamente una valida alternativa. I materiali di rinforzo FRP si distinguono in due grandi famiglie:

- **sistemi di rinforzo preformati**, costituiti da elementi di varia forma in cui l'associazione fibra matrice viene realizzata in stabilimento mentre viene eseguita in opera la solidarizzazione con il supporto mediante una resina di incollaggio.
- **sistemi di rinforzo laminati in situ**, ovvero sistemi in cui si realizza in opera direttamente sia il materiale composito matrice + fibra sia la solidarizzazione con il supporto.

Il funzionamento dei materiali compositi applicati alle strutture è legato ad un meccanismo di tipo adesivo, il rinforzo esterno risulta efficace fintanto che c'è adesione tra il supporto e il rinforzo, ovvero fino a quando il supporto è in grado di trasferire gli sforzi al rinforzo. Nel progettare un rinforzo in materiale composito gli obiettivi possono essere diversi:

- **elevate prestazioni**: si vogliono sfruttare al massimo le prestazioni del rinforzo (rottura di tipo coesiva);
- **reversibilità**: ci si accontenta di ottenere dal rinforzo il contributo che è in grado di fornire, mantenendo inalterata la superficie di contatto/adesione (rottura di tipo adesiva).

Di seguito si riporta una figura esplicativa:



Gli FRP per il rinforzo di strutture in muratura

Gli edifici in muratura, quando sottoposti ad azioni orizzontali come quelle sismiche, presentano una scarsa capacità resistente con collasso per innesco di meccanismi locali e/o globali per livelli energetici molto bassi. I rinforzi in materiale composito conferiscono la resistenza a trazione alla muratura, che per sua natura non possiede, e contribuiscono alla creazione di un nuovo materiale: la muratura armata. La loro applicazione consente di ridurre la vulnerabilità sismica degli edifici in muratura aumentando le resistenze nei confronti delle sollecitazioni sismiche. I materiali compositi possono essere impiegati per rinforzare la muratura nei confronti delle azioni nel piano e fuori dal piano fornendo alla fabbrica muraria una capacità ad azioni di tipo sismico eliminando l'innescio di meccanismi locali e/o globali.

In generale i materiali compositi possono essere utilizzati su edifici in muratura per:

- **Incatenamenti** mediante cerchiature esterne o interne/esterne collegate mediante connettori
- **consolidamento di volte e archi**, applicando nastri di rinforzo che lasciano inalterata la loro funzionalità strutturale.
- **Rinforzo taglio e flessione**, per azione nel piano e fuori dal piano
- **Confinamento di colonne**, per incrementarne la resistenza e la duttilità



Fig. 1 incatenamento



Fig. 2 rinforzi per azioni nel piano (taglio)



Fig. 3 rinforzo taglio flessione della fascia di piano del timpano



Fig. 4 rinforzo taglio e flessione della fascia di piano



Fig. 5 cordolo armato

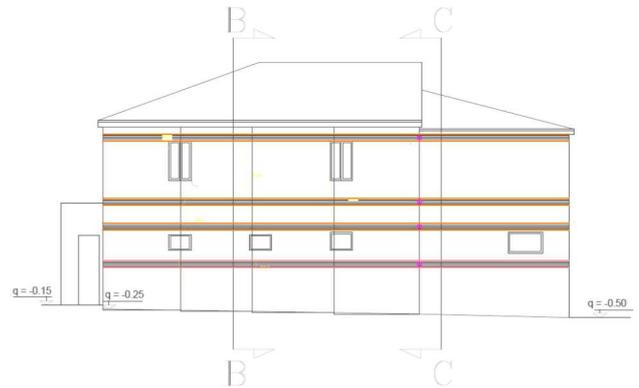


Fig. 6 cordolo armato



Fig. 7 rinforzo di volte



Fig. 8 confinamento della muratura

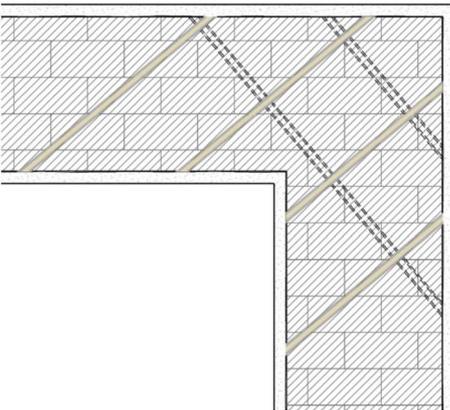


Fig. 9 cucitura armata con barre pultruse

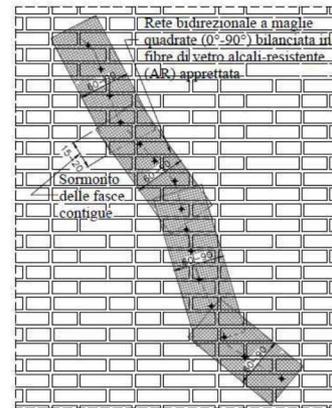


Fig. 10 ripristino di lesioni localizzate



Fig. 11 rinforzo archi

Gli FRP per il rinforzo di strutture in cemento armato

Negli edifici in c.a. esistenti riscontriamo le seguenti carenze:

- La struttura è progettata per soli carichi gravitazionali: si riscontra la presenza di travi "forti" e pilastri "deboli" con elevato rischio di innesco di meccanismi fragili nei telai, una conseguente scarsa duttilità del sistema resistente globale ed una non corretta gerarchia delle resistenze.
- I solai sono inadeguati a garantire un comportamento rigido nel piano e quindi non assicurano una corretta distribuzione delle sollecitazioni orizzontali, prettamente sismiche, agli elementi verticali.
- I fabbricati, spesso per esigenze architettoniche, presentano una forte irregolarità in pianta: difformità di questo tipo rischiano di amplificare sensibilmente le azioni sismiche sugli elementi resistenti.

I materiali compositi vengono impiegati per il rinforzo e recupero di strutture in calcestruzzo ed in particolare:

- **colonne e pilastri**, per incrementarne la resistenza a taglio, pressoflessione e la duttilità
- **travi** per incrementarne la resistenza a flessione, torsione e taglio
- **nodi trave-pilastro**: confinamento dei nodi per garantire la necessaria gerarchia delle resistenze nel caso di interventi sismici
- **solai e piastre**, per incrementarne la resistenza a flessione e a taglio

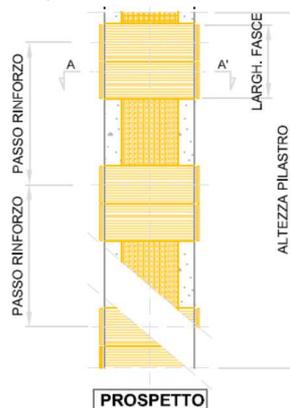


Fig. 12 confinamento pilastro



Fig. 13 rinforzo nodo-trave pilastro



Fig. 14 rinforzi per modificare il meccanismo di rottura



Fig. 15 rinforzi a flessione



Fig. 16 rinforzi a taglio



Fig. 17 rinforzi taglio flessione di solaio in latero cemento



Fig. 18 rinforzo solaio al fine di creare un piano rigido

Le connessioni

In quelle situazioni dove è necessario migliorare la connessione, evitando qualsiasi fenomeno di distacco e delaminazione, tra la struttura esistente e il sistema di rinforzo in FRP si possono utilizzare:

- **fiocchi** costituito da un fascio di fibre lunghe unidirezionali raccolte all'interno di una calza, che conferisce una forma cilindrica all'elemento;
- **Ardfix®** sistema messo a punto e brevettato (Brevetto IT 1338380) da Ardea Progetti del Gruppo Fibre Net srl, consiste nell'utilizzo combinato di barre pultruse in carbonio e tessuti unidirezionali GB-GV330U-HT – RC02 (dotato di CIT)



Fig. 19 Connessioni a fiocco



Fig. 20 Connettore Ardfix

Il CIT: Certificato d'Idoneità Tecnica all'impiego dei materiali FRP

Come noto, tutti i materiali da costruzione, quando impiegati per uso strutturale, debbono essere in possesso di idonea qualificazione. Nel caso specifico, ai sensi del capitolo 11 lettera C delle NTC, i materiali innovativi quali sono gli FRP, possono essere impiegati se in possesso di Certificato d'Idoneità Tecnica all'impiego, "CIT", rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Per quanto riguarda il rinforzo di strutture in cemento armato e muratura mediante l'impiego di materiali compositi fibrorinforzati FRP, la rilevante novità è stata la pubblicazione nel luglio 2015 della **Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti** a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (C.S.LL.PP.).

Tale Linea Guida, dopo un periodo transitorio di un anno in cui i produttori hanno realizzato tutte le attività previste per l'ottenimento della Qualificazione, completa il panorama normativo per questi materiali.

Un materiale in possesso di CIT è una garanzia

- per il **progettista**, in quando sono garantite le prestazioni meccaniche (del sistema matrice+rinforzo) della classe a cui il composito appartiene
- per il **direttore dei lavori**, perché il materiale arriva in cantiere marcato, etichettato ed identificabile.
- di tempi e modalità di esecuzione per l'**impresa esecutrice** poiché la continuità delle caratteristiche è garantita dai costanti controlli in produzione.
- Per il **collaudatore** che è facilitato nella sua attività di controllo e collaudo in quanto il materiale è prodotto e qualificato dal Servizio Tecnico Centrale, è progettato ed eseguito secondo indicazioni validate
- per il **committente** perché si impiegano materiali all'avanguardia controllati, qualificati ed indentificati in ogni passo della filiera.

Il CIT contiene al suo interno tutte le informazioni riguardanti il materiale, dai campi di applicazione ed impiego, alle modalità applicative alle configurazione del rinforzo per cui il CIT è valido (ad esempio 1-2-3-4-5 strati sovrapposti), alle temperature di esercizio, alle modalità di confezionamento e taglio per i controlli di accettazione in cantiere.

Riferimenti normativi:

- NTC 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008, Suppl. ord. n° 30 alla G.U. n. 29 del 4/02/2008
- Circ. NTC 08:2009 - Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, n. 617 del 2 febbraio 2009, Suppl. Ord. n. 27 alla G.U. n. 47 del 26 febbraio 2009, "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008";
- CNR DT 200R1/2013 - Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie;
- Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP rilasciate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (C.S.LL.PP.) del 24 Luglio 2009;
- Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti rilasciate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (C.S.LL.PP.) 2015.