

OGGETTO: *Fondo complementare al piano nazionale di ripresa e resilienza programma "sicuro, verde e sociale: riqualificazione dell'edilizia residenziale pubblica".*

Progetto di manutenzione straordinaria per adeguamento sismico e miglioramento energetico dell'edificio posto in via Galilei 1 Comune di Imola

RELAZIONE SUI MATERIALI





Sommario

ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI E LORO MODALITÀ DI POSA IN OPERA	3
Conglomerato cementizio armato	3
Muratura.....	6
FRCM.....	8
Antisfondellamento.....	17
Carpenteria metallica	18



ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI E LORO MODALITÀ DI POSA IN OPERA

Materiali da costruzione

I materiali ed i prodotti devono essere identificati, qualificati ed accettati secondo le procedure di cui alle “Norme Tecniche per le costruzioni” DM 17 Gennaio 2018.

In particolare:

- I materiali e prodotti per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE e per i quali sia concluso il periodo di coesistenza potranno essere impiegati solamente se in possesso della marcatura CE, prevista dalla direttiva 89/106/CEE “prodotti da costruzione”, recepita in Italia dal DPR 21/04/1993 n. 246, così come modificato dal DPR 10/12/1997, n. 499.
- I materiali e prodotti per i quali non sia disponibile una norma europea armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, potranno essere impiegati solamente se qualificati secondo le procedure indicate nel DM 17 Gennaio 2018. È fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la marchiatura CE.
- I materiali e prodotti che non ricadono nelle tipologie A o B potranno essere impiegati solamente se in possesso della marcatura CE in conformità a Benestare Tecnici Europei (ETA), ovvero, in alternativa, se in possesso di un Certificato di idoneità Tecnica all'impiego rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale.
- Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme.

Procedure di accettazione dei materiali.

In base alla normativa i materiali e prodotti impiegati per uso strutturale devono essere non solo identificati e qualificati ma anche accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Si impiegano i seguenti materiali:

Conglomerato cementizio armato

Caratteristiche di durabilità dei materiali impiegati:

Classe di esposizione

Per la determinazione della classe di esposizione si fa riferimento alla UNI 11104, al punto 4.1 della UNI EN 206-1 e alle Linee Guida elaborate dalla Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

L'edificio in oggetto essere sottoposto a corrosione indotta da carbonatazione:

XC1	Asciutto o permanentemente bagnato Interni di edifici con umidità relativa bassa.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.
XC2	Bagnato, raramente asciutto Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.

- Strutture di fondazione e pareti interrato C25/30 [XC2]



- Cordoli e travi in elevazione C25/30 [XC1]

Copriferro ed interferro

Con riferimento alle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere:

- 20mm per elementi a piastra
- 25mm per altri elementi

a tale valore va aggiunta la tolleranza di posa, pari a 10 mm. Pertanto il copriferro nominale minimo adottato è stato di:

- per fondazioni 35mm;
- per travi e cordoli 35mm;
- per solette 30mm.

Stagionatura (Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive).

Per l'intera durata della stagionatura (periodo che intercorre tra la messa in opera ed il tempo in cui il calcestruzzo ha raggiunto le caratteristiche essenziali desiderate) il calcestruzzo necessita di attenzioni e cure affinché la sua maturazione possa avvenire in maniera corretta. La durata di stagionatura è in relazione alle proprietà richieste per la superficie del calcestruzzo (resistenza meccanica e compattezza) e per la classe d'esposizione. Per le classi X0 e XC1 il tempo minimo di protezione non deve essere inferiore a 12 ore, a condizione che il "tempo di presa" sia inferiore a 5 ore e che la temperatura della superficie del calcestruzzo sia superiore a 5°C. Per il calcestruzzo con classe d'esposizione diverse da X0 o XC1 la durata di stagionatura deve essere estesa fino a quando il calcestruzzo ha raggiunto, sulla sua superficie, almeno il 50% della resistenza media, o il 70% della resistenza caratteristica, previste dal progetto.

L'indicazione circa la durata di stagionatura, necessaria ad ottenere la durabilità ed impermeabilità dello strato superficiale, non deve essere confusa con il tempo necessario al raggiungimento della resistenza prescritta per la rimozione delle casseforme ed i conseguenti aspetti di sicurezza strutturale.

Per limitare la perdita d'acqua per evaporazione si adottano i seguenti metodi:

- mantenere il getto nelle casseforme per un tempo adeguato ($3 \div 7$ gg);
- coprire la superficie del calcestruzzo con fogli di plastica, a tenuta di vapore, assicurati ai bordi e nei punti di giunzione,
- mettere in opera coperture umide sulla superficie in grado di proteggere dalla essiccazione;
- mantenere umida la superficie del calcestruzzo con l'apporto di acqua,
- applicare prodotti specifici (filmogeni antievaporanti) per la protezione delle superfici.

Si devono evitare, nel corso della stagionatura, i ristagni d'acqua sulle superfici che rimarranno a vista.

Per una corretta stagionatura del calcestruzzo è necessario seguire le seguenti disposizioni:

Prima della messa in opera:

- Si dovrà saturare a rifiuto il sottofondo e le casseforme di legno oppure isolare il sottofondo con fogli di plastica e impermeabilizzare le casseforme con disarmante.
- La temperatura del calcestruzzo al momento della messa in opera deve essere $\leq 30^{\circ}\text{C}$, raffreddando, se necessario, gli aggregati e l'acqua di miscela.

Durante la messa in opera:

- Erigere temporanee barriere frangivento per ridurre la velocità sulla superficie del calcestruzzo.
- Erigere protezioni temporanee contro l'irraggiamento diretto del sole.



- Proteggere il calcestruzzo con coperture temporanee, quali fogli di polietilene nell'intervallo fra la messa in opera e la finitura.
- Ridurre il tempo fra la messa in opera e l'inizio della stagionatura protetta.

Dopo la messa in opera:

- Minimizzare l'evaporazione proteggendo il calcestruzzo immediatamente dopo la
- finitura con membrane impermeabili, umidificazione a nebbia o copertura.
- La massima temperatura ammissibile all'interno delle sezioni è di 70°C.
- La differenza massima di temperatura fra l'interno e l'esterno è di 20°C.
- La massima differenza di temperatura fra il calcestruzzo messo in opera e le parti già indurite o altri elementi della struttura è di 15°C.

Calcestruzzo C25/30: fondazioni e solette controterra

C25/30, classe di esposizione XC2, con la seguente resistenza cubica a compressione a 28 giorni $R_{ck} = 300 \text{ daN/cm}^2$ e le seguenti resistenze di calcolo:

- a compressione: $f_{cd} = 141,10 \text{ daN/cm}^2$
- a trazione: $f_{ctd} = 11,94 \text{ daN/cm}^2$

Calcestruzzo C25/30: strutture in elevazione

C25/30, classe di esposizione XC1, con la seguente resistenza cubica a compressione a 28 giorni $R_{ck} = 300 \text{ daN/cm}^2$ e le seguenti resistenze di calcolo:

- a compressione: $f_{cd} = 141,10 \text{ daN/cm}^2$
- a trazione: $f_{ctd} = 11,94 \text{ daN/cm}^2$

Acciaio per cemento armato

B450C, con la seguente tensione caratteristica di snervamento:

- $f_{yk} = 4500 \text{ daN/cm}^2$

e la seguente resistenza di calcolo:

- $f_{yd} = 3913 \text{ daN/cm}^2$



Muratura

Nuove strutture (vano ascensore)

Blocco tipo "Poroton Sismico"; caratteristiche minime (sono accettabili materiali con caratteristiche superiori):

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO	
Percentuale di foratura [%]	P800 - ($\varphi \leq 45\%$)
Tipologia di blocco	liscio
Resistenza a compressione del blocco ①	
Resistenza caratteristica, f_{bk} [N/mm ²]	10,00
Resistenza media, f_{bm} [N/mm ²]	12,50
Resist. a compr. orizzontale del blocco ②	
Resistenza caratteristica, f'_{bk} [N/mm ²]	1,50
Resistenza media, f'_{bm} [N/mm ²]	2,14
CARATTERISTICHE DELLA MALTA	
Classe della malta ③	M10
Giunto ④	NON interrotto

RESISTENZE CARATTERISTICHE per analisi statiche lineari	
Resist. caratt. a compressione, f_k [N/mm ²]	5,30
Resist. caratt. a compr. in direzione orizz. (nel piano della parete), f_{hk} [N/mm ²]	0,59
Resist. caratt. a taglio in assenza di carichi verticali, f_{vld} [N/mm ²]	0,30
Resist. caratt. a taglio, f_{vk} [N/mm ²]	$f_{vkd} + 0,4 \sigma_n$
Valore massimo res. caratt. a taglio, $f_{vk,lim}$ [N/mm ²]	0,87
RESISTENZE MEDIE per analisi statiche non lineari	
Resist. media a compressione, f_m [N/mm ²]	6,63
Resist. media a compr. in dir. orizzontale (nel piano della parete), f_{hm} [N/mm ²]	0,85
Resist. media a taglio in assenza di carichi verticali, f_{vmd} [N/mm ²]	0,43
Resist. media a taglio, f_{vm} [N/mm ²]	$f_{vmd} + 0,4 \sigma_n$
Valore max res. media a taglio, $f_{vm,lim}$ [N/mm ²]	1,24
Parametri di deformabilità della muratura non fessurata	
Modulo elasticità norm. secante, E [N/mm ²]	5300
Modulo elasticità tang. secante, G [N/mm ²]	2120
Modulo di Poisson, ν [adim.]	$E/2G - 1 = 0,25$



I valori delle resistenze della muratura sono distinti tra caratteristici e medi, in funzione dell'analisi strutturale da condurre. Il passaggio da un valore all'altro avviene tramite il coefficiente 0.7, come da NTC 2018; solo per la resistenza a compressione si adotta un coefficiente 0.8 desunto dai dati sperimentali relativi alle murature POROTON®.

La resistenza a compressione viene calcolata secondo le NTC 2018 che fornisce una tabella per il caso di blocchi semipieni ($P800 - \phi \leq 45\%$) e giunti orizzontali e verticali riempiti di malta ordinaria; negli altri casi viene applicato l'EC6, come esplicitamente previsto dalle NTC 2018.

La resistenza a compressione in direzione orizzontale viene calcolata secondo le indicazioni dell'EC6, come esplicitamente previsto dalle NTC 2018.

La resistenza a taglio in assenza di carichi verticali viene calcolata in tutti i casi secondo le indicazioni fornite dalle NTC 2018, e si utilizza anche per la verifica del taglio nelle fasce di piano (cfr. §7.8.2.2.4, NTC 2018).

La resistenza a taglio viene calcolata come da NTC 2018.

Il valore massimo della resistenza a taglio, viene desunto dalle NTC 2018.

I moduli di elasticità secanti sono calcolati secondo NTC 2018.

È ammesso l'uso di elementi di laterizio di caratteristiche superiori.

- Classe di esecuzione muratura: 2
- Categoria elementi resistenti: cat II - Malta qualsiasi
- Elementi per muratura portante conformi alla norma UNI EN 771
- Sistema di attestazione di conformità: 4
- Classe malta: M 10
- Malta conforme alla norma UNI EN 998-2
- Resistenza caratteristica a taglio della muratura f_{vk} limitata
- Tipologia elemento: Laterizio semipieno

f_{bk}	f_{bkh}	f_k	f_{vk0}	$\gamma_{m,stat}$	$\gamma_{m,din}$	$f_{d,stat}$	$f_{d,din}$	$f_{vk,lim}$	E_{mur}	G_{mur}	v_{mur}
[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]			[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
10.00	1.50	5.30	0.20	3.00	2.00	1.77	2.65	2.10	5300	2120	0.25



Intervento su esistente (chiusure di aperture, cucì-scucì, etc)

Dovendo intervenire su murature esistenti di caratteristiche meccaniche non elevate, si è ritenuto opportuno l'utilizzo di una malta di classe M5 e non più performante (ad esempio M10) per rendere la muratura di progetto più omogenea. La malta dovrà essere compatibile con i materiali esistenti.

È ammesso l'uso di elementi di laterizio di caratteristiche superiori.

- Classe di esecuzione muratura: 2
- Categoria elementi resistenti: cat II - Malta qualsiasi
- Elementi per muratura portante conformi alla norma UNI EN 771
- Sistema di attestazione di conformità: 4
- Classe malta: M 5
- Malta conforme alla norma UNI EN 998-2
- Resistenza caratteristica a taglio della muratura f_{vk} limitata
- Tipologia elemento: Laterizio semipieno

f_{bk}	f_{bkh}	f_k	f_{vk0}	$\gamma_{m,stat}$	$\gamma_{m,din}$	$f_{d,stat}$	$f_{d,din}$	$f_{vk,lim}$	E_{mur}	G_{mur}	ν_{mur}
[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]			[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
10.00	1.50	4.70	0.20	3.00	2.00	1.57	2.35	2.10	4700	1880	0.25

FRCM

Per COMPOSITO si intende un materiale ottenuto combinando due o più componenti, o fasi, in modo che il prodotto finale abbia proprietà diverse da quelle dei costituenti.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

- bassa densità, quindi leggerezza
- elevate proprietà meccaniche

Nei compositi fibrerforzati le fibre svolgono il ruolo di elementi portanti sia in termini di resistenza che di rigidezza. La matrice, oltre a proteggere le fibre, funge da mezzo di trasferimento degli sforzi tra fibra e fibra ed eventualmente tra queste e l'elemento strutturale da rinforzare. Il composito esibisce rispetto alle fibre una rigidezza inferiore ma la medesima deformazione a rottura. Infatti, una volta superata tale deformazione, diviene impossibile il trasferimento degli sforzi dalla matrice alle fibre.

FRCM: Fiber Reinforced Cementitious Mortar

- MATRICE INORGANICA Malte base calce o Malte base cemento servono a incollare e proteggere il rinforzo
- FIBRA TESSUTI O RETI servono ad incrementare le resistenze

I materiali costituenti i principali compositi (rete) FRCM utilizzati sono:

1. Vetro AR
2. Acciaio ad alta resistenza
3. Arammide
4. Basalto
5. Carbonio (come nel nostro caso)



6. Poliparafenilenbenzobisoxazolo (PBO)

Sono ammessi nel sistema composito FRCM anche eventuali connettori, dispositivi di ancoraggio, additivi e adesivi volti a impedire il distacco prematuro del composito stesso dal supporto

Per quanto concerne le limitazioni geometriche invece le Linee guida stabiliscono che:

- il rinforzo deve essere realizzato impiegando una rete costituita da maglie della dimensione massima di 30x30 mm;
- la rete deve essere annegata in uno spessore di malta compreso tra 5 mm e 15 mm.

Lo spessore della malta di 15 mm può essere superato soltanto se in fase di progettazione si preveda la sovrapposizione di più strati di rete. In questo caso la malta può raggiungere al massimo i 30 mm.

FRCM: FASI APPLICATIVE

1. Pulire le superfici e preparare il supporto
 2. Regularizzare le pareti murarie con un primo strato di malta
 3. Posizionare sullo strato di malta fresco, la rete strutturale in fibra
 4. Applicare, nelle zone in cui è stata posizionata la rete, il secondo strato di malta quando il primo è ancora fresco
- ATTENZIONE: leggere attentamente le schede tecniche dei vari prodotti coinvolti

FRCM: SISTEMI DI CONNESSIONE

In genere insieme al sistema di rinforzo FRCM si prevede l'installazione di sistemi di connessione.

Il sistema di connessione ha due funzioni:

- 1) Migliorare il grado di connessione interno dell'elemento
- 2) Collegare il rinforzo se applicato su entrambi le facce dell'elemento

FRCM: SISTEMI DI CONNESSIONE Per realizzarli vengono in genere utilizzati i seguenti materiali:

- 1) Connettori a fiocco FRP
- 2) Barre elicoidali in acciaio Inox
- 3) Connettori in fibra di acciaio galvanizzato con micro trefoli

Il documento normativo specifico da consultare per la progettazione di un intervento di rinforzo FRCM sono:

- ISTRUZIONE TECNICHE CNR DT 215 (FRCM – CRM)

Questi documenti forniscono gli strumenti per il dimensionamento del rinforzo sull'elemento oggetto di intervento. Sono considerati supporti in cemento armato e in muratura di mattone pieno, tufo e pietrame.

Il documento normativo specifico da consultare per la accettazione del materiale in cantiere sono:

- LINEE GUIDA PER LA QUALIFICAZIONE DEGLI FRCM



Per la progettazione di interventi di rinforzo mediante sistemi FRCM si impiegano valori caratteristici ottenuti in via sperimentale da prove di trazione tangenziale (prove di Bond) su differenti tipologie di supporto. Le prove tengono conto dell'interazione tra il sistema FRCM e il supporto. La crisi del sistema che si determina genera un distacco dello stesso dal supporto o uno scorrimento reciproco tra la rete e la matrice. Tale crisi rappresenta il limite convenzionale da cui si determinano la tensione e la deformazione di progetto.



Figura 1: Meccanismi di crisi FRCM

Il legame costitutivo dei sistemi FRCM è caratterizzato da un comportamento a trazione definito da una linea spezzata in tre rami distinti che individuano tre fasi:

- la prima in cui la matrice assorbe ancora le deformazioni di trazione,
- la seconda in cui avviene una fessurazione della matrice
- la terza in cui la matrice è fessurata e la resistenza a trazione è completamente assorbita dalla rete.

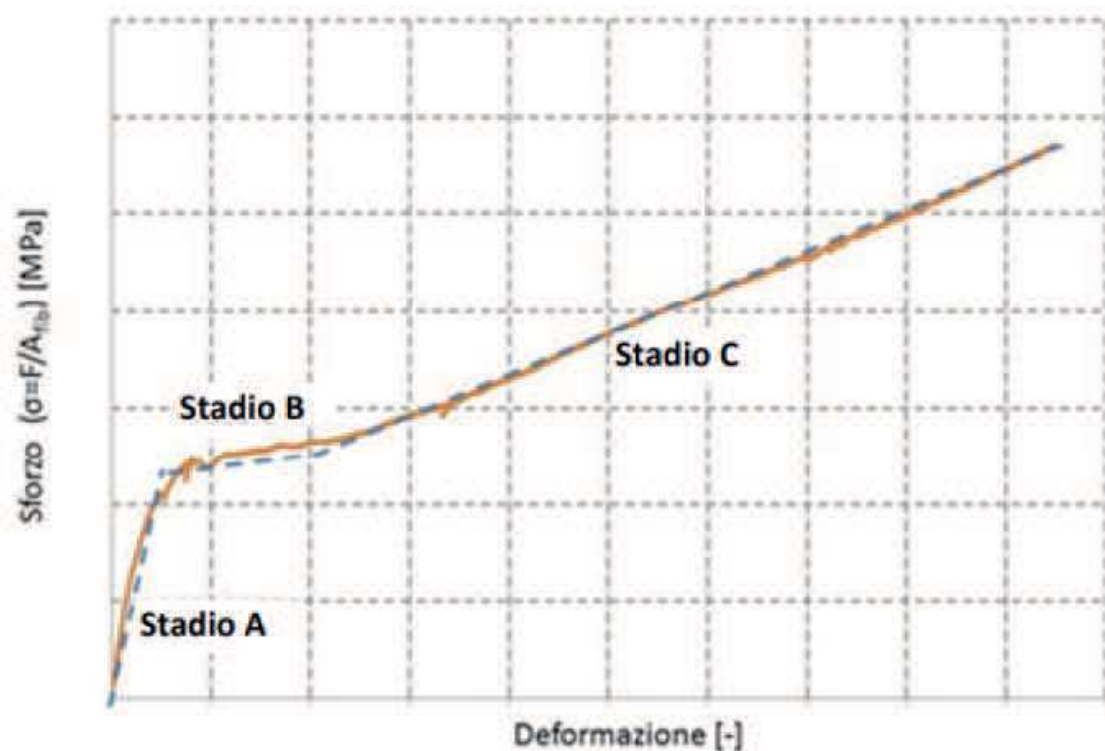


Figura 2: Legame costitutivo tipo a trazione di un provino FRCM (A_f area del tessuto senza matrice organica)

I sistemi FRCM sono caratterizzati da un comportamento adesivo in cui la matrice consente il trasferimento degli sforzi tra il supporto da rinforzare e il composito. Inoltre il passaggio della malta attraverso le maglie della rete impedisce lo scorrimento tra i filamenti della rete e consente una redistribuzione omogenea degli sforzi tra i vari elementi della rete.



Materiali commerciali presi a riferimento per le caratteristiche meccaniche del sistema FRCM

Rete:

DESCRIZIONE

Betontex FB-RC225-TH12 Rete termosaldata in fibra di carbonio ad alta tenacità di Fibre Net, disponibile in nastro della larghezza sia di 1,00 m e sia di 1,25 m, caratterizzata da elevate proprietà meccaniche, leggerezza, minimo ingombro e elevata adattabilità al supporto su cui deve essere fatta aderire. Queste caratteristiche, unite all'assenza di problemi di corrosione, la rendono indicata per il rinforzo di murature, tamponamenti, volte, gallerie e solai.



DATI TECNICI

	Denominazione	Ref.
Nome Commerciale	Betontex FB-RC225-TH12	7
Produttore	Fibre Net SpA	
Tipo di rinforzo	Rete bidirezionale in fibra di carbonio di alta tenacità	CHR-DT 200/2004
Dimensione della maglia	8 x 8	-
Peso complessivo (g/m ²)	200	ISO 3374
Peso di fibra di carbonio per ciascuna direzione (g/m ²)	100	ISO 3374

Caratteristiche geometriche e meccaniche

Proprietà	u.m.	Valore	Ref.
Larghezza del nastro	mm	1000	CHR-DT 200/2004
	mm	1250	CHR-DT 200/2004
Spessore equivalente di fibra	mm	0,056	UNI EN 2561
Area equivalente di fibra, per ciascuno strato di tessuto, per ciascuna direzione, A _f	mm ² /m	56	ISO 2561
Tensione di rottura a trazione della fibra	MPa	5100	ISO 10618
Modulo elastico a trazione della fibra	GPa	245	ISO 10618
Allungamento a rottura della fibra	%	2,1	ISO 10618
Densità delle fibre	g/cm ³	1,78	ASTM D792, ISO 183-1



Malta:

MATERIA RINFORZA – RZ 210 risponde ai requisiti prestazionali richiesti dalla norma europea **EN 998 -1** Malte per intonaco interno ed esterno per usi generali (GP) e a quelli richiesti dalla **EN 998-2** Malte per muratura

Proprietà	Valore	Metodo di prova
Classe e tipologia	CS IV - GP	EN 998-1
	M10	EN 998-2
Aspetto	Polvere	Metodo interno
Colore	Biancastro	
Massa volumica apparente	$1,80 \pm 0,1$ kg/L	
Massa volumica apparente dell'impasto	$1,80 \pm 0,1$ kg/L	EN 1015-6
Temperatura di esercizio	-30 °C / +90 °C	
Applicazione	Meccanica/Manuale	
Assorbimento d'acqua per capillarità	$W2 \leq 0,2$ Kg/m ² ·h ^{0,5}	EN 1015-18
Permeabilità al vapore acqueo	15 /35	EN 1015-19
Resistenza alla compressione - 28 giorni	≥ 10 MPa	EN 1015-11
Resistenza alla flessione - 28 giorni	$\geq 1,5$ MPa	EN 1015-11
Adesione al supporto in laterizio	$\geq 0,5$ MPa (FP: A)	EN 1015-12
Adesione al supporto in cls	$\geq 1,0$ MPa (FP: A)	EN 1015-12
Modulo elastico a compressione	≤ 8 GPa	EN 13412
Contenuto in cloruri	$\leq 0,05$ %	EN 1015-17
Conducibilità termica λ_{1025} (P = 50 %)	0,83 W/m · K	EN 1745
Euroclasse di reazione al fuoco	A1	EN 13501-1



Connettori a fiocco:

DATI TECNICI

	Descrizione	Ref.
Nome Commerciale	FB-TUP10-CHT1A_III	-
Produttore	Fibre Net SpA	
Diametro nominale sezione impregnata (mm)	10	CHR-DT 203/2004, CHR-DT 203/2006
Stiocco	Un lato	-

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE

Proprietà	u.m.	Valore	Ref.
Lunghezza	porzione preformata	cm 8 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 90 - 100	CHR-DT 203/2006 ISO 10406-1:2015
	tratto non impregnato	cm 20	-
	totale	cm 28 - 35 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 90 - 100 - 110 - 120	
Peso	g	28 - 36 - 49 - 55 - 67 - 80 - 92 - 104 - 117 - 129 - 142	Interno IO-PRD-07
Sezione complessiva delle fibre di carbonio	mm ²	43	ISO 1889 Interno IO-PRD-17
Sezione del composito	mm ²	78	Interno IO-PRD-17
Resistenza a trazione del filato (determinato sulla fibra nuda)	MPa	4800	ISO 10618
Modulo elastico del filato (determinato sulla fibra nuda)	GPa	245	
Allungamento a rottura del filato	%	1,5	
Resistenza a trazione composito (valore medio)	MPa	1700	CHR-DT 203/2006 ISO 10406-1:2015
Resistenza a trazione composito (valore caratteristico)	MPa	1190	
Modulo elastico medio composito	GPa	130	

DATI TECNICI

	Descrizione	Ref.
Nome Commerciale	FB-TUP10-CHT2A_III	-
Produttore	Fibre Net SpA	
Diametro nominale sezione impregnata (mm)	10	CHR-DT 203/2004, CHR-DT 203/2006
Stiocco	Due lati	-

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE

Proprietà	u.m.	Valore	Ref.
Lunghezza	porzione preformata	cm 8 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60 - 65 - 70 - 75 - 80 - 85 - 90 - 95 - 100	CHR-DT 203/2006 ISO 10406-1:2015
	tratto non impregnato	cm 20	-
	totale	cm 48 - 55 - 60 - 65 - 70 - 75 - 80 - 85 - 90 - 95 - 100 - 105 - 110 - 115 - 120 - 125 - 130 - 135 - 140	
Peso	g	48 - 54 - 61 - 67 - 72 - 79 - 85 - 91 - 98 - 104 - 110 - 116 - 122 - 129 - 135 - 141 - 147 - 153 - 159	Metodo interno
Sezione complessiva delle fibre di carbonio	mm ²	43	ISO 1889 Metodo interno
Sezione del composito	mm ²	78	Metodo interno
Resistenza a trazione del filato (determinato sulla fibra nuda)	MPa	4800	ISO 10618
Modulo elastico del filato (determinato sulla fibra nuda)	GPa	245	
Allungamento a rottura del filato	%	1,5	
Resistenza a trazione composito (valore medio)	MPa	1700	CHR-DT 203/2006 ISO 10406-1:2015
Resistenza a trazione composito (valore caratteristico)	MPa	1190	
Modulo elastico medio composito	GPa	130	



Promotore di adesione:

DESCRIZIONE

FB-IPN01 Prodotto bicomponente a base acqua a bassa viscosità, da utilizzare come promotore di adesione per la preparazione di superfici in calcestruzzo, muratura o legno e per l'impregnazione di rinforzi in fibre di vetro o carbonio. Il prodotto è costituito da due resine supportate su una matrice inorganica microcristallina e tixotropica; nella fase di polimerizzazione si crea un reticolo interpenetrato (IPN, Interpenetrated Polymer Network) rinforzato dai microcristalli della fase inorganica, che conferisce alla matrice elevate proprietà meccaniche e di resistenza termica. Il prodotto risulta resistente all'ambiente alcalino delle malte a base calce o cemento, non presenta transizioni termiche del secondo ordine e non brucia.



DATI TECNICI

	Descrizione
Nome Commerciale	FB-IPN01
Produttore	Fibre Net SpA
Tipo di resina	base acqua

Caratteristiche chimiche e fisiche

Proprietà	unità	Valore	Ref.
Rapporto di catalisi	-	0,5 : 1	-
Tempo di gelo a 20°C	minuti	30 - 40	-
Tempo di indurimento	minuti	60 - 120	-
Absorbimento d'acqua da porosità residua	%	2 - 4,5	-
Comportamento al fuoco	-	Classe 1	UNI 9177
Resistenza termica	°C	> 150	-



FRCM nel software di calcolo PCM

Nel caso di muratura consolidata con FRCM viene utilizzato un diagramma di calcolo tensione-deformazione di tipo triangolo-rettangolo.

FRCM

I parametri relativi al rinforzo con FRCM sono descritti in documenti normativi specifici, in particolare: CNR-DT 215/2018 - Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica.

Per il composito FRCM viene adottato il modello elastico-lineare fino a rottura. Vediamo in dettaglio i vari parametri.

- Modulo elastico del tessuto secco E_t
- Deformazione caratteristica a rottura per trazione del tessuto secco ϵ_{ur}
- Fattore di conversione ambientale η_a [DT215, §3.2]
- Spessore equivalente del tessuto t_t (mm)

Per confinamento di colonne in muratura:

- Raggio di curvatura degli spigoli R (mm). Influisce nel calcolo della pressione efficace di confinamento, per le colonne rinforzate.
- Spessore complessivo del rinforzo t_{mat} (mm)
- Resistenza caratteristica a compressione della matrice $f_{c,mat}$ (N/mm²)

La deformazione ultima di calcolo è specificata nelle proprietà della singola asta. Il valore è preimpostato pari alla deformazione di calcolo a rottura per trazione e può essere ridotto in modo da tener conto di crisi per distacco dal supporto.

FRCM (Maschi e fasce in muratura)

L'intervento consiste nel rinforzo di pannelli murari con l'applicazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM), in accordo con il documento CNR-DT 215/2018 "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica".

I parametri meccanici dei nastri FRCM devono essere specificati in Parametri di Calcolo > Interventi > FRCM. I seguenti parametri sono, invece, proprietà delle singole aste.

Applicazione	Specifica l'area di applicazione del rinforzo. Le opzioni disponibili sono: <ul style="list-style-type: none">• Su entrambe le facce. Il rinforzo viene applicato in modo simmetrico su entrambe le facce del pannello murario.• Su faccia A. Il rinforzo viene applicato solo sulla faccia con asse locale y entrante.• Su faccia B. Il rinforzo viene applicato solo sulla faccia con asse locale y entrante.
Larghezza nastri	Specifica la larghezza dei nastri in mm.
Nastri a pressoflessione	Specifica il tipo di disposizione dei nastri longitudinali con funzione di rinforzo a pressoflessione. I nastri vengono disposti in modo simmetrico e su entrambe le facce della parete. Le opzioni disponibili sono: <ul style="list-style-type: none">• No. Non viene applicato alcun nastro.• Solo ai bordi. Vengono disposti solo due nastri ai bordi del pannello alla distanza specificata.• In base al passo. I nastri vengono disposti lungo il pannello in modo da avere il passo specificato.• A partire dai bordi. I nastri vengono disposti lungo il pannello in modo che la distanza dal bordo del primo nastro sia pari a quella specificata. Il valore del passo viene aggiornato automaticamente in modo da essere maggiore o uguale al valore specificato.



Nastri a taglio	<p>Specifica il tipo di disposizione dei nastri trasversali con funzione di rinforzo a taglio. I nastri vengono disposti in modo simmetrico e su entrambe le facce della parete. Le opzioni disponibili sono:</p> <ul style="list-style-type: none">• No. Non viene applicato alcun nastro.• Solo ai bordi. Vengono disposti solo due nastri ai bordi del pannello alla distanza specificata.
	<ul style="list-style-type: none">• In base al passo. I nastri vengono disposti lungo il pannello in modo da avere il passo specificato.• A partire dai bordi. I nastri vengono disposti lungo il pannello in modo che la distanza dal bordo del primo nastro sia pari a quella specificata. Il valore del passo viene aggiornato automaticamente in modo da essere maggiore o uguale al valore specificato.
- Layout	<p>Specifica l'area di applicazione dei nastri a taglio sui maschi murari. Le opzioni disponibili sono:</p> <ul style="list-style-type: none">• su tutta la parete• su luce deformabile
- Numero strati	<p>Specifica il numero di strati per ogni nastro.</p>
- Distanza bordo	<p>Specifica la distanza netta del primo nastro dal bordo del pannello. In caso di disposizione in base al passo, la distanza dal bordo è impostata automaticamente in base allo spazio residuo.</p>
- Passo	<p>Specifica il passo dei nastri in mm. Presente solo in caso di disposizione in base al passo e a partire dai bordi. In quest'ultimo caso viene aggiornato automaticamente in modo da essere maggiore o uguale al valore specificato (comanda la distanza dal bordo).</p>
- ϵ_{fd}	<p>Specifica la deformazione di calcolo del rinforzo (‰). Viene preimpostata pari alla deformazione di calcolo a rottura per trazione del tessuto ($\eta_a \epsilon_{uf} / \gamma_m$, definita nei Parametri di Calcolo). Può essere ridotta per tenere conto di crisi per distacco dal supporto, in base alle seguenti indicazioni.</p> <p>Per i nastri a pressoflessione:</p> <ul style="list-style-type: none">• $\epsilon_{fd} = \eta_a \epsilon_{lim,conv} / \gamma_m$ nel caso in cui la modalità di crisi attesa sia per distacco o scorrimento in zona di estremità (consigliato, a favore di sicurezza);• $\epsilon_{fd} = \eta_a \epsilon_{lim,conv}^{(\alpha)} / \gamma_m$ nel caso in cui la modalità di crisi attesa sia per distacco o scorrimento in zona intermedia, cioè qualora il rinforzo venga esteso fino ad una significata distanza dalla sezione di verifica. <p>Per i nastri a taglio:</p> <ul style="list-style-type: none">• $\epsilon_{fd} = \eta_a \epsilon_{lim,conv}^{(\alpha)} / \gamma_m$ <p>Dove, con riferimento a CNR-DT 215/2018:</p> <p>ϵ_{uf} è la deformazione ultima a rottura per trazione del tessuto secco; $\epsilon_{lim,conv}$ è la deformazione limite convenzionale (situazioni di estremità); $\epsilon_{lim,conv}^{(\alpha)}$ è la deformazione limite convenzionale (situazione intermedia), pari a $\alpha \cdot \epsilon_{lim,conv}$.</p>
α	<p>è il coefficiente amplificativo per le situazioni di distacco dal supporto e/o di scorrimento tessuto-matrice di tipo intermedio, normalmente assunto pari a 1.5;</p>
η_a	<p>è il fattore di conversione ambientale (Tab. 3.1);</p>
γ_m	<p>è il coefficiente parziale di sicurezza, pari a 1.5 per SLU.</p>



FRCM

Composito FRCM: modello elastico lineare fino a rottura (tensioni in N/mm², deformazioni in ‰)

Modulo elastico del tessuto secco $E_f =$ Deformazione caratteristica a rottura per trazione del tessuto secco $\epsilon_{uf} =$

Fattore di conversione ambientale η_a [DT215, §3.2] = \Rightarrow Deformazione di calcolo a rottura per trazione ($\eta_a \epsilon_{uf} / \gamma_p$) = 11.20

Spessore equivalente del tessuto t_f (mm) =

Antisfondellamento

Intervento in copertura

Geo Grid 120

Rete biassiale in fibra di basalto alcali-resistente.

Peso netto della rete $\approx 130 \text{ g/m}^2$

DATI TECNICI SECONDO NORMA DI QUALITÀ KERAKOLL

Dati tecnici della rete

Aspetto	rete impregnata con trattamento protettivo alcali-resistente	
Natura del materiale	basalto	
Massa totale	$\approx 130 \text{ g/m}^2$	
Larghezza rotolo	$\approx 1 \text{ m}$	
Lunghezza rotolo	$\approx 25 \text{ m}$	
Larghezza maglia	$\approx 22 \times 22 \text{ mm}$	
Conservazione	illimitata	
Confezione	rotoli 25 m	
Peso confezione	$\approx 3,5 \text{ kg}$ (1 rotolo)	

Dati tecnici dei materiali costituenti la rete

Tensione a trazione media	σ_{filo}	$\geq 1250 \text{ MPa}$
Modulo elastico medio	E_{filo}	$\geq 56 \text{ GPa}$

Dati tecnici caratteristici della rete ($0^\circ - 90^\circ$)

Spessore equivalente della rete	t_f	$0,023 \text{ mm}$
Carico a trazione per unità di larghezza	F_f	$\geq 30 \text{ kN/m}$
Deformazione a rottura	ϵ_f	$\geq 2,5\%$
Resistenza a trazione	σ_f	$\geq 1600 \text{ MPa}$

Geocalce Multiuso

Resistenza a compressione	$\geq 10 \text{ MPa}$ (28 gg)	EN 12190
Resistenza a trazione per flessione	$\geq 4 \text{ MPa}$ (28 gg)	EN 196/1
Legame di aderenza	$\geq 1 \text{ MPa}$ (28 gg)	EN 1542



Carpenteria metallica

- Tipologia laminati: Laminati a caldo con profili a sezione aperta
- Spessore nominale elemento: $t \leq 40\text{mm}$
- Dimensioni secondo UNI 5397
- Saldature con elettrodi secondo UNI 5132
- Struttura protetta

Classe acciaio	Subgrade	f_{tk}	E_s	ν	G_s	f_{yk}	γ_{Rd}	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}	β	β_1	β_2
		[MPa]	[MPa]		[MPa]	[MPa]							
S 235 - UNI EN 10025-2	JR	360	210000	0.3	80769	235	1.2	1.05	1.05	1.25	0.8	0.85	1

È ammesso l'uso di acciaio con caratteristiche meccaniche superiori.