



ANALISI
STRUTTURE
E MATERIALI

www.labasm.com

TORINO – 24 NOVEMBRE 2023

D.M. 17 GENNAIO 2018 E CIRCOLARE ESPLICATIVA 21 GENNAIO 2019 "NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI" Controlli di accettazione dei materiali e verifiche su costruzioni esistenti

NTC 2018 - Novità legislative

*Ing. Antonio Lucchese – Libero professionista
già Presidente della 2^a Sezione del Consiglio Superiore ll.pp.*

CALAMITA' NATURALI – EVENTI SISMICI

Qualità delle costruzioni

E' DIFFICILE IMPEDIRE CHE ACCADANO

MOLTE SI POSSONO PREVENIRE

DI MOLTE SI POTREBBERO LIMITARE SENSIBILMENTE GLI EFFETTI, I DANNI, MEDIANTE IL CONTROLLO DEL TERRITORIO ED I CONTROLLI SULLE PROCEDURE DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE E SULLA REALIZZAZIONE DELLE STESSE (CONTROLLO DEL RISPETTO DELLE REGOLE).

Cosa possono fare le leggi e le regole tecniche?

Legalità

???

Controlli

Il tema del controllo tecnico delle opere è di essenziale importanza ai fini della qualità delle opere stesse. In tal senso particolare importanza hanno gli accertamenti e le prove di laboratorio.

Qualità e rintracciabilità dei materiali

Le norme dedicano all'argomento particolare attenzione (*Cap. 11*).

Sviluppo delle professionalità

Le regole tecniche costituiscono uno strumento ma anche un buon motivo di crescita culturale e professionale. (Ordini professionali, formazione, qualificazione del personale).











Compiti del Direttore dei lavori

Codice degli appalti pubblici

Art. 101, comma 3 del D Lgs 50/2016 e s.m.i.

3. Il direttore dei lavori, con l'ufficio di direzione lavori, ove costituito, è preposto al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento affinché i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto. Il direttore dei lavori ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Il direttore dei lavori ha la specifica responsabilità dell'accettazione dei materiali, sulla base anche del controllo quantitativo e qualitativo degli accertamenti ufficiali delle caratteristiche meccaniche e in aderenza alle disposizioni delle norme tecniche per le costruzioni vigenti. Al direttore dei lavori fanno carico tutte le attività ed i compiti allo stesso espressamente demandati dal codice nonché:

- a) verificare periodicamente il possesso e la regolarità da parte dell'esecutore e del subappaltatore della documentazione prevista dalle leggi vigenti in materia di obblighi nei confronti dei dipendenti;
- b) curare la costante verifica di validità del programma di manutenzione, dei manuali d'uso e dei manuali di manutenzione, modificandone e aggiornandone i contenuti a lavori ultimati;
- c) provvedere alla segnalazione al responsabile del procedimento, dell'inosservanza, da parte dell'esecutore, dell'articolo 105 (Subappalto);
- d) svolgere, qualora sia in possesso dei requisiti richiesti dalla normativa vigente sulla sicurezza, le funzioni di coordinatore per l'esecuzione dei lavori. Nel caso in cui il direttore dei lavori non svolga tali funzioni le stazioni appaltanti prevedono la presenza di almeno un direttore operativo, in possesso dei requisiti previsti dalla normativa, a cui affidarle.

Compiti del Direttore dei lavori

Lavori privati

Nel contratto d'appalto privato, ai sensi dell'articolo 1662 del codice civile, il committente ha diritto di controllare lo svolgimento dei lavori e di verificarne a proprie spese lo stato.

I controlli in opera sono chiaramente eseguiti dal Direttore dei lavori incaricato dal committente.

Il Direttore dei lavori è ritenuto responsabile per i vizi e le difformità dell'opera derivanti dai doveri dell'alta sorveglianza dei lavori in appalto.

Consiglio di Stato, sez. VI, n. 3347/2010

«Gli Ordini di servizio» costituiscono gli atti formali con cui si estrinseca la funzione di direzione – con intervento attivi e dispositivi, nonché a mezzo di apposite istruzioni – finalizzata al buon esito dei lavori.

Essi non rivestono natura provvedimento e sono espressione della facoltà di ingerenza e controllo del committente sullo stato e sullo svolgimento dei lavori, che trova codifica nell'articolo 1662 del c.c.

Compiti del Direttore dei lavori

Nota: Il termine «Direttore dei lavori» viene citato nelle NTC 74 volte.

Controllo tecnico dei materiali e delle opere

Principio generale:

Di ogni materiale o prodotto, frutto di un processo produttivo:

- Deve essere noto il Fabbricante;
- Deve essere noto il processo produttivo;
- Devono essere noti i requisiti fondamentali;
- Il Fabbricante deve garantire la costanza del processo produttivo e quindi dei requisiti (per questo il Fabbricante deve operare in sistema di qualità)

tutto questo garantisce in generale il processo produttivo, ma non può garantire che ogni lotto di materiale o di prodotti che esca dal processo produttivo posseda effettivamente la qualità attesa, quindi:

- Devono essere sempre effettuate opportune prove di accettazione.

NTC 2018 – Cap. 11 MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

11.1. GENERALITÀ

Si definiscono materiali e prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette alle presenti norme, quelli che consentono ad un'opera ove questi sono incorporati permanentemente di soddisfare in maniera prioritaria il requisito base delle opere n.1 “Resistenza meccanica e stabilità” di cui all’Allegato I del Regolamento UE 305/2011.

I materiali ed i prodotti per uso strutturale devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- **identificati** univocamente a cura del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- **qualificati** sotto la responsabilità del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- **accettati** dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

In particolare, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, **possono configurarsi i seguenti casi:**

A) materiali e prodotti per i quali sia disponibile, per l'uso strutturale previsto, una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se corredati della "Dichiarazione di Prestazione" e della Marcatura CE, prevista al Capo II del Regolamento UE 305/2011;

B) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma europea armonizzata oppure la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme. E' fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il fabbricante abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;

C) materiali e prodotti per uso strutturale non ricadenti in una delle tipologie A) o B. In tali casi il fabbricante dovrà pervenire alla **Marcatura CE sulla base della pertinente "Valutazione Tecnica Europea" (ETA), oppure dovrà ottenere un "Certificato di Valutazione Tecnica" rilasciato dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale, anche sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ove disponibili;** con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, su conforme parere della competente Sezione, sono approvate Linee Guida relative alle specifiche procedure per il rilascio del "Certificato di Valutazione Tecnica".

La normativa europea

Regolamento 305/11 (CPR)

Requisiti Base delle Opere

Art.3.2

Le caratteristiche essenziali dei prodotti da costruzione sono stabilite nelle specifiche tecniche armonizzate *in funzione dei requisiti di base delle opere*

1. Resistenza meccanica e stabilità,
2. Sicurezza in caso di incendio
3. Igiene salute ed ambiente
4. Sicurezza *ed accessibilità* nell'uso
5. Protezione contro il rumore
6. Risparmio energetico e ritenzione del calore
7. *Uso sostenibile delle risorse naturali*

Qualificazione - Marcatura CE

Acronimi principali:

Marcatura CE tramite Norma armonizzata:

CPR Construction Product Regulation (Regolamento 305)

BWR Basic Work Requirements

VVCP Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione
(vecchia Certificazione di conformità)

FPC Factory Production Control

DoP Declaration of Performance

NB Notified Body

Marcatura CE tramite ETA:

TAB Technical Assessment Body

EAD European Assessment Document

ETA European Technical Assessment



01234

AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050

08

01234-CPD-00234

EN 1090-1

Welded steel beam – M 346

Tolerances on geometrical data: EN 1090-2.

Weldability: Steel S235J0 according to EN 10025-2.

Fracture toughness: 27 J at 0°C.

Reaction to fire: Material classified: Class A1.

Release of cadmium: NPD.

Emission of radioactivity: NPD.

Durability: Surface preparation according to EN 1090-2, preparation grade P3. Surface painted according to EN ISO 12944-5, S.1.09.

Structural characteristics:

Design: NPD.

Manufacturing: According to component specification CS-034/2006, and EN 1090-2, execution class EXC2.

Art.8 – Principi Generali e uso marcatura CE

Si applicano i principi generali art.30 Reg.(CE) 765/08.

Solo sui PdC con DoP (artt.4 e 6 CPR)

Apponendo la marcatura CE, i fabbricanti dichiarano di assumersi la responsabilità della conformità del PdC alla DoP ed a tutti i requisiti applicabili stabiliti nel CPR e nella pertinente normativa di armonizzazione dell'UE.

Per un PdC coperto da hEN o da ETA, **la marcatura CE è l'unica marcatura che attesta la conformità del PdC alla prestazione dichiarata in relazione alle caratteristiche essenziali coperte dall'hEN/ETA – NO MARCHI NAZIONALI**

Art.9. Regole e condizioni per l'apposizione marcatura CE

Marcatura CE è visibile, leggibile e indelebile **sul PdC o su un'etichetta ad esso applicata. Se impossibile, **sull'imballaggio** o sui **documenti di accompagnamento.****

La marcatura CE è seguita:

- 1.dalle ultime due cifre dell'anno in cui è stata apposta per la prima volta,
2. dal nome e dall'indirizzo della sede legale del fabbricante o dal marchio di identificazione che consente, in modo semplice e non ambiguo, l'identificazione del nome e dell'indirizzo del fabbricante,
- 3.dal codice unico di identificazione del **prodotto-tipo**,
- 4.dal numero di riferimento della dichiarazione di prestazione,
- 5.dal livello o classe della prestazione dichiarata,
6. dal riferimento alla specifica tecnica armonizzata applicata,
7. dal numero di identificazione dell'organismo notificato, se del caso, e dall'uso previsto di cui alla specifica tecnica armonizzata applicata.

Compiti del Direttore dei Lavori, che deve provvedere:

- a redigere apposito Verbale di prelievo;
- a fornire indicazioni circa le corrette modalità di prelievo;
- a fornire indicazioni circa le corrette modalità di conservazione dei provini in cantiere, fino alla consegna al laboratorio incaricato delle prove;
- ad identificare i provini mediante sigle, etichettature indelebili, etc.
- a sottoscrivere la domanda di prove al Laboratorio ufficiale, avendo cura di fornire, nella domanda, precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo, la data di prelievo, gli estremi dei relativi Verbali di prelievo, nonché le sigle di identificazione di ciascun provino;
- a consegnare i provini presso il Laboratorio ufficiale;
- ad acquisire i relativi Certificati di prova, che devono pertanto essere sempre consegnati allo stesso Direttore dei Lavori – che ne rende noti i risultati al Committente, al Collaudatore ed a quanti ne abbiano titolo - **indipendentemente dal soggetto che effettua il pagamento della prestazione del Laboratorio ufficiale.**

Un ruolo significativo nella procedura di accettazione è svolto dal laboratorio incaricato di effettuare le prove sul calcestruzzo, il quale, sotto il controllo del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, svolge costantemente la propria attività nel rispetto dei principi di qualità, trasparenza e indipendenza.

In tal senso, il laboratorio deve, di norma:

- certificare solo prove le cui richieste siano regolarmente sottoscritte dal Direttore dei Lavori o altra figura titolata a richiedere prove ufficiali (collaudatore, RUP, CTU, nei casi previsti, etc.); diversamente, in luogo del previsto Certificato ufficiale di prova, il laboratorio rilascia semplice Rapporto di prova, precisando che lo stesso Rapporto di prova non costituisce certificato utile ai fini della procedura prevista dalla legge 1086/71;
- accettare solo richieste di prova in originale, rifiutando richieste non firmate o non firmate in originale (in fotocopia o altro), salvo che le stesse non siano trasmesse via PEC ai sensi del Codice dell'Amministrazione Digitale; in tal caso oltre alla richiesta deve essere conservata – in formato elettronico o cartaceo - anche la mail di trasmissione, dalla quale sia possibile rilevare con certezza l'identità del mittente;

- accettare solo provini di calcestruzzo provvisti di contrassegno; tutti i provini devono essere identificati mediante sigle apposte direttamente dal richiedente, che devono corrispondere, evidentemente, alle sigle riportate sulla richiesta;
- rifiutare provini che rechino segni evidenti che **mettano in dubbio il regolare prelievo** dall'opera indicata dalla richiesta (ne sono un esempio il segno di vecchie etichette rimosse, ovvero la presenza di altre sigle pregresse rispetto a quelle indicate sulla richiesta);
- verificare le condizioni di planarità e verticalità sui cubetti di calcestruzzo prima di eseguire la prova; si evidenzia al riguardo che, in genere, una discreta percentuale dei provini consegnati in laboratorio non è a norma, in particolar modo quelli prelevati con casseforme in polistirolo; una percentuale di provini rettificati prossima allo zero indica quindi presumibilmente un mancato controllo dei requisiti; in tal senso è fortemente sconsigliato l'impiego di casseforme in polistirolo;



Nel campo del recupero delle costruzioni esistenti che, negli ultimi anni, sono state studiate e sviluppate tecnologie, e quindi materiali, assolutamente innovativi.

Solo per citare quelli più utilizzati, fra gli altri:

•MATERIALI COMPOSITI:

- **F.R.P. (Fiber Reinforced Polymer)**

- **F.R.C.M. (Fiber Reinforced Cementitious Mortars)**

- **C.R.M. (Composite Reinforced Mortar)**

•CALCESTRUZZO FIBRORINFORZATO

- **F.R.C. (Fiber Reinforced Concrete)**

•BARRE PULTRUSE IN FIBRA DI CARBONIO E FIBRA DI VETRO

F.R.P. (Fiber Reinforced Polymer)

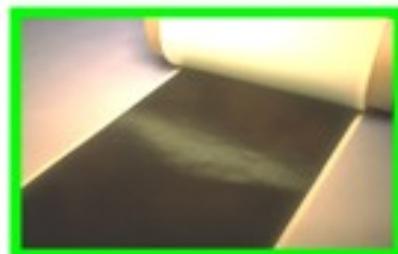
I sistemi FRP comunemente impiegati sono di due tipi: *Realizzati in situ* e *Preformati*.

I sistemi *Realizzati in situ* sono costituiti, generalmente, da:

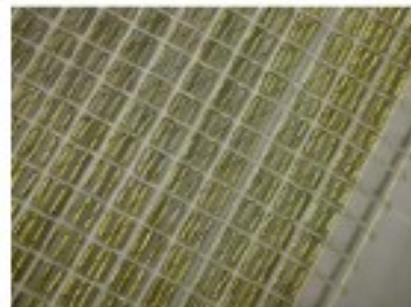
- una rete (o tessuto), con fibra di specifico materiale;
- una resina polimerica termoindurente (organica) che ha la funzione sia di impregnante della rete sia di incollaggio al supporto sul quale si interviene;
- quando necessario, una resina rasante di preparazione del supporto (primer).



Resina termoindurente



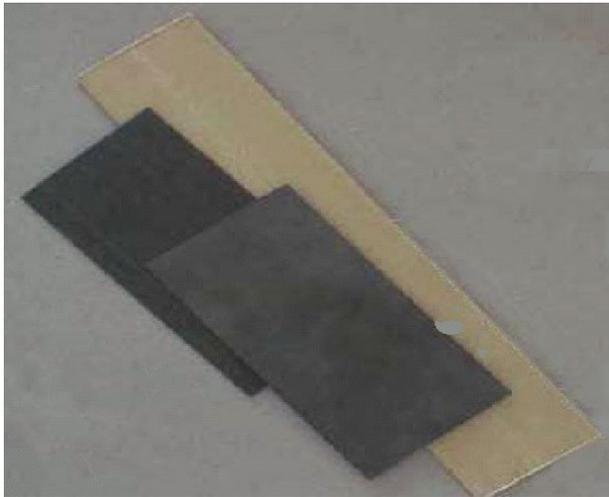
Reti (o Tessuti)



F.R.P. (Fiber Reinforced Polymer)

I sistemi *Preformati* sono costituiti, generalmente, da:

- una lamina preformata per pultrusione;
- una resina polimerica termoindurente (organica) che ha la funzione di incollaggio della lamina al supporto sul quale si interviene;
- quando necessario, una resina rasante di preparazione del supporto (primer).



***OBIETTIVI PRESTAZIONALI NELLE APPLICAZIONI SU STRUTTURE
ESISTENTI***

INCREMENTO DI RESISTENZA A FLESSIONE

INCREMENTO DI RESISTENZA A TAGLIO

CONFINAMENTO DI ELEMENTI COMPRESSI

ELIMINAZIONE DI MECCANISMI DI COLLASSO

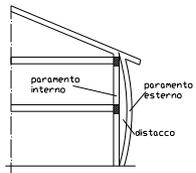
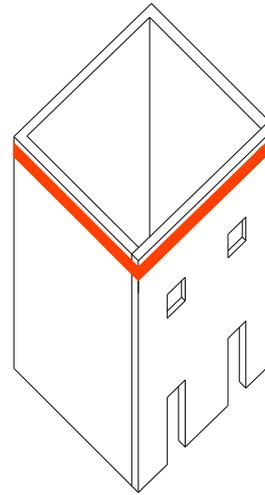
IRRIGIDIMENTO DI SOLAI

PER INTERVENTI LOCALI O PER INTERVENTI GLOBALI

Cerchiatura di elementi verticali



Eliminazione meccanismi locali di collasso



Qualificazione mediante Certificato di Valutazione Tecnica (CVT)



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Servizio Tecnico Centrale

**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**

Maggio 2019

(Aggiorna e sostituisce la precedente Linea Guida pubblicata con DP n. 220 del 9 luglio 2015)

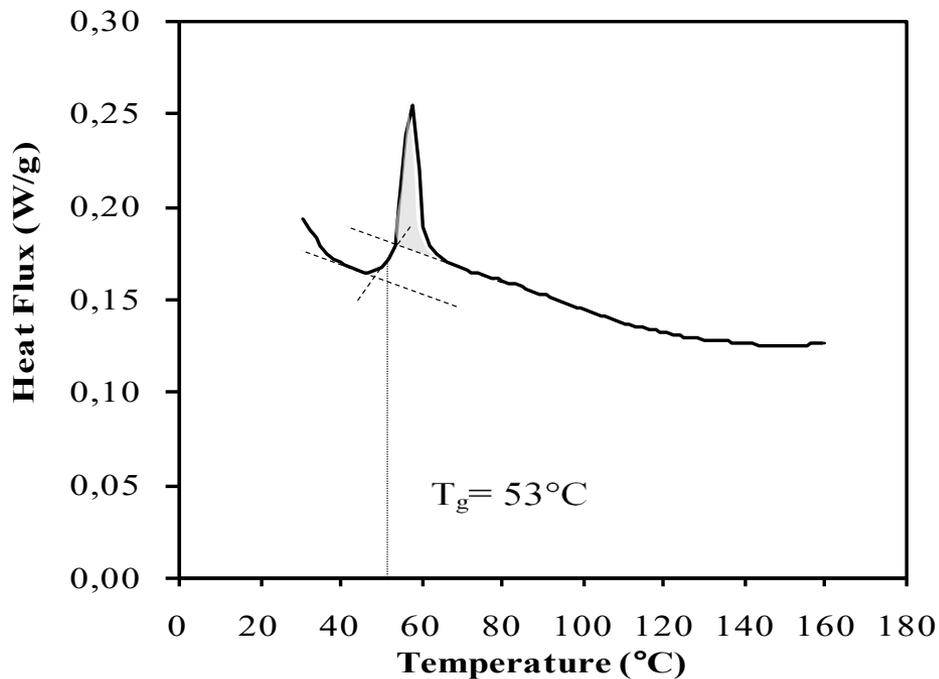
FRP Realizzati in situ - Classi

Classe	Natura della fibra	Modulo elastico a trazione nella direzione delle fibre [GPa]	Resistenza a trazione nella direzione delle fibre [MPa]
60G/60B	Vetro/Basalto	60	1300
210C	Carbonio	210	2700
350/1750C	Carbonio	350	1750
350/2800C	Carbonio	350	2800
500C	Carbonio	500	2000
100A	Arammide	100	2200
180S	Acciaio ad alta resistenza	180	2200 (1)
190S	Acciaio ad alta resistenza	190	2200 (1)

La **Temperatura di transizione vetrosa (Tg)**

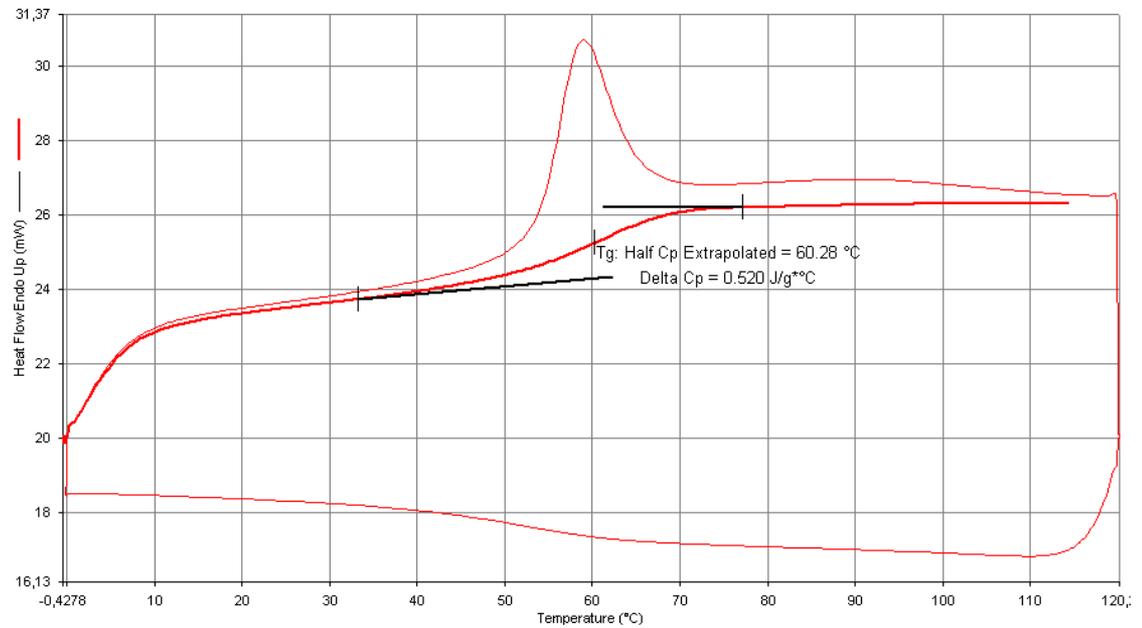
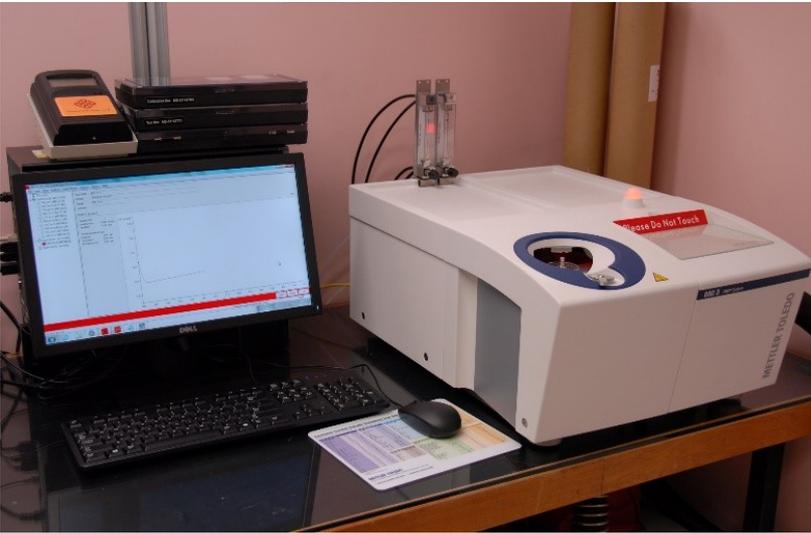
Il polimero manifesta un degrado delle proprietà meccaniche rispetto a quelle a temperatura ambiente, per temperature maggiori di quella di transizione vetrosa (ogni resina bicomponente, termoindurente presenta una propria Tg).

In genere si assume come Tg di esercizio, la Tg rilevata con le prove meno 15 °C.



Temperatura di transizione vetrosa (Tg)

Metodo di prova DSC
ISO 11537-2-2013



9 PROCEDURE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

9.1 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere:

- sono obbligatori e devono essere eseguiti a cura e sotto la responsabilità del Direttore dei Lavori;**
- devono essere effettuati realizzando campioni contestualmente alla messa in opera del sistema di rinforzo dell'elemento strutturale da consolidare e nelle stesse condizioni ambientali;**
- devono essere eseguiti su campioni del rinforzo realizzati, o ricavati, in cantiere con la procedura di installazione prescritta dal Fabbricante, impiegando gli stessi addetti del cantiere ed utilizzando i medesimi materiali.**

Il Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, deve verificare che i prodotti costituenti ciascun lotto di spedizione siano coperti da Certificato di Valutazione Tecnica in corso di validità, di cui una copia deve essere allegata ai documenti di trasporto.

Nel caso di materiali e prodotti recanti la Marcatura CE è onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marchiatura stessa e richiedere ad ogni Fabbricante, per ogni diverso prodotto, il Certificato di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea, ovvero la dichiarazione di conformità D.O.P. (Declaration of Performance) in relazione alla normativa europea sui prodotti da costruzione applicabile.

In ogni caso, è inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che i prodotti consegnati in cantiere rientrino nelle tipologie previste nella detta documentazione.

Prove su Sistemi realizzati in situ

Ai fini dell'accettazione dei sistemi realizzati in situ, il Direttore dei Lavori deve provvedere al confezionamento di 6 campioni per ciascun tipo sistema di rinforzo da installare, realizzati in cantiere con la procedura di installazione prescritta dal Fabbrikante, impiegando gli stessi addetti del cantiere ed utilizzando i medesimi materiali. I campioni devono essere confezionati con il massimo numero di strati previsti nell'intervento da realizzare; le dimensioni sono quelle indicate per la prova di trazione.

I campioni così confezionati devono essere inviati dal Direttore dei Lavori ad un Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. A tal fine, il Direttore dei Lavori deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati al Laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

***Attenzione:* Accertarsi che il laboratorio autorizzato abbia sul decreto una esplicita estensione alle prove sui compositi.**

.....

La richiesta di prove al Laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sui campioni prelevati. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal Laboratorio non possono assumere valenza ai fini del presente documento e di ciò deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Sui campioni consegnati in laboratorio devono essere eseguite le prove di trazione, con determinazione del valore della tensione di rottura.

La prova si ritiene superata se i valori medi della tensione di rottura e del modulo elastico riscontrati risultano non inferiori all'85% di quelli nominali relativi alla classe di appartenenza.

.....

Si prescrivono inoltre delle prove di determinazione della temperatura di transizione vetrosa su tutte le resine utilizzate, in ragione di 3 provini per ogni tipologia di resina, per verificarne le caratteristiche dichiarate dal Fabbricante. Si adottano a tal fine le stesse modalità di prova utilizzate in fase di qualificazione. Il valore medio dei risultati sperimentali ottenuti dovrà essere non inferiore a quello determinato in fase di qualificazione.

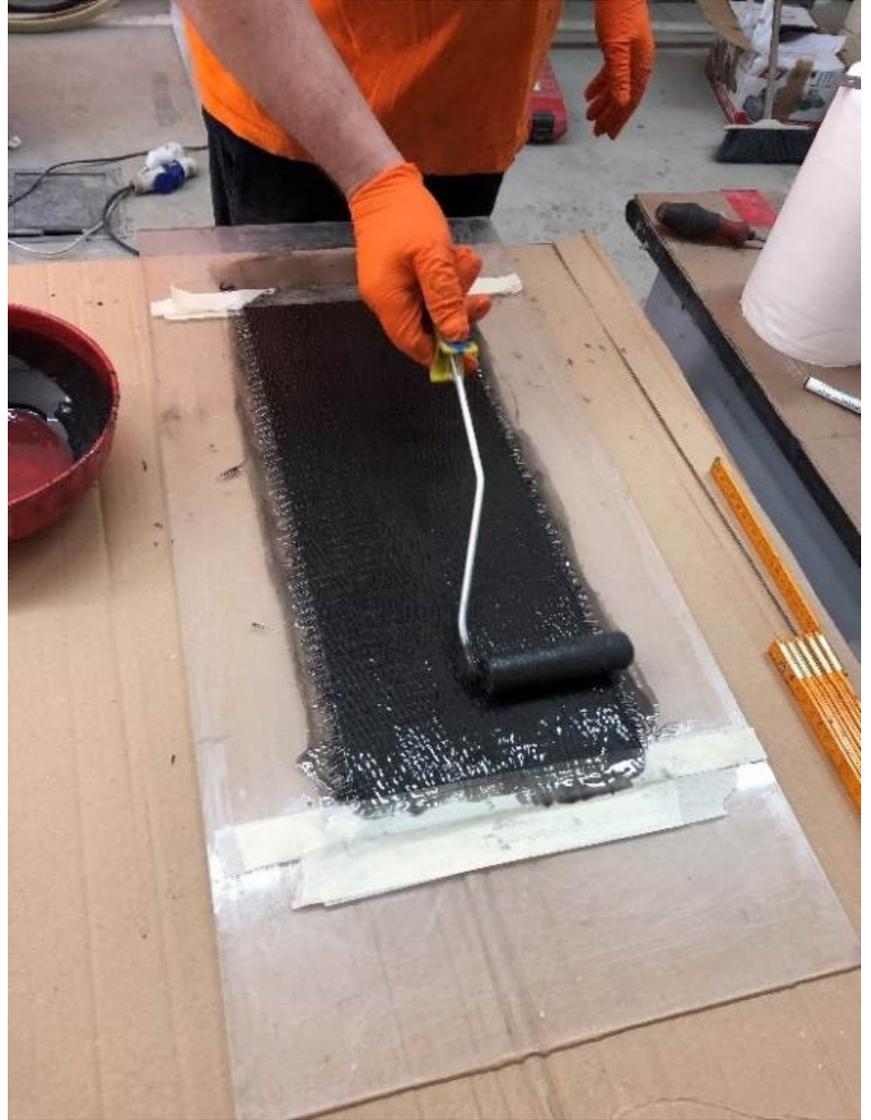
Scheda tecnica

Caratteristiche geometriche e fisiche

Proprietà		Unità di misura	Metodo di prova normativa di riferimento
Spessore (lamina)		mm	
Larghezza		mm	
Lunghezza		mm	
Colore			
Densità	fibra	g/cm ³	ISO 1183-1:2004(E)
	matrice	g/cm ³	
Contenuto di fibra	in peso	%	ISO 11667:1997(E)
	in volume	%	
Temperatura di transizione vetrosa della resina (in caso di utilizzo di più resine devono essere indicati i valori di T _g di tutte le resine)		T _g [°C]	ISO 11357-2:2013 (E)
Temperature limiti, minima e massima, di utilizzo		[°C]	Vedi punto 4.2.4 della LG
Resistenza e reazione al fuoco			Vedi punto 4.2.4 della LG

Proprietà meccaniche

Proprietà	Unità di misura	Metodo di prova normativa di riferimento
Modulo elastico (valore medio)	GPa	UNI-EN 13706-1-2-3
Resistenza a trazione (valore medio e caratteristico)	MPa	
Deformazione a rottura	%	





N°	ID Provino	Spessore	Larghezza	A_m	N_{max}	f_{fib}	E_1	ϵ_{fib}
		mm	mm	mm ²	kN	MPa	GPa	%
1	G&P_C240-300_C1	0.165	25.10	4.14	15.11	3648.44	241.11	1.51%
2	G&P_C240-300_C2	0.165	24.98	4.12	14.20	3445.18	247.66	1.39%
3	G&P_C240-300_C3	0.165	25.03	4.13	15.31	3707.07	253.74	1.46%
4	G&P_C240-300_C4	0.165	24.96	4.12	14.49	3518.36	248.08	1.42%
5	G&P_C240-300_C5	0.165	25.01	4.13	15.55	3768.19	250.07	1.51%
6	G&P_C240-300_C6	0.165	25.00	4.13	14.68	3558.79	259.36	1.37%
	MEDIA		25.01		14.89	3607.67	250.00	1.44%
	DEV. ST.		0.05		0.52	121.72		0.06%
	Valore caratteristico		24.92		13.85	3364.23		1.32%

VALORI DI RIFERIMENTO DA C.V.T. CLASSE DI APPARTENENZA 210C (210 Gpa-2700 Mpa)

1. $\sigma_{classe} = 2.700 \text{ MPa}$ Valore di confronto $0,85 \times 2.700 = 2.295,00 \text{ MPa}$
 Valore medio delle prove = $3.607,67 \text{ MPa} > \text{Valore di confronto} = 2.295,00 \text{ MPa}$

2. $E = 210,00 \text{ GPa}$ Valore di confronto $0,85 \times 210 = 178,50 \text{ GPa}$
 Valore medio delle prove = $250,00 \text{ GPa} > \text{Valore di confronto} = 178,50 \text{ GPa}$





F.R.C.M. (Fiber Reinforced Cementitious Mortar)

Fibre:

Vetro AR

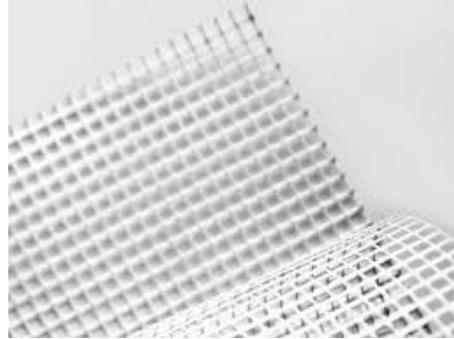
Carbonio

Aramidica

PBO

Basalto

Acciaio



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

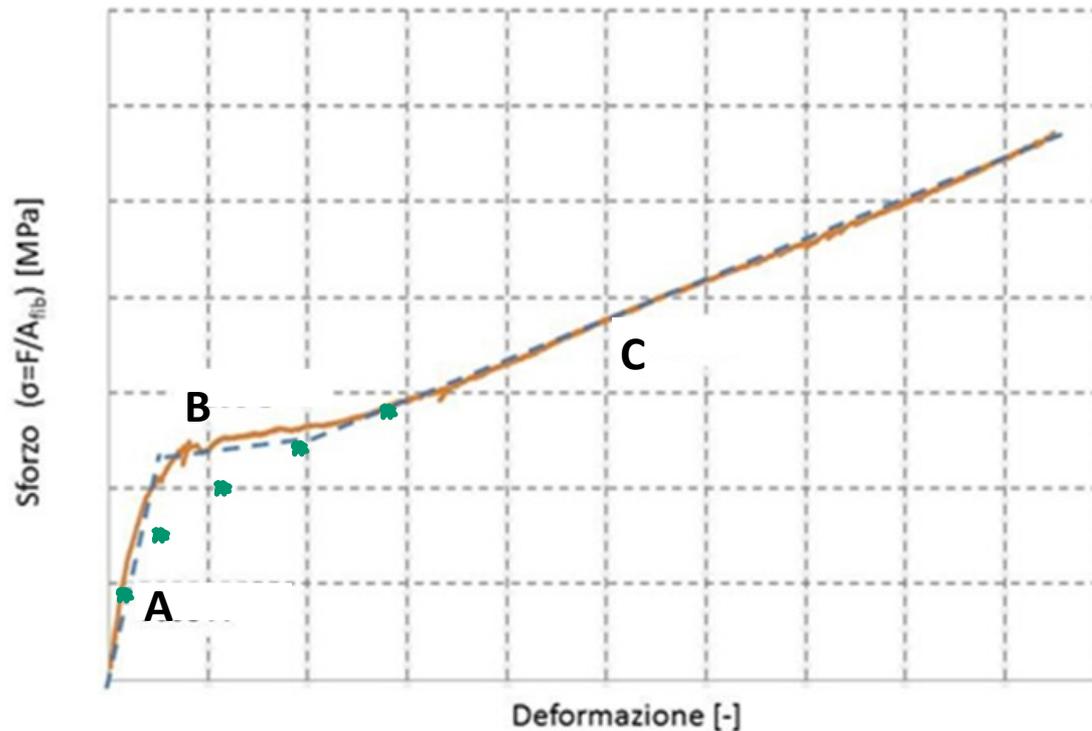
Servizio Tecnico Centrale

*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di
accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da
utilizzarsi per il consolidamento strutturale
di costruzioni esistenti*

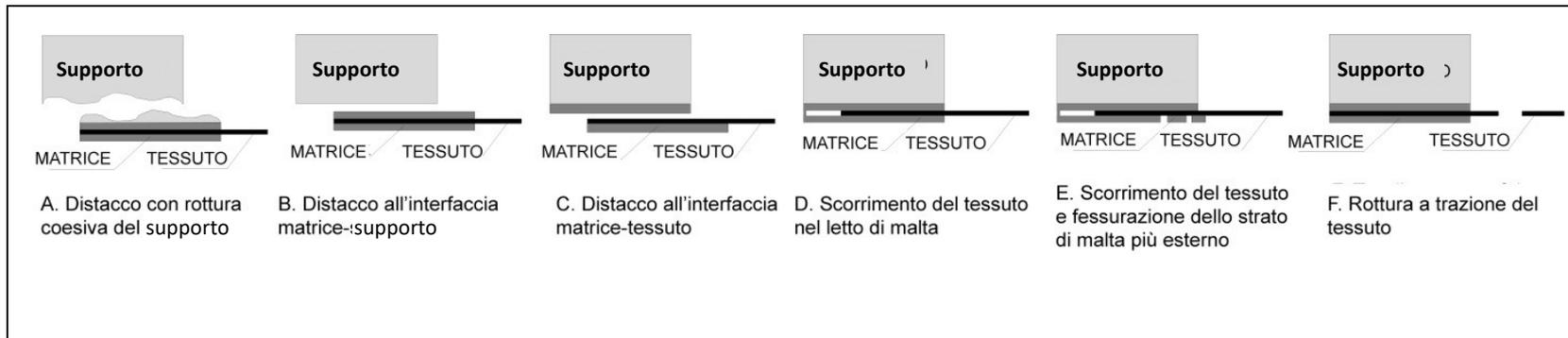
Dicembre 2018

Il tipico legame costitutivo tensione - deformazione di un sistema di rinforzo FRCM in una prova di trazione monoassiale (Allegato 1) è assimilabile ad una polilinea costituita da tre rami consecutivi, corrispondenti, nell'ordine, allo stadio di campione non fessurato (Stadio A), a quello in fase di fessurazione (Stadio B) e a quello fessurato (Stadio C), dove la tensione (o sforzo), espressa in MPa, è definita come:

$$\sigma = F/A_f \quad (\text{con } A_f \text{ area del tessuto senza matrice inorganica})$$



Tale legame non è sufficiente a caratterizzare il comportamento meccanico di un sistema *FRCM*, in quanto l'impiego di quest'ultimo come rinforzo di un elemento strutturale porta a dover considerare i molteplici meccanismi di crisi che possono verificarsi in seguito all'interazione substrato-sistema di rinforzo *FRCM*. Essi sono descritti nella Linea Guida.



Per questi motivi, è necessario (ai fini della qualificazione) che la caratterizzazione meccanica includa, oltre alla prova di trazione del sistema *FRCM* e del tessuto secco, anche la prova di distacco dal supporto, ed eventuali altre prove appropriate, in relazione alle caratteristiche specifiche del sistema *FRCM*. A tale riguardo, il Fabbricante deve indicare nell'istanza, il tipo/i tipi di supporto per cui intende conseguire la qualificazione. Le prove devono essere effettuate per ogni tipo di supporto indicato

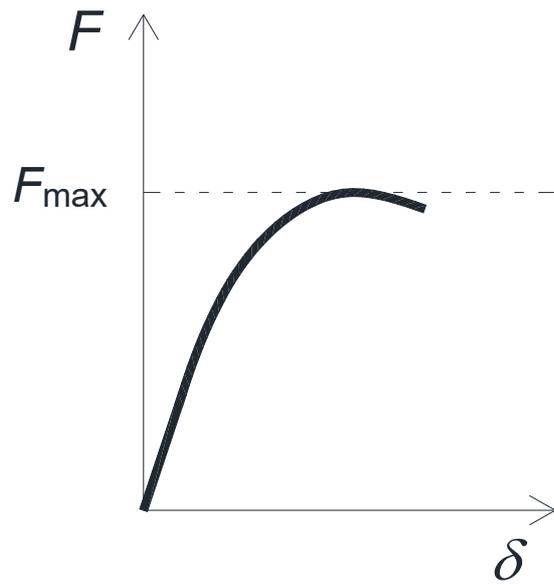
I sistemi di rinforzo FRCM sono qualificati sulla base di diverse proprietà meccaniche determinate mediante prove di trazione monoassiale e prove di distacco dal supporto.

Fra queste, soprattutto ai fini delle prove di accettazione, sono importanti:

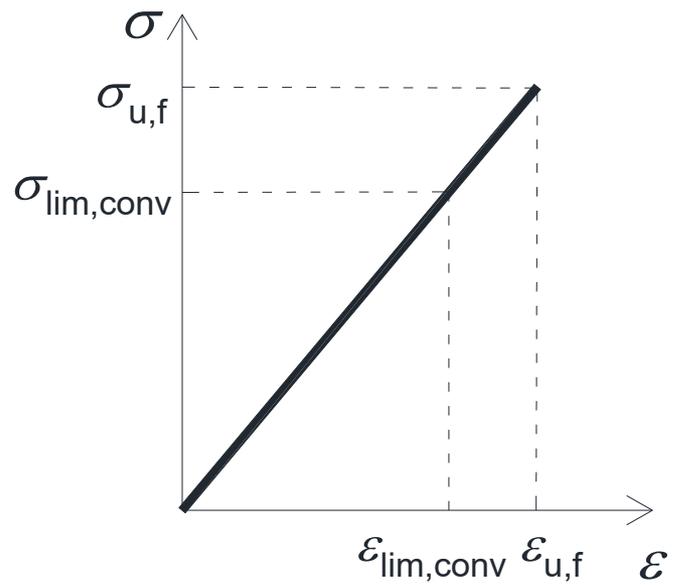
a) La tensione limite convenzionale $\sigma_{lim, conv}$ (valore caratteristico) e deformazione limite convenzionale $\epsilon_{lim, conv}$, definiti dalla stessa Linea Guida;

b) La tensione ultima σ_u (valore caratteristico) e deformazione ultima ϵ_u (valore medio) del campione di FRCM a rottura per trazione.

La tensione limite convenzionale $\sigma_{lim, conv}$ per uno specifico sistema FRCM, rappresenta la resistenza del sistema di rinforzo ricavata mediante prove di distacco da supporti convenzionali e come tale è dipendente dal tipo di supporto; essa si ottiene dividendo il valore caratteristico dei picchi della forza traente F , registrati durante le prove di distacco dal supporto, per l'area A_f (§ 7.2).



$$\sigma_{\text{lim,conv}} = F_{\max} / A_f$$



PROCEDURE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

I controlli di accettazione in cantiere:

-sono obbligatori e devono essere eseguiti a cura e sotto la responsabilità del Direttore dei lavori;

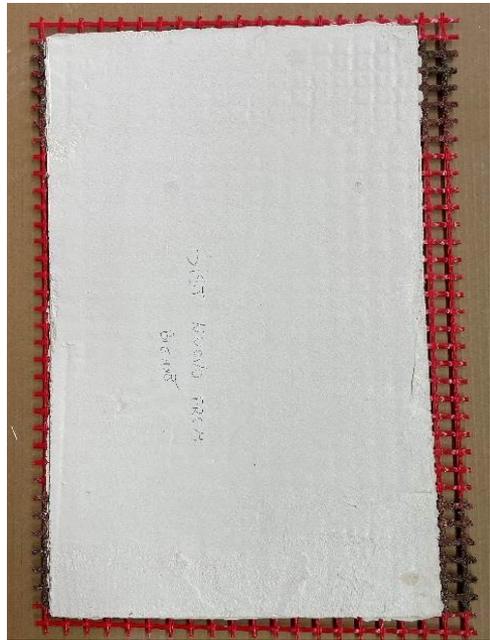
-devono essere effettuati realizzando campioni contestualmente alla messa in opera del sistema di rinforzo dell'elemento strutturale da consolidare e nelle stesse condizioni ambientali;

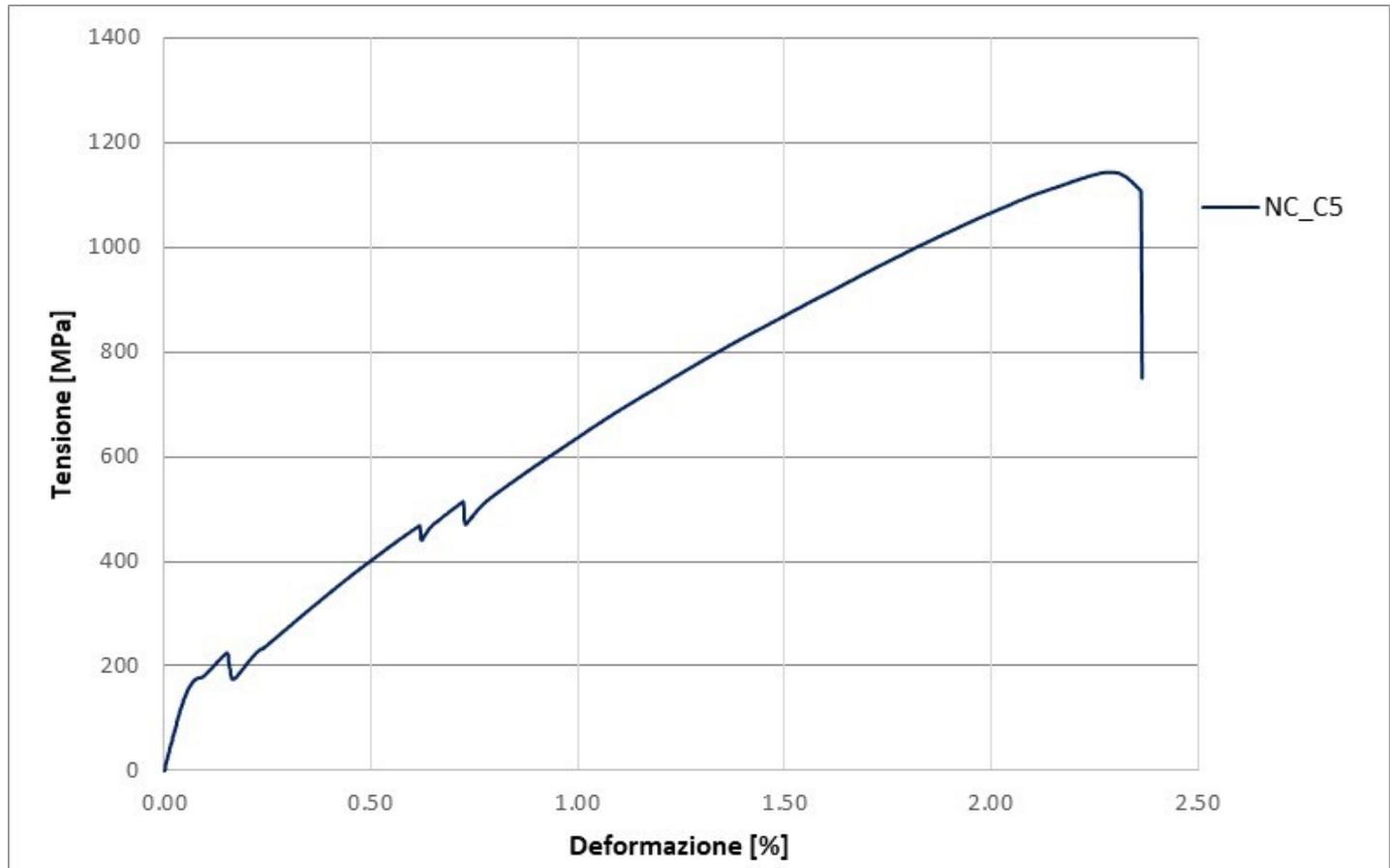
- devono essere eseguiti su campioni del rinforzo realizzati, o ricavati, in cantiere con la procedura di installazione prescritta dal Fabbricante, impiegando gli stessi addetti del cantiere ed utilizzando i medesimi materiali.

I campioni devono essere in numero di 6 per ognuno dei tipi di sistemi di rinforzo da installare, tenendo anche conto dell'eventuale diversa natura delle fasi (in particolare della grammatura del rinforzo e del numero di strati di quest'ultimo). Le dimensioni sono quelle indicate per la prova di trazione (Allegato 1).

**Sui campioni consegnati in laboratorio devono essere eseguite le prove di trazione, con determinazione del valore medio della tensione ultima .
Attese le condizioni non ottimali di realizzazione dei provini realizzati in cantiere, la prova si ritiene superata se:**

- 1. il valore medio della tensione ultima σ_u risulta non inferiore all'85% della tensione caratteristica ultima σ_u , come determinata nella fase di qualificazione del sistema FRCM di cui si effettua il controllo di accettazione, riportata sulla Scheda tecnica che accompagna il prodotto;**
- 2. il valore medio della tensione ultima σ_u risulta superiore almeno del 15% rispetto alla tensione limite convenzionale σ_{lim} , conv su supporto analogo, come determinata nella fase di qualificazione, del sistema FRCM di cui si effettua il controllo di accettazione, riportata sulla Scheda tecnica che accompagna il prodotto.**





VALORI DI RIFERIMENTO DA QUALIFICAZIONE:

1. $\sigma_u = 1.200 \text{ MPa}$ Valore di confronto $0,85 \times 1.200 = 1.000,20 \text{ MPa}$

Valore medio delle prove = $1.141,24 \text{ MPa} > \text{Valore di confronto} = 1.000,20 \text{ MPa}$

2. $\sigma_{lim,conv} = 990,00 \text{ MPa}$ (da scheda tecnica su supporto di tufo) Valore di confronto $1.15 \times 990 = 1.138,50 \text{ MPa}$

Valore medio delle prove = $1.141,24 \text{ MPa} > \text{Valore di confronto} = 1.138,50 \text{ MPa}$

N°	ID Provino	Af	Fmax	σ_u	E1	ϵ_u
		mm ²	kN	MPa	GPa	%
1	G320 FRCM NC C1	4.99	5.72	1146.87	208.33	2.38%
2	G320 FRCM NC C2	4.99	5.51	1103.76	231.00	2.16%
3	G320 FRCM NC C3	4.99	5.80	1161.44	264.68	2.13%
4	G320 FRCM NC C4	4.99	5.49	1100.45	104.74	2.21%
5	G320 FRCM NC C5	4.99	5.71	1143.66	223.89	2.29%
6	G320 FRCM NC C6	4.99	5.94	1191.25	198.78	2.31%
	MEDIA		5.70	1141.24	205.24	2.25%
	DEV. ST.		0.16	31.66		0.09%
	Valore caratteristico		5.38	1077.92		2.07%





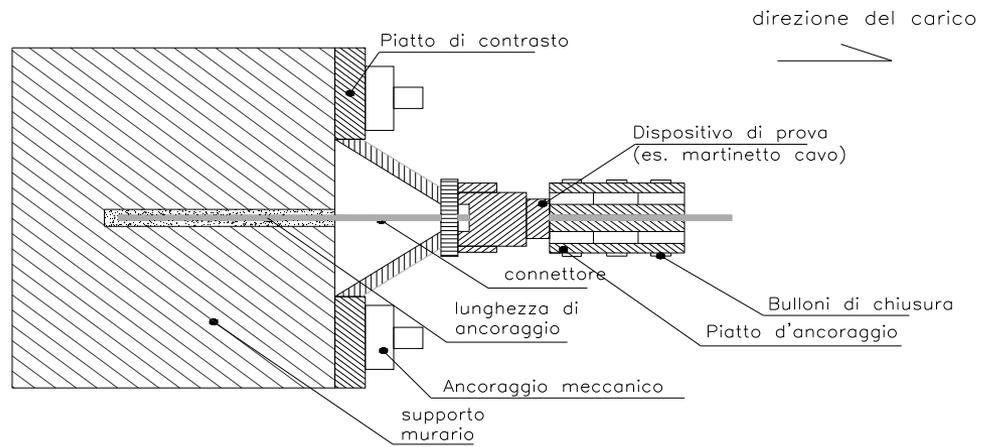
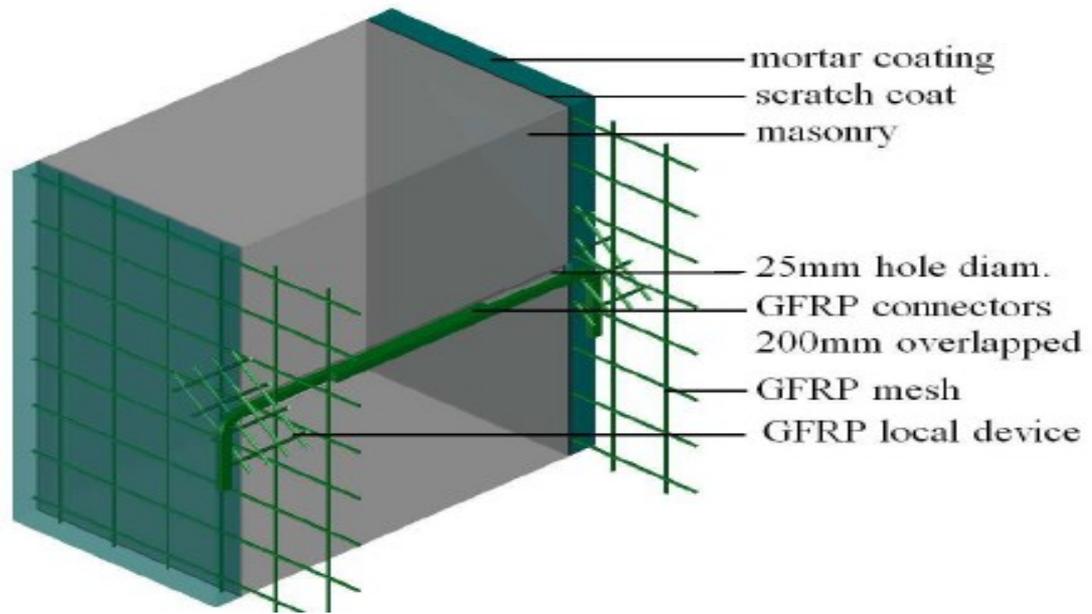


C.R.M. (Composite Reinforced Mortar)

I sistemi CRM sono costituiti da reti in composito fibrorinforzate a matrice polimerica (FRP- Fiber Reinforced Polymer), da applicare sulle superfici degli elementi strutturali per il consolidamento degli stessi con malte cementizie e/o di calce, ovvero mediante la tecnica dell'intonaco armato di tipo *CRM* (Composite Reinforced Mortar).

L'intonaco armato, denominato nel seguito CRM, è realizzato mediante una rete preformata in composito (FRP) inserita in una malta ad uso strutturale e applicata sulla superficie dell'elemento strutturale in muratura da rinforzare. In detto sistema la rete in FRP è in grado di assorbire gli sforzi di trazione, mentre la malta strutturale contribuisce ad assorbire gli sforzi di compressione. Il trasferimento degli sforzi fra il supporto e la rete di rinforzo è garantito anche dalla presenza dei connettori, che assicurano la collaborazione strutturale fra l'elemento murario e l'intonaco armato.

Lo spessore dei sistemi di rinforzo CRM di cui alla presente Linea Guida è compreso, di norma, tra 30 mm e 50 mm, al netto del livellamento del supporto.





Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione dei sistemi a rete preformata in materiali compositi fibrorinforzati a matrice polimerica da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti con la tecnica dell'intonaco armato CRM (Composite Reinforced Mortar)

Maggio 2019

PROCEDURE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

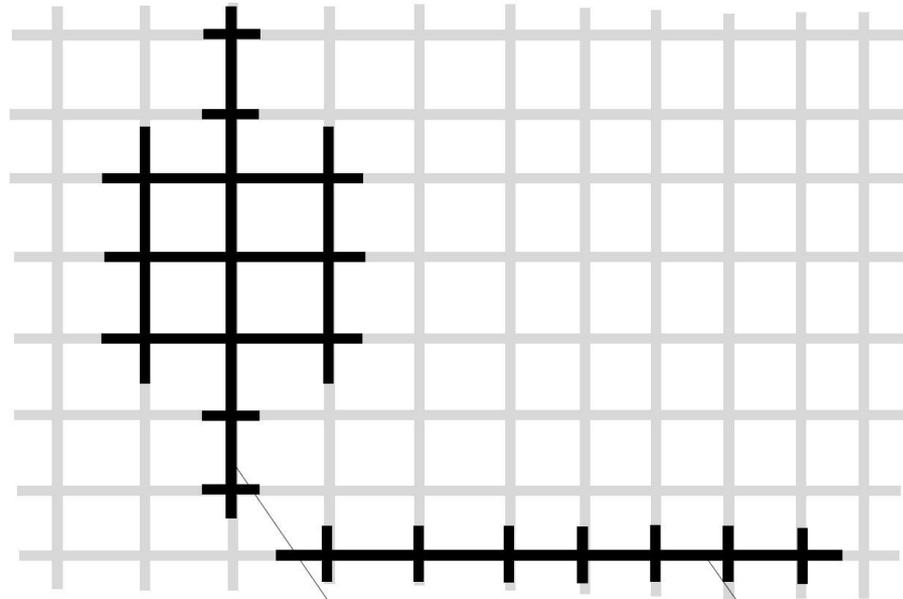
Controlli di accettazione in cantiere:

- sono obbligatori e devono essere eseguiti a cura e sotto la responsabilità del Direttore dei Lavori;
- devono essere campionati nell'ambito di ciascun lotto di spedizione in riferimento al lotto di produzione e devono riguardare tutti i componenti del Sistema *CRM* oggetto di fornitura.

I campioni devono essere in numero di 3 per ognuno dei componenti dei sistemi di rinforzo da installare, tenendo anche conto dell'eventuale diversa natura delle fasi (in particolare della grammatura del rinforzo) e delle eventuali diverse caratteristiche delle reti nelle due direzioni. Le dimensioni sono quelle indicate per la prova di trazione (Allegato 1).

Le prove da eseguire sono unicamente quelle di trazione sui componenti in FRP del sistema, descritte all'Allegato 1.

Si prescrivono inoltre prove sulle malte da utilizzare in ragione di due provini per ogni lotto di spedizione per verificarne le caratteristiche dichiarate dal Fabbricante e richiamate nel *Manuale di installazione*.

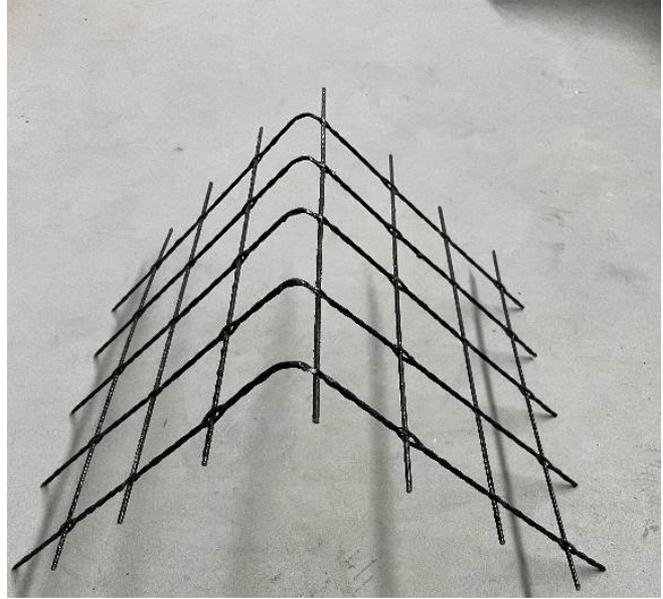


Filo "ritorto"

Campione per la
prova a trazione del
filo ritorto

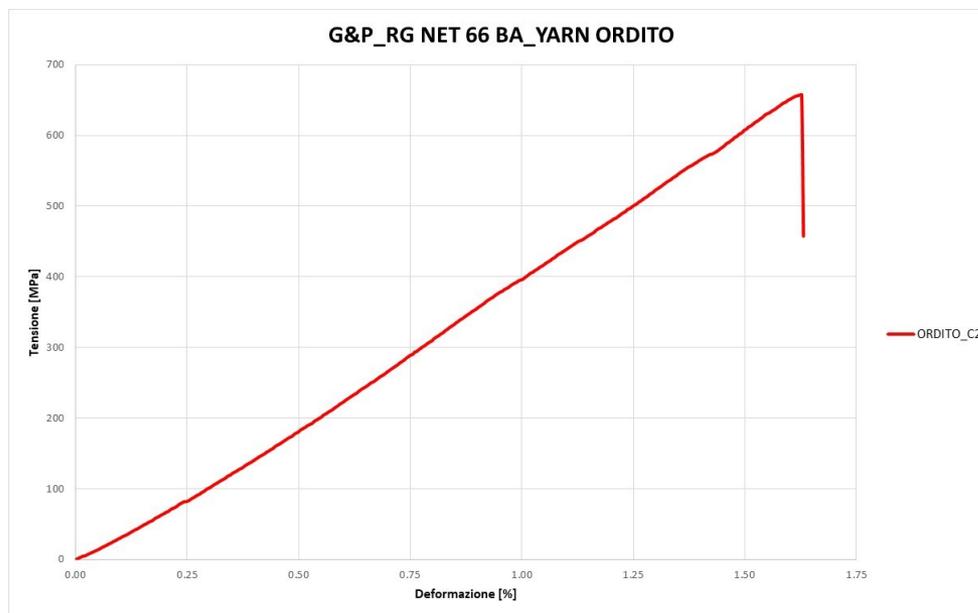
Filo "piatto"

Campione per la
prova a trazione del
filo piatto





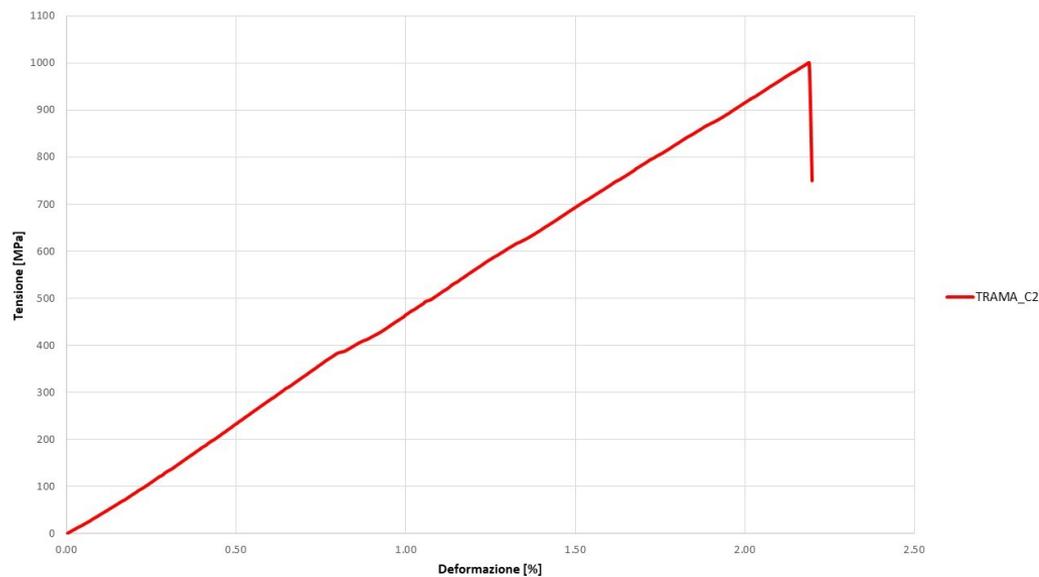
Prove di Trazione su campioni in ordito estratti dalla rete

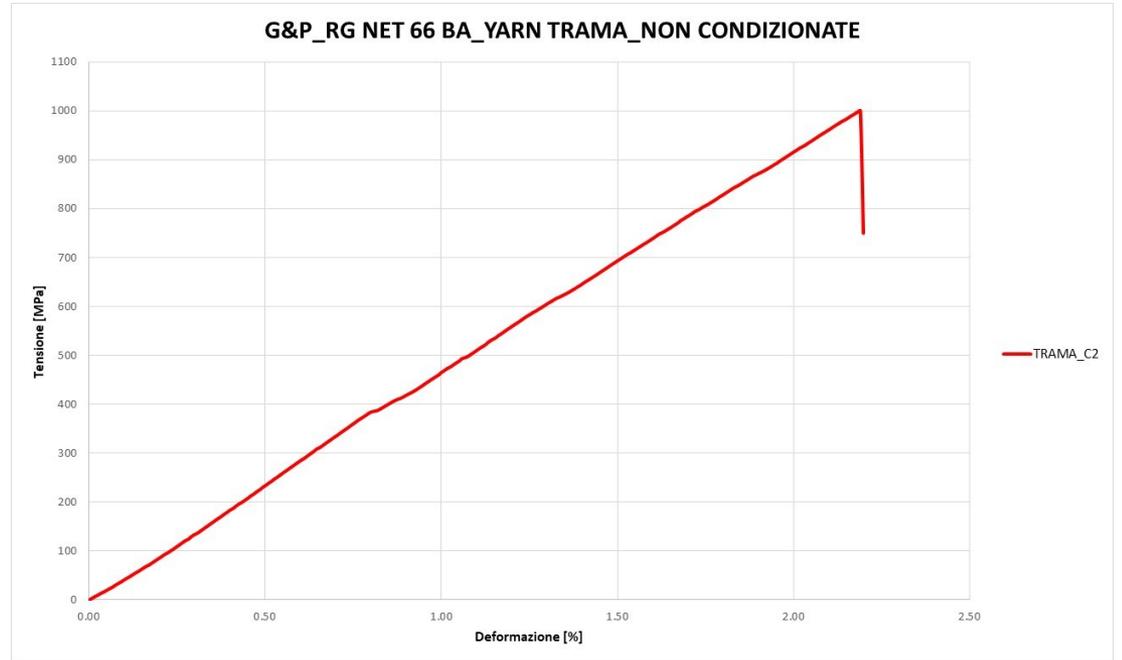
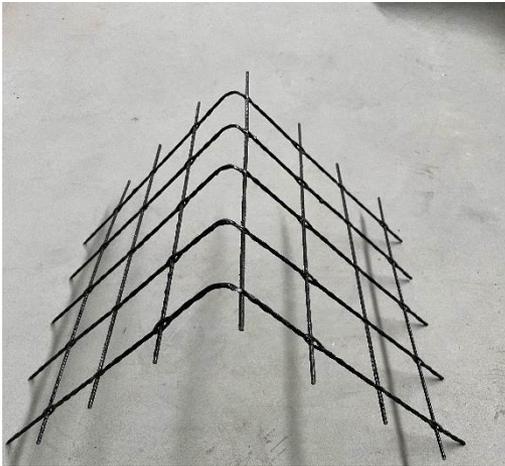


Prove di Trazione su campioni in trama estratti dalla rete

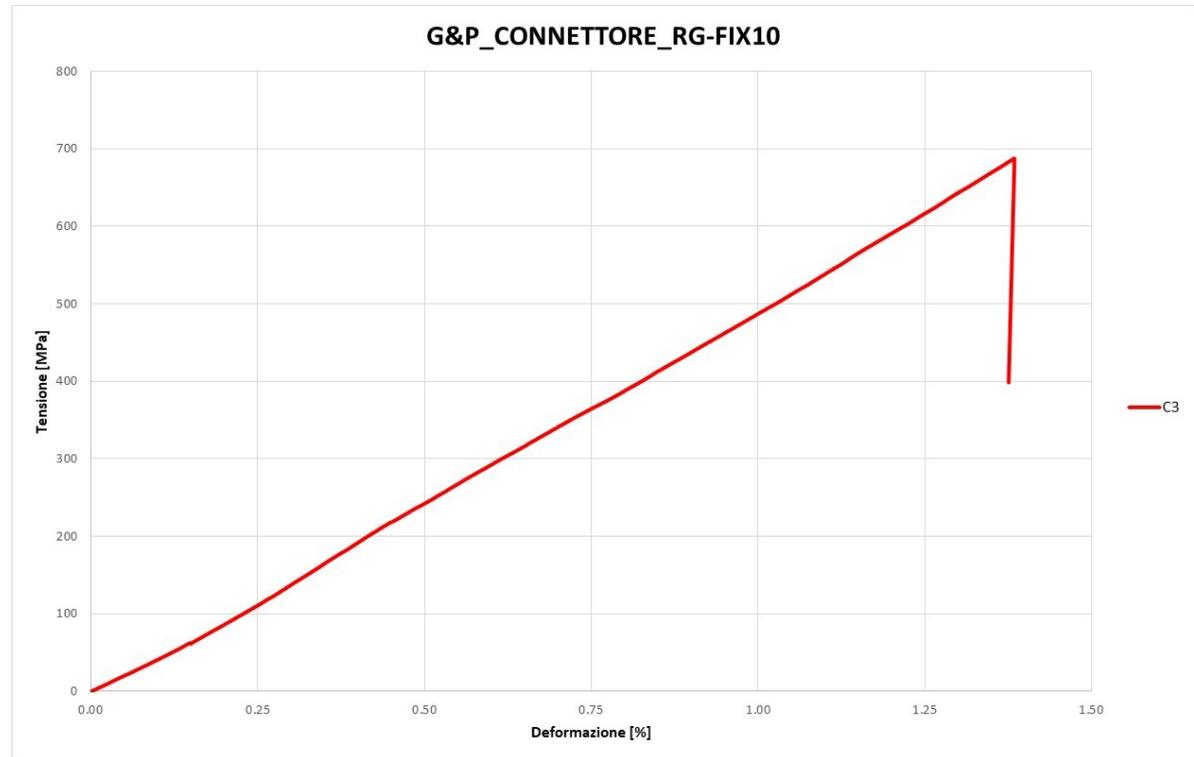


G&P_RG NET 66 BA_YARN TRAMA_NON CONDIZIONATE





Prove di Trazione su campioni di connettori





Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Servizio Tecnico Centrale

*Linea guida per l'identificazione, la qualificazione, la certificazione di
valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi
fibrorinforzati FRC (Fiber Reinforced Concrete)*

Gennaio 2019

Classi prestazionali del FRC

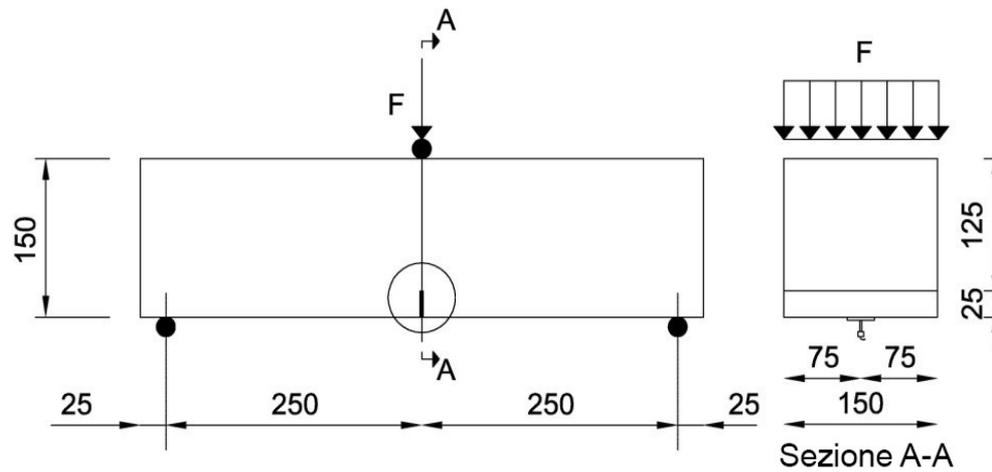
Le prestazioni richieste a un FRC sono le seguenti:

- *classe di resistenza a compressione;*
- *classe di consistenza;*
- *classe di esposizione;*
- *limite di proporzionalità (tensione corrispondente);*
- *classe di tenacità, ovvero resistenza opposta dal materiale all'avanzamento del processo di frattura.*

E' inoltre necessario definire le seguenti proprietà:

- *dimensione massima dell'aggregato;*
- *caratteristiche geometriche della fibra;*
- *materiale utilizzato per la fibra.*

Il limite di proporzionalità e la classe di tenacità sono determinabili sulla base di un test a flessione su un provino di dimensioni (b x h) 150x150 mm in sezione, lunghezza 550÷700 mm, intagliato centralmente, semplicemente appoggiato alle estremità e caricato con un carico centrale (EN 14651) come indicato in Figura.

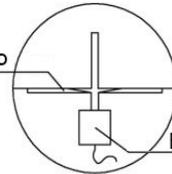


Dimensioni espresse in mm

$x \leq 5$

Dettaglio
(intaglio)

Supporto
per strumento

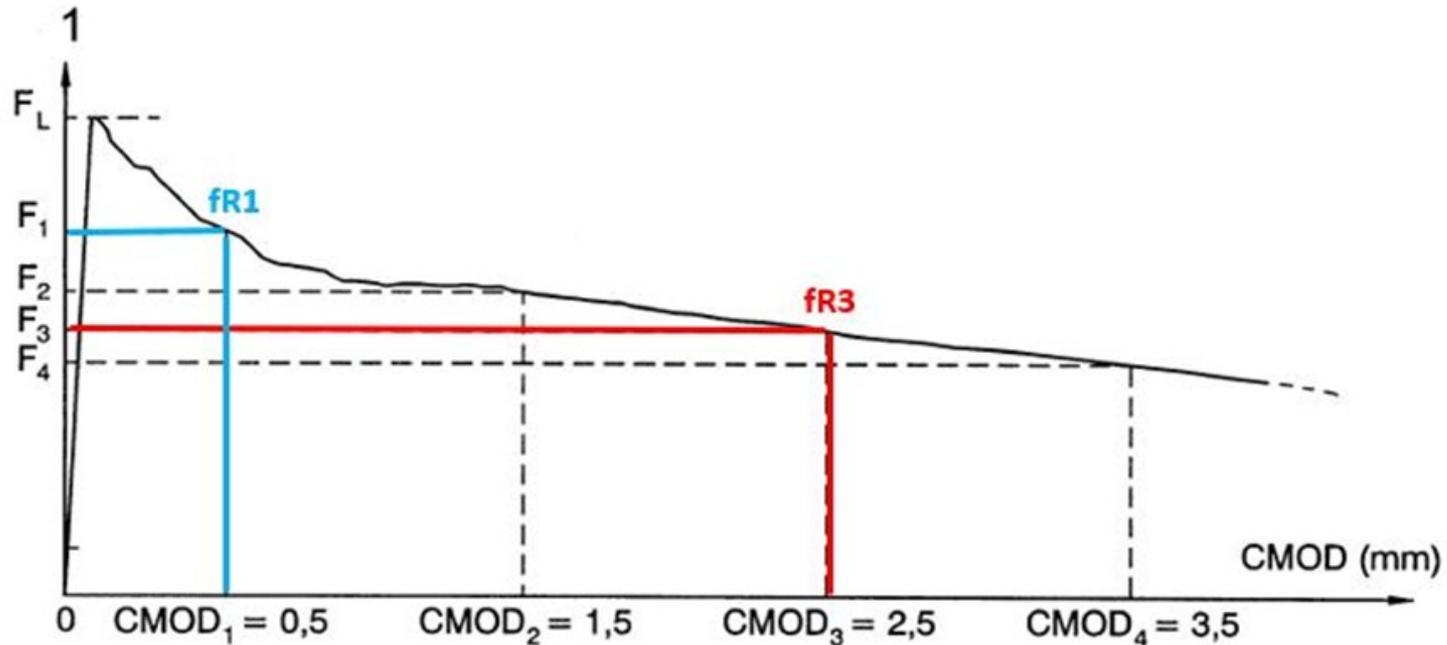


$y \leq 5$

Estensimetro elettrico

La prova prevede la misura sperimentale del carico applicato (F) e dell'apertura di fessura alla bocca dell'intaglio (CMOD, come definito dalle UNI EN 14651); il valore CMOD viene utilizzato come parametro di controllo della prova.

Una tipica curva sperimentale, ottenuta dalla prova, è riportata in Figura.



Con riferimento alla singola prova, devono essere determinati: il limite di proporzionalità ($f_{ct,L}^f$) e la resistenza residua per valori di CMOD pari a 0.5 mm ($f_{R,1}$) e a 2.5 mm ($f_{R,3}$).

In particolare, la tensione corrispondente al limite di proporzionalità ($f_{ct,L}^f$) è convenzionalmente definita, vedi EN 14651, come:

$$f_{ct,L}^f = \frac{3F_L L}{2bh_{sp}^2}$$

dove:

F_L = massima forza applicata (Figura 4)

L = distanza fra gli appoggi (Figura 3)

Le resistenze residue f_{R1} e f_{R3} si determinano convenzionalmente come:

$$f_{R,j} = \frac{3F_j L}{2bh_{sp}^2}$$

dove:

$j = 1$ o 3

Il *FRC* può essere impiegato per la realizzazione di elementi strutturali se la classe di resistenza a compressione è conforme a quanto previsto dalle NTC per un calcestruzzo privo di fibre e se sono rispettate le condizioni riportate nel seguito:

$$f_{R,1k} / f_{ct,Lk}^f > 0.4$$

$$f_{R,3k} / f_{R,1k} > 0.5$$

avendo indicato con $f_{ct,Lk}^f$, $f_{R,1k}$ e $f_{R,3k}$ i valori caratteristici dei parametri $f_{ct,L}^f$, $f_{R,1}$ e $f_{R,3}$ rispettivamente (vedi Allegato1).

Per classificare il comportamento post-fessurativo di un *FRC* sono presi in esame due parametri: la resistenza nominale per f_{R1k} ed il rapporto f_{R3k}/f_{R1k} , che consentono di identificare la classe di tenacità.

La resistenza nominale per f_{R1k} è definita dal numero appartenente alla seguente successione, immediatamente inferiore al valore di f_{R1k} determinato sperimentalmente:

1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 14.0 [MPa]

Il rapporto f_{R3k}/f_{R1k} viene invece indicato con una delle lettere a, b, c, d, e , ciascuna delle quali indica un intervallo di valori, come specificato nel seguito:

$$a \text{ per } 0.5 \leq f_{R3k}/f_{R1k} < 0.7$$

$$b \text{ per } 0.7 \leq f_{R3k}/f_{R1k} < 0.9$$

$$c \text{ per } 0.9 \leq f_{R3k}/f_{R1k} < 1.1$$

$$d \text{ per } 1.1 \leq f_{R3k}/f_{R1k} < 1.3$$

$$e \text{ per } 1.3 \leq f_{R3k}/f_{R1k}$$

Pertanto, la classe di tenacità di un FRC viene definita da un numero (resistenza nominale per f_{R1k}) e da una lettera (intervallo di valori in cui ricade f_{R3k}/f_{R1k}). A titolo esemplificativo un FRC di classe 2.5b ha una resistenza nominale per f_{R1k} pari a 2.5 MPa (essendo: $2.5 \leq f_{R1k} < 3.0$) e un valore del rapporto f_{R3k}/f_{R1k} compreso nell'intervallo indicato dalla lettera b : $0.7 \leq f_{R3k}/f_{R1k} < 0.9$.

Per impieghi strutturali, le prestazioni di un FRC devono essere prescritte dal progettista, fornite dal Fabbricante e verificate dalla Direzione Lavori.







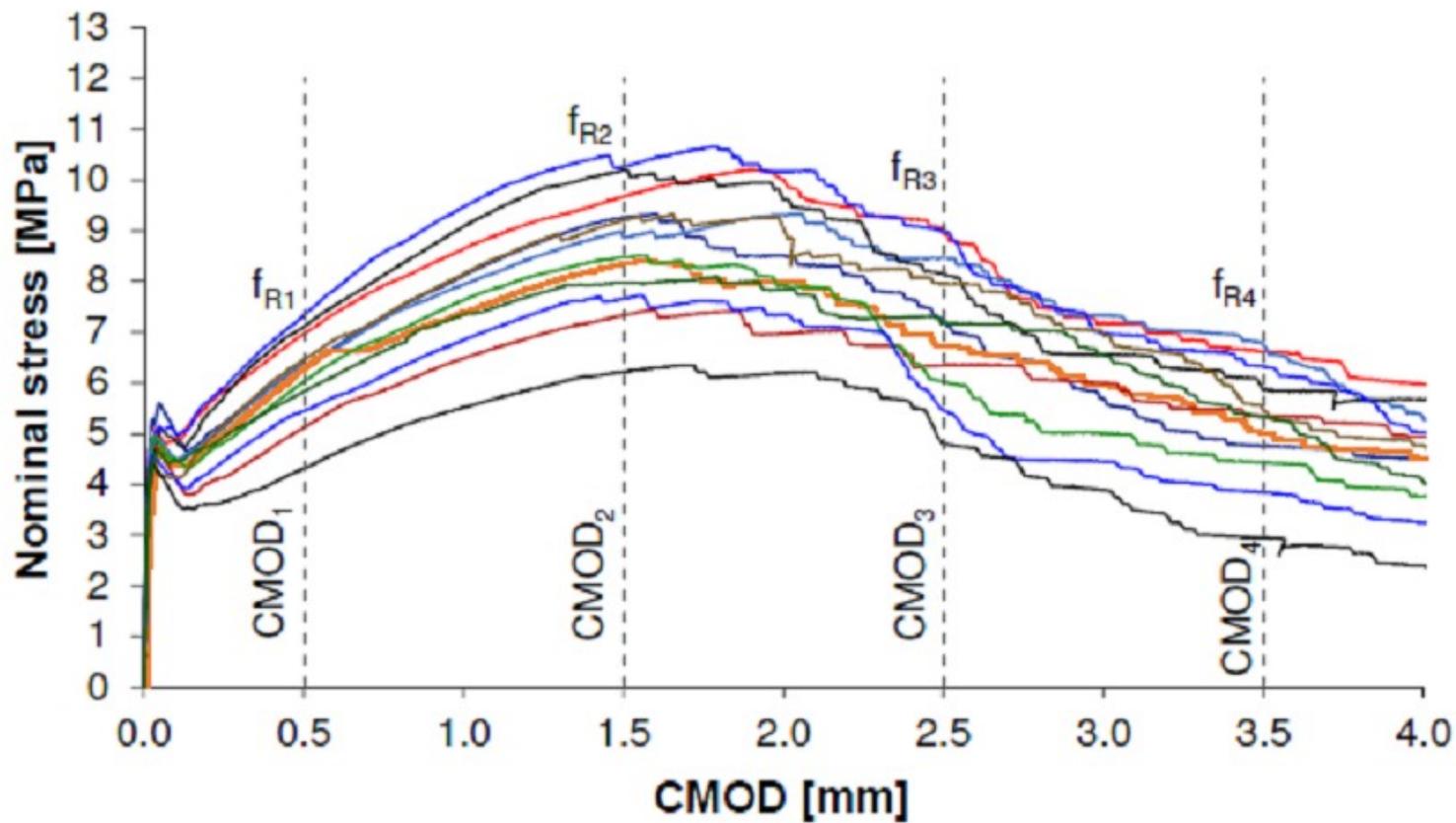


Figura 2 Grafico Tensione- CMOD - Risultati della prova a flessione su travette standardizzate FRC



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Servizio Tecnico Centrale

LINEA GUIDA PER
L'IDENTIFICAZIONE, LA QUALIFICAZIONE E L'ACCETTAZIONE
DI BARRE E STAFFE IN COMPOSITO FIBRORINFORZATO PER USO
STRUTTURALE

Dicembre 2021

Le barre di cui alla presente Linea Guida sono costituite da fibre continue di vetro, basalto o carbonio. Per applicazioni che utilizzino altri tipi di fibre possono essere richieste procedure di qualificazione aggiuntive rispetto a quelle della presente Linea Guida.

Il processo produttivo delle barre rettilinee è tipicamente la pultrusione, anche se non sono esclusi differenti processi produttivi.

Nella definizione del processo produttivo è incluso il tipo di finitura superficiale della barra, previsto dal Fabbricante per migliorarne l'aderenza. Le sezioni trasversali delle barre e delle staffe possono essere pressoché circolari o di forma rettangolare. Il diametro nominale delle sezioni circolari, appresso definito, deve variare nell'intervallo tra 5 mm e 32 mm, comprendendo gli estremi dell'intervallo. La larghezza, b , delle sezioni rettangolari, coincidente con la massima dimensione della sezione, non deve essere superiore a 40 mm.

Le proprietà meccaniche delle barre di FRP dipendono principalmente dalla forma e dalle dimensioni della sezione trasversale, dal tipo di matrice e di eventuali additivi in essa presenti in definite quantità, dalla natura delle fibre e dalla frazione volumetrica di queste ultime.

Le barre e le staffe di FRP, oggetto della presente Linea Guida (LG), sono qualificate sulla base delle caratteristiche di cui alle Tabelle 1, 2 e 3. Le caratteristiche sono distinte in caratteristiche fisico-morfologiche (Tabella 1), caratteristiche meccaniche la cui valutazione è obbligatoria (Tabella 2), caratteristiche meccaniche la cui valutazione è lasciata alla facoltà del singolo Fabbricante (Tabella 3).

3.2.1 Temperatura di transizione vetrosa, Tg

Il Fabbricante deve eseguire, presso il Laboratorio incaricato, almeno tre prove per ciascun tipo di barra prodotto, differente per tipo di resina, finalizzate alla determinazione della Temperatura di transizione vetrosa (nel seguito Tg) della matrice impiegata nella fabbricazione delle barre.

Il metodo di prova da utilizzarsi è quello denominato DSC (Differential Scanning Calorimetry) di cui alla ISO 11357-2. Il metodo è illustrato schematicamente nell'Allegato 2

3.2.2 Massima temperatura di servizio

Le caratteristiche prestazionali delle barre di FRP, in particolare quelle meccaniche, possono essere fortemente condizionate dalle sollecitazioni termiche. Tale circostanza, che deve essere tenuta in debito conto dal progettista, deve essere chiaramente evidenziata dal Fabbricante nella documentazione illustrativa dei prodotti, come ad esempio nella scheda tecnica ed in quella di accompagnamento alla fornitura degli stessi

3.2.4 Resistenza al pull-out

3.2.5 Resistenza al pull-out ad alte temperature

3.2.6 Durabilità ambientale: cicli di gelo-disgelo

3.2.7 Durabilità ambientale: esposizione ad ambienti alcalini, salini ed umidi

3.2.8 Comportamento al fuoco

3.2.9 Resistenza a Fatica

3.2.10 Fatica statica

La resistenza alla fatica statica (fenomeni di viscosità) delle barre deve essere determinata secondo il metodo indicato nella norma ISO 10406-1, c12 integrato dalle indicazioni fornite in questa Linea Guida per le barre a sezione rettangolare.

5. PROCEDURE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

I controlli di accettazione in cantiere sulle barre: - sono obbligatori e di competenza del Direttore dei lavori; - devono essere effettuati nell'ambito di ciascun lotto di spedizione e devono riguardare tutti i tipi di prodotti oggetto di fornitura; - devono essere eseguiti su provini prelevati in cantiere.

Tutte le prove devono essere effettuate da un Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR 380/2001, con comprovata esperienza e dotato di strumentazione adeguata all'esecuzione delle prove su materiali compositi, in tempo ritenuto utile dal Direttore dei Lavori ai fini dell'accertamento della qualità e della conformità alle specifiche di progetto dei prodotti oggetto di fornitura e comunque non oltre 30 giorni dalla consegna del lotto di spedizione di cui fanno parte i suddetti prodotti.

La richiesta di prove al Laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere almeno:

- Indicazione univoca del nome commerciale del prodotto;**
- indicazione del cantiere e luogo di installazione del prodotto;**
- lotto del materiale fornito e la data della posa in opera;**
- indicazione del CVT di riferimento.**

Bibliografia

- ***Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018);***
- ***Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7 del 21 Gennaio 2019 contenente le “Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018”.***
- ***Linee 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***
- ***Linee Guida per l’identificazione, la qualificazione ed il controllo di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica, denominati FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix)***
- ***Linea Guida per la identificazione, la qualificazione e il controllo di accettazione dei sistemi a rete preformata in materiali compositi fibrorinforzati a matrice polimerica da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti con la tecnica dell’intonaco armato CRM (Composite Reinforced Mortar)***
- ***Linea Guida per la identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi fibrorinforzati FRC (Fiber Reinforced Concrete)***
- ***Linee guida per l’identificazione, la qualificazione e l’accettazione di barre e staffe in composito fibrorinforzato per uso strutturale***

Articolo 116 (Codice appalti)

DECRETO LEGISLATIVO 31 marzo 2023, n. 36 (*Controllo tecnico, contabile e amministrativo*)

11. Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie inerenti alle attività di cui al presente articolo e alle attività di cui all'allegato II.14 oppure specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto di lavori, sono disposti dalla direzione dei lavori o dall'organo di collaudo o di verifica di conformità, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Tali spese non sono soggette a ribasso. I criteri per la determinazione dei costi sono individuati dall'allegato II.15. In sede di prima applicazione l'allegato II.15 è abrogato e sostituito da un corrispondente decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, adottato su proposta del Consiglio superiore dei lavori pubblici, che lo sostituisce integralmente anche in qualità di allegato al codice.

GRAZIE PER LA
VOSTRA ATTENZIONE!

