

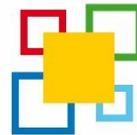
Dati di input dei sistemi FRCM



per il rinforzo della muratura con



Verifiche Rinforzi e



MasterSap

Premessa

Per dimensionare il rinforzo di un Maschio Murario con il sistema FRCM di **Ruregold** secondo il CNR-DT215 è necessario conoscere i parametri geometrici e meccanici che caratterizzano la tecnologia e sapere dove inserirli nel software **Verifiche Rinforzi**.

Questo documento è una guida utile a tal fine.

Sistemi FRCM di Ruregold per il rinforzo di un maschio murario

I compositi fibrorinforzati a matrice inorganica, denominati **FRCM** (Fiber Reinforced Cementitious Matrix), o anche **TRC** (Textile Reinforced Concrete), **TRM** (Textile Reinforced Mortars) e **IMG** (Inorganic Matrix Gridcomposites) sono sistemi utilizzabili per la realizzazione di rinforzi esterni di strutture in muratura o in calcestruzzo armato.

In accordo alle più recenti normative americane (**AC 434 ICC-Evaluation Service**, **ACI 549.6R-20** e **ACI 549.4R-20**) e italiane (**Linea Guida del CSLP 2022** e **CNR-DT215/2018**) tali sistemi sono ricavati dall'unione di due fasi: una rete in fibra (come PBO, carbonio, aramide, basalto) ad alte prestazioni immersa all'interno di una matrice inorganica. La natura della matrice inorganica, compatibile chimicamente con i supporti in muratura e di calcestruzzo, permette di favorire l'adesione tra i due materiali, garantendo il trasferimento delle tensioni e dunque la perfetta funzionalità in fase di carico.

I sistemi FRCM possono essere realizzati mediante reti con tessiture unidirezionali, utilizzate maggiormente per applicazioni su calcestruzzo, o bidirezionali, impiegate principalmente per il rinforzo di pannelli in muratura. L'applicazione in basso spessore, circa 8-10 mm complessivamente, permette di rimanere nell'ambito degli interventi locali, ovvero tutti quegli interventi localizzati o diffusi che non alterano la risposta sismica globale del fabbricato, aumentandone solo la capacità resistente dei singoli elementi.

La facilità e velocità di posa, l'ottima durabilità dei materiali in gioco e la versatilità degli interventi realizzabili rendono questi sistemi adatti a innumerevoli applicazioni, quali:

- Rinforzo a flessione, taglio e confinamento di elementi in calcestruzzo;
- Rinforzo a presso-flessione e taglio nel piano di paramenti in muratura;
- Rinforzo a presso-flessione fuori dal piano di paramenti in muratura;
- Realizzazione di cordoli sommitali e cinturazioni.

In accordo a quanto indicato al Capitolo 11 delle NTC 2018, i sistemi FRCM devono pervenire alla **Marcatura CE** sulla base della pertinente "**Valutazione Tecnica Europea**" (ETA) oppure ottenere il "**Certificato di Valutazione Tecnica**", rilasciato dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale.

I **sistemi FRCM Ruregold** sono in possesso di **CVT n. 214 del 20/06/2022**.



Figura 1 - Sistema FRCM di Ruregold composto da rete PBO-MESH 22/22 e matrice inorganica MX-PBO Muratura.

Verifiche Rinforzi: software AMV per la verifica dei rinforzi di opere esistenti

Verifiche Rinforzi e Muratura Armata è il software di AMV con cui si dimensionano varie tipologie di intervento sia su edifici esistenti in c.a., sia in muratura. L'applicativo può essere utilizzato sia stand alone sia integrato in MasterSap, quindi in collegamento con un post-processore di verifica che nel primo caso sarà MasterEsist, nel secondo MasterMuri (dalla versione 2023).

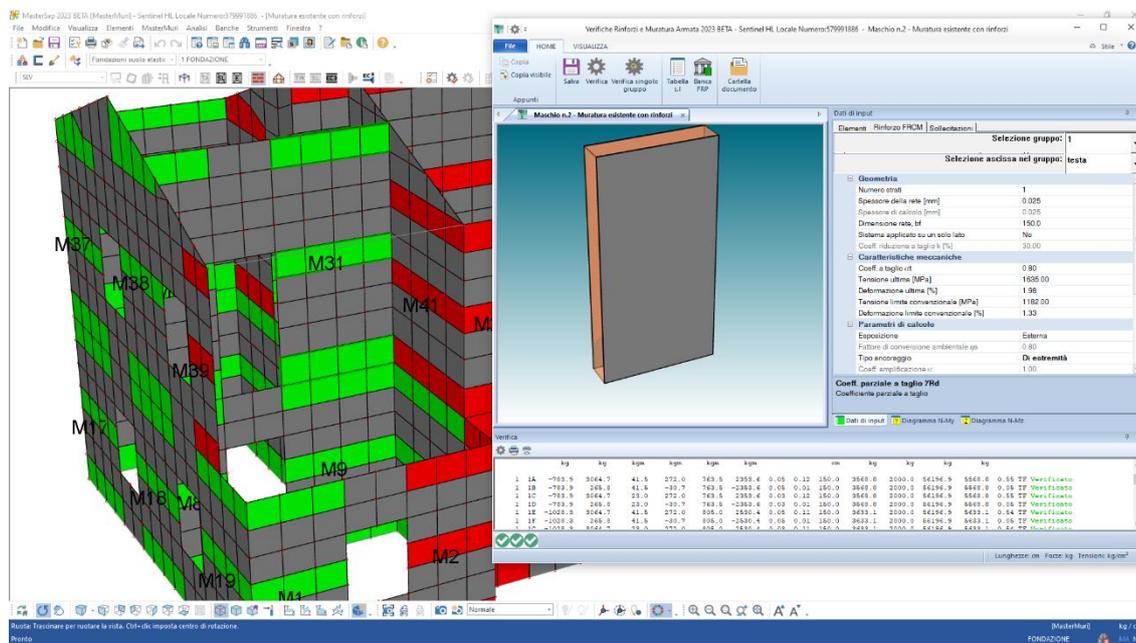


Figura 2 - Verifiche Rinforzi: procedura interattiva in MasterMuri per il rinforzo di un maschio murario con FRCM.

In Verifiche Rinforzi si adottano le indicazioni e i principi di verifica contenuti nel **CNR-DT 215/2018** in cui vengono quindi definiti e illustrati anche i parametri meccanici e geometrici finalizzati alla descrizione del sistema FRCM come rinforzo di un maschio murario.

L'utente, per poter dimensionare un sistema di rinforzo di tipo FRCM applicato a un maschio murario esistente, deve conoscere quali sono i dati necessari e sapere dove vanno inseriti entro l'applicativo. Nella Figura 3 vediamo la scheda di interfaccia dedicata all'input del Rinforzo FRCM. Illustriamo qui di seguito i dati seguendo l'ordine proposto nella scheda.

VERSIONE GRATUITA DEL SOFTWARE AMV

AMV offre una collana software per l'ingegneria che consente di modellare, calcolare, dimensionare, disegnare strutture nuove o esistenti. Il software è disponibile nella versione gratuita con alcune restrizioni, che sicuramente non ne impediscono un'approfondita disamina.

Per **SCARICARE GRATIS** la versione dimostrativa MasterSap Freeware accedere al link della pagina web dedicata <https://www.amv.it/informazioni/demo/richiesta-freeware>

MasterSap Freeware è allineato con la versione in distribuzione, di cui segue gli aggiornamenti periodici con novità di prodotto e miglioramenti. Quindi sempre aggiornata in particolare alle Norme Tecniche vigenti e relativa Circolare.

Utile per esplorare le potenzialità del programma in autonomia dalla modellazione alle verifiche e disegno, rispetto alla versione in distribuzione MasterSap Freeware contiene alcune limitazioni di utilizzo.

La versione freeware di MasterSap contiene anche la procedura Verifiche Rinforzi e Muratura Armata integrata per il dimensionamento degli interventi di rinforzo strutturale su edifici esistenti in muratura e in c.a.



MasterSap per strutture nuove ed esistenti

MASTERSAP FREEWARE

E' GRATIS!

SCARICA



MASTERSAP FREEWARE 200 NODI

The image is a promotional banner for AMV's MasterSap software. It features a dark blue background with a geometric pattern of triangles. On the right, there is a 3D rendering of the software's packaging, which is white and orange. The box is labeled 'MasterSap Software per l'Ingegneria (Analisi, Verifiche e Disegno Strutturale)'. A circular badge next to the box says 'MASTERSAP FREEWARE 200 NODI'. In the top left corner, the AMV Software Company logo is displayed. The main text reads 'MasterSap per strutture nuove ed esistenti' followed by 'MASTERSAP FREEWARE' in large, bold, white letters on an orange background. Below this, it says 'E' GRATIS!' and a button labeled 'SCARICA' (Download).

AMV fornisce **supporto gratuito** ai professionisti che stanno valutando la versione Freeware per approfondire aspetti di carattere sia tecnico che commerciale

Telefono +39 0481 779903

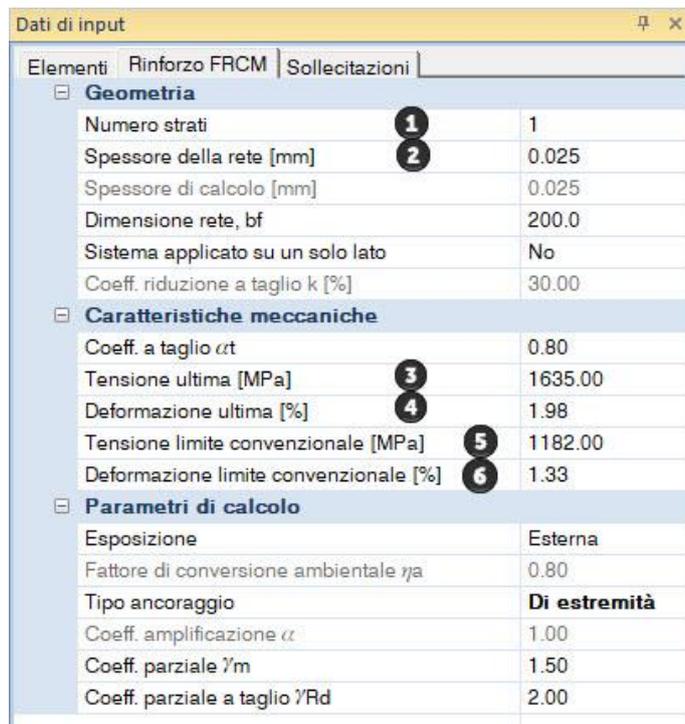
E-mail freeware@amv.it

INPUT in Verifiche Rinforzi di sistemi FRCM di Ruregold

RINFORZO DI UN MASCHIO MURARIO

Come detto, il progettista per dimensionare il sistema FRCM applicato a un maschio murario esistente deve dare in input i dati necessari alla verifica. Nella Figura 3 vediamo la scheda “Dati di input” per il rinforzo FRCM.

Illustriamo qui di seguito i dati seguendo l’ordine proposto nella scheda.



Elementi	Rinforzo FRCM	Sollecitazioni
Geometria		
Numero strati	1	1
Spessore della rete [mm]	2	0.025
Spessore di calcolo [mm]		0.025
Dimensione rete, bf		200.0
Sistema applicato su un solo lato		No
Coeff. riduzione a taglio k [%]		30.00
Caratteristiche meccaniche		
Coeff. a taglio α_t		0.80
Tensione ultima [MPa]	3	1635.00
Deformazione ultima [%]	4	1.98
Tensione limite convenzionale [MPa]	5	1182.00
Deformazione limite convenzionale [%]	6	1.33
Parametri di calcolo		
Esposizione		Esterna
Fattore di conversione ambientale η_a		0.80
Tipo ancoraggio		Di estremità
Coeff. amplificazione α		1.00
Coeff. parziale γ_m		1.50
Coeff. parziale a taglio γ_{Rd}		2.00

Figura 3 - Parametri del sistema FRCM nell’applicativo Verifiche Rinforzi.

Parametri di calcolo

Iniziamo con l’illustrazione dei “Parametri di calcolo”, che sono definiti nel CNR-DT215 e sono di carattere generale.

ESPOSIZIONE

Può essere “interna”, “esterna” o “ambiente aggressivo”, essa definisce il coefficiente di esposizione η_a .

TIPO ANCORAGGIO

Può essere “intermedio”, “meccanico” o “di estremità”, con esso si definiscono i valori di riferimento per la resistenza di calcolo del sistema (tensione e deformazione)

COEFFICIENTE PARZIALE

γ_m coefficiente parziale del materiale pari a 1,5 per gli SLU.

COEFFICIENTE PARZIALE A TAGLIO

γ_{Rd} pari a 2.

Geometria e Caratteristiche meccaniche dei sistemi Ruregold

I sistemi FRCM di **Ruregold** sono:

- PBO-MESH 22/22 (su supporto in laterizio o in tufo)
- C-MESH 84/84 (su supporto in laterizio o in tufo)

Tabella riepilogativa di sintesi:

		PBO-MESH 22/22		C-MESH 84/84	
Numero di strati di tessuto	①	Sistema ad uno strato		Sistema ad uno strato	
Spessore della rete [mm]	②	0,014		0,046	
Supporto		laterizio	tufo	laterizio	tufo
Tensione ultima [MPa]	③	2400		728,02	
Deformazione ultima [%]	④	1,21		0,94	
Tensione limite convenzionale [MPa]	⑤	1662	2467	714	884
Deformazione limite convenzionale [%]	⑥	0,59	0,88	0,3	0,37

Geometria

La Geometria del tessuto è definita dai seguenti dati.

① NUMERO DI STRATI DI TESSUTO

È il numero di “reti” posate entro la matrice. Attenzione, dovendo prevedere la posa di più strati sarà assolutamente necessario prendere visione sia delle indicazioni illustrate nel capitolo dei Dettagli Costruttivi del CNR, sia dalle specifiche voci del Certificato di Validità Tecnica (entrambi i sistemi LATERLITE, ad esempio, non sono certificati per un impiego di più reti in sovrapposizione, si vedano Figura 4 e Figura 5).

② SPESSORE DELLA RETE

Non si tratta dello spessore finito del sistema FRCM, ma di uno spessore equivalente che caratterizza il composito FRCM. Questo parametro è fornito dal produttore ed è indicato nel CVT del sistema. È possibile leggere il dato nella sezione del CVT che illustra le *Caratteristiche del rinforzo interno* (Figura 4 e Figura 5).

DIMENSIONE RETE

La posa del sistema potrebbe non ricoprire l'intera larghezza del maschio murario, si prevede quindi la definizione della larghezza del tessuto assumendo che la posa sia sempre baricentrica.

APPLICAZIONE SU UN SOLO LATO

Il CNR-DT 215 indica che è preferibile applicare il sistema su entrambi i lati del maschio murario, nel caso di applicazione su un solo lato Verifiche Rinforzi considera, in via cautelativa, l'incremento per la sola resistenza a taglio, è possibile però valutare anche l'incremento a pressoflessione con gli applicativi specifici sviluppati da Ruregold disponibili al link <https://ruregold.com/download-ruregold-sofwares/>.

3.2 Caratteristiche del rinforzo interno

Proprietà	Unità di misura	Valore	Metodo di prova Normativa di riferimento
Nome commerciale rinforzo		PBO-MESH 22/22	
Tipo di rete		Rete bidirezionale bilanciata in fibra di PBO	
Grammatura della rete in ordito	g/m ²	22	ISO 11667:1997
Grammatura della rete in trama	g/m ²	22	ISO 11667:1997
Spessore equivalente della rete di rinforzo in trama	mm	0,014 1	LG qualificazione FRCM
Spessore equivalente della rete di rinforzo in ordito	mm	0,014	LG qualificazione FRCM
Densità del materiale costituente la rete di rinforzo	g/cm ³	1,56	
Numero massimo di reti sovrapponibili	-	Il sistema è qualificato per l'impiego ad uno strato 2	
Resistenza a trazione media	MPa	3208	LG qualificazione FRCM
Resistenza a trazione caratteristica	MPa	2479	LG qualificazione FRCM
Modulo elastico medio	GPa	282,047	LG qualificazione FRCM
Deformazione ultima media	%	0,88	LG qualificazione FRCM

Figura 4 - Estratto dal CVT del Sistema FRCM PBO-MESH 22/22 di Laterlite (divisione Ruregold).

6.1 Caratteristiche del rinforzo interno

Proprietà	Unità di misura	Valore	Metodo di prova Normativa di riferimento
Nome commerciale rinforzo		C-MESH 84/84	
Tipo di rete		Rete bidirezionale bilanciata in fibra di carbonio	
Grammatura della rete in ordito	g/m ²	84	ISO 11667:1997
Grammatura della rete in trama	g/m ²	84	ISO 11667:1997
Spessore equivalente della rete di rinforzo in trama	mm	0,046 1	LG qualificazione FRCM
Spessore equivalente della rete di rinforzo in ordito	mm	0,046	LG qualificazione FRCM
Densità del materiale costituente la rete di rinforzo	g/cm ³	1,81	
Numero massimo di reti sovrapponibili	-	Il sistema è qualificato per l'impiego ad uno strato 2	
Resistenza a trazione media	MPa	1494,26	LG qualificazione FRCM
Resistenza a trazione caratteristica	MPa	1029,15	LG qualificazione FRCM
Modulo elastico medio	GPa	239,370	LG qualificazione FRCM
Deformazione ultima media	%	0,43	LG qualificazione FRCM

Figura 5 - Estratto dal CVT del Sistema FRCM C-MESH 84/84 di Laterlite (divisione Ruregold).

Caratteristiche meccaniche

Sono dati che caratterizzano il sistema composito e che vengono forniti nel CNR e nel CVT.

COEFFICIENTE A TAGLIO

È un coefficiente che tiene conto della ridotta resistenza estensionale delle fibre quando sollecitate a taglio, tipicamente posto pari a 0,8 (CNR-DT 215)

3 TENSIONE ULTIMA **4** DEFORMAZIONE ULTIMA **5** TENSIONE LIMITE CONVENZIONALE **6** DEFORMAZIONE LIMITE CONVENZIONALE

Questi parametri sono reperibili nella sezione del CVT che illustra le “Caratteristiche del sistema composito” a seconda del supporto su cui è applicato – si vedano Figura 6, Figura 7, Figura 8 e Figura 9.

3.5.1 Caratteristiche del sistema su supporto in laterizio

Proprietà	Unità di misura	Valore	Metodo di prova Normativa di riferimento
Nome commerciale sistema composito		PBO-MESH 22/22 + MX-PBO MURATURA e connettore PBO JOINT +MX JOINT	
Tipo di supporto		laterizio	
Spessore nominale del sistema	mm	6-10	-
Intervallo temperature di esercizio	°C	-18 ≤ T ≤ +100	-
Tensione limite convenzionale caratteristica	MPa	1662 5	LG qualificazione FRCM
Deformazione limite convenzionale	%	0,59 6	LG qualificazione FRCM
Modulo elastico medio del composito nello stadio A	GPa	3368,863	LG qualificazione FRCM
Tensione ultima caratteristica	MPa	2400 3	LG qualificazione FRCM
Deformazione ultima media	%	1,21 4	LG qualificazione FRCM
Lunghetta minima di ancoraggio	mm	150	LG qualificazione FRCM

Figura 6 - Estratto dal CVT del Sistema FRCM PBO-MESH 22/22 di Laterlite su supporto in laterizio.

3.5.2 Caratteristiche del sistema su supporto in tufo

Proprietà	Unità di misura	Valore	Metodo di prova Normativa di riferimento
Nome commerciale sistema composito		PBO-MESH 22/22 + MX-PBO MURATURA e connettore PBO JOINT +MX JOINT	
Tipo di supporto		tufo	
Spessore nominale del sistema	mm	6-10	-
Intervallo temperature di esercizio	°C	-18 ≤ T ≤ +100	-
Tensione limite convenzionale caratteristica	MPa	2467 5	LG qualificazione FRCM
Deformazione limite convenzionale	%	0,88 6	LG qualificazione FRCM
Modulo elastico medio del composito nello stadio A	GPa	3368,863	LG qualificazione FRCM
Tensione ultima caratteristica	MPa	2400 3	LG qualificazione FRCM
Deformazione ultima media	%	1,21 4	LG qualificazione FRCM
Lunghetta minima di ancoraggio	mm	150	LG qualificazione FRCM

Figura 7 - Estratto dal CVT del Sistema FRCM PBO-MESH 22/22 di Laterlite su supporto in tufo.

6.2.1 Caratteristiche del sistema su supporto in laterizio

Proprietà	Unità di misura	Valore	Metodo di prova Normativa di riferimento
Nome commerciale sistema composito		C-MESH 84/84 + MX-C 25 MURATURA e connettore C JOINT +MX JOINT	
Tipo di supporto		Laterizio	
Spessore nominale del sistema	mm	6-10	-
Intervallo temperature di esercizio	°C	$-18 \leq T \leq +100$	-
Tensione limite convenzionale caratteristica	MPa	714,01 5	LG qualificazione FRCM
Deformazione limite convenzionale	%	0,3 6	LG qualificazione FRCM
Modulo elastico medio del composito nello stadio A	GPa	458,69	LG qualificazione FRCM
Tensione ultima caratteristica	MPa	728,02 3	LG qualificazione FRCM
Deformazione ultima media	%	0,94 4	LG qualificazione FRCM
Lunghezza minima di ancoraggio	mm	150	LG qualificazione FRM

Figura 8 - Estratto dal CVT del Sistema FRCM C-MESH 84/84 di Laterlite su supporto in laterizio.

6.2.2 Caratteristiche del sistema su supporto in tufo

Proprietà	Unità di misura	Valore	Metodo di prova Normativa di riferimento
Nome commerciale sistema composito		C-MESH 84/84 + MX-C 25 MURATURA e connettore C JOINT +MX JOINT	
Tipo di supporto		Tufo	
Spessore nominale del sistema	mm	6-10	-
Intervallo temperature di esercizio	°C	$-18 \leq T \leq +100$	-
Tensione limite convenzionale caratteristica	MPa	884,40 5	LG qualificazione FRCM
Deformazione limite convenzionale	%	0,37 6	LG qualificazione FRCM
Modulo elastico medio del composito nello stadio A	GPa	458,690	LG qualificazione FRCM
Tensione ultima caratteristica	MPa	728,02 3	LG qualificazione FRCM
Deformazione ultima media	%	0,94 4	LG qualificazione FRCM
Lunghezza minima di ancoraggio	mm	150	LG qualificazione FRM

Figura 9 - Estratto dal CVT del Sistema FRCM C-MESH 84/84 di Laterlite su supporto in tufo.



Laterlite



Laterlite S.p.A. si configura come semplice partner di AMV per la fornitura dei soli parametri di calcolo dei propri sistemi FRCM.