

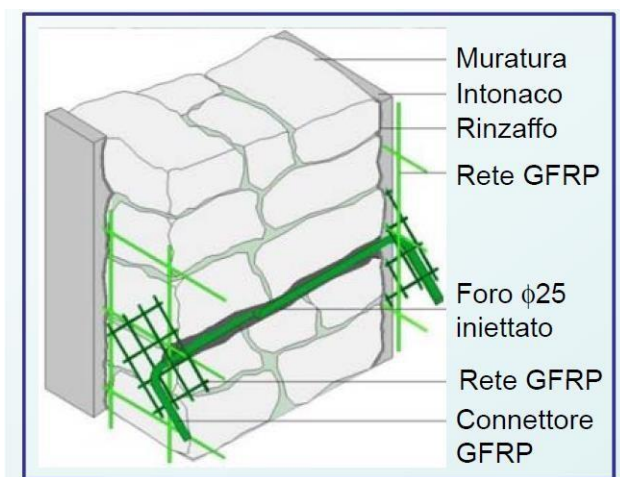
La tecnica CRM - Composite Reinforced Mortar

Ing. Allen Dudine - Fibre Net SpA

In Italia l'utilizzo dei **materiali innovativi per il rinforzo strutturale** di edifici e strutture esistenti si sta sempre più diffondendo; tuttavia, la conoscenza puntuale di tutte le tecniche applicative, spesso citate per acronimo, non è sempre scontata. È il caso dell'FRP (Fiber Reinforced Polymer), tecnica di rinforzo attraverso l'applicazione di tessuti e lamine in fibra di vetro, carbonio e aramide attraverso resine termoindurenti; dell'FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix), che prevede l'utilizzo di tessuti o reti in fibre di varia natura applicate attraverso matrici inorganiche (malte); del CRM (Composite Reinforced Mortar), tecnica di intervento attraverso rinforzi a base fibrosa preformati e malte inorganiche su cui ci concentreremo in questo breve articolo.

Quando si parla di **CRM** si intende la tecnica **Composite Reinforced Mortar** (Malta Rinforzata con materiale Composito), tecnica riconducibile a quella del tradizionale **intonaco armato** su murature esistenti, che prevede l'utilizzo di un'armatura di rinforzo costituita da **reti ed angolari preformati in fibre di vetro (GFRP) o carbonio (CFRP)** annegati in una **malta strutturale a base di calce o cementizia**. La tecnica prevede che reti e angolari debbano essere collegati attraverso **connettori in composito preformati** o anche **semi impregnati** e solidarizzati agli elementi della muratura attraverso ancoranti chimici.

L'intonaco, realizzato con malte a matrice inorganica e applicato per uno spessore minimo di 30 mm, ingloba totalmente il rinforzo e agisce sulla trasmissione degli sforzi tra la muratura preesistente e l'armatura.



Fibre Net SpA

Via Jacopo Stellini, 3 - 33050 Z.I.U. Pavia di Udine(Ud)- Italy
T. +39.0432.600918 F. +39.0432.526199 - info@fibrenet.info
C.F. e P.IVA 02212620302 www.fibrenet.it



Nel caso di rinforzo di murature, è raccomandato che l'intervento sia realizzato su entrambi i lati del paramento murario; la connessione dei due intonaci rinforzati, ottenuta applicando degli elementi a "L" in FRP disposti secondo uno schema a quinconce, garantisce un ottimo comportamento della parete anche in presenza di paramenti scollegati o murature a sacco. Viene infatti incrementata la resistenza al taglio nel piano quella a flessione senza per altro andare a incrementare le rigidità del pannello murario.

La tecnica di rinforzo CRM trova impiego su ogni tipo di muratura, sia esso in pietra, in laterizio o in blocchi, come anche su volte ed orizzontamenti.

Perché e quando utilizzare la tecnica CRM?

L'impiego della tecnica CRM consente di ottenere un rinforzo omogeneo e diffuso di murature esistenti di diversa tipologia e caratteristiche, fornendo miglioramenti consistenti in termini di performance meccaniche sul piano e fuori piano, garantendo duttilità della struttura, durabilità e compatibilità anche con murature storiche.

Rispetto ad altre tecniche, come l'FRCM che prevede l'uso di reti di rinforzo abbinate a malte polimeriche a bassissimo spessore che ne garantiscono l'adesione e la trasmissione degli sforzi senza l'obbligatorio utilizzo di connettori trasversali, il CRM risulta una tecnica ancor più efficace nel caso di murature a più paramenti o a sacco scarsamente collegate e quindi a forte rischio di disgregazione in caso di eventi sismici.

Diversamente dal betoncino armato tradizionale che prevede l'utilizzo di malte cementizie abbinate a reti elettrosaldate, l'impiego di intonaci a calce a basso modulo elastico ed elevata traspirabilità e compatibilità rinforzati per mezzo di armature non aggredibili chimicamente, rappresenta una soluzione di interesse per l'ambito dell'edilizia tutelata.

Fibre Net SpA

Via Jacopo Stellini, 3 - 33050 Z.I.U. Pavia di Udine(Ud)- Italy
T. +39.0432.600918 F. +39.0432.526199 - info@fibrenet.info
C.F. e P.IVA 02212620302 www.fibrenet.it



È quindi corretto ritenere che la diffusione del CRM nell'ultimo decennio, soprattutto in un contesto quale quello nazionale, sia legata tanto al rispetto del patrimonio costruito quanto a tematiche inerenti la sicurezza e la sismica.

In presenza di azioni telluriche, infatti, la resistenza a taglio delle pareti in muratura è spesso alquanto limitata; inoltre la capacità resistente al sisma è intrinsecamente collegata al collasso per taglio dei maschi murari e delle fasce di piano. L'azione orizzontale può causare collassi parziali dovuti all'attivazione di vari meccanismi fuori piano riguardanti il movimento rigido di elementi in muratura.

L'azione fuori piano può essere considerevolmente ridotta attraverso un'efficace connessione con solai rigidi nel proprio piano, in modo tale che sia possibile garantire l'integrità strutturale dell'edificio ed evitare che la formazione di meccanismi di tipo locale possa anticipare il collasso della struttura.

Campagne sperimentali ed elaborazione dei dati ottenuti

L'efficacia della tecnica di rinforzo strutturale CRM è avvalorata dalle diverse campagne sperimentali, condotte da numerosi Atenei Italiani, volte a verificare il comportamento delle murature attraverso prove di compressione diagonale, taglio-compressione, compressione semplice e flessione-fuori piano su campioni rinforzati con reti e connettori in GFRP e malte a basse caratteristiche meccaniche.

I risultati evidenziano un significativo aumento della resistenza di picco nei campioni rinforzati rispetto a quelli non rinforzati. Nei campioni non rinforzati dopo il picco si ha un brusco calo della resistenza fino a valori molto modesti. Nei campioni rinforzati, invece, si ha un ramo decrescente con valori di resistenza significativi fino a deformazioni elevate. A differenza di quanto accade per la muratura non rinforzata, dopo il picco la struttura trattata con CRM conserva, una capacità dissipativa importante.

In caso di evento sismico, quindi, l'ottimo comportamento fuori piano della muratura rinforzata impedisce il collasso prematuro della parete e permette alla stessa di resistere efficacemente nel proprio piano, garantendo una elevata dissipazione di energia.

Fibre Net SpA

Via Jacopo Stellini, 3 - 33050 Z.I.U. Pavia di Udine(Ud)- Italy
T. +39.0432.600918 F. +39.0432.526199 - info@fibrenet.info
C.F. e P.IVA 02212620302 www.fibrenet.it

La tecnica di rinforzo CRM prevede l'utilizzo di elementi e materiali la cui scelta scaturisce da un lavoro di ricerca mirato a determinare il miglior comportamento sia in termini di efficacia che di semplicità operativa.

Sulla base dell'ampia campagna sperimentale condotta su campioni di muratura di vario tipo, in seguito all'analisi dei risultati sperimentali, a considerazioni teoriche e tenendo conto delle disposizioni riportate in normativa, sono state formulate delle relazioni semplificate che consentono di progettare e calcolare il rinforzo.

PROVE SPERIMENTALI

Prove di compressione diagonale

Determinazione resistenza a trazione (e, quindi, a taglio)



Prove di taglio-compressione

Verifica comportamento elementi soggetti a compressione e taglio

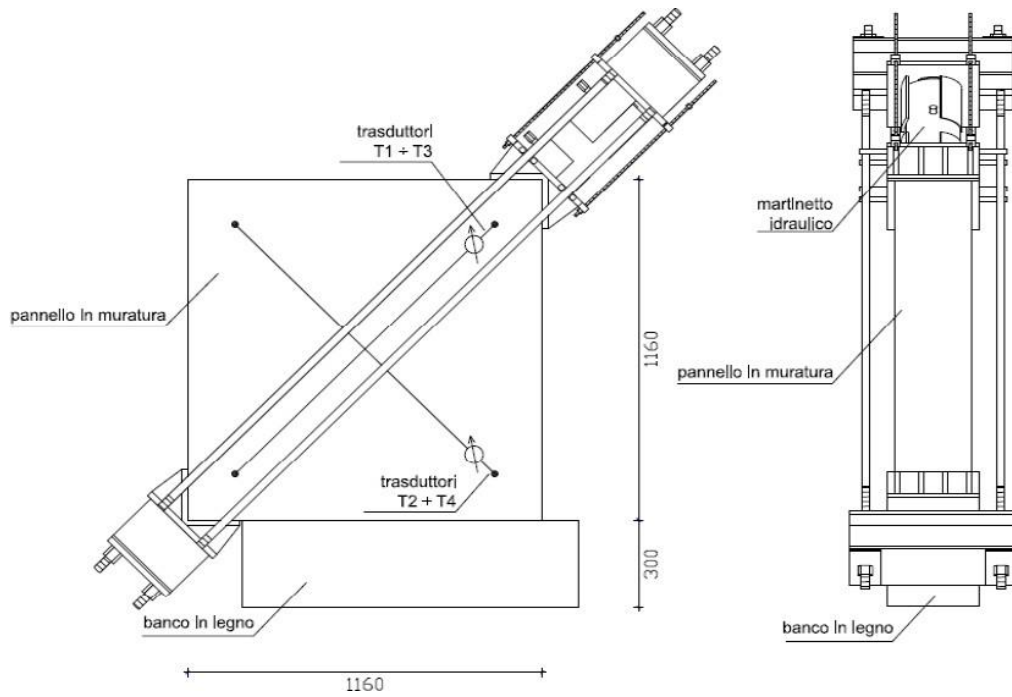


Prove di flessione fuori piano

Determinazione comportamento per azioni fuori piano

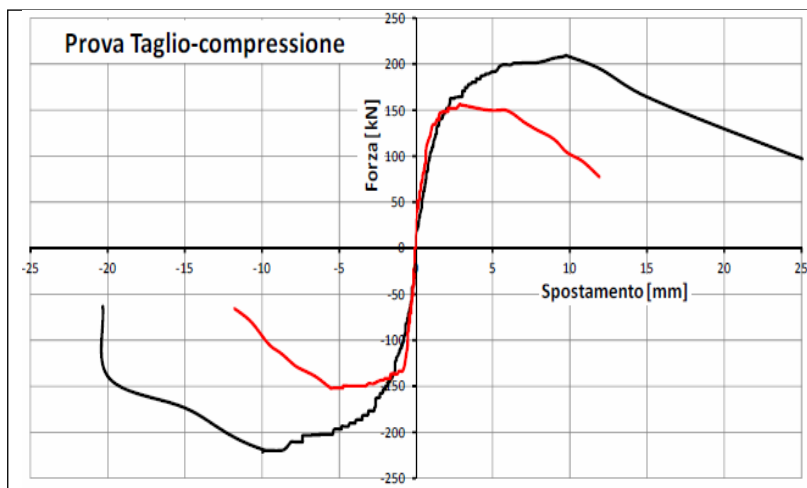


Nel caso di azioni nel piano risulta quindi possibile stimare la resistenza a taglio e la rigidità equivalente della muratura rinforzata.



Fibre Net SpA

Via Jacopo Stellini, 3 - 33050 Z.I.U. Pavia di Udine(Ud)- Italy
T. +39.0432.600918 F. +39.0432.526199 - info@fibrenet.info
C.F. e P.IVA 02212620302 www.fibrenet.it



PROVE A TAGLIO - COMPRESSIONE
(Lab. DICAR - Università degli Studi di Trieste)

Confronto tra il campione **non rinforzato** (rosso) e quello **rinforzato** con intonaco e rete in GFRP (nero);

- Azione assiale applicata pari a circa 0.8 MPa;
- Incremento in termini di resistenza e duttilità.

Fig. Prove di Compressione Diagonale e di Taglio - Compressione su campioni di muratura rinforzata con la tecnica CRM ed in assenza di rinforzo

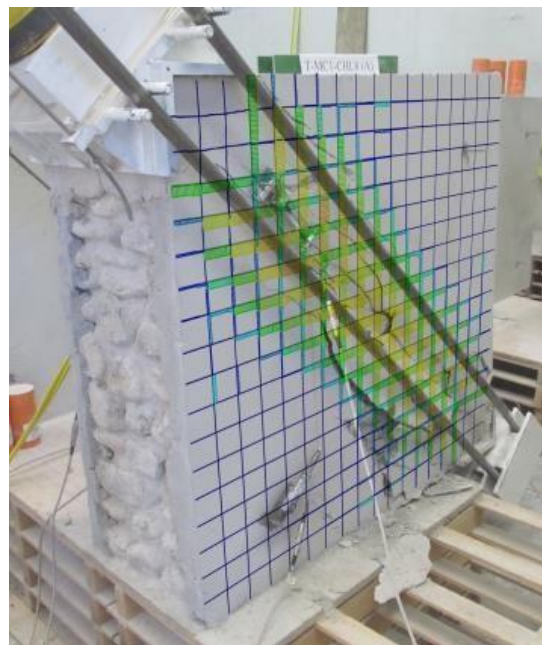
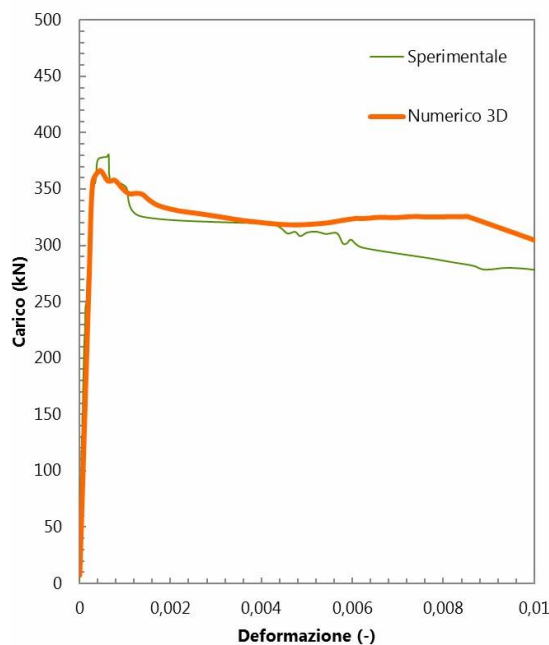


Fig. Confronto tra i risultati ottenuti da prove sperimentali e da simulazioni numeriche - Prove di compressione diagonale su pannelli in ciottoli. Definizione dei parametri da utilizzare per future analisi numeriche semplificate

Fibre Net SpA

Via Jacopo Stellini, 3 - 33050 Z.I.U. Pavia di Udine(Ud)- Italy
T. +39.0432.600918 F. +39.0432.526199 - info@fibrenet.info
C.F. e P.IVA 02212620302 www.fibrenet.it

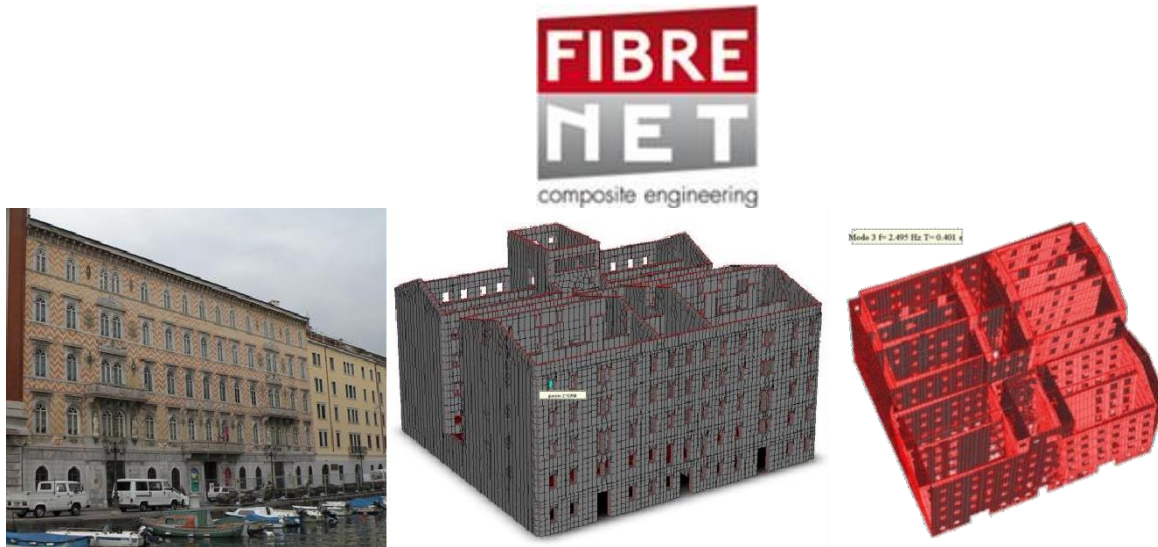


Fig. Fasi del progetto di consolidamento dell'edificio: da analisi in situ alla modellazione ad elementi finiti dell'edificio (diversi livelli di definizione / accuratezza della risposta sismica dello stesso).

Modellazione, progettazione e calcolo

Per modellare il sistema di rinforzo basato su tecnica CRM in un software di calcolo, è necessario distinguere due modalità di schematizzazione della muratura in base al fatto che si consideri il comportamento del pannello murario nel piano e nel fuori piano. Una volta definita la tipologia di intervento di rinforzo, ovvero tipologia di malta, tipologia di rete e numero di connessioni, è necessario valutare la condizione di sezione rinforzata.

Va posta particolare attenzione alla geometria, intendendo spessore, sezione, area, e quindi rigidità. Per studiare il comportamento del pannello in muratura rinforzata nel piano è sufficiente, applicando la sovrapposizione degli effetti, sommare il contributo in termini di rigidità e di resistenza del rinforzo e della muratura in modo tale da ottenere un "nuovo materiale" con delle caratteristiche meccaniche ben definite.

Per valutare il comportamento fuori piano della muratura rinforzata è necessario ricalcolare la rigidità equivalente $(EJ)_{eq}$, così come il peso per unità di altezza $(\mu A)_{eq}$ della sezione omogeneizzata, in seguito all'applicazione di rinforzo. La metodologia di calcolo è la medesima che si applica per le sezioni in cemento armato (metodo n o della sezione omogeneizzata). Come conseguenza della variazione di queste grandezze, si otterrà un valore diverso del periodo proprio di vibrare dell'elemento, e quindi dell'azione sismica.