

## TASSULLO PRESENTA IL NUOVO SISTEMA DI CONNESSIONE ARMIS ALL-IN-ONE, TESTATO DALL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

### ABSTRACT

*Il sistema ARMIS ALL-IN-ONE, sviluppato con l'obiettivo di superare nuove sfide strutturali massimizzando anche l'efficienza delle operazioni di cantiere, è stato validato da un programma sperimentale con prove in varia scala.*

di Ermes Rizzi, Tassullo

### INTRODUZIONE

Nel contesto del rinforzo di murature esistenti hanno di recente preso piede sul mercato le tecniche denominate CRM (acronimo di Composite Reinforced Mortar [1]) e FRCM (acronimo di Fiber-Reinforced Cementitious Matrix [2]). Nonostante si tratti di tipologie di intervento nettamente divise dal punto di vista normativo, entrambe consistono nel placcaggio degli elementi strutturali mediante l'applicazione di uno strato di malta rinforzato con una rete in materiale composito e differiscono tra loro per le limitazioni in termini di spessore del placcaggio e geometria della rete. In entrambi i casi, la solidarizzazione del rinforzo alla muratura è garantita dall'adesione della malta al supporto e dall'utilizzo di sistemi di connessione realizzati mediante elementi in FRP inghiessati alla muratura grazie a specifici ancoranti. Nell'ambito dei sistemi di connessione da utilizzare in abbinamento ai sistemi CRM e FRCM, Tassullo ha recentemente introdotto sul mercato **ARMIS ALL-IN-ONE, sistema di connessione strutturale rivoluzionario** presentato in modo dettagliato nel [dossier 20/2024](#) di Ingenio.

Il sistema, marcato CE sulla base di ETA rilasciato in accordo all'EAD 340392-00-0104 [3], è stato sviluppato dal team di ingegneri specializzati di Tassullo e dal suo Istituto Interno di Ricerca e Sviluppo. L'obiettivo del progetto è stato quello di proporre un sistema di connessione innovativo, in grado di massimizzare le prestazioni meccaniche dei sistemi di rinforzo, la facilità di applicazione e l'efficienza delle operazioni di cantiere.

ARMIS ALL-IN-ONE si presenta sul mercato come alternativa ai sistemi di connessione tradizionali che, a seconda della tipologia di applicazione, hanno punti di forza importanti affiancati da altrettanto significative limitazioni. Il concept di un connettore da assemblare in cantiere richiede la verifica di aspetti che, per le tipologie di connessione tradizionale vengono erroneamente trascurate poiché si tratta di connettori monolitici. Per questo motivo Tassullo ha condotto, **in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica dell'Università degli Studi di Trento**, una campagna sperimentale volta alla valutazione e alla validazione del comportamento del sistema ARMIS ALL-IN-ONE all'interno del suo campo di utilizzo e in condizioni il più possibile rappresentative di situazioni reali.

La sperimentazione è stata condotta sul sistema **ARMIS ALL-IN-ONE in abbinamento al sistema CRM RESTAURO**. La combinazione di sistemi selezionata, rappresenta al massimo le qualità che distinguono la proposta tecnica Tassullo, perché:

- il sistema di connessione ARMIS ALL-IN-ONE è un'importante innovazione sul mercato e, nella variante con ancorante di Calce Idraulica Naturale NHL 5 ARMIS BFLUID CONNECT, permette di massimizzare la compatibilità dell'intervento con le murature storiche, in contrapposizione al molto diffuso utilizzo di resine polimeriche
- il sistema CRM RESTAURO è ad oggi l'unico presente sul mercato dotato di marcatura CE per uso strutturale e realizzato con malta di sola Calce Idraulica Naturale NHL 5 e rete morbida.

La campagna sperimentale ha riguardato la valutazione dell'efficacia dei sistemi di rinforzo sulla resistenza meccanica della muratura mediante prove di compressione diagonale, seguite da prove di taglio-compressione condotte su provini in scala reale. I provini sono stati testati in diverse configurazioni, considerando la sola muratura in condizione non rinforzata, la muratura rinforzata su **singolo paramento** e la muratura con rinforzo su **doppio paramento**.

## IL PROGRAMMA SPERIMENTALE

Il programma sperimentale ha valutato l'efficacia del sistema CRM RESTAURO con malta di sola Calce Idraulica Naturale NHL 5 [6] della linea Rinforzi Strutturali TASSULLO, applicato su murature in laterizio con sistema di connessione ARMIS ALL-IN-ONE. La sperimentazione è stata svolta mediante **prove di compressione diagonale** condotte in accordo alla Norma ASTM E519-15 [7], seguite da **test in scala reale** su pareti di altezza 2 metri caratterizzate da diversi rapporti di forma al fine di valutare l'efficacia del sistema su elementi di diversa snellezza. Nello specifico sono state testate pareti tozze con lunghezza pari a 2 m (rapporto di forma  $l/h = 1$ ) e pareti snelle di lunghezza pari ad 1.4 m (rapporto di forma  $l/h = 0.7$ ). Sia nel caso delle prove di compressione diagonale che per le prove in scala reale i campioni sono stati testati in tre diverse configurazioni:

- URM - Non rinforzata;
- RM1 - Rinforzata con sistema CRM RESTAURO + ARMIS ALL-IN-ONE applicato su singolo paramento (configurazione asimmetrica);
- RM2 - Rinforzata con sistema CRM RESTAURO + ARMIS ALL-IN-ONE applicato su doppio paramento (configurazione simmetrica);

## I MATERIALI

La muratura selezionata per la campagna di prova è di tipo **a due teste in mattoni pieni** tipo UNI di spessore complessivo pari a 25 cm, costruita con malta di allettamento a prestazione garantita di classe di resistenza M 2.5 in accordo alla Norma EN 998-2 [8]. L'effettiva resistenza a compressione dei blocchi è stata valutata sperimentalmente secondo la procedura definita dalla Norma EN 772-1 [9] (Figura 2-a), mentre le resistenze a flessione e a compressione della malta sono state valutate a 28 giorni di maturazione in accordo alla Norma EN 1015-11 [10] (Figura 2-b). Per i mattoni in laterizio è stata misurata una resistenza a compressione media di 23.9 MPa ( $CoV = 0.1$ ), mentre le resistenze a flessione e a compressione della malta sono risultate pari a, rispettivamente, 1.6 MPa ( $CoV = 0.18$ ) e 5.0 MPa ( $CoV = 0.1$ ).

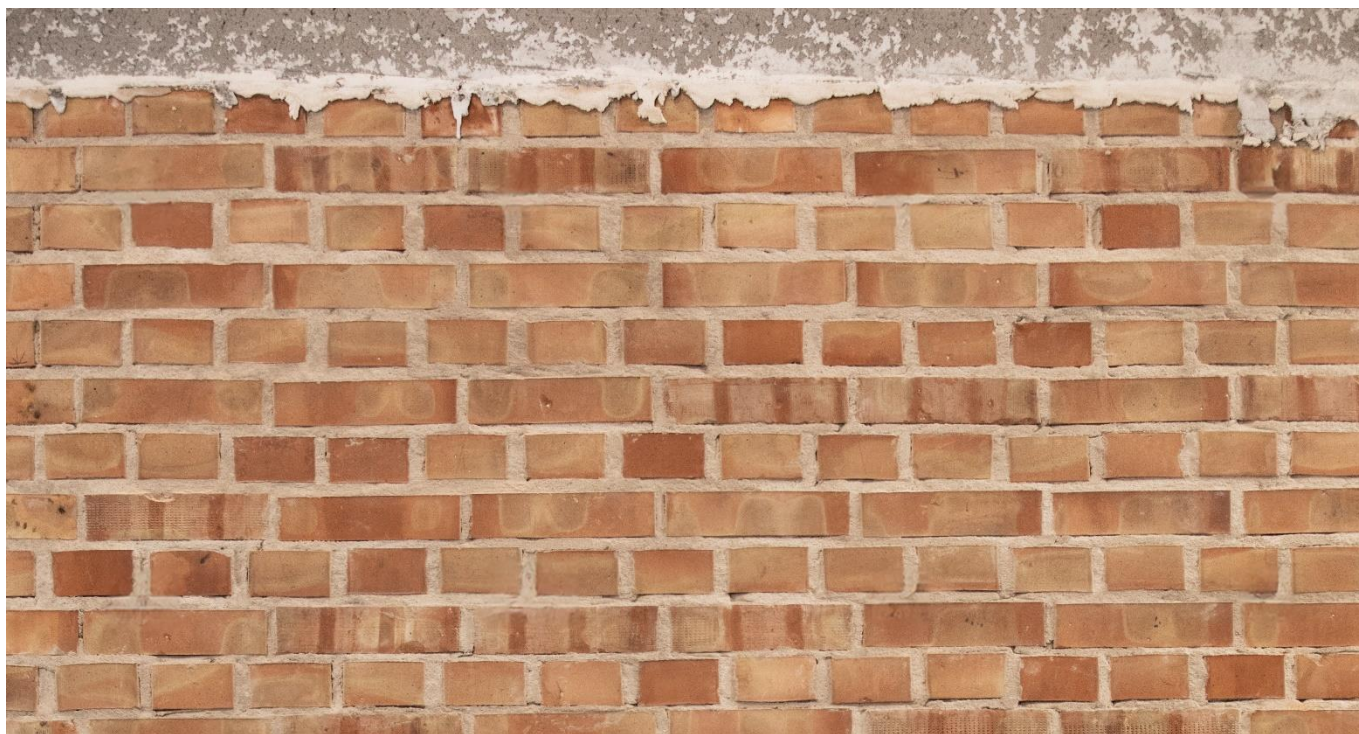


Figura 1. Muratura in laterizio a due teste: tessitura muraria

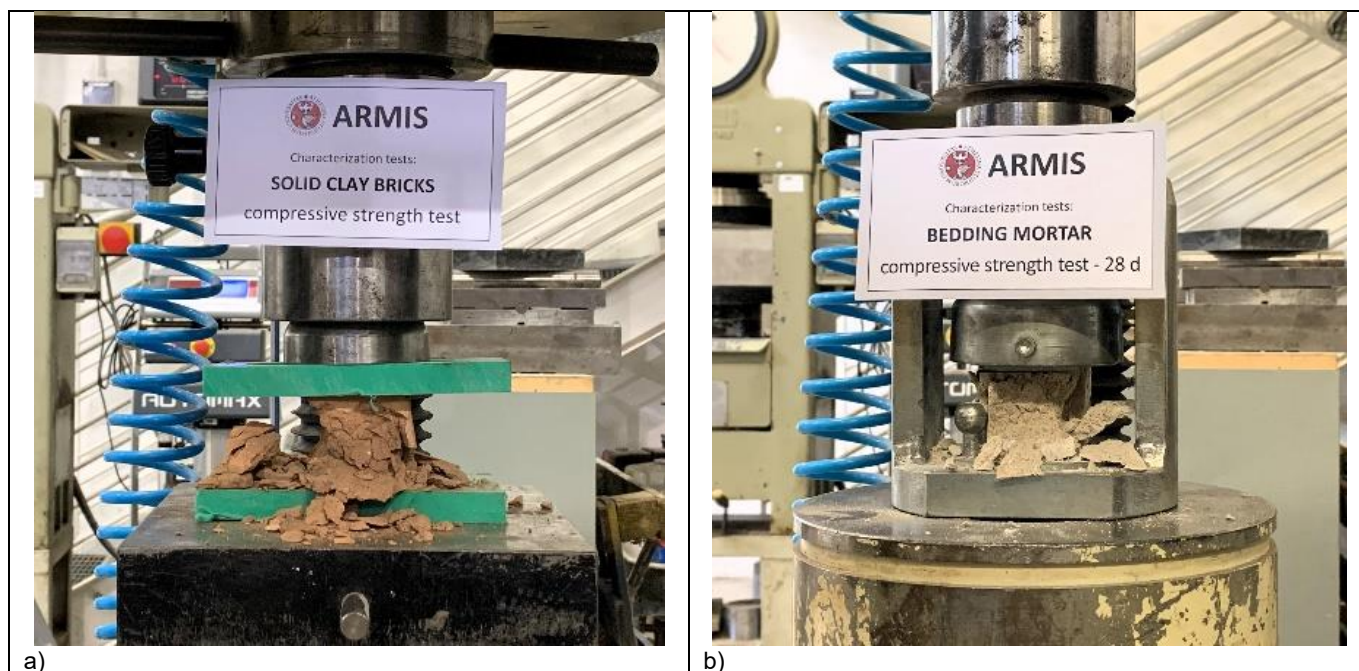
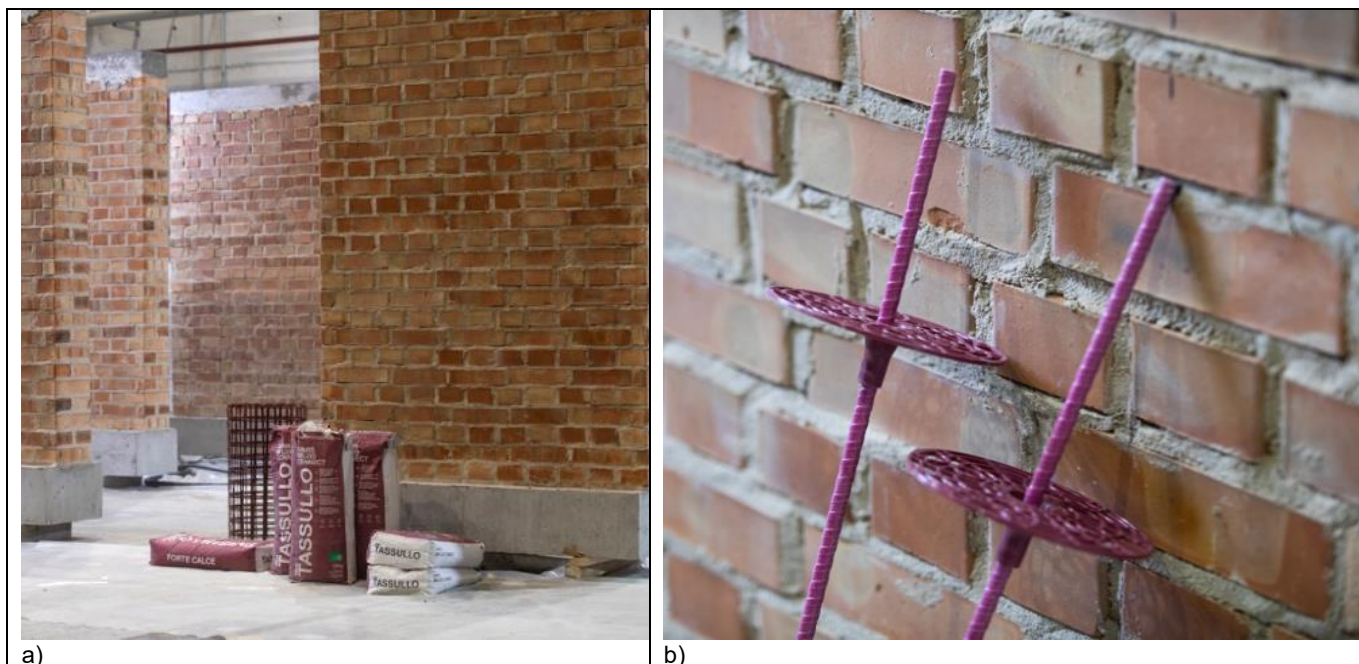


Figura 1. Valutazione delle proprietà meccaniche dei materiali costituenti la muratura: a. Prova di compressione dei mattoni secondo EN 772-1; b. Prova di compressione sulla malta secondo EN 1015-11.

Le **configurazioni rinforzate** sono state ottenute mediante l'applicazione del sistema CRM RESTAURO per uno spessore complessivo pari a 30 mm (30 mm per paramento nel caso di applicazione su doppio paramento). Per la connessione del rinforzo al supporto è stato posto in opera il **sistema ARMIS ALL-IN-ONE** nella variante con ancorante in calce idraulica naturale NHL 5 ARMIS BFLUID CONNECT.

- FORTE CALCE M10, malta strutturale di calce idraulica naturale NHL 5 per rinforzi strutturali;

- ARMIS VETROAR 50×50, rete strutturale bidirezionale in fibra di vetro alcalino resistente con maglia 50×50mm<sup>2</sup>;
- ARMIS ALL-IN-ONE, sistema di connessione strutturale composto da:
  - ARMIS STRONG BAR, barra in fibra di vetro alcalino resistente ad aderenza migliorata;
  - ARMIS STRONG BLOCK, flangia in polipropilene e fibra di vetro;
  - RESINA VE, resina bicomponente vinilestere senza stirene (utilizzata per solidarizzare i componenti di ARMIS ALL-IN-ONE);
  - ARMIS BFLUID CONNECT, miscela di calce idraulica naturale NHL 5 per il fissaggio di connettori (utilizzato per l'inghisaggio dei connettori alla muratura).



**Figura 3.** Prove sperimentali, materiali utilizzati: a) Malte e reti; b) Componenti del sistema ARMIS ALL-IN-ONE

Nel caso di applicazione su singolo paramento sono state realizzate connessioni di profondità pari a 18 cm, valore **corrispondente a 0.7 volte lo spessore** della muratura.

I sistemi di rinforzo sono stati applicati seguendo la **procedura indicata nella documentazione tecnica** scaricabile su [tassullo.it](http://tassullo.it), ovvero:

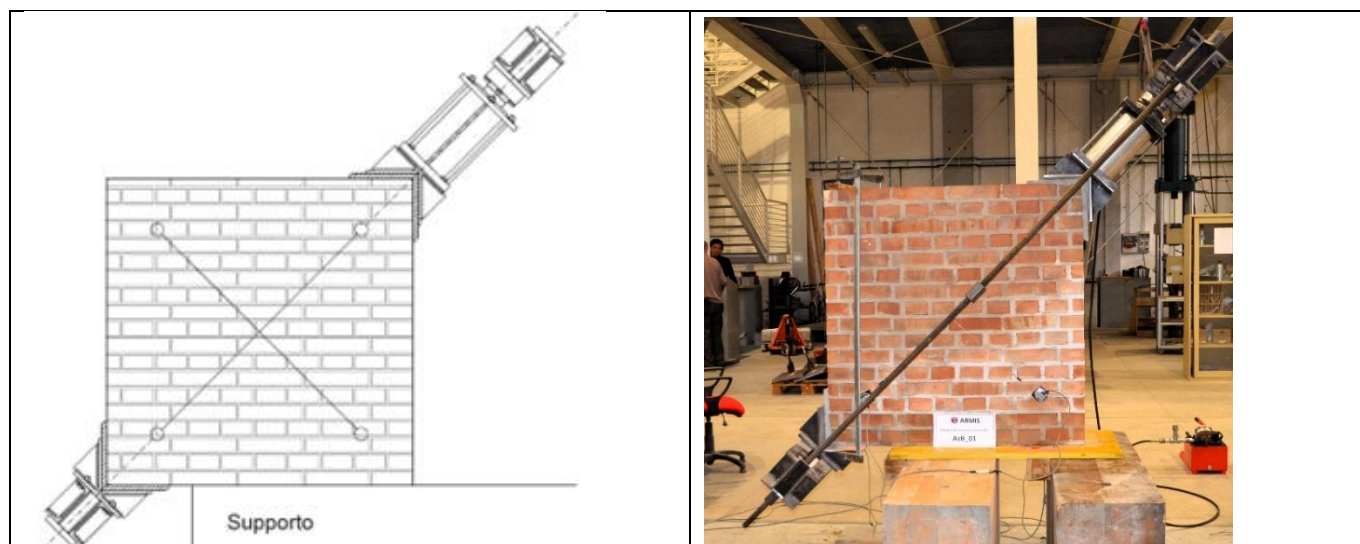
1. Realizzazione dei fori per l'alloggiamento dei connettori e successiva pulizia e bagnatura delle superfici di applicazione e dei fori stessi;
2. Taglio di ARMIS STRONG BAR in segmenti di lunghezza idonea alla profondità di connessione prevista e posizionamento degli stessi entro i fori di alloggiamento con funzione di marcaforo;
3. Applicazione del primo strato di malta strutturale FORTE CALCE M 10 per uno spessore pari alla metà dello spessore complessivo del rinforzo (**Figura 4-a**), rimozione dei segmenti di ARMIS STRONG BAR dai fori di alloggiamento e posizionamento della rete ARMIS VETROAR 50×50 inglobandola nel primo strato di malta strutturale ancora fresca (**Figura 4-b**);
4. Iniezione di ARMIS BFLUID CONNECT- ancorante di calce idraulica naturale NHL 5, entro i fori di alloggiamento dei connettori, e inserimento del connettore ARMIS ALL-IN-ONE pre-assemblato a secco (**Figura 4-c**), sfruttando le apposite alette di tenuta (**Figura 4-d**);
5. Fissaggio definitivo di ARMIS STRONG BAR e ARMIS STRONG BLOCK mediante l'applicazione di RESINA VE utilizzando l'apposito diffusore;
6. Applicazione del secondo strato di FORTE CALCE M10 fino al completamento dello spessore complessivo del rinforzo (**Figura 4-e**) e successiva staggatura superficiale (**Figura 4-f**).



**Figura 2.** Fasi applicative del sistema CRM RESTAURO con sistema di connessione ARMIS ALL-IN-ONE: a) Applicazione primo strato di malta strutturale FORTE CALCE M10; b) Posa della rete ARMIS VETROAR 50×50; c) Pre-assemblaggio dei connettori ARMIS ALL-IN-ONE d) Connettori posati sulla parete; e) Applicazione secondo strato di malta strutturale FORTE CALCE M10; f) Staggiatura delle superfici.

## LE PROVE DI COMPRESSIONE DIAGONALE

Le prove di compressione diagonale, condotte secondo la Norma ASTM E519-15 [7], sono svolte su pannelli murari di dimensioni  $1.2 \times 1.2 \text{ m}^2$  **sottoposti ad una forza di compressione diretta lungo una diagonale e permettono di stimare la resistenza a taglio della muratura**. I sistemi CRM sono stati applicati ai campioni usando 5 connettori per provino: uno al centro della parete e uno ad ogni angolo, ad almeno 20 cm dai bordi (schema corrispondente a circa 3,2 connettori/m<sup>2</sup>). La forza di compressione diagonale è stata applicata mediante **una serie di semi-cicli in controllo di forza, di ampiezza via via crescente, secondo incrementi di 25 kN fino alla rottura del provino**, avvenuta in tutti i casi per fessurazione diagonale. Il setup di prova auto-equilibrato si compone di un martinetto idraulico con annessa cella di carico e di una coppia di travi e scarpe di ripartizione del carico, interconnesse mediante barre in acciaio ad alta resistenza (vedi **Figura 5**). Per monitorare l'avanzamento della prova in termini di deformazione lungo le diagonali è stata posizionata una coppia di potenziometri a filo disposti lungo le diagonali, su ciascuna faccia del provino.



**Figura 5.** Prove di compressione diagonale secondo ASTM E519-15: a) Schema del setup di prova; b) Vista del setup di prova.

I **risultati medi** ottenuti per ciascuna delle configurazioni testate sono riassunti nella **Tabella 1**, dove  $F_{max}$  è il valore massimo della forza di compressione diagonale registrato durante la prova,  $s_s$  è lo sforzo di taglio corrispondente valutato in accordo alla Norma ASTM E519-15 [7],  $r_s$  è il valore percentuale dell'incremento della capacità a taglio valutato secondo la generica equazione (1), dove  $X$  è la proprietà valutata per la configurazione in esame e  $X_{AB}$  è la medesima proprietà valutata per la configurazione non rinforzata.

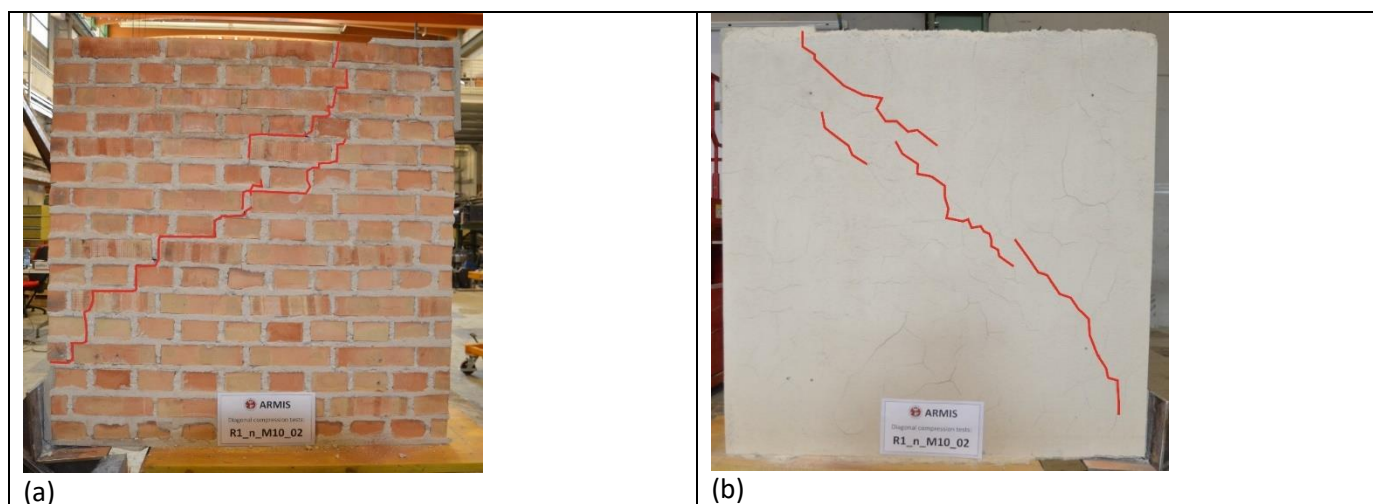
$$r_x = 100 \cdot \frac{X - X_{AB}}{X_{AB}} \quad (1)$$

Dove  $X$  è la resistenza a taglio valutata per la configurazione in esame e  $X_{AB}$  è la resistenza a taglio della configurazione non rinforzata. Per ciascuna configurazione sono stati testati quattro campioni nominalmente identici.

Dai confronti emerge l'efficacia del sistema anche nel caso di applicazione su **singolo paramento**, con un **incremento della capacità a taglio medio del 74%**. L'applicazione del rinforzo su **doppio paramento** porta invece ad incrementi **ancora più significativi che raggiungono in media il 164%**. Nonostante gli elevati valori di deformazione e di ampiezza delle fessure registrati al termine delle sequenze di prova, in **nessun caso si sono riscontrati fenomeni di distacco del rinforzo dal supporto**.

**Tabella 1.** Prove di compressione diagonale secondo ASTM E519-15 [7], confronto dei risultati medi in termini di resistenza a taglio.

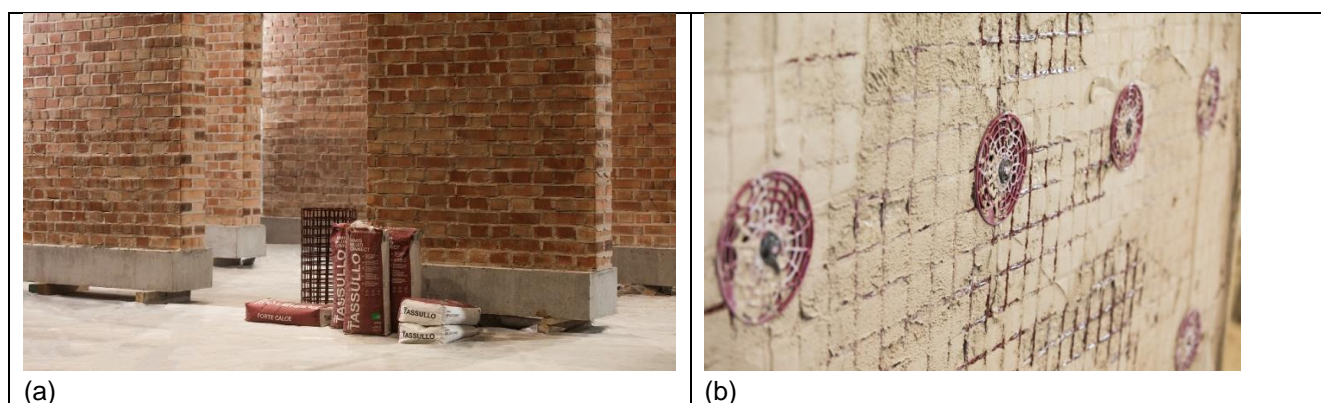
Configurazione	ID	$F_{max}$	$s_s$	$r_s$
		[kN]	[MPa]	[--]
Non rinforzato	AB	114	0.27	1
Rinforzo singolo paramento	RM1	198	0.47	1.74
Rinforzo doppio paramento	RM2	301	0.71	2.64



**Figura 3.** Prove di compressione diagonale secondo ASTM E519-15 [7], quadro fessurativo a fine prova, campione in configurazione RM1: a) Paramento non rinforzato; b) Paramento rinforzato.

## LE PROVE IN SCALA REALE

Le prove in scala reale sono state svolte su campioni in grandezza reale, utilizzando un **setup specifico che ha permesso di sottoporre le pareti ad azioni di compressione e di taglio il più possibile rappresentative di una condizione reale**. I provini in muratura sono stati costruiti su un cordolo in cemento armato utilizzando per la muratura i materiali e la tessitura muraria descritti precedentemente, il sistema di rinforzo CRM RESTAURO e il sistema di connessione ARMIS ALL-IN-ONE (vedi **Figura 7**).



**Figura 7.** Prove in scala reale: a) Provini in muratura prima dell'applicazione del rinforzo; b) Fase applicativa del sistema CRM RESTAURO e sistema di connessione ARMIS ALL-IN-ONE.

In tutti i casi, i rinforzi sono stati applicati posizionando il sistema di connessione ARMIS ALL-IN-ONE nei vertici di una maglia quadrata regolare con spaziatura di 50 cm e rispettando una distanza dai bordi della muratura di almeno 20 cm, configurazione corrispondente a 4 connettori/m<sup>2</sup>. Il setup di prova utilizzato consiste in un sistema auto-equilibrato per l'applicazione della forza di compressione verticale e di un sistema per l'applicazione della forza orizzontale in sommità, come illustrato nella **Figura 8**. Il carico verticale è stato applicato pretensionando due coppie di barre in acciaio ad alta resistenza posizionate verticalmente e ancorate a terra. La forza verticale è stata trasferita alla sommità del campione tramite una coppia di travi in acciaio, che, grazie a rulli metallici, hanno ripartito uniformemente il carico sulla sommità della parete, senza vincolare la traslazione orizzontale. Il sistema di carico è stato progettato in modo da poter monitorare costantemente la forza di compressione durante la prova tramite una coppia di celle di carico. La forza orizzontale è stata invece introdotta tramite un martinetto idraulico con capacità di 1000 kN azionato da un sistema elettronico programmabile ed equipaggiato con una cella di carico interposta tra il martinetto stesso e il provino. Gli spostamenti sono stati misurati mediante LVDT posizionati in sommità al campione, mentre le deformazioni sono state rilevate mediante potenziometri a filo posizionati su entrambi i paramenti dei provini. In tutti i casi il protocollo di prova ha previsto la preventiva applicazione del carico di compressione verticale e la successiva esecuzione di una serie di cicli completi in controllo di spostamento, ciascuno ripetuto tre volte con ampiezza via via crescente fino alla rottura del provino.





**Figura 8.** Prove in scala reale: setup di prova

I principali risultati ottenuti sono riassunti nella **Tabella 2**, dove la colonna “Configurazione” indica la configurazione del provino in accordo alle definizioni date nel § 2,  $L$  è la lunghezza della parete testata,  $\sigma_c$  è lo sforzo verticale applicato nella fase di precarico,  $F_{max}$  è la massima forza orizzontale misurata nel test,  $k_e$  è la rigidezza secante al punto di fessurazione,  $\delta_u$  è la capacità di spostamento valutata come lo spostamento post-picco, per il quale il provino è soggetto ad una perdita di carico del 20% rispetto al carico massimo e  $dr_u = \delta_u/H$  è il drift corrispondente allo spostamento  $\delta_u$ , essendo  $H = 2m$  l’altezza dei campioni. I parametri  $F_{max}$ ,  $\delta_u$  e  $dr_u$  riportati nella tabella sono valutati come le medie tra i valori misurati nelle fasi di spinta e di tiro. In tutti i casi **la modalità di rottura osservata è quella per taglio-fessurazione diagonale** con linea di frattura a gradino, che segue principalmente i giunti di malta, schematizzabile secondo il modello teorico di Mann-Müller.

**Tabella 2.** Prove in scala reale: principali risultati dei singoli test.

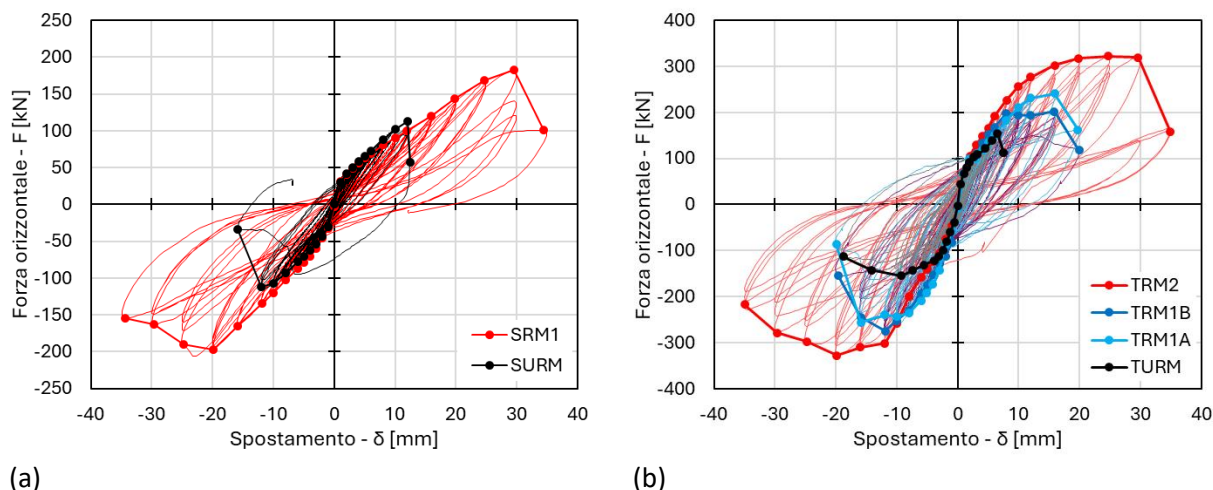
ID	Tipo	Configurazione*	L [m]	$\sigma_c$ [MPa]	$F_{max}$ [kN]	$k_e$ [kN/mm]	$\delta_u$ [mm]	$dr_u$ [%]
<b>S-URM</b>	Snello	URM	1.4	0.31	112	12.5	12.7	0.64
<b>S-RM1</b>	Snello	RM1	1.4	0.28	190	9.3	32.3	1.62
<b>T-URM</b>	Tozzo	URM	2.0	0.44	154	35.6	12.2	0.61
<b>T-RM1-A</b>	Tozzo	RM1	2.0	0.43	249	32.5	17.7	0.89
<b>T-RM1-B</b>	Tozzo	RM1	2.0	0.42	238	32.1	17.4	0.87
<b>T-RM2</b>	Tozzo	RM2	2.0	0.43	325	26.9	31.3	1.57

\*URM: Non rinforzato; RM1: Rinforzo su singolo paramento; RM2: Rinforzo su doppio paramento

I risultati medi ottenuti nei test sono confrontati nella **Tabella 3**, dove la riga T-RM1 riporta i valori medi tra quelli misurati per i campioni T-RM1-A e T-RM1-B. Gli incrementi in termini di forza orizzontale massima  $F_{max}$  e di drift ultimo  $dr_u$  sono confrontati, rispettivamente, in termini dei coefficienti  $r_F$  e  $r_{dr}$  valutati in accordo all'equazione (1). Le curve nel piano Forza orizzontale – spostamento e i rispettivi involucri sono sovrapposte nei grafici della **Figura** . Dai risultati si osservano tendenze simili a quelle rilevate sulla base delle prove di compressione diagonale in termini di incremento di resistenza. Le prove in scala reale hanno permesso inoltre di valutare gli effetti del rinforzo sulla capacità di spostamento dei provini che risultano, al pari di quanto osservato in termini di resistenza, notevoli. Un altro aspetto che emerge in modo evidente dalla sovrapposizione delle curve di involucro è l'influenza pressoché nulla del rinforzo sulla rigidezza iniziale dei campioni.

**Tabella 3.** Prove in scala reale: Confronto dei risultati ottenuti.

ID	Configurazione	$F_{max}$ [kN]	$dr_u$ [%]	$k_e$ [kN/mm]	$r_F$ [--]	$r_{dr}$ [--]
<b>S-URM</b>	URM	112	0.64	12.5	--	--
<b>S-RM1</b>	RM1	190	1.62	9.3	70%	154%
<b>T-URM</b>	URM	154	0.61	35.6	--	--
<b>T-RM1</b>	RM1	244	0.89	32.3	58%	45%
<b>T-RM2</b>	RM2	325	1.57	26.9	111%	157%



**Figura 9.** Prove in scala reale, cicli di applicazione della forza orizzontale e curve di involucro: a) Campioni snelli SURM (non rinforzato) e SRM1 (rinforzato su singolo paramento); b) Campioni tozzi TURM (non rinforzato), TRM1A e TRM1B (rinforzati su singolo paramento), TRM2 (rinforzato su doppio paramento).

## I CONFRONTI CON IL CALCOLO DA NORMATIVA

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni [4] e la relativa Circolare applicativa [5] la resistenza di elementi murari rinforzati mediante intonaco armato (macro-casistica entro la quale ricadono i sistemi CRM) si valuta amplificando le proprietà meccaniche di base del materiale muratura mediante i coefficienti correttivi proposti dalla Tabella C8.5.II della Circolare [5]. Questi parametri dipendono dal tipo di muratura e non sono legati alle proprietà meccaniche dei materiali costituenti il rinforzo. Per la muratura in esame, che rientra nella tipologia "Muratura in mattoni pieni e malta di calce", la Circolare propone un coefficiente correttivo di 1.5, che corrisponde a un incremento del 50% delle resistenze meccaniche del materiale muratura. Nel caso dell'intonaco armato i coefficienti sono relativi all'applicazione del sistema di rinforzo su entrambi i paramenti murari, mentre non sono fornite indicazioni specifiche per valutare gli effetti del rinforzo applicato su singolo paramento. Questo coefficiente è direttamente confrontabile con gli incrementi della capacità a taglio misurati nelle prove di compressione diagonale riassunti nella **Tabella 1**. Analizzando i valori si nota come, **anche nel caso di applicazione del rinforzo su singolo paramento, l'incremento di resistenza sia superiore rispetto a quanto proposto dalla Circolare (coefficiente correttivo sperimentale = 1.74), mentre nel caso della muratura con rinforzo su doppio paramento l'incremento di resistenza a taglio misurato è nettamente superiore a quanto proposto dalla Circolare (coefficiente correttivo = 2.64)**. Se la resistenza a taglio  $s_s$  viene valutata sulla base della massima forza applicata in accordo alla Norma ASTM E519-15 [7], considerando l'incremento di sezione resistente derivante dall'applicazione del rinforzo (la larghezza della sezione passa da 25 a 28 cm nel caso dell'applicazione su singolo paramento e da 25 a 31 cm per applicazione su doppio paramento), si ottengono coefficienti correttivi sperimentali inferiori rispetto a quelli riportati nella **Tabella 1**, ma comunque superiori al coefficiente proposto dalla Circolare [7] (1.55 per il rinforzo applicato su singolo paramento e 2.13 per il rinforzo applicato su doppio paramento).

Per quanto riguarda invece le prove in scala reale, gli incrementi percentuali della capacità a taglio non sono direttamente confrontabili con il coefficiente correttivo. Sulla base delle modalità di collasso rilevate

sperimentalmente, il modello rappresentativo è quello di Mann-Müller descritto dall'equazione C8.7.1.17 della Circolare [7]. Tale espressione non è infatti lineare rispetto al parametro  $f_{v0,d}$  che viene amplificato dal coefficiente correttivo. Sulla base delle resistenze misurate sperimentalmente si possono calcolare i coefficienti correttivi da applicare al parametro  $f_{v0,d}$  per le diverse configurazioni testate, ottenendo valori superiori a 2 per il rinforzo applicato su singolo paramento e superiori a 3 nel caso di rinforzo applicato su doppio paramento.

## CONCLUSIONI

Le verifiche sperimentali hanno permesso di valutare entrambi i sistemi sia da un punto di vista qualitativo, che quantitativo. Il sistema di connessione si è mostrato in grado di **assolvere alla sua funzione di solidarizzare il rinforzo alla muratura** senza manifestare distacchi dal supporto, anche per deformazioni rilevanti raggiunte spingendo le prove ben oltre la capacità massima dei campioni.

I risultati ottenuti mostrano che i **sistemi permettono**, in tutte le configurazioni prese in esame, **di incrementare in modo significativo la resistenza meccanica e la capacità di spostamento delle murature** sulle quali vengono applicati.

In termini numerici gli incrementi di resistenza misurati per tutte le configurazioni testate sono maggiori rispetto a quanto calcolabile applicando i coefficienti correttivi proposti dalla Circolare [5] anche per il caso di rinforzo applicato su un singolo paramento. Le prove di taglio diagonale hanno mostrato incrementi di capacità a taglio del 74% relativi al rinforzo applicato su un singolo paramento e del 164% nel caso di applicazione del sistema su doppio paramento. Le prove in scala reale hanno mostrato una tendenza simile, con incrementi di capacità portante tra il 58% e il 70% con sistema applicato su singolo paramento e superiori al 100% per pareti rinforzate con sistema applicato su doppio paramento. Le prove in scala reale hanno inoltre permesso di valutare in modo diretto gli effetti del rinforzo sulla capacità di spostamento dei provini testati. A seconda del tipo di configurazione gli incrementi misurati in questo senso variano dal 45% al 160%.

La campagna sperimentale ha quindi **confermato la validità dei sistemi di consolidamento Tassullo** unici sul mercato realizzati con malta di calce idraulica naturale, rete flessibile e sistema di connessione ARMIS ALL-IN-ONE.

## RINGRAZIAMENTI

Una menzione speciale di ringraziamento è rivolta al gruppo di ricerca "Timber & Structural Retrofit Research Group" dell'Università Degli Studi di Trento che ha seguito la campagna sperimentale e partecipato all'elaborazione dei dati. Si ringraziano in particolare il Prof. Ivan Giongo, Ing. PhD Davide Cassol e Ing. Giada Zammattio.

## NOTE

La documentazione tecnica relativa al sistema ARMIS ALL-IN-ONE e a tutti i sistemi Tassullo è disponibile per il download sul sito [www.tassullo.it](http://www.tassullo.it). Per informazioni contattare il servizio tecnico Tassullo all'indirizzo [tecnico@tassullo.it](mailto:tecnico@tassullo.it).

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Consiglio superiore dei Lavori Pubblici – Servizio Tecnico Centrale (CSLLPP – STC), 2019 “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)”;
- [2] Consiglio superiore dei Lavori Pubblici – Servizio Tecnico Centrale (CSLLPP – STC), 2019 “Linea Guida per la progettazione, l’esecuzione e la manutenzione di interventi di consolidamento strutturale mediante l’utilizzo di sistemi di rinforzo FRCM”;
- [3] European Organisation for Technical Assessment (EOTA), 2018 “EAD 340392-00-0104 – CRM (Composite Reinforced Mortar) systems for strengthening concrete and masonry structures”;
- [4] Ministero Delle Infrastrutture e Dei Trasporti, 2018 “NTC 2018, Decreto 17 Gennaio 2018 - Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni.”;
- [5] Ministero Delle Infrastrutture e Dei Trasporti, 2018 “Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.”;
- [6] European Committee for standardization (CEN), 2015: “EN 459-1:2015 – Building lime - Part 1: Definitions, specifications and conformity criteria”;
- [7] American Society for Testing and Materials (ASTM), 2015 “ASTM E519-15 - Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages”;
- [8] European Committee for standardization (CEN), 2016: “EN 998-2:2016 – Specification for mortar for masonry – Part 2: Masonry mortar”;
- [9] European Committee for standardization (CEN), 2015: “EN 772-1:2015 – Methods of test for masonry units - Part 1: Determination of compressive strength”;
- [10] European Committee for standardization (CEN), 2019: “EN 1015-11:2019 - Methods of test for mortar masonry – Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar”