



CONTRATTO CON LA DITTA

Ruregold s.r.l.

**Report attività sperimentali su**  
***Effetto della stilatura dei giunti con malte ad alta***  
***resistenza sulle proprietà meccaniche di pannelli***  
***murari***

RAPPORTO TECNICO SCIENTIFICO

PARTE I

*Effetto della stilatura dei giunti sulla resistenza a taglio di una*  
*muratura esistente di laterizio in mattoni pieni ad una testa*

Perugia, luglio 2020



## INDICE

PREMESSA .....	1
1. Inquadramento normativo .....	2
1.1 Resistenza a taglio per scorrimento dei blocchi.....	2
1.2 Resistenza a taglio per compressione diagonale della muratura.....	4
2. Prove a taglio per scorrimento sui giunti .....	7
2.1 Preparazione dei provini .....	7
2.1 Setup sperimentale .....	8
2.2 Risultati sperimentali .....	9
3. Prove a taglio della muratura per compressione diagonale .....	17
3.1 Preparazione dei provini .....	17
3.2 Setup sperimentale .....	19
3.3 Risultati sperimentali .....	21
4. CONCLUSIONI.....	28



## **PREMESSA**

La presente relazione illustra parte delle attività tecnico-scientifiche svolte dal Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Perugia per la ditta Ruregold s.r.l. nell'ambito della convenzione *“Effetto della stilatura dei giunti con malte ad alta resistenza sulle proprietà meccaniche di pannelli murari”*.

In particolare, in questa prima parte vengono descritte le prove a taglio su singolo blocco e a compressione diagonale su pannelli di dimensioni 1.2×1.2 m di una muratura esistente realizzata in laterizio a una testa rinforzata mediante stilatura dei giunti con malta MX-PVA Fibrorinforzata.

## **GRUPPO DI RICERCA**

Prof. Ing. Massimiliano Giofrè (Responsabile Scientifico)

Dott. Ing. Nicola Cavalagli

Dott. Ing. Chiara Pepi



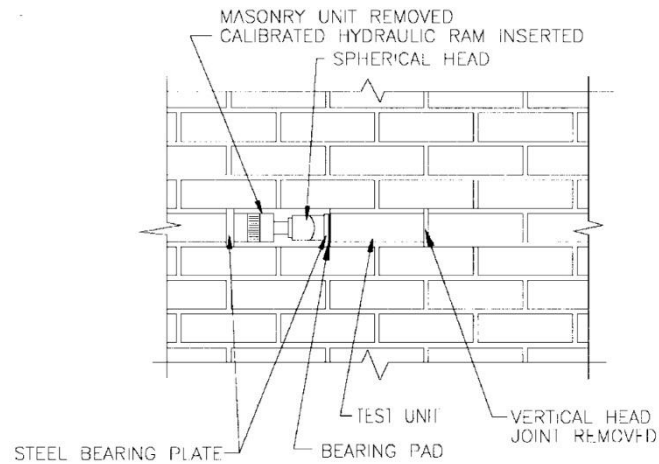


Figura 2. Schema di prova per la valutazione della resistenza allo scorrimento del singolo blocco secondo il Metodo B della norma ASTM C1531.

- Metodo C:

Il metodo è simile al precedente, senza però monitorare lo stato di sollecitazione orizzontale esercitata dall'attuatore, che in questo caso è costituito da una martinetto piatto (Figura 3). La prova si conclude con la stima del carico massimo.

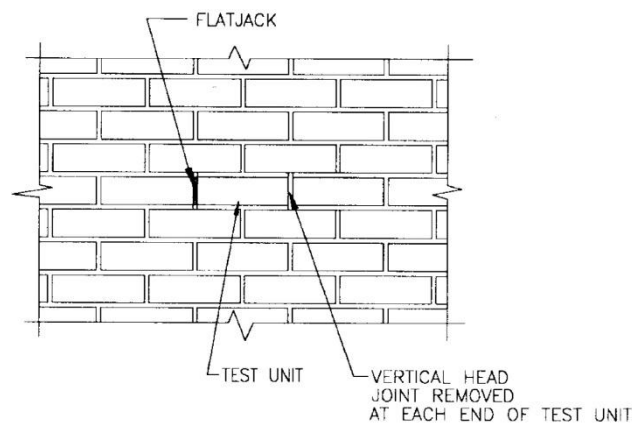


Figura 3. Schema di prova per la valutazione della resistenza allo scorrimento del singolo blocco secondo il Metodo C della norma ASTM C1531.

In tutti i metodi la resistenza a taglio  $\tau$  è semplicemente stimata dalla relazione:

$$\tau = F/A \quad (1)$$



dove:

F = massima forza orizzontale

A = superficie lorda dei giunti di malta superiori e inferiori

L'indice di resistenza a taglio ( $\tau_0$ ) è dato dal valore che si sarebbe ottenuto sotto carico assiale nullo secondo la relazione:

$$\tau_0 = \tau - \mu \sigma_v$$

dove:

$\mu$  = coefficiente d'attrito

$\sigma_v$  = sollecitazione di compressione normale

Nel caso del Metodo A il coefficiente di attrito può essere stimato ripetendo il test allo scorrimento al variare del carico di compressione, sul medesimo blocco.

## 1.2 Resistenza a taglio per compressione diagonale della muratura

La prova di compressione diagonale viene indicata dalla normativa tecnica, e condivisa dalla letteratura scientifica, come prova idonea ai fini della caratterizzazione della resistenza a taglio della muratura. La norma a cui si è fatto riferimento è l'ASTM E 519-02 "*Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages*", di seguito illustrata nelle sue caratteristiche principali.

La norma descrive la procedura per la determinazione della resistenza a taglio del solido murario mediante l'applicazione di una compressione nella direzione di una delle diagonali di un pannello quadrato avente lato pari a 120 cm, sino a rottura. Le dimensioni geometriche del campione sono valutate in modo che sia rappresentativo del comportamento globale della struttura muraria e compatibile con le usuali attrezzature di laboratorio. Affinché i risultati possano essere considerati rappresentativi della tipologia muraria esaminata, le prove dovrebbero essere condotte su almeno tre campioni, aventi le



medesime caratteristiche per tipo di malta, blocchi e manodopera. Successivamente alla fase di stagionatura, tipicamente almeno 28 giorni, i pannelli vengono sottoposti ad un carico di compressione  $P$  mediante specifica apparecchiatura di prova. Lo stato deformativo viene analizzato misurando accorciamenti ( $\Delta L_c$ ) e allungamenti ( $\Delta L_t$ ) nelle due direzioni diagonali del pannello tramite apposita strumentazione.

L'elaborazione dei dati è rivolta alla stima sia della resistenza a taglio del pannello, sia del modulo elastico secante a taglio  $G$ .

La resistenza a taglio ( $\tau_{\max}$ ) viene ottenuta come massimo valore delle tensioni tangenziali ( $\tau$ ) raggiunte durante la prova e calcolate con la relazione che segue:

$$\tau = P/(\sqrt{2} \cdot A_n) = 0.707 \cdot P/A_n \quad (2)$$

dove

- $\tau$  tensione di taglio sull'area netta [MPa]
- $P$  carico applicato [N]
- $A_n$  area netta del pannello [mm<sup>2</sup>]      con       $A_n = ((w+b)/2) \cdot t \cdot n$
- $w$  base del pannello [mm]
- $b$  altezza del pannello [mm]
- $t$  spessore del pannello [mm]
- $n$  percentuale solida della generica sezione trasversale del pannello

Per la valutazione del modulo a taglio  $G$ , viene calcolata la deformazione a taglio ( $\gamma$ ):

$$\gamma = \epsilon_c + \epsilon_t = \Delta L_c/g_c + \Delta L_t/g_t \quad (3)$$

dove

- $\Delta L_c$  accorciamento [mm]
- $\Delta L_t$  allungamento [mm]



$g_c$  e  $g_t$  lunghezza base dell'estensimetro relativo al diagonale compresso e al diagonale teso, rispettivamente [mm]

Conseguentemente viene quindi determinato il modulo di rigidezza secante a taglio  $G$ , inteso come rapporto tra la tensione tangenziale e la relativa deformazione opportunamente valutato in un ramo elastico del diagramma  $\gamma$ - $\tau$ :

$$G = \tau/\gamma \quad (4)$$



## 2. Prove a taglio per scorrimento sui giunti

### 2.1 Preparazione dei provini

Le prove in oggetto sono state eseguite tutte presso il complesso dell'ex-Tabacchificio di Perugia, sfruttando una delle tramezzature interne costituite da muratura in laterizio ad una testa, con spessore pari a 13 cm, e malta cementizia con giunti dello spessore di circa 1 cm. In questo caso l'indagine ha riguardato 6 provini, 4 dei quali rinforzati mediante stilatura e 2 non rinforzati. La muratura è caratterizzata da tessitura regolare periodica apparecchiata secondo il classico tipo *running bond*; i blocchi in laterizio sono costituiti da mattoni pieni di dimensioni 26×13×6 cm.

La parete è stata preparata rimuovendo l'intonaco e pulendo la superficie (Figura 4(a)), effettuando la scarnitura meccanica dei giunti fino ad una profondità di circa 2-3 cm (Figura 4(b)) e la stilatura degli stessi con malta MX-PVA Fibrorinforzata nelle zone interessate (Figura 4(c)).

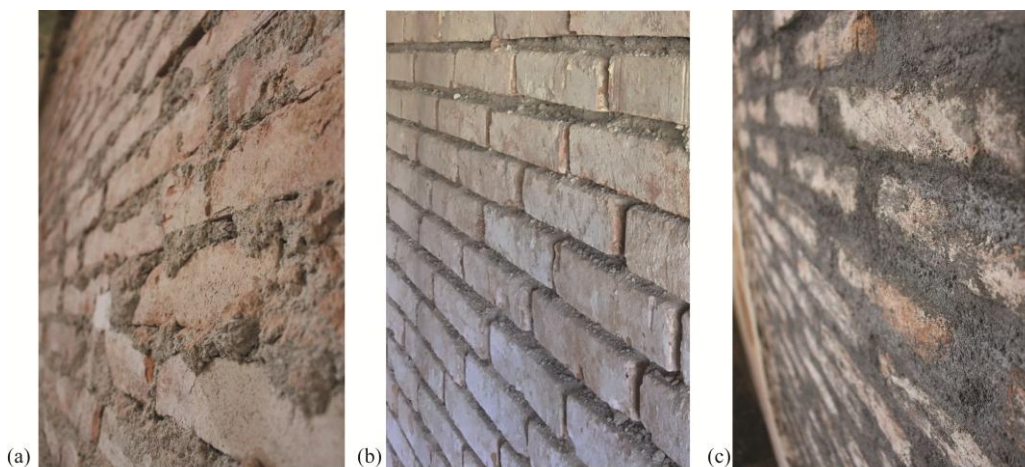


Figura 4. Fasi di preparazione di provini rinforzati mediante stilatura dei giunti: (a) rimozione dell'intonaco; (b) scarnitura dei giunti; (c) stilatura mediante malta MX-PVA Fibrorinforzata.

Le prove sono state condotte secondo il Metodo B descritto al paragrafo 1.1, misurando però accuratamente gli spostamenti orizzontali dei blocchi mediante trasduttori di spostamento (LVDT) come indicato nel Metodo A. Inoltre, visto che lo scopo della prova era soprattutto comparativo, ovvero volto a valutare l'effetto del consolidamento sulla

resistenza allo scorrimento mediante comparazione fra i casi con e senza stilatura dei giunti, le prove sono state eseguite su mattoni sottoposti ad uno sforzo di compressione quanto possibile simile. In Figura 5 sono illustrati i 6 provini sottoposti a scorrimento orizzontale sui giunti.

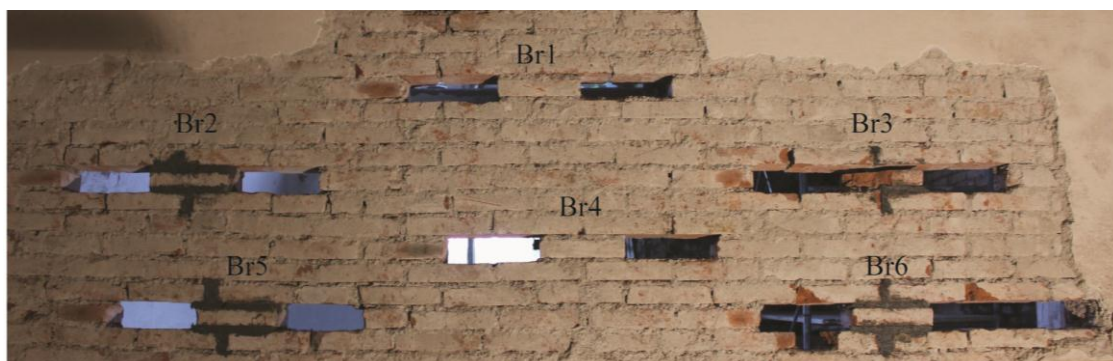


Figura 5. Illustrazione dei provini sottoposti a test di scorrimento orizzontale sui giunti.

## 2.1 Setup sperimentale

La prova sperimentale è stata eseguita mediante un martinetto idraulico inserito in un alloggiamento ricavato nella muratura asportando un blocco adiacente a quello sottoposto a prova, come indicato nella norma ASTM (Figura 6(a)). Fra la muratura di contrasto e il martinetto è stata posta una cella di carico in modo da monitorare la spinta esercitata dal martinetto stesso. Lo spostamento relativo del blocco, identificativo dello scorrimento orizzontale, è stato misurato tramite due trasduttori di spostamento installati come suggerito dal Metodo A della norma ASTM e illustrato in (Figura 6(b)). In particolare, è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- n. 2 LVDT (Linear Variable Displacement Transducers) modello HBM, range di misura 0-50 mm;
- cella di carico modello TCE AEP Transducers, portata massima 75 kN;
- martinetto idraulico EuroPressPack, modello CGS5N50 da 5 tonn/50 mm di corsa corredato di pompa idraulica ad attuazione manuale modello PN141B EuroPressPack;
- sistema di acquisizione dei dati imc CRONOS dotato di schede multi-funzione per la registrazione simultanea dei dati da ogni sensore.

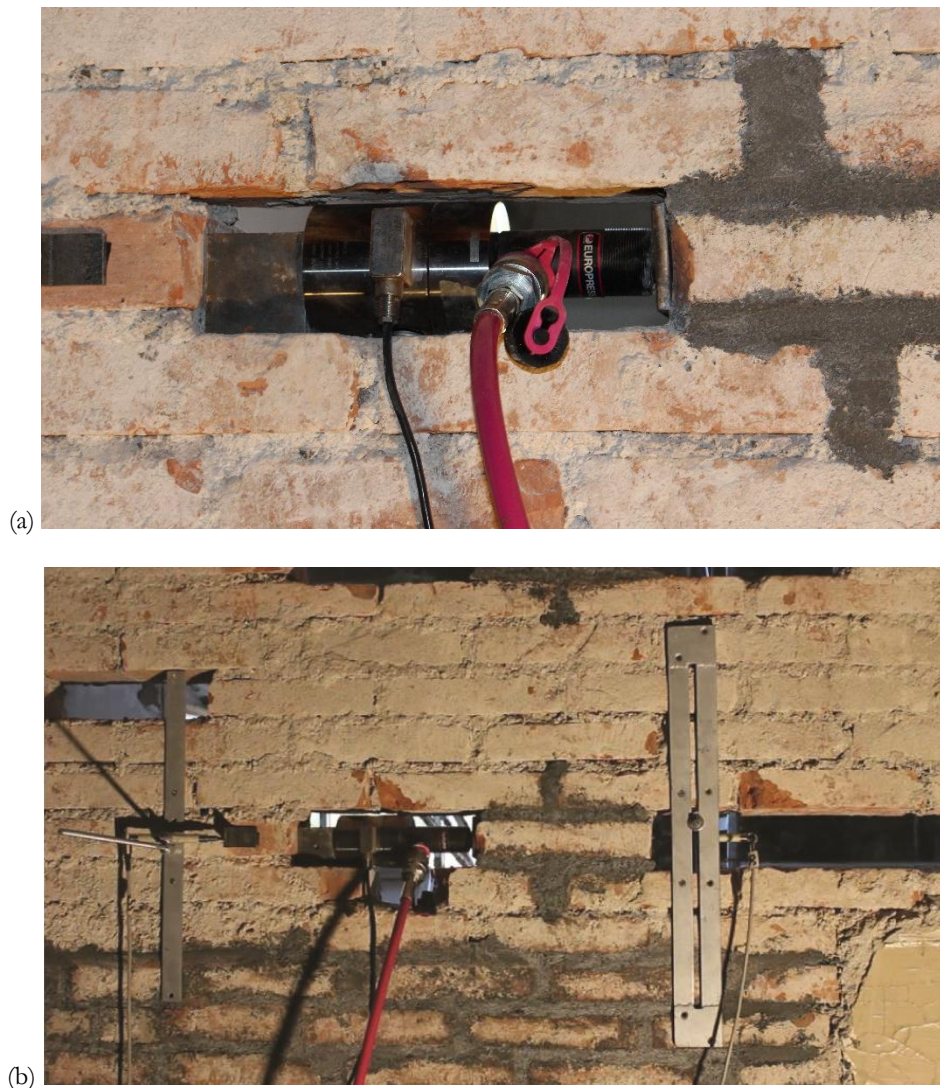


Figura 6. (a) Sistema di attuazione mediante martinetto oleodinamico e cella di carico estensimetrica. (b) Sistema di misura degli spostamenti relativi.

## 2.2 Risultati sperimentali

Nel seguito sono riportati i risultati sperimentali relativi ai 6 provini, illustrati mediante schema di riferimento del posizionamento del provino, immagine fotografica e curva di carico.



### 2.3.1 Provino Br01

Osservazione sperimentale: scorrimento orizzontale fragile.

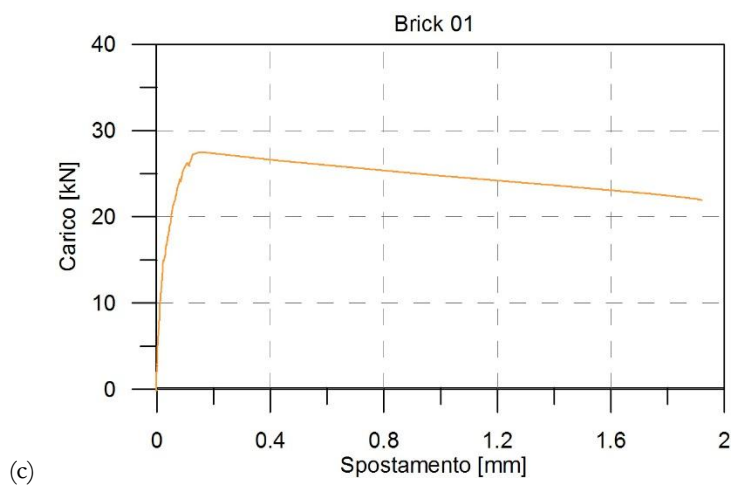


Figura 7. (a) Schema identificativo del provino Br01. (b) Immagine illustrativa del blocco in esame. (c) Grafico forza-spostamento misurato durante la prova di scorrimento.

### 2.3.2 Provino Br02

Osservazione sperimentale: scorrimento orizzontale caratterizzato da un iniziale incrudimento e successivo andamento “quasi” orizzontale, ovvero a forza costante, dovuto alla resistenza a scorrimento per attrito.

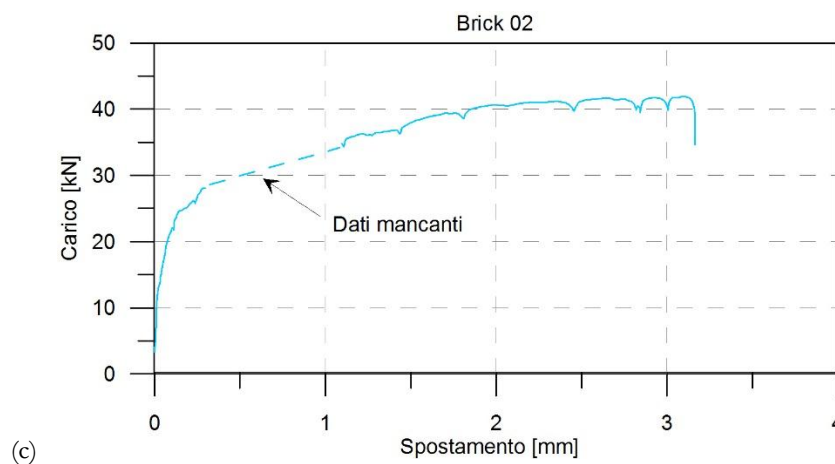
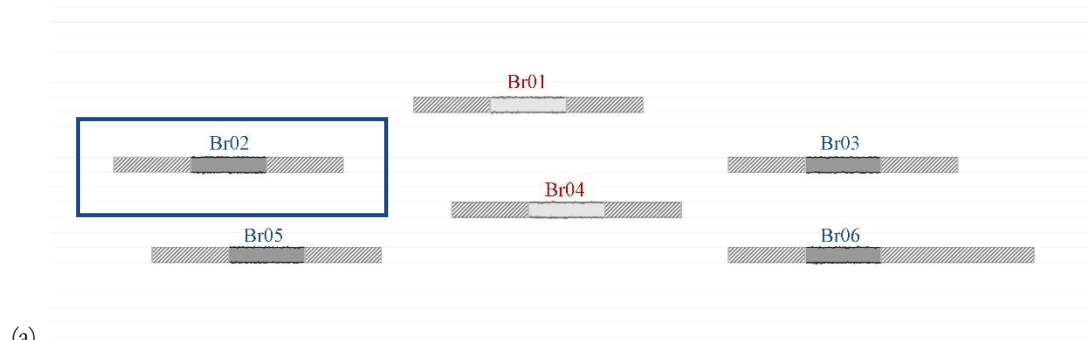


Figura 8. (a) Schema identificativo del provino Br02. (b) Immagine illustrativa del blocco in esame. (c) Grafico forza-spostamento misurato durante la prova di scorrimento.

### 2.3.3 Provino Br03

Osservazione sperimentale: rottura del blocco per compressione locale. Prova non significativa per la determinazione della resistenza a taglio.

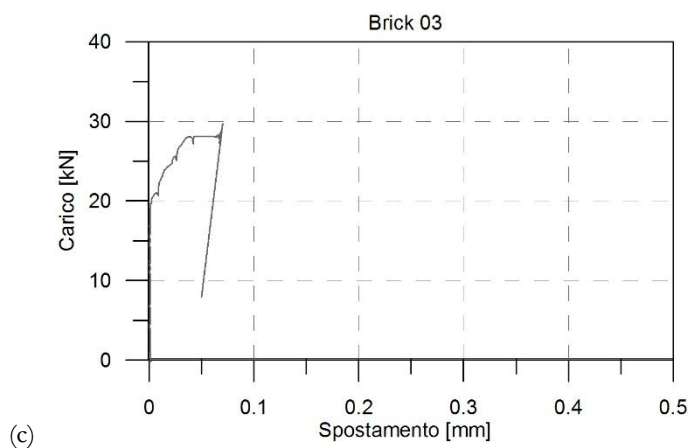
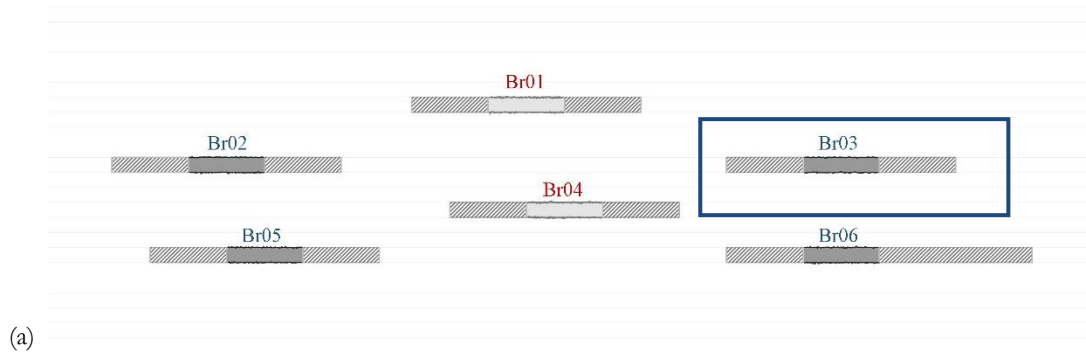


Figura 9. (a) Schema identificativo del provino Br03. (b) Immagine illustrativa del blocco in esame. (c) Grafico forza-spostamento misurato durante la prova di scorrimento.

### 2.3.4 Provino Br04

Osservazione sperimentale: scorrimento orizzontale caratterizzato da un andamento “quasi” orizzontale, a forza costante, dovuto alla resistenza a scorrimento per attrito.

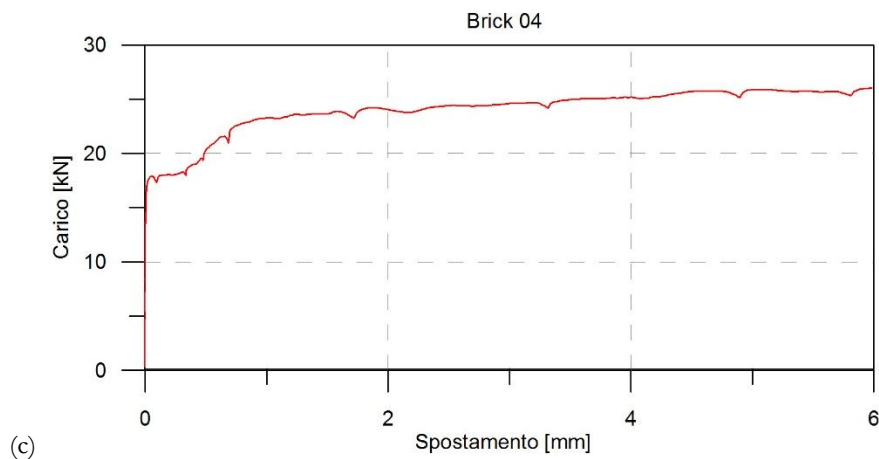
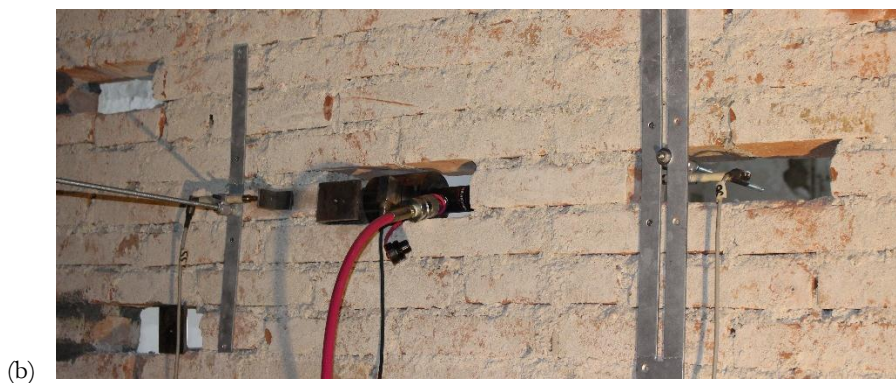
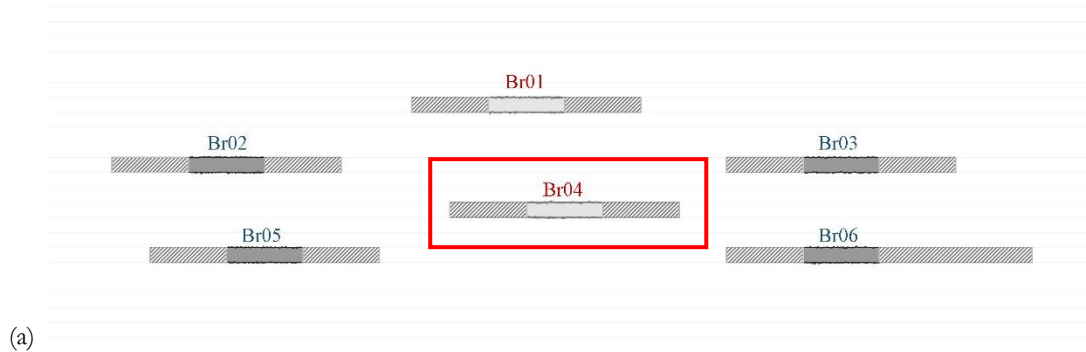


Figura 10. (a) Schema identificativo del provino Br04. (b) Immagine illustrativa del blocco in esame. (c) Grafico forza-spostamento misurato durante la prova di scorrimento.

### 2.3.5 Provino Br05

Osservazione sperimentale: scorrimento orizzontale caratterizzato da un iniziale incrudimento, seguito da un leggero softening e successivamente da un andamento “quasi” orizzontale dovuto alla resistenza a scorrimento per attrito.

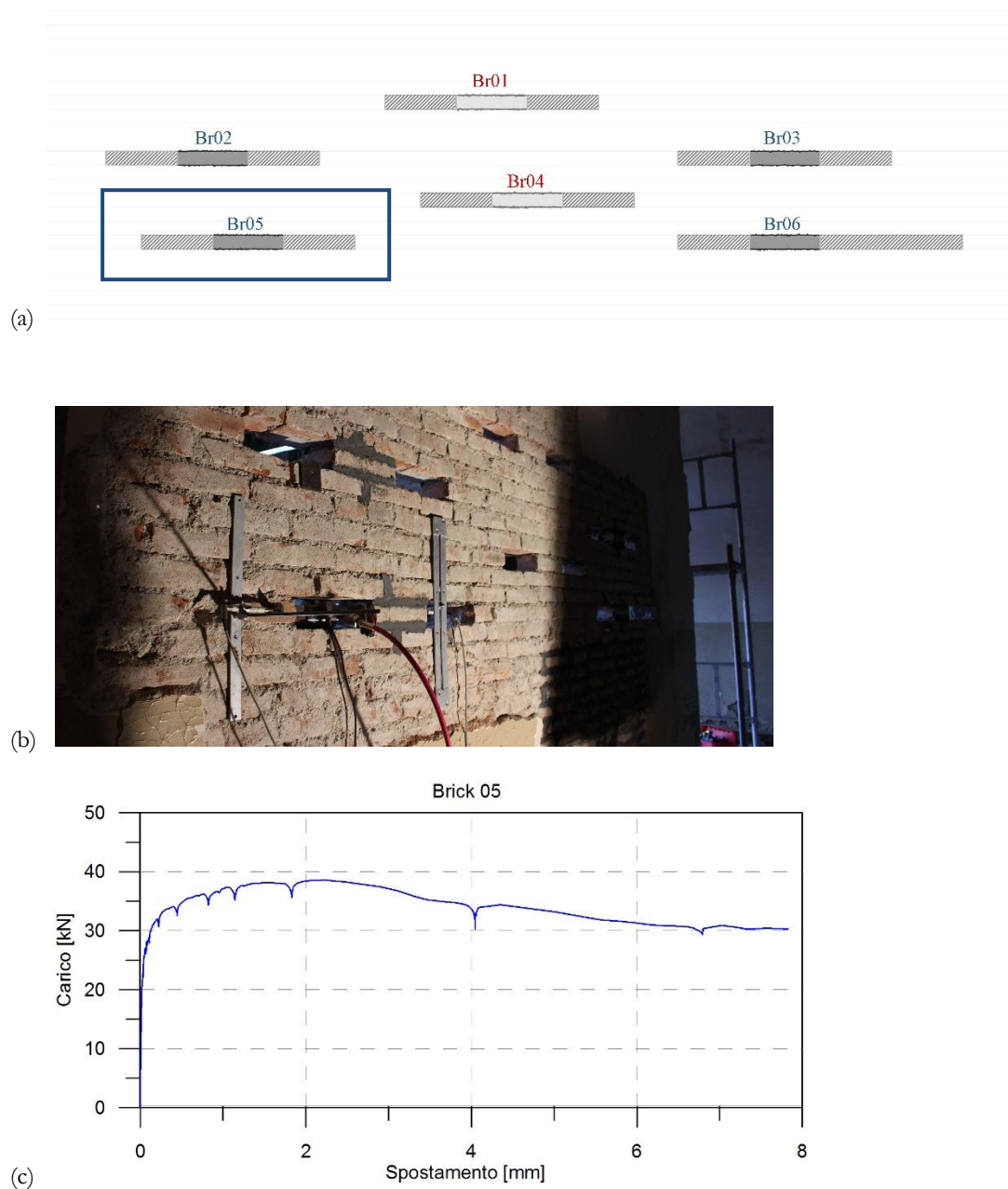


Figura 11. (a) Schema identificativo del provino Br05. (b) Immagine illustrativa del blocco in esame. (c) Grafico forza-spollamento misurato durante la prova di scorrimento.



### 2.3.6 Provino Br06

Osservazione sperimentale: scorrimento orizzontale caratterizzato da un iniziale incrudimento, seguito da un andamento “quasi” orizzontale dovuto alla resistenza a scorrimento per attrito.

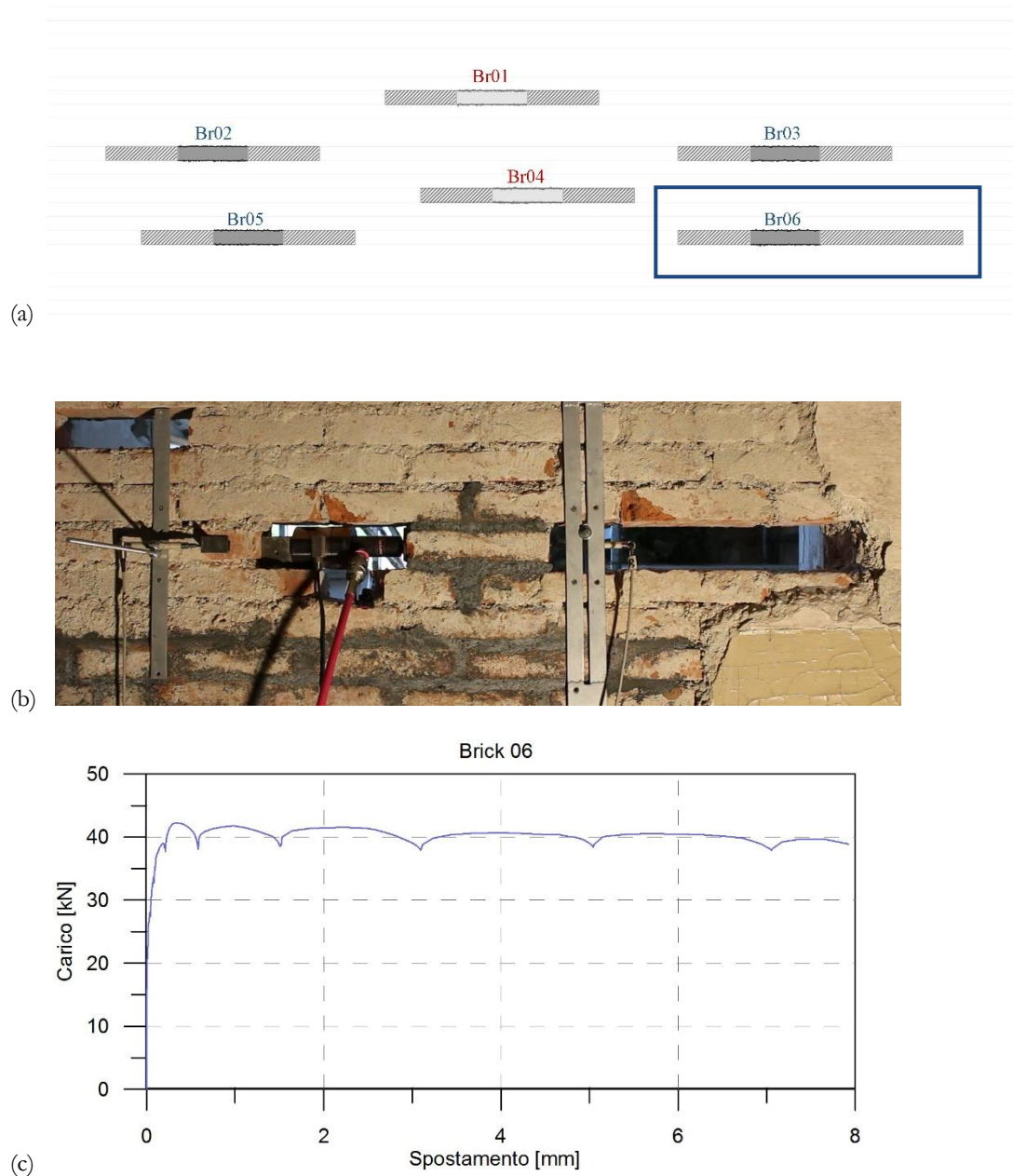


Figura 12. (a) Schema identificativo del provino Br06. (b) Immagine illustrativa del blocco in esame. (c) Grafico forza-spostamento misurato durante la prova di scorrimento.

### 2.3.7 Confronto dei risultati e considerazioni conclusive

Nel seguito vengono sintetizzati e confrontati i dati esposti singolarmente nei paragrafi precedenti. Vale la pena di notare che il paramento murario in oggetto costituisce un tramezzo interno per cui, essendo sottoposto solo al peso proprio, è possibile considerare che i blocchi analizzati siano soggetti ad un limitato sforzo di compressione, molto simile nei 6 provini e stimato in circa 0.15 MPa. La Figura 13 evidenzia l'incremento di resistenza allo scorrimento tangenziale ottenuto nei casi in cui è stato eseguito l'intervento di stilatura dei giunti. Il provino Br03 non è stato considerato in quanto la prova è risultata falsata dalla rottura per splitting del mattone. La fascia arancione identifica l'intervallo di resistenza ottenuto nei casi dei provini non rinforzati, mentre la fascia azzurra quello dei casi rinforzati. L'incremento ottenuto con l'intervento di stilatura dei giunti con malta MX-PVA Fibrorinforzata risulta pari a circa il 50% (Tabella 1).

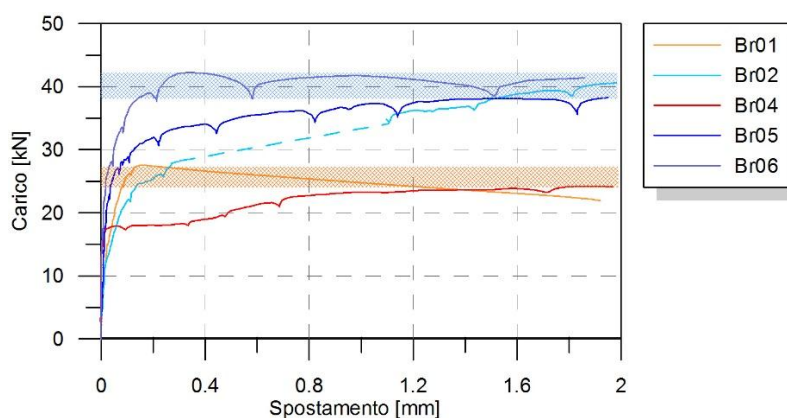


Figura 13. Confronto delle curve forza-spostamento ottenute dai provini rinforzati e non rinforzati.

Tabella 1. Carico massimo applicato e resistenza allo scorrimento nei provini rinforzati e non rinforzati.

#id Provino	Tipologia	Carico Max [kN]	Resistenza allo scorrimento - $\tau$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Br01	Non rinforzato	27.50	0.40
Br02	Rinforzato	41.88	0.61
Br04	Non rinforzato	26.10	0.38
Br05	Rinforzato	38.54	0.56
Br06	Rinforzato	40.46	0.59

### 3. Prove a taglio della muratura per compressione diagonale

#### 3.1 Preparazione dei provini

L'indagine sperimentale riguarda complessivamente sei provini di muratura, ovvero pannelli murari di dimensioni 120×120 cm e 13 cm di spessore, di cui quattro non rinforzati (Figura 14) e due rinforzati su entrambi i lati mediante stilatura dei giunti con malta MX-PVA Fibrorinforzata. La muratura è della stessa tipologia presentata al paragrafo 2.1, ovvero a mattoni pieni in laterizio di dimensioni 26×13×6 cm apparecchiata a giunti sfalsati (*running bond texture*) e malta cementizia con giunti di circa 1 cm di spessore.

I provini sono stati ricavati sulla muratura esistente tramite un accurato processo di taglio della parete al fine di garantire la regolarità geometrica dei provini stessi. E' ben noto dalla letteratura tecnico-scientifica che le prove a compressione diagonale effettuate su murature in laterizio a tessitura regolare possano essere caratterizzate da una modalità di rottura per scorrimento sui giunti piuttosto che a taglio diagonale. Generalmente questo inconveniente può essere ovviato mediante l'applicazione di un carico in compressione perpendicolare ai giunti di letto. Per questo motivo si è deciso di procedere secondo due modalità nella preparazione dei provini tenendo conto delle condizioni operative in situ: due pannelli non rinforzati e due provini rinforzati sono stati preparati senza considerare alcun carico in compressione (Figura 15), mentre l'altra coppia (rinforzato e non rinforzato) è stata preparata in modo da considerare uno sforzo di compressione, seppur minimo, esercitata dalla muratura sovrastante, in modo da evitare la modalità di collasso per scorrimento sui giunti (Figura 16).



Figura 14. Pannelli non rinforzati.



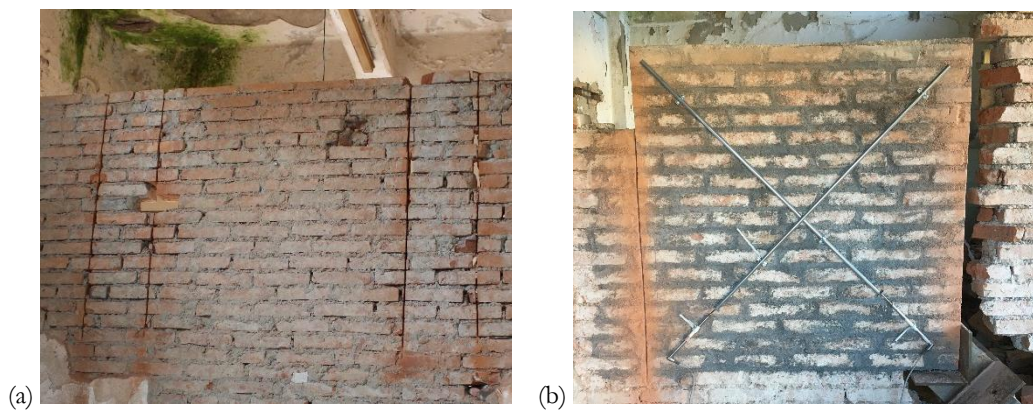


Figura 15. (a) Immagine del provino non rinforzato provato in assenza di carico verticale. (b) Immagine del provino rinforzato provato in assenza di carico verticale.



Figura 16. Immagine dei provini non rinforzato e rinforzato provati in presenza di carico verticale.

### 3.2 Setup sperimentale

La prova a compressione diagonale è stata eseguita secondo le indicazioni riportate nell'ASTM E519-02 e precedentemente illustrate. È stata impiegata la seguente strumentazione (Figura 17):

- n. 4 LVDT (Linear Variable Displacement Transducers) modello Solartron Metrology S-Series, 0-10V, range di misura 0-50 mm;
- cella di carico modello TC4 AEP Transducers, portata massima 500 kN;
- martinetto idraulico EuroPressPack, modello CGS30N50 da 30tonn/50 mm di corsa corredato di pompa idraulica ad attuazione manuale modello PN141B EuroPressPack;
- sistema di acquisizione dei dati imc CRONOS dotato di schede multi-funzione per la registrazione simultanea dei dati da ogni sensore.



Figura 17. Strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle prove: (a) LVDT; (b) Cella di carico; (c) Martinetto idraulico da 30 kN; (d) sistema di acquisizione dati imc CRONOS.



In accordo con le indicazioni fornite dalla norma, le dimensioni nominali del provino sottoposto al carico diagonale risultano essere di  $120 \times 120$  cm e, nel caso specifico, spessore pari a 13 cm. I quattro LVDT sono stati fissati al pannello in corrispondenza delle quattro diagonali, utilizzando delle barre di alluminio per ottenere opportune lunghezze di base,  $L_c$  e  $L_t$  (circa 1.1 m), sulle quali misurare le deformazioni  $\epsilon_c$  ed  $\epsilon_t$ . L'azione di compressione diagonale è stata applicata attraverso un martinetto e l'utilizzo di apposita carpenteria metallica (Figura 18). I dati sono stati acquisiti mediante il sistema imc CRONOS ad una frequenza pari a 100 Hz in modo da poter cogliere eventuali risposte impulsive dovute alla natura fragile del materiale a rottura.

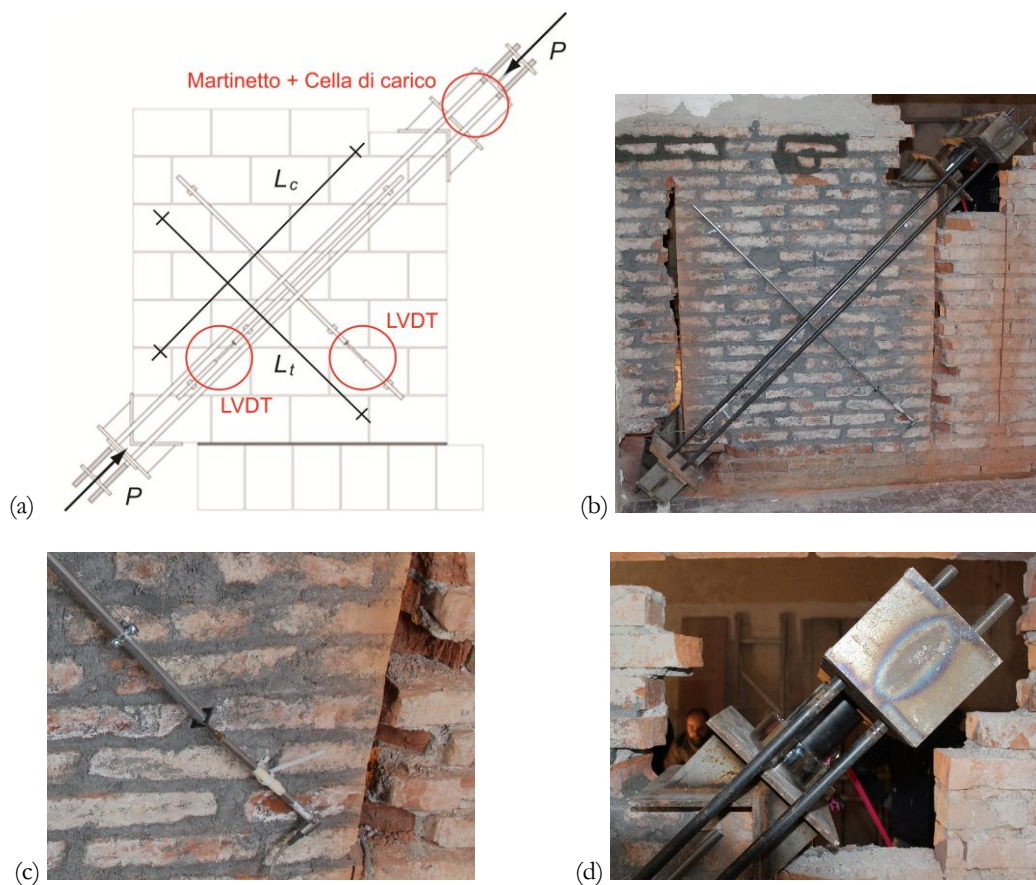


Figura 18. (a) Layout della strumentazione installata nel generico provino. (b) Immagine del setup sperimentale applicato ad uno dei provini. (c) Particolare di uno degli LVDT. (d) Sistema di attuazione e cella di carico.



### 3.3 Risultati sperimentali

Nel seguito si riportano i risultati ottenuti su due dei quattro provini di muratura non rinforzata (URM) e dei due rinforzati (RM) in assenza (caso 1) e in presenza (caso2) di carico verticale. Non vengono riportati i risultati delle prove sui provini rimanenti in quanto non ritenuti significativi.

Nel seguito del paragrafo vengono indicate sia la modalità di rottura sia le curve  $\varepsilon$ - $\tau$ ,  $\gamma$ - $\tau$  (ottenute mediante Equazioni (2) e (3)). Inoltre, ove possibile, viene stimato il modulo di rigidezza a taglio G come modulo secante calcolato sui due punti  $\tau_{\max}/5$  e  $\tau_{\max}/3$  della curva  $\gamma$ - $\tau$ .

### 3.3.1 Pannello non rinforzato URM1 – Assenza di carico verticale

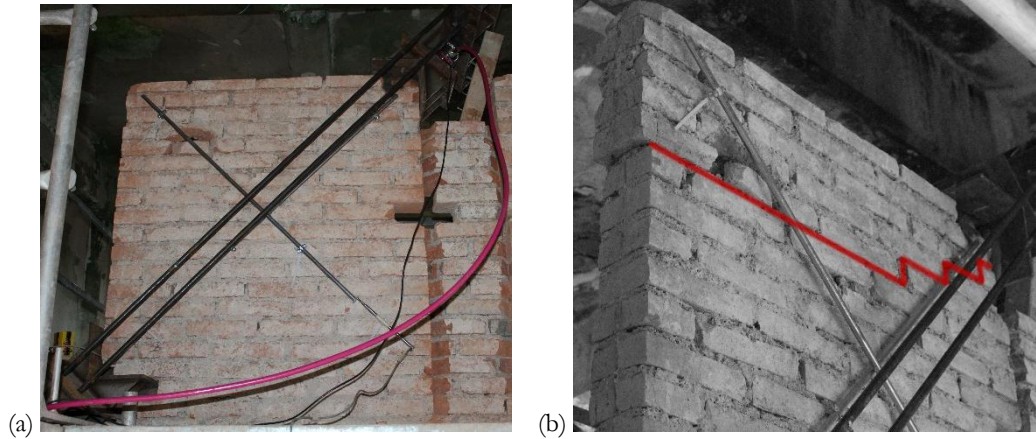


Figura 19. Pannello non rinforzato URM1. (a) Setup di prova con pannello integro. (b) Immagine a rottura del pannello – Rottura per scorrimento sui giunti di letto.

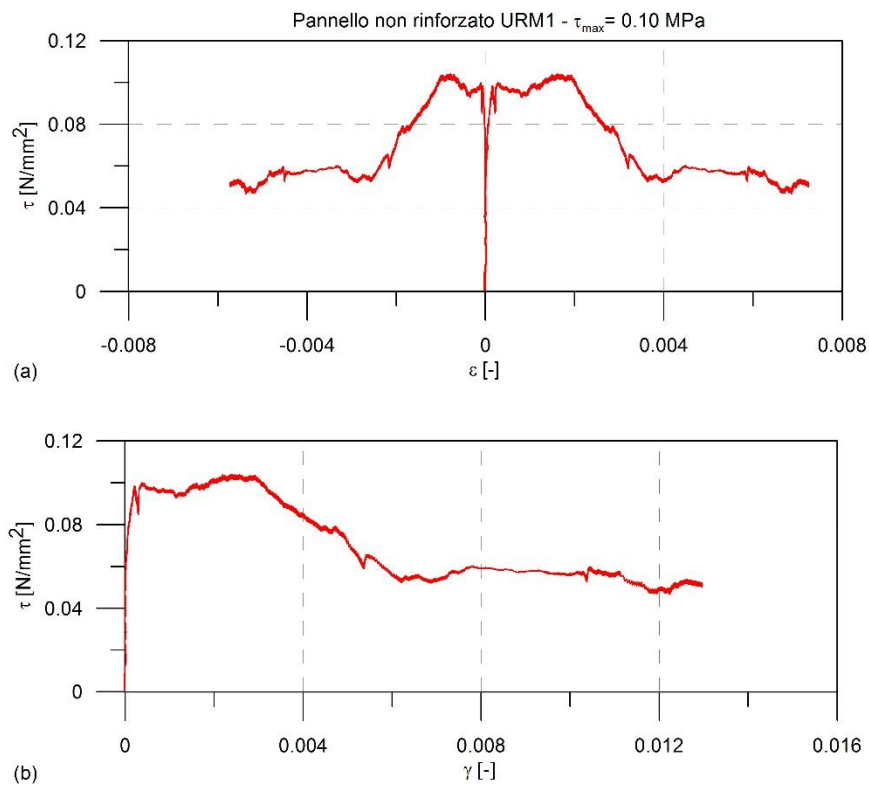


Figura 20. Risultati delle prove sul pannello non rinforzato URM1: (a) Diagramma  $\epsilon$ - $\tau$ . (b) Diagramma  $\gamma$ - $\tau$ .



### 3.3.2 Pannello rinforzato RM1 – Assenza di carico verticale

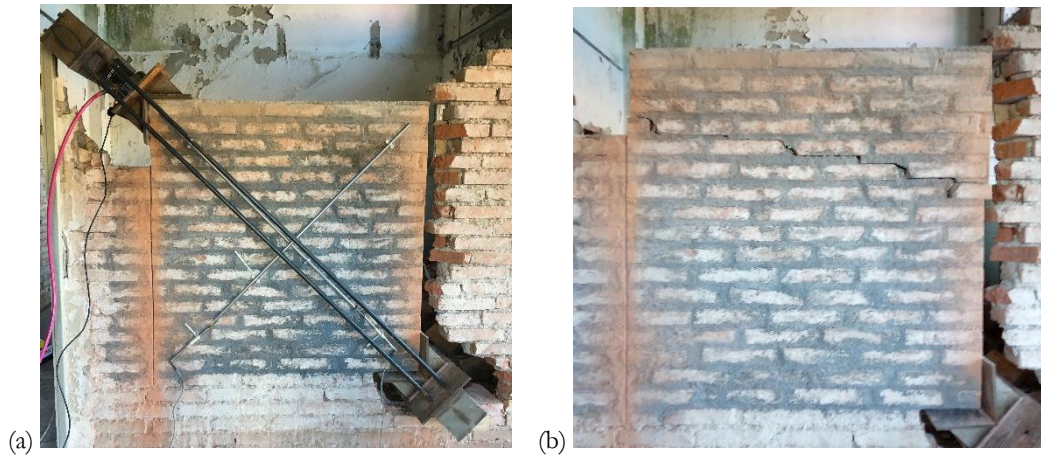


Figura 21. Pannello rinforzato RM1. (a) Setup di prova con pannello integro. (b) Immagine a rottura del pannello – Rottura per scorrimento sui giunti di letto.

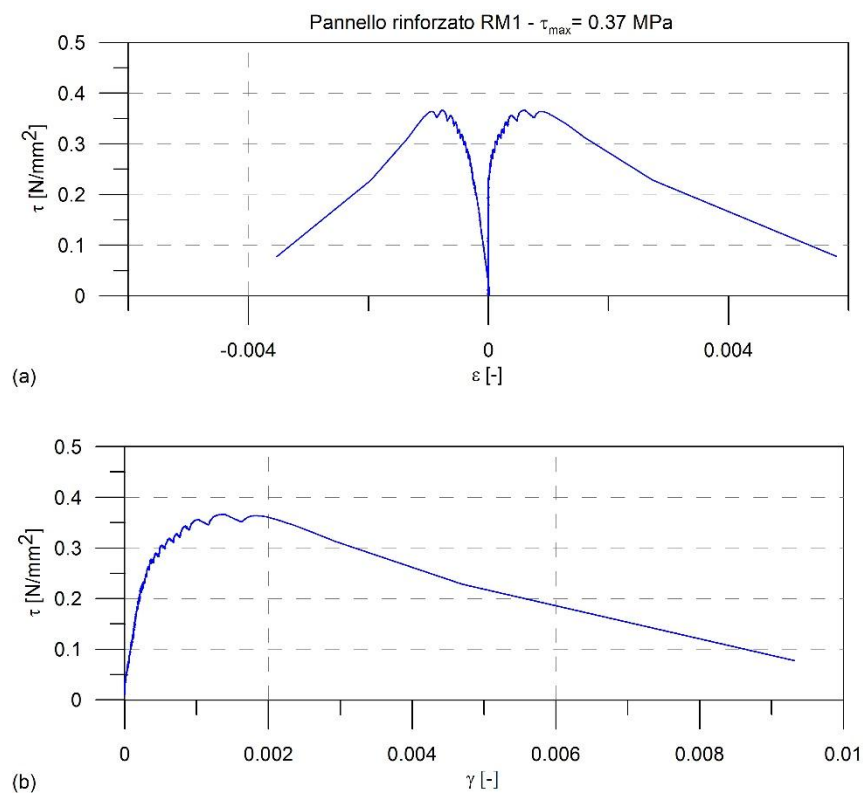


Figura 22. Risultati delle prove sul pannello rinforzato RM1: (a) Diagramma  $\epsilon$ - $\tau$ . (b) Diagramma  $\gamma$ - $\tau$ .

### 3.3.3 Pannello non rinforzato URM2 – Presenza di carico verticale

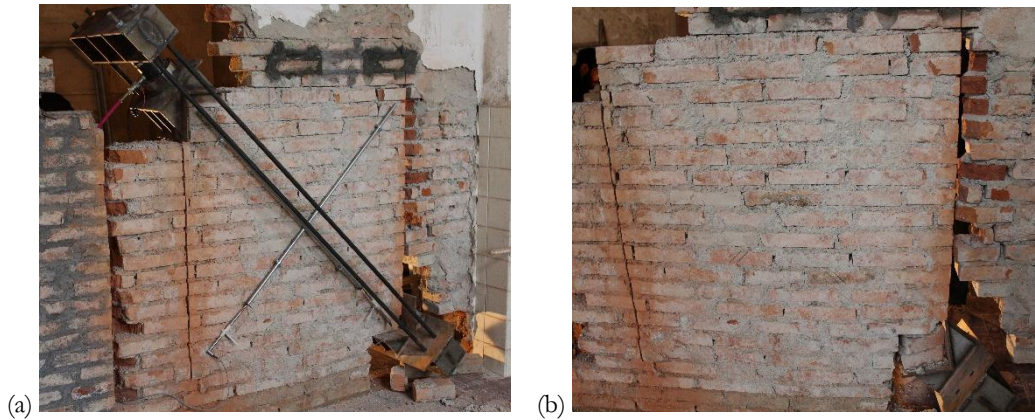


Figura 23. Pannello non rinforzato URM2. (a) Setup di prova con pannello integro. (b) Immagine a rottura del pannello – Rottura a taglio diagonale con scorrimento sui giunti e rottura dei blocchi.

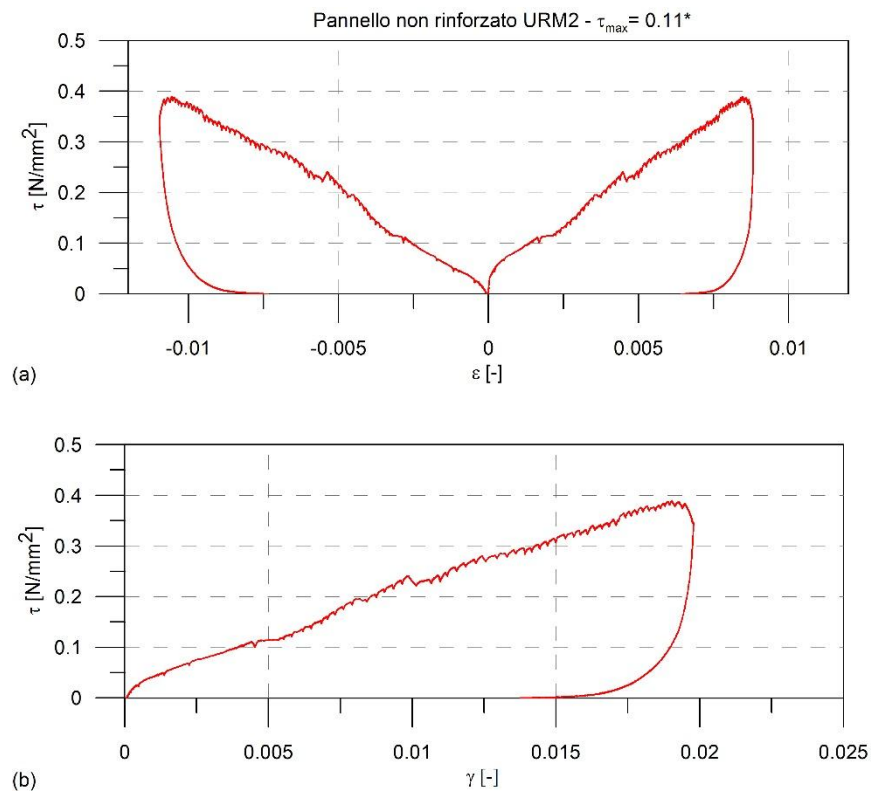


Figura 24. Risultati delle prove sul pannello non rinforzato URM2: (a) Diagramma  $\epsilon$ - $\tau$ . (b) Diagramma  $\gamma$ - $\tau$ .

\*Considerazioni in merito alla stima della  $\tau_{\max}$  sono riportate al paragrafo 3.3.5.

### 3.3.4 Pannello rinforzato RM2 – Presenza di carico verticale

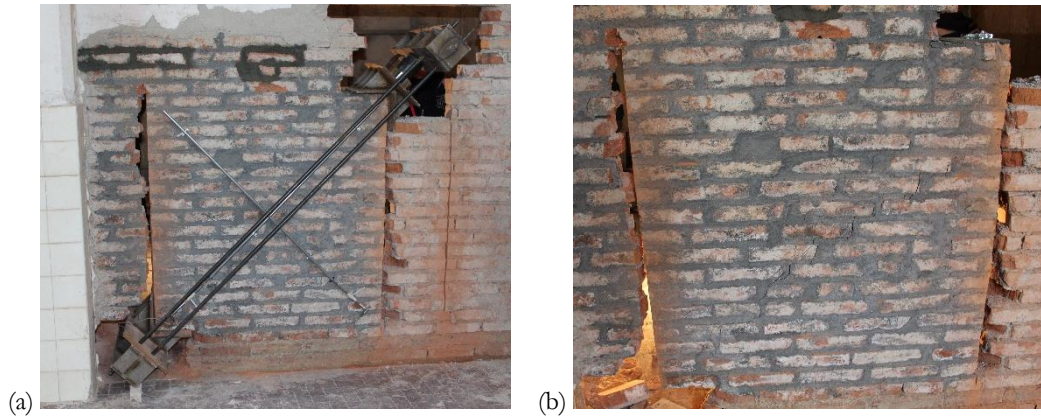


Figura 25. Pannello rinforzato RM2. (a) Setup di prova con pannello integro. (b) Immagine a rottura del pannello – Rottura a taglio diagonale con scorrimento sui giunti e rottura dei blocchi.

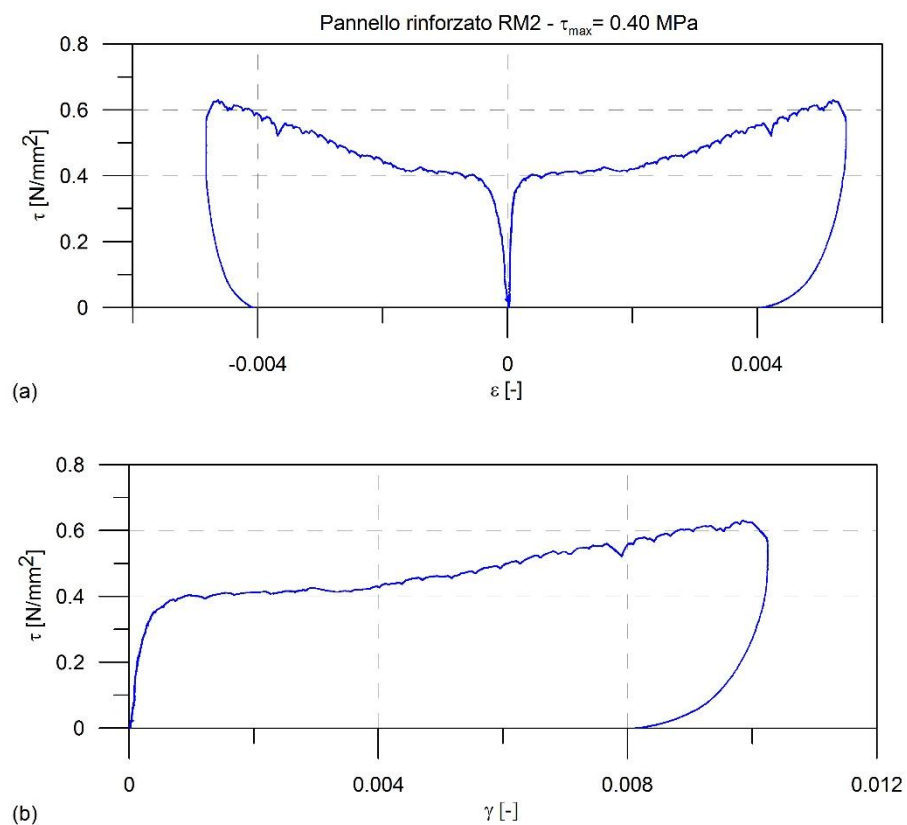


Figura 26. Risultati delle prove sul pannello rinforzato RM2: (a) Diagramma  $\epsilon$ - $\tau$ . (b) Diagramma  $\gamma$ - $\tau$ .



### 3.3.5 Confronto dei risultati e considerazioni conclusive

I risultati delle prove di compressione diagonale descritti nei paragrafi precedenti sono sintetizzati in Tabella 2 per tutti i casi analizzati.

Tabella 2. Risultati dei test a compressione diagonale eseguiti su provini di muratura non rinforzata.

<i>Provino</i>	$P_{max}$ [N]	$\tau_{max}$ [MPa]	$G$ [MPa]
URM1	22964	0.10	350.6
URM2*	25172*	0.11*	-*
RM1	80927	0.37	767.4
RM2	89218	0.40	1160

I dati evidenziano come l'intervento di stilatura dei giunti comporti un incremento della resistenza a taglio di circa tre/quattro volte, sia nel caso in cui si inneschi una rottura per scorrimento sui giunti orizzontali, sia che si ottenga una rottura a taglio diagonale.

In particolare, nel caso di assenza del carico verticale in sommità, si è riscontrata una modalità di collasso per scorrimento orizzontale sui giunti di letto sia nel pannello non rinforzato (URM1) sia rinforzato (RM1). In entrambi i casi la rottura è avvenuta in maniera fragile e repentina. Nel caso del pannello rinforzato RM1 si è tuttavia osservato un ramo con andamento lievemente non lineare associabile al comportamento della malta fibrorinforzata, in grado di assorbire energia, legato all'interazione fra fibre e matrice, prima della rottura.

In presenza di carico verticale la curva di equilibrio carico-spostamento è caratterizzata in entrambi i casi da un andamento quasi orizzontale dopo la fase di picco, seguito da un comportamento di tipo incrudente, legato sia al progressivo danneggiamento del materiale sia alla resistenza allo scorrimento per attrito lungo la lesione diagonale, che si è presentata con il classico andamento "a scaletta", ovvero passante sui giunti e attraverso la frattura di alcuni blocchi. Nel caso URM2 il primo tratto elastico non è chiaramente riconoscibile. Il carico di rottura, e quindi la conseguente tensione tangenziale massima, è stato stimato sulla base dell'osservazione sperimentale, nonché dalla presenza nella curva di equilibrio



dell'andamento orizzontale, seppur contenuto, intorno ad un valore di  $\tau$  pari a circa 0.11 MPa, seguito dal ramo di incrudimento. La quasi assenza della fase elastica è probabilmente riconducibile ad uno stato di danneggiamento avanzato del materiale già presente sulla porzione di muratura analizzata. Per tale motivo si è tralasciata la stima del modulo elastico, in quanto ritenuta priva di significato.





#### 4. CONCLUSIONI

Le attività tecnico-scientifiche descritte nel presente report illustrano i risultati delle prove sperimentali in situ su campioni di muratura costituita da mattoni pieni in laterizio ad una testa e malta cementizia al fine di verificare l'efficacia del rinforzo strutturale eseguito mediante stilatura dei giunti con malta MX-PVA Fibrorinforzata.

In particolare sono stati descritti i risultati di sei blocchi singoli sollecitati a taglio (due non rinforzati e quattro rinforzati) per la valutazione della resistenza allo scorrimento sui giunti e di quattro pannelli murari (due non rinforzati e due rinforzati), delle dimensioni 1,20 m x 1,20 m, sollecitati a compressione diagonale per la valutazione della resistenza a taglio e del modulo di rigidezza secante a taglio.

Le prove di resistenza allo scorrimento su singolo blocco sono state eseguite facendo riferimento alla norma ASTM C1531. Limitatamente ai blocchi sottoposti a prova (muratura ad una testa di spessore 13 cm e stilatura su entrambi i lati per una profondità di circa 2-3 cm per lato), è possibile concludere quanto segue:

- l'intervento di stilatura dei giunti ha conferito un incremento della resistenza allo scorrimento di circa il 50%;
- i blocchi con stilatura dei giunti hanno mostrato un andamento lievemente non-lineare precedentemente al ramo plastico indicativo dello scorrimento attritivo, a differenza del caso non rinforzato che ha presentato un comportamento di tipo fragile.

Le prove a taglio su pannelli per compressione diagonale sono state eseguite secondo le indicazioni della norma ASTM E 519-02 per il calcolo degli sforzi e delle deformazioni equivalenti. Limitatamente alla tipologia dei pannelli sottoposti a prova (geometria e materiali utilizzati) è possibile concludere quanto segue:

- il sistema di rinforzo effettuato mediante stilatura dei giunti ha conferito ai pannelli murari un incremento della resistenza a taglio pari a circa tre/quattro volte quella dei pannelli non rinforzati;
- l'esecuzione del rinforzo di stilatura ha provocato un significativo incremento di rigidezza secante a taglio dei pannelli;



- i pannelli rinforzati con l'intervento di stilatura hanno mostrato un lieve andamento non lineare associato allo sviluppo del quadro fessurativo, plausibilmente legato al comportamento della malta fibrorinforzata in fase post-critica.

Perugia, luglio 2020

*Il coordinatore dell'attività scientifica e sperimentale  
prof. ing. Massimiliano Gioffrè*