

TEST REPORT

*DIPARTIMENTO DI
STRUTTURE PER
L'INGEGNERIA E
L'ARCHITETTURA*

UNIVERSITA' DI NAPOLI "FEDERICO II"

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Via Claudio, 21 - 80125 Napoli

tel. 081/7683336 - fax 081/7683332

sito web: www.dist.unina.it

**Rinforzo con Planitop Intonaco Armato (Mapei S.p.A.)
su muratura di pietra disordinata**

Doc. n° BIP_M_PIA_02
(aggiornamento NTC2018)
Data Maggio 2019
Ing. Alberto Balsamo

Sommario

1. Introduzione	3
2. Programma Sperimentale	3
2.1. Setup di Prova	5
3. Analisi dei Risultati	7
3.1. Pannelli non Rinforzati	8
3.2. Pannelli Rinforzati con Planitop Intonaco Armato (Mapei S.p.A.)	10
4. Discussione dei risultati	14
5. Conclusioni	16
Bibliografia	17



1. INTRODUZIONE

La campagna sperimentale, condotta presso il DiSt - Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", è stata finalizzata alla valutazione del comportamento sperimentale di pannelli in muratura di pietra disordinata rinforzati superficialmente con applicazione di "malta armata" realizzata con matrici inorganiche e/o reti strutturali in fibra di vetro.

I pannelli sono stati sottoposti a prove di compressione diagonale nel piano per la caratterizzazione prestazionale dell'efficacia del rinforzo nell'incrementare la capacità resistente e deformativa a taglio della muratura.

Nel presente documento si riportano i risultati sperimentali ottenuti con riferimento a pannelli in muratura di pietra disordinata rinforzati con l'utilizzo di malta premiscelata bicomponente ad elevata duttilità a base di calce idraulica naturale (NHL) ed Eco-Pozzolana, denominata commercialmente "Planitop Intonaco Armato" (Mapei S.p.A.).

2. PROGRAMMA SPERIMENTALE

Il programma sperimentale ha previsto 9 test di compressione diagonale su pannelli in pietra calcarea disordinata di dimensioni 1200x1200x300 mm. Le pietre di dimensioni variabili sono state disposte in maniera disordinata in casseforme in legno con l'ausilio di una malta a base di calce idraulica naturale di basse caratteristiche meccaniche, usualmente utilizzata per la realizzazione di intonaci, denominata commercialmente "MapeAntique Intonaco NHL" (Mapei S.p.A.), come visibile in Figura 1.



**Rinforzo con Planitop Intonaco Armato (Mapei S.p.A.)
su muratura di pietra disordinata**



Figura 1. Realizzazione muretti

Nell'ambito della campagna sperimentale sono stati testati 3 pannelli di confronto non rinforzati, al fine di determinare l'incremento in termini di resistenza e di duttilità raggiungibili con l'utilizzo dei sistemi di rinforzo utilizzati. Per quanto concerne il sistema di rinforzo oggetto del presente report di prova, sono stati realizzati e testati 6 pannelli tre dei quali con rinforzo eseguito su un solo lato e tre con rinforzo eseguito su entrambi i lati del pannello.

In Tabella 1 è riportata la matrice di prova, in cui è indicata la quantità di provini di diversa tipologia, la sigla identificativa di provini della stessa tipologia, il tipo di malta di rinforzo utilizzata, il tipo di rete di rinforzo, la geometria di rinforzo e la presenza e la tipologia di connettori.

Tabella 1. Matrice di Prova

Q.tà	Sigla	Malta	Rete	Geometria del rinforzo	Connettori
3	P	-	-	-	-
3	P(PIA)*	Planitop Intonaco Armato	-	1 Lato	-
3	P(PIA)**	Planitop Intonaco Armato	-	2 Lati	-

* Rinforzo su un solo lato

** Rinforzo su due lati

La realizzazione dei pannelli e l'esecuzione delle prove sperimentali sono state condotte a cura e sotto la supervisione del DiSt - Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università di Napoli "Federico II", presso un laboratorio "off site" situato a circa venti chilometri dal laboratorio centrale. Manovalanze esperte hanno eseguito la costruzione dei pannelli a regola d'arte assicurando anche la continuità della manodopera al fine di ottenere la massima omogeneità possibile (Figura 2).





Figura 2. Confezionamento muretti

2.1. SETUP DI PROVA

Le prove sono state eseguite utilizzando un setup appositamente studiato e sviluppato per soddisfare le specifiche indicate nella norma ASTM E 519-81 [6] e, altresì, per poter essere utilizzabile con modalità setup mobile, previo assemblaggio, anche presso un laboratorio “*off-site*”.

Il carico è stato applicato attraverso due elementi complessi ad L formati dall’assemblaggio di piastre metalliche di idoneo spessore, nel seguito indicati sinteticamente come scarpe, posizionati in corrispondenza di due spigoli opposti del pannello oggetto di prova. Le scarpe metalliche sono mutuamente collegate attraverso due barre filettate all'estremità in acciaio solidarizzate alle scarpe stesse attraverso quattro cerniere sferiche, in grado di assorbire le eventuali deformazioni fuori dal piano dei pannelli durante il test (Figura 3). La fase di posizionamento delle scarpe è stata eseguita riducendo al minimo le eccentricità tra la direzione di applicazione del carico e l’asse geometrico verticale dei muretti.

Il corretto posizionamento della scarpa di carico all’estremità superiore del pannello è stato facilitato da un sistema di viti di regolazione distribuite sulle superfici interne della scarpa stessa. Propedeuticamente all’applicazione delle scarpe è stato localmente realizzato un letto di malta antiritiro a presa rapida tra le piastre metalliche e la superficie libera del pannello, per evitare rotture fragili locali della muratura.

Rinforzo con Planitop Intonaco Armato (Mapei S.p.A.) su muratura di pietra disordinata

Sono stati quindi eseguiti test in controllo di spostamento con una velocità di applicazione di 0,02 mm/sec impressa attraverso un martinetto idraulico servocontrollato alimentato da una pompa elettrica.

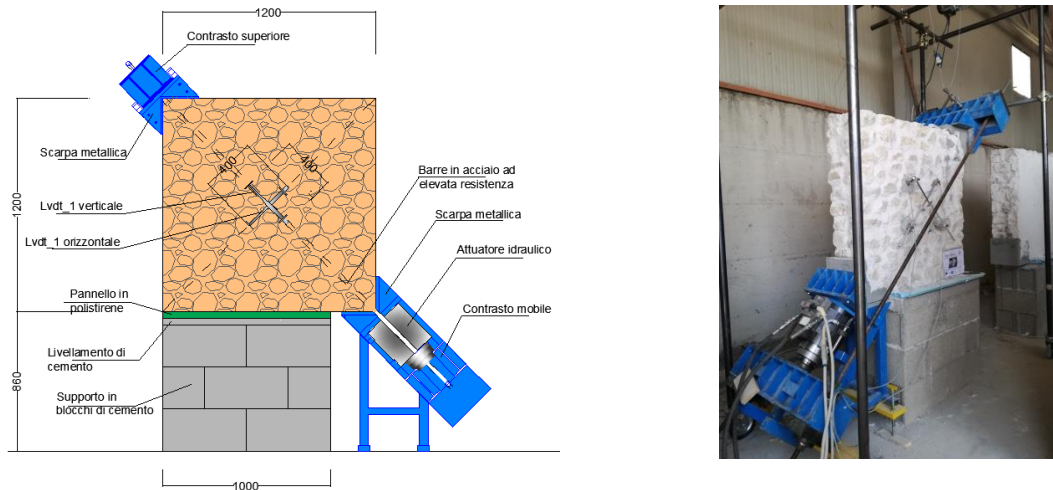


Figura 3. Test setup

Durante l'esecuzione dei test, è stato eseguito il monitoraggio del carico attraverso una cella con capacità di 500 kN. Inoltre sono state acquisite le deformazioni del pannello attraverso trasduttori di spostamento, denominati LVDT - Linear Variable Displacement Transducer, posti sulle due facce lungo le quattro diagonali, con una base di lettura di 400 mm, le cui misurazioni sono state registrate attraverso una centralina di acquisizione con una frequenza di 5 Hz.

3. ANALISI DEI RISULTATI

Nonostante l'elevata entità e la concentrazione locale del carico trasmesso dal setup di prova in corrispondenza delle estremità (spigoli) dei muretti, i carichi impressi non hanno mai indotto lo schiacciamento locale degli spigoli dei muretti.

Nel seguito sono riportati i simboli utilizzati per l'analisi dei risultati. La simbologia ed i relativi indici e significato sono conformi agli standard ASTM:

- τ = tensione applicata al pannello: $\tau = 0,707 \frac{V}{A_n}$
- $\tau_{\max}$ = valore che τ assume per lo sforzo massimo
- τ_u = valore che τ assume all'80% del carico massimo nella fase di post-picco
- A_n = area della sezione trasversale netta: $A_n = \frac{(b+h)}{2} \cdot t$ (con b, h e t rispettivamente base, altezza e spessore del muretto, considerando anche per i muretti rinforzati lo spessore originario del pannello $t = 300$ mm)
- V = sforzo di taglio applicato
- ε_v e ε_h = deformazioni medie rispettivamente verticali ed orizzontali valutate come media dei valori forniti dagli LVDT
- γ = deformazione da taglio: $\gamma = \varepsilon_v + \varepsilon_h$
- G = modulo di rigidezza: $G = \frac{\tau_{(30\% V_{\max})}}{\gamma_{(30\% V_{\max})}}$
- ν = modulo di Poisson: $\nu = - \frac{\varepsilon_h(30\% V_{\max})}{\varepsilon_v(30\% V_{\max})}$
- $\gamma_{\max}$ = valore che γ assume per lo sforzo massimo
- γ_u = valore che γ assume all'80% del carico massimo nella fase di post-picco
- μ = fattore di duttilità: $\mu = \frac{\gamma_u}{\gamma_{\max}}$

3.1. PANNELLI NON RINFORZATI

Sono stati realizzati 3 pannelli in muratura di pietra calcarea disordinata di dimensioni 1200x1200x2300 mm confezionati con malta di allettamento, denominata commercialmente "Mape-Antique Intonaco NHL" (Mapei S.p.A.). Il comportamento meccanico di tali pannelli non rinforzati è stato essenzialmente governato dalla crisi per scorrimento all'interfaccia pietra-malta lungo la diagonale di compressione.

Per ciascun pannello non rinforzato lo stato tensionale indotto dall'applicazione del carico di prova è del tutto coerente con il quadro fessurativo tipico atteso. In particolare sono state rilevate fessure prevalentemente disposte lungo le superfici di interfaccia pietra-malta piuttosto che lungo la direzione di applicazione del carico. Pertanto le modalità di rottura sono state caratterizzate dallo scorrimento dei letti di malta rispetto alle pietre.

Nelle figure seguenti si può osservare il pannello integro prima della prova (Figura 4a), il pannello strumentato (Figura 4b), ed infine la modalità di rottura esibita durante la prova e a fine prova (Figura 5).



a)



b)

Figura 4. Pannello non rinforzato



Figura 5. Tipica rottura diagonale del pannello non rinforzato

Nel grafico 1 sono riportati i diagrammi tensione-deformazione dei pannelli non rinforzati. Si evidenzia un comportamento tipicamente fragile dei provini, caratterizzato da un primo tratto quasi lineare ed un secondo tratto non lineare fino al valore di picco, seguito da una perdita di carico istantanea.

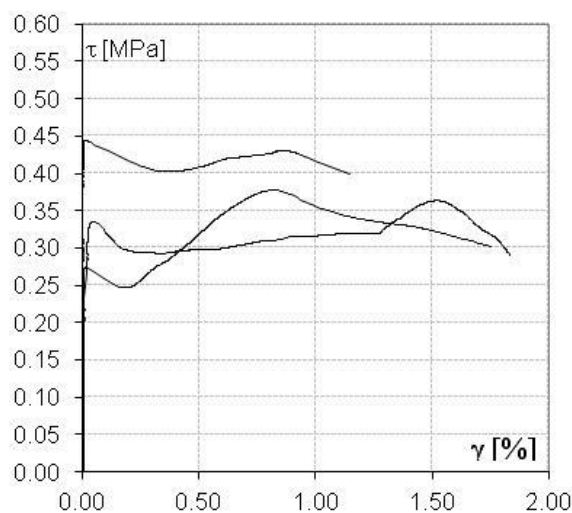


Grafico 1. Confronto curve tensioni-deformazioni Pannelli non rinforzati

In Tabella 2 sono riportati i risultati delle prove di compressione diagonale per i pannelli non rinforzati in termini di V_{max} = taglio massimo raggiunto, τ_{max} = tensione massima, γ_{max} = deformazione in corrispondenza del picco di carico, G = modulo di rigidezza, ν = modulo di Poisson; sono, altresì, riportati i relativi valori medi.

**Rinforzo con Planitop Intonaco Armato (Mapei S.p.A.)
su muratura di pietra disordinata**

Tabella 2. Risultati prove compressione diagonale su pannelli non rinforzati

Campione	V_{max}	τ_{max}	$\tau_{max,m}$	γ_{max}	$\gamma_{max,m}$	G	G_m	v	v_m
	[kN]	[MPa]	[MPa]	[%]	[%]	[MPa]	[MPa]	[-]	[-]
P1	185	0.36	0,39	4.18%	1,68%	1584	1584	0,14	0,31
P2	192	0.38		0.83%		-		0,48	
P3	226	0.44		0.04%		-		-	

3.2. PANNELLI RINFORZATI CON PLANITOP INTONACO ARMATO (MAPEI S.P.A.).

I pannelli rinforzati sono in totale quattro denominati P(PIA)* e P(PIA)**. Di essi n.° 3, denominati P(PIA)*, sono stati rinforzati su un solo lato; n.° 3, denominati P(PIA)**, sono stati rinforzati su 2 lati. Il rinforzo (Figura 6) è stato realizzato con l'applicazione di malta premiscelata bicomponente ad elevata duttilità a base di calce idraulica naturale (NHL) ed Eco-Pozzolana, denominata commercialmente “Planitop Intonaco Armato” (Mapei S.p.A.), avente spessore di circa 15 mm posto senza rete in maniera non perfettamente planare.



Applicazione malta



Aspetto finale superficie non regolare

Figura 6. Realizzazione rinforzo

I risultati dei test sperimentali relativi ai pannelli rinforzati sono riportanti in termini di tensioni e deformazioni nel Grafico 2, in cui con tratto continuo nero si riporta l'andamento delle curve relative ai pannelli non rinforzati, mentre è stato utilizzato il tratto viola discontinuo per i pannelli rinforzati su un solo lato ed, infine, il tratto viola continuo per i pannelli con rinforzo su ambedue i lati (si osserva che per uno dei pannelli rinforzati su un solo lato non è stato possibile riportare la curva a causa di problemi di lettura degli strumenti per cui si riporta solo il carico ultimo in Tabella 3).

**Rinforzo con Planitop Intonaco Armato (Mapei S.p.A.)
su muratura di pietra disordinata**

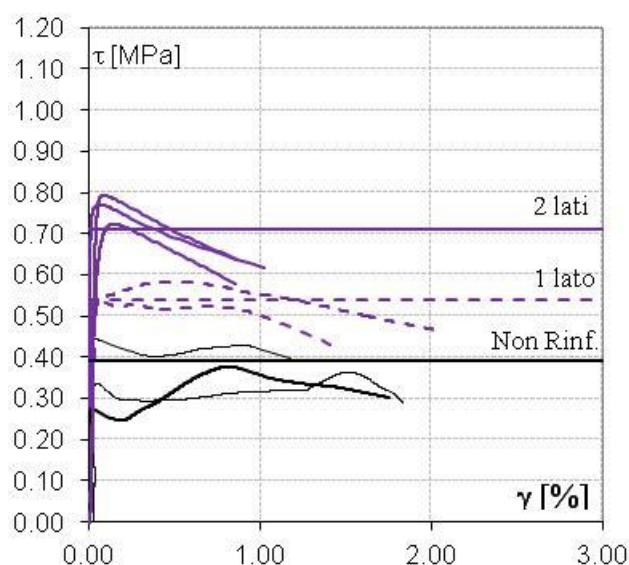


Grafico 2. Curve tensioni-deformazioni - Pannelli non rinforzati - Pannelli rinforzati Planitop Intonaco Armato

In Tabella 3 sono riportati i risultati delle prove di compressione diagonale per i pannelli rinforzati in termini di V_{max} = taglio massimo raggiunto, τ_{max} = tensione massima, τ_u = tensione ultima, γ_{max} = deformazione in corrispondenza del picco di carico, γ_u = deformazione ultima, G = modulo di rigidezza, ν = modulo di Poisson, μ = fattore di duttilità; sono, altresì, riportati i relativi valori medi.

Tabella 3: Risultati prove compressione diagonale su pannelli rinforzati

Campione	V_{max}	τ_{max}	$\tau_{max,m}$	τ_u	$\tau_{u,m}$	γ_{max}	$\gamma_{max,m}$	γ_u	$\gamma_{u,m}$	G	G_m	μ	μ_m
	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[%]	[%]	[%]	[%]	[MPa]	[MPa]	[-]	[-]
P(PIA)*	274	0.54	0.54	0.43	0.45	0.06%	0.28%	1.41%	1.71%	1586	1701	24.8	14.38
	297	0.58		0.47		0.50%		2.01%		1816		4.0	
	256	0.50		-		-		-		-		-	
P(PIA)**	369	0.72	0.76	0.58	0.61	0.15%	0.14%	0.85%	0.96%	3167	3670	5.7	7.01
	392	0.77		0.62		0.19%		1.15%		4196		5.9	
	404	0.79		0.64		0.09%		0.87%		3647		9.4	

P(PIA) * muretti rinforzati su 1 solo lato

P(PIA) ** muretti rinforzati su 2 lati

Dall'esame dei risultati si evince che la tensione massima (τ_{max}) raggiunta dai pannelli rinforzati è sempre superiore a quella raggiunta dai campioni non rinforzati con picchi di incremento molto elevati



Rinforzo con Planitop Intonaco Armato (Mapei S.p.A.) su muratura di pietra disordinata

(intervallo percentuale di incremento da 38% a 95%). Inoltre i pannelli rinforzati mostrano un comportamento non più fragile nella fase di post-picco, differentemente dai pannelli non rinforzati.

L'utilizzo della sola malta senza la presenza di una rete interna non garantisce la diffusione degli sforzi su tutto il pannello il che mostra un'efficacia minore ma comunque significativa dell'intervento. I risultati numerici sono qualitativamente confermati anche dal quadro fessurativo; differentemente dalle prove eseguite utilizzando sistemi con reti il quadro fessurativo dei pannelli rinforzati mostra un'unica lesione diagonale lungo la direzione di compressione. (Figura 7 e Figura 8).

Pertanto gli effetti derivanti dai rilevati incrementi di resistenza e di capacità deformativa determinano complessivamente una maggiore capacità dei campioni rinforzati di dissipare energia. Tale capacità dissipativa rende il sistema di rinforzo particolarmente adatto per il miglioramento delle capacità prestazionali di pareti in muratura costituenti l'organismo strutturale di edifici ricadenti in aree a rischio sismico.



Figura 7. Quadro fessurativo dei pannelli rinforzati su un solo lato

**Rinforzo con Planitop Intonaco Armato (Mapei S.p.A.)
su muratura di pietra disordinata**



Figura 8. Quadro fessurativo dei pannelli rinforzati su due lati

Rinforzo con Planitop Intonaco Armato (Mapei S.p.A.)
su muratura di pietra disordinata

4. Discussione dei risultati

La Circolare esplicativa del 21 gennaio 2019 n. 7¹ consente di stimare le caratteristiche meccaniche delle murature sottoposte ad intervento di rinforzo, attraverso coefficienti amplificativi, diversificati per tipologia di muratura e di intervento.

In particolare, stabilisce di poter applicare nel caso di muratura consolidata con intervento di intonaco armato su entrambi i lati un coefficiente amplificativo per determinare sia la resistenza meccanica a taglio, τ_0 , sia al modulo elastico tangenziale, G , come descritto in Tabella 4.

Tabella C8.5.II -Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonacoarmato (**) (highlighted)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

Tabella 4. Tabella C8.5.II della Circ. n°7/2019

Nella Tabella 5 si riportano V_{max} = valore medio dello sforzo massimo raggiunto, $\tau_{max,m}$ = valore medio della tensione massima, $\Delta\tau_{max,m}$ = la percentuale di incremento di resistenza dei campioni rinforzati, $Cc(\tau_{max,m})$ = coefficiente amplificativo in termini di resistenza, G_m = modulo elastico tangenziale medio, ΔG_m = la percentuale di incremento di modulo elastico dei campioni rinforzati e $Cc(G_m)$ = coefficiente amplificativo in termini di modulo elastico, a seconda della modalità di applicazione del rinforzo su un lato o su entrambi i lati dei pannelli, oggetto del seguente test report.

¹ CIRCOLARE 21 GENNAIO 2019, N. 7 - "ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELL'«AGGIORNAMENTO DELLE "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"» DI CUI AL DECRETO MINISTERIALE 17 GENNAIO 2018"



Rinforzo con Planitop Intonaco Armato (Mapei S.p.A.)
su muratura di pietra disordinata

Tabella 5. Risultati test eseguiti per determinare il coefficiente moltiplicativo ($t=300$ mm)

Campione	Tipologia rinforzo	V_{med}	$\tau_{max,m}$	$\Delta\tau_{max,m}$	$Cc(\tau_{max,m})$	G_m	ΔG_m	$Cc(G)$
		[kN]	[MPa]	[%]	[-]	[MPa]	[%]	[-]
P	-	201	0,39	-	1,00	1584	-	1,00
P(PIA) *	Planitop Intonaco Armato	275	0,54	38%	1,38	1701	7%	1,07
P(PIA)**	Planitop Intonaco Armato	388	0,76	95%	1,95	3670	132%	2,32

P(PIA)* muretti rinforzati su 1 solo lato

P(PIA)** muretti rinforzati su 2 lati

E' significativo osservare che il coefficiente amplificativo delle tensioni raggiunge un valore pari a 1,38 nel caso di pannelli rinforzati su un lato e 1,95 nel caso di pannelli rinforzati su entrambi i lati. Inoltre, nel caso di rinforzo su entrambi i lati del pannello, il coefficiente amplificativo delle tensioni è prossimo al coefficiente amplificativo del modulo G, in ogni caso leggermente minori rispetto ai valori riportati nella tabella della Circolare n° 7/2019 ma comunque significativi.

Nella Circolare non è specificato lo spessore di intonaco armato e lo spessore della muratura su cui esso è applicato (è presente una nota che stabilisce di ridurre i coefficienti amplificativi per pareti di grande spessore). Pertanto è stato effettuato un ulteriore calcolo dei coefficienti amplificativi tenendo conto dello spessore effettivo della muratura (muratura iniziale $t=300$ mm e spessore del rinforzo pari a 15 mm nel caso di rinforzo su un lato 30 mm nel caso di rinforzo su due lati), comprensivo del rinforzo effettuato ($t = (315) 330$ mm), i cui risultati sono mostrati in Tabella 6.

Tabella 6: Risultati test eseguiti per determinare il coefficiente moltiplicativo ($t = (315) 330$ mm)

Campione	Tipologia rinforzo	V_{med}	$\tau_{max,m}$	$\Delta\tau_{max,m}$	$Cc(\tau_{max,m})$	G_m	ΔG_m	$Cc(G)$
		[kN]	[MPa]	[%]	[-]	[MPa]	[%]	[-]
P	-	201	0,39	-	1,00	1584	-	1,00
P(PIA) *	Planitop Intonaco Armato	275	0,52	33%	1,33	1630	3%	1,03
P(PIA)**	Planitop Intonaco Armato	388	0,69	77%	1,77	3254	105%	2,05

In questo caso si evince che, nonostante un decremento delle prestazioni dei pannelli a vantaggio di sicurezza, i valori dei coefficienti amplificativi, nel caso di rinforzo effettuato su entrambi i lati del pannello, risultano minori rispetto ai valori di Tabella 4 ma comunque significativi.



5. CONCLUSIONI

I risultati ottenuti e sinteticamente descritti nel presente test report dimostrano che l'applicazione del sistema di rinforzo realizzato con " Planitop Intonaco Armato" (spessore 15 mm non rasato), produce un significativo miglioramento delle capacità resistente e deformativa della muratura di pietra disordinata.

Sinteticamente i vantaggi sono evidenziati dalle seguenti considerazioni:

- differente quadro fessurativo riscontrato a fine prova:
 - a) i pannelli non rinforzati presentano lesione lungo i soli letti di malta;
 - b) i pannelli rinforzati presentano lesione lungo la diagonale di compressione e piccole lesioni nell'intorno di tale lesione;
- incremento in termini di resistenza rispetto ai pannelli non rinforzati;
- incremento della rigidezza del sistema;
- incremento della capacità deformativa nella fase di post-picco.

Inoltre, il coefficiente amplificativo della resistenza e del modulo elastico, ottenuto per i pannelli in muratura di pietra calcarea disordinata con spessore di 300 mm, oggetto del seguente test report, assume valori minori rispetto a quelli riportati in Tabella C8.5.II della Circ. n° 7/2019, riferito all'intervento con intonaco armato effettuato su entrambi i lati pari a 2,5 ma comunque significativi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Drysdale R. G., Hamid A. A., Baker L. R. (1994) "Masonry structures. behaviour and design", Prentice-Hall, Englewood Cliffs. N.J.
- [2] Magenes G., Calvi G. M. "In-plane seismic response of brick masonry walls." *Earthquake Eng. Struct. Dyn.* 26, 1091–1112.
- [3] Marcari G., Manfredi G., Prota A. and Pecce M. (2007) "In-plane shear performance of masonry panels strengthened with FRP." *Composites Part B: Engineering*, 38(7-8), 887-901.
- [4] Prota A., Marcari G., Fabbrocino G., Manfredi G., Aldea C. "Experimental in plane behavior of tuff masonry strengthened with cementitious matrix-grid composites" *Journal of Composites for Construction - ASCE*, May-June 2006.
- [5] Triantafillou T. C., Fardis M. N. (1997) "Strengthening of historic masonry structures with composites materials." *Mater. Struct.*, 30.486–496.
- [6] ASTM E 519-81, 1981, Standard test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages. American Society for Testing Materials.
- [7] UNI EN 998-2, 2004. Specifiche per malte per opere murarie - Malte da muratura.
- [8] UNI EN 1015-11, 2007. Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 11: Determinazione della resistenza a flessione e a compressione della malta indurita.