



Sperimentazioni al vero nel centro storico de L'Aquila-Pannelli murari diversamente consolidati e sollecitati fuori piano: prime note

Antonio Borri

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli studi di Perugia. Via G. Duranti, 93 06125 Perugia.

Michele Candela

Dipartimento P.A.U., Università degli Studi di Reggio Calabria. Salita Melissari 1, 89124 Reggio Calabria.

Roberta Fonti

Dipartimento di Ingegneria Strutturale – Università di Napoli “Federico II”, Piazzale Tecchio 80, 80125 Napoli

Keywords: muraure storiche, diaconi, tessitura muraria, ristilatura, doppia cortina.

ABSTRACT

A seguito del Sisma del 6 Aprile 2009, il centro storico de L'Aquila è risultato a luoghi fortemente danneggiato mentre comunque un livello di danno medio si è manifestato nella quasi totalità dei suoi edifici. In accordo con le Autorità competenti ed i proprietari dell'immobile oggetto di studio, è stato proposto un programma di prove sperimentali di simulazione sismica da effettuarsi in situ sulle strutture murarie dell'edificio, ubicato in posizione d'angolo, all'interno di uno degli aggregati edilizi prospicienti piazza San Pietro a Coppito. Nello specifico sono state selezionate sei pannellature murarie, dislocate lungo la facciata principale prospettante Via Pretatti, con simulazione di danneggiamento fuori dal piano dei pannelli murari. Attesa la carenza di fonti rinvenibili in letteratura, la sperimentazione è stata programmata a partire da un pannello lasciato “tal quale”, proprio per avere a disposizione un dato di iniziale reale da confrontare con i risultati dei rimanenti elementi strutturali per i quali sono state messe a punto cinque diverse tecniche di intervento, che verranno di seguito esposte insieme ad un primo commento dei risultati.

1 PREMESSA

Il fabbricato in analisi (vedi Figura 1.) mostra un danneggiamento tipico dell'edilizia muraria del centro storico de L'Aquila. In particolare, i maggiori danni sono stati rilevati sulle pareti, sollecitate fuori dal loro piano ed in sommità.



Figura 1. Foto fabbricato dopo il sisma del 6 aprile 2009.

L'edificio irregolare in pianta, consta di tre piani fuori terra con strutture voltate ai livelli inferiori.

Il programma di demolizione messo a punto dall'Amministrazione Comunale, prevede la totale scomposizione del manufatto oggetto di analisi, tranne che per il piano terra. A seguito di sopralluogo compiuto congiuntamente al geom. M. Mastrangelo dell'U.T.C. de L'Aquila ed all'Ass. Comunale V. Placidi, si sono determinate le opportune condizioni affinché si potesse operare, in sicurezza, una campagna di prove distruttive, sui setti murari perimetrali.



Figura 2. Inquadramento planimetrico intorno: Piazza San Pietro a Coppito (AQ).

Determinante, per la messa in sicurezza del sub-cantiere di prova, perimetrato all'interno del ben più vasto comparto 96, è stato l'apporto

propositivo e volontario dell'impresa To.Di.Ma. srl, con sede all'Aquila, appaltatrice dei lavori in corso.

1.1 Lo stato dei luoghi

I pannelli presi in analisi come già premesso sono in numero sei, dislocati lungo l'intero paramento di facciata su via Pretatti, con la sola eccezione di uno di essi, posto in posizione d'angolo, su Piazza San Pietro.



Figura 3. Foto facciata prospiciente Via Pretatti con indicazione dei pannelli 1 – 2 – 3 – 4 – 6 oggetto di analisi.



Figura 4. Foto pannello n.5 facciata rivolta su Piazza San Pietro.

Gli elementi, posti al primo livello fuori terra, riquadrati da aperture poste a distanza più o meno regolari fra di esse, si configurano naturalmente come dei veri e propri macroelementi, con spessori di 60cm per un'altezza di 4m. Dalla lettura dei paramenti di facciata è stato possibile individuare come problematica principale, l'assenza di elementi che colleghino l'intera sezione trasversale, assicurandone il monolitismo. Le murature selezionate sono comunque rappresentative di una morfologia edilizia, definibile come "media", tra quelle rilevabili nel centro storico de L'Aquila. Sia sotto il profilo della geometria dei singoli elementi e dell'insieme, che sotto quello della qualità dell'apparecchio murario. Questo realizzato a doppia cortina possiede un ingranamento minimo degli elementi resistenti nella sezione trasversale, ma comunque sufficiente ad assicurare l'attrito e

quindi la capacità di trasmettere carichi, sfruttando comunque l'intera sezione. I paramenti risultano composti da conci lapidei di dimensione media, intorno ai 20cm, circa o piccola intorno ai 10cm. Questi elementi di forma parzialmente arrotondata, appaiono appena sbazzati ed allettati su ripiani di malta di calce, realizzata con inerti di granulometria media, impastati con una importante componente terrosa e posti in opera con spessori di svariati centimetri. Le murature nel complesso appaiono quasi sempre ben organizzate, rinzeppate mediante scapoli in pietra e frammenti in laterizio, con regolarizzazione dei piani di posa molto frequente, circa ogni 40cm.



Figura 5. Campionatura muratura in situ, 1m x 1m, rappresentativa del modello tipologico locale aquilano

2 LE DIVERSE STRATEGIE DI INTERVENTO

2.1 Descrizione dei singoli interventi di rafforzamento murario

Sono state messe appunto cinque differenti strategie d'intervento a partire dal semplice miglioramento della monoliticità trasversale, di cui si è appurata l'assenza mediante lettura del lessico costruttivo, via via ci si è interessati di più aspetti, guardando all'intero elemento strutturale. Quindi, destinando il pannello n.6 a macroelemento originale di riferimento, confrontabile con gli ulteriori cinque pannelli, si è proceduto nel pannello n.4 mediante la consueta tecnica delle iniezioni. Quest'ultima realizzata effettuando perforazioni di diametro \varnothing ad interasse di circa 60cm; la miscela d'iniezione è in boiaccia di calce posta in fase con pressione di circa 2 bar, previo lavaggio delle murature. Per il pannello n.2 si è pensato all'inserimento di elementi trasversali di collegamento fra le due cortine, di tipo artificiale. Dimensionati e posti in opera con particolare attenzione alla messa in carico degli stessi a tal fine è stato studiato un sistema innovativo composto da un "concio" resistente in conglomerato cementizio alleggerito, che quindi si configura in tutto e per tutto come

un blocco in pietra, ma con una forma in sezione trasversale a T rovescia, modellata in base all'esigenza di inserire dei divaricatori, in materiale metallico, capaci di controllare in maniera pressoché costante la messa in carico dell'elemento e quindi il ripristino del normale flusso delle tensioni, lungo l'intero paramento murario verticale.



Figura 6. Foto dilatometri posti in opera.

Di seguito si illustrano le fasi esecutive:

1. realizzazione forature, mediante carotatrice, con interasse pari a circa tre volte lo spessore murario;
2. costruzione di elementi in calcestruzzo alleggerito 30x20, gettato in opera, attesi i tempi minimi di maturazione; al fine di produrre artificialmente un concio di pezzatura adeguata;
3. posa in opera di divaricatori metallici per la messa in carico controllata. (Figura 8)

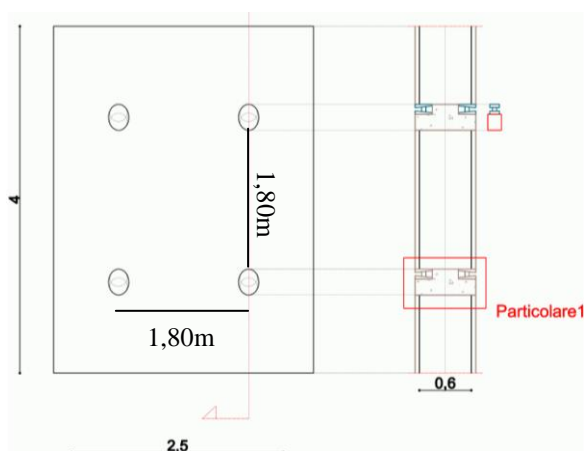


Figura 7. Schematizzazione intervento pannello n.2



Figura 8. Foto particolare 1

Altro intervento di rafforzamento murario rivolto sempre agli aspetti connessi all'eliminazione del principale difetto strutturale

è quello del pannello n.3. Il sistema proposto deriva da una tecnologia utilizzata per gli ancoraggi di catene metalliche, mediante iniezione di malta (cementizia o a base calce) in una calza di poliestere che avvolge la barra.

Si è pensato di utilizzare questi elementi come diatoni artificiali per ottenere due vantaggi: il primo è quello specifico della tecnologia in questione, ovvero, evitare che la iniezione si disperda in modo incontrollato nella muratura, il secondo è che iniettando la calza, questa si espande andando ad occupare i vuoti intorno al foro, realizzando così un elemento di ingranamento continuo nello spessore murario.

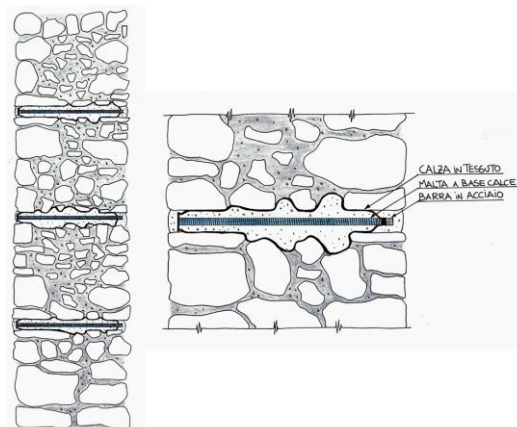


Figura 9. Sezione del muro rinforzato con diatoni.

La calza consente una fuoriuscita della parte più fine della miscela (iniettata a bassa pressione tramite dei tubicini in plastica posti ad un estremo della barra), che migliora così l'adesione al supporto.

Si ha quindi un duplice ancoraggio: per adesione e per ingranamento, ottenendo come risultato finale quello di un efficace collegamento dei paramenti.

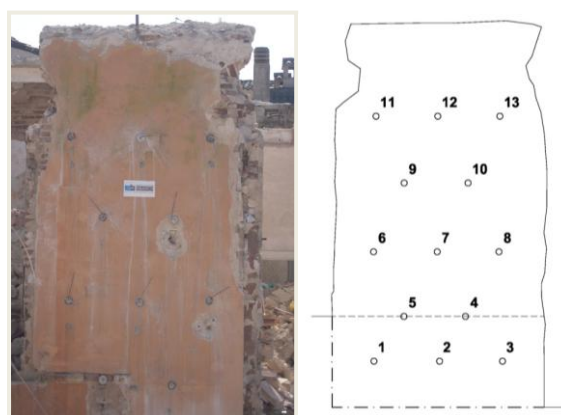


Figura 10. Pannello rinforzato con diatoni schema intervento e foto.

Si è scelto di rinforzare il pannello con sistemi di ancoraggio sopra descritti utilizzando:

- Barra tipo GBOS 16/304 in acciaio inossidabile ad alta resistenza con filettatura

trapezoidale a passo grosso, continua su tutta la lunghezza; diametro 16 mm ; lunghezza 500 mm

- Calza tubolare in tessuto fissata in corrispondenza delle estremità della barra in acciaio;

- Tubicino in nylon del diametro di 8 mm per l'iniezione;

- Malta a base calce di tipo Bossong BCM Ls avente resistenza a compressione media a 28 gg pari a 8.7 MPa e resistenza a trazione per flessione media a 28 gg pari a 2.6 MPa.

Si sono effettuate delle perforazioni orizzontali con sonda diamantata con funzionamento a sola rotazione con lunghezza variabile da 560 a 800 mm. Tali perforazioni, del diametro di 60 mm, sono state realizzate mediante carotatrice tipo HILTI montata su apposito telaio fissato al pannello murario con ancorante chimico, vista l'impossibilità di utilizzo di ancoranti di tipo meccanico. L'operazione ha richiesto dei tempi di attesa abbastanza lunghi, circa tre ore, per la messa in carico dell'ancoraggio che potrebbero essere poco penalizzanti se il lavoro fosse eseguito in modo sequenziale. Per ovviare a questo inconveniente si è valutata l'ipotesi di ridurre il diametro della perforazione a 30/40 mm, permettendo agli addetti ai lavori di operare con carotatrici a mano, evitando così le problematiche legate al fissaggio del telaio; oppure realizzando un'apposita guida solidale al ponteggio sulla quale fissare la carotatrice.

Nella prima ipotesi, si deve però tener conto di un aspetto molto importante ovvero la perforazione non sarebbe più a sola rotazione ma a rotazione e percussione, il che potrebbe portare al disgregamento della malta costituente la muratura.

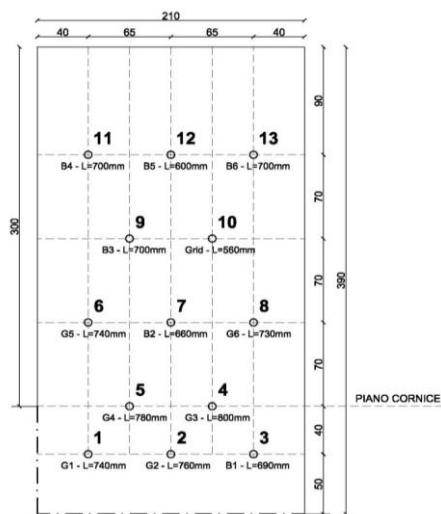


Figura 11. Schema dettagliato rinforzo.

Gli ancoraggi sono stati eseguiti secondo lo schema riportato sotto (Figura 11) dove sono specificate:

- lunghezza di ancoraggio

- lunghezza di aderenza utile dell'ancoraggio

La sigla B identifica i diatoni con lunghezza di aderenza utile pari a 600 mm;

La sigla G identifica i diatoni con lunghezza di aderenza utile pari a 650 mm;

La sigla Grid identifica i diatoni con lunghezza di aderenza utile pari a 600 mm.

I successive due interventi di consolidamento, oltre ad affrontare la problematica sopra esposta, propongono come ulteriore elemento di fragilità del muro l'attenzione per i ricorsi di malta, il loro livello di degrado e composizione e spessore in opera. A tal fine ambo i pannelli sono stati privati delle rispettive intonacature di tipo storico, realizzate in malta di calce in tre strati e provvisto di racconciatura con elementi in laterizio, posti da supporto per l'importante spessore dello stesso. La lavorazione, non di facile attuazione proprio per la necessità di reperire operai qualificati in grado di rimuovere il supporto, è stata condotta fino alla scarnificazione degli elementi.

Sono stati progettati due interventi di consolidamento che, pur partendo da scelte di base analoghe, si differenziano fortemente per il tipo di materiali impiegati. Il pannello n.5 sfrutta materiali tradizionali ed analoghi a quelli rilevati in sito; mentre il pannello n.1, innovativi di ultima generazione ancora in fase del tutto sperimentale.

La strategia adottata per il pannello n.5 prevede la possibilità di ovviare alle problematiche sopra esposte, inserendo dei collegamenti trasversali realizzati in legno e rinzepando, in maniera profonda, i giunti di malta.

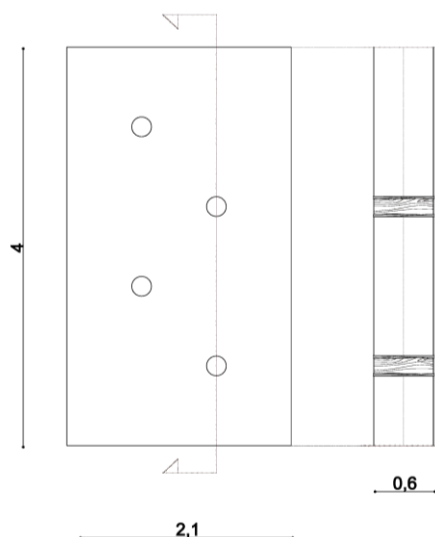


Figura 12. Schema rinforzo inserimento elementi trasversali.

Pertanto, si è proceduto per fasi, la prima contempla la possibilità di studiare in maniera sistematica la posa in opera degli elementi costituenti il paramento murario, al fine di comprenderne al meglio le modalità con cui i corpi resistenti risultano pluriconnessi fra loro.

Perciò, si è propeso per una spicconatura pressoché totale e scarnificazione degli elementi costituenti, fino ad avere la possibilità di leggerne distintamente i connotati costruttivi. Da questo primo step di analisi è stato possibile ricavare un dato fondamentale: *la diversa fattura del paramento esterno rispetto a quello rivolto verso l'interno del fabbricato.*

Quindi, la necessità di studiare e determinare una posizione adeguata per la posa in opera degli elementi di collegamento trasversale, capace sia, di intercettare su ambo le facce degli elementi di fascia utili a sopportarli e funzionali all'intero organismo strutturale – pannello, che di garantire un corretto dimensionamento degli stessi e conseguente interesse.

Individuato lo schema desiderato (vedi Figura 12) si è progredito operando a mezzo carotatrice diametro \varnothing 200 numero 4 perforazioni.



Figura 13. Foto perforazioni a mezzo carotatrice \varnothing 200. Da notare la pezzatura estremamente ridotta degli elementi rinvenuti lungo l'intera sezione.

Successivamente, visto lo stadio di degrado delle malte in opera e la perdita di aderenza da parte degli elementi fittili cuneiformi, è stata adottata come soluzione progettuale la tecnica della rinzeppatura.

Le zeppe, in una visione organica dell'intero paramento murario hanno il compito fondamentale, non soltanto di colmare i vuoti generati dall'irregolarità delle pietre sbozzate, ma soprattutto di dare continuità di contatto fra le pietre.

Pertanto, al fine di ripristinare questa condizione che risulta localmente mal progettata in origine o non supportata dalla scadente qualità della malta in opera, si è proceduto con l'inserimento di frammenti di laterizio o zeppe

vere e proprie, a seconda dell'occorrenza, lungo tutto il pannello murario, allettandoli con malta di calce idraulica, previa pulitura e lavaggio della superficie di posa fino a garantire un corretto ritiro della malta impiegata. Questa semplice operazione può contribuire in maniera determinante al miglioramento della distribuzione delle sollecitazioni, garantendo un comportamento meccanico corretto.

Come operazione conclusiva è stata effettuata la stilatura dei giunti e la posa in opera dei diatoni lignei, con successiva messa in carico degli stessi a mezzo elementi tagliati a cuneo, sempre in legno. Posati in opera a secco su ambo i lati ed incuneati fra di essi nella mezzeria della sezione



trasversale.

Figura 14. Foto pannello consolidato.

Infine, per il pannello n.1 la modalità di rinforzo, consiste nell'utilizzare sulla faccia esterna la tecnica del reticolatus (Figura 15) e su quella interna, un intonaco armato con rete in GFRP.

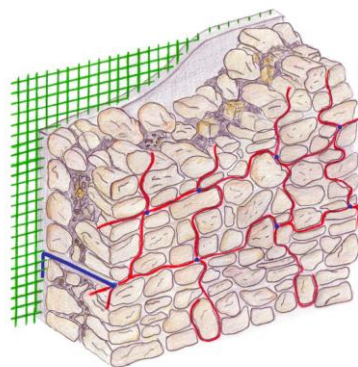


Figura 15: Tecnica "ibrida" reticolatus all'esterno e rete in GFRP all'interno.

E' da notare che nel caso delle murature aquilane la posa in opera del reticolatus è semplificata grazie alle modeste dimensioni degli elementi lapidei: le barre trasversali possono attraversare completamente lo spessore murario,

senza timore di incontrare sul paramento opposto pietre di grandi dimensioni.

La Figura 16 illustra il principio su cui si basa la tecnica del reticolatus: il contenimento degli elementi murari, all'interno di "gabbie" (come avviene nelle gabbionate) consente di attivare meccanismi resistenti alla Morsch.

Un'ulteriore semplificazione, particolarmente adatta al caso dell'apparecchio aquilano, è quella di utilizzare barre di ancoraggio a secco, che oltre ad ancorare il reticolo, consentono di collegare tra loro i paramenti.

Prove d'infissione e di estrazione sono state condotte nel caso della Chiesa di S. Silvestro sempre a L'Aquila, con risultati positivi.

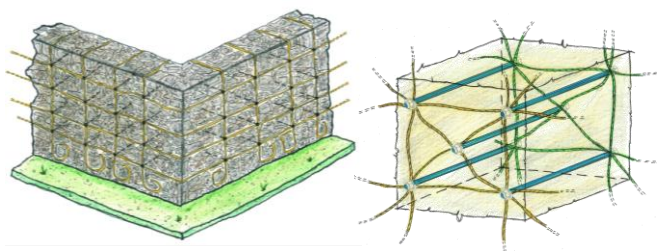


Figura 16. Reticolatus modellato sulle murature aquilane

L'intervento in questi casi può essere realizzato con soli elementi verticali ed orizzontali, inserendo prima quelli verticali senza ancorarli e poi, sopra ad essi, quelli orizzontali, connettendoli alle barre di ancoraggio a secco.

Le due reti vengono quindi collegate con connettori in acciaio (adottati in questo caso) o in composito; il tutto simulando un intervento su di una muratura a faccia vista.



Figura 17: Preparazione del pannello rinforzato con la tecnica "ibrida"

3 LE MODALITÀ DI PROVA

I pannelli sono stati testati sia dinamicamente, al fine di valutare e caratterizzare il loro comportamento in campo dinamico, che staticamente, con delle prove a ribaltamento fuori dal loro piano a mezzo di un tiro esercitato attraverso una fune. Unica eccezione, il pannello

n.5 il quale è stato sperimentato con prova statica di tipo ciclico ed in fine a ribaltamento.

In questa sede si riferirà in merito alle sole prove a ribaltamento ed in particolare a titolo esemplificativo verranno esaminati i soli casi sperimentali afferenti il Pannello 2 e 5.

3.1 I pannelli su Via Pretatti

Pannello n.2: I valori sperimentalmente ottenuti sono stati decurtati delle percentuali derivanti dall'inclinazione sul piano verticale del tiro esercitato e normalizzati rispetto a una porzione di paramento murario pari ad un metro.

I risultati rilevati, si riferiscono ad una forza applicata ad una quota pari a 3,21m dal calpestio, per la quale, si registra uno spostamento massimo, da parte del pannello, pari a 34cm.

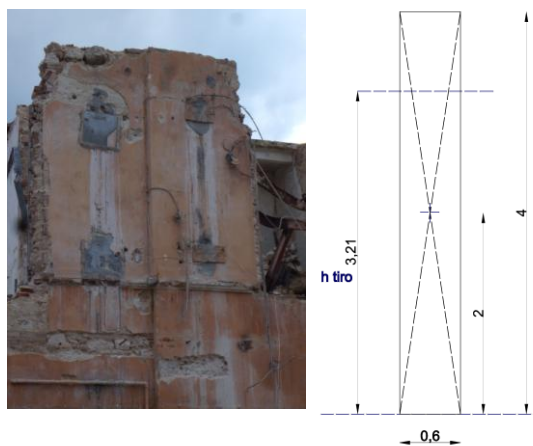


Figura 18: Schema di riferimento e Foto – Pannello 2.

Il valore minimo di carico applicato è pari a 63 daN con spostamento pari ad 2mm, fino ad un massimo di 265 daN.

I valori sopra riportati omologati al baricentro e posti a paragone al comportamento dello stesso nell'ipotesi di corpo rigido sono restituiti nella tabella riportata di seguito:

Tabella 1. Efficienza Pannello 2 rispetto al comportamento teorico di corpo rigido.

Fmax (daN)	Fbar (daN)	Fnorm (daN)	Mr (daN*m)	Ms=Mr Modello Teorico (daN*m)	efficienza rispetto ad un setto rigido
265	1107	426	852	1440	0,59

Si noti come l'efficienza raggiunta, per l'elemento così consolidato, risulti essere pari al 59%. Tale valore di efficienza, se paragonato a quello ottenuto per il "Tal Quale" risulta più che raddoppiato, pari ad due volte e mezzo il risultato conseguito dal pannello murario privo di alcun rinforzamento strutturale.

3.2 Il pannello n.5: La prova ciclica

Ultimo pannello testato, il numero cinque, è stato sottoposto a prova ciclica al fine di poterne valutare il comportamento sotto gli effetti degradanti dei diversi cicli ed osservarne l'effettiva influenza. I cicli di carico indotti sono in numero pari a 6, di cui il sesto risulta incompleto ed il pannello condotto a ribaltamento.

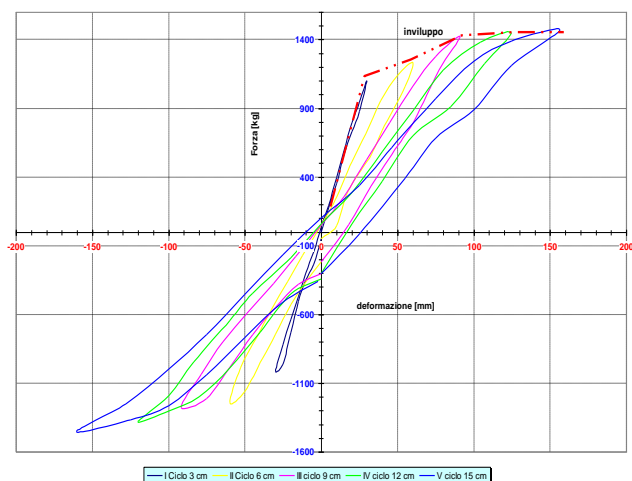


Figura 19: Pannello n.5 Prova Ciclica – Inviluppo dei massimi.

Per facilitare il confronto dei dati con le curve di capacità ottenute dagli altri pannelli, che necessitano ancora ulteriori approfondimenti e accurate riflessioni, ci limitiamo a riportare alcune scelte operate nella lettura dei dati ottenuti per il pannello n.5 per i quali, si è preferita una restituzione non classica dei valori, (come quella indicata in Figura 21) che dopo essere stati a loro volta geometricamente omologati e normalizzati, sono stati resi in un grafico composto da tre curve, la prima riferita ai dati raccolti dalle fasi positive, una seconda riferita ai valori delle fasi negative ed una terza del solo ciclo a ribaltamento.

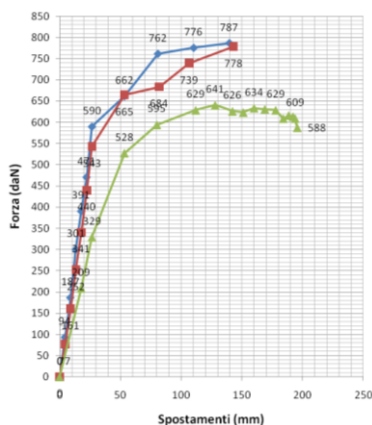


Figura 20: Curve di capacità a confronto Pannello n.5: In blu curva che identifica i valori registrati nelle fasi positive dei cicli; in rosso curva che identifica i valori registrati nelle fasi negative; in verde, curva che identifica l'ultimo ciclo a ribaltamento.

Per il pannello n.5 è stata applicata una forza orizzontale, ad altezza pari a 2,25m dal livello d'interpiano, con valore di carico minimo di 175 daN, e spostamento pari a 5mm, fino ad un massimo di 220mm. La forza massima raggiunta risulta essere pari a 1469daN.

I valori sopra riportati omologati al baricentro e raffrontati con il comportamento dello stesso nell'ipotesi di corpo rigido sono restituiti nella seguente tabella:

Tabella 2. Efficienza Pannello 5 rispetto al comportamento teorico di corpo rigido.

Fmax (daN)	Fbar (daN)	Fnorm (daN)	Mr (daN*m)	Ms=Mr Modello Teorico (daN*m)	efficienza rispetto ad un setto rigido
1469	1654	788	1575	1440	1

Si noti come il comportamento sia perfettamente rispondente al medesimo previsto secondo modello teorico con efficienza raggiunta dallo stesso pari al 100%. Se posto in rapporto al valore mostrato dal Tal Quale, la cui efficienza risulta essere pari al 23%, la tecnica di rinforzo adottata è riuscita a quadruplicare il comportamento del pannello rispetto alle condizioni iniziali.

4 CONCLUSIONI

Le prime note relative al programma di sperimentazione "al vero" di cui innanzi risentono del fatto che le esperienze condotte sono terminate lo scorso 8 luglio e pertanto le informazioni che se ne possono trarre, ad oggi, non possono che risultare parziali, oltre che meritevoli di ulteriori approfondimenti.

Tuttavia, s'è preferito, in questa sede, procedere e riportare almeno le impostazioni progettuali della campagna di prove, nonché le relative fasi di prova, con alcuni risultati.

Per questi ultimi ci si è limitati ad indicare due valori di forza orizzontale che hanno portato alla crisi, fuori dal piano, sino al crollo di due pannelli murari consolidati con tecniche differenziate, ma comunque appartenenti alla categoria dei diatoni "artificiali", anche se quest'ultimo termine, non è completamente adeguato nei confronti della tecnica che prevede l'impiego dei diatoni lignei.

Tale scelta progettuale, come noto, tende a realizzare connessione tra i paramenti murari, costituenti il pannello, con lo scopo di ottenere un'omologazione tra il ritto murario ideale e quello reale.

Tant'è che oltre al valore della forza di ribaltamento, misurata in sito, s'è fornito anche il valore di quella teorica riferita ad un pari pannello con comportamento perfettamente rigido.

Sotto il profilo dell'efficienza degli interventi di consolidamento, sebbene con tutti i limiti del presente primo rapporto, risulta prevalente la tecnica dei diatoni lignei, con stilatura e rinzeppamento dei ricorsi di malta, nei confronti dell'altra esaminata costituita dal semplice inserimento dei diatoni in conglomerato alleggerito e posti in "carico" con il dispositivo dilatometrico, effettuato nel pannello n.2.

In ogni caso quello che più preme sottolineare in questa sede, è l'importanza dell'acquisizione di dati relativi al comportamento strutturale delle murature antiche, in fase sismica (variamente simulata), mediante sperimentazioni in scala al vero, anche di tipo distruttivo, ma comunque sempre su elementi reali.

Peraltro, purtroppo, l'area Aquilana offre molteplici opportunità in tal senso, ed è per questo che l'equipe tecnica dell'Università di Genova, diretta dal prof. Sergio Lagomarsino, (con il contributo anche di parte degli scriventi) sullo stesso edificio ha condotto prove di taglio, con sollecitazioni nel piano del pannello, al fine di acquisire ulteriori dati, circa la tipologia muraria esaminata. (Vedi a tal proposito il lavoro, sempre in atti ANIDIS di Candela, Cattari, Lagomarsino, Rossi, Fonti, Pagliuca).

In entrambi i casi di sperimentazione, la qualità delle osservazioni compiute induce gli autori ad auspicare la possibilità di poter effettuare ulteriori campagne di sperimentazione in scala "al vero", al fine di acquisire gli indispensabili dati di caratterizzazione, "tout cour" delle murature abruzzesi, ad oggi poco note in letteratura.

5 RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la loro spontanea volontaria e propositiva partecipazione, l'Ufficio Tecnico del Comune de L'Aquila, con particolare riferimento all'assessore Vladimiro Placidi ed il Geom. Maurizio Mastrangelo.

I Titolari e collaboratori dell'Impresa To.Di.Ma. srl, con sede a L'Aquila.

I proprietari dell'immobile oggetto di studio.

Il Prof. Andrea Vignoli, Università di Firenze.

La società D'Agostino Angelo Antonio Costruzioni Generali S.R.L.Costruzioni, con sede in Montefalcione (Av).

La FibreNet srl, con sede ad Udine.

La Ditta Bossong S.p.a., con sede in Grassobbio (BG).

Il Laboratorio di prove sui materiali ed indagini, Geo – Consult s.r.l., con sede in Manocalzati (Av).

La ricerca è stata eseguita con il contributo DPC - ReLUIS (Progetto triennale 2010-2013; Task 1.1.1 e Task 2.3.1).

REFERENCES

- Borri A., Corradi, M., Giannantoni, A., Speranzini, E, 2010. Reinforcement of historic masonry with high strength steel cords, *Masonry International*, ISSN 0950-2289, 23/3:79-90.
- Biscontin, G., Driussi, G. (a cura di), 1994. Centri storici dell'Abruzzo aquilano. *Atti del X Convegno di Studi su Scienza e Beni Culturali, Bressanone*.
- Centofanti, M., 1992. *L'Aquila città di piazze: spazi urbani e tecniche costruttive*, Ed. Carsa, Pescara.
- Borri, A., De Maria A, 2009. Indice di Qualità Muraria (IQM) e sue applicazioni nell'ambito delle NTC 2008, su *L'Edilizia, Ed. De Lettera*.
- Borri, A., Corradi, M., Giannantoni, A., Speranzini, E., 2009. La tecnica del Reticolatus. Rinforzo di murature storiche, su *Recupero e Conservazione, Ed. De Lettera*.
- Borri, A., 2003. *Interventi sull'edilizia storica, Cap. 8.3 del "Trattato sul consolidamento"*, Dir. Sc. Paolo Rocchi, Editore Mancosu, Roma.
- Gattesco, N., Dudine, A, 2010. Efficacia di una tecnica di rinforzo per murature con intonaco e rete in GFRP. *Atti Conv. Naz. "Sicurezza e conservazione nel recupero dei beni culturali colpiti da sisma", 8,9 Aprile 2010, IUAV, Venezia*.
- Giuffrè, A, (a cura di) 1999. *Sicurezza e Coservazione dei Centri Storici: Il Caso Ortigia*, Ed. Laterza, Roma.
- Ceradini, V, (a cura di) 2003. *Area Grecanica, Codice di Pratica per la Sicurezza e Conservazione degli insediamenti Storici*. Gangemi editore, Roma.