

Risultati sperimentali sul comportamento sismico di elementi non strutturali (tamponature) in laterizio POROTON[®]

Si riporta la sintesi dei risultati di una prima fase di ricerca sperimentale condotta da *Cis Edil S.r.l.*, azienda associata del Consorzio POROTON[®] Italia, con il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale dell'Università di Padova ed il supporto del Consorzio stesso, sul comportamento sismico (nel piano e fuori piano) di tamponature in laterizio POROTON[®] realizzate secondo un innovativo sistema costruttivo brevettato in grado di rispondere alle verifiche richieste dalle vigenti NTC 2008.

Introduzione

La **muratura di tamponatura** o **muratura di tamponamento**, denominata anche muratura di tompagno in particolare nel sud dell'Italia, riveste un ruolo fondamentale di chiusura tra spazio interno ed esterno oltre che di separazione degli spazi interni, regolando l'interscambio tra i due ambienti che separa.

La tamponatura e la sua sicurezza, sono argomenti che stanno ricevendo crescente attenzione all'interno della Normativa Nazionale a partire dalla O.P.C.M. 3274 del 2003.

Il D.M. 14/01/2008 obbliga infatti a svolgere la **verifica di resistenza fuori piano delle tamponature** (v. §7.2.3), inoltre obbliga ad adottare magisteri atti ad **evitare collassi fragili e prematuri e la possibile espulsione fuori piano** allo stato limite di vita (v. §7.3.6.3).

D'altra parte la normativa esplicita la procedura per il **calcolo della sollecitazione**, ma non quella per il **calcolo della resistenza fuori piano**; inoltre i magisteri che vengono richiesti dalle NTC 2008 e che la Circolare 617 del 02/02/2009 propone, certamente sono migliorativi, ma non è possibile valutarne l'esatto livello di sicurezza in relazione anche al costo del magistero.

In generale dunque, il metodo progettuale proposto dalla normativa presenta delle lacune, che non permettono di valutare il reale livello di sicurezza delle tamponature in relazione alle diverse zone sismiche e tipologie edilizie [1, 2].

L'importanza della **sicurezza degli elementi non strutturali, dunque anche delle tamponature**, emerge chiara dalla normativa, che sta dedicando sempre più spazio a tale argomento. D'altra parte per colmare le lacune attualmente presenti, è necessario uno sforzo ulteriore, anche per evitare scenari come quelli visti in seguito al recente **terremoto del 6 Aprile 2009 a L'Aquila**, che non ha fatto altro che confermare quanto già osservato in terremoti precedenti.

La fase di ricognizione dei danni post-terremoto, ha infatti evidenziato come l'**espulsione fuori piano delle tamponature** possa essere causa di danni a cose, ferimento di persone ed intralcio delle vie di fuga [3, 4, 5, 6] come documentato in Fig. 1.



Fig. 1 – Danni alle tamponature durante le ricognizioni dopo il terremoto de L'Aquila.

Gli studi condotti in seguito alla ricognizione dei danni de L'Aquila, hanno sottolineato anche un altro aspetto che spesso viene trascurato. Si è verificato come costruzioni prive di danni strutturali, avessero diffusi danneggiamenti agli elementi non strutturali, tali da non permettere l'**agibilità della costruzione** e condurre ad **elevati costi di riparazione** [7, 8, 9]. Questo ha portato in alcuni casi a rendere vantaggiosa la demolizione e ricostruzione piuttosto che la riparazione di alcuni edifici.

Tutto ciò a conferma dei risultati ottenuti da vari studi condotti fuori dall'Italia [10, 11].

In questo contesto è stato avviato un **progetto di ricerca** nato dalla collaborazione del Consorzio POROTON[®] Italia e Cis Edil S.r.l. (azienda consorziata POROTON[®]), con l'**Università degli Studi di Padova**, allo scopo di analizzare le problematiche relative al **comportamento fuori piano delle tamponature in relazione anche al danneggiamento subito nel piano**, per arrivare alla **definizione di un sistema di tamponatura antiespulsione di elevato livello di sicurezza**.

Sistema Costruttivo

Uno studio preliminare sui danni rilevati in seguito agli eventi sismici già citati e sui risultati di precedenti ricerche sperimentali condotte sull'argomento [12, 13, 14, 15] hanno permesso di identificare come **soluzione ideale la tamponatura monostrato realizzata con blocchi a fori verticali**, con **eventuale posizionamento di barre di armatura**. Si è così giunti alla definizione e perfezionamento di un sistema costruttivo innovativo (definito **tamponatura antiespulsione**), basato sull'utilizzo di appositi blocchi POROTON® (P69TA, prodotto sviluppato da Cis Edil S.r.l. – Fig. 2a), che consente di realizzare **tamponature monostrato in laterizio** (sp. 30 cm), in grado di ospitare all'occorrenza **armatura orizzontale e verticale**.

Si tratta di un **blocco ad incastro caratterizzato da due fori di presa** che all'occorrenza, rompendo le cartelle esterne preincise (Fig. 2b), possono ospitare l'armatura verticale preventivamente messa in opera (Fig. 3a).

L'armatura orizzontale può essere posizionata comunemente nei giunti di malta orizzontale (Fig. 3b). La malta impiegata per l'allettamento è una comune malta a prestazione garantita M10.

Ulteriore caratteristica fondamentale del sistema costruttivo sviluppato riguarda il **collegamento con il telaio strutturale in c.a.**: la tamponatura si intende costruita in aderenza con il telaio, realizzando un **giunto di collegamento in malta tra tamponatura e telaio**, senza ancoraggi metallici tra tamponatura e pilastri (Fig. 3b).

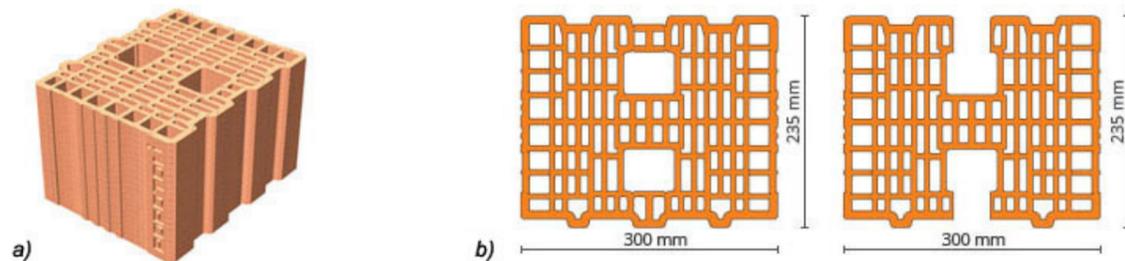


Fig. 2 – Blocco POROTON® P69TA: vista 3D (a), sezione orizzontale standard e sezione orizzontale con cartelle esterne preincise rotte per alloggiare l'armatura verticale (b).



Fig. 3 – Fasi realizzative della tamponatura armata.

Programma sperimentale e modalità di prova

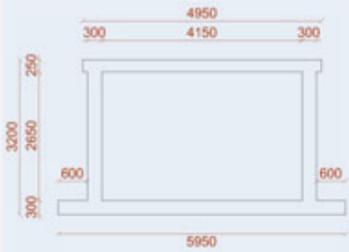
Il sistema costruttivo sviluppato per realizzare **tamponature antiespulsione** è stato dunque investigato attivando un programma di **ricerca sperimentale** presso il **Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale dell'Università degli Studi di Padova**, con lo scopo di studiarne il comportamento fuori piano, in relazione al danneggiamento nel piano.

I tre principali obiettivi della ricerca sono stati:

- verificare lo stato di danneggiamento del sistema di tamponatura antiespulsione proposto per uno spostamento nel piano $d_r = 0.005 \cdot h$ (ossia drift = 0.5%), fissato come limite superiore di spostamento interpiano consentito per evitare danneggiamenti allo stato limite di esercizio, secondo le NTC 2008 (v. §7.3.7.2);
- verificare la resistenza fuori piano del sistema di tamponatura antiespulsione proposto per crescenti livelli di danneggiamento nel piano, da confrontare con la richiesta di resistenza dovuta alle sollecitazioni sismiche calcolate secondo le NTC 2008 (v. §7.2.3);
- confrontare direttamente il comportamento della tamponatura non armata con quello della tamponatura armata.

Il programma sperimentale è stato dunque articolato su **cinque campioni a scala reale** (4.45 m x 2.90 m), tutti costituiti da un telaio in c.a. ad una campata e ad un piano: un telaio in c.a. non tamponato, usato come riferimento per il comportamento nel piano, due campioni tamponati con il sistema sviluppato nella sua versione non armata e due campioni tamponati con il sistema nella versione armata (Tab. 1).

Tab. 1 – Programma sperimentale.

Descrizione del campione	Tipo di Tamponatura	Prova nel piano	Prova fuori piano	Nome del Campione
 <p>Telaio non tamponato</p>	Nessuna tamponatura	Fino a collasso	–	1-RCF
 <p>Telaio completamente tamponato</p>	Tamponatura non armata	drift = 0.5% SLD	Fino a collasso	2-ID
		drift = 1.2% SLU	Fino a collasso	3-IU
	Tamponatura armata	drift = 0.5% SLD	Fino a collasso	4-RID
		drift = 1.2% SLU	Fino a collasso	5-RIU

Le prove sperimentali sui campioni tamponati si sono svolte in **due successive fasi: nel piano e fuori piano**.

Le prove sono state svolte mantenendo un carico verticale costante e pari a 400 kN in corrispondenza dei pilastri, a simulare i carichi gravitazionali al piano terra di una costruzione di tre piani.

I telai tamponati sono stati sottoposti ad **azioni cicliche orizzontali nel piano**, fino a due livelli di spostamento corrispondenti a drift (spostamento interpiano: rapporto tra spostamento interpiano e altezza interpiano) di 0.5% e 1.2%.

Il primo selezionato in relazione a quanto prescritto dalla normativa nazionale per lo SLD, come sopra ricordato; il secondo determinato in conformità ad evidenze sperimentali della ricerca in oggetto e di altre presenti in letteratura, che può rappresentare in prima battuta il raggiungimento di un livello di danneggiamento severo e dunque indicativo dello SLU del tamponamento.

I telai tamponati così danneggiati nel piano, sono stati sottoposti successivamente alla prova fuori piano, mediante carico monotono crescente, fino al collasso delle tamponature.

Il carico fuori piano è stato applicato con un solo martinetto idraulico che, tramite un sistema di profili metallici collegati con perni, applica quattro forze puntuali di uguale intensità in corrispondenza dei terzi medi della specchiatura della tamponatura. Tale carico è contrastato da un vincolo disposto sul cordolo sommitale, che evita inoltre gli effetti torsionali per la prova nel piano senza impedirne lo scorrimento grazie alla guida a rulli su rotaia.

Le configurazioni dei set-up di prova sperimentale nel piano e fuori piano sono rappresentati rispettivamente nelle Fig. 4 e Fig. 5.

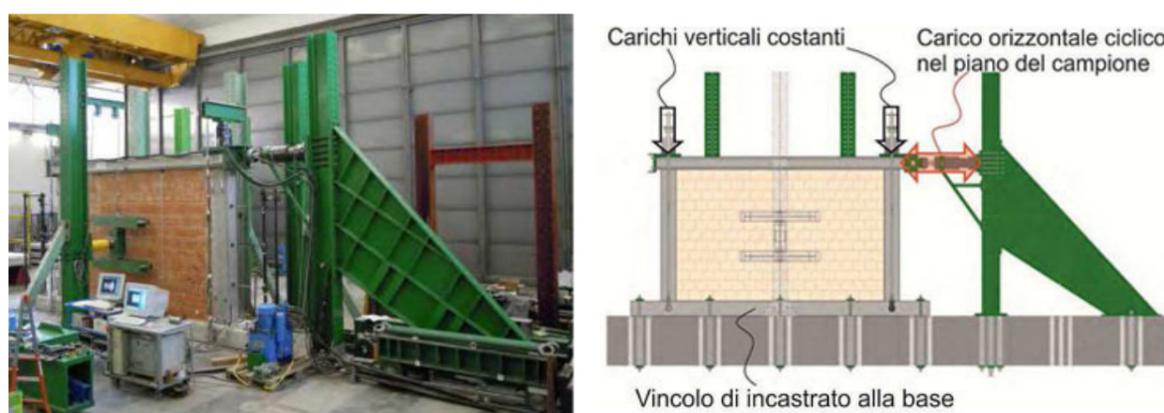


Fig. 4 – Set-up della prova nel piano: immagine della prova in corso e schema.

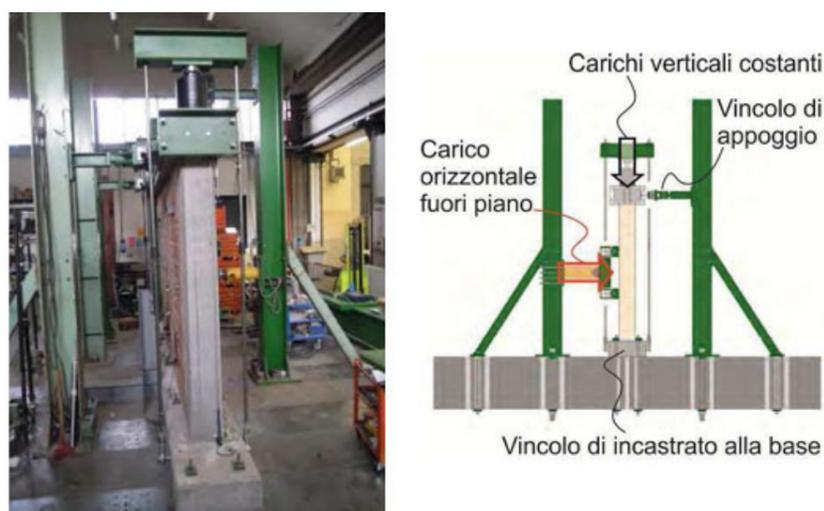


Fig. 5 - Set-up della prova fuori piano: immagine della prova in corso e schema.

Ogni campione è stato strumentato con un totale di **72 sensori**: 15 potenziometri a filo, 35 trasduttori potenziometrici, 10 estensimetri e 12 strain gauges, con cui si sono monitorati spostamenti e deformazioni del telaio a livello globale e locale, del tamponamento durante la prova nel piano e fuori piano, eventuali spostamenti dell'intero campione rispetto il solaio di reazione e la deformazione delle barre nel caso dei tamponamenti armati.

Risultati sperimentali

PROVE CICLICHE NEL PIANO

Un tipico diagramma carico orizzontale – spostamento misurato sul cordolo di sommità, ottenuto dalla prova ciclica nel piano, è riportato in Fig. 6a. La Fig. 6b mostra invece gli involupei dei cicli isteretici dei campioni testati.

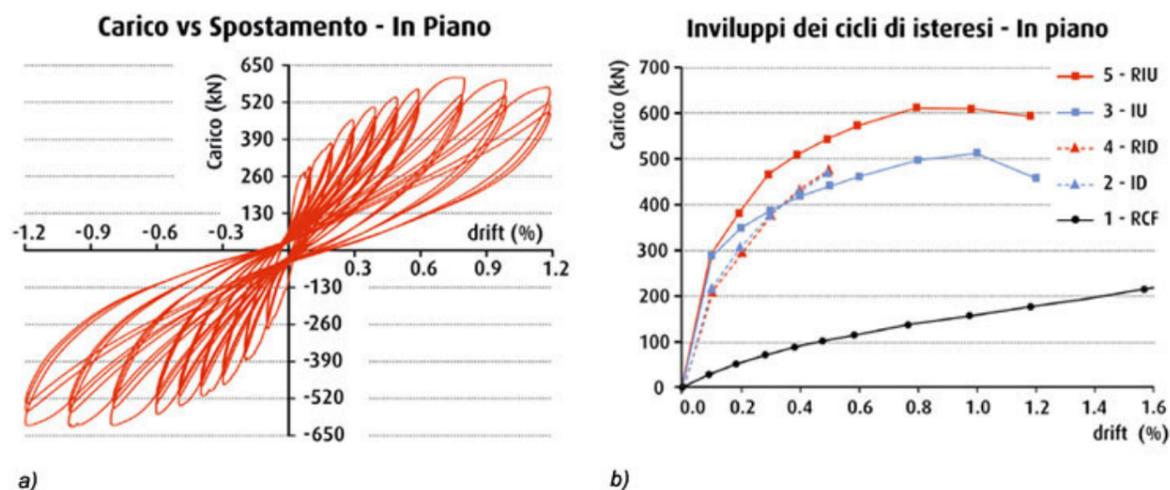
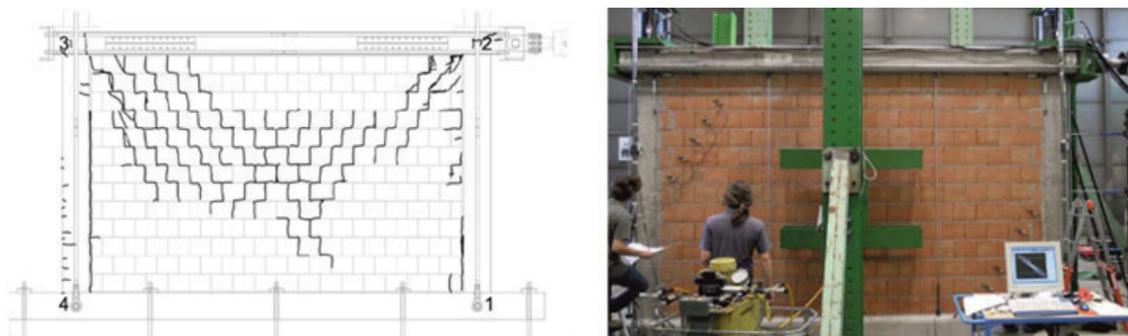


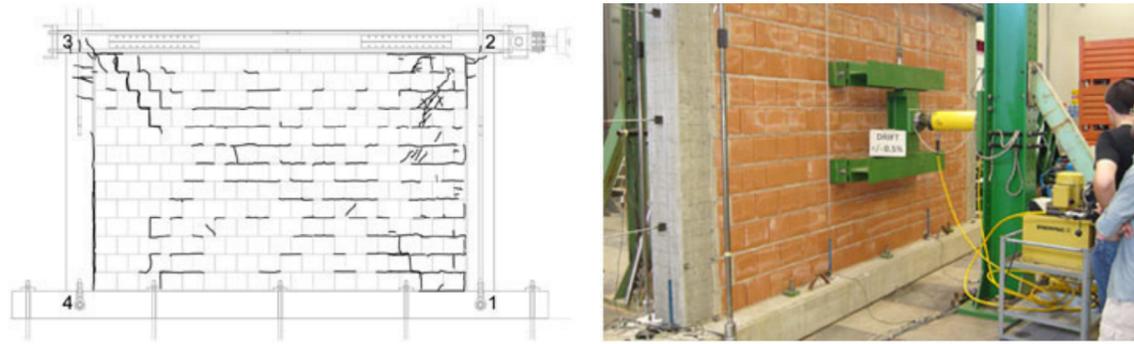
Fig. 6 - Tipico ciclo di isteresi delle prove nel piano (campione 5-RIU) (a) e curve di involucro dei campioni testati (b).

Le prove cicliche nel piano hanno evidenziato un comportamento non lineare già a partire da 0.1% – 0.2% di drift, in corrispondenza dell'apertura di fessure tra i pilastri e la tamponatura. Tra lo 0.2% e lo 0.4% di drift, si assiste ad una rotazione rigida di ciascun blocco che conduce alla fessurazione dei giunti orizzontali, che insieme a piccoli scorrimenti sui giunti verticali a secco formano un **quadro fessurativo a "scaletta"**, in particolare nella zona centrale del pannello.

Tra lo 0.4% e lo 0.5% di drift (Fig. 7) si manifestano le prime fessure sub-diagonali a partire dagli angoli in sommità, che si estendono progressivamente verso il centro del pannello, seguendo la tessitura muraria piuttosto che la diagonale geometrica del pannello. A questo punto, il telaio in c.a. risulta segnato da poche fessure sottili.



Tamponatura antiespulsione non armata



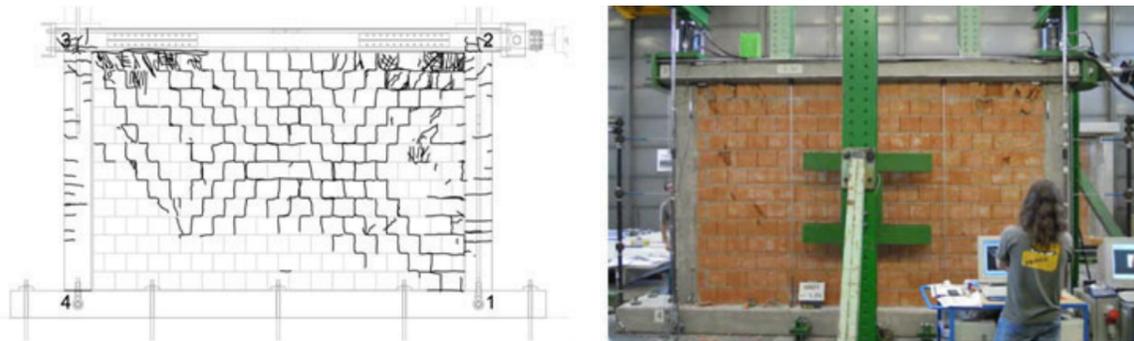
Tamponatura antiespulsione armata

Fig. 7 – Quadri fessurativi rilevati e foto corrispondente per danneggiamento nel piano allo 0.5% di drift.

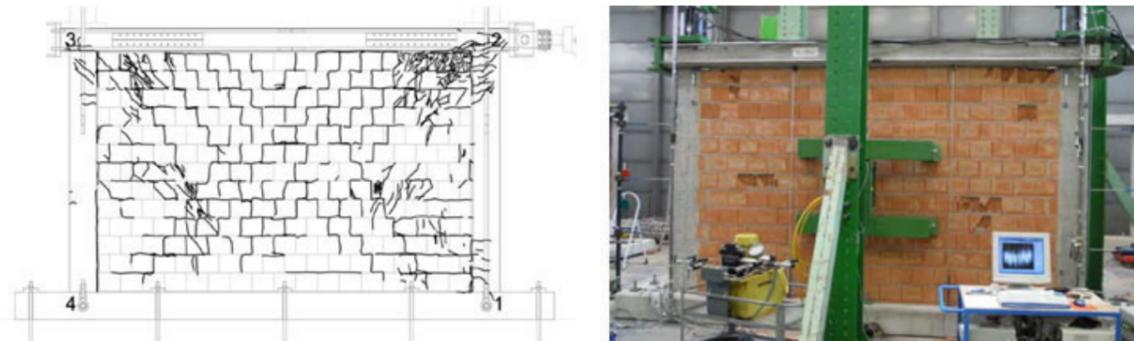
Per livelli maggiori di drift, si vengono a formare nella tamponatura nuove fessure inclinate o si allungano/allargano quelle esistenti, fino al raggiungimento della resistenza massima per drift compresi tra 0.8% e 1.0%. Il telaio a questo livello inizia a presentare fessure correlate alla spinta della tamponatura sui nodi.

Da questo livello di spostamento, le tamponature vengono interessate da fenomeni di schiacciamento (crushing) dei blocchi in corrispondenza dei puntoni compressi e concentrati sull'ultimo corso in prossimità dei nodi del telaio.

Il raggiungimento dell'1.2% di drift avviene in sostanza mantenendo il carico raggiunto e con l'accentuarsi dello schiacciamento dei blocchi (Fig. 8), corrispondente ad un danneggiamento severo della tamponatura, che ha condotto alla scelta di fermarsi a questo livello di danneggiamento.



Tamponatura antiespulsione non armata



Tamponatura antiespulsione armata

Fig. 8 – Quadri fessurativi rilevati e foto corrispondente per danneggiamento nel piano allo 1.2% di drift.

La tamponatura armata e non armata sono caratterizzate da uno sviluppo del danneggiamento simile, quella armata presenta una maggiore diffusione delle fessure nei giunti orizzontali e nei blocchi con andamento diagonale, che si manifestano un pò prima che nella tamponatura ordinaria (drift 0.4%), ma sono di entità minore.

La differenza sostanziale consiste nel raggiungimento del carico massimo, con la **tamponatura armata più resistente di circa il 15% rispetto quella non armata** (Tab. 2).

Tab. 2 – Risultati delle prove cicliche nel piano, in termini di carico applicato, spostamento raggiunto e relativo drift.

Campione	Fase non fessurata			Carico Massimo			Spostamento Ultimo		
	F_y [kN]	d_y [mm]	Ψ_y [%]	F_{max} [kN]	d_{max} [mm]	Ψ_{max} [%]	F_u [kN]	d_u [mm]	Ψ_u [%]
1 – RCF	28	2.5	0.1	271	88.0	3.0	249	94.1	3.2
2 – ID	217	2.7	0.1	470	13.6	0.5	–	–	–
3 – IU	281	2.5	0.1	520	28.5	1.0	447	33.2	1.2
4 – RID	208	2.7	0.1	476	13.7	0.5	–	–	–
5 – RIU	285	2.6	0.1	611	22.0	0.8	593	32.8	1.2

Il **sistema di tamponamento sviluppato**, sia per tamponatura non armata che armata, ha mostrato un **livello di danneggiamento molto contenuto**, essendo le fessure di entità minima e interessando in minima parte i blocchi (Fig. 7), in corrispondenza dello 0.5% di drift, assunto dalla normativa come valore di riferimento per il contenimento del danno agli elementi, come anzidetto.

Le analisi preliminari hanno inoltre messo in evidenza che la **capacità di dissipazione di energia del telaio tamponato raddoppia** rispetto al caso del telaio "nudo"; in termini di rapporto tra energia dissipata ed energia immessa si passa dal 20% del telaio non tamponato al 40% di quello tamponato, per un corrispondente incremento del valore di coefficiente di damping dal 4% al 6%.

PROVE FUORI PIANO

La **risposta fuori piano delle tamponature** viene espressa in termini di carico orizzontale fuori piano applicato vs spostamento misurato al centro della tamponatura, come riportato in Fig. 9, nella quale sono riportati i risultati dei tamponamenti armati e non armati, per ciascun livello di danneggiamento nel piano precedentemente raggiunto.

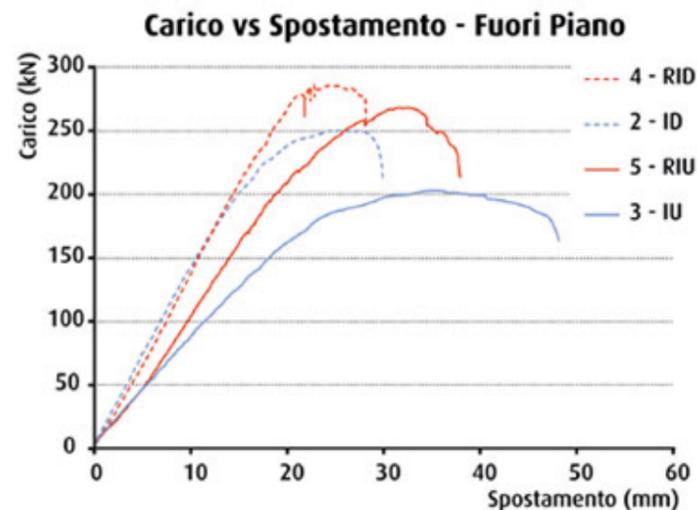
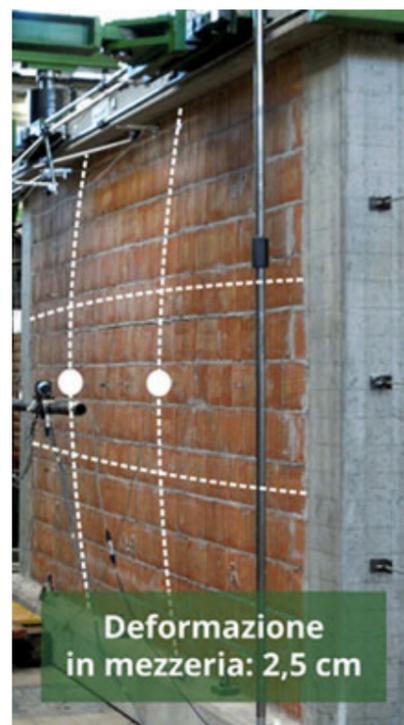


Fig. 9 – Confronto della risposta fuori piano dei quattro tamponamenti testati.

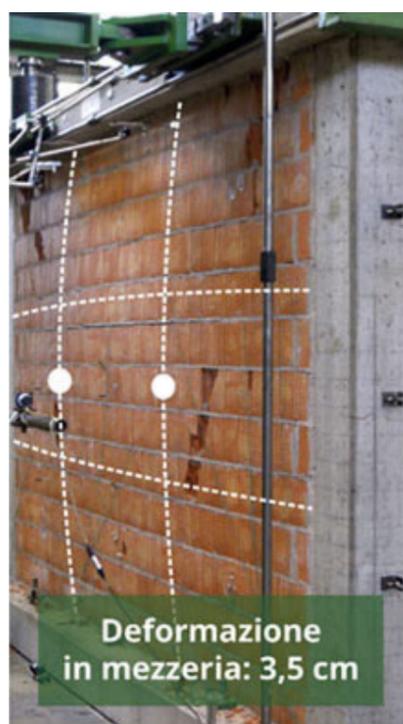
In generale il comportamento può riassumersi in **tre fasi principali**: una fase iniziale lineare probabilmente correlata allo svilupparsi di un meccanismo resistente ad arco nello spessore della tamponatura; in questa fase sono visibili l'apertura di fessure tra tamponatura e cordoli in c.a..

Una fase di progressivo degrado della rigidità, imputabile ad un graduale cedimento a compressione dei blocchi, che conduce al carico massimo; in questa fase la deformata della tamponatura è riportata nelle immagini di Fig. 10.

L'ultima fase consiste nel degrado della resistenza fino al collasso del tamponamento stesso.



Tamponatura antiespulsione armata precedentemente danneggiata nel piano fino allo 0.5% di drift (campione 4-RID)



Tamponatura antiespulsione armata precedentemente danneggiata nel piano fino all'1.2% di drift (campione 5-RIU)

Fig. 10 – Tamponatura antiespulsione armata al carico massimo della prova fuori piano.

Il collasso viene raggiunto con una rottura a livello locale dovuta alla modalità di applicazione del carico fuori piano. Imporre carichi puntuali induce infatti nella tamponatura una sollecitazione più severa di quanto possa accadere con le forze inerziali. Con la prova ci si è posti perciò a favore di sicurezza rispetto ai carichi laterali dovuti ad azioni sismiche o al vento. In fase di collasso, si è osservato come la presenza delle **armature verticali ed orizzontali interne alla tamponatura** abbiano permesso al tamponamento armato di **trattenere con efficacia l'espulsione fuori piano** ed il conseguente crollo di intere porzioni di muratura (Fig. 11).



Tamponatura antiespulsione non armata precedentemente danneggiata nel piano fino all'1.2% di drift (campione 3-IU)



Tamponatura antiespulsione armata precedentemente danneggiata nel piano fino all'1.2% di drift (campione 5-RIU)

Fig. 11 – Collasso della tamponatura sottoposta alla prova fuori piano.

Inoltre la risposta fuori piano della tamponatura armata ha mostrato, rispetto a quella non armata, delle differenze sostanziali in termini di rigidità, resistenza e degrado della resistenza in funzione del livello di danneggiamento raggiunto nel piano. In particolare, la rigidità della fase lineare iniziale per i campioni danneggiati allo SLD (drift nel piano di 0.5%) è la stessa per il tamponamento non armato ed armato, quest'ultimo però è caratterizzato da una fase lineare più estesa che porta ad un incremento di resistenza del 14% rispetto al tamponamento non armato (Tab. 3). La rigidità dei campioni danneggiati allo SLU (drift nel piano di 1.2%) è inferiore rispetto a quella dei campioni allo SLD, e presenta una sostanziale differenza tra tamponatura armata e non, essendo la prima più rigida di circa il 30%. In questo caso la resistenza raggiunta dalla tamponatura armata è maggiore del 32% rispetto a quella non armata.

Tab. 3 – Risultati delle prove fuori piano, in termini di carico applicato e spostamento misurato.

Campione	Fase non fessurata		Carico Massimo		Spostamento Ultimo	
	F_y [kN]	d_y [mm]	F_{max} [kN]	d_{max} [mm]	F_u [kN]	d_u [mm]
1 – RCF	–	–	–	–	–	–
2 – ID	201	15.0	250	24.1	212	29.9
3 – IU	159	19.4	203	34.9	162	48.2
4 – RID	272	20.4	286	24.3	259	28.2
5 – RIU	195	18.2	268	31.6	214	38.0

Fondamentale risulta anche analizzare il degrado della resistenza alle azioni fuori piano in relazione al livello di danneggiamento raggiunto nel piano. Passando da un livello di danneggiamento nel piano moderato (drift 0.5%) ad un livello di danno severo (drift 1.2%) si osserva che la tamponatura armata subisce un degrado della resistenza fuori piano minimo, pari a circa il 6%, che risulta essere ingente per la tamponatura non armata, pari a circa il 20% (Tab. 3 e Fig. 12).

Questo significa che la tamponatura armata riesce a mantenere sostanzialmente la stessa prestazione in termini di resistenza a diversi livelli di danneggiamento nel piano anche severi.

In Fig. 12 è stata riportata anche la richiesta di resistenza dovuta alle azioni sismiche nell'ipotesi di trovarsi in zona sismica 1 con edificio a tre piani, calcolata secondo NTC 2008 (v. §7.2.3). Tale richiesta di resistenza viene garantita abbondantemente dal sistema di tamponatura sviluppato: tamponatura non armata 14 volte più resistente e tamponatura armata 18 volte più resistente della richiesta in zona 1.

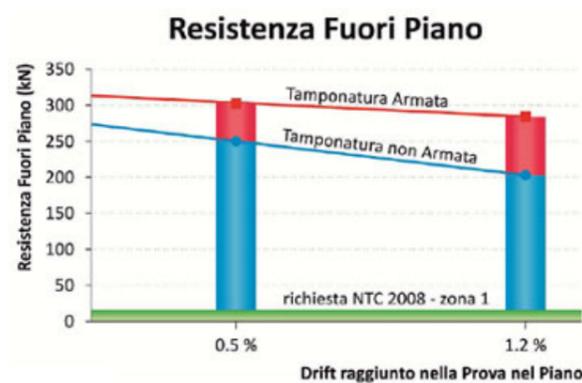


Fig. 12 – Resistenze forza fuori piano ottenute dalle prove sperimentali in relazione alla resistenza richiesta dalle NTC 2008 per edifici di piccola/media dimensione in zona sismica 1.

Conclusioni

I risultati ottenuti hanno messo in evidenza che la **prestazione del sistema di tamponatura antiespulsione sviluppato è soddisfacente**, ed è in grado di garantire un elevato livello di sicurezza, sia per terremoti di piccola entità (stato limite di danno) che per terremoti di elevata entità (stato limite di vita).

In relazione allo stato limite di danno (drift 0.5% nel piano), si è sperimentalmente verificato che il sistema di tamponatura sviluppato, presentando un danno molto contenuto caratterizzato da fessure di entità minima che interessano in minima parte i blocchi (Fig. 7), è **in grado di garantire l'agibilità della costruzione** nel caso di terremoti che non danneggiano la struttura portante, scongiurando ogni pericolo di danneggiamento a cose e ferimento di persone.

Quando invece il danneggiamento nel piano è consistente (drift 1.2% nel piano), tale da non garantire l'agibilità della costruzione in caso di evento sismico, **il livello di sicurezza si mantiene elevato** e risulta quantificabile in termini di rapporto tra resistenza sperimentale e richiesta di resistenza in zona 1 secondo NTC 2008, ed è pari a: 14 per la tamponatura non armata ed a 18 per la tamponatura armata (Fig. 12).

La **tamponatura armata ha inoltre due pregi fondamentali**: il primo riguarda la **capacità di contenere il degrado della resistenza fuori piano** ai diversi livelli di danneggiamento nel piano, pari a solo il 6% tra stato limite di danno e danno severo (Fig. 12); il secondo che consiste nella **capacità di inibire l'espulsione fuori piano** ed il conseguente crollo di intere porzioni di muratura che può avvenire nel caso di eventi sismici di elevata entità, per mezzo dell'effetto di "legatura" fornito dalle armature inserite (Fig. 11).

I contenuti del presente articolo rappresentano una sintesi del Rapporto sulla ricerca sperimentale, redatto dal Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale dell'Università degli Studi di Padova, gruppo di ricerca guidato dal Prof. Modena e Ass. Prof. da Porto.

Per ulteriori informazioni contattare Cis Edil S.r.l.



Via C. Iotti, 92 – 42045 LUZZARA (REGGIO EMILIA)
Telefono 0522 976128 – Fax 0522 977919
www.cisedil.it – info@cisedil.it

o consulta la sezione specifica Tamponature esterne antiespulsione

Bibliografia:

- [1] – “Comportamento e verifica dei tamponamenti soggetti ad azioni sismiche”, Mosele F., Bari L., Murature Oggi, N° 109, numero 2 del 2011.
- [2] – “Prestazioni delle tamponature e tramezzature negli edifici in c.a.: implicazioni progettuali e costruttive alla luce dell’esperienza del terremoto dell’Abruzzo 2009”, Masi A., Manfredi V., Vona M., Braga F., Salvatori, Progettazione Sismica, n.3, 2010.
- [3] – “Terremoto in Abruzzo: analisi delle problematiche strutturali”, Bari, Calliari, Murature Oggi, N° 103, numero 2 del 2009.
- [4] – “**Report on the damages on buildings following the seismic event of 6th April 2009, V1.20**”, Verderame G.M., Iervolino I., Ricci P. (2009), www.reluis.it.
- [5] – “**Linee guida per la riparazione e il rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni**” Dipartimento Protezione Civile, pubblicato da Reluis;
- [6] – “**Linee guida per la riduzione della vulnerabilità di elementi non strutturali arredi e impianti**” Dipartimento Protezione Civile, pubblicato da Reluis;
- [7] – “Analisi critica degli interventi su strutture in c. a. lievemente danneggiate dal sisma de L’Aquila”, Tesi di Laurea di Migliavacca C., Università di Napoli, Relatore Prof. Prota A., 2010;
- [8] – “Analisi critica degli interventi su strutture in c. a. lievemente danneggiate dal sisma de L’Aquila”, Tesi di Laurea di Santagata M, Università di Napoli, Relatore Prof. Prota A., 2010;
- [9] – “Masonry enclosure walls: lessons learnt from the recent Abruzzo Earthquake”, Vicente R, Rodrigues H, Costa A, Varum H, Mendes da Silva JAR, 14th European Conference of Earthquake Engineering, 2010.
- [10] – “**Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide, Fourth Edition**” pubblicato da FEMA (Federal Emergency Management Agency).
- [11] – “Design of large size non-loadbearing masonry walls: case studies in Portugal. Technical and economical benefits”, Lourenço, P.B., 13th International Brick and Block Masonry Conference, July 4-7, 2004.
- [12] – “Risposta sismica di telai in c.a. tamponati con pannelli in muratura debolmente armati”, Calvi G.M., Bolognini D., Costruire in Laterizio N° 80, 2001.
- [13] – “Sulla resistenza a forze orizzontali di pareti in elementi forati di laterizio”, Beconcini M.L., Costruire in Laterizio N° 55, 1997.
- [14] – “Tamponamenti in blocchi di laterizio rettificati e a giunti sottili”, Beconcini M.L., Croce P., Pellegrini D., Costruire in Laterizio N° 121, 2007.
- [15] – “Sperimentazione sul comportamento fuori piano di tamponamenti in muratura di laterizio”, da Porto F., Barbiero E., Dalla Benetta M., Modena C., Murature Oggi, N° 94, 2007.

DATA 13 Marzo 2012
AUTORI Flavio Mosele
RIFERIMENTO Newsletter numero 73
