

TEST SISMICI TAVOLA VIBRANTE

Muratura armata con pietra facciavista su tavola vibrante

Nell'ambito di un ampio progetto di ricerca sviluppato da Università degli Studi di Roma Tre, Università La Sapienza di Roma, ENEA, con il contributo di Regione Lazio e la partecipazione di Fibre Net e Consorzio POROTON® Italia, è stata sviluppata una tecnologia in muratura armata POROTON® con paramento in pietrame a vista la cui efficacia antisismica è stata verificata tramite simulazione a scala reale su tavola vibrante sotto azioni sismiche registrate durante la sequenza dell'Italia centrale 2016.

I risultati preliminari provano che la tecnologia sviluppata è in grado di sostenere, senza mostrare segni di danneggiamento, eventi sismici di elevata intensità, finanche doppia rispetto quelli registrati negli eventi sismici dell'Italia centrale nel 2016.

1. Introduzione

I danni ed i crolli rilevati sugli edifici esistenti dopo i terremoti, inclusi i recenti eventi sismici dell'Italia centrale [fig. 1], mostrano la grande vulnerabilità del costruito storico costituito in larga parte da edifici con murature in pietrame. Emerge da un lato la necessità di definire le modalità di intervento per migliorare la sicurezza sismica e conservare il patrimonio storico-architettonico ed allo stesso tempo la necessità di sviluppare tecnologie appropriate per la ricostruzione degli edifici, o di parte di essi, che siano sostenibili durevoli e di semplice realizzazione e garantiscano la sicurezza sismica e l'efficienza energetica proprie degli edifici di nuova costruzione, salvaguardando il valore architettonico della costruzione e del contesto paesaggistico in cui è inserita.

Il presente contributo è focalizzato sulla necessità di sviluppare tecnologie innovative adeguate per la ricostruzione postterremoto, nell'ambito di un più ampio progetto di ricerca di cui è responsabile il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi Roma Tre, insieme al laboratorio SSPT-USER-SITEC dell'ENEA e al Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica dell'Università di Roma Sapienza, con il contributo della Regione Lazio e la partecipazione di Fibre Net e Consorzio POROTON® Italia.





Fig. 1 – Danni e crolli rilevati su edifici storici a seguito degli eventi sismici del 2016 nel comune di Accumoli.

2. Tecnologia sviluppata per la ricostruzione post-terremoto

L'obiettivo della ricerca è mettere a punto tecniche di ricostruzione che consentano di garantire un'adeguata sicurezza sismica assicurando al contempo il mantenimento della "faccia vista", tipologia muraria che caratterizza molti centri storici in Italia centrale e non solo e che, però, ha dimostrato di essere particolarmente vulnerabile nei confronti delle azioni sismiche.

Per questo la soluzione messa a punto prevede la realizzazione di una struttura composta da un paramento esterno in pietrame facciavista e da una muratura interna in blocchi di laterizio POROTON® [fig. 2]. Più precisamente:

- per il paramento esterno facciavista si impiegano le pietre risultanti dal crollo o dalla demolizione della parete a seguito del sisma, al fine di ripristinare il pregio architettonico della facciata con gli stessi materiali delle preesistenze e del contesto, nel rispetto dei vincoli urbanistici e paesaggistici. Si tratta di una scelta sostenibile, con un impatto minimo in termini di costi, smaltimento delle macerie ed approvvigionamento di nuovi materiali. Il paramento facciavista dello spessore di 20÷22 cm, viene realizzato con le pietre di recupero allettate con una malta a base di calce idraulica naturale di classe M10;
- per il corpo del muro si utilizzano blocchi POROTON® per muratura armata di spessore 40 cm allettati con malta di cemento di classe M10, che conferiscono buone resistenze meccaniche e sismiche, isolamento termoacustico, garantendo lavorazioni semplici e rapide in cantiere;
- il paramento esterno in pietra è stato collegato al corpo murario in muratura armata POROTON® tramite la malta di calce utilizzata in fase di allettamento delle pietre e mediante il posizionamento, a letti di malta alternati, di una specifica rete in fibra di vetro Fibre Net a maglia larga (135×135 mm) con l'obiettivo di massimizzare la monoliticità del corpo murario nel suo complesso e di impedire fenomeni di disgregazione del paramento in pietra facciavista per azioni sismiche.





Fig. 2 – La soluzione tecnologica sviluppata per la ricostruzione post-terremoto consiste in una struttura composta dalla muratura armata POROTON® sul lato interno e dalla muratura in pietrame di recupero facciavista esterna opportunamente connesse anche con l'impiego di reti Fibre Net.

3. Tavola vibrante: prototipo e segnali di input sismico

Il comportamento sismico della tecnologia proposta è stato indagato tramite prove in scala reale su tavola vibrante, allo scopo di analizzarne e validarne le prestazioni in vista di un suo impiego negli interventi di ricostruzione post-sisma.

In linea con precedenti prototipi già sottoposti a prova, la parete realizzata in muratura armata POROTON® di spessore 40 cm e muratura in pietrame di recupero di spessore 20÷22 cm, ha un'altezza di 3.85 m. È inoltre ancorata ad un cordolo di base di altezza pari a 35 cm ed è dotata di un cordolo sommitale di altezza pari a 30 cm. La larghezza del muro è di 1.7 m [fig. 3]. La parete è resa solidale alla tavola e vincolata in sommità ad un telaio d'acciaio, anch'esso reso solidale alla tavola vibrante. Al contatto tra muro e telaio sono installati dei rulli in acciaio che consentono lo spostamento verticale e la rotazione, in modo da riprodurre la condizione effettiva di una parete il cui meccanismo di collasso possa essere quello di flessione verticale, come accade, ad esempio per pareti sommitali di edifici residenziali. Il peso della struttura di copertura è simulato da piastre metalliche sovrapposte e collegate con la cimasa della parete.

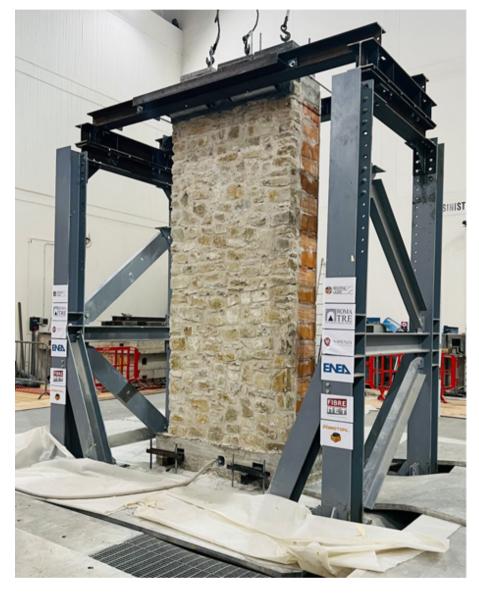


Fig. 3 – Il prototipo posizionato sulla tavola vibrante e pronto per le prove dinamiche.

Gli input sismici assegnati alla tavola sono stati selezionati per essere rappresentativi della sequenza che ha colpito il centro Italia nel 2016-2017 e, precisamente, si tratta dei segnali registrati a Norcia e ad Amatrice il 24/08/2016, a Castelsantangelo sul Nera il 26/10/2016 e ad Amatrice il 30/10/2016 [tab. 1]. Le registrazioni, acquisite dalle stazioni della Rete Accelerometrica Nazionale, sono rese disponibili dall'INGV e inserite nello European Strong Motion Database (ESD). La scelta di quattro diverse registrazioni relative a tre diversi eventi (24 agosto, 26 ottobre, 30 ottobre) in tre località diverse e appartenenti a regioni diverse è volta a dare la massima generalità ai risultati della sperimentazione. Tenuto conto dell'assetto di prova, i segnali sono applicati nella direzione orizzontale ortogonale al piano della parete e nella direzione verticale, con fattori di scala progressivamente crescenti con step incrementali pari a 0.20. Al termine di ciascuna sessione di prove con il medesimo fattore di scala, è stata eseguita una prova impiegando come input sismico un rumore bianco con accelerazione massima di 0.05 g, al fine di acquisire dati utili alla identificazione dinamica del campione.

Tab. 1 – Registrazioni accelerometriche selezionate per i test sismici su tavola vibrante (ESD).

Norcia 24/08/2016	Amatrice 24/08/2016	Castelsantangelo sul Nera 26/10/2016	Amatrice 30/10/2016
PGA _h 0.36 g	PGA _h 0.84 g	PGA _h 0.54 g	PGA _h 0.53 g
PGA _V 0.21 g	PGA _V 0.40 g	PGA _v 0.40 g	PGA _V 0.32 g
300 200 100 20 30 40 20 30 40	400 300 200 5 100 8 -100 -200 -300 -400	600 400 50 200 60 -200 -400 -600 t [s]	400 300 200 5 100 6 -100 -200 -300 -400

4. Risultati preliminari

Al crescere dell'intensità dei segnali sismici applicati si è potuta constatare una sostanziale assenza di danneggiamenti sull'intera parete, che ha mantenuto la propria monoliticità fino al termine delle prove, quando si è raggiunto il fattore di scala 2.2 per la registrazione di Norcia 24/08/2016, senza presentare al contempo fenomeni di disgregazione del paramento in pietra facciavista [fig. 4].

Solo a seguito del Test 25 – Amatrice 30/10/2016 – fattore di scala x1.6 – PGA_h 0.85g è stata rilevata una lieve fessurazione sull'intonaco interno localizzata tra terzo e quarto corso di blocchi [fig. 4 e fig. 5].



Fig. 4 – Il prototipo alla fine dei test sismici, con riportate in rosso le filature nell'intonaco rilevate a seguito del Test 25 – Amatrice 30/10/2016 – fattore di scala x1.6 – PGA_h 0.85 g.



Fig. 5 – Filatura nell'intonaco a seguito del Test 25 – Amatrice 30/10/2016 – fattore di scala x1.6 – PGA_h 0.85 g.

Di seguito abbiamo selezionato tre input sismici particolarmente intensi, oltre che significativi, tralasciando i test con fattore di scala inferiore all'unità per concentrare direttamente l'attenzione sulla risposta del prototipo sollecitato con le azioni sismiche registrate durante la sequenza dell'Italia centrale 2016 (Amatrice 30/10/2016 e Amatrice 24/08/2016 con fattore di scala x1.0) e con l'input sismico che ha indotto la maggiore PGA tra i test eseguiti (Amatrice 30/10/2016 con fattore di scala x2.0).



https://www.youtube.com/watch?v=gVyaWXAHLAA

Video 1 – Risposta sismica al Test 15 – Amatrice 30/10/2016 – fattore di scala x1.0 – PGA_h 0.53 g



https://www.youtube.com/watch?v=S3E6ySrMAsc

Video 2 – Risposta sismica al Test 22 – Amatrice 24/08/2016 – fattore di scala x1.0 – PGA_h 0.84 g



https://www.youtube.com/watch?v=EO4yR2Kg1UU

Video 3 – Risposta sismica al Test 31 – Amatrice 30/10/2016 – fattore di scala x2.0 – PGA_h 1.06 g

5. Conclusioni

Nell'ambito di un ampio progetto di ricerca coordinato dall'Università degli Studi di Roma Tre, in collaborazione con La Sapienza Università di Roma ed ENEA, con il contributo di Regione Lazio e la partecipazione di Fibre Net e Consorzio POROTON® Italia, è stata sviluppata una tecnologia in muratura armata POROTON® con paramento in pietrame a vista la cui efficacia antisismica è stata verificata tramite simulazione a scala reale su tavola vibrante sotto azioni sismiche registrate durante la sequenza dell'Italia Centrale 2016.

I risultati preliminari delle prove dinamiche mostrano l'efficacia della tecnologia sviluppata, in grado di sostenere senza visibili danneggiamenti, eventi sismici di intensità doppia rispetto quelli registrati durante la sequenza sismica del terremoto dell'Italia Centrale (2016-2017), mantenendo la propria monoliticità ed evitando fenomeni di disgregazione del paramento in pietra facciavista.

La soluzione tecnologica sviluppata, che prevede la realizzazione di una struttura composta da una muratura armata POROTON® con paramento esterno in pietrame di recupero opportunamente collegati anche con l'impiego di specifiche reti Fibre Net, risulta quindi essere sismicamente sicura ed adatta per l'impiego negli interventi di ricostruzione post sisma, nell'ottica inoltre della salvaguardia del valore architettonico della costruzione e del contesto paesaggistico in cui è inserita.

Ringraziamenti

Le attività di ricerca del progetto hanno avuto il sostegno finanziario della Regione Lazio con i progetti SICURA "Tecnologie sostenibili per la protezione sismica del patrimonio Culturale" e RIPARA "Sistemi integrati di miglioramento sismico del patrimonio architettonico" in seno al Distretto Tecnologico beni e attività Culturali. Un ringraziamento va anche alla comunità di Accumoli che ha sostenuto le attività di ricerca di questo progetto con partecipazione ed interesse.

DATA 27 Giugno 2022

AUTORI Gianmarco de Felice (*), Stefano De Santis (*), Marialuigia Sangirardi (*), Flavio Mosele (**)

NOTE AUTORI (*) Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi Roma Tre

(**) Consorzio POROTON® Italia

RIFERIMENTO Newsletter numero 144