POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

RIFLESSIONI SULLE PRESTAZIONI STRUTTURALI, TERMICHE E ACUSTICHE DI EDIFICI COSTRUITI IN MURATURA LAPIDEA

Original
RIFLESSIONI SULLE PRESTAZIONI STRUTTURALI, TERMICHE E ACUSTICHE DI EDIFICI COSTRUITI IN MURATURA LAPIDEA / Schiavi, A., Cellai, G., Secchi, S., Grazzini, A., Prato, A., Brocchi, F.. - CD-ROM. - (2018). (45° Convegno Nazionale AIA (Associazione Italiana di Acustica) Aosta 20 - 22 giugno 2018).

Availability:
This version is available at: 11583/2707970 since: 2020-01-15T17:23:54Z

Publisher:
AIA

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

10 November 2026

Associazione Italiana di Acustica
45° Convegno Nazionale
Aosta, 20-22 giugno 2018

RIFLESSIONI SULLE PRESTAZIONI STRUTTURALI, TERMICHE E ACUSTICHE DI EDIFICI COSTRUITI IN MURATURA LAPIDEA

Alessandro Schiavi (1), Gianfranco Cellai (2), Simone Secchi (2), Alessandro Grazzini (3), Andrea Prato (1), Fabio Brocchi (2)

1) INRiM – Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, Torino – a.schiavi@inrim.it
2) Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Firenze
3) Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica, Politecnico di Torino

SOMMARIO

Le più recenti manifestazioni sismiche che hanno colpito territori collinari e montani del centro Italia hanno, nuovamente, rivelato la vulnerabilità del patrimonio edilizio a fronte di tali eventi. Le murature portanti realizzate con materiali lapidei naturali possono costituire una risorsa per la ricostruzione di aree devastate da eventi sismici nella misura in cui si chieda di recuperare, oltre ad una maggiore sicurezza antisismica, anche un'identità storico-tipologica e tecnologica del tessuto urbano, unitamente alla possibilità di rilanciare le attività edilizie artigianali delle economie locali. Nella memoria si indagano sinteticamente le tecnologie costruttive in muratura ammesse dalle normative antisismiche, alla luce del fatto che le stesse offrono interessanti prestazioni acustiche ed energetiche, grazie all'elevata massa ed inerzia termica, aspetti anch'essi oggetto di specifiche normative cogenti.

1. Introduzione

Recentemente, in campo normativo si è assistito ad un importante ripensamento riguardo l'edilizia in muratura di pietra, tipica dell'area mediterranea e in particolare, in Italia, delle aree montane sia alpine che appenniniche: si è passati da una rigida concezione della modellazione strutturale, che ha spinto addirittura a trasformare gli edifici esistenti per rendere le strutture più rispondenti alle ipotesi di calcolo [1], ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 [2], con il quale sono state approvate le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), che hanno portato ad una revisione soprattutto culturale sull'uso di specifiche tecniche costruttive mediante murature costituite dall'assemblaggio organizzato ed efficace di elementi naturali ricavati da materiale lapideo non friabile o sfaldabile e malta.

In linea con questi nuovi aspetti culturali è l'indirizzo seguito dal MiBAC a partire dalla Direttiva sui Beni Culturali [3] che si allinea sostanzialmente alle norme tecniche generali; l'approccio all'analisi di un edificio storico ordinario d'ora in avanti potrà essere assimilato a quello agli edifici monumentali, riconoscendo all'edilizia storica un valore intrinseco considerato che nel complesso essa conferisce il carattere di monumentalità universalmente riconosciuto agli antichi borghi e centri storici anche minori.

Il ricorso all'uso della muratura portante appare inoltre interessante anche sotto i seguenti aspetti:

- prestazioni acustiche elevate specie alle basse frequenze;
- caratteristiche di elevata inerzia termica particolarmente efficace in regime estivo ed invernale che consentono di abbassare i picchi dei carichi termici ricorrendo così a impianti più piccoli e alimentati da fonti rinnovabili;
- possibilità di recupero del materiale lapideo crollato e di buona qualità, altrimenti destinato alle discariche come rifiuto solido urbano;
- possibilità di ricostruire come erano e dove erano interi isolati o parti di essi intorno ai pochi monumenti ancora esistenti, nonché piccoli borghi, con tecniche costruttive tradizionali, che possono rilanciare le attività artigianali e le economie locali.

In termini generali si può riassumere che i principi base di una corretta progettazione in zona sismica sono la semplicità strutturale e la regolarità, tenendo particolarmente in conto la duttilità, cioè il comportamento elasto-plastico della struttura.

Dal punto di vista acustico il comportamento di murature in pietra è fondamentalmente affidato alla massa ma anche alla disomogeneità della struttura che riduce la trasmissione delle vibrazioni.

Il comportamento termico è invece caratterizzato da conduttività equivalenti piuttosto elevate, variando le rispettive proprietà in funzione della tecnica costruttiva utilizzata, della natura delle pietre (conducibilità termica e densità), della malta e del loro spessore.

2. Prestazioni strutturali e antisismiche

È noto come edifici antichi costruiti con muratura portante, tipicamente in pietrame o mista, abbiano resistito meglio alle sollecitazioni sismiche rispetto ad edifici realizzati con tecnologie costruttive più moderne, teoricamente molto più performanti. Questi fatti non sorprendono, tuttavia, storici e ricercatori, i cui studi, anche in anni recenti, hanno portato in evidenza la necessità di ripensare all'uso di tecnologie costruttive che si erano affermate ed evolute sin dall'antichità e che storicamente sono state utilizzate in Italia fin dal '600 con la cosiddetta "opera beneventana". Presso i laboratori del CNR-IVALSA è stato ricostruito un modello di parete con tale tecnica costruttiva: una volta sottoposto a sollecitazioni meccaniche elevate, tale struttura ha rilevato un comportamento antisismico eccellente [4]. Tra le tecnologie più recenti, basate sull'analogo principio meccanico per il consolidamento delle strutture in muratura lapidea e per l'azione antisismica, l'impiego di maglie di acciaio o in fibra a reticolo risulta molto interessante. Un esempio di tale tecnica di rinforzo, chiamata "*Reticulatus*", è stata proposta da ricercatori dell'Università di Perugia [5].

In base alle NTC 2018, le costruzioni con struttura portante verticale, in grado di sopportare azioni verticali ed orizzontali, sono realizzate con sistemi di muratura collegati tra di loro da strutture di impalcato, orizzontali ai piani ed eventualmente inclinate in copertura, e da opere di fondazione. Gli edifici devono avere regolarità sia in pianta che in altezza e le strutture costituenti orizzontamenti e coperture non devono essere spingenti. I solai devono assolvere funzione di ripartizione delle

Associazione Italiana di Acustica, 2018
ISBN: 978-88-88942-56-8

azioni orizzontali tra le pareti strutturali, pertanto devono essere ben collegati ai muri e garantire un adeguato funzionamento a diaframma. Le piante delle costruzioni debbono essere quanto più possibile compatte e simmetriche rispetto ai due assi ortogonali. Si cerca quindi di conferire al fabbricato nel suo complesso un comportamento scatolare, migliorando le connessioni, senza alterare il rapporto masse/rigidezze, mediante ammorsature, cordoli e incatenamenti [6].

3. Prestazioni acustiche

Un aspetto tecnologico particolarmente interessante delle costruzioni basate sull'utilizzo di materiale lapideo è l'attitudine ad attenuare la trasmissione di suoni.

In prima analisi, i due fattori che maggiormente concorrono a tale prestazione si possono individuare nell'elevata massa per unità di superficie dei materiali lapidei e nella discontinuità strutturale tra gli elementi. Il fitto insieme degli elementi lapidei e del materiale di collegamento tra essi (malta) costituisce, infatti, un significativo ostacolo alla libera propagazione di vibrazioni, riducendo il campo di onde flessionali che principalmente concorre alla radiazione sonora di una partizione. Si può altresì supporre che utilizzando particolari malte, caratterizzate da bassi moduli elastici, ma al contempo in grado di garantire l'adeguata stabilità strutturale dell'edificio, sia possibile incrementare ulteriormente le prestazioni d'isolamento acustico di un edificio in muratura di pietra.

In termini puramente indicativi è possibile effettuare una valutazione preliminare dell'isolamento acustico per via aerea, di tali tipologie di partizioni, supponendo la sola prestazione di partizioni "monolitiche" e omogenee. Le proprietà meccaniche dei materiali lapidei sono molto varie, per tale ragione in questa analisi illustrativa sono tenuti in considerazioni valori medi indicativi (con margini anche superiori al 20%). In tabella 1 sono riportate le proprietà medie fondamentali di queste tipologie di materiali e la stima dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w' secondo il modello di calcolo di Sharp [7].

Tabella 1 - Proprietà meccaniche delle murature lapidee e potere fonoisolante.

Muratura	Spessore /m	Densità /kgm^{-3}	Mod. Elas. /MPa	Rapporto di Poisson	R_w'
Pietra non squadrata	0.5	2100	1700	0.15	53
Pietra tenera squadrata	0.24	1600	1100	0.15	48
Blocchi lapidei squadrati	0.24	2200	2500	0.15	51

L'indice di valutazione del potere fonoisolante, ipotizzabile per le partizioni con discontinuità strutturali, può incrementare la prestazione acustica nell'ordine di 4÷6 dB, rispetto alle partizioni monolitiche ed omogenee, in quanto si suppone attenuato il campo di onde flessionali nelle partizioni, come descritto in [8].

4. Prestazioni termiche

Le prestazioni termiche delle murature in pietra sono normalmente caratterizzate dalla scarsa resistenza termica dovuta all'elevata conduttività di pietre e malte, e l'elevata capacità termica legata alla notevole massa areica delle pareti a sua volta dovuta all'elevata densità dei materiali suddetti e agli spessori rilevamenti delle murature.

Il primo aspetto assume valenza negativa nel caso di pareti di frontiera tra ambienti climatizzati e non. A questo riguardo, le più recenti disposizioni legislative in materia di contenimento dei consumi energetici degli edifici pongono valori limite alle prestazioni termiche degli elementi di involucro che impediscono di fatto la realizzazione di pareti in muratura prive di strati termoisolanti addizionali. Anche nel caso di interventi di riqualificazione di edifici esistenti, l'esistenza di incentivi fiscali per la loro riqualificazione energetica induce molto spesso all'applicazione di rivestimenti termoisolanti alle pareti esterne.

Il secondo aspetto può invece assumere valenza positiva per pareti sia esterne che interne. Infatti, la capacità termica esprime l'attitudine di una muratura ad accumulare energia termica in funzione della differenza di temperatura subita. Una parete che, a parità di variazione di temperatura, accumula maggiore calore è in grado di cedere successivamente questo calore contribuendo a mantenere più stabili le temperature dell'ambiente riscaldato (o raffrescato) nel corso della giornata e delle stagioni. D'altra parte, un'elevata inerzia termica degli elementi murari di un edificio comporta maggiore tempo per raggiungere la temperatura di comfort a partire dall'accensione dell'impianto di riscaldamento o raffrescamento. Va sottolineato che, per quanto riguarda le murature di involucro, l'applicazione di strati addizionali isolanti non altera significativamente la capacità termica areica interna. In linea di massima, l'applicazione di strati isolanti dal lato interno della muratura riduce la capacità termica, mentre l'applicazione sul lato esterno (cappotto termico) l'aumenta.

Sulla base di un'analisi preliminare [8] si evince che le murature portanti in pietra assolvono egregiamente la funzione di inerzia termica assicurata dalla massa superficiale elevata, mentre l'introduzione di un isolamento interno per assicurare prestazioni a termine di legge, fatto per la muratura listata, non peggiora né il fattore di ritardo né la capacità termica interna, ma solo lievemente la trasmittanza termica periodica.

Va anche sottolineato che, nel caso di recupero di edifici esistenti, i valori limite di riferimento per la trasmittanza si riducono e che per il patrimonio storico vincolato è possibile, peraltro, derogare dai limiti molto stringenti di isolamento termico.

5. Bibliografia

[1] Cangi G, *Murature tradizionali e terremoto - Analisi critica del danno come presupposto per il recupero e la ricostruzione dell'edilizia storica danneggiata dal sisma in Abruzzo*. Atti del seminario Restaurare dopo il Terremoto, Università G. D'Annunzio, Pescara, Novembre 2009.

[2] Decreto Ministero Infrastrutture 17 Gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" su S.O. n°8 della G.U. del 20.02.2018.

[3] Direttiva P.C.M. Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni. 09 febbraio 2011. su S.O. della G.U. del 26.02.2011.

[4] Ceccotti A, Massari M, Pozza L. *Procedures for seismic characterization of traditional and modern wooden building types*. International Journal for Quality Research. 2016 Mar 1;10(1).

[5] Corradi M, Borri A, Castori G, Sisti R, *The Reticulatus method for shear strengthening of fair-faced masonry*. Bulletin of Earthquake Engineering. 2016 Dec 1;14(12):3547-71.

[6] Grazzini A, *Il comportamento statico degli edifici in pietra, la "struttura scatolare", le fondazioni. Il miglioramento statico strutturale.* In Manuale per il recupero del patrimonio architettonico di pietra tra Verbano Cusio Ossola e Canton Ticino (a cura di M. Zerbinatti), Provincia Verbano-Cusio-Ossola, Baveno, 2014.

[7] Sharp BH, *Prediction methods for the sound transmission of building elements*. Noise Control Engineering, 1978;11(2):53-63.

[8] Schiavi A, Cellai G, Secchi S, Caggiano P, Grazzini A, Prato A, *Edifici in muratura di pietra: prevenzione sismica, prestazioni acustiche ed energetiche*, Rivista Italiana di Acustica, Vol.41 n.3, 2017.