



Progetto e verifica delle costruzioni in muratura in zona sismica

Secondo la Normativa sismica (OPCM) n. 3274 del 20/03/2003

Franco Iacobelli

Ecco uno strumento operativo per la progettazione e il calcolo delle murature, anche armate, in zona sismica. Un vero e proprio vademecum per non perdersi nelle ultime indicazioni e nei nuovi indirizzi della normativa che regola questo settore. A partire dal Dpcm 3274/2003, il provvedimento che ha costituito una vera e propria svolta in materia di costruzioni anti-sismiche. Prima del decreto, infatti, le murature non si calcolavano e si andava avanti sulla base delle tradizioni e di qualche legge occasionale, spesso lacunosa e contraddittoria.

Il libro vuole perciò essere un punto di riferimento per professionisti, studenti e per tutti coloro che operano nel campo delle nuove costruzioni di

muratura e del consolidamento/adeguamento sismico di quelle esistenti.

Un manuale ricco di esempi di calcolo, di particolari costruttivi e schemi grafici di progetti effettivamente realizzati. Ma c'è anche spazio per la teoria, esposta in maniera semplice ed essenziale, con approfondimenti dedicati a particolari argomenti molto specialistici. Il volume raccoglie l'esperienza maturata dall'autore in oltre venticinque anni di attività professionale nel settore e rappresenta un testo da non perdere per progettare edifici a prova di sisma.

LE MURATURE

1.1 Introduzione

Le opere murarie che chiamiamo semplicemente “muraure” pur avendo origini antichissime, ancora oggi trovano largo impiego nelle costruzioni civili per la loro durabilità, affidabilità e semplicità esecutiva.

L’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n. 3274 del 20 marzo 2003, «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica», ha iniziato a modificare profondamente la normativa sismica, assimilando gli “Eurocodici”, tanto che le procedure di calcolo e di verifica così come prima lacunosamente impostate, sono superate.

Il territorio Italiano risulta ora classificato in quattro zone sismiche; le Regioni hanno la facoltà di applicare o meno nella zona 4, a basso rischio, la progettazione antisismica. Continuano ad applicarsi le Norme Tecniche del D.M. 20/11/1987, per gli edifici di muratura soggetti ai soli carichi verticali (o per gli edifici in zona non sismica), nonché le indicazioni circa le proprietà dei materiali e le modalità di accettazione in cantiere.

La muratura è un materiale molto eterogeneo e parlare di caratteristiche meccaniche di una muratura ha senso solo se si attribuiscono ad esse valore indicativo, medio, buono per schemi codificati di calcolo.

La via sperimentale per definire le proprietà meccaniche ed elastiche della muratura, se sostanzialmente è corretta per le nuove costruzioni, certamente è molto aleatoria per le vecchie costruzioni, per le quali le prove (martinetti piatti, onde, ecc.) hanno solo valore circoscritto e comunque orientativo.

Per queste ultime costruzioni assume invece grande importanza la conoscenza storica della costruzione e la lettura del suo quadro fessurativo, che evidenziano bene le patologie strutturali e possono suggerire le corrette strategie d’intervento.

Ecco perché nello studio e nel calcolo delle strutture in muratura perdono



significato i numeri e l'affinamento ossessivo ed accanito dei metodi di calcolo. Quando possibile, è molto meglio affidarsi a schemi di calcolo chiari, isostatici, a rottura, a soluzioni in forma chiusa, che molte volte non hanno bisogno della conoscenza dei legami costitutivi della materia e magari seguono le leggi dei corpi rigidi della meccanica razionale.

Quanto detto non intende sminuire l'importanza del calcolo iperstatico ed in particolare di quello agli elementi finiti: il calcolo serve per avere l'ordine di grandezza delle cose e non lasciare all'improvvisazione le scelte progettuali di fondo.

In tutto questo discorso bisogna riconoscere alla Normativa il merito di codifica dei procedimenti, anche se molte volte questa funzione risulta troppo restrittiva ed artificiosa.

Questo libro parte dalla necessaria conoscenza dei materiali e con un processo logico-operativo arriva alla modellazione e calcolo automatico delle strutture murarie; l'esposizione teorica è arricchita da esempi di calcolo e da grafici di dettagli costruttivi.

Molta attenzione verrà rivolta agli interventi di consolidamento del patrimonio edilizio esistente, che in massima parte è costituito da opere in muratura normale, ed alle nuove "murature armate" che oggi stanno prendendo sempre più piede, anche per costruzioni di una certa importanza.

La trattazione, pur seguendo costantemente le indicazioni delle normative, ed avere un'impostazione matematica rigorosa, dà infine molto più importanza alla comprensione generale del problema, in modo da prescindere da aggiornamenti e mode in continua evoluzione.

1.2 Caratteristiche delle murature con elementi resistenti naturali

Tutte le murature, ad eccezione di quelle a secco e in pietra da taglio a grossi blocchi, sono costituite dall'unione di due materiali, dei quali di solito uno molto resistente (pietre naturali, mattoni, blocchi artificiali) e da un secondo materiale di solito meno resistente (malta di calce, cemento).

La malta ha la funzione di riempire i vuoti tra gli elementi lapidei, di collegamento degli stessi elementi lapidei al fine di realizzare un sistema unico compatto e di distribuzione delle tensioni trasmesse dall'elemento più resistente.

In una buona muratura la malta dovrà avvolgere tutto l'elemento principale; da prove di laboratorio, risulta opportuno che il suo spessore sia compreso tra 0,5 cm e 1,5 cm.



Gli elementi lapidei che costituiscono la parte più resistente della muratura devono soddisfare i requisiti che brevemente vengono indicati:

- provenire di norma da abbattimenti di rocce;
- non essere friabili o sfaldabili;
- essere resistenti al gelo;
- non contenere sostanze solubili o residui organici;
- non presentare parti alterate o facilmente rimovibili;
- avere sufficiente resistenza sia allo stato bagnato che asciutto;
- avere buona adesività alle malte;
- il riuso di elementi lapidei provenienti da vecchie murature è subordinato ai requisiti sopra indicati ed alla pulitura e lavaggio delle superfici.

Tra le pietre più idonee sono da segnalare i calcari ed alcuni tufi litoidi; meno adatti per le murature sono quelle rocce contenenti silice per la forte durezza e fragilità, nonché per la modesta affinità di legarsi alle malte.

Poco adatte per costruzioni in muratura naturale sono le arenarie perché igroscopiche e gelive.

A titolo orientativo si riportano le caratteristiche medie delle rocce più comuni

Tab. I.1 - Caratteristiche tecniche di alcune rocce (1 MPa= 10 daN/cm²)

Materiale	Densità (Kg/m³)	Carico rottura a compressione (MPa)	Modulo di Elasticità E (MPa)
Graniti	2500-2900	100-200	50000-60000
Porfidi	2400-2700	100-250	50000-70000
Basalto	2700-3100	200-400	90000-120000
Tufo vulcanico	1100-1800	3-7	3000-15000
Tufo calcareo	1100-2000	1-50	-
Calcari teneri	2000-2400	10-40	20000-40000
Calcari compatti	2400-2700	50-150	20000-80000
Dolomie	2300-2900	100-110	40000-70000
Travertini	2200-2500	40-50	-

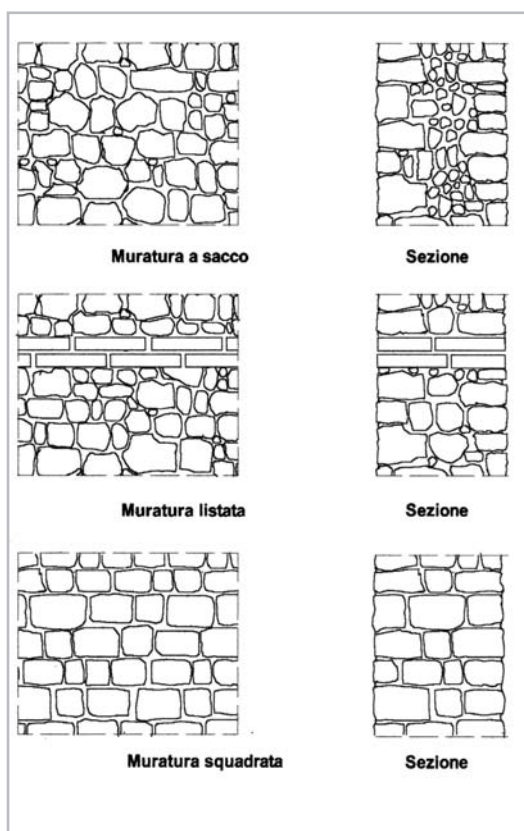
Figura 1.1
Tipologie
di murature

(segue) **Tab. 1.1** - Caratteristiche tecniche di alcune rocce (1 MPa= 10 daN/cm²)

Materiale	Densità (Kg/m³)	Carico rottura a compressione (MPa)	Modulo di Elasticità E (MPa)
Conglomerati Breccie, Puddinghe	2000-2700	80-150	-
Arenarie	1800-2700	40-130	5000-30000
Marmi	2700-2800	100-140	40000-70000

Le murature con elementi naturali previste oggi dalle Norme D.M. 20/11/1987 si distinguono nei seguenti 3 tipi:

- 1) muratura di pietra non squadrata;
- 2) muratura di pietra listata;
- 3) muratura di pietra squadrata.



Il primo tipo di muratura (pietra non squadrata) è quella realizzata con materiale di cava lavorato solo grossolanamente, posto in opera in strati sufficientemente regolari. Si procede nella costruzione a strati orizzontali (ricorsi) concatenando le pietre: una pietra trasversale di punta ogni due pietre trasversali di fianco, sfalsando ogni strato i giunti verticali. Le pietre più grosse vanno ben separate da malta per evitare il loro contatto. Agli incroci dei muri ed agli angoli vanno posti elementi lapidei più regolari e meglio squadrati.

La muratura a sacco, molto usata in passato, oggi non viene più impiegata.



La muratura listata viene realizzata con pietre grossolanamente squadrate, disponendo ricorsi orizzontali in calcestruzzo semplice o armato, oppure da almeno due filari di mattoni ad interasse massimo di 1,60 m per tutto lo spessore del muro e per tutta la lunghezza.

La muratura di pietra squadrata è ottenuta con elementi lapidei prismatici regolari posti in strati e concatenati sfalsando i giunti.

La resistenza caratteristica degli elementi naturali viene valutata con prove di laboratorio, secondo le indicazioni di cui all'All. 1 del D.M. 20/11/87.

Ai fini dell'analisi dei carichi permanenti si riportano i pesi specifici delle murature più diffuse.

Tab. I.2 - Peso specifico di alcune murature di pietrame

Muratura	Peso specifico (N/m ³)
Pietrame calcare	22000
Pietrame listata	21000

1.3 Caratteristiche delle murature con elementi resistenti artificiali

Sono oggi queste le più diffuse ed economiche; gli elementi resistenti artificiali, di forma parallelepipedica, possono essere legati con malte di diverso tipo e possono essere costituiti di:

- laterizio normale o alleggerito;
- calcestruzzo normale o alleggerito;

gli elementi possono presentare di solito forature verticali, o normali al piano di posa. Secondo la Normativa D.M. 20/11/87 si distinguono le seguenti categorie in base alla percentuale di foratura (φ) ed all'area della sezione normale di un foro (f).

Tab. I.3 – Classifica degli elementi artificiali

Categoria	φ	Elementi di laterizio	Elementi di calcestruzzo
Elementi pieni	$\varphi < 15\%$	$f \leq 9 \text{ cm}^2$	$f \leq 0,10 A$
Elementi semipieni	$15\% \leq \varphi \leq 45\%$	$f \leq 12 \text{ cm}^2$	$f \leq 0,10 A$
Elementi forati(*)	$45\% \leq \varphi \leq 55\%$	$f \leq 15 \text{ cm}^2$	$f \leq 0,10 A$

(*) non idonei in zona sismica

La resistenza caratteristica degli elementi artificiali viene valutata con prove di laboratorio secondo le indicazioni di cui all'All.1 del D.M. 20/11/87.