

# Sisma e sicurezza delle costruzioni

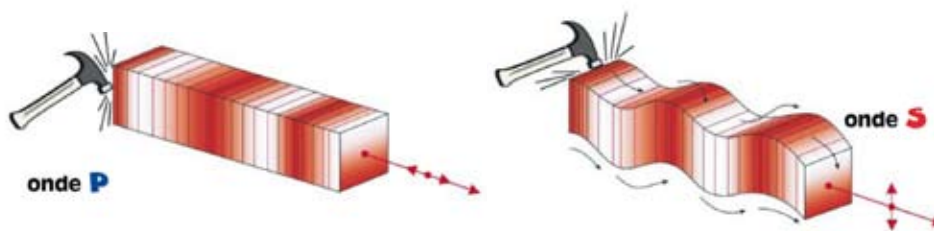
A. Di Fusco, ANDIL Associazione Nazionale Degli Industriali dei Laterizi

A tre anni dal terremoto abruzzese (più di 300 vittime e centri abitati distrutti), ci si ritrova ancora una volta a confrontarsi con le perdite di vite umane e gli ingenti danni causati dalle continue scosse che stanno sconvolgendo la Pianura Padano-Emiliana, dal 20 maggio scorso. Ma la convinzione rimane: mitigare i rischi dei terremoti è possibile!

## Terremoti: perché, come, dove e quando

“La sismologia non sa dire quando, ma sa dire dove avverranno terremoti rovinosi, e sa pure graduare la sismicità delle diverse province italiane. Quindi saprebbe indicare al governo dove sarebbero necessari regolamenti edilizi più e dove meno rigorosi, senza aspettare che prima il terremoto distrugga quei paesi che si vogliono salvare” (Giuseppe Mercalli, 1908).

E' la Sismologia la scienza che studia i movimenti rapidi ed improvvisi della Terra, detti *terremoti*. Un terremoto si manifesta come moto vibratorio del terreno che ha origine in un punto più o meno profondo della Terra (*ipocentro*, punto del sottosuolo che, proiettato in superficie, corrisponde all'*epicentro*) da cui si sprigionano onde sismiche, e per questo può essere definito anche scossa sismica. Lo scuotimento della crosta terrestre è provocato dai movimenti delle zolle o placche, in cui è suddiviso l'involucro solido esterno della Terra: quando lo sforzo a cui sono sottoposte le rocce supera il limite di resistenza, queste si rompono lungo superfici chiamate *faglie*. L'energia accumulata, prima della rottura, si libera sotto forma di onde sismiche che si propagano, quindi, in tutte le direzioni. Le principali onde sismiche o elastiche sono schematicamente contrassegnate con le lettere P (*primae*) e S (*secundae*). Le onde P sono le più veloci e sono dette “longitudinali” perché fanno oscillare le particelle di roccia nella direzione di propagazione, determinando una successione continua di compressioni e dilatazioni; le onde S presentano, invece, un moto vibratorio del materiale roccioso che avviene trasversalmente rispetto alla direzione di propagazione e creano variazione di volume al loro passaggio. Le onde P viaggiano a una velocità che è circa 1,7 volte superiore a quella delle onde S, precedendole come si evince dalle registrazioni sismografiche.



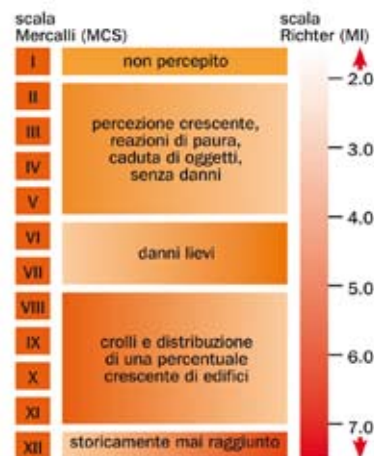
**Onde sismiche principali (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).**

La valutazione quantitativa della forza di un terremoto può avvenire mediante registrazione di strumenti - misurando la *magnitudo* - o con riferimento all'osservazione degli effetti che ha provocato - stimando l'*intensità macrosismica*. La magnitudo è stata definita nel 1935 dal famoso sismologo C.F. Richter come misura oggettiva della quantità di energia elastica rilasciata nel processo di rottura nella crosta terrestre; può essere calcolata a partire dall'ampiezza delle onde sismiche registrate dai sismografi, ed è espres-



sa attraverso un numero puro. L'intensità macrosismica di un terremoto, invece, quantifica e classifica esclusivamente gli effetti in superficie, generati sull'ambiente, sulle cose e sull'uomo. Pertanto, a differenza della magnitudo, per uno stesso terremoto essa può assumere valori diversi in luoghi diversi. Di norma, l'intensità diminuisce con l'aumentare della distanza dall'epicentro. L'intensità di un terremoto viene espressa con la scala MCS (Mercalli, Cancani, Sieberg). Magnitudo ed intensità macrosismica hanno significati diversi; tuttavia è possibile stabilire una correlazione approssimativa. Gli effetti che una scossa sismica provoca dipendono non solo dalla forza del terremoto, ma anche da altri fattori, come: la distanza dall'epicentro, le caratteristiche di resistenza e duttilità degli edifici, i requisiti dei terreni su cui essi sono costruiti, la morfologia del territorio, ecc. La registrazione di un sismogramma permette di ottenere numerose informazioni; ad esempio, la differenza tra il tempo di arrivo delle onde S e delle onde P consente la stima della distanza dell'epicentro dalla stazione di acquisizione.

I terremoti non avvengono ovunque, ma quasi esclusivamente lungo le superfici di contatto tra le placche con regimi tettonici differenti. La scienza, oggi, non è in grado di prevedere il tempo ed il luogo esatto in cui avverrà un eventuale terremoto: la sola previsione possibile è di tipo statistico, basata sulla conoscenza degli eventi sismici del passato, che permette di individuare le zone in cui la frequenza e l'entità sono state maggiori e quindi dove è più probabile che si verifichi un nuovo evento sismico.



**Le misure del terremoto: intensità e magnitudo (fonte: Protezione Civile).**

Data	Area epicentrale	Intensità (MCS)	Magnitudo* (Mw)	Vittime
8 settembre 1905	Calabria	XI	7.1	557
23 ottobre 1907	Calabria meridionale	VIII-X	5.9	167
28 dicembre 1908	Reggio C. – Messina	XI	7.2	85.926
7 giugno 1910	Irpinia - Basilicata	VIII-X	5.9	50 ca.
15 ottobre 1911	Area Etna	X	5.3	13
8 maggio 1914	Area Etna	IX	5.3	69
13 gennaio 1915	Marsica Abruzzo (Avezzano)	XI	7.0	32.610
26 aprile 1917	Val Tiberina	IX	5.8	20 ca.
29 giugno 1919	Mugello	IX	6.2	100 ca.
7 settembre 1920	Garfagnana	IX-X	6.5	171
27 marzo 1928	Carnia (Friuli)	VIII-X	5.7	11
23 luglio 1930	Alta Irpinia	X	6.7	1404
30 ottobre 1930	Senigallia	IX	5.9	18
26 settembre 1933	Maiella	VIII-X	5.7	12
18 ottobre 1936	Veneto-Friuli	IX	5.9	19
21 agosto 1962	Irpinia	IX	6.2	17
15 gennaio 1968	Valle del Belice	X	6.1	296
6 maggio 1976	Friuli	X-X	6.4	965
23 novembre 1980	Irpinia-Basilicata	X	6.9	2734
26 settembre 1997	Umbria-Marche	VIII-X	6.1	11
31 ottobre 2002	Molise	VIII	5.4	30
6 aprile 2009	Abruzzo	VIII-X	6.3	308
20 e 29 maggio 2012	Pianura Padano-Emiliana	VII-VIII	6 e 5.8	27

\* La magnitudo momento (Mw) - stimata dall'USGS "United States Geological Survey"- è derivata dal parametro sismologico momento sismico che equivale al prodotto tra area di faglia, dislocazione e resistenza delle rocce. La magnitudo Richter o locale (MI) si riferisce, invece, alla relazione, calibrata da Richter, secondo cui ad ogni aumento di ampiezza di 10 volte delle onde sismiche con frequenza pari a 1 Hz equivale un aumento di un grado magnitudo.

**I maggiori terremoti italiani del XX e XXI secolo.**



## Comportamento sismico delle strutture portanti

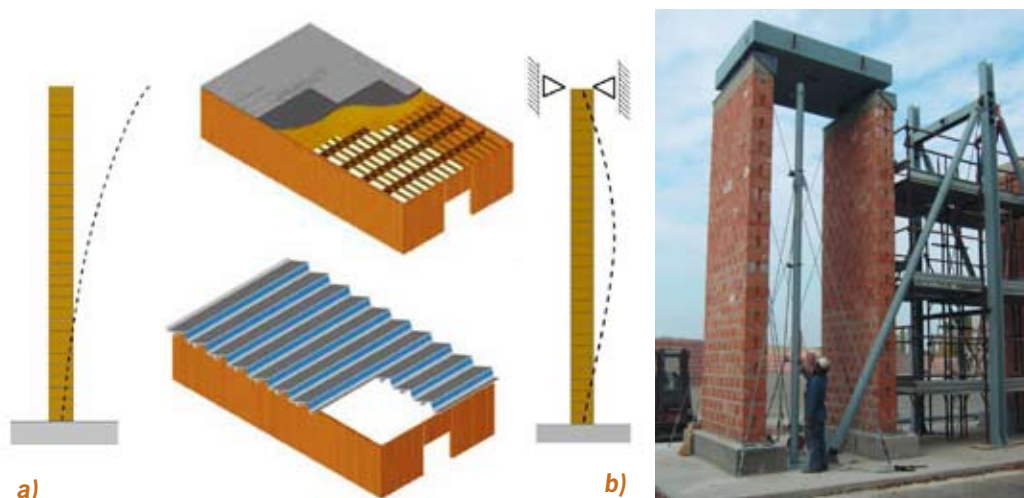
Costruire e risanare in sicurezza è possibile se si impiegano validi strumenti di mitigazione del rischio sismico. Di fatto, la problematica sismica degli edifici trova efficace soluzione nella conoscenza delle strutture e di come queste rispondano alle azioni sismiche. Seguendo i principi della gerarchia delle resistenze, la progettazione degli elementi strutturali consente di prevedere non solo le modalità di innesco e propagazione dei danni, ma anche la loro posizione d'origine che dovrà essere, pertanto, localizzata laddove gli effetti risultino meno pericolosi e di più semplice intervento. L'obiettivo è quello di sfruttare la duttilità dei materiali e dei sistemi costruttivi favorendo i meccanismi che possano mettere in gioco tale proprietà, come la flessione, rispetto ad altri meccanismi di rottura di tipo fragile, come il taglio. Le costruzioni sottoposte anche a forti terremoti non crollano se sono in grado di subire deformazioni più o meno grandi. L'energia trasferita alle strutture in elevazione attraverso le fondazioni va, infatti, in qualche modo dissipata: il danneggiamento è la più evidente e naturale forma di dissipazione.

Ad esempio, un edificio in cemento armato resiste a forti sismi se il dimensionamento e la realizzazione dei singoli elementi strutturali tengono in debito conto la peculiarità del c.a., ovvero che in questo composito coesistono due materiali con proprietà assolutamente differenti: il calcestruzzo (fragile) e l'acciaio (duttile).

Una tipica casa in muratura, per resistere idoneamente ad un inteso terremoto, occorre che in generale si comporti come una scatola in cui tutte le parti – copertura, pareti e solai - siano ben collegate tra di loro e che, come per tutti i sistemi costruttivi, siano rispettati i requisiti previsti e puntualmente regolamentati dalle normative nazionali (D.M. 14/1/2008 e relativa Circolare n.617/09).

Le chiese e gli edifici storici, diversamente dalle nuove costruzioni, hanno mostrato di poter difficilmente resistere a terremoti violenti, a meno che non si intervenga con opere che risultano essere, spesso, particolarmente costose, piuttosto complesse e più delle volte invasive; essi sono caratterizzati da maggiore vulnerabilità, presentandosi con pareti molto alte e/o con luci importanti, senza irrigidimenti intermedi, con elementi spingenti (tipo volte, archi, e talvolta tetti), quasi sempre realizzati con materiali tra loro legati in modo incoerente e, soprattutto, con ripetuti interventi e modifiche succedutisi nel tempo che ne hanno incrementato la vulnerabilità al sisma.

Negli ultimi decenni, è stata ripetutamente confermata la validità sismica della muratura armata, ottenuta con l'inserimento di armature (orizzontali e verticali) nel sistema



**Comportamento fuori piano di pareti alte (> 6 m) in muratura di laterizio armata, tipiche di costruzioni industriali, sotto l'azione dei carichi orizzontali:**  
**a) modelli teorici; b) prototipo con le strumentazioni per la prova ciclica fuori piano (sperimentazione dell'Università degli Studi di Padova).**

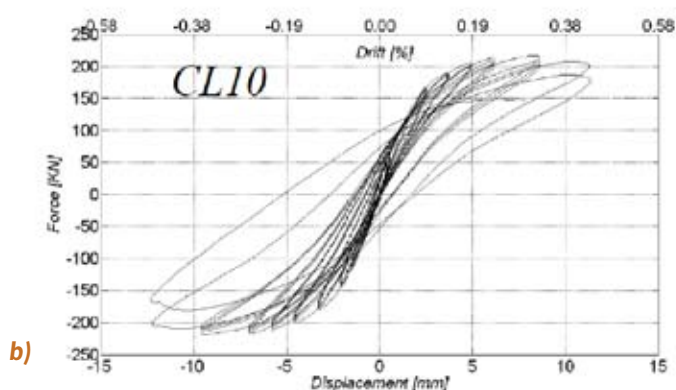
della struttura muraria. Le diverse tecnologie disponibili (ad armatura diffusa o concentrata; con blocchi a fori verticali o orizzontali, ecc.) sono in grado di assicurare elevate prestazioni di duttilità, consentendone l'impiego anche per costruire pareti molto alte (6 ÷ 8 m), tipiche degli stabilimenti industriali, palazzetti dello sport, centri commerciali, ecc. Di fatto, seguendo i criteri di progetto, le specifiche caratteristiche e i metodi di analisi fissati dalle norme in vigore precedentemente citate, sono realizzabili in zona ad alta sismicità costruzioni in muratura armata senza vincolo sul numero di piani, a patto che siano soddisfatte tutte le verifiche di sicurezza.

Per gli edifici "semplici" in muratura portante (ossia quelli che presentano precise condizioni di regolarità geometrica e particolari limitazioni), inoltre, sono ammesse verifiche in via semplificata con l'opportunità di costruire fino a tre piani per muratura ordinaria e fino a quattro piani per muratura armata, in funzione della pericolosità sismica del luogo.

Alla muratura ordinaria, d'altro canto, con le soluzioni di ultima generazione (appositamente ottimizzate al fine di garantire proprietà termiche superiori), viene riconosciuta una buona risposta sismica con adeguati margini di sicurezza per le azioni relative anche alle zone classificate di media pericolosità.



a)



b)

**Prova ciclica di una parete, 2,6 m x 1,25 m, confezionata con blocchi in laterizio rettificati ad incastro eseguita presso il Laboratorio EUCentre di Pavia (a).  
Curve sperimentali forza-spostamento (b).**

Per maggiori informazioni, è possibile "scaricare":

– il focus "Sisma e sicurezza sismica", di Alfonsina Di Fusco, pubblicato su "Costruire in Laterizio", n. 131, settembre/ottobre 2009 (Edizioni Business Media Sole 24 ore), al seguente link:

[http://costruire.laterizio.it/costruire/\\_pdf/n131/131\\_83.pdf](http://costruire.laterizio.it/costruire/_pdf/n131/131_83.pdf)

– l'articolo "Progetti europei sulle murature portanti" di Alfonsina Di Fusco, su "L'industria dei Laterizi", n. 110, marzo/aprile 2008 (Edizioni Business Media Sole 24 ore), al seguente link:

<http://www.laterizio.it/images/idl/n110/6-Ric%20Di%20Fusco%20102-110ok.pdf>